



T.C.
Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

SANAYİ TESİSLERİNDE DUMAN KONTROLÜ VE TAHLİYESİ

Ayşen Gamze SAYGILI DOĞUÇ

Yüksek Lisans Tezi



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
MAKİNA FAKÜLTESİ

SANAYİ TESİSLERİNDE DUMAN KONTROLÜ VE TAHLİYESİ

Ayşen Gamze SAYGILI DOĞUÇ

Prof. Dr. Recep YAMANKARADENİZ
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TERMODİNAMİK ANA BİLİM DALI

BURSA-2014

TEZ ONAYI

Ayşen Gamze SAYGILI DOĞUÇ tarafından hazırlanan “SANAYİ TESİSLERİNDE DUMAN KONTROLÜ VE TAHLİYESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Makine Fakültesi Termodinamik Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Recep YAMANKARADENİZ

Başkan : Unvanı, Adı ve Soyadı : Prof. Dr. Recep YAMANKARADENİZ İmza
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Unvanı, Adı ve Soyadı : Prof. Dr. Ömer KAYNAKLI İmza
Makine Fakültesi, Anabilim Dalı

Üye : Unvanı, Adı ve Soyadı : Doc. Dr. Salih COŞKUN İmza
M.Y.O.

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali Osman DEMİR
Enstitü Müdürü
.../.../.....(Tarih)

U.Ü. Makine Fakültesi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

.../.../.....

İmza

Ad ve Soyadı

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SANAYİ TESİSLERİNDE DUMAN KONTROLÜ VE TAHLİYESİ

Ayşen Gamze SAYGILI DOĞUÇ

Uludağ Üniversitesi Makine Fakültesi

Termodinamik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Recep YAMANKARADENİZ

Yanma sonucu oluşan duman havada taşınan katı ve sıvı parçacıklar ile malzemelerin yanması ile oluşan gazlardan meydana gelir. Koyu renkli bir sis perdesi oluşturur. Tahliyeyi, yangına müdahaleyi zorlaştırdığı gibi zehirleyici ve patlayıcı da olabilir. Tüm bu olumsuzlukların önüne uygun bir duman tahliye sistemi ile geçilebilir.

Duman tahliye sistemleri doğal ve mekanik sistemler olmak üzere basit olarak, ilk aşamada ikiye ayrılabilir. Fakat tasarım ölçütleri; ihtiyaçlara, mimari özelliklere, yapı ve bölgede bulunan malzemelere, insan yoğunluğuna göre çeşitlilik gösterebilir. En uygun duman tahliye sistemi için planlanan senaryoya bağlı modellemeler uluslararası standartlar ve yerel yönetmeliklere uyumlu olarak yapılır.

Modellemelerden elde edilen sonuçların istenilenleri karşılaması ile tasarım uygun donanım seçimi ve yerleştirilmesi işlemine geçilir. Testler ve periyodik bakımlar bu sistemlerinde vazgeçilmezleridir.

Bu çalışmada otomobil parçaları içeren bir ambar binasında nedeni bilinmeyen bir sebepten çıkan yangın sonucu oluşan dumanın tahliyesinin en uygun şekilde tahliyesine çalışılmıştır. Hızlı ve etkili duman tahliyesinin sağlanması tahliye ve müdahale için uygun görüş açıklığının devamlı tutulması hedeflenmiştir. CFD bazlı PHONEİCS programı kullanılarak en istenilen şartları sağlayan mekanik duman tahliye sistemi tasarlanmıştır.

ABSTRACT

MSc Thesis

SMOKE CONTROL SYSTEMS FOR INDUSTRIAL BUILDINGS

Ayşen Gamze SAYGILI DOĞUÇ

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Recep YAMANKARADENİZ

Smoke is a composition of solid and liquid particles and gases which are released by the materials during a combustion process. It forms a foggy layer obstructing the evacuation of people and intervention of the firemen. Smoke can be also poisoning effects according to its resources. The only way to prevent these unfavorable conditions is extraction of the smoke as soon as possible.

Simply we can make the classification of the smoke exhaust systems as mechanical and natural. But as we arrive to the designing we should count in many different data based on construction, intended use of building, amount of stock and its kind etc. As well as considering the design approaches, a model should be designed compatible with the related native codes and national standardizations.

After the derivation of the optimum results, operation leads to construction with appropriate equipment. As well as all fire rotection systems test and periodic maintenances are evitable.

This sample of work is decided to find the appropriate mechanical smoke extraction system for a warehouse of a car factory which contains just all the corposants of the cars. Study is based on deciding the capacity of the exhaust fans to maintain the height of the clear air layer in order to extinguish the fire by firemen and have the safe egress time for the people to leave the building.

The CFD based PHONEİCS program has been used to for the simulations. The variation of the conditions like temperatures, visibility distances, PPM values are checked .All the design criterion values has been checked and evaluated to get the appropriate result of the extraction system design.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecim boyunca her konuda yardımcı olan danışman hocam Sayın Prof. Dr.Recep Yaman Karadeniz'e, tezim için benden hiçbir desteğini esirgemeyen sayın Dr.Zuhal Şimşek'e teşekkürlerimi sunarım. Tezim de yine çok yardımcı olan, görüşlerini benimle paylaşan sayın hocam Dr.Kazım Beceren'e ve Dr.Gökhan Balık'a çalışırken Yüksek Lisans yapmama izin veren sayın şefim Bulent Atay 'teşekkürlerimi sunarım.

Ve teşekkür kelimesinin yetersiz kalacağı için uzun bir süre diyebileceğimi düşündüğüm, hayatımda gerçekten ilerlemek isteğim yolda bana en büyük desteği veren değerli hocam, sayın Prof. Dr. Abdurrahman Kılıç'a en içten, en derin saygılarımla en içten teşekkürlerimi kelimeler yetersiz kalsa da sunmak isterim.

Adı Soyadı

..../..../....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
KISALTMALAR	VIII
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1. Tarihçe.....	5
2.2. İlgili standartlar ve Kodlar	6
3.DUMAN HAREKETLERİ VE KONTROLÜ	8
3.1.Duman	8
3.2. Endüstriyel bina yangınları duman özellikleri	8
3.3. Açığa çıkan duman miktarı	9
3.4. Duman hareketi	9
3.4.1. Sıcak Duman bölgesi	10
3.4.2. Soğuk Duman Bölgesi	10
3.5. Duman hareketini etkileyen değişkenler	10
3.6. Duman tahliye sistemleri.....	10
3.7. Endüstriyel Bina duman tahliye sistemleri	11
3.7.1.Tasarım kriterleri.....	11
3.7.1.1. Tasarım kriterlerinin duman hareketi ile bağlantısı	11
3.7.1.2. Duman tahliyesi sistemi tasarım kriterleri	12
3.7.2. Duman tahliye sistemi modellemeleri.....	13
3.7.3. Duman perdeleri.....	14
3.7.4. Doğal duman tahliye sistemi	14
3.7.4.1. Tahliye kapakları	15
3.7.4.2. Tahliye kapakları yerleşimi	15
3.7.4.3. Çalışma prensibi	16
3.7.5. Mekanik duman tahliye sistemleri	16

3.7.5.1. Tasarım	17
3.7.5.2. Çalışma prensibi	17
3.8. Yangın	18
3.8.1. Yangının büyüklüğü (Yangın yükü)	18
3.8.2. Yangının evreleri	18
4.MATERYAL VE YÖNTEM	21
4.1. Kontrol Hacmi ve tasarım amaçları	21
4.2. Kontrol hacmi ve fiziksel özellikleri	22
4.2.1. Kontrol hacmi ve tasarım için sağladığı doğal hava kaynaklar	22
4.3. Kontrol hacmi ve yangın yükü	23
4.4. Yöntem	23
4.4.1. Verilerin elde edilmesi	23
4.4.2. Veri seçimi	24
4.4.3. Yangın Modelleme seçimi	24
4.5. Seneryo	25
5.DEĞERLENDİRME 1	26
5.1. Veri tanımları	26
5.2. Tasarım senaryosu verilerinin tespit edilmesi	26
5.3. Verilerin değerlendirilmesi	44
5.4. Yeni seneryo uygulaması	45
5.4.1. Seneryonun özellikleri	45
5.4.2. Fan kapasiteleri	45
5.4.3. Yangının özellikler	45
5.4.4. Veri seçimi	45
6.DEĞERLENDİRME 2	46
6.1. Veri tanımları	46
6.2. Tasarım senaryosu verilerinin tespit edilmesi	46
6.3. Verilerin değerlendirilmesi	63
6.4. Sonuç	64
KAYNAKLAR	66
ÖZGEÇMİŞ.....	68

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Grafik 3.1. Zamana(dak) bağlı sıcaklık değişimi ($^{\circ}\text{C}$).....	20
Grafik 3.2. Zamana bağlı yangının evreleri	20
Tablo 4.1. Yanıcıların cinsine göre yangının gelişme süresi değerleri	25
Grafik 4.2. t^2 yangın modeline bağlı zaman ve yangın yükü değişimi.....	25
Şekil 5.1. 10 saniyede 2m yüksekliğinde görüş mesafesi	27
Şekil 5.2. 10 saniyede 4m yüksekliğinde görüş mesafesi	28
Şekil 5.3. 10 saniyede 2m yüksekliğinde sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$).....	29
Şekil 5.4. 10 saniyede 4m yüksekliğinde sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$).....	30
Şekil 5.5. 10 saniyede 4m yüksekliğinde PPM	31
Şekil 5.6. 150.saniyede 2m yüksekliğinde görüş mesafesi (m)	32
Şekil 5.7. 150.saniyede 4m yüksekliğinde görüş mesafesi (m)	33
Şekil 5.8. 150.saniyede 6m yüksekliğinde görüş mesafesi (m)	34
Şekil 5.9. 150. saniyede 2m yüksekliğinde sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$).....	35
Şekil 5.10. 150. saniyede 4m yüksekliğinde sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$).....	36
Şekil 5.11. 150.saniye 6m yüksekliğinde sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	37
Şekil 5.12. 150.saniye 7.95m yüksekliğinde sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	38
Şekil 5.13. 600 saniyede 1.5m yüksekliğinde görüş mesafesi	39
Şekil 5.14. 600 saniyede 2m yüksekliğinde görüş mesafesi	40
Şekil 5.15. 600.saniye 2m yüksekliğinde sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	41
Şekil 5.16. 600.saniye 6m yüksekliğinde sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	42
Şekil 5.17. 600.saniye 7.95m yüksekliğinde sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	43
Şekil 5.18. Yüksekliğe bağlı görüş mesafesi değişimi	44
Şekil 6.1. 150.saniyede yüksekliğe bağlı sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) dağılımı	47
Şekil 6.2. 300 saniyede 2m yüksekliğinde görüş mesafesi	48
Şekil 6.3. 300.saniyede 2m yükseklikte sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	49
Şekil 6.4. 300 saniyede 4m yüksekliğinde görüş mesafesi	50
Şekil 6.5. 300.saniyede 4m yükseklikte sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$).....	51
Şekil 6.6. 300.saniyede 6m yükseklikte sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	52
Şekil 6.7. 300 saniyede 6m yüksekliğinde görüş mesafesi	53

Şekil 6.8. 600 saniyede 2m yüksekliğinde görüş mesafesi	54
Şekil 6.9. 600 saniyede 1.8m yüksekliğinde görüş mesafesi	55
Şekil 6.10. 600 saniyede 1,5m yüksekliğinde görüş mesafesi	56
Şekil 6.11. 600.saniyede 2m yükseklikte sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	57
Şekil 6.12. 4m yükseklikte ortalama sıcaklık $56,48^{\circ}\text{C}$	58
Şekil 6.13. 6m yükseklikte ortalama sıcaklık $215,20^{\circ}\text{C}$	59
Şekil 6.14. 7.95m tavan seviyesinde sıcaklık ortalama $259,56^{\circ}\text{C}$	60
Şekil 6.15. 600.saniye 2m yüksekliğinde PPM	61
Şekil 6.16. 600.saniye yüksekliğe bağlı PPM dağılımı	62
Şekil 6.17. 600 saniye sonunda yüksekliğe bağlı görüş mesafesi 2. Deneme	63
Şekil 6.18. 600 saniye sonunda yüksekliğe bağlı sıcaklık değişimi($^{\circ}\text{C}$) 2. Deneme ..	64

KISALTMALAR

UL: Underwriters Laboratories

AMCA: Air Movement & Control Association International

IBC: International Building Code

IFC: International Fire Code

BSI: British Standard

NFPA: National Fire Protection Association

1.GİRİŞ

Yanma sonucu oluşan gazlar, yanan cisimlerin katı ve sıvı parçacıkları dumanı oluşturur. Günümüzde bina yangınlarında ölümlerin çoğu çökme ve yanma sonucu değil, yayılan gazlardan olmaktadır. Oran ^{viii} yaklaşık %90'dır. (http://www.yangin.org/dosyalar/duman_kontrol_gerekliligi.pdf)

Dumanın ölümlere sebep olmasında öncelikle solunumu ile ortaya çıkan zehirleyici, boğucu özelliği etkilidir. Duman ayrıca ortam sıcaklığını artmasına ve yangının büyümesine de neden olarak duman hacminin artmasını da tetikler. Yangın birlikte ortaya çıkan gazlar görüş mesafesini azaltan bir sis bulutu oluştururlar, tahliye zorlaştırırlar. Buda bölgede bulunan insanların zehirli, boğucu ve tahriş edici gazlara mazur kalma süresini uzatarak ölüm riskini arttırmaktadır.

Diğer bir yandan duman oluşturduğu sis bulutu, itfaiyenin yangın merkezine ulaşmasını ve etkili bir müdahale gerçekleştirmesini de güçleştirir. Aynı durum sağlık servisinin de bölgedeki yaralılara ve zehirli dumana maruz kalanlara müdahalesini geciktirir. Zincirleme olarak yaşanan zaman kayıpları yangın bölgesinde bulunan veya tahliye için çıkış yönlerini bulmaya çalışan insanların sağlığını da olumsuz etkiler. Bu tehlikeli çok katlı binalarda daha belirgin bir şekilde ortaya çıkar. Dumanın merdiven ve asansör boşluğu gibi alanlara yönelmesi ve üst katlarda birikmesi alt katlar da çıkan bir yangından üst katlarda bulunan ve merdivenlere yönelen insanların daha fazla etkilenmesine sebep olmaktadır.

Endüstriyel binalarda oluşabilecek bir yangında meydana gelen duman bölgede çalışan operatörlerin sağlığını etkileyeceği gibi yanan kimyasallara bağlı olarak patlamalara sebep olarak daha vahim sonuçlarında doğmasına sebep olabilir.

Duman bağlı yaşanan olumsuzlukların önüne ancak dumanın kontrollü hareketinin sağlanması ile geçilebilir. Duman kontrolünde esas dumanın dumansız alanlara yayılmasının önlenmesi ve belli bir açıklıktan tahliye edilerek yangın bölgesinde tahliye ve müdahale için uygun ortam oluşturulmasına yöneliktir. Bu amaçla duman perdeleri

ile bölümlere ayırma, dumanı mekanik yâda doğal olarak atılması, basınçlandırma, temiz hava beslemesi yapılması gibi çalışmalar gerçekleştirilir.

Duman tahliye sistemlerinin tasarlanmasında binanın yapısı, fiziksel özellikleri, kullanım amacı, yangın yükü gibi bir çok kriter göz önünde bulundurulur. Tasarım amacı da binanın kullanım amacına göre değişmektedir. Alışveriş merkezi, sinema, okul, plaza gibi toplanma amaçlı binalarda öncelikli kriter güvenli kaçış yolu oluşturmaktır. Bu amaçla ilk olarak duman yerden iki ila üç metre arasında yukarıda tutularak tahliye için gerekli dumansız alan oluşturulması hedeflenir. Bu amaçla toplanma amaçlı binalarda katlara ve merdiven boşluklarına basınçlandırma sistemi kurulur. Pozitif basınçlandırma ile yangın bölgesinde dumanın diğer bölümlere sızması engellenir.

Ambar, imalat atölyeleri, endüstriyel tesisler genellikle yüksek tavanlı ve çok geniş, bölümlenmemiş kapalı alanlara sahip oldukları için basınçlandırma sistemleri yetersiz kalmaktadır. Bu durum farklı çözümleri doğurur. Böyle bir durumda bina zonlara bölünerek her zon için temiz hava fanı ve tahliye kapakları ile o zonda çıkabilecek bir yangının dumanı kontrol altına alınabilir. Bir diğer senaryoda ise binanın ambar kapıları, pencereleri temiz hava girişi olarak alınabilirken duman tahliye fanları ile dumanı atılması sağlanabilir. Sprinkler bulunan binalarda duman tahliye zonları sprinkler zonlarına paralel yerleştirilerek yangının başladığı bölgede söndürülmesi ve dumanın yayılmadan bu bölgeden tahliyesi gerçekleştirilir. (http://www.yangin.org/dosyalar/duman_kontrol_gerekliligi.pdf)

Sadece duman kapakları ve temiz hava açıklıkları bulunan sistemler de dumanı kendi basıncı ile hareketi sağlanırken; fan, duman damperi gibi ekipmanların bulunduğu sistemlerde dumanın mekanik olarak basınçlandırılması sağlanır.

Bir endüstriyel binada duman oluşuna etki eden en büyük faktör yangın yüküdür. Yangı yükü çıkacak duman miktarını doğrudan etkilemektedir. Tasarımda binadaki yanıcı maddelerin yangın yükü belirlenmekte buna bağlı olarak hesaplanan duman debisine göre mekanik tahliye sistemlerinde fan kapasiteleri belirlenmektedir. (<http://www.cob.nl>)

/fileadmin/user_upload/Documenten/Overig/Graz2012-04/PDF/23_Brander.pdf,2012)

Doğal açıklık kullanıldığı durumlarda ise optimum açıklık hesaplamasında da çıkan duman miktarı dikkate alınır.

Tahliye kapaklarının açılması, fanların çalışması binadan mevcut ise sıcaklık ve duman detektörlerinden gelen verilere göre otomasyon yapılarak sağlanabildiği gibi, manuel olarak başlatılabilmektedir. Tahliye kapakları pnömatik olarak da açılırlar. Tasarlanan duman kontrol sisteminin çalışma prensipleri binanın, mevcut yangına yönelik otomatik algılama ve söndürme sistemlerini de kapsayan senaryolara bağlı olarak oluşturulabilir. Bu çalışmada ele aldığımız ve uygun duman tahliye sistemini oluşturmak için modellemeye gittiğimiz ambar bölümlenmemiş alan ve yükseklik parametreleri ile geniş bir hacimdir. İçinde stoklanan araç parçalarının yangınlık özellikleri nedeniyle büyük sınıf yangınların yaşanabileceği bir alandır. Çalışan sayısı ile bakıldığında devamlı çalışan personel bulunmamaktadır. Ara ara yükleme ve boşaltma amaçlı lojistik operatörleri ve stok kontrolü için lojistik uzmanlarının bulunduğu bir binadır. Tahliye süreleri ile ilgili olarak mevcut acil çıkış kapıları, ulaşım yollarının açık olması ve konumları gereği problem yaşanmayacağı düşünülmektedir. Modellemede dumanın hızlı tahliyesi ile temiz alt bölge oluşturulması itfaiyenin müdahalesini kolaylaştırmak ve parçaların en az zararla kurtarılmasını sağlamaktadır. İtfaiyenin yangın yerine etkin bir müdahale yapabilmesi için görüş alanının açık olması gerekir. Ambar yangınlarında bölgede bulunan çalışanların kurtarılmasının yanında depolanan ham maddenin yada ürünün kurtarılması da büyük önem taşır. Bir diğer yandan iş yeri yönetimi, kurumunun varlığını sürdürebilmesi için öngördüğü bir bütçe çerçevesinde hareket etmek zorunda olduğu için modellemede bölgenin gerekline uygun en ideal duman tahliye sistemi ekonomik maliyetlerde göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır.

Örnek alınan hacimde yönetime sunulacak en düşük maliyetli duman tahliye sistemi için elektrikle çalışan duman tahliyesi ve temiz hava girişi için ayrı ayrı fanlar konulması binada bulunan 15m2lik giyotin kapı açıklıkları nedeni ile söz konusu değildir. Doğal hava akışlarında olabildiğince faydalanmak hedeflenmektedir. Bu akışların yeterliliğinin değerlendirilmesi için malzemelerden kaynaklanan yangın büyüklüğü temel teşkil eder. Örnek hacimde stoklanan malzeme miktarı ve türü bellidir.

Dolayısı ile yangın yükü standart olarak alınabilmekte ve binada sprinkler bulunmadığı için büyük yangın sınıfına dâhil olmaktadır.

Programlama aşamasında yapılan denemelerde öngörülen yangın yüküne bağlı 300 iterasyon yapılır.600 saniye süren yavaş bir yangın stoklanan malzemeler için uygun bulunmuştur. Yangın duman perdesi, fan gibi elemanların değişik düzenekleri ile test edilmiştir. Bu süreçte tahliye ve yangına müdahale için istenilen temiz alt bölgenin oluşumu ve sürekliliği izlenmiş minimum maliyet ve kurulma süresi istenilen temiz alt bölgeyi sağlayan tasarımın oluşturulması hedeflenmiştir. Bu oluşum izlenirken ortam sıcaklığı kontrol edilmiştir. Parçaların yanma nedeni inceleme dışında tutulup yangın büyüklüğü, dumanın konumu hareketi ve ortamda ki sıcaklık dağılımı incelenmiştir.

2.KAYNAK ARASTIRMASI

2.1.Tarihçe

Duman kontrolünün tarihi günlük hayatta çok eskilere dayanır. Evinde ateş yakan bir adam dumanı atmak için bir açıklığa ihtiyacı olduğunu anlar. Basit olarak dumanın yönlendirilmesi böylece başlamış olur.

Modern duman kontrol sistemleri çalışmaları havalandırma kanallarının yangın çıkan bölgedeki dumanı yaydığının anlaşılması ile 1940'lı yıllarda başlar. Bu olay yangın damperlerinin ve statik duman kontrolü sistemlerinin oluşumunu tetikler. 1968 'te yangın ve duman kontrolü üzerine standartlar oluşturan ve sistem elemanlarına onay vermekle yetkili kuruluş UL konu ile ilgili olarak UL 555'i yayınladı.1970'lerde itibaren yüksek katlı binalarda duman kontrol sistemleri kullanılmaya başlandı. Hava hareketleri ve kontrolü üzerine çalışan AMCA 'da 1973 te Havalandırma pencereleri, damperler ve kepenkler için test metotları 'adlı 500-D kodlu standardını yayınladı. En belirgin duman tahliye sistemi rehberi ise 1980 ortalarında NFPA tarafından yayınlandı. Bu arada UL 'de konu ile ilgili 555S'i bildirdi. Konu ile ilgili yayınları gelişmelerle birlikte güncellenerek devam etti ve günümüzdeki standartlara kadar geldi.

Bina kodlarına baktığımızda 1970'ler de havalandırma için belli bir hava miktarının mutlaka dışarı atılması ile başlayan düzenlemelerden sonra 6hacim/saat gibi değişim oranlarının sağlanması gibi zorunluluklarla detaylara girilmeye başlanmıştır. 1994'te yayınlana 'Uniform Building Code'(UBC) ise performans bazlı duman tahliye sistemlerinin, basınçlandırma, pasif duman tahliyesi, hava akışı ve tahliye metotlarında birine göre tasarlanması gerektiğini belirtir. Bu metotlarda NFPA' ya bağlıdır. Bina kodlarında uygulanması istenilen duman tahliye metotlarının da amacı dumanı kaynağında kontrol altına almak ve tahliye için uygun temiz bölgeyi sağlamaktır. Daha sonra oluşturulan IBC ve IFC bu koda paralellik gösterir. Standartlarda ki gelişim kodlar içinde geçerlidir.

2.2.İlgili standartlar ve Kodlar

Yangın Güvenliği ile ilgili olarak ilk geçerli olacak standartlar, ilgili ülkenin yangına yönelik yönetmelikleri; var ise bölgesel düzenlemeleridir. Sistemin tasarım ve uygulama aşamalarında mutlaka yerel kanunlara uygunluk göz önünde bulunmalıdır. Teknik olarak yeterlilik söz konusu olduğunda ise yangın güvenliği konusunda belli bir ülkede ortaya çıkan fakat üzerinde yapılan çalışmalar, testler sonucunda etkinliği kanıtlanmış ve dünya çapında güvenilirliği onaylanmış standartlar ele alınır.

Yangın ve duman kontrolüne yönelik uluslararası standartlara bakıldığında ilk olarak NFPA göze çarpmaktadır. NFPA, ABD menşeli bir organizasyon olup tüm dünyadan yangın riskinin ve yangına bağlı yaşam kalitesini azaltacak tehlikelerin önüne geçmek için standartlar oluşturur. Aynı zamanda yangın güvenliği konusunda sürekli araştırmalar yapar, mevcut araştırmaları takip eder ve konu ile ilgili eğitimler düzenler.

Duman tahliye sistemleri ile ilgili NFPA 92 'ye bakıldığında duman tahliye sistemlerinden beklenen tahliye için uygun ortamın sağlanması ve dumanın hareketinin kontrol edilerek diğer bölümlere geçişinin azaltılmasıdır. Bu standart da tanımlar, tasarım kriterleri, modelleme için gerekli olacak hesapların denklemleri, ekipmanlar ve kontrolleri ile testleri hakkında bilgiler bulunur. Modellemeyi yaparken ihtiyaç duyulan duman miktarının, duman tabakasının kalınlığının, yoğunluğunun hesaplanması, konumlandırılacak temiz hava girişlerinin belirlenmesi gibi birçok tasarım ayrıntısı NFPA 92 içinde ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Atrium, alışveriş merkezi gibi büyük alanlara hitap etmektedir.

Yine NFPA 92 'de duman kontrolünün bariyerler ve basınçlandırma ile yapılmasına yönelik standartları içerir. Asansörler ve merdiven boşlukları gibi alanlara dumanın sızması ve kaçış için yeterli süre oluşturulması amaçlanır. Dumanın oluştuğu bölge dışında müdahale ve kontrol için güvenli bir bölge sağlanması amacıyla gerekli basınç ayarlamalarını, hesaplama metotlarını, fan ve temiz hava girişlerinin, klima sistemlerinin amaca yönelik kullanımlarını standartlar olarak sunar.

NFPA duman tahliyesi sistemi formülleri basit olarak temelde yangın yükü ve yangın üzerindeki duman tabakası kalınlığı olmak üzere iki değişkene bağlıdır.

Duman tahliyesi ile ilgili diğer etkili bir standartta İngiltere tarafında BSI adı altından oluşturulmuştur. Bu standartlardan ‘duman ve ısı bileşenleri’7. Bölümü çalışmaya da temel veri oluşturan, seçilen bölgenin kullanım amacına ve yangın tesisatına yönelik yangın yükü değerini içermektedir.

IBC atriumlar, alışveriş merkezleri ve yeraltı binaları için duman doğal duman atma sistemleri yerine duman kontrol sistemlerini seçenek olarak önermektedir. IBC yüksek binalar için duman kontrolünü zorunlu tutmasa da konu ile ilgili diğer yargı merkezlerince zorunlu tutulmuştur.

3.DUMAN HAREKETLERİ VE KONTROLÜ

3.1.Duman

Duman sözlük anlamı ile ‘bir maddenin yanmasıyla çıkan ve içinde katı zerreciklerle buğulan bulunan kara ya da esmer renkli Gaz’dır. NFPA 92 standardına göre havada taşınan katı ve sıvı parçacıkları ile malzemelerin bir miktar hava ile yanması ile oluşan gazlardan meydana gelen karışımdır. Buradan da anlaşılacağı gibi dumanın nedeni yanma olgusudur.

Yanmanın meydana getirdiği kimyasal değişim sonucunda maddelerin bileşenleri Oksijen ile tepkimeye girerek farklı gazları oluştururlar ve ortamda görüş mesafelerini tahliye ve müdahaleyi zorlaştıracak kadar düşürürler.

Yapılan istatistiklerde duman içindeki insanların %40 ının 4 m yürüyebildikleri, %90’ının ise 9 metreden fazla yürüyemedikleri tespit edilmiştir. (<http://www.birimmuhendislik-tr.com/tr-TR/Default.aspx?c=23>)

3.2.Endüstriyel bina yangınları duman özellikleri

Endüstriyel binalarda oluşabilecek yangınların söndürülmeleri zor olmakla birlikte bu yangınlar sonucu oluşacak duman yoğunluğu hem yangının kaynağını bulmayı ve müdahaleyi zorlaştırırken hem de sağlık açısından tehlike olmaktadır. Endüstriyel binalarda oluşan duman çok farklı kimyasal maddenin tutuşmasına paralel farklı özellikler göstermektedir.(Teskon 2005)Diğer bir yandan da sıcak duman binada bulunan ekipmanların, stokların, tesisatlarına ve bina kısımlarının yıpranmasına da sebep olmaktadır.

Ayrıca yanma sonucu açığa çıkan gazlar patlama riski de barındırmaktadırlar. CO, metan, hidrojen sülfür bu gazlara örnek olarak verilebilir. Bu gazların tahliye edilmemesi ardı ardına oluşabilecek patlamalar ile durumu daha da vahim hale

getirebilir. Bunun yanı sıra en büyük tehlikelerden biri boğucu gazların dışarı atılmaması ile yaşanacak problemlerdir.(<http://www.epa.gov/iaq/co.html>)

CO₂,hidrojen, anilin, nitrobenzen, sodyum nitrat ve hidrojen sülfat havada O₂ nin yerini alarak hipoksi ile zehirlenmeye yol açan boğucu gazlardır. Bunlara etan, propan, butan, metan gibi patlayıcı gazlarda eklenebilir. Fakat alev ve ışını olduğu bir ortamda düşük patlama limitlerine bağlı olarak patlayıcılık özellikleri ile kendilerini gösterirler. (http://www.yangin.org/dosyalar/duman_kontrol_gerekliligi.pdf)

Dolayısı ile duman içinde yön bulamamaktan oluşan sıkıntılara birde boğucu ve tahriş edici gazlardan oluşan zehirlenmeler eklenir. Diğer bir yandan büyüyen sorun ise oksijen azlığıdır. Mevcut oksijenin yanma sonucu tükenmesi ve dumanın tahliye edilememesi sonucu hava sirkülasyonun sağlanamaz. Kukurtdioksit,CO₂,hidrojen sülfür ve azot oksitler ölümcül vakalara sebep olabilirler.

3.3.Açığa çıkan duman miktarı

NFPA 92'ye göre açığa çıkan duman miktarı:

$$M=k1QC^{1/3}z^{5/3}+k2Qc$$

Şeklinde hesaplanır. Daha sonra uygun görülen havalandırma açıklığı karşılık tasarım modeli üstüne yerleştirerek dumanı n tavandan itibaren biriktiği göz önünde tutularak temiz alt bölge yükseklikleri kontrol edilir. Tahliye ve müdahale için temiz alt bölge yüksekliğinin 2-3 m arasında olması uygundur.

3.4 Duman hareketi

Yangın esnasında maddeler kimyasal değişikliğe uğrar ve yanmanın etkisi ile havaya su buharı, CO,CO₂ veya başka bileşenlerle havaya karışırlar. Duman hareket sıcak duman bölgesi ve soğuk duman bölgesi olarak iki kısımda ele alınır.(Klote ve Harold 1997)

3.4.1.Sıcak Duman bölgesi

Dumanın sıcaklığını yeterince yüksek olduğu durumda dumanın hidrostatik kaldırma etkisi ile tavana doğru itilmesi ile oluşur. Bu arada temiz yâda az kirli hava aşağı iner. Kapalı alanlarda tahliye edilemeyen bu sıcak duman zamanla, alt kısımlarda O₂ 'in tükenmesi ile tüm binayı kapsar ve ani patlama tehlikesi taşır.

3.4.2.Soğuk Duman Bölgesi

Bu bölgeler yangına bağlı sıcaklık ve duman oluşumunun binada ki havalandırma, klima, rüzgâr gibi etkenlerle bastırıldığı yâda etkilendiği durumlarda ortaya çıkar.

3.5 Duman hareketini etkileyen değişkenler

3.4.1 'de değinildiği gibi duman hareketi ortamda ki rüzgâr, havalandırma klima gibi etkenler, açık alanlarda yağmur ve kar gibi doğal iklim olaylarından etkilenmektedir. Bunun yanında duman harekinde ani değişimler yine sıcak gazların veya ortamdaki patlayıcı malzemeleri patlaması ile gerçekleşebilmektedir.

3.6.Duman tahliye sistemleri

Belli bir zonda toplanan yâda duman perdeleri ile toplanmaya zorlanan dumanı tahliyesi için tasarlanan ve devreye alınan sistemlerdir.

Duman perdesinin bulunması duman kontrolü için yeterli değildir. Duman belli bir zonda toplansa da mutlaka dışarı atılması gerekir. Bu amaçla mekanik yâda doğal duman atma sistemleri oluşturulur.

NFPA 92 'de belirtildiği gibi duman tahliye sistemlerinden beklenen tahliye için uygun ortamın sağlanması ve dumanın hareketinin kontrol edilerek diğer bölümlere geçişinin azaltılmasıdır.

Duman tahliye sistemlerinin,

Yangının erken fark edilmesi ve sistemin etkinleştirilmesi

Duman gaz akışlarının kontrolü

Duman yayılmasının kısıtlanması

Dışsal (Rüzgar vs.)İçsel (havalandırma-klima sistemleri)faktörlerden bağımsız çalışması

İsteğe bağlı olarak da alarm çalıştırma işlevlerini yerine getirmesi gerekir.

3.7.Endüstriyel Bina duman tahliye sistemleri

Duman tahliye sistemleri, dumanın çıkma ve yayılma oranının ofis yangınlarına göre çok daha farklı olduğu endüstriyel binalarda, fabrikalarda çok daha ciddi olarak ele alınmalıdır. Duman kontrolüne yönelik tahliye sisteminden önce dumanın bellik bir bölgeye hapsedilmesi sağlanabilir. Dumanın ısınan gazlardan oluşmasında dolayı yukarı hareketi, onun ilk olarak çatı makasları altında toplanmasına neden olur. Daha sonra duman çökmesi gerçekleşir. Bu durumda duman perdesi veya bariyeri ile hapsedilmesini kolaylaştırır. Dumanın diğer hacimlere geçmesinin önü kesilerek yangının çıktığı bölgeden atılması hem müdahaleyi kolaylaştırır hem de insanların dumanda etkilenmesinin önüne geçilmesi sağlanmış olur.

3.7.1.Tasarım kriterleri

3.7.1.1.Tasarım kriterlerinin duman hareketi ile bağlantısı

Duman tahliye sistemlerinin tasarımında, yangın senaryolarından başlanarak yanma sonucu meydana gelen alevler, konvansiyonel hareket halinde ki havayı içeri çekmesinde başlayarak süre gelen hareketler dizisi dikkate alınır. Sistem havanın içeri çekilmesi yukarı doğru bir ısıl jet oluşturur. Yukarı çıkarken bu jet ortam havasını da kendine katarak ilerlediği için hacmi ve kütlesi de artar, yanma sonucu oluşan partikülleri de bünyesine eklediğinde duman şeklini alır. Ortamın alçak kısımlarından

çekilen yanma havası ve indüksiyon yoluyla yukarı doğru çıkmakta olan jetle harmanlanan hava, içeriye doğru akan havayla yer değiştirir. Bunu zorunlu sonucu egzoz sistemi yoksa geriye doğru bir hava hareketi daha oluşur. Aynı durum temiz hava girişinin bulunmadığı koşullarda da geçerlidir. Dolayısı ile tasarımda bu geri hareketinin önüne geçilmesi gereklidir.

3.7.1.2 Duman tahliyesi sistemi tasarım kriterleri

Geniş hacimlerde duman kontrol sistemlerinin tasarım kriterleri binanın kontrol amacına göre de farklılık gösterebilmektedir. Binanın kullanım amacına göre yangın büyüklüğü değiştiği gibi, duman tahliyesinin gerçekleştirilme hızı, süreside öncelikli olan tasarım amacına göre de değişmektedir.

Örneğin, insanların kaçış süresinin ön planda olduğu, alışveriş merkezi, sinema gibi büyük binalarda gerekli min kaçış süresinde bağlı kalınarak bir duman tahliye tasarımı yapılması gerekir. Buradaki min. Tahliye süresi duman altındaki temiz alanın belli bir kritik yüksekliğe kadar düşme süresidir. Kritik yükseklik 2-3 m arasında insan boyunun biraz üzerinde alınabilir. Bu şartlarda yangın alarm sistemini faaliyeti için ortalama 280 sn ve insanların bunu duyduktan sonra tahliyeler için 80 sn'ye ihtiyaçları olduğu deneysel olarak hesaplanmıştır. Tabi ki bu değer binadaki yaş ortalamasına, bireylerin psikolojik ve fiziksel sağlık durumlarına göre değişiklik gösterebilir. (Klote ve Milke 1992)

Diğer bir kriter de ortam sıcaklığı ve ısı akısıdır. Bunlar hem kaçış sürelerine hem de itfaiyenin müdahalesine etki eder. Özellikle Endüstriyel binalarda metal yüzeylerin fazlalığı çoğunlukla çelik konstrüksiyon yapılan bina malzemelerinden ve bina için yer alan makinalardan, raflardan net olarak bellik olmaktadır. Bu yüzeyler ortamdaki ışınlam ısı akısını ve sıcaklığı arttırmak da ayrıca dokunulduklarında ciddi yanıklar oluşturabilmektedir. 2,5 KW/m² ışının akısı deride yanıklar oluşturması açısından sınır değerdir. (Cibse guide 1997) Ayrıca sıcak havanın solunmasını yol açtığı tahrişle ve hipertermi için sınır sıcaklık değeri 120 derece alınabilir. Bulunulma süresinin uzunluğuna, neme göre 60 derece civarındaki sıcaklıklarda tehlikeli olabilmektedir.

Endüstriyel binalarda duman tahliye sistemlerinin özellikleri belirlenirken, bina içerisindeki aktivite, stok, insan sayısı gibi faktörler; binanın yapı malzemesine, inşaat yükseklik ve genişliğine ek olarak dikkate alınır. Bina içindeki malzemelerin çıkaracağı dumanın yoğunluğu, ısı gücü; malzemelerin türü ve miktarına göre değerlendirilir. Bina içindeki oluşabilecek yangının büyüklüğe paralellik gösterir. Bu değerlendirme, mekanik tahliye sistemleri için fanın debisi, doğal açıklıklı havalandırma sistemleri içinse ise uygun değer açıklığını belirlenmesi ve konumlandırılması işlerine temel veri teşkil eder. Ayrıca tasarımın, tavadan biriken dumanın belli bir seviyeden fazla aşağılara inmemesini sağlaması istenir. Böylece güvenli tahliye ve yangın servisi için güvenli müdahale olanağı sağlanır. Bir diğer gereklilikte yan Geniş hacimlerde duman kontrol sistemlerinin tasarım kriterleri binanın kontrol amacına göre de farklılık gösterebilmektedir. Binanın kullanım amacına göre yangın büyüklüğü değiştiği gibi, duman tahliyesinin gerçekleştirilme hızı, süresinde öncelikli olan tasarım amacına göre de değişmektedir.

3.7.2.Duman tahliye sistemi modellemeleri

Tüm kriterler değerlendirip binanın özelliklerine uygun tasarım kriterleri belirlendikten sonra duman hareketlerini incelemeye yönelik sayısal modellemeler yapılır. Bu modellemeler bölge ve alan modelleridir.(Balık 2003)

Bölge modellerinde, hacim sıcak gazların bulunduğu üst tabaka ile alev emilimle üst bölgeye katılan taze havanın bulunduğu alt bölgeden oluşur. Bölgeler birbirinde kesin bir hat ile ayrılır. Binanın alt kısımlarından taze hava girişi ve üst kısımlarında duman çıkışı olacak şekilde hidrostatik basınç oluşturulur. Dumanın yükselirken soğuması ve alçalması yada başka bir engelle çarpması bu modellemede incelemezken duman tabakasının kalınlığı, alçalma hızı, sıcaklığı bileşimi gibi birçok değer elde edilir. Ayrıca ısı kayıpları, egzoz sistemi ile tahliye edilecek hava miktarı, sıcaklık veya duman detektörlerinin aktivasyon süreleri de hesaplanabilmektedir. Doğal tahliye kapaklarının yerleşilmesi için atılması gereken duman kütleleri de yine bu modellemeyi baz alan programlar tarafından öğrenilir. Örnek olarak, ASCOS, ASMET, FIRST, CFAST ve ASET –B verilebilir.(Balık 2003)

Alan modellerinde ise bölge modellerinde ki kısıtlar aşılarak daha ayrıntılı bilgiler elde edilir. Bu modellerde hacim çok küçük parçalara bölünerek ele alınır ve hücreler arası kütle ve ısı geçişi denklemleri çözülür. Buda bölge modellerinde hesaba katılamayan karmaşık hacimlerin ve hava hareketlerinin de değerlendirilmesine olanak sağlar.(White 1974 , Arpacı ve Larsen 1984)

3.7.3. Duman perdeleri

Duman perdeleri kullanılarak dumanın kısmı bir bölgede yoğunlaşması ve buradan tahliyesine olanak sağlanır. Dumanın üst kısımlarda yoğunlaşması tahliye kapaklarının tasarım ilkelerine bağlı olarak daha hızlı açılmasını ve tahliyenin hızlanmasını sağlar. Tam yükseklikleri ara duvarlar, bölmelerde duman perdesi görevi görür.(Gültek ve Selvi 2005) Duman perdeleri yanmaz malzemeden olmaları kaçınılmazdır. Dumanı geçişini tamamen önleyecek şekilde monte dilmelidirler. Tasarlanırken yarattıkları derinlik oldukça önemlidir. Derinlik artıka sıcak duman ile aşağıdaki tutuşabilir malzemeler arası mesafe azalmakta ve ışımaya ile yangının yayılma riski doğmaktadır. Bu durum yangının yayılmasının yanında görüş mesafesinin azalmasına da sebep olur.

3.7.4. Doğal duman tahliye sistemi

Endüstriyel binalarda modellemeye bağlı kalınarak hacmin büyük olmasında dolayı duman tahliyesi için bölgedeki yangın yüküne ve duman miktarına göre gerekli minimum doğal açıklık alanı belirlenerek duman tahliye sistemleri de yapılabilir.

Doğal duman tahliye sistemleri tavana yâda duvarların tavana yakın kısımlarına yerleştirilen kapaklı pencerelerden sağlanır. Bu pencerelerin özellikleri, kurulumu, işletilmesi çeşitli standartlarla kontrol altına alınmıştır. Konu ile ilgili 2. Bölümde daha ayrıntılı ele alınan uluslararası standartlara NFPA 90A, ISO 10294, EN 12101-8, EN 1366-2 ve Yangın damperleri dayanım testleri, NFPA 90A İklimlendirme ve UL555 örnek olarak verilebilir.

Temiz hava girişleri ise kapılar, pencereler ve havalandırma kanalları olarak dikkate alınır.

3.7.4.1.Tahliye kapakları

Öngörülen açıklıklar tahliye kapakları çerçevesindedir. Bu kapaklar korozyona ve yüksek ısıya dayanıklı, dış ortam şartlarında etkilenmeyecek şekilde imal edilmiş olmalıdır. Sertleştirilmiş alüminyum tercih edilir. Sızdırmazlık özelliklerini bulunması kesinlikle gereklidir. Sızdırmazlık için donmaya dayanıklı, yüksek sıcaklıklarda hava ve su sızdırmaz özellikli conta kapaklarda kullanılmalıdır. Ayrıca iklim şartlarının sert olduğu bölgelerde kar yükü dayanımları da dikkate alınmaktadır. Duman tahliye kapaklarının standartlarına baktığımızda ise karşımıza NFPA 90A'ya ek olarak DIN EN 12101 normu ve UL555S standartları da çıkar. Çift yada tek kapaklı, düz yada üçgen modellerde bulunabilirler. Binanın çatı yapısına uyumlu olan tercih edilir. Polikarbonat yada temper camdan yapılan yüzeyleri ile aydınlatma ve havalandırma amaçlıda kullanılabilirler. Düz yüzeylileri olduğu gibi panjur tipi olanlarında mevcuttur. Bu tiplerde de aydınlatma sağlanabilmesi için kanatları camdan yada polikarbon levhadan imal edilir.

3.7.4.2.Tahliye kapakları yerleşimi

Hesaplanan minimum doğal açıklığı sağlamak için tahliye kapakları mimari koşullarda göz önünde bulunarak çatı yada yan duvarlara dağıtılır.

Örneğin, plastik, sünger parçalarının montajının yapıldığı ve benzin dolu istasyonu bulunana bir araba montaj atölyesinde bulunan malzemelerin yanıcılığı ve miktarı göz önüne alındığında çatı alanın %2 si olacak şekilde tahliye açıklıkları bırakılması uygun olarak hesaplanmaktadır.

Tahliye kapaklarını çalışma grupları yangın zonları ile aynı olacak şekilde düzenlenir. Her bir duman damperi zonu ile yangın zonu aynı alanı kapsamalıdır. Tahliye edilene hava miktarı havalandırma kanalı ile açık cam ve kapılarda gelen hava miktarına göre

%5 fazla olacak şekilde düzenlenerek ters basıncın oluşmasının önüne geçilerek, dumanın hızlı bir şekilde tavan yönünde atılması hedeflenir.

3.7.4.3.Çalışma prensibi

Çalışma prensiplerine gelindiğinde duman detektörlerinden veya sprinkler sistemlerinde gelen alarmlara bağlı olarak elektrikle veya pnömatik olarak açılırlar. Isıya duyarlı elemanların aktif hale gelmesiyle açılabilirdiği gibi manuel olarak da açılabilir şekilde dizayn edilebilirler.(Life safety code handbook 2009)Elektrik tesisatları mutlaka yangına dayanıklı şekilde yapılmalı ve tercihen galvanizli elektrik kablo tavaları içine yerleştirilmelidirler. NFPA 70 de güvenli bir tesisatın kurulumu için gereklilikler bildirilmiştir. Ayrıca yangın anında zeminde itibaren 2-3 m’de sonra duman tabakasının başlaması şartını sağlayacak şekilde sprinkler mevcut ise sprinkler patlama sıcaklığından 20 derece yukarıda yâda patlamadan 5 dk sonra şeklinde operasyonlarının başlaması planlanabilir. Duman detektörlerinden gelecek sinyallere bağlı olarak da yine aynı şartı sağlayacak şekilde otomasyonları yapılabilir. Sinyal alınabilecek bir algılama sisteminin olmadığı veya büyük enerji kesintilerine bağlı problemlerden dolayı devreye girmediği durumlarda Manuel olarak eğitimli kişiler yâda itfaiye tarafından açılabilir olmaları gerekir. Bu nedenle kontrol panellerinin mutlaka kapı girişlerine yakın, kolay ulaşılabilir şekilde konumlandırılmış olmalıdırlar.

3.7.5. Mekanik duman tahliye sistemleri

Mekanik duman tahliye sistemleri, genellikle dış sıcaklık ve üst katman duman sıcaklık farkının 110°C dereceden daha düşük olmasının beklendiği yerlerde kullanılır. Çünkü bir havalandırma boşluğunda geçen kütleli debi, havalandırma boşluğu, duman tabakası derinliği ve sıcaklığı tarafında belirlenir. Sıcaklık düşükçe dikey yönde harekete eden duman miktarı düşüceğinden dolayı doğal tahliye yetersiz kalmaktadır. Mekanik duman tahliyesinde dumanın hızlı bir şekilde tahliyesi sağlanır. Böylece dumanın ürün ve insan üzerine zararları en aza indirilmiş olur.

3.7.5.1.Tasarım

Bu tip sistemlerde aşağı seviyede konumlandırılacak hava giriş aıklıklarınsa yeterli oranda temiz hava alınması gerekir. Bunun sağlanması içinde taze hava beslemeleri kurulur. Eğer bina da ki havalandırma sistemini kapasitesi, hızı, menfezlerinin yeri uygun ise taze hava beslemesi için kullanılabilirler. Böylece NFPA 92 de belirtilen tasarım yaklaşımlardan insanların kaçışı için duman ykseklіđi uygun bir seviyede muhafaza edilmesi de sağlanmış olur. Tasarımda duman derinliği binanın taban –tavan arası mesafenin %20 si şeklinde ele limit altına alınabilir.

Mekanik duman tahliyelerinde dikkat edilmesi gereken önemli bir husus duman perdesi ile bölümlenmiş kısımlarda dışarı atılacak duman miktarı kütlesel duman debisi değerinden yüksek olmalıdır. Duman perdesi kullanılmamış ise kural tüm kapalı hacim için geçerlidir.

3.7.5.2.Çalışma prensibi

İnsan bulunan atölye ve benzeri yerlerde mekanik duman tahliye sistemler çalışırken, üfleme fanları insanlara kaçış için gerekli görüş mesafesini ve oksijeni oluşturmak için açık dururken, insan bulunmayan kısımlar için taze hava girişlerinin kapatılması yangının oksijen ile beslenmesini engelleyerek kısa sürede söndürülmesine olanak sağlayabilir. Yangının tamamen söndüğünde emin olunduktan sonra flemler tekrar çalıştırılarak ortamın zehirli gazlardan ve dumandan tamamen temizlenmesi sağlanır. Sistemin programlamasında detektörlerden veya yağmurlama sisteminden alınan kontak ile üfleme ve egzoz kısımlarının çalışmaları düzenlenir.

Mekanik duman tahliyesi sistemleri de binaya ait veriler ve tasarım ihtiyaçları doğrultusunda, gerekli matematiksel işlemler yapılarak, akışkan ve yangın modellemeleri içeren bilgisayar programları kullanılarak uygulanabilir hale getirilir ve yerleştirilir.

3.8.Yangın

3.8.1.Yangının büyüklüğü (Yangın yükü)

Bina içerisinde oluşabilecek bir yangının büyüklüğü o binada yanma sonucu çıkabilecek ısı gücü değerine karşılık gelir. Yangın yükü olarak ta adlandırılır. Yangının çeşitli evrelerinde değişkenlik gösteren ısı miktarının en büyük değeri dikkate alınır. Yangın yükü, yangının büyümesini ve süresini etkiler. NFPA 92 'ye göre endüstriyel hacimler, otel odası ve ofisler için 200-300 kW/m² değerinde bir ısı akısı tasarım için kullanılabilir. Fakat genel olarak 500kW/m² olarak tutulması güvenli bir tasarım oluşturulmasına olanak sağlar.(Hansell ve Morgan 1994,Kılıç 2013)

Toplam yangın yükü,

$$Q=\sum m_i H u_i$$

m_i (kg):yanabilecek maddeni miktarı

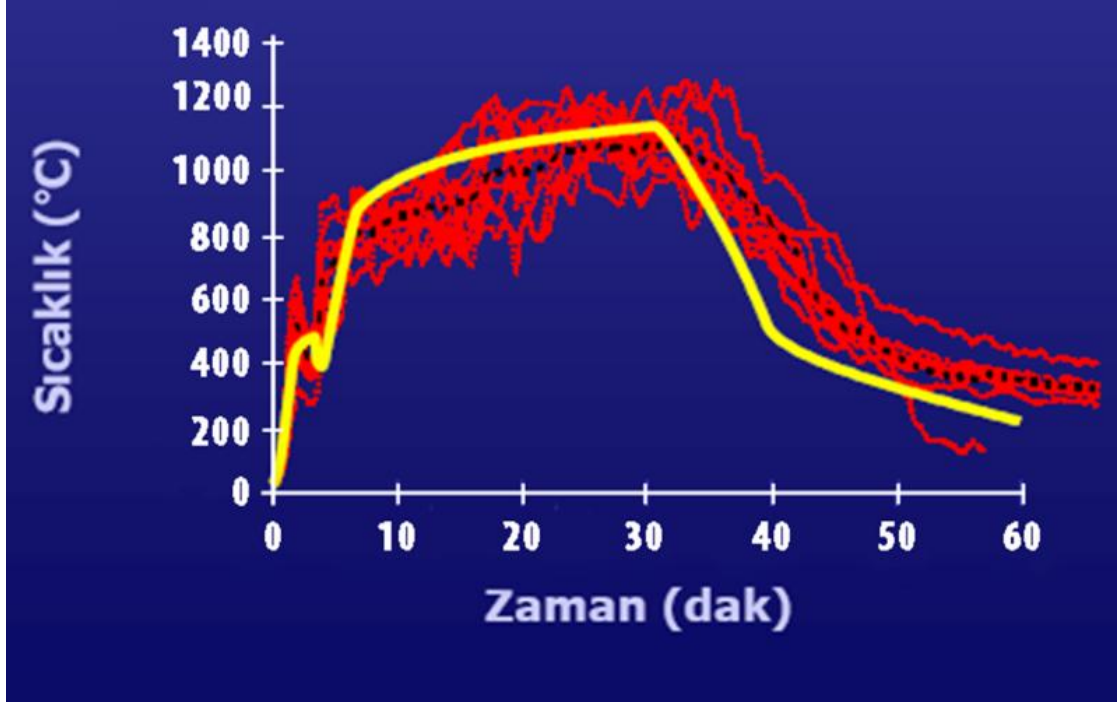
Hu_i (MJ/kg):maddenin alt ısı değeri

3.8.2.Yangının evreleri

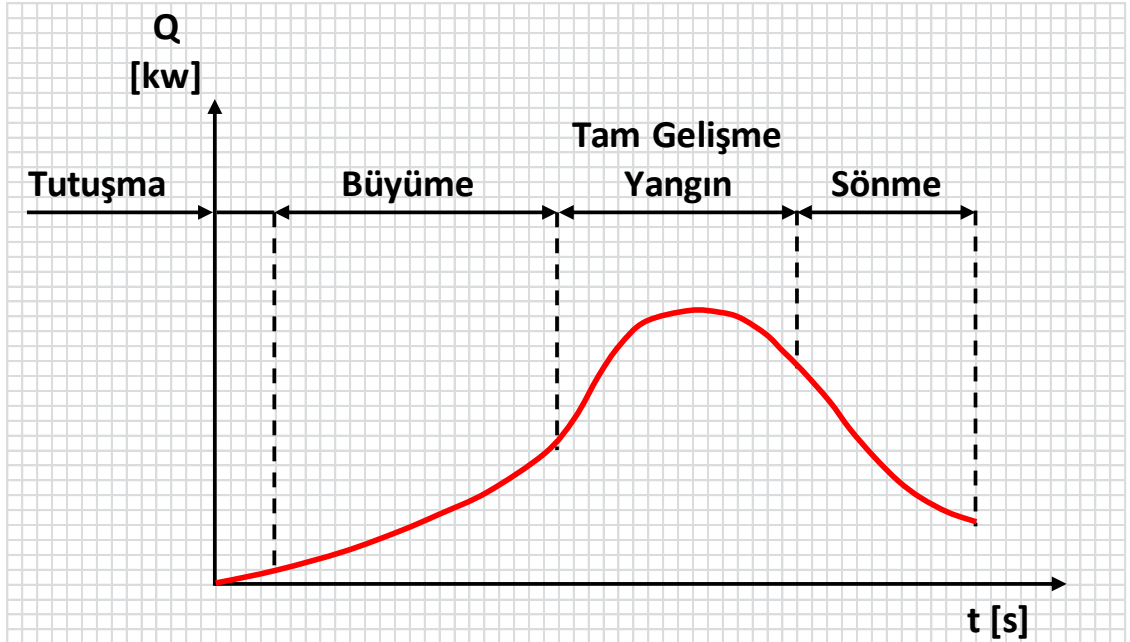
Yangın ilk tutuşmadan itibaren çeşitli evlerden geçer. Yanmanın sürekliliğine bağlı olarak yangın, tutuşma, büyüme, tam gelişme ve sönme evrelerinden oluşur. Bu evreler bir oda yangını örneğinde ele alınabilir. Tutuşma veresinde ortamda bol oksijen bulunur, yangını devamlılığı ve hızı tutuşan maddenin miktarına cinsine bağlıdır. Duman oluşum azdır. Sıcaklık düşüktür. Yanan cisimden çıkan sıcak gazlar tavana doğru yükselir ve kapalı bir mekânda tavanda yatay olarak ilerlemeye başlayacak çıktığı bölümümü havasını ısıtır. (<http://www.cfbt-us.com/pdfs/FBIandFireDevelopment.pdf>) Yeterli oksijen ve yanıcı bulunmasına ek olarak artan ortam sıcaklığı yangını bir sonraki evreye taşır. Büyüme evresinde sıcaklık artışı çok hızlıdır, alevler ortamdaki oksijenin varlığına bağlı büyür. Gaz tabakası iki kısımdan oluşur. Bunlar üstteki sıcak duman tabakası ile alttaki soğuk hava tabasıdır. Sıcak gaz tabasının aşağıya doğru inmesi ve alevlerden ışımaya yolu ile yayılan sıcaklık ortamda yanamayan cisimlerini de ısını

arttırır. Bu arada ısınan gaz tabası genişerek soğuk hava tabakasının ve kapalı ortamın sınırları üzerinde basınç oluşturur. Ortam sıcaklığı iletim ve kıvılcım ile diğer cisimlerin tutuşması ile iyice artar ve bunların oluşturduğu ışıma yangını bir sonraki safhaya taşır. Tavan sıcaklığı 500-600⁰C dereceye ulaştığında ortamdaki sıcaklık bir anda tüm cisimlerin tutuşmasını olanak sağlar ve 'Flash over' olarak adlandırılan tablo ortaya çıkar. Bu noktada yangın tam gelişmeye ulaşmıştır. Yangın büyüklüğü yâda yangın yükü diye adlandırdığımız ısıl değer kendini gösterir. Tam gelişme evresinde yangın dışarıdan camlar ve kapılar aracılığı ile rahatlıkla fark edilir. Sıcaklık 700-1200⁰C dereceye ulaşmıştır. Yangının bölmede oluşabilecek açıklıklardan yayılma riski büyüktür. Yayılma olmaması durumunda yanıcın tükenmesi, ortamdaki oksijenin yangının devamlılığı için yetersiz kalması yangını sönmeye doğru iter. Bu durum tehlikesiz gibi görünse de ortamdaki maddelerin kimyasal yapılarına bağlı olarak oluşan sıcak, genişmiş gazlar patlama riskini barındırmaktadır. Bu gazların bol O₂ ile ani teması hızlı ve ani bir patlamayı doğurabilir. Ortamdaki duman yoğunluğu hat safhadır. Bu dumanın kontrollü bir biçimde tahliyesi gerekir.

Duman tahliye sistemleri yangınlara bağlı oluşan gazların tahliyesini yangının ilk algılandığı itibaren sağladığı için gaz sıkışması ve yoğunluğuna bağlı patlamalarında önüne geçilmiş olur.



Grafik 3.1. Zamana(dk) bağı sıcaklık değişimi ($^{\circ}\text{C}$)



Grafik 3.2. Zamana bağı yangının evreleri

4.MATERYAL VE YÖNTEM

4.1.Kontrol Hacmi ve tasarım amaçları

Endüstriyel binalarda ambarlar hem üretim açısından hem de maliyet açısından önemli bir yer kaplar. Bu açıdan örnek olarak otomobil fabrikasına ait bir araçta bulunabilecek tüm montaj parçalarının stoklandığı bir lojistik alanını ele alıyoruz. Araç parçaları; ses yalıtımı için köpük; çamurluklar, torpido iç giydirmeler için plastik; tavan ve yer döşemeleri için keçe; koltuklar için sünger ve sentetik kumaş; kasa için çelik; tekerlek için lastik, kablolar için plastik olmaktadır. Bütün bunları dikkate alırsak elimizde plastik, sünger, köpük, kumaş gibi yanıcılık özelliği olan maddeler kendilerini belli etmektedirler Bu maddeler doğrudan binanın yangın yükünü belirlemektedir. Aynı zamanda yangının süresini, duman miktarını, yoğunluğunu da etkilemektedir.

Kontrol hacmimiz stok amaçlı bir bölge olması ve içinde üretim postası bulunmaması nedeniyle sadece ihtiyaç duyulduğu zamanlarda çalışanları tarafından forkliftler ile girilen bölgedir. Dolayısı ile sürekli çalışan bir insan bölgede bulunmamaktadır. Aynı anda taşınması gereken parçalar göz önüne alındığında alanda en fazla 4-5 kişi bulunabilmektedir. Buna bağlı olarak öncelikli kriter olarak insanların tahliyesin göz önünde bulundurulmaz. İkisi zıt yönlü olan dört adet dışa açılır acil çıkış kapısının bulunması, kaçış yollarının açık, engelsiz olması tahliye konusunda büyük bir problem yaşanmayacağı yönünde destek sağlar.

Endüstriyel açıdan bakıldığında bir ambarda önemli olan stoklanan malzemenin ekonomik boyutudur. Bölgede insanların tahliyesi sağlandıktan sonra ilk dikkate alınacak konu malzemenin minimum hasarla kurtarılmasıdır. Malzemeler sadece yanma sonucu kimyasal değişiklik ile zarar görmemekte ortamdaki ısı artışı ile deformasyona uğradıkları gibi duman ve is nedeniyle kalite problemlerine sebep olacak yüzeylere sahip olabilirler.

Duman tahliyesi, İtfaiyenin hızlı müdahalesi, montaj parçalarının en az hasarla kurtarılması açısından oldukça önemlidir. Bunu sağlarken işletmeye en az maliyetli

ideal çözüm önerisinde bulunmakta diğerk bir kriteri oluşturur. Hem mevcut stokun korunmasında hem de duman tahliye sisteminin kurulmasında ekonomik olarak maddi tutarlar yönetim açısından en önemli konulardır. Ayrıca parçaları kurtulması tüm fabrikanın işleyişi yani aracın üretiminin tamamlanması açısından elzemdir. Bölgede çıkan bir yangın kendi ile sınırlı kalmamakta üretimde kayıplara sebep olarak şirket açısından hem ekonomik hem de imaj açısından büyük kayıplara sebep olabilmektedir.

4.2.Kontrol hacmi ve fiziksel özellikleri

Kontrol hacmi olarak ele alınan lojistik binası yani ambar 130 m boyunda ve 36 metre enindedir. Tavan yüksekliği 7,95 m dir. Dikdörtgen şeklidir. Taban alanı 4680m² ,hacmi ise 37206m³'tür.

Duvarları saç arasına 10 cm kalınlığında taş yünü dolgulu sandviç panel şeklindedir.2 saat yangına dayanıklılık özelliği gösterir. Çatı kaplaması tek kat saçtır. Kuzey tarafında 2 adet 3,5 m eninde 4 m boyunda giyotin kapı, güney yönünde binanın ortasına yakın yine 3,5m ye 4 m bir giyotin kapı, son olarak ta kuzey duvarın doğu köşesinde bir adet 3,5 m.ye 4 m giyotin kapı bulunmaktadır. Toplam 4 adet 14m² alan kaplayan giyotin kapılar malzeme tedariki için açık tutulmaktadır.4 adet giriş-çıkış ve acil çıkış amaçlı kapı bulunmaktadır.90cm eninde ve 220 cm boyundaki operatör giriş kapılarının ikisi kuzeydoğu ve güneybatı köşelerinde zıt yönlü olarak bulunurken, diğerk iki tanesi kuzey yönünde ki duvar üzerinde 30 m aralıkla yer almaktadır. Kapılar bariyerli olup dışa açılırlar ve kullanım haricinde kapalı bulunurlar.

4.2.1.Kontrol hacmi ve tasarım için sağladığı doğal hava kaynaklar

Temiz hava girişi için 3 cephede bulunan 15m² toplam 60m² doğal havalandırma alanı sağlayan açıklıklar yani giyotin kapılar kullanılmaktadır. Sınır şartlar bu kapılardan içeri temiz hava girişi şeklinde tutulmuştur. Yangın esnasında giyotin kapılardan çıkan duman minimum değerlerden olduğu var sayılarak hesaplarda dikkate alınmamaktadır.

4.3.Kontrol hacmi ve yangın yükü

Tamamen araba parçalarının stoklandığı bir alan olması ve stoklanan araç parçalarının BS Standartlarında öngörülen otopark alanında buluna araçların bütünüün parça yapısına paralellik göstermesi sebebi ile verilen sprinklersiz otopark yangın yükü olan 8MW alınmıştır. Yangın oluşma alanı ise yine aynı standartta belirtilen ve kontrol hacminin yerleşim planına uyum sağlayan 5×5m2 olarak değerlendirilmiştir.

Sprinkler yangın yükünü önemli ölçüde etkileyen faktördür. Sprinklerli durumda kontrol hacminde ki yangın yükü 4MW'a düşmektedir.(BS,British Standard Component for smoke and heat control systems,2006)

4.4.Yöntem

4.4.1.Verilerin elde edilmesi

CFD bazlı PHONEİCS programı uygun duman tahliye sistemi için gerekli testlerin yapıp değerlendirilmesine yönelik simülasyonları gerçekleştirmek için kullanılmaktadır. Program da duman hareketi, sıcaklığı, görüş mesafesi üç boyutlu görüntü üstünden zaman ve konum olarak takip edilmektedir. Simülasyonlar CFD (Computational Fluid Dynamics) veya Türkçe de ki tanımı ile HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) akışkanların hareketini inceleyen bir programlamadır. (http://www.desica.com.tr/cfd_nedir.html) Klasik akışkanlar dinamiği ile basit düz levhalar çözümleri rahatlıkla yapılabilirken çok zor olan karmaşık geometriler, değişken viskoziteler için CFD analizleri kullanılarak aranılan çözüme hızlı bir şekilde ulaşılır. CFD birçok farklı parametrelerin incelenmesine olanak verir ve bunu yaparken akış özelliklerinin bozulmasına neden olmaz. Kontrol hacmi incelemeleri yapılırken birçok küçük hacimlere ayrılır ve her bir hacim tüm gerekli parametrelere göre incelenir.(Patankar 1980)

Program da bire bir ölçüleri ile tasarlanan ambarın yani kontrol hacminin yangının çıktığını varsaydığımız bölgeye yerleştirilen algılayıcı eleman (propre) sayesinde farklı

anlardaki ve farklı yüksekliklerde ihtiyaç duyduğumuz verilere kolaylıkla ulaşabildiğimiz gibi 'propre 'un yeri kaydırılarak yangının kaynağının çevresindeki tüm alanı özelliklerini de değerlendirebiliriz.

4.4.2. Veri seçimi

Ambarlarda yangına müdahale için en önemli hususlar sıcaklık ve görüş alanıdır. Çalışanların sürekli olarak bulunmaları gerektiği bir ortam olmaması ve hacmin büyük olması sebebi ile zehirli gazların yoğunluğu düşük olacaktır. İtfaiyenin rahat müdahalesi ve varsa çalışanların hızlı tahliyesi için en önemli kıstasları sıcaklık ve görüş alanının incelenmesi gerekir. Güvenlik amaçlı 2m yükseklikte farklı sıcaklıkları da ki PPM değerleri de kontrol edilmiştir.

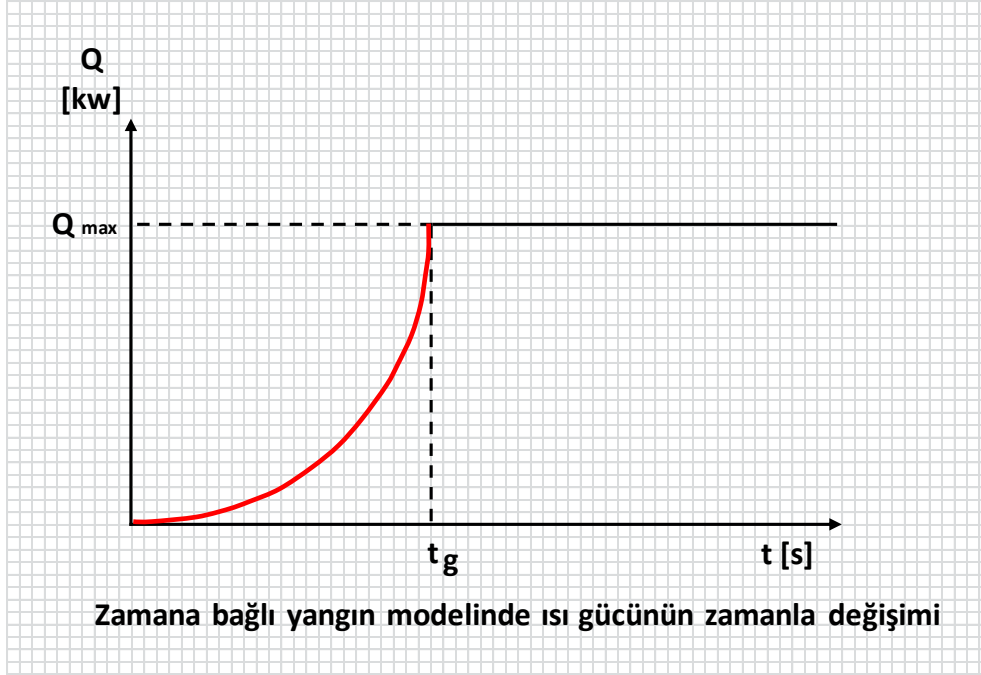
4.4.3. Yangın Modelleme seçimi

Modelleme de yangın modelleri içinde en çok kullanılan NFPA 92'de yer alan t^2 yangın modelidir. Tablo 6.1. de grafiği gösterilen bu modellemede yangın büyüme süresinin karesi ile ısı güç doğru orantılı olarak artmaktadır. Sabit ısı güce eriştiği yer yangının en büyük noktasıdır. Isıl yükünün bu noktadan sonra artmadığı sabit olarak devam ettiği şeklinde değerlendirilir. Senaryonun değerlendirmelerinde yangının en yüksek ısı gücüne ulaştığı süre yangın süresi olarak ele alınır ve bu noktada oluşan dumanın tahliyesi için duman kontrol sistemi modellemesi üzerine çalışılır. Aynı noktada dumanın en yoğun seviyesine ulaştığı ve yangın büyümediği gibi dumanında artmayacağı varsayılır.

Yanıcların cinsine göre maksimum ısı güce ulaşma süreleri t^2 fonksiyonun değişmektedir. Tablo 6.1. de yanıcıların yanma sürelerine göre yanma hızı sınıflandırması verilmiştir. En yüksek ısı gücüne 75 saniyede ulaşan kolay tutuşabilen malzemelerin yangını hızlı yangın iken, yavaş yanan ve maksimum ısı gücüne 600 saniyede ulaşan yangınlara ise yavaş yangınlar denir.

Tablo 4.1. Yanıcıların cinsine göre yangının gelişme süresi değerleri

Yanıcının cinsine göre yanma hızı	Yangının gelişme süresi (s)
Yavaş	600
Orta	300
Hızlı	150
Çok hızlı	75



Grafik 4.2. t^2 yangın modeline bağlı zaman ve yangın yükü değişimi

4.5.Senaryo

Atölyede bilinmeyen sebepten çıkan bir yangının 600 sn süresi içerisinde maksimum ısıl yüküne ulaştığı ve bu süreden sonra sabit ısı akısı ve sabit duman yoğunluğu oluşturduğu var sayılmaktadır.

Dumanı hızlı tahliyesini gerçekleştirmek için mekanik duman tahliye sistemi öngörülmektedir. Eşit aralıklarla toplam 10 hacim /saat lik hava değişimi sağlayacak 6 adet mekanik fan zeminden 6m yüksekliğe yerleştirilmiştir ve yangın başlangıcı ile beraber otomatik olarak devreye girmektedirler.

5.DEĞERLENDİRME 1

600 sn bölgedeki insanların tahliyesi ve itfaiyenin yangına müdahalesi için olay merkezine ulaşması için yeterli bir zamandır.600 saniye boyunca ortamdaki dumanın hareketi ve sıcaklığın dağılımı değerlendirilerek duman tahliye sisteminin yeterliliği anlaşılabilir. Amaç duman yoğunluğunun 2 m nin üzerinde tutma olduğu için bu yönden tüm 600 sn.ye sonunda ki durum büyük önem taşımaktadır. İstenilen 600 sn boyunca dumanın yer hizasında yukarılara ilerlemesi ve yangın maksimum ısı yüküne ulaştığında 2 m kotunda en az 12 m lik görüş alanının bulunmasıdır. Dumanın tamamen 2 m nin üzerinde tutulması ise en ideal çözümü sunar.

5.1.Veri tanımları

SLEN: PHONIX programında görüş mesafesini m cinsinde veren tanımdır.

TEMP: İngilizce sıcaklık anlamına gelen ‘temperature’ kelimesini kısaltılmasıdır. Santigrat derece cinsinden incelenen alanın sıcaklık değişimini gösterir.

PPM: ‘mg çözünen / kg veya litre çözelti’ oranıdır. Değerlendirmede CO miktarını ppm cinsinde değeri değerlendirilir. Elde edilen ppm değerleri dumanın bileşenlerinden insan sağlığı açısından zehirleyici özelliği bulunan karbon monoksit (CO) aittir. Birçok uluslararası sağlık örgütlerine göre 8 saatlik çalışma süresinde maruz kalınabilecek limit CO değerleri 35-55 ppm değerleri arasındadır (<http://www.cdc.gov/niosh/idlh/630080.html>). Genel olarak 150-200 ppm üzeri karbon monoksit maruz kalınması yön bulamamaktan bilinç kaybına hatta ölüme kadar varan etkilere sebep olabilir. (<http://www.cpsc.gov/en/safety-education/safety-education-centers/carbon-monoxide-information-center/carbon-monoxide-questions-and-answers-/>)

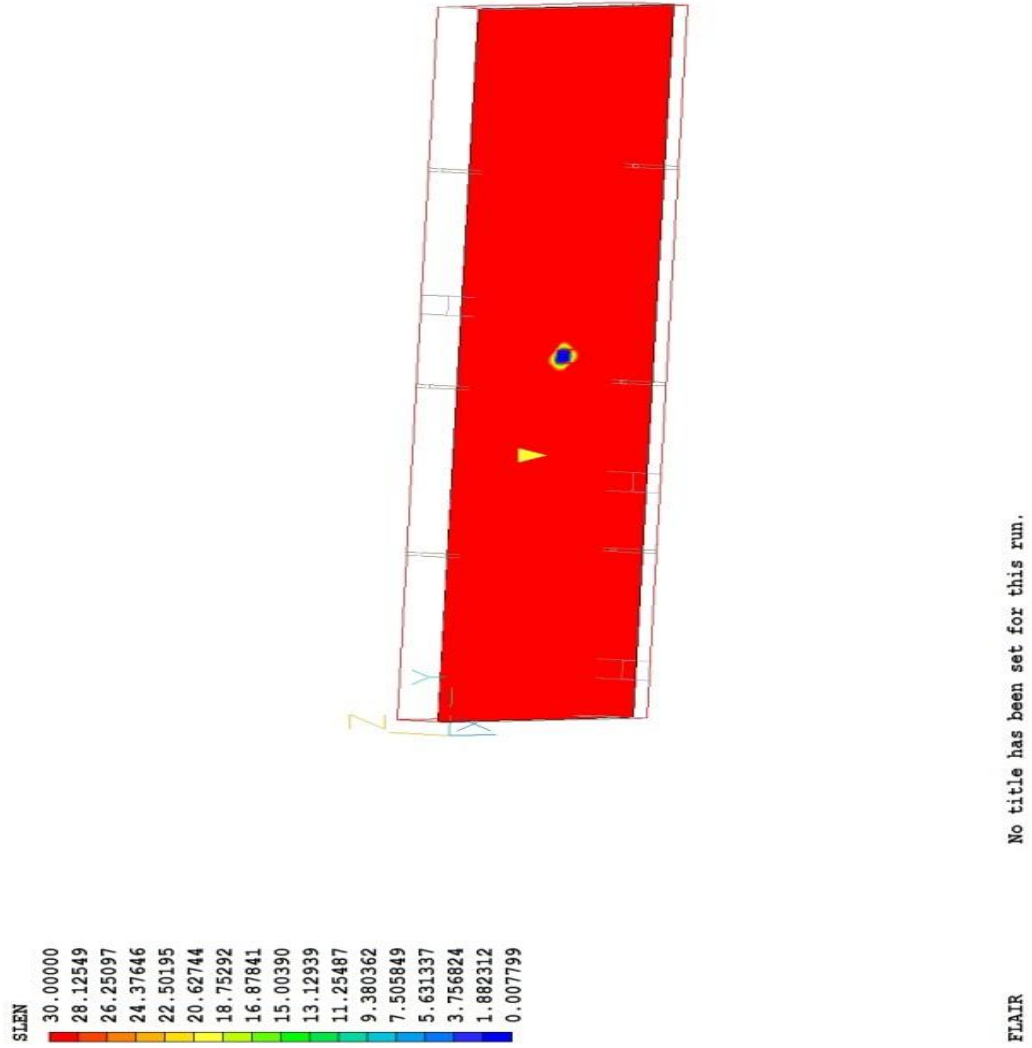
5.2.Tasarım senaryosu verilerinin tespit edilmesi

Tasarımda 6 adet mekanik havalandırma tasarlanmıştır. Bu havalandırmaların yangının başlama anından itibaren çalıştığı varsayılmaktadır.10 hacim saat hava değişiminin

sağlanması için her bir fan kapasitesi $17,226 \text{ m}^3/\text{saniye}$ olarak seçilmiştir. Fanların emiş kanalları en ve boy ölçüleri birbirine eşit olup $0,6$ metredir.

Yangının başladığı andan itibaren $10.$ sn 2m yüksekliğinde görüş tamamen açıktır. Duman sadece yangının merkezinde yoğunlaşmıştır.

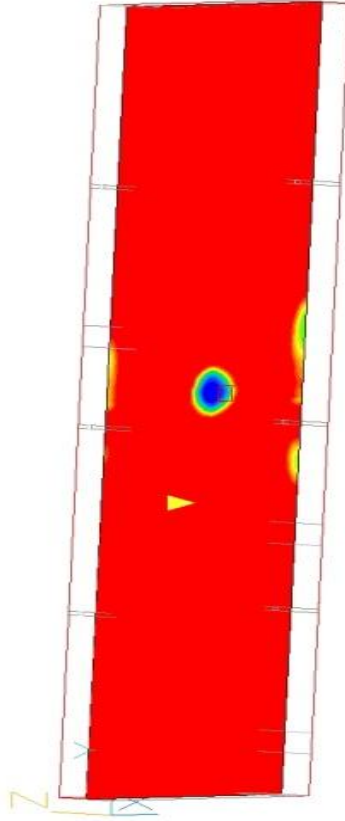
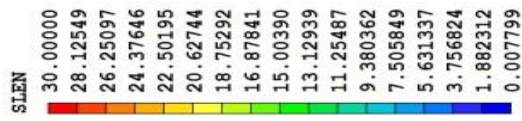
Time 10.00000 s
Probe value
30.00000
Average value
29.93522



Şekil 5.1. 10 saniyede 2m yüksekliğinde görüş mesafesi

4m de yine aynı berraklık sürmektedir.

Time 10.00000 s
Probe value
30.00000
Average value
29.69139



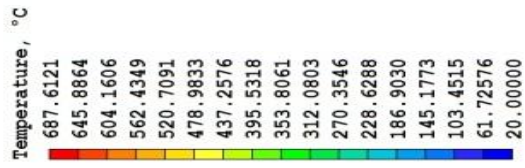
No title has been set for this run.

FLAIR

Şekil 5.2. 10 saniyede 4m yüksekliğinde görüş mesafesi

Sıcaklığa bakıldığında 10.saniyede 2m de yavaş yanan yangın olduğu için henüz bir artış görünmemektedir.20 derece civarında ortam sıcaklığı sürmektedir.

Time 10.00000 s
Probe value
20.00000
Average value
20.47507



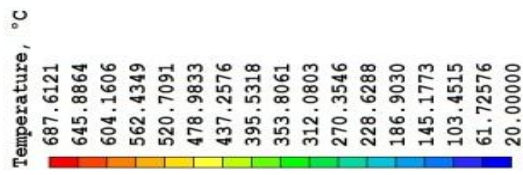
No title has been set for this run.

FLAIR

Şekil 5.3. 10 saniyede 2m yüksekliğinde sıcaklık (°C)

4m dede sıcaklı aynı rejimde bulunmaktadır.

Time 10.00000 s
Probe value
20.00006
Average value
20.28929



No title has been set for this run.

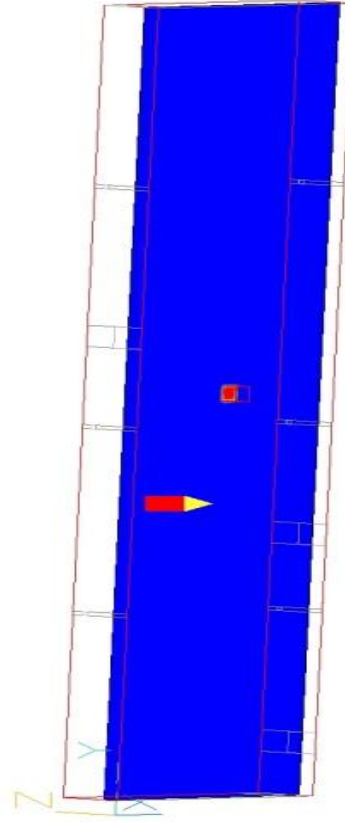
FLAIR

Şekil 5.4. 10 saniyede 4m yüksekliğinde sıcaklık (°C)

PPM yönü ile baktığımızda değerler en alt seviyelerdedir.

Time 10.00000 s
Probe value
25.59170
Average value
1321.175

PPM
1000000.
937499.9
874999.9
812499.9
749999.9
687499.9
624999.9
562499.9
499999.9
437499.9
374999.9
312500.0
250000.0
187500.0
125000.0
62499.99
7.78E-16



No title has been set for this run.

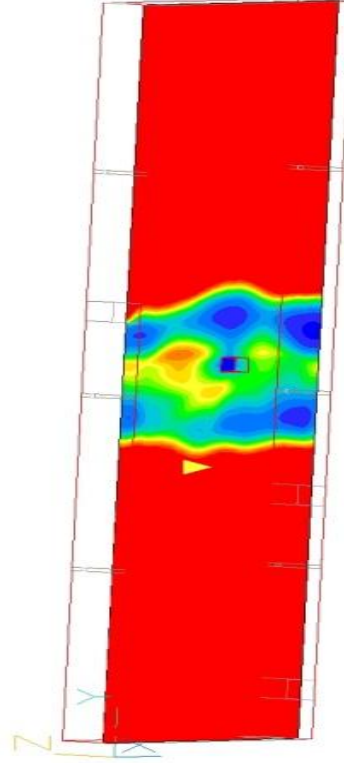
FLAIR

Şekil 5.5. 10 saniyede 4m yüksekliğinde PPM

150 saniyede yangın merkezinin çevresinde görüşün 2 m yüksekliğinde yer yer 5 metre ye kadar indiği fakat bu durumun 20 m çapında bir bölgede meydana geldiği anlaşılmaktadır.

Time 150.0000 s
Probe value
30.00000
Average value
26.11902

SLEN
30.00000
28.12549
26.25097
24.37646
22.50195
20.62743
18.75292
16.87841
15.00389
13.12938
11.25487
9.380355
7.505841
5.631328
3.756815
1.882302
0.007788



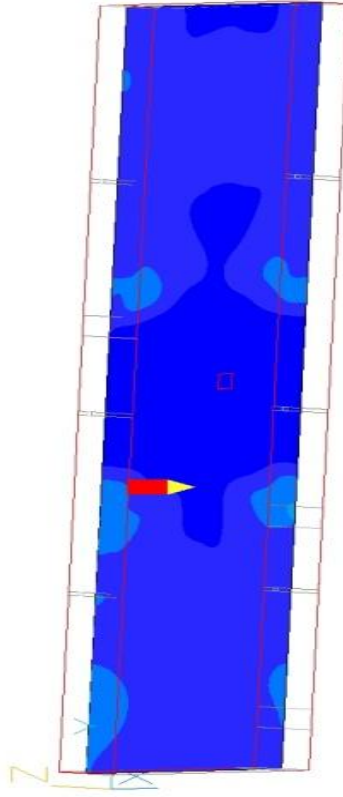
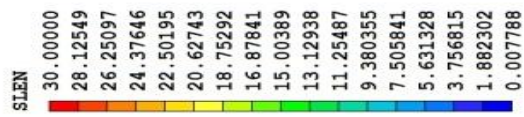
No title has been set for this run.

FLAIR

Şekil 5.6. 150.saniyede 2m yüksekliğinde görüş mesafesi (m)

150.saniye 4 m de duman yoğunluğu daha belirgin bir şekilde görülmektedir. örüş 2 metreye kadar düşmektedir.

Time 150.0000 s
Probe value
1.395018
Average value
2.268921



No title has been set for this run.

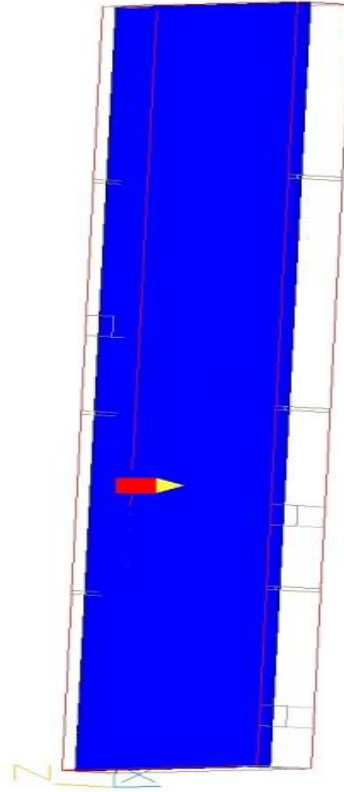
FLAIR

Şekil 5.7. 150.saniyede 4m yüksekliğinde görüş mesafesi (m)

150.saniyede tavana yakın bir yükseklik olan ve mekanik duman tahliye fanlarının hızası sayılabilecek 6m de duman tüm tavan kaplamış ve görüş minimum seviyededir.

Time 150.0000 s
Probe value
0.140851
Average value
0.109148

SLEN
30.00000
28.12549
26.25097
24.37646
22.50195
20.62743
18.75292
16.87841
15.00389
13.12938
11.25487
9.380355
7.505841
5.631328
3.756815
1.882302
0.007788



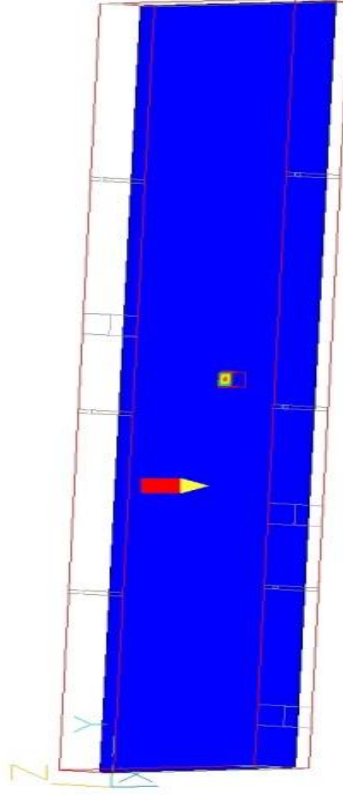
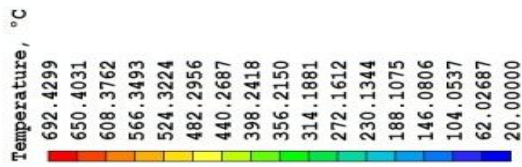
No title has been set for this run.

FLAIR

Şekil 5.8. 150.saniyede 6m yüksekliğinde görüş mesafesi (m)

Sıcaklık ise 150. saniye 2 m de 20 derece civarında bulunmaktadır. Herhangi bir tehlike arz etmemektedir. Aynı tablo 4 ve 6 m yükseklikleri içinde geçerlidir.

Time 150.0000 s
Probe value
20.01311
Average value
20.56133

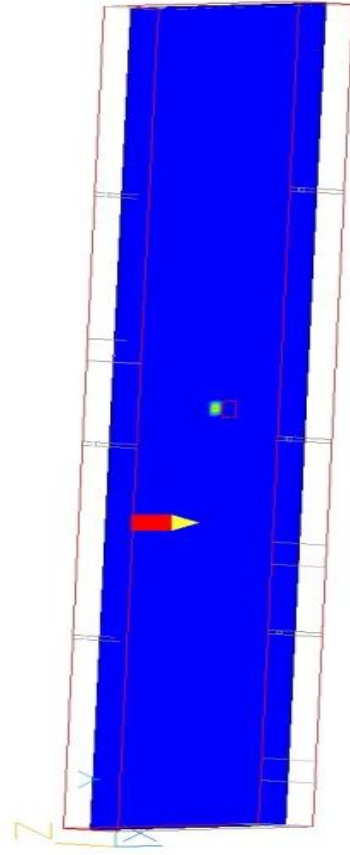
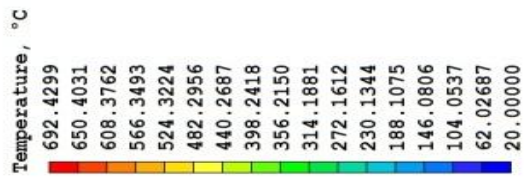


No title has been set for this run.

FLAIR

Şekil 5.9. 150. saniyede 2m yüksekliğinde sıcaklık (°C)

Time 150.0000 s
Probe value
21.80918
Average value
22.07176



FLAIR

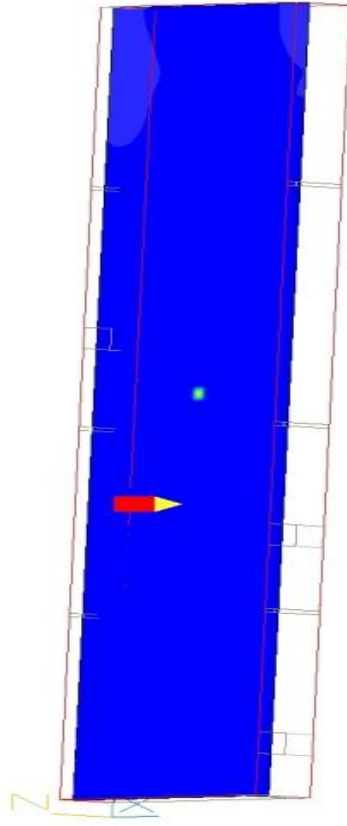
No title has been set for this run.

Şekil 5.10. 150. saniyede 4m yüksekliğinde sıcaklık (°C)

Temperature, °C

692.4299
650.4031
608.3762
566.3493
524.3224
482.2956
440.2687
398.2418
356.2150
314.1881
272.1612
230.1344
188.1075
146.0806
104.0537
62.02687
20.00000

Time 150.0000 s
 Probe value
 40.37674
 Average value
 49.00922



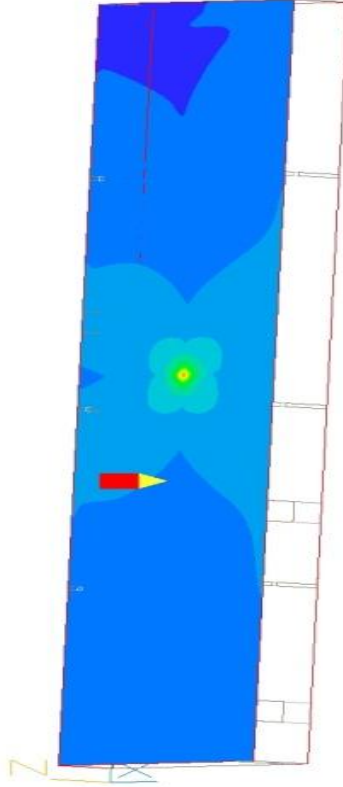
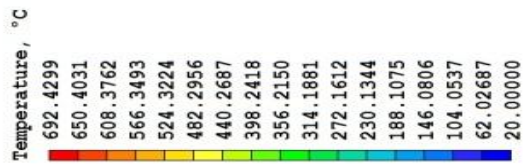
FLAIR

No title has been set for this run.

Şekil 5.11.150.saniye 6m yüksekliğinde sıcaklık(°C)

Sıcaklıkta en belirgin farklılık tavanda dikkat çekmektedir. Sıcaklı tavanın tepe noktasında artmıştır.200⁰C derece ortalamada seyretmektedir.

Time 150.0000 s
Probe value
141.4769
Average value
138.5896



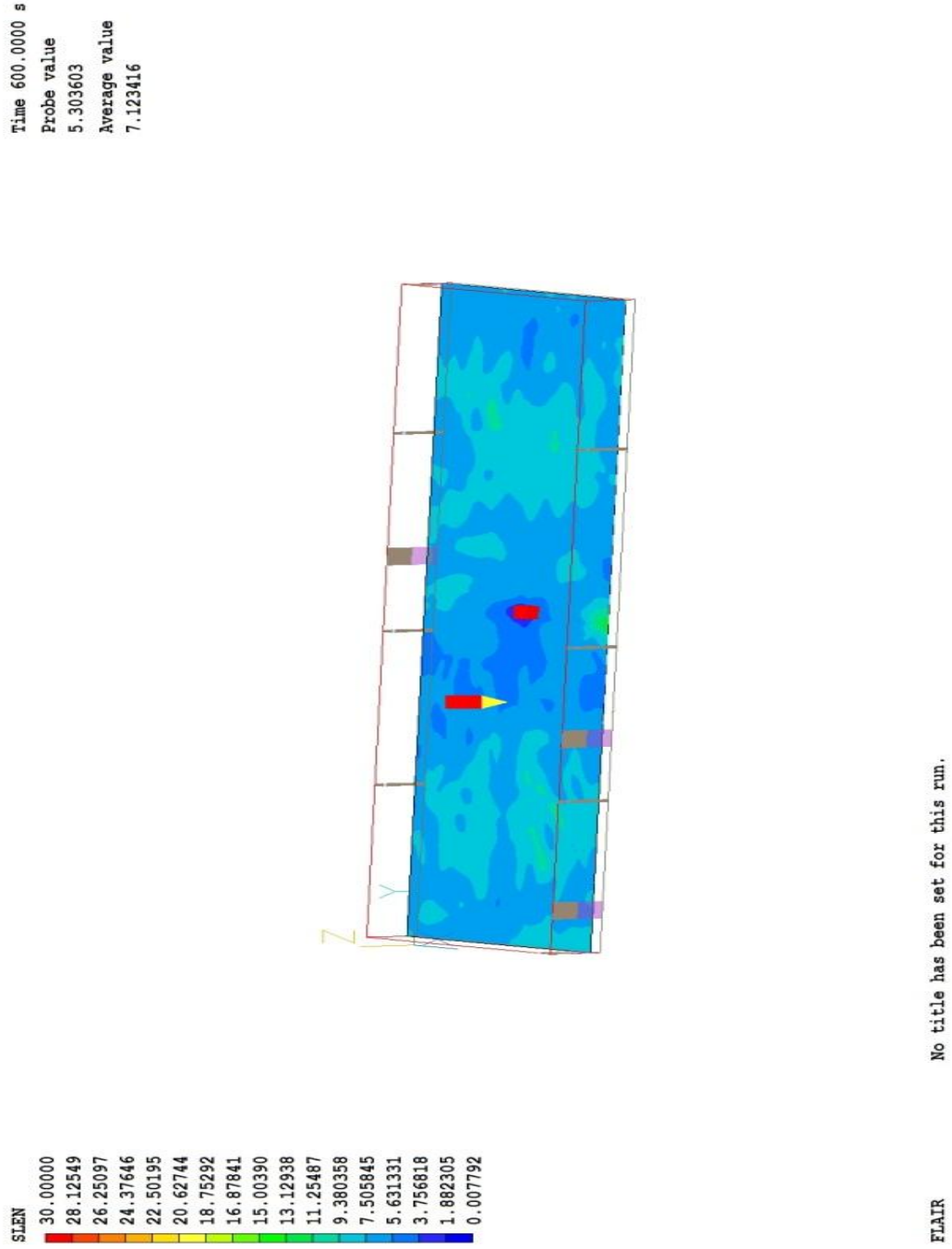
No title has been set for this run.

FLAIR

Şekil 5.12.150.saniye 7,95m yüksekliğinde sıcaklık(⁰C)

Yanma 600 saniye sonunda en yüksek ısı değerine ulaşmış ve sabit rejimde devam etmeye başladığından duman kontrolünün yeterliliğinin değerlendirilmesine yönelik veriler elde edilir.

600.saniyede 1,5 m'de görüş 7-8 metre civarındadır.

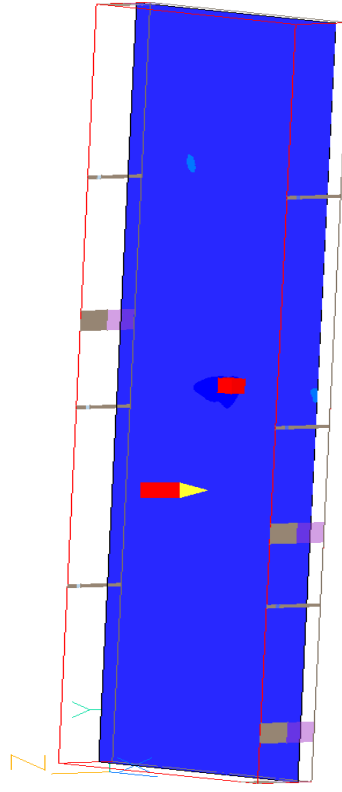


Şekil 5.13. 600 saniyede 1,5m yüksekliğinde görüş mesafesi

İdeal görüş yüksekliği için kontrol edilmesi gereken 2 m yüksekliğinde ise görüş 2 metrelere düşmektedir.

Time 600.0000 s
Probe value
2.217845
Average value
2.776016

SLEN
30.00000
28.12549
26.25097
24.37646
22.50195
20.62744
18.75292
16.87841
15.00390
13.12938
11.25487
9.380358
7.505845
5.631331
3.756618
1.882305
0.007792



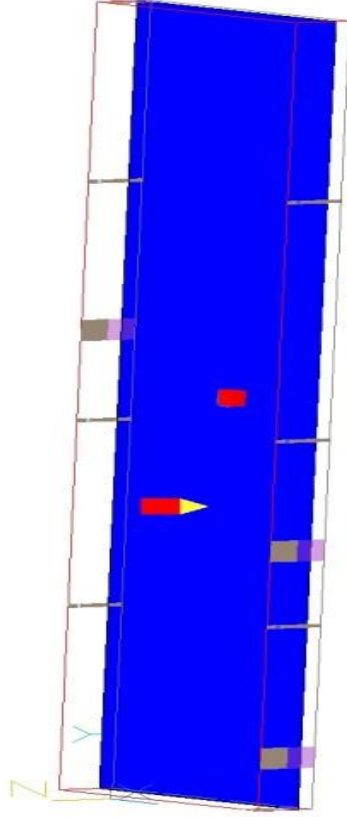
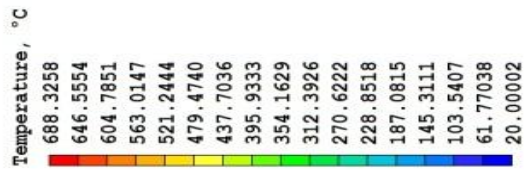
No title has been set for this run.

FLAIR

Şekil 5.14. 600 saniyede 2m yüksekliğinde görüş mesafesi

Sıcaklığa baktığımız da 2 metre ortam sıcaklığı 20 derece civarındadır.

Time 600.0000 s
Probe value
21.12481
Average value
21.38384



No title has been set for this run.

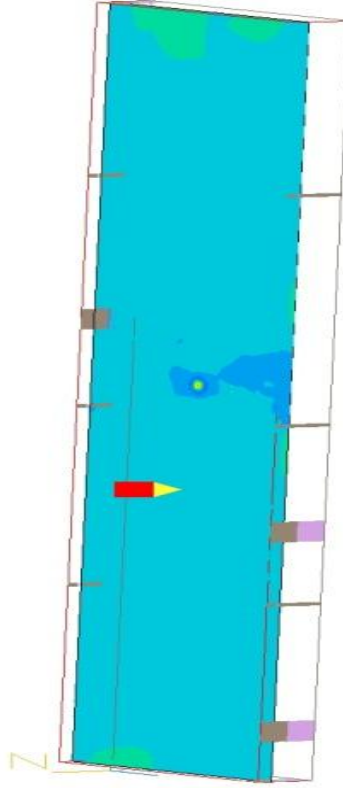
FLAIR

Şekil 5.15. 600.saniye 2m yüksekliğinde sıcaklık($^{\circ}$ C)

Fakat yükseklik olarak 6 civarına baktığımızda sıcaklığın ortalama 214⁰C dereceye çıktığını yani ısınan havanın 600 saniye içerisinde tavana doğru yükseldiğini görebiliriz.

Time 600.0000 s
Probe value
207.2260
Average value
214.2143

Temperature, °C
688.3258
646.5554
604.7851
563.0147
521.2444
479.4740
437.7036
395.9333
354.1629
312.3926
270.6222
228.8518
187.0815
145.3111
103.5407
61.77038
20.00002



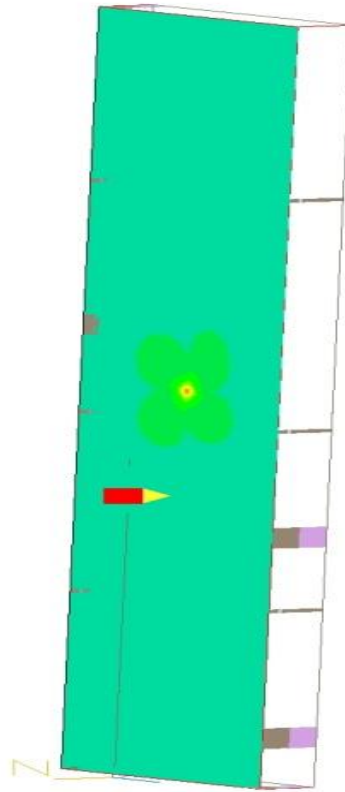
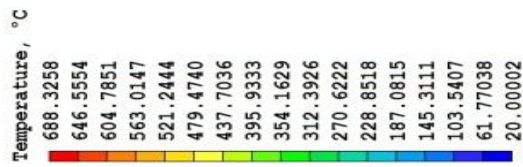
No title has been set for this run.

FLAIR

Şekil 5.16. 600.saniye 6m yüksekliğinde sıcaklık(°C)

Tam tepe noktasında ise, yangın merkezinde 350 derece ve çevresinde 270 derece civarındaki yüksek sıcaklık dikkat çekmektedir.

Time 600.0000 s
Probe value
254.9215
Average value
251.8152



No title has been set for this run.

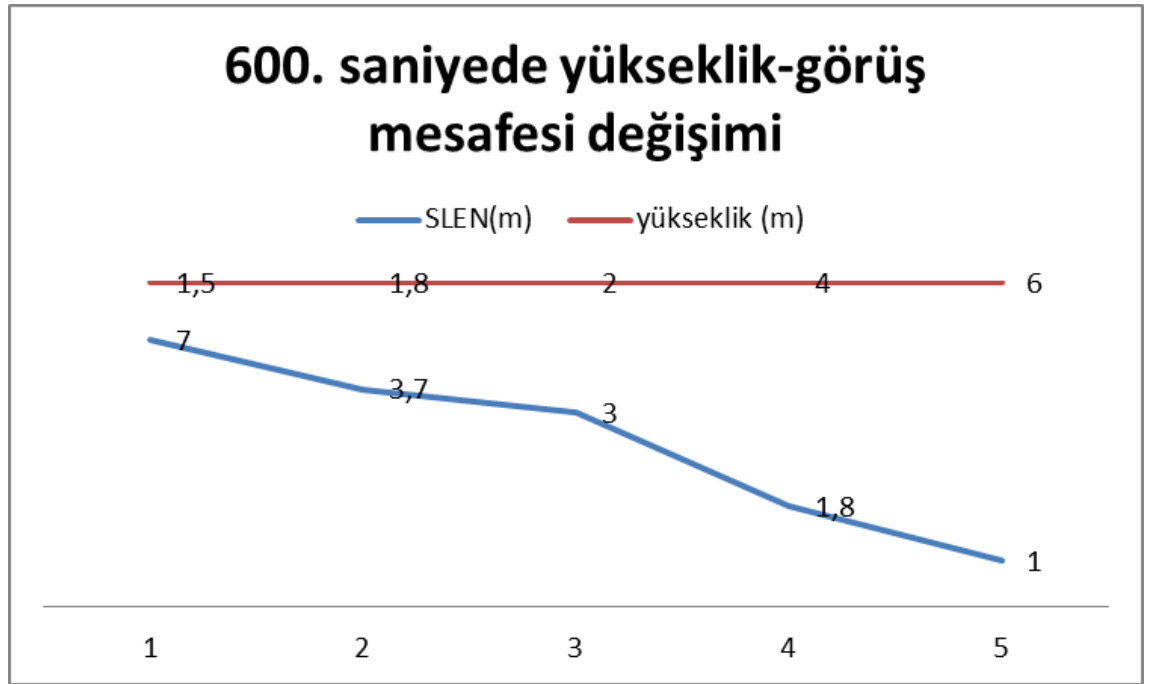
FLAIR

Şekil 5.17. 600.saniye 7,95m yüksekliğinde sıcaklık(°C)

5.3.Verilerin değerlendirilmesi

Ambar binasında sıcaklık, görüş mesafesi ve PPM değerlerine bakıldığında sıcaklık zaman ve yükseklik dağılımı, PPM oranları normal iken duman kontrol sisteminin esas amacını oluşturan görüş mesafesi yetersiz kalmıştır. Yangının en yüksek ısıl gücüne ulaştığı 600.saniyede 5 yüksekliğe bağlı 5 farklı durumun incelendiği Grafik 7.1 de görüldüğü gibi yerden 1,5m yükseklikte görüş 7 m civarında iken yükseklik arttıkça artan duman yoğunluğuna bağlı görüş mesafesi düşmektedir. İnsanların görüş mesafesi olarak değerlendirilen 2m yüksekliğinde ise görüş 3m ye kadar inmekte buda olası bir tahliye ve müdahaleye olanak vermemektedir ve risk oluşturmaktadır.

2m kotundaki görüş mesafesini artırılması için yeni bir çözüm şart olmuştur.



Şekil 5.18.Yüksekliğe bağlı görüş mesafesi değişimi

5.4.Yeni senaryo uygulaması

5.4.1.Seneryonun özellikleri

10 hacim /saat lik hava değişiminin yetersiz olması, buna bağlı yerden 2m yükseklikte görüş açıklığının 3m.civarında bulunması duman tahliye kapasitesinin yetersiz olduğuna işaret etmektedir. Bu nedenle %50 lik bir artış öngörülmüş ve deneyin tekrarı gerçekleştirilmiştir. 15 hacim /saatlik değişim hızı her bir fan eşit oranlarda güçlendirilerek sağlanmış ve sonuçlar tekrar değerlendirilmiştir.

5.4.2.Fan kapasiteleri

37 206 m³ lük kontrol hacminde 15 hacim /saat lik hava değişimi uygulandığında her bir fan kapasitesi 28,84 m³/saniye olarak belirlenmiştir.

5.4.3. Yangının özellikler

Nedeni belli olmayan bir sebepten başlayan yangın ilk deneyde olduğu gibi 600sn sürmekte ve en yüksek 8MW yangın yüküne ulaşmaktadır.

5.4.4 Veri seçimi

Veri seçimi 6.1.1.bölümünde ki ile aynı olup istenilen sonucu bize tanımlayacak olan görüş mesafesidir. PPM değeri ilk deneyde çok düşük düzeyde olması sebebi ile duman tahliyesini arttırıldığı bir durumda daha da düşeceği için son durum için değerlendirilecektir. Sıcaklık değişimi tahliye ve müdahale için önemli olmasında dolayı ilk veri değerlendirmesine paralel olarak dikkate alınacaktır.

6.DEĞERLENDİRME 2

6.1.Veri tanımları

5.1.de belirtilenlerle aynıdır.

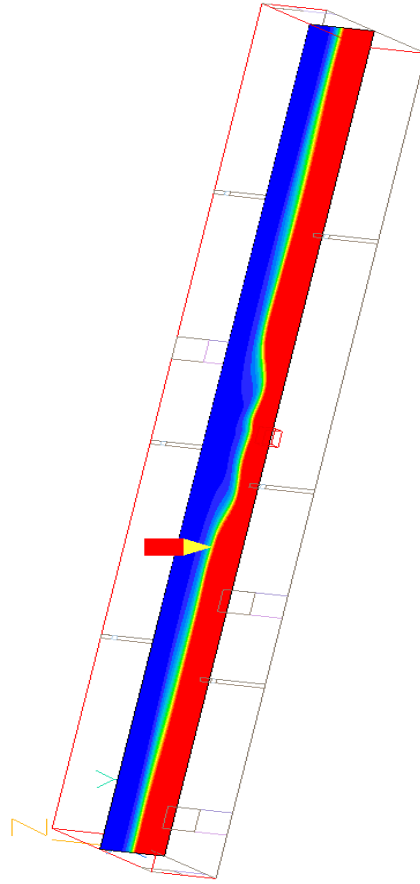
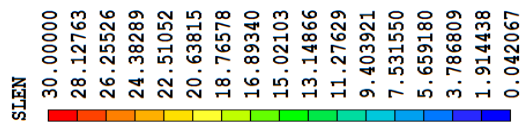
6.2. Tasarım senaryosu verilerinin tespit edilmesi

Tasarımda 6 adet 25,8372 m³/saniye duman tahliyesi kapasiteli mekanik havalandırma tasarlanmıştır. Bu havalandırmaların yangın başlama anından itibaren çalıştığı varsayılmaktadır.

600 saniye sürecek olan yangının başladığı andan itibaren dumanın yoğunlaşmaya başladığı 150.ve 300.saniyeler ile en yüksek oranına ulaştığı 600. Saniye değerlendirilerek yapılan iyileştirmelerin duman tahliyesine etkileri incelenmiştir.

150. saniyede görüş mesafelerinsen yüksekliğe bağlı değişimine baktığımızda; görüşün bina yüksekliğinin yerden yarışana kadar olan değerlerinde 30m civarında olduğu; bu yüksekliğin yani yaklaşık 3,975 m 'nin üzerinde dumanın yoğunlaştığını ve görüşün hızlı kısa yükseklik aralıkları ile 1 m ve altına düştüğünü görebiliriz. Sadece yangın merkezinde duman yoğunluğu bina yüksekliğinin orta noktasından bir miktar aşağıdan başlayarak duman yoğunluğunun arttığı dikkat çekmektedir.

Time 150.0000 s
Probe value
19.64733
Average value
15.17121



No title has been set for this run.

FLAIR

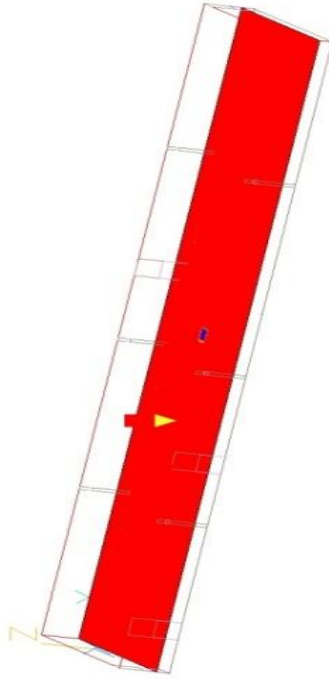
Şekil 6.1. 150.saniyede yüksekliğe bağlı sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) dağılım

150.saniyede sıcaklık durumuna baktığımız da ise yangın başlangıç safhasında olduğu için önemli bir sıcaklı değişimi görülmemektedir. Ortam sıcaklı yangın başlangıcında etkilenmemiş ve 20⁰C civarında seyretmektedir.

Yangının gelişme evresinde olduğu 300.saniye de müdahale ve tahliye için incelediğimiz görüş mesafelerine baktığımızda 2 m yüksekliğinde görüş açıktır. Ortalama 29,95 m dir.

Time 300.0000 s
Probe value
30.00000
Average value
29.95301

SLEN
30.00000
28.12763
26.25526
24.38289
22.51052
20.63815
18.76578
16.89341
15.02104
13.14867
11.27631
9.403936
7.531567
5.659197
3.786828
1.914458
0.042088



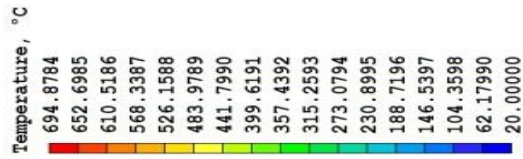
No title has been set for this run.

FLAIR

Şekil 6.2. 300 saniyede 2m yüksekliğinde görüş mesafesi

300. saniyede 2m sıcaklığa baktığımızda, yine çevre sıcaklığı civarında yani ortalama 20,62⁰C derece olduğunu görmekteyiz. Sıcaklık artışı noktasal olarak sadece yangının merkezinde 400⁰C derece ve üzeri olarak seçilmektedir.

Time 300.0000 s
Probe value
20.21000
Average value
20.62020



No title has been set for this run.

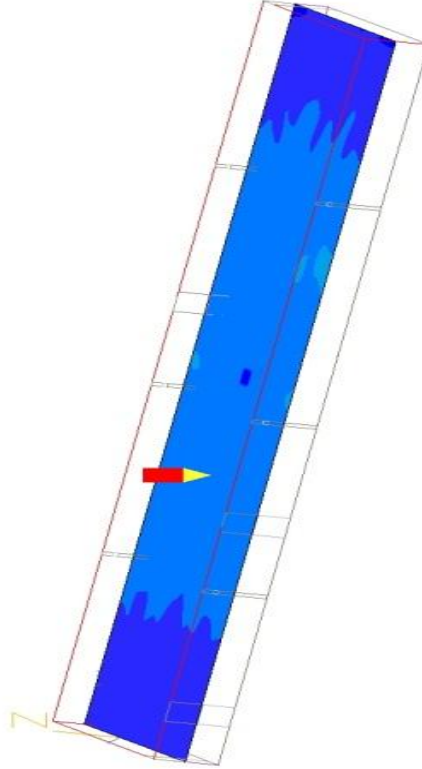
FLAIR

Şekil 6.3. 300.saniyede 2m yükseklikte sıcaklık (°C)

300.saniyede 4m yüksekliğe baktığımızda ise yangın merkezi ve etrafında dumanın yoğunlaştığı dikkat çekmektedir. Görüş 4 m de ortalama 4,26 m.dir. Duman yukarı doğru hareket etmesi 2m de temiz açıklığın korunması açısından önemlidir.

Time 300.0000 s
Probe value
5.140213
Average value
4.265405

SIEN
30.00000
28.12763
26.25526
24.38289
22.51052
20.63815
18.76578
16.89341
15.02104
13.14867
11.27631
9.403936
7.531567
5.659197
3.786628
1.914458
0.042088



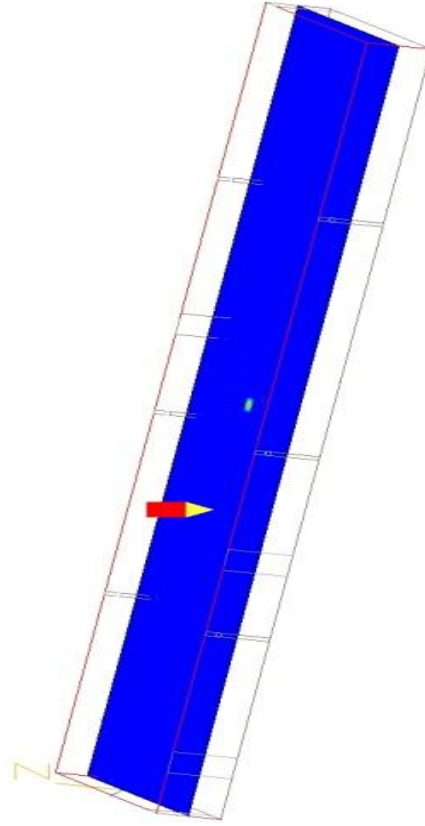
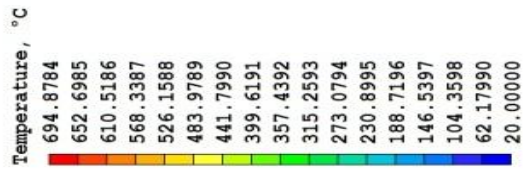
No title has been set for this run.

FLAIR

Şekil 6.4. 300 saniyede 4m yüksekliğinde görüş mesafesi

Sıcaklıkta 4 m de bir miktar artış göstermekte ve ortalama 23,44⁰C dir.

Time 300.0000 s
Probe value
22.46356
Average value
23.43939



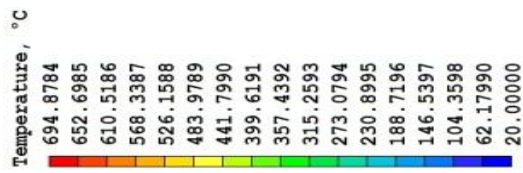
No title has been set for this run.

FLAIR

Şekil 6.5. 300.saniyede 4m yükseklikte sıcaklık (°C)

Sıcaklık artışı 6 m yüksekliğinde belirgin olmaktadır. Ortalama 124,41°C

Time 300.0000 s
Probe value
115.4908
Average value
124.4100



No title has been set for this run.

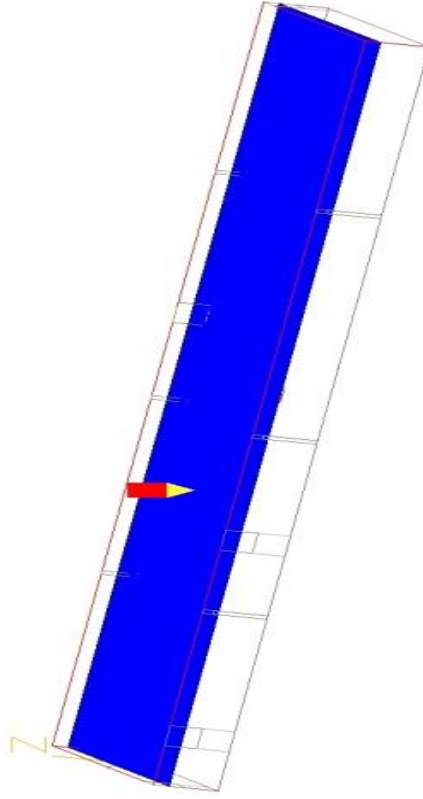
FLAIR

Şekil 6.6. 300.saniyede 6m yükseklikte sıcaklık (°C)

Yine 300.saniyede 6m yüksekliğine dumanın tamamen yoğunlaştığını ve görüş mesafesinin 1,72 metreye indiği görülmektedir.

Time 300.0000 s
Probe value
0.182922
Average value
0.172796

SLEN
30.00000
28.12763
26.25526
24.38289
22.51052
20.63815
18.76578
16.89341
15.02104
13.14867
11.27631
9.403936
7.531567
5.659197
3.786828
1.914458
0.042088



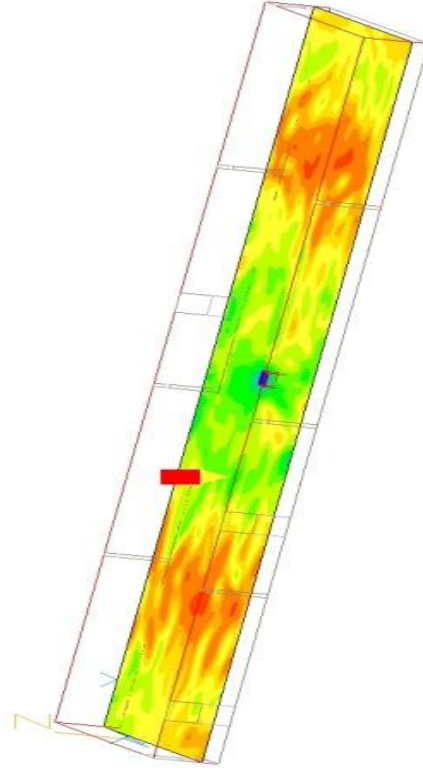
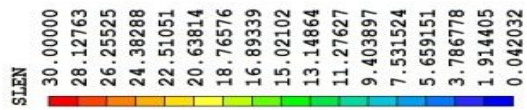
No title has been set for this run.

FLAIR

Şekil 6.7. 300 saniyede 6m yüksekliğinde görüş mesafesi

Yangın en yüksek en yüksek yangın yükü değerine ulaştığı ve incelemede en önemli basamağı oluşturan 600. Saniyede 2m yüksekliğinde görüş alanına baktığımızda ortama 20,16 m dir.

Time 600.0000 s
Probe value
15.93516
Average value
20.16087



No title has been set for this run.

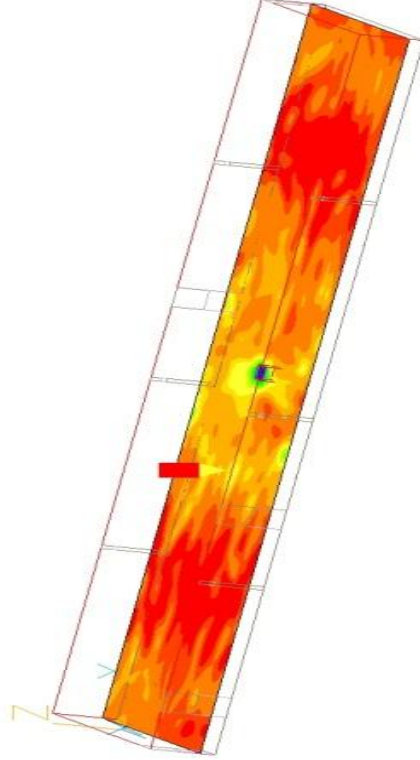
FLAIR

Şekil 6.8. 600 saniyede 2m yüksekliğinde görüş mesafesi

2 metre temiz görüş alana ihtiyacımız olan yüksekliğin hemen altına baktığımızda görüş 1,8m yükseklikte ortalama 27,25 m ve 1,5m yükseklikte 29,32 metreye çıkmaktadır. Dolayısı ile dumanda bir çökme olmamaktadır.

Time 600.0000 s
Probe value
22.30279
Average value
25.75497

SLEN
30.00000
28.12763
26.25525
24.38288
22.51051
20.63814
18.76576
16.89339
15.02102
13.14864
11.27627
9.403897
7.531524
5.659151
3.786778
1.914405
0.042032

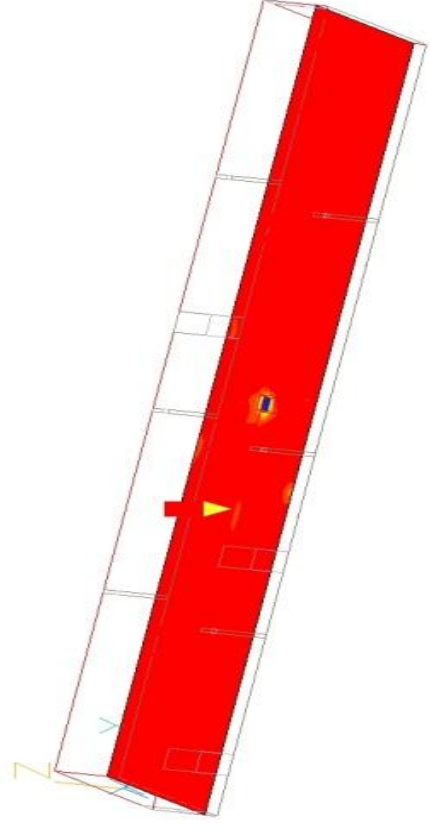
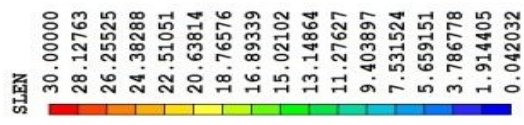


No title has been set for this run.

FLAIR

Şekil 6.9. 600 saniyede 1,8m yüksekliğinde görüş mesafesi

Time 600.0000 s
Probe value
29.32124
Average value
29.83509



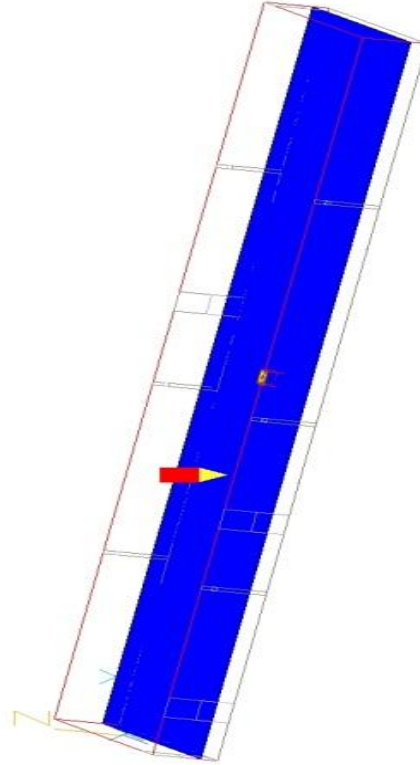
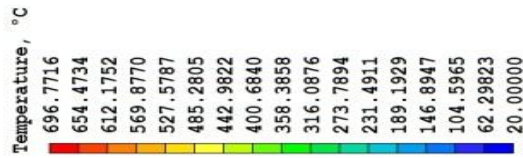
No title has been set for this run.

FLAIR

Şekil 6.10. 600 saniyede 1,5m yüksekliğinde görüş mesafesi

Sıcaklı durumuna baktığımızda yangının en yüksek ısıl gücü olan 8MW değerine ulaştığında 2 m de ortalama 21,20 °C olması sıcaklık yönü ile bir problem olmadığını gösterir.

Time 600.0000 s
Probe value
20.91223
Average value
21.20089



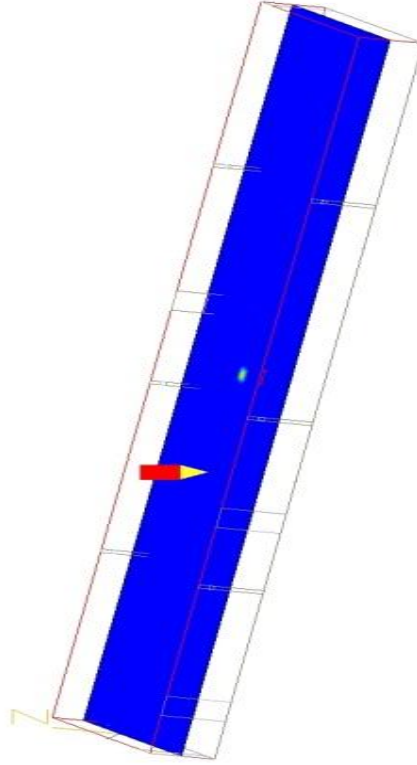
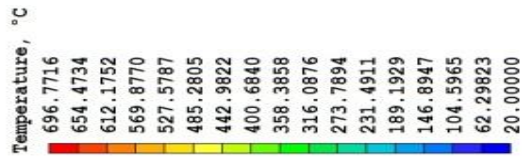
No title has been set for this run.

FLAIR

Şekil 6.11. 600.saniyede 2m yükseklikte sıcaklık (°C)

Zeminde itibaren 2 metrenin üzerinde ki yüksekliklere çıktığımız da 4metrede sıcaklık 56,5⁰C derecelere yükselmekte, 6metrede bu değer 215,3⁰C olurken tavan seviyesinde 253,62⁰C dereceye erişmektedir.

Time 600.0000 s
Probe value
55.03027
Average value
56.48053

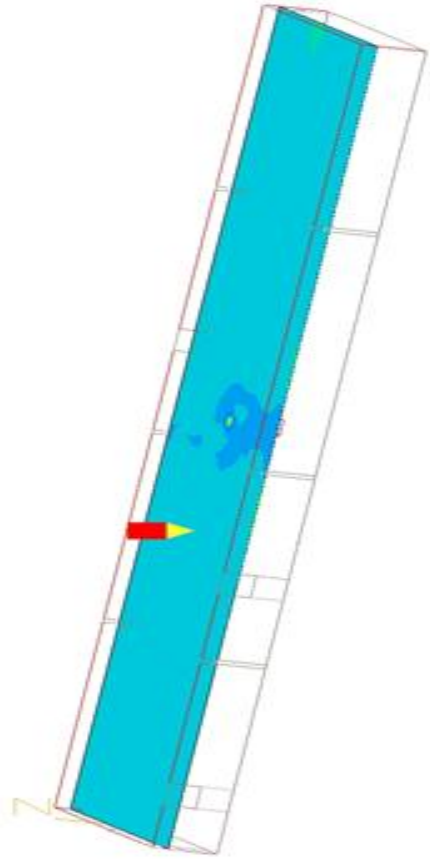


No title has been set for this run.

FLAIR

Şekil 6.12. 4m yükseklikte ortalama sıcaklı 56,48⁰C derecedir.

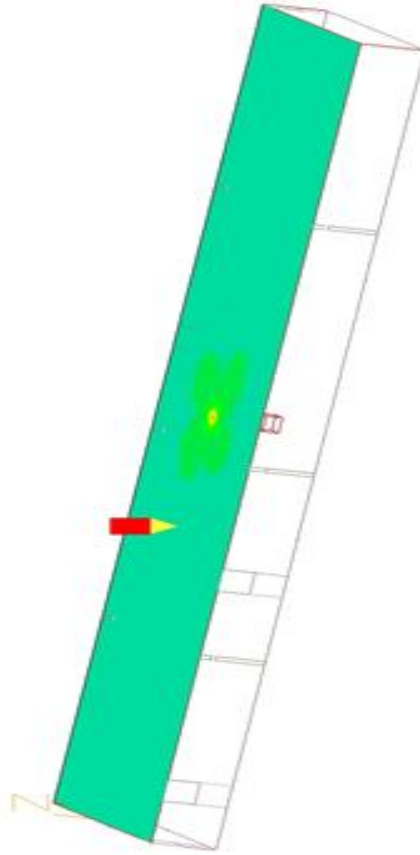
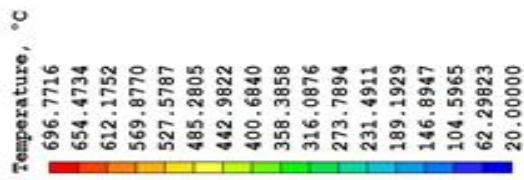
Time 600.0000 s
Probe value
210.4578
Average value
215.3015



FLAIR No title has been set for this run.

Şekil 6.13. 6m yükseklikte ortalama sıcaklık 215,20 °C derecedir.

Time 600.0000 s
Probe value
259.4682
Average value
253.8277



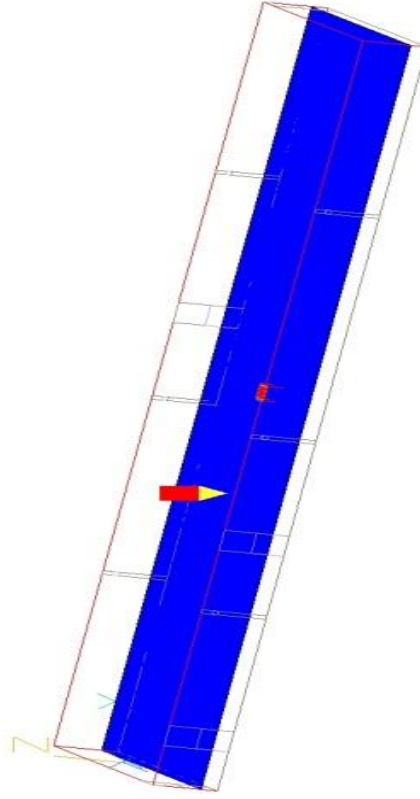
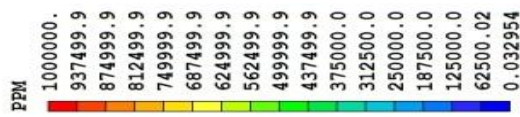
FLAIR

No title has been set for this run.

Şekil 6.14. 7.95m tavan seviyesinde sıcaklık ortalama 259,56 °C derecedir.

600.saniyede 2 metrede ki PPM değerine baktığımızda tehlikesiz olduğunu görmekteyiz.

Time 600.0000 s
Probe value
2191.076
Average value
3081.081



No title has been set for this run.

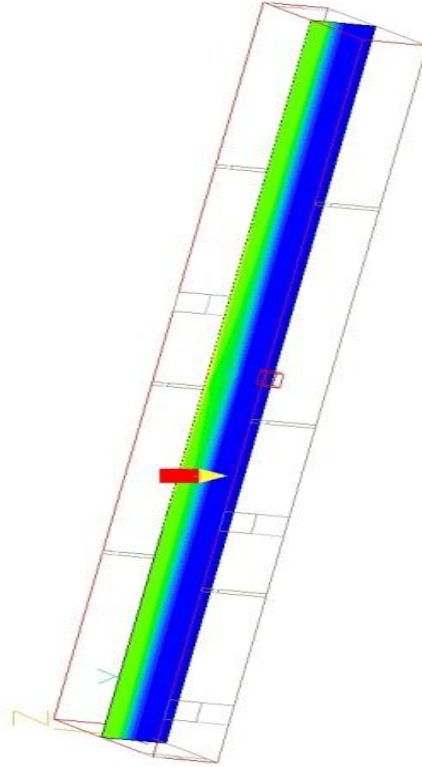
FLAIR

Şekil 6.15. 600.saniye 2m yüksekliğinde PPM

Genel olarak tüm bina yüksekliğini dikkate aldığımızda PPM değerinde ki tehlikesiz durum zeminden itibaren çatıya olan mesafeni orta noktası olan 4metreye kadar güvenli durumunu korumaktadır.

Time 600.0000 s
Probe value
2191.076
Average value
203045.4

PPM
1000000.
937499.9
874999.9
812499.9
749999.9
687499.9
624999.9
562499.9
499999.9
437499.9
375000.0
312500.0
250000.0
187500.0
125000.0
62500.02
0.032954



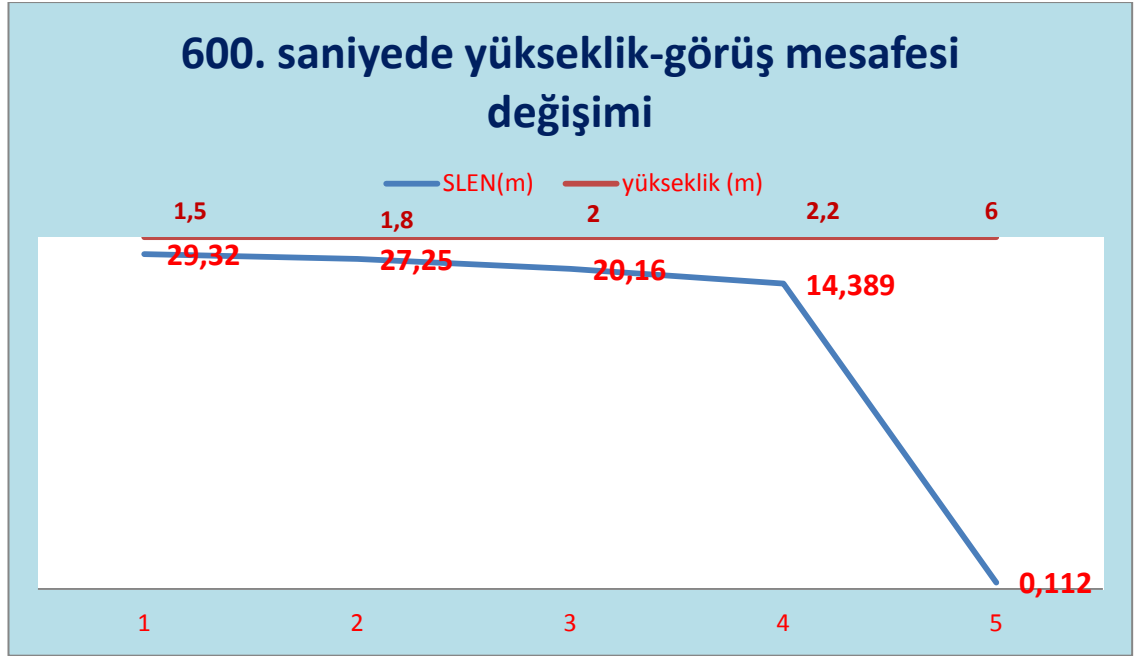
No title has been set for this run.

FLAIR

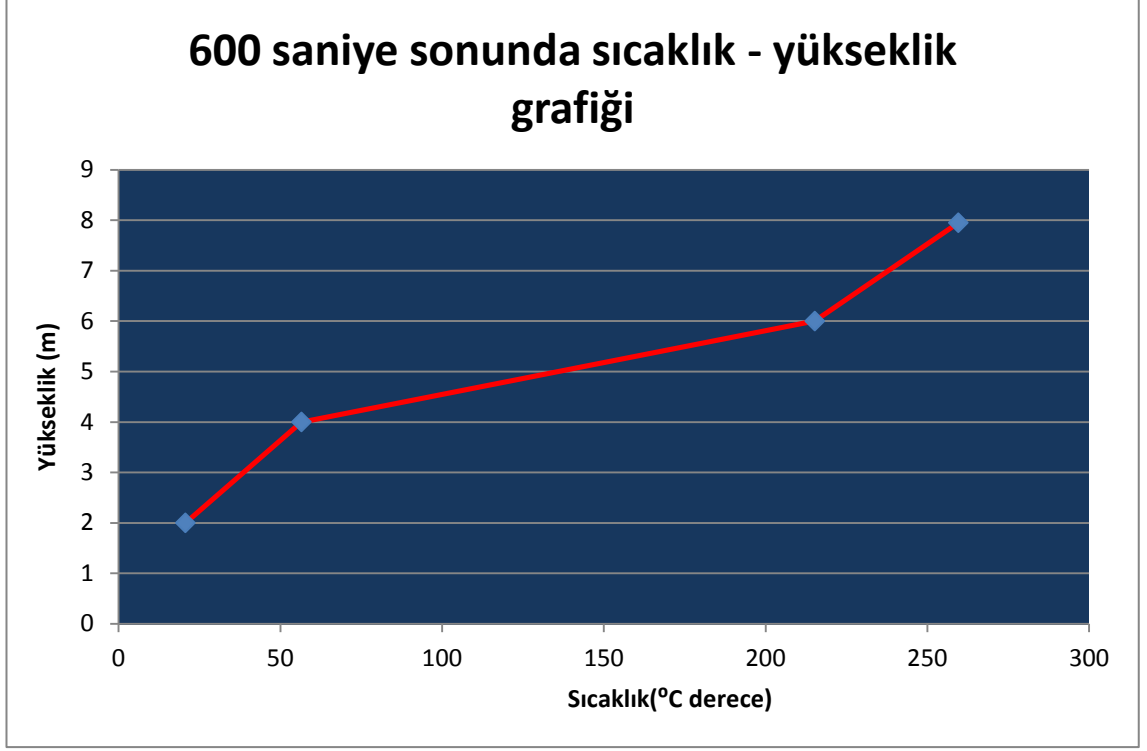
Şekil 6.16. 600.saniye yüksekliğe bağlı PPM dağılımı

6.3.Verilerin değerlendirilmesi

Bu görüş baz aldığımız NFPA 92standardına göre tahliye ve müdahale için yeterli olup, tahliyenin yangın başladığı andan itibaren ilk 3 dakika yani görüşün 2 m yükseklikte 30 m olduğu içinde rahatlıkla tamamlanacağı da göz önünde tutarak 600.saniyede bölgeye gelen İtfaiye için 20,84 m ile yeterli görüş alanına erişilmiştir. Sıcaklık ve PPM değerlerin de de herhangi bir anormallik bulunmaması sebebi ile 15hacim /saat hava değişimi için tasarlanan duman tahliye sistemi istenilen sonuçlara ulaşmayı sağlamıştır.



şekil 6.17. 600 saniye sonunda yüksekliğe bağlı görüş mesafesi 2. Deneme



Şekil 6.18. 600 saniye sonunda yüksekliğe bağlı sıcaklık değişimi (°C) 2. Deneme

6.4.Sonuç

Ele aldığımız çalışma, 4608m² lik taban alanına sahip ve 7,95m yüksekliğinde ki araç parçaları içeren sprinklersiz lojistik binasında 5×5 m2 lik alanda başlayan ve en yüksek 8MW ısıl gücüne ulaşan araç yangınıni içermektedir. Yangın CFD bazlı Flair program da tasarlanarak oluşan dumanın tahliyesi için ilk olarak 600 saniye süresince devrede olan ve toplam 10hacim/saat lik hava değişimi yapan 6 adet fan ile yapılan denemde temiz duman altı yüksekliğinin en üst seviyesi olarak belirlenen 2 metre yüksekliğinde 3 m görüş mesafesi elde edilmiştir. 10.dakikada binada tahliyesi süren insan bulunması, binada bulunabilecek maksimum kişi sayısı da göz önünde tutulduğunda çok düşük bir ihtimaldir. Buna karşın itfaiye çeşitli sebeplerden 10 dakikada bölgeye gelebilir ve 3 m görüş mesafesi müdahale için çok yetersizdir. Yangının merkezinin bulunması, ekipmanların götürülmesi 3 m görüş olanağı taşıyan duman yoğunluğunda çok tehlikeli ve zordur. Sıcaklık ve PPM değerleri ise tehlikeli bir durum arz etmemektedir.

En uygun duman tahliye fan debisi için deneme –yanılma metodu uygulanmış, araç parçalarının ürettiği dumanın yoğunluğu da göz önünde bulundurularak fan kapasiteleri %50'ye kadar arttırmıştır. Toplam 15 hacim/saat değişimli duman tahliyesinin 600 dakika boyunca devrede olduğu son denemede, 600 dakika boyunca ve sonunda yapılan incelemelerde 2 m yüksekliğinde ki en düşük görüş alanı 600 saniye sonunda tespit edilen 20,16 metredir. Bu görüş açıklığı NFPA 92'ye göre hem tahliye hem de müdahale için uygundur. Duman yoğunluğu şekil 4.4 de görüldüğü üzere 2,2 metreden itibaren hızla yoğunlaşmakta ve görüş yüksekliğe paralel 1 metrenin altına kadar düşmektedir.

Bu çalışma sonucunda otomobil fabrikalarında ki ambarlar için 15 hacim /saat lik hava değişimi sağlayacak endüstriyel fanlarla gerçekleştirilecek duman tahliye sistemi uygun temiz alt yüksekliği sağladığı anlaşılmaktadır.

Geliştirilmeye açık olan çalışma; atölye de yangın perdeleri ile bölümler oluşturarak tekrarlanabilir. Böylece yangın çıkan bölgeyi diğerlerinden tamamen izole ederek doğal duman tahliye kapakları aracılığı ile duman tahliyesi tekrar ele alınabilir. Bu durumda mekanik fanlar yerine dumanın doğal hareketine bağlı basınç farklılıklarından yararlanır. Gerektiği durumlarda yine zeminden mekanik hava beslemeler de kullanılabilir.

KAYNAKLAR

Anonim, 1994. <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/630080.html>

Anonim, <http://www.birimmuhendislik-tr.com/tr-TR/Default.aspx?c=23>

Anonim, <http://www.cpsc.gov/en/safety-education/safety-education-centers/carbon-monoxide-information-center/carbon-monoxide-questions-and-answers-/>

Anonim, http://www.desica.com.tr/cfd_nedir.html

Anonim, <http://www.epa.gov/iaq/co.html>

Arpacı, V.S., Larsen, P.S. 1984. Convection Heat Transfer, Prentice-Hall, New Jersey

Balık, G. 2003. Geniş Hacimlerde Duman Hareketinin İncelenmesi

Brander, Ch., http://www.cob.nl/fileadmin/user_upload/Documenten/Overig/Graz2012-04/PDF/23_Brander.pdf

British Standard, 2006. Component for smoke and heat control systems

Cibse Guide E, 1997. Fire Engineering ,The Chartered Institution of Building Services Engineers, London.

Gültek, S., Selvi, U. 2005. Endüstriyel yapılarda yangın dumanının cebri ve doğal yolla tahliye kriterleri

Hansell, G.O., Morgan, H.P. 1994. Design Approaches for Smoke Control in Atrium Buildings, Building Research Establishment Report, Garton

Hartin, Ed. <http://www.cfbt-us.com/pdfs/FBIandFireDevelopment.pdf>

Kılıç, A. 2013. Ders notları; Yangın Yüğü

Kılıç, A., http://www.yangin.org/dosyalar/duman_kontrol_gerekliligi.pdf

Klote, H., Harold, E. 1997. ,Smoke Movement in Buildings

Klote, J.H., Milke, J.A. 1992. Design of Smoke Management Systems, ASHRAE Inc.,Atlanta

Life safety code handbook 2009

Patankar, S.V. 1980. Numeric Heat Transfer and Fluid Flow, Hemisphere Publishing, New YORK

Teskon, 2005. program bildirileri/yayın-33

White, F.M. 1974. Viscous Fluid Flow ,Mc-Glaw –Hill ,New York

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Ayşen Gamze SAYGILI DOĞUÇ

Doğum Yeri ve Tarihi: İSTANBUL 26.09.1980

Yabancı Dili: İngilizce, Fransızca

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl) :

Lise: TED Aliğa Koleji 1998

Lisans: Galatasaray Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü 2005

Yüksek Lisans: Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Oyak Renault Otomobil Fabrikaları 2005-

İletişim (e-posta): gsaygili@hotmail.com

Yayınları: Saygılı,G.,Şimşek,Z.,Yamankaradeniz,N.,2014.Smoke Evacuation in Industrial Buildings