

Mobilya İmalatı Yapan Mikro Ölçekli İşletmelerin Odun Tozu Patlama Riski Yönünden Araştırılması

Lokman ODABAŞ^{1,*}, Yener TOP²

¹ Trabzon Üniversitesi, Şalpaçarı Meslek Yüksekokulu, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, Trabzon, Türkiye

² Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, Gümüşhane, Türkiye

Makale Tarihçesi

Gönderim: 16.01.2025

Kabul: 17.02.2025

Yayın: 25.04.2025

Araştırma Makalesi



Öz – Hammaddenin işlenmesi sırasında uygulanan yöntemin bir sonucu olarak yan ürünler oluşur. Oluşan bu yan ürünlerden biri tozdur. Bir risk faktörü olan toz, mobilya imalatı sektöründe yaygın bir sorundur. Ayrıca, sektörde yer alan işletmelerin büyük çoğunluğu mikro ölçekli işletme kapsamına giren işletmelerden oluşmaktadır. Bu işletmeler, ekonomik ve sosyal yönlerden ülke ekonomisi için önemlidirler, ancak bu işletmeler iş sağlığı ve güvenliği açılarından bazı olumsuzluklara sahiptirler. Bu olumsuzluklardan biri, oluşan odun tozunu yönetme imkânlarının yetersizliğidir. İş atmosferine karışan odun tozu, çalışan sağlığına olduğu kadar işyeri güvenliği için de bir risktir. Toz, iş ortamındaki diğer faktörlerle birleştiğinde “toz patlamalarına” sebep olabilir. Toz patlamaları genellikle üretim yapılan alanlarda, işlem sürecinde, depolama aşamasında veya malzemelerin transferi sırasında meydana gelir. Ülkemizde, toz patlama riski farkındalık düzeyinin yüksek olmadığı söylenebilir. Bu nedenle bu çalışmada, Trabzon ilinde faaliyet gösteren ve mobilya imalatı yapan mikro ölçekli işletmelerde toz patlama risklerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmada yöntem olarak 5x5 matris diyagram yöntemi kullanılmıştır. Araştırma kapsamında, mobilya sektöründe faaliyet gösteren üç mobilya atölyesi materyal olarak seçilmiş ve yerinde ziyaret edilerek odun tozu oluşumu ile toz patlamasına yol açabilecek faktörler açısından detaylı bir inceleme gerçekleştirilmiştir. İnceleme sonucunda toplam 64 risk unsuru tespit edilmiştir. Bu risk unsurlarının 30’u “yüksek risk”, 28’i “orta risk” ve 6’sı “düşük risk” kategorisinde değerlendirilmiştir. Belirlenen riskler doğrultusunda çeşitli önlemler önerilmiş olup, alınan tedbirler neticesinde mevcut risklerin 63’ü “düşük risk”, 1’i ise “orta risk” seviyesine düşürülmüştür.

Anahtar Kelimeler – Mikro işletme, mobilya, odun tozu patlaması, risk analizi, toz

Study Of Wood Dust Explosion Risk in Micro-Scale Furniture Manufacturing Enterprises

¹ Department of Property Protection and Security, Şalpaçarı Vocational School, Trabzon University, Trabzon, Turkey

² Department of Design, Gümüşhane Vocational School, Gümüşhane University, Gümüşhane, Turkey

Article History

Received: 16.01.2025

Accepted: 17.02.2025

Published: 25.04.2025

Research Article

Abstract – During the processing of raw materials, by-products are generated as a result of the employed technique. Dust is one of them. It is a common issue in the furniture manufacturing sector. In addition, the majority of the enterprises in the sector are micro-scale enterprises. These enterprises are important for the country's economy in economic and social aspects, but these enterprises have some negativities in terms of occupational health and safety. One of these negativities is the inadequacy of the management of wood dust. Wood dust emitted into the work atmosphere poses a risk to both employee health and workplace safety. Dust can cause "dust explosions" when combined with other factors in the work environment. Dust explosions usually occur in production areas, during the process, the storage phase or the transfer of materials. It can be said that the level of awareness of dust explosion risk is not high in our country. Therefore, this study aims to determine dust explosion risks in micro-scale enterprises operating in the province of Trabzon and manufacturing furniture. In this study, the 5x5 matrix diagram method was employed as the primary methodology. Three furniture workshops operating in the furniture industry were selected as study material and were visited for an in-depth examination regarding wood dust generation and factors that could lead to dust explosions. As a result of the assessment, a total of 64 risk factors were identified. Among these, 30 were classified as "high risk," 28 as "medium risk," and 6 as "low risk." Based on the identified risks, various preventive measures were proposed. Following the implementation of these measures, 63 of the existing risks were reassessed as "low risk," while 1 remained in the "medium risk" category.

Keywords – Micro enterprise, furniture, wood dust explosion, risk analysis, dust

¹  lokmanodabas@trabzon.edu.tr

²  yeneretop@gumushane.edu.tr

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

Mobilya imalatı, Türkiye’de İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği kapsamında "C İmalat" kategorisinde yer almakta olup, bu kategori NACE kodu ile tanımlanmaktadır. Mobilya imalatı faaliyetleri, farklı özelliklere sahip ahşap malzemelerin şekillendirilmesi ve işlenmesi ile sandalye, koltuk gibi ürünlerin döşeme işlemlerini kapsamaktadır. Genel olarak bu faaliyetler "tehlikeli" sınıf altında değerlendirilmekte olup, iş sağlığı ve güvenliği açısından çeşitli riskler içermektedir. Özellikle, mobilya üretim süreçlerinin önemli bir parçası olan boyahanelerde gerçekleştirilen işlemler, 31.09.01 alt kodu ile tanımlanmakta ve bu süreçlerde “mobilyaların boyanması, verniklenmesi, cilalanması ve benzeri tamamlayıcı işlerin yapılması” gibi faaliyetler “çok tehlikeli” sınıfa girmektedir. Bu durum, söz konusu boyahanelerde kullanılan kimyasal maddelerin, örneğin boya ve tiner gibi, yüksek yanıcılık ve patlayıcılık potansiyeline sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, bu tür faaliyetlerin gerçekleştirildiği iş yerlerinde iş sağlığı ve güvenliği açısından özel önlemler alınması gerekmektedir. Mobilya imalatı sektöründeki işletmelerin, çalışanların güvenliğini sağlamak amacıyla tehlike sınıflarını dikkate alarak sistematik risk değerlendirmeleri yapmaları ve bu doğrultuda gerekli önlemleri almaları büyük önem taşımaktadır. Özellikle "çok tehlikeli" sınıfa dahil edilen faaliyetler için özel eğitimlerin verilmesi ve güvenlik protokollerinin etkin bir şekilde uygulanması, iş kazalarının ve meslek hastalıklarının önlenmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır ((Resmi Gazete, Sayı:28509).

Toz, genel olarak çapı 100 µm’den küçük, havada asılı kalabilen ve ortam koşullarına bağlı olarak çökebilen parçacıklardır. Tozlar, belirli bir hacimdeki ağırlık (mg/m³) ve toz sayısı (tane/m³) cinsinden ölçülür. Sanayide kullanılan tozların % 70’inden fazlası yanıcıdır. Bu da toz işleme ekipmanına sahip sanayi tesislerinin büyük çoğunluğunun toz patlamalarına karşı hassas olduğu anlamına gelir (Vijayaraghavan, 2004). Toz, büyüklük açısından değerlendirildiğinde, küçük tozların daha büyük toplam yüzey alanına sahip olmaları ve havaya daha hızlı karışabilmeleri nedeniyle kaba tozlardan daha tehlikelidir (Dobashi, 2009). Bu durum, çalışanlar için sağlık riski oluşturur. Özellikle tozun parçacık boyutu 100 µm’den küçük olduğunda, havada asılı kalma ihtimali artar. Bu da çalışanların tozu solumasına ve sağlık sorunlarına neden olur (Yuan vd., 2015). Tozun solunması sonucunda ortaya çıkacak sağlık sorunlarına bakıldığında kısa vadede göz, burun ve boğaz tahrişi, öksürük, nefes darlığı ve alerjik reaksiyonlara neden olabilir. Uzun vadede ise pnömokonyoz, KOAH, astım, akciğer kanseri ve sinüs hastalıkları gibi ciddi solunum rahatsızlıklarına yol açabilir (Bozkurt ve Bozkurt, 1979). Tozlar kimyasal kökenlerine göre genellikle organik ve inorganik tozlar olmak üzere iki grupta ele alınabilir:

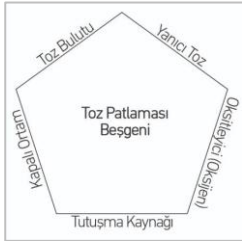
Organik tozlar, doğal kaynaklı organik maddelerin parçalanması veya işlenmesi sırasında açığa çıkan küçük parçacıklar olarak tanımlanabilir. Bu tozlar, bitki ve hayvan kaynaklı maddelerden oluşur ve başlıca bileşenleri arasında selüloz, lignin, proteinler, yağlar ve karbonhidratlar bulunur (IARC, 1995). İnorganik tozlar, mineraller ve metaller gibi inorganik maddelerin işlenmesi veya doğal olarak parçalanması sonucu açığa çıkan küçük parçacıklardan oluşur. Kaya, cam, metal, seramik ve çimento gibi maddelerden gelir ve çoğunlukla madencilik, inşaat, metal işleme, taşlama, dökümcülük ve seramik gibi endüstriyel alanlarda yaygın olarak karşılaşılır(Akbar-Khanzadeh ve Brillhart, 2002).

Yaşam standartlarının yükselmesiyle birlikte ahşaba olan talep artış göstermiştir (Estrella vd., 2020). Ancak, ahşabın işlenmesi genellikle kesme, biçme ve zımparalama gibi işlemler ile gerçekleştirilir. Bu işlemler, büyük miktarda yan ürün olarak toz oluşturur ve bu tozlar da ahşap tozu patlamalarına yol açabilir (Schmidt vd., 2018). Toz ve gaz emisyonları, sanayi perspektifinden bakıldığında, üretim ve paketleme aşamalarında ortaya çıkmaktadır (Khambekar ve Pittenger, 2013). Eritme fırınları, pota ve tandişlerin ısıtma istasyonları, toz kurutma, sınıflandırma, yükleme ve boşaltma ekipmanları ile paketleme süreçleri, bu emisyonların başlıca kaynakları arasında yer almaktadır (Neikov vd., 2009). Mobilya imalatı üretim işletmelerinde toz oluşumu, özellikle ahşap malzemelerin işlenmesi sırasında yaygın bir sorundur. Bu tozlar, ahşap kesme, zımparalama ve frezeleme gibi işlemler sırasında havaya karışır ve iş sağlığı açısından riskler doğurur. Toz oluşumunu etkileyen başlıca faktörler arasında işleme yöntemleri, malzeme türü, ekipman durumu ve hava akışı yer alır.

Örneğin, sert ağaçların işlenmesi genellikle daha fazla toz üretirken, körelmiş kesici aletler de daha fazla toz oluşumuna neden olur. Toz yönetimi için etkili önlemler almak önemlidir. İyi bir havalandırma sistemi, yerel emme (vakum) sistemleri ile kullanılarak havadaki toz miktarını azaltabilir. Düzenli temizlik uygulamaları ve çalışanlara verilen eğitimler, toz yönetimi açısından önemlidir (Carton vd., 2002).

Toz patlaması, çevreye, insanlara, işletmelere ve ülke ekonomisine ciddi zarar verme potansiyeline sahip bir patlama türüdür. Yanma sırasında, toz parçacıklarının çapı küçüldükçe patlama hızı ve şiddeti de artar. Örneğin, küçük bir odun parçası yavaş yavaş yanarken, odun talaş haline getirildiğinde yanma hızı artar. Bunun nedeni, yanıcı odun talaşı ile hava arasındaki temas yüzeyinin genişlemesidir. Talaş halindeki odun parçaları toz haline geldiğinde, uygun koşullar altında yanma hızları daha da artar ve patlama riski yükselir (Asana, 2015). Toz patlamaları genellikle depolama siloları, imalat tesisleri, fabrikalar ve iş yerlerinin kapalı alanlarında meydana gelen birincil patlama ile başlar. Bu patlama, oluşan şok dalgası ile büyük hasara yol açabilir ve çoğu zaman binanın duvarlarını yıkabilir. Patlamadan sonra ortaya çıkan basınç, toz ve gazların çevreye yayılmasına neden olur. Büyük çaplı hasara yol açan toz patlamaları, zincirleme reaksiyonların birbirini tetiklemesiyle gerçekleşir (Prakash vd., 2001). Toz patlamaları i) birincil ve ii) ikincil olarak ikiye ayrılabilir. Birincil toz patlaması, bir kapta, odada veya ekipmanda bir toz bulutu ateşlendiğinde ve patladığında meydana gelir. İkincil patlama ise, birincil patlama ile oluşan basınç dalgası tarafından havaya kaldırılan tozun, daha sonra daha yavaş hareket eden alev önünden ateş alması sonucu gerçekleşir. Toz birikintilerinin kapsamına bağlı olarak, zayıf bir birincil patlama bile çok güçlü ve yıkıcı ikincil toz patlamalarına neden olabilir (Abbasi ve Abbasi, 2007).

Yangın, yakıt, oksitleyici madde ve tutuşma gibi üç faktörün birleşmesiyle, “yangın üçgeni” olarak adlandırılan durumu oluşturur. Ancak bir toz patlaması için bu üç faktöre ek olarak iki faktör daha gereklidir: Toz bulutu ve kapalı ortam. Bu beş faktörün bir araya gelmesiyle “toz patlaması beşgeni” oluşur (Kauffman, 1982). Bu faktörler Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Toz patlamasına neden olan faktörler (Kauffman, 1982).

Genel olarak bir toz patlamasının meydana gelebilmesi için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekmektedir:

- 1-Yanıcı Özellik: Patlayıcı özellik gösteren kimyasal tozun aynı zamanda yanıcı olması gereklidir.
- 2-Optimum Yoğunluk: Patlayıcı ve yanıcı özellik gösteren kimyasal tozun havada asılı kalabilmesi gerekir.
- 3-Tutuşturucu Kaynak: Havada asılı katı madde, bir tutuşturucu kaynakla temas ettiğinde alev yayılmasını başlatıp sürdürebilmelidir.
- 4-Oksitleyici: Yanıcı ve patlayıcı özellik gösteren tozun askıda bulunduğu havada, yanma olayını kolaylaştıracak yeterli miktarda oksijen bulunmalıdır.
- 5-Sınırlı Hacim: Toz patlamasının meydana gelebilmesi için ortamın kapalı bir alan olması gerekmektedir (Shrey, 2020).

Mobilya sektöründe toz, toz oluşumu ve toz patlamaları ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, Kaya vd. (2020) tarafından ahşap ve mobilya imalatında risk değerlendirmesi yapılmış ve matris yöntemiyle toplamda 49 farklı risk belirlenmiştir. Bu risklerin 26'sının "Yüksek Risk" kategorisinde yer alması, sektörde ciddi önlemler alınması gerektiğine işaret etmektedir. Çalışmada, risklerin azaltılmasına yönelik somut öneriler de sunulmuştur.

Kurban (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, masif mobilya üretimi yapılan işletmelerde işçilerin odun tozu, gürültü ve titreşim gibi çevresel faktörlere maruziyeti detaylı bir şekilde araştırılmıştır. Çalışma, Bartın ilindeki üç küçük ve orta ölçekli işletmede dört farklı makine ile çalışan işçiler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan dijital gürültü ölçer ve kişisel gravimetrik toz ölçüm cihazlarıyla toplanan veriler, mobilya sektöründe iş sağlığı açısından alınması gereken önlemler için somut bir temel sağlamıştır.

Eckhoff ve Li (2021) tarafından yapılan çalışmada, toz patlamasının ne olduğu detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Çalışmada, toz patlamalarına neden olabilecek malzemeler, toz bulutlarının tutuşabilirlik ve patlayabilirlik özelliklerini etkileyen faktörler, havadaki toz bulutlarının yanma mekanizmaları ve toz patlamalarını tetikleyebilen tutuşma kaynakları ele alınmıştır. Ayrıca, birincil ve ikincil toz patlamalarına dair bilgiler verilmiş; toz patlamalarının önlenmesi ve etkilerinin azaltılması için alınabilecek önlemler kapsamlı bir şekilde incelenmiştir.

Zhou vd. (2023) tarafından yapılan son dönemdeki bir çalışmada, yanıcı odun tozu patlamaları ile bu patlamaların çevresel ve sağlık üzerindeki etkileri kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Araştırmada, ahşap tozu patlamalarının nedenleri, etkileyen faktörler, mekanizmalar ve modeller incelenmiş; elde edilen bulgular analiz edilerek ahşap işleme endüstrisinde güvenlik prosedürlerinin iyileştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Çalışma, ahşap tozu patlamalarının neden olduğu çevresel ve sağlık etkilerini azaltmaya yönelik öneriler sunmuştur.

Son olarak, odun esaslı levha ürünlerinin ebatlanması sırasında oluşan tozların miktarını inceleyen Gül (2024), 36 küçük ve orta ölçekli mobilya işletmesinde yaptığı çalışmada, makine başında çalışan personelin kişisel solunabilir toz konsantrasyonlarını ölçmüştür. Çalışma sonuçlarına göre, zımparalama makinesinde çalışan personelde ortalama toz konsantrasyonunun $3,69 \text{ mg/m}^3$ ile en yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, özellikle zımparalama işleminin toz maruziyetini artırdığını ortaya koymaktadır.

Bu çalışma, mobilya imalatı yapan mikro ölçekli işletmelerde odun tozu patlama risklerini belirlemeyi ve bu riskleri en aza indirmek için öneriler sunmayı amaçlamaktadır. Türkiye'de bu tür işletmelerin iş sağlığı ve güvenliği açısından yeterli önlemleri almadığı göz önüne alındığında, özellikle odun tozunun yönetimi ve patlama riskleri konularında farkındalığın artırılması gerekmektedir. Çalışmada, Trabzon ilinde faaliyet gösteren üç farklı mikro ölçekli mobilya atölyesi incelenmiş ve 5x5 matris yöntemi kullanılarak risk değerlendirmesi yapılmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda, odun tozu kaynaklı tehlikelerin belirlenmesi, risk seviyelerinin analiz edilmesi ve uygun kontrol önlemlerinin önerilmesi hedeflenmiştir.

Çalışmada incelenen mikro ölçekli mobilya imalat işletmeleri, mobilya ve kapı üretimi, boyama ve yüzey işlemleri gibi faaliyetleri yürütmektedir. İşletmelerden birinde üretim süreçleri sürekli olarak devam ederken, diğer iki işletmede üretim daha az yoğunlukta gerçekleşmektedir. Kullanılan makineler arasında rendeleme makineleri, freze makineleri, daire testere, şerit testere ve torna makineleri yer almaktadır. Çalışan sayısı işletmelerin ölçeğine bağlı olarak değişmekle birlikte, genellikle 1 ile 9 kişi arasında değişmekte olup, işletmelerden birinde yalnızca iki çalışanın bulunduğu tespit edilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma mobilya imalat sektöründe faaliyet gösteren mikro ölçekli (1-9 çalışan istihdam edilen işletme) üç mobilya atölyesinde/işletmesinde gerçekleştirilmiştir. İşletmeler Trabzon ili Şalpazarı, Beşikdüzü ve Ortahisar ilçelerinde faaliyet göstermektedir. Bu üç işletme, çalışan sayısı, üretimde kullanılan hammadde, üretim araçları, hammadde olarak ahşap ve/veya MDF/yonga levha kullanılması, işyeri düzeni, işyerinde bulunan riskler gibi faktörler açısından sektörde yer alan herhangi bir mobilya imalatı yapan işletmenin özellikleri ile benzer özellikler göstermektedir. Bu sebep ile bu çalışmada elde edilecek bulgu ve sonuçlar, mikro ölçekli mobilya imalatı yapan tüm işletmeleri kapsayacak şekilde genellenebilir.

Bu çalışmada yöntem olarak 5x5 matris yöntemi seçilmiştir. Bu yöntem, tanımlanan tehlikenin meydana gelme olasılığı ile gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkacak sonucun şiddetinin derecelendirilerek değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Özkiliç, 2005). 5x5 matrisin, içsel ve dışsal faktörlerin karşılaştırmalı olarak analiz edilmesini mümkün kılması da bir diğer önemli avantajıdır. Mobilya sektöründe toz patlaması riski yalnızca üretim süreci içindeki fiziksel faktörlerden (toz boyutu, yoğunluğu vb.) değil, aynı zamanda çevresel koşullardan (havalandırma, nem, sıcaklık) ve iş güvenliği eğitiminden de etkilenebilir. 5x5 matris

yöntemi, bu içsel ve dışsal faktörleri birlikte değerlendirerek, her iki grup arasındaki etkileşimi anlamaya yardımcı olur. Bu, daha kapsamlı bir risk değerlendirmesi sağlar ve işletmelere yalnızca üretim süreçlerini değil, aynı zamanda çalışma ortamlarını da gözden geçirme fırsatı sunar. Bu yöntemde, bir olayın meydana gelme olasılığı ile meydana geldikten sonraki sonuçlarının derecelendirilmesi ve ölçümü yapılmaktadır (Özkiliç, 2005). Bu süreçte, tehlike ve risklere ait olasılık (O) ve şiddet (Ş) değerlerinin çarpımından risk puanı (RP) değerleri elde edilir. Elde edilen bu risk puanı değerleri, matris tablosundaki uygun yerlere yazılarak görsel bir analiz sağlanır. Bu yöntem, iş yerindeki tehlikelerin daha hızlı ve etkili bir şekilde belirlenmesini sağlayarak, önleyici tedbirlerin alınmasına olanak tanır. Tehlikeler belirlendikten sonra, risklerin değerlendirilmesi aşamasına geçilir. Bu süreçte, olayın gerçekleşme olasılığı tespit edilerek bir skor belirlenir. Olasılık derecelendirilirken, dikey ekseninde çok düşükten çok yükseğe kadar beş farklı kategori kullanılır. Olayın gerçekleşmesi durumunda oluşacak şiddet de tespit edilerek bir skor belirlenir. Şiddet derecelendirilirken, çok hafiften çok ciddiye kadar beş farklı seviyede sınıflandırma yapılır. Bu sınıflandırma, meydana gelebilecek olayların olumsuz etkilerini anlamak ve bu etkilere göre önceliklendirme yapmak için kritik öneme sahiptir.

Bu yöntem, riskin gerçekleşme olasılığına dayalı olarak belirlenen olasılık değerlerinin hesaplanmasını içermektedir. Söz konusu değerler, olası tehlikelerin meydana gelme sıklığını anlamak ve değerlendirmek için kritik bir başlangıç noktası oluşturmaktadır. Takiben, riskin gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkabilecek etkilerin ciddiyetine göre derecelendirilen şiddet değerleri belirlenmektedir. Şiddet değerleri, bir olayın gerçekleşmesi halinde meydana gelebilecek olumsuz sonuçların büyüklüğünü ve önemini kavramak açısından önemli bir bileşendir. Bu iki temel bileşen, yani olasılık ve şiddet değerleri birbiriyle çarpılarak risk skoru elde edilmektedir. Tablo 1'de, 5x5 matris yöntemi ile hesaplanan risk skorlarının derecelendirmeleri gösterilmektedir. Bu matris, farklı olasılık ve şiddet seviyelerini bir araya getirerek, her bir riskin genel önem düzeyini belirlemeye olanak sağlamaktadır. Risk skorları, iş yerindeki tehlikelerin önceliklendirilmesine ve hangi alanlarda acil önlemler alınması gerektiğine dair stratejik bir perspektif sunmaktadır. Matris yöntemi ile elde edilen sonuçlar doğrultusunda, risklerin kabul edilebilirlik seviyeleri de belirlenmektedir. Kabul edilebilirlik seviyeleri, iş yerinde risklerin yönetimine yönelik alınması gereken önlemleri tanımlayarak rehberlik etmektedir. Bu bağlamda, riskin kabul edilebilirlik seviyeleri, iş sağlığı ve güvenliği (İSG) politikalarının geliştirilmesine katkıda bulunmakta ve çalışanların güvenli bir çalışma ortamında bulunmalarını sağlamak amacıyla önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir (Erdim vd., 2010).

Bu çalışmada, mobilya imalatı yapan mikro ölçekli işletmelerde risk değerlendirmesi, iş sağlığı ve güvenliği alanında eğitim almış uzman kişiler tarafından gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme sürecinde, iş yerindeki olası tehlikeleri tanımlamak, risk analizi yapmak ve uygun kontrol önlemlerini belirlemek amacıyla farklı uzmanların görüşlerine de başvurulmuştur. Risk değerlendirmesi; saha ziyaretleri, gözlemler ve işletmelerde çalışanlarla yapılan görüşmelerin yanı sıra mevcut yasal düzenlemeler ve iş sağlığı ve güvenliği standartları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1

Matris Yöntemine Göre Risk Derecelendirme Tablosu (Erdim vd., 2010)

		İlkyardımla hemen giderilebilen yaralanma/ İş saati kaybı yok	Ayakta tedavi edilebilen yaralanma /İşgünü kaybı yok	Yatarak tedavi gerektiren yaralanma / Kısa süreli iş göremezlik	Uzun süreli yatarak tedavi gerektiren yaralanma veya meslek hastalığı / Uzun süreli iş göremezlik	Uzuv kaybı veya ölüm/ Sürekli iş göremezlik
		1 (Çok Hafif)	2 (Hafif)	3 (Orta)	4 (Ciddi)	5 (Çok Ciddi)
Hemen hiç	1 Çok Küçük	1 Anlamsız	2 Düşük	3 Düşük	4 Düşük	5 Düşük
Çok az (Yılda bir kez)	2 Küçük	2 Düşük	4 Düşük	6 Düşük	8 Orta	10 Orta
Az (Yılda birkaç kez)	3 Orta	3 Düşük	6 Düşük	9 Orta	12 Orta	15 Ciddi

Tablo 1

Devam ediyor

Sıklıkla (Ayda bir kez)	4 Yüksek	4 Düşük	8 Orta	12 Orta	16 Ciddi	20 Ciddi
Çok sık (Haftada bir)	5 Çok Yüksek	5 Düşük	10 Orta	15 Ciddi	20 Ciddi	25 Tolere Edilemez

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, üç farklı işletmede sektörel özelliklere göre tespit edilen tehlikeler tanımlanmış, özellikle toz patlaması riski açısından bu tehlikelerin yaratabileceği riskler belirlenmiş ve analiz edilerek derecelendirilmiştir. Derecelendirme sonuçlarına dayanarak, düzeltici ve önleyici faaliyetler aşama aşama belirlenmiş ve bu faaliyetlerin ardından risklerin kabul edilebilir seviyelere inip inmediği değerlendirilmiştir. Risklerin belirlenmesi amacıyla seçilen işletmeler düzenli olarak gözlemlenmiş ve yapılan gözlemler sonucunda risk değerlendirmesi yapılmıştır. Bu süreçte toplamda 64 adet tehlike tespit edilmiştir. Belirlenen tehlikelerin tamamı kapsamlı bir şekilde incelenmiş, her birinin olasılık ve şiddet değerleri sistematik bir şekilde derecelendirilerek risk seviyeleri hesaplanmıştır.

Matris yöntemine dayalı bu değerlendirme sonuçları, ilgili Tablo 2, 3 ve 4'te detaylı olarak sunulmuştur. Bu tablolar, risk yönetimi sürecinin etkinliğini ve alınan önlemlerin sonuçlarını görsel olarak desteklemektedir.

A İşletmesine Ait Bulgular

İşletme, mikro ölçekli olup bir binanın zemin katında faaliyet göstermektedir ve iki personel tarafından işletilmektedir. Ana faaliyet alanları arasında mobilya üretimi ve boyama işlemleri bulunmaktadır. Bu süreçlerde kullanılan malzemeler ve kimyasallar, işletme içerisinde depolanmakta ve bu durum yangın ve patlama riski açısından dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. İşletmede standart bir aydınlatma sistemi kullanılmakta ve elektrik panosu, operasyon alanının içinde yer almaktadır. Ancak, çeşitli kimyasal maddelerin depolanması, özellikle yangın ve patlama risklerini artırmaktadır. Mevcut havalandırma, yalnızca kapıların açılmasıyla sağlanan doğal havalandırma ile sınırlı olup, bu durum yeterli hava akımı (sirkülasyon) sağlamada yeterli olmayabilir. Başka bir havalandırma sisteminin bulunmaması, işletme içinde gazların veya tozların havada birikmesine neden olabilir. İşletmeye ait risk değerlendirme sonuçları ise Tablo 2'de sunulmuştur.

B İşletmesine Ait Bulgular

İşletme, mikro ölçekli bir kuruluş olarak, bir mahalledeki binanın zemin katında faaliyet göstermektedir. Alanı sınırlı olan bu işletme, yalnızca temel ekipmanlara sahiptir. İşletmenin günlük faaliyetleri sürekli değil, gün içerisinde belirli zaman dilimlerinde gerçekleştirilmekte olup, günlük çalışma süresi yalnızca birkaç saatle sınırlıdır. Çalışma süresinin sınırlı olması, toz oluşumunun da sınırlı kalmasına neden olmuştur. Bu durum, iş atmosferinde oluşan toz yoğunluğunun, toz patlamasına yol açabilecek seviyelere ulaşmasını engelleyen bir faktör olarak değerlendirilebilir. İşletme içinde gözlemlenen risk unsurları arasında, özellikle bir adet gaz tüpünün bulunması dikkat çekicidir. Gaz tüpü, yangın ve patlama gibi ciddi potansiyel tehlikeleri beraberinde getirmektedir. Ayrıca, işletme içinde yangın güvenliği açısından yeterli önlemlerin alınmaması, bu riski daha da artırmaktadır. Havalandırma sistemi yalnızca doğal yöntemlerle, kapılar aracılığıyla sağlanmaktadır. Bu yetersiz havalandırma koşulları, iç mekândaki hava sirkülasyonunun sınırlı kalmasına yol açarak havaya karışan toz miktarının artmasına neden olabilmektedir. Bu durum toz patlaması riski açısından olumsuz bir etki oluşturabilir. Isınma amacıyla işletme içinde kullanılan soba, toz patlaması riski açısından önemli bir tutuşturucu kaynak olarak değerlendirilmektedir. Sobanın kullanımı ve yerleştirilmesi gibi unsurlar doğru şekilde yönetilmediğinde, yüksek sıcaklık veya kıvılcımlar nedeniyle toz patlamasını tetikleme olasılığını artırabilir. Bu nedenle, sobanın etrafındaki alanın düzenli olarak temizlenmesi ve sobanın güvenli bir şekilde monte edilmesi önem arz etmektedir. İşletmeye ait risk değerlendirme sonuçları, Tablo 3'te sunulmuştur.

C İşletmesine Ait Bulgular

İşletme, mikro ölçekli olup mobilya ve kapı üretimi yapmaktadır. Günlük üretim faaliyeti süreklilik göstermektedir. Üretim sürecinde bazı makinelerde toz toplama sistemleri bulunmaktadır. İşletmenin aydınlatılmasında enerji tasarrufu sağlayan floresan lamba kullanılmaktadır. Havalandırma, işletme içindeki kapı ve pencereler aracılığıyla doğal yollarla yapılmaktadır. Ancak bu havalandırma sistemi, işletmenin tüm bölümlerine etkili bir şekilde ulaşamamaktadır. Özellikle kimyasalların depolandığı alanlar ve makinelerin bulunduğu bölgelerde yetersiz hava akımı, toz patlaması açısından ciddi riskler ortaya çıkarmaktadır. Bu alanlarda yeterli hava akışının olmaması, havada askıda kalan tozların birikmesine ve patlama riskini artıran tehlikeli bir ortam oluşmasına neden olabilir. Yetersiz havalandırma, patlama sınırına ulaşabilecek toz konsantrasyonlarının meydana gelmesini kolaylaştırabilir. İşletme içinde çeşitli kimyasalların yanı sıra, bazı ekipmanların üzerinde benzin şişeleri bulundurulmaktadır. Bu durum, özellikle havada biriken tozlarla birleştiğinde, toz patlaması riskini önemli ölçüde artırmaktadır. Bu nedenle, yangın ve patlama risklerini azaltmak amacıyla önlemler almak hayati önem taşımaktadır. İşletmeye ait risk değerlendirme sonuçları detaylı olarak Tablo 4'te sunulmuştur.

Ortaya çıkan bu sonuçlar, yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, Simpson tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, ahşap işçiliği yapılan alanlarda havalandırma sistemlerinin incelendiği görülmektedir. Bu araştırma, genel havalandırma koşullarını değerlendirmiştir. Çalışma alanlarından ikisinde, duvar veya çatı fanları şeklinde zorunlu mekanik havalandırma bulunurken, bir alanda doğal havalandırma için çatı havalandırması kullanılmıştır (Simpson vd., 2024). Araştırmaya göre, incelenen üç işletmeden yalnızca birinde havalandırma pencereleri bulunmakta, diğer iki işletmede ise havalandırma yalnızca kapılar aracılığıyla sağlanmaktadır. Oral ve Gülsün tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise, örnek bir mobilya atölyesindeki çalışma koşulları, makine-insan etkileşimi ve çevresel faktörler bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda, çalışma ortamında tutuşma ihtimali yüksek ürünlerin ana malzeme olarak kullanılması nedeniyle yangın tehlikesinin var olduğu belirlenmiştir (Oral ve Gülsün, 2019). Benzer şekilde yapılan bu çalışmada, MDF gibi malzemelerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan tozun, ciddi yanma veya patlama tehlikesine yol açabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, kimyasal maddelerin saklandığı dolabın kilitli olmaması, yetkisiz kişilerin bu maddelere erişim riskini artırmakta ve kimyasalların uygun şekilde depolanmaması, fiziksel ve kimyasal etkenlerle etkileşime girerek patlama riskini ortaya çıkarmaktadır. Çalışma ortamlarında boyalar, benzinler ve tinerler gibi kimyasal maddelerin bulunduğu ve bu maddelerin toz patlamasına sebebiyet verebileceği sonucu da ortaya çıkmıştır. Bu kimyasal maddeler, çalışma ortamında toz patlama kriterlerinin oluşmasına neden olabilmektedir.

Öte yandan, Aydoğdu'nun araştırmasında yapılan değerlendirme sonucunda, aydınlatma, toz, gürültü, ortamın termal konforu ve titreşim gibi tehlikeler dikkate alınarak L tipi matris yöntemi kullanılmıştır. Araştırma sırasında, makinelerin işlenen malzemelerle çevrili olduğu ve kullanım sonrası temizliğinin yapılması gerektiği vurgulanmıştır. İşyerinde elektrik bağlantı kablolarının dağınık halde bırakıldığı ve prizlerin kapaksız olduğu tespit edilmiştir (Aydoğdu, 2023). Bu çalışmada yapılan gözlemler sonucunda, benzer tehlikelerin bulunduğu gözlenmiştir. Özellikle, makinelerin yan kısımlarında parlayıcı ve patlayıcı maddelerin bulunduğu, elektrik aksamındaki bazı uçların korunaksız bir şekilde açık bırakıldığı ve prizlerin kapaksız olduğu belirlenmiştir. Aksoy ve Keskin'in yürüttüğü çalışmada ise, incelenen ortamın iklimlendirme, havalandırma, gürültü, titreşim ve toz gibi fiziksel faktörler açısından yetersiz olduğu saptanmıştır. Çalışmada, ortamda bulunan tozun yeterli ölçümlere tabi tutulmaması ve maruziyet kaynaklarının varlığı nedeniyle tehlike olasılıklarının yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, makinelerde toz emici sistemlerin bulunmaması veya işlevsel olmaması, çalışma ortamında ciddi riskler doğurmaktadır (Aksoy ve Keskin, 2019). Bu çalışmada incelenen üç küçük ölçekli işletmede ise, alanın sınırlı olması, makinelerde toz toplama sistemlerinin bulunmaması veya yetersiz çalışması gibi problemler tespit edilmiştir. Toz toplama sistemlerinin düzenli bakım ve kontrol eksikliğinin de bu işletmelerde potansiyel bir toz patlaması riskini artırdığı gözlenmiştir.

Bu çalışmada, iş yerlerinde kimyasal maddelerin uygunsuz bir şekilde bırakıldığı ve kullanıldığı, güvenli depolama alanları yerine doğrudan çalışma ortamında bulundurulduğu tespit edilmiştir. Bu durum, güvenli bir çalışma ortamının sağlanmasında ciddi bir zafiyet yaratmaktadır. Ayrıca, bu tür maddelerin korunmasına yönelik önleyici veya koruyucu tedbirlerin alınmamış olması, toz patlaması gibi ciddi riskleri beraberinde getirmektedir. Özellikle iş yerinde toz oluşumunu artıran faaliyetlerin varlığı, bu maddelerin patlayıcı bir ortam oluşturma potansiyelini daha da güçlendirmektedir. Yetersiz havalandırma sistemleri ve etkisiz doğal havalandırma, havadaki toz yoğunluğunu artırarak patlama riskini yükseltmektedir. Bu bulgular, Yılmaz'ın (2015) mobilya sektöründeki firmaların iş sağlığı ve güvenliği koşullarını incelediği araştırmasıyla paralellik göstermektedir. Yılmaz'ın çalışmasında, patlayıcı madde kullanımından kaynaklanan tehlikelerin önemli bir risk faktörü olduğu belirtilmiş ve yetersiz havalandırma sistemlerinin, tehlikeli buharların ve gazların birikmesine yol açarak iş yerlerinde ciddi riskler oluşturduğu sonucuna varılmıştır. Bu benzerlik, iş sağlığı ve güvenliği önlemlerinin yetersizliğinin sektördeki riskleri ne denli artırdığını ortaya koymaktadır.

Güneysu (2016) çalışmasında, işletmede tespit edilen tehlike ve riskler arasında, kazan dairesinin önünde bulunan parlayıcı maddelerin yangın riski yaratabileceği vurgulanmıştır. Araştırma, işletmedeki mevcut düzenlemelerin bu tür risklerin azaltılmasına yeterince katkı sağlamadığını göstermiştir. Bu çalışmada ise, işletmenin iç kısmında, özellikle makinelerin bulunduğu alana yakın konumlandırılmış boya, vernik gibi yanıcı ve patlayıcı özellik taşıyan maddelerin varlığı tespit edilmiştir. Bu durum, yalnızca yangın riski değil, aynı zamanda toz patlaması riski açısından da önemli bir tehlike oluşturmaktadır. Özellikle yanıcı toz ve patlayıcı madde kombinasyonunun, işletmede ciddi güvenlik tehditleri yarattığı söylenebilir.

Ahşap ve mobilya sektöründe faaliyet gösteren işletmelerde gerçekleştirilen bu çalışmada, iş yerlerinde güvenli olmayan ısıtıcıların kullanıldığı tespit edilmiştir. Özellikle soba gibi açık alevli ısıtıcıların varlığı önemli bir tehlike unsuru olarak değerlendirilmiştir. Soba kullanımının, yanıcı tozlarla birleştiğinde, 1. derece önemli bir risk oluşturduğu belirlenmiş ve bu durum yangın ve patlama riskini önemli ölçüde artırmaktadır. İncelenen üç işletmeden birinde, ısınma amacıyla kullanılan sobanın, işletme alanının ortasında, yanıcı tozların birikebileceği bir bölgede konumlandığı gözlemlenmiştir. İşletme ortamına yayılan toz ile soba gibi açık alev kaynağının birleşmesi, potansiyel bir toz patlaması riskini doğurmakta ve çalışanların güvenliği açısından ciddi tehdit oluşturmaktadır. Benzer bulgular Kaya vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada da elde edilmiştir. Bu sonuçlar, sektördeki iş sağlığı ve güvenliği risklerinin çeşitliliğini ve ciddiyetini bir kez daha gözler önüne sermektedir.

Tablo 2

A işletmesine ait 5x5 risk değerlendirme matrisi sonucu

Sıra No	Resim	Tehlike	Risk	Olasılık	Şiddet	Risk Seviyesi	Alınacak Önlemler	Olasılık	Şiddet	Risk Seviyesi
1		Tozların Birikmesi	Tozlar birikerek havada asılı kalabilir ve uygun koşullarda patlayıcı bir ortam oluşturabilir. Özellikle ince parçacıklara sahip tozlar, havada asılı kaldıklarında tutuşma kaynağı ile temas ettiklerinde çok hızlı bir şekilde yanabilir ve patlayabilirler.	3	5	15	Toz birikmesini önlemek için iş yerlerinde düzenli temizlik yapılmalı ve tozlar sürekli olarak temizlenmelidir. Özellikle zeminler, raflar, makineler ve havalandırma kanalları gibi toz birikmeye meyilli alanlar dikkatle izlenmelidir.	1	3	3
2		Toz Birikmesi	Toz patlaması sonucunda ikincil patlamaya sebep olması	2	5	10	Yerde çökelmiş olan tozların ikincil patlamaya sebep olmaması için temizlenmeli	1	2	2
3		Çalışma ortamında patlayıcı gazların bulunması	LPG tüpü gaz kaçırırsa, yanıcı tozlar ve gaz bir araya gelerek patlama riski oluşturur. Kaçan gaz, bir kıvılcım veya sıcak bir yüzeyle temas ettiğinde çok büyük bir yangın veya patlama meydana gelebilir.	4	5	20	LPG tüpleri, yanıcı tozların yoğun olduğu ortamlardan uzak tutulmalı ve havalandırması iyi olan, yangın tehlikesi taşımayan alanlarda muhafaza edilmelidir.	1	3	3
4		Havalandırma Yetersizliği	Eğer ortamda iyi bir havalandırma sistemi yoksa hem tozların havada asılı kalması hem de gaz sızıntısı durumunda gazın birikmesi riski artar. Gaz kaçağı ve havadaki yanıcı tozlar patlayıcı bir karışım oluşturabilir.	3	4	12	Hem toz birikimini azaltmak hem de olası gaz kaçaklarını etkisiz hale getirmek için ortamın iyi bir şekilde havalandırıldığından emin olunmalıdır.	2	2	4
5		Toz toplama sisteminin dolması	Toz toplama sistemleri dolduğunda, içlerinde biriken tozlar hava akımı ile daha fazla havalanabilir. Bu, kapalı sistemlerde basıncın artmasına ve toz parçacıklarının yoğun bir şekilde birikerek patlama riskini tetiklemesine neden olabilir. Eğer sistem içinde bir kıvılcım, statik elektrik veya aşırı ısınma gibi bir tutuşma kaynağı bulunursa, bu patlayıcı bir duruma yol açabilir.	4	5	20	Toz toplama sisteminin belli aralıklarla kontrol ederek çalışmasını sağlamak	2	2	4

Tablo 2
Devam ediyor

6		Tıkanma ve Hava Akışının Engellenmesi	Dolmuş bir toz toplama sistemi, hava akışını kısıtlar ve tozların etkili bir şekilde filtrelenmesini engeller. Bu sistemin verimliliğini düşürerek ortamda daha fazla tozun birikmesine ve patlama riskinin artmasına neden olabilir.	4	4	16	Toz toplama sistemlerinin düzenli olarak boşaltılması, temizlenmesi ve bakımlarının yapılması gerekir. Sistemin doluluk oranı sürekli izlenmeli ve kritik seviyelere ulaşmadan boşaltılmalıdır.	2	1	2
7		Toz toplama sisteminin işyerinde bulunan tüm makinelerde olmaması	Tüm makinelerin ortama toz bırakması sonucu toz patlamasına sebep olması	4	5	20	Tüm makinelere gerekli olan toz toplama sistemi kurulması	1	2	2
8		Makinelerin sıcak yüzeylerinde tozların birikmesi	Sıcak yüzeyle biriken tozlar sıcaklığın etkisi ile patlamaya sebep olması	3	5	15	Makinelerin sıcak yüzeylerinin kontrol edilmesi ve aşırı ısınmasının önüne geçilmesi	2	2	4
9		Elektrik tesisatının iç kısımlarına tozların ulaşması ve birikmesi	Elektrik tesisatında biriken tozlar ortaya çıkan bir ark kıvılcımı ile toz patlamamasına sebep olması	3	5	15	Elektrik tesisatının priz kısımlarına tozların ulaşıp birikmesini engellemek	1	3	3
10		Makinelerin elektrik tesisat kablolarında deforme olması	Kablolarda meydana gelen deformasyonlar sonucunda kıvılcım oluşarak toz patlamasına sebep olması	2	5	10	Yıpranan elektrik kablolarının yenilenmesi	1	2	3
11		Çalışma ortamında tiner gibi yanıcı ve patlayıcı maddelerin bulunması	Tiner gibi solventlerin buharları havada kolayca yayılır ve düşük bir tutuşurma kaynağı ile (örneğin kıvılcım, sıcak yüzey veya açık alev) hızla alev alabilir. Eğer ortamda yanıcı tozlar (örneğin odun tozu) birikmişse, bu yangın riski daha da artar.	3	5	15	Ortamdaki yanıcı parlayıcı ve patlayıcı maddeleri güvenli alanlarda depolamak	2	2	4

Tablo 2
Devam ediyor

12		Çalışma ortamında tiner gibi yanıcı ve patlayıcı maddelerin bulunması	Yanıcı tozların olduğu bir ortamda tiner gibi solventlerin buharı, patlayıcı bir karışım oluşturabilir. Eğer bir tutuşurma kaynağı bulunursa hem solvent buharı hem de ortamdaki tozlar büyük bir patlamaya neden olabilir.	3	4	12	Çalışma ortamında tiner kullanılıyorsa, iyi bir havalandırma sistemi bulunmalıdır. Bu hem buharların ortamda birikmesini önler hem de çalışanların zehirli gazları solumasını engeller. Lokal egzoz havalandırma sistemleri, solvent buharlarını doğrudan kaynağından uzaklaştırabilir.	2	2	4
13		Uygun olmayan sistemler ile toz toplanmanın yapılması	Toplanan tozlar çalışma ortamında birikmesi ve toplanması sonucunda tozların ortamda uzaklaştırılmadığı için toz patlamasına sebep olması	4	5	20	Toz toplama sistemi kurarak tozların ayrı bir ortamda birikmesini sağlamak	2	2	4
14		Dış ortamda biriken tozlar dış etkenler sonucunda çalışma ortamındaki havaya karışması	Dış ortamdan gelen tozlar havada asılı kalması ile toz patlamasına sebep olması	2	4	8	Mevcut yerlerde tozların biriktirdikten sonra kısa sürede toplanıp alınmasını sağlamak	1	2	2
15		Çalışma ortamında havalandırma sisteminin olmaması	Ortamda havaya karışan tozun uygun yöntemler ile dışarı atılamaması sonucu havada asılı kalan tozun patlamaya sebep olması	3	5	15	Hava aspiratörleri kullanarak tozların ortamdaki uzaklaştırılmasını sağlamak	2	2	4
16		Çalışma ortamında sıcak yüzeylerin bulunması	Sıcak yüzeyler, tozların veya yanıcı maddelerin üzerinde bulunduğu, bu maddelerin tutuşturulma riskini artırır. Özellikle yanıcı tozlar, yüksek sıcaklıklara maruz kaldıklarında kolayca tutuşabilir.	3	5	15	Sıcak yüzeyler, uygun ısı yalıtımı ile kaplanarak ısı'nın yayılmasını azaltılmalıdır. Bu, ortamın genel sıcaklığını düşürmeye yardımcı olur.	1	2	2

Tablo 3
B işletmesine ait 5x5 risk değerlendirme matrisi sonucu

Sıra No	Resim	Tehlike	Risk	Olasılık	Şiddet	Risk Seviyesi	Alınacak Önlemler	Olasılık	Şiddet	Risk Seviyesi
1		Çalışma ortamında MDF tozu bulunması	MDF tozu, ince ve kuru olduğu için uygun koşullar altında toz patlamasına neden olabilir. Özellikle havada yeterli miktarda toz biriktiğinde ve bir kıvılcım ya da ateş kaynağına maruz kaldığında patlayıcı bir karışım oluşabilir.	3	4	12	Kesim, zımparalama gibi işlemler sırasında ortaya çıkan mdf tozun hemen toplanabilmesi için uygun toz toplama sistemleri (örneğin, vakumlu toz toplama sistemleri) kullanılmalıdır.	2	2	4
2		Elektrik panosunun açık olması	Elektrik panosunun açık olması sonucu ark oluşması veya kıvılcım çıkması sonucu toz patlamasına sebep olması	3	4	12	Elektrik panosunda gerekli izolasyonu yaparak çıkabilecek kıvılcımların önlenmesi	2	3	6
3		Kıvılcım Kaynağı	Elektrikli aletler kıvılcım üretebilir. Bu kıvılcımlar, tozun havada asılı olduğu bir ortamda patlamaya neden olabilir.	4	5	20	Toz patlaması riskinin yüksek olduğu ortamlarda kıvılcım oluşturmayacak antistatik veya kıvılcım önleyici aletler kullanılmalıdır.	2	3	6
4		Statik Elektrik	Metal yüzeylere sahip küçük aletler, özellikle iyi topraklanmamışsa statik elektrik birikmesine yol açabilir. Biriken statik elektrik, toz bulutları için bir tutuşturma kaynağı olabilir.	4	5	20	Aletler ve çalışanlar arasında statik elektrik birikmesini önlemek için uygun topraklama ve antistatik ekipman kullanılmalıdır.	2	2	4
5		Aletlerin Aşınması ve Yıpranması	El aletlerinin düzenli bakımı yapılmadığında, aşınmış yüzeyler ya da bozulmuş kablo izolasyonu, mekanik kıvılcım ya da elektriksel kıvılcım riskini artırabilir.	4	5	20	Aletlerin düzenli bakımı yapılmalı ve toz birikimi önlenmelidir.	2	4	8

Tablo 3
Devam ediyor

6		Yanıcı Malzemelerin Kullanımı	Eğer el aletleri yağ, gres gibi yanıcı malzemelerle kaplıysa, bu malzemelerin varlığı yangın riskini artırabilir.	3	4	12	Aletlerin yağ ve diğer yanıcı maddelerle kaplanmış aletler sık sık temizlenmelidir.	2	3	6
7		Yanıcı Buharlar	Tiner ve boya, buharlaşarak yanıcı buharlar üretir. Bu buharlar, toz patlaması riski taşıyan ortamlarda ek bir tutuşturma kaynağı oluşturabilir.	4	4	16	Tiner ve boya kullanımı sırasında uygun havalandırma sağlanmalı ve yanıcı buharların ortamda birikmesi önlenmelidir.	2	2	4
8		Alevlenme Riski	Tinerin düşük parlama noktası (genellikle 20-30°C civarında) onu oldukça yanıcı hale getirir. Eğer ortamda kıvılcım veya açık alev varsa, tiner buharları kolayca alev alabilir ve patlamaya neden olabilir.	4	4	16	Kıvılcım üreten makineler, sıcak yüzeyler veya açık alevler bu tür yanıcı maddelerle birlikte kullanılırken dikkat edilmelidir. Bu tür kaynaklar ortamdan uzaklaştırılmalı ya da kapalı ve izole edilmelidir.	2	2	4
9		Havada Asılı Madde Yoğunluğu	Tiner ve boya uygulaması sırasında, havaya yayılan ince damlacıklar, tozla birleşerek patlamayı daha da şiddetlendirebilir. Tozla birlikte bir patlama üçgeni oluşmasına katkı sağlarlar.	3	4	12	Eğer mümkünse, solvent bazlı tiner ve boya yerine su bazlı veya alev almaz alternatifler tercih edilmelidir.	1	2	2
10		Yanıcı Gaz	Mutfak tüplerinde bulunan LPG, havayla karıştığında çok tehlikeli bir patlayıcı gaz haline gelir. Gaz sızıntısı olursa ve ortamda yanıcı toz bulunuyorsa, patlamaya neden olabilir.	4	5	20	LPG'nin yoğunluğu havadan daha ağır olduğundan, ortamda sürekli havalandırma sağlanmalı, gazın birikmesi önlenmelidir. Kapalı alanlarda mutfak tüpü kullanımı sınırlanmalı ve hava giriş-çıkışı olan alanlarda tercih edilmelidir.	2	3	6
11		Kaçak Riski	Mutfak tüpünün valf, hortum veya bağlantı noktalarından gaz sızması riski vardır. Bu sızıntı fark edilmeden ortama yayılırsa, kıvılcım, sıcak yüzey veya açık alevle temas ettiğinde patlama gerçekleşebilir.	4	4	16	Mutfak tüpünün hortumları, valfleri ve bağlantı noktaları düzenli olarak kontrol edilmeli ve herhangi bir gaz sızıntısı olup olmadığı tespit edilmelidir. Sızıntı olması durumunda hemen tüp kapatılmalı ve ortam havalandırılmalıdır.	2	3	6

Tablo 3
Devam ediyor

12		Tutuşma Kaynağı	Tüp gazın açığa çıkması ve toz bulutlarıyla karışması durumunda, gaz birincil patlamanın etkisiyle alev alarak çok daha geniş bir yangın ya da patlama alanı oluşturabilir.	3	4	12	Gaz kaçaqlarını erken tespit edebilmek için mutfak tüpünün bulunduğu ortama gaz algılama sensörleri yerleştirilebilir. Bu sayede olası sızıntılar erkenden fark edilir ve müdahale edilebilir.	2	3	6
13		Patlama Riski	LPG'nin basınç altında sıvı halde depolanıyor olması, tüp üzerinde fiziksel bir hasar ya da yüksek sıcaklığa maruz kalması durumunda patlama riskini artırır.	2	4	8	Mutfak tüpleri, sıcak yüzeylerden, kıvılcım ve alevlerden uzak tutulmalı, serin ve iyi havalandırılan ortamlarda muhafaza edilmelidir.	2	2	4
14		Yanıcılık	Kalın toz parçaları genellikle patlamaya yol açmaz çünkü patlamanın gerçekleşebilmesi için tozun ince olması ve havada bir toz bulutu oluşturabilmesi gerekir. Ancak kalın tozlar da ikincil patlamaya sebep olabilir.	3	4	12	Kalın toz parçaları, yangına neden olabilecek ısı kaynaklarından uzak tutulmalıdır. Sıcak yüzeylerin etrafındaki toz birikimi önlenmelidir.	1	2	2
15		Birikme ve Tutuşma	Kalın toz parçaları makine yüzeylerinde, sıcak yüzeylerde ya da ısı kaynaklarının yakınında birikerek yangına neden olabilir.	3	5	15	Kalın toz parçalarının yüzeylerde birikmesini önlemek için düzenli temizlik yapılmalıdır. Özellikle ısı kaynaklarının, makine motorlarının ve elektrikli ekipmanların bulunduğu alanlar sık sık kontrol edilmelidir.	2	2	4
16		Yanıcılık	İnce toz taneleri, yanıcıdır. Yanıcı tozlar, uygun koşullarda patlayabilirler.	4	5	20	İnce tozların birikmesini ve havaya karışmasını önlemek için etkili toz toplama ve havalandırma sistemleri kurulmalıdır. Bu sistemler, toz birikimini engelleyerek patlama riskini azaltır.	2	3	6

Tablo 3
Devam ediyor

17		Havada Asılı Kalabilme	İnce toz taneleri havada uzun süre asılı kalabilir, bu da toz bulutu oluşturma potansiyelini artırır. Patlamalar genellikle ince tozların havada asılı olduğu ortamlarda gerçekleşir.	4	5	20	İnce tozlar düzenli aralıklarla temizlenmelidir. Özellikle sıcak yüzeyler, makineler ve elektrikli ekipmanlar etrafında toz birikimi engellenmelidir.	2	2	4
18		Tutuşma Kaynakları	İnce tozlar, kıvılcım, açık alev, sıcak yüzeyler, statik elektrik veya mekanik sürtünmeyle kolayca tutuşturulabilir. Tutuşma kaynağı, havada bulunan toz bulutunu patlatabilir.	4	4	16	İnce toz patlamalarını tetikleyebilecek statik elektrik birikimini engellemek için antistatik ekipman ve topraklama kullanılmalıdır.	1	2	2
19		Toz Birikimi ve Patlama	Dolu toz toplama sistemleri, tozların filtrelerde ve torbalarda birikmesine neden olur. Bu birikim, ortamdaki en küçük tutuşturma kaynağıyla (kıvılcım, sıcak yüzey, statik elektrik) temasa geçtiğinde patlamaya neden olabilir.	3	4	12	Toz toplama sistemlerinin düzenli olarak temizlenmesi ve bakımı yapılmalıdır. Filtreler ve toplama torbaları belirli periyotlarda boşaltılmalı ve biriken tozlar uzaklaştırılmalıdır.	2	2	4
20		Hava Akışının Engellenmesi	Dolu filtreler, sistemdeki hava akışını kısıtlar, bu da tozların ortama geri yayılmasına ve toz konsantrasyonunun artmasına yol açar.	3	4	12	Toz toplama sistemine doluluk seviyesi sensörleri takılabilir. Bu sensörler, doluluk oranını izleyerek doluluk seviyesinin kritik bir noktaya ulaştığında uyarı verir.	2	2	4
21		Hava Akışının Engellenmesi	Kısıtlanmış hava akışı, patlama basıncı oluşması için gerekli olan kapalı alan ortamını güçlendirir.	3	3	9	Hava akışını sağlayan fanlar, filtrasyon sistemi ve havalandırma yollarının düzgün çalıştığından emin olunmalıdır. Hava akışı engellenmemeli ve sistem kapasitesi aşılmamalıdır.	2	1	2

Tablo 3
Devam ediyor

22		İkincil Patlamalar	Dolu toz toplama sistemleri, patlama riski arttığında ikincil patlamalara yol açabilir. İlk patlamada havaya karışan tozlar, sistemde biriken tozları harekete geçirip çok daha büyük bir patlama yaratabilir.	3	4	12	Toz toplama sistemlerine basınç tahliye valfleri ve patlama tahliye panelleri gibi ek güvenlik sistemleri kurulmalıdır. Bu sistemler, olası bir patlamayı bastırmak veya yönlendirmek için kritik öneme sahiptir.	2	3	6
23		Yangın	Ahşap tozu, kimyasal maddeler veya diğer yanıcı maddelerin bulunduğu yerlerde soba, bu maddelerin yanmasına ve hızla yayılmasına sebep olabilir.	4	5	20	Çalışma ortamında bulunan ısıtıcılar kaldırılmadır.	2	1	2
24		Toz Patlaması	Özellikle ahşap, gibi yanıcı tozların bulunduğu yerlerde soba, toz patlaması için bir tutuşturma kaynağı oluşturabilir. Soba çevresinde asılı kalan tozlar, sıcak yüzeylerle temas ettiğinde kolayca tutuşabilir ve patlamaya yol açabilir.	4	4	16	Eğer soba kullanılması zorunluysa, soba çevresinde hiçbir şekilde yanıcı madde veya toz birikmesine izin verilmemelidir.	3	2	6
25		Tutuşma Kaynağı	Sobanın aşırı ısınması, çalışma ortamındaki asılı kalan tozların ısınıp patlamasına neden olabilir.	3	4	12	Eğer çalışma ortamında yanıcı toz birikimi oluyorsa, soba kullanımı tamamen yasaklanmalıdır. Yanıcı tozların bulunduğu ortamlarda açık alev kaynakları çok tehlikelidir.	2	2	4
26		Toz Birikimi ve Patlama	Tozlu ortamlarda kapaksız priz kullanımı, prizlerin içerisine toz birikmesine neden olabilir. Elektrik prizlerinde biriken tozlar, zamanla bir tutuşma kaynağına dönüşebilir. Bu hem yangın hem de toz patlaması riskini artırır.	4	4	16	Toz, nem veya yanıcı maddelerin olduğu tüm alanlarda kapaklı prizler kullanılmalıdır. Bu prizler, kullanılmadıkları zamanlarda otomatik olarak kapanır ve toz, sıvı veya yabancı maddelerin girişini önler. Aynı zamanda, kapaklı prizler kıvılcım riskini de minimize eder.	1	2	2

Tablo 3
Devam ediyor

27		Çalışma ortamında sıcak yüzeylerin bulunması	Sıcak yüzeyler, tozların veya yanıcı maddelerin üzerinde bulunduğu, bu maddelerin tutuştu- rulma riskini artırır. Özellikle yanıcı tozlar, yük- sek sıcaklıklara maruz kaldıklarında kolayca tu- tuşabilir.	3	5	15	Sıcak yüzeyler, uygun ısı yalıtımı ile kaplanarak ısı- nın yayılmasını azaltılmalıdır. Bu, ortamın ge- nel sıcaklığını düşürmeye yardımcı olur.	1	2	2
----	---	--	--	---	---	----	---	---	---	---

Tablo 4
C işletmesine ait 5x5 risk değerlendirme matrisi sonucu

Sıra No	Resim	Tehlike	Risk	Olasılık	Şiddet	Risk Seviyesi	Alınacak Önlemler	Olasılık	Şiddet	Risk Seviyesi
1		Elektrik kablolarının korumasız ve açıkta bulunması	Yanıcı toz bulunan ortamlarda açıkta kalan kab- lolar, kısa devre yaparak kıvılcım oluşturabilir. Bu kıvılcımlar, tozun patlayıcı hale gelmesine yol açabilir. Ayrıca, aşırı ısınan kablolar da yan- gın tehlikesi yaratır. Tozla kaplanan kabloların, elektriksel arızaya daha yatkın hale gelmesi ve bu arızanın yangına veya patlamaya neden olma olasılığı yüksektir.	4	4	16	Elektrik kabloları, dayanıklı ve yalıtkan bir malzeme ile kaplanmalıdır. Toz geçirmez kı- lıflar kullanılmalı, kabloların dış etkenlere karşı korunması sağlanmalıdır.	2	2	4
2		Yanıcılık	Yağlar genellikle yüksek yanıcılık özelliğine sa- hiptir ve kıvılcımlarla kolayca alev alabilir. Ya- ğın yanması, özellikle toz patlaması riski taşıyan bir ortamda, zincirleme bir reaksiyon başlatabi- lir.	3	3	9	Yağ bulunan bölgelerde kıvılcım oluşturabile- cek kaynaklar (elektriksel arızalar, statik elekt- rik, sıcak yüzeyler) minimize edilmelidir. Özellikle elektrikli ekipmanlar ve kablolama sistemleri iyi izole edilmelidir.	2	1	2
3		Yüzey Kirlenmesi	Yağ, yüzeylerde biriktiğinde tozların yapışma- sını kolaylaştırarak kalın bir tabaka oluşturur. Bu tabaka, patlayıcı bir ortam yaratabilir.	2	3	6	Yağ bulunan ortamlar düzenli olarak temizlen- meli, yağlı yüzeylerde toz birikmesine izin ve- rilmemelidir.	1	2	2
4		Yanıcı Madde Bulun- ması	Benzin, düşük bir alev noktası (yaklaşık 30 °C) ve yüksek buhar basıncı ile son derece yanıcıdır. Buharları, havada asılı olan tozlar ile yanıcı ka- rışımlar oluşturabilir.	4	4	16	Benzin, uygun, patlamaya dayanıklı ve sızdır- maz kaplarda saklanmalıdır. Bu kapların üze- rinde "yanıcı madde" uyarı işareti bulunmalı- dır.	2	3	6

Tablo 4
Devam ediyor

5		Patlama Riski	Benzin buharları, kapalı veya yarı kapalı alanlarda birikerek patlayıcı ortamlar oluşturabilir. Kıvılcım ya da sıcak yüzey gibi ateşleyici kaynaklarla birleştiğinde ani toz patlamalara yol açabilir.	4	4	16	Benzin bulunan alanlarda etkili bir havalandırma sistemi sağlanmalı, buharların dışarı atılması sağlanmalıdır.	2	2	4
6		Yanıcı Karışım Oluşumu	Sıcak metal yüzeylerde biriken tozlar, yüksek sıcaklıkla birleştiğinde yanıcı bir karışım oluşturabilir. Bu karışım, küçük bir kıvılcım veya ısı kaynağı ile aniden tutuşabilir.	3	3	9	Sıcak metal yüzeylerin düzenli olarak temizlenmesi sağlanmalıdır. Toz birikintileri, her çalışma döngüsünden sonra veya belirli aralıklarla temizlenmelidir.	1	2	2
7		Aşırı Isınma	Metal yüzeylerin ısınması, üzerindeki tozların tutuşmasına ve yangın çıkmasına neden olabilir. Toz birikintileri, sıcak metal yüzeylerde bir ısı yalıtım etkisi yaratarak daha fazla ısınmasına yol açabilir.	3	4	12	Metal yüzeylerin sıcaklıkları düzenli olarak izlenmeli ve aşırı ısınma durumları tespit edilmelidir. Aşırı ısınan yüzeyler, soğutma sistemleri ile kontrol altında tutulmalıdır.	2	2	4
8		Patlama	İnce tozlar, belirli bir konsantrasyonda havada asılı kaldığında patlayıcı bir karışım oluşturabilir. Zeminde biriken toz, havadaki kıvılcım veya ısı kaynakları ile birleştiğinde ani bir patlama meydana getirebilir.	4	4	16	Zeminlerde ince toz birikintilerinin birikmesini önlemek için düzenli temizlik yapılmalıdır.	2	3	6
9		Yangın Tehlikesi	Toz birikintileri, sıcak yüzeylerle temas ettiğinde tutuşabilir. Ayrıca, yanıcı malzemelerle birleştiğinde yangın riskini artırır.	3	4	12	İnce tozların bulunduğu alanlarda açık alev ve kıvılcım kaynakları bulundurulmamalıdır. Elektriksel ekipmanların patlamaya dayanıklı olması gerekmektedir.	1	2	2
10		Uygun Olmayan Elektrik Panoları	Yetersiz tasarım, yanlış montaj veya aşırı yüklenme nedeniyle elektrik panolarında aşırı ısınma meydana gelebilir. Bu durum, kıvılcım oluşmasına sebep olabilir.	3	3	9	Elektrik panoları, yerel ve uluslararası elektrik güvenlik standartlarına uygun olarak tasarlanmalı ve kullanılmalıdır.	2	2	4
11		Yanıcı Toz Birikimi	Havalandırma yokluğunda, ortamda bulunan yanıcı tozlar (örneğin, ahşap tozu) birikerek belirli bir konsantrasyona ulaşabilir. Belirli bir seviyeye ulaştığında, bu tozlar havada asılı kalabilir ve patlama riski oluşturabilir.	3	4	12	Kapalı alanlarda mekanik havalandırma sistemleri kurulmalı ve düzenli olarak bakımı yapılmalıdır. Bu, havadaki toz miktarını azaltır.	2	2	4

Tablo 4
Devam ediyor

12		Ateş Kaynakları ile Etkileşim	Yetersiz havalandırmada biriken yanıcı tozlar, kıvılcım, ısı veya açık ateş gibi ateş kaynaklarıyla etkileşime girdiğinde patlama riski artar. Bu durum, üretim alanında büyük bir tehlike yaratır.	2	3	6	Yanıcı tozların bulunduğu alanlarda ateş kaynakları (kıvılcım çıkaran ekipmanlar, açık alevler) kullanılmamalıdır.	2	1	2
13		İkincil Patlama Riski	İlk patlamadan sonra, ortaya çıkan toz bulutları ve enkaza bağlı olarak ikincil patlamalar meydana gelebilir. Bu durum, daha geniş bir alanın etkilenmesine ve daha fazla hasara neden olabilir.	2	3	6	Üretim süreçlerinde tozların birikimini önlemek için toz toplama sistemleri (vakum sistemleri) kullanılmalıdır.	1	2	2
14		Havada Yüksek Toz Konsantrasyonu	Toz toplama sisteminin etkisiz çalışması, ortamda yanıcı tozların birikmesine neden olur. Bu durum, belirli bir konsantrasyona ulaştığında, patlama riskini artırır.	3	4	12	İş yerinin özelliklerine uygun ve verimli toz toplama sistemleri (vakum sistemleri, filtreleme sistemleri) kullanılmalıdır.	2	2	4
15		Ateş Kaynaklarıyla Etkileşim	Biriken tozlar, açık alevler, kıvılcımlar veya ısı kaynaklarıyla etkileşime girdiğinde aniden tutuşabilir ve toz patlamaları meydana gelebilir.	3	3	9	Yanıcı tozların bulunduğu alanlarda ateş kaynakları (kıvılcım çıkaran ekipmanlar, açık alevler) kullanılmamalıdır.	1	3	3
16		Statik Elektrik Birikimi	Yetersiz toz kontrolü, statik elektrik birikimine neden olabilir. Statik elektrik, tozların tutuşmasına yol açabilecek bir kıvılcım oluşturabilir, bu da patlamayı tetikleyebilir.	3	4	12	Toz toplama sistemleri, düzenli olarak kontrol edilmeli ve bakım yapılmalıdır. Tıkanıklıkların giderilmesi ve filtrelerin değiştirilmesi önemlidir.	2	3	6
17		İkincil Patlama Riski	İlk patlama sonrası oluşan toz bulutları, başka bir patlamaya neden olabilir. Bu durum, daha fazla hasar ve yaralanmalara yol açar.	2	3	6	İş yerinde düzenli temizlik yapılmalı ve toz birikintileri derhal temizlenmelidir.	1	2	2
18		Ekipman Arızaları	Yetersiz toz toplama, makinelerde toz birikimine neden olabilir. Bu birikim, ekipman arızalarına, aşırı ısınmasına yol açarak toz patlamasına sebep olabilir.	2	3	6	İş yerinin özelliklerine uygun ve verimli toz toplama sistemleri (vakum sistemleri, filtreleme sistemleri) kullanılmalıdır.	1	2	2

Tablo 4
Devam ediyor

19		Patlama Zamanlaması	Yanıcı tozların, havada belirli bir yoğunluğa ulaşması durumunda patlama meydana gelebilir. Bu durum, iş yerinde ani ve yıkıcı olaylara neden olabilir.	3	4	12	İş yerinde düzenli temizlik yapılmalı ve toz birikintileri derhal temizlenmelidir.	2	2	4
20		Yanıcı Toz Birikimi	Tutkallama işlemleri sırasında, ahşap veya diğer malzemelerden kaynaklanan tozlar birikerek, havada belirli bir konsantrasyona ulaşabilir. Bu durum, patlama riski oluşturur.	2	3	6	Tutkallama makinelerinin yanına uygun toz toplama sistemleri (vakum sistemleri) yerleştirilmeli ve düzenli olarak bakımı yapılmalıdır.	1	2	2
21		Patlama Riski	Kalın toz parçaları, havada asılı kalma potansiyeline sahip olduğunda, belirli bir konsantrasyona ulaşabilir. Bu, patlama riski oluşturur. Özellikle, tozların yanıcı olduğu durumlarda bu risk daha da artar.	3	4	12	Toz toplama sistemlerinin aktif olarak kullanılması sağlayarak kalın tozların birikmesi önlenir.	2	2	4

4. Sonuçlar

Ülkemizde mobilya sektörünün genel görünümünün, ağırlıklı olarak geleneksel yöntemler ile çalışan atölye tipi küçük ölçekli işletmelerin ön planda olduğu bir yapı sergilediği dikkate alındığında, son yıllarda yürürlüğe giren yasal düzenlemelere rağmen, bu işletmelerde iş güvenliği ve risk analizi ile ilgili çalışmalar yeterince önemsenmemekte ve sıkça göz ardı edilmektedir. Örnek vermek gerekirse, Ankara ilinde faaliyet gösteren 10.000'den fazla küçük ve orta ölçekli mobilya işletmesi bulunmaktadır. Bu işletmelerin %46'sı 4 kişiden az, %44'ü 4-10 kişi, %8'i 11-25 kişi ve yalnızca %2'si 25 kişiden fazla personel çalıştırmaktadır. Bu veriler, küçük ölçekli işletmelerin sektördeki hakimiyetini ve emek yoğun üretim yapılarının yaygınlığını göstermektedir (Mobilya Sektörü Kişisel Koruyucu Donanım Rehberi, 2024). Küçük ölçekli işletmelerin kısıtlı kaynakları ve bilgi eksiklikleri, bu durumun başlıca sebepleridir. Bu durum hem çalışanların sağlığı ve güvenliğini hem de işyeri güvenliğini olumsuz etkilemektedir. Çalışma sonucunda toplam 64 risk unsuru tespit edilmiştir. Bu risklerin 30'u "yüksek risk," 28'i "orta risk" ve 6'sı "düşük risk" olarak değerlendirilmiştir. Tespit edilen bu riskler tüm işletmeler açısından değerlendirildiğinde, çalışma ortamında tozların birikmesi, patlayıcı özelliği bulunan LPG tüpünün ortamda bulundurulması, toz toplama torbalarının tozla dolu olması veya toz toplama torbalarının hiç bulunmaması, makine sıcak yüzeylerinde toz birikmesi, elektrik kablolarının açıkta ya da deforme halde bulunması, çalışma ortamında tiner ve benzin gibi yanıcı maddelerin yer alması, kıvılcım etkisi oluşturabilecek soba gibi ekipmanların bulunması ve prizlerin kapaksız olması gibi durumlar toz patlamalarına sebebiyet verebilecek yüksek risk unsurları olarak belirlenmiştir. Bu bulguların ortadan kaldırılması ya da risk seviyelerinin düşürülmesi, mobilya imalatı yapan işletmelerde toz patlaması risklerinin önlenmesi açısından önemlidir. Çalışma ortamının yetersiz havalandırılması, yerde biriken tozların çeşitli etkenler nedeniyle havaya karışabilmesi, MDF tozunun ortamda bulunması ve elektrikli el aletlerinin kullanımı gibi faktörlerin, özellikle bu aletlerde statik elektrik birikmesi durumunda, orta düzey risk faktörleri olarak değerlendirilmiştir. Belirlenen risklere karşı alınması gereken koruyucu ve önleyici tedbirler, güvenlik yönetimi açısından kritik öneme sahiptir. Koruyucu tedbirler, olay meydana geldikten sonra, kişilerin zarar görmesini engellemeye yönelik alınan önlemler olarak tanımlanabilir. Bu tedbirler, olayın sonuçlarını hafifletmeyi amaçlamakta olup, genellikle olayın etkilerini minimize eden müdahaleleri içerir. Örneğin, yangın söndürme sistemlerinin etkin kullanımı, koruyucu ekipmanların sağlanması ve acil durum müdahale planlarının oluşturulması bu kapsama girmektedir. Önleyici tedbirler ise, olayların meydana gelme sıklığını azaltmaya yönelik stratejilerdir. Bu tedbirler, potansiyel risklerin kaynağında müdahale ederek, tehlike arz eden faktörlerin ortadan kaldırılmasını veya minimize edilmesini sağlamaktadır. Alınan koruyucu ve önleyici tedbirlerin uygulanması sonucunda, tespit edilen risklerin 63'ü düşük risk seviyesine, 1'i ise orta risk seviyesine indirilebileceği öngörülmektedir. Bu durum, etkili bir risk yönetimi yaklaşımının, çalışma ortamındaki güvenliği önemli ölçüde artırabileceğini ve iş sağlığı ve güvenliği standartlarını iyileştirebileceğini göstermektedir. Çalışma kapsamında incelenen işletmeler, toz patlamasına neden olan beş ana faktör (kapalı ortam, tutuşma kaynağı, oksijen, yanıcı toz ve toz bulutu) açısından değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Kapalı Ortam: İlk faktör olarak, işletmelerin hepsi kapalı bir ortamda faaliyet göstermektedir. Bu durum, ortamda oluşan tozun hava akışı ile dışarı atılmasını engelleyerek patlama riskini artırmaktadır. İncelenen işletmelerde yeterli bir havalandırma sistemi bulunmadığından, doğal hava akışı yalnızca kapılar aracılığıyla sağlanmaktadır. Ancak kapılar her zaman açık kalmadığı için havalandırmanın sürekli sağlanamaması, iş atmosferinde toz miktarının artmasına ve tozun tutuşarak patlamasına neden olabilmektedir. Bu, kapalı ortam faktörünün işletmelerde toz patlaması riskini yükselttiğini göstermektedir.

2. Tutuşma Kaynağı: İkinci olarak, işletmelerde olası bir tutuşma kaynağının varlığı dikkate alınmıştır. Üç işletmede de çeşitli tutuşma kaynakları bulunmaktadır. Bu kaynaklar arasında açıkta bırakılmış elektrik prizleri, elektrik panoları, küçük ev aletleri, mutfak tüpleri ve şişelerde depolanan benzin gibi maddeler sayılabilir. Bu unsurlar, işletmelerde yanıcı tozların tutuşmasına ve potansiyel bir patlamaya yol açabilecek

kıvılcımlar veya aşırı ısınma riskine neden olabilmektedir. İşletmelerde bu tür unsurların bulunması, ortamda sürekli bir tutuşma kaynağı tehdidini oluşturmakta ve yangın veya patlama riskini ciddi oranda artırmaktadır.

3. Oksijen: Oksijen, yanmanın ve dolayısıyla patlamanın temel bileşenlerinden biridir. Çalışma yapılan işletmelerin her birinde doğal olarak oksijen bulunmakta, bu da olası bir toz patlaması için gerekli olan üçüncü faktörün var olduğu anlamına gelmektedir. Oksijenin yeterli miktarda mevcut olması, eğer diğer faktörler de hazır ise toz patlaması riskini kaçınılmaz hale getirmektedir.

4. Yanıcı Toz: Yanıcı toz, işletmelerin faaliyet gösterdiği ortamlarda yaygın olarak bulunmaktadır. Ancak, incelenen üç işletmeden ikisinde toz toplama sistemi bulunmamaktadır. Bu durum, üretim sırasında oluşan tozların işletme içerisinde yayılmasına neden olmaktadır. Oluşan toz, işyeri ortamından uzaklaştırılmadığında, işyeri atmosferinde, işletme tabanında, işletmede kullanılan makine ve donanımların üzerinde birikerek patlamaya neden olabilir. Toz toplama sistemlerinin bulunmaması, yanıcı tozların ortamda kontrolsüz bir şekilde dağılmasına ve uygun koşullarda toz birikimlerinin oluşmasına neden olmaktadır. Toz toplama sisteminin eksikliği, toz patlaması riskini artıran önemli bir faktördür.

5. Toz Bulutu: Son olarak, işletmelerde toz bulutunun oluşum süresi incelenmiştir. İncelenen üç işletmeden ikisinde sürekli iş yapılmadığı için toz oluşum sıklığı düşük kalmakta, havada asılı halde bulunan tozun süresi kısa olmaktadır. Bu işletmelerde ara sıra oluşan toz bulutları, hızlı bir şekilde çökelmekte ya da dağılmaktadır. Ancak, sürekli aktif olarak çalışan üçüncü işletmede, işlem sırasında sürekli toz üretimi olduğu için havada asılı kalan toz miktarı oldukça yüksektir. Toz bulutunun sürekliliği ve yoğunluğu, bu işletmede diğerlerine göre daha fazla risk oluşturmaktadır. Havada asılı kalan tozun uzun süre ortamda bulunması, kıvılcım veya benzeri bir tutuşma kaynağı ile birleştiğinde patlama riskini doğurabilmektedir.

Genel bir değerlendirme yapıldığında, araştırma yapılan işletmelerde kapalı ortam, tutuşma kaynağı, oksijen, yanıcı toz ve toz bulutu olmak üzere beş ana faktörün mevcut olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ancak toz patlamaları için bu faktörlerin olması kadar; bu faktörlerin aynı anda bir arada bulunması da gereklidir. Mobilya imalatı sırasında toz oluşumu önlenemese de oluşan tozun ortamdan uzaklaştırılması ile ya da bu da yapılamıyorsa tutuşmaya neden olabilecek faktörler işyeri ortamından kaldırılarak toz patlamasına giden halka kırılabilir. Daha genel bir ifade ile aynı anda beş faktörün işyeri ortamından kaldırılması mümkün olmasa da iyi bir yönetimle bu faktörlerden en az biri ortamdan kaldırılarak toz patlama riski ortadan kaldırılabilir.

Yazar Katkıları

Lokman ODABAŞ: Çalışmayı planlamış, veri toplamış, analiz yapmış ve makaleyi yazmıştır.
Yener TOP: Çalışmayı planlamış, analiz yapmış ve sonuçları değerlendirmiştir.

Kaynaklar

- Abbasi, T. ve Abbasi, S. A. (2007). Dust explosions—Cases, causes, consequences, and control. *Journal Of Hazardous Materials*, 140(1-2), 7-44.
- Akbar-Khanzadeh, F. ve Brillhart, R. L. (2002). Respirable crystalline silica dust exposure during concrete finishing (grinding) using hand-held grinders in the construction industry. *Annals of Occupational Hygiene*, 46(3), 341-346.
- Aksoy, E. ve Keskin, H. (2019). Mobilya endüstrisinde iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili risk değerlendirmesi: Begonya mobilya imalat işletmesi örneği. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 46-60.
- Asana, M. M. (2015) *Endüstriyel Tesislerde Toz Patlamaları, modellenmesi ve Risk Azaltılması*, (Doktora tezi).
- Aydoğdu, R. (2023). *Ahşap ve mobilya sektöründe Fine-Kinney, HRNS, X tipi ve L tipi matris yöntemleri kullanılarak ve ortam ölçümleriyle risklerin değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans tezi.
- Bozkurt, A. Y., & Bozkurt, T. (1979). Ağaç işleyen endüstrilerde sağlık sorunları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 60-67.

- Carton, M., Goldberg, M. ve Luce, D. (2002). Occupational exposure to wood dust. Health effects and exposure limit values. *Revue d'épidémiologie et de santé publique*, 50(2), 159-178.
- Dobashi, R. (2009). Risk of dust explosions of combustible nanomaterials. *Journal of Physics*, 170, 1.
- Eckhoff, R. K. ve Li, G. (2021). Industrial dust explosions. A brief review. *Applied Sciences*, 11(4), 1669.
- Erdim, H., Türkmen, A., Atalar, C. ve Tansu, A. (2010). *Ahşap Doğrama Atölyelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği El Kitabı*. Taşova Taş Ocakları Vakfı Yayınları.
- Estrella, X., Guindos, P., Almazán, J. L. ve Malek, S. (2020). Efficient nonlinear modeling of strong wood frame shear walls for mid-rise buildings. *Engineering Structures*, 215, 110670.
- Gül, A. (2024). *Odun Esashi Levha Ürünlerinin Ebatlanmasında Ortaya Çıkan Tozların Ölçümü: Gaziantep İli Örneği*. Yüksek Lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Güneysu, G. (2016). *Bir kereste işletmesi üretim sürecinde iş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirme çalışması*. Yüksek Lisans tezi, Bartın Üniversitesi.
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. (1995). *Wood Dust and Formaldehyde*, World Health Organization.
- İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği*. (2012). *Resmî Gazete Sayısı:28509*, Ankara.
- Kaya, E. Ç., İri, N. İ. Ö. ve Pedis, K. (2020). Ahşap ve mobilya imalatı yapan bir işyerinde risklerin belirlenmesi ve örnek risk analiz çalışması. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 9(1), 25-35.
- Kauffman, C. W. (1982). Agricultural dust explosions in grain handling facilities. *Fuel-air Explosions*, University of Waterloo Press, 305-347.
- Khambekar, J. ve Pittenger, B. H. (2013). Understanding and preventing metal-dust hazards. *Powder Metall.*, 49(4), 39-47.
- Kurban, H. (2015). *Mobilya üretimi yapılan işletmelerde gürültü, titreşim ve odun tozunun ergonomik etkilerinin işçi sağlığı açısından incelenmesi (Bartın örneği)*. Yüksek Lisans tezi, Bartın Üniversitesi.
- Mobilya Sektörü Kişisel Koruyucu Donanım Rehberi, 2024. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara. 10 Şubat 2025 tarihinde https://www.csgeb.gov.tr/Media/tahbdso3/mobilya-sektoru-kkd-rehberi-revizyon_061124.pdf adresinden erişildi.
- Neikov, O. D., Yefimov, N. A. ve Naboychenko, S. (2009). *Handbook of Non-Ferrous Metal Powders*. Technologies and Applications.
- Oral, T., ve Gülsün, B. (2019). Mobilya Atölyelerinde Fine-Kınney Yöntemi ile Risk Değerlendirmesi. *İş Sağlığı ve Güvenliği Akademi Dergisi*, 1(3), 134-152.
- Özkiliç, Ö. (2005). *İş Sağlığı ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri*, TİSK Yayınları, Ankara.
- Prakash, A., Fielding, E. J., Gens, R., Van Genderen, J. L. ve Evans, D. L. (2001) Data fusion for investigating land subsidence and coal fire hazards in a coal mining area. *International Journal of Remote Sensing*, 22(6), 921-932.
- Schmidt, C., Westermann, H. H., Thorenz, B. ve Steinhilper, R. (2018). Sustainability of cutting frozen wood- An analysis of buzz saw blades cutting performance depending on wood temperature. *Procedia Manufacturing*, 25, 263-270.
- Shrey, F. (2020). *Studying the Effect of Particle Morphology and Density on Dust Cloud Dynamics in Minimum Ignition Energy (MIE) Device by Digital Inline Holography (DIH) Technique*. Doktora Tezi, Texas A&M University.
- Simpson, A. T., Beattie, H., Lekka, C. ve Keen, C. (2024). Health and Safety Executive research on wood dust exposure controls in British manufacturing. *Annals of Work Exposures and Health*, 68(2), 180-191.
- Vijayaraghavan, G. (2004). *Impact assessment, modelling, and control of dust explosions in chemical process industries*. MTech Thesis, Coimbatore Institute of Technology.
- Yılmaz, K. (2015). *Ağaç İşleri Endüstrisinde İş Sağlığı ve Güvenliği ile İlgili Mevcut Durumun Belirlenmesi: Mobilya Sektörü Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
- Yuan, Z., Khakzad, N., Khan, F. ve Amyotte, P. (2015). Dust explosions: A threat to the process industries. *Process Safety and Environmental Protection*, 98, 57-71.
- Zhou, X., Li, X., Cui, Z., Wu, L., Zhou, H. Ve Lu, X. (2023). Combustible wood dust explosions and impacts on environments and health-A review. *Environmental research*, 216, 114658.