

TEKSTİL ÜRETİM VE DEPO ALANLARINDAKİ SÖNDÜRME SİSTEMLERİ UYGULAMALARI

İbrahim Utku BAŞYAZICI

ÖZET

Günümüzün rekabetçi üretim koşullarında firmaların ayakta kalması kalite, verimlilik ve etkinliğe bağlı olduğu kadar firmaların üretim süreçlerindeki riskleri minimize etmelerine de bağlıdır. Endüstriyel ortamlarda proses özelliklerinden dolayı varolan en büyük risklerden biri yangın riskidir. Yangın riskinin minimize edilmesi özellikle tekstil sanayi gibi ülkemize katma değeri çok yüksek sektörlerde kritik önem arz etmektedir.

Tekstil hammaddelerinin işlenmesi sırasında sürtünmeyle meydana gelen statik elektriklenme ciddi yangın tehlikesi oluşturabilmektedir. Ayrıca neredeyse tüm tekstil ürünleri ve hammaddeleri kolayca yanabilmektedir. Bunun yanında tekstil hammaddelerinin yanması sonucu ortaya çıkan yoğun duman yangına müdahaleyi zorlaştırmaktadır. Tekstil fabrikalarındaki geniş depolama alanlarının varlığı da düşünülürse yangın riskinin boyutları artmaktadır.

Tekstil endüstrisinde etkili bir yangın güvenliği yaklaşımı oluşturabilmek için proses ekipmanlarına entegre söndürme ve algılama sistemlerinin dizayn edilmesi ayrıca depolama alanlarındaki yüksek risklerin de hammadde özelliklerine göre minimize edilmesi gereklidir.

Bu makalede yukarıda belirtilen ihtiyaçları karşılayabilecek söndürme sistemlerinin seçimi ve bu sistemlerin proses ekipmanları ile entegrasyonunun nasıl sağlanacağı ve insan faktörünü göz ardı etmeden tekstil fabrikalarında yangın riski yönetiminin nasıl yapılacağı anlatılacaktır.

Anahtar Sözcükler : Tekstil yangın güvenliği, kıvılcım algılama, söndürme.

ABSTRACT

In today's competitive manufacturing condition surviving of firms depends on both quality, productivity and activity and also minimizing of risks in manufacturing processes. The existing most dangerous risk is the fire risk in industrial environments because of processes characteristics. Minimizing of fire risk has crucial importance especially in textile industry because textile industry's contribution to our country's economy is very high.

Static electrification during the manufacturing processes might lead to serious fire. In addition almost all textile products and raw materials can burn easily and also create dense smoke which prevent effective manual interference. If we also consider the large storage areas in textile factories, fire risk is to be increased.

To create an effective fire protection approach to textile industry integrated fire suppression, and detection systems into textile machines should be designed and high risks in storage areas should be minimized according to raw material characteristic.

In this article selection of fire suppression system type, integration of these systems into textile machines, fire risk management in textile industry without neglecting human factor will be described according to above mentioned requirements.

Keywords : Textile fire protection, spark detection, extinguishing, HFC-227ea, ESFR

1. GİRİŞ

Endüstriyel riskler endüstriyel gelişmeye paralel olarak artmaktadır. Günümüzün modern tekstil fabrikaları da hem kullanılan hammaddelerin doğası gereği hem de fabrikalardaki mevcut depolama alanlarının büyüklüğü sebebiyle ciddi yangın riski altındadır. Bu makalede doğal ve kimyasal elyaf proseslerinde uygulanabilecek önlemler ele alınacaktır. Doğal veya kimyasal hammadde ile çalışan tekstil fabrikalarında bitmiş ürünler farklı bile olsa hammaddeler benzer şartlandırma işlemlerinden geçirilirler. Dolayısıyla benzer ekipmanlar ve benzer yangın tehlikeleri söz konusudur.

Yüksek yanıcılık değeri nedeniyle pamuk elyafının kullanıldığı tekstil proseslerinde oldukça sık yangın görülür. Harman hallaç, tarak, temizleme gibi hazırlık proseslerinde makinelerde yüksek sürtünmeye maruz kalan elyafın fiziksel özellikleri ve hammadde içinde bulunması muhtemel yabancı maddelerin sürtünme ile meydana getirdiği kıvılcıklar yangına sebebiyet verebilmektedir.

Prosesin ve hammaddelerin taşıdığı riskler dikkate alındığında tekstil proses alanlarının otomatik sprinkler sistemi ile korunmasının gerekliliği görülür. Proses alanının yangın güvenliği düşüncesine uygun olarak planlanması da yangın söndürme başarısının sağlanması ve olası yangın durumunda yangının fabrikanın diğer kısımlarına yayılmasını önleme anlamında gereklidir. Ayrıca yangın güvenliği eğitimi almış personelin kullanabilmesi için taşınabilir söndürücüler proses alanında uygun bir şekilde konumlandırılmalıdır. Gerekli donanıma sahip ve iyi eğitim almış personelin müdahalesi ile yangınlar genellikle sprinkler sistemi çalışmadan söndürülebilmektedir.

Depolama kısımlarındaki yangınlara müdahale edilmesi ve söndürülmesi daha zordur. Örneğin pamuk; içten içe yana bir maddedir ve yangının erken aşamalarında tehlikenin fark edilmesi zordur. Diğer sentetik esaslı hammaddeler yanıcılık değerleri ile daha büyük tehlike oluşturmaktadır. Pamuğun kalorifik değeri 18Mj/kg iken polipropilen için bu değer 43Mj/kg'dır.

Tekstil fabrikalarındaki yangınların yaygın sebeplerinden biriside elektrik arızalarıdır. Özellikle yüksek titreşimde çalışan makinelerde elektrik bağlantılarında kopmalar olmakta bu durumda yangına neden olmaktadır. Ayrıca ortamdaki toz ve elyaf parçacıkları da elektriksel ekipmanlara zarar verebilmektedir.

2. TEKSTİL ÜRETİM ALANLARINDAKİ SÖNDÜRME SİSTEMLERİ

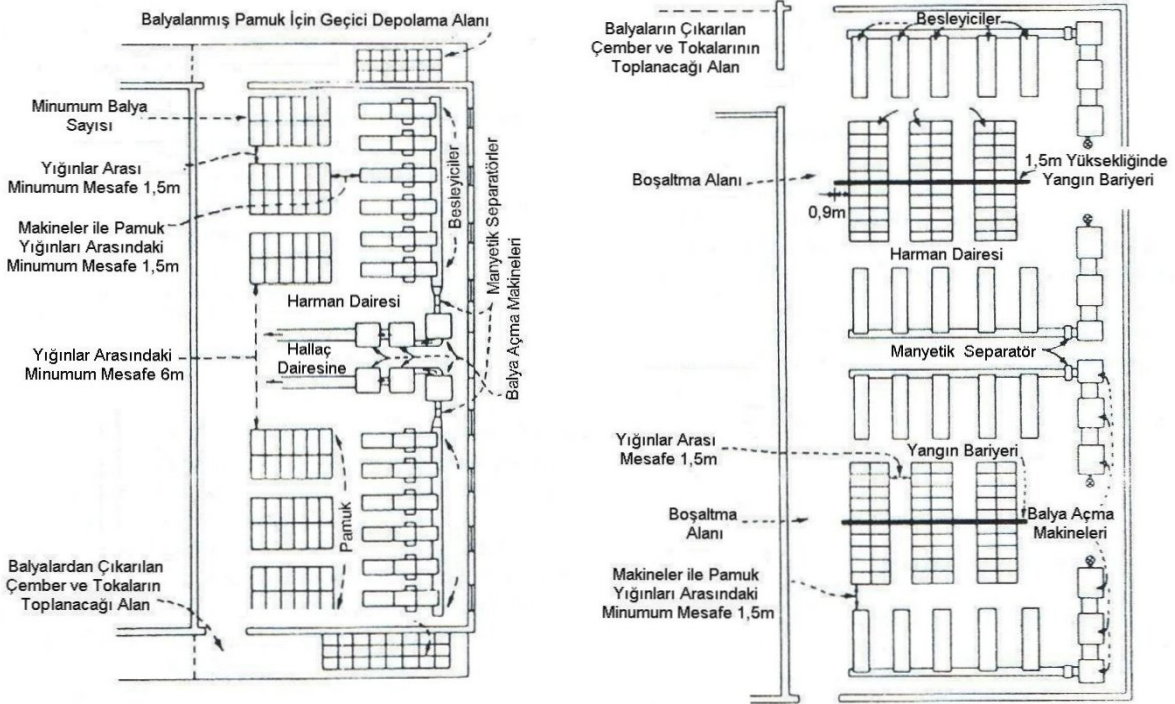
Tekstil ürünlerinin üretim süreci çok çeşitli prosesleri kapsar. Hammaddenin hazırlanmasından, iplik ve kumaş üretimine ve daha sonrada bitmiş ürünün oluşturulmasına kadar geçen süreçler çok çeşitli riskleri barındırır ve prosesin karakterine göre özel önlemler gerektirir. Örneğin NFPA13 Ek A.5.3.2 ve Ek A.5.4.1'e göre balya açma, harman hallaç, tarama, cer, dokuma, iplik gibi prosesler "Yüksek Tehlike Grup 1" olarak sınıflandırılmakta ve 232m² koruma alanı için 12.2lt/dk/m² minimum uygulama yoğunluğunun sağlanması istenmektedir. Buna karşılık konfeksiyon ya da ürüne son şeklinin verildiği prosesler "Orta Tehlike Grup 2" olarak sınıflandırılmakta 139m² koruma alanı için minimum 8,1lt/dk/m² uygulama yoğunluğunun sağlanması istenmektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi Tekstil üretim alanlarını tek bir başlık altında toplamak ve yangın güvenliği anlamında değerlendirmek oldukça zordur. Boya, apreleme, konfeksiyon ve iplik üretim prosesleri çok farklı riskleri barındırır. Bu sebeple tekstil endüstrisi bu çalışmada genel olarak pamuk hammaddesine dayanan tekstil prosesleri üzerinden örneklenmiştir.

2.1 Tekstil Terbiye İşlemlerindeki Riskler

Tekstil endüstrisinde kullanılan elyaflar doğal ve kimyasal esaslı olmak üzere ikiye ayrılır. Örneğin pamuk, keten, yün ve ipek bitkisel ve hayvansal kaynaklı elyaflara örnektir. Kimyasal elyaflar ise yapay ve sentetik esaslı olmak üzere iki grupta sınıflandırılır. Bir tekstil prosesinde hangi tür elyaf kullanılırsa kullanılsın prosesler birbirine benzerdir. Kullanılan hammadde ve bitmiş ürüne göre tekstil proseslerinin farklı ihtiyaçları olabilir. Ancak yine de balya açma işleminden son ürünün oluşturulması ve depolamaya kadar geçen süreçlerde benzer yangın riskleri söz konusudur.

Tekstil prosesleri bir dizi temel işlemde oluşur. Bunlardan ilki balya açma ve lifleri yabancı maddelerden arındırmak için temizlemektir. Hammadde olarak pamuk ele alındığında bu işlem kritiktir çünkü doğal bir hammadde olan pamuk çok fazla yabancı madde ihtiva eder. Balyaların açılması, temizlenmesi, açılmış pamuk balyalarının iplik kalitesine etkisinden dolayı homojenliğinin sağlanması için karıştırılması, tarama gibi temel tekstil terbiye işlemlerindeki ortak risk elyaf içindeki yabancı maddelerin yarattığı sürtünme ile oluşan kıvılcımlar ve elyafın yapısal özellikleri nedeniyle ortaya çıkan statik elektriklenmedir.

Harman dairesi prosesin ilk aşaması olması dolayısıyla çok miktarda terbiye edilmek için hazır bekleyen pamuk balyası muhteva eder. Eğer harman dairesinde bir yangın çıkar ve yangının erken aşamalarında söndürme işlemi gerçekleştirilemezse ortaya çıkan ısı yapının sprinkler sistemi ile korunması halinde sprinklerlerin açılmasına yol açacaktır. Dolayısıyla önlem alınmaması halinde harman odasının yerleşimi ve mahaldeki hammadde miktarına bağlı olarak su baskını nedeniyle hasar ortaya çıkabilecektir. Harman odasının yerleşimi yangının fabrikanın diğer kısımlarına sıçramasını önlemek açısından önemlidir. Balyalar ve balyalar ile makineler arasındaki kabul edilebilir iki yerleşim tarzı aşağıda şematize edilmiştir.



Şekil 1. Yangın Güvenliği Yaklaşımına Uygun Harman Dairesi Yerleşimi [1]

Yukarıda şematize edilen yerleşim tarzı herhangi bir zorunluluğu ifade etmemektedir. Sadece yangın güvenliği yaklaşımı içinde bir öneri niteliğindedir. Yangın yayılımını önleme anlamında uygulanabilecek pasif önlemler; yangın kapıları, yangın bariyerleri gibi çeşitlidir ancak pasif yangın önleme teknikleri ile ilgili detaylar bu makalenin konusu dışındadır.

Harman dairesindeki terbiye makineleri; balya açıcılar, dikey açıcılar, yatay açıcı ve temizleyiciler, santrifüj havalı dövücüler ve jiratörlerde yangına sebebiyet verebilecek temel etkenler makinelerin aşırı hızlı çalıştırılması, makinelerde toplanan toz, kir ve pamuğun yarattığı sürtünmedir. Ancak hepsinden önemlisi pamuğun içindeki yabancı maddelerin sebep olduğu kıvılcımlardır. Yabancı maddelerin ayrılması uygun noktalarda konumlandırılmış manyetik separatörler vasıtasıyla yapılır. Makineler arasındaki taşıyıcı kanal ve borulara yerleştirilen separatörler pamuk içindeki metal parçacıklarını makinelere girmeden ayıklarlar.

Hallaç dairesindeki yangınlarda benzer olarak elyaf içindeki yabancı maddeler nedeniyle çıkar. Harman dairesinde çıkan bir yangın kontrol altına alınmaz ise çok hızlı bir şekilde hallaç dairesine yayılır. Pamuk hallaç dairesine ve kondensere genellikle pnömatik taşıma sistemleri ile nakledilir. Kimi zaman bir veya daha fazla açma hattından gelen pnömatik taşıma hattı bir kanala bağlanarak hallaç dairesindeki tüm kondensere buradan transfer edilir. Dolayısıyla yangın durumunda yangının tüm hallaç dairesine yayılması kolaylaşmış olur. Yangının şiddeti taşınan hammadde miktarına bağlıdır. Pnömatik taşıma hatlarında alınabilecek en iyi önlem kanallara entegre söndürme ya da kanallar içinde kor haline gelmiş materyalleri ayıran otomatik sistemlerin kurulmasıdır.

Bu konu ile ilgili detaylar ileride verilecektir. Bunun dışında makinelerin temizliği ve bakımı; hammadde, toz, kir ve yabancı madde birikmesini önleme dolayısıyla yangın riskini azaltma anlamında önemlidir. Yukarıda belirtildiği gibi yangın tahrip etkisi hammadde miktarı ile doğru orantılıdır, bu sebeple yangının yayılmasını önlemek ve riski azaltmak için açıcı hatları beslemesi ve açıcı hatları ile hallaç dairesi arasındaki pnömatik taşıma sistemleri birbirinden bağımsız olmalıdır. Tarak dairesindeki risklerde buraya kadar anlatılan risklere benzerdir. Bu bölümde de yabancı maddeler genel olarak yangın sebebidir. Yüksek hızlı makinelerde pamuğu temiz tutmak için vantilasyon sistemleri kullanılır.

Yukarıdaki paragraflardan anlaşıldığı gibi tekstil endüstrisinde terbiye işlemlerinde ortaya çıkan temel sorun elyafların yapısı ve elyaflar içindeki bulunması muhtemel yabancı maddeler nedeniyle ortaya çıkan yangın riskidir. Tarak dairesi sonrası tekstil prosesleri incelendiğinde; elyafların şartlandırılmasından ipliğin oluşturulmasına kadar olan süreçlerin hepsi için statik elektriklenme, metal parçacıkları, taş gibi yabancı maddelerin yarattığı kıvılcımlar ve elyafların makineler içinde toplanarak arıza ve yangın riski oluşturması ortak bir sonuçtur. Makinelerin elektrik aksamında ortaya çıkan arızalar da ciddi risk oluşturur. Ortamdaki toz ve elyaf parçacıkları elektrik panoları ve makineler için sorun teşkil eder. Makinelerin yarattığı yüksek titreşimde eğer iyi bir şekilde sönmelenemiyorsa kablolarda kopma olabilir ve sonuçta yangına sebebiyet verebilir. Aşağıdaki paragraflarda tekstil terbiye işlemlerinin yapıldığı alanlar için uygun söndürme sistemlerinin nasıl tasarlanacağı ve yangın riskinin nasıl minimize edileceği açıklanmaya çalışılacaktır.

2.2 Pnömatik Taşıma Hatları İçin Otomatik Söndürme Sistemleri

Bir üretim tesisinde yangın güvenliği çok çeşitli ekipman ve sistemlerle sağlanır. Binanın sprinkler sistemi ve yangın departmanın yanında aşağıda açıklayacağımız sistemlerde endüstriyel tesislerde kayıp önlemeye yönelik kontrol sistemlerinin bir parçası olarak düşünülmelidir. Günümüzün modern tekstil tesislerinin üretimde zaman kaybına tahammülü yoktur dolayısıyla düşüncemiz yangın anında kayıpları önlemek değil yangın oluşmasına yol açacak tüm etkenleri ortadan kaldırmaya çalışmak olmalıdır.

Elyaf içindeki yabancı maddeler makineler arasında veya bir prosesten diğerine taşınırken taşıyıcı kanalların duvarlarına çarparak kıvılcımların oluşmasına sebebiyet verebilirler. Kıvılcımlar fanlar nedeniyle veya makineler içinde elyaf işlenirken de oluşabilir ve kor halinde pnömatik taşıma sistemine aktarılabilir. Eğer proseste gerekli tedbirle alınmamışsa kıvılcım veya kor haline gelmiş partiküller etrafındaki diğer partiküllerin tutuşmasına neden olarak, pnömatik taşıma sistemlerinde ve tekstil hava şartlandırma sisteminin bir parçası olan filtre kanallarında alevlerin yayılmasına sebep olabilir.

Yangın riskini azaltmak için kıvılcım dedektörleri, söndürme ekipmanları ve yanma eşiğine gelmiş partikülleri ayırıp atacak otomatik sistemler pnömatik taşıma sistemlerine entegre edilmelidir. Söndürme sistemi bir kıvılcım dedektörü, söndürme ekipmanı ve kontrol panelinden oluşur. Bu sistem makineleri otomatik olarak durdurma, alarm verme ve söndürme sistemini tetikleme işlemlerini hızlı bir şekilde gerçekleştirebilmelidir. Pnömatik taşıma sistemlerinde taşıma hızı yüksektir söndürme sisteminin tepki süresi de buna bağlı olarak kısa olmalıdır.

Eğer pnömatik taşıma sistemi içinde herhangi bir nedenle kor veya kıvılcım halinde partiküller bulunuyorsa bunlar spektrumun infrared aralığına dek düşen bölgede radyant enerji yayarlar. Optoelektronik bir hücresi bulunan infrared (kızılötesi) dedektörler bu radyant enerjiyi algılayarak elektriksel bir sinyale dönüştürür ve kontrol paneline iletir. Kontrol paneli partiküllerin yaydığı radyant enerjiyi analiz eder ve eşik değerini aştığı anda bir alarm sinyaline dönüştür. Söndürme işleminin gerçekleşmesi algılama, tetikleme ve söndürme şeklinde üç aşamada gerçekleşir. Kıvılcım dedektörleri mikrowatt seviyesinde yayılan radyasyonu hissedebilirler ve saniyenin fraksiyonları kadar bir sürede tepki veriler. Bu tip dedektörler için 1 mikrowatt seviyesinde duyarlılık ve 100 mikrosaniye tepki süresi yaygın değerlerdir. Eğer dedektörler üzerinde konveyör sisteminde taşınan madde toplanıyorsa dedektörlerle birlikte bir temizleyici (flushing) ünite kullanılması önerilir. Aksi taktirde lens üzerinde toplanan partiküller dedektörün etkinliğini azaltacaktır. Dedektörün güvenilirliği bu sistemin kilit noktasıdır. Eğer dedektör sistemdeki kıvılcım ya da kor haline gelmiş partikülleri yeterince hızlı ve hatasız biçimde algılayamıyorsa sistem düzgün çalışmayacaktır. Şekil-2'de bir kıvılcım dedektörünün spektral duyarlılığı benzin alevi ve kor halindeki meşe parçacıkları kullanılarak örneklenmiştir.



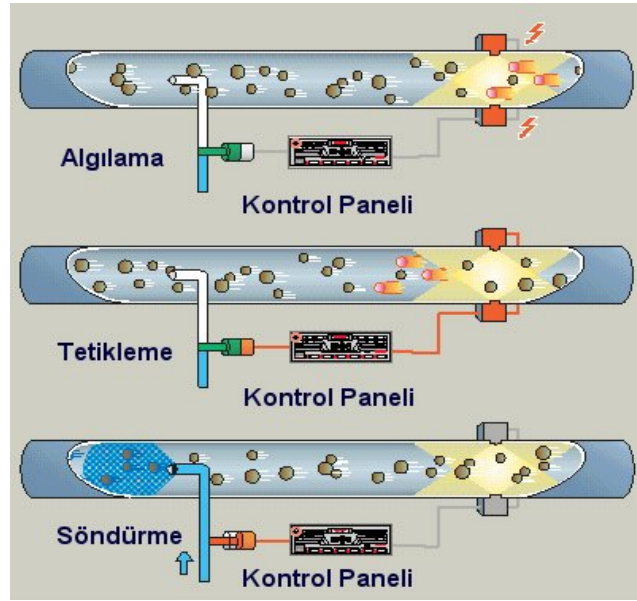
Şekil 2. Kıvılcım dedektörünün spektral duyarlılığı [7]

Sistemin etkinliği kıvılcım veya kor haline gelmiş partiküllerin yaydığı radyant enerjinin algılanması ve söndürme akışkanının (genellikle su) uygun zamanda sisteme sevkine bağlıdır. Taşıyıcı boruların çapı, kanal içindeki hava materyal oranı, taşıma hızı, materyal yoğunluğu partükül çaplarının dağılımı ve materyalin radyant enerji absorbe etme karakteri sistem başarısını etkileyen parametrelerdir. Bazı özel uygulamalar için, testler yapılarak sistemin etkinliğini değerlendirmek gerekli olabilir. 200mm çapa kadar kanallarda tek noktaya dedektör yerleştirilebilir ancak iyi sonuç almak için karşılıklı olarak iki büyük çaplarda ise en az iki dedektör yerleştirilmelidir. Çoklu dedektör uygulamasının sebebi bu tip dedektörlerin algılama etkinliğinin optik görüş alanı ile sınırlı olmasıdır. Eğer kanallarda vibrasyon varsa sönümlenmelidir çünkü vibrasyon dedektör hatalarının yangın sebeplerinden birisidir.

Dedektörler ile nozullar arası mesafe ne olmalıdır? Bu sorunun cevabı taşıma hızı ve söndürme sistemindeki toplam gecikme süresine bağlıdır. CEA'nın (Avrupa Sigortacılar Birliği) 4044 nolu konu ile ilgili kitapçığında toplam gecikme süresi elektriksel ekipmanın reaksiyon süresi(a),selonoid valfin açılma süresi(b),kanal içinde su sisinin oluşturulma süresine bağlı olarak tanımlanmıştır. Tampon gecikme zamanı (a),(b),(c)'nin toplamının %30'u şeklinde hesaplanır. Eğer taşıma hızı 20m/s ise toplam gecikme süresini de 0,3s alırsak nozul ile dedektör arası mesafe $10 \times 0,3 = 6\text{m}$ olacaktır. NFPA654 nolu standarta ise dedektör ile söndürme nozulu arasındaki mesafe = hava hız x sistem faktörü şeklinde verilmiştir.

Pnömatik taşıma sistemleri yangın güvenliği yaklaşımına göre; sulu söndürme uygulanabilir, sulu söndürme uygulanmaz ve su ile kimyasal reaksiyona girenler şeklinde üçe ayrılır. Su en ekonomik, en kolay temin edilebilir ve en kolay uygulanabilir söndürme akışkanıdır. Pnömatik taşıma sistemlerinde de söndürme sıvı olarak genellikle su kullanılır. Ancak pamuk işleyen tesislerde söndürme sıvı olarak su kullanılması halinde suya maruz kalan pamuk elyafları proseste kullanılamayacaktır. Ancak kaybolan pamuğun maliyeti tesiste yangın sebebiyle ortaya çıkabilecek maddi hasar veya can kaybı durumu ile kıyaslandığında göz ardı edilebilir.

Sistemin debi ve basınç ihtiyacı sistem üzerindeki vana, dirsek gibi akış değiştirici elemanlar ile taşıma hızı, besleme boru çapı gibi parametrelere bağlıdır. Sistemin söndürme suyu ya da basınç ihtiyacı en sağlıklı şekilde hidrolik hesapla belirlenir ve dizayn standardı olarak su sprej sistemleri için kuralları içeren NFPA15 alınabilir. CEA 4044'nolu kitapçığında söndürme suyu, ihtiyacı 60 sn boyunca karşılayacak miktarda olmalıdır şeklinde belirtilmiştir. Eğer birden fazla söndürme noktası varsa her nokta için tespit edilen rakama %50 ilave yapılmalıdır.



Şekil 3. Kıvılcım Dedektörleri ve Söndürme Sistemi Entegrasyonu [8]

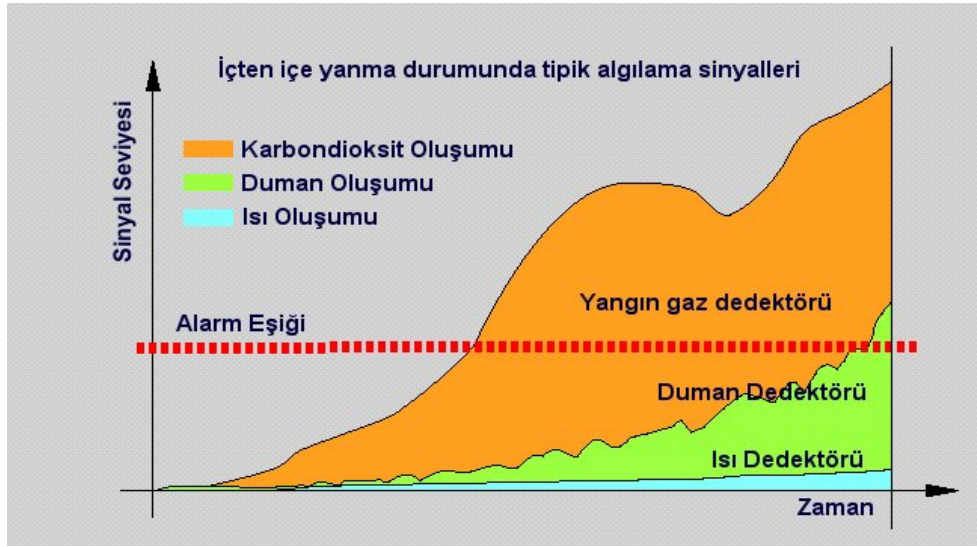
Sistemin besleme girişinde ise minimum 7bar genellikle yeterlidir. Sistemi basınçlandırılması membranlı bir tank ve dikey milli bir santrifüj pompa ile yapılır. Basıncı tanktan alınan su otomatik olarak geri doldurulur ve tankın efektif kapasitesi en azından 25l olmalıdır. Enjeksiyon noktası sayısına göre bu kapasiteye ilaveler yapılmalıdır. NFPA15 bölüm 12'de ise lokal uygulamalar için minimum 1,5litre/s debi öngörülmektedir. Söndürme akışkanı olarak eğer su kabul edilebilir değilse bu sistemler CO₂ gazlı söndürme gibi, kuru kimyevi tozlu söndürme gibi farklı sistemlere dönüştürülebilirler. Unutulmaması gereken bir noktada sisteminin güvenliğinin garanti etmek için besleme tarafında minimum DN25 pislik tutucu kullanımını aksitirde nozüllerin tıkanması tehlikesi ortaya çıkabilir. Eğer sistemin donma tehlikesi varsa bu hususta bir dizayn parametresi olarak mutlaka dikkate alınmalıdır.

Pnömatik taşıma sistemlerinde alternatif olarak kor haline gelmiş partikülleri algılayıp taşıma sistemin dışına atan ayırıcı sistemler kullanılabilir. Söndürme sistemlerine benzer olarak kıvılcım dedektörleri ile kıvılcım ya da kor haline gelmiş partiküller algılanarak bir damper ya da benzeri bir mekanizma yardımıyla sistem dışına atılır. Dedektörler ile ayırıcı mekanizma arasındaki mesafe söndürme sistemindeki dedektörler ile nozuller arasındaki mesafenin hesaplanmasına benzer şekilde hesaplanır.

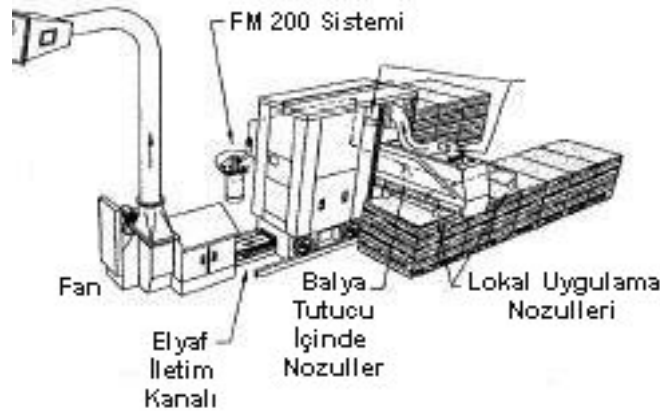
Üretim Alanlarında Gazlı Söndürme Uygulamaları

Tekstil makinelerindeki mevcut riskler bu makinelere entegre gazlı söndürme sistemleri ile azaltılabilir. Bir tekstil makinesi içerisine uygulanan gazlı söndürme sisteminin etkinliği yangının erken aşamasında daha ilk kıvılcımlar oluşmaya başladığında tespit edilmesine bağlıdır. Kıvılcım dedektörleri milisaniyeler ile ölçülen tepki süreleri ile bu avantajı bize sağlarlar. Ancak alternatif ve çok güvenilir çözümlerde mevcuttur. Çoklu sensörlü yangın-gaz dedektörleri tekstil uygulamaları için ideal çözümler sunarlar. Karbonmonoksit, duman ve sıcaklık algılayabilen bu dedektörler yanlış alarm ihtimalini azaltarak kısa sürelerde tepki verirler. Pamuğun içten içe yanma özelliği sebebiyle yanma olayı geç algılanabilir. Çoklu sensörlü dedektörler bu dezavantajı ortadan kaldırmaktadır.

Dedektör ortamdaki karbonmonoksit konsantrasyonu ve sıcaklığı devamlı olarak ölçerek aralarında bir ilişki kurar. Entegre mikrokontrolör devresi ise sıcaklık gradyeni ve gaz konsantrasyonunu hesaplayarak kayıtlı algoritması vasıtasıyla mevcut veri bankası ile hesaplanan değerleri karşılaştırır. Karşılaştırma sonucu ortaya çıkan değer eğer eşik değerini geçiyorsa alarm sinyali verilir ve söndürme sistemi tetiklenir.



Şekil 4. Çoklu sensörlü dedektör sinyal karakterizasyonu [8]



Şekil 5. Balya Açma Makinesi İçin HFC-227ea Sistemi Entegrasyonu [9]

Makinelere entegre gazlı söndürme sistem tasarımında en önemli noktanın gazın makine içinde her noktaya eşit miktarda sevk edilmesini sağlamaktır ki bu doğal olarak nozul yerleşimi ile ilgilidir. Eğer gazlı söndürme yapılacak makine üzerinde proje müellifinin herhangi bir deneyimi yoksa makinenin çalışması sırasında problem yaratmayacak ve yangın güvenliği anlamında en uygun konumun tespiti hususunda makine üreticisine danışılabilir. Kimi durumlarda nozullerin makine içine çıkıntı yapması problem olabilir bunu önlemek için makine yüzeyine kolaylıkla monte edilebilecek nozul yuvaları tasarlanmalıdır.

HFC-227ea pahalı bir gazdır ancak diğer söndürme gazlarına oranla daha az yer kaplar. Eğer gazlı söndürme sistemi ile korunan tekstil prosesi genelinde pamuk elyafı içindeki yabancı maddeler gereğince ayrılmıyorsa sıklıkla lokal yangınlar çıkacak ve gazlı söndürme sistemi çalışacaktır. Dolayısıyla HFC-227ea gazının kullanılması halinde boşalan HFC-227ea tüplerinin yeniden dolum maliyeti problem olacaktır. Eğer mevcut proseste yukarıda belirtildiği gibi bir problem varsa alternatif gazların kullanımına gidilebilir. FM Global 7-1 nolu kitapçığında tekstil uygulamaları için CO₂'yi alternatif bir çözüm olarak önermektedir. CO₂ kullanılması halinde %70 konsantrasyon 30dk süre ile sağlanmalı ve uygulama süresi boyunca makinenin hacmi içindeki gazın dışarıya sızdırmazlığı garanti edilmelidir. Bunu sağlamak için izolasyon damperleri kullanılmalı ve operatörler makineyi belirtilen süre boyunca kapalı tutmalıdır. Bazı durumlarda makine operatörleri gazın boşalmasının ardından makineyi açarak alevlerin tekrar parlamasına neden olmaktadır bu nedenle operatörlerini bilgilendirilmesi de önem teşkil etmektedir. Sonuçta CO₂ veya HFC-227ea maliyetleri karşılaştırıldığında eğer aynı hacim için bir tüp gerekiyorsa; CO₂ tüpü HFC-227ea tüpüne nazaran iki kat daha ağır olacaktır. HFC-227ea daha hafif ve daha az yer kaplamasına rağmen yeniden dolum maliyeti CO₂'ye kıyasla fazladır.

Yukarıda bahsi geçen HFC-227ea uygulamaları için yaklaşık %15 konsantrasyonun 30dk sağlanması istenmektedir. Bu konsantrasyon örneğin bir server odası için gerekli konsantrasyonun 2 katıdır çünkü her ne kadar gazın boşaltılması anında makinenin bağlı olduğu kanallar damperlerle kapatılsa da makine üzerindeki bulunması muhtemel açıklıklardan gaz kaçacaktır. Bu gaz kaçaklarını kompanze etmek için yukarıda belirtilen konsantrasyon değerleri kullanılır. HFC-227ea LOAEL (insan sağlığına olumsuz etkilerin gözlemlendiği en düşük gaz konsantrasyonu) değeri %10,5'tir yani bizim uygulama yoğunluğumuz bu değeri geçmektedir ancak lokal uygulamalar söz konusu olduğundan LOAEL değerinin geçilmesi çok kritik değildir.

2.3 Üretim Alanlarında Sprinkler Sistemi Uygulamaları

Sprinkler sistemi endüstriyel bir tesisin yangın söndürme sisteminin en etkili elemanıdır. Sprinkler sistemi yangında can kaybını 1/3'ten 2/3'e kadar, yangın sebebiyle mal kaybını 1/2'den 2/3'e kadar azaltır. Bu değerlendirme Hall'ın ABD'de yaptığı çalışmalara dayanmaktadır ve sprinkler tipi, kapsamı, operasyonel durumu göz önüne alınmaksızın sadece rapor edilmiş yangınlar üzerinden sprinkler sisteminin etkinliği değerlendirilmiştir. Spesifik incelemeler yapılmaksızın bile sprinkler sisteminin ne kadar etkili olduğu bu verilerden anlaşılmaktadır. Eğer bu verilere rapor edilmemiş yangınlarda eklenirse sonuçlar sprinkler sisteminin performansını daha etkileyici bir şekilde ortaya koyacaktır.

Tekstil üretim alanlarında sprinklerler tehlike sınıfına göre tespit edilen uygulama yoğunluğu sağlanacak şekilde yerleştirilmiş tavan sprinklerleri olarak ya da makinelere entegre bir şekilde uygulanır. Ülkemizde tüm yangın sisteminin tasarımına kaynaklık edecek bir yerel standart olmadığından genellikle NFPA13 sistem tasarımına temel olarak alınmaktadır. Girişte belirtildiği gibi NFPA13'te tekstil üretim alanları orta tehlike grup 2 olarak sınıflandırılmaktadır Ülkemizde özellikle konfeksiyon ağırlıklı tekstil fabrikaları yani doğrudan yarı-mamul halde gelen kumaşın işlendiği fabrikalar için yapılacak tasarımlar performans temelli olmalıdır. Bazı büyük işletmeleri bakış açımızın dışında bırakırsak konfeksiyon ağırlıklı fabrikaların işleyişi bunu zorunlu kılmaktadır. Üretim alanı içinde prosesten artan kumaş parçaları veya prosese sokulacak kumaşların üretim alanı içinde gayri nizami depolanması gibi düzensizlikler bizim dizayn yaptığımız tehlike sınıfından sapmalara yol açacaktır. Bu sebeple proseste riskleri azaltmak için gerekli öneriler ilgili otoriteye sunulmalıdır. Sprinkler tesisatı dizayn ederken endişemiz tesisatın standarda uygunluğundan çok standarda uygun olarak kurduğumuz tesisatın yangın anında nasıl performans göstereceği olmalıdır.

Sprinkler sisteminin amacı yangını kontrol veya söndürmeye yetecek minimum uygulama yoğunluğunu (Yangın anında birim alana düşecek su miktarı.) sağlamaktır. Bu nokta önemlidir çünkü kimi sistemler ortalama uygulama yoğunluğu üzerinden değerlendirilmekte ve sistem onayları bu değer göre verilmektedir. Buradaki yangının sebebi mevcut hidrolik hesap programlarının sonuçları ortalama yoğunluk cinsinden vermesiyle ilgilidir.

Sprinkler sistemi dizayn ederken kötü bir alışkanlık mevcut koşulları yerinde görmemektir. Özellikle tekstil endüstrisi gibi sektörlerde işletme koşulları sebebiyle dizayn öncesi ön kontroller kritiktir. Olası yangın senaryolarının değerlendirilmesi, gerçek risk analizi ancak bu şekilde mümkün olabilir. Tekstil endüstrisinde koşullar üretim alanı içindeki disiplinsizlikler nedeniyle kolaylıkla değişebilmektedir. Kabul edilebilir bir dizayn yaklaşımı ortaya koyabilmek için hammadde deposu ile bitmiş ürün oluşana kadar geçen süreçler gözden geçirilmelidir. Örneğin temizleme amaçlı yanıcı kimyasalların kullanılması sistemimizi standart risk tanımından uzaklaştıracaktır. Korunacak mahalın konstrüksiyon detayları diğer önemli bir dizayn parametresidir. Çatı detayları, kaset tavan, asma tavan perfore tavan gibi uygulamalar, giriş ve duvarların yarattığı engeller sprinkler performansını etkilemektedir. Özellikle tavan detayları çok önemlidir yanlış yüksekliklere ve uygun olmayan eğimlerde monte edilmiş sprinklerler yangın anında çalışmamakta ya da engeller sebebiyle yeterli performansı gösterememektedirler

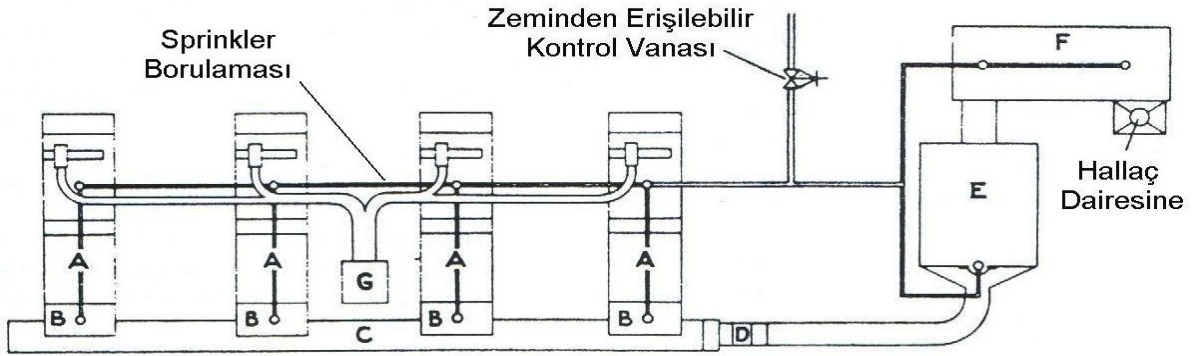
Eğer üretim alanı içinde herhangi bir kombine tehlike durumu söz konusu değil ve üretim yangın risklerini azaltacak bir disiplin içinde yapılıyorsa NFPA13 Ek A.5.4.1'e göre; orta tehlike grup 2'ye göre tekstil üretim alanları için $8,1 \text{ lt/dk/m}^2$ minimum yoğunluk sağlanacak şekilde dizayn yapabiliriz. Buna göre üretim alanlarında kullanılacak tavan sprinklerleri orta sıcaklık dereceli ($79 - 107^\circ\text{C}$) olacak ve bir sprinkler maksimum $12,1 \text{ m}^2$ 'yi koruyacaktır. Korunan mahalde yatay düzlemde bir alarm vanasının koruyacağı maksimum alan 4831 m^2 olmalıdır. Bu değerler korunacak üretim alanının detaylarına bakılmaksın sağlanması gerekli minimum zorunlulukları ifade etmektedir. Özellikle uluslar arası sigorta şirketleri yaptıkları saha incelemelerine göre onay verdikleri projelerde uygulama yoğunluklarını %50 kadar arttırabilmektedirler.

Yangın anında yükselen duman içinde su damlacıklarının penetrasyonu ve yanan yüzeye ulaşarak söndürme işleminin gerçekleştirilmesi, çevrede ve tavan seviyesinde sıcaklığını düşürülmesi böylelikle aşırı sprinkler açılması ve konvektif ısı transferi nedeniyle yapısal yangın zararlarının önlenmesi, yanan nokta çevresini ıslatıp soğutarak yangının yayılmasını önlemek yangının kontrol altına alınabilmesi için gerekli zorunluluklardır. Sprinkler sisteminin bu zorunlulukları yerine getirebilmesi için optimum damlacık çapının sağlanması gereklidir. Sprinkler deflektöründen yayılan damlacıkların çapına bağlı olarak yangının ilerleme hızı ve sıcak gazlarının yapı içine transferi çok fazla değişebilir. Büyük damlacıkların yükselen duman içinde penetrasyonu kolaydır, ısı yükü yüksek yangınlarda küçük damlacıklara göre daha etkilidirler. Küçük damlacıklar ise yanan bölge çevresinde ve özellikle tavan çevresinde buharlaşıp ısı çekerek soğutma etkisi sağlarlar, böylelikle daha çok sprinkler açılması önlenmiş olur. Ancak yükselen dumanın hızı damlacıkların terminal hızını geçiyorsa özellikle küçük damlacıklar dumanla birlikte sürüklenerek ve söndürme ya da soğutma işlemine katkı yapamayacaktır. Eğer sprinkler uygulanacak üretim alanı yüksek tavanlı ise bu kritere daha fazla dikkat edilmelidir. Yangın esnasında ortaya çıkan ısı miktarına bağlı olarak yüksek tavanlı fabrikalarda tavan sıcaklığının sprinklerin aktivasyon sıcaklığına ulaşması daha uzun sürecektir. Buna paralel olarak yangın büyüyecek ve yükselen alevler sonunda sprinklerlerin çalışmasını sağlayacaktır ancak damlacıklar yere düşmeden buharlaşacak ya da damlacık hızlarına bağlı olarak dumanla birlikte sürüklenecelerdir. Bunu önlemek için yüksek tavan uygulamalarında büyük orifisli sprinkler kullanılması gerekmektedir. Kullanılacak sprinkler tipinin seçimi ve yerleşimi ise en sağlıklı olarak sprinkler su atım karakteristiklerinin katalog değerlerine göre karşılaştırılması ya da projelendirme yapılan yükseklik için test verilerinin üreticiden sağlanması ile yapılabilir. Ancak pratik bir yaklaşım geliştirmek gerekirse şu 4 metreden yüksek tavan uygulamalarında standart tepkili $K=80 \text{ lt/dak/bar}^{-2}$ sprinklerler yerine $K=115 \text{ lt/dak/bar}^{-2}$ sprinkler kullanılması daha uygun olur. NFPA 13 12.1.2.3'e göre iri damlacıklı ve ESFR sprinklerler orta tehlike için kullanılabilir. Buna göre $K=115$ sprinklelerin etkin çalışabileceği aralığı aşan $9,1 \text{ m}$ 'ye kadar olan yüksek tavan uygulamalarında ESFR veya iri damlacıklı sprinklerler çözüm olabilir.

Düşük sıcaklık dereceli (57-77°C) standart 1/2" K=80 lt/dak/bar⁻² sprinklerler bazı tekstil makinelerine uygulanabilir. Aeromix, kondenser, jiratör, yatay açıcı ve temizleyiciler, dikey açıcılar sprinkler uygulanabilecek tekstil makinelerine örnektir.

Bir balya açma hattında sprinkler uygulanması gereken yerler Şekil-6'da görülmektedir. Şekil-7'de ise aeromix makinesi için sprinkler uygulaması şematize edilmiştir. Standart flush gizli tip sprinklerler Aeromix makinesinin 2. ve 5. kanalları üzerine monte edilmiştir. Şekil-8'de ise çeşitli proses ekipmanlarından oluşan devamlı tarak hattı için sprinkler uygulaması şematize edilmiştir. Makinelerin içine yerleştirilmiş sprinklerler yer seviyesinden ulaşılabilir izleme anahtarlı kelebek vanalar ile kontrol edilebilmelidir. Bazı makinelerde hem sprinkler hem de kuru tozlu söndürme birlikte uygulanmıştır.

Her ne kadar sprinklerler etkili bir söndürme aracı olsa da pasif yangın güvenliği tedbirleri de unutulmamalıdır. Daha öncede belirtildiği gibi makinelerin yerleşimi, balyalar ve makineler arasındaki, balyalar ile diğer balyalar arasındaki mesafeler yangın yayılmasını önlemek için yangın güvenliği yaklaşımına uygun olarak düzenlenmelidir. Makinelerin bakım prosesedürleri konusunda ise gerekli hassasiyet gösterilmelidir. Sprinkler sistemi ile tekstil makinelerini entegre etmek her zaman kolay olmayabilir. Makinelere sprinklerleri yerleştirirken makinelerin yapısal detaylarına dikkat edilmelidir. En önemlisi personelin yangına karşı hızlı tepki verebilecek şekilde eğitilmesi ve yangına müdahale yetkinliğinin kazandırılmasıdır. Bu noktada yardımcı olacak, makinedeki sorunları anında operatöre aktararak uyaracak sesli alarm sistemlerinin kurulması gerekmektedir.



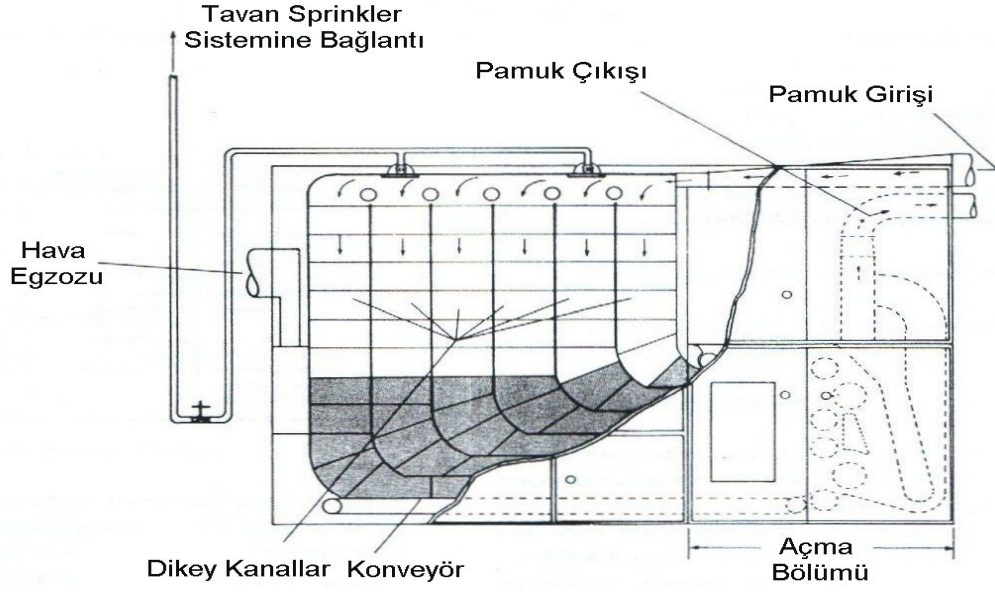
- A - Besleyici ve Birincil Açıcı
- B - Ana Balya Açıcı
- C - Besleme Hattı
- D - Manyetik Separatör
- E - Ekstraktör
- F - Santrifüj Havalı Dövücü
- G - Filtre

Şekil 6. Balya Açma Hattında Sprinkler Uygulanması Gereken Noktalar [1]

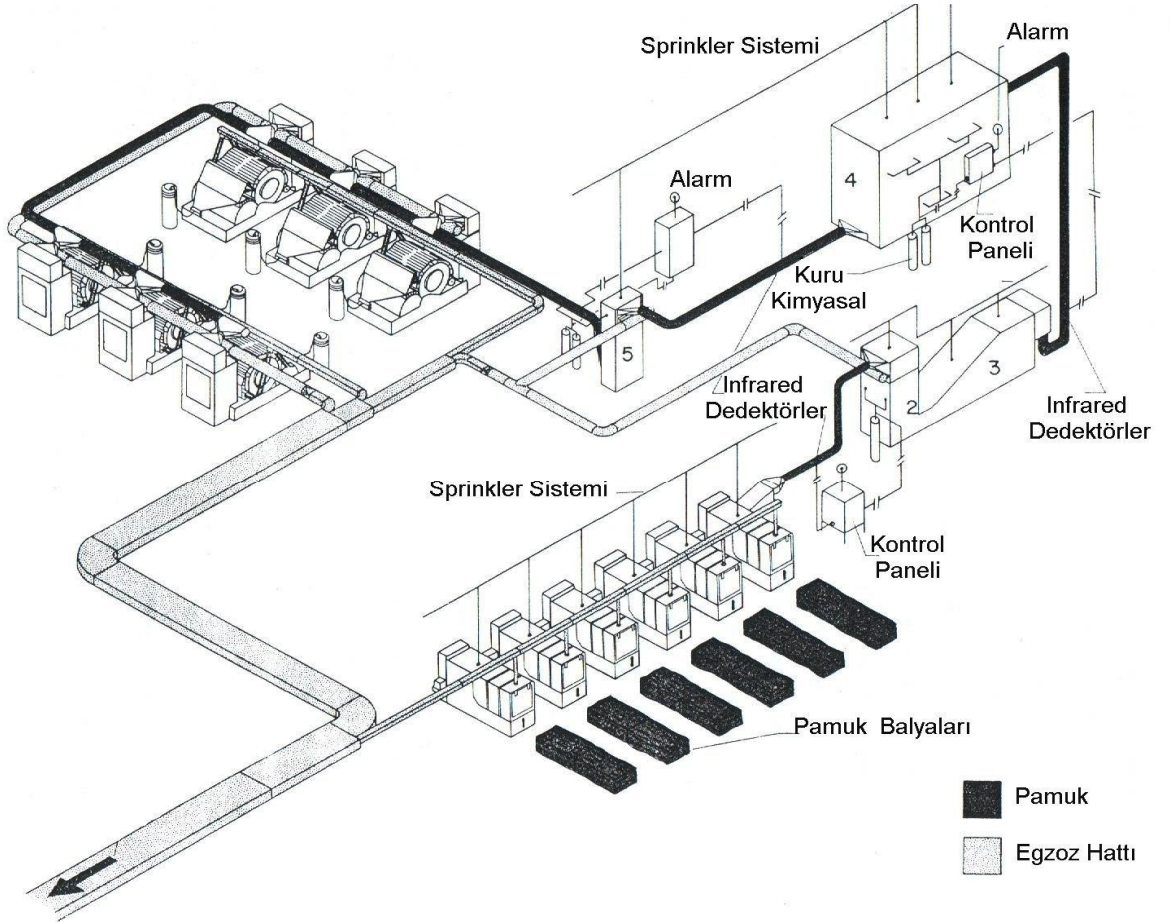
3. TEKSTİL DEPOLAMA ALANLARINDAKİ SÖNDÜRME SİSTEMLERİ

3.1 Depolama Koşullarının İncelenmesi

Tekstil depolama alanları söz konusu olduğunda pek çok farklı hammadde, ürün ve depolama şekli söz konusudur. Örneğin konfeksiyon ağırlıklı bir fabrika ile bir kumaş ya da halı fabrikasının hem proses girdisi materyalleri farklı hem de depolama koşulları birbirinden çok farklıdır. Bir entegre kumaş fabrikasında hammadde pamuk balyaları ya da sentetik esaslı elyaflar olabilir ve depolama koşulları balyalanmış ürünün yangın anında nasıl korunması gerektiğine göre değerlendirilir. Buna karşılık konfeksiyon üzerine çalışan bir tekstil fabrikasında yarı mamul olarak gelen kumaş işlenerek giyim eşyasına dönüştürülür ve depo alanlarındaki riskler rulo halindeki kumaşın veya raf sistemine göre depolanmış giyim eşyalarının taşıdığı risklere göre değerlendirilmelidir.



Şekil 7. Aeromix Makinesi Sprinkler Entegrasyonu [1]



Şekil 8. Tekstil Makineleri İçin Sprinkler Entegrasyonu [1]

Depolama yığın şeklinde, paletli olarak ya da sabit raflar yardımıyla yapılabilir. Tüm bu depolama şekilleri yangın güvenliği açısından karşılaştırıldığında çeşitli avantaj ve dezavantajlar ortaya çıkar. Yığın şeklinde depolamada yangına maruz kalacak kısımlar, yığının dış yüzeyleri ve üst kısımlarıdır. Yığınlar arasında hava hareketleri kısıtlanmış ve dolayısıyla yanma hızları diğer depolama türlerine kıyasla göreceli olarak düşüktür. Paletli depolamada hava hareketleri ve yangın ilerleme hızı yığın şeklinde depolamaya göre daha fazladır. Ancak paletli depolamada daha sabit bir risk durumu söz konusudur. Rafli depolama oldukça sabit depolama şekli sağlaması nedeniyle yangın güvenliği açısından anlamlıdır. Ancak raf sistemi depolama hacminin daha efektif kullanılmasını sağladığından yani birim alanda daha fazla depolama yapılabildiğinden yangın riski açısından ters bir etki yaratır. Ayrıca rafların mevcudiyeti tavan sprinklelerinin tabana yakın seviyelerde etkili bir söndürme yapmasını engellediğinden raf tipi sprinklelerin kullanımı kimi hallerde zorunlu olmaktadır. Rafli depolama alanlarında yangın sebebiyle meydana gelen kayıplar yığın, ya da paletli depolama alanlarına kıyasla iki kat fazladır.

Yukarıda çok temel depolama şekilleri tanımlanmıştır ancak işletmelerin ihtiyacına göre farklı depolama şekilleri uygulanabilir. Depolanan maddeler plastik veya karton kutularda saklanıyor olabilir ki bu elbette yangın güvenliği açısından daha risklidir. Projelendirme yapılırken depolama detayları özenle incelenmeli, uygulama yoğunlukları ve sistem seçimi saha incelemelerine dayanan risk analizine göre yapılmalıdır.

3.2 Depolama Alanları İçin Sprinkler Sistemleri

Depolama alanları için sprinkler sistemi dizayn ederken pek çok parametre arasında optimizasyonun sağlanması gereklidir. Depolanan hammadenin cinsi, paketleme şekli, depolama yüksekliği, depolama şekli, koridor genişlikleri gibi pek çok parametre uygulama yoğunluğunun ve sprinkler tipinin saptanması için kontrol edilmelidir. Tekstil depolama alanları doğal ve sentetik esaslı hammaddeler ve bunların ürünlerinden meydana geldiği için çok çeşitli komplike riskleri barındırır. Polyester, rayon, poletilen, pamuk, naylon, akrilik tekstil endüstrisinde sıkça kullanılan hammaddelerdir ve yanıcı doğaları gereği ciddi yangın tedbirleri alınması gereklidir. Aşağıda farklı materyaller üzerinden tekstil endüstrisi için depolama alanlarında alınabilecek tedbirler özetlenmeye çalışılmıştır.

3.2.1 Balyalanmış Pamuk Depolanması

Tekstil endüstrisi için en temel hammadde pamuktur ve pamuk balyalanmış halde depolanır. Balyalanmış pamuk için özel olarak NFPA13 bölüm 12.5 ve NFPA230 Ek-D'den yararlanılabilir. Genel olarak NFPA13 bölüm12 dizayn standardı olarak kullanılabilir. Balyalanmış pamuk için NFPA 12.5 göre dizayn yoğunlukları 4,6m'ye kadar raflı depolamada 279m² koruma alanı için 13.2lt/dk/m² üst üste sıralı depolama şeklinde ise yine 279m² koruma alanı için 10.2lt/dk/m²'dir. Kuru sistemde su yanan noktaya daha geç ulaşacağı için koruma alanı %30 arttırılmalıdır ancak koruma alanı 557,4m²'den büyük olamaz. Koridor genişlikleri ise 3,4m veya daha fazla değildir. Yapılan tam ölçekli yangın testlerine göre koridor genişliklerinin fazla olması yangın anında konvektif ve radyant ısı transferini azaltmakta böylelikle yangının ilerleme hızı düşürmektedir ve dolayısıyla sprinklelerin yangını kontrol etme yetkinliği artmaktadır. Koridorların geniş tutulmasının bir diğer avantajı da yangının erken evrelerinde direkt manuel müdahale şansını arttırmasıdır. Yine yapılan testlere göre eğer sprinkler deflektörü yığınlardan 0,45m veya 1,4m arasında bir uzaklığa konumlandırılmış ise daha etkili olmaktadır. 4,6m stok yüksekliği nominal bir yüksekliktir dizayn bunun üzerindeki yüksekliklere göre yapılacaksa kriterler oldukça değişecektir. Yukarıda verilen uygulama yoğunlukları için standart tepkili K=115 lt/dak/bar⁻² sprinkleler uygundur ancak depolama ve tavan yüksekliğine bağlı olarak sprinkler tipi değişecektir. NFPA 12.1.13.1'e göre depolama alanları için K=80 lt/dak/bar⁻² sprinkleler ancak 8,2 lt/dk/m² veya daha küçük uygulama yoğunluklarında kullanılabilir. NFPA verilerine göre pamuk depolama yüksekliği 4,6m ile sınırlandırılmalıdır. Ontario-Kanada kodları da NFPA'e paralel yanıcı elyaflar için 4,5m maksimum depolama yüksekliği öngörmüştür. Bu sınır herhangi bir zorunluluk hali yoksa aşılamamalıdır. Yüksek depolar için detaylar sentetik elyafların korunma kriterleri üzerinden örneklenecektir.

Eğer bir pamuk deposu yangını; yangının erken aşamalarından kontrol edilememişse çok hızlı bir şekilde yangın yayılacak ve yoğun duman görüş mesafesini azaltacaktır. Bu tip depo yangınlarında tüm personel hızlı bir şekilde tahliye edilmeli ve depo içinde kesinlikle bir havalandırma yapılmamalıdır. Yangının erken aşamalarında çatı havalandırmaları gibi ekipmanların kullanılması arzu edilmeyen sonuçlar doğuracaktır. Personelin tahliyesinin tamamladığına emin olunduktan sonra yangın bölgesine hitap eden tüm kapılar ve diğer tüm açıklıklar mümkün olduğunca kapatılmalıdır. Böylelikle ortamdaki oksijen azalacak ve yangının bastırılacaktır. Havalandırma yangın mahaline temiz hava sağlayacağından alevlerin büyümesine ve daha fazla sprinklerin aktive olarak yangının kontrol imkanının ortadan kalkmasına sebep olacaktır. Zaten NFPA13 bölüm12.1.1'de depolama ile ilgili tüm dizayn kriterlerinin çatı havalandırması gibi ekipmanların kullanılmadığı varsayılarak verildiği belirtilmiştir.

3.2.2 Sentetik Esaslı Hammaddelerin Depolanması ve Diğer Tekstil Ürünleri

Sentetikler pamuk gibi çeşitli doğal elyaflarla ya da tek başlarına üretimde kullanılarak çok çeşitli ve farklı özelliklerde kumaş türlerinin oluşturulmasında kullanılırlar. Kumaşa kırılmazlık, esneklik, neme duyarlılık gibi özellikler kazandıran ve tekstil endüstrisi için vazgeçilmez olan sentetik hammaddeler yangın güvenliği açısından ise oldukça büyük risk oluştururlar. Sentetik elyaflar artan ısının etkisiyle (rayon dışında) sıvılaşır ve tutuşma sıcaklıkları çok düşüktür.

Doğal elyaftan mamul giyim eşyaları veya diğer tekstil ürünleri, sentetikler, sentetik doğal elyaf karışımı ürünler (%50 veya daha az oranda), iplikler, kumaşlar, balyalanmış elyaf gibi mamul, yarı mamul ya da hammaddelerin tehlike sınıfları depolama koşulları, paketleme biçimleri ve yanıcılık değerlerine göre belirlenir. Örneğin eğer iplik plastik bobinlere sarılıp karton kutulara konularak raflarda saklanıyorsa farklı kriterler, karton bobinlerde açıkta naylon poşetler içinde raflara depolanıyorsa farklı kriterler yangın söndürme sistemi projelendirirken geçerli olacaktır. Örnekten kolayca anlaşılacağı gibi standartlarda belirtilen kriterlere bire bir uygun depo düzenlemesine rastlamak oldukça zordur. Bu noktada yapılacak risk analizine göre optimum bir sistem çözümü bulunmalıdır.

NFPA13 Ek A.5.6.3'te pek çok hammadde ve çeşitli endüstriyel ürünler paketleme şekilleri ve yanıcılık oranlarına göre sınıflandırılmıştır. Buna göre tekstil ürünleri veya hammaddeler Sınıf-3 veya 4 içinde katagorize edilmektedir. Örneğin yukarıda örneğini verdiğimiz plastik bobine sarılı iplik Sınıf-4 olarak belirtilirken karton bobinlere sarılı iplik Sınıf-3 olarak belirtilmektedir. Bu kategorizasyon daha önce belirtilen raflı, paletli depolama, stok yüksekliği, tavan yüksekliği gibi parametrelere bağlı olarak söz konusu depolama alanı için uygulama yoğunluğumuzu belirlememize yardımcı olur.

Yangın güvenliği açısından incelenmesi gereken bir diğer kategori Nonwoven tekstil ürünleridir. Nonwoven tekstil ürünleri doğal ve sentetik elyafların kimyasal, mekanik veya termal yöntemler kullanılarak birleştirilmesi ile elde edilen yapay tekstil ürünleridir. Polipropilen, polyester, rayon(selüloz), polietilen, pamuk ve naylon nonwoven tekstil üretiminde sık kullanılan hammaddelerdir. Tekstil endüstrisi dışında da geniş kullanım alanı olan bu materyallerin yanmaları durumunda yaydıkları ısı çok yüksektir ve alevler oldukça hızlı yayılır. Nonwoven tekstil ürünlerinin yangın riskini attırmasının nedeni yapısal özellikleri ile ilgilidir; hem ısıl ataletleri yüksek hem de fiziksel yapıları mikro düzeyde hava hareketlerine izin vermektedir. Nonwoven tekstil ürünlerinin depolama koşulları ile ilgili bir çok test bağımsız kuruluşlar tarafından yürütülmektedir. Uygun şekilde konumlandırılmış ESFR tipi tavan sprinklerleri ya da tavan sprinklerleri ve raf tipi sprinkler kombinasyonları nonwoven tekstil ürünlerinin depolandığı alanlar için önerilebilir.

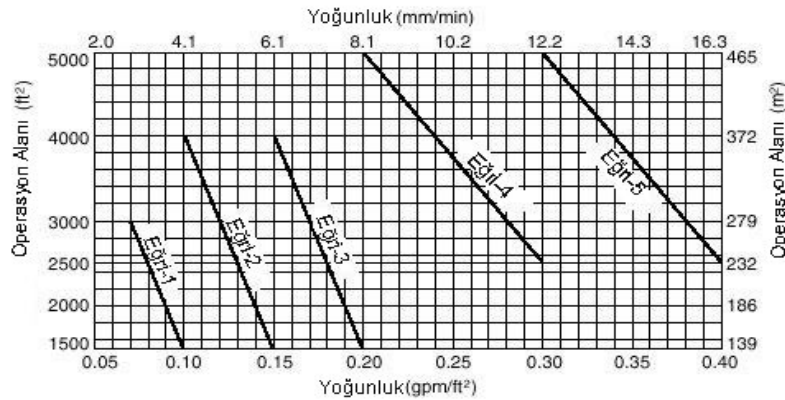
3.2.3 Sprinkler Tipinin Seçimi ve Uygulama Yoğunluğunun Belirlenmesi

Yukarıdaki paragraflarda sprinkler tipinin seçimi ve uygulama yoğunluğunun tespiti ile ilgili bazı genel ipuçları verilmiştir. Bir depolama alanında kullanılacak sprinkler tipinin seçimi; yangını bastırmak veya kontrol etmek için gerekli olan debi, depolama ve bina yüksekliği, depolanan materyalin türü gibi değişkenlere bağlıdır. Literatürde verilen uygulama yoğunlukları tam ölçekli yangın testleri ve gerçek yangınlardan derlenen bilgiler ışığında belirlenmiştir.

Sprinkler tipinin belirlenebilmesi için öncelikle söz konusu depo için risk durumunun tespit edilmesi gereklidir. Daha öncede belirttiği gibi NFPA 13 Ek A.5.6.3'te pek çok hammadde ve çeşitli endüstriyel ürünler paketleme şekilleri ve yanıcılık oranlarına göre sınıflandırılmıştır. Ancak depolama koşulları çoğunlukla kombine riskleri barındırır. Salt bir listeden depolanan malzemenin risk sınıfını seçmek ve buna göre dizayn yapmak doğru bir yaklaşım değildir. Çünkü her ne kadar NFPA sınıflandırmaları pek çok tam ölçekli yangın testi ve gerçek deneyimler ışığında oluşturulmuş olsa da bizim ele alacağımız koşullar farklı detayları içerebilir ve farklı değerlendirmeler yapılmasını gerektiriyor olabilir. Tasarımcı literatürde mevcut olan verilerle depo şartlarını karşılaştırıp optimum tasarım parametrelerini bulmak zorundadır.

NFPA13 bölüm 12.1.10'a göre 3,7m stok yüksekliğine kadar olan depolama uygulamaları genel depolama olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıfa giren depo alanları için uygulama yoğunlukları Şekil-8'de görülen alan-yoğunluk eğrisinden seçilmelidir. NFPA 13 Ek A.5.6.3'e göre tekstil ürünlerinin Sınıf-3 ve Sınıf-4 olarak risk kategorisinin verildiği daha önce belirtilmişti. Bu kategorizasyona göre 3,7m'ye kadar olan tekstil depo uygulamalarında alan-yoğunluk eğrisine göre seçilecek uygulama yoğunluğu; stok yüksekliğinin $h \leq 3,05$ ve $3,05 \leq h \leq 3,7$ m aralığındaki farklı değerleri ve depolama şekline (paletli,rafta vs...) bağlı olarak eğri-3 ve eğri-4'ten koruma alanı minimum 232m² için seçilmelidir.

NFPA13 bölüm 12 incelendiğinde uygulama yoğunlukları ve sprinkler tipleri ile ilgili pek çok detay bulunur. Yukarıda saydığımız parametrelere göre uygulama yoğunlukları ve ESFR sprinklerler için minimum basınç değerleri listelenmiştir. Tasarımcı sprinkler sistemi dizayn edeceği depo alanı için pek çok seçeneğe sahiptir. Söndürme veya kontrol özellikli sprinkler seçimi mevcut risklere göre tasarımcının yapacağı tercihe bağlıdır ve bu tercih sprinkler sisteminin yangın anında maksimum performansı göstermesi gerektiği ilkesine göre yapılmalıdır.



Şekil-8 Alan -Yoğunluk Eğrisi [3]

Tasarımcı seçeceği sprinkler tipi ile minimum sistem gereksinimlerini karşılarken optimum maliyetle sistemini dizayn etmelidir. Salt gerekli su debisini sağlamak gereğinden büyük çaplı bir borulama veya tehlike sınıfının gerektirdiğinden daha büyük orifisli sprinkler kullanımı ile sağlanabilir ancak bu yaklaşım mühendislik perspektifi ile uyuşmayacaktır. Maksimum tavan yüksekliği 10,7m, stok yüksekliği 9,1m Sınıf-4 tekstil materyallerinin paletli olarak depolandığı endüstriyel bir depo ESFR $K=200$ lt/dak/bar⁻² sprinklerler ile korunması halinde dizayn basıncı 5,2 bar $K=360$ lt/dak/bar⁻² sprinklerler ile korunması halinde dizayn basıncı 1,7bar olmalıdır. $K=360$ lt/dak/bar⁻² sprinklerin maliyeti daha fazladır ancak hidrolik hesap yapıldığında $K=360$ lt/dak/bar⁻² sprinkler kullanımı halinde yaklaşık aynı debide fakat daha düşük basınçlı bir pompa kullanılması gerektiği görülür. ESFR sisteminin ihtiyaç duyduğu debileri sağlayabilecek yüksek debili pompaların maliyetleri basınç değerlerine göre ciddi bir şekilde artmaktadır. Burada görüldüğü gibi daha pahalı bir sprinkler kullanılarak daha ucuz bir pompa ile çalışma imkanı yaratılmış dolayısıyla sprinkler tipine bağlı olarak optimizasyon yapılmıştır. Elbette burada pompa maliyeti ile sprinkler maliyeti arasından da kıyaslama yapılmalı ve en ekonomik çözüm yolu bulunmalıdır.

ESFR sprinklerler 1980'lerin başında kullanıma sunulduğundan beri yukarıda verilen örnekte olduğu gibi özellikle yüksek depo uygulamalarında raf tipi sprinklerlerin kullanım zorluklarını elimine etmesi, etkin bir söndürme özelliğine sahip olması nedeniyle tasarımcılar tarafından tercih edilmektedir. Tekstil endüstrisi de geniş ve yüksek depolama alanlarına ihtiyaç duyduğundan ESFR sprinkler kullanımı anlamlıdır. Ancak ESFR sprinklerin etkinliği onaylandığı montaj ve çalışma koşullarına bağlı olarak tasarım yapılmasına bağlıdır. Kontrol özellikli sprinklerler yanan mahali çevreleyerek ısıtılırlar böylelikle hem yangının yayılması önlenir hem de ısı düşürülerek yangının yoğunluğu azaltılır. ESFR sprinklerler ise söndürme özelliklidir bu sebeple çatı detayları, mimari engeller gibi parametreler ESFR sprinklerlerin atım karakteristiğini bozabilmekte ve yangın anındaki performansını olumsuz etkileyerek söndürme işleminin gerçekleştirilememesine neden olmaktadır.

FM Global'inin yaptığı tam ölçekli yangın testlerine göre standartlara uygun şekilde yerleştirilmiş olması kaydıyla 1 ila 4 sprinklerin devreye girmesi ile yangın tam olarak söndürülebilmektedir. Elbette yangının gelişimi test koşullarına paralel bir düzen içinde olmamaktadır bu sebeple FM global yangın anında 12 sprinklerin devreye girerek yangını söndüreceğini öngören bir dizayn standardı geliştirmiştir. ESFR sprinklerlerin montaj kuralları ile ilgili en temel parametre, bu sprinklerlerin sadece ıslak borulu sistemlerde kullanılabilmesidir. +4°C'nin altındaki uygulamalarda ancak antifiriz solüsyonları kullanılarak ESFR sistemi kurulabilir. Alkol içeren antifiriz içeren solüsyonları yangını eken aşamalarında ısı yükünü biraz olsa da attığından risklidir. Yukarıda belirtildiği gibi ESFR sprinklerler ile engeller arası mesafeler ve çatı detayları montaj açısından dikkat edilmesi gereken hususlardır. NFPA verilerine göre ESFR sprinkler sistemi kurulacak yerlerde tavan eğimi 170mm/m'yi geçmemelidir. Tavan ile sprinkler deflektörü arasındaki mesafe ile sprinklerin devreye girme süresi arasında direkt bir ilişki vardır. Uygun olmayan mesafelere monte edilmiş ESFR sprinklerler geç çalışmakta dolayısıyla yangın büyümektedir. Sprinklerlerin geç çalışması ile ilgili bir diğer kritik noktada ESFR sprinklerlerin kullanıldığı yerlerde kesinlikle sprinkler operasyonunun gecikmesine neden olacak otomatik çatı havalandırmalarının kullanılmaması gerekliliğidir.

ESFR sprinklerler her türlü depo uygulamasında kullanılabilir ancak deponun durumu sistem dizayn aşamasında çok iyi incelenmelidir. Örneğin stok ile sprinkler deflektörü arasındaki mesafe(minimum 914mm) standart hale getirilmelidir, raf tipi depolamada suyun tavan seviyesinden aşağı inmesini engelleyecek raf arası engellerin kaldırılması sağlanmalıdır. Depo personeli de sprinkler sisteminin uygun koşullarda yangına hazır halde kalmasını garanti edecek şekilde eğitilmelidir.

Yüksek yanıcılık değerine sahip nonwoven tekstil ürünleri için raflı depolama düzenlerinde tavan sprinklerleri yeterli olmayabilmektedir. Raf tipi depo düzeninde polipropilen esaslı nonwoven ürünleri için $K=160 \text{ lt/dak/bar}^{-2}$ sprinklerler ile 41 lt/dk/m^{-2} yoğunluk değerinde yapılan deneylerde tam korumanın sağlanamadığı gözlenmiştir. Aynı deney koşullarında raf tipi sprinklerlerin kullanımı ile tam yangın kontrolü sağlanabilmektedir. Raflı depolama koşulları incelendiğinde bazen ESFR sprinklerlerin de tek başına yeterli olmadığı görülür. Örneğin 13,7m tavan yüksekliği ve 12,2m stok yüksekliği için $K=200 \text{ lt/dak/bar}^{-2}$ sprinkler kullanılması halinde raf tipi sprinkler kullanılması gereklidir fakat aynı yükseklik için $K=360 \text{ lt/dak/bar}^{-2}$ ESFR sprinklerlerin 2,8bar minimum işletme basıncında kullanılması halinde raf tipi sprinkler gerekliliği ortadan kalkmaktadır.

$K=80 \text{ lt/dak/bar}^{-2}$ değerinden başlayarak kontrol özellikli sprinklerler stok ve tavan yüksekliği, depo konfigürasyonu gibi parametrelere bağlı olarak depo alanları için kullanılabilirler. Ancak kontrol özellikli sprinklerlerin kullanılması halinde operasyon alanları daha büyük olacak ve yangın anında daha fazla sprinkler devreye girecektir. Yüksek depo uygulamalarında ise K faktörü küçük kontrol özellikli sprinklerler efektif söndürme ya da yangını kontrol özelliği sağlamadığından kullanılmamalıdır. Depolama alanlarında kontrol özellikli sprinklerler geniş operasyon alanlarına göre dizayn yapılması ve raf tipi sprinklerlerin tavan sprinklerleri ile birlikte kullanımı halinde etkilidir. Kontrol özellikli sprinklerlerin yüksek yoğunluklarda kullanımı ihtiyacı üreticileri ELO (geniş orifisli) ve VELO(extra geniş orifisli) sprinklerler gibi K faktörü yüksek yeni tip sprinklerlerin üretimine yöneltmiştir.

ESFR sprinkler sisteminin mevcut deponun yapısal özelliklerinden dolayı kurulamadığı raflı yüksek depo uygulamalarında raf arası sprinkler kullanımı tek alternatif olmaktadır. Halı,iplik,rulo kumaş gibi tekstil ürünleri genellikle yüksek raflarda; uzun, halı veya kumaş ruloları ise karton tüplere sarılarak geniş raflarda depolanır. Koruma amaçlı kullanılan naylon kılıflarda yangın riskini artırmaktadır. Raf

tipi sprinkler 1/2" upright veya pendent tip deflektör, ısıya duyarlı elemanın ıslanmasını önlemek için su kalkanı (sprinklerin altına veya üstüne konumlandırılan yuvarlak plaka) ve gerekli hallerde darbelere karşı sprinkleri korumak için metal muhafazadan oluşur. Bu sprinklerin optimum performansta çalışması raf içindeki sınırlı alanda uygun biçimde su püskürtecek şekilde konumlandırılmalarına bağlıdır. Aksi takdirde komşu rafların ve raf içindeki malzemelerin yarattığı engellerden dolayı bu sprinklerin performansı düşecektir. NFPA 13 ve CEN prEn 12845'e göre her bir raf tipi sprinkler minimum 30gpm akış sağlamalıdır. Raf tipi sprinklerin önemli bir dezavantajı dikkatsizlik sonucu hasar görmeleri durumunda özellikle ıslanmaya karşı duyarlı tekstil ürünlerinin depolandığı alanlarda istenmeyen sonuçlara yol açmalarıdır. Bir diğer sorunda raf tipi sprinkler tesisatı sebebiyle depo yerleşiminde bir revizyon yapılamaması veya yapılması halinde tesisatın sökülmesinin gerekmesidir. Eğer raf tipi sprinkler kullanımı arzu edilmiyorsa daha geniş operasyon alanları ve yüksek yoğunluklara göre dizayn yapılarak kontrol özellikli tavan sprinklerleri kullanılmaya çalışılmalı ya da ESFR sprinkler kullanımı tercih edilmelidir. Zaten yığın şeklinde depolama söz konusu ise tavan sprinklerleri veya ESFR tek seçenek olmaktadır.

SONUÇ

Tekstil endüstrisinde eksiksiz bir yangın güvenliği sistemi tasarımı yapabilmek yukarıdaki paragraflardan anlaşılacağı gibi disiplinler arası bir çalışma gerektirir. Salt pamuk temelli tekstil prosesleri bile tekstil endüstrisinde mevcut risklerin ne denli çeşitli olabileceği hakkında fikir vermektedir. Diğer tekstil prosesleri de incelendiğinde ne kadar kapsamlı bir yangın güvenliği yaklaşımı geliştirmek gerektiği daha iyi anlaşılır. Tasarımcıların genellikle gözden kaçırdıkları bir hususta maliyet optimizasyonun sağlanmasıdır. Tekstil proseslerindeki mevcut risklere rağmen üreticiler yangın söndürme sistemlerine yatırım yapma konusunda soğuk davranmaktadırlar. Düşük maliyetli etkin çözümlerin ortaya konulması bu direncin kırılmasına da yardımcı olacaktır.

Endüstriyel yangın güvenliği pek komplike riske karşı özel çözümler oluşturulmasını gerektirir. Bu makalede de tekstil endüstrisi için farklı uygulamalar aktarılmaya çalışılmıştır. Tasarım düşüncemizin kilit noktası pek çok kez belirtildiği gibi minimum gereksinimleri sağlamak değil maksimum performansla çalışacak yangın söndürme sistemini dizayn etmektir. Ancak maalesef ülkemizde çoğu zaman minimum gereksinimler bile gereğince yerine getirilmemektedir. Performans bazlı standartlar dünyada gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Ülkemiz şartlarına özgü yangın standartlarının geliştirilmesi konusunda henüz fazla yol alınamamış olsa da dünyadaki mevcut modern uygulamalar takip edilerek etkili ve ekonomik tasarımlar ortaya konulmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] FM GLOBAL, "Loss Prevention Data Sheet 7-1", 1980.
- [2] FM GLOBAL, "Loss Prevention Data Sheet 2-2", 2002
- [3] NFPA 13, "Standard for Installation of Sprinkler System" 2002.
- [4] NFPA15," Standard for Water Spray Spray Fixed Systems for Fire Protection", 2001
- [5] NFPA72, "National Alarm Code" 2002
- [6] NFPA230, "Standard for Fire Protection of Storage" 1999
- [7] NFPA654,"Standard for Prevention of Fire and Dust Explosion from the Manufacturing, Processing, and Handling, of Combustible Particulate Solids", 2000.
- [8] MINIMAX, "Spark Extinguishing System, Multisensor Fire Gas Detectors Data Sheets",1999.
- [9] CHEMETRON "Application Bulletin 2000 Textile Plants" 1998.
- [10]CEA, "Specification for spark dedection, and diversion systems- Planning and Installation", 2004.
- [11]BUCHANAN. A. H "Structural Design for Fire Safety" John Wiley & Sons, 2001.
- [12]ZALOSH. R. "Industrial Fire Protection",John Wiley & Sons, March 2003.
- [13]BRAYN.L.JOHN "Automatic Sprinkler and Standpipe Systems" R.R.Donnelley&Sons August1997



ÖZGEÇMİŞ

İbrahim Utku BAŞYAZICI

1981 yılı Ankara doğumludur. 2004 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Isı-Proses dalından mezun olmuştur. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Isı-Proses Lisansüstü programında eğitimine devam etmekte aynı zamanda EMO Yangın ve Güvenlik Sistemleri bünyesinde yangın ve güvenlik sistemlerinin projelendirilmesi ve satışı konusunda sistem çözüm ekip üyesi olarak çalışmaktadır.