

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAVAŞ GEMİLERİNDE MAKİNE DAİRESİ YANGINLARININ
SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Halil Kaan GÖZALAN**

Anabilim Dalı : Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh.

Programı : Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh.

HAZİRAN 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAVAŞ GEMİLERİNDE MAKİNE DAİRESİ YANGINLARININ
SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Halil Kaan GÖZALAN
(508071004)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06 Mayıs 2011

Tezin Savunulduğu Tarih : 09 Haziran 2011

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Selma ERGİN (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. O.Azmi ÖZSOYSAL (İTÜ)
Doç. Dr. Yasin ÜST (YTÜ)**

HAZİRAN 2011

Desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen eşime ve aileme,

ÖNSÖZ

Yangın; teknolojide ve yangın mühendisliğinde kat edilen tüm ilerlemeye rağmen, gemilerde yaşanabilecek, sonucu maddi ya da manevi ağır kayıplara yol açabilecek en önemli olgulardan biridir. Gemiler, tiplerine göre farklı dizayn özellikleri taşımakla birlikte, ortak noktaları; onu kullanan insanların yaşam standartlarını su üzerinde de sağlayabilen sistemler olmalarıdır. Bunun anlamı; insanoğlunun karasal günlük yaşamında her türlü gereksinimi olan enerji, tatlı su, yemek, barınma ve ısınma gibi tüm ihtiyaçlarının su üstünde de sağlanabilmesidir. Bunun haricinde gemiler dizayn amaçlarına uygun olarak cephane, yakıt, ticari petrol ürünleri gibi bir çok tehlikeli maddeyi bünyelerinde barındırırlar. Bu nedenle gemilerin birçok bölümlerinde potansiyel yangın tehlikesi mevcuttur. IMO'nun, bildirilen kaza raporlarından ve sigorta şirketi bilgilerinden derlediği istatistiki çalışmalara göre ise gemide meydana gelen yangın olaylarının %60'ı makine dairelerinde oluşmaktadır. Bu yangınlar genellikle çok büyük maddi hasarlara sebep olmanın yanı sıra can kaybına ve çevre kirliliğine de sebep olmaktadır. Bu sebeptendir ki son yıllarda gemilerde yangın emniyetine yönelik çalışmalar hız kazanmıştır.

Gemilerde yangının önlenmesine yönelik çalışmalar için gerçek modeller ve yahut bilgisayar sistemlerindeki gelişme sonucu sayısal modeller kullanılmaktadır. Günümüzde bilgisayar teknolojisindeki geline nokta sayesinde sayısal modellerden gerçeğe çok yakın sonuçlar elde etmek mümkündür. Bu durum gerçek durumun yansıtılmasındaki zaman, maliyet gibi giderleri asgari duruma indirmektedir.

Gemi gibi kapalı bir mahalde meydana gelen yangının büyüklüğüne etki eden en önemli parametreler; yangını oluşturan yakıtın cinsi, yakıtın miktarı, mahalde bulunan oksijen seviyesi, mahallin geometrisi, mahalde mevcut havalandırma açıklıkları ile yangının kapalı mahaldeki başlangıç yeridir. Bu çalışmada farklı boyutlarda ve farklı doluluk oranlarına sahip savaş gemilerinin makine dairelerinde meydana gelebilecek çeşitli yangın büyüklükleri modellenmiş ve aynı yangın büyüklüklerinin farklı dairelerde ve farklı başlangıç mevkieleindeki etkileri incelenmiştir.

Bu çalışmanın meydana getirilmesinde bana öncülük eden ve yardımını hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Selma ERGİN'e, makine daireleri ile ilgili araştırmalarımda büyük desteğini gördüğüm Müh.Kd.Ütğm Ümit DANIŞ ile destekleyici ve moral verici davranışları ile her zaman yanımda olduklarını hissettiren değerli eşim Gamze'me ve aileme teşekkürlerimi sunarım

Mayıs 2011

Halil Kaan GÖZALAN

Dz.Kd.Ütğm

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xxix
SUMMARY.....	xxxi
1. GİRİŞ	1
2. YANGIN KİMYASI.....	9
2.1 Yanma Üçgeni.....	10
2.2 Kimyasal Zincirleme Reaksiyon	10
2.3 Prizmatik Yangın Üçgeni.....	11
3. KAPALI MAHAL YANGINLARI.....	15
3.1 Kapalı Mahal Yangınlarının Safhaları.....	15
3.1.1 Tutuşma safhası	16
3.1.2 Büyüme safhası	17
3.1.3 Tam gelişmiş safha	18
3.1.4 Sönme safhası.....	18
3.2 Kapalı Mahal Yangınlarında Mahal Etkisi	18
3.3 Yangın Modelleri	19
3.3.1 Olasılıklı (probabilistic) yangın modelleri.....	20
3.3.1.1 Ağ (network) modelleri.....	21
3.3.1.2 İstatistik modeller.....	21
3.3.1.3 Simülasyon modeller.....	22
3.3.2 Belirleyici (deterministic) modeller	22
3.3.2.1 Bölge modelleri.....	22
3.3.2.2 Alan (CFD) yangın modelleri.....	24
3.3.2.3 El ile hesaplama yöntemi.....	26
3.4 Gemilerde Meydana Gelen Yangın Tipleri	26
3.4.1 Makine dairesi yangınları	26
3.4.1.1 Jet tipi yangınlar.....	27
3.4.1.2 Havuz tipi yangınlar.....	27
4. YANGIN SENARYOLARI ve MAKİNE DAİRELERİ.....	31
4.1 Modelin Oluşturulması	31
4.2 Kullanılan Programlar ve Modelleme Yöntemi.....	33
4.3 Savaş Gemileri Makine Daireleri.....	36
4.3.1 80 Sınıfı sahil güvenlik gemisi makine dairesi	37
4.3.2 Mayın avlama sınıfı savaş gemisi makine dairesi.....	40
4.3.3 Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi	42

5. SAYISAL MODEL.....	45
5.1 Genel Korunum Denklemleri	45
5.2 Türbülans Modeli.....	47
5.3 Radyasyon Modeli	49
5.4 Kabuller ve Sınır Şartları.....	49
6. YANGIN SENARYOLARI İÇİN HESAPLAMA SONUÇLARI.....	51
6.1 Modelin Doğruluğunun Gösterilmesi	52
6.2 Kabuller ve Sınır Şartlarının Etkisi.....	57
6.2.1 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi durum 1 sonuçları.....	57
6.2.2 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi durum 2 sonuçları.....	67
6.2.3 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi durum 3 sonuçları.....	76
6.2.4 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi durum 4 sonuçları.....	84
6.3 Sahil Güvenlik Gemisi Makine Dairesi Sürekli Yangın Modeli Sonuçları	85
6.3.1 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi senaryo A sonuçları.....	85
6.3.2 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi senaryo B sonuçları.....	90
6.3.3 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi senaryo C sonuçları.....	95
6.3.4 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi senaryo D sonuçları.....	101
6.3.5 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi senaryo E sonuçları	107
6.3.6 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi senaryo F sonuçları	113
6.4 Mayın Avlama Gemisi Makine Dairesi Sürekli Yangın Modeli Sonuçları ...	118
6.4.1 Mayın avlama gemisi makine dairesi senaryo A sonuçları.....	119
6.4.2 Mayın avlama gemisi makine dairesi senaryo B sonuçları	125
6.4.3 Mayın avlama gemisi makine dairesi senaryo C sonuçları	130
6.4.4 Mayın avlama gemisi makine dairesi senaryo D sonuçları.....	136
6.4.5 Mayın avlama gemisi makine dairesi senaryo E sonuçları	143
6.4.6 Mayın avlama gemisi makine dairesi senaryo F sonuçları.....	149
6.5 Fırkateyn Sınıfı Geminin Makine Dairesi Sürekli Yangın Modeli Sonuçları	155
6.5.1 Fırkateyn sınıfı savaş gemisinin makine dairesi senaryo A sonuçları	156
6.5.2 Fırkateyn sınıfı savaş gemisinin makine dairesi senaryo B sonuçları	162
6.5.3 Fırkateyn sınıfı savaş gemisinin makine dairesi senaryo C sonuçları	168
6.5.4 Fırkateyn sınıfı savaş gemisinin makine dairesi senaryo D sonuçları	175
6.5.5 Fırkateyn sınıfı savaş gemisinin makine dairesi senaryo E sonuçları.....	181
6.5.6 Fırkateyn sınıfı savaş gemisinin makine dairesi senaryo F sonuçları.....	187
6.6 Zamana Bağlı Yangın Modeli Sonuçları.....	193
6.6.1 Sahil güvenlik gemisi için zamana bağlı yangın modeli sonuçları.....	194
6.6.2 Mayın avlama gemisi için zamana bağlı yangın modeli sonuçları	197
6.6.3 Fırkateyn sınıfı gemi için zamana bağlı yangın modeli sonuçları	199
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	203
KAYNAKLAR.....	213
ÖZGEÇMİŞ.....	215

KISALTMALAR

A	: Yangın alanı
AFFF	: Aqua Film Forming Foam
ASMET	: Atria Smoke Management Engineering Tools
C_p	: Sabit basınçta özgül ısı
$C_\mu, C_{1\epsilon}, C_{2\epsilon}$	: Türbülans modeli sabitleri
CFD	: Computational Fluid Dynamics, Hesaplamalı akışkanlar dinamiği
CFAST	: Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport
D	: Yangın alanının çapı
DNV	: Det Norske Veritas
E	: İç enerji
FDS	: Fire Dynamic Simulator
g	: Yerçekimi ivmesi
H_c	: Yanma ısısı
J	: Difüzyon enerji akısı
k	: Isı iletim katsayısı, Türbülansın kinetik enerjisi
k_1, k_2	: Boyutsuz katsayılar
k_{eff}	: Efektif ısı iletim katsayısı
κ, η	: McCafrey sabitleri
L	: Alevin ortalama yüksekliği
LLNL	: Lawrence Livermore National Laboratory
χ	: Yanma verimi
m''	: Kütlesel yanma oranı
P	: Basınç
Q	: Yangın büyüklüğü
R	: Kimyasal reaksiyonla kütle üretimi
RNG	: Renormalizasyon teorisi
SIMPLE	: Semi-Implicit Method for the Pressure Linked Equations
S_m	: İkinci fazdan gelen kütle üretimi
S_u	: Kimyasal reaksiyonun ısı üretimi
T	: Sıcaklık
t	: Zaman
u	: Akışkan hızı
u_j	: j yönündeki hız bileşeni
V	: Yakıt püskürme hızı
z	: Alt bölge yüksekliği
∇	: Diverjans operatörü
∂	: Kısmi türev operatörü
α	: Işınım emilim katsayısı
β	: Isıl genleşme katsayısı
I	: Birim Tansör
ϵ	: Türbülans disipasyonu
κ	: Işınım azaltma katsayısı
μ	: Dinamik viskozite

μ_{eff}	: Efektif dinamik viskozite
ν	: Kinematik viskozite
ρ	: Yoğunluk
σ	: Stefan-Boltzman sabiti
τ_{ij}	: Kayma gerilmesi tansörü

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Çalışmada kullanılan bilgisayarın özellikleri.	7
Çizelge 2.1 : Yanma sonu sıcaklıkları ve maddeleri.	13
Çizelge 3.1 : Büyüme oranı katsayısı değerleri.	17
Çizelge 3.2 : Yangın modelleri.	20
Çizelge 3.3 : Yakıt özellikleri.	29
Çizelge 3.4 : McCaffrey sabitleri.	29
Çizelge 3.5 : Modele uygulanan sıcaklık ve hız değerleri.	30
Çizelge 4.1 : LLNL Mod8 deney odasının materyal özellikleri.	32
Çizelge 4.2 : Makine dairelerinin ağ yapısı özellikleri.	33
Çizelge 4.3 : Gemi tipleri ve makine dairesi boyutları.	36
Çizelge 4.4 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi sınır şartı kombinasyonları.	37
Çizelge 4.5 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesinin farklı sınır şartları.	37
Çizelge 4.6 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi yangın senaryoları.	38
Çizelge 4.7 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesinin materyal özellikleri.	39
Çizelge 4.8 : Sahil güvenlik makine dairesi elemanlarının ölçü ve mevkileri.	40
Çizelge 4.9 : Mayın avlama gemisi makine dairesi ölçüleri.	40
Çizelge 4.10 : Mayın avlama gemisi makine dairesi yangın senaryoları.	41
Çizelge 4.11 : Mayın avlama gemisi makine dairesinin yüzeylerinin özellikleri.	42
Çizelge 4.12 : Mayın avlama gemisi makine dairesi yüzeyleri materyal özellikleri.	42
Çizelge 4.13 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi ölçüleri.	43
Çizelge 4.14 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi yangın senaryoları.	43
Çizelge 4.15 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi yüzeyleri özellikleri.	44
Çizelge 4.16 : Fırkateyn makine dairesi yüzeylerinin materyal özellikleri.	44
Çizelge 6.1 : Sürekli durum için yangın senaryoları.	52
Çizelge 6.2 : LLNL Mod8 Deneyi ve model sıcaklık değerleri.	54
Çizelge 6.3 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi kabuller ve sınır şartları.	57
Çizelge 6.4 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi yangın sonuçlarının incelendiği Y-Z düzlemlerinin koordinatları.	58
Çizelge 6.5 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesinin yangın sonuçlarının incelenmesi için tespit edilen z-ekseni yönndeki X-Y düzlemlerinin koordinatları.	58
Çizelge 6.6 : Değer hatları ve koordinat değerleri.	59
Çizelge 6.7 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu sıcaklık dağılımı.	66
Çizelge 6.8 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu basınç dağılımı.	67
Çizelge 6.9 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu hız dağılımı.	67

Çizelge 6.10 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu sıcaklık dağılımı.	74
Çizelge 6.11 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu basınç dağılımı.	75
Çizelge 6.12 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu hız dağılımı.	75
Çizelge 6.13 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu sıcaklık dağılımı.	83
Çizelge 6.14 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu basınç dağılımı.	83
Çizelge 6.15 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu hız dağılımı.	84
Çizelge 6.16 : Zamana bağlı yangın senaryoları.....	194

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Gemilerde meydana gelen yangınların mahallere göre oranları.	3
Şekil 2.1 : Yangın bileşenleri.	9
Şekil 2.2 : Yanma üçgeni.	10
Şekil 2.3 : Isı ile yanıcı buhar oluşumu.	11
Şekil 2.4 : Kimyasal zincirleme reaksiyon.	12
Şekil 3.1 : Yangının safhaları.	16
Şekil 3.2 : Kapalı mahalin kütle yanma oranına etkisi.	19
Şekil 3.3 : Tek bölge yangın modeli.	23
Şekil 3.4 : İki bölge yangın modeli.	24
Şekil 3.5 : Bir alan yangın modeli görüntüsü.	25
Şekil 4.1 : LLNL Mod8 deney odası.	31
Şekil 4.2 : Sahil güvenlik gemisi boş makine dairesi.	38
Şekil 4.3 : Sahil güvenlik gemisi dolu makine dairesi.	38
Şekil 4.4 : Mayın avlama gemisi makine dairesi izometrik görünüşü.	41
Şekil 4.5 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi izometrik görünümü.	44
Şekil 6.1 : LLNL Mod8 deney odasının izometrik görünümü.	53
Şekil 6.2 : LLNL Mod8 deneyi sayısal modelinin $x=3$ m' deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	55
Şekil 6.3 : LLNL Mod8 deneyi sayısal modelinin $z=2$ m' deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	55
Şekil 6.4 : LLNL Mod8 deneyi modelinin $x=3$ m' deki Y-Z ve $z=2$ m' deki X-Y düzlemlerinde hız vektörü dağılımları.	56
Şekil 6.5 : LLNL Mod8 deneyi odasının iç yüzeylerinin sayısal model sonucu bulunan sıcaklık dağılımları.	56
Şekil 6.6 : LLNL Mod8 deneyi sayısal modelinin hava giriş açıklığı ve yangın yüzeyi akım hatları.	56
Şekil 6.7 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesinin yangın sonuçlarının incelenmesi için tespit edilen x-ekseni yönündeki Y-Z düzlemleri.	57
Şekil 6.8 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesinin yangın sonuçlarının incelenmesi için tespit edilen z-ekseni yönündeki X-Y düzlemleri.	58
Şekil 6.9 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesinin yangın sonuçlarının incelenmesi için tespit edilen değer okuma noktalarının mevkileri.	59
Şekil 6.10 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $x=1.25$ m' deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	60
Şekil 6.11 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $x=2.5$ m' deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	60

Şekil 6.12 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $x= 5 \text{ m'}$ deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	61
Şekil 6.13 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $x= 6.25 \text{ m'}$ deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	61
Şekil 6.14 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $x= 1 \text{ m'}$ deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	62
Şekil 6.15 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $x= 3.75 \text{ m'}$ deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	62
Şekil 6.16 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $z= 0 \text{ m'}$ deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	63
Şekil 6.17 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $z= -1.25 \text{ m'}$ deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	63
Şekil 6.18 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $z= 1.25 \text{ m'}$ deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	64
Şekil 6.19 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $z= -1.75 \text{ m'}$ deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	64
Şekil 6.20 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $z= 1.75 \text{ m'}$ deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	65
Şekil 6.21 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $z= 0.6 \text{ m'}$ deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	65
Şekil 6.22 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $z=0$ ve $x= 3.75 \text{ m'}$ deki X-Y ve Y-Z düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımı.....	66
Şekil 6.23 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için daire yüzeylerindeki basınç ve sıcaklık dağılımı.....	66
Şekil 6.24 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $x= 1.25 \text{ m'}$ deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	68
Şekil 6.25 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $x= 2.5 \text{ m'}$ deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	68
Şekil 6.26 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $x= 5 \text{ m'}$ deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	69
Şekil 6.27 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $x= 6.25 \text{ m'}$ deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	69
Şekil 6.28 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $x= 1 \text{ m'}$ deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	70

Şekil 6.29 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $x = 3.75$ m' deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	70
Şekil 6.30 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $z = 0$ m' deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	71
Şekil 6.31 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $z = -1.25$ m' deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	71
Şekil 6.32 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $z = 1.25$ m' deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	72
Şekil 6.33 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $z = -1.75$ m' deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	72
Şekil 6.34 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $z = 1.75$ m' deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	73
Şekil 6.35 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $z = 0.6$ m' deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	73
Şekil 6.36 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $z = 0$, $x = 3.75$ m' deki X-Y ve Y-Z düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımı.	74
Şekil 6.37 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için daire yüzeylerindeki basınç ve sıcaklık dağılımı.	74
Şekil 6.38 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $x = 1.25$ m' deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	76
Şekil 6.39 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $x = 2.5$ m' deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	77
Şekil 6.40 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $x = 5$ m' deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	77
Şekil 6.41 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $x = 6.25$ m' deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	78
Şekil 6.42 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $x = 1$ m' deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	78
Şekil 6.43 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $x = 3.75$ m' deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	79
Şekil 6.44 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $z = 0$ m' deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	79
Şekil 6.45 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $z = -1.25$ m' deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	80

Şekil 6.46 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $z= 1.25 \text{ m'}$ deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	80
Şekil 6.47 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $z= -1.75 \text{ m'}$ deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	81
Şekil 6.48 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $z= 1.75 \text{ m'}$ deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	81
Şekil 6.49 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $z= 0.6 \text{ m'}$ deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	82
Şekil 6.50 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $z= 0, x= 3.75 \text{ m'}$ deki X-Y ve Y-Z düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımı.	82
Şekil 6.51 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için daire yüzeylerindeki basınç ve sıcaklık dağılımı.	83
Şekil 6.52 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için $x=1.875 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	85
Şekil 6.53 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için $x= 3.75 \text{ m'}$ deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	86
Şekil 6.54 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için $x= 5.625 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	86
Şekil 6.55 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için $z= -1.75 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	87
Şekil 6.56 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için $z= 0 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	87
Şekil 6.57 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için $z= 1.75 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	88
Şekil 6.58 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için $x= 3.75 \text{ m, } z= 0 \text{ m'}$ de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.	88
Şekil 6.59 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.	88
Şekil 6.60 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımı.	89
Şekil 6.61 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki basınç dağılımı.	89
Şekil 6.62 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki hız dağılımı.	89
Şekil 6.63 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo B için $x= 1.875 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	91

Şekil 6.64 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo B için $x= 3.75 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	91
Şekil 6.65 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo B için $x= 5.625 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	92
Şekil 6.66 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo B için $z= -1.75 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	92
Şekil 6.67 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo B için $z= 0 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	93
Şekil 6.68 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo B için $z= 1.75 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	93
Şekil 6.69 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo B için $x= 3.75 \text{ m}$, $z= 0 \text{ m'}$ de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.	93
Şekil 6.70 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo B için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.	94
Şekil 6.71 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımı.	94
Şekil 6.72 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki basınç dağılımı.	94
Şekil 6.73 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki hız dağılımı.	95
Şekil 6.74 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için $x= 1.875 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	96
Şekil 6.75 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için $x= 3.75 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	96
Şekil 6.76 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için $x= 5.625 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	97
Şekil 6.77 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için $z= -1.75 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	97
Şekil 6.78 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için $z= 0 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	98
Şekil 6.79 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için $z= 1.75 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	98
Şekil 6.80 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için $x= 3.75 \text{ m}$, $z= 0 \text{ m'}$ de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.	99
Şekil 6.81 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.	99
Şekil 6.82 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.	99

Şekil 6.83 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki basınç dağılımları.....	100
Şekil 6.84 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki hız dağılımları.....	100
Şekil 6.85 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için $x= 0.15$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	101
Şekil 6.86 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için $x= 3.75$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	102
Şekil 6.87 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için $x= 6.5$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	102
Şekil 6.88 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için $z= -0.75$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	103
Şekil 6.89 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için $z= 0$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	103
Şekil 6.90 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için $z= 0.75$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	104
Şekil 6.91 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için $x= 0.15$ m, $z= -0.75$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.....	104
Şekil 6.92 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.....	104
Şekil 6.93 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.....	105
Şekil 6.94 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki basınç dağılımları.....	105
Şekil 6.95 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki hız dağılımları.....	105
Şekil 6.96 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için $x= 0.15$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	107
Şekil 6.97 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için $x= 3.75$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	108
Şekil 6.98 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için $x= 6.5$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	108
Şekil 6.99 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için $z= -0.75$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	109
Şekil 6.100 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için $z= 0$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	109
Şekil 6.101 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için $z= 0.75$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	110

Şekil 6.102 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için $x= 0.15$ m ve $z= -0.75$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.	110
Şekil 6.103 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.	110
Şekil 6.104 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.	111
Şekil 6.105 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki basınç dağılımları.	111
Şekil 6.106 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki hız dağılımları.	111
Şekil 6.107 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo F için $x= 0.15$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	113
Şekil 6.108 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo F için $x= 3.75$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	114
Şekil 6.109 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo F için $x= 6.5$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	114
Şekil 6.110 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo F için $z= -0.75$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	115
Şekil 6.111 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo F için $z= 0$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	115
Şekil 6.112 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo F için $z= 0.75$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	116
Şekil 6.113 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo F için $x= 0.15$ m, $z= -0.75$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.	116
Şekil 6.114 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo F için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.	116
Şekil 6.115 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.	117
Şekil 6.116 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki basınç dağılımları.	117
Şekil 6.117 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki hız dağılımları.	117
Şekil 6.118 : Mayın avlama sınıfı makine dairesi değer noktaları mevkileri.	118
Şekil 6.119 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için $x= 1$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	119
Şekil 6.120 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için $x= 3.2$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	120
Şekil 6.121 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için $x= 6$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	120

Şekil 6.122 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için $z= 3.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	121
Şekil 6.123 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için $z= 4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	121
Şekil 6.124 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için $z= 5.7$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	122
Şekil 6.125 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için $x= 3.2$ m, $z= 4.6$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları. ...	122
Şekil 6.126 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.	122
Şekil 6.127 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.	123
Şekil 6.128 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki basınç dağılımları.	123
Şekil 6.129 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki hız dağılımları.	123
Şekil 6.130 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için $x= 1$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	125
Şekil 6.131 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için $x= 3.2$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	126
Şekil 6.132 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için $x= 6$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	126
Şekil 6.133 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için $z= 3.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	127
Şekil 6.134 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için $z= 4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	127
Şekil 6.135 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için $z= 5.7$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	128
Şekil 6.136 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için $x= 3.2$ m, $z= 4.6$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları. ...	128
Şekil 6.137 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.	128
Şekil 6.138 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.	129
Şekil 6.139 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki basınç dağılımları.	129
Şekil 6.140 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki hız dağılımları.	129
Şekil 6.141 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için $x= 1$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	131

Şekil 6.142 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için $x= 3.2 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	131
Şekil 6.143 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için $x= 6 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	132
Şekil 6.144 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için $z= 3.6 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	132
Şekil 6.145 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için $z= 4.6 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	133
Şekil 6.146 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için $z= 5.7 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	133
Şekil 6.147 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için $x= 3.2 \text{ m}$, $z= 4.6 \text{ m'}$ de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları. ...	134
Şekil 6.148 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.	134
Şekil 6.149 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.	134
Şekil 6.150 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki basınç dağılımları.	135
Şekil 6.151 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki hız dağılımları.	135
Şekil 6.152 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için $x= 0.15 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	137
Şekil 6.153 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için $x= 3.2 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	137
Şekil 6.154 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için $x= 6 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	138
Şekil 6.155 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için $z= 3.4 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	138
Şekil 6.156 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için $z= 4.6 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	139
Şekil 6.157 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için $z= 6.85 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	139
Şekil 6.158 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için $x= 0.15 \text{ m}$, $z= 6.85 \text{ m'}$ de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.	140
Şekil 6.159 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.	140
Şekil 6.160 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.	140

Şekil 6.161 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki basınç dağılımları.....	141
Şekil 6.162 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki hız dağılımları.....	141
Şekil 6.163 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo E için $x= 0.15$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	143
Şekil 6.164 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo E için $x= 3.2$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	144
Şekil 6.165 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo E için $x= 6$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	144
Şekil 6.166 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo E için $z= 3.4$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	145
Şekil 6.167 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo E için $z= 4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	145
Şekil 6.168 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo E için $z= 6.85$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	146
Şekil 6.169 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo E için $x= 0.15$ m, $z= 6.85$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları....	146
Şekil 6.170 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.....	146
Şekil 6.171 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.....	147
Şekil 6.172 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki basınç dağılımları.....	147
Şekil 6.173 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki hız dağılımları.....	147
Şekil 6.174 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo F için $x= 0.15$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	149
Şekil 6.175 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo F için $x= 3.2$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	150
Şekil 6.176 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo F için $x= 6$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	150
Şekil 6.177 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo F için $z= 3.4$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	151
Şekil 6.178 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo F için $z= 4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	151
Şekil 6.179 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo F için $z= 6.85$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	152

Şekil 6.180 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo F için $x= 0.15$ m, $z= 6.85$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları. ...	152
Şekil 6.181 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo F için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.	152
Şekil 6.182 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.	153
Şekil 6.183 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki basınç dağılımları.	153
Şekil 6.184 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki hız dağılımları.	153
Şekil 6.185 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi yangın senaryoları değer noktaları.	155
Şekil 6.186 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için $x= -3$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	156
Şekil 6.187 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için $x= 0$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	157
Şekil 6.188 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için $x= 2.8$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	157
Şekil 6.189 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için $z= -4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	158
Şekil 6.190 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için $z= 0$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	158
Şekil 6.191 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için $z= 4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	159
Şekil 6.192 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için $x=0$ m, $z= 0$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları. ...	159
Şekil 6.193 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.	159
Şekil 6.194 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.	160
Şekil 6.195 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki basınç dağılımları.	160
Şekil 6.196 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki hız dağılımları.	160
Şekil 6.197 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için $x= -3$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	163
Şekil 6.198 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için $x= 0$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	163
Şekil 6.199 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için $x= 2.8$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	164

Şekil 6.200 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için $z = -4.6 \text{ m}'$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	164
Şekil 6.201 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için $z = 0 \text{ m}'$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	165
Şekil 6.202 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için $z = 4.6 \text{ m}'$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	165
Şekil 6.203 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için $x=0 \text{ m}, z= 0 \text{ m}'$ de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları....	165
Şekil 6.204 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.....	166
Şekil 6.205 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.....	166
Şekil 6.206 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki basınç dağılımları.....	166
Şekil 6.207 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki hız dağılımları.....	167
Şekil 6.208 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için $x = -3 \text{ m}'$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	169
Şekil 6.209 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için $x = 0 \text{ m}'$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	169
Şekil 6.210 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için $x = 2.8 \text{ m}'$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	170
Şekil 6.211 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için $z = -4.6 \text{ m}'$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	170
Şekil 6.212 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için $z = 0 \text{ m}'$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	171
Şekil 6.213 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için $z = 4.6 \text{ m}'$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	171
Şekil 6.214 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için $x=0 \text{ m}, z=0 \text{ m}'$ de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları....	172
Şekil 6.215 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.....	172
Şekil 6.216 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.....	172
Şekil 6.217 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki basınç dağılımları.....	173
Şekil 6.218 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki hız dağılımları.....	173
Şekil 6.219 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için $x = -3 \text{ m}'$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	175

Şekil 6.220 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için $x= 0 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	176
Şekil 6.221 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için $x= 6.25 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	176
Şekil 6.222 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için $z= -4.6 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	177
Şekil 6.223 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için $z= 0 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	177
Şekil 6.224 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için $z= 4.6 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	178
Şekil 6.225 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için $x= 6.25 \text{ m}$, $z= 0 \text{ m'}$ de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.	178
Şekil 6.226 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.	178
Şekil 6.227 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.	179
Şekil 6.228 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki basınç dağılımları.	179
Şekil 6.229 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki hız dağılımları.	179
Şekil 6.230 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için $x= -3 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	182
Şekil 6.231 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için $x= 0 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	182
Şekil 6.232 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için $x= 6.25 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	183
Şekil 6.233 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için $z= -4.6 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	183
Şekil 6.234 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için $z= 0 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	184
Şekil 6.235 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için $z= 4.6 \text{ m'}$ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.	184
Şekil 6.236 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için $x= 6.25 \text{ m}$, $z= 0 \text{ m'}$ de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.	184
Şekil 6.237 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.	185

Şekil 6.238 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.....	185
Şekil 6.239 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki basınç dağılımları.....	185
Şekil 6.240 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki hız dağılımları.....	186
Şekil 6.241 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için $x = -3$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	187
Şekil 6.242 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için $x = 0$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	188
Şekil 6.243 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için $x = 6.25$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	188
Şekil 6.244 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için $z = -4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	189
Şekil 6.245 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için $z = 0$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	189
Şekil 6.246 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için $z = 4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.....	190
Şekil 6.247 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için $x = 6.25$ m, $z = 0$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.....	190
Şekil 6.248 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.....	190
Şekil 6.249 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.....	191
Şekil 6.250 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki basınç dağılımları.....	191
Şekil 6.251 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki hız dağılımları.....	191
Şekil 6.252 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli $x = -1$, $x = 3.75$ ve $x = 6.5$ m' de ki Y-Z düzlemlerinde sıcaklık dağılımları.....	195
Şekil 6.253 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli $z = -1.75$, $z = 0$, $z = 1.75$ m' de ki X-Y düzlemlerinde sıcaklık dağılımları.....	196
Şekil 6.254 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli değer noktalarındaki sıcaklık dağılımı.....	196
Şekil 6.255 : Mayın avlama gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli $x = 1$, $x = 3.2$ ve $x = 5.4$ m' de ki Y-Z düzlemlerinde sıcaklık dağılımları.....	197
Şekil 6.256 : Mayın avlama gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli $z = 3.6$, $z = 4.6$ ve $z = 5.6$ m' de ki X-Y düzlemlerinde sıcaklık dağılımları.....	198

Şekil 6.257 : Mayın avlama gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli değer noktalarındaki sıcaklık dağılımı.	198
Şekil 6.258 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli $x= 1, x= 3.2, x= 5.4$ m’ de ki Y-Z düzlemlerinde sıcaklık dağılımları.	200
Şekil 6.259 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli $z= -4.6, z= 0, z= 4.6$ m’ de ki X-Y düzlemlerinde sıcaklık dağılımları.	201
Şekil 6.260 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli değer noktalarındaki sıcaklık dağılımı.	201

SAVAŞ GEMİLERİNDE MAKİNE DAİRESİ YANGINLARININ SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ

ÖZET

Savaş gemisi ya da herhangi bir tipte ticari geminin karşılaşılabileceği en tehlikeli durumlardan biri yangın olgusudur. Genel gemi emniyetini etkileyen faktörler kabaca seyir emniyeti, yangın emniyeti, cihaz ve eşizelerin düzgün ve dizayn limitleri arasında çalışması, personelin eğitimi sayılabilir. Sayılan bu faktörlerden herhangi birinde yaşanabilecek bir aksaklık yangına sebebiyet verebilir.

Bu çalışmada üç farklı tipte savaş gemisine ait makine dairelerinde; iki farklı mevkide ve üç farklı büyüklükte oluşabilecek yangınlar sürekli ve zamana bağlı yangın modelleri kullanılarak incelenmiştir. İncelemede basınç, hız ve sıcaklık dağılımları hesaplanarak, karşılaştırılmıştır.

Her bir makine dairesi için iki farklı mevkide (orta ve perde kenarı) ve üç farklı yangın büyüklüğünde (0.5, 1 ve 3 MW) altı adet yangın senaryosu oluşturulmuş, üç makine dairesi için sürekli durumda toplam 18 farklı yangın senaryosu incelenmiştir. Zamana bağlı çözümler için ise bir mevki (orta) ve bir yangın büyüklüğü (0.5 MW) olmak üzere toplam üç farklı yangın senaryosu incelenmiştir.

Makine dairelerinin geometrisi ve hesaplama ağı için Gambit 2.3 ve korunum denklemlerinin sayısal çözümü için ise Fluent 6.3 programları kullanılmıştır.

Değişik kabullerin ve sınır şartlarının sonuçlara etkilerini görmek üzere makine dairelerinden biri seçilerek, belli bir yangın büyüklüğü için modellenmiştir. Hesaplamalar sırasında basit bir makine dairesi modelinden başlanarak gerçek duruma model adım adım geliştirilerek yaklaşılmıştır. Modelin doğruluğu, literatürde mevcut deneysel sonuçlardan yararlanılarak gösterilmiştir.

Sürekli durum yangın modelleri sonucu; üç savaş gemisinin de havalandırma açıklıklarının yetersiz kaldıkları, sistemlerin ve cihazların makine dairesi içersindeki yerleşimlerinin, yangının yayılmasını etkilediği, boyutları oranında soğuk hava girişini engelleyebildikleri ya da yönünü değiştirdiği, yangının başlangıç mevkisine bağlı olarak yayılma hattını belirlediği, perde yangınlarının orta mevkii yangınlarına oranla yangının daire üzerindeki etkisini azalttığı görülmüştür.

Zamana bağlı yangın modeli sonucunda sahil güvenlik gemisi personeli yangına müdahale edemezken, mayın avlama ve fırkateyn sınıfı savaş gemisi personeli koruyucu teçhizata ihtiyaç duymadan yangına müdahale edebilmektedir. Bu durum makine dairesi boyutlarının ve dizaynının, yangının yayılmasını ve yangınla mücadeleyi nasıl etkilediğini göstermektedir.

NUMERICAL MODELLING OF ENGINE ROOM FIRES FOR NAVAL SHIPS

SUMMARY

Naval ship or any type of commercial ship, the phenomenon of fire is one of the most dangerous situations the ship encountered in her life cycle. The safety of cruise, fire safety, smooth operation of systems and devices, and training level of the crew are the main factors that affect the overall safety of a ship. Even any small problem in these factors can cause a fire.

In this study, engine room fires for three different naval ships were modelled by using steady and time-dependent fire models, with two different fire positions and three different energy release rates. The distributions of the pressure, velocity, temperature, and turbulent kinetic energy were calculated for the steady and unsteady conditions.

For each warship, six different steady state fire scenarios were studied by considering two different fire positions (in the center and bounded to the wall), and three different heat release rates (0.5, 1 and 3 MW). For unsteady calculations, with one position (in the center) and one heat release rate (0.5 MW) totally three engine room fire scenarios were modelled.

The main machinery spaces of each warship were meshed in Gambit version 2.3. For the solutions of the conservation, turbulence and radiation equations, Fluent version 6.3 CFD package was used.

To determine the effects of different assumptions and boundary conditions on the results, one of the engine room was selected and an engine room fire was modelled at the steady state condition for the heat release rate of 0.5 MW and the position of the fire was in the centre of the engine room. At first, the empty engine room with adiabatic walls was considered. Later, the engines and tanks placed in the engine room, however the surfaces were still adiabatic. And so on the real situation of the engine room has been approached step by step manner. The fire model is validated by using the available experimental data for the enclosed compartment fire tests in the literature.

The results of engine room fire scenarios in steady state condition were reveals, the fires which has the same heat release had different behavior at the machinery spaces that had different dimensions and layout plans. It is showed that the some of the engine rooms had inadequate openings to evacuate the hot gases and smoke. The systems which are in the machinery space influence the fire spread in the machinery space and prevent the entrance of cold air into the engine room. Besides, different effects of the fires observed which has the same heat release rate but at the different position (in the center and bounded to the wall).

The results of unsteady engine room fire scenarios reveals that the coast guard ship's main machinery space's ambient temperature was too high for fire-fighting efforts.

1. GİRİŞ

Savaş gemileri; üzerlerinde taşıdıkları silah sistemlerine stabil bir platform sağlamakla görevli mukavim gemilerdir. Savaş gemileri; sahip oldukları silahlar ile bu silahların doğru ve tesirli bir atış yapmalarını sağlayacak elektronik sistemleri ile harp şartlarında diğer gemilere nazaran daha dayanıklı, daha hızlı ve manevra gücü bakımından yüksek kabiliyetleri sebebiyle diğer gemi tiplerinden ayrılırlar. Tüm bu özellikleri yukarıda açıklandığı üzere sahip oldukları silah sistemlerinin her şartta görev yapabilmelerine olanak sağlamak amacıyladır.

Savaş gemileri su üstü ve su altı olmak üzere iki ayrı tiptedir. Su üstü gemileri küçük ani müdahale botlarından ve karakol gemilerinden en büyük savaş gemisi tipi olan uçak gemilerine kadar birçok farklı sınıfta üretilirken, su altı savaş gemileri olan denizaltılar ise konvansiyonel ve nükleer olmak üzere genel olarak iki tiptedir.

Bu çalışmada konu edilen su üstü gemilerinin genel sınıfları;

- Uçak Gemileri
- Helikopter Gemileri
- Amfibi Destek Gemileri
- Savaş Gemileri
- Kruvazörler
- Destroyerler
- Fırkateynler
- Korvetler
- Hücumbotlar
- Mayın Avlama Gemileri
- Karakol Botları
- Sahil Güvenlik Botları
- Çıkarma Gemileri
- Yardımcı Sınıf Gemiler (Lojistik Destek gemileri vb.)

şeklindedir. Tüm bu sınıf gemilerin dizayn özelliklerini görev tipleri ve hareket yapacakları sahalar belirler. Bu çalışmada Türk Deniz Kuvvetleri'nin sahip olduğu gemi sınıflarından 80 sınıfı sahil güvenlik gemisi, Aydın sınıfı mayın avlama gemisi ve Gabya sınıfı fırkateynin sahip olduğu ana makine daireleri kullanılmıştır.

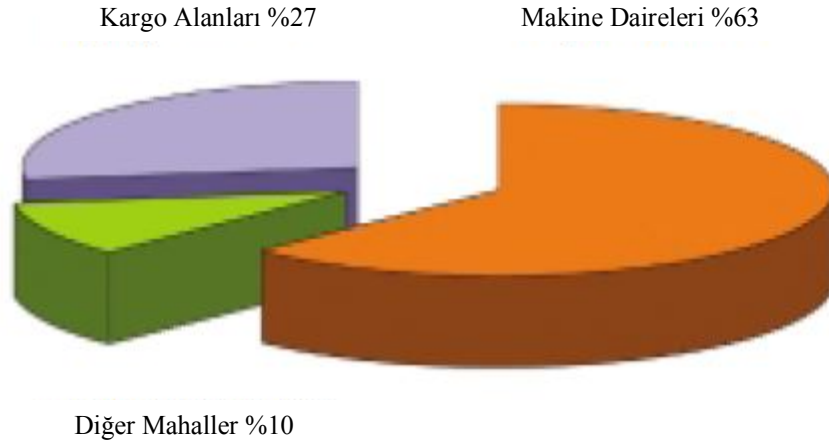
Savaş gemisi ya da herhangi bir tipte ticari geminin karşılaşabileceği en tehlikeli durumlardan biri yangın olgusudur. Gemi; yapısı itibarıyla oldukça karmaşık bir sistemdir. Yapısı gibi geminin her anlamda emniyeti de oldukça karmaşık bir alandır. Bu durumu etkileyen faktörler kabaca seyir emniyeti, yangın emniyeti, cihaz ve eçhizelerin düzgün ve tasarım kriterleri arasında çalışması, personelin eğitimi sayılabilir. Sayılan bu faktörlerden herhangi birinde yaşanabilecek bir aksaklık kolaylıkla yangın ile sonuçlanabilir.

Gemiler bünyelerinde yanıcı birçok malzeme barındırırlar. Yakıt, yağ, cephane, yanıcı kargo, boya, solventler gibi birçok akar ve katı yanıcı malzeme gemilerin çeşitli mahallerinde depolanır. Bu yanıcı malzemelerin kolaylıkla tutuşmasını sağlayacak sıcak yüzeyler, aşırı sıcak ve havalandırması yetersiz ortamlar, çalışan cihazlardan oluşabilecek sparklar ya da statik elektrik yüklenmiş yüzeyler gemilerde oldukça sık alanda bulunabilir.

Gemilerde yangın olgusunu çok daha karmaşık bir hale getiren neden ise, seyir esnasında yangın durumu ile karşılaşan personelin, kara yangınlarına oranla dışarıdan yardım alabilme ihtimalinin çok düşük olmasıdır. Ayrıca kara yangınlarından farklı olarak gemideki yangının izolesini engelleyen ve yayılmasını kolaylaştıran havalandırma açıklıkları, ventilasyon devreleri, kapatılamayan kaportalar, kablo yolları gibi birçok faktör mevcuttur.

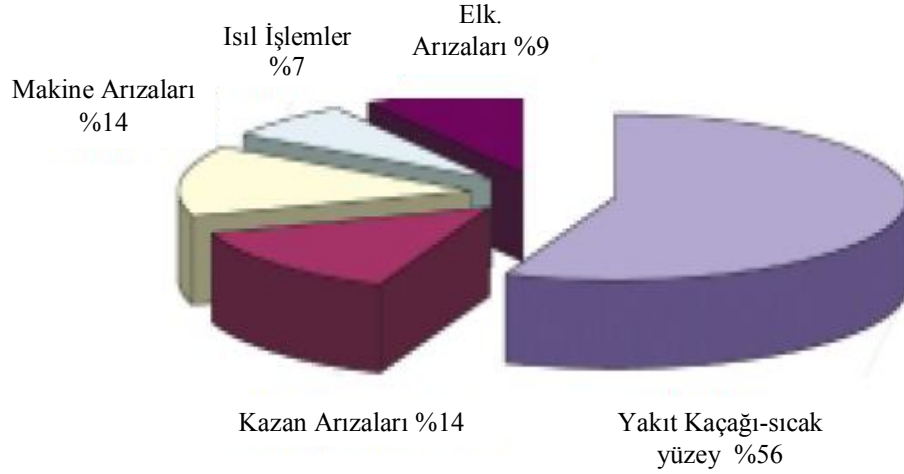
1969 ile 1974 yılları arasında donanma gemilerinde vukuu bulan yangınların sınıflandırılması neticesinde, büyük çaplı yangınların oluşabileceği dört ana bölge belirlenmiştir. Bu bölgeler sırasıyla; makine daireleri, personel hizmet mahalleri, personel yaşam mahalleri ve güverte yükleme alanlarıdır[1]. Sıralanan her bir bölgede meydana gelen yangınların her biri kendi arasında farklılık taşımakta ve özellikle makine daireleri ile güvertelerde meydana gelenler önceden tahmin edilmelerini güçleştiren özellikler göstermektedir.

DNV (Det Norske Veritas) tarafından kendi klasında bulunan gemilerde 1992-1997 yılları arasında meydana gelen 167 ayrı yangın olayının incelenmesi sonucu ise yangınların 2/3'ünün makine dairelerinde gerçekleştiği görülmüştür[2].



Şekil 1.1 : Gemilerde meydana gelen yangınların mahallere göre oranları.

Aynı çalışma sonucu makine dairelerinde meydana gelen yangınların çıkış sebeplerinin dağılım oranları ise Şekil 1.2'de gösterilmektedir.



Şekil 1.2 : Makine dairesi yangınlarının çıkış sebepleri.

Makine daireleri genel adı altında belirtilen yerler geminin ana tahrik sistemlerini, elektrik üretimini sağlayan yardımcı makinelerini ve jeneratörlerini, dümen ve yeke sistemlerini, onarım atölyelerini ve makine sistemleri ile ilgili diğer ekipmanlarını bulunduran mahallerdir. Sayılan bu mahaller geminin diğer tüm mahallerine oranla kolaylıkla bir yangın çıkmasına neden olacak yanıcı malzemelerin ve sıcak yüzeylerin birbirlerine oldukça yakın durumda bulundukları mahallerdir. Özellikle akar durumda bulunan yakıt, yağlama yağı gibi yanıcılar makine dairelerinde herhangi bir makine elemanının arızası, yakıt veya yağ devrelerinin kaçırması ya da daire personelinin gerekli düzen ve tertibi göstermemesi sonucu daire içerisinde herhangi bir mahalde sıcak yüzeylere erişecek şekilde birikebilir. Bu durumun neticesinde de sonucu ve büyüklüğü önceden kestirilemeyen yangınlar vukuu bulabilir.

Yukarıdaki şekillerde de açıklandığı üzere bu çalışma ile bir gemide yangın çıkma olasılığı en yüksek yerlerden biri olan makine daireleri yangınları konu edilmiştir. Farklı tipte savaş gemilerine ait farklı yerleşim planlarına sahip makine dairelerinde çeşitli yangın senaryoları düzenlenmiş, yangının daire içerisindeki yayılımı, daire yüzeylerine olan etkisi sayısal olarak incelenmiştir. Bu senaryolar neticesinde elde edilen sonuçların doğruluğu daha önceki çalışmalardan ve deneyler sonucu ortaya konan ampirik formüllerden elde edilmiş olan analitik sonuçlar ile karşılaştırılarak gösterilmiştir.

Bu çalışmada farklı boyutlara ve farklı yerleşim planlarına sahip üç farklı makine dairesi için üç farklı yangın büyüklüğünde ve iki farklı yangın yeri için inceleme yapılmıştır. Büyük ve küçük yangınları temsil etmek üzere 0.5 MW, 1 MW ve 3 MW yangın büyüklükleri yangın senaryoları için seçilmiştir. Bir durumda tüm yangınların mümkün olduğu kadar dairenin geometrik olarak tam ortasında ve ana makinelerinin arasında çıktığı kurgulanmış, diğer durumda ise genellikle ana yakıt devrelerinin ve yakıt valf sandıklarının bulunduğu baş perde ya da kış perdeye temas edecek şekilde meydana geldikleri tasarlanmıştır.

Bu çalışmaya konu olan üç farklı tip savaş gemisinde 80 sınıfı sahil güvenlik gemisine ait makine dairesi başlangıç için örnek daire seçilmiş ve öncelikle doğru sınır şartlarını belirlemek üzere sabit yangın büyüklüğü ve sabit yangın yerinde farklı sınır şartları için inceleme yapılmıştır.

Öncelikle daire boş ve tekne elemanlarının yüzeyleri adyabatik olarak kabul edilmiş, bilahare makine dairesi hacmi dolu ve tekne yüzeyleri adyabatik, daire dolu ve tekne yüzeyleri gemi inşa çeliği ve ısı alış verişine uygun, son olarak makine dairesi yerleşim planına uygun dolu ve yüzeyler gerçek durumu yansıtacak şekilde gemi inşa çeliği ve yalıtım malzemesi ile kaplanmış olarak modellenmiştir. Tüm bu farklılıkların incelenmesi neticesinde oluşturulan model diğer tüm makine dairelerine uygulanmıştır.

Aynı şekilde çözümün ağ büyüklüğünden bağımsız olduğunu göstermek üzere farklı ağ büyüklükleri için yine 80 Sınıfı Sahil Güvenlik gemisine ait makine dairesi örnek olarak alınmış, farklı hücre sayılarında yangın modellenerek belirli bir sayıdan sonra sonuçların değişmediği gözlemlenmiştir. Aynı çalışma her daire için tekrarlanarak sonuçların ağ yapısından bağımsız olduğu görülmüştür.

Çalışmada yangının meydana geldiği yerin büyüklüğü değişken parametre olarak alınmıştır. Yangının alanı yangın büyüklüğünü etkilemektedir. Yangın büyüklükleri sabit tutularak aynı büyüklükteki yangınların benzer mevkilerde ancak farklı boyutlardaki ve yerleşim planlarına sahip makine dairelerini nasıl etkilediği incelenmiştir. Benzer çalışmalarda makine dairesi hacimleri gerçek daire boyutlarında ancak genel olarak basit geometrik hacimler şeklinde modellenirken, bu çalışmada dairenin geometrisini ve yangının yayılmasını büyük oranda etkileyen daire yerleşimleri mümkün olduğunca gerçeğe yakın biçimde modele dahil edilmiştir[3,4].

Bu çalışmada yanma olayı ya da kimyasal reaksiyonlar ve yangın söndürücüler dikkate alınmamıştır. Yangın büyüklüğünü belirten alandan daire içine belirli bir hız ve sıcaklıkta sıcak hava girişi olduğu kabulü yapılmıştır[5].

Savaş gemilerinde geçerli olan yangın doktrinine göre yangın çıkan mahalde yangını ilk gören personel seyyar yangın söndürücüler ya da gemi ana yangın devresinden beslenen yangın istasyonlarında mevcut deniz suyu hortumları ile yangına müdahaleye başlar. Diğer gemi personeli yangından haberdar edilerek mahallin süratle ventilasyon sistemi devre dışı bırakılarak mahallin mekanik izolasyonu manasına gelen tüm açıklıkları (fan manikaları, kaporta, vs.) kapatılır. Bu esnada yangınla mücadele kesintisiz olarak sürdürülür.

İlk müdahale neticesinde söndürülemeyen yangınlara yara savunma subayının belirleyeceği yöntemle göre ya sabit yangın söndürme sistemleri ile ya da yangın eğitimi almış gemi personeli tarafından oluşturulan ve Tamirci Parti adı verilen yangına müdahale timleri tarafından müdahale edilir. Tamirci parti ya da sabit sistemler ile müdahale edilecek yangının bulunduğu mahallin elektrik izolasyonu yapılır.

Yangın mahallinin tüm mekaniki ve elektriki izolasyonun yapıldığı görüldükten ve mahalde personel olmadığının raporu alındıktan sonra yangına Halon, CO₂ gazı gibi sabit yangın söndürücüler ile müdahale edilir. Oluşan yangın sintine de ve akaryakıt yangını ise muhakkak sintine AFFF (Aqua Film Forming Foam) sprinkleri devreye alınır. Yangının söndüğü ve yahut devam ettiği mahallin dış yüzeylerinde daha önceden belirlenmiş olan yerlere limpet termometreler yerleştirilmesi suretiyle tespit edilir. Duruma göre tamirci parti personeli ile mahalle giriş yapılır.

Bu çalışmada tüm bu yangın doktrinine rağmen mahalde oluşan en yüksek sıcaklığı ve en kötü durumu tespit etmek üzere en kötü durum senaryosu uygulanmıştır. Makine dairelerinin tüm kaportalarının kapatılamadığı ve fan manikalarının dış ortam ile bağlantısını kesen fan klepelerinin devreye alınamadığı değerlendirilmiştir. Ani gelişen yangınlarda oluşan infilak neticesinde kaportaların deformasyona uğraması sonucu kapatılamaması ve yüksek sıcaklık nedeniyle fan klepelerinin erimesi ya da klepe uzaktan kumanda tellerinin kopması özellikle büyük yangınlarda sık rastlanan bir durumdur. Bu nedenle dairede mevcut tüm açıklıkların yangının yayılmasını kolaylaştıracak ve hızla büyümesini sağlayacak şekilde açık kaldığı kabulü yapılmıştır.

Tüm bu kabuller neticesinde genel yangın dizaynında kullanılan iki farklı yöntemle göre çözüm yapılmıştır[6]. Bunlardan biri yangın büyüklüğünün yangının başlangıcından itibaren sabit olduğu kabul edilen “Sürekli Yangın Modeli (Steady – State Fire)” dir. Diğeri ise “Zamana Bağlı Yangın Modeli” dir. Bu modelde yangının büyüklüğünün başlangıçtan en yüksek seviyeye kadar ulaşmasına kadar geçen safha büyüme safhası olarak adlandırılır ve t^2 yangın modeli olarak bilinir[7]. Geçen bu büyüme zamanı neticesinde yangın büyüklüğü sabit kalır. Her iki modelde üçüncü bölümde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Bu tür yangın emniyeti çalışmalarında yangınların etkileri bire bir modeller ile yapılan deneyler (Full Scale Test) sonucu tespit edilebilmektedir. Ancak bu çalışmalar büyük maliyetler getirmekte ve sonuçları ancak çok benzer hacimler için geçerli olabilmektedir. Günümüzde bilgisayar teknolojisinde ki gelişmeler göz önüne alındığında sayısal çözümler de bire bir yapılan bu testler ile aynı sonuçları sağlamaktadır[8]. Bu durum maliyeti azalttığı gibi zamandan da tasarruf sağlamaktadır. Bu sayısal çözüm yöntemleri; bölge ve alan modelleri olarak ikiye ayrılabilir.

Bu çalışmada sayısal çözüm yöntemlerinden olan alan modellerinden ya da daha doğru bir ifadeyle bir CFD (Computational Fluid Dynamics) programı olan Fluent programı yardımıyla yangın modellenmiştir. Çalışmada kullanılan bilgisayarın özellikleri Çizelge 1.1’ de sunulmuştur.

Çizelge 1.1 : Çalışmada kullanılan bilgisayarın özellikleri.

Üretici	Model	İşlemci	Bellek	Sistem Türü
Hewlett-Packard	HP Pavillion DV-5	Intel Core 2 Duo CPU P8600 2,40 GHz	3,00 GB	32 Bit

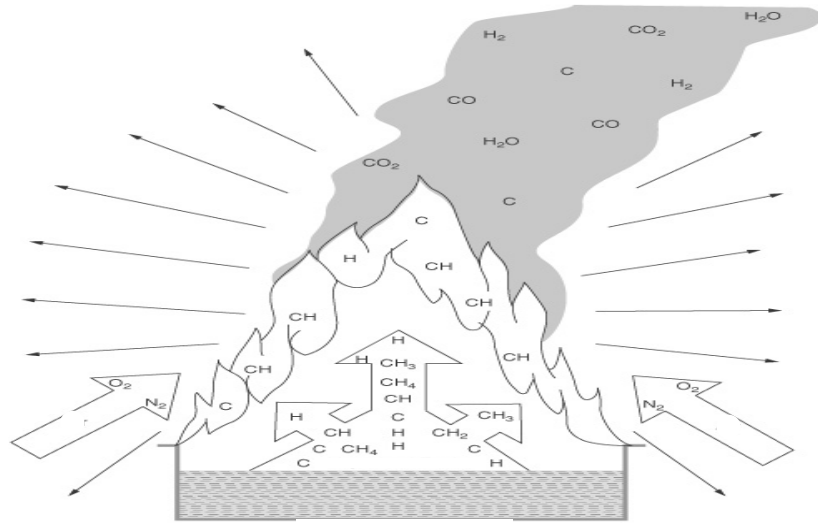
2. YANGIN KİMYASI

Yanıcı bir maddenin oksijen ile ısı altında ve belirli oranlarda birleşmesi sonucu meydana gelen kimyasal reaksiyona yanma denir. Yanma; milyonlarca buhar molekülünün hızlı oksidasyonu olarak da tanımlanabilir. Moleküllerin okside olması atomlarının birbirlerinden ayrılıp oksijenle bir araya gelmeleri sonucunda yeni bir molekül oluşturmaktan kaynaklanır. Atomların birbirinden ayrılması ve yeni bir molekül oluşturma sürecinde enerji; ısı ve ışık olarak ortaya çıkar. Genel anlamıyla yanma reaksiyonları;



olarak gösterilebilir.

Organik bazlı materyallerin teoride tam olarak yanmalarıyla ortaya sadece CO₂ ve su buharı çıkması gerekir. Ancak hiçbir zaman yanma tam olarak gerçekleşmediğinden yanma işlemi sonucu materyalin karbon yapısına bağlı olarak kurum, duman, çeşitli gazlar gibi birçok yanma sonu materyali ortaya çıkar.



Şekil 2.1 : Yangın bileşenleri.

Yanma olayı; ısı, yanıcı madde ve oksijenin birleşmesiyle meydana gelen ekzotermik bir reaksiyondur. Kontrolümüz dışında gelişen her yanma olayı ise yangın olarak adlandırılır. Yanma olayının ısı, yanıcı madde ve oksijen olarak üç ayağını tanımlayan olguya yanma üçgeni adı verilir.

2.1 Yanma Üçgeni

Temel olarak yanmanın oluşabilmesi için şu üç unsurun bir araya gelmesi gerekir;

- Isı
- Oksijen
- Yanıcı madde



Şekil 2.2 : Yanma üçgeni.

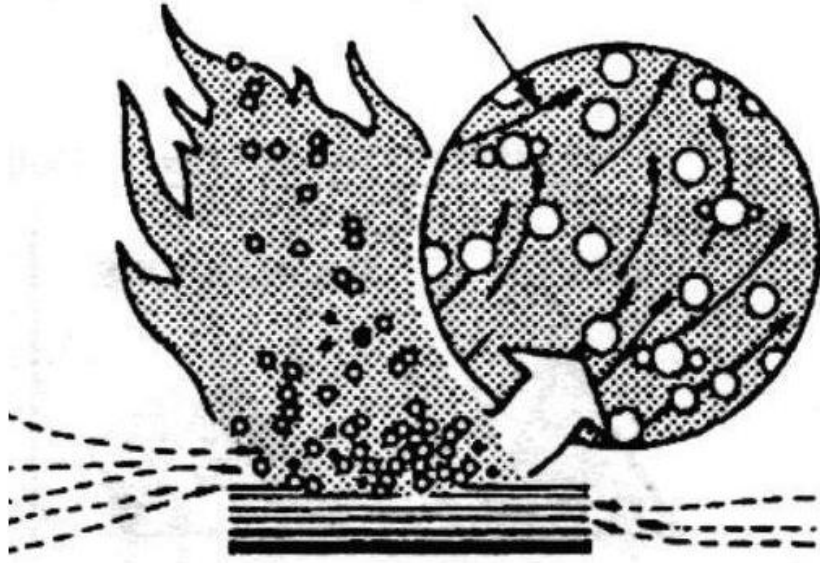
Yukarıda sayılan üç unsurun kontrolümüz dışında bir araya gelmesiyle yangın oluşur. Üçgenin ayaklarından birinin kırılması; yani bir kenarının ortamdaki uzaklaştırılması ile yanma olayı sona erer. Başka bir deyişle bu üç kenardan herhangi birinin bulunmaması neticesinde yanma olayı gerçekleşmez.

2.2 Kimyasal Zincirleme Reaksiyon

Yangınla mücadelenin modern yöntemlerle başlamasından beri yangını tanımlamak için yanma üçgeni kullanılmıştır. Yangın oluşumunu ve mücadelesini en basit şekliyle tanımlamakla birlikte yanma üçgeni yangının devamı için gerekli tüm elemanları göstermez. Yanmanın devam edebilmesi için gerekli bir diğer önemli elemanda kimyasal zincirleme reaksiyondur.

Kimyasal zincirleme reaksiyon; yangının ürettiği ısının yanıcı maddenin sıvı ya da katı olmasına göre maddenin moleküllerinin daha hızlı ayrılmasını sağlayarak yangını besleyen yanıcı buharı yaratmasıdır. Isı artışı ile birlikte moleküller daha hızlı hareket ederek sıcaklığı artırır. Bunun neticesinde daha hızlı ve kolay şekilde malzemeden ayrılan moleküller reaksiyona katılarak yangının büyümesini sağlar. Netice olarak kimyasal zincirleme reaksiyon yangının kendi kendini beslemesi olarak adlandırılabilir.

Yanma üçgenine eklenen bu eleman, diğer üç eleman ile birlikte prizmatik yangın üçgenini oluşturur.

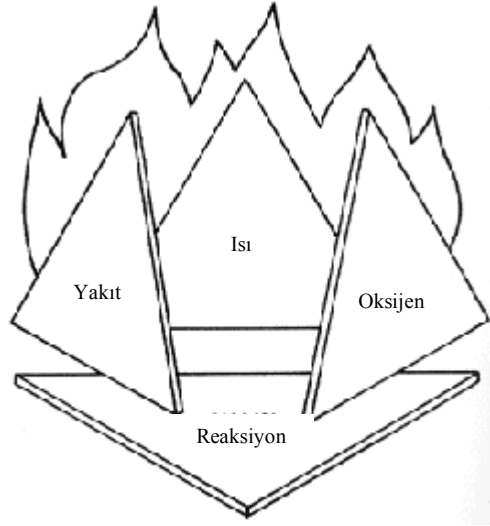


Şekil 2.3 : Isı ile yanıcı buhar oluşumu.

2.3 Prizmatik Yangın Üçgeni

Yanma üçgeninin, yanmanın devamı için gerekli olan tüm elemanları kapsamadığından hareketle tanımlanan dört elemanlı yeni yapı literatürde Prizmatik Yangın Üçgeni (tetrahedron of fire) olarak adlandırılır.

Prizmanın bir yüzeyi olan canlıların yaşam kaynağı oksijen ise atmosferde %20,9 oranında bulunur. Renksiz, kokusuz ve tadı olmayan bir gazdır. -183°C' de sıvı halde depolanabilir.



Şekil 2.4 : Kimyasal zincirleme reaksiyon.

Yeterli ısı kaynağının ve yanıcı bir materyalin bulunduğu bir ortamda yanma için gerekli oksijen her zaman mevcuttur. Yanıcının fiziksel özelliklerine ve ısı miktarına bağlı olarak yanma olayı en az %14 oksijen konsantrasyonuna sahip bir ortamda meydana gelebilir. %14 ve üzeri oksijen konsantrasyonu olan bir ortamda alevli yanma gerçekleşir. İçin için yanma tabir edilen yanma olayı için ise %3 oksijen konsantrasyonlu bir ortam yeterlidir ancak oksijen konsantrasyonu %14 oluncaya dek yanmanın alevi görülemez.

Prizmada yanıcı madde olarak gösterilen materyal doğada bulunan tüm materyalleri gösterir. Doğada yangından bağımsız herhangi bir materyal bulunmamaktadır. Yeterli oksijen ve ısı olduğu müddetçe çelik, titanyum gibi bilinen en sert materyaller dahi yanar.

Birçok yanıcı madde hidrojen ve oksijenin farklı kombinasyonları ile birlikte karbon içerir. Bunların bir kısmı çeşitli süreçler neticesinde hidro-karbon bazlı yanıcı maddeler (benzin, fuel oil, plastikler vb.) ile selüloz bazlı maddelere (odun, kağıt vb.) dönüşür.

Yanıcı maddeler doğada katı, sıvı ve gaz halde bulunurlar.

Yanmanın başlangıcı için katı ya da sıvı yanıcı maddelerin ısı vasıtasıyla yanıcı gaz üretmeleri gerekir. Katı maddelerden ısınma sonucu yanıcı gaz üretimi pyrolysis olarak adlandırılır. Isı yardımıyla maddenin kimyasal ayrışma sonucu gaz hale geçmesi olarak tanımlanabilir.

Katı maddeler belirli bir biçime ölçüye sahiptirler. Katı bir maddenin yanması olayında önemli olan faktör; maddenin kütlesine göre yüzey alanıdır. Belli bir kütlenin çok daha büyük bir yüzey alanına sahip olması, alınan ısı miktarını arttırdığından maddenin yanıcı gaz üretmesi daha hızlı gerçekleşecektir.

Çizelge 2.1 : Yanma sonu sıcaklıkları ve maddeleri.

Sıcaklık	Reaksiyon	Üretim
200 °C	Endotermik	Su buharı,CO ₂ ,asetik asit
200-280 °C	Endotermik	Su buharında azalma,CO
280-500 °C	Ekzotermik	Yanıcı gaz, partikül, karbonlaşma
500°C	Ekzotermik	Karbonlaşmış kalıntı

Sıvı yanıcı maddelerden yanıcı gaz üretimi ise buharlaşma yoluyla olur. Isınan sıvı maddeler katı maddelere oranla çok daha kolay biçimde buharlaşırlar. Sıvılarda yanma yüzeyde olur, yüzeyin altında yanma olmaz. Yüzeydeki yanmanın etkisiyle artan ısı sayesinde yanmanın devamı için gerekli ortam meydana gelir. Sıvı yanıcı maddelerin parlama yani buharlaşmaya başladıkları sıcaklık ne denli düşük olursa yanma ihtimali o derece yüksek olur.

Her sıvı maddenin suya göre belli bir özgül ağırlığı olur. Suyun özgül ağırlığı 1 kabul edilir. Özgül ağırlığı 1'in altında olan sıvılar suyun üzerinde kalırlar ve su ile söndürülmeye çalışıldığında yayılarak yanmaya devam ederler. Alkol türevi sıvı maddeler su ile karışabilirken, hidrokarbon bazlı yanıcı sıvılar su ile karışmazlar.

Gaz halindeki yanıcı maddelerin moleküler çekim kuvvetleri çok zayıf olduğundan hava ile kolaylıkla karışarak yanma için gerekli ortamı sağlarlar. Molekülleri arasındaki çekim kuvvetinin zayıflığına bağlı olarak katı ve sıvı yanıcı maddelere oranla çok kolay ve hızlı biçimde yanarlar. Basınç altında yüksek basınca dayanıklı tanklarda sıvı şekilde depolanabilirler. Basınç ortadan kalktığında tekrar gaz haline geçerler.

Isı; bir materyalin moleküllerinin hareketi neticesinde oluşan bir tür enerji olarak tanımlanabilir. Doğada mevcut her bir materyal sürekli hareket halinde olan molekülleri neticesinde kısmi bir ısıya sahiptir. Bu materyal kendisinden daha sıcak bir ısı kaynağı ile ısıtıldığı takdirde, moleküllerin hızı artar, bunun neticesinde de materyalin sıcaklığı artmış olur. Genel olarak ısı kategorileri aşağıdaki şekildedir;

- Kimyasal ısı enerjisi (yanma, birleşme ya da çözünme vb.)
- Elektrik ısı enerjisi (direnç, indüksiyon, statik ya da yıldırım vb.)
- Mekanik ısı enerjisi (sürtünme, sıkışma vb.)
- Nükleer ısı enerjisi (nükleer fizyon vb.)

3. KAPALI MAHAL YANGINLARI

Kapalı bir mahalde oluşan yangın genellikle mahallin geometrisine, havalandırma şartlarına, yanıcının tipine, miktarına ve yangın alanının büyüklüğüne bağlı olarak birçok farklı şekilde gelişebilir.

Bu bölümde bu çalışmada konu edilen kapalı mahal yangınlarını örnekleyen makine dairesi yangınlarının büyüklükleri; büyüme, gelişme, sönme gibi safhaları, kapalı mahallerde oluşan yangınların tipleri ile bu yangınların modellenmeleriyle ilgili bilgiler verilmektedir.

3.1 Kapalı Mahal Yangınlarının Safhaları

Kapalı mahallerde gerçekleşen yangınların sayısal çözümlerinde kullanılan yangın modellerine geçmeden önce yangını etkileyen faktörlerden ve yanma olayının safhalarından bahsetmek gerekir.

Kapalı mahallerde oluşan yangınları etkileyen faktörler en genel haliyle aşağıdaki gibi sıralanabilirler;

- Yangın yükünün tipi, yoğunluğu ve dağılımı,
- Yanan maddenin yanma davranışı (için için, alevli, vb.),
- Mahallin boyutları ve geometrisi,
- Mahallin havalandırma durumu,
- Mahalli oluşturan yüzeylerin termal özellikleri

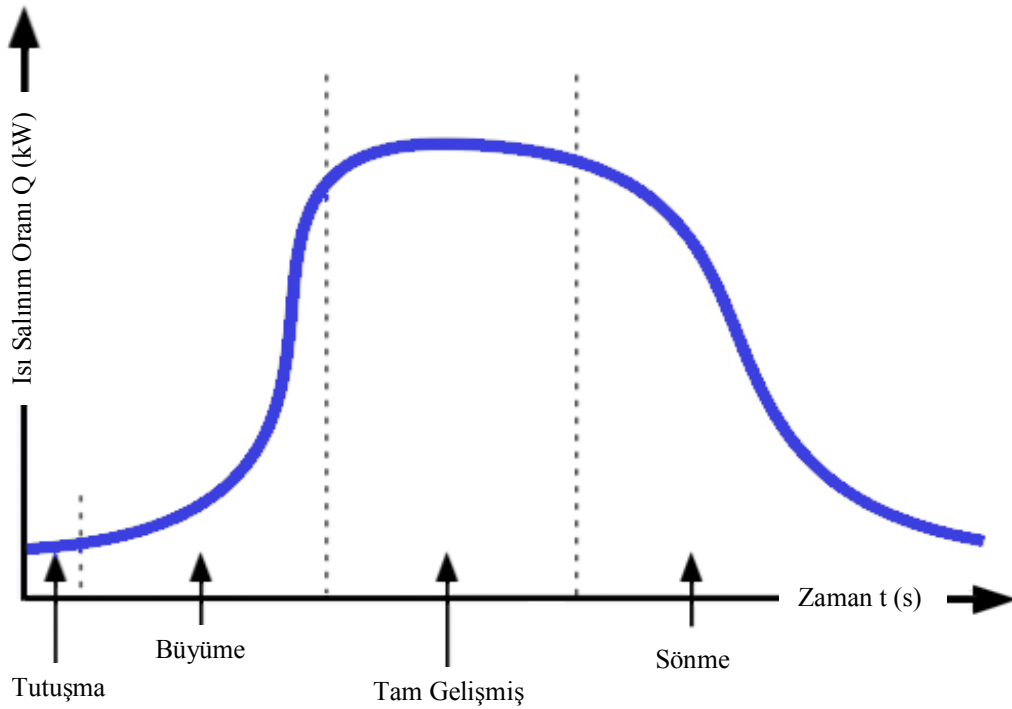
Doğada yanmayan malzeme bulunmamakla birlikte kapalı mahal yangınlarının nasıl başlayacağı, mahalde bulunan yanıcı maddelerin hangilerinin ne oranda ya da hangi süreyle yanacağı gibi yangın senaryosu tamamen yangını modelleyen mühendise kalmıştır. Herhangi bir kapalı mahal yangının senaryosu için izlenmesi gereken belirli bir yöntem de yoktur.

Kapalı mahallerde meydana gelebilecek bir yangını tasarlayanın en kolay ve en geniş kullanılan yolu bir dizayn yangını yaratmaktır.

Dizayn yangını, yangın çıkan mahallin yapısal olarak yangına dayanımı ve yangına müdahale edecek personelin emniyetli bir şekilde yangına müdahale edebilmesini sağlamayı (kararlı yangın modeli - post-flashover fire) ya da yangının başlangıcından itibaren yangın mahallinin emniyetle boşaltılması (zamana bağlı yangın modeli - pre-flashover fire) gibi iki durumu baz alır.

Yukarıda açıklandığı üzere dizayn yangını tasarlanmanın belli bir prosedürü bulunmamaktadır. Ancak yangını tasarlayan mühendis yangın tasarlanacak mahal ile ilgili mahallin kullanım amacı, mahalde bulunan yanıcı malzemeler, mahallin havalandırma açıklıkları gibi mümkün olan tüm verileri toplamalıdır.

Bir dizayn yangını oluşturmanın en basit yolu Şekil 3.1’ de görüldüğü üzere dört ayrı safhadan oluşan bir yangın eğrisi oluşturmaktan geçer.



Şekil 3.1 : Yangının safhaları.

3.1.1 Tutuşma safhası

Yanıcı maddenin tutuşmasını sağlayacak enerji kaynağı elektriksel, kimyasal ya da mekanik olabilir. Tutuşma bir tür spark gibi çok düşük enerjili bir kaynak olabileceği gibi, sıcak bir yüzey ya da bir alev de olabilir. Yanıcı maddenin tutuşmasını sağlayan tutuşturucunun sahip olduğu enerjinin büyüklüğü, yangının tutuşma safhasının çok kısa sürmesini ya da tutuşma ve büyüme safhasının çok uzun olmasını etkiler.

Tutuşma safhasının süresini belirleyen diğerk bir faktör de tutuşmayı sağlayan enerji kaynağının yanıcı maddeye göre olan mevkisidir. Örneğın asıl bir perdenin altında yer alan bir ısı kaynağı perdenin çok daha kısa sürede tutuşmasını ve yangının tam gelişmiş hale geçmesini sağlarken, perde ile aynı hizada bulunan ısı kaynağı bu süreyi çok daha fazla uzatacaktır.

3.1.2 Büyüme safhası

Tutuşmayı takiben yangın; yanmanın ve yanıcı maddenin tipine, mahal yüzeyleri ile etkileşimine (yangının mevkisine), kapalı mahale giren oksijen miktarına bağlı bir şekilde hızlı ya da yavaş olarak gelişir.

İçin için (smoldering fire) meydana gelen bir yanma büyük oranda zehirli yanma sonu gazları üretirken, ısı salınım oranı (heat release rate) oldukça düşük olabilir. Bu tür için için yanma olayının oluştuğı durumlarda yangının büyümesi çok uzun sürebilir hatta yangın büyümeden kendiliğinden sönebilir.

Büyüme safhası özellikle alevli yanma tipinde çok kısa sürerek yangın tam gelişmiş hale süratle ulaşabilir. Özellikle akaryakıt yangınlarında görülen bu durum oksijenin yeterli olduğu mahallerde, tutuşmanın hemen akabinde alevlerin yanıcı maddenin yüzeyini sararak maddenin yanıcı gazları süratle salması sonucu oluşur. Büyüme safhasındaki yangınlar yanıcı maddenin özelliklerine bağlı olduğundan “yakıt kontrollü” olarak kabul edilir.

Büyüme safhasını ifade etmek üzere “ t^2 ” yangın modeli kullanılır. Bu modelde zamanın karesi yanıcının tipine göre değişen büyüme oranı katsayısı “ α ” ile çarpılarak yangın büyüklüğü bulunur[9]. Deneyler sonucu bulunmuş olan “ α ” katsayıları Çizelge 3.1’ de sunulmuştur[10]. Bu çalışmada zamana bağlı çözümlerde “ t^2 ” yangın modelinin gelişme süreleri dikkate alınmıştır.

Çizelge 3.1 : Büyüme oranı katsayısı değerleri.

Gelişme Hızı	α , KW/s ²	1055 kW’a Ulaşma Süresi
Çok hızlı	0.19	75
Hızlı	0.047	150
Orta	0.012	300
Yavaş	0.003	600

3.1.3 Tam gelişmiş safha

Yangın büyüme safhasını geçip tam gelişmiş safhaya ulaştıktan sonra ısı enerjisi salınım oranı en büyük değerine ulaşmış olur ve bu noktadan sonra sönme safhasına kadar sabit kalır. Bu safhada yangın yanan maddeden ziyade ortamdaki oksijen miktarına bağlıdır ve bu safhadaki yangınlar genel olarak “havalandırma kontrollü” olarak kabul edilir.

Havalandırma kontrollü yangınlarda yanıcıdan salınan yanıcı gazlar tavan altında toplanarak mahalli açıklıklardan terk etmeye başlarlar. Bu dışarı çıkış esnasında yanan gazlar nedeniyle alevler mahallin açıklıklarından görülebilir. Yangına müdahale eden personel için bu durum yangının tam gelişmiş safhaya ulaştığına işaret eder. Tam gelişmiş duruma gelen yangınlarda mahallin içindeki sıcaklık oldukça yüksektir ve yangının tipine bağlı olarak ortalama 700-1200°C’dir.[10]

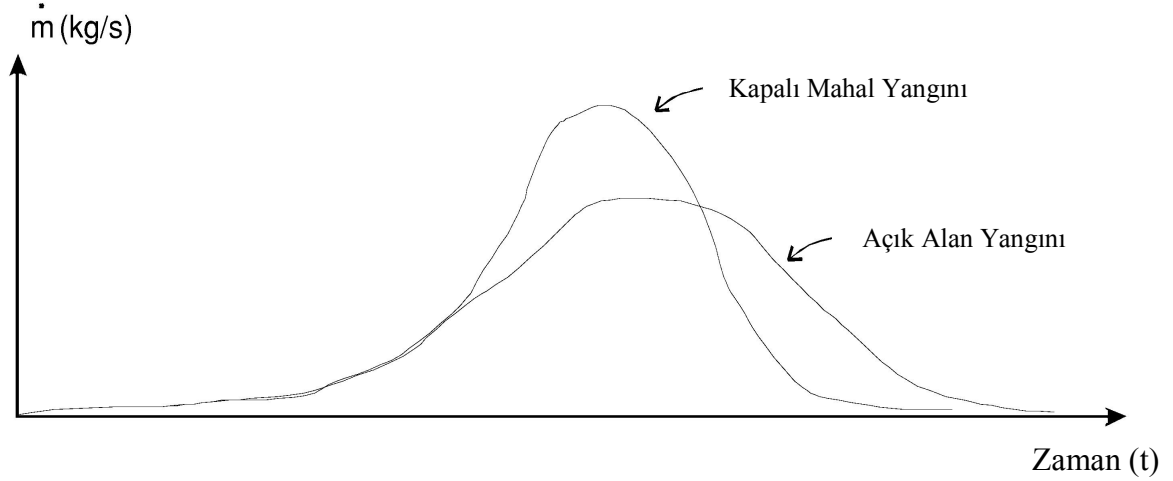
3.1.4 Sönme safhası

Tam gelişmiş safhadan sonra yakıt tükenmeye başladığından dolayı ısı enerjisi salınım oranı düşmeye başlar. Dolayısıyla mahallin içindeki sıcaklıklarda düşmeye başlar. Bu safhaya ulaşan yangınlar havalandırma kontrollüden tekrar yakıt kontrollü hale dönüşmüştür.

3.2 Kapalı Mahal Yangınlarında Mahal Etkisi

Kapalı bir mahal içerisinde bir yangın çıktığında, yanma sonucu ortama salınan ısı enerjisini ve yanma oranını etkileyen iki ana faktör vardır. Bu iki faktörden ilki; yanma sonucu ortaya çıkan sıcak gazların tavan altında toplanarak mahallin tavanını ve duvarlarını ısıtmasıdır. Bu sıcak gazlar ile birlikte tavan ve duvarlarda yanıcı maddenin yüzeyine ya da yüzeylerine yanma oranını artıracak dolayısıyla yanmayı hızlandıracak ve yangını büyütecek ısı enerjisini ısıma yoluyla iletirler. Bir diğer faktör ise; mahallin sahip bulunduğu açıklıkların büyüklüklerinin yanma için gerekli olan oksijen miktarını sınırlamasıdır. Az önceki durumun aksine bu oksijen yetersizliği de yanıcı maddenin yanma oranını sınırlayacak dolayısıyla ısı salınım oranını azaltacak ancak yanmamış gaz oranını dolayısıyla zehirli gaz miktarını artıracak yönde etki yapacaktır.

Şekil 3.2’ de görüldüğü üzere açık alanda meydana gelen yangın sonucu yangından yayılan enerji tümüyle ortama dağılmaktadır. Kapalı bir mahalde meydana gelen yangında ise tavan altında biriken ve tavanın ve duvarların ısınmasını sağlayan yanma sonu gazları mevcuttur. Duvarlardan ve tavandan geri yansıyan ısı nedeniyle yanıcı maddenin yanıcı gaz üretimi yani yanma oranı artmaktadır.



Şekil 3.2 : Kapalı mahalin kütle yanma oranına etkisi.

3.3 Yangın Modelleri

Çizelge 3.2’ den görüldüğü üzere yangın olgusunun karmaşıklığı basit yangın modellerinden alan modellerine doğru gidildikçe artar. İlk dört yangın modeli basit modeller olarak tarif edilebilirken bölge ve alan yani CFD modelleri ileri düzeyde ve karmaşık modeller olarak adlandırılabilir. Tüm modellerin başlangıç parametreleri birbirinden farklıdır. Basit modeller daha az başlangıç bilgisine ihtiyaç gösterirken, karmaşık modeller daha detaylı ve daha fazla başlangıç bilgisine ihtiyaç duyar.

Basit yangın modellerinde yanma sonu gazlarının sıcaklığı mahal içinde üniform kabul edilir ve sıcaklık-zaman bazında gösterilir. Duman hareketleri ve yangının yayılımı modele dahil edilmez. Daha çok gelişmiş yangınlar (post-flashover fires) için uygundur.

İleri düzeydeki yangın modelleri ise ısı ve kütle transferini modele dahil ederler. Mahal içindeki sıcaklığı çok daha detaylı gösterebilir, yangının yayılması ile duman hareketlerini çözüme dahil ederler.

Çizelge 3.2 : Yangın modelleri.

Model	Basit Modeller	Zaman Denkliği	Kapalı Mahal Yangınları		Bölge Modelleri		CFD / Alan Modelleri
			Parametrik	Bölgesel	Tek Bölge	İki Bölge	
Zorluk	Basit	Orta			İleri		
Yangın	Gelişmiş yangınlar			Zamana Bağlı Yangın	Gelişmiş yangınlar	Zaman Bağlı / Bölgesel	Sıcaklık-zaman bazlı
Sıcaklık Dağılımı	Mahal boyunca uniform			Alev bulutu boyunca non-uniform	Uniform	Her tabakada uniform	Zaman ve bölge bazlı
Giriş Parametreleri	Yangın tipi	Yangın yükü Havalandırma durumu Yüzey termal özelliği Mahal boyutları		Yangın yükü Yangın çapı Tavan yüksekliği	Yangın yükü Havalandırma durumu Yüzey termal özelliği Mahal boyutları Detaylı ısı ve kütle bilgisi girişi		Akış denklemlerinin çözümü için detaylı veri girişi
Örnek	BSEN1991-1-2				COMP2	CCFM	FDS
	PD7974-1		PD7974-1		OZone SFIRE-4	CFAST OZone	SMARTFIRE SOFIE
	El ile hesaplama		Basılı Formül Formları	Basit denklemler	Bilgisayar Modelleri		

Bölge modelleri gaz sıcaklıklarını bir ya da farklı bölgelerde gösterebilirken alan yani CFD modelleri gaz sıcaklıklarının dağılımını tüm mahal içerisinde bölgelerden bağımsız olarak gösterir.

3.3.1 Olasılıklı (probabilistic) yangın modelleri

Gerçekte olasılıklı (Probabilistic) modeller direkt olarak yangının fiziksel ve kimyasal oluşumlarını incelemeye kullanılmazlar. Ancak yangın olgusunun bir safhasından diğer bir safhasına geçişinde istatistiksel tahminlerde bulunmak üzere kullanılırlar.

Olasılıklı modeller yangının doğasını, özet olarak bir seri ayrık safhalar olarak tanımlar. Zamana bağlı olasılıklar, yangının bir safhasından diğer bir safhasına geçişini bir seri tahminler üzerinden yürütür. Bu tahminler, çok geniş bir biçimde yangın deneylerinden elde edilmiş verilerin istatistiksel sonuçlarından meydana getirilirler.

Olasılıklı yangın modelleri üç ana başlık altında toplanırlar;

- Ağ (Network) Modelleri
- İstatistiksel (Statistical) Modeller
- Simülasyon (Simulation) Modeller

3.3.1.1 Ağ (network) modelleri

Bir ağ modeli; modele konu edilen enerji, bilgi ya da mantık gibi herhangi bir olgunun bir noktadan diğer bir noktaya ulaşmasını ya da bir safhadan diğer bir safhaya geçişini temsil eden akışın bir tür grafiksel gösterim metodudur. Problemin oluşturulmasında karşılaşılan her olayın iki ya da daha fazla sonucu olduğu ve olayın neticesine göre karar verilen cevabın akış yolunu oluşturduğu karar akış diyagramları ağ modelinin bir türüdür.

Olay akış diyagramları ise ağ modellerinin diğer bir türüdür. Olaylar arasındaki ilişkiler “ve” (AND) ve “veya” (OR) kapıları ile betimlenir. Karar akış diyagramlarındaki ilişkiler sadece “ve” kapısı ile temsil edildiğinden olay akış diyagramları karar akış diyagramlarına oranla mühendisin daha esnek modelleme yapabilmesine olanak sağlar.

3.3.1.2 İstatistik modeller

Ağ modelleri herhangi bir olayı kesin ve tek bir değer ile ifade ederken, istatistik modeller olayı uygun bir ihtimal dağılımı ile tanımlarlar. Böylesine bir ihtimal dağılımı, olayın olabilirlik ihtimalini yansıtan matematiksel bir fonksiyon olarak düşünülebilir. Çok daha karmaşık bazı istatistiksel modeller iki ya da daha fazla rastgele değişkenin ihtimal dağılımını tanımlamak için olasılık teoreminden faydalanırlar.

Uygulanan ihtimal dağılımı tarihsel olaylardan elde edilmiş verilere dayanabileceği gibi mühendislik yaklaşımları sonucu elde edilen bulgulara da dayandırılabilir.

Bazı durumlarda ise ihtimal dağıtımı yapılırken her iki durumdan da elde edilen bilgiler kullanılabilir.

3.3.1.3 Simülasyon modeller

Simülasyon modellerin içerdği simülasyon terimi büyük sayılardaki farklı durum setlerini içeren şartların problemin sonucu nasıl etkilediğini gözlemlemek üzere yapılan bilgisayar simülasyonlarını tanımlamak üzere kullanılır. En yaygın bilinen simülasyon prosedürü Monte Carlo Simülasyonu'dur.

Yangının gelişimi çeşitli parametreler, değişkenler yardımıyla ya da yangın için tutuşma, alev yayılımı, yangın yükü, havalandırma benzeri şartlar için bir durumdan diğer bir duruma geçiş olarak tanımlanabilir.

Bilgisayar, yangının, parametreler ve değişkenlerin büyük sayıdaki farklı kombinasyonlarına göre, tanımlanan bir evreden yine tanımlanmış bir diğer evreye geçişine müsaade eder. Elde edilen sonuçlar yangının her bir parametresi ya da değişkeninin birbirine bağlı olarak değişimi şeklinde incelenebilir.

3.3.2 Belirleyici (deterministic) modeller

Genel anlamıyla belirleyici yangın modelleri yangın mühendisliğinde belirli konu başlıkları altındaki problemleri modellemek üzere kullanılır. Bu tür ana problem konularından bazıları;

- Kapalı mahallerdeki duman ve ısı transferi,
- Yangın dedektörleri ya da sprinklerleri aktivasyon zamanları,
- Mahalde bulunan personelin tahliyesi,
- Yapısal elemanlardaki sıcaklık profilleridir.

Belirleyici yangın modelleri üç ana başlık altında toplanabilir;

- Bölge Modelleri
- Alan (CFD) Modelleri
- El ile Hesaplama Yöntemi (Ampirik Formüller)

3.3.2.1 Bölge modelleri

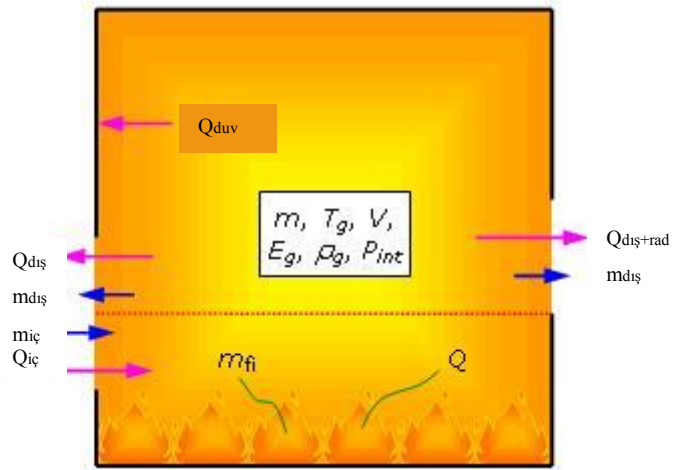
Bölge modeli terimi yangın mühendisliğinde kapalı mahal yangınlarını modellemek üzere kullanılan bir tür bilgisayar modelini tanımlamak için kullanılır.

Bazı modeller sadece yangının olduğu mahalli modellemek üzere kullanılırken, bir kısım modelde ise yangın mahalline bitişik mahaller de modellenerek tüm yapı içerisindeki ısı transferi ve duman hareketleri modellenebilir.

Bölge modelleri “Tek Bölge Modelleri” ve “İki Bölge Modelleri” olarak ikiye ayrılır.

Tek bölge modelleri sadece tam gelişmiş yangınlar için uygulanabilir. Mahal içindeki gaz sıcaklığı, gaz yoğunluğu, enerji dağılımı ve basınç dağılımı tüm yangın mahalli için uniform kabul edilir. Tek bölge modelleri yangının olduğu mahalde kütle ve enerji korunumu için oluşturulan diferansiyel denklemleri aşağıdaki alanlar için çözer;

- Yangın tarafından salınan enerji ile, mahalde toplanan yanma sonu gazları, mahal yüzeyleri ve açıklıklardan atmosfere salınan enerji dengesi,
- Yangın tarafından yaratılan buharlaşma (pyrolysis) ile mahale giren ve açıklıklardan mahali terk eden kütle dengesi

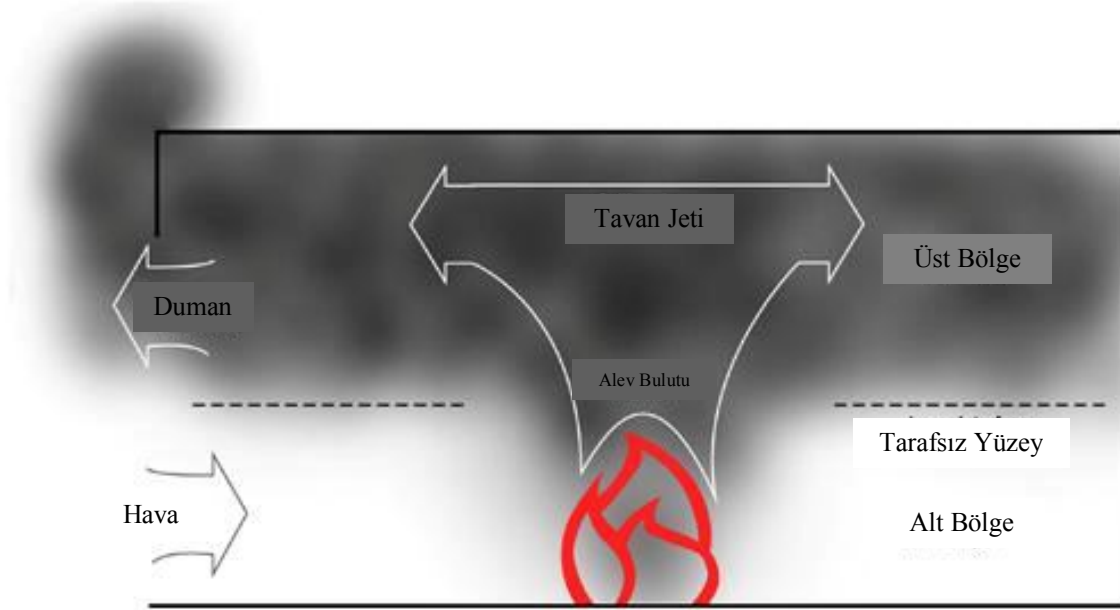


Şekil 3.3 : Tek bölge yangın modeli.

Tek bölge yangın modelleri arasında örnek olarak COMPF2, OZone ve SFIRE-4 sayılabilir.

İki bölge modelleri ise tek bölge modellerinden farklı olarak yangın mahallini alt bölge ve üst bölge olmak üzere iki farklı bölgeye ayırır[11]. Kütle, momentum ve enerji için oluşturulan korunum denklemlerini bu bölgeler için çözer. Yangından dolayı oluşan ısının yarattığı yoğunluk farkı nedeniyle oluşan yükselme neticesinde üst bölgenin sıcak bölge; alt bölgenin ise soğuk bölge olduğu kabulü yapılır ve sıcaklıkların bölgeler içinde uniform olduğu düşünülür.

Her iki bölgeyi birbirinden ayıran hayali bir tarafsız yüzeyin olduğu kabul edilir. İki bölge modelleri yangının büyüme safhasında olduğu yangınlar için kullanılır.



Şekil 3.4 : İki bölge yangın modeli.

Yangın problemlerinin modellenmesinde iki bölge çözüm yöntemi kullanan programlara örnek olarak CFAST, CCFMVENTS ve ASMET sayılabilir.

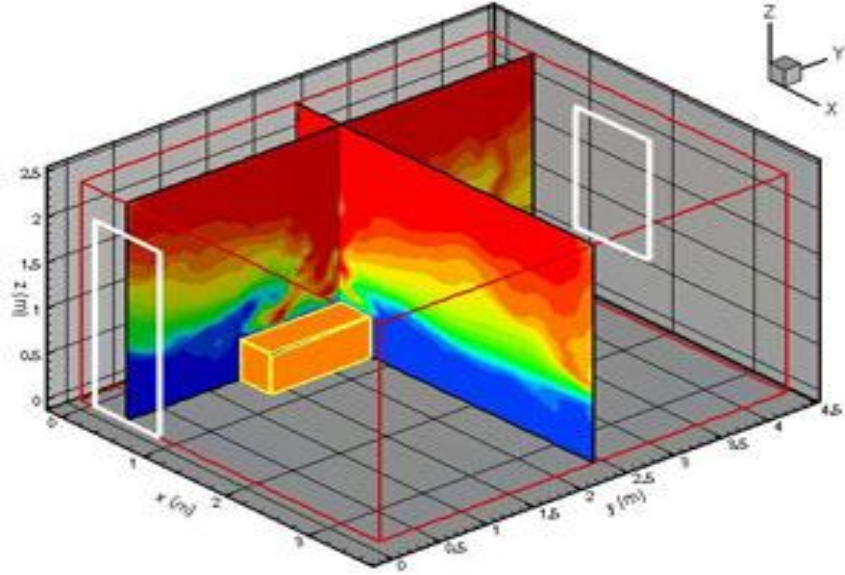
Alan modellerine göre daha basit olan bölge modellerinde, daha küçük bilgisayar kapasiteleriyle çözüm elde edilmektedir. Alan modellerindeki diferansiyel yaklaşım yerine, bölge modellerinde yığın çözüm (bulk approach) yapılmaktadır. Her iki model ile ulaşılan çözümler arasında benzerlik olmakla birlikte bölge modellerinin alan modellerine göre dezavantajı havalandırma akışlarını, sıcaklık dağılımlarını ve yanma sonucu oluşan ürünleri uygun düzeyde verememesidir[11].

3.3.2.2 Alan (CFD) yangın modelleri

Yangın mühendisliğinde kullanılan en ileri modelleme yöntemleri Alan (CFD-Computational Fluid Dynamics) modelleridir. Alan yangın modelleri yangının yayılımını, sıcaklık dağılımını ve duman hareketlerini değerlendirmek üzere tek mahalde ya da birbirine bitişik birçok mahalli modellemek üzere kullanılabilir.

İki bölge yangın modelinin aksine alan modelinde yangın mahalli çok daha fazla sayıda alt hücrelere bölünür ve her hücre için korunum denklemleri ayrı ayrı çözülür.

Bu durum bölge modellerine oranla daha ayrıntılı ve doğru çözümler sağladığı gibi bölge modellerinin uygulanamadığı çok daha karmaşık geometrilili hacimler içinde yangını modellenenebilir kılar[12].



Şekil 3.5 : Bir alan yangın modeli görüntüsü.

Alan modelleri Çizelge 3.2’ de gösterildiği üzere diğer tüm modeller oranla çok daha detaylı giriş bilgisine ihtiyaç duyar. Bu başlangıçta bir dezavantaj gibi görünse de elde edilen sonuçlar da diğer modellere göre çok daha detaylı olmaktadır. Aynı şekilde alan modellerindeki detaylı veri girişi ve detaylı modelleme nedeniyle problemin çözüm süresi diğer modellere göre çok daha uzundur ve çok daha fazla bilgisayar kapasitesine ihtiyaç duyar.

Kütle, momentum, ısı ve yanmaya ait korunum denklemleri sonlu farklar metodu ile oluşturulur[10]. Sonlu farklar metodu ile oluşturulan denklem setleri bilgisayarın işleyebileceği bir hale dönüştürülür. Verilen sınır şartları ve başlangıç değerlerine göre bilgisayar denklem setlerini çözerek problemi çözüme kavuşturur.

Bu çalışmada alan modellerinden yaygın olarak kullanılan bir bilgisayar programı olan Fluent programının 6.3.26 versiyonu kullanılmıştır. Yangının meydana geldiği düşünülen makine daireleri Gambit programında modellenmiş, uygun ağ yapısı (mesh) oluşturulmuş daha sonra Fluent programına aktarılmıştır. Fluent programında sınır şartları ve başlangıç değerleri girilerek çözüme gidilmiştir.

Yaygın olarak kullanılan CFD programları arasında yangın modellemesi ile ilgili olarak FDS, SMARTFIRE, SOFIE, JASMINE gibi programlar sayılabilir .

3.3.2.3 El ile hesaplama yöntemi

Yangın olgusunun bazı temel işlemlerini analitik olarak göstermek ve sonuçları değerlendirmek üzere kullanılan bir diğer yöntem de basitçe el ile hesaplama yöntemidir. Bu yöntem daha önceden yapılmış deney sonuçlarının detaylı bir şekilde incelenmesinden sonra elde edilmiş bazı ampirik formüllerin yardımıyla alev yüksekliğini, yanma oranlarını, sıcaklık ve hız değerlerinin hesaplanmasını, dedektör ve sprinkler sistemlerinin aktivasyon zamanlarının belirlenmesini sağlar.

3.4 Gemilerde Meydana Gelen Yangın Tipleri

1969 ile 1974 yılları arasında donanma gemilerinde vukuu bulan yangınların sınıflandırılması neticesinde, büyük çaplı yangınların oluşabileceği dört ana bölge belirlenmiştir[1].

Bu bölgeler sırasıyla; makine daireleri, personel hizmet mahalleri, personel yaşam mahalleri ve güverte alanlarıdır. Sıralanan her bir bölgede meydana gelen yangınların her biri kendi arasında farklılık taşımakta ve özellikle makine daireleri ile güvertelerde meydana gelenler önceden tahmin edilmelerini güçleştiren özellikler göstermektedir.

DNV (Det Norske Veritas) tarafından kendi klasında bulunan gemilerde 1992-1997 yılları arasında meydana gelen 167 ayrı yangın olayının incelenmesi sonucu ise yangınların 2/3'ünün makine dairelerinde gerçekleştiği görülmüştür[2].

3.4.1 Makine dairesi yangınları

Makine dairelerinde meydana gelen yangınlarda iki ayrı yangın tipi havuz (pool) tipi ve jet ya da sprey yangınları öne çıkmaktadır. Makine dairesi yangınlarının hemen hepsinde yanıcı maddeleri dairede bulunan yakıt, yağlama yağı, hidrolik yağ gibi yanıcı sıvılar oluşturmaktadır.

Bu tür yanıcı sıvıları bünyesinde barındıran makine daireleri doğaları gereği bir çok sıcak yüzeye de haizdirler. Yağlama yağı veya hidrolik yağ gibi basınç altında çalışan akar maddelerin içlerinden geçtiği devrelerde oluşabilecek herhangi bir çatlak ve yahut flexible devrelerde oluşabilecek bir kopma sonucu, basınç altındaki bu akar maddeler devrelerinden fışırma suretiyle daire içine boşalırlar.

Bu yüksek basınçlı püskürme herhangi bir sıcak yüzeye temas ettiği an spreya ya da jet yangını meydana gelir. Oluşan çatlaktan ya da kopmadan püsküren yakıtın ya da yağın basıncı yeterli değilse yakıt dairenin sintinesinde toplanarak sıcak yüzeye karşılaştığı an havuz tipi yangın çıkmasına sebebiyet verir.

Jet ya da spreya tipi yangınlar bu çalışmanın konusu olmamakla birlikte bu konuda yapılan çalışmalarda hidrolik yağların oluşturduğu jet yangınlarının ısı enerjisi salınım oranını tespit etmek üzere belirli bir formül oluşturulmuştur.

3.4.1.1 Jet tipi yangınlar

“ χ ” yanma verimi, ΔH_c yanma ısısı (kJ/kg) ve $V_{çıkış}$ (m/s) yanıcı maddenin çıkış hızı olmak üzere “Q” ısı enerjisi salınım oranı (kW);

$$Q = 0.11 \chi \Delta H_c V_{çıkış} \quad (3.2)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Bu çalışmada meydana gelen yangınlar havuz tipi olarak değerlendirildiğinden jet ya da spreya tipi yangınlar konuya dahil edilmemiştir.

3.4.1.2 Havuz tipi yangınlar

Makine dairelerinde oluşan havuz tipi yangınlar sınırlandırılmış bir alanda oluşan havuz tipi yangınlar ve sınırlandırılmamış havuz tipi yangınlar olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilirler[1].

Sınırlandırılmamış havuz tipi yangınlar terimi dökülen ya da püskürmeyi müteakip herhangi bir alanda toplanmaya başlayan yakıtın önünde herhangi bir engel olmaksızın geminin eğimine göre yayılmasını tanımlamak üzere kullanılabilir. Sınırlandırılmamış havuz tipi yangınlar makine dairelerinde de oluşabileceği gibi en güzel örneği olarak, helikopter platformuna inmek üzere son yaklaşmasını yapan bir helikopterin platform üzerinde düşmesi sonucu yakıt deposundan yayılan JP-5 yakıtı gösterilebilir .

Bu çalışmada ele alınan yangınların sınırlandırılmış tipte havuz tipi yangınlar olduğu kabulü yapılmıştır.

Makine dairelerinde bulunan akar durumdaki yanıcı maddelerin bazıları çok çabuk buharlaşarak infilak tehlikesi yaratabilirler. Bazı tür akar yanıcı maddelerin ise yanmaya başlaması için daha yüksek ortam sıcaklıkları gereklidir. Havuz tipi yangınların yanma oranlarını yakıtın döküldüğü alanın çapı belirler. Bu tür akar durumdaki bir yanıcı maddenin belirli bir yüzey alanı çapında yanması sonucu ortaya çıkan ısı enerjisi salınım değeri ;

$$Q = A \cdot \dot{m}'' \cdot \chi \cdot \Delta H_c \quad (3.2)$$

şeklinde ifade edilebilir[13]. Formülde yer alan,

A = Yakıtın yayıldığı alanı (m^2)

$\dot{m}''$ = yakıtın kütleli yanma oranını

χ = yanma verimini

ΔH_c = yanma ısısını (kJ/kg) göstermektedir.

Denklemdaki ΔH_c değeri Çizelge 3.3' te belirtilen diesel oil'e ait yanma ısısı değeridir. " χ " değeri yanma verimi olup hidrokarbon bazlı yakıtlar için 0.6 ile 0.8 arasında kabul edilir[10]. Bu çalışmada 0,7 alınmıştır. $\dot{m}''$ değeri ise yakıtın alanına bağlı olan kütleli yanma oranı olup denklem (3.3)' ten bulunur. " $k\beta$ " değeri de daha önce yapılmış deneylerden elde edilen sabit bir değer olup Çizelge 3.4' ten elde edilmiştir.

$$\dot{m}'' = \dot{m}''_{\infty} (1 - e^{-k\beta D}) \quad (3.3)$$

Bu çalışmada yangın büyüklükleri yakıtın döküldüğü alan yani alanın çapı değiştirilerek belirlenmiştir. Yangının oluşturulduğu yerin büyüklüğü (her iki ana makinenin arası) çaptan küçük olduğu durumlarda yakıtın yayıldığı alan eşdeğer büyüklükte dikdörtgen alınmıştır. Yangın büyüklüğü bilinmekte ancak yangın alanı bilinmediğinden her iki denklem birleştirilerek; denklem (3.4) oluşturulmuş, belirlenen yangın büyüklüğü yerine konarak yangın alanının çapı belirlenmiştir

$$Q = \pi \frac{D^2}{4} \cdot \dot{m}''_{\infty} (1 - e^{-k\beta D}) \cdot \chi \cdot \Delta H_c \quad (3.4)$$

Çizelge 3.3 : Yakıt özellikleri.

Yakıt	m''_{∞} (kg/m ² s)	ΔH_c (MJ/kg)	$k\beta$ (m ⁻¹)	Yoğunluk (kg/m ³)
Diesel oil	0.045	44.4	2.1	918

Bu çalışmada yangın; yanma olayı ve kimyasal reaksiyonlar yerine, makine dairesi hacmine alt kısmında bulunan ve çap değeri denklem (3.4)' ten elde edilen bir açıklıktan sıcak hava girişi şeklinde modellenmiştir. Sıcak hava girişinin sıcaklığının ve hızının bulunması için McCaffrey' yöntemine ait sıcaklık ve hız formülleri kullanılmıştır.

Çizelge 3.4 : McCaffrey sabitleri.

Bölge	$z/Q^{2/5}$ [m/kW ^{2/5}]	η	κ
Devamlı	< 0.08	1/2	6.8 [m ^{1/2} /s]
Aralıklı	0.08 - 0.2	0	1.9 [m/(kW ^{1/5} s)]
Alev (plume)	> 0.2	-1/3	1.1 [m ^{4/4} (kW ^{-1/3} s)]

$$\Delta T_0 = \left(\frac{\kappa}{0.9 \cdot \sqrt{2g}} \right)^2 \cdot \left(\frac{z}{\dot{Q}^{2/5}} \right)^{2\eta-1} \cdot T_{\infty} \quad (3.5)$$

$$u_0 = \kappa \left(\frac{z}{\dot{Q}^{2/5}} \right)^{\eta} \cdot \dot{Q}^{2/5} \quad (3.6)$$

McCaffrey' yöntemine ait sıcaklık ve hız formüllerinin kullanılabilmesi için yangının ısı enerjisi salınım değeri ve alevin ortalama yüksekliği gereklidir. Alevin ortalama yüksekliğinin bulunabilmesi için denklem (3.7) kullanılmıştır.

$$L = 0.235 \dot{Q}^{2/5} - 1.02D \quad (3.7)$$

Denklem (3.5) ve denklem (3.6)' da; verilen yüksekliği gösteren “z” terimi alevin ortalama yüksekliği olarak denklem (3.7)' den bulunan değer olarak alınmıştır. Diğer yangın büyüklükleri ile kıyaslama yapabilmek için 0.5 MW için bulunan ortalama yükseklik sabit kabul edilerek diğer yangın büyüklüklerinin sıcaklık ve hız değerleri bulunmuştur. Bulunan değerler  izelge 3.5' te sunulmuştur.

Çizelge 3.5 : Modele uygulanan sıcaklık ve hız değerleri.

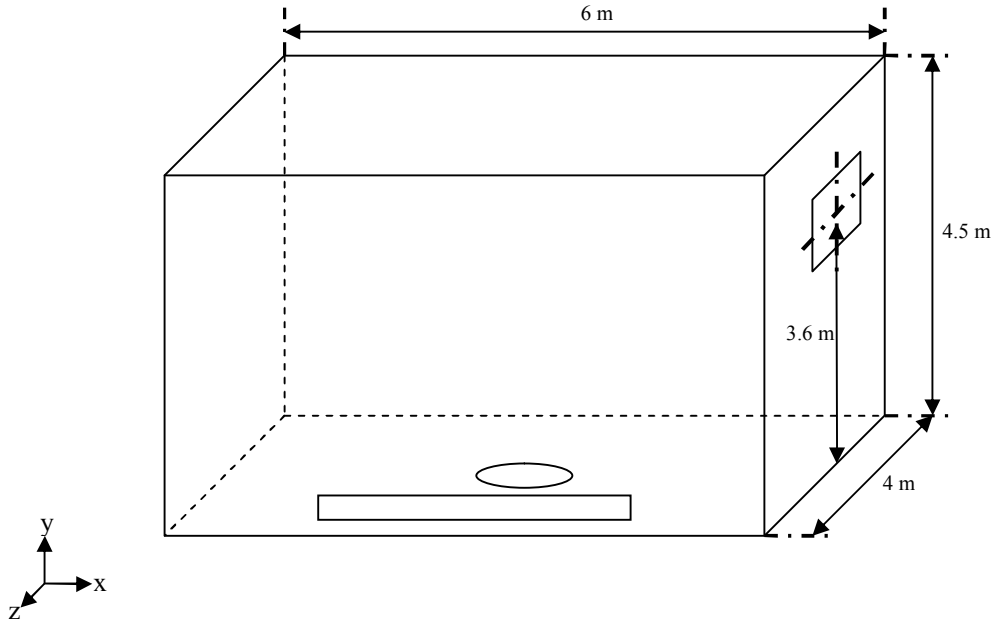
Yangın Büyüklüğü (MW)	�ap (m)	L Değer (m)	Sıcaklık (K)	Hız (m/s)
0.5	0.7565	2.05	700	6.585
1	1.0162	2.05	827	7.564
3	1.6778	2.05	1118	9.423

4. YANGIN SENARYOLARI ve MAKİNE DAİRELERİ

Bu çalışmada matematiksel modelin doğruluğunu göstermek üzere seçilen deney ve farklı boyutlardaki savaş gemilerine ait makine dairelerinde, belirli büyüklüklerde ve farklı mevkilerde oluşan yangın senaryoları dairelerin tüm açıklıklarının yangını büyütecek şekilde oluşturulduğu biçimde matematiksel olarak incelenmiştir.

4.1 Modelin Oluşturulması

Makine dairelerinde meydana geldiği düşünülen yangın senaryolarının doğruluğunu göstermek üzere Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarları'nda gerçekleştirilen bir dizi yangın deneyinden Mod08 kodlu olan deney en geniş verileri sağlamasından dolayı seçilmiştir.



Şekil 4.1 : LLNL Mod8 deney odası.

Deneyin gerçekleştirildiği deney odasının uzunluğu 6 m, genişliği 4 m, yüksekliği ise 4.5 m' dir. Deney sonucu ortaya çıkan yanma sonu gazlarının özellikleri tespit edebilmek maksadıyla odanın batı yönündeki duvarında 0.65x0.65 m boyutlarında kare şeklinde emici bir fan ağzı bulunmaktadır.

Fan ağzında yapılan ölçüm sonucu hacimsel debi 0.5 l/s ölçülmüştür. Odanın kuzey yönündeki duvarının alt kısmında ise odaya taze hava girişini sağlamak üzere orta hattı yerden 0.1 m yükseklikte olan 0.5x0.12 m boyutlarında 4 adet hava giriş açıklığı bulunmaktadır. Yangın odanın geometrik olarak tam ortasında yer alan 0.91 m çapındaki bir tepside isopropan gazının yanması ile simüle edilmektedir. İcra edilen Mod08 deneyinde yangın büyüklüğü 0.4 MW olarak ölçülmüştür[14]. Deney odasının yapı elemanlarının özellikleri Çizelge 4.1’ de sunulmuştur[17].

Çizelge 4.1 : LLNL Mod8 deney odasının materyal özellikleri.

Özellikler	Taban	Duvarlar	Tavan
Malzeme	Al ₂ O ₃ -SiO ₂	Al ₂ O ₃ -SiO ₂	Al ₂ O ₃ -SiO ₂
Yoğunluk, ρ (kg/m ³)	1920	1400	1920
Özgül ısı, c_p (J/kgK)	1000	1000	1000
Isı iletim katsayısı, k (W/mK)	0.63	0.39	0.63
Kalınlık (m)	0.1	0.1	0.1
Isı Yayımlı Oranı	0.95	0.95	0.95

Bu çalışmada deney odasında ve makine dairelerinde modellenen yangınlarda yanma olgusu inceleme dışında tutulmuştur. Yanma ve kimyasal reaksiyonların modele dahi edilmesi problemi çok daha karmaşık hale getirmekte çözüm süresini ve kullanılacak bilgisayar kapasitesini önemli ölçüde arttırmaktadır. Yanma ve kimyasal reaksiyonların probleme dahil edilmesi durumunda problemin çözümü için modele girdisi yapılacak yanma sonu gazlarının konsantrasyon bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır ki modelin diğer herhangi bir parametresinde yapılacak herhangi bir değişiklik bu durumu etkileyeceğinden yanma olayı ve kimyasal reaksiyonlar bu çalışmaya dahil edilmemiştir.

Yanma olayı ve kimyasal reaksiyonların modele dahil edilmesi yerine problemin çözümünü daha basitleştirecek ve zamandan ve bilgisayar kapasitesinden tasarruf sağlayacak bir çözüm yolu olan, yangını simüle etmek üzere yangın büyüklüğüne uygun olarak denklem (3.4)’ ten belirlenen yangın alanından makine dairesi hacmi içine sıcak hava girişi olduğu kabulü yapılmıştır[3]. Denklem (3.5) ve denklem (3.6) yardımıyla her yangın büyüklüğü için bulunan sıcak hava giriş sıcaklık ve hız değerleri modele uygulanmıştır.

4.2 Kullanılan Programlar ve Modelleme Yöntemi

Makine dairelerinde oluşturulan yangın problemlerinin çözümü, problemi oluşturan diferansiyel denklemlerin birbirlerinden ayrı olarak iterasyon yoluyla çözülmesine dayandırılmıştır. Çözüm için, ısı ve akışkan problemlerinin çözümünde yaygın bir şekilde kullanılan, sonlu hacimler ayrıklaştırma yöntemi esasına dayanan bir CFD (Computational Fluid Dynamics) programı olan Fluent Programı kullanılmıştır[16].

Fluent programının temelini oluşturan sonlu hacimler yöntemi, problemin oluşturulduğu hacmin optimum sayıda daha küçük hacme ya da hücreye bölünerek çözümün tüm bu hücreler için ayrı ayrı yapılmasına dayanmaktadır[16]. Bu çözümde önemli olan husus, problemin oluşturulduğu hacmin hem doğru sonucu verecek sayıda, hem de problemin çözümünde bilgisayar kapasitesinden ve zamandan tasarruf sağlayacak ancak sonucu etkilemeyecek sayıda küçük hacme bölünmesidir. Hücre sayısı en doğru çözümü sağlamak üzere çok fazla seçildiğinde problemin çözüm zamanı uzamakta ve ihtiyaç duyulan bilgisayar kapasitesi artmaktadır. Belirtilen etkileri azaltmak üzere hücre sayısı azaltıldığında problemin çözüm zamanı kısalmakta, ihtiyaç duyulan bilgisayar kapasitesi küçülmekte ancak sonuçlar hatalı olabilmektedir.

Uygun hücre sayısının belirlenmesi en az problemin çözümü için oluşturulan modelin doğruluğu kadar önem taşımaktadır. Uygun hücre büyüklüğü hem sonuçları etkilemeyecek hem de problemin oluşturulduğu hacmin önemli noktalarındaki değişimleri yakalayabilecek kadar küçük olmalı ancak hacmin önemli olmayan bölgelerindeki çözümlerde de zaman ve kapasite tasarrufu sağlayacak oranda büyük seçilmelidir.

Çizelge 4.2 : Makine dairelerinin ağ yapısı özellikleri.

Gemi	Boyut (m)	Hücre Tipi	Nokta Sayısı	Hücre Sayısı
Sahil Güvenlik	7x7.5x3.3	T-Grid	34470	157776
Mayın Avlama	9.2x6.4x3.4	T-Grid	62758	293292
Fırkateyn	13x12.8x8.8	T-Grid	89041	432459

Bu çalışmada daha önce yapılan literatür taraması esnasında tespit edilen benzer hacimlere ait hücre sayıları ve ön çalışma kapsamında yapılan daha basit kontrol hacimlerinde tespit edilen hücre sayıları kullanılmıştır. Problemlerin çözümünde kullanılan hücre özellikleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Bu çalışmada yangınların oluşturulduğu makine dairelerinin daha küçük alt hücrelere bölünme işlemi üç boyutlu bir çizim programı olan Gambit Programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada örneklenen her üç makine dairesi hacminin alt hücreler bölünme işleminde, karmaşık geometrilerde daha iyi sonuç verdiği düşünülen T-grid tipi hücreler kullanılmıştır. Hacmi oluşturan geometrik şeklin ilk önce kenarları uygun aralıklı noktalar (node) ile bölünmüş, daha sonra bu nokta oluşturulmuş kenarların oluşturduğu yüzeylere (face) ağ işlemi (mesh) uygulanmıştır. Son olarak makine dairesi hacmi kenarları ve yüzeyleri dikkate alarak T-Grid (prizmatik üçgen) tipi küçük hücreler ile alt hacimlere bölünmüştür (meshing).

Yangın modelini oluşturan problemin denklemlerinin sahip olduğu türev terimlerinin lineerleştirilebilmesi için hücre boyutlarının belirli bir büyüklüğe sahip olması gerekmektedir. Hücrelerin sahip olacağı büyüklüğün, hacmin kritik noktalarındaki değerleri elde etmeye müsaade edecek kadar küçük ancak problemin çözüm süresini kısaltmak ve bilgisayar kapasitesinden tasarruf etmeye yetecek kadar hacmin önem arz etmeyen yerlerinde büyük olması gerekmektedir[17].

Makine dairesi hacminin daha küçük alt hücrelere bölünme işleminde göz önünde bulundurulması gereken bazı özellikler mevcuttur. Modelin verdiği sonuçların doğruluğunu etkileyen bu özelliklerden önem arz edenler sırasıyla;

- Hücrelerin en-boy oranları (aspect ratio),
- Birbirlerine komşu hücrelerin arasındaki kenar uzunlukları oranı (successive ratio),
- Hücrelerin kare şekline olan yakınlıkları (skewness)’dır.

Bu çalışmada makine dairesi hacimlerinin daha küçük alt hücrelere bölünme işlemi sırasında T-Grid tipi alt hücreler kullanıldığından, hücrelerin en-boy oranları özelliği haricindeki diğer kısıtlamaların göz önünde bulundurulmasına gerek duyulmamıştır.

Dairelerde oluşturulan yangın problemlerinin Fluent programı yardımıyla çözümlerinde ayırık çözüm algoritması olarak adlandırılan (segregated solver) kullanılmıştır. Bu algoritmaya göre önce momentum denklemleri, sonra basınç düzeltme denklemi son olarak da enerji denklemi ve diğer transport denklemleri çözülmektedir.

Toplam beş adet süreklilik, momentum, enerji denklemi ile, yangını simüle etmek üzere daireye giriş yapan sıcak havanın ortamda mevcut hava ile karışması için bir, k- ϵ türbülans modeli için iki ve P1 ışıınım modeli için bir ilave transport denklemi olmak üzere, toplam dokuz adet diferansiyel denklem çözülmektedir. Ağ yapılarının sahip olduğu her hücrede ayrıklaştırılarak lineerleştirilen bu denklemler büyük bir denklem seti oluşturmaktadır. Ayrıklaştırılmış denklemlerin oluşturulmasında da kapalı çözüm yöntemi adı verilen (implicit scheme) kullanılmıştır. Bu çözüm yönteminde, verilen bir değişken için her hücredeki bilinmeyen değerler komşu hücrelerdeki hesaplanmış veya hesaplanmamış değerler kullanılarak hesap edilir. Bu sayede, her bilinmeyen değer için birden fazla denklem elde edilir ve bu denklemler çözülerek bütün hücrelerdeki bilinmeyen değerler hesaplanır.

Ayrıklaştırma işleminde, birinci derece hassasiyetle (first order upwind scheme) hesaplama yapılmıştır. Herhangi bir alan değişkeni için hücre yapısının yüzündeki ve merkezindeki miktarı eşit sayılır ve hücre için ortalama değer olarak ele alınır.

Basınç ve hız yakınsama yöntemi olarak, SIMPLE (Semi-Implicit Method for the Pressure Linked Equations) algoritması kullanılmıştır. SIMPLE algoritmasında ilk olarak momentum denklemi çözülerek hız alanı için yaklaşık bir çözüm bulunur ve önceki iterasyondan alınan basınç dağılımı veya başlangıç değerine bağlı olarak basınç gradyen terimi hesaplanır. Bu hesaplamalardan sonra yeni basınç dağılımı ve hız dağılımı hesaplanır[16].

Denklem setinin çözümünde, ardışık iki iterasyon arasındaki bağıl hatanın azalmasıyla birlikte çözümler yakınsamaktadır. Her bir denklem için ideal durumda sıfır olması gereken bu hata değerlerinin, yakınsama kriterleri adı verilen değerlerin altına düşmesiyle birlikte çözümün yakınsamış olduğu kabul edilmektedir. Bu çalışmada yakınsama kriterleri olarak, enerji denklemi ve P1 ışıınım model denklemi için 10^{-6} , diğer denklemler için ise 10^{-3} değeri alınmaktadır.

Yakınsama sabitleri (under-relaxation) olan ardışık iki iterasyon arasındaki farkı azaltma katsayıları başlangıçta programın kendi atadığı otomatik değerler alınmış, çözümün yakınsaması için daha sonraki basamaklarda azaltılmıştır.

Problemlerin çözümünde yerçekimi ivmesi göz önünde bulundurulmuş ve modelin orijin noktasında “-” yönlü olarak $9.81 \text{ (m/s}^2\text{)}$ değeri ile probleme dahil edilmiştir.

Makine dairelerinin açıklıklarında ortam hava basıncı ise 0 Pascal alınmıştır. Çalışmada 0 Pascal olarak alınan hava basıncı geyc basıncını göstermektedir. Mutlak basınç 101325 Pascal’dır.

Akışkana ait özgül ısı “ c_p ” ve ısı iletim katsayısı “ k ”, sabit değerde 1.006 (kJ/kgK) ve 0.0242 (W/mK) değerlerinde programa girilmiştir.

4.3 Savaş Gemileri Makine Daireleri

Bu çalışmada farklı boyutlara ve farklı yerleşim planlarına sahip üç adet farklı sınıflardaki savaş gemilerine ait makine dairelerinde oluşabilecek farklı büyüklük ve mevkilerdeki yangınlar modellenmiştir. Modellenen savaş gemisi dairelerine ait boyutlar Çizelge 4.3’ te sunulmuştur.

Çalışmada makine daireleri mümkün olduğunca en kesitlerinden elde edilen verilere göre geometrik olarak modellenmeye çalışılmıştır. Sintine dönümlerinden itibaren sarnıç ve tankların bulunduğu bölümler boş hacimler olmadığından ve modellenen hacme herhangi bir etkisi bulunmadığından sintine dönüm çizgileri hacmin alt kenarları olarak kabul edilmiştir. Bu durum hem geometrik modellerin oluşturulmasını kolaylaştırmış hem de ağ yapısını daha basit hale dönüştürmüştür.

Çizelge 4.3 : Gemi tipleri ve makine dairesi boyutları.

Daire	Gemi Sınıfı	En-Boy-Yükseklik (m)	Boş Hacim (m ³)	Dolu Hacim (m ³)	Doluluk Oranı
1	SG-80	7x7.5x3.3	157	141	%11
2	Mayın Avl.	9.2x6.4x3.4	201	168	%16
3	Fırkateyn	13x12.8x8.8	1408	1100	%22

4.3.1 80 Sınıfı sahil güvenlik gemisi makine dairesi

Bu çalışmanın kapsadığı üç farklı tipteki savaş gemisi makine dairesi hacimlerinden sahil güvenlik tipi gemiye ait makine dairesi, çalışmada kullanılacak sınır şartlarının ve kabullerin belirlenmesi maksadıyla örnek daire seçilerek, aynı yangın senaryosunda farklı kabuller ve sınır şartları ile modellenerek gerçek duruma adım adım yaklaşılmıştır. 80 sınıfı sahil güvenlik gemisi makine dairesi için sabit yangın büyüklüğü ve sabit yangın mevkisinde yapılan farklı çalışmalar Çizelge 4.4'te sunulmuştur.

Çizelge 4.4 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi sınır şartı kombinasyonları.

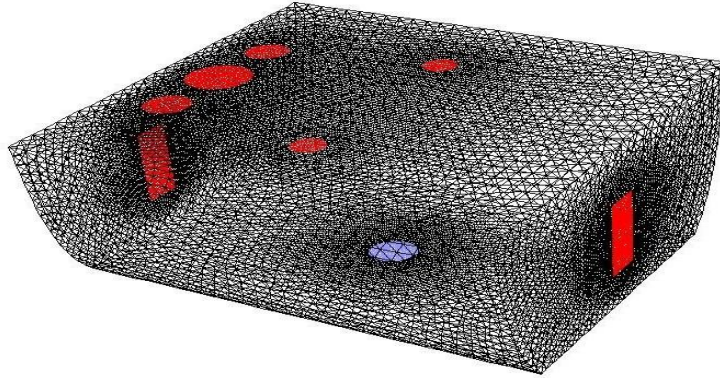
Durum	Gemi Sınıfı	Yangın Büyüklüğü	Yangın Mevkii	Tekne Elemanları	Daire
1	80 Sınıfı SG	0.5 MW	Orta	Adyabatik	Boş
2	80 Sınıfı SG	0.5 MW	Orta	Adyabatik	Dolu
3	80 Sınıfı SG	0.5 MW	Orta	Çelik	Dolu
4	80 Sınıfı SG	0.5 MW	Orta	Çelik+Yalıtım	Dolu

Makine dairesini oluşturan tekne yüzeylerinin farklı sınır şartları kombinasyonlarını ve gerçek durumlarını yansıtan bilgiler Çizelge 4.5' te sunulmuştur.

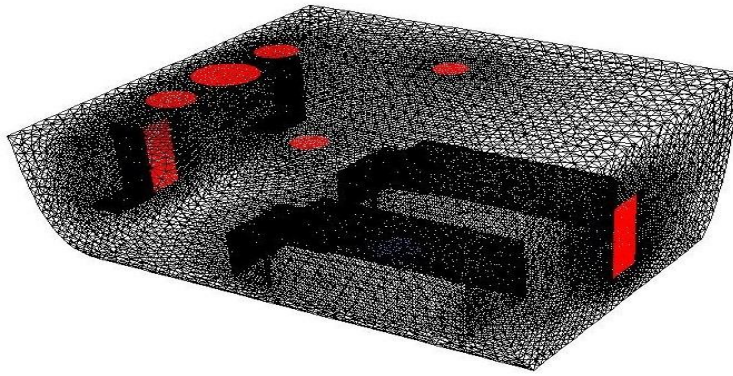
80 sınıfı sahil güvenlik gemisinin makine dairesinin boş ve dolu durumdaki izometrik görünüşleri Şekil 4.2 ve Şekil 4.3' te sunulmuştur. Ağ yapısının yangın alanı ve açıklıklar gibi kritik bölgelerde daha sık olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.5 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesinin farklı sınır şartları.

Tekne Elemanı	Durum 1	Durum 2	Durum 3	Durum 4	Durum 1 ve 2 Kalınlık (m)	Durum 3 Kalınlık (m)	Durum 4 Kalınlık (m)
Baş Perde	Adyabatik	Adyabatik	Çelik	Yalıtım	0.005	0.005	0.06
Kıç Perde	Adyabatik	Adyabatik	Çelik	Yalıtım	0.005	0.005	0.06
Sancak Alabanda	Adyabatik	Adyabatik	Çelik	Çelik	0.005	0.005	0.005
İskele Alabanda	Adyabatik	Adyabatik	Çelik	Çelik	0.005	0.005	0.005
Güverte	Adyabatik	Adyabatik	Çelik	Yalıtım	0.005	0.006	0.06
Sintine	Adyabatik	Adyabatik	Çelik	Çelik	0.005	0.005	0.005



Şekil 4.2 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi boş durumu.



Şekil 4.3 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi.

Bu çalışmada sahil güvenlik gemisine ait makine dairesi farklı sınır şartlarında ve kabullerde modellenerek sınır şartlarındaki değişimin sonuçlara etkisi incelenmiş nihai olarak üç farklı yangın büyüklüğü ve iki farklı yangın yeri tasarlanarak çözüme gidilmiştir. Sahil güvenlik gemisinin makine dairesi yangın senaryoları Çizelge 4.6’ da sunulmuştur.

Çizelge 4.6 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi yangın senaryoları.

Daire	Yangın Mevkii	Yangın Büyüklüğü (MW)	Yangın Alanı (m ²)	Giriş Hızı (m/s)	Giriş Sıcaklığı (K)
80 Sınıfı SG	Orta	0.5	0.44948	6.585	700
		1	0.81105	7.564	827
		3	2.21090	9.423	1118
	Perde kenarı	0.5	0.12797	5.732	698
		1	0.22433	6.584	826
		3	0.58419	8.203	1098

80 sınıfı sahil güvenlik gemisi makine dairesinin tekne elemanlarının materyal özellikleri Çizelge 4.7’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.7 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesinin materyal özellikleri.

Malzeme Adı	Yoğunluk, ρ (kg/m³)	Özgül Isı, c_p (kJ/kgK)	Isı İletim Katsayısı, k (W/mK)
Çelik	8030	502.48	16.27
Taş yünü	100	840	0.039

Çizelge 4.5’ te denklem (3.4)’ ten elde edilen yangın büyüklüğünü belirleyen yangın alanları belirlenmiştir. Bu büyüklüklerde 80 sınıfı sahil güvenlik gemisi makine dairesinin geometrik olarak tam ortasında ve iskele yakıt servis sarnıcı civarında kış perdesine temas eder şekilde yangın alanları Gambit programında hacme yerleştirilmiştir.

Makine dairesinin altına denk gelen bu açıklıklardan yangını simüle etmek üzere daire içine doğru denklem (3.6) ve denklem (3.5)’den elde edilen belirli hız ve sıcaklıklarda sıcak hava girişi olduğu düşünülmüştür.

Ancak 3 MW yangın büyüklüğünü simüle eden daire çapı 1.6778 m’dir. Bu büyüklük her iki ana makinenin arasındaki uzaklıktan büyük olduğu için yangın yüzeyi aynı alan büyüklüğüne sahip bir dikdörtgene çevrilerek senaryo uygulanmıştır.

80 sınıfı sahil güvenlik gemisine ait makine dairesinin üst kısmını oluşturan güverte üzerinde bulunan firar kaportası ile sancak ve iskele basıcı fanların ağızları ve iskele ve sancak doğal havalandırma açıklıklarının açık kaldığı simüle edilmiş, aynı şekilde baş perde üzerinde orta hatta, kış perde üzerinde ise orta hattan sancak tarafa doğru 0.6 m kaymış konumda bulunan kaportaların açık bırakıldığı düşünülerek en kötü yangın senaryosu modellenmiştir. 80 sınıfı sahil güvenlik gemisine ait makine dairesi elemanlarının ölçüleri Çizelge 4.8’ de sunulmuştur.

Çizelge 4.8 : Sahil güvenlik makine dairesi elemanlarının ölçü ve mevkileri.

Daire Elemanı	Çapı (m)	Boyutu (m)	Mevkii (m)	Uzaklık (m)
Fırar Kaportası	1	-	Orta Hat	Orta hatta, kış perdeden merkez 1 m uzaklıkta
Baş Kaporta	-	1.5x0.6	Orta Hat	Baş perde üzerinde
Kış kaporta	-	1.5x0.6	Kış perde sancak taraf	Kış perde üzerinde orta hattın merkezi 1.2 m sancağa
Sancak Basıcı Fan	0.7	-	Sancak taraf kışa yakın	Merkezi kış perdeden 1m, orta hattın 1.25 m sancağa
İskele Basıcı Fan	0.7	-	İskele taraf kışa yakın	Merkezi kış perdeden 1m, orta hattın 1.25 m iskeleye
Sancak Doğal Havalandırma Açıklığı	0.55	-	Enine orta hat	Enine orta hat üzerinde, merkezi orta hattın 1.75 m sancağa
İskele Doğal Havalandırma Açıklığı	0.55	-	Enine orta hat	Enine orta hat üzerinde, merkezi orta hattın 1.75 m iskeleye

4.3.2 Mayın avlama sınıfı savaş gemisi makine dairesi

80 sınıfı sahil güvenlik gemisine ait makine dairesinde sabit yangın yeri ve büyüklüğünde yapılan çalışmalar neticesinde tespit edilen kabuller ve sınır şartları ile aynı yangın büyüklükleri ve aynı yangın mevkilerinde ki senaryolar, sahil güvenlik makine dairesine oranla %30 daha büyük olan mayın avlama gemisine ait makine dairesine uygulanarak sonuçlar incelenmiştir. Mayın avlama gemisi makine dairesine ait boyutlar Çizelge 4.9’ da sunulmuştur.

Çizelge 4.9 : Mayın avlama gemisi makine dairesi ölçüleri.

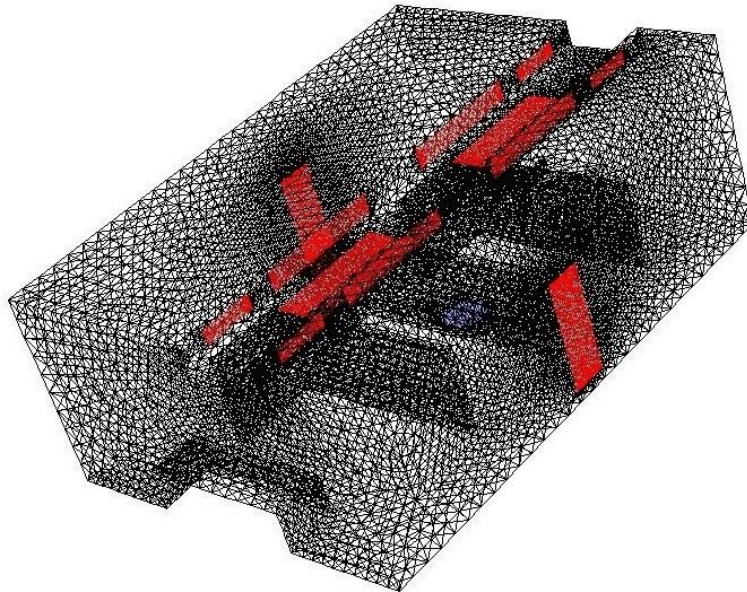
Daire	Gemi Sınıfı	En-Boy-Yükseklik (m)	Boş Hacim (m³)	Dolu Hacim (m³)	Doluluk Oranı
2	Mayın Avlama	9.2x6.4x3.4	201	168	%16

Bu çalışmada mayın avlama gemisi için üç farklı yangın büyüklüğü ve iki farklı yangın yeri tasarlanarak çözüme gidilmiştir. Mayın avlama sınıfı gemiye ait makine dairesi hacminin yangın senaryoları Çizelge 4.10’ da sunulmuştur.

Çizelge 4.10 : Mayın avlama gemisi makine dairesi yangın senaryoları.

Daire	Yangın Mevkii	Yangın Büyüklüğü (MW)	Yangın Alanı (m ²)	Giriş Hızı (m/s)	Giriş Sıcaklığı (K)
Mayın Avlama Gemisi	İsk. A. Mak.	0.5	0.44948	6.585	700
	ile Yrd. Mak.	1	0.81105	7.564	827
	Arasında	3	2.21090	9.423	1118
	Perde kenarı	0.5	0.12797	5.732	698
		1	0.22433	6.584	826
		3	0.58419	8.203	1098

80 sınıfı sahil güvenlik gemisi makine dairesi yangınlarında olduğu üzere denklem (3.4)’ ten elde edilen yangın alanları belirlenmiştir. Bu büyüklüklerde mayın avlama gemisi makine dairesinin geometrik olarak iskele ana makinesi ile yardımcı makine ve jeneratör grubu arasında, enine kesitin tam ortasında olacak şekilde ve iskele ana makine yakıt servis devrelerinin hizasında kıç perdesine temas eder şekilde yangın alanları Gambit programında hacme yerleştirilmiştir.



Şekil 4.4 : Mayın avlama gemisi makine dairesi izometrik görünüşü.

Makine dairesinin altına denk gelen bu açıklıklardan yangını simüle etmek üzere daire içine doğru denklem (3.6) ve denklem (3.7)'den elde edilen belirli hız ve sıcaklıklarda sıcak hava girişi olduğu düşünülmüştür. Ancak 3 MW yangın büyüklüğünü simüle eden daire çapı 1.6778 m'dir. Bu büyüklük iskele ana makine ile yardımcı makine jeneratör grubu arasındaki uzaklıktan büyük olduğu için yangın yüzeyi aynı alan büyüklüğüne sahip bir dikdörtgene çevrilerek senaryo uygulanmıştır.

Mayın avlama gemisi makine dairesi yangın senaryolarında kullanılan tekne elemanlarının materyal durumları ve kalınlıkları Çizelge 4.11' de sunulmuştur.

Çizelge 4.11 : Mayın avlama gemisi makine dairesinin yüzeylerinin özellikleri.

Tekne Elemanı	Durum	Malzeme	Kalınlık (m)
Baş Perde	Yalıtım	Taş Yünü-150	0.06
Kıç Perde	Yalıtım	Taş Yünü-150	0.06
Sancak Alabanda	Yalıtım	Taş Yünü-150	0.11 (0.06+0.05)
İskele Alabanda	Yalıtım	Taş Yünü-150	0.11 (0.06+0.05)
Güverte	Yalıtım	Taş Yünü-25	0.11 (0.06+0.05)
Sintine	Non-Magnetik Çelik	Ostenitik Paslanmaz Çelik	0.008

Mayın avlama gemisi makine dairesi yangın senaryolarında kullanılan tekne elemanlarının materyal özellikleri Çizelge 4.12' de görülmektedir.

Çizelge 4.12 : Mayın avlama gemisi makine dairesi yüzeyleri materyal özellikleri.

Malzeme Adı	Yoğunluk, ρ (kg/m ³)	Özgül Isı, c_p (J/kgK)	Isı İletim Katsayısı, k (W/mK)
1.3964 Manyetikliği Alınmış Paslanmaz Çelik	7900	460	14
Taş Yünü-150	150	840	0.045
Taş Yünü-25	25	840	0.036

4.3.3 Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi

80 sınıfı sahil güvenlik gemisine ait makine dairesi ve mayın avlama gemisi makine dairesine ait yangın senaryoları bu iki daireye oranla çok daha büyük olan fırkateyn sınıfı bir savaş gemisinin makine dairesine uygulanmıştır. Fırkateyn sınıfı bir savaş gemisine ait makine dairesinin boyutları Çizelge 4.13' te sunulmuştur.

Çizelge 4.13 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi ölçüleri.

Daire	Gemi Sınıfı	En-Boy-Yükseklik (m)	Boş Hacim (m³)	Dolu Hacim (m³)	Doluluk Oranı
3	Fırkateyn	13x12.8x8.8	1408	1100	% 22

Bu çalışmada fırkateyn sınıfı savaş gemisine ait makine dairesi için üç farklı yangın büyüklüğü ve iki farklı yangın yeri tasarlanarak çözüme gidilmiştir. Fırkateyn sınıfı savaş gemisine ait makine dairesi hacminin yangın senaryoları Çizelge 4.14’ te sunulmuştur.

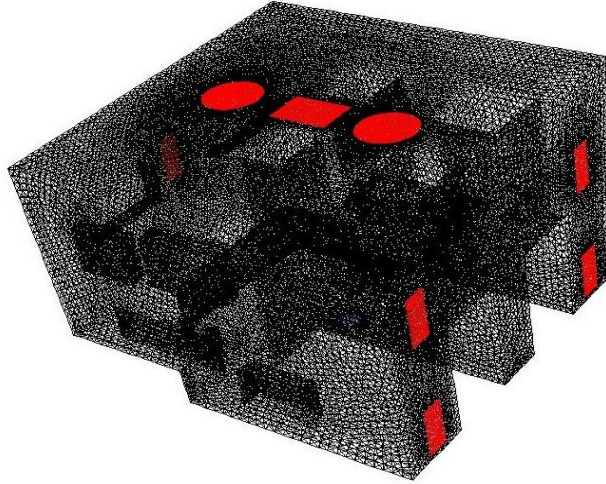
Çizelge 4.14 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi yangın senaryoları.

Daire	Yangın Mevkii	Yangın Büyüklüğü (MW)	Yangın Alanı (m²)	Giriş Hızı (m/s)	Giriş Sıcaklığı (K)
Fırkateyn Sınıfı Savaş Gemisi	1A GT ile 1B GT kapsülü arasında	0.5	0.44948	6.585	700
		1	0.81105	7.564	827
		3	2.21090	9.423	1118
	Perde kenarı	0.5	0.12797	5.732	698
		1	0.22433	6.584	826
		3	0.58419	8.203	1098

Çizelge 4.14’ te 80 sınıfı sahil güvenlik gemisi ile mayın avlama gemisi makine daireleri yangınlarında olduğu gibi denklem (3.4) yardımıyla elde edilen yangın alanları belirlenmiştir.

Çizelge 4.14’ te görülen yangın büyüklüklerinde fırkateyn sınıfı savaş gemisinin makine dairesinin geometrik olarak 1A gaz türbini ile 1B gaz türbini kapsülleri arasında enine kesitin tam ortasında olacak şekilde ve ana yakıt elektriki kontrol valfinin bulunduğu baş perde geçişinin hemen hizasında baş perdesine temas eder şekilde yangın alanları Gambit programında hacme yerleştirilmiştir.

Makine dairesinin altına denk gelen bu açıklıklardan yangını simüle etmek üzere daire içine doğru denklem (3.7) ve denklem (3.6)’den elde edilen belirli hız ve sıcaklıklarda sıcak hava girişi olduğu düşünülmüştür.



Şekil 4.5 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi izometrik görünümü.

Fırkateyn sınıfı savaş gemisine ait makine dairesini oluşturan tekne elemanlarının durumları ve kalınlıkları Çizelge 4.15’ te sunulmuştur.

Çizelge 4.15 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi yüzeyleri özellikleri.

Tekne Elemanı	Durum	Malzeme	Kalınlık (m)
Baş Perde	Yalıtım	Roxul RHM 60A	0.051
Kıç Perde	Yalıtım	Roxul RHM 60A	0.051
Sancak Alabanda	Çelik	Çelik	0.016
İskele Alabanda	Çelik	Çelik	0.016
Güverte	Yalıtım	Roxul RHM 60A	0.051
Sintine	Çelik	Çelik	0.016

Fırkateyn sınıfı savaş gemisine ait makine dairesini oluşturan tekne elemanlarının materyal özellikleri Çizelge 4.16’ da görülmektedir.

Çizelge 4.16 : Fırkateyn makine dairesi yüzeylerinin materyal özellikleri.

Malzeme Adı	Yoğunluk, ρ (kg/m ³)	Özgül Isı, c_p (J/kgK)	Isı İletim Katsayısı, k (W/mK)
Çelik	8030	502,48	16,27
Roxul RHM 60A	96	840	0,048

5. SAYISAL MODEL

Bu çalışmada beş adet korunum denkleminin yanı sıra; k-ε türbülans modeli için iki, P1 ışıınım modeli için bir ve sıcak havanın karışımı için bir transport denklemi olmak üzere toplam dokuz adet diferansiyel denklem çözülmektedir.

5.1 Genel Korunum Denklemleri

Tüm akış problemleri için kütle ve momentum korunumu denklemlerinin çözülmesi gereklidir. Isı transferinin de söz konusu olduğu akış problemlerinde kütle ve momentum korunumu denklemlerine ek olarak enerji korunumu denklemlerinin de çözülmesi zorunludur.

Kütle korunum denklemi;

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i) = S_m \quad (5.1)$$

şeklinde verilebilir. Denklemin sağ tarafında yer alan S_m terimi ikinci fazdan sürekli faza eklenen kütle miktarını göstermektedir. Bu çalışmada kimyasal reaksiyonlar dikkate alınmadığından ve faz değişimi gerçekleşmediğinden dolayı kütle korunumu denklemi ya da süreklilik denklemi aşağıdaki hale gelir.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i) = 0 \quad (5.2)$$

Yukarıdaki denklemin sol tarafında mevcut olan iki terim hız vektörünün toplam türevini göstermektedir. Sıkıştırılamayan akışların sürekli durumlarında denklemin sol tarafındaki yoğunluğun zamanla değişimini gösteren zaman terimi 0 değerini alır. Bunun neticesinde kütle korunum denklemi aşağıdaki hale dönüşür.

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (5.3)$$

Momentum korunum denklemi hızlanma olmayan hücrelerde aşağıdaki gibi yazılır.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_j) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial P}{\partial x_j} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_i} + \rho g_j + F_j \quad (5.4)$$

Burada “i” indisi değişken indis iken “j” indisi sabit indis olup momentum denkleminin yazıldığı yönü göstermektedir. Sol taraftaki zaman terimi ve taşınım terimi birlikte, u_j hızının toplam türevini göstermektedir. Sağ taraftaki ilk terim basınç gradyenini, üçüncü terim ağırlık kuvvetini ve son terim de diğer kütle kuvvetlerini göstermektedir. Sağ taraftaki ikinci terim momentum geçişinin diverjansını göstermekte olup, “ τ_{ij} ” terimi “j” yönündeki yüzeye paralel olarak etkiyen momentum geçişini göstermektedir. Bu terim ikinci dereceden bir tansör olup kayma gerilmesi olarak da adlandırılır.[18] Isaac Newton’a göre laminar ve paralel bir akışta akışkanın tabakaları arasındaki kayma gerilimi bu tabakalara dik yöndeki hız gradyeni ile lineer bir şekilde orantılıdır. “Non-Newtonian” akışkanlarda ise kayma gerilmesi ile hız gradyeni arasındaki ilişki çok daha karmaşık bir hal alır ve aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\tau_{ij} = \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] - \frac{2}{3} \mu \frac{\partial u_l}{\partial x_l} I \quad (5.5)$$

Yukarıdaki denklemde “ μ ” simgesi dinamik viskoziteyi simgeler. I ise birim tansördür. “ δ_{ij} ” simgesiyle de ifade edilebilir. Diğer bir ifadeyle “ δ_{ij} ” ifadesi “Kronecker Delta” olarak adlandırılan ikinci dereceden bir tansör olup $i=j$ olduğu durumlarda 1’e eşit, diğer farklı tüm durumlarda ise 0’dır.

Isı transferinin de akışa dahil olduğu durumlarda enerji denklemi;

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \frac{\partial}{\partial x_i}(u_i(\rho E + p)) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(k_{eff} \frac{\partial T}{\partial x_i} - \sum_j h_j J_j + u_j (\tau_{ij})_{eff} \right) + S_h \quad (5.6)$$

yukarıdaki şekilde yazılabilir.

Denklemin sağ tarafındaki E terimi iç enerjiyi, sol taraftaki diğer terimlerde iç enerji için toplam türevi ve basınç terimini göstermektedir.

“ $k_{eff} = k + k_t$ ” efektif ısı iletim katsayısını göstermektedir. Burada k_t türbülanslı ısı iletim katsayısı olup seçilen türbülans modeline göre değişmektedir. J terimi j' bileşeni için difüzyon enerji akısını gösterir.

Sağ taraftaki ilk üç terim sırasıyla ısı difüzyon, bileşenlerin kütesel difüzyonu ve viskoz disipasyon nedeniyle oluşan enerji geçişini göstermektedir. S_h ise herhangi bir kimyasal reaksiyon olması halindeki ısı üretimini veya hacimsel ısı üretimini göstermektedir.

5.2 Türbülans Modeli

Bu çalışmada sıcak hava girişinin yarattığı türbülanslı akışın çözümünde k - ϵ RNG türbülans modeli kullanılmıştır. k ve ϵ sırasıyla, türbülansın kinetik enerjisini ve onun dağılım oranını (disipasyonunu) temsil etmektedir. RNG kısaltması (renormalization group) anlamına gelmektedir. RNG k - ϵ türbülans modelleri, Navier-Stokes denklemlerinden bir matematik tekniği olan normalizasyon grubu kullanılarak üretilmiştir.

k - ϵ RNG türbülans modeli, k - ϵ standart türbülans modeline benzetmekle birlikte aralarında problemin sonucunu etkileyen farklar mevcuttur.

- k - ϵ RNG türbülans modelinin “ ϵ ” denkleminde, kayma gerilmesinin mevcut olduğu akışlarda, hassasiyeti arttıran ek bir terimi mevcuttur.
- k - ϵ RNG türbülans modeli türbülanslı akışlarda girdap etkisini de hesaplar.
- k - ϵ RNG türbülans modeli standart türbülans modeline göre Prandtl sayıları için analitik bir formül sağlar. Standart modelde ise bu değerler problemi tasarlayan mühendis tarafından girilir.
- k - ϵ standart türbülans modeli yüksek Reynolds sayıları için uygun olmasına rağmen, k - ϵ RNG türbülans modeli, efektif viskozite için düşük Reynolds sayılarında da diferansiyel denklemlerin analitik çözümlerini içeren formüller verir. k - ϵ RNG türbülans modelinin efektif kullanımı için duvar bölgelerinde uygun tanımlamalar yapılmış olması gerekir.

Yukarıda sayılan nedenler nedeniyle k- $\mathcal{E}$ RNG türbülans modeli, standart modele göre daha hassas ve etkindir.

Buraya kadar “ u_i ” ile gösterilen ani hız değeri; $u_i = \bar{u}_i + u'_i$ şeklinde akışın ortalama hızı ile ortalama hızdan sapmayı ifade eden çalkantı hızının toplamı olarak yazılmaktadır. Bu yeni hız tanımlarından hareketle, türbülansın kinetik enerjisi “ k ”;

$$k = \frac{1}{2} \bar{u}_i \bar{u}_i \quad (5.7)$$

şeklinde, türbülansın dağılım oranı (disipasyonu) “ $\mathcal{E}$ ”;

$$\varepsilon_{ij} = 2\mu \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \quad (5.8)$$

şeklinde yazılabilir.

k- $\mathcal{E}$ RNG türbülans modelinde “ k ” için transport denklemi;

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\alpha_k \mu_{\text{eff}} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \quad (5.9)$$

“ $\mathcal{E}$ ” için transport denklemi;

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\alpha_\varepsilon \mu_{\text{eff}} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{2\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} - R_\varepsilon + S_\varepsilon \quad (5.10)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Denklemlerin sağ tarafında bulunan G_k ortalama hız gradyanlerinin yarattığı türbülansın, G_b ise yerçekimi etkisinin yarattığı türbülansın kinetik enerjisidir. Y_M , sıkıştırılabilir akışlarda genişlemenin toplam değişime etkisinin oranıdır. α_k ve α_ε değerleri k ve $\mathcal{E}$ için Prandtl sayılarını işaret eder. S_k ve S_ε , kişi tarafından tanımlanan kaynak terimleridir.

RNG modelini standart k- $\mathcal{E}$ modelinden ayıran en önemli terim R_ε ‘dir. Gerilimin olduğu akışlarda RNG türbülans modeli, standart türbülans modelinden farklı sonuçlar verir. Aynı zamanda türbülans viskoziteleri de farklı olur.

Denklemlerdeki efektif viskozite, $\mu_{\text{eff}} = \mu + \mu_t$ şeklinde dinamik ve türbülanslı viskozitenin toplamı olarak ifade edilmektedir. Dinamik viskoziteden farklı olarak, hem akışkana hem de akışa bağlı olan μ_t ise;

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (5.11)$$

şeklinde verilmektedir.

Denklem (5.10) ve denklem (5.11)' de verilen c_μ , $c_{1\varepsilon}$ ve $c_{2\varepsilon}$ model sabitleri deneyler sonucu bulunan katsayılardır ve bu çalışma kapsamında benzer çalışmalarda kullanılan 0.0845, 1.42 ve 1.68 değerleri alınmıştır. [20]

5.3 Radyasyon Modeli

Bu çalışmada ışıınım yoluyla gerçekleşen ısı transferini modellemek üzere P1 ışıınım modeli kullanılmıştır. P1 ışıınım modeli αL şeklinde tanımlanan optik kalınlığın 1'den büyük olması durumunda en iyi çözümü sağlayan bir modeldir.

P1 modelinin diferansiyel denklemi;

$$-\nabla q_r = \alpha G - 4\alpha\sigma T^4 \quad (5.12)$$

şeklinde yazılabilir.

Burada G , σ ve α terimleri sırasıyla; ışıınım şiddetini, Stefan-Boltzman sabitini ve soğurma katsayısını simgelemektedir.

5.4 Kabuller ve Sınır Şartları

Bu çalışmada, her mühendislik probleminde uygulanması gerektiği gibi tasarlanan modelde yapılan tüm kabuller ve sınır şartları gerçek durumu en yakın şekilde yansıtmaya çalışacak ve daima güvenlik tarafında kalacak şekilde yapılmıştır. Yapılacak kabullerin daima problemin etkisini ağırlaştıracak şekilde örneğin bu çalışmada yangının büyüklüğünü azaltmayacak şekilde ele alınması gerekir.

Yangınların oluşturulduğu tüm makine dairelerinin güverte, sintine, baş ve kış perdeleri ile alabandaları adyabatik olarak kabul edilmeyerek probleme dahil edilmiştir. Söz konusu üç farklı gemiye ait makine dairelerinin makine daireleri bölümünde mevcut çizelgelerde belirtilen tekne elemanlarının inşa ve yalıtım malzemelerinin özellikleri ile kalınlıkları modelde birebir olarak yaratılmıştır.

Dış ortam sıcaklığı hesaplamalarda kolaylık yaratması açısından 300 K ve dış ortamdaki ısı taşınım katsayısı benzer çalışmalardan örnekle 6 (W/m^2K) alınmıştır[15]. Tekne elemanların malzemeleri olarak alınan gemi inşa çeliği ve yalıtım malzemelerinin ısı yayım oranları 0.95 kabul edilmiştir. Dairelerin içinde mevcut eşizelerin yüzeyleri ise adyabatik kabul edilmiştir.

Yanma sonu gazlarının ısı emilim katsayısını simüle etmek üzere (absorption coefficient) değeri 0.2 kabul edilmiş ancak saçınım katsayısı (scattering coefficient) “0” alınarak saçınım etkisi ihmal etmiştir.[15]

Makine dairelerinin fan ağızları, kaportaları ve doğal havalandırma açıklıkları gibi açıklıklarında ise dış ortam sıcaklığı 300 K ve basıncı 101325 Pascal sınır şartı olarak kabul edilmiştir. Bu durumda program tarafından içeriye doğru akış gerçekleştiğinde hava sıcaklığı olarak girilen 300 K alınmakta dışarı doğru akışta ise hacmin içerisindeki sıcaklık çıkış sıcaklığı olarak kabul edilmektedir.

6. YANGIN SENARYOLARI İÇİN HESAPLAMA SONUÇLARI

Bu çalışmada seçilen üç farklı tipte savaş gemisine ait makine dairelerinde kurgulanan yangın senaryolarının sonuçları incelenmiştir.

İlk daire olarak seçilen 80 sınıfı sahil güvenlik gemisine ait makine dairesi en küçük boyutlu savaş gemilerine örnek olması maksadıyla ele alınmıştır. Barış zamanında sahil güvenlik görevlerini icra eden ve fazla bir silah yükü bulundurmeyen sahil güvenlik gemileri savaş zamanı Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'nın komutasına girmekte ve farklı silah sistemlerinin eklenmesi ile vurucu güçleri arttırılmaktadır.

Mayın avlama sınıfı savaş gemisi sahil güvenlik gemisi makine dairesine kıyasla %30 oranında daha büyük bir makine dairesine ve farklı yerleşim planı ile farklı havalandırma sistemine sahiptir. Ayrıca makine dairesi yüzeylerinin sahip oldukları yalıtım malzemesi ve kalınlıkları sahil güvenlik gemisine göre farklıdır.

Fırkateyn sınıfı savaş gemisi ise Deniz Kuvvetleri Komutanlığı bünyesindeki en büyük vuruş ve duruş gücüne sahip savaş gemisi sınıfıdır. Diğer iki geminin makine dairesi hacimlerine kıyasla fırkateyn sınıfı savaş gemisinin makine dairesi on kat büyüktür. Sahip olduğu makine sistemleri ile de diğer gemilere göre çok daha karmaşık yerleşim planına sahiptir.

Her farklı tip makine dairesi için üç farklı yangın büyüklüğü ve iki farklı yangın yeri modellenmiştir. Makine dairelerinin geometrik modelleri gerçek durumlarını yansıtabilecek şekilde dizayn edilmiştir. Yangın büyüklükleri yangın alanının büyüklüğüne müdahale edilerek belirlenmiştir. Gemi tipleri, yangın büyüklükleri, yangın mevkileri ile yangını simüle eden sıcak hava giriş sıcaklık ve hız değerleri Çizelge 6.1' de sunulmuştur.

Modellere ait basınç, sıcaklık ve hız profilleri her makine dairesi yangının ilgili bölümünde açıklanan enine ve boyuna kesitlerde incelenmiştir. Kesitlerin alınmasında kritik noktalar olan, fan hattı, doğal havalandırma hattı, kaporta orta hatları gibi noktalar seçilmeye çalışılmıştır.

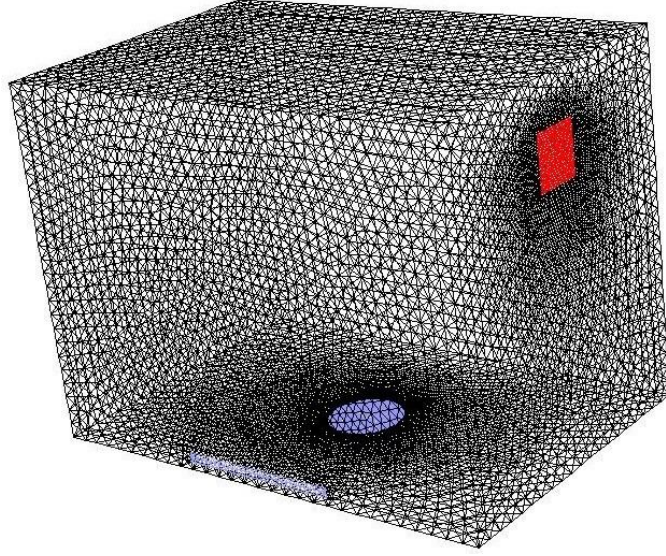
Çizelge 6.1 : Sürekli durum için yangın senaryoları.

Gemi Tipi	Yangın Mevkii	Senaryo	Yangın Büyüklüğü (MW)	Yangın Çapı (m)	Sıcaklık (K)	Hız (m/s)
80 Sınıfı SG	Orta	A	0.5	0.7565	700	6.585
		B	1	1.0162	827	7.564
		C	3	1.6778	1118	9.423
	Köşe	D	0.5	0.571	698	5.732
		E	1	0.756	826	6.584
		F	3	1.22	1098	8.203
Mayın Avlama	Orta	A	0.5	0.7565	700	6.585
		B	1	1.0162	827	7.564
		C	3	1.6778	1118	9.423
	Köşe	D	0.5	0.571	698	5.732
		E	1	0.756	826	6.584
		F	3	1.22	1098	8.203
Fırkateyn	Orta	A	0.5	0.7565	700	6.585
		B	1	1.0162	827	7.564
		C	3	1.6778	1118	9.423
	Köşe	D	0.5	0.571	698	5.732
		E	1	0.756	826	6.584
		F	3	1.22	1098	8.203

6.1 Modelin Doğruluğunun Gösterilmesi

Makine dairelerinde meydana geldiği düşünülen yangın senaryolarının doğruluğunu göstermek üzere Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarları'nda gerçekleştirilen bir dizi yangın deneyinden Mod08 kodlu olan yangın deneyi beşinci bölümde açıklanan kabuller ve sınır şartları ile modellenmiştir.

Deneyin gerçekleştirildiği deney odasının uzunluğu 6 m, genişliği 4 m, yüksekliği ise 4,5 m' dir. Deney sonucu ortaya çıkan yanma sonu gazlarının özellikleri tespit edebilmek maksadıyla odanın batı yönündeki duvarında orta hattı yerden 3,6 m yükseklikte, 0.65x0.65 m boyutlarında kare şeklinde emici bir fan ağzı bulunmaktadır.



Şekil 6.1 : LLNL Mod8 deney odasının izometrik görünümü.

Fan ağzında yapılan ölçüm sonucu hacimsel debi $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ölçülmüştür. Odanın kuzey yönündeki duvarının alt kısmında ise odaya taze hava girişini sağlamak üzere orta hattı yerden $0,1 \text{ m}$ yükseklikte olan $0.5 \times 0,12 \text{ m}$ boyutlarında 4 adet hava giriş açıklığı bulunmaktadır. Yangın, odanın geometrik olarak tam ortasında yer alan $0,91 \text{ m}$ çapındaki düzlemde mevcut isopropan gazının yanması ile simule edilmektedir. İcra edilen Mod08 deneyinde yangın büyüklüğü $0,4 \text{ MW}$ olarak ölçülmüştür.[14] Test odasının yapı elemanlarının özellikleri Çizelge 4.1’ de sunulmuştur.

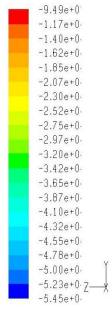
Deneydeki yangın büyüklüğü alanı aynı tutularak, deney odasına bu alandan sıcak hava girişi olduğu kabulü yapılmıştır. Denklem (3.5)’ten elde edilen sıcaklık değeri (672 K) sıcak hava giriş sıcaklığı olarak modele uygulanmıştır. Odanın sahip olduğu dört adet hava giriş açıklığı modelde birleştirilerek aynı mevkide $2 \times 0,12 \text{ m}$ olacak şekilde tek açıklık olarak alınmıştır. Fanın hacimsel debisi hava yoğunluğu $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$ kabul edilerek programa $0.6 \text{ kg}/\text{s}$ olacak şekilde girilmiştir. Dış ortam sıcaklığı deneyde olduğu üzere 293 K olarak ayarlanmış, deneydeki gibi ortamda herhangi bir rüzgar etkisi olmadığı kabul edilmiştir. Duvarlar ile tabanı oluşturan materyal özellikleri ile tavanı oluşturan materyal özellikleri programda ayrı ayrı tanımlanmıştır. Duvarlardan dış ortama ısı transferi olduğu modele dahil edilerek ısı iletim katsayısı $6 \text{ (W}/\text{m}^2\text{K)}$ olarak programa girilmiştir. Akışkan emilim katsayısı (absorption coefficient) benzer çalışmalarda kullanılan $0,2 \text{ m}^{-1}$ olarak modele uygulanmıştır[15].

Deneyde yangın alanının doğu ve batı tarafında 1.5 m uzaklıkta 15'er adetten oluşan iki adet termokapıl hattı mevcuttur. Bu hatları temsilen modelde aynı mevkilerde doğu ve batı şeklinde iki adet değer hattı oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar müteakip şekillerde ve Çizelge 6.2' de sunulmuştur.

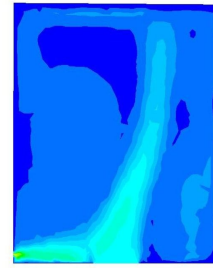
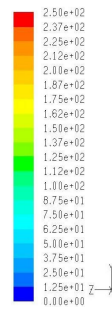
Çizelge 6.2 : LLNL Mod8 Deneyi ve model sıcaklık değerleri.

Termokapıl Numarası	Termokapıl Yüksekliği (m)	Deney Doğu Hattı	Model Doğu Hattı	Deney Batı Hattı	Model Batı Hattı
1	0,3	70	154	65	185
2	0,6	90	160	85	187
3	0,9	170	169	160	192
4	1,2	180	192	175	195
5	1,5	190	195	190	197
6	1,8	195	198	195	199
7	2,1	205	200	205	205
8	2,4	220	202	210	208
9	2,7	240	210	212	212
10	3,0	250	216	218	219
11	3,3	245	211	230	227
12	3,6	240	217	232	233
13	3,9	235	219	240	234
14	4,2	230	230	245	235
15	4,5	245	241	250	243

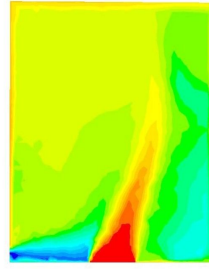
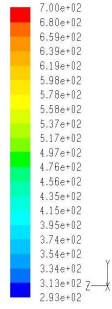
Modelin 0.6 m'ye kadar deney sıcaklıklarından oldukça farklı sonuç verdiği Çizelge 6.2' den görülmektedir. Bunun sebebi yangının; yanma olayı ve kimyasal reaksiyonlar yerine kararlı durumda, yani zamandan bağımsız olarak sabit bir yangın yükünde sıcak hava girişi olarak modellenmesinden kaynaklanmaktadır. Yangın modelleri genel olarak personel kaçış süresi, yangına müdahale eden personel için ortam sıcaklığı, alarm ya da sprinkler aktivasyon zamanı ve sıcaklıkları gibi üst tabaka sıcaklıklarını dizayn amacıyla kullandığından model sonucunda elde edilen değerlerin 0.6 m yükseklikten sonrası için çok daha küçük oranda hata ile deney değerlerine yaklaştığı görülmektedir.



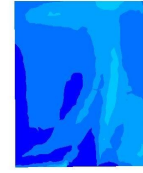
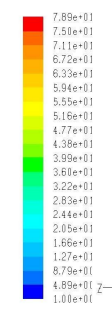
(a) basınç.



(b) hız.

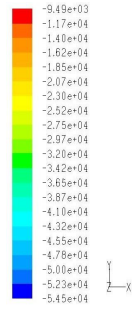


(c) sıcaklık.

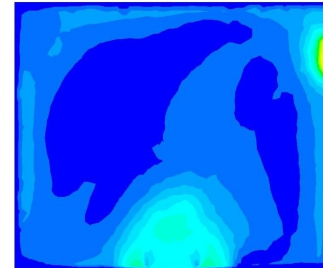
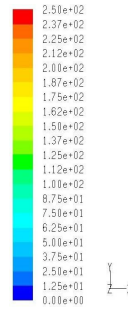


(d) türbülans kinetik enerjisi.

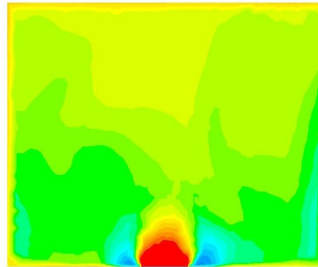
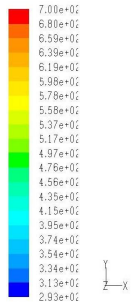
Şekil 6.2 : LLNL Mod8 deneyi sayısal modelinin $x=3$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



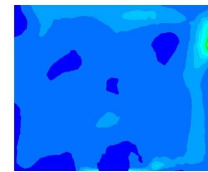
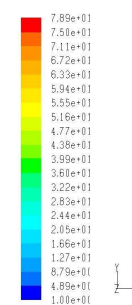
(a) basınç



(b) hız

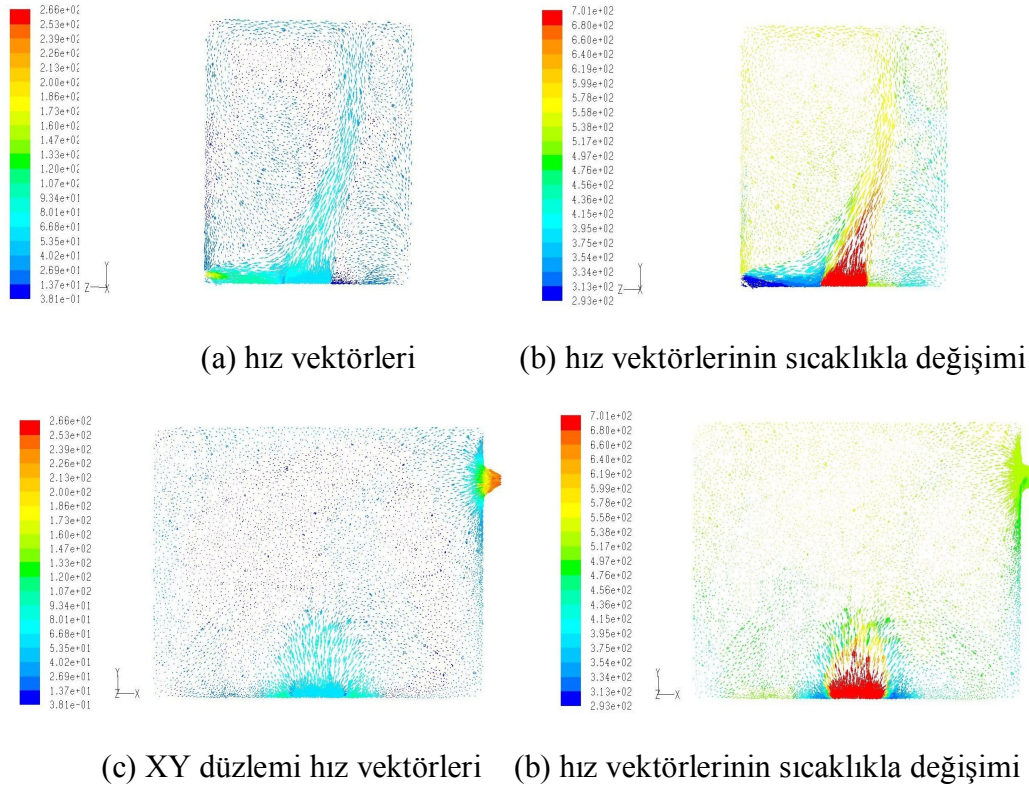


(c) sıcaklık

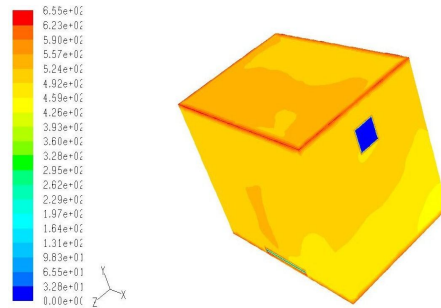


(d) türbülans kinetik enerjisi

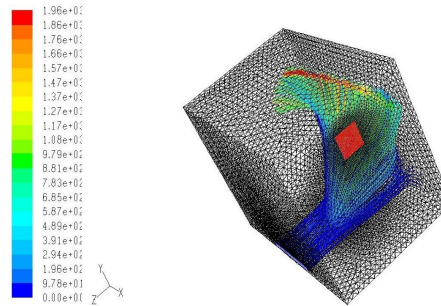
Şekil 6.3 : LLNL Mod8 deneyi sayısal modelinin $z=2$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



Şekil 6.4 : LLNL Mod8 deneyi modelinin $x=3$ m'deki Y-Z ve $z=2$ m'deki X-Y düzlemlerinde hız vektörü dağılımları.



Şekil 6.5 : LLNL Mod8 deneyi odasının iç yüzeylerinin sayısal model sonucu bulunan sıcaklık dağılımları.



Şekil 6.6 : LLNL Mod8 deneyi sayısal modelinin hava giriş açıklığı ve yangın yüzeyi akım hatları.

Deney sonucu emici fan ağzından çıkış yapan gaz sıcaklıkları ölçülerek 200 °C bulunmuştur. Model sonucu elde edilen fan çıkış sıcaklıkları ile tavan sıcaklıkları deney değerleriyle birbirlerine yakındır.

6.2 Kabuller ve Sınır Şartlarının Etkisi

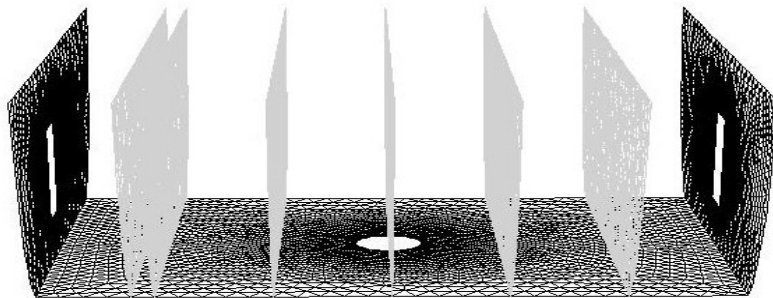
Bu çalışmanın kapsadığı üç farklı tipteki savaş gemisi makine dairesi hacimlerinden sahil güvenlik tipi gemiye ait makine dairesinde 0.5 MW sabit yangın büyüklüğünde yangın senaryosu oluşturularak yapılan kabullerin ve sınır şartı değişimlerinin modelin sonucuna etkileri incelenmiştir. Daire, aynı yangın senaryosunda farklı kabuller ve sınır şartları ile modellenerek gerçek duruma adım adım yaklaşılmıştır.

Çizelge 6.3 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi kabuller ve sınır şartları.

Durum	Gemi Sınıfı	Yangın Büyüklüğü	Yangın Mevkii	Tekne Elemanları	Daire
1	80 Sınıfı SG	0.5 MW	Orta	Adyabatik	Boş
2	80 Sınıfı SG	0.5 MW	Orta	Adyabatik	Dolu
3	80 Sınıfı SG	0.5 MW	Orta	Çelik	Dolu
4	80 Sınıfı SG	0.5 MW	Orta	Çelik+Yalıtım	Dolu

6.2.1 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi durum 1 sonuçları

Kabuller ve sınır şartlarının etkisinin incelenmesinde ilk durum için daire boş ve daire yüzeyleri adyabatik kabul edilmiştir. Bulunan sonuçlar Şekil 6.7 ve Sekil 6.8’ de görülen düzlemlerde incelenmiştir. Sonuçlar müteakip şekillerde ve çizelgelerde sunulmuştur.

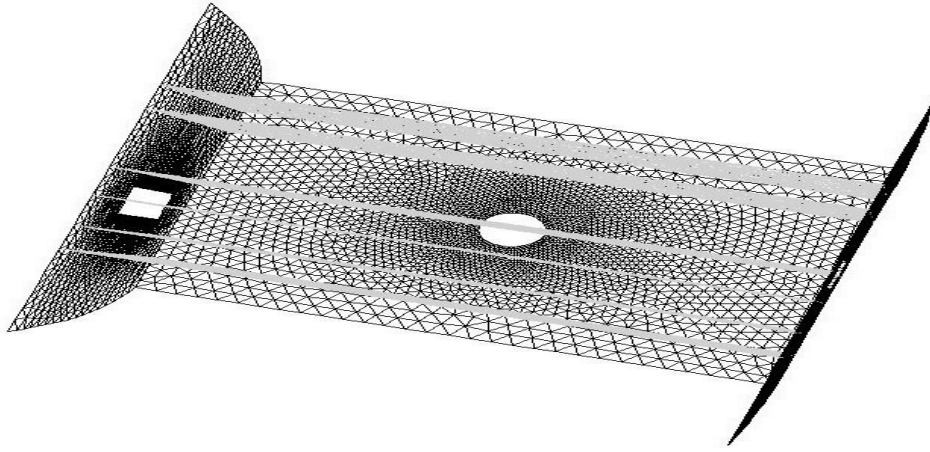


Şekil 6.7 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesinin yangın sonuçlarının incelenmesi için tespit edilen x-ekseni yönündeki Y-Z düzlemleri.

Çizelge 6.4 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi yangın sonuçlarının incelendiği Y-Z düzlemlerinin koordinatları.

Düzlem Nu.	Kesit Adı	x Eksen Değeri (m)
1	Y-Z Düzlemi 1	1.25
2	Y-Z Düzlemi 2	2.5
3	Y-Z Düzlemi 3	5
4	Y-Z Düzlemi 4	6.25
5	Y-Z Düzlemi 5, (fan hattı)	1
6	Y-Z Düzlemi 6, (merkez)	3.75

Sahil güvenlik makine dairesinin z- eksen yönündeki X-Y düzlemlerinin mevkileri ve uzaklık değerleri Şekil 6.8 ve Çizelge 6.5’ te görülmektedir.



Şekil 6.8 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesinin yangın sonuçlarının incelenmesi için tespit edilen z-ekseni yönündeki X-Y düzlemleri.

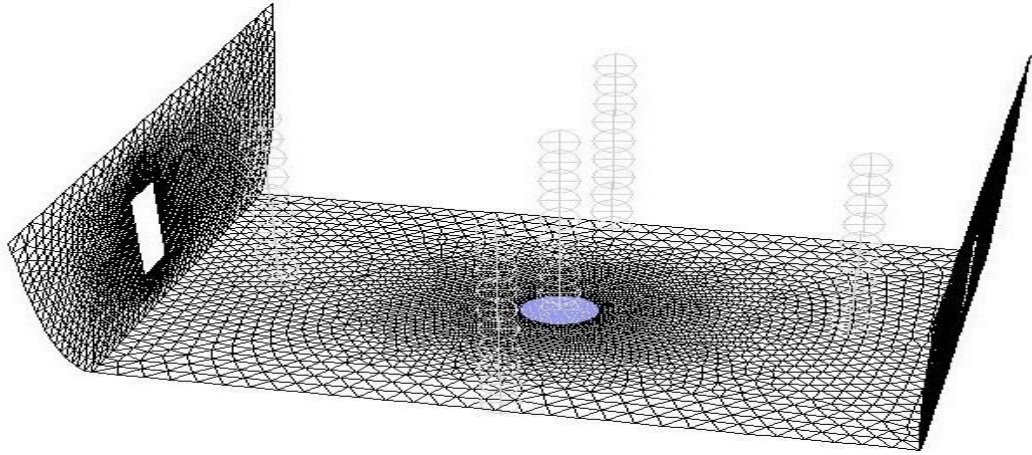
Çizelge 6.5 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesinin yangın sonuçlarının incelenmesi için tespit edilen z-ekseni yönündeki X-Y düzlemlerinin koordinatları.

Kesit Nu.	Kesit Adı	z Eksen Değeri (m)
1	X-Y Düzlemi 1 (merkez hattı)	0
2	X-Y Düzlemi 2 (iskele fan hattı)	-1.25
3	X-Y Düzlemi 3 (sancak fan hattı)	1.25
4	X-Y Düzlemi 4 (iskele doğal havalandırma)	-1.75
5	X-Y Düzlemi 5 (sancak doğal havalandırma)	1.75
6	X-Y Düzlemi 6 (kış kaporta hattı)	0.6

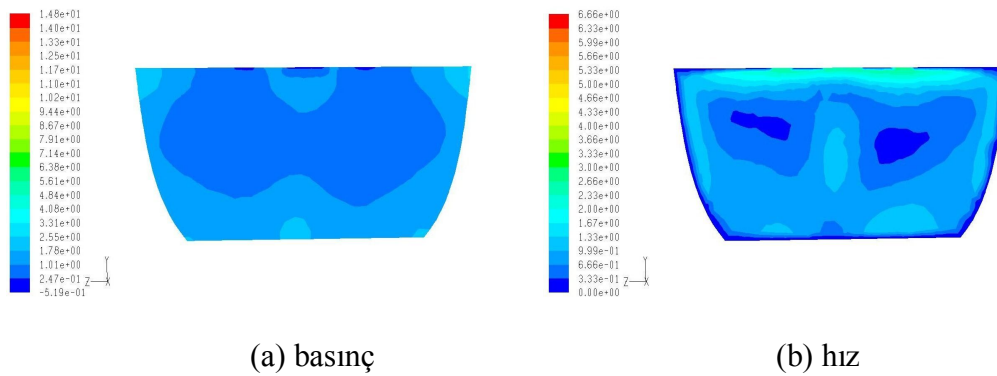
Model sonuçlarını kıyaslamak üzere y eksenı boyunca belirli mevkilerde bulunan noktalardan değerler alınmıştır. Bu noktalara ait koordinatlar şekil 6.9 ve izelge 6.6’ da görülmektedir.

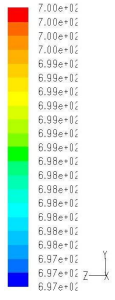
Çizelge 6.6 : Değer hatları ve koordinat değerleri.

Hat Nu.	Mevki	Başlangıç Koordınatları (x,y,z)	Bitiş Koordınatları (x,y,z)
1	Kı perde n	1,0,0	1,3.3,0
2	Baş perde n	6.5,0,0	6.5,3.3,0
3	İskele ana makine ile iskele alabanda arası	3.75,0,-2.28	3.75,3.3,-2.28
4	Sancak ana makine ile sancak alabanda arası	3.75,0,2.28	3.75,3.3,2.28
5	Yangın merkezi	3.75,0,0	3.75,3.3,0

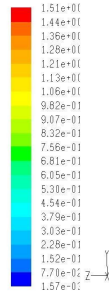


şekil 6.9 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesinin yangın sonularının incelenmesi iin tespit edilen değer okuma noktalarının mevkileri.



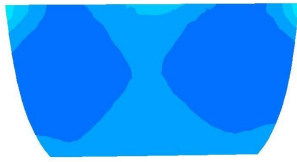
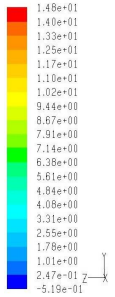


(c) sıcaklık

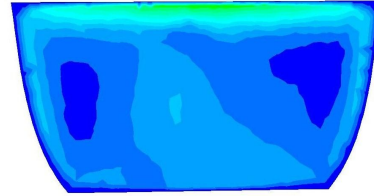
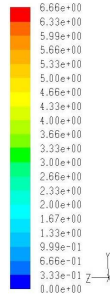


(d) türbülans kinetik enerjisi

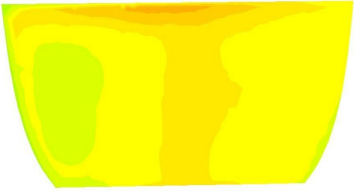
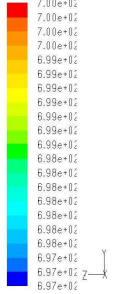
Şekil 6.10 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $x=1.25$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



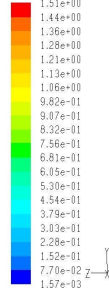
(a) basınç



(b) hız

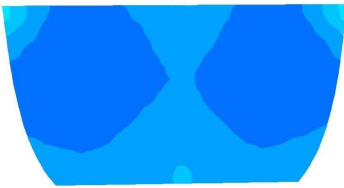
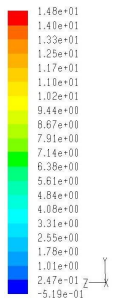


(c) sıcaklık

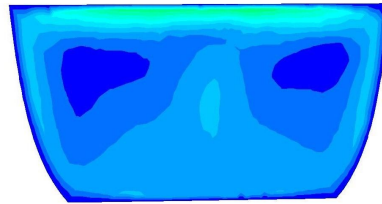
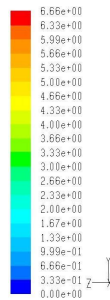


(d) türbülans kinetik enerjisi

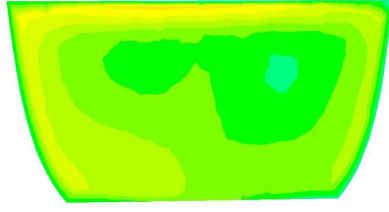
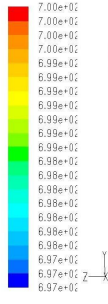
Şekil 6.11 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $x=2.5$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



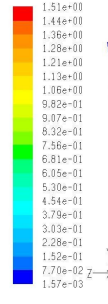
(a) basınç



(b) hız

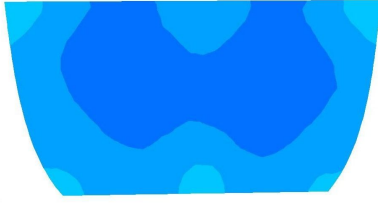
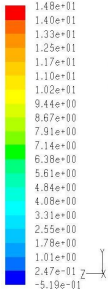


(c) sıcaklık

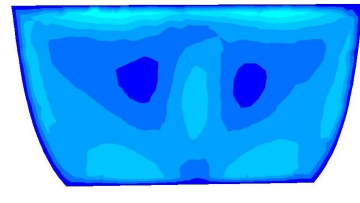
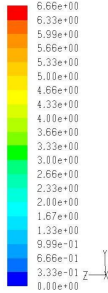


(d) türbülans kinetik enerjisi

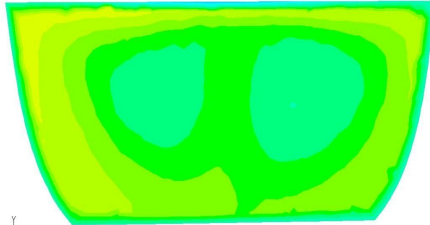
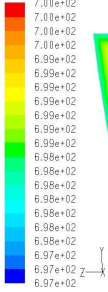
Şekil 6.12 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Durum 1 yangın senaryosu için $x=5$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



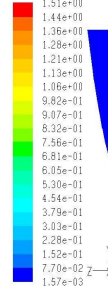
(a) basınç



(b) hız

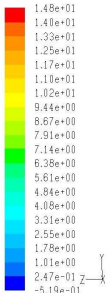


(c) sıcaklık

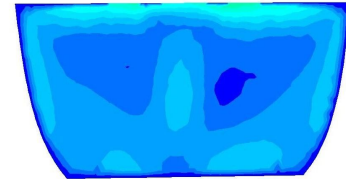
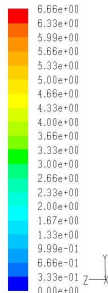


(d) türbülans kinetik enerjisi

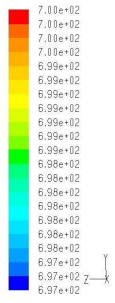
Şekil 6.13 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Durum 1 yangın senaryosu için $x=6.25$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



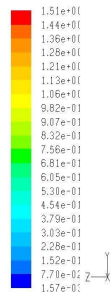
(a) basınç



(b) hız

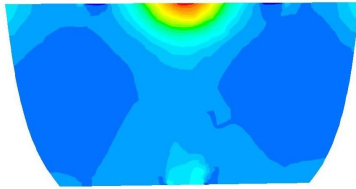
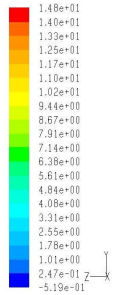


(c) sıcaklık

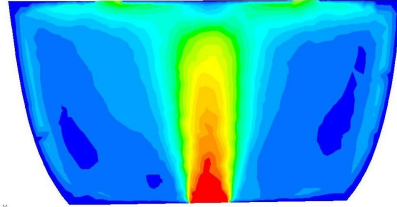
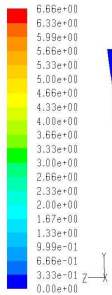


(d) türbülans kinetik enerjisi

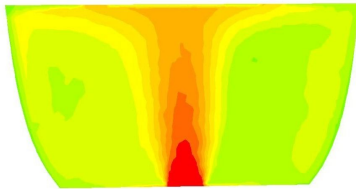
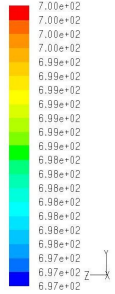
Şekil 6.14 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $x=1$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



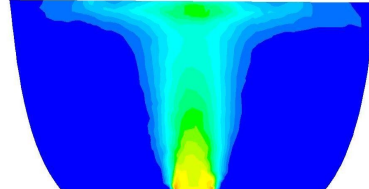
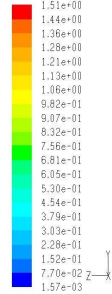
(a) basınç



(b) hız

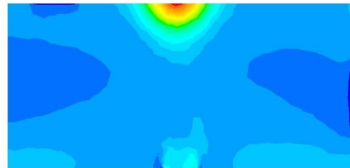
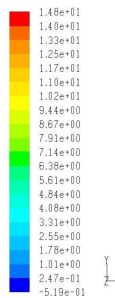


(c) sıcaklık

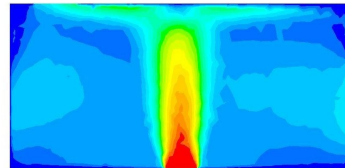
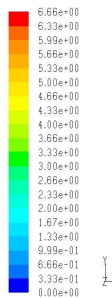


(d) türbülans kinetik enerjisi

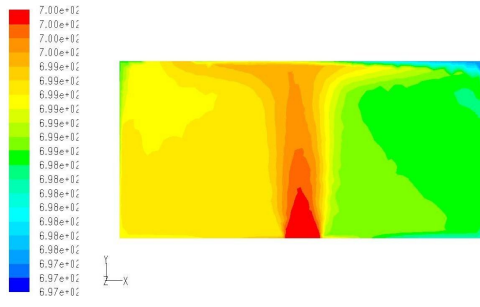
Şekil 6.15 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $x=3.75$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



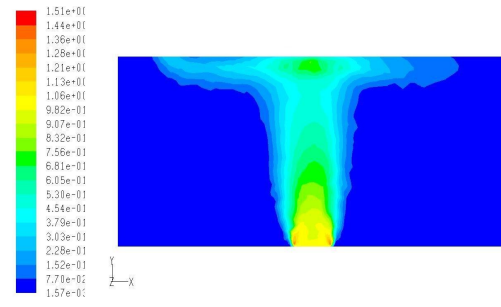
(a) basınç



(b) hız

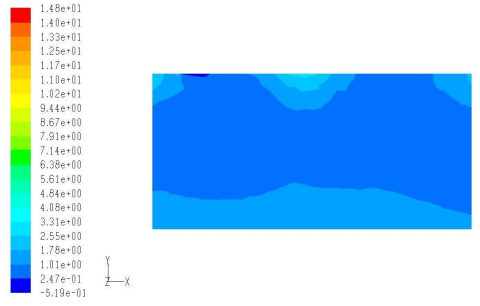


(c) sıcaklık

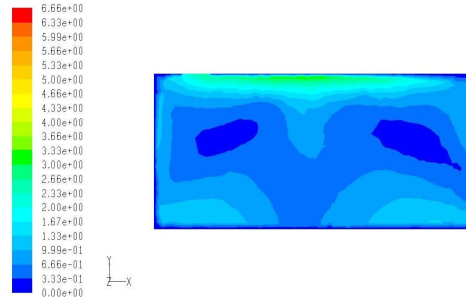


(d) türbülans kinetik enerjisi

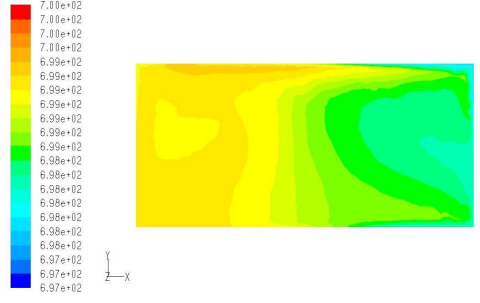
Şekil 6.16 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Durum 1 yangın senaryosu için $z=0$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



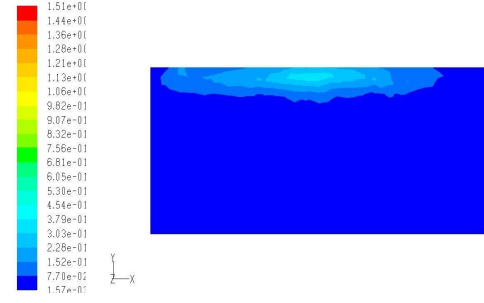
(a) basınç



(b) hız

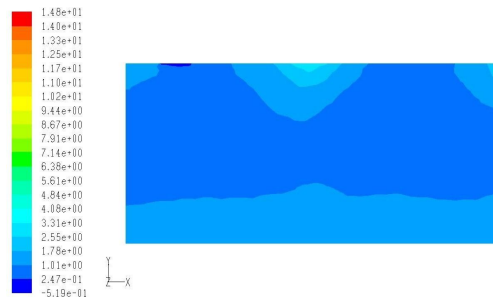


(c) sıcaklık

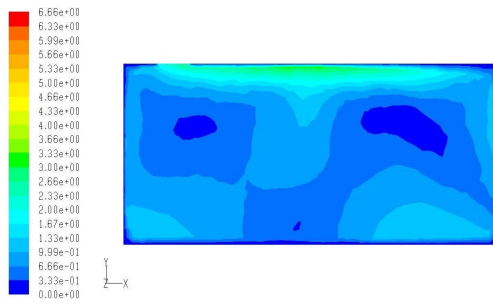


(d) türbülans kinetik enerjisi

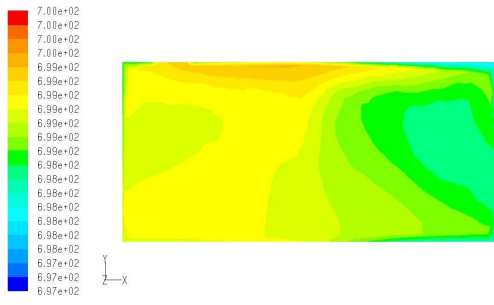
Şekil 6.17 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Durum 1 yangın senaryosu için $z=-1.25$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



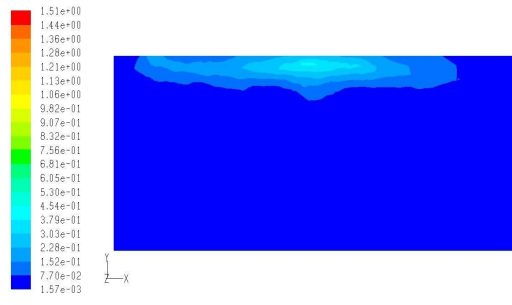
(a) basınç



(b) hız

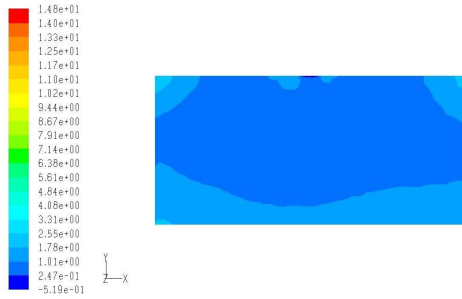


(c) sıcaklık

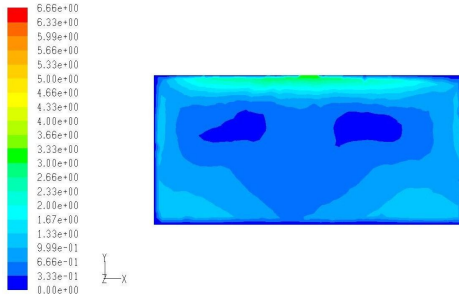


(d) türbülans kinetik enerjisi

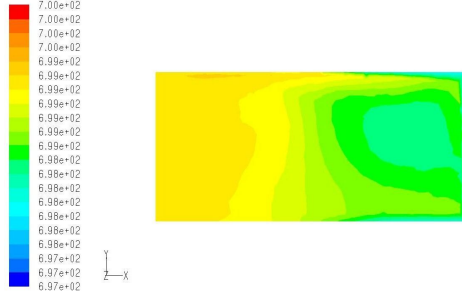
Şekil 6.18 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $z=1.25$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



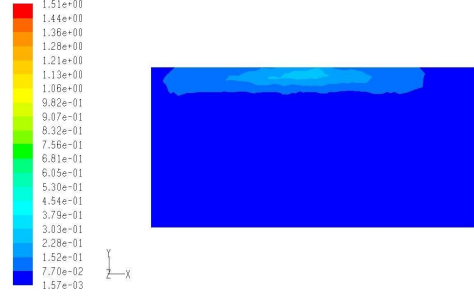
(a) basınç



(b) hız

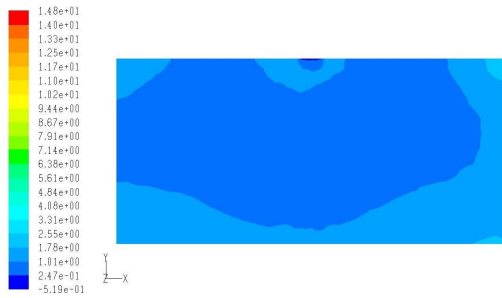


(c) sıcaklık

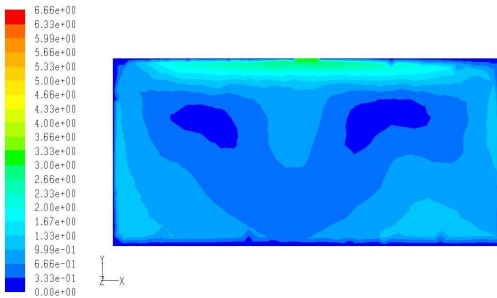


(d) türbülans kinetik enerjisi

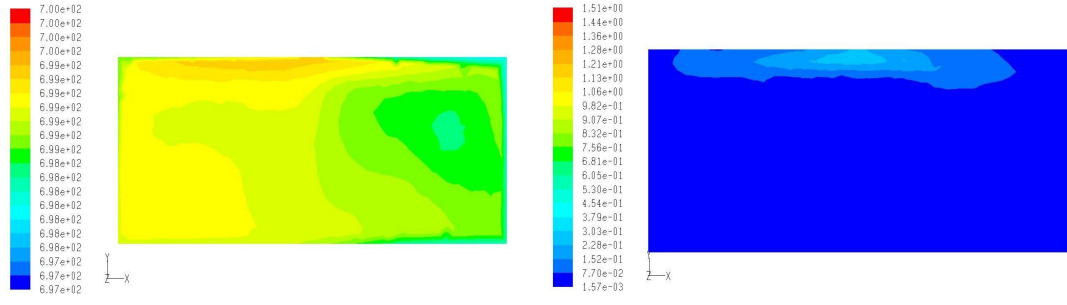
Şekil 6.19 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $z= -1.75$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) basınç



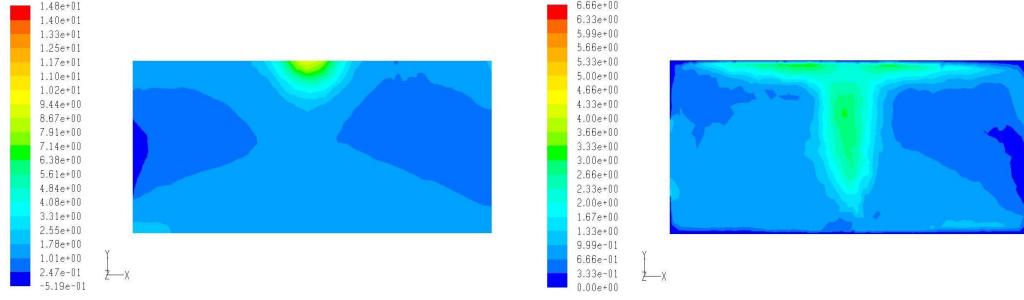
(b) hız



(c) sıcaklık

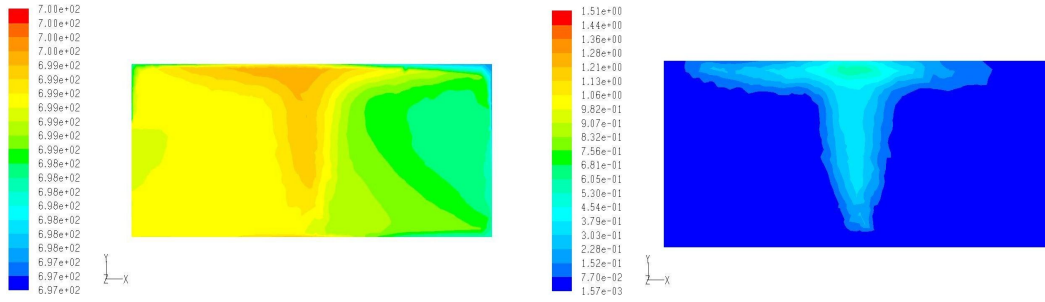
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.20 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Durum 1 yangın senaryosu için $z=1.75$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) basınç

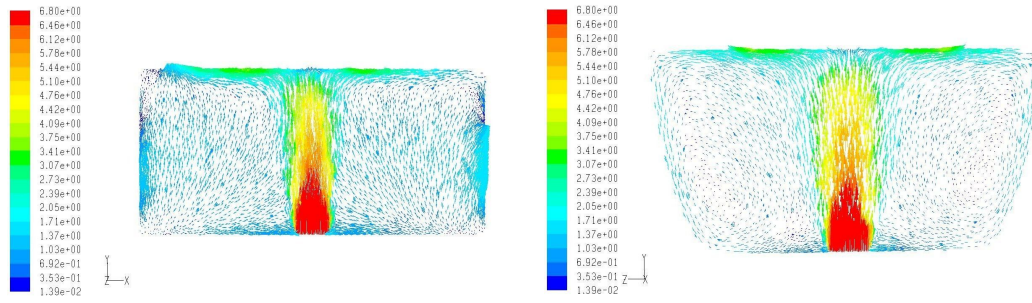
(b) hız



(c) sıcaklık

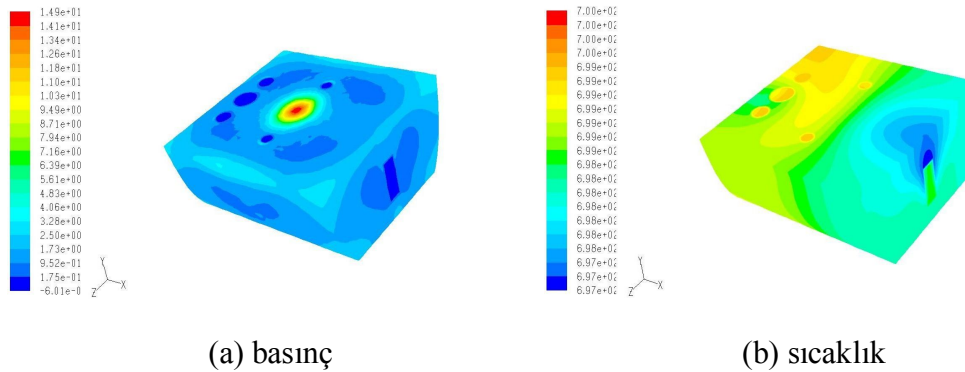
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.21 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Durum 1 yangın senaryosu için $z=0.6$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) $z=0$ m X-Y düzlemi hız vektörleri (b) $x=3.75$ m Y-Z düzlemi hız vektörleri

Şekil 6.22 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için $z=0$, $x=3.75$ m'deki X-Y ve Y-Z düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımı.



(a) basınç

(b) sıcaklık

Şekil 6.23 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu için daire yüzeylerindeki basınç ve sıcaklık dağılımı.

Değer noktalarından elde edilen sıcaklık değerleri Çizelge 6.7' de, basınç değerleri Çizelge 6.8' de ve hız değerleri Çizelge 6.9' da görülmektedir.

Çizelge 6.7 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu sıcaklık dağılımı.

Hat Nu.	Sıcaklık Değerleri (K)									
	0.33	0.66	0.99	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97	3.3
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	699	699	699	699	699	699	699	699	699	700
2	698	699	699	699	699	699	699	699	699	698
3	699	699	699	699	699	699	699	699	699	700
4	699	699	699	699	699	699	699	699	699	699
5	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700

Çizelge 6.8 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu basınç dağılımı.

Hat Nu.	Basınç Değerleri (Geyc Pascal)									
	0.33	0.66	0.99	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97	3.3
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	1.9	1.8	1.3	1.1	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	0
2	2.1	1.9	1.4	1.1	0.8	0.8	0.9	1.2	1.3	1.4
3	1.2	1	0.8	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1
4	1.2	0.9	0.7	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.3
5	3.2	2.6	1.8	1.4	1.5	1.5	2.1	3.8	8.5	14.5

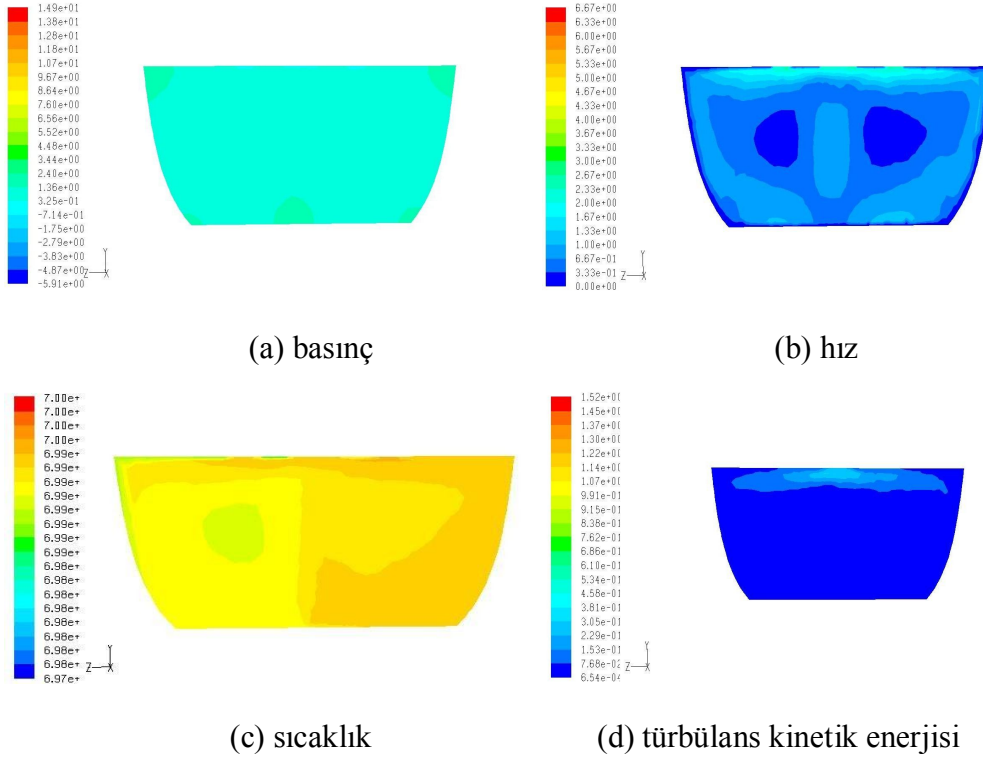
Çizelge 6.9 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 1 yangın senaryosu hız dağılımı.

Hat Nu.	Hız Değerleri (m/s)									
	0.33	0.66	0.99	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97	3.3
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	0	0.7	0.85	1.1	1.2	1.1	1.0	0.75	0.75	2.0
2	0	0.65	0.9	1.15	1.2	1.1	0.85	0.65	0.7	0
3	0	0.55	0.4	0.2	0.3	0.35	0.4	0.6	1.25	0
4	0	0.5	0.25	0.25	0.4	0.55	0.6	0.7	1.1	0
5	6.58	6.61	6.3	5.75	5.4	5.1	4.6	4	2.7	0

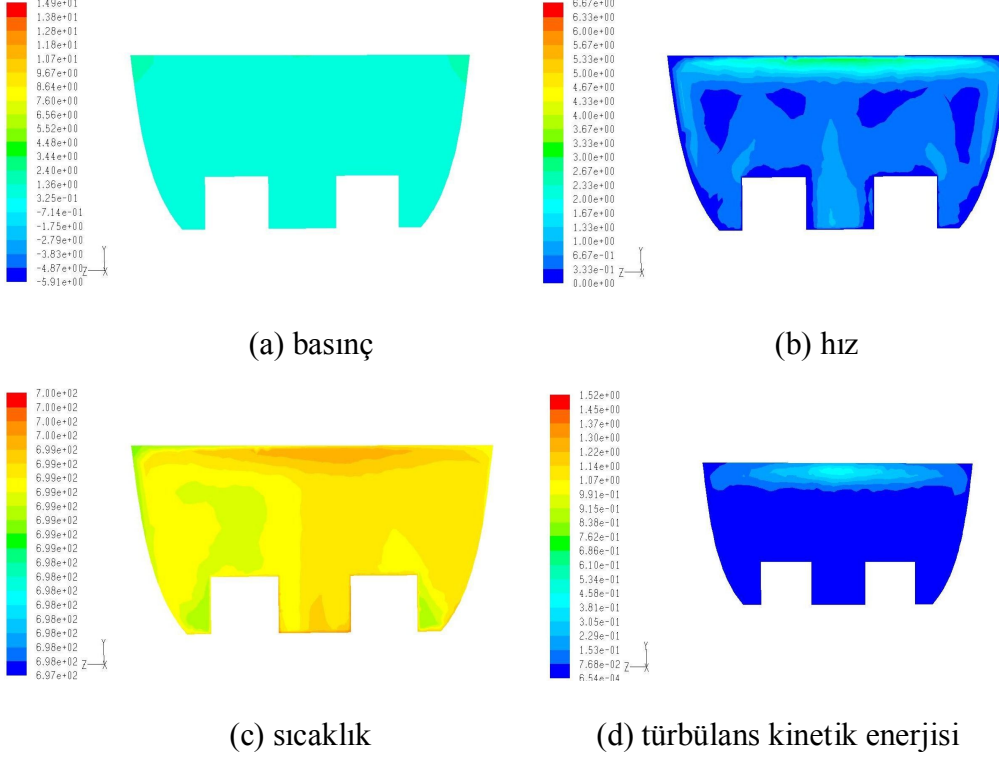
Model sonucu elde edilen değerler yorumlandığında makine dairesinin yüzeylerinden dış ortama ısı transferi hesaba katılmadığından açıklıklardan dışarıya verilen kısım haricinde yangından yayılan tüm ısı enerjisinin daire içinde kaldığı görülmektedir. Dairenin sahip olduğu doğal havalandırma açıklıklarının, fan manikalarının, firar kaportası ile baş ve kış kaportalarının içeride biriken sıcak havayı tahliye etmede yetersiz kaldıkları değerlendirilmektedir. Daire içindeki gazların sıcaklıkları üniform olarak tüm hacme dağılmaktadır.

6.2.2 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi durum 2 sonuçları

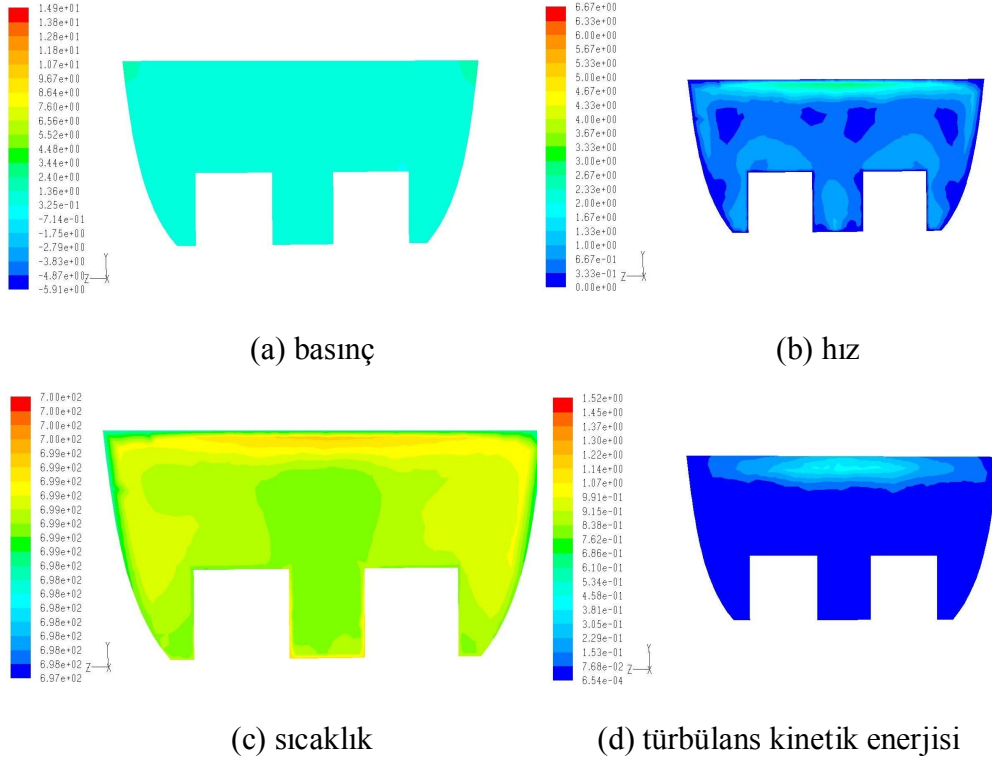
Kabuller ve sınır şartlarının etkisinin incelenmesinde ikinci durum için daire dolu ve daire yüzeyleri adyabatik kabul edilmiştir. Elde edilen değerler Şekil 6.14 ve şekil 6.15’ te görülen düzlemlerde incelenmiştir. Bulunan sonuçlar müteakip şekillerde ve çizelgelerde sunulmuştur.



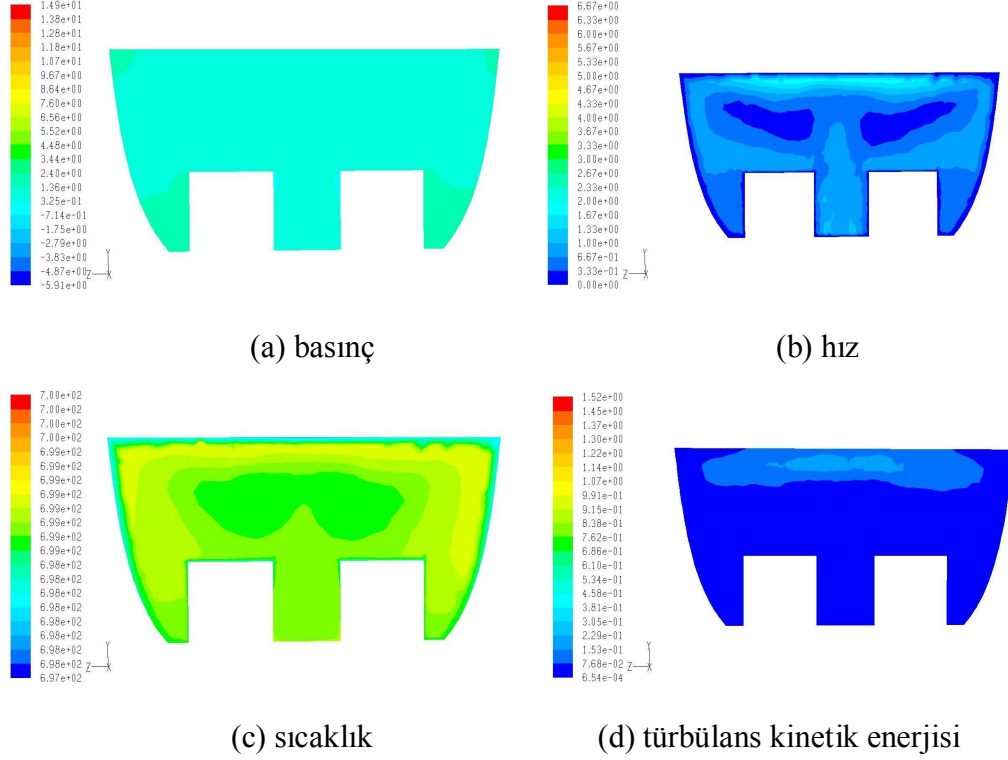
Şekil 6.24 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $x=1.25$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



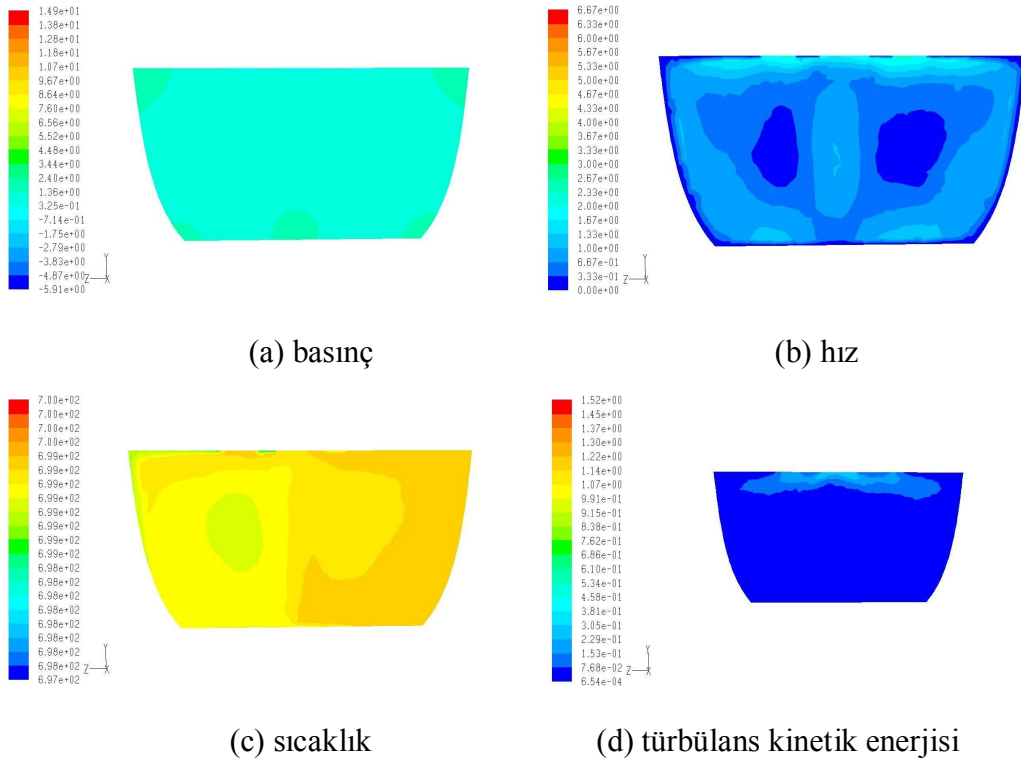
Şekil 6.25 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $x=2.5$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



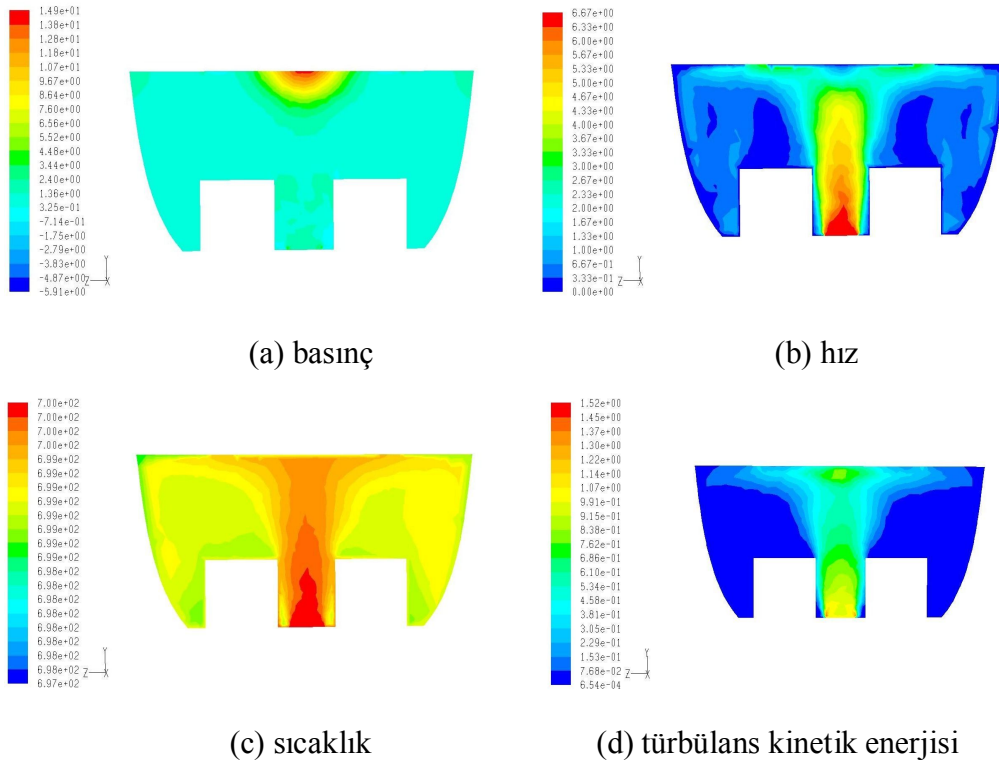
Şekil 6.26 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $x=5$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



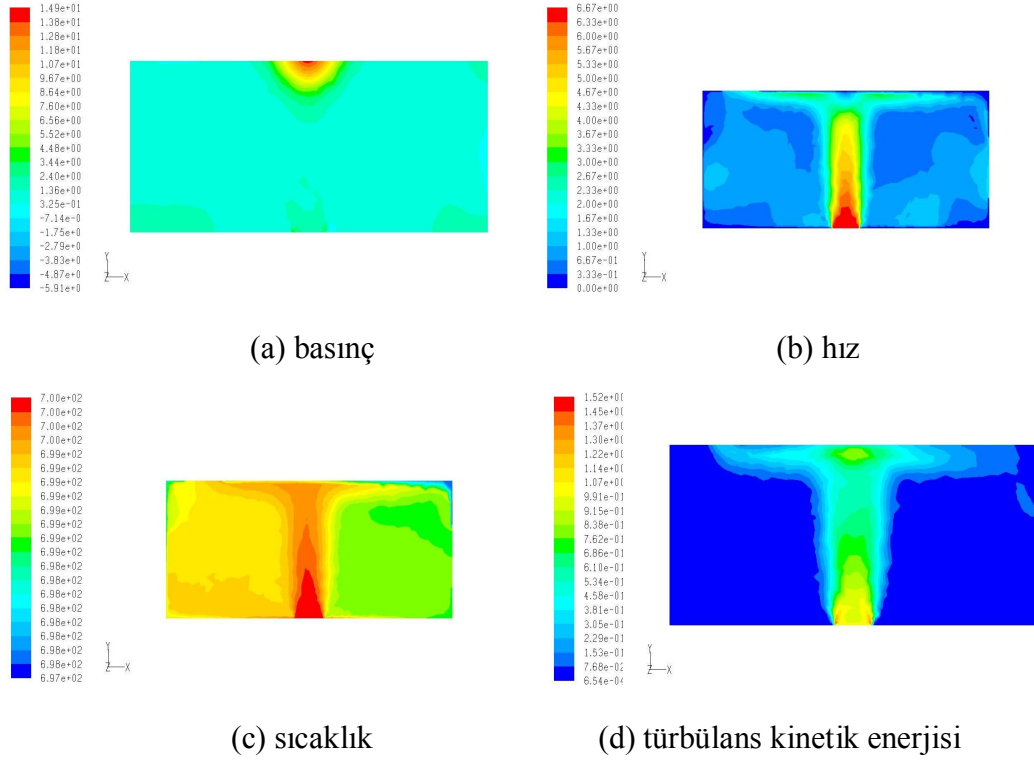
Şekil 6.27 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $x=6.25$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



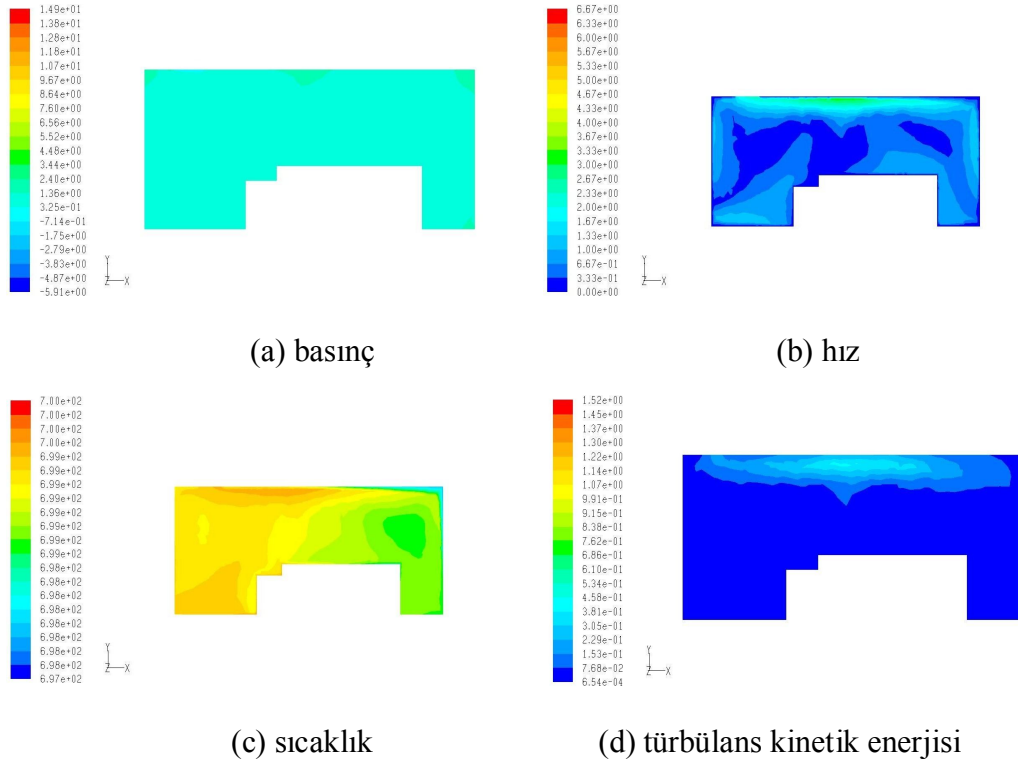
Şekil 6.28 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $x=1$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



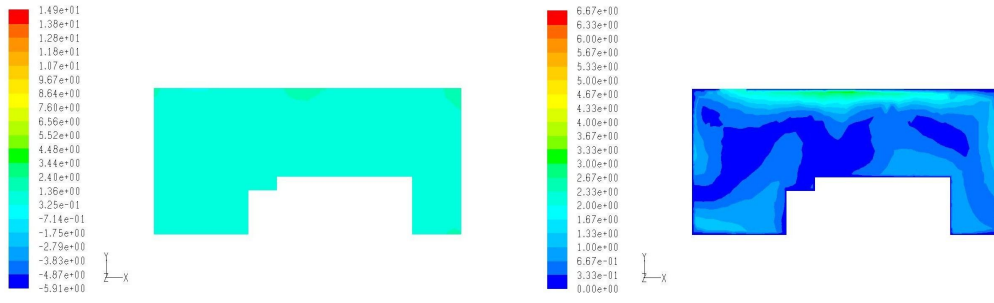
Şekil 6.29 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $x=3.75$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



Şekil 6.30 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $z=0$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.

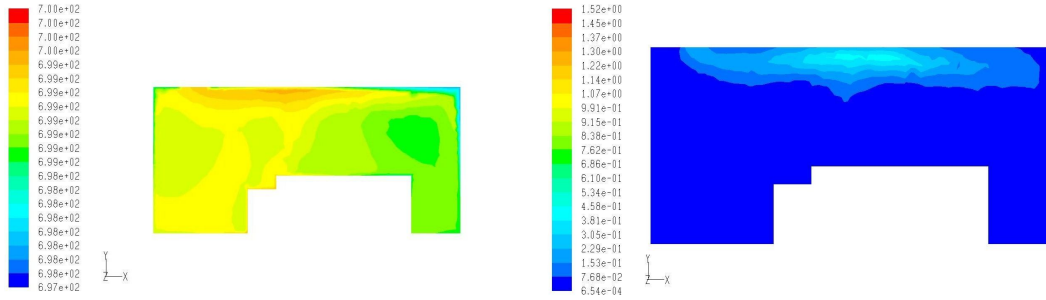


Şekil 6.31 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $z=-1.25$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) basınç

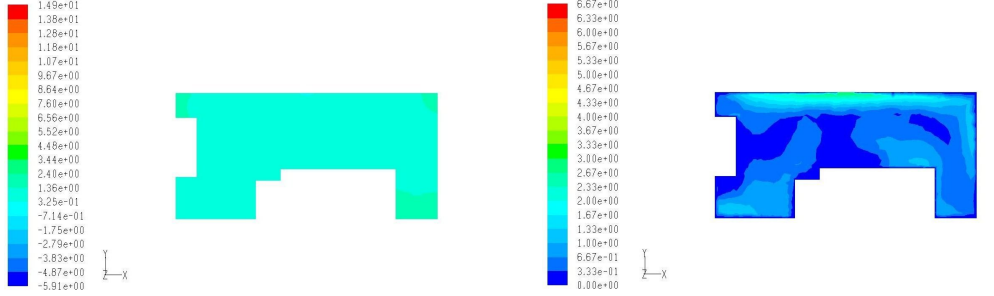
(b) hız



(c) sıcaklık

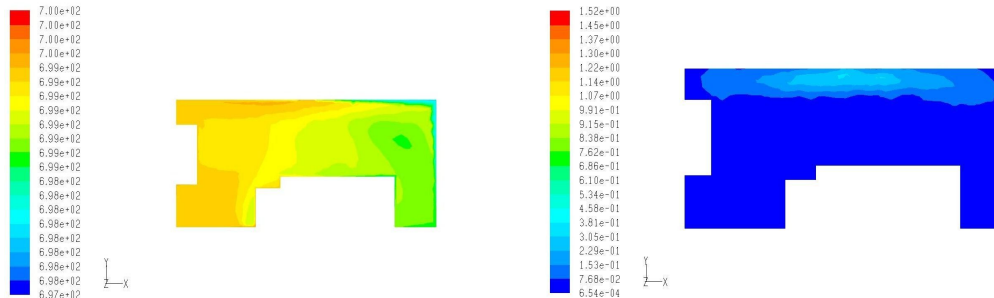
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.32 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $z=1.25$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) basınç

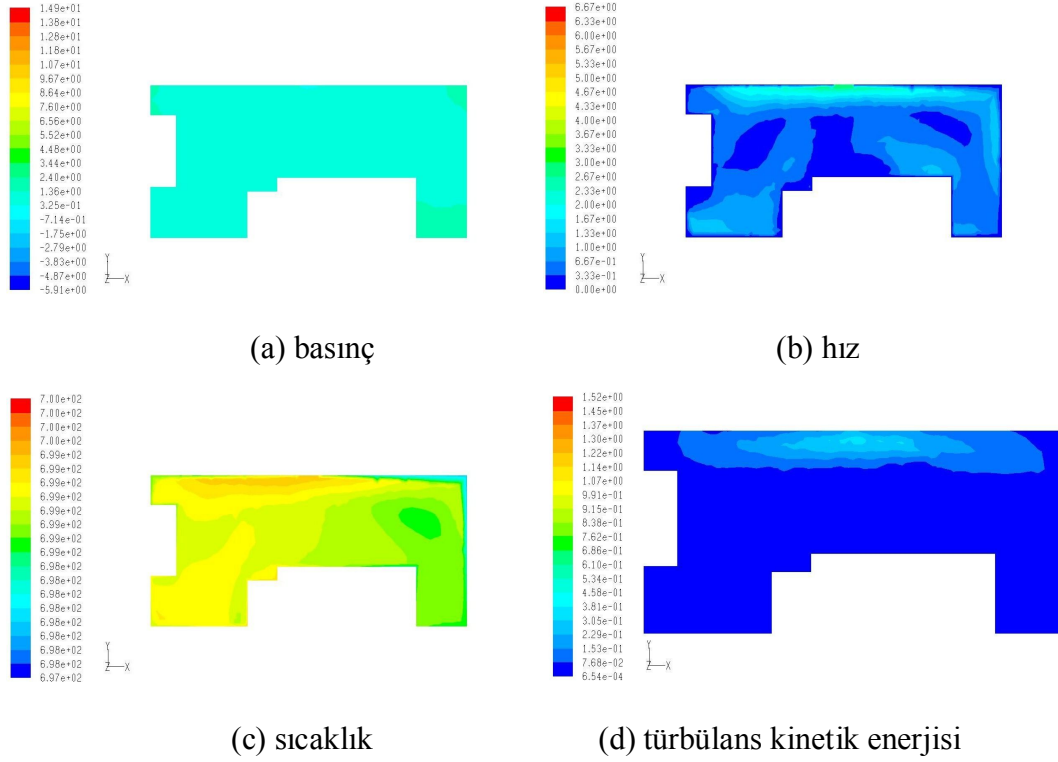
(b) hız



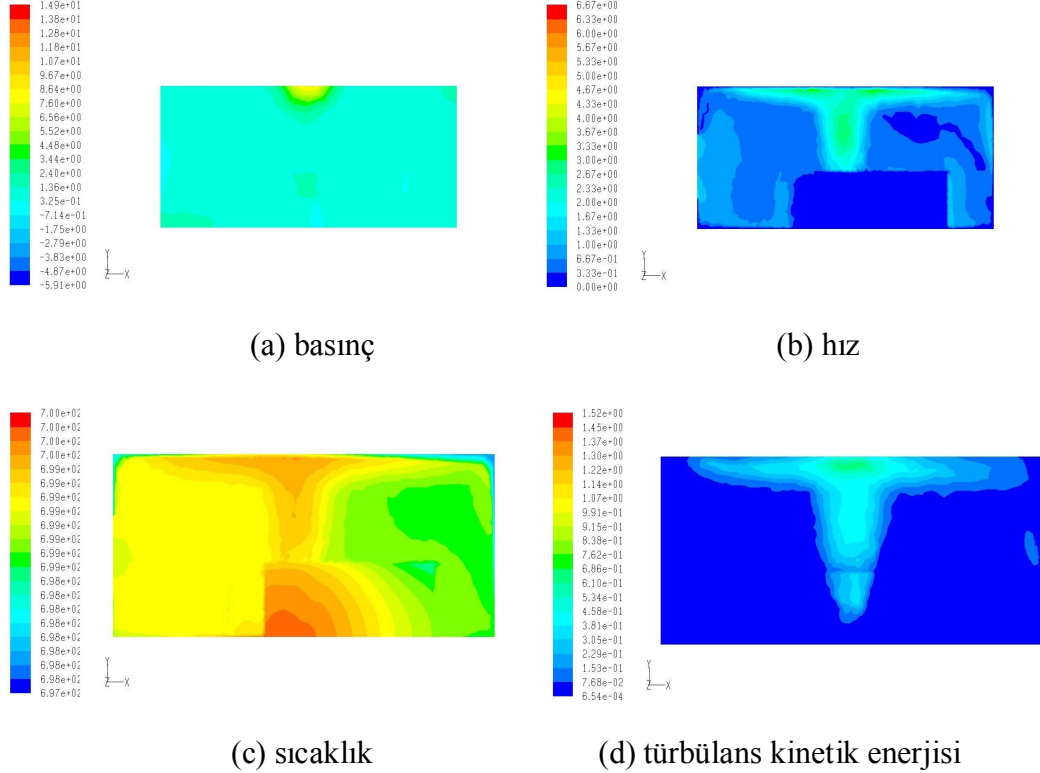
(c) sıcaklık

(d) türbülans kinetik enerjisi

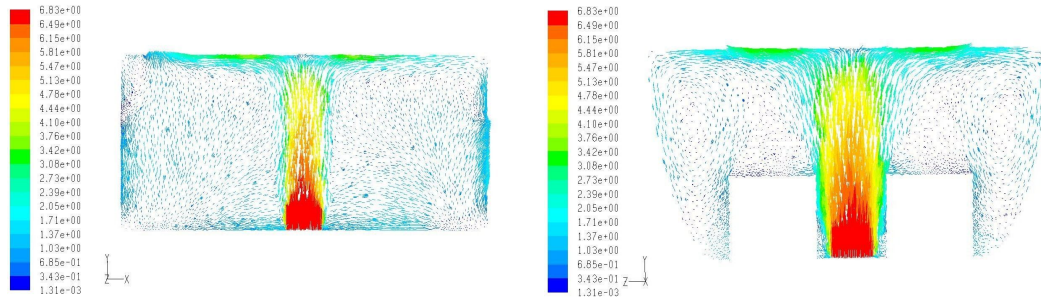
Şekil 6.33 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $z=-1.75$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



Şekil 6.34 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $z=1.75$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.

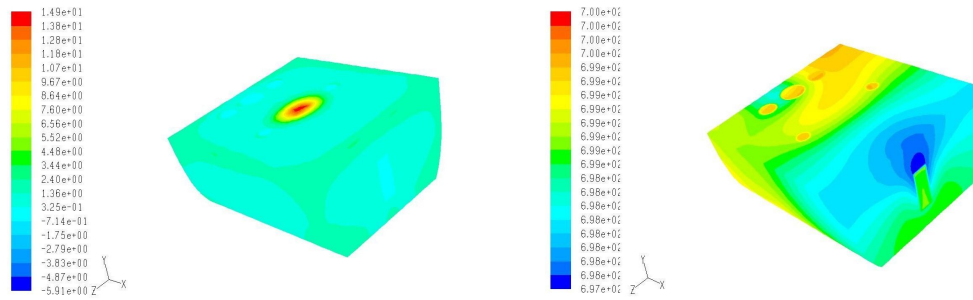


Şekil 6.35 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $z=0.6$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) $z = 0$ m X-Y düzlemi hız vektörleri (b) $x = 3.75$ m Y-Z düzlemi hız vektörleri

Şekil 6.36 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için $z=0$, $x = 3.75$ m'deki X-Y ve Y-Z düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımı.



(a) basınç

(b) sıcaklık

Şekil 6.37 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu için daire yüzeylerindeki basınç ve sıcaklık dağılımı.

Değer noktalarından elde edilen sıcaklık değerleri Çizelge 6.10' da, basınç değerleri Çizelge 6.11' de ve hız değerleri Çizelge 6.12' de görülmektedir.

Çizelge 6.10 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu sıcaklık dağılımı.

Hat Nu.	Sıcaklık Değerleri (K)									
	0.33 m	0.66 m	0.99 m	1.32 m	1.65 m	1.98 m	2.31 m	2.64 m	2.97 m	3.3 m
1	698	699	699	699	699	699	699	699	699	700
2	699	699	699	699	699	699	699	699	699	698
3	699	699	699	699	699	699	699	699	699	698
4	699	698	698	698	698	698	698	698	698	698
5	700	700	700	700	700	700	700	700	700	699

Çizelge 6.11 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu basınç dağılımı.

Hat Nu.	Basınç Değerleri (Geyc Pascal)									
	0.33	0.66	0.99	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97	3.3
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	1.8	1.7	1.2	1	0.9	0.8	0.9	1	1	0
2	1.5	1.3	1.2	1	0.9	0.8	0.7	0.8	0.9	1
3	1.2	1.3	1.3	1.1	0.8	0.5	0.5	0.7	0.8	0.9
4	1.2	1.3	1.3	1.1	0.8	0.5	0.5	0.7	0.8	0.9
5	2	1.5	1.5	1.3	1.2	1.1	1.6	3.2	8.7	14.4

Çizelge 6.12 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 2 yangın senaryosu hız dağılımı.

Hat Nu.	Hız Değerleri (m/s)									
	0.33	0.66	0.99	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97	3.3
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	0	0.6	0.755	0.9	0.95	0.9	0.8	0.75	0.75	1.75
2	0	0.65	0.75	0.755	0.8	0.8	0.75	0.5	0.8	0
3	0	0.7	0.65	0.7	0.75	0.6	0.5	0.45	0.85	0
4	0	0.75	0.7	0.65	0.7	0.6	0.6	0.5	0.8	0
5	6.58	6.5	6.2	5.75	5.2	5	4.7	4.2	2.35	0

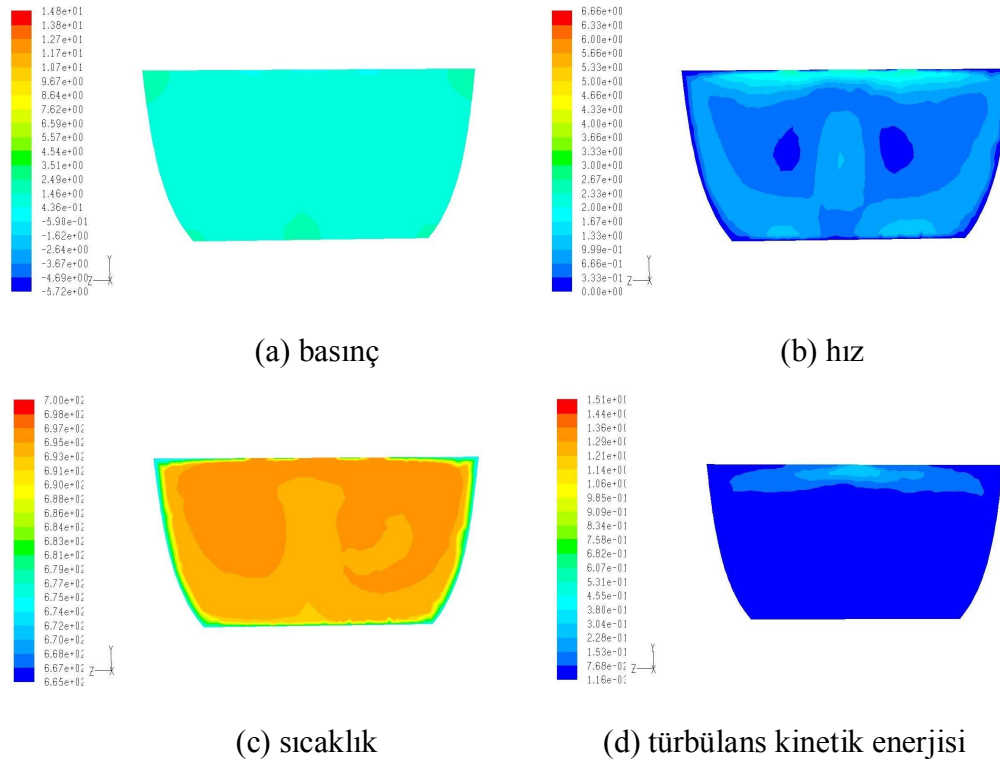
Model sonucu elde edilen değerler yorumlandığında makine dairesinin yüzeylerinden dış ortama ısı transferi modele dahil edilmediğinden yangından yayılan tüm ısı enerjisinin daire içinde kaldığı görülmektedir. Dairenin sahip olduğu doğal havalandırma açıklıklarının, fan manikalarının, firar kaportası ile baş ve kık kaportalarının içeride biriken sıcak gazları tahliye etmede yetersiz kaldıkları değerlendirilmektedir. Daire içindeki gazların sıcaklıkları üniform olarak tüm hacme dağılmaktadır.

Durum 2 yangın senaryosu sonucunda durum 1' e göre değer hatları 1 ve 2 boyunca basınç değerlerinde azalma gözlenmektedir. Ana makinelerin varlığının yangının ısı enerjisinin bu hatlardaki basınç değerlerini ana makine yükseklikleri boyunca belli yönde etkilediği değerlendirilmektedir.

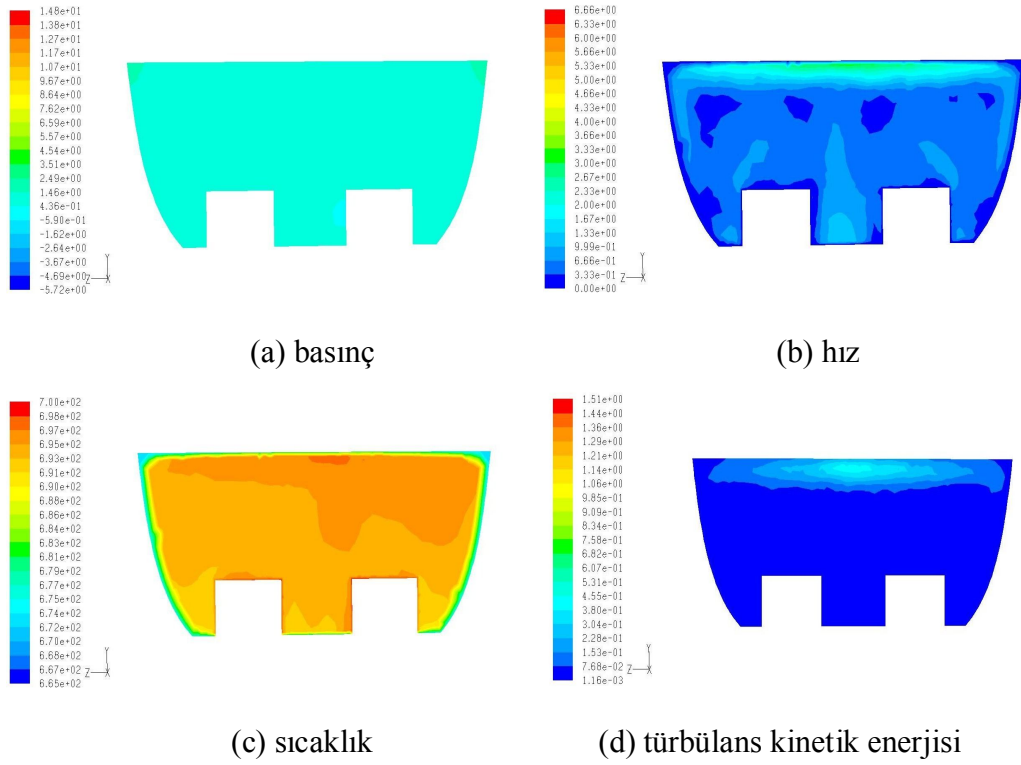
Konumları itibariyle 1 ve 2 numaralı hatlar yangın ile aynı eksen üzerinde bulunmaktadır. Durum 1' de tüm daire hacminde herhangi bir engel ile karşılaşmadan dağılan enerji, durum 2' de ana makinelerin varlığı nedeniyle y ekseninde harekete zorlanmaktadır. Bu durumda ana makine yükseklikleri boyunca 1 ve 2 numaralı hatlarda basınç düşümü gözlenirken, 3 ve 4 numaralı hatlarda aynı yüksekliklerde basınç artışı gözlenmektedir. Buna mukabil aynı durum hız değerlerine de aynı şekilde etki etmektedir.

6.2.3 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi durum 3 sonuçları

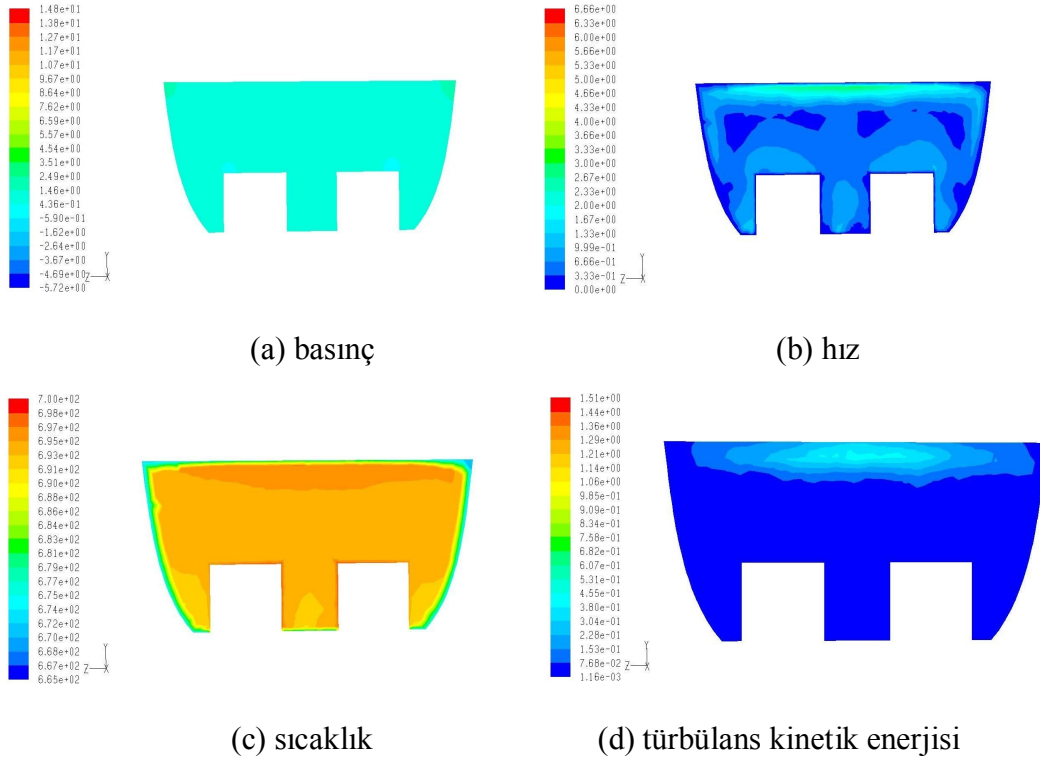
Kabuller ve sınır şartlarının etkisinin incelenmesinde üçüncü durum için daire dolu kabul edilmiş ancak önceki iki durumun aksine bu kez daire yüzeyleri adyabatik kabul edilmemiştir. Bulunan sonuçlar müteakip şekillerde ve çizelgelerde sunulmuştur.



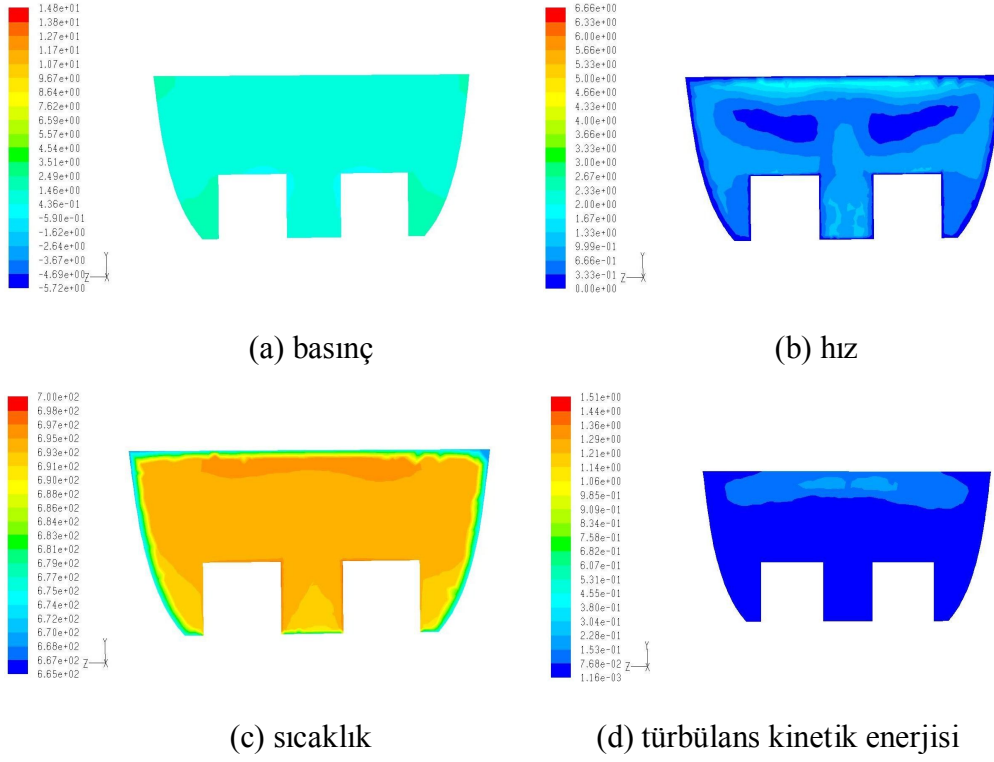
Şekil 6.38 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $x=1.25$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



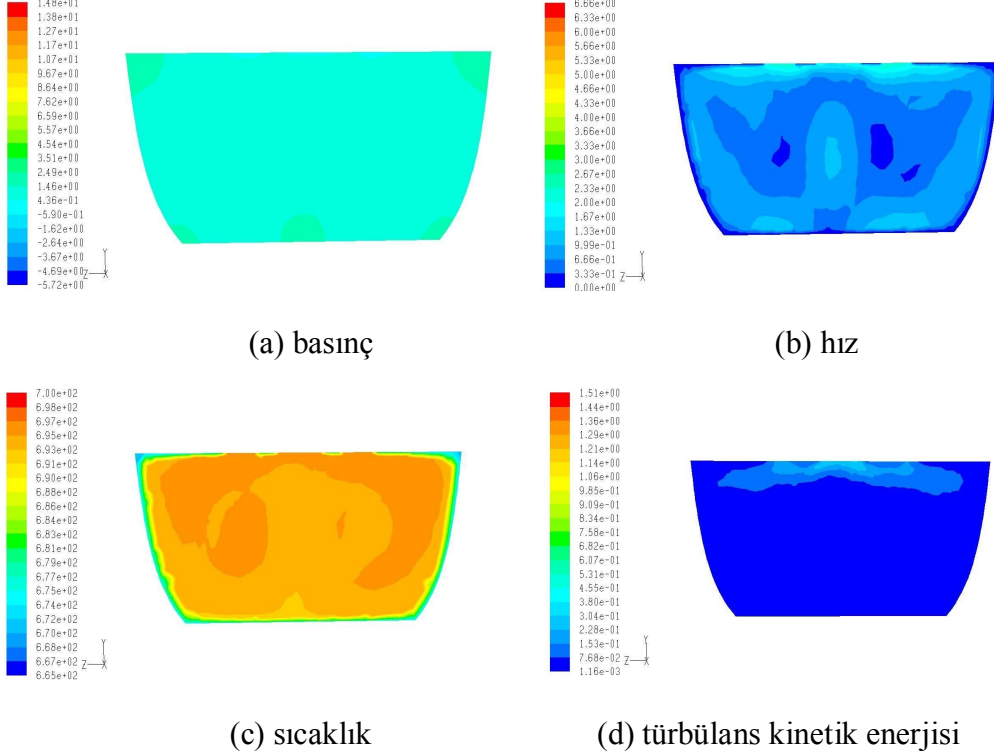
Şekil 6.39 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $x=2.5$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



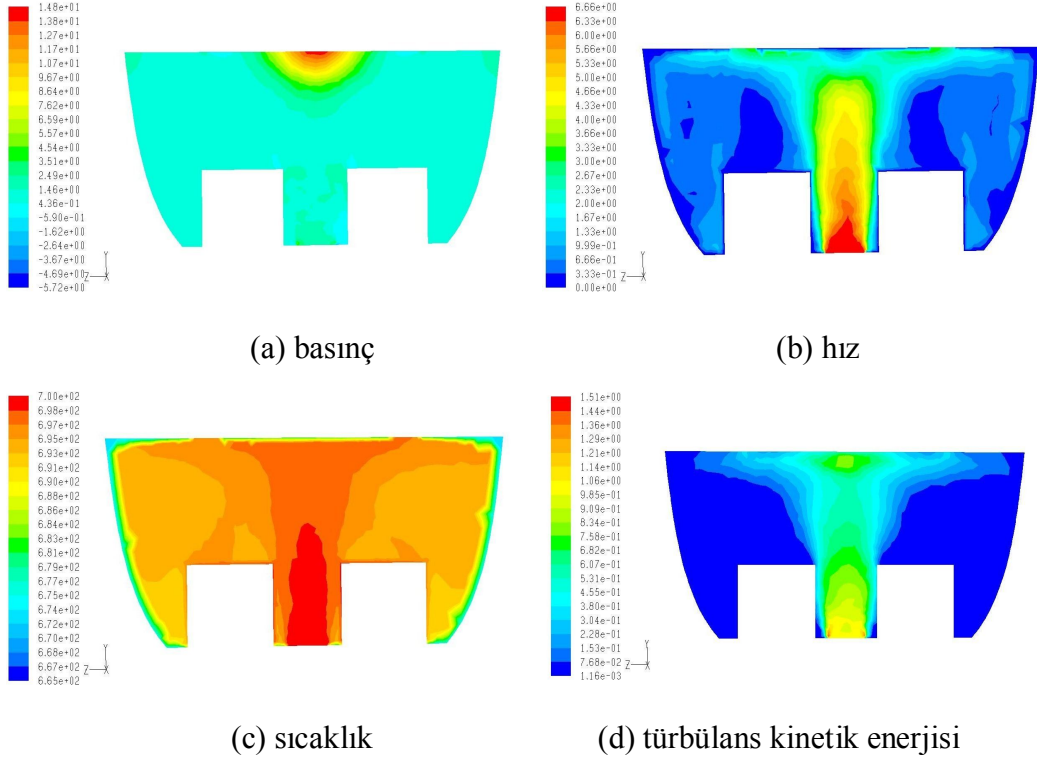
Şekil 6.40 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $x=5$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



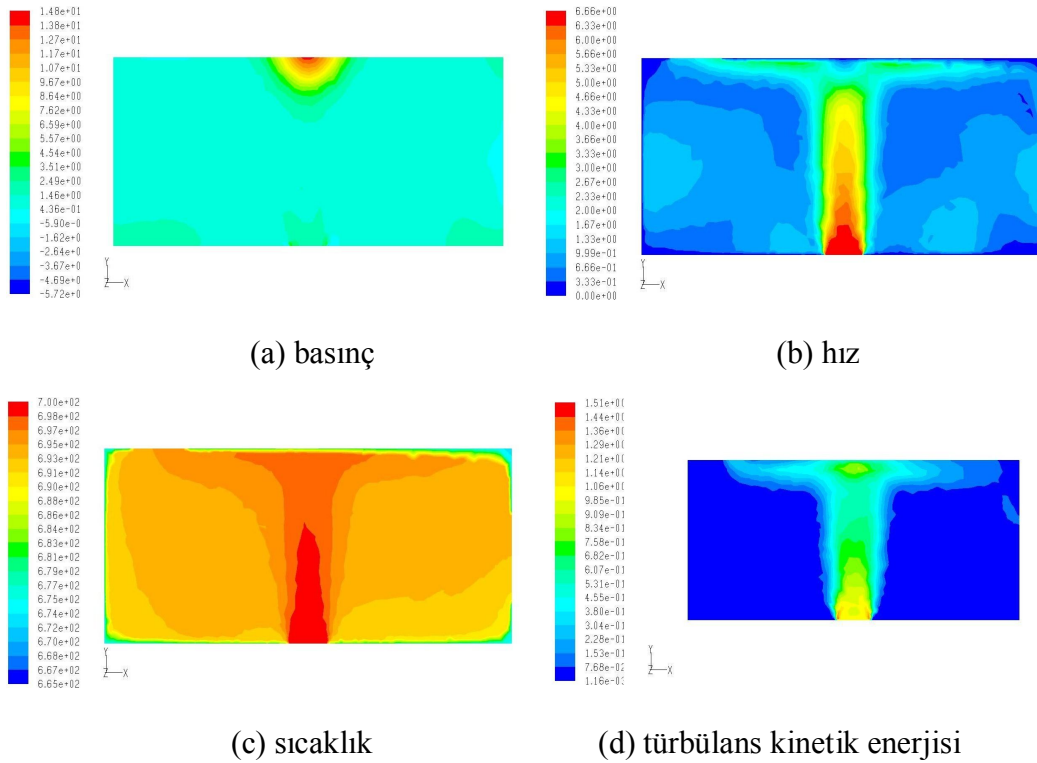
Şekil 6.41 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $x=6.25$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



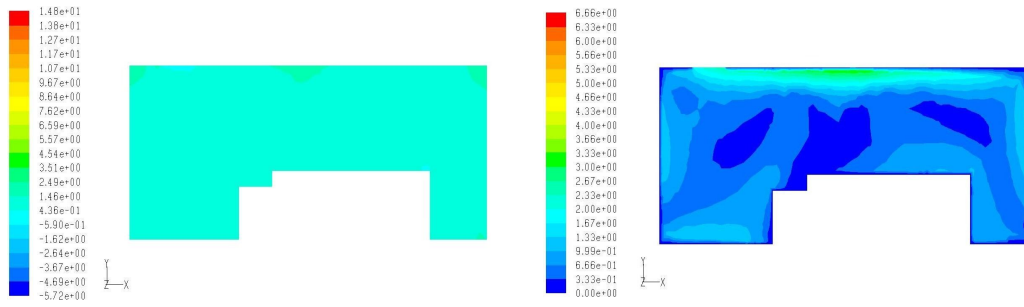
Şekil 6.42 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $x=1$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



Şekil 6.43 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Durum 3 yangın senaryosu için $x=3.75$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.

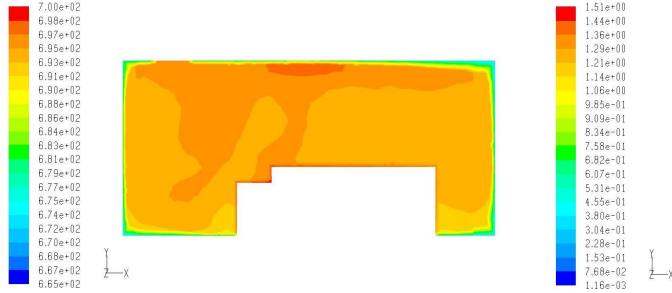


Şekil 6.44 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Durum 3 yangın senaryosu için $z=0$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) basınç

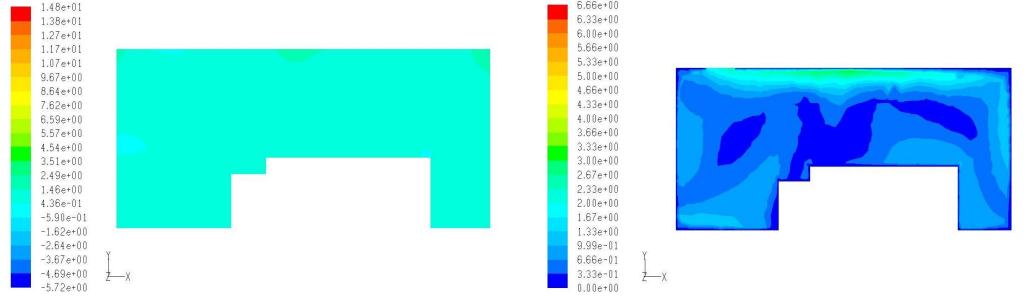
(b) hız



(c) sıcaklık

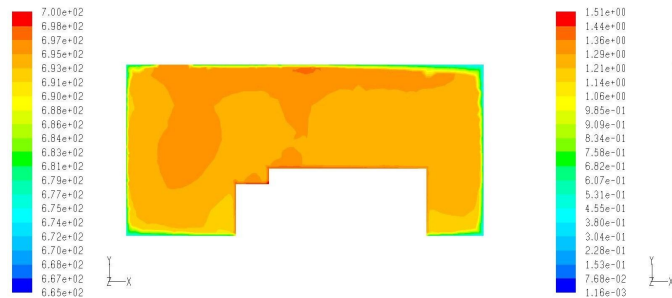
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.45 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $z = -1.25$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) basınç

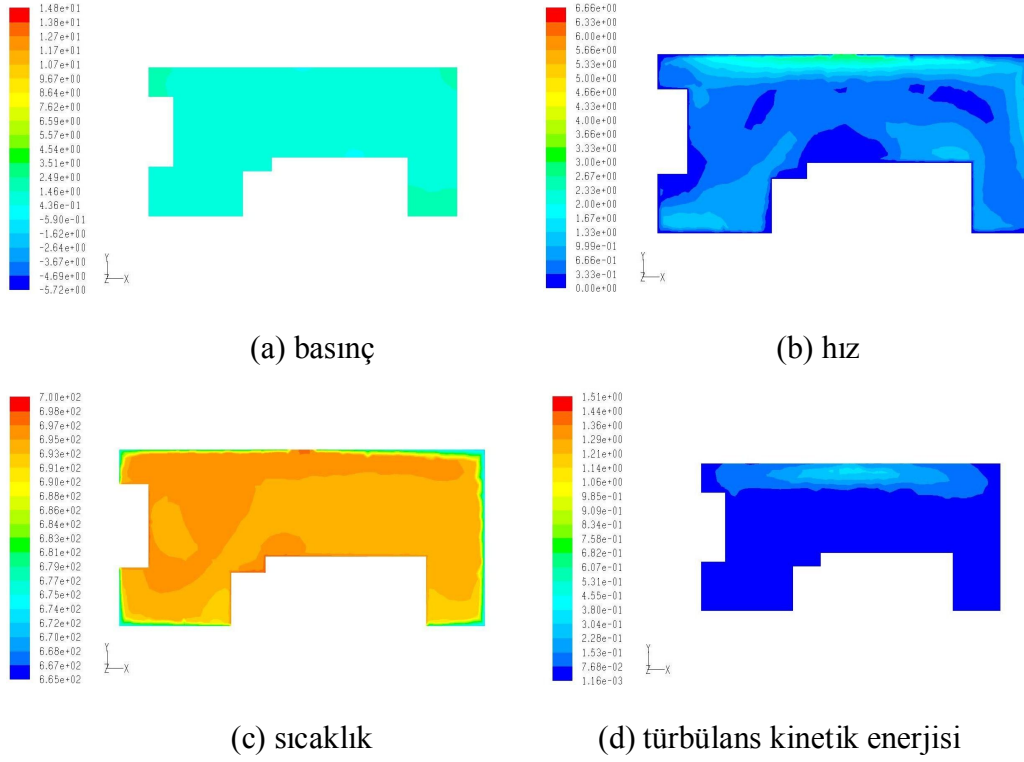
(b) hız



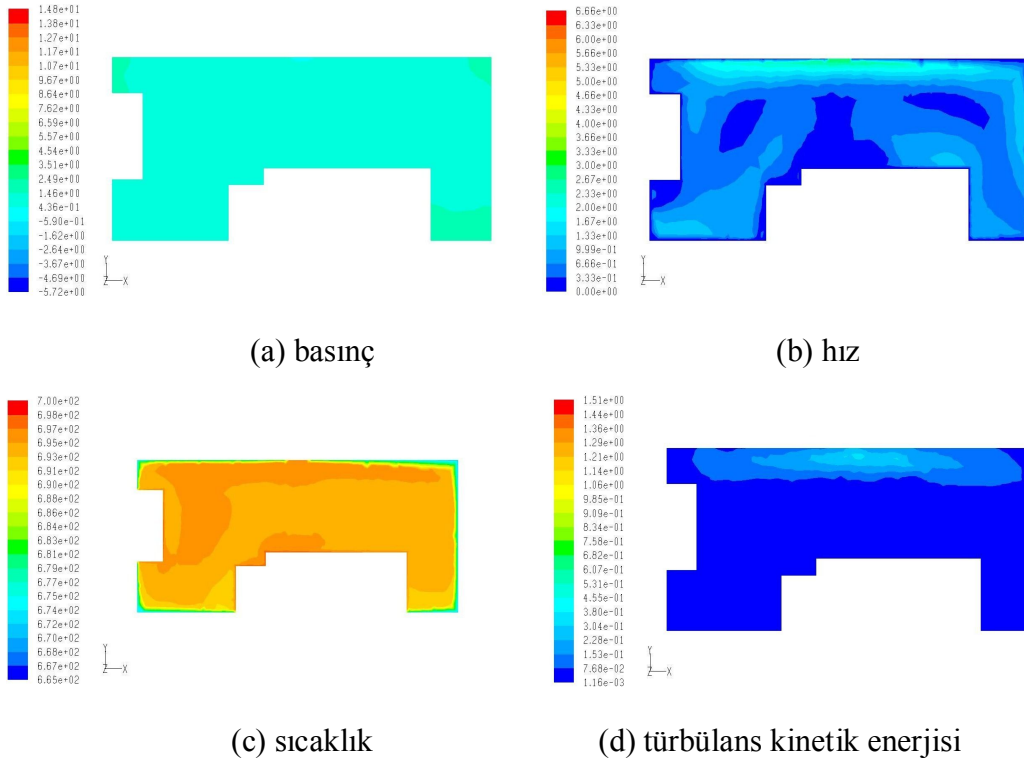
(c) sıcaklık

(d) türbülans kinetik enerjisi

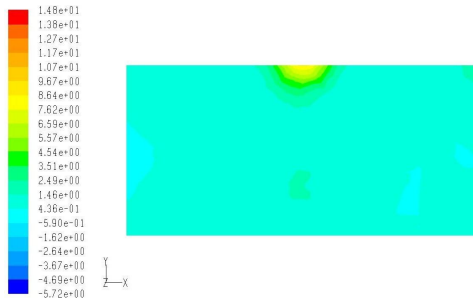
Şekil 6.46 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $z = 1.25$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



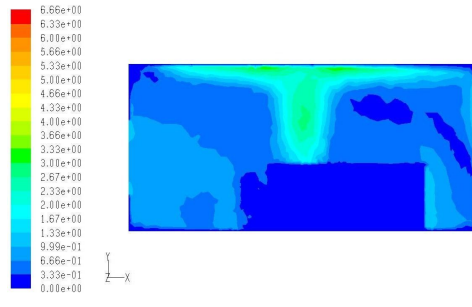
Şekil 6.47 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Durum 1 yangın senaryosu için $z=-1.75$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



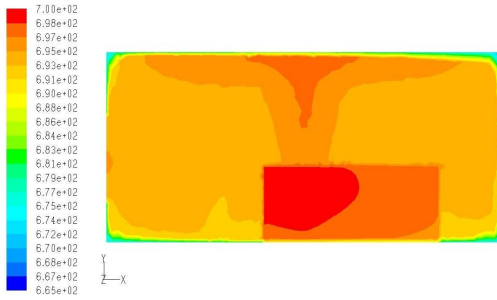
Şekil 6.48 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Durum 3 yangın senaryosu için $z=1.75$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



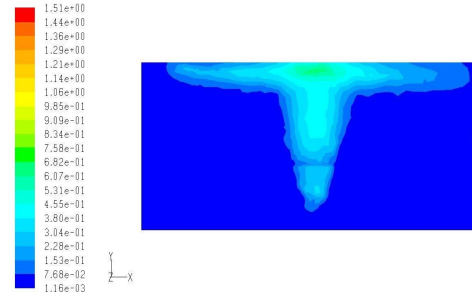
(a) basınç



(b) hız

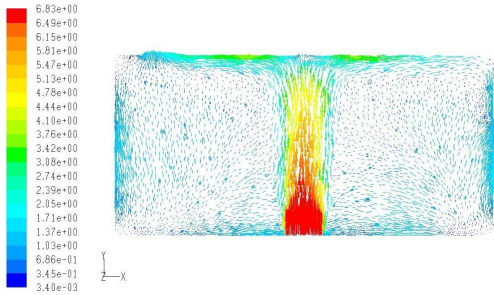


(c) sıcaklık

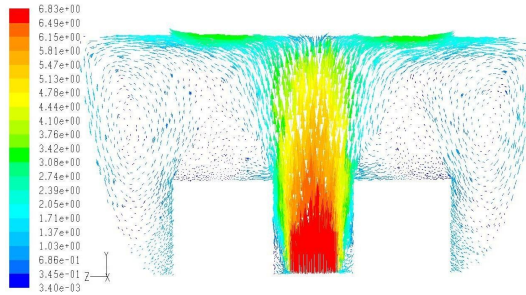


(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.49 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $z=0.6$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.

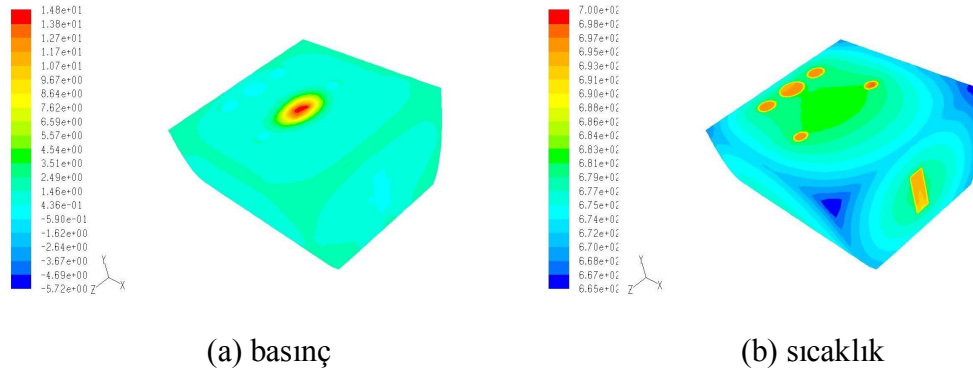


(a) $z=0$ m X-Y düzlemi hız vektörleri



(b) $x=3.75$ m Y-Z düzlemi hız vektörleri

Şekil 6.50 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için $z=0$, $x=3.75$ m'deki X-Y ve Y-Z düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımı.



Şekil 6.51 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu için daire yüzeylerindeki basınç ve sıcaklık dağılımı.

Değer noktalarından elde edilen sıcaklık değerleri Çizelge 6.13’ te, basınç değerleri Çizelge 6.14’ te ve hız değerleri Çizelge 6.15’ te görülmektedir.

Çizelge 6.13 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu sıcaklık dağılımı.

Hat Nu.	Sıcaklık Değerleri (K)									
	0.33	0.66	0.99	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97	3.3
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	677	692	693	693	694	694	694	694	694	695
2	677	691	692	692	693	693	693	693	693	676
3	676	691	692	693	693	693	693	693	694	678
4	677	692	693	693	693	693	693	693	694	678
5	700	700	699	699	698	698	697	697	697	681

Çizelge 6.14 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu basınç dağılımı.

Hat Nu.	Basınç Değerleri (Geyc Pascal)									
	0.33	0.66	0.99	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97	3.3
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	1,7	1,5	1,1	1,0	0,9	0,8	0,9	1,1	1,2	0
2	1,5	1,4	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,8	0,9	1,1
3	1,3	1,2	1,1	0,8	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9
4	1,2	1,1	1,1	1,0	0,8	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9
5	2,1	1,6	1,3	1,2	1,2	1,1	1,6	3,2	8,7	14,4

Çizelge 6.15 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Durum 3 yangın senaryosu hız dağılımı.

Hat Nu.	Hız Değerleri (m/s)									
	0.33	0.66	0.99	1.32	1.65	1.98	2.31	2.64	2.97	3.3
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	0	0.6	0,8	0,95	1,05	1	0,8	0.65	0.65	1.75
2	0	0.65	0,76	0,8	0,85	0,85	0,75	0.55	0,8	0
3	0	0,8	0.65	0.6	0,75	0.66	0.5	0,45	0,85	0
4	0	0,95	0,75	0.6	0,7	0.65	0.65	0.5	0,75	0
5	6,58	6,5	6,2	5,8	5,25	5	4,75	4,2	2,35	0

Model sonucu elde edilen değerler yorumlandığında dairenin sahip olduğu doğal havalandırma açıklıklarının, fan manikalarının, firar kaportası ile baş ve kık kaportalarının içeride biriken sıcak gazları tahliye etmede yetersiz kaldıkları değerlendirilmektedir.

Yine de durum 1 ve 2'nin aksine sıcak gazlar bu kez daire içerisinde üniform değildir. Daire yüzeylerinden dış ortama olan ısı transferinin modele eklenmesi ile bu durum ortaya çıkmıştır.

Durum 3 yangın senaryosu sonucunda durum 1 ve 2' ye göre değer hatları 1 ve 2 boyunca basınç değerlerinde azalma gözlenmektedir. Durum 2'ye oranla basınç düşümü nispeten daha küçük kalmaktadır. Yangından yayılan ısı enerjisinin bir bölümünün tekne yüzeyleri yoluyla dış ortama transferi bu durumu yaratmaktadır. Durum 1' den durum 2'ye geçişte görülen 3 ve 4 numaralı hatlardaki basınç artımı bu kez gözlenmemektedir. Bunun yerine durum 2'ye göre belli oranlarda basınç düşümü mevcuttur. Bunun nedeni de aynı şekilde ısının bir bölümünün dış ortama transferidir. Buna mükabil aynı durum hız değerlerine de aynı şekilde etki etmektedir.

6.2.4 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi durum 4 sonuçları

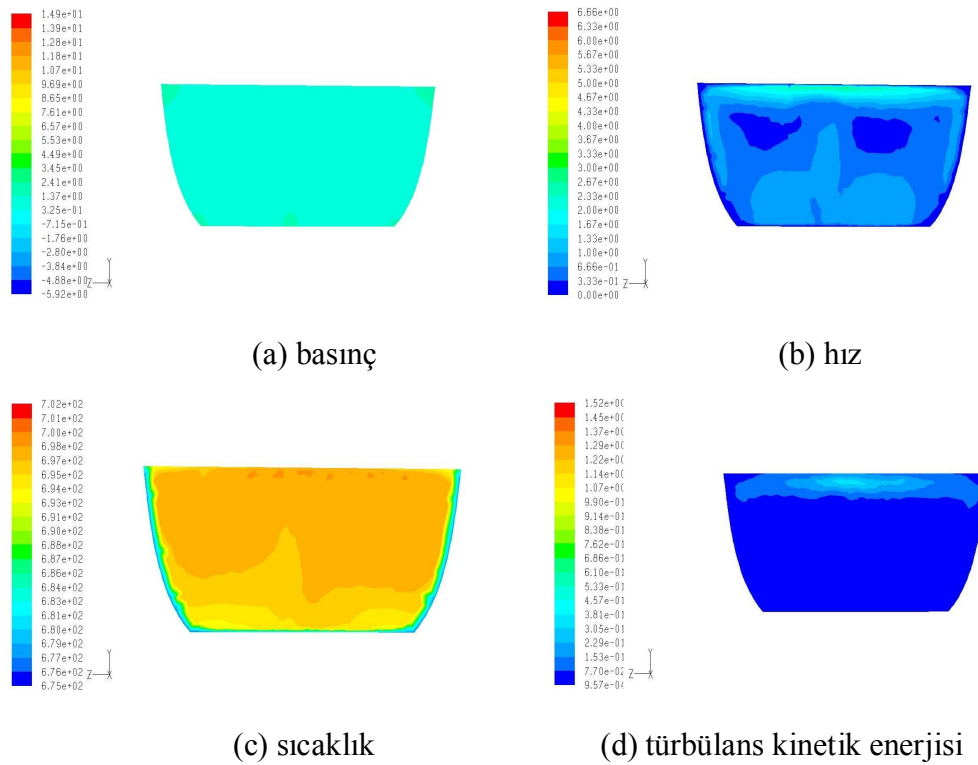
80 sınıfı sahil güvenlik gemisi makine dairesinde oluşturulan 0.5 MW büyüklüğündeki yangının, dairenin gerçek durumu yansıtan modelinin sonuçları Bölüm 6.3 içerisinde açıklanmıştır.

6.3 Sahil Güvenlik Gemisi Makine Dairesi Sürekli Yangın Modeli Sonuçları

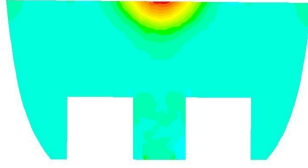
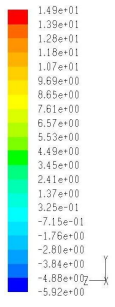
80 sınıfı sahil güvenlik gemisi makine dairesi için sürekli yangın modelinde üç ayrı yangın büyüklüğü, iki farklı yangın yeri için çözüm yapılmıştır. Sürekli durum yangın modelinde 0.5, 1 ve 3 MW yangın büyüklükleri daire ortasında ve kıç perdeye temas eder biçimde iskele yakıt servis sarnıcı civarında incelenmiştir. Şekil sayısını azaltmak üzere sonuçlar enine ve boyuna olacak şekilde üçer ayrı kesitte basınç, sıcaklık ve hız yönünden değerlendirilmiştir. Ayrıca sıcaklık, basınç ve hız değerleri Şekil 6.16’ da görülen değer hatları boyunca elde edilerek kıyaslanmıştır

6.3.1 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi senaryo A sonuçları

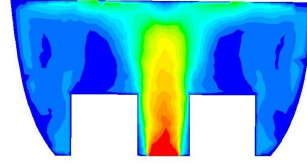
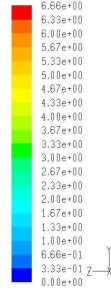
80 sınıfı sahil güvenlik gemisine ait makine dairesinde senaryo A’ ya uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.



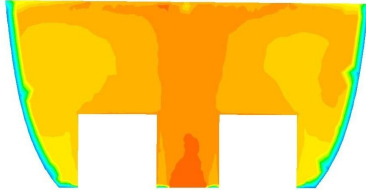
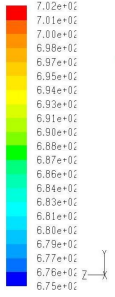
Şekil 6.52 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için $x = 1.875$ m’deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



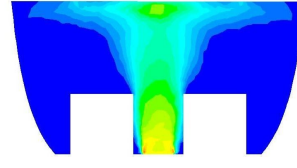
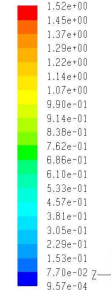
(a) basınç



(b) hız

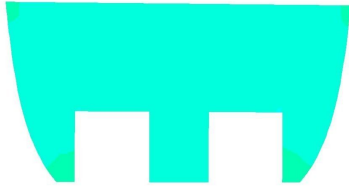
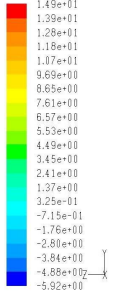


(c) sıcaklık

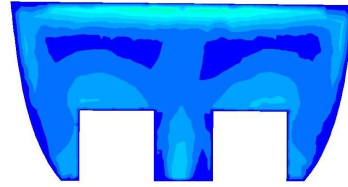
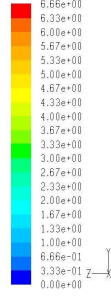


(d) türbülans kinetik enerjisi

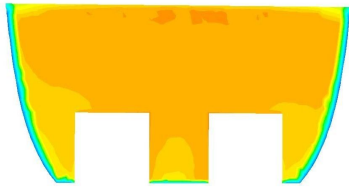
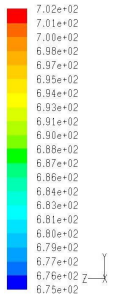
Şekil 6.53 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için $x=3.75$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



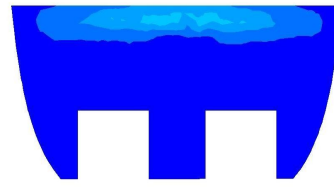
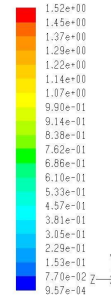
(a) basınç



(b) hız

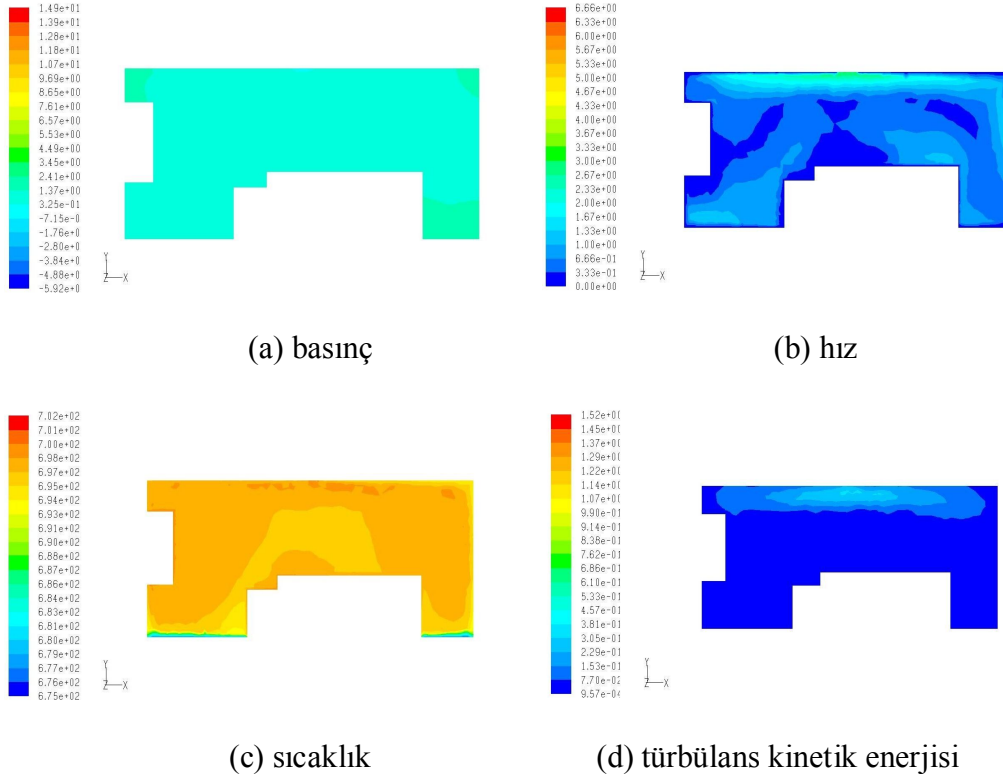


(c) sıcaklık

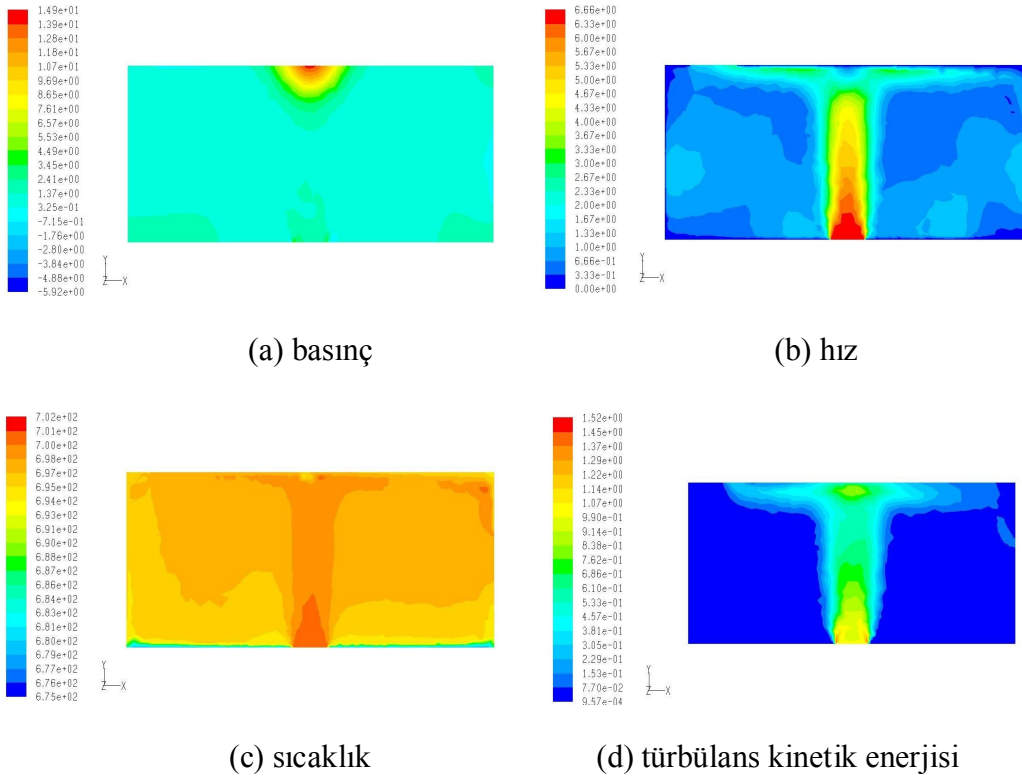


(d) türbülans kinetik enerjisi

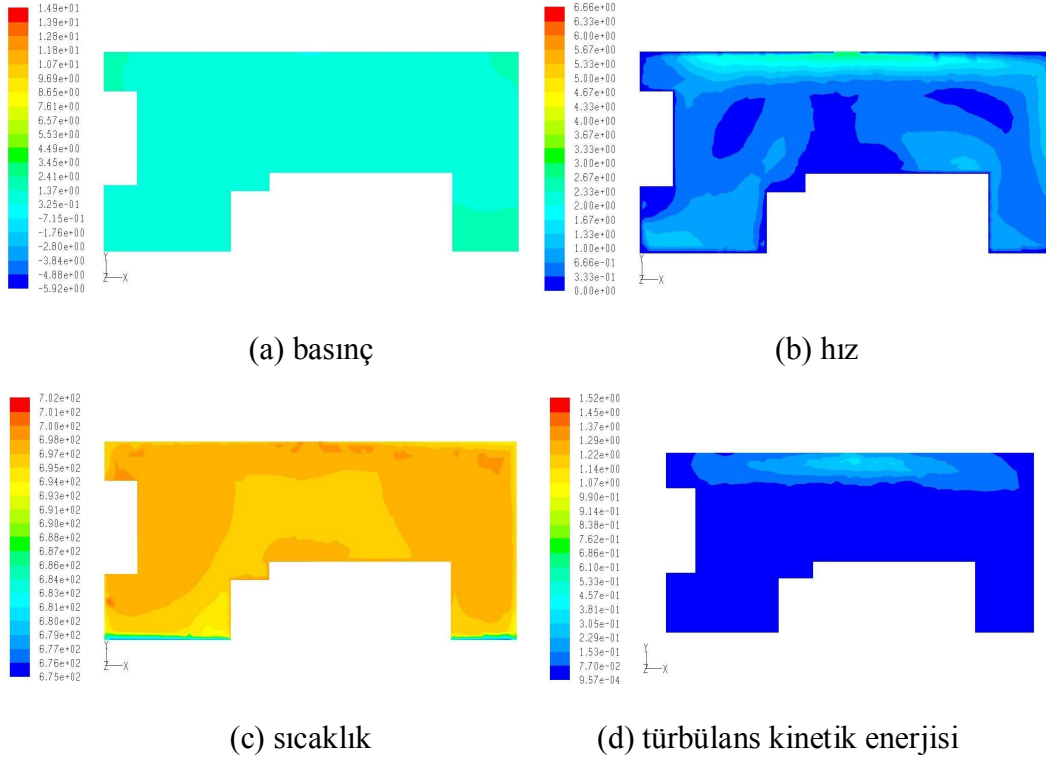
Şekil 6.54 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için $x= 5.625$ m'deki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



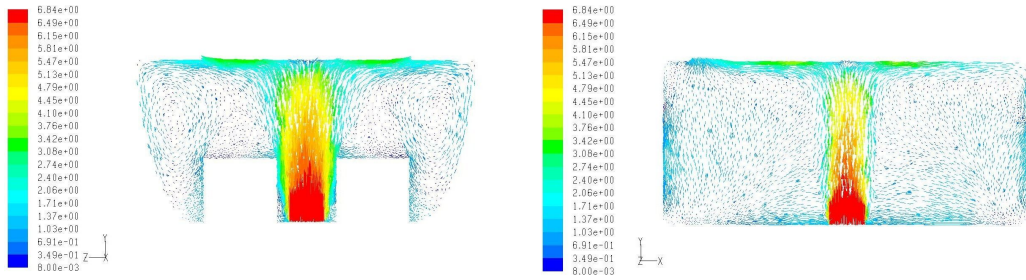
Şekil 6.55 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için $z = -1.75$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



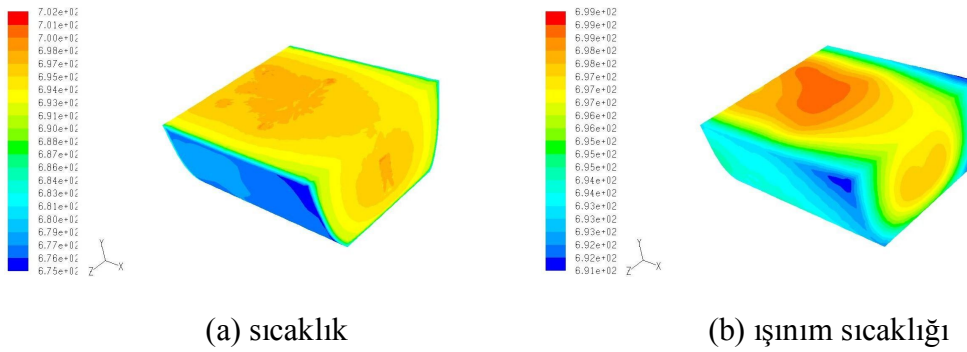
Şekil 6.56 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için $z = 0$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



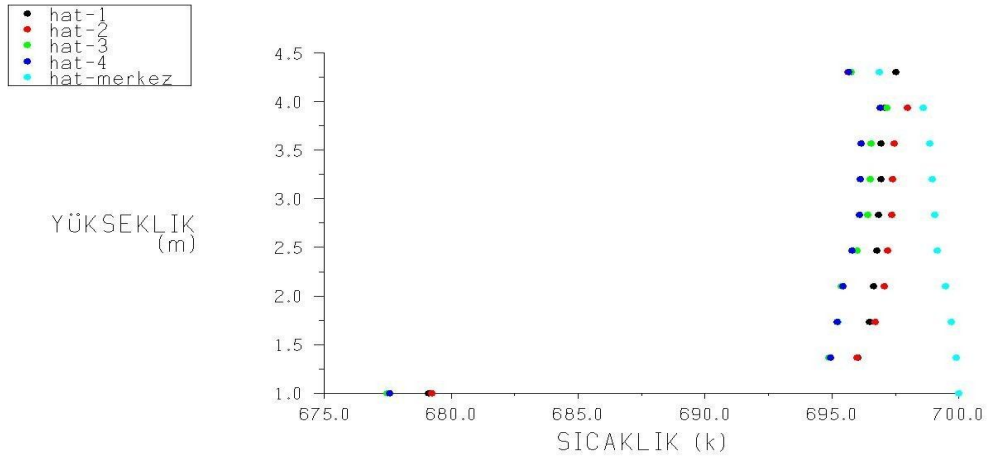
Şekil 6.57 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Senaryo A için $z=1.75$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



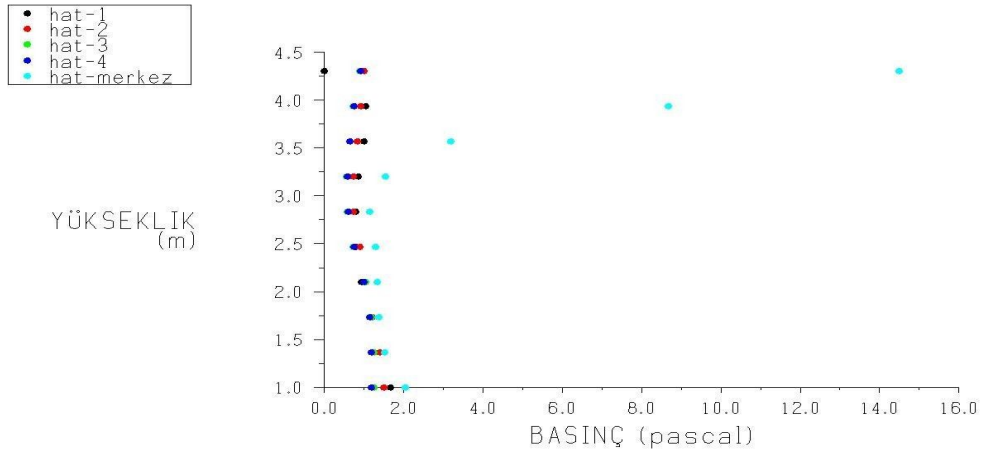
Şekil 6.58 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Senaryo A için $x=3.75$ m, $z=0$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.



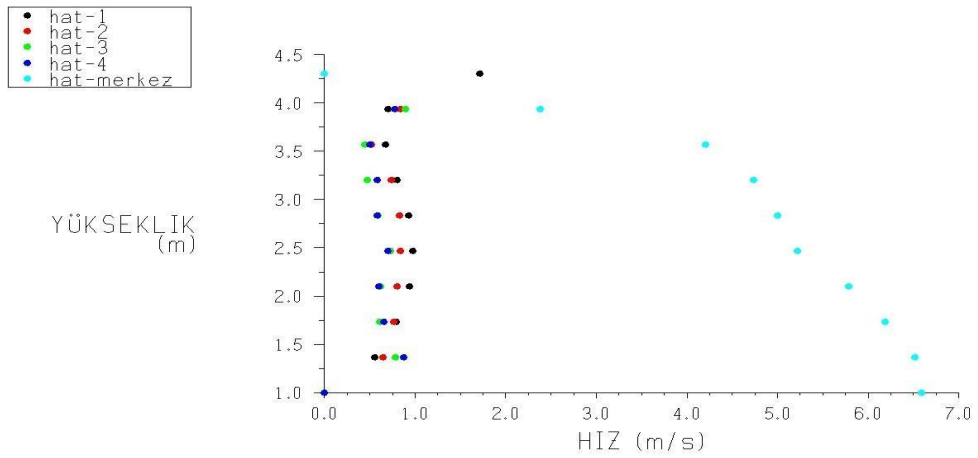
Şekil 6.59 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Senaryo A için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.60 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.61 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki basınç dağılımı.



Şekil 6.62 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki hız dağılımı.

Senaryo A gereği 0.5 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın her iki ana makinenin ortasında olacak şekilde dairenin enine ve boyuna tam ortasında oluşturulmuştur. Dairede mevcut fan açıklıkları ile doğal havalandırma açıklıkları gerçek duruma uygun olarak dizayn edilmiştir. Yangın sonuçlarını değerlendirmek üzere Şekil 6.16’ da gösterilen toplam beş adet değer hattında sıcaklık, basınç ve hız değerleri bulunmuştur.

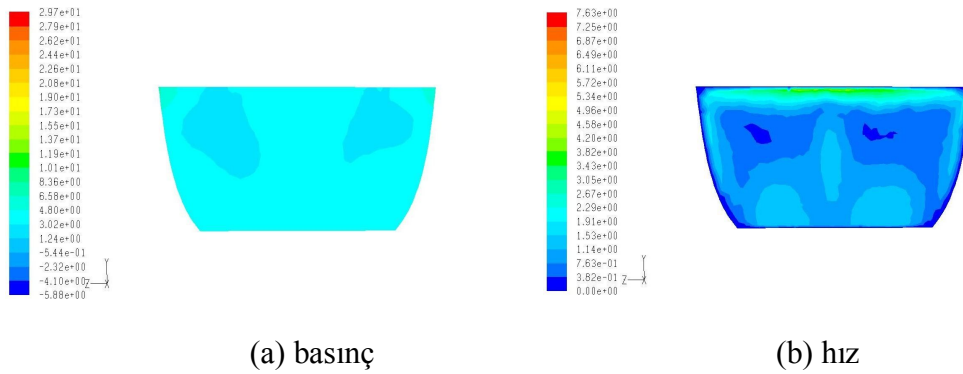
Şekil 6.60’ ta 0.5 MW’ lık yangın sonucu, daire içerisinde değer hatlarında oluşan sıcaklık dağılımı görülmektedir. Tüm hatlardaki sıcaklık değerlerinin aynı profili çizdiği ve sıcaklık değerinin daire yüksekliği boyunca hemen hemen sabit kaldığı görülmektedir. Bu durumun sıcak gazların daireyi tamamen doldurduğunu göstermektedir.

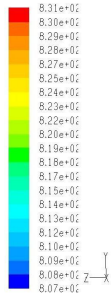
Şekil 6.59’ da görüldüğü üzere dairenin sahip olduğu tüm açıklıklardan sıcak gaz tahliyesi gerçekleşmektedir. Buna rağmen açıklıkların tahliyede yetersiz kaldıkları ve sıcak gazların tüm hacmi kapladığı düzlemlerden görülmektedir.

Şekil 6.61’de değer hatlarındaki basınç dağılımları görülmektedir. Yangın merkezinde bulunan 5 numaralı merkez hat hariç diğer hatlardaki değerler benzer profilleri takip etmektedir. 1 numaralı hat firar kaportasının tam ortasına isabet ettiğinden son yükseklik değerindeki basınç değeri dış ortam basıncıdır. Yangın merkezinde mevcut 5 numaralı hattın basınç değeri ise güverteye ulaşması ile birlikte en yüksek noktaya ulaşmaktadır.

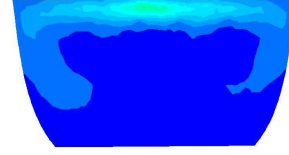
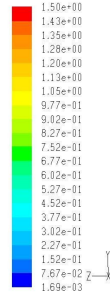
6.3.2 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi senaryo B sonuçları

80 sınıfı sahil güvenlik gemisine ait makine dairesinde senaryo B’ ye uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.



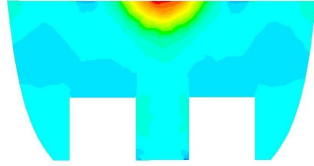
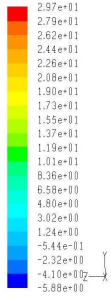


(c) sıcaklık

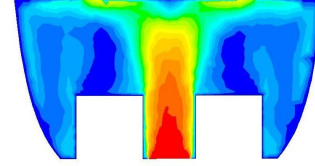
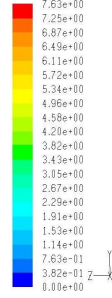


(d) türbülans kinetik enerjisi

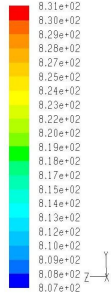
Şekil 6.63 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Senaryo B için $x = 1.875 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



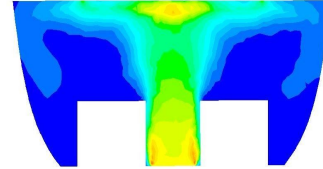
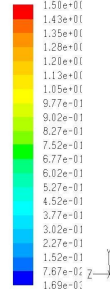
(a) basınç



(b) hız

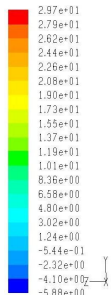


(c) sıcaklık

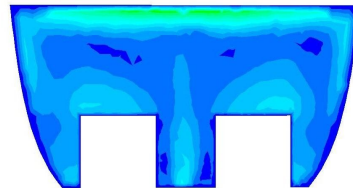
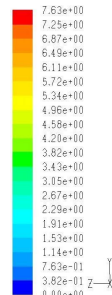


(d) türbülans kinetik enerjisi

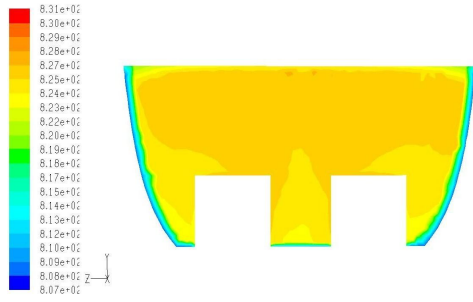
Şekil 6.64 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Senaryo B için $x = 3.75 \text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



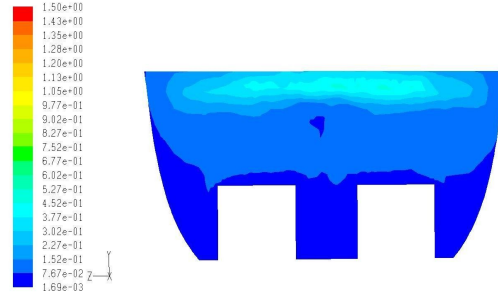
(a) basınç



(b) hız

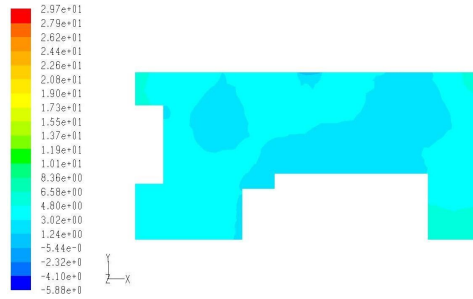


(c) sıcaklık

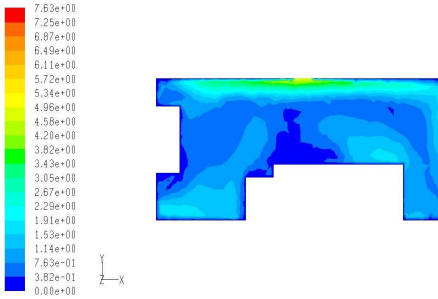


(d) türbülans kinetik enerjisi

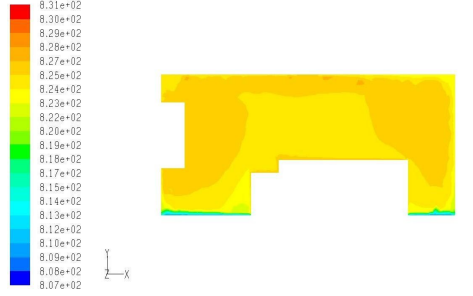
Şekil 6.65 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo B için $x = 5.625$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



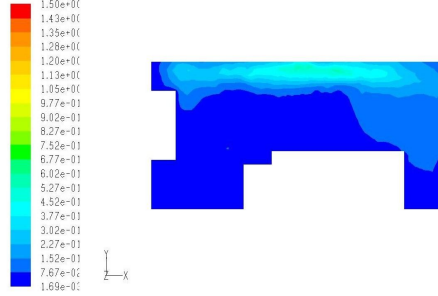
(a) basınç



(b) hız

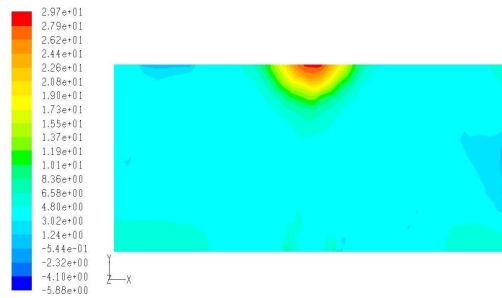


(c) sıcaklık

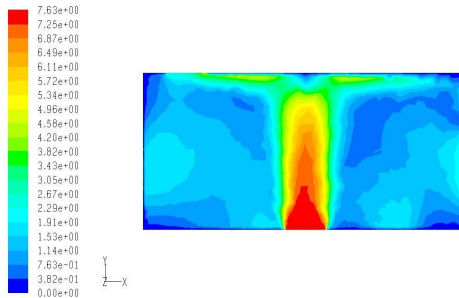


(d) türbülans kinetik enerjisi

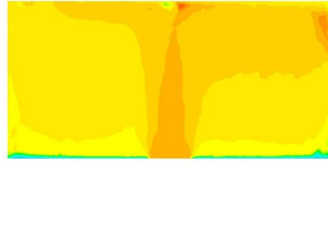
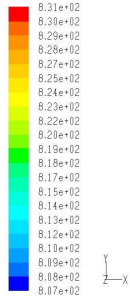
Şekil 6.66 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo B için $z = -1.75$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



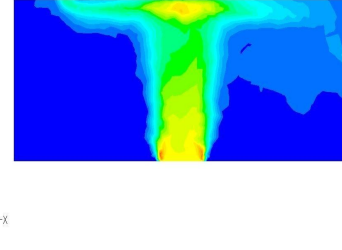
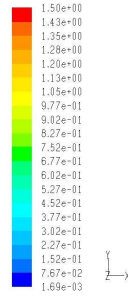
(a) basınç



(b) hız

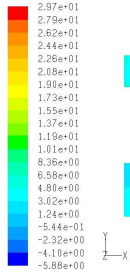


(c) sıcaklık

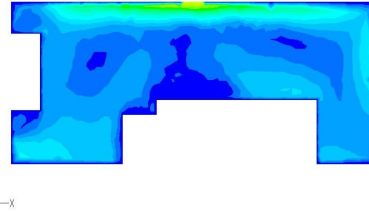
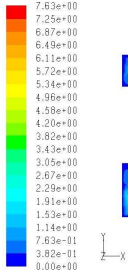


(d) türbülans kinetik enerjisi

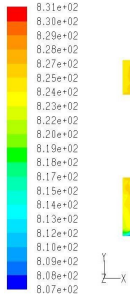
Şekil 6.67 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Senaryo B için $z=0$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



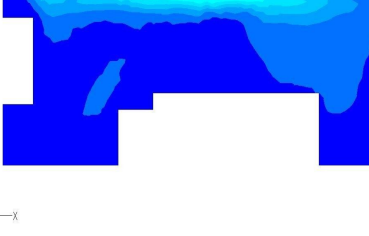
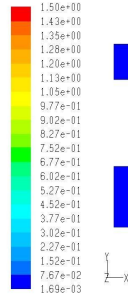
(a) basınç



(b) hız

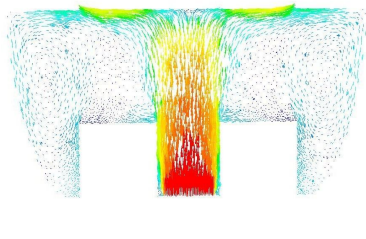
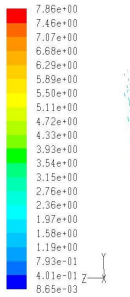


(c) sıcaklık

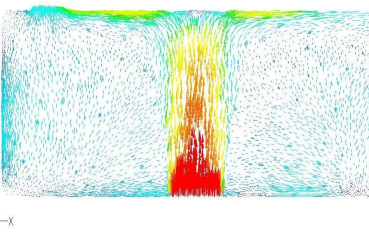
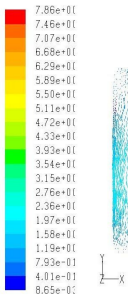


(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.68 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Senaryo B için $z=1.75$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.

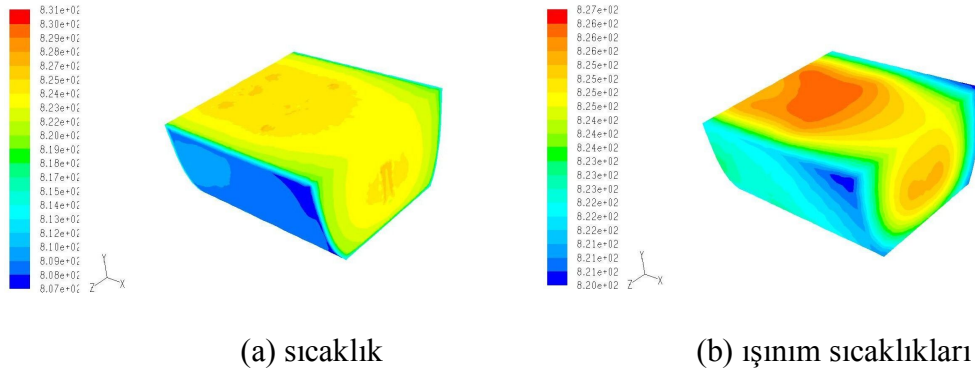


(a) $x=3.75$ m Y-Z düzlemi hız vektörleri

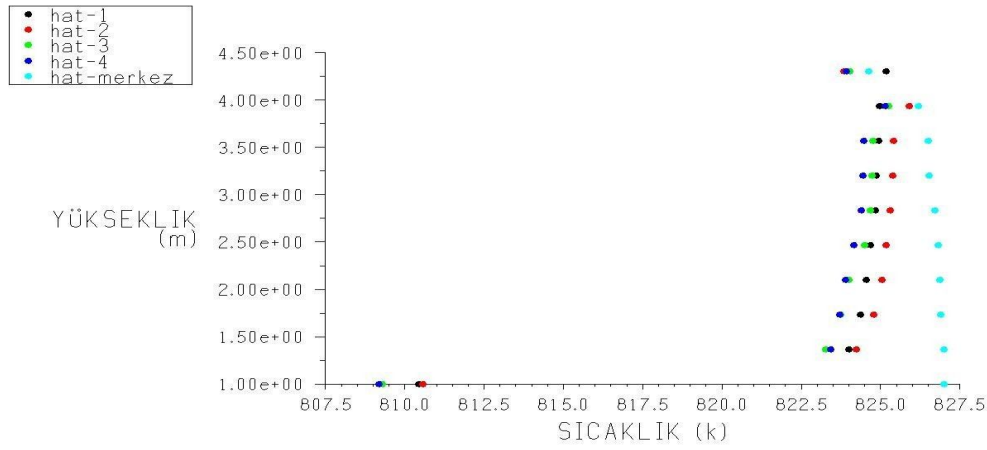


(b) $z=0$ m X-Y düzlemi hız ve vektörleri.

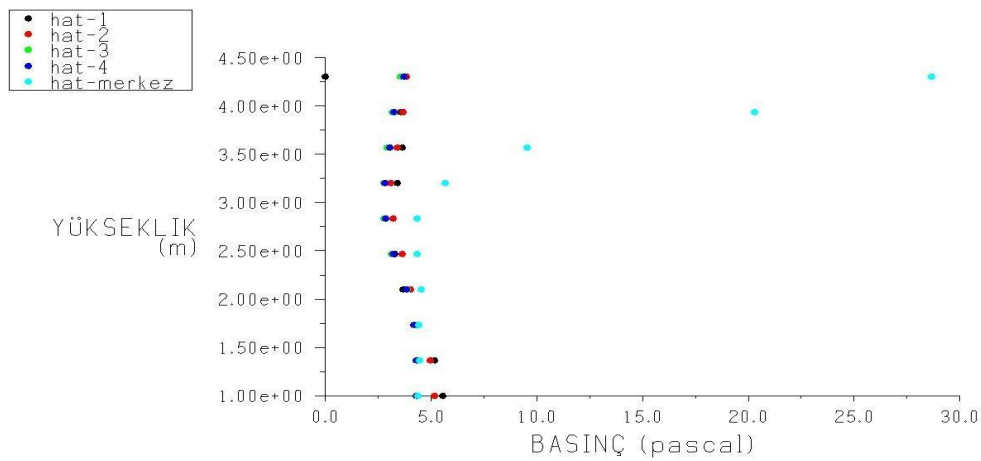
Şekil 6.69 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Senaryo B için $x=3.75$ m, $z=0$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.



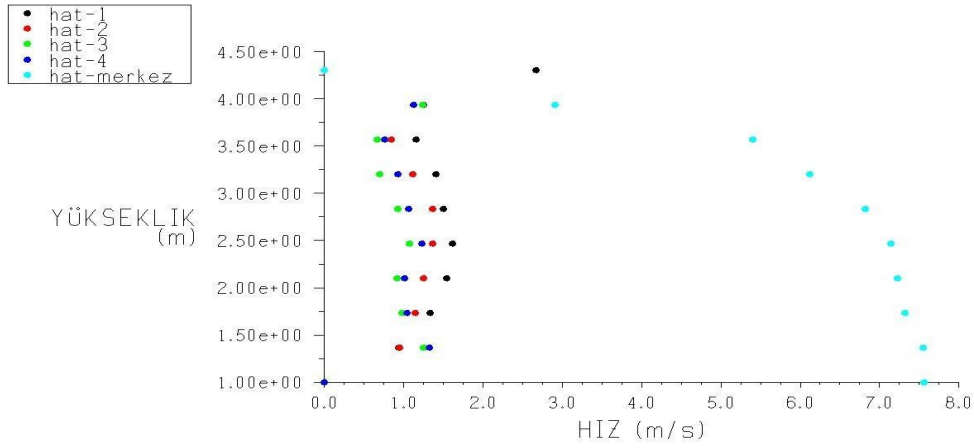
Şekil 6.70 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo B için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.71 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.72 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki basınç dağılımı.



Şekil 6.73 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki hız dağılımı.

Senaryo B gereği 1 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın her iki ana makine arasında oluşturulmuştur.

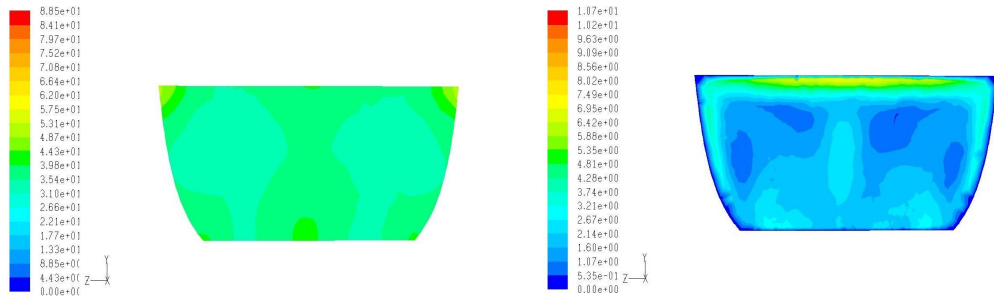
Şekil 6.71’ de 1 MW’ lık yangın sonucu, daire içerisinde değer hatlarında oluşan sıcaklık dağılımı görülmektedir. Tüm hatlardaki sıcaklık değerlerinin aynı profili çizdiği ve sıcaklık değerinin daire yüksekliği boyunca hemen hemen sabit kaldığı görülmektedir. Bu durumun sıcak gazların daireyi tamamen doldurduğunu göstermektedir.

Şekil 6.70’ te görüldüğü üzere dairenin sahip olduğu tüm açıklıklardan sıcak gaz tahliyesi gerçekleşmektedir. Buna rağmen açıklıkların tahliyede yetersiz kaldıkları ve sıcak gazların tüm hacmi kapladığı enine ve boyuna kesitlerden görülmektedir.

Şekil 6.72’de değer hatlarındaki basınç dağılımları görülmektedir. Yangın merkezinde bulunan 5 numaralı merkez hat hariç diğer hatlardaki değerler benzer profilleri takip etmektedir. 1 numaralı hat firar kaportasının tam ortasına isabet ettiğinden son yükseklik değerindeki basınç değeri dış ortam basıncıdır. 0.5 MW’ lık yangın büyüklüğüne oranla 1 numaralı hattaki maksimum değer iki katına yükselmiştir. Diğer hatlardaki basınç değerleri de 3 kat artma göstermiştir. Bu duruma yangın büyüklüğünün artmasının ancak havalandırma açıklıklarının alanlarının sabit kalmasının neden olduğu değerlendirilmektedir.

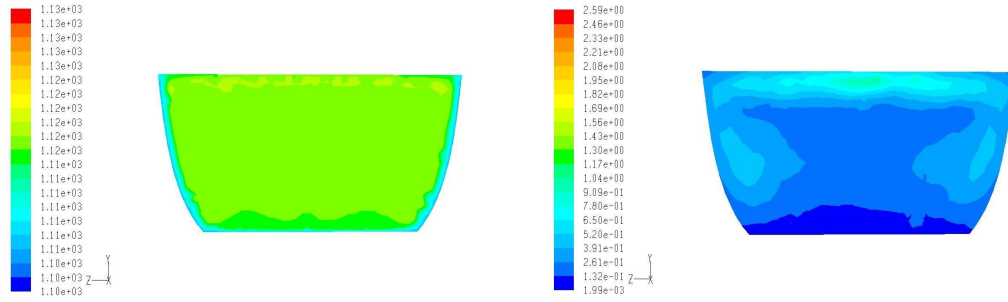
6.3.3 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi senaryo C sonuçları

80 sınıfı sahil güvenlik gemisine ait makine dairesinde senaryo C’ ye uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.



(a) basınç

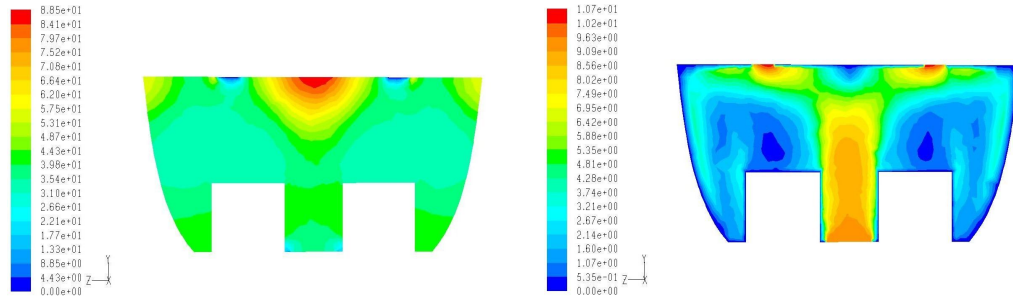
(b) hız



(c) sıcaklık

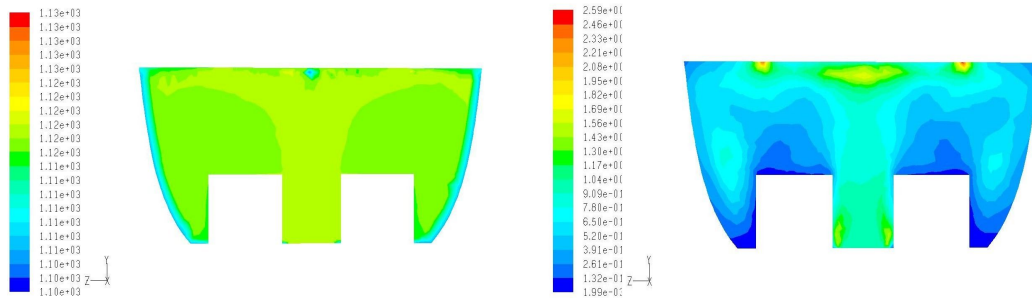
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.74 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için $x = 1.875 \text{ m}$ ' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) basınç

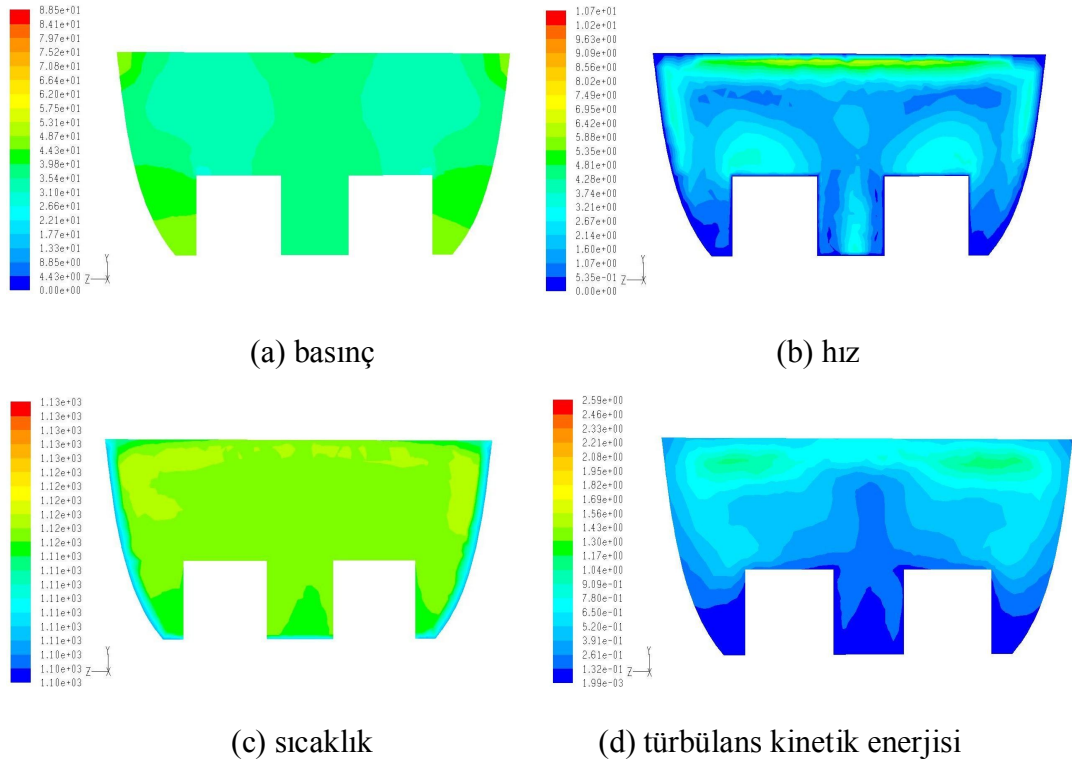
(b) hız



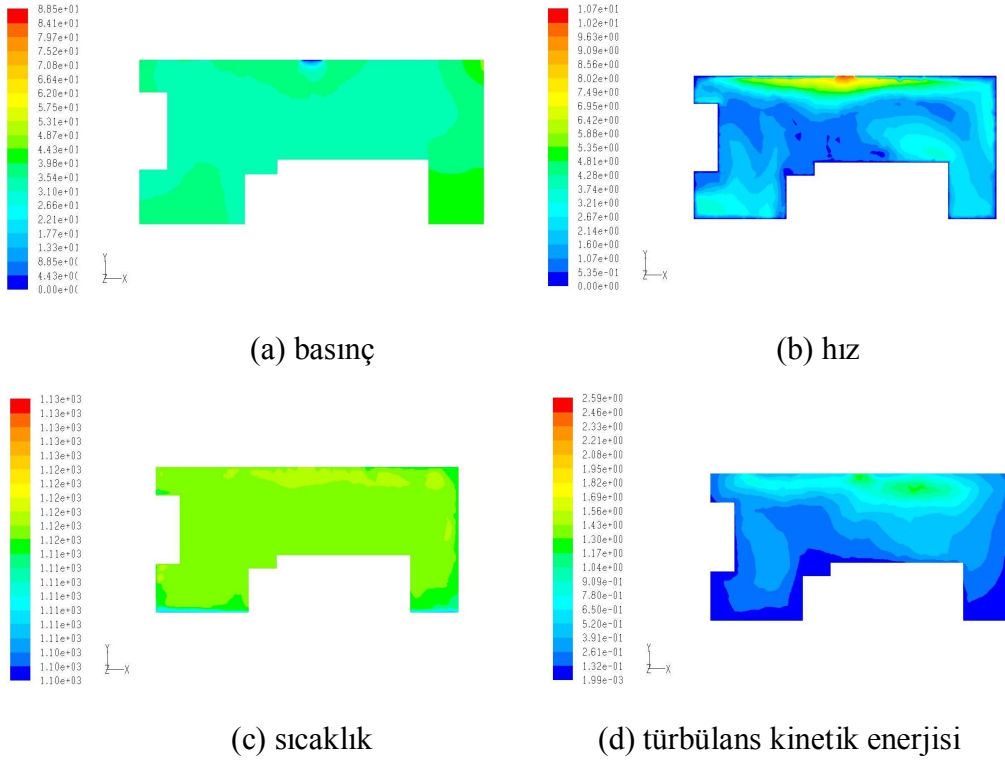
(c) sıcaklık

(d) türbülans kinetik enerjisi

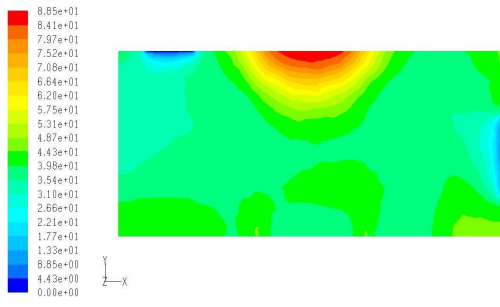
Şekil 6.75 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için $x = 3.75 \text{ m}$ ' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



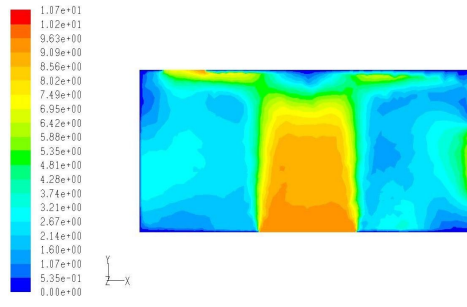
Şekil 6.76 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için $x = 5.625$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



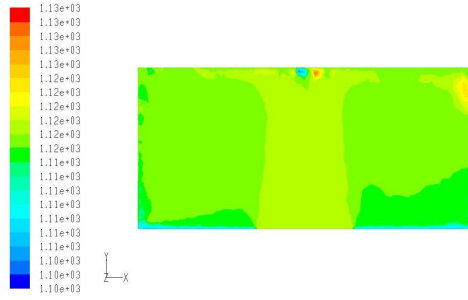
Şekil 6.77 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için $z = -1.75$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



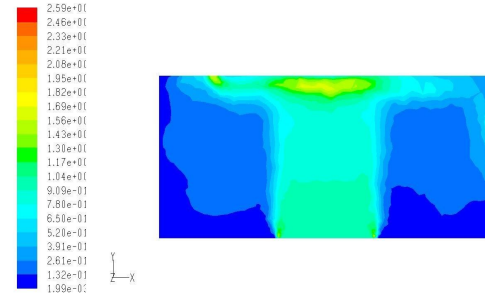
(a) basınç



(b) hız

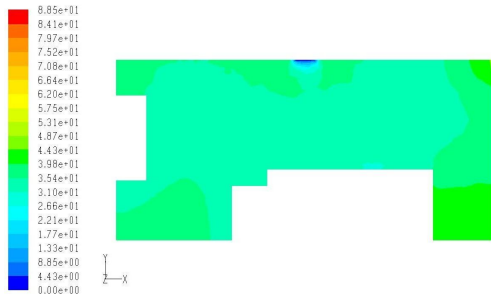


(c) sıcaklık

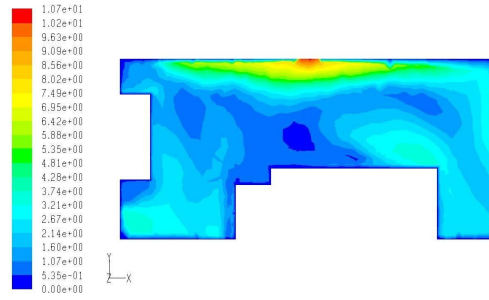


(d) türbülans kinetik enerjisi

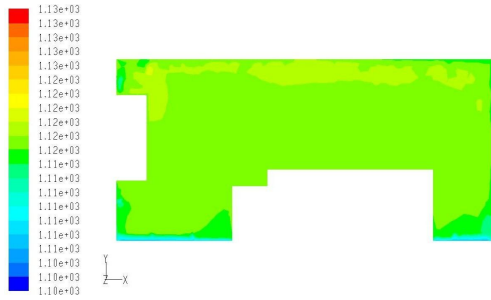
Şekil 6.78 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için $z=0$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



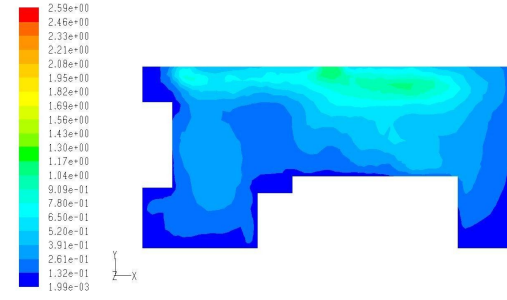
(a) basınç



(b) hız

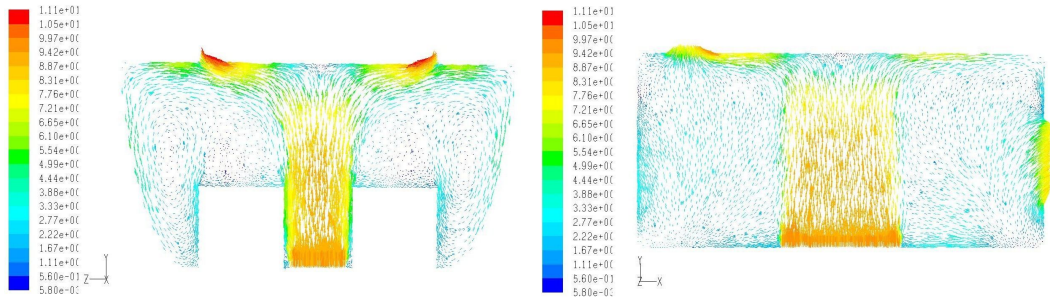


(c) sıcaklık



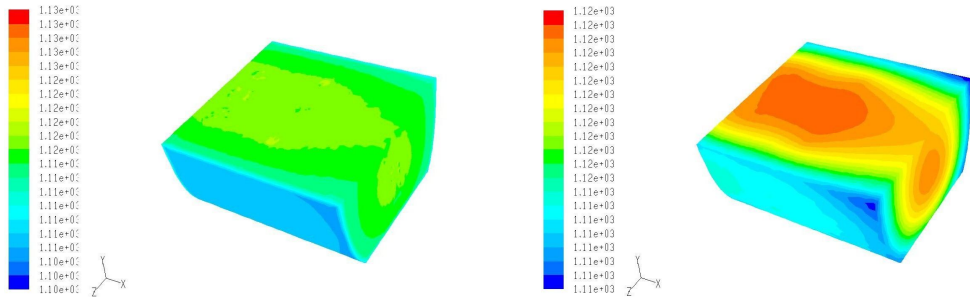
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.79 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için $z=1.75$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) $x = 3.75$ m Y-Z düzlemi hız vektörleri (b) $z = 0$ m X-Y düzlemi hız ve vektörleri.

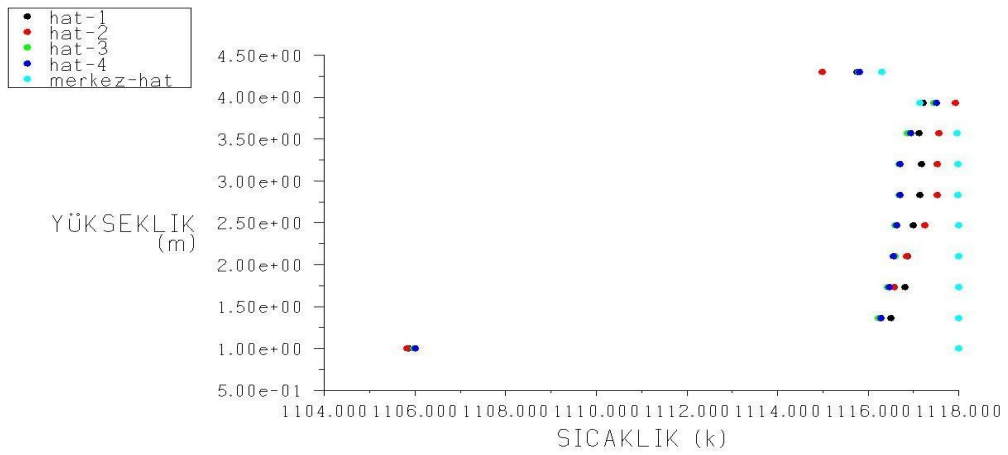
Şekil 6.80 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için $x = 3.75$ m, $z = 0$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.



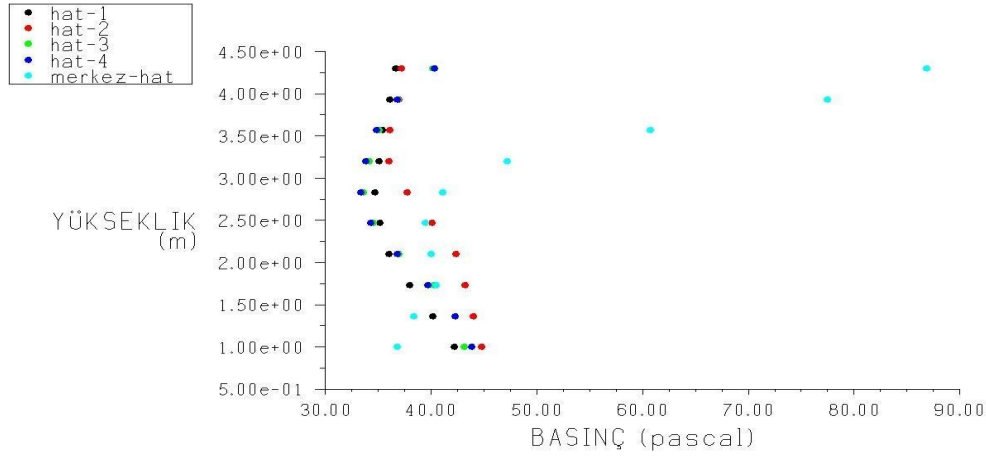
(a) sıcaklık

(b) ışıınım sıcaklıkları

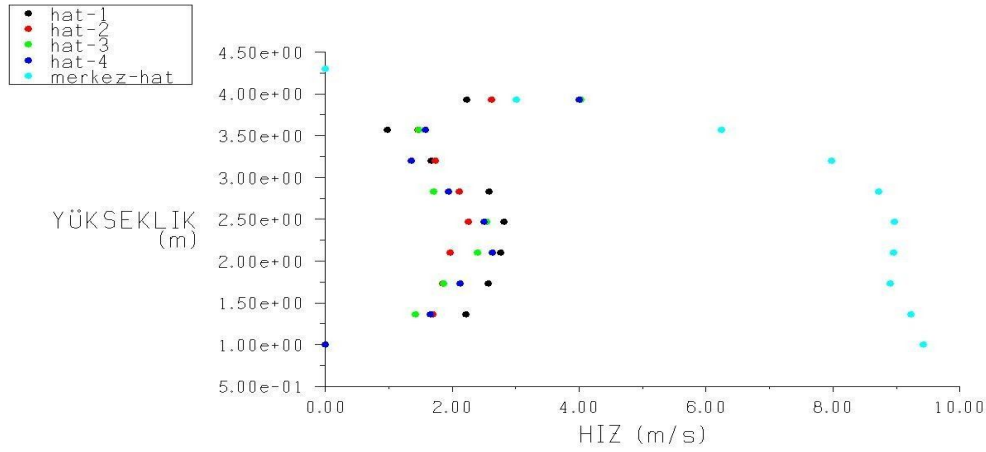
Şekil 6.81 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.82 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.



Şekil 6.83 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki basınç dağılımları.



Şekil 6.84 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki hız dağılımları.

Senaryo C gereği 3 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın her iki ana makine arasında oluşturulmuştur. 3 MW büyüklüğündeki bir yangının alanının çapı her iki makine arasındaki uzaklıktan büyük olduğundan eşdeğer büyüklükte dikdörtgen bir yangın alanı modellenmiştir.

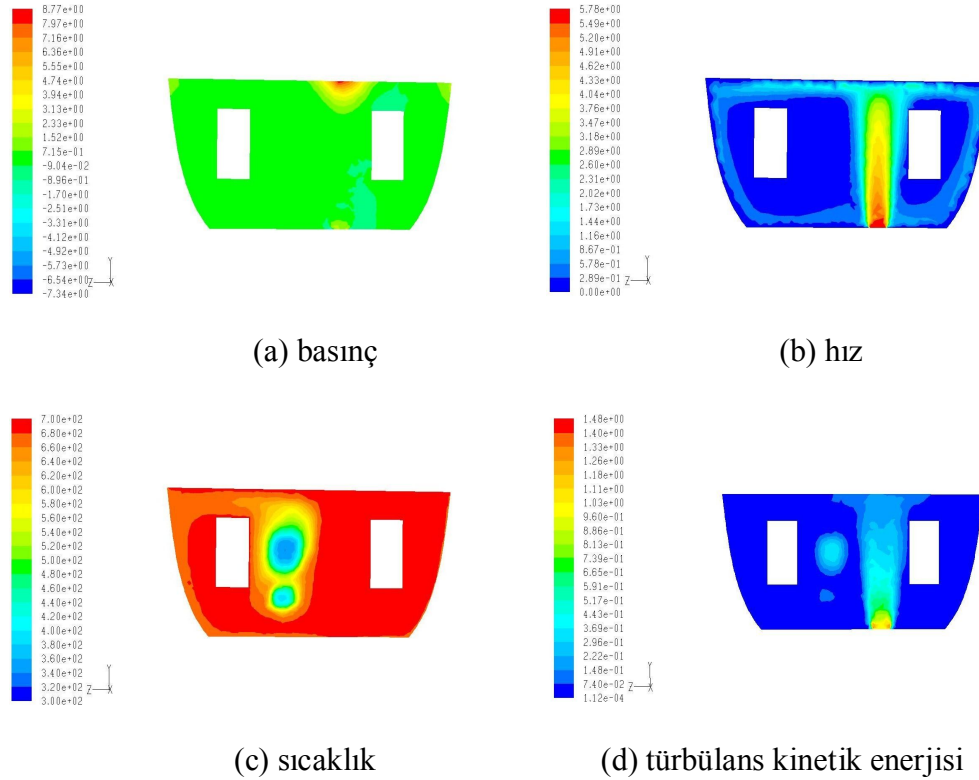
Şekil 6.82' de 3 MW' lık yangın sonucu, daire içerisinde değer hatlarında oluşan sıcaklık dağılımı görülmektedir. Tüm hatlardaki sıcaklık değerlerinin aynı profili çizdiği ve sıcaklık değerinin daire yüksekliği boyunca hemen hemen sabit kaldığı görülmektedir. Bu durum sıcak gazların daireyi tamamen doldurduğunu göstermektedir.

Şekil 6.81' de görüldüğü üzere dairenin sahip olduğu tüm açıklıklardan sıcak gaz tahliyesi gerçekleşmektedir. Buna rağmen açıklıkların tahliyede yetersiz kaldıkları ve sıcak gazların tüm hacmi kapladığı enine ve boyuna kesitlerden görülmektedir.

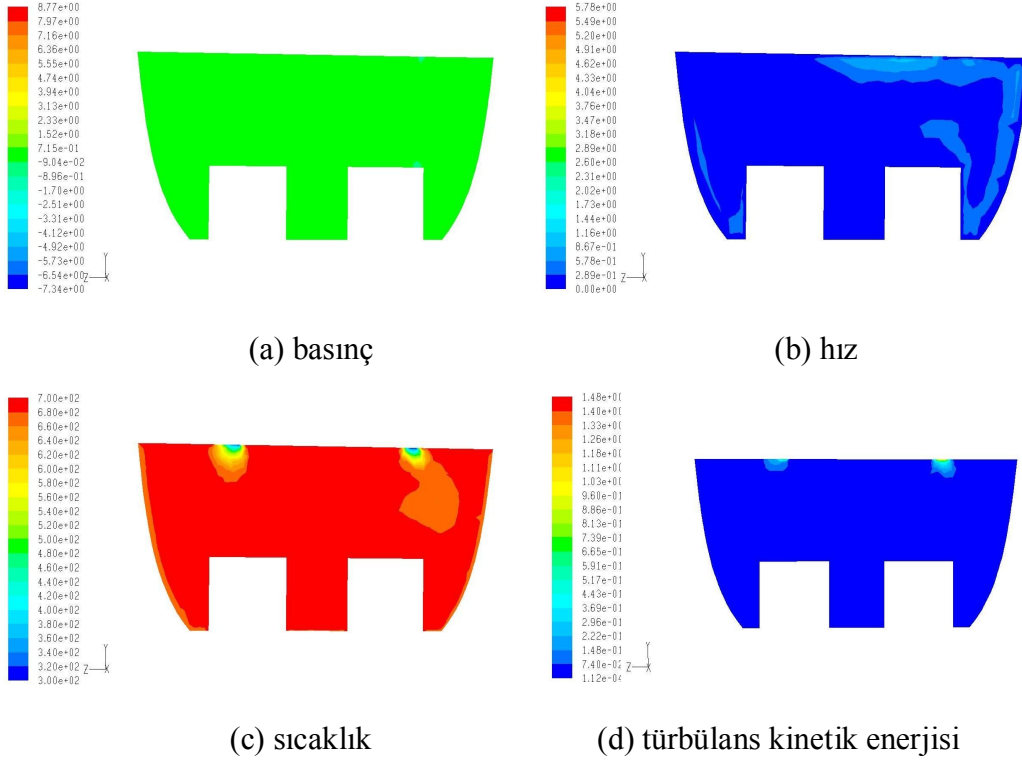
Şekil 6.83’ te değer hatlarındaki basınç dağılımları görülmektedir. Yangın merkezinde bulunan 5 numaralı merkez hat hariç diğer hatlardaki değerler benzer profilleri takip etmektedir. 1 MW’ lık yangın büyüklüğüne oranla 1 numaralı hattaki maksimum değer üç katına yükselmiştir. Diğer hatlardaki basınç değerleri de sekiz ile dokuz kat artma göstermiştir. Bu duruma yangın büyüklüğünün artmasının ancak havalandırma açıklıklarının alanlarının sabit kalmasının neden olduğu değerlendirilmektedir. Bu büyüklükteki bir yangına göre 80 sınıfı sahil güvenlik gemisine ait makine dairesi boyutları çok küçük kalmaktadır.

6.3.4 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi senaryo D sonuçları

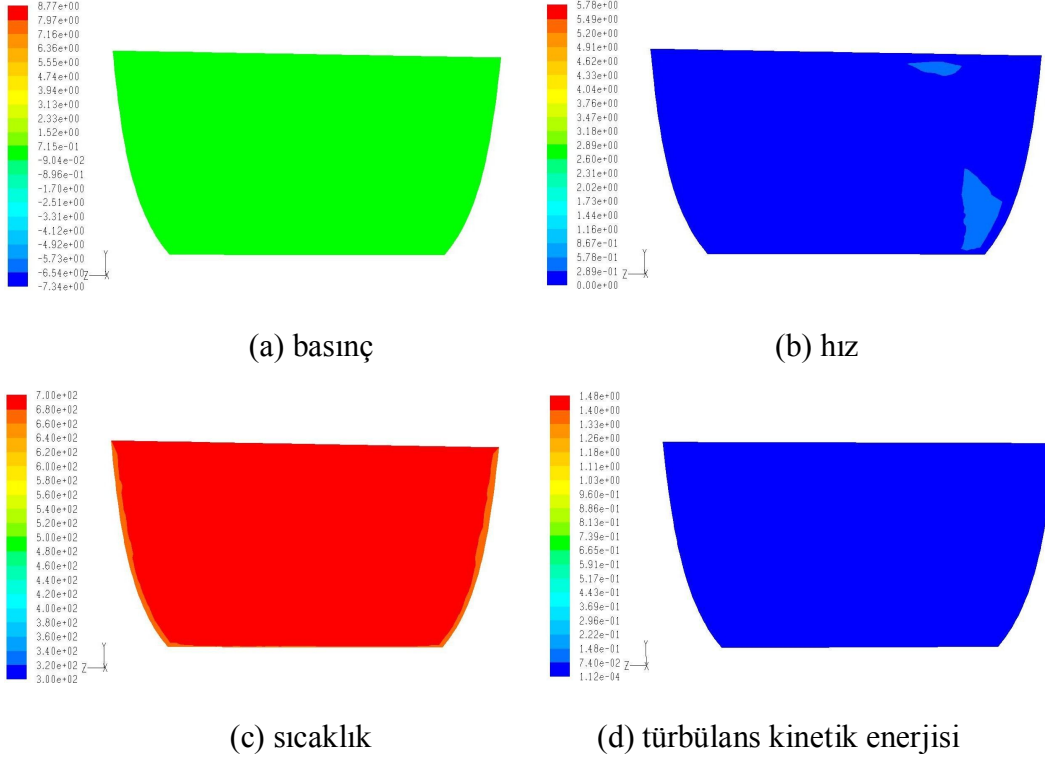
80 sınıfı sahil güvenlik gemisine ait makine dairesinde senaryo D’ ye uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.



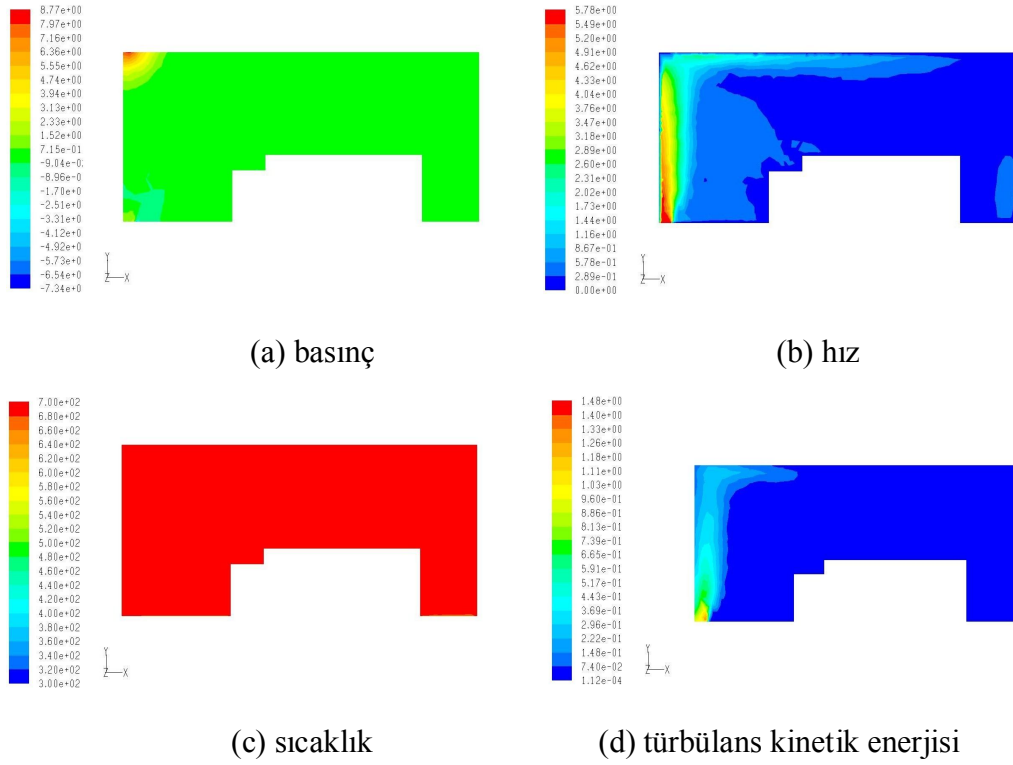
Şekil 6.85 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için $x = 0.15 \text{ m}$ ’ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



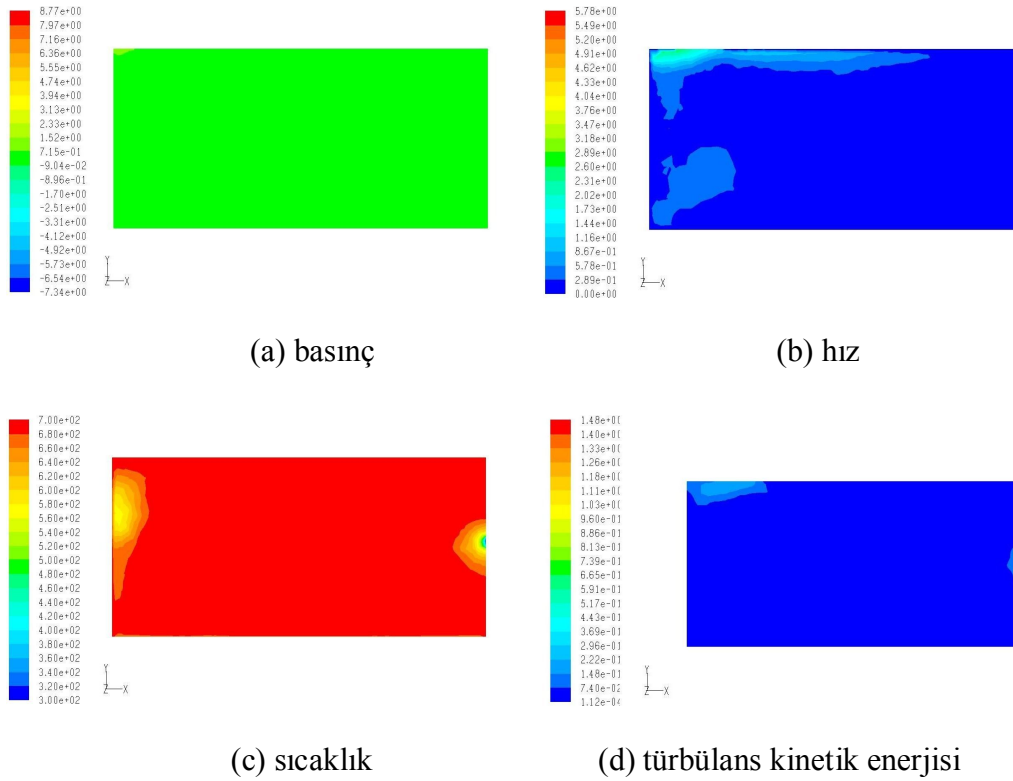
Şekil 6.86 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için $x = 3.75$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



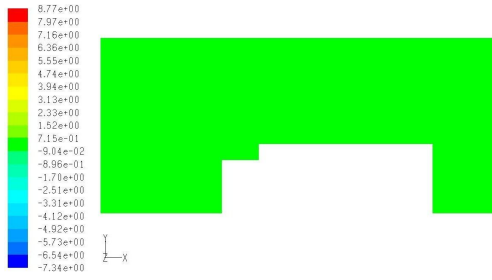
Şekil 6.87 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için $x = 6.5$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



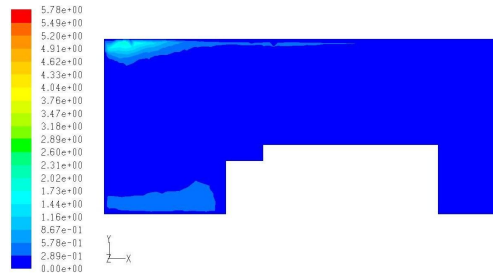
Şekil 6.88 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için $z = -0.75$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



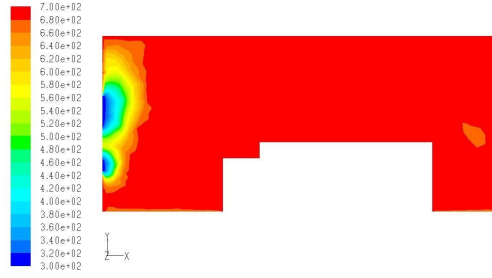
Şekil 6.89 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için $z = 0$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



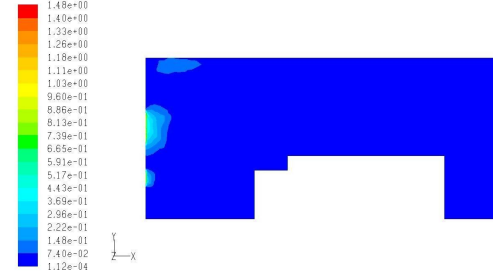
(a) basınç



(b) hız

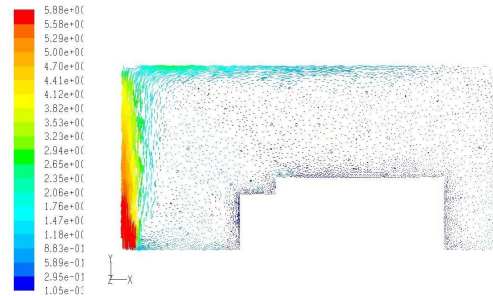
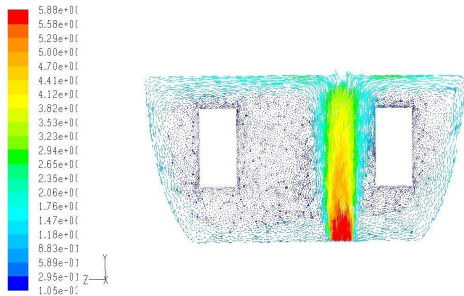


(c) sıcaklık



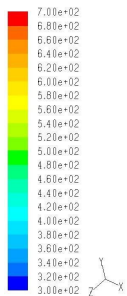
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.90 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için $z=0.75$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.

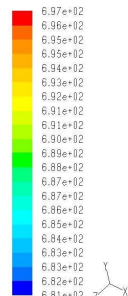


(a) $x=0.15$ m Y-Z düzlemi hız vektörleri (b) $z=-0.75$ m X-Y düzlemi hız ve vektörleri.

Şekil 6.91 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için $x=0.15$ m, $z=-0.75$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.

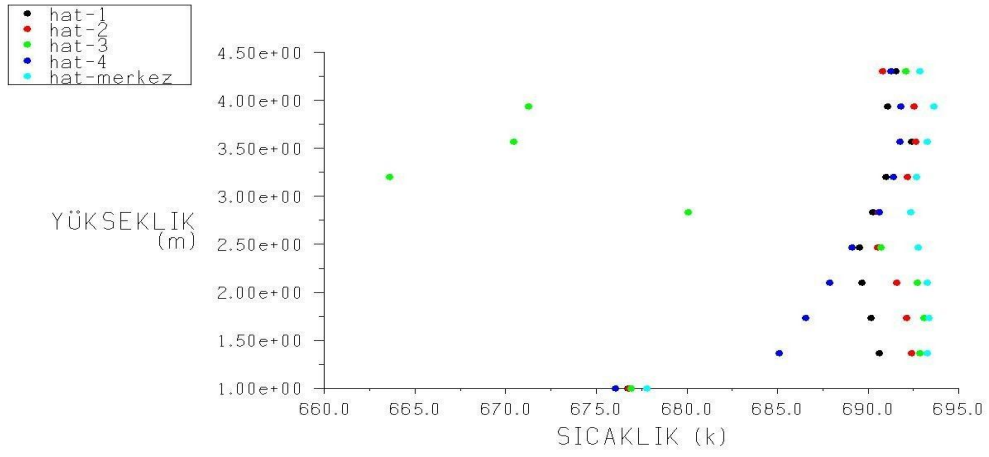


(a) sıcaklık

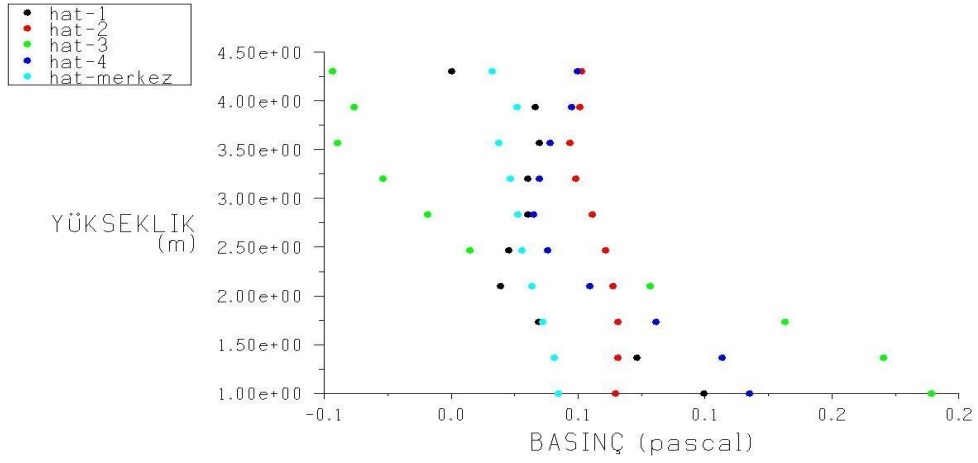


(b) ısıtım sıcaklıkları

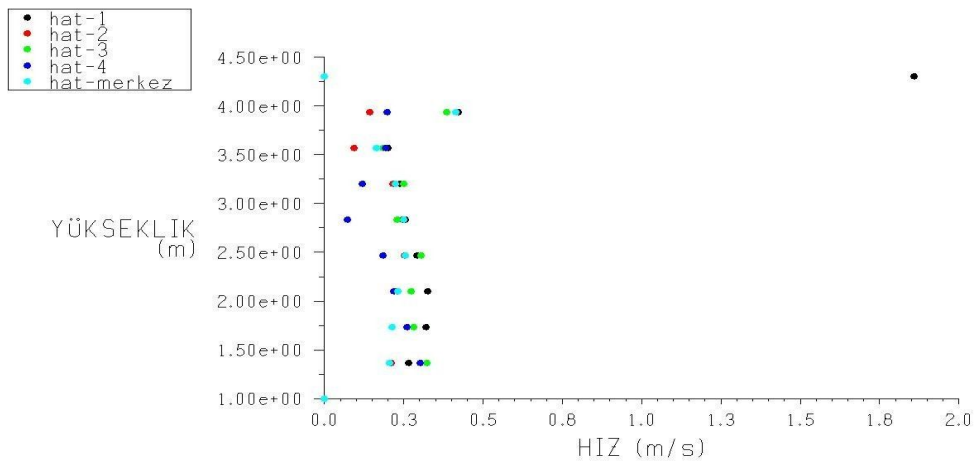
Şekil 6.92 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.93 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.



Şekil 6.94 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki basınç dağılımları.



Şekil 6.95 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki hız dağılımları.

Senaryo D gereği 80 sınıfı sahil güvenlik gemisine ait makine dairesinin kış perdesine temas eder şekilde 0.5 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın modellenmiştir. Yangın mevkii iskele yakıt servis tankı civarında seçilmiştir. Yangın sonuçlarını değerlendirmek üzere toplam beş adet değer hattında sıcaklık, basınç ve hız değerleri bulunmuştur.

Şekil 6.93' te 0.5 MW' lık yangın sonucu, daire içerisinde değer hatlarında oluşan sıcaklık dağılımı görülmektedir. İlk üç senaryonun değer hatlarının mevkiiileri kıyaslama maksadıyla değiştirilmemiştir. Bu durumda ilk senaryolarda yangın merkezinde bulunan merkez hat yani 5 numaralı daire ortasında ve iki ana makine arasında kalmıştır. Yangın ile arasında herhangi bir engel olmayan hat olarak kış kaportanın önünde yer alan 1 numaralı hat kalmıştır.

Senaryo D gereği oluşturulan yangın sonucu yangın alanına en yakın hat olan ve kış kaporta önünde yer alan 1 numaralı hattın sıcaklık değerleri kaportadan daire içine olan akış nedeniyle kaporta seviyesinde çok az düşmekte, kaporta yüksekliğinden sonraki değerlerde ise artmaktadır. Bu durum Şekil 6.85 ve Şekil 6.90'da ki sıcaklık dağılımlarında görülmektedir.

Yangına en uzak hat olarak kalan ve baş kaporta önünde yer alan 2 numaralı hatta da aynı durum gözlenmektedir. Daire içine doğru olan soğuk hava akışı Şekil 6.89, Şekil 6.92' de görülebilmektedir. Her iki kaportada da iki yönlü akış mevcuttur.

Şekil 6.86 ve Şekil 6.92'den de görüleceği üzere sancak ve iskele doğal havalandırma açıklıklarından daire içine doğru soğuk hava akışı gerçekleşmektedir. Bu durum 4 numaralı hat üzerinde kısmi bir sıcaklık düşümü yaratmaktadır. İskele doğal havalandırma açıklığından gelen soğuk hava akışının 3 numaralı hat üzerindeki sıcaklık değerlerini oldukça düşürdüğü görülmektedir.

Kış kaportadan daire içine giren soğuk hava sıcak gazların iskele yönünde hareketine sebep olmakta, yangının yayılım yönü iskele baş tarafa doğru olmaktadır. Yangın alanına daha yakın olan kış kaportadan daire içine akış gözlenirken baş kaportadaki büyük orandaki sıcak gaz tahliyesi bu durumu doğrulamaktadır.

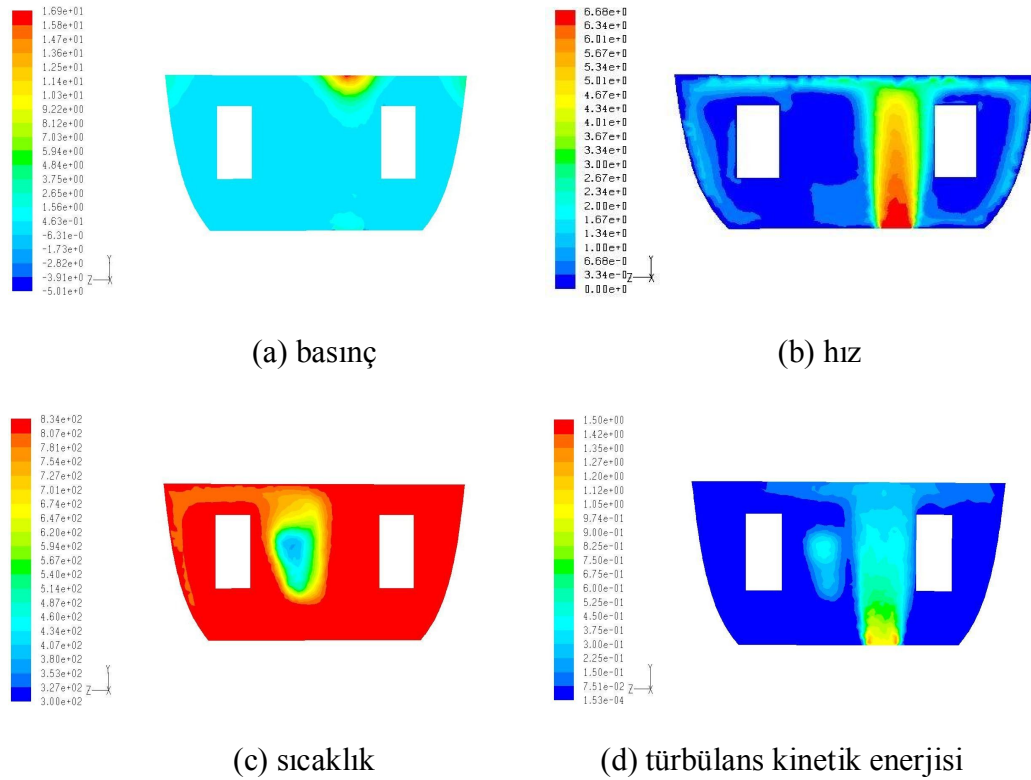
Aynı yangın büyüklüklerinin farklı mevkilerde, daire içerisinde yarattıkları sıcaklık farkları Şekil 6.59 ve Şekil 6.92 kıyaslanarak görülebilir. 0.5 MW' lık orta mevkii yangın büyüklüğünde fan ve doğal havalandırma açıklıkları ile kaportalardan içeriye doğru akış görülmezken, perde temaslı yangında bu durum görülmektedir.

Perde temaslı yangında yükselen sıcak gazlar perdeyi ve güverteyi izler. Sahil güvenlik gemisi makine dairesinin açıklıklarının konumları dolayısıyla sıcak gazların bir kısmı güverteyi takip ederek iskele fan açıklığı ve firar kaportası ağzından tahliye olmaktadır. Bu durum ısı enerjisinin bir kısmının daire içerisine dağılmadan tahliyesi demektir. Bunun neticesinde oluşan basınç düşüklüğü nedeniyle 0.5 MW'lık yangında görülmeyen kaportalardan ve açıklıklardan içeriye doğru akış görülür.

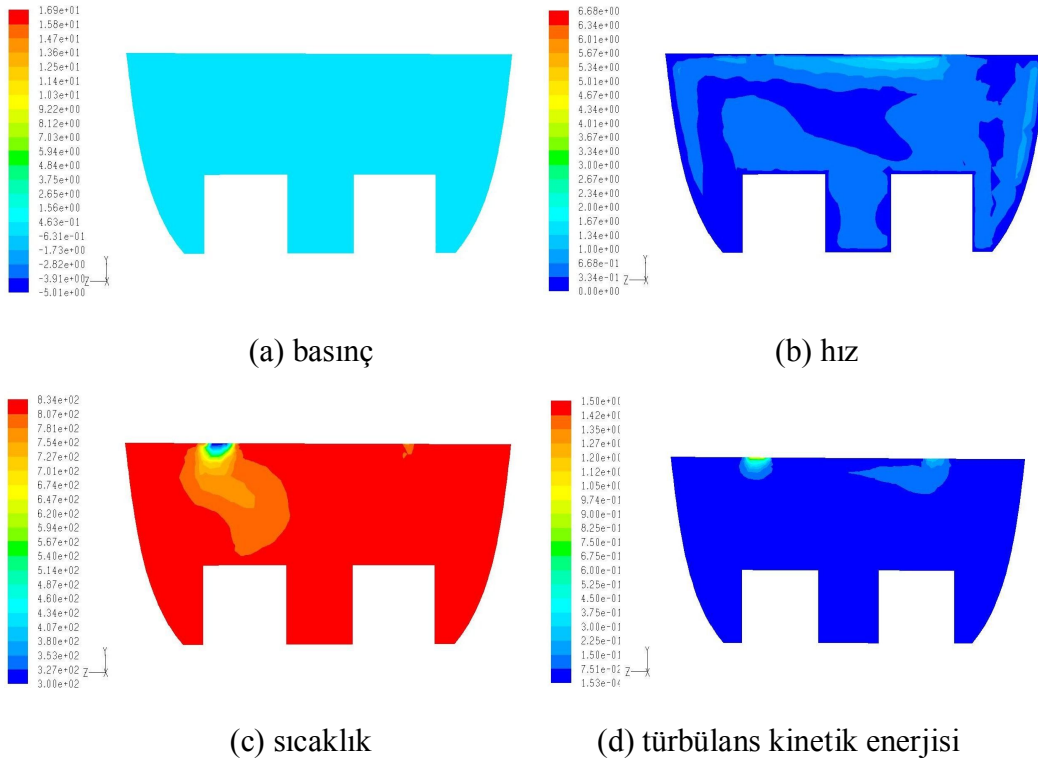
Aynı büyüklükteki orta mevkii yangınında yanma sonu gazları gemi içine kaportalar kapatılmadığı takdirde dağılacakken perde temaslı yangın sonucu bu gazlar, baş kaporta vasıtasıyla geminin baş tarafına doğru dağılacaktır.

6.3.5 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi senaryo E sonuçları

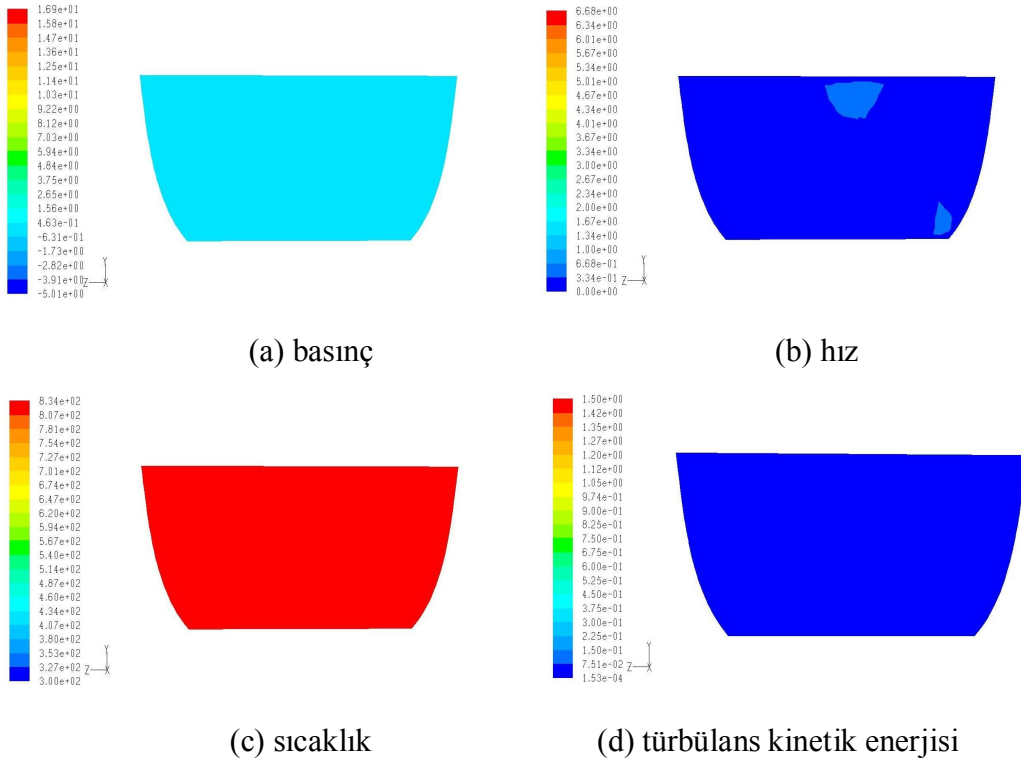
80 sınıfı sahil güvenlik gemisine ait makine dairesinde senaryo E'ye uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.



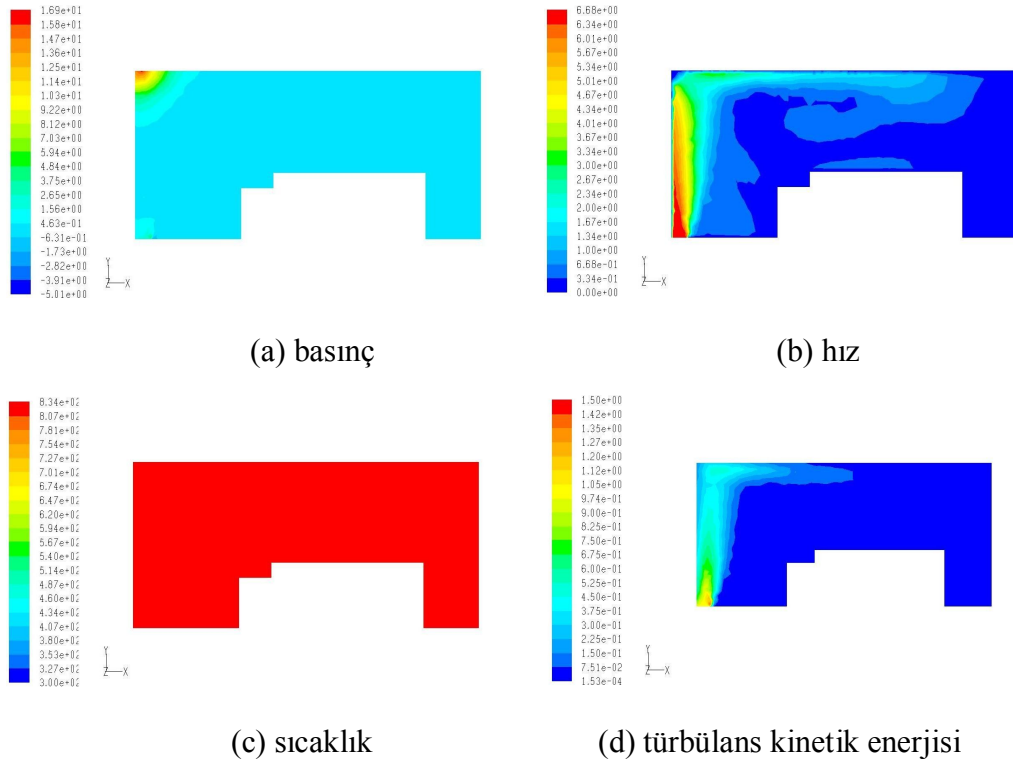
Şekil 6.96 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için $x = 0.15 \text{ m}$ 'de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



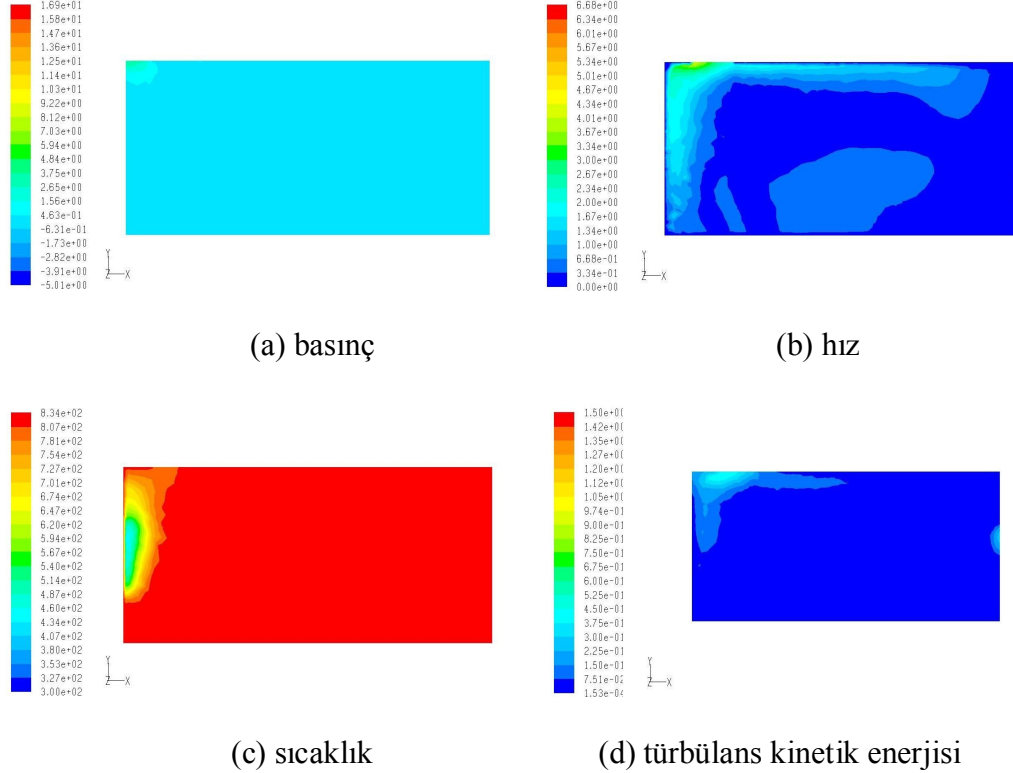
Şekil 6.97 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Senaryo E için $x = 3.75$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



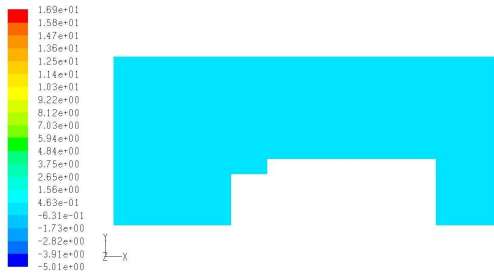
Şekil 6.98 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Senaryo E için $x = 6.5$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



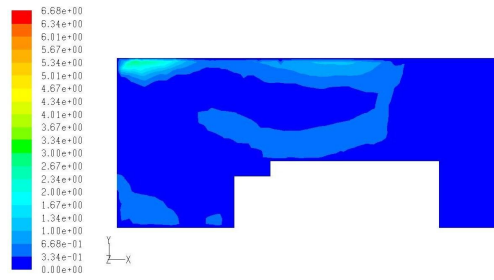
Şekil 6.99 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için $z = -0.75$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



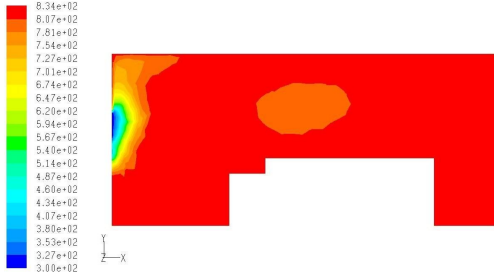
Şekil 6.100 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için $z = 0$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



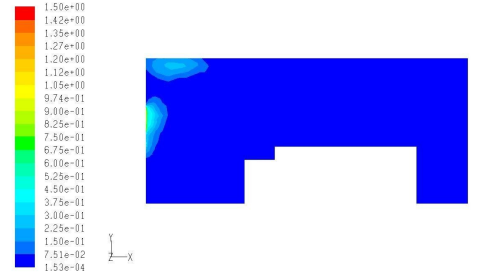
(a) basınç



(b) hız

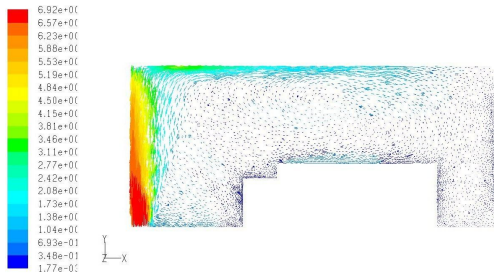
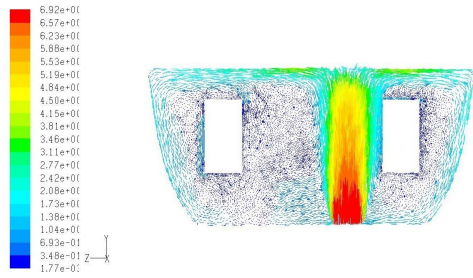


(c) sıcaklık



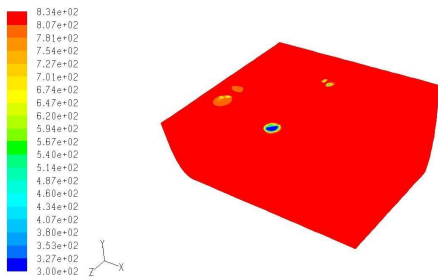
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.101 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için $z= 0.75$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.

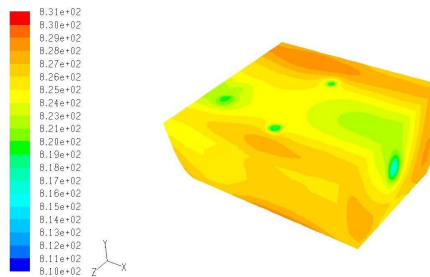


(a) $x=0.15$ m Y-Z düzlemi hız vektörleri (b) $z=-0.75$ m X-Y düzlemi hız ve vektörleri.

Şekil 6.102 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için $x= 0.15$ m, $z= -0.75$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.

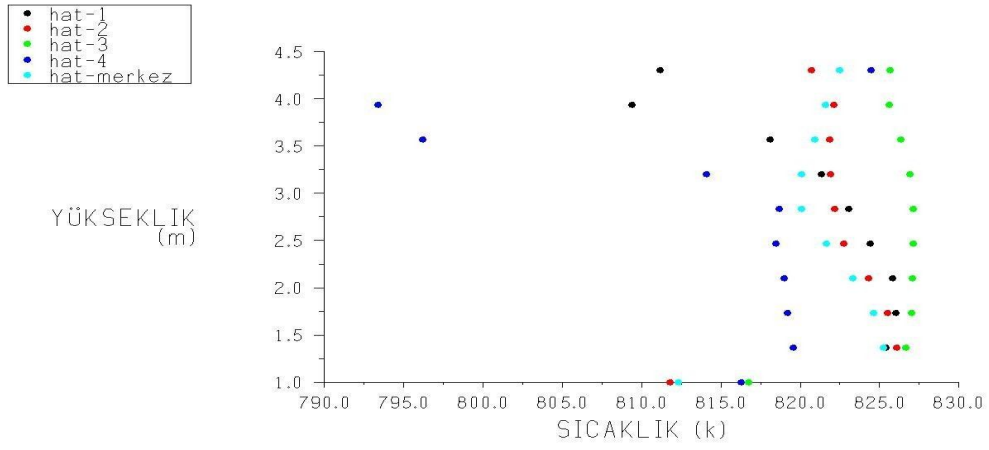


(a) sıcaklık

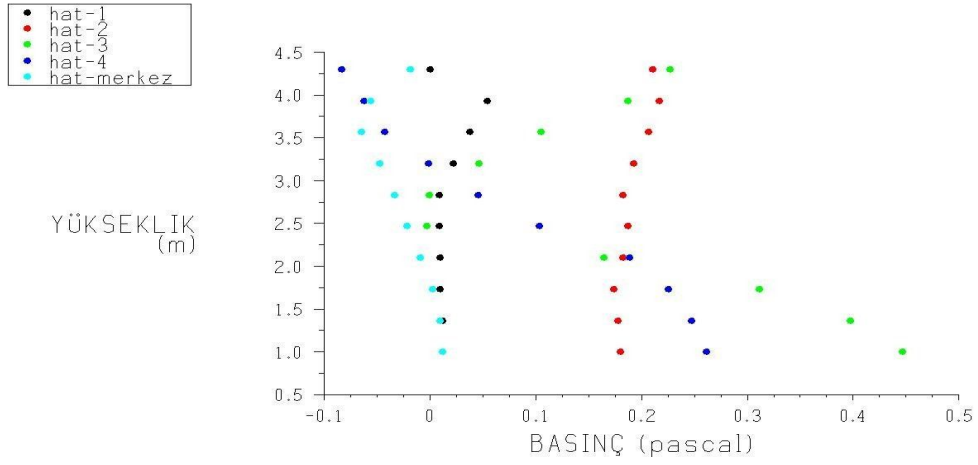


(b) ışıma sıcaklıkları

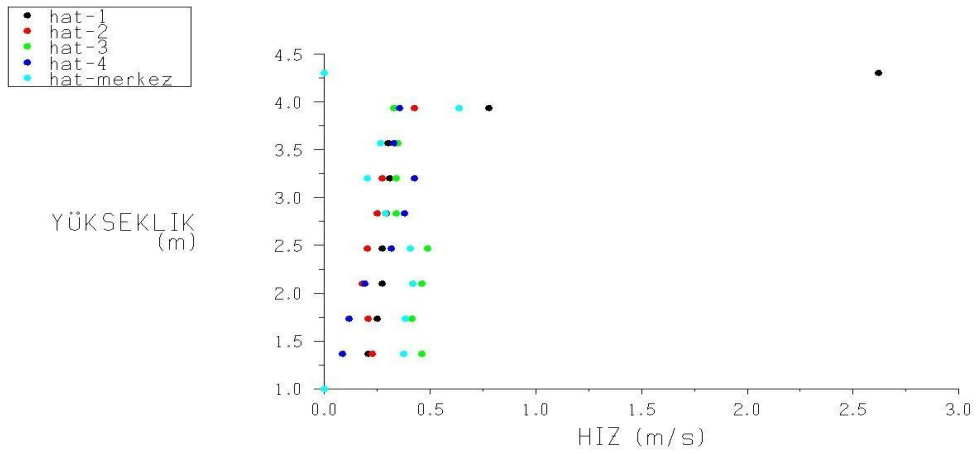
Şekil 6.103 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.104 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.



Şekil 6.105 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki basınç dağılımları.



Şekil 6.106 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki hız dağılımları.

Senaryo E gereği 80 sınıfı sahil güvenlik gemisine ait makine dairesinin kış perdesine temas eder şekilde 1 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın modellenmiştir. Yangın mevkii iskele yakıt servis tankı civarında seçilmiştir. Yangın sonuçlarını değerlendirmek üzere toplam beş adet değer hattında sıcaklık, basınç ve hız değerleri bulunmuştur.

Şekil 6.104' te 1 MW' lık yangın sonucu, daire içerisinde değer hatlarında oluşan sıcaklık dağılımı görülmektedir.

Senaryo E gereği oluşturulan yangın sonucu yangın alanına en yakın hat olan ve kış kaporta önünde yer alan 1 numaralı hattın sıcaklık değerleri kaportadan daire içine olan akış nedeniyle az miktarda kaporta seviyesinde düşmekte, kaporta yüksekliğinden sonraki değerlerde ise artmaktadır. Bu durum Şekil 6.96 ve Şekil 6.101'de ki sıcaklık dağılımlarını gösteren düzlemlerde görülmektedir.

Şekil 6.97 ve Şekil 6.103'ten de görüleceği üzere sancak ve iskele doğal havalandırma açıklıklarında iki yönlü akış mevcuttur. Sancak doğal havalandırma açıklığında akışın büyük kısmı içeri doğruyken iskele doğal havalandırma açıklığından büyük oranda sıcak gaz tahliyesi gerçekleşmektedir. Bu durum 4 numaralı hat üzerinde bir sıcaklık düşümü yaratırken 3 numaralı hat üzerinde bir değişiklik görülmemektedir.

Kış kaportadan ve sancak havalandırma açıklığından daire içine giren soğuk hava sıcak gazların iskele yönünde hareketine sebep olmakta, yangının yayılım yönü iskele baş tarafına doğru olmaktadır. Yangın alanına daha yakın olan kış kaportadan daire içine akış gözlenirken baş kaportada tamamen sıcak gaz tahliyesi mevcuttur.

Aynı yangın büyüklüklerinin farklı mevkilerde, daire içerisinde yarattıkları sıcaklık farkları Şekil 6.70 ve Şekil 6.103 kıyaslanarak görülebilir. 1 MW' lık orta mevkii yangın büyüklüğünde fan ve doğal havalandırma açıklıkları ile kaportalardan içeriye doğru akış görülmezken, perde temaslı yangında bu durum görülmektedir.

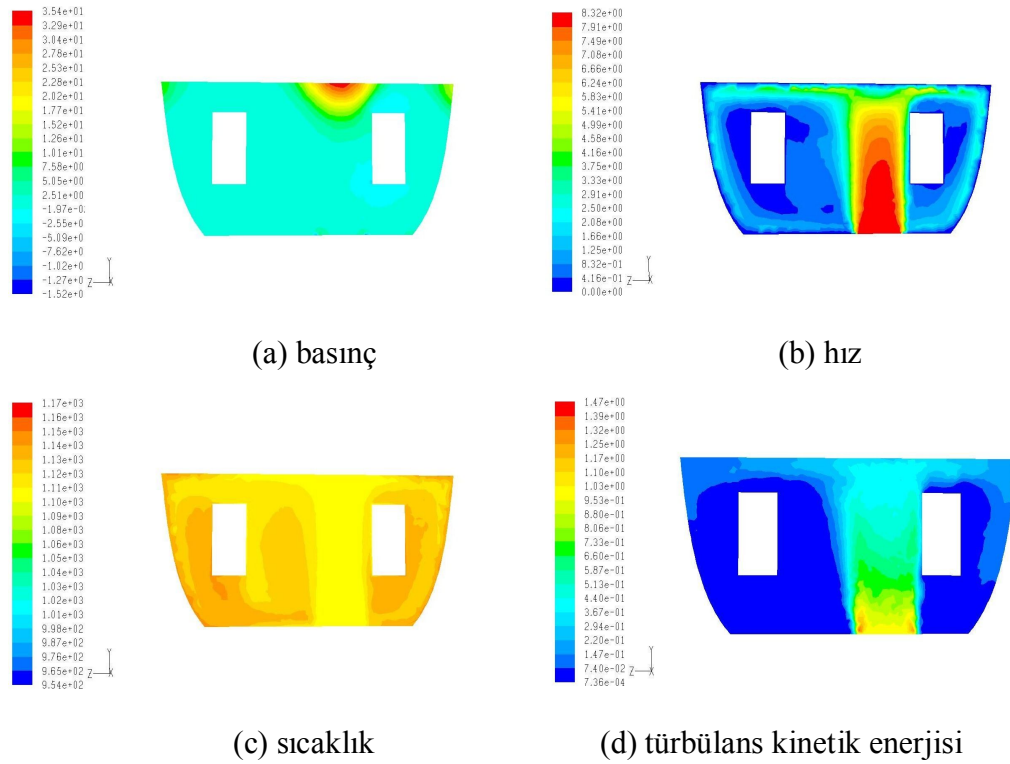
Orta mevkii yangının aksine perde temaslı yangında yükselen sıcak gazlar perdeyi ve güverteyi izler. 80 sınıfı sahil güvenlik gemisi makine dairesinin açıklıklarının konumları dolayısıyla perde yangını sonucu oluşan sıcak gazların bir kısmı güverteyi takip ederek iskele fan açıklığı, firar kaportası ve iskele doğal havalandırma açıklığından tahliye olmaktadır.

Bu durum ısı enerjisinin bir kısmının kaybı demektir. Bunun neticesinde oluşan basınç düşüklüğü nedeniyle, 1 MW'lık yangında görülmeyen, kış kaportadan ve iskele doğal havalandırma açıklığından içeri yönlü akış görülür.

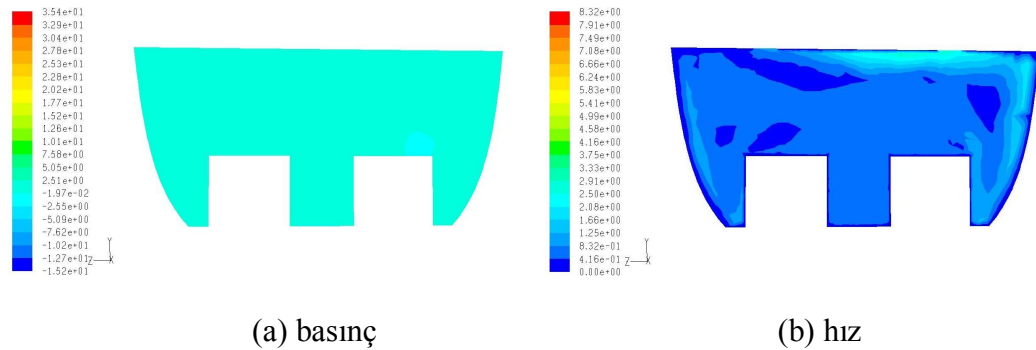
Aynı büyüklükteki orta mevkii yangınında yanma sonu gazları gemi içine kaportalar kapatılmadığı takdirde dağılacakken perde temaslı yangın sonucu bu gazlar, baş kaporta vasıtasıyla geminin baş tarafına doğru dağılacaktır.

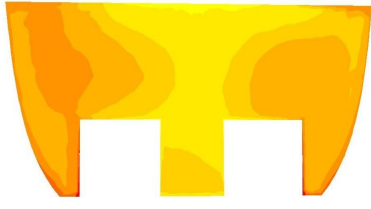
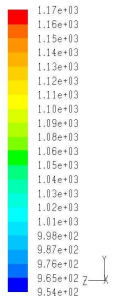
6.3.6 Sahil güvenlik gemisi makine dairesi senaryo F sonuçları

80 sınıfı sahil güvenlik gemisine ait makine dairesinde senaryo F'ye uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.

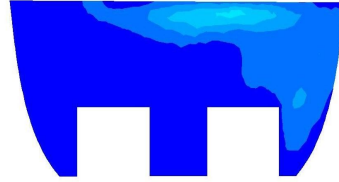
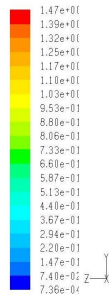


Şekil 6.107 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo F için $x = 0.15$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



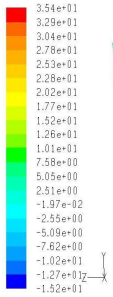


(c) sıcaklık

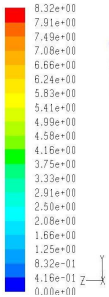


(d) türbülans kinetik enerjisi

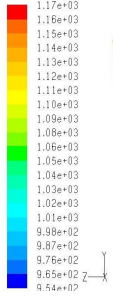
Şekil 6.108 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Senaryo F için $x= 3.75 \text{ m}'$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



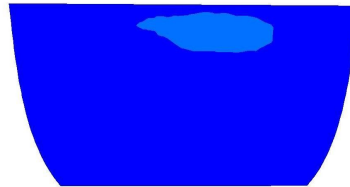
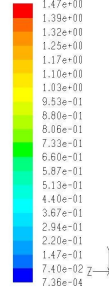
(a) basınç



(b) hız

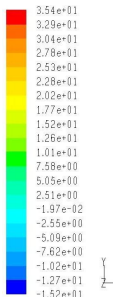


(c) sıcaklık

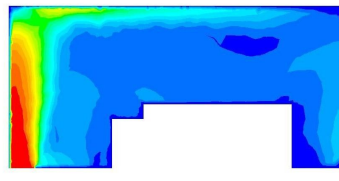
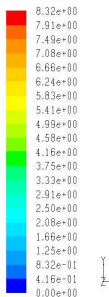


(d) türbülans kinetik enerjisi

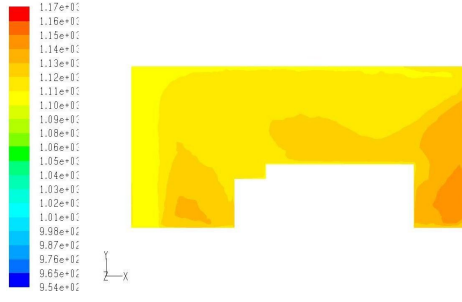
Şekil 6.109 : Sahil güvenlik gemisi makine daireisi Senaryo F için $x= 6.5 \text{ m}'$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



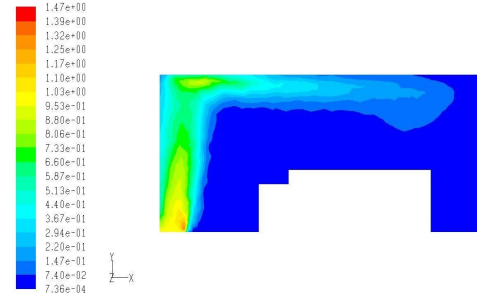
(a) basınç



(b) hız

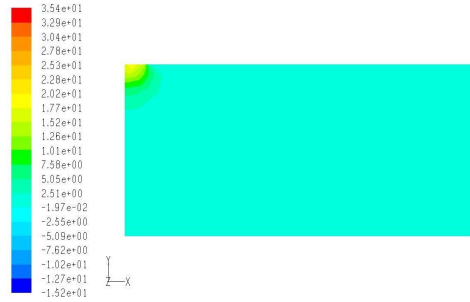


(c) sıcaklık

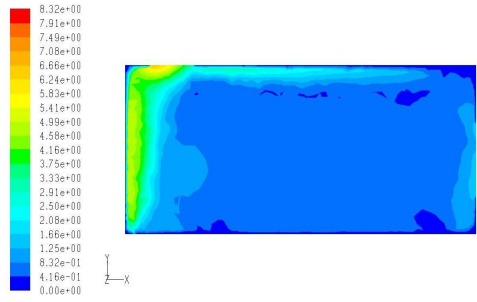


(d) türbülans kinetik enerjisi

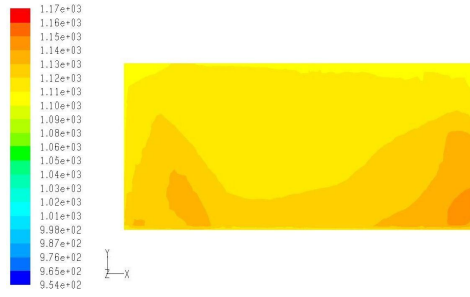
Şekil 6.110 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo F için $z = -0.75$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



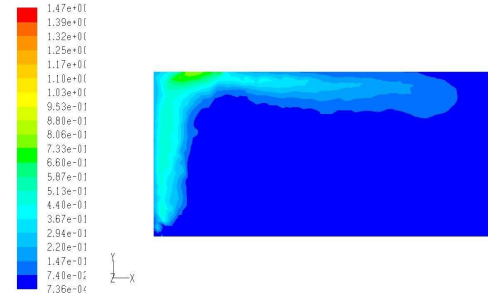
(a) basınç



(b) hız

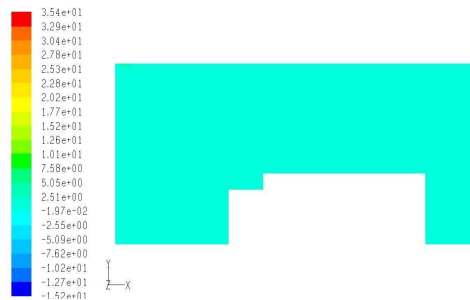


(c) sıcaklık

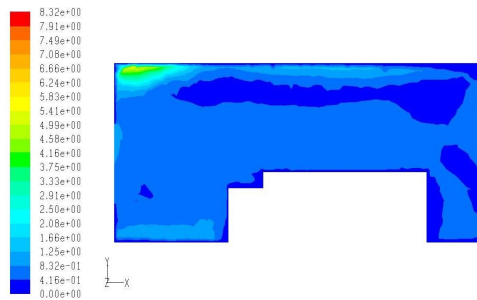


(d) türbülans kinetik enerjisi

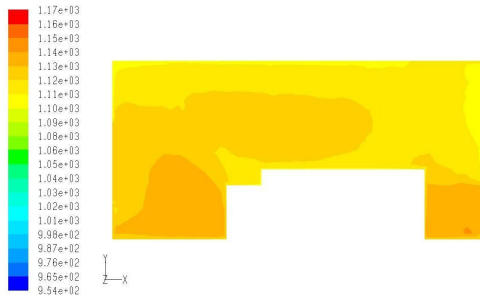
Şekil 6.111 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo F için $z = 0$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



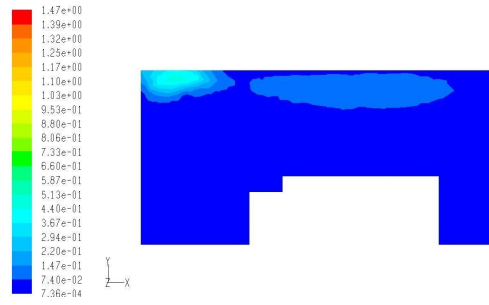
(a) basınç



(b) hız

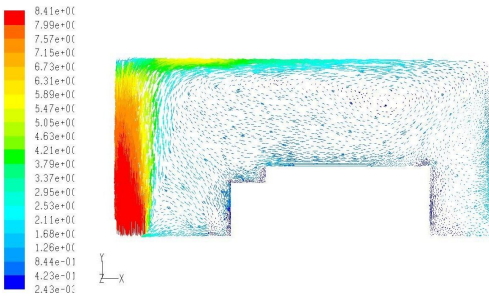
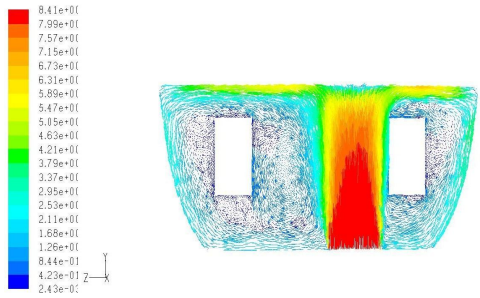


(c) sıcaklık



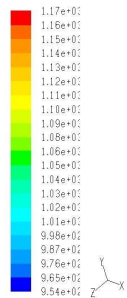
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.112 : Sahil güvenlik gemisi makine daireesi Senaryo F için $z= 0.75 \text{ m}$ ' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.

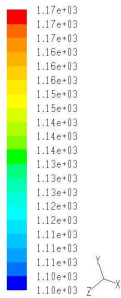


(a) $x=0.15 \text{ m}$ Y-Z düzlemi hız vektörleri (b) $z=-0.75 \text{ m}$ X-Y düzlemi hız ve vektörleri.

Şekil 6.113 : Sahil güvenlik gemisi makine daireesi Senaryo F için $x= 0.15 \text{ m}$, $z= -0.75 \text{ m}$ ' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.

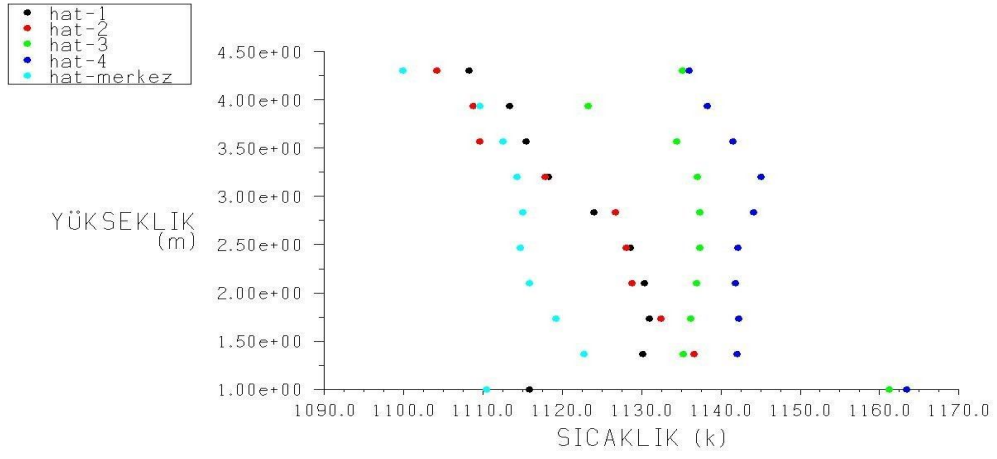


(a) sıcaklık

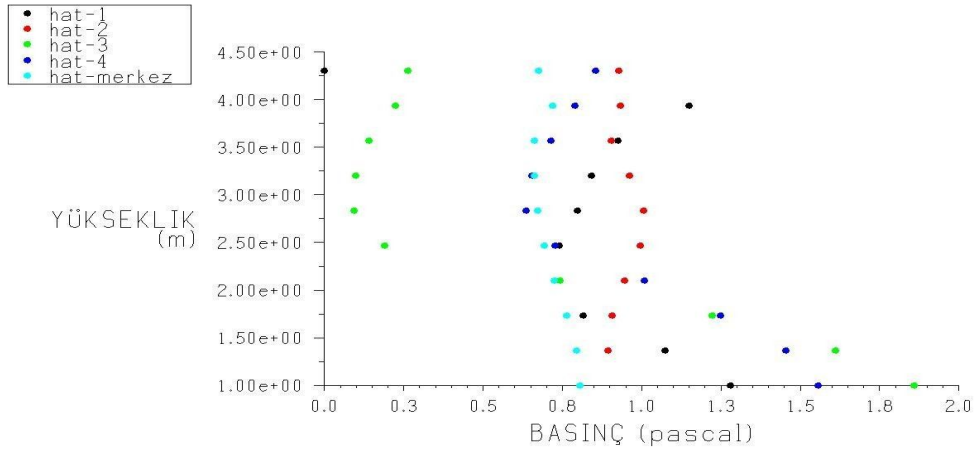


(b) ısınım sıcaklıkları

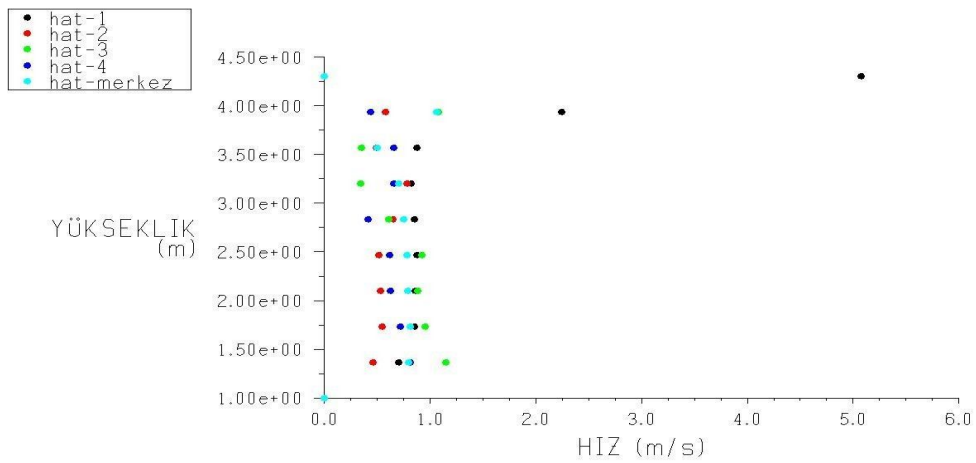
Şekil 6.114 : Sahil güvenlik gemisi makine daireesi Senaryo F için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.115 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.



Şekil 6.116 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki basınç dağılımları.



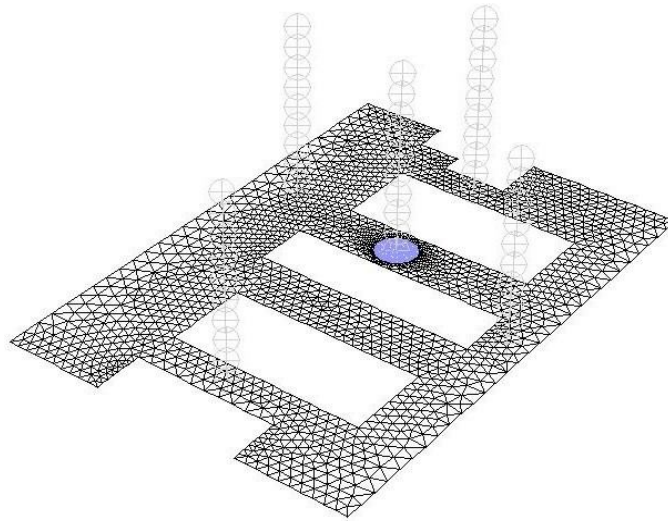
Şekil 6.117 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki hız dağılımları.

Senaryo F gereği 80 sınıfı sahil güvenlik gemisine ait makine dairesinin kıç perdesine temas eder şekilde 3 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın modellenmiştir. Yangın mevkii iskele yakıt servis tankı civarında seçilmiştir. Yangın sonuçlarını değerlendirmek üzere toplam beş adet değer hattında sıcaklık, basınç ve hız değerleri bulunmuştur.

Şekil 6.115' te 3 MW' lık yangın sonucu, daire içerisinde değer hatlarında oluşan sıcaklık dağılımı görülmektedir. 3 MW' lık bir yangına göre makine dairesi küçük kaldığından tüm hatlardaki sıcaklık değerleri çok büyük olmayan farklarla daire yüksekliği boyunca çok yüksek sıcaklıklara ulaşmaktadır. Daire açıklıklarının yetersiz kalması neticesinde daire içi basınç 1 MW' lık yangına oranla dört ile sekiz kat arasında artmakta bu nedenle tüm akış daire dışına doğru olmaktadır. Bu durum Şekil 6.114' te görülmektedir. Tahliyenin yetersiz olması sebebi ile daire içerisinde biriken sıcak gazlar ortam sıcaklığını daha da arttırmaktadır.

6.4 Mayın Avlama Gemisi Makine Dairesi Sürekli Yangın Modeli Sonuçları

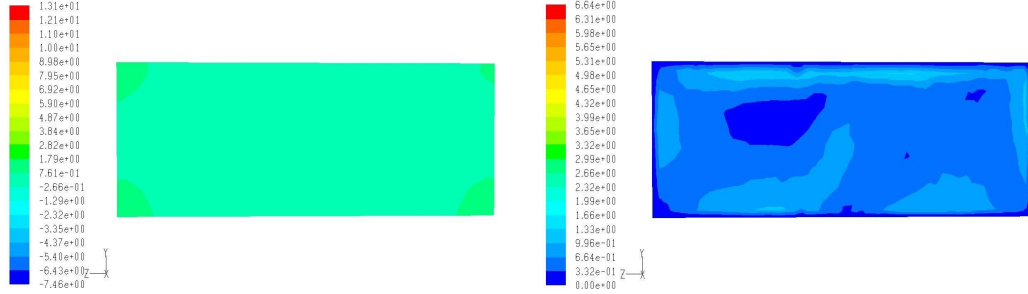
Mayın avlama sınıfı savaş gemisi için sürekli yangın modelinde üç ayrı yangın büyüklüğü, iki farklı yangın yeri için çözüm yapılmıştır. Sürekli durum yangın modelinde 0.5, 1 ve 3 MW yangın büyüklükleri daire ortasında ve kıç perdeye temas eder biçimde sancak ana makine hizasında incelenmiştir. Şekil sayısını azaltmak üzere sonuçlar enine ve boyuna olacak şekilde üçer ayrı kesitte basınç, sıcaklık ve hız yönünden değerlendirilmiştir.



Şekil 6.118 : Mayın avlama sınıfı makine dairesi değer noktaları mevkileri.

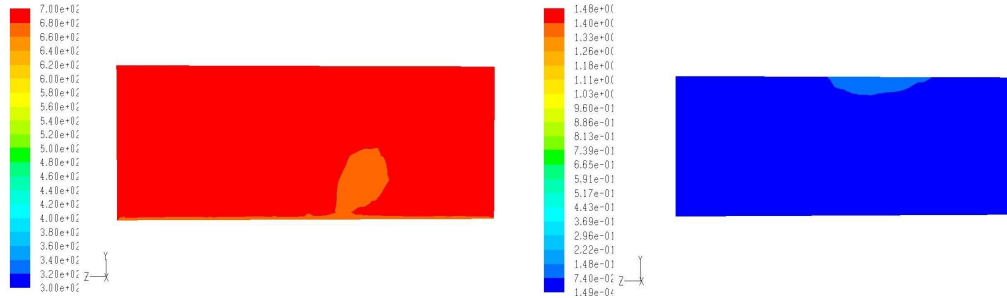
6.4.1 Mayın avlama gemisi makine dairesi senaryo A sonuçları

Mayın avlama sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinde senaryo A' ya uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.



(a) basınç

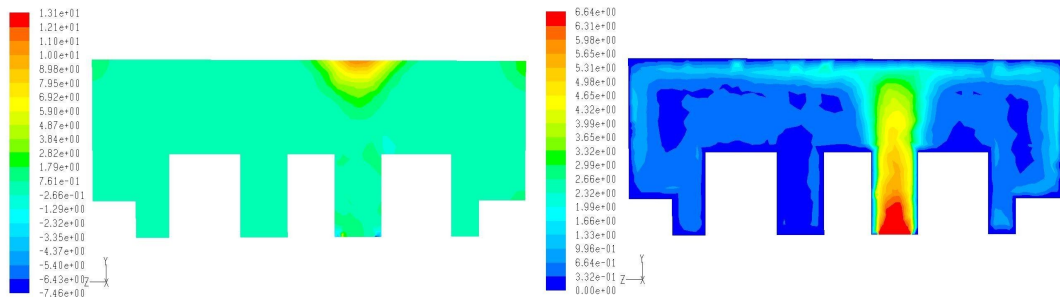
(b) hız



(c) sıcaklık

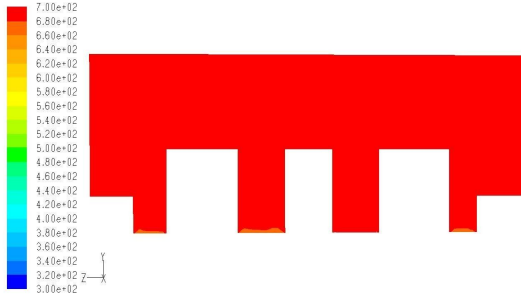
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.119 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için $x=1$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.

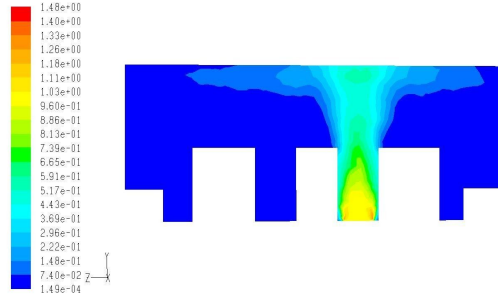


(a) basınç

(b) hız

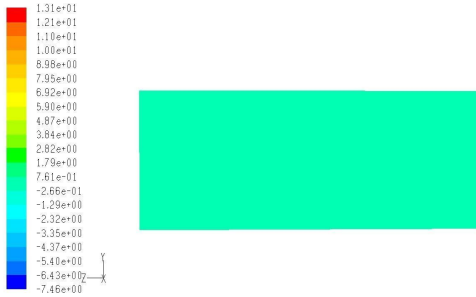


(c) sıcaklık

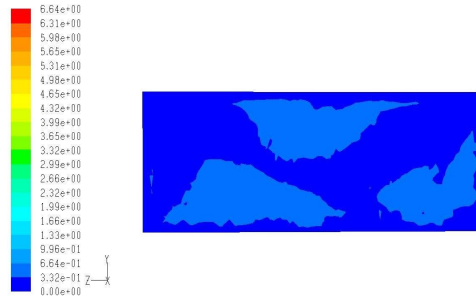


(d) türbülans kinetik enerjisi

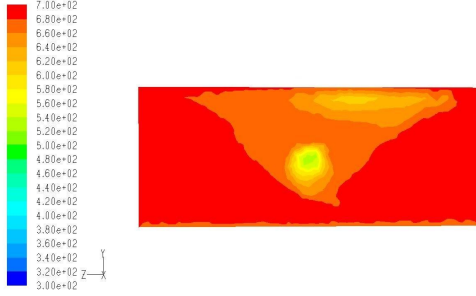
Şekil 6.120 : Mayın avlama gemisi makine daireesi Senaryo A için $x = 3.2 \text{ m}$ ' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



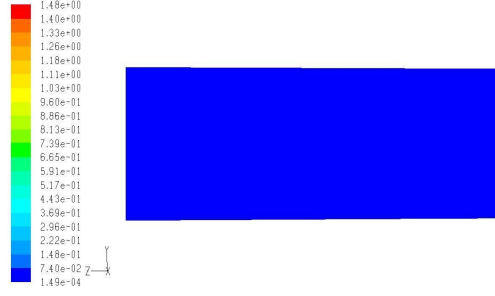
(a) basınç



(b) hız

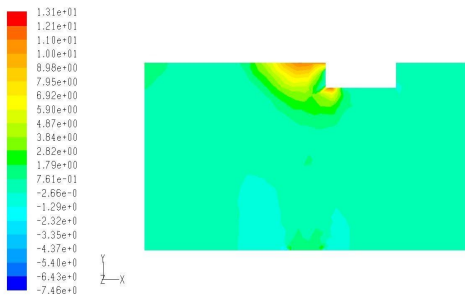


(c) sıcaklık

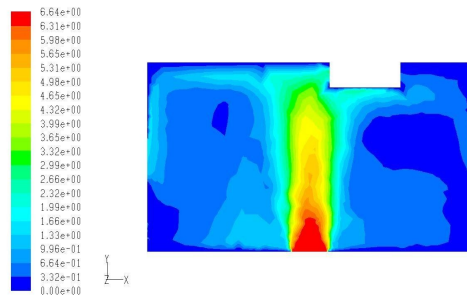


(d) türbülans kinetik enerjisi

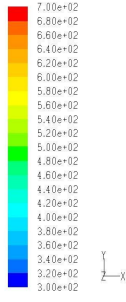
Şekil 6.121 : Mayın avlama gemisi makine daireesi Senaryo A için $x = 6 \text{ m}$ ' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



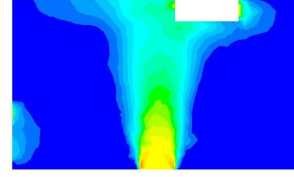
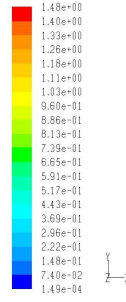
(a) basınç



(b) hız

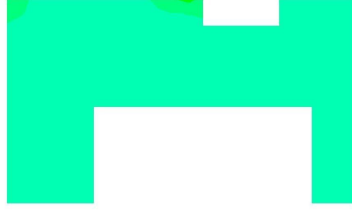
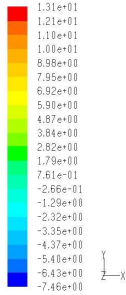


(c) sıcaklık

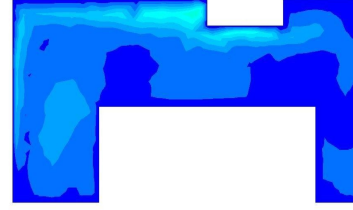
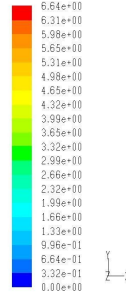


(d) türbülans kinetik enerjisi

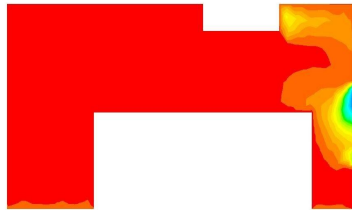
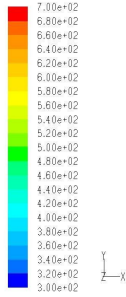
Şekil 6.122 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için $z=3.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



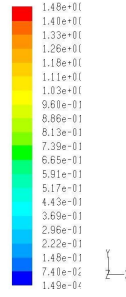
(a) basınç



(b) hız

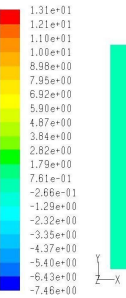


(c) sıcaklık

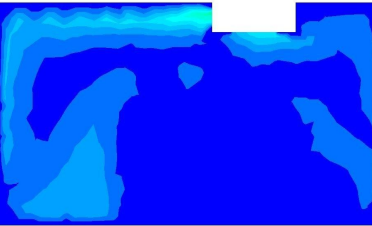
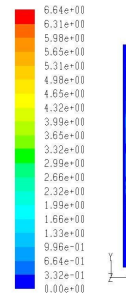


(d) türbülans kinetik enerjisi

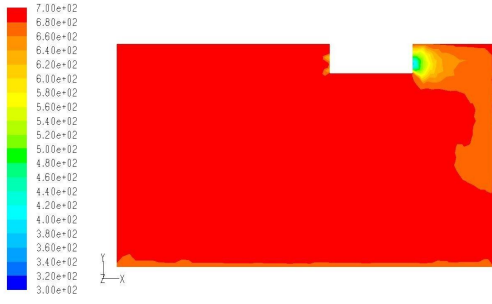
Şekil 6.123 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için $z=4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



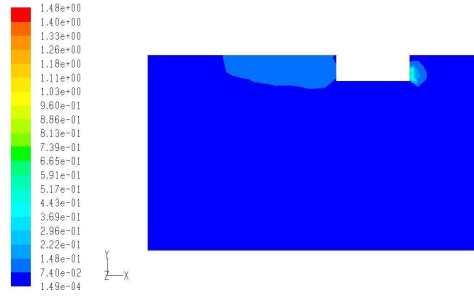
(a) basınç



(b) hız

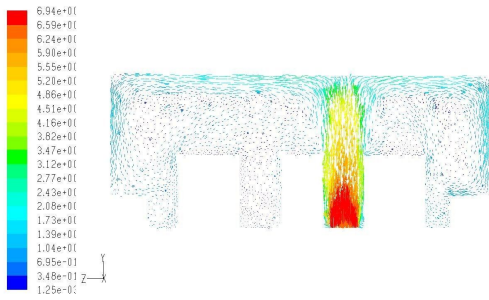


(c) sıcaklık

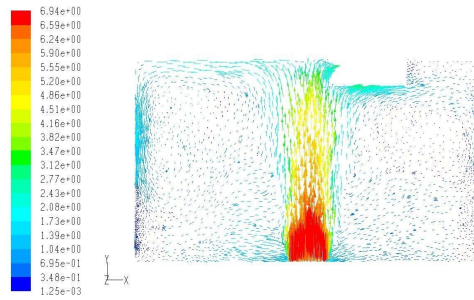


(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.124 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için $z = 5.7$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.

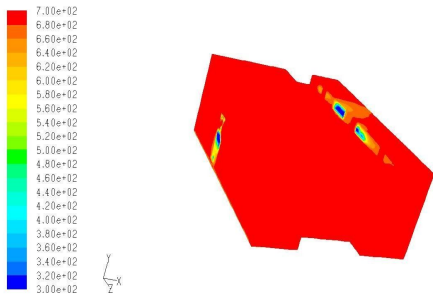


(a) $x = 3.2$ m Y-Z düzlemi hız vektörleri

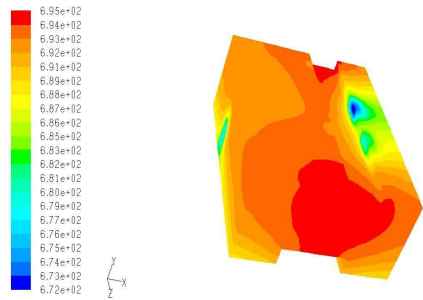


(b) $z = 4.6$ m X-Y düzlemi hız ve vektörleri

Şekil 6.125 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için $x = 3.2$ m, $z = 4.6$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.

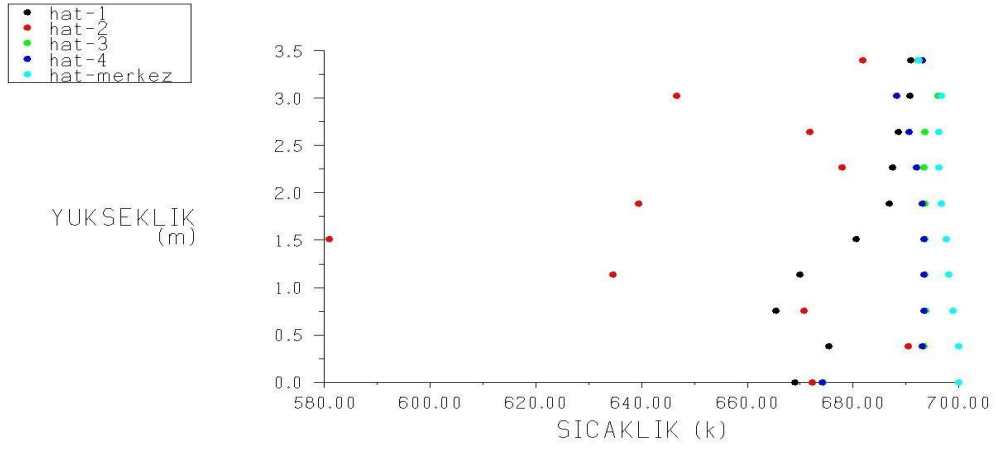


(a) sıcaklık

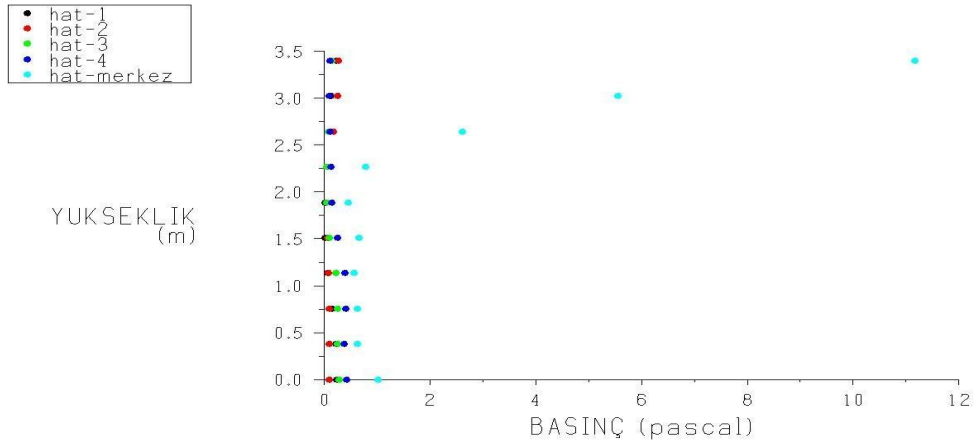


(b) ışıınım sıcaklıkları

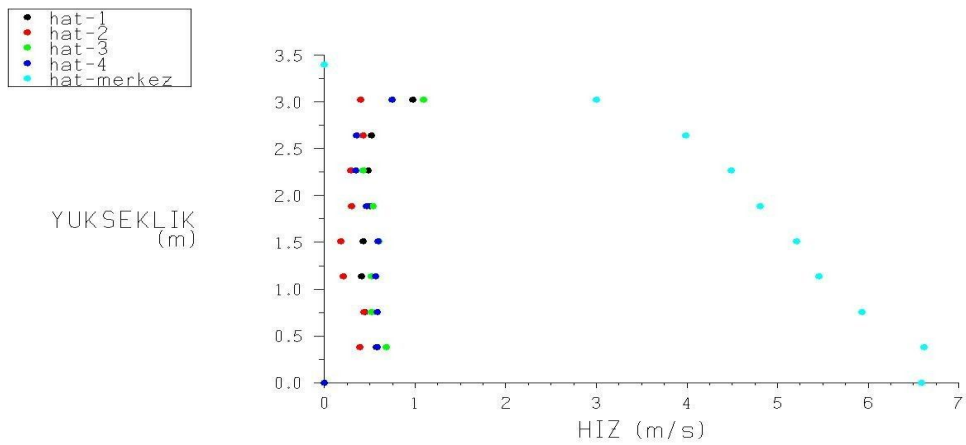
Şekil 6.126 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.127 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.



Şekil 6.128 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki basınç dağılımları.



Şekil 6.129 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki hız dağılımları.

Mayın avlama sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinin geometrik olarak orta mevkisinde yardımcı makine ile jeneratör grubu bulunmaktadır. Bu nedenle daire ortasındaki yangın modeli dairenin boyuna olarak ortasında ancak enine olarak iskele ana makinesi ile yardımcı makine ve jeneratör grubu arasında modellenmiştir.

Senaryo A gereği 0.5 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın yukarıda bahsedilen mevkiide oluşturulmuştur. Dairede mevcut fan açıklıkları gerçek duruma uygun olarak dizayn edilmiştir. Yangın sonuçlarını değerlendirmek üzere Şekil 6.118’ de gösterilen toplam beş adet değer hattında sıcaklık, basınç ve hız değerleri bulunmuştur.

Şekil 6.127’ de 0.5 MW’ lık yangın sonucu, daire içerisinde değer hatlarında oluşan sıcaklık dağılımı görülmektedir. Yangın merkezinde bulunan değer hattı sıcaklık değerinin daire yüksekliği boyunca sabit olduğu güverteye yaklaşıldığında fan açıklığından gelen soğuk hava neticesinde bir miktar düştüğü görülmektedir.

Baş kaporta önünde yer alan 2 numaralı hatta sıcaklığın kaporta hizası boyunca düştüğü, kaportada ve fan açıklıklarında oluşan içeriye doğru akış neticesinde gelen soğuk havanın etkisini olmadığı yüksekliklerde ise arttığı gözlenmektedir.

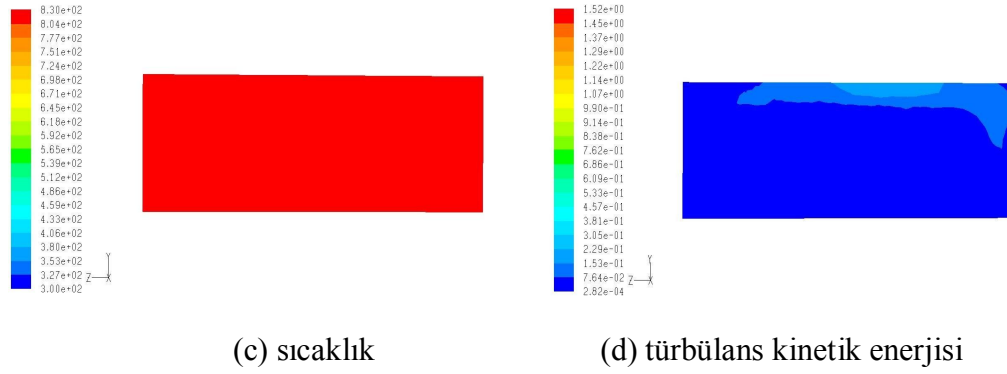
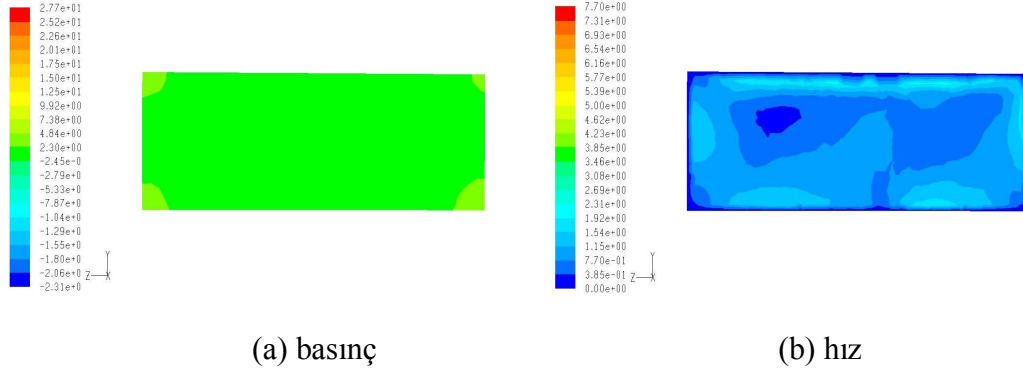
Benzer durum kıç kaporta önünde bulunan 1 numaralı hat içinde geçerlidir. Kaportadan içeriye doğru gelen dış ortam sıcaklığındaki hava hat üzerinde elde edilen sıcaklıkları kaporta boyunca düşürmektedir. 2 numaralı hattan farklı olarak 1 numaralı hat kaporta önünde bulunduğu gibi yangın merkezi ile de aynı hat üzerindedir. Kıç kaportada Şekil 6.126’ dan görülebileceği üzere iki yönlü akış mevcuttur. Bu sebeple 1 numaralı hat üzerindeki sıcaklık düşümü 2 numaralı hat değerlerindeki gibi yüksek farklar barındırmamaktadır.

Daire enine orta hattında ve birbirlerine simetrik konumda bulunan 3 ve 4 numaralı hatlarda ise sıcaklığın yükseklik ile sabit kaldığı görülmektedir. Bu hatlardan dört numaralı hat üzerinde fan açıklığı hizasında küçük bir sıcaklık düşümü yaşanmaktadır. Bunun sebebi yine fan açıklığındaki kısmi iki yönlü akıştır. 4 numaralı değer hattında ise sıcaklık değeri sabit kalmaktadır.

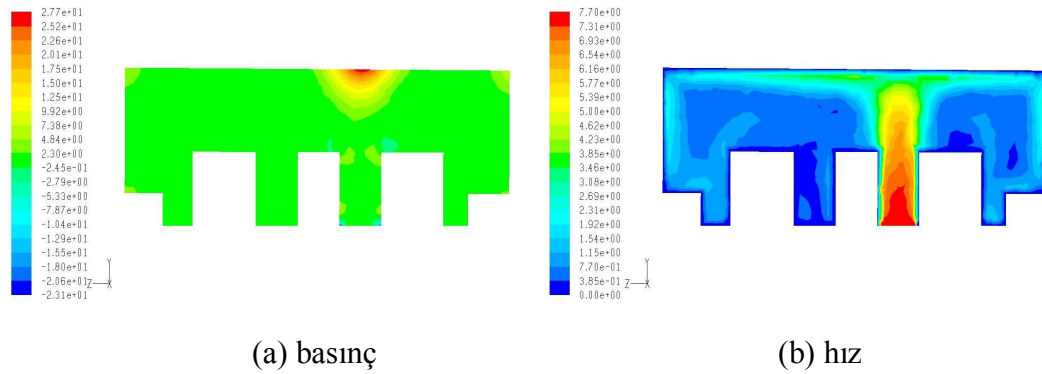
Şekil 6.128’de değer hatlarındaki basınç dağılımları görülmektedir. Yangın merkezinde bulunan 5 numaralı merkez hat hariç diğer hatlardaki değerler benzer profilleri takip etmektedir.

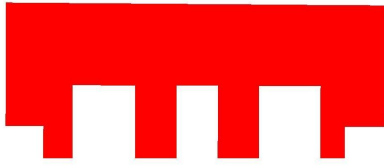
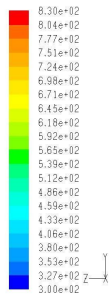
6.4.2 Mayın avlama gemisi makine dairesi senaryo B sonuçları

Mayın avlama sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinde senaryo B' ye uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.

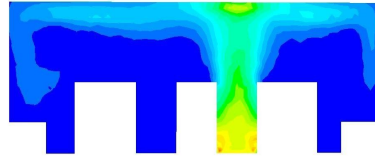
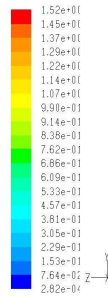


Şekil 6.130 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için $x=1\text{ m'}$ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



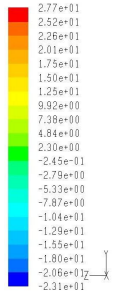


(c) sıcaklık

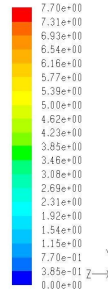


(d) türbülans kinetik enerjisi

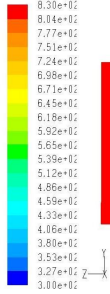
Şekil 6.131 : Mayın avlama gemisi makine daireisi Senaryo B için $x = 3.2 \text{ m}$ ' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



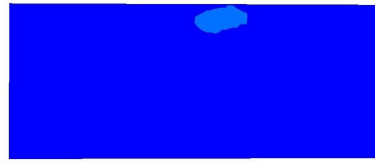
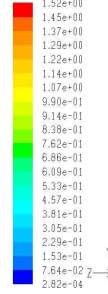
(a) basınç



(b) hız

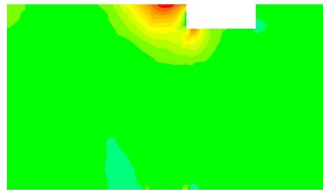
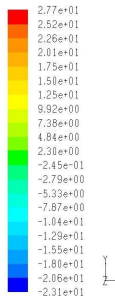


(c) sıcaklık

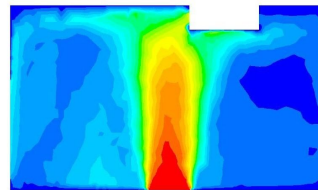
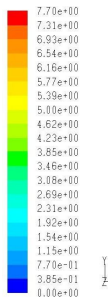


(d) türbülans kinetik enerjisi

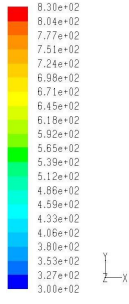
Şekil 6.132 : Mayın avlama gemisi makine daireisi Senaryo B için $x = 6 \text{ m}$ ' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



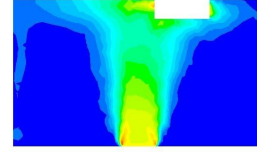
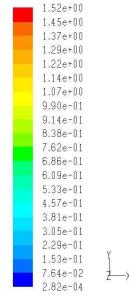
(a) basınç



(b) hız

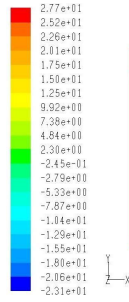


(c) sıcaklık

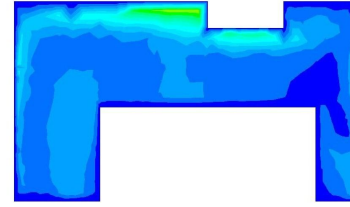
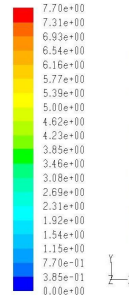


(d) türbülans kinetik enerjisi

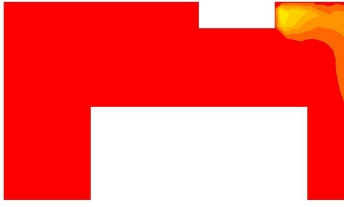
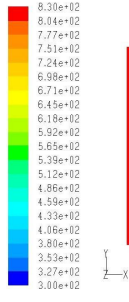
Şekil 6.133 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için $z=3.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



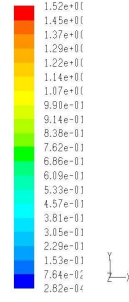
(a) basınç



(b) hız

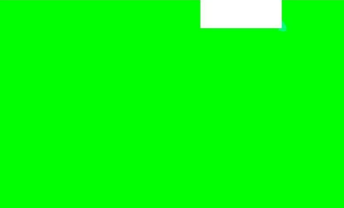
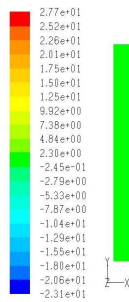


(c) sıcaklık

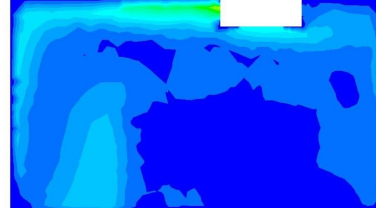
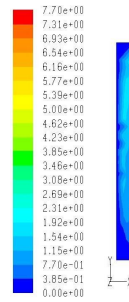


(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.134 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için $z=4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) basınç



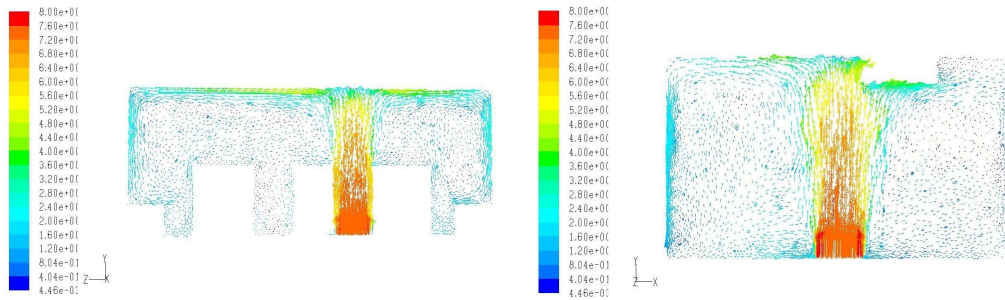
(b) hız



(c) sıcaklık

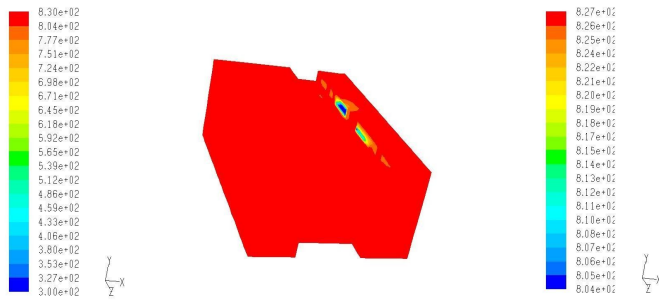
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.135 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için $z = 5.7$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) $x = 3.2$ m Y-Z düzlemi hız vektörleri (b) $z = 4.6$ m X-Y düzlemi hız ve vektörleri

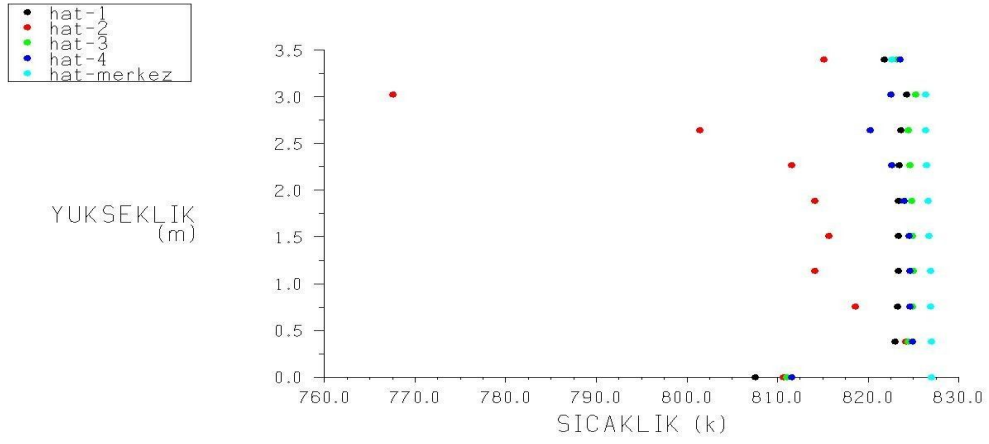
Şekil 6.136 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için $x = 3.2$ m, $z = 4.6$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.



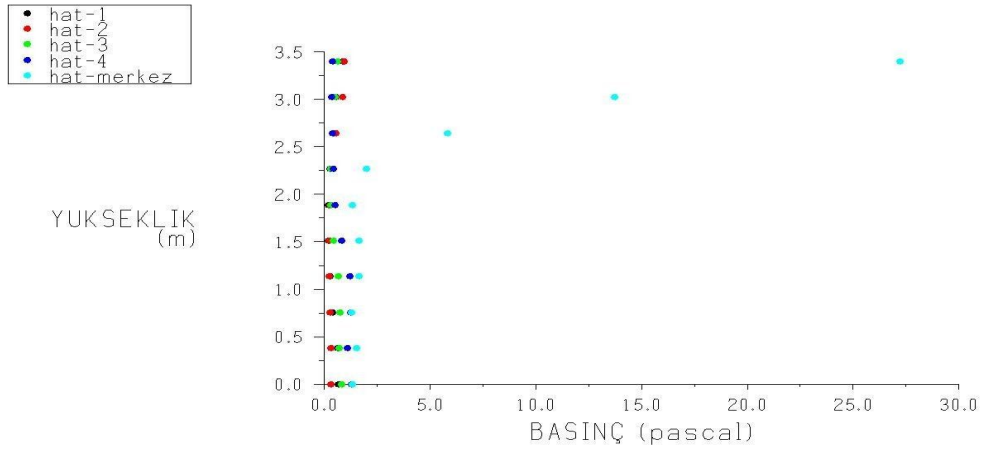
(a) sıcaklık

(b) ışıınım sıcaklıkları

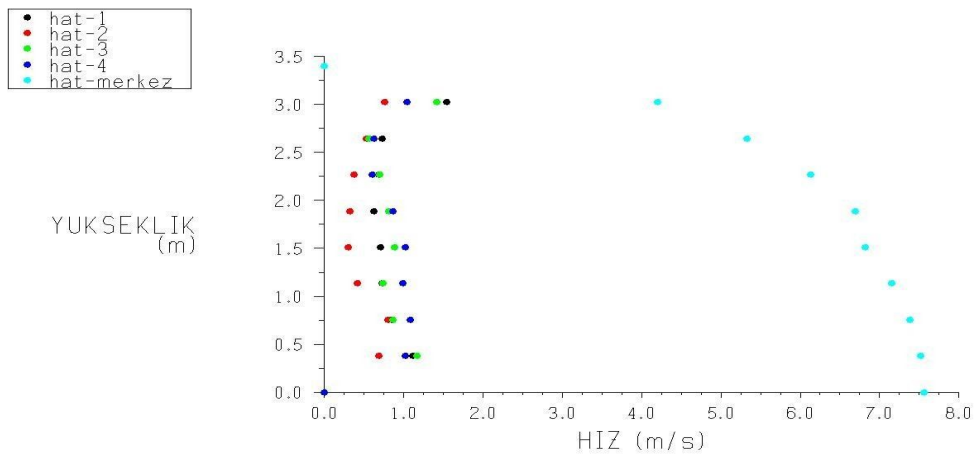
Şekil 6.137 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.138 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.



Şekil 6.139 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki basınç dağılımları.



Şekil 6.140 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki hız dağılımları.

Senaryo B gereği 1 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın iskele ana makine ile yardımcı makine ve jeneratör grubu arasında oluşturulmuştur. Yangın büyüklüğünü belirleyen yangın alanı çapı iki makine arasındaki uzaklıktan büyük olduğundan, dairesel yangın alanı eşdeğer büyüklükteki kare bir yangın alanına dönüştürülerek yangın simüle edilmiştir.

Şekil 6.138’ de 1 MW’ lık yangın sonucu, daire içerisinde değer hatlarında oluşan sıcaklık dağılımı görülmektedir. 5 numaralı hat olan yangın merkezi hattındaki sıcaklık değerinin daire yüksekliği boyunca sabit olduğu güverteye yaklaşıldığında fan açıklığından gelen soğuk hava neticesinde bir miktar düştüğü görülmektedir.

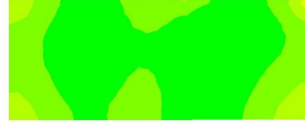
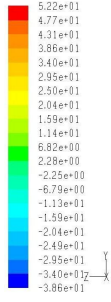
0.5 MW’ lık yangın büyüklüğünün aksine bu kez kaportalardan daire içine soğuk hava akışı gerçekleşmemekte, Şekil 6.137’ de gösterildiği üzere iki yönlü akış sadece baş fan gruplarında görülmektedir. Bunun neticesinde baş kaporta önünde yer alan 2 numaralı hatta sıcaklığın fan açıklığı hizasında net şekilde düştüğü, daha alt seviyelerde ise diğer hatlara nazaran, baş fan açıklıklarından gelen soğuk havanın baş perdeye çarparak dairenin alt kısımlarına ilerlemesinin etkisiyle daha az oranda düşük kaldığı görülmektedir. Şekil 6.134 ve Şekil 6.135’ de gösterilen düzlemlerde daire içine soğuk hava girişi olduğu görülmektedir. Diğer hatlardaki sıcaklık değerleri ise ısıнын daire içersinde hemen hemen üniform dağılması dolayısıyla aynı değerleri almaktadır.

1 MW’ lık yangın büyüklüğü sonucu oluşan basınç dağılımları ise Şekil 6.139’da görülmektedir. Yangın merkezinde bulunan 5 numaralı merkez hattaki basınç 0.5 MW’ lık yangına oranla 3 kat artmıştır. Diğer hatların değerlerinde de artış görülmekle birlikte basınç profilleri aynıdır.

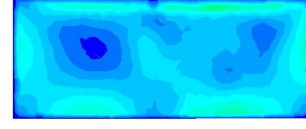
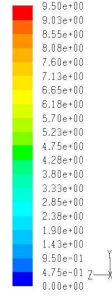
Şekil 6.133 ve Şekil 6.136’dan görülebileceği üzere yangın sonucu oluşan sıcak gazların bir kısmının direkt fan açıklıklarından daireyi terk etmesine rağmen mayın avlama gemisi makine dairesi için 1 MW’ lık yangın büyüklüğü sonucu yangın tüm daireye yayılmaktadır.

6.4.3 Mayın avlama gemisi makine dairesi senaryo C sonuçları

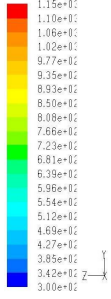
Mayın avlama sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinde senaryo C’ ye uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.



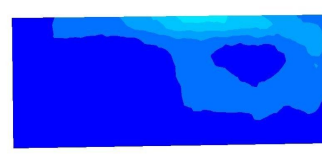
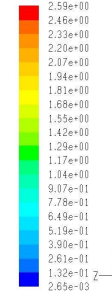
(a) basınç



(b) hız

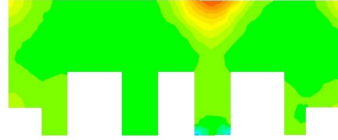
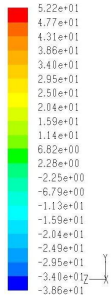


(c) sıcaklık

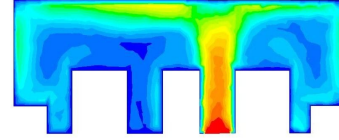
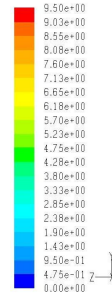


(d) türbülans kinetik enerjisi

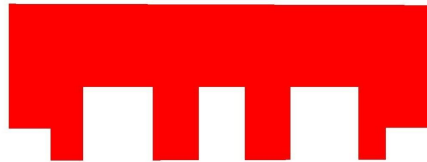
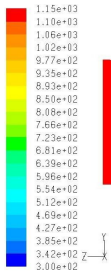
Şekil 6.141 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için $x = 1 \text{ m}$ ' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



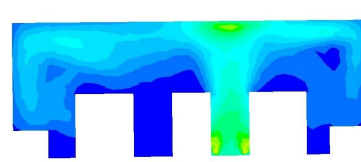
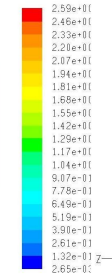
(a) basınç



(b) hız

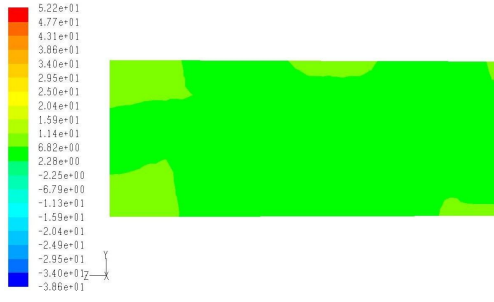


(c) sıcaklık

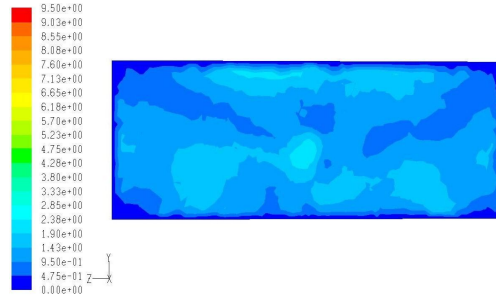


(d) türbülans kinetik enerjisi

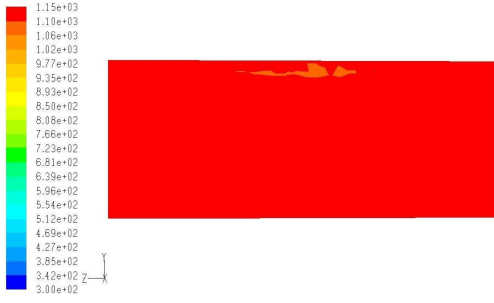
Şekil 6.142 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için $x = 3.2 \text{ m}$ ' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



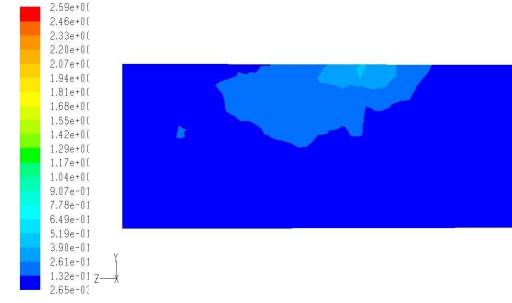
(a) basınç



(b) hız

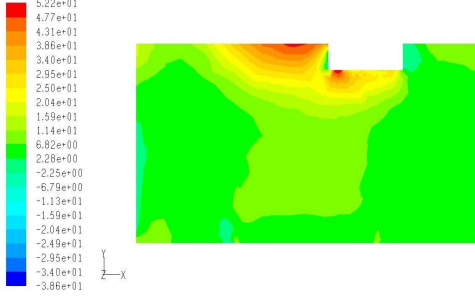


(c) sıcaklık

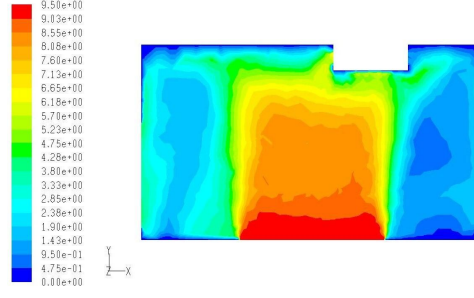


(d) türbülans kinetik enerjisi

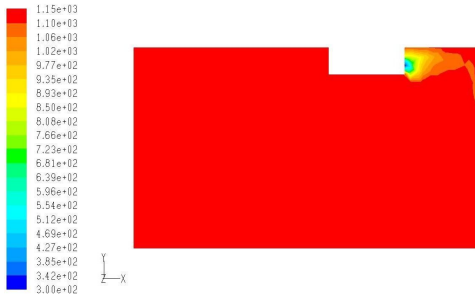
Şekil 6.143 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için $x=6$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



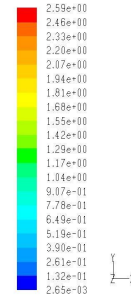
(a) basınç



(b) hız

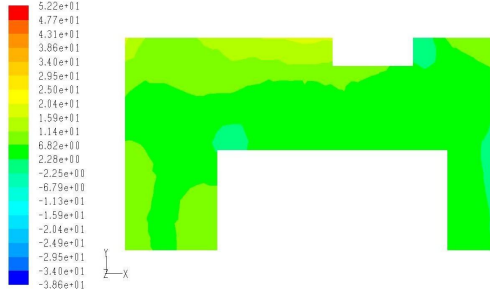


(c) sıcaklık

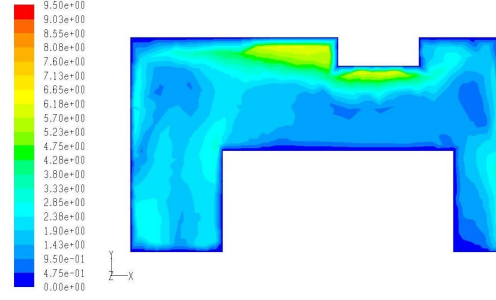


(d) türbülans kinetik enerjisi

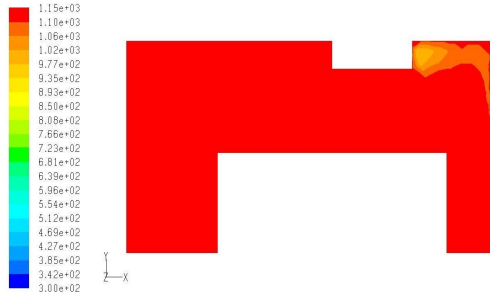
Şekil 6.144 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için $z=3.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



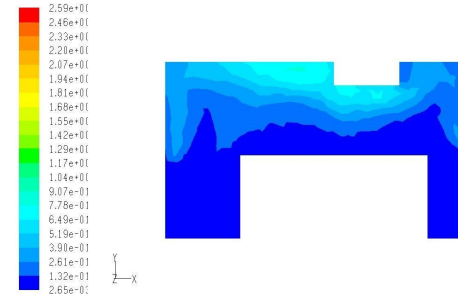
(a) basınç



(b) hız

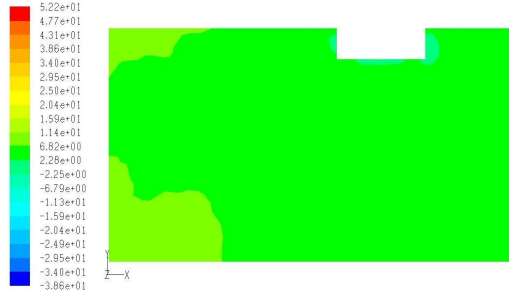


(c) sıcaklık

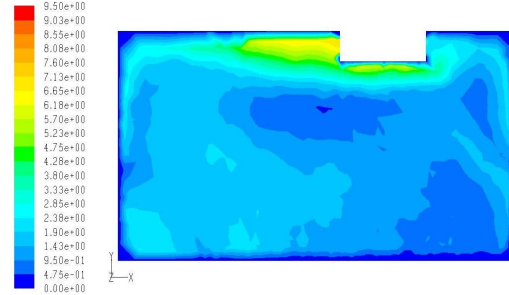


(d) türbülans kinetik enerjisi

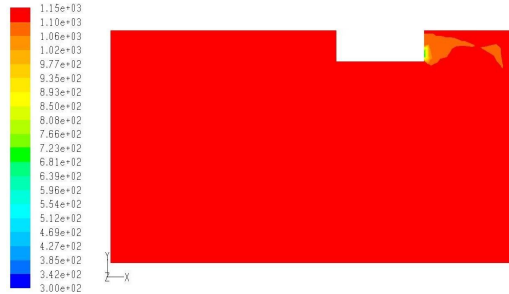
Şekil 6.145 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için $z=4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



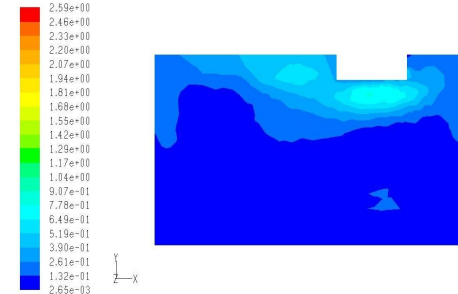
(a) basınç



(b) hız

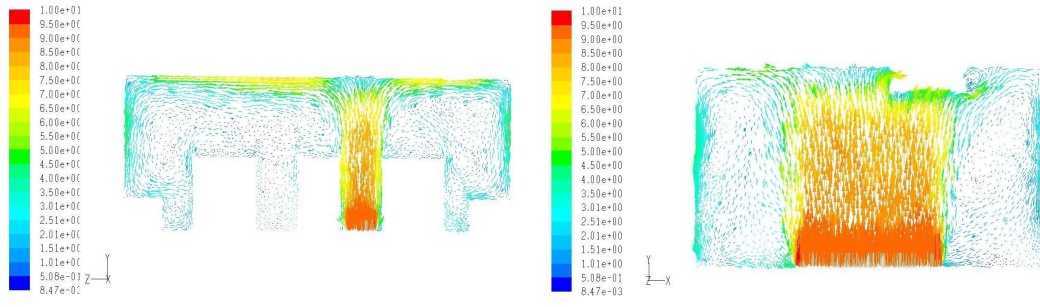


(c) sıcaklık



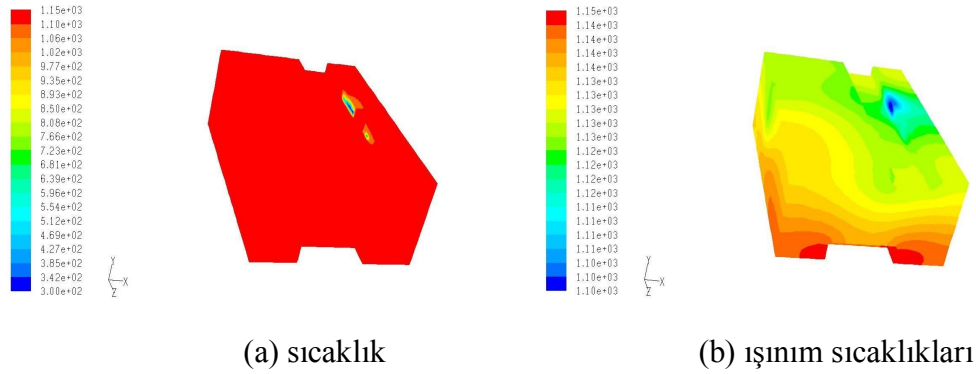
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.146 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için $z=5.7$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) $x = 3.2$ m Y-Z düzlemi hız vektörleri (b) $z = 4.6$ m X-Y düzlemi hız ve vektörleri

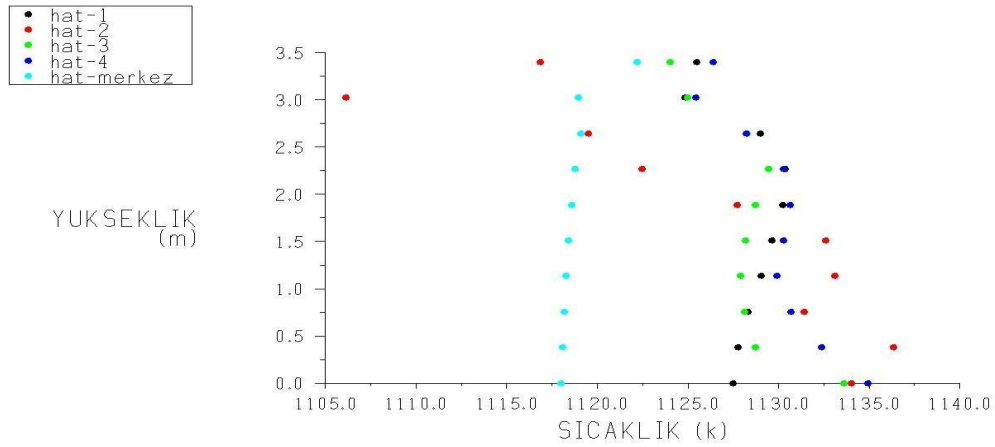
Şekil 6.147 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için $x = 3.2$ m, $z = 4.6$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.



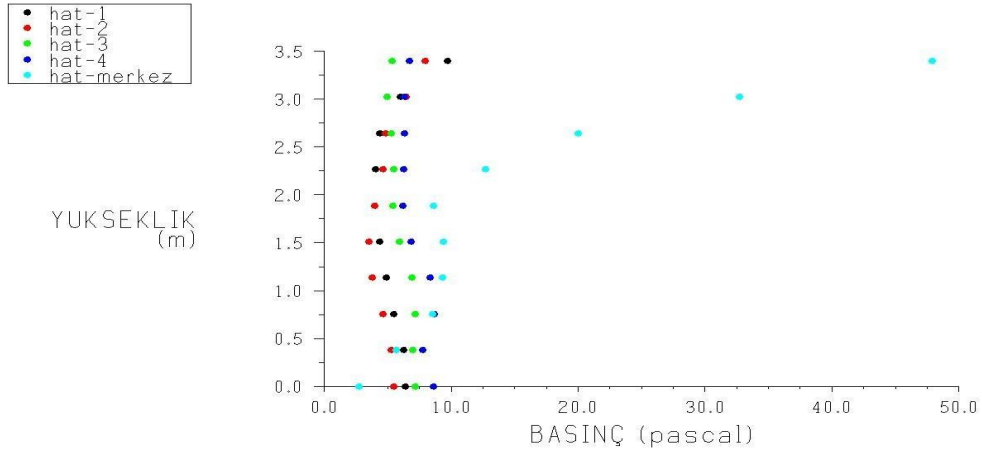
(a) sıcaklık

(b) ışıınım sıcaklıkları

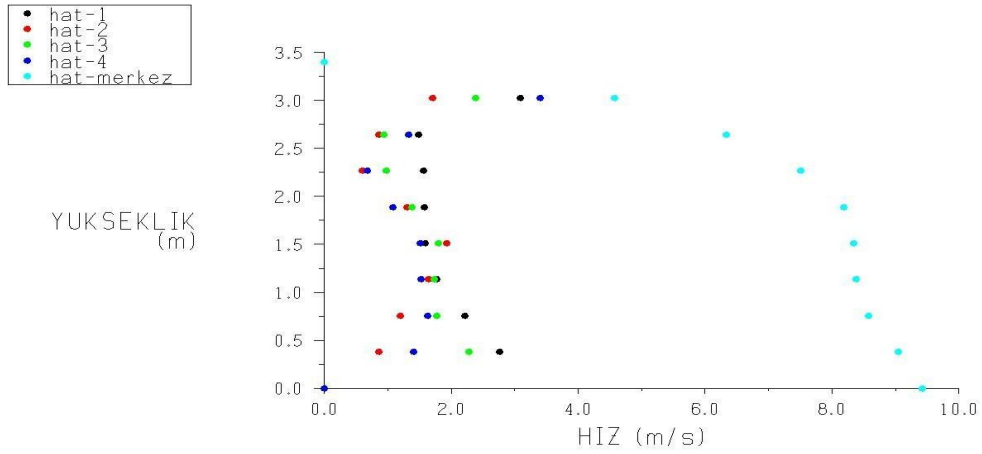
Şekil 6.148 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.149 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.



Şekil 6.150 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki basınç dağılımları.



Şekil 6.151 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki hız dağılımları.

Senaryo C gereği 3 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın iskele ana makine ile yardımcı makine ve jeneratör grubu arasında modellenmiştir. Yangın büyüklüğünü belirleyen yangın alanı çapı iki makine arasındaki uzaklıktan büyük olduğundan, dairesel yangın alanı eşdeğer büyüklükteki dikdörtgen bir yangın alanına dönüştürülerek yangın simüle edilmiştir.

3 MW'lık yangın sonucu daire içerisinde değer hatlarında oluşan sıcaklık dağılımı Şekil 6.149' da görülmektedir. 5 numaralı hat olan yangın merkezi hattındaki sıcaklık değerinin 3 m yükseklik değerine kadar sabit kaldığı güverteye yaklaşıldığında ise güverte altında biriken ve fan açıklıklarının tahliyelerinde yetersiz kaldığı değerlendirilen sıcak gazların etkisi nedeniyle yükseldiği görülmektedir.

1 MW' lık yangın büyüklüğünde görüldüğü gibi kaportalardan daire içine soğuk hava akışı gerçekleşmemekte, Şekil 6.148' de gösterildiği üzere iki yönlü akış sadece baş fan gruplarında görülmektedir. Ancak bu akış da 1 MW' lık yangın büyüklüğünün aksine kısmi kalmaktadır. Bu durumun neticesi Şekil 6.149' da ki grafikte görüldüğü üzere 2 numaralı hattın yine 3 m seviyesinde gösterdiği sıcaklık düşümüdür. Daha alt seviyelerde ise diğer hatlara nazaran, baş fan açıklıklarından gelen kısmi soğuk havanın lokal olarak yarattığı sıcaklık düşümü gözlenmektedir. Şekil 6.144, Şekil 6.145 ve Şekil 6.146' da gösterilen düzlemlerde daire içine cüzi miktarda soğuk hava girişi olduğu görülmektedir. İlgi çeken diğer bir nokta ise yangın yüzeyi sıcaklığı olarak verilen 1118 K değerinin tüm hatlarda aşılmasıdır. Daire açıklıklarının sıcak gazların tahliyesinde yetersiz kalmaları sonucu bu durumun olduğu değerlendirilmektedir. İlk iki yangın büyüklüğünün aksine Şekil 6.147' de gösterildiği biçimde yangının hız vektörleri fan manikasının altından geçerek manikanın baş perdeye bakan açıklıklarından da daireyi terk etmektedir. Buna rağmen içeride biriken sıcak gazların etkisi ile daire içersindeki sıcaklık yüksek değerlere ulaşmaktadır.

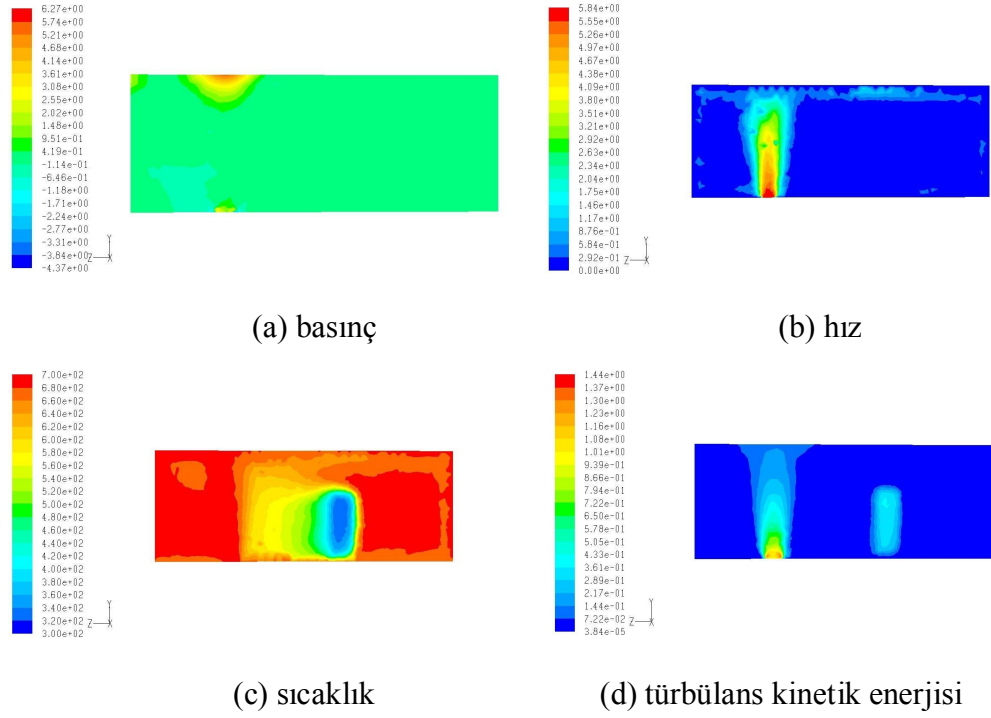
3 MW' lık yangın büyüklüğü sonucu oluşan basınç dağılımları ise Şekil 6.150'de görülmektedir. Yangın merkezinde bulunan 5 numaralı merkez hattaki basınç 1 MW' lık yangına oranla %50 oranında artmıştır. Diğer hatların değerlerinde ise artış oranı %100' dür. Bu duruma güverte altında biriken ve tahliye edilemeyen sıcak gazların yarattığı genişlemenin sebep olduğu değerlendirilmektedir.

Tüm kesitlerden açıkça görülebileceği üzere mayın avlama gemisi makine dairesi için 3 MW' lık yangın büyüklüğü gemi personelinin müdahale edemeyeceği çok yüksek bir değerdir.

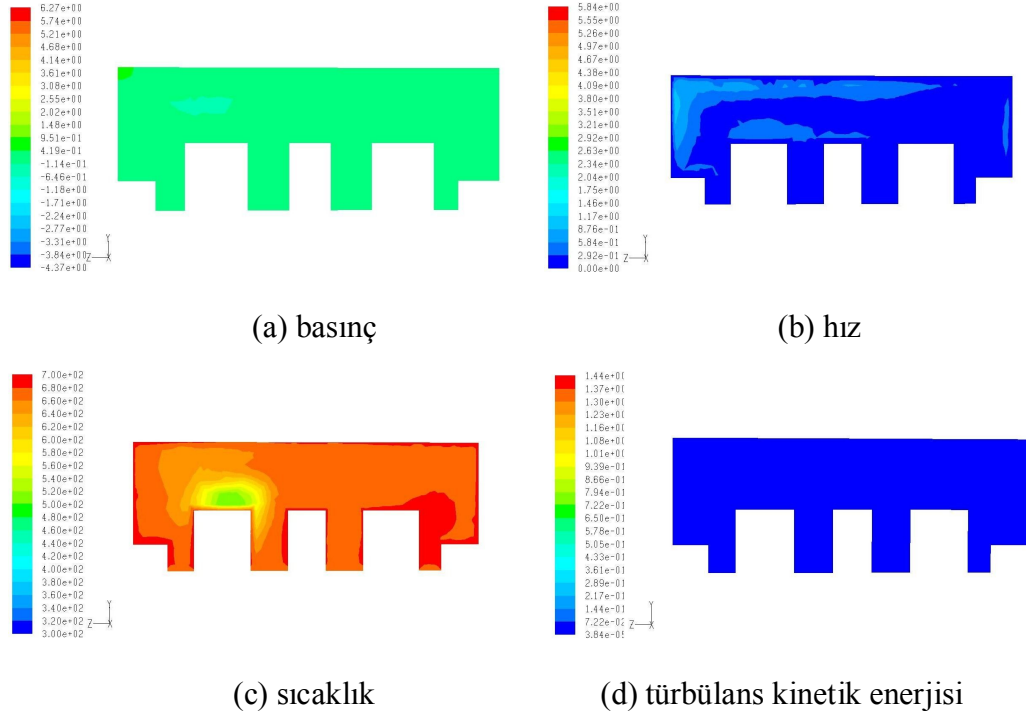
6.4.4 Mayın avlama gemisi makine dairesi senaryo D sonuçları

Mayın avlama sınıfı savaş gemisi için sürekli yangın modelinde tasarlanan yangın senaryolarından üç adedi yangın yerinin kıç perdeye temas eder biçimde sancak ana makine yakıt servis devrelerinin civarında olmasına göre düzenlenmiştir. Bu senaryolar gereği sürekli durum yangın modelinde 0.5, 1 ve 3 MW yangın büyüklükleri incelenmiştir. Sonuçlar enine ve boyuna olacak şekilde üçer ayrı kesitte basınç, sıcaklık ve hız yönünden değerlendirilmiştir. Ayrıca sıcaklık, basınç ve hız değerleri Şekil 6.118' de görülen değer hatları boyunca elde edilerek kıyaslanmıştır

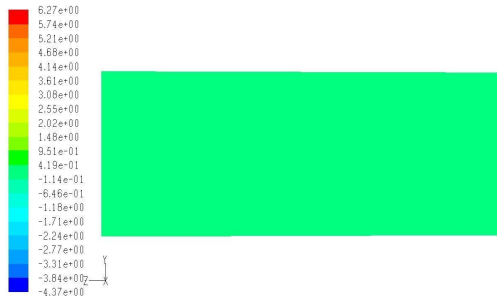
Mayın avlama sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinde senaryo D' ye uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.



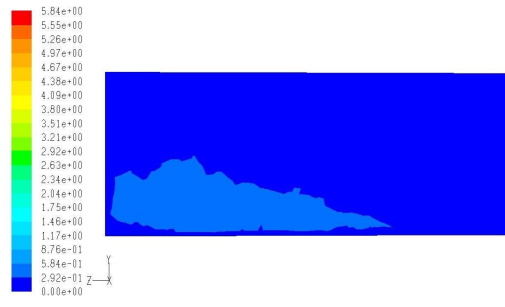
Şekil 6.152 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için $x=0.15$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



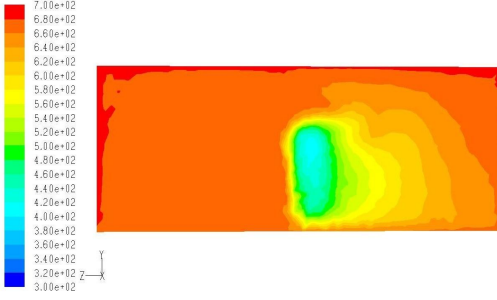
Şekil 6.153 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için $x=3.2$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



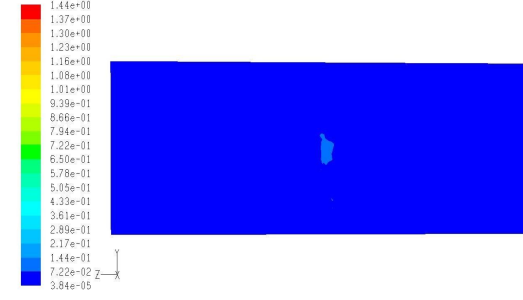
(a) basınç



(b) hız

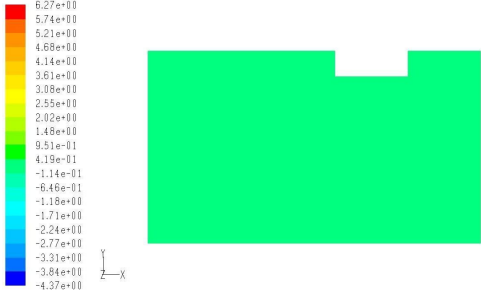


(c) sıcaklık

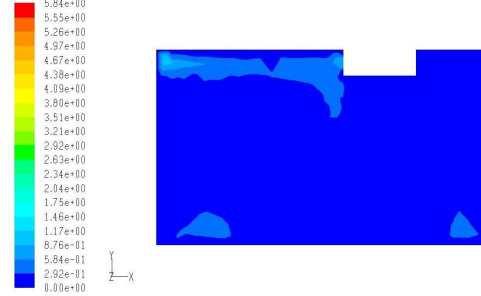


(d) türbülans kinetik enerjisi

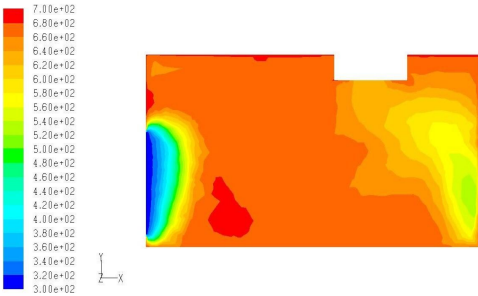
Şekil 6.154 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için $x=6$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



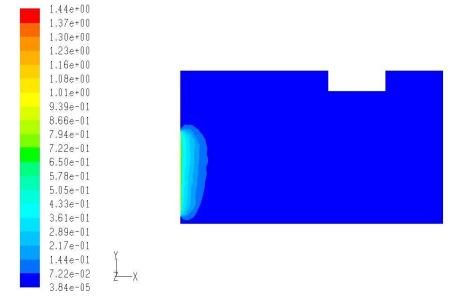
(a) basınç



(b) hız

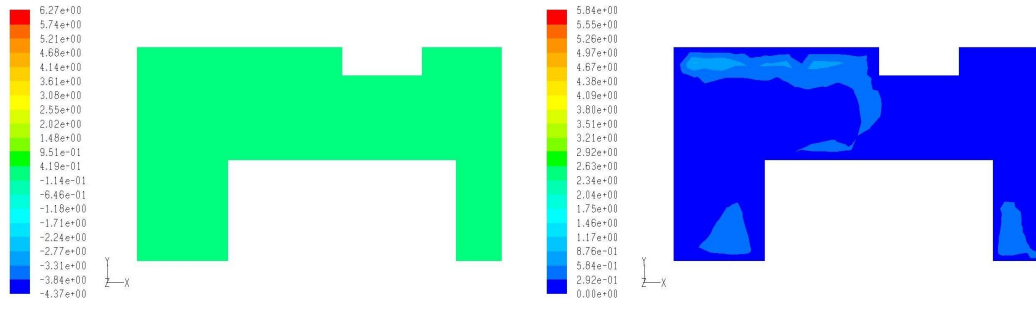


(c) sıcaklık



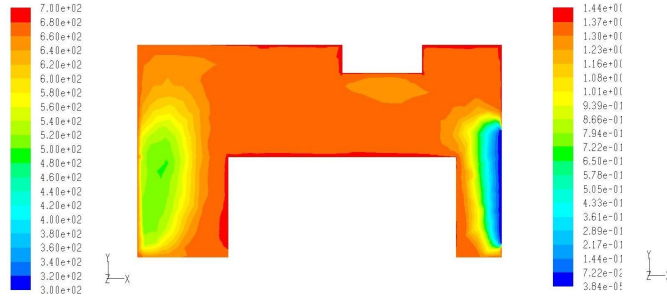
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.155 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için $z=3.4$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) basınç

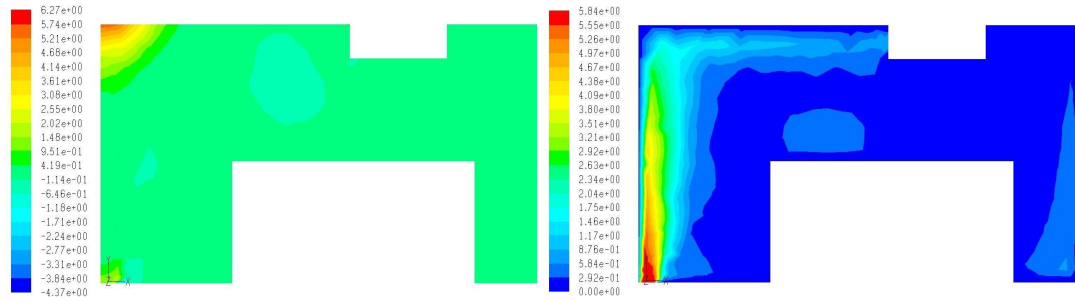
(b) hız



(c) sıcaklık

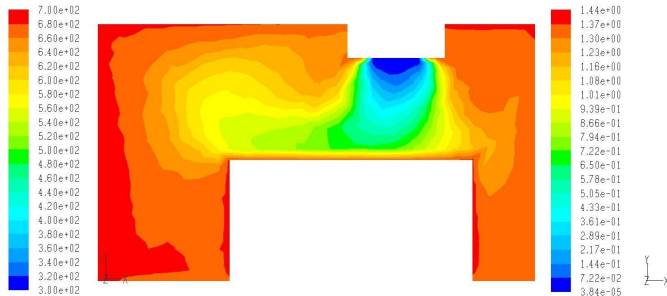
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.156 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için $z=4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) basınç

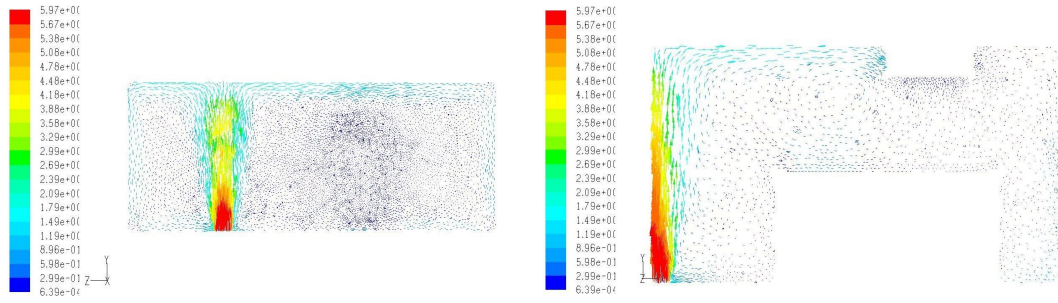
(b) hız



(c) sıcaklık

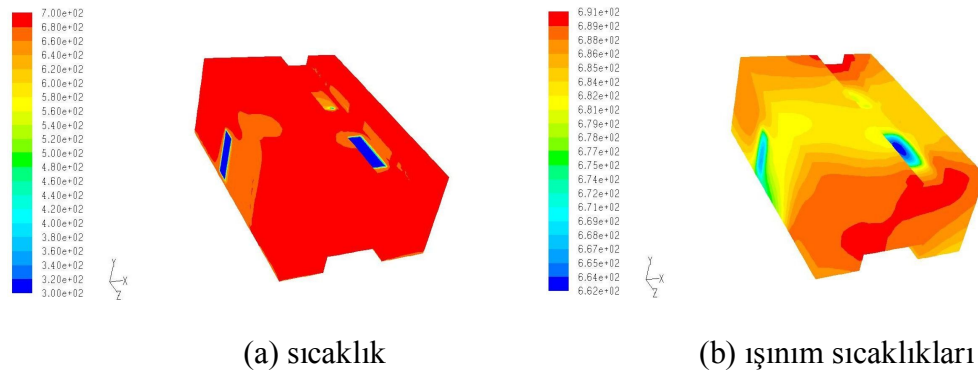
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.157 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için $z=6.85$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) $x=0.15$ m Y-Z düzlemi hız vektörleri (b) $z=6.85$ m X-Y düzlemi hız ve vektörleri

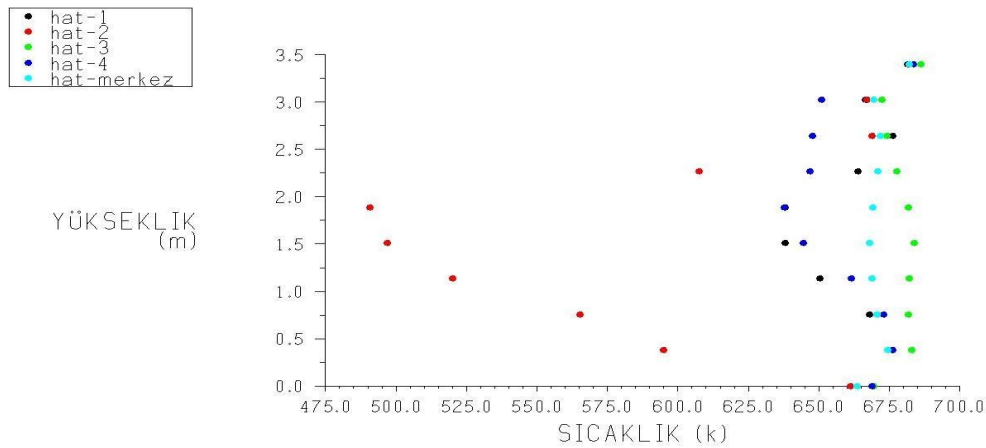
Şekil 6.158 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için $x=0.15$ m, $z=6.85$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.



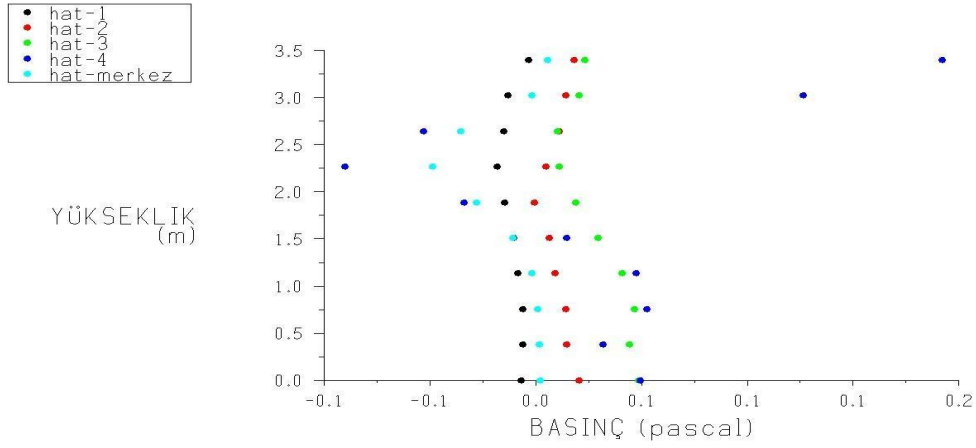
(a) sıcaklık

(b) ışıınım sıcaklıkları

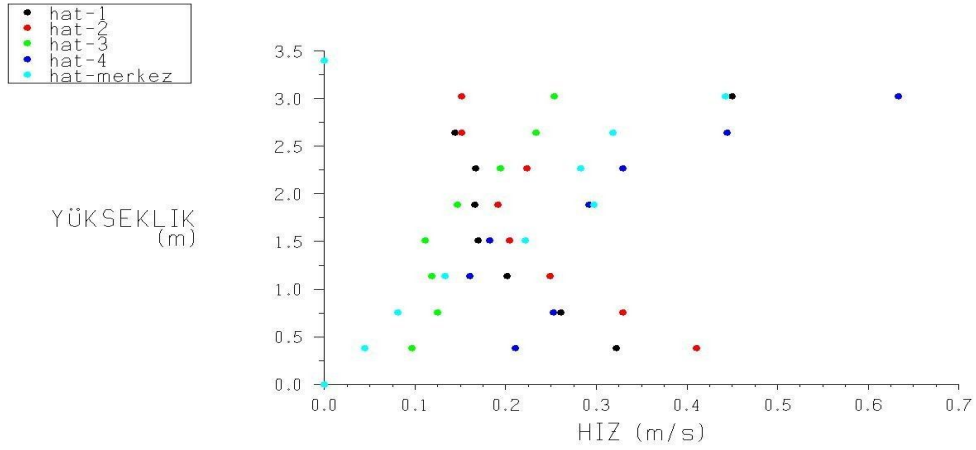
Şekil 6.159 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo C için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.160 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.



Şekil 6.161 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki basınç dağılımları.



Şekil 6.162 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki hız dağılımları.

Senaryo D gereği mayın avlama sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinin kış perdesine temas eder şekilde 0.5 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın modellenmiştir. Yangın mevkii iskele ana makine yakıt servis devreleri civarında seçilmiştir. Yangın sonuçlarını değerlendirmek üzere toplam beş adet değer hattında sıcaklık, basınç ve hız değerleri bulunmuştur.

Şekil 6.160' da 0.5 MW' lık yangın sonucu, daire içerisinde değer hatlarında oluşan sıcaklık dağılımı görülmektedir. İlk üç senaryonun değer hatlarının mevkiileri kıyaslama maksadıyla değiştirilmemiştir. Bu durumda ilk senaryolarda yangın merkezinde bulunan merkez hat yani 5 numaralı hat iskele ana makine ile yardımcı makine ve jeneratör grubu ortasında kalmıştır. Yangın ile arasında herhangi bir engel olmayan hat olarak kış kaportanın önünde yer alan 1 numaralı hat kalmıştır.

Senaryo D gereği oluşturulan yangın sonucu yangın alanına en yakın hat olan ve kıç kaporta önünde yer alan 1 numaralı hattın sıcaklık değerleri kaportadan daire içine olan akış nedeniyle kaporta seviyesinde düşmekte, kaporta yüksekliğinden sonraki değerlerde ise artmaktadır. Bu durum Şekil 6.152 ve Şekil 6.155'te ki sıcaklık dağılımlarında görülmektedir.

Yangına en uzak hat olarak kalan ve baş kaporta önünde yer alan 2 numaralı hatta da aynı durum gözlenmektedir. Daire içine doğru olan soğuk hava akışı Şekil 6.154 ve Şekil 6.156' da görülebilmektedir.

Şekil 6.157 ve Şekil 6.159'dan da görüleceği üzere sancak alt fan açıklığından daire içine doğru soğuk hava akışı gerçekleşmektedir. Bu durum 4 numaralı hat üzerinde kısmi bir sıcaklık düşümü yaratmaktadır. Aynı şekillerde iskele alt fan açıklığından sıcak gaz tahliyesi gerçekleştiği görülmektedir. Bu durum 3 numaralı hat üzerindeki sıcaklık değerlerinin görece sabit kalmasına yol açmaktadır.

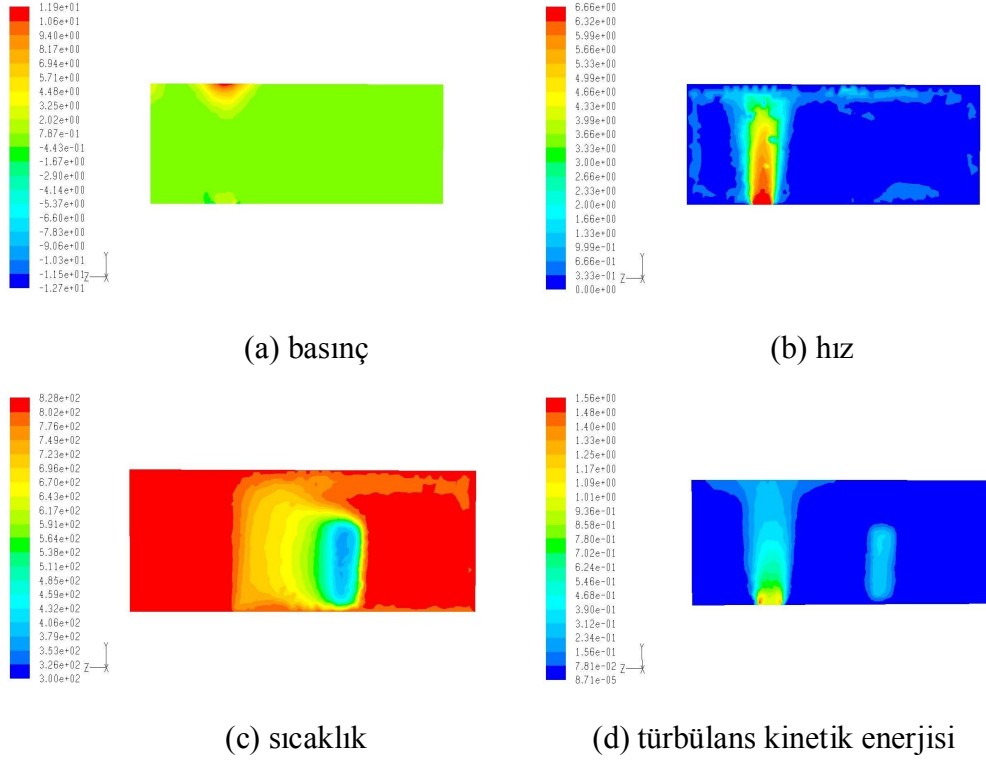
Baş kaportadan ve sancak alt fan açıklığından daire içine giren soğuk hava sıcak gazların iskele yönünde hareketine sebep olmakta, yangının yayılım yönü iskele baş tarafa doğru olmaktadır. İskele alt fan açıklığından görülen sıcak gaz tahliyesi bu durumu doğrulamaktadır.

Aynı yangın büyüklüklerinin farklı mevkilerde, daire içersinde yarattıkları sıcaklık farkları Şekil 6.126, Şekil 6.127, Şekil 6.159 ve Şekil 6.160 kıyaslanarak görülebilir. Perdeye temas eden yangının daire içersinde aynı sıcaklıkta yarattığı hacim oranı , orta mevkide çıkan yangına göre daha az olmaktadır. 0.5 MW' lık orta mevkii yangın büyüklüğünde alt fan açıklıklarından içeriye doğru akış görülmezken, perde temaslı yangında bu durum görülür. Orta mevkii yangının aksine perde temaslı yangında yükselen sıcak gazlar perdeyi ve güverteyi izler. Mayın avlama gemisi makine dairesinin havalandırma açıklıklarının konumları dolayısıyla perde yangını sonucu oluşan sıcak gazlar güverteyi takip ederek fan manikasının kıç tarafa bakan açıklıklarından tahliye olmaktadır. Orta mevkii yangınında kısmen olan ancak perde temaslı yangında tamamen mevcut kaportalardan ve alt fan açıklıklarından soğuk hava girişi bu duruma işaret eder.

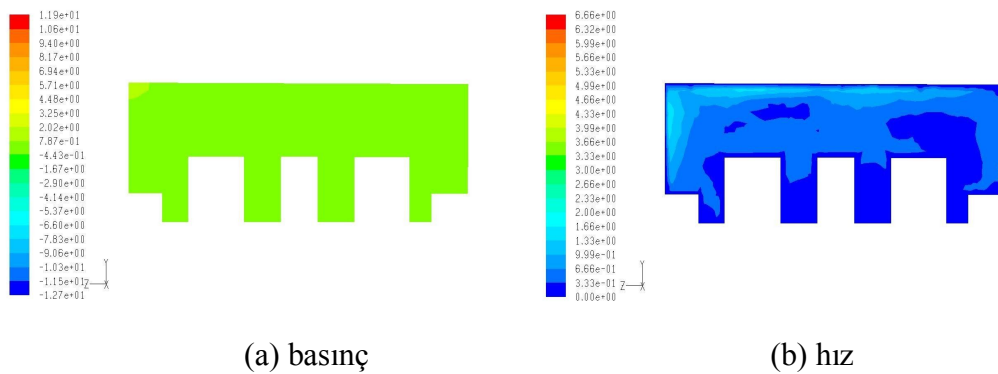
Aynı büyüklükteki orta mevkii yangınında yanma sonu gazları gemi içine kaportalar kapatılmadığı takdirde dağılacakken perde temaslı yangın sonucu bu gazlar, kaportalar kapatılmasa dahi gemi içine dağılmayacaktır.

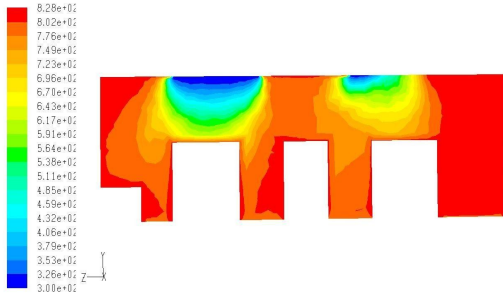
6.4.5 Mayın avlama gemisi makine dairesi senaryo E sonuçları

Mayın avlama sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinde senaryo E' ye uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.

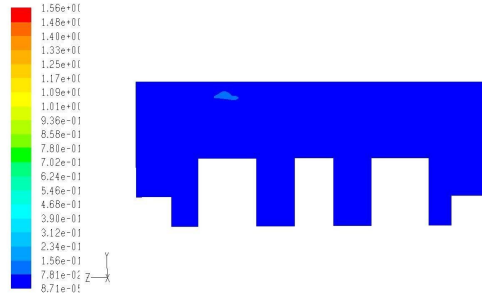


Şekil 6.163 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo E için $x=0.15$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



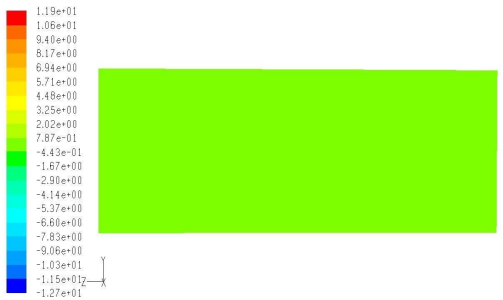


(c) sıcaklık

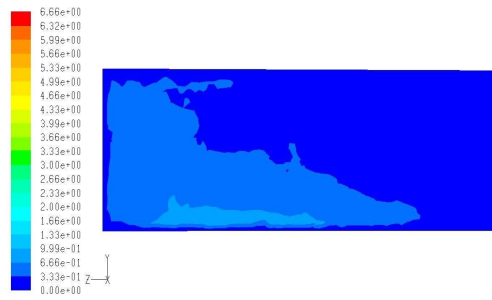


(d) türbülans kinetik enerjisi

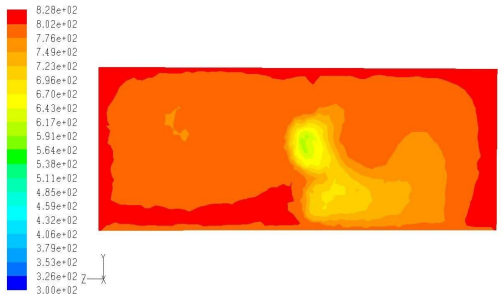
Şekil 6.164 : Mayın avlama gemisi makine daireisi Senaryo E için $x= 3.2 \text{ m}$ ' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



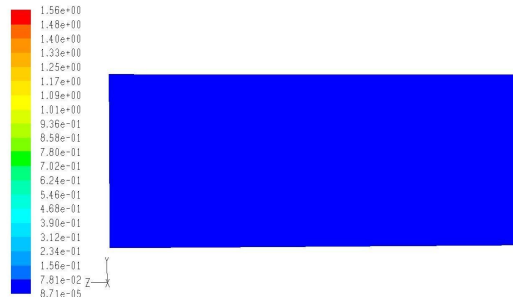
(a) basınç



(b) hız

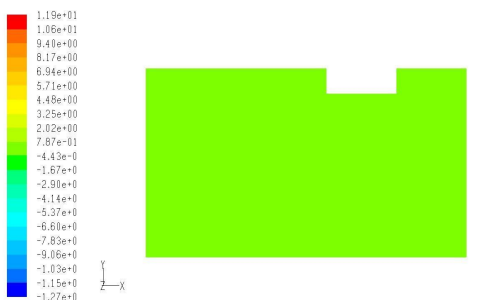


(c) sıcaklık

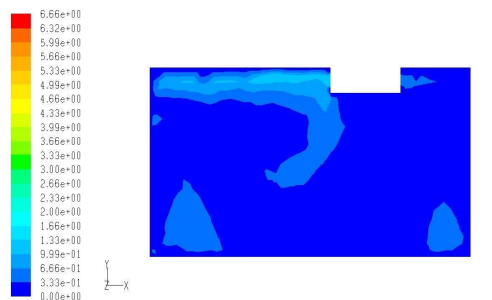


(d) türbülans kinetik enerjisi

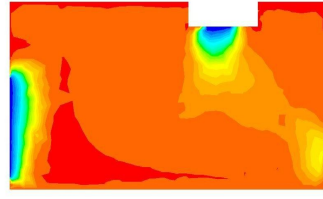
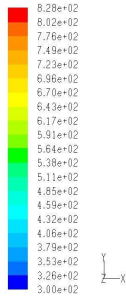
Şekil 6.165 : Mayın avlama gemisi makine daireisi Senaryo E için $x= 6 \text{ m}$ ' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



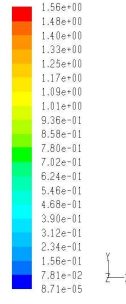
(a) basınç



(b) hız

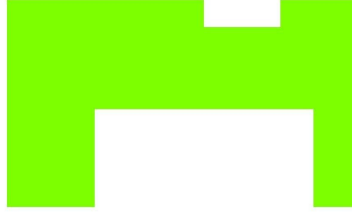
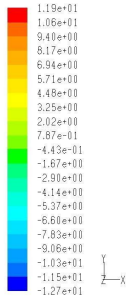


(c) sıcaklık

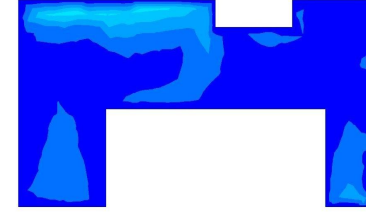
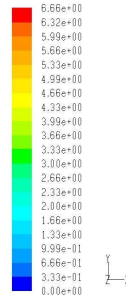


(d) türbülans kinetik enerjisi

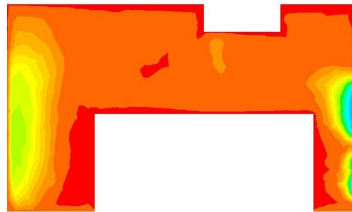
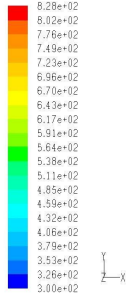
Şekil 6.166 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo E için $z = 3.4 \text{ m}$ ' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



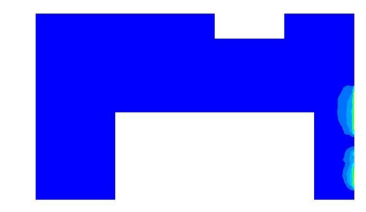
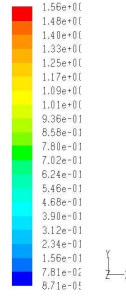
(a) basınç



(b) hız



(c) sıcaklık

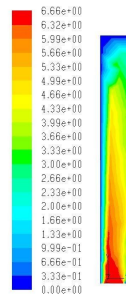


(d) türbülans kinetik enerjisi

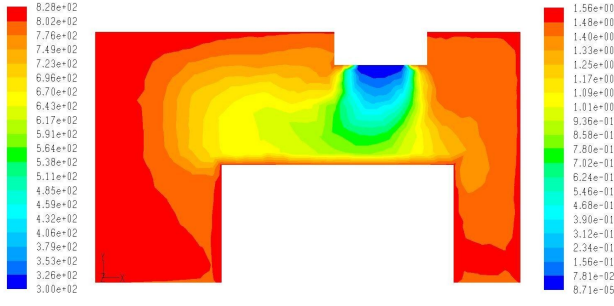
Şekil 6.167 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo E için $z = 4.6 \text{ m}$ ' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) basınç



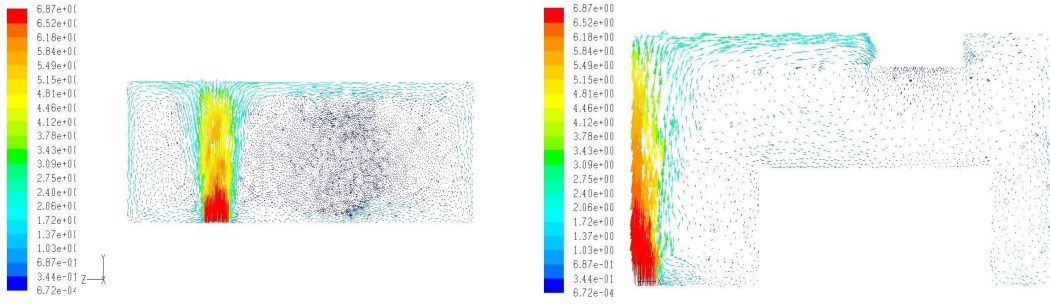
(b) hız



(c) sıcaklık

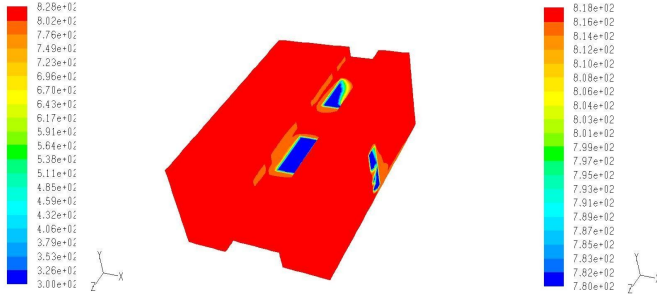
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.168 : Mayın avlama gemisi makine daireesi Senaryo E için $z= 6.85$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) $x= 0.15$ m Y-Z düzlemi hız vektörleri (b) $z= 6.85$ m X-Y düzlemi hız ve vektörleri

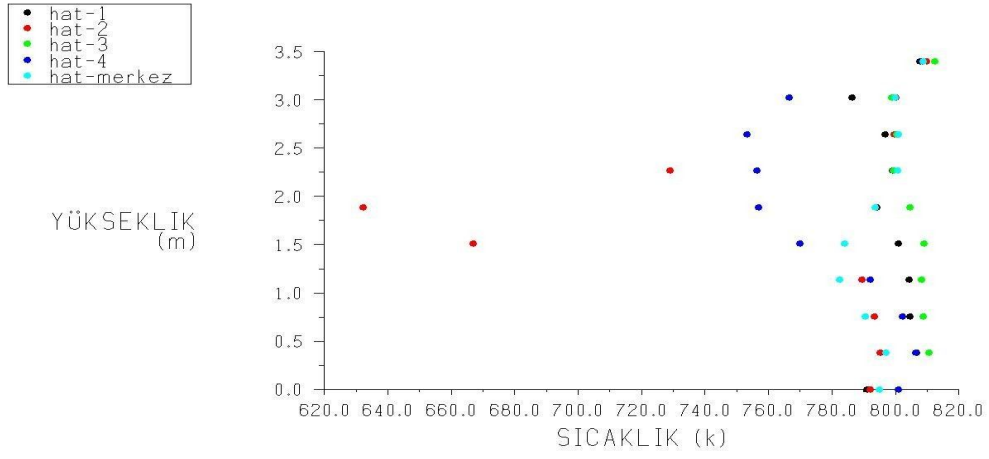
Şekil 6.169 : Mayın avlama gemisi makine daireesi Senaryo E için $x= 0.15$ m, $z= 6.85$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.



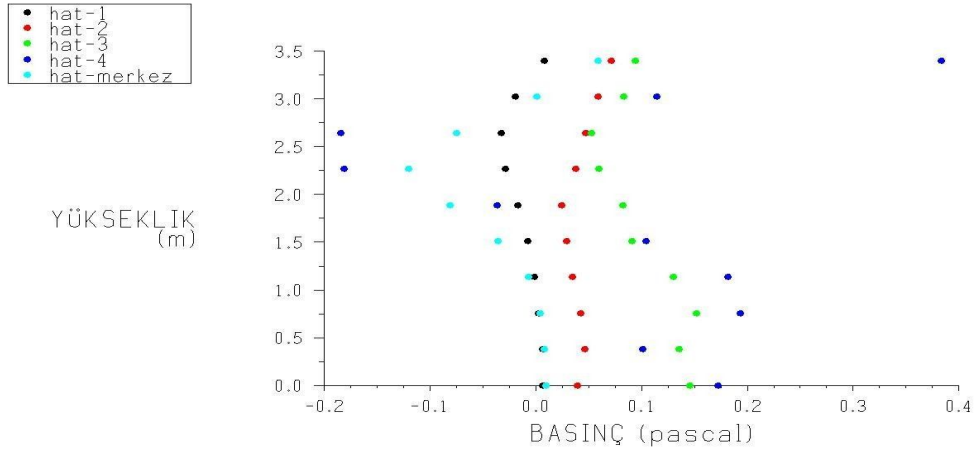
(a) sıcaklık

(b) ışıınım sıcaklıkları

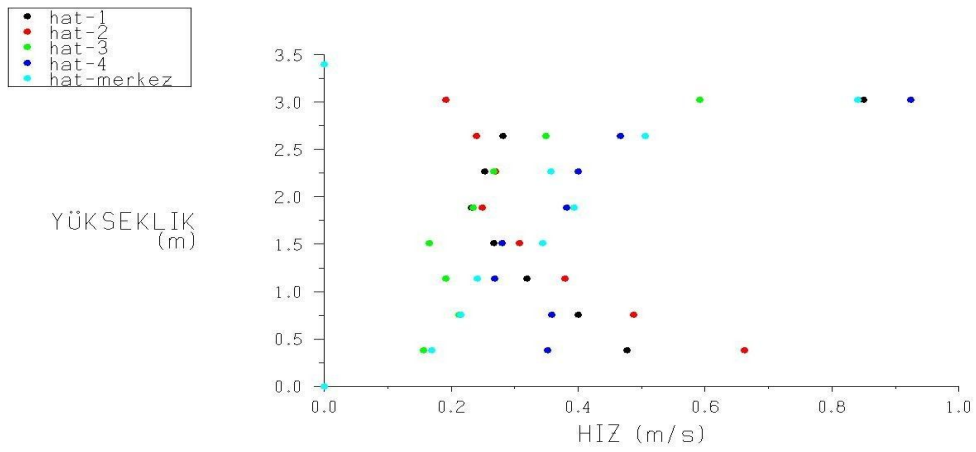
Şekil 6.170 : Mayın avlama gemisi makine daireesi Senaryo E için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.171 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.



Şekil 6.172 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki basınç dağılımları.



Şekil 6.173 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki hız dağılımları.

Senaryo E gereği mayın avlama sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinin kıç perdesine temas eder şekilde 1 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın modellenmiştir. Yangın mevkii iskele ana makine yakıt servis devreleri civarında seçilmiştir. Yangın sonuçlarını değerlendirmek üzere toplam beş adet değer hattında sıcaklık, basınç ve hız değerleri bulunmuştur.

Şekil 6.171’ de 1 MW’ lık yangın sonucu, daire içerisinde değer hatlarında oluşan sıcaklık dağılımı görülmektedir.

Senaryo E gereği oluşturulan yangın sonucu yangın alanına en yakın hat olan ve kıç kaporta önünde yer alan 1 numaralı hattın sıcaklık değerleri kaportadan daire içine olan akış nedeniyle kaporta seviyesinde düşmekte, kaporta yüksekliğinden sonraki değerlerde ise artmaktadır. Bu durum Şekil 6.163 ve Şekil 6.166’da ki sıcaklık dağılımlarında görülmektedir.

Yangına en uzak hat olarak kalan ve baş kaporta önünde yer alan 2 numaralı hatta da aynı durum daha fazla fark ile gözlenmektedir. Daire içine doğru olan soğuk hava akışı Şekil 6.167 ve Şekil 6.170’ te görülebilmektedir.

Şekil 6.166, Şekil 6.168 ve Şekil 6.170’ ten de görüleceği üzere sancak ve iskele alt fan açıklıklarından daire içine doğru soğuk hava akışı gerçekleşmektedir. Sancak açıklıkta tamamen içeri doğru bir akış söz konusu iken iskele açıklıkta iki yönlü bir akış mevcuttur. Bu durum 4 numaralı hat üzerinde kısmi bir sıcaklık düşümü yaratmaktadır. İskele alt fan açıklığından gerçekleşen sıcak gaz tahliyesi 3 numaralı hat üzerindeki sıcaklık değerlerinin görece sabit kalmasına yol açmaktadır.

Aynı yangın büyüklüklerinin farklı mevkilerde, daire içerisinde yarattıkları sıcaklık farkları Şekil 6.134, Şekil 6.137, Şekil 6.138 ile Şekil 6.166, Şekil 6.168 ve Şekil 6.171 kıyaslanarak görülebilir. Perdeye temas eden yangının daire içersinde aynı sıcaklıkta yarattığı hacim oranı , orta mevkide çıkan yangına göre daha az olmaktadır. 1 MW’ lık orta mevkii yangın büyüklüğünde alt fan açıklıklarından içeriye doğru akış görülmezken, perde temaslı yangında bu durum görülür.

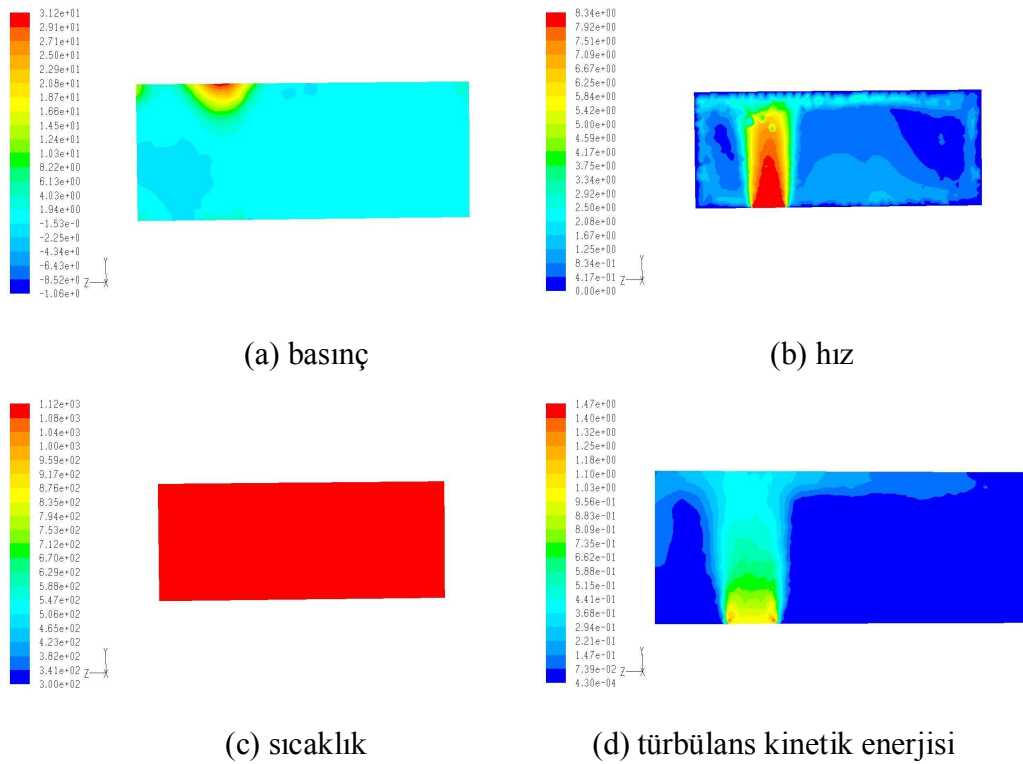
Şekil 6.169’ da görülen hız vektörlerinin gösterdiği şekilde, orta mevkii yangının aksine perde temaslı yangında yükselen sıcak gazlar perdeyi ve güverteyi izler. Mayın avlama gemisi makine dairesinin havalandırma açıklıklarının konumları dolayısıyla perde yangını sonucu oluşan sıcak gazlar güverteyi takip ederek fan manikasının kıç tarafa bakan açıklıklarından tahliye olmaktadır.

Orta mevkii yangınında olmayan ancak perde temaslı yangında mevcut kaportalardan ve alt fan açıklıklarından soğuk hava girişi bu duruma işaret eder.

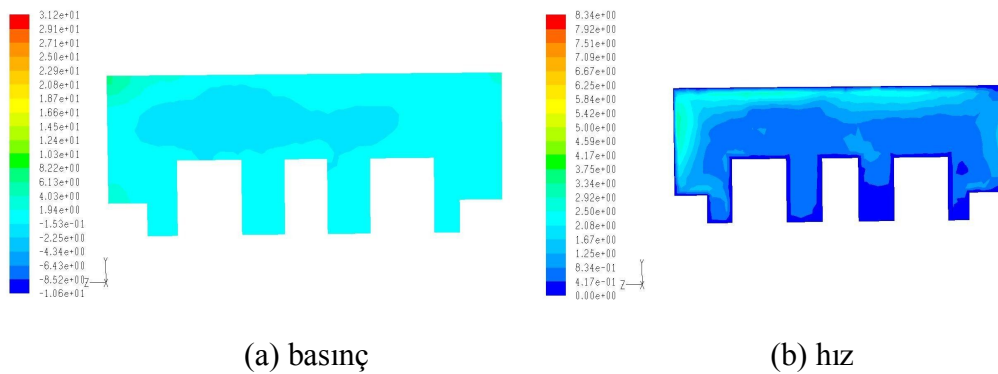
Aynı büyüklükteki orta mevkii yangınında yanma sonu gazları gemi içine kaportalar kapatılmadığı takdirde dağılacakken perde temaslı yangın sonucu bu gazlardan çok az miktarı baş kaporta vasıtasıyla gemi içine dağılacaktır.

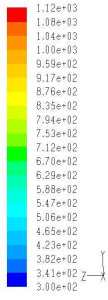
6.4.6 Mayın avlama gemisi makine dairesi senaryo F sonuçları

Mayın avlama sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinde senaryo F' ye uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.

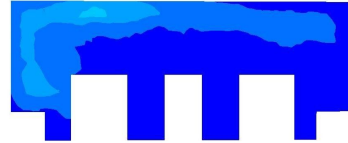
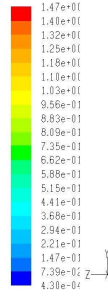


Şekil 6.174 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo F için $x=0.15$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



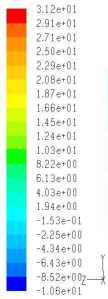


(c) sıcaklık

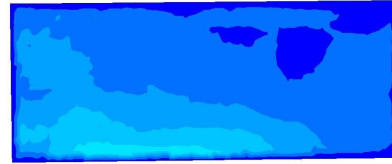
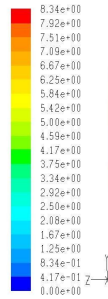


(d) türbülans kinetik enerjisi

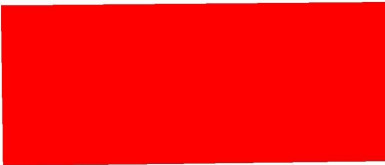
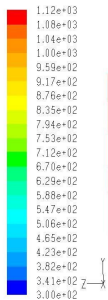
Şekil 6.175 : Mayın avlama gemisi makine daireisi Senaryo F için $x= 3.2 \text{ m}$ ' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



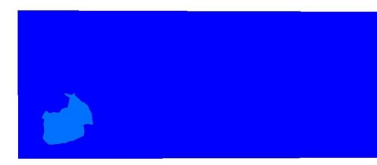
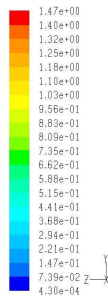
(a) basınç



(b) hız

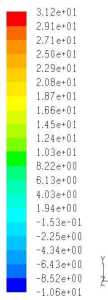


(c) sıcaklık

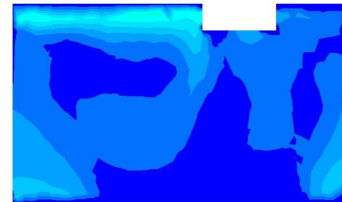
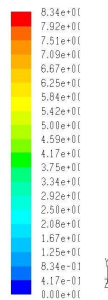


(d) türbülans kinetik enerjisi

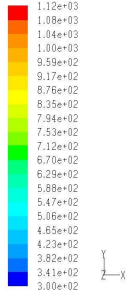
Şekil 6.176 : Mayın avlama gemisi makine daireisi Senaryo F için $x= 6 \text{ m}$ ' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



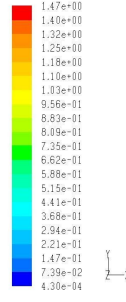
(a) basınç



(b) hız

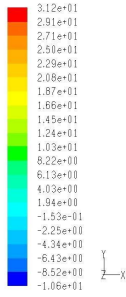


(c) sıcaklık

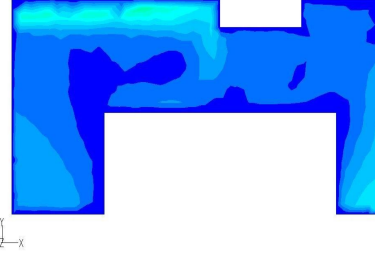
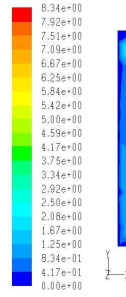


(d) türbülans kinetik enerjisi

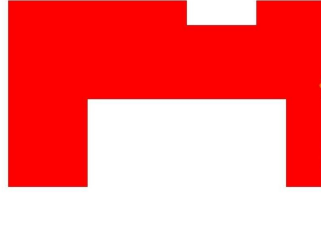
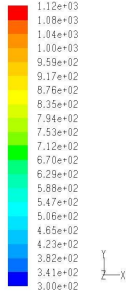
Şekil 6.177 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo F için $z=3.4$ m'deki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



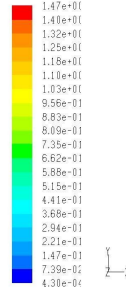
(a) basınç



(b) hız

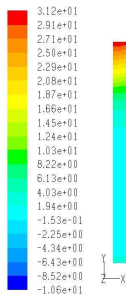


(c) sıcaklık

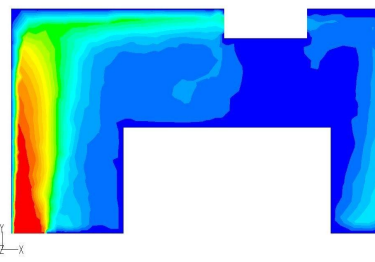
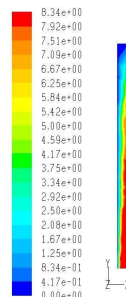


(d) türbülans kinetik enerjisi

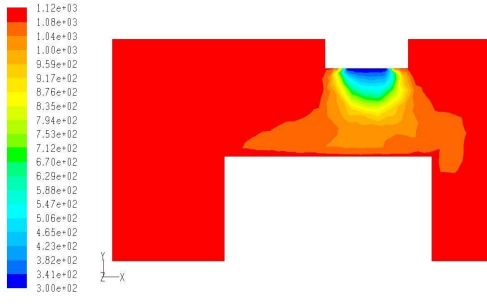
Şekil 6.178 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo F için $z= 4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



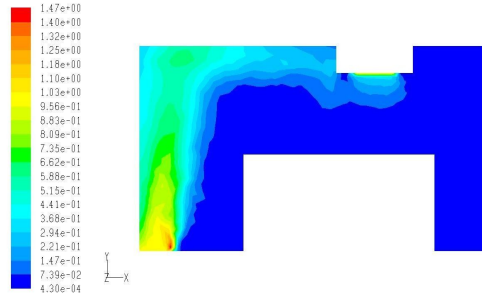
(a) basınç



(b) hız

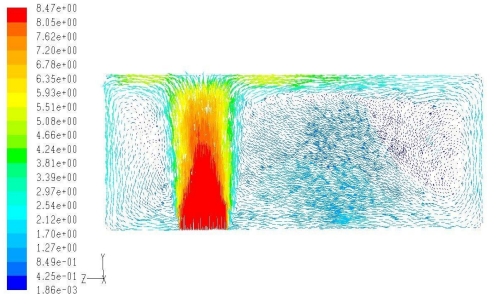


(c) sıcaklık

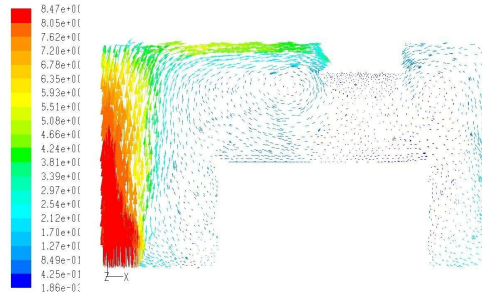


(d) türbülans kinetik enerjisi

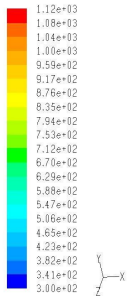
Şekil 6.179 : Mayın avlama gemisi makine daireesi Senaryo F için $z= 6.85 \text{ m}$ ' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



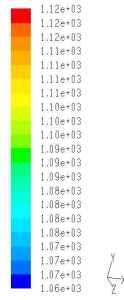
(a) $x= 0.15 \text{ m}$ Y-Z düzlemi hız vektörleri



Şekil 6.180 : Mayın avlama gemisi makine daireesi Senaryo F için $x= 0.15 \text{ m}$, $z= 6.85 \text{ m}$ ' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.

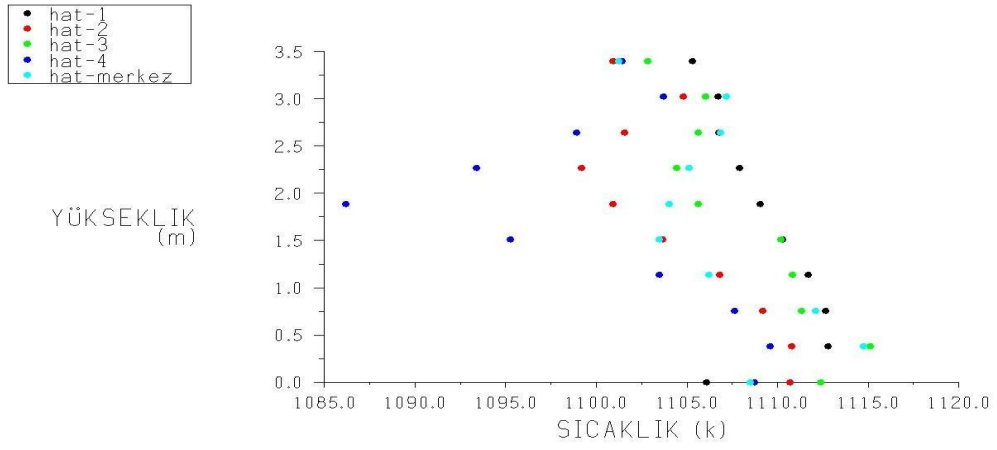


(a) sıcaklık

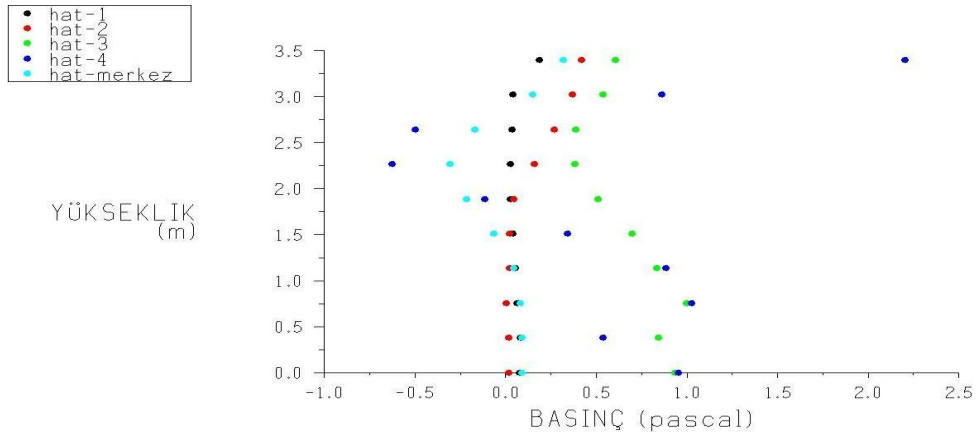


(b) ışıınım sıcaklıkları

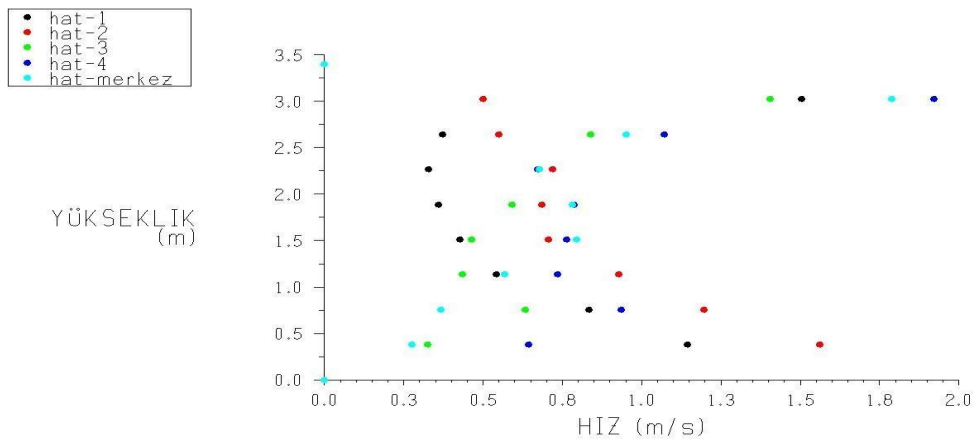
Şekil 6.181 : Mayın avlama gemisi makine daireesi Senaryo F için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.182 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.



Şekil 6.183 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki basınç dağılımları.



Şekil 6.184 : Mayın avlama gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki hız dağılımları.

Senaryo F gereği mayın avlama sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinin kış perdesine temas eder şekilde 3 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın modellenmiştir. Yangın mevkii iskele ana makine yakıt servis devreleri civarında seçilmiştir. Yangın sonuçlarını değerlendirmek üzere toplam beş adet değer hattında sıcaklık, basınç ve hız değerleri bulunmuştur.

Şekil 6.182’ de 3 MW’ lık yangın sonucu, daire içerisinde değer hatlarında oluşan sıcaklık dağılımı görülmektedir.

Senaryo F gereği oluşturulan yangın sonucu yangın alanına en yakın hat olan ve kış kaporta önünde yer alan 1 numaralı hattın sıcaklık değerleri ilk iki duruma nazaran sabit bir profil çizmektedir. Çünkü ilk iki yangın büyüklüğüne kıyasla bu yangın büyüklüğünde kaportadan sadece sıcak gaz tahliyesi gerçekleşmektedir. Bu durum Şekil 6.177 ve Şekil 6.178’ de ki sıcaklık dağılımlarından görülmektedir.

Yangına en uzak hat olarak kalan ve baş kaporta önünde yer alan 2 numaralı hatta ise ilk iki yangın modeline benzer durum ancak bu kez çok az sıcaklık farklılıkları ile gözlenmektedir. Daire içine doğru olan çok cüzi soğuk hava akışı Şekil 6.178 ve Şekil 6.181’ de görülebilmektedir.

Şekil 6.175, Şekil 6.177 ve Şekil 6.179’ dan görüleceği üzere sancak ve iskele alt fan açıklıklarından daire içine doğru iki yönlü akış gerçekleşmektedir. Sancak açıklıkta daha büyük bir içeri doğru akış söz konusu iken iskele açıklıktaki içeri yönlü akış kısmen küçük kalmaktadır. Bu durum 4 numaralı hat üzerinde kısmi bir sıcaklık düşümü yaratmaktadır. İskele alt fan açıklığında gerçekleşen iki yönlü akış aynı biçimde ancak daha az fark ile 3 numaralı hat üzerindeki sıcaklık değerlerinin değişimine yol açmaktadır.

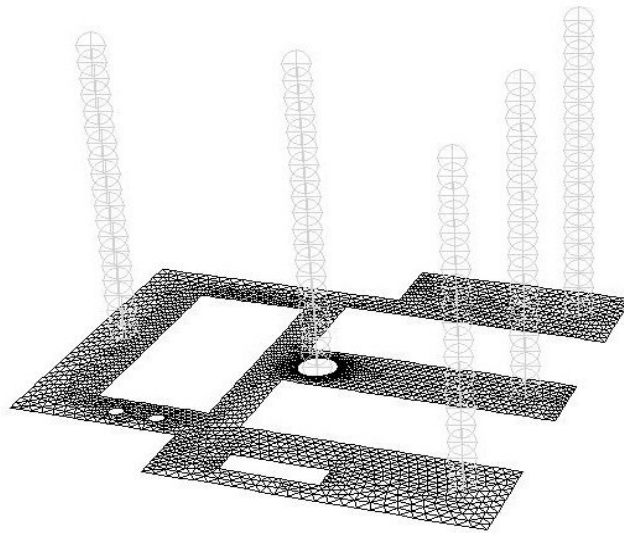
Aynı yangın büyüklüklerinin farklı mevkilerde, daire içerisinde yarattıkları sıcaklık farkları Şekil 6.144, Şekil 6.145, Şekil 6.149 ile Şekil 6.175, Şekil 6.179 ve Şekil 6.181 kıyaslanarak görülebilir. Perdeye temas eden yangının daire içersinde aynı sıcaklıkta yarattığı hacim oranı , orta mevkide çıkan yangına göre daha az olmaktadır. 3 MW’ lık orta mevkii yangın büyüklüğünde alt fan açıklıklarından içeriye doğru akış görülmezken, perde temaslı yangında bu durum görülür.

Şekil 6.180’ de görülen hız vektörlerinin gösterdiği şekilde, orta mevkii yangınının aksine perde temaslı yangında yükselen sıcak gazlar perdeyi ve güverteyi izler. Mayın avlama gemisi makine dairesinin havalandırma açıklıklarının konumları dolayısıyla perde yangını sonucu oluşan sıcak gazlar güverteyi takip ederek fan manikasının kış tarafına bakan açıklıklarından tahliye olmaktadır. Orta mevkii yangınında olmayan ancak perde temaslı yangında mevcut kaportalardan ve alt fan açıklıklarından soğuk hava girişi bu duruma işaret eder.

Her iki yangın büyüklüğünde de kaportalar kapatılmadığı takdirde yanma sonu gazları gemi içine dağılacaktır.

6.5 Fırkateyn Sınıfı Geminin Makine Dairesi Sürekli Yangın Modeli Sonuçları

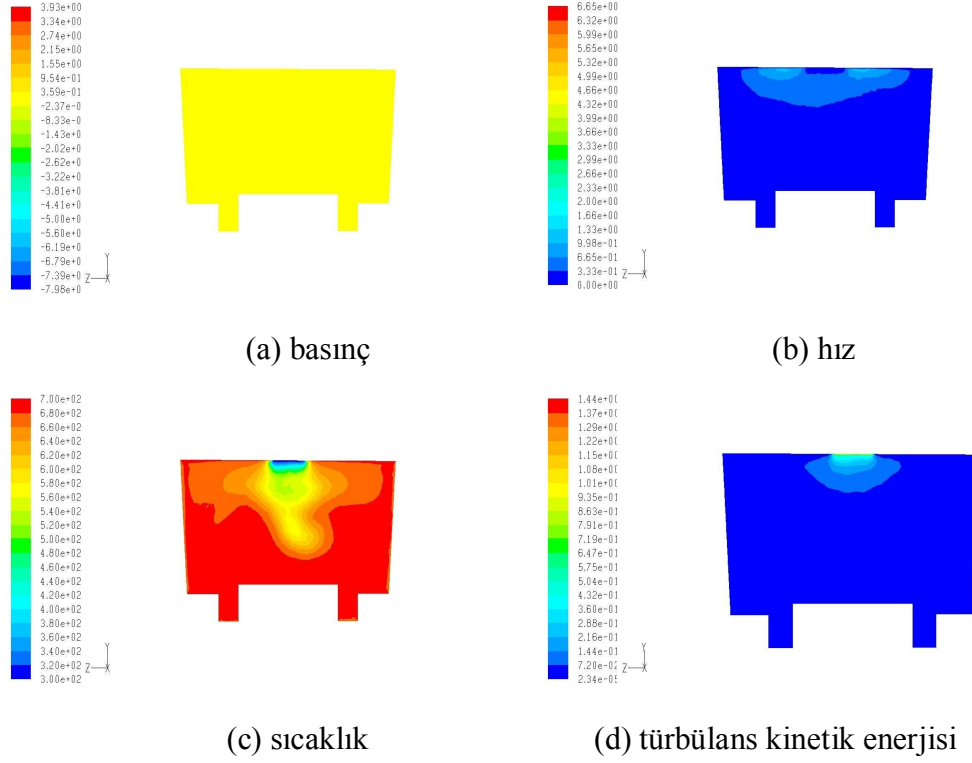
Fırkateyn sınıfı savaş gemisi için sürekli yangın modelinde üç ayrı yangın büyüklüğü, iki farklı yangın yeri için çözüm yapılmıştır. Sürekli durum yangın modelinde 0.5, 1 ve 3 MW yangın büyüklükleri daire ortasında ve baş perdeye temas eder biçimde yakıt ana kontrol valfi hizasında incelenmiştir. Şekil sayısını azaltmak üzere sonuçlar enine ve boyuna olacak şekilde üçer ayrı kesitte basınç, sıcaklık ve hız yönünden değerlendirilmiştir. Ayrıca sıcaklık, basınç ve hız değerleri Şekil 6.185’ te görülen değer noktaları boyunca elde edilerek kıyaslanmıştır.



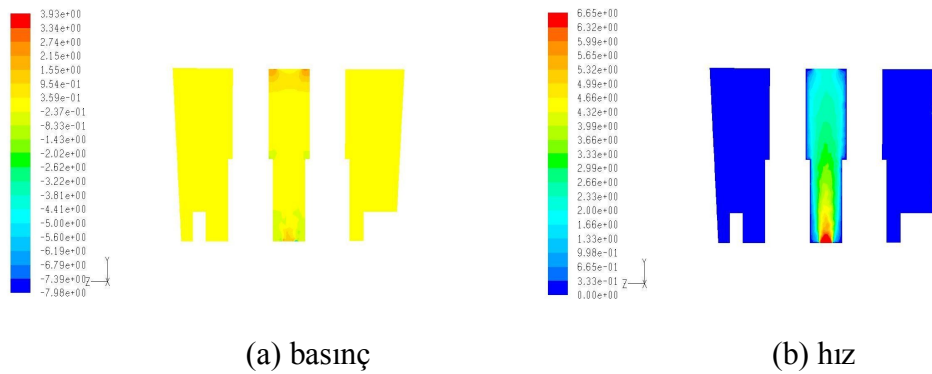
Şekil 6.185 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi yangın senaryoları değer noktaları.

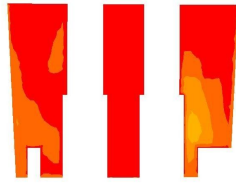
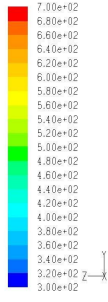
6.5.1 Fırkateyn sınıfı savaş gemisinin makine dairesi senaryo A sonuçları

Fırkateyn sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinde senaryo A' ya uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.

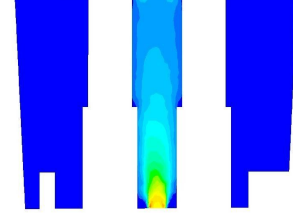
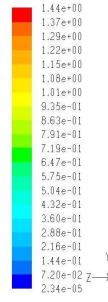


Şekil 6.186 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için $x = -3$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



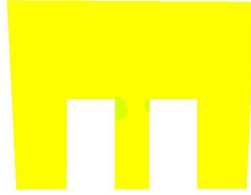
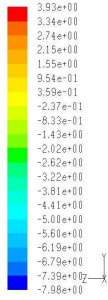


(c) sıcaklık

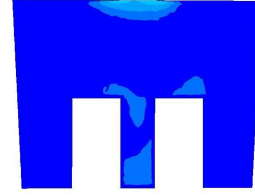
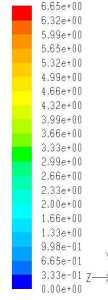


(d) türbülans kinetik enerjisi

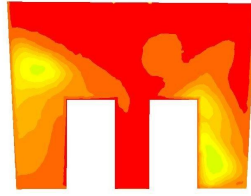
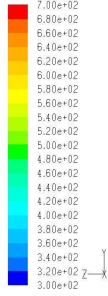
Şekil 6.187 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için $x = 0$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



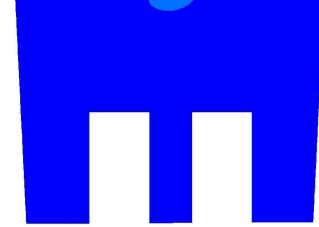
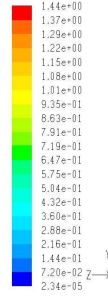
(a) basınç



(b) hız

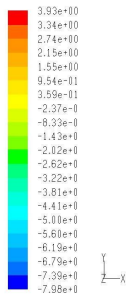


(c) sıcaklık

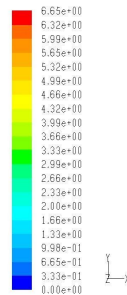


(d) türbülans kinetik enerjisi

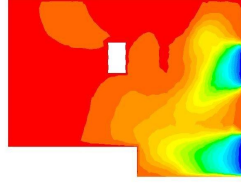
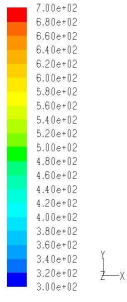
Şekil 6.188 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için $x = 2.8$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



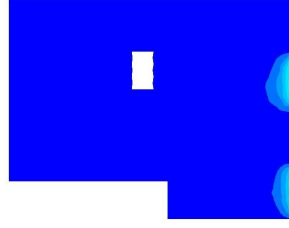
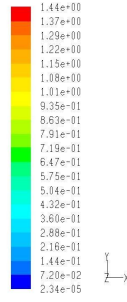
(a) basınç



(b) hız

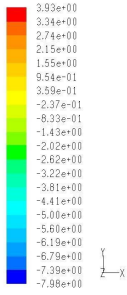


(c) sıcaklık

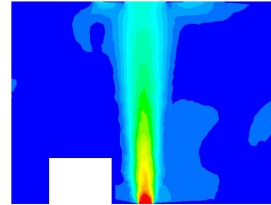
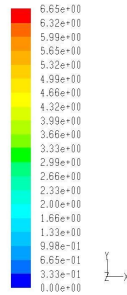


(d) türbülans kinetik enerjisi

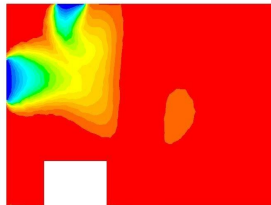
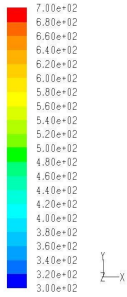
Şekil 6.189 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için $z = -4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



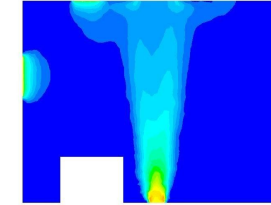
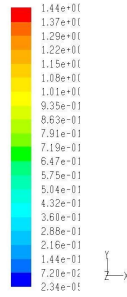
(a) basınç



(b) hız

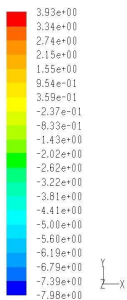


(c) sıcaklık

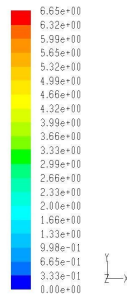


(d) türbülans kinetik enerjisi

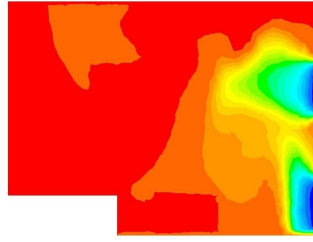
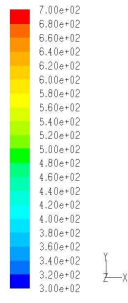
Şekil 6.190 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için $z = 0$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



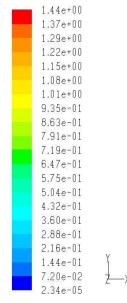
(a) basınç



(b) hız

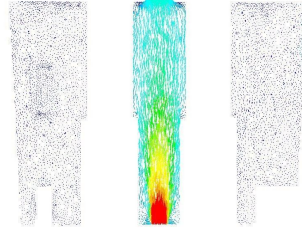
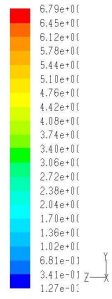


(c) sıcaklık

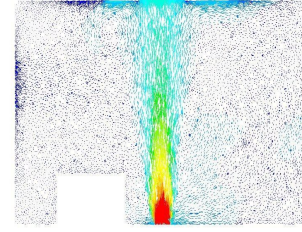
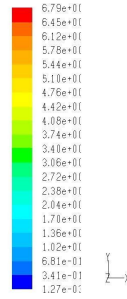


(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.191 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için $z=4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.

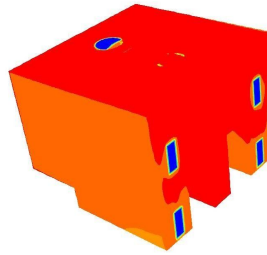
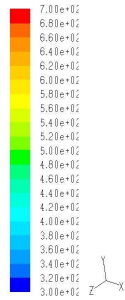


(a) $x=0$ m Y-Z düzlemi hız vektörleri

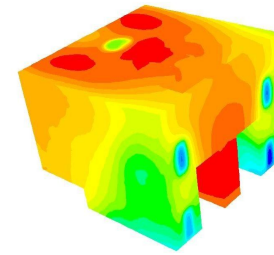
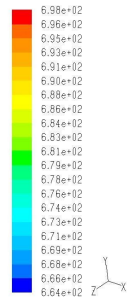


(b) $z=0$ m X-Y düzlemi hız ve vektörleri

Şekil 6.192 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için $x=0$ m, $z=0$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.

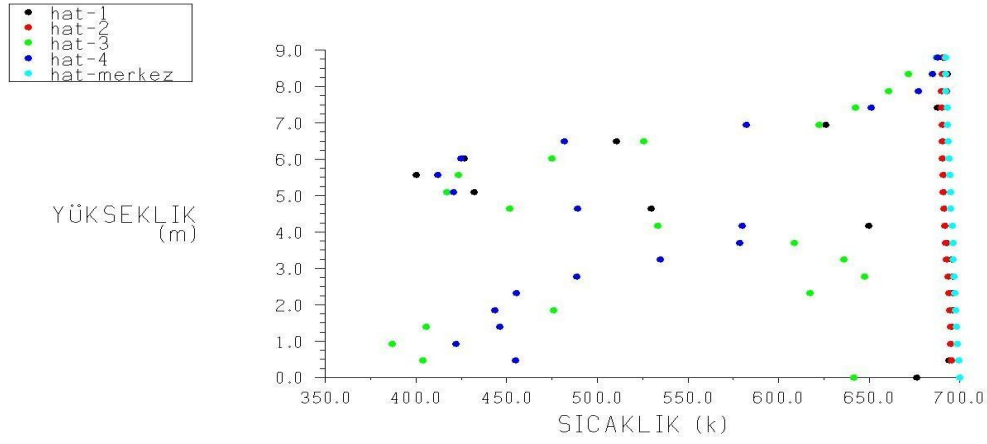


(a) sıcaklık

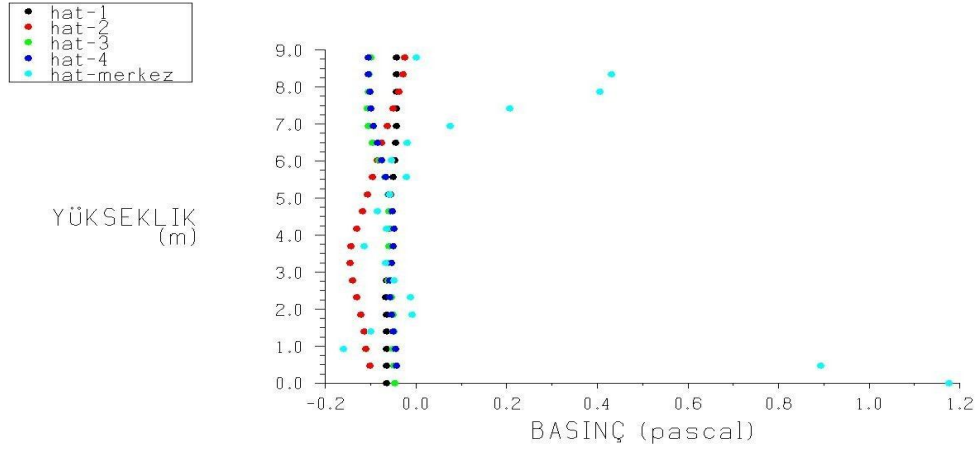


(b) ışınım sıcaklıkları

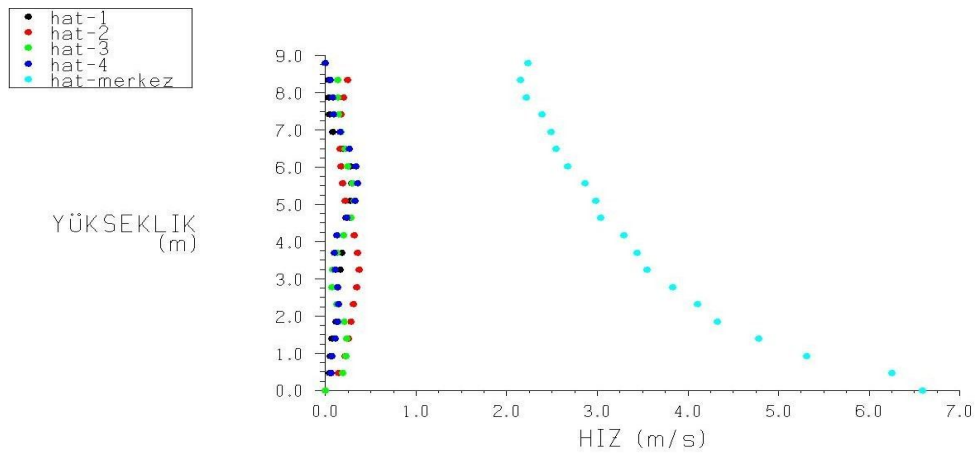
Şekil 6.193 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.194 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.



Şekil 6.195 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki basınç dağılımları.



Şekil 6.196 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo A için değer noktalarındaki hız dağılımları.

Senaryo A gereği fırkateyn sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinin geometrik olarak orta mevkisinde 0.5 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın modellenmiştir. Yangın mevkii 1A gaz türbini kapsülü ile 1B gaz türbini ve dişli kutusu arasında yer almaktadır. Mevkii yakıt devrelerinin geçiş hattı üzerinde olduğundan ve dişli kutusu sampından sızabilecek yağın birikebileceği bir yer olması nedeniyle seçilmiştir. Dairede mevcut fan açıklıkları geometri basitliği sağlamak üzere güverte üzerinde toplu olarak modellenmiştir. Kıç, vasat ve baş tarafta olacak şekilde dairenin muhtelif yerlerinde mevcut fan ağızlarının açıklıkları yoğunluklarına göre orta hatta baş, orta ve kıç yönünde mevkilendirilmiştir. Yangın sonuçlarını değerlendirmek üzere toplam beş adet değer hattında sıcaklık, basınç ve hız değerleri bulunmuştur.

Şekil 6.194' te 0.5 MW' lık yangın sonucu, daire içerisinde değer hatlarında oluşan sıcaklık dağılımı görülmektedir. Yangın merkezinde bulunan değer hattı sıcaklık dağılımının dairenin tüm yüksekliği boyunca eşit olarak dağıldığı görülmektedir.

Her iki gaz türbini kapsülü arasında ve baş perde önünde yer alan 2 numaralı hatta da aynı durum söz konusudur.

Dişli kutusu arkasında ve kıç kaporta hizasında yer alan 1 numaralı hatta 4.5 m yüksekliğe kadar sıcaklığın merkez hat ile aynı değeri aldığı görülmektedir. Bu durum yangının kıç tarafa doğru yayıldığını göstermektedir. Bu yayılımın nedeni Şekil 6.189, Şekil 6.190 ve Şekil 6.191'de görülmektedir. Gaz türbini kapsülleri nedeniyle baş kısma doğru bir hareket oluşturmamayan yangın dairenin kıç tarafına doğru yayılım göstermektedir. Baş tarafta mevcut kaportalardan ve kıç havalandırma açıklığından içeriye doğru devam eden akış yangını kıç tarafa yönlendirmektedir. Kıç havalandırmada iki yönlü akış oluşmaktadır. Aşağı yönlü akış neticesinde sıcak gazlar dairenin kıç kısmında sancak ve iskele tarafında yoğunlaşmaktadır. Şekil 6.193'te görülen ışıyım sıcaklığı dağılımı bu durumu doğrulamaktadır.

Kıç kaporta hizasından itibaren 1 numaralı hatta bariz bir sıcaklık düşmesi mevcuttur. Bu kaportadan daire içine doğru akışın olduğuna işaret eder. Şekil 6.195' te 1 numaralı hattın basınç profili göz önüne alındığında bu durum daha iyi anlaşılır. Hat boyunca sabit bir değer de daire içine vakum etkisi gözlenmektedir.

Şekil 6.190' da mevcut orta hat sıcaklık dağılımını gösteren düzlemde kış kaportadan ve kış havalandırma açıklığından daire içine bir hava akışı olduğu görülmektedir. Dış ortam sıcaklığı olarak kabul edilen 300 K sıcaklık değerindeki bu akış neticesinde 1 numaralı hattın 4.5 m' den sonraki yüksekliklerinde sıcaklık düşmektedir.

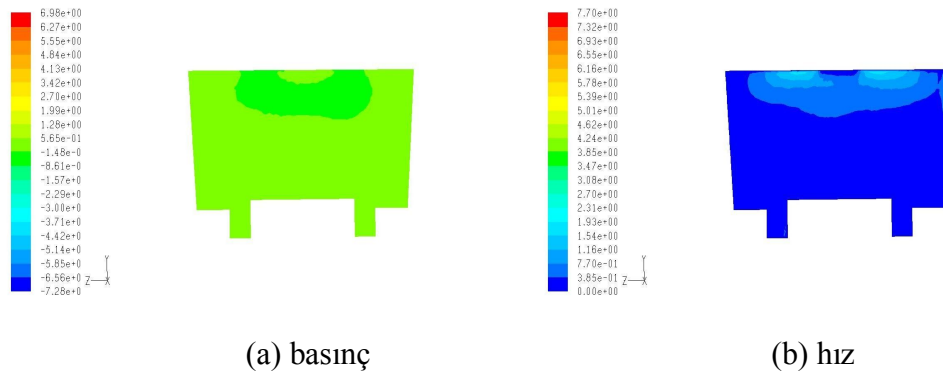
Hat 3 ve hat 4 boyunca aynı durum gözlenmektedir. Kaportalardan daire içine devam eden akış neticesinde sıcaklık eğrileri belli bir profil izlemektedir. Dairenin iskele yönünde bulunan yağlama yağı tanklarının varlığı 3 numaralı hat için tank yüksekliğine kadar simetrisinde bulunan 4 numaralı hatta göre sıcaklıkların daha düşük olmasını sağlamıştır. Tanklar mevkiileri itibariyle 1B gaz türbini kapsülüne ve dişli kutusue yakın olmalarından dolayı sıcak gazların dağılımını sınırlamıştır. Yağlama yağı kuleri ve yerel kontrol paneli gibi sancak tarafta bulunan eşizeler ise aynı durumu belli bir yükseklikten sonra hat 4 için oluşturmuştur.

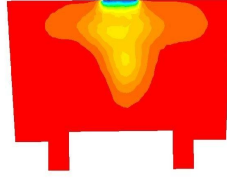
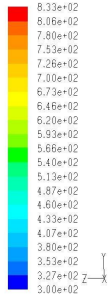
Üst platforma yani 4.5 m yüksekliğe kadar iskele alt kaportadan gelen akışı engelleyecek herhangi bir eşhize yoktur. Ancak sancak alt kaporta hizasında yağlama yağı kuleri bulunmaktadır. Üst platformda ise iskele üst kaporta hizasında soğuk havanın girişini kimen engelleyen yıkama ünitesi mevcutken sancak üst kaportanın önünde herhangi bir engel mevcut değildir. Şekil 6.189 ile Şekil 6.191 karşılaştırıldığında sıcaklık farkı net olarak görülebilir.

Şekil 6.195' te hatlardaki basınç dağılımları görülmektedir. Her iki gaz türbini arasında kalan yangın üzerinde oluşan baca etkisi açıkça görülmektedir. Bu etki nedeniyle alt yüksekliklerde oluşan emme durumu kapsüllerin 4.4 m' de son bulmasıyla ani bir basınç artışına dönmüştür.

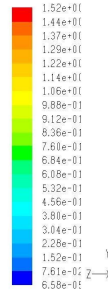
6.5.2 Fırkateyn sınıfı savaş gemisinin makine dairesi senaryo B sonuçları

Fırkateyn sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinde senaryo B' ye uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.



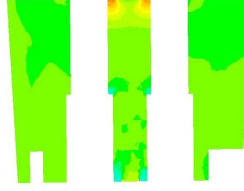
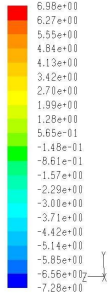


(c) sıcaklık

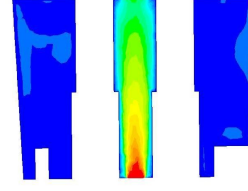
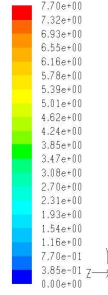


(d) türbülans kinetik enerjisi

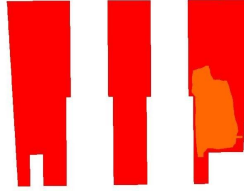
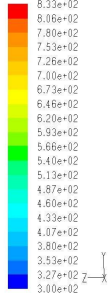
Şekil 6.197 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için $x = -3$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



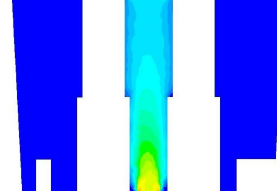
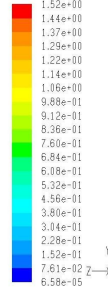
(a) basınç



(b) hız

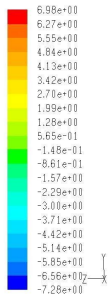


(c) sıcaklık

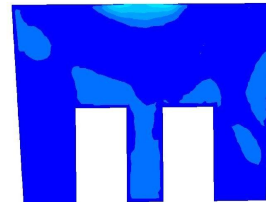
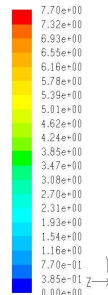


(d) türbülans kinetik enerjisi

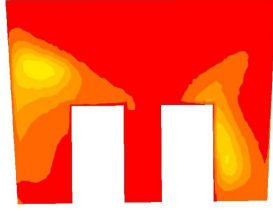
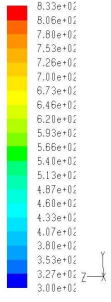
Şekil 6.198 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için $x = 0$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



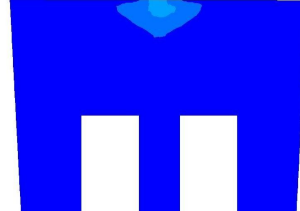
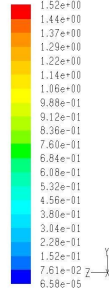
(a) basınç



(b) hız

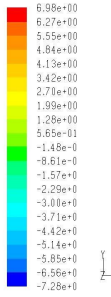


(c) sıcaklık

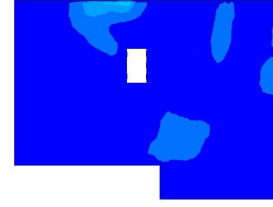
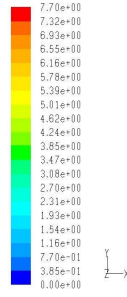


(d) türbülans kinetik enerjisi

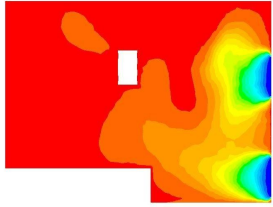
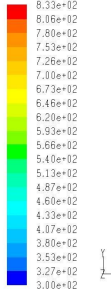
Şekil 6.199 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için $x=2.8$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



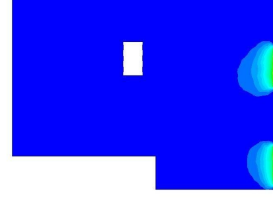
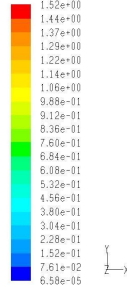
(a) basınç



(b) hız

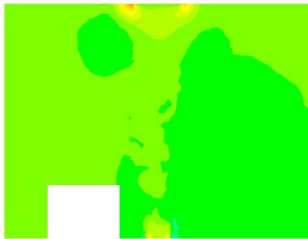
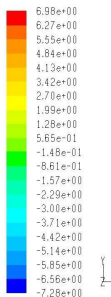


(c) sıcaklık

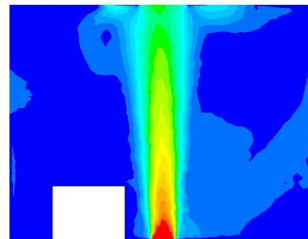
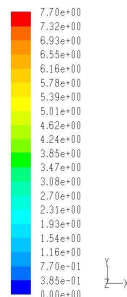


(d) türbülans kinetik enerjisi

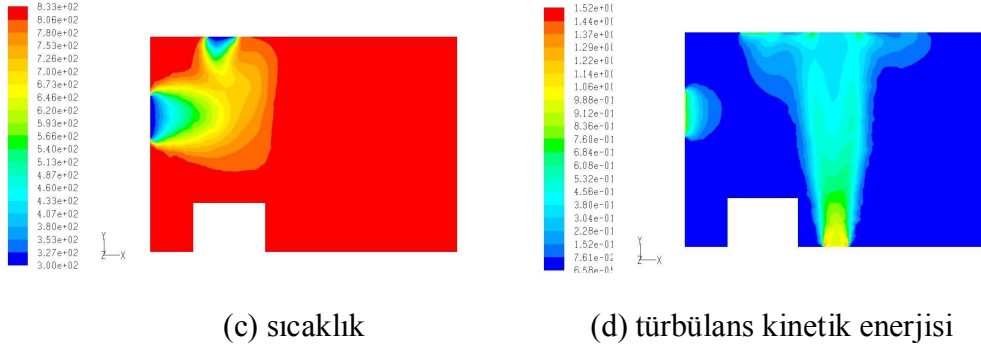
Şekil 6.200 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için $z=-4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



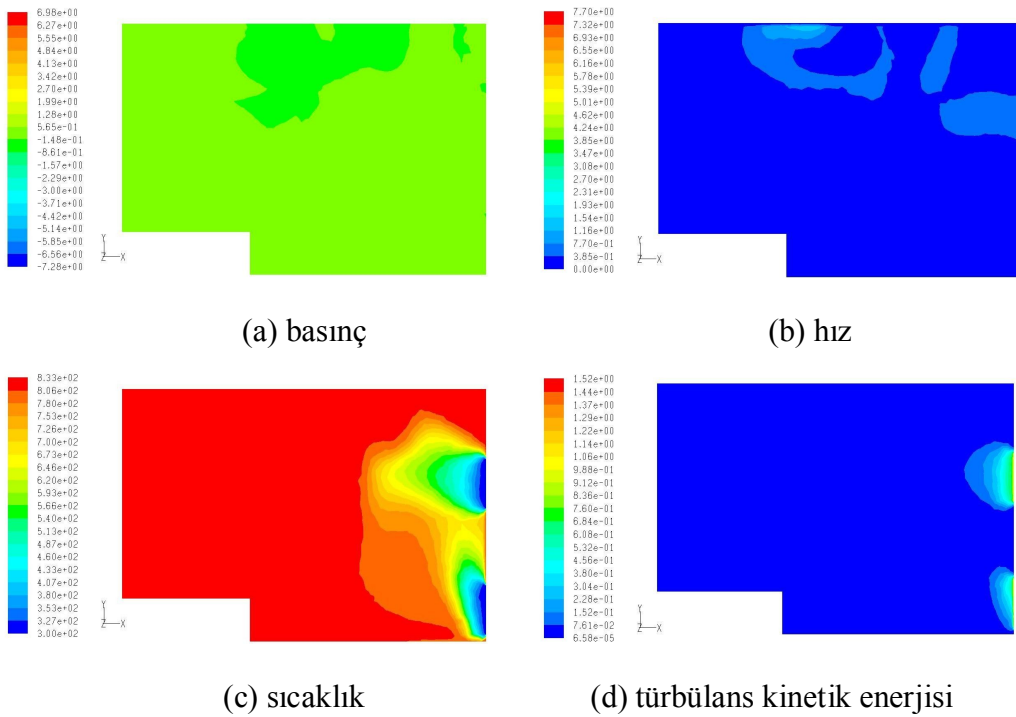
(a) basınç



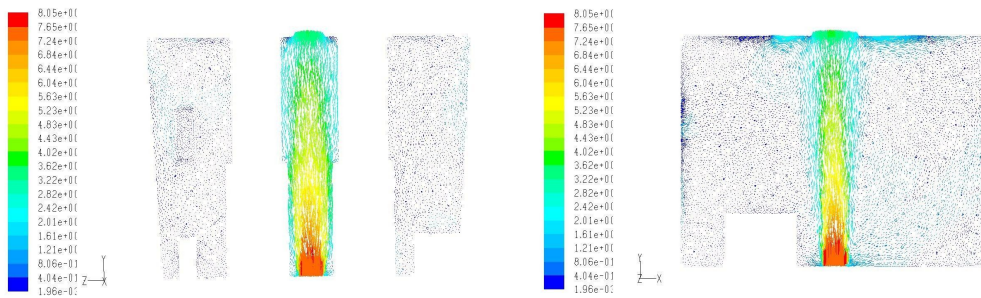
(b) hız



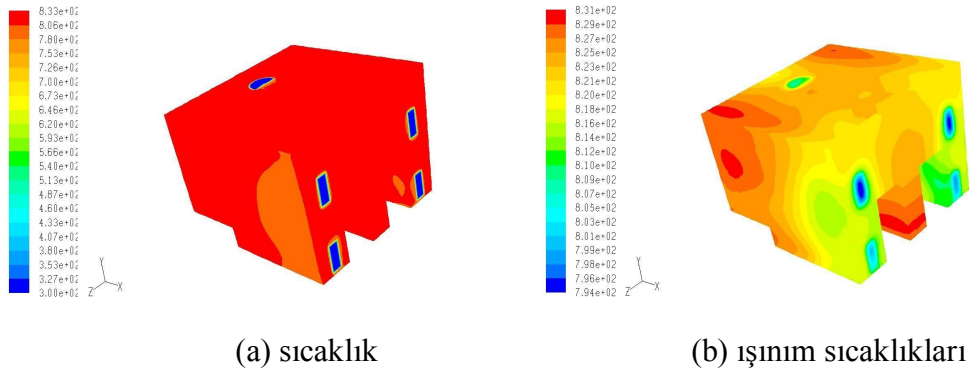
Şekil 6.201 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için $z=0$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



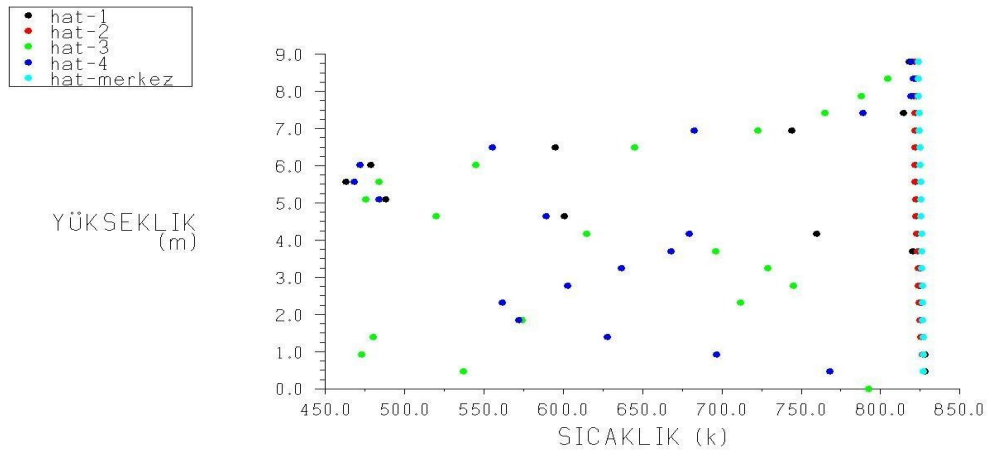
Şekil 6.202 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için $z=4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



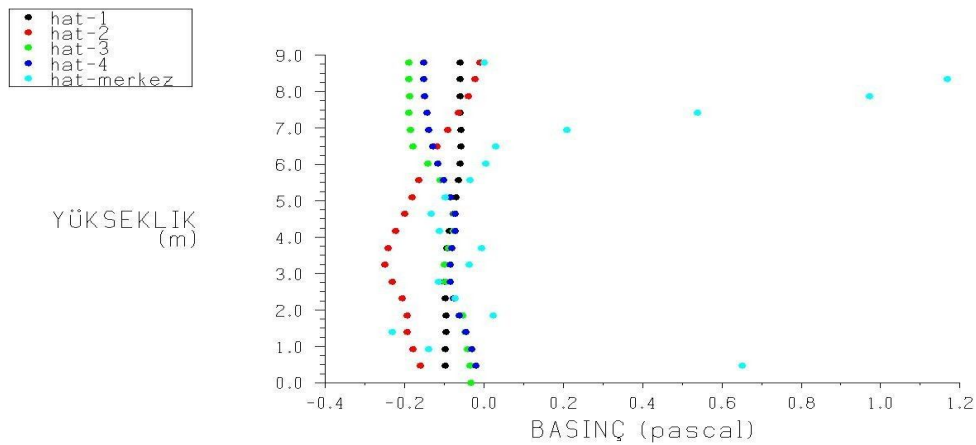
Şekil 6.203 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için $x=0$ m, $z=0$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.



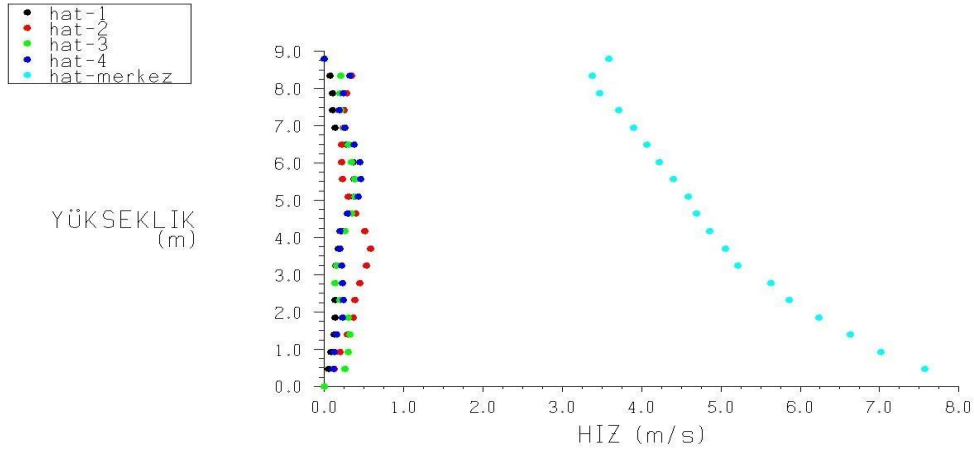
Şekil 6.204 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.205 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.



Şekil 6.206 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki basınç dağılımları.



Şekil 6.207 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo B için değer noktalarındaki hız dağılımları.

Senaryo B gereği fırkateyn sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinin geometrik olarak orta mevkisinde 1 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın modellenmiştir. Yangın mevkii 1A gaz türbini kapsülü ile 1B gaz türbini ve dişli kutusu arasında yer almaktadır. Yangın sonuçlarını değerlendirmek üzere toplam beş adet değer hattında sıcaklık, basınç ve hız değerleri bulunmuştur.

Şekil 6.205’ te 1 MW’ lık yangın sonucu, daire içerisinde değer hatlarında oluşan sıcaklık dağılımı görülmektedir. Yangın merkezinde bulunan değer hattı sıcaklık dağılımının 0.5 MW’ lık yangınla aynı şekilde dairenin tüm yüksekliği boyunca eşit olarak dağıldığı görülmektedir.

Her iki gaz türbini kapsülü arasında ve baş perde önünde yer alan 2 numaralı hatta da yangın alanı ile arasında herhangi bir engel bulunmamasından dolayı aynı durum söz konusudur.

Yangın büyüklüğü iki katına çıkmasına rağmen 0.5 MW’ lık yangın büyüklüğünde oluşan şekilde 1 numaralı hatta 4.5 m yüksekliğe kadar sıcaklığın merkez hat ile aynı değeri aldığı görülmektedir. Şekil 6.200, Şekil 6.201 ve Şekil 6.202’de görüldüğü üzere baş tarafta mevcut kaportalardan ve kış havalandırma açıklığının bir bölümünden içeriye doğru devam eden soğuk hava akışı sıcak gazları kış tarafa ve aşağıya doğru yönlendirmektedir. Bu açıklıklarda oluşan içeri yönlü akış neticesinde sıcak gazlar dairenin kış kısmında sancak ve iskele tarafında yoğunlaşmaktadır.

Şekil 6.204'ta görülen ısıtım sıcaklığı dağılımı bu durumu doğrulamaktadır. Tekne yüzeylerindeki sıcaklık dağılımı farkına bakıldığında ise yangın büyüklüğü ile orantılı olarak sıcak gazların çok daha fazla yer kapladığı Şekil 6.193 ve Şekil 6.204' dan görülebilir.

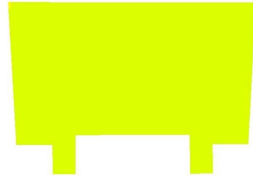
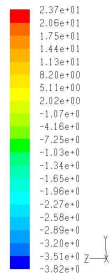
Kıç kaporta hizasından itibaren 1 numaralı hatta sıcaklık düşmesi mevcuttur. Şekil 6.206' da 1 numaralı hattın basınç profili görülmektedir. Basınç değeri daire içine akışı işaret eder şekilde eksi değerdedir. Hat boyunca yaklaşık olarak sabit bir değer de daire içine vakum etkisi gözlenmektedir. Şekil 6.201' de daire içine doğru kıç kaportadan ve kıç havalandırma açıklığının bir kısmından soğuk hava girişi olduğu görülmektedir. 300 K sıcaklık değerindeki bu akış neticesinde 1 numaralı hattın 4.5 m'den sonraki yüksekliklerinde sıcaklık düşmekte, ancak içeri doğru akış etkisinden kurtularak sancak ve iskele kıç tarafta biriken sıcak gazların etkisi ile 6.5 m yükseklik değerinde sonra yeniden yükselmektedir.

Hat 3 ve hat 4 boyunca 0.5 MW' lık yangındaki aynı sıcaklık profili daha büyük sıcaklıklar ile gözlenmektedir. İskele alabanda kıç tarafta mevcut yağlama yağı tankları gaz türbini kapsülüne ve dişli kutusue yakın olmalarından dolayı sıcak gazların dağılımını sınırlamıştır. Şekil 6.200 ile Şekil 6.202' den dairenin orta hattına göre simetrik iki kesitteki sıcaklık farkları görülebilir. Aradaki farkı yaratan dairedeki mevcut cihazların yerleşimlerinin akış üzerinde yarattığı etkidir. Üst platforma kadar iskele alt kaportadan gelen akışı engelleyecek herhangi bir eçhize yoktur. Ancak sancak alt kaporta hizasında yağlama yağı kuleri bulunmaktadır. İskele üst platformda ise soğuk havanın girişini kimen engelleyen yıkama ünitesi mevcutken sancak üst kaportanın önünde herhangi bir engel mevcut değildir.

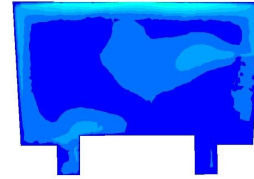
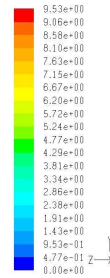
Senaryo B gereği oluşturulan yangının değer hatlarındaki basınç dağılımları Şekil 6.206'da görülmektedir. 0.5 MW' lık yangına oranla hatların basınç değerlerinde artış gözlemlenmekle birlikte elde edilen değerlerin profilleri her iki yangın büyüklüğünde de benzer olmaktadır.

6.5.3 Fırkateyn sınıfı savaş gemisinin makine dairesi senaryo C sonuçları

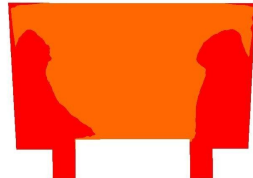
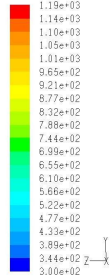
Fırkateyn sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinde senaryo C' ye uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.



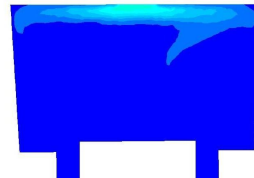
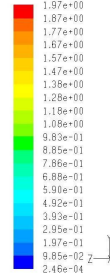
(a) basınç



(b) hız

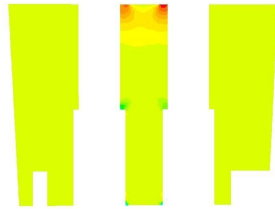
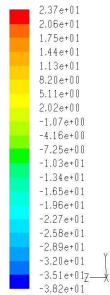


(c) sıcaklık

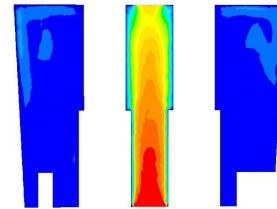
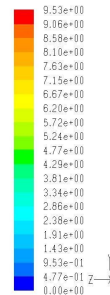


(d) türbülans kinetik enerjisi

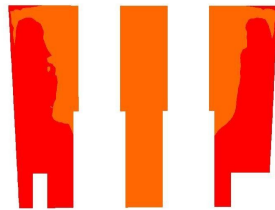
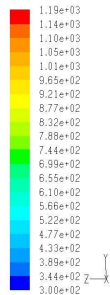
Şekil 6.208 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için $x = -3$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



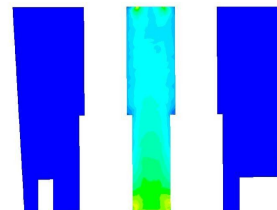
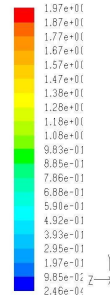
(a) basınç



(b) hız

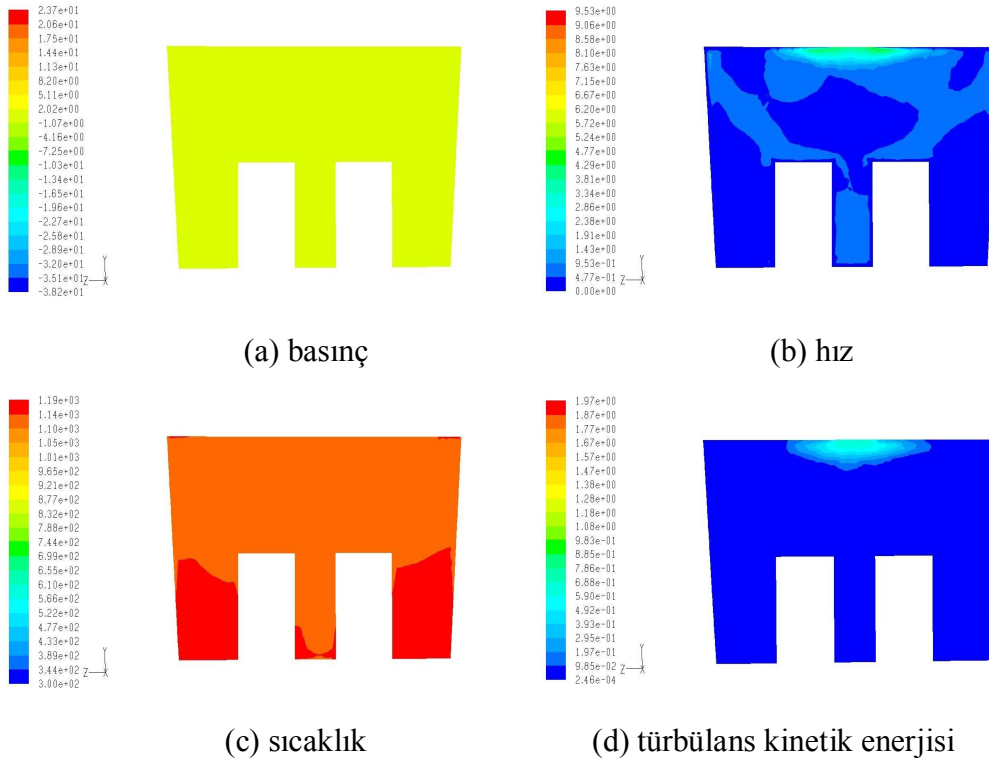


(c) sıcaklık

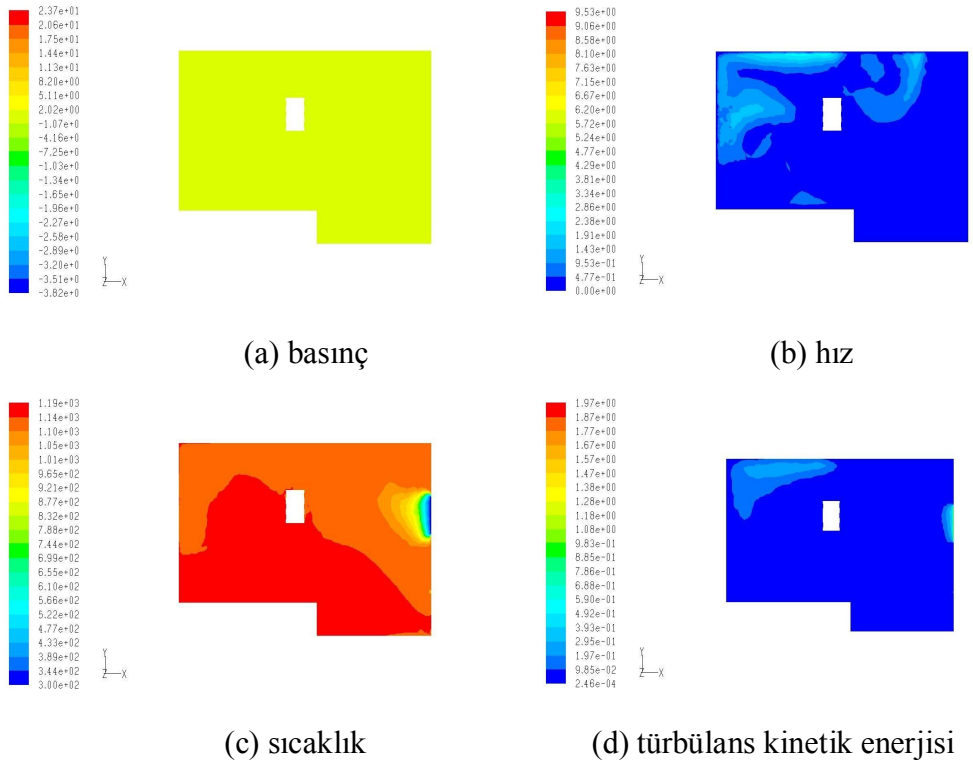


(d) türbülans kinetik enerjisi

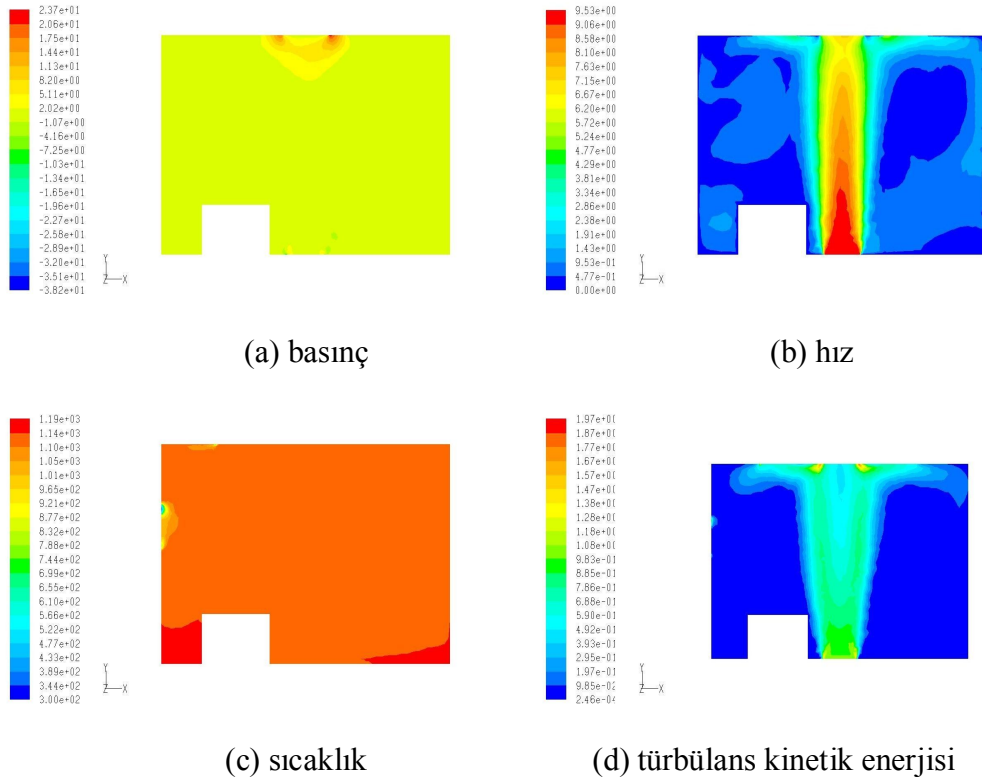
Şekil 6.209 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için $x = 0$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



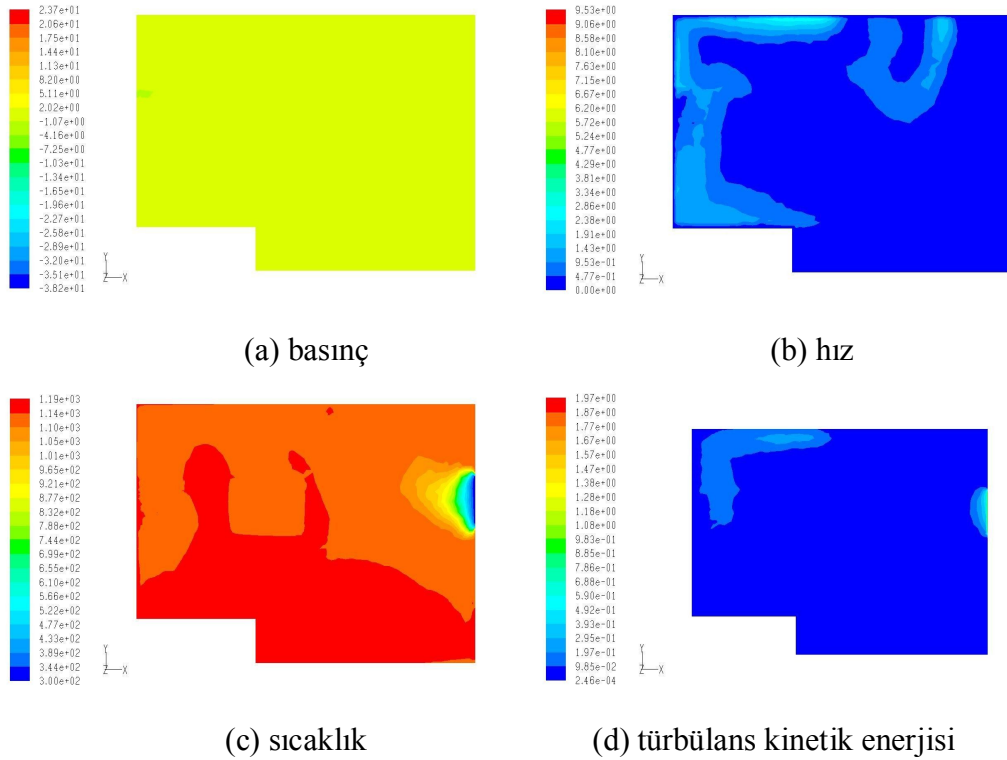
Şekil 6.210 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için $x=2.8$ m’ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



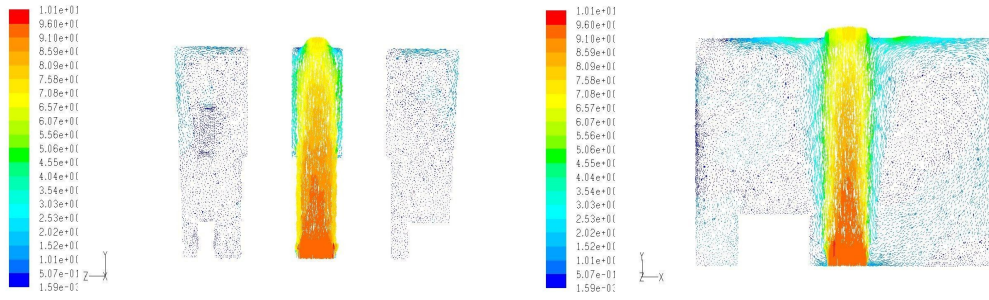
Şekil 6.211 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için $z=-4.6$ m’ de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



Şekil 6.212 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için $z=0$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.

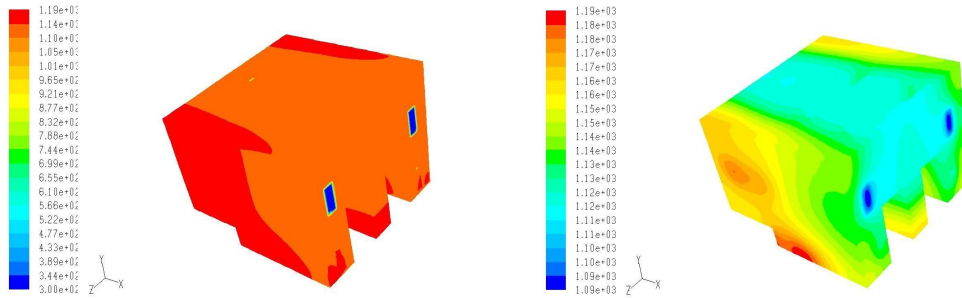


Şekil 6.213 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için $z=4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) $x = 0$ m Y-Z düzlemi hız vektörleri (b) $z = 0$ m X-Y düzlemi hız ve vektörleri

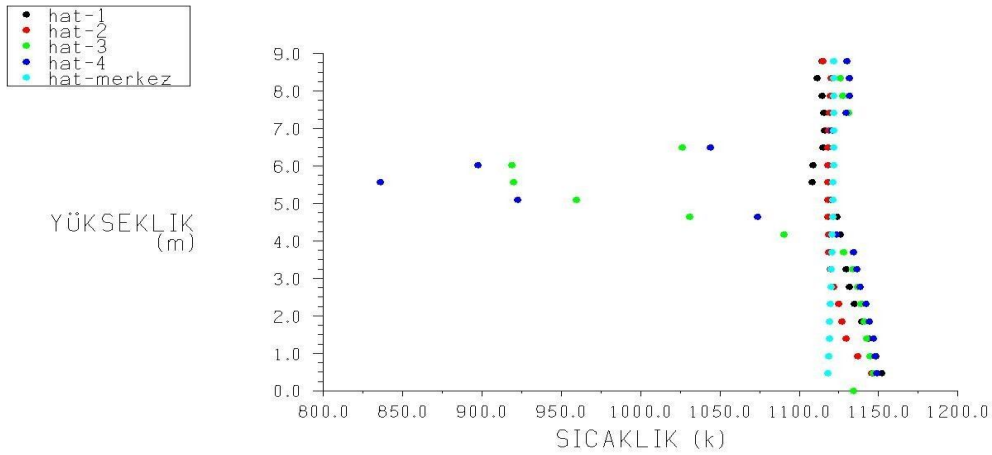
Şekil 6.214 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için $x = 0$ m, $z = 0$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.



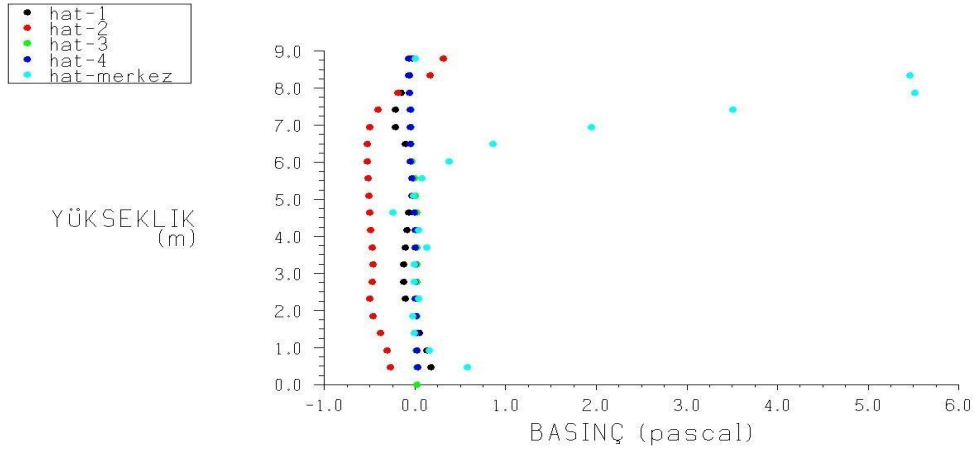
(a) sıcaklık

(b) ışıınım sıcaklıkları

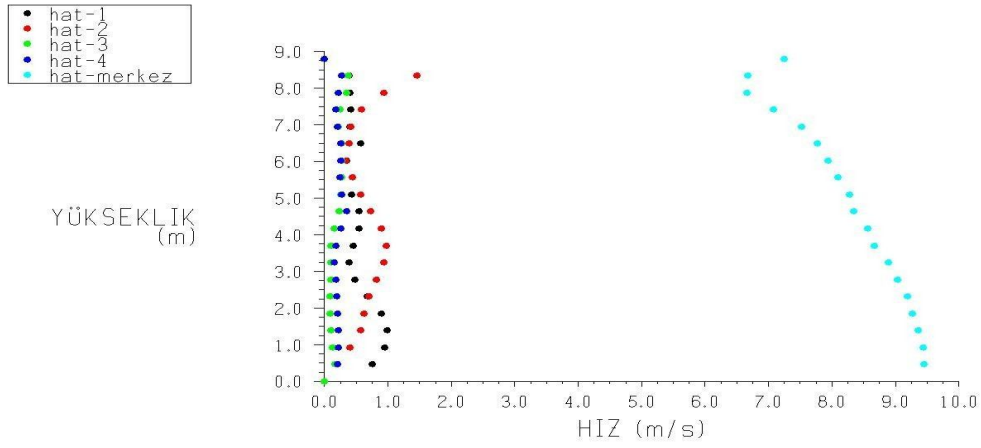
Şekil 6.215 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.216 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.



Şekil 6.217 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki basınç dağılımları.



Şekil 6.218 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo C için değer noktalarındaki hız dağılımları.

Senaryo C gereği fırkateyn sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinin geometrik olarak orta mevkisinde 3 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın modellenmiştir. Yangın mevkii ilk iki yangın modelinde olduğu üzere 1A gaz türbini kapsülü ile 1B gaz türbini ve dişli kutusu arasında yer almaktadır. Yangın sonuçlarını değerlendirmek üzere toplam beş adet değer hattında sıcaklık, basınç ve hız değerleri bulunmuştur.

Modellenen 3 MW'lık yangın sonucu, daire içerisinde değer hatları üzerinde oluşan sıcaklık dağılımı Şekil 6.216' da görülmektedir. Yangın merkezinde bulunan 5 numaralı değer hattı sıcaklık dağılımının 0.5 MW'lık ve 1 MW'lık yangınla aynı profile sahip şekilde dairenin tüm yüksekliği boyunca eşit olarak dağıldığı görülmektedir.

İlk iki yangın büyüklüğünden farklı olarak 3 MW' lık yangın büyüklüğünde en fazla dikkat çeken nokta ise tüm hatların belirli yüksekliklerde yangın yüzeyi sıcaklığı olarak verilen 1118 K' i aşmalarıdır. Dairenin hemen hemen tüm kesitlerinde daire içi sıcaklıkların büyük oranda 1190 K olduğu gözlenmiştir. Şekil 6.215' ten görülebileceği üzere ilk iki yangın modelinin aksine 3 MW' lık yangın büyüklüğünde daire açıklıkları dairede biriken sıcak gazları tahliye etmede yetersiz kalmaktadır. İlk iki durumda baş ve kış kaportalar ile kış havalandırma açıklığından daire içerisine doğru olan soğuk hava akışı 3 MW' lık yangında görülmemektedir. Sadece baş üst kaportalardan çok kısıtlı biçimde içeri doğru akış vardır. Diğer tüm açıklıklardan sıcak gazlar tahliye olmaktadır. Daire yüzeylerinde oluşan ışıyım sıcaklıklarının ilk iki modelden büyük olan farkı Şekil 6.215' te görülmektedir.

İlk iki modelde 1 numaralı hatta görülen kış kaporta hizasındaki sıcaklık düşmesi bu modelde görülememektedir. Şekil 6.212' de gösterildiği biçimde ilk iki yangın büyüklüğünde fan açıklıklarından ve kış kaportadan 1 numaralı hatta sıcaklık düşümü yaratan içeri doğru akış, bu yangın büyüklüğünde mevcut değildir. Yangın büyüklüğü nedeniyle orta hatta sıralanan açıklıkların hepsinde daire dışına doğru sıcak gaz tahliyesi gerçekleşmektedir. Şekil 6.211 ve Şekil 6.213 ile gösterilen düzlemlerden ise baş üst kaportalardan içeri doğru kısmi akış görülebilir.

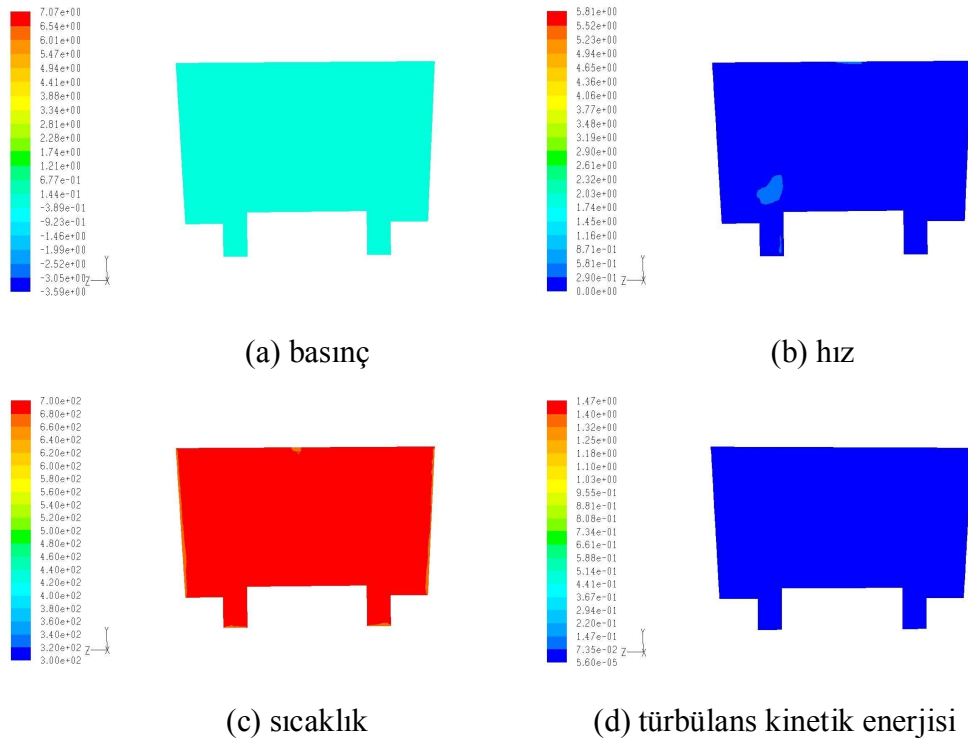
3 MW' lık yangın büyüklüğü neticesinde dairenin %70 hacminin 1140 K sıcaklığa ulaştığı düzlemlerden görülmektedir. 0.5 MW ve 1MW' lık yangın büyüklüklerinde görülen sıcak gazların dairenin belirli mahallerinde birikmesi durumu bu yangın büyüklüğünde mevcut değildir. Baş üst kaporta önleri hariç yangından yayılan sıcaklık hemen hemen tüm daire içerisinde yüksek değerlere ulaşmıştır.

Senaryo C gereği oluşturulan yangının değer hatlarındaki basınç dağılımları Şekil 6.217' de görülmektedir. 0.5 MW' lık ve 1 MW' lık yangın büyüklüklerine oranla hatların basınç değerlerinde büyük farklılıklar mevcuttur. İlk iki yangın büyüklüğünde merkez hat haricindeki hatlar emme durumunu gösterir şekilde eksi basınç değerlerine sahipken 3 MW' lık yangın büyüklüğünde 2 numaralı hat hariç diğer tüm hatlardaki değerler artı basınç değerlerine ulaşmıştır. 2 numaralı hattın halen eksi değerde bulunmasının nedeni yangın yüzeyi ile arasında herhangi bir engel bulunmaması ve yangına olan diğer hatlara göre görece yakın mesafesidir.

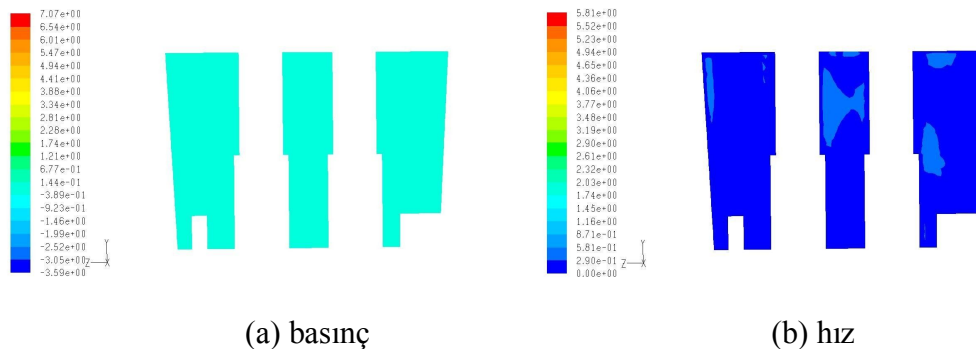
6.5.4 Fırkateyn sınıfı savaş gemisinin makine dairesi senaryo D sonuçları

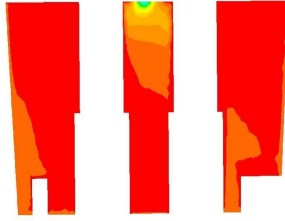
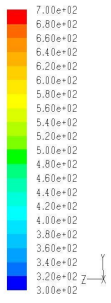
Fırkateyn sınıfı savaş gemisi için sürekli yangın modelinde tasarlanan yangın senaryolarından üç adedi yangın yerinin baş perdeye temas eder biçimde yakıt ana kontrol valfi hizasında olmasına göre düzenlenmiştir. Bu senaryolar gereği sürekli durum yangın modelinde 0.5, 1 ve 3 MW yangın büyüklükleri incelenmiştir. Sonuçlar enine ve boyuna olacak şekilde üçer ayrı kesitte basınç, sıcaklık ve hız yönünden değerlendirilmiştir. Ayrıca sıcaklık, basınç ve hız değerleri Şekil 6.185’ te görülen değer hatları boyunca elde edilerek kıyaslanmıştır

Fırkateyn sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinde senaryo D’ ye uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.

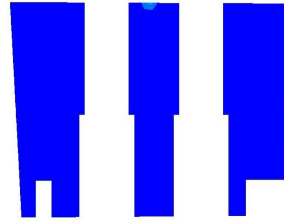
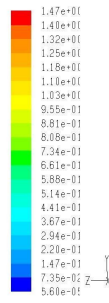


Şekil 6.219 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için $x = -3$ m’ de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



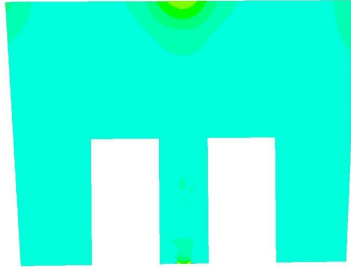
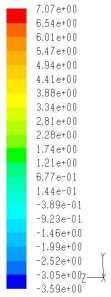


(c) sıcaklık

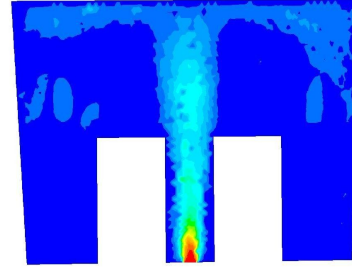
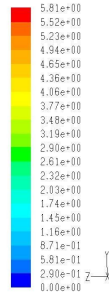


(d) türbülans kinetik enerjisi

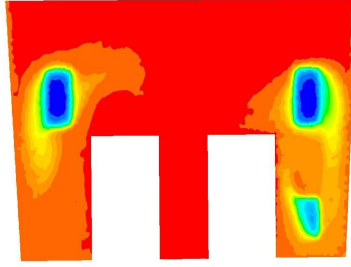
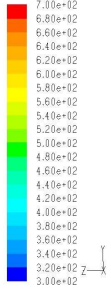
Şekil 6.220 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için $x=0$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



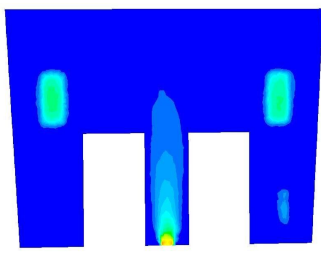
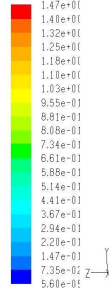
(a) basınç



(b) hız

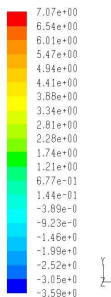


(c) sıcaklık

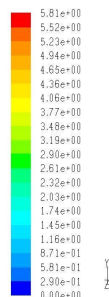


(d) türbülans kinetik enerjisi

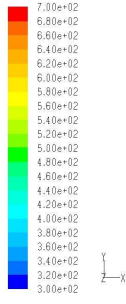
Şekil 6.221 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için $x=6.25$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



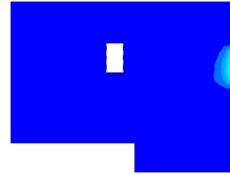
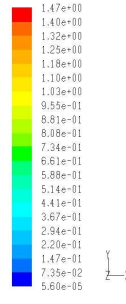
(a) basınç



(b) hız

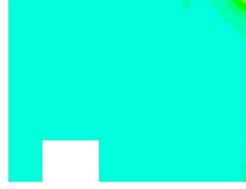
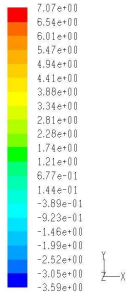


(c) sıcaklık

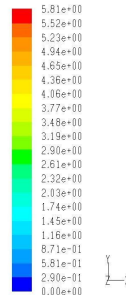


(d) türbülans kinetik enerjisi

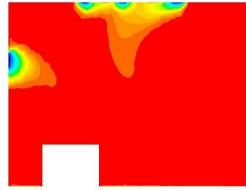
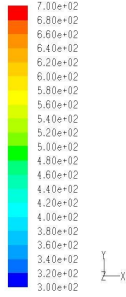
Şekil 6.222 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için $z = -4.6 \text{ m}$ ' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



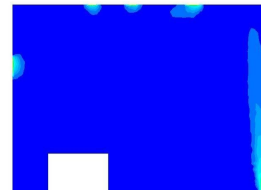
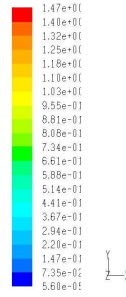
(a) basınç



(b) hız

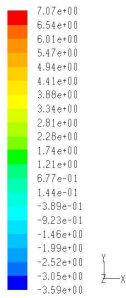


(c) sıcaklık

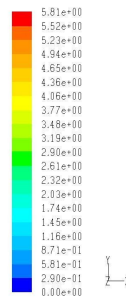


(d) türbülans kinetik enerjisi

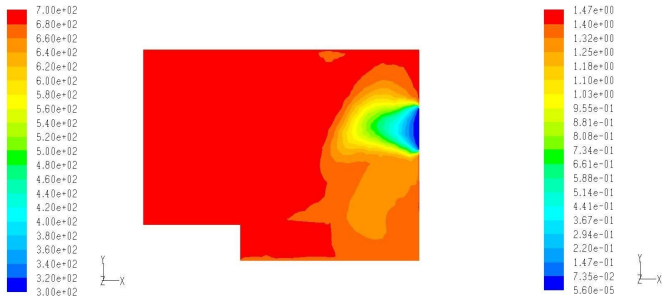
Şekil 6.223 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için $z = 0 \text{ m}$ ' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) basınç



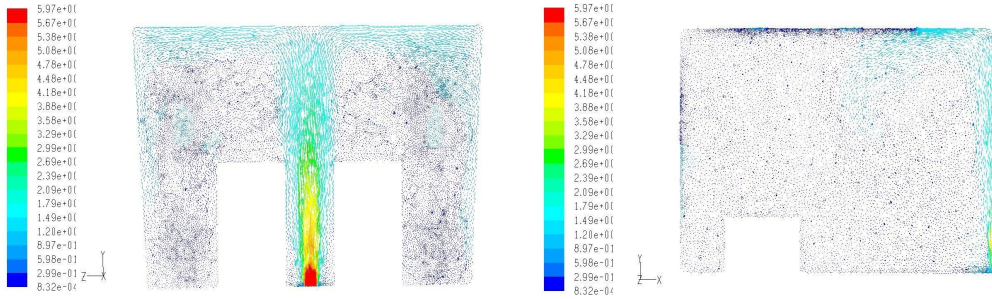
(b) hız



(c) sıcaklık

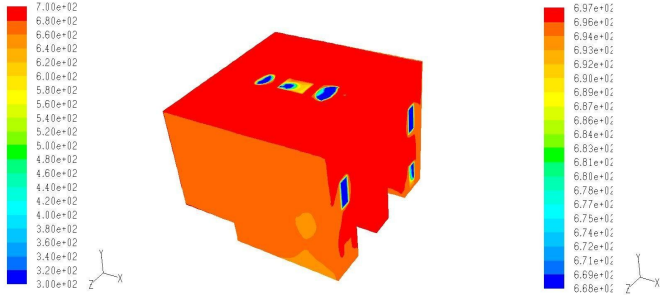
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.224 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için $z=4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) $x=6.25$ m Y-Z düzlemi hız vektörleri (b) $z=0$ m X-Y düzlemi hız ve vektörleri

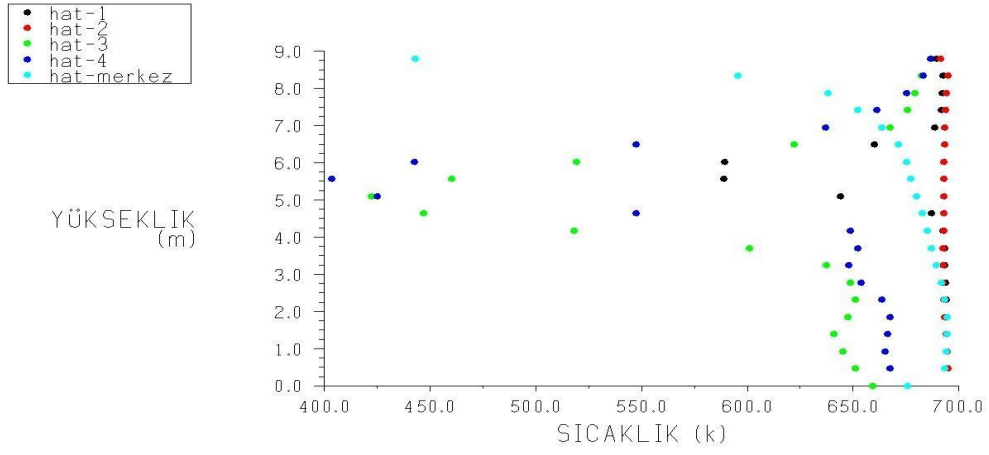
Şekil 6.225 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için $x=6.25$ m, $z=0$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.



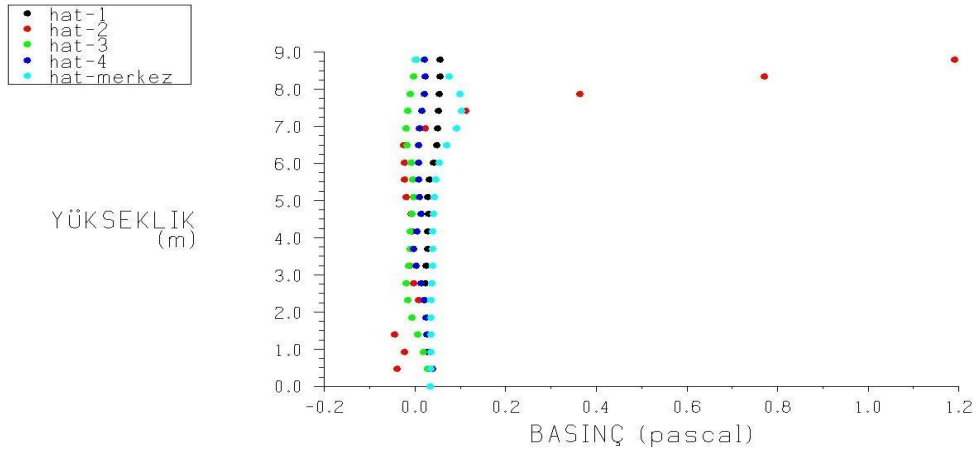
(a) sıcaklık

(b) ısıtım sıcaklıkları

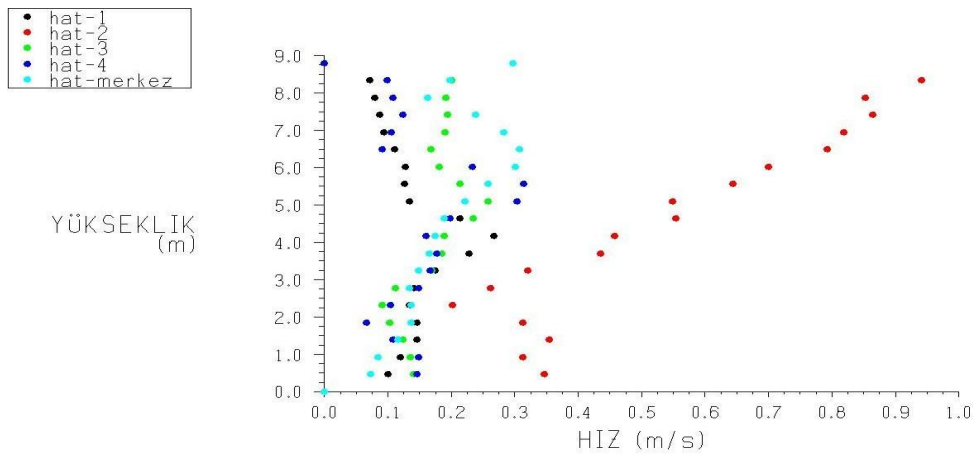
Şekil 6.226 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.227 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.



Şekil 6.228 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki basınç dağılımları.



Şekil 6.229 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo D için değer noktalarındaki hız dağılımları.

Senaryo D gereği fırkateyn sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinin baş perdesine temas eder şekilde 1A gaz türbini kapsülü ile 1B gaz türbini arasında 0.5 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın modellenmiştir. Yangın mevkii gaz türbinlerinin ana yakıt devrelerine kumanda eden yakıt kontrol valfi hizasında seçilmiştir. Yangın sonuçlarını değerlendirmek üzere toplam beş adet değer hattında sıcaklık, basınç ve hız değerleri bulunmuştur.

Şekil 6.227’ de 0.5 MW’ lık yangın sonucu, daire içerisinde değer hatlarında oluşan sıcaklık dağılımı görülmektedir. İlk üç senaryonun değer hatlarının mevkiiileri kıyaslama maksadıyla değiştirilmemiştir. Bu durumda ilk senaryolarda yangın merkezinde bulunan merkez hat yani 5 numaralı hat dairenin geometrik olarak ortasında kalmış, 2 numaralı hat yangın alanı üzerine geçmiştir.

Senaryo D gereği oluşturulan yangın sonucu yangın alanı civarında kalan 2 numaralı hat yüksekliği boyunca sıcaklığın daire içerisinde sabit değerde kaldığı görülmektedir.

Dairenin geometrik olarak ortasında yer alan 5 numaralı hatta sıcaklık, gaz türbinlerinin kapsüllerinin yüksekliği boyunca küçük farklarla azalma göstermekte, bu yükseklikten sonra ise süratle düşmektedir. Alt seviyelerde bu durumun sebebi yangın alanına yakınlığıdır. Ancak Şekil 6.226’ dan görülebileceği üzere kış, orta ve baş fan açıklıklarında iki yönlü akış mevcuttur. Daire içine doğru olan soğuk hava akışı hattın sıcaklık değerlerini düşürmektedir.

Dairenin ortasında gerçekleşen ilk iki yangında olduğu üzere bu yangın senaryosunda da daire açıklıklarından daire içerisine doğru soğuk hava akışı mevcuttur. Şekil 6.222, Şekil 6.223 ve Şekil 6.224’ ten görülebileceği üzere baş, orta ve kış fan açıklıklarından daire içerisine akış görülmektedir. Sancak taraf üst kaportadan tamamen daire içersine soğuk hava akışı görülürken, sancak alt kaportadan sıcak gaz tahliyesi gerçekleşmektedir. İskele üst kaportadan akış içeri doğruyken iskele alt kaportada ki akış iki yönlüdür. Boyuna orta hattaki hız vektörlerini gösteren Şekil 6.225’te sıcak gazların güverteye ulaşmasını müteakip kışa doğru ilerleyerek fan açıklıklarından daireyi terk ettiği görülmektedir. Yangın perde yüzeyine temas ederek yükseldikten sonra güverte altı boyunca daire içersine yayılmaktadır.

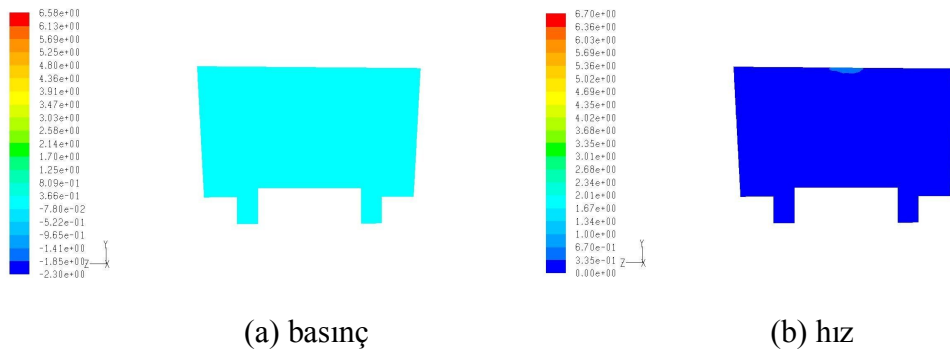
Aynı yangın büyüklüklerinin farklı mevkilerde, daire içersinde yarattıkları sıcaklık farkları Şekil 6.186, Şekil 6.189, Şekil 6.190 ile Şekil 6.221, Şekil 6.222 ve Şekil 6.224 kıyaslanarak görülebilir. 0.5 MW'lık orta mevkii yangın büyüklüğünde baş ve orta fan açıklıklarında içeriye doğru akış görülmezken, perde temaslı yangında bu durum görülür. Perde temaslı yangın açıklık hizasında olmadığından tüm sıcak gazlar tahliye noktalarına varıncaya dek dairede daha fazla süre kalır. İçeri doğru akış nedeni ile sıcak gazlar dairenin alt bölgesini daha çabuk doldurur. Perde temaslı yangında da orta mevkii yangınına göre sancak alt kaportadan soğuk hava girişi olmaması bu duruma işaret eder. Sancak alt kaportadan taze hava girişi olmadığı Şekil 6.224' ten görülebilir.

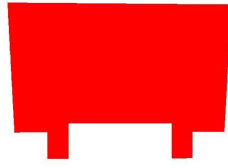
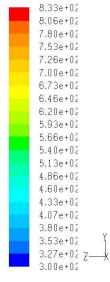
Aynı büyüklükteki orta mevkii yangınında yanma sonu gazları gemi içine dağılmadan fan açıklıklarından tahliye olabileceken perde temaslı yangın sonucu bu gazlar, kapatılmadığı takdirde sancak alt kaporta vasıtasıyla gemi içine dağılacaktır.

Yangının değer hatlarındaki basınç dağılımları Şekil 6.228' de görülmektedir. 0.5 MW'lık orta mevkii yangına oranla hatların basınç değerlerinde artış gözlemlenmektedir. Birinci durumda 0' dan küçük olan basınç değerleri bu modelde artılı değerler almaktadır. Perdeye temas eden yangın nedeniyle yanma sonu gazları perde boyunca yükselerek güverteye varmalarını müteakip yangın ile aynı hatta olan 3 ve 4 numaralı hatlara ulaşmaktadır. Birinci durumda ise gaz türbinlerinin kapsüllerinin etkisi ile bu hatlara bu durumdaki kadar hızlı ulaşamamaktadırlar.

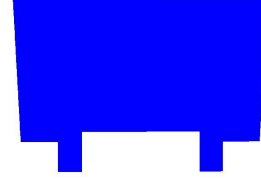
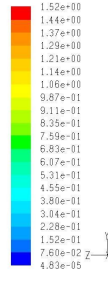
6.5.5 Fırkateyn sınıfı savaş gemisinin makine dairesi senaryo E sonuçları

Fırkateyn sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinde senaryo E' ye uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.



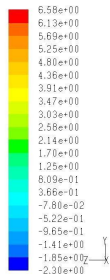


(c) sıcaklık

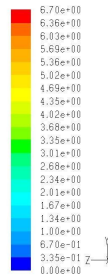


(d) türbülans kinetik enerjisi

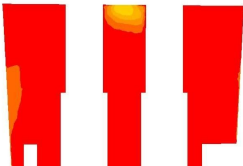
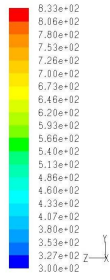
Şekil 6.230 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için $x = -3$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



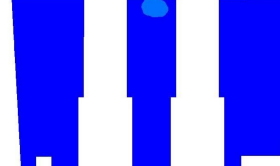
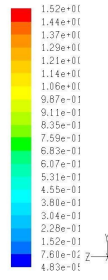
(a) basınç



(b) hız

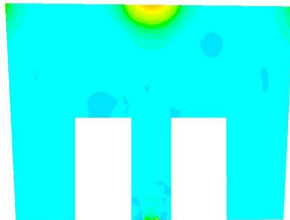
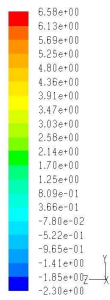


(c) sıcaklık

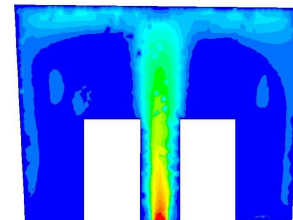
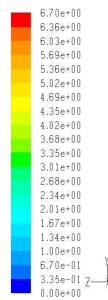


(d) türbülans kinetik enerjisi

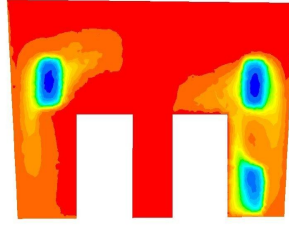
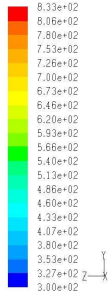
Şekil 6.231 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için $x = 0$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



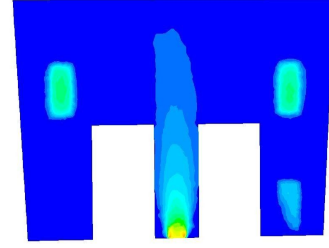
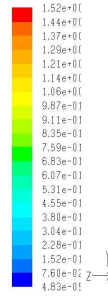
(a) basınç



(b) hız

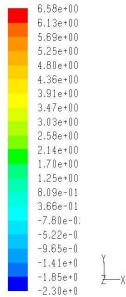


(c) sıcaklık

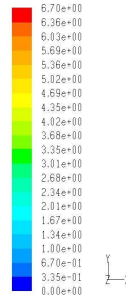


(d) türbülans kinetik enerjisi

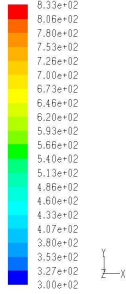
Şekil 6.232 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için $x=6.25$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



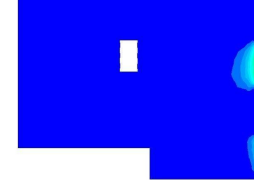
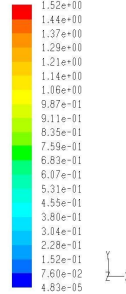
(a) basınç



(b) hız

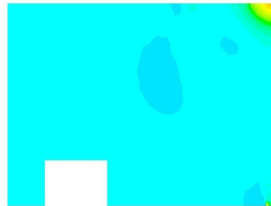
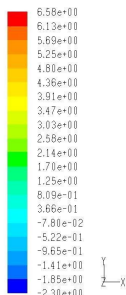


(c) sıcaklık

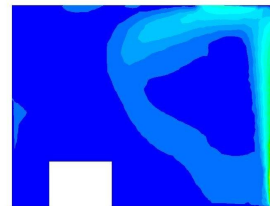
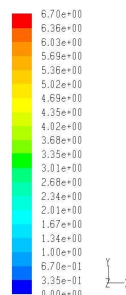


(d) türbülans kinetik enerjisi

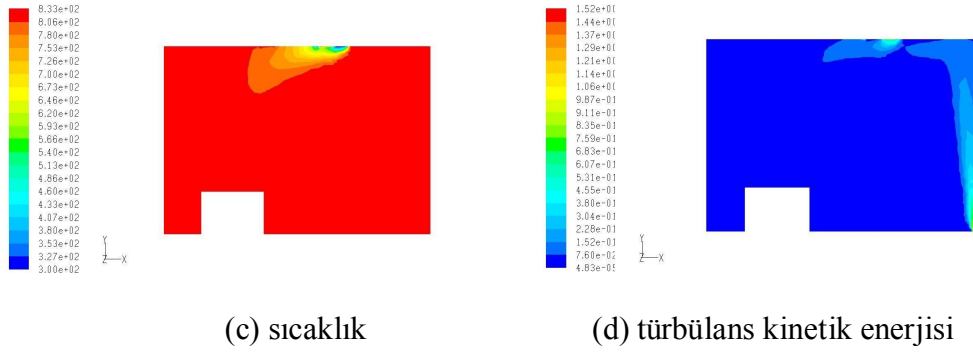
Şekil 6.233 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için $z=-4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



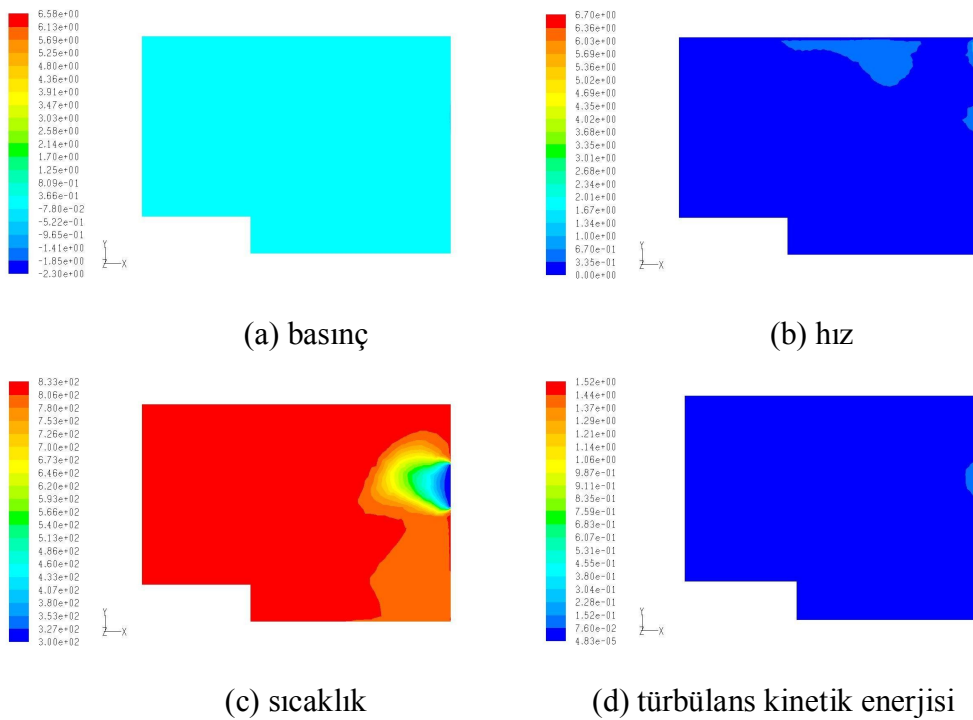
(a) basınç



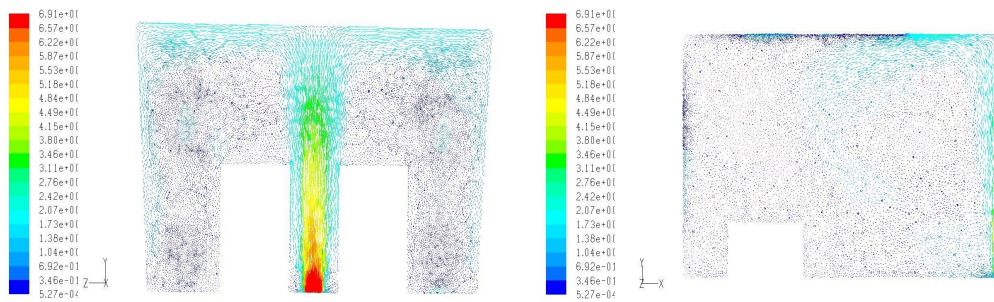
(b) hız



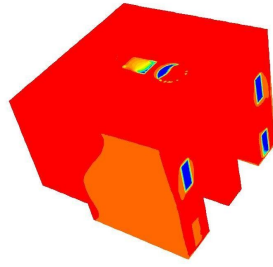
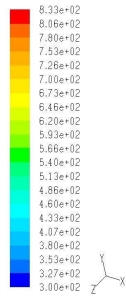
Şekil 6.234 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için $z=0$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



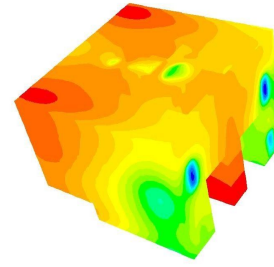
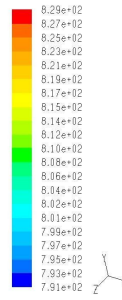
Şekil 6.235 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için $z=4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



Şekil 6.236 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için $x=6.25$ m, $z=0$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.



(a) sıcaklık

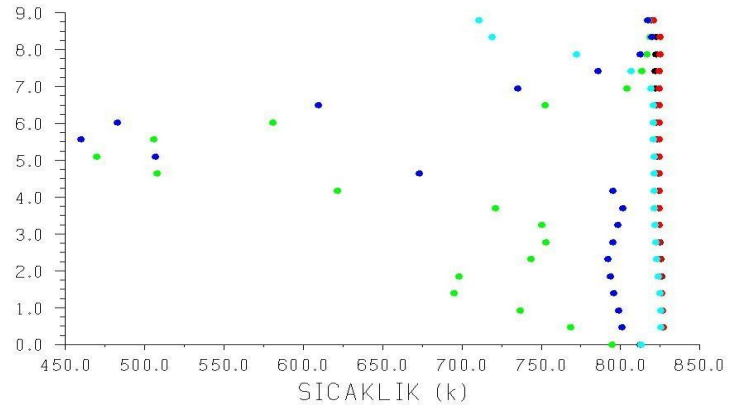


(b) ışınm sıcaklıkları

Şekil 6.237 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



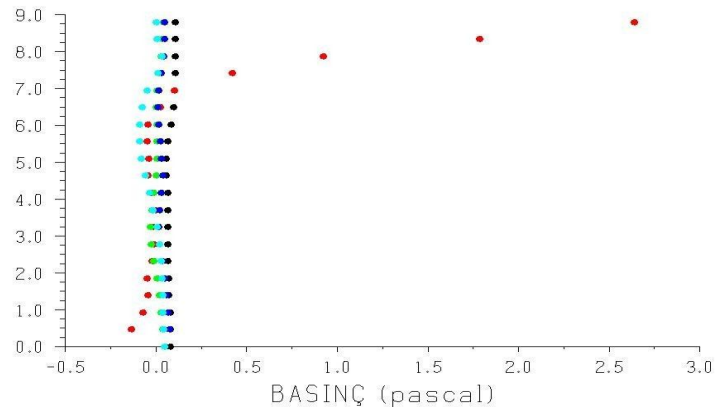
YÜKSEKLİK
(m)



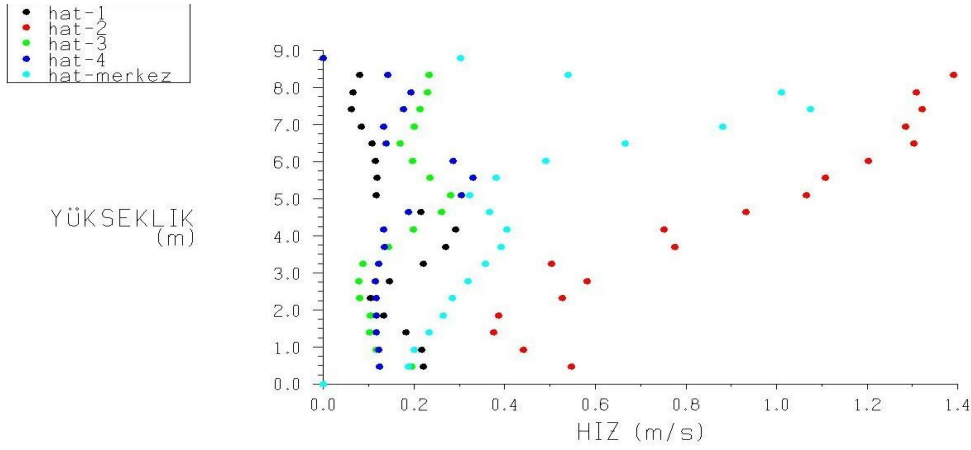
Şekil 6.238 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.



YÜKSEKLİK
(m)



Şekil 6.239 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki basınç dağılımları.



Şekil 6.240 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo E için değer noktalarındaki hız dağılımları.

Senaryo E gereği fırkateyn sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinin baş perdesine temas eder şekilde 1A gaz türbini kapsülü ile 1B gaz türbini arasında 1 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın modellenmiştir. Yangın mevkii gaz türbinlerinin ana yakıt devrelerine kumanda eden yakıt kontrol valfi hizasında seçilmiştir. Yangın sonuçlarını değerlendirmek üzere toplam beş adet değer hattında sıcaklık, basınç ve hız değerleri bulunmuştur.

1 MW' lık yangın sonucu, daire içerisinde değer hatlarında oluşan sıcaklık dağılımı Şekil 6.238' de görülmektedir.

Modellenen yangın sonucu yangın alanı civarında kalan 2 numaralı hat yüksekliği boyunca sıcaklığın daire içerisinde sabit değerde kaldığı görülmektedir.

Geometrik olarak daire ortasında bulunan beş numaralı hat boyuncada sıcaklık aynı şekilde yükseklikle sabit kalmakta ancak Şekil 6.237' de görüldüğü üzere orta ve baş fan açıklıklarında oluşan iki yönlü akışın yarattığı soğuk hava akışı nedeniyle 7 m'den sonra düşmektedir. 5 numaralı hatta sıcaklık, 0.5 MW' lık yangının aksine düşük yükseklik değerlerinde azalma göstermemekte, 7 m' ye ulaşmasını müteakip azalmaktadır.

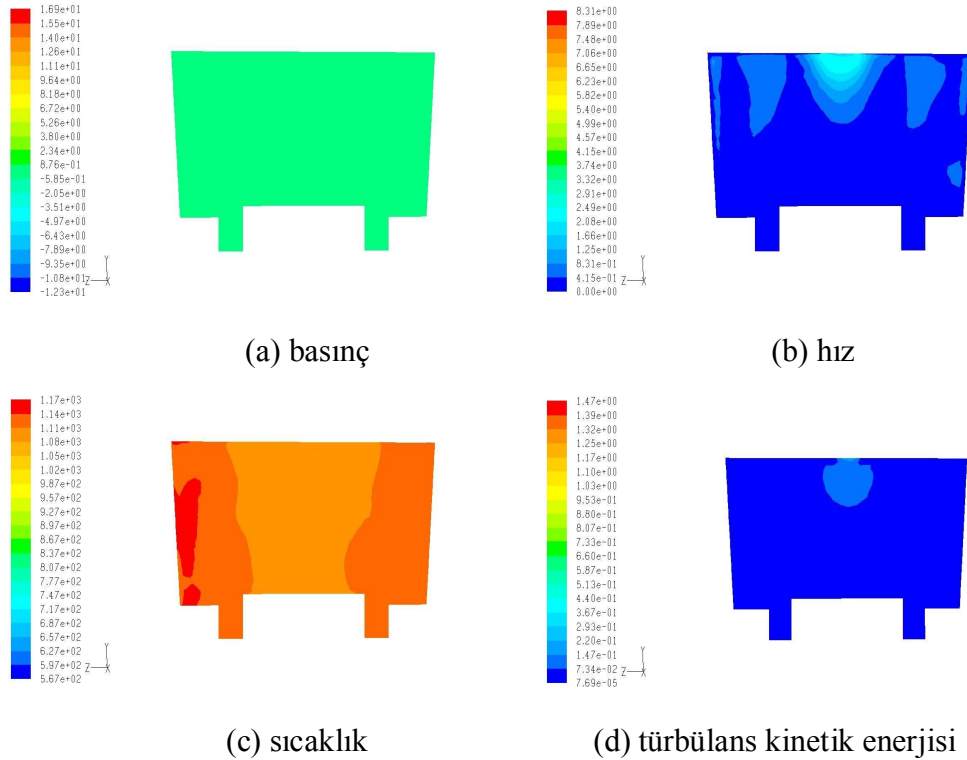
0.5 MW' lık yangında olduğu üzere bu yangın senaryosunda da daire açıklıklarından daire içerisine doğru soğuk hava akışı mevcuttur. Şekil 6.233, Şekil 6.235 ve Şekil 6.237' den görülebileceği üzere orta ve baş fan açıklıklarından daire içerisine akış görülmektedir. Orta fan açıklığında çok küçük bir alanda gerçekleşen bu akış, baş açıklıkta iki yönlü akış halini almakta yine de 0.5 MW' lık yangına oranla kısmi kalmaktadır.

Sancak taraf üst kaportadan tamamen daire içersine soğuk hava akışı görülürken, sancak alt kaportadan sıcak gaz tahliyesi gerçekleşmektedir. İskele üst kaportadan akış içeri doğruyken iskele alt kaportada ki akış iki yönlüdür. Yangın perde yüzeyine temas ederek yükseldikten sonra güverte altı boyunca daire içersine yayılmaktadır.

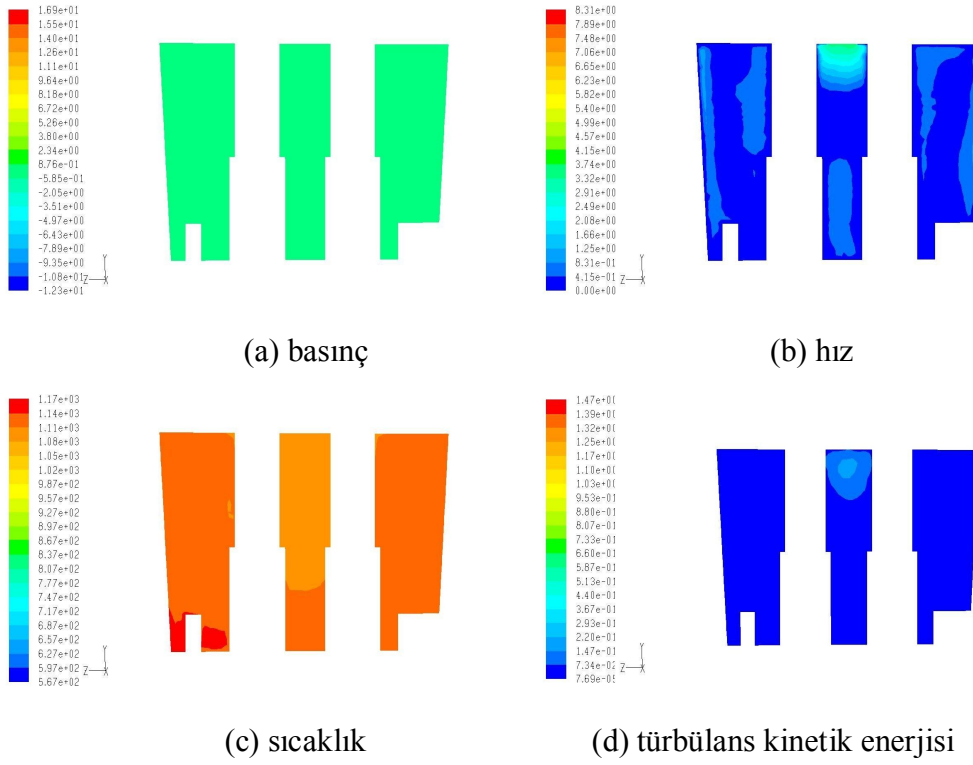
Senaryo E gereği oluşturulan yangının değer hatlarındaki basınç dağılımları Şekil 6.239'da görülmektedir. 1 MW'lık orta mevkii yangına oranla hatların basınç değerlerinde artış gözlemlenmektedir. Orta mevkii yangınında daha değişken profiller izleyen hatlar perde temaslı yangında daha sabit bir profil çizmektedir.

6.5.6 Fırkateyn sınıfı savaş gemisinin makine dairesi senaryo F sonuçları

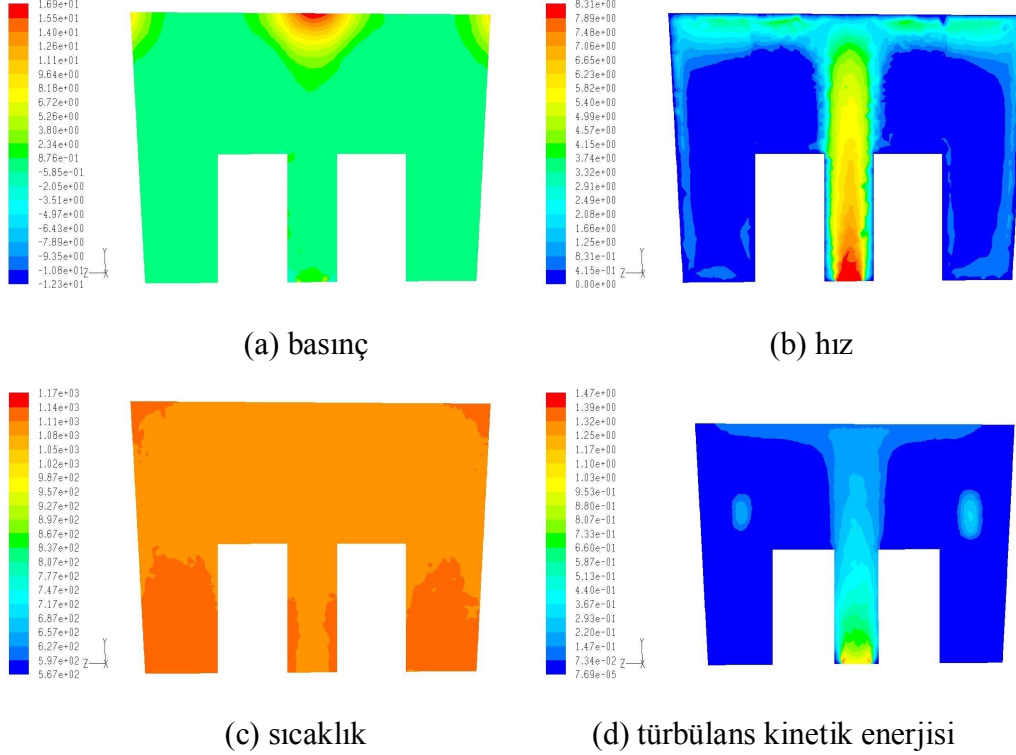
Fırkateyn sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinde senaryo F'ye uygun olarak modellenen yangının sonuçları müteakip şekillerde sunulmuştur.



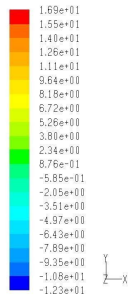
Şekil 6.241 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için $x = -3$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



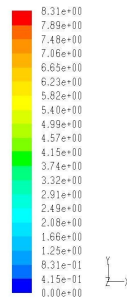
Şekil 6.242 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için $x=0$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



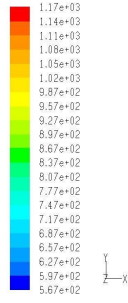
Şekil 6.243 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için $x=6.25$ m' de ki Y-Z düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



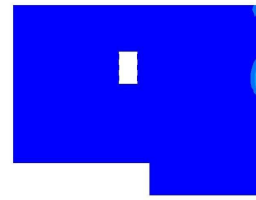
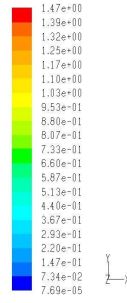
(a) basınç



(b) hız

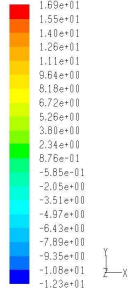


(c) sıcaklık

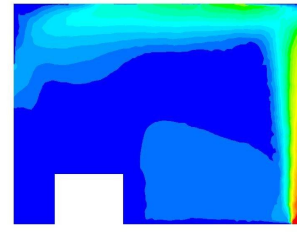
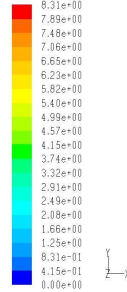


(d) türbülans kinetik enerjisi

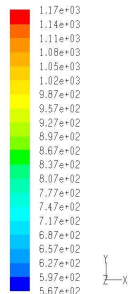
Şekil 6.244 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için $z = -4.6 \text{ m}$ ' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



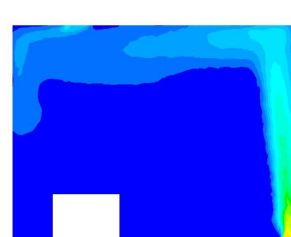
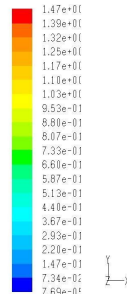
(a) basınç



(b) hız

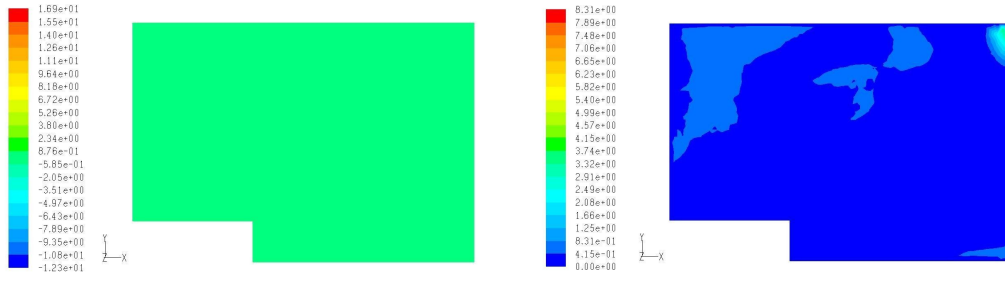


(c) sıcaklık



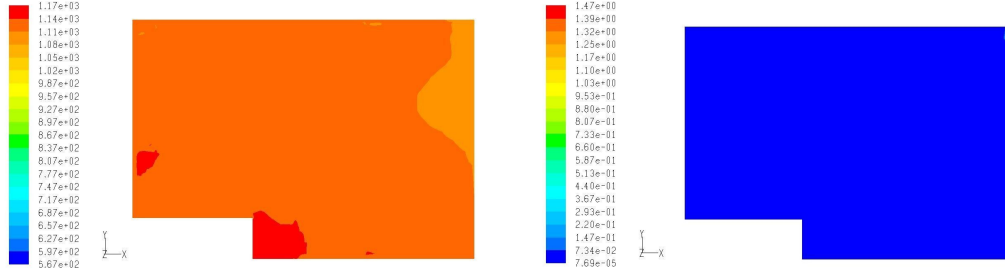
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.245 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için $z = 0 \text{ m}$ ' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) basınç

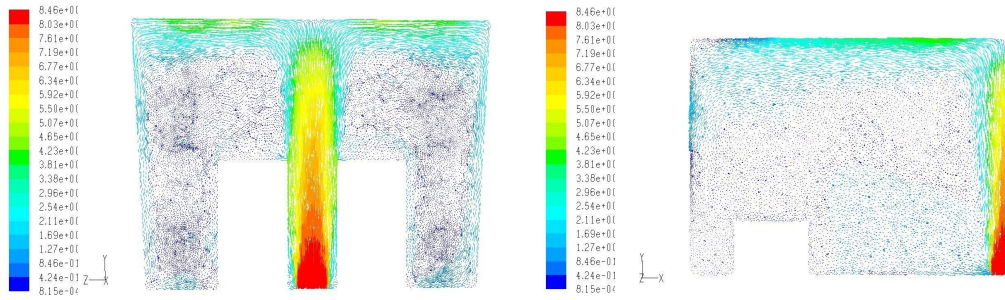
(b) hız



(c) sıcaklık

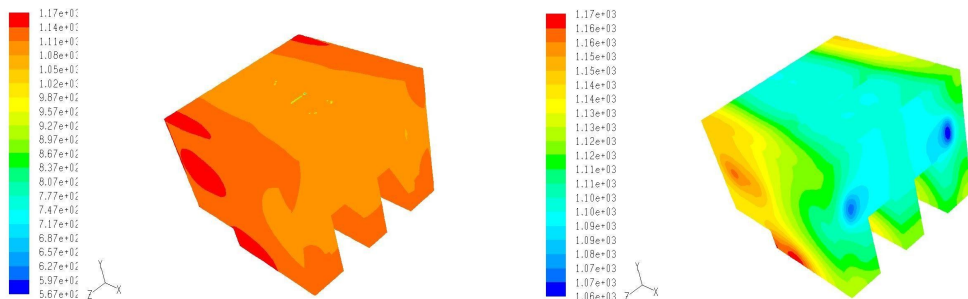
(d) türbülans kinetik enerjisi

Şekil 6.246 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için $z=4.6$ m' de ki X-Y düzleminde basınç, hız, sıcaklık ve türbülans kinetik enerjisi dağılımları.



(a) $x=6.25$ m Y-Z düzlemi hız vektörleri (b) $z=0$ m X-Y düzlemi hız ve vektörleri

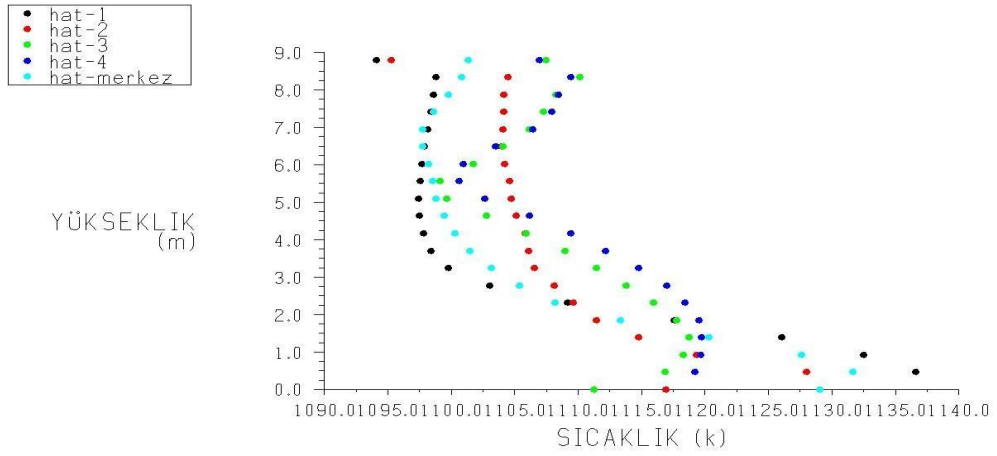
Şekil 6.247 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için $x=6.25$ m, $z=0$ m' de ki Y-Z ve X-Y düzlemlerinde hız vektörlerinin dağılımları.



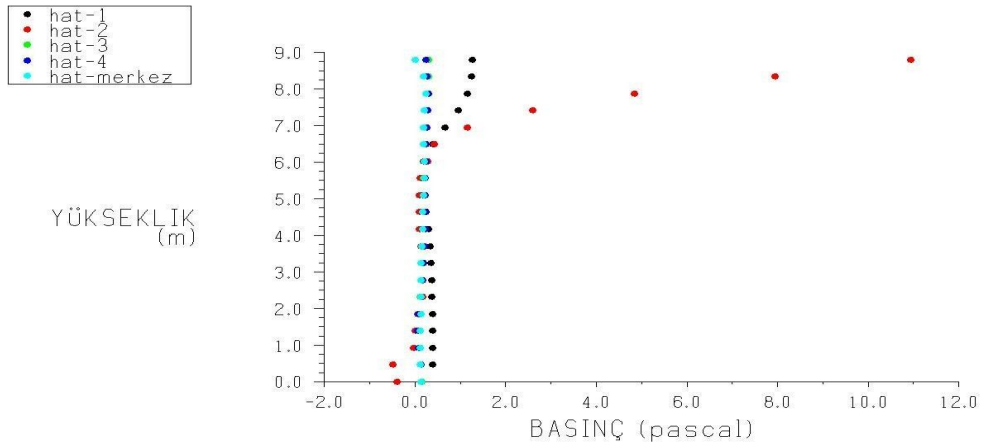
(a) sıcaklık

(b) ışıınım sıcaklıkları

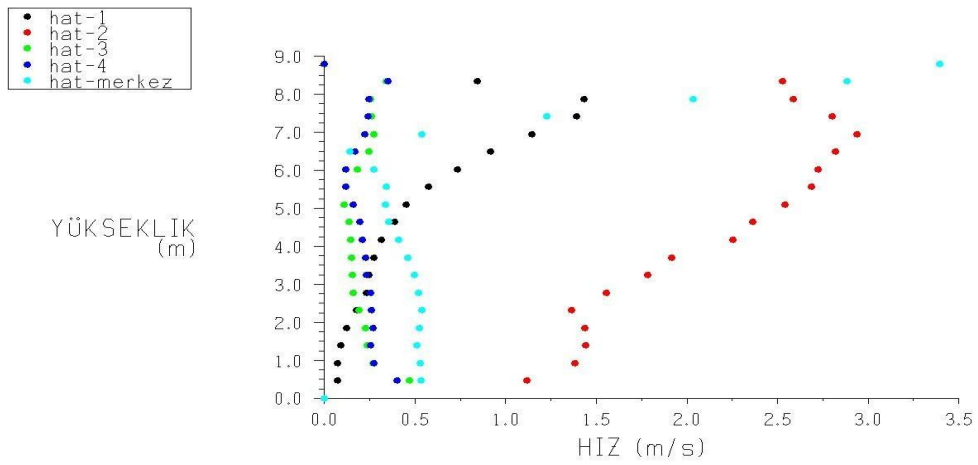
Şekil 6.248 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için tekne yüzeyleri sıcaklık dağılımı.



Şekil 6.249 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki sıcaklık dağılımları.



Şekil 6.250 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki basınç dağılımları.



Şekil 6.251 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi Senaryo F için değer noktalarındaki hız dağılımları.

Senaryo F gereği fırkateyn sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinin baş perdesine temas eder şekilde 1A gaz türbini kapsülü ile 1B gaz türbini arasında 3 MW büyüklüğünde havuz tipi bir yangın modellenmiştir. Yangın mevkii gaz türbinlerinin ana yakıt devrelerine kumanda eden yakıt kontrol valfi hizasında seçilmiştir. Yangın sonuçlarını değerlendirmek üzere toplam beş adet değer hattında sıcaklık, basınç ve hız değerleri bulunmuştur.

Şekil 6.249’ da 3 MW’ lık yangın sonucu, daire içerisinde değer hatlarında oluşan sıcaklık dağılımı görülmektedir.

3 MW’ lık yangın sonucu yangın alanının çok yakınında kalan 2 numaralı hat yüksekliği boyunca sıcaklığın azalan bir profil izlediği görülmektedir. Yangın alanının dairesel biçimde olması ve yanma sonu sıcak gazlarının perdeye yakın ve temas edecek şekilde yükselmesi nedeniyle 2 numaralı hattın bu profili çizdiği değerlendirilmektedir. İlk iki durumda ise yangın alanı ile hat arasındaki uzaklığın nispeten fazla oluşu nedeniyle sıcaklığın sabit değerde yükselmesine sebep görülmüştür.

Dairenin geometrik olarak ortasında yer alan 5 numaralı hatta sıcaklık, ilk iki duruma benzer şekilde 2 numaralı hat ile aynı profili izleyecek şekilde dağılmaktadır.

Perde temaslı ilk iki yangın modelinin aksine bu yangın senaryosunda daire açıklıklarından daire içerisine doğru bir soğuk hava akışı mevcut değildir. Şekil 6.248’ de görülebileceği üzere orta ve baş fan açıklıklarının çok az bir kısmında daire içerisine doğru bir akış gözlemlenmekle birlikte, diğer modellerdeki gibi kuvvetli değildir. Yangının büyüklüğü nedeniyle sıcak gazlar tüm daireyi kaplamıştır.

Orta mevkii 3 MW’ lık yangına benzer şekilde perde temaslı yangında da ortam sıcaklıkları yangın yüzeyi değeri olarak verilen 1098 K değerini aşmaktadır. En üst seviye olarak 1170 K değerine ulaşan sıcaklık daire genelinde ortalama olarak 1100-1400 K aralığında değişmektedir. Bu duruma daire açıklıklarının sıcak gazları tahliye etmede yetersiz kalmaları nedeniyle ulaşıldığı görülmektedir. Şekil 6.244, Şekil 6.245 ve Şekil 6.246’ dan görülebileceği üzere tüm daire açıklıklarından sıcak gaz tahliyesi gerçekleşmektedir.

Şekil 6.247’ de 3 MW’ lık yangın büyüklüğüne ait hız vektörlerinin hemen hemen kıç perdeye kadar uzandıkları görülebilir.

Aynı büyüklükteki orta mevkii yangınında yanma sonu gazları gemi içine ancak baş taraf alt kaportalardan dağılmaktadır. Perde yangınında ise fan açıklıkları hariç tüm açıklıklardan gemi içine bu gazlar dolarak yangınla mücadeleyi güçleştirmektedir.

Senaryo F gereği oluşturulan yangının değer hatlarındaki basınç dağılımları Şekil 6.250’ de görülmektedir. Diğer modellere oranla tek fark 1 numaralı hatta görülmektedir. 1 numaralı hatta 6.5 m’ den sonra bir basınç artışının görülmesinin sebebi ilk iki modele kıyasla kış kaportadan soğuk hava girişi yerine sıcak gaz tahliyesi olmasıdır. Aynı durum kış fan açıklığı içinde geçerlidir.

6.6 Zamana Bağlı Yangın Modeli Sonuçları

Dizayn yangınlarında yangının büyüme safhasını ifade etmek üzere “ t^2 ” yangın modeli kullanılır. Bu modelde yangın büyüklüğünü açıklamak üzere zamanın karesi yanıcının tipine göre değişen “ α ” katsayısı ile çarpılır. Çeşitli yanıcı maddelerin gelişim hızlarına göre deneyler sonucu bulunmuş olan “ α ” katsayıları Çizelge 3.1’ de gösterilmiştir. Çizelgeden görülebileceği üzere yanıcının cinsine göre yangının tam gelişmiş hale geçebilmesi için belirli bir süre gerekmektedir.

Bu çalışmada makine dairelerindeki yangın senaryoları ele alındığından yanıcı maddelerin akar durumdaki maddeler oldukları değerlendirilmiş ve dizaynın emniyet tarafında kalacak şekilde yanıcı maddenin çok hızlı yanan bir madde olduğu kabul edilmiştir. Bu durumda yangının maksimum büyüklüğüne ulaşması için gereken süre 75 saniye olmaktadır.

Bu noktada şu sorun karşımıza çıkmaktadır. Ofisler, bürolar, sinema salonları ya da alışveriş merkezleri gibi mekanlar için bu süre kısa gibi gözüксе de donanma gemileri için bu süre oldukça uzundur. Bir donanma gemisinin makine dairesinde başlayacak yangının başlangıcından itibaren 75 saniye süre ile fark edilmemesi gibi bir durum kabul edilebilir değildir.

Savaş gemilerinde bulunan personel görevini 24 saat esasına göre yaptığından ve makine daireleri gibi kritik mahallerde sürekli nöbetçi personel bulundurulduğundan çıkabilecek bir yangının fark edilerek seyyar söndürücüler ile yangına müdahaleye başlanması için gerekli ve yeter süre 20 saniyedir.

Yangın fark edildiği anda diğer personel de genel anons devresi ile yangından haberdar edildiğinden yangına ilk müdahale eden personelin yardımına bir dakika içerisinde diğer personel de yetişecektir. Burada önemli olan husus bu süre zarfında yardıma gelen ya da müdahale eden personelin günlük kıyafetleri ile yangın mahalinde bulunup bulunamayacağıdır. Bu durumu belirlemek üzere kullanılabilecek üç ayrı kriter mevcuttur. Bunlar;

- Üst bölgede sıcaklığın 100 ° C aşmaması,
- İnsan boyu hizası kabul edilen 2,1 m yüksekliğinde karbon monoksit dozunun 15000 ppm/dak değerinin altında olması,
- Radyasyon ile yayılan ısının 2.5 (kW/m²)değerini aşmamasıdır.

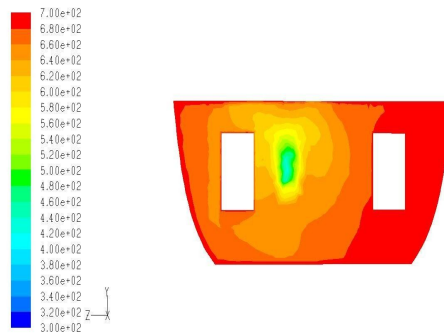
Bu çalışmada yukarıda bahsedildiği şekilde bir donanma gemisinin şartları göz önüne alınarak yangın başlangıcından itibaren 20 saniye geçtiği kabulü yapılmış ve sonuçlar bu zaman aralığında değerlendirilmiştir.

Çizelge 6.16 : Zamana bağlı yangın senaryoları.

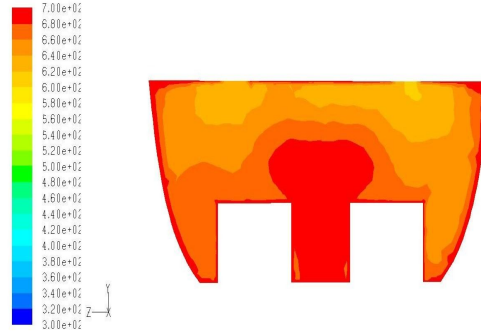
Gemi Sınıfı	Yangın Büyüklüğü	Yangın Mevkii	Yangın Süresi
80 Sınıfı SG	0.5 MW	Orta	20 s.
Mayın Avlama	0.5 MW	Orta	20 s.
Fırkateyn	0.5 MW	Orta	20 s.

6.6.1 Sahil güvenlik gemisi için zamana bağlı yangın modeli sonuçları

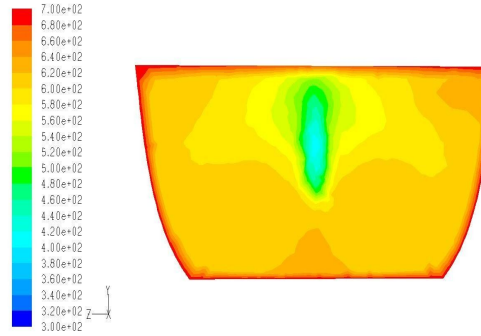
Sahil güvenlik gemisinin makine dairesinde oluşan zamana bağlı yangın modeli için daire ortasında 0.5 MW büyüklüğünde bir yangın çıktığı kabul edilmiştir. Sonuçlar müteakip şekillerde sunulmuştur.



(a) x= -1 m' deki Y-Z düzlemi sıcaklık dağılımı

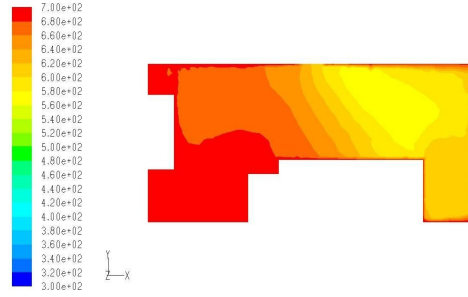


(b) $x = 3.75$ m' deki Y-Z düzlemi sıcaklık dağılımı

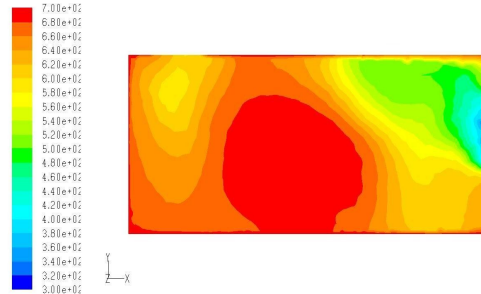


(c) $x = 6.5$ m' deki Y-Z düzlemi sıcaklık dağılımı

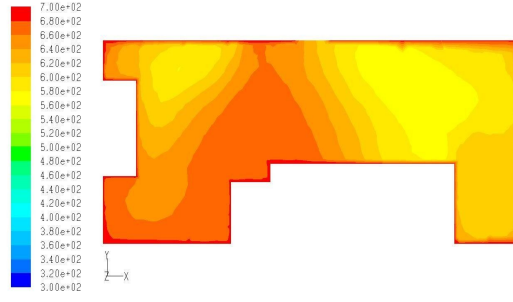
Şekil 6.252 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli
 $x = -1$, $x = 3.75$, $x = 6.5$ m' de ki Y-Z düzlemlerinde sıcaklık dağılımları.



(a) $z = -1.75$ m' deki X-Y düzlemi sıcaklık dağılımı

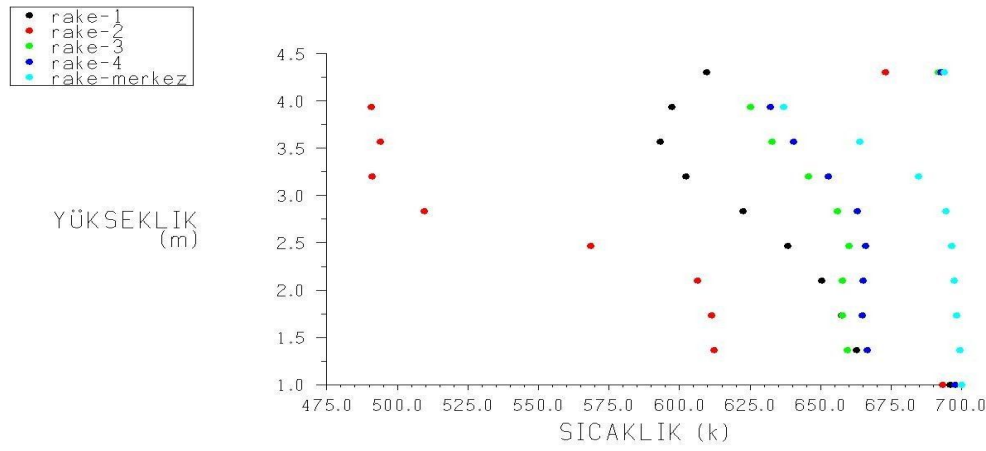


(b) $z = 0$ m' deki X-Y düzlemi sıcaklık dağılımı



(c) $z = 1.75$ m' deki X-Y düzlemi sıcaklık dağılımı

Şekil 6.253 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli $z = -1.75$, $z = 0$, $z = 1.75$ m' de ki X-Y düzlemlerinde sıcaklık dağılımları.

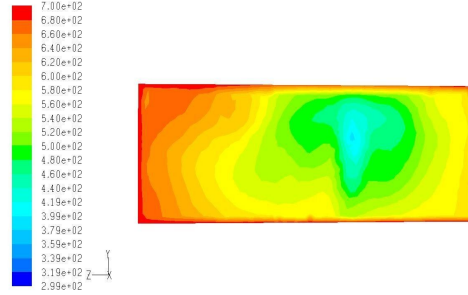


Şekil 6.254 : Sahil güvenlik gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli değer noktalarındaki sıcaklık dağılımı.

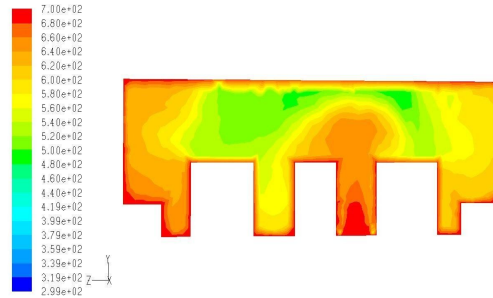
Şekil 6.254' ten açıkça görüldüğü üzere dairenin en düşük sıcaklık değeri baş kaporta önünde yer alan 2 numaralı hat üzerindedir. Baş kaportadan daire içine doğru soğuk hava girişi devam etmektedir. Buna rağmen en düşük sıcaklık 500 K yani 200 °C' dir. Personelin bu sıcaklıkta günlük kıyafetleri ile yangınla mücadele etmesi mümkün değildir. Ancak her gemide mevcut müdahale timlerinin kullandığı nomex elbiseler vasıtasıyla yangına müdahale edilebilir. Nomex elbiseler ile 250 °C sıcaklıkta beş dakika çalışmak mümkündür. Modellenen bu süre zarfında koruyucu elbisesini ve duman maskesini kuşanmış olarak gelen eğitimli bir müdahale kolu meydana gelen yangını rahatlıkla söndürecektir. Ancak koruyucu elbise olmadığı takdirde yangınla mücadele etmeye çalışmak hayati risk taşımaktadır.

6.6.2 Mayın avlama gemisi için zamana bağlı yangın modeli sonuçları

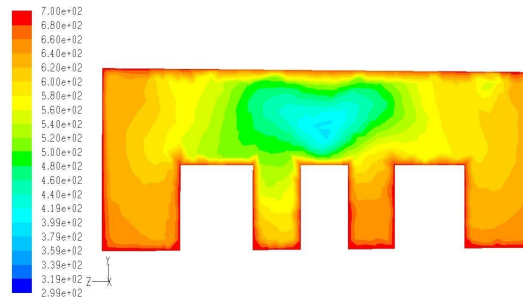
Mayın avlama gemisinin makine dairesinde oluşan zamana bağlı yangın modeli için iskele ana makine ile yardımcı makine ve jeneratör grubu ortasında 0.5 MW büyüklüğünde bir yangın çıktığı kabul edilmiştir. Sonuçlar müteakip şekillerde sunulmuştur.



(a) $x=1$ m' deki Y-Z düzlemi sıcaklık dağılımı

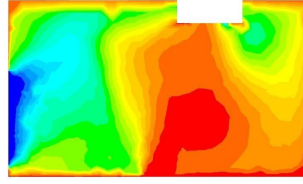
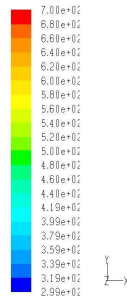


(b) $x=3.2$ m' deki Y-Z düzlemi sıcaklık dağılımı

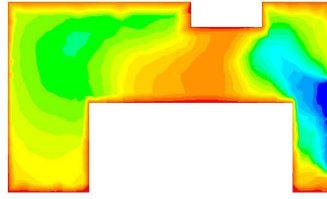
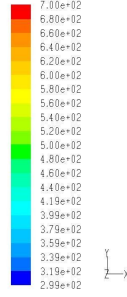


(c) $x=5.4$ m' deki Y-Z düzlemi sıcaklık dağılımı

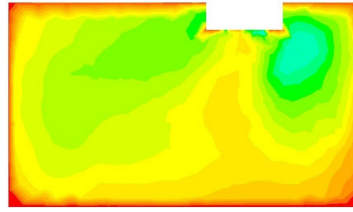
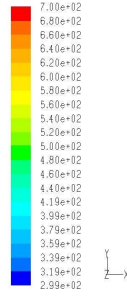
Şekil 6.255 : Mayın avlama gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli $x=1$, $x=3.2$, $x=5.4$ m' de ki Y-Z düzlemlerinde sıcaklık dağılımları.



(a) $z = 3.6$ m' deki X-Y düzlemi sıcaklık dağılımı



(b) $z = 4.6$ m' deki X-Y düzlemi sıcaklık dağılımı

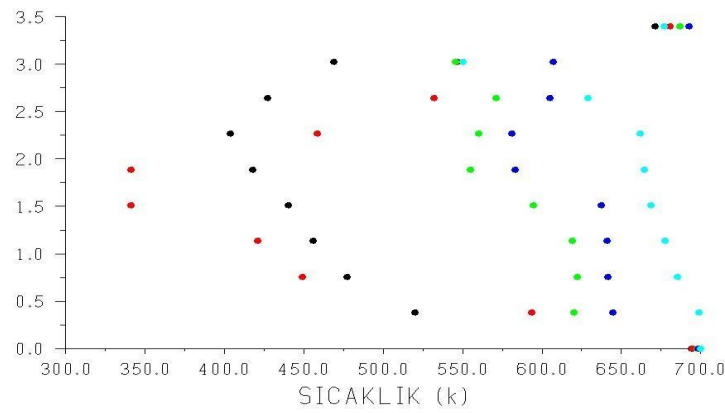


(c) $z = 5.6$ m' deki X-Y düzlemi sıcaklık dağılımı

Şekil 6.256 : Mayın avlama gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli $z = 3.6$, $z = 4.6$, $z = 5.6$ m' de ki X-Y düzlemlerinde sıcaklık dağılımları.



YÜKSEKLİK
(m)

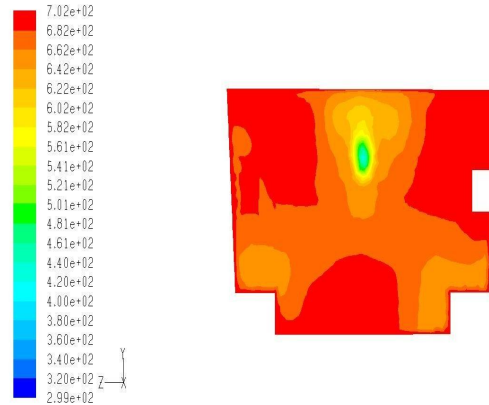


Şekil 6.257 : Mayın avlama gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli değer noktalarındaki sıcaklık dağılımı.

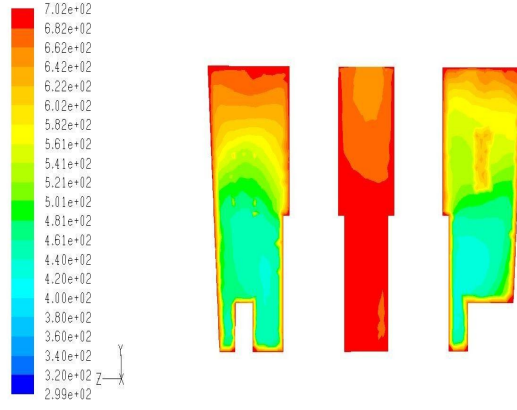
Zamana bağılı yangın modeli sonucu mayın avlama sınıfı bir savaş gemisinin makine dairesinde oluşturulan 0.5 MW'lık bir yangının değer hatlarındaki sıcaklık dağılımı Şekil 6.257' de görülmektedir. Kıç ve baş kaportaların önünde bulunan 1 ve 2 numaralı hattan elde edilen sıcaklık değerlerine göre daire içerisine soğuk hava girişi olmaktadır. Bu durum en kesitlerinde de açıkça görülmektedir. Böyle bir yangın durumunda her iki kaportanın birinden yardıma gelecek ya da yangına müdahale edecek personel günlük kıyafetleriyle dahi mahale girebilir. Grafikten de görüldüğü üzere bu hatların hemen önünde sıcaklık 350 K civarındadır. Yanma sonu sıcak gazlarının kaportalar vasıtasıyla gemi içine yayılmadığı görülmektedir. Kaporta ağızlarında mevki alacak bir müdahale kolu herhangi bir koruyucu melbusata gerek duymadan yangına müdahale edebilecektir. Yangın söndürücü olarak su kullanıldığı taktirde, buharlaşma yardımıyla da müdahale kolunun ilerleme hattı üzerindeki sıcaklıklar giderek düşecek ve mücadeleyi kolaylaştıracaktır.

6.6.3 Fırkateyn sınıfı gemi için zamana bağılı yangın modeli sonuçları

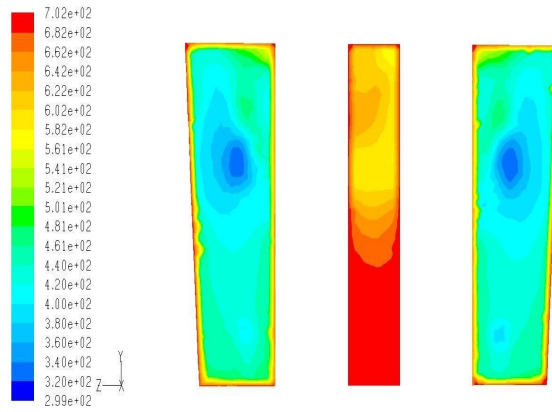
Fırkateyn sınıfı savaş gemisinin makine dairesinde oluşan zamana bağılı yangın modeli için 1A ve 1B gaz türbinlerinin arasında dairenin tam orta hattında 0.5 MW büyüklüğünde bir yangın çıktığı kabul edilmiştir. Sonuçlar müteakip şekillerde sunulmuştur.



(a) $x = -5.4 \text{ m}$ ' deki Y-Z düzlemi sıcaklık dağılımı

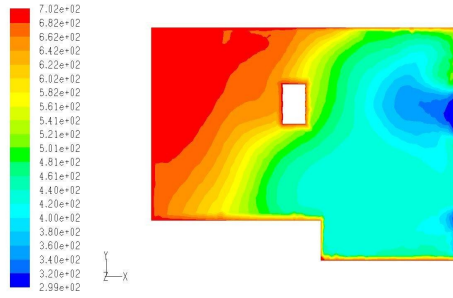


(b) $x = 0$ m' deki Y-Z düzlemi sıcaklık dağılımı

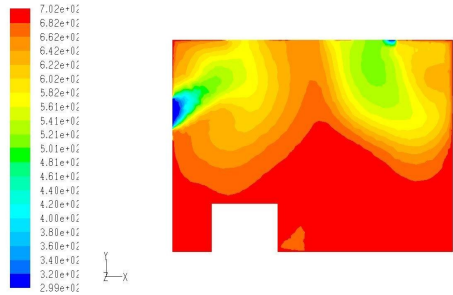


(c) $x = 5.4$ m' deki Y-Z düzlemi sıcaklık dağılımı

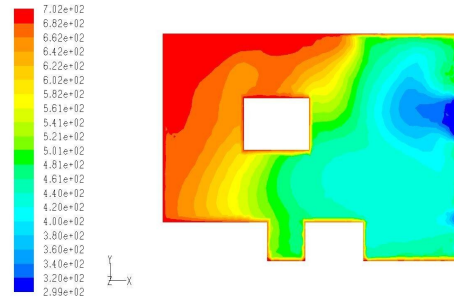
Şekil 6.258 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli $x = 1$, $x = 3.2$, $x = 5.4$ m' de ki Y-Z düzlemlerinde sıcaklık dağılımları.



(a) $z = -4.6$ m' deki X-Y düzlemi sıcaklık dağılımı

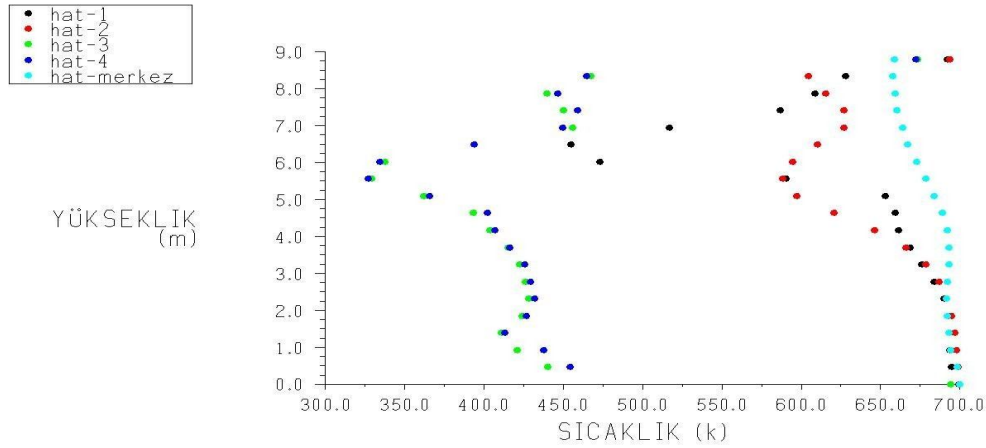


(b) $z = 0$ m' deki X-Y düzlemi sıcaklık dağılımı



(c) $z = 4.6$ m' deki X-Y düzlemi sıcaklık dağılımı

Şekil 6.259 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli $z = -4.6$, $z = 0$, $z = 4.6$ m' de ki X-Y düzlemlerinde sıcaklık dağılımları.



Şekil 6.260 : Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesi zamana bağlı yangın modeli değer noktalarındaki sıcaklık dağılımı.

Zamana bağlı yangın modeli sonucu fırkateyn sınıfı bir savaş gemisinin makine dairesinde oluşturulan 0.5 MW' lık bir yangının değer hatlarındaki sıcaklık dağılımı Şekil 6.616' da görülmektedir. Yangın merkezinde ve yangın ile aynı hat üzerinde yakın mesafede bulunan bir ve iki numaralı hatlardaki sıcaklık değerleri oldukça yüksektir. Ancak baş taraftaki kaportların önlerinde bulunan üç ve dört numaralı hatlardaki sıcaklıkların aksine düşüktür. Bu durum daire içine doğru akışın neticesinde oluşmaktadır. Özellikle iskele baş üst kaporta ile sancak baş üst kaportadan yangına müdahale edecek personel rahatlıkla daireye girebilir. Bu seviyedeki sıcaklıklar 325 K civarındadır. Bu durumda personel herhangi bir koruyucu elbiseye ihtiyaç duymadan yangınla mücadele edebilir.

Sabit mevkilerde ve aynı büyüklüklerde tasarlanan yangınlardan sahil güvenlik gemisinin personeli yangına müdahale edemezken mayın avlama gemisinin ve fırkateyn sınıfı savaş gemisinin personeli herhangi bir koruyucu melbusata ihtiyaç duymadan yangınla mücadele edebilmektedir. Bu durum, savaş gemilerinin makine dairelerin boyutlarının yangının yayılımına ve yangınla mücadeleye etkisine güzel bir örnek oluşturmaktadır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gemilerin makine daireleri gibi kapalı bir mahalde meydana gelen yangının büyüklüğüne etki eden en önemli parametreler; yangını oluşturan yakıtın cinsi, yakıtın miktarı, mahalde bulunan oksijen seviyesi, mahallin geometrisi, mahalde mevcut havalandırma açıklıkları ile yangının kapalı mahaldeki başlangıç yeridir. Bu çalışmada farklı boyutlarda ve farklı doluluk oranına sahip üç değişik savaş gemisinin makine dairelerinde meydana gelebilecek çeşitli yangın büyüklükleri modellenmiş ve aynı yangın büyüklüklerinin farklı dairelerde ve farklı başlangıç mevkilerindeki etkileri incelenmiştir.

Bu çalışmada üç farklı tipte ve boyutta savaş gemisi ele alınmıştır. Gemi tiplerinin seçimindeki en büyük etken makine dairelerinin boyutlarıdır. Sahil güvenlik gemisi makine dairesi en küçük boyutlu olan gemidir. Mayın avlama sınıfı geminin makine dairesi ise sahil güvenlik gemisinin makine dairesine oranla %30 daha büyüktür. Ayrıca mayın avlama gemisi alışılmış gemi inşa çeliğinden farklı olarak ostenitik çelik gibi farklı bir materyal ile inşa edilmiştir. Fırkateyn sınıfı savaş gemisi ise en büyük hacme sahip makine dairesini bünyesinde barındırmaktadır.

Boyutları haricinde gemiler birbirlerinden farklı yerleşim planlarına sahiptir. Küçükten büyüğe gidildikçe dairelerin sahip olduğu sistem sayısı artmakta dolayısıyla yerleşim özellikleri daha da karmaşık hale dönüşmektedir. Ayrıca her daire farklı havalandırma sistemlerine ve devrelerine sahiptir.

Çalışma kapsamında makine daireleri mümkün olduğunca gerçek durumlarını yansıtabilecek biçimde modellenmiştir. Genellikle sintine dönüm noktalarının altında kalan ana yakıt ve yağ sarnıçları gibi çalışmanın kapsamında olmayan mahaller geometrik modelden çıkarılarak hesaplama ağının azaltılması ve modelin basitleştirilmesi sağlanmıştır. Yangının daire içinde yayılmasını etkileyebileceği düşünülen büyüklüklere sahip ana makineler, yardımcı makineler, dişli kutuları, yakıt servis tankları, yağ ve yakıt sarnıçları daire geometrisine dahil edilmiştir.

Dairelerin havalandırma sistemlerinin özellikleri gerçek durumlarını yansıtacak şekilde modele dahil edilmiş ancak fırkateyn sınıfı savaş gemisinde bulunan büyük hacimli makine dairesinde fan devrelerinin hacmin geometrik modelini zorlaştırması göz önünde tutularak, bu makine dairesinin havalandırma açıklıkları, fan açıklıklarının daire içerisindeki yoğunluk bölgelerine uygun biçimde tavanda toplu olarak dizayn edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında incelenen yangın büyüklükleri; küçük, orta ve büyük yangınları temsil etmek üzere 0.5, 1 ve 3 MW büyüklüklerinde seçilmiştir.

Her bir makine dairesi için hesaplamalar yapılmadan önce, çalışmanın kapsadığı üç farklı tipteki savaş gemisi makine dairelerinden sahil güvenlik sınıfı gemiye ait makine dairesinde 0.5 MW sabit yangın büyüklüğünde sürekli yangın modeli oluşturularak, benzer konularda daha önce yapılmış çalışmalarda yapılan kabullerin ve sınır şartlarının sonuçlara etkileri incelenmiştir. Makine dairesi, aynı yangın senaryosunda her bir adımda farklı sınır şartları ile modellenerek gerçek duruma adım adım yaklaşmıştır. Makine dairelerinde oluşan yangınların modellenmesinde dairede mevcut sistem ve cihazların yerleşimlerinin göz önüne alınmasının yangının yayılmasını büyük oranda etkilediği görülmüştür. Aynı şekilde makine dairesi duvarlarını oluşturan güverte, sintine, alabandalar ile baş ve kık perdelerin adyabatik kabul edilmemesinin ve makine dairesinden dış ortama olan ısı transferinin modele dahil edilmesinin daire içindeki ortam sıcaklığını etkilediği görülmüştür.

Farklı yangın başlangıç mevkilerini göstermek üzere ilk mevkiler mümkün olduğunca makine dairesinin geometrik olarak ortasında ve ana makinelerinin arasında modellenmiştir. Bu mevkinin başlangıç noktası olarak seçilmesini gerektiren bir diğer husus, makinelerin özellikleri dolayısıyla üzerlerinde mevcut yüksek basınçlı yakıt, yağ devreleri ile civarlarında bulunan bu devreler ait besleme devreleridir. Bu mevki; devreler üzerinde, basınca, materyal yorgunluğuna ya da özensiz işletmeye bağlı olarak oluşabilecek bir kaçak durumunda yakıtın veya yağın birikebileceği en yakın alan olmaktadır. Anılan maddeler sıvı durumda bulunduklarından, bu maddeler nedeniyle meydana gelen bir yangın tutuşma ve büyüme safhasını kısa sürede aşarak sabit ısı enerjisi salınım değerine ulaşır Çalışan makinenin yarattığı sıcak yüzeyler ile birlikte düşünüldüğünde makine dairesinin yangın olasılığını barındıran en kritik noktalarından birisi ilk yangın başlangıç mevkii olarak seçilen bu noktadır.

Yangının meydana gelebileceği ikinci bir mevkii olarak ilk durumla aynı şekilde yağ ve yakıt devrelerinin yoğun olduğu bir bölge seçilmeye çalışılmıştır. Ancak ikinci mevkinin seçiminde dikkate alınan bir diğer husus; yangının makine dairesinin duvarlarından birine temas eder şekilde başlaması halinde yaratacağı etkinin incelenmesidir.

İlk başlangıç mevkii itibariyle yangının ihtiyaç duyduğu hava, 360°'lik bir açıda yani yangın yüzeyinin her yönünden alev bulutuna (plume) serbest bir şekilde girebilmektedir. Aynı yangın büyüklüğünde alev bulutuna hava girişinin yarıya düşürülmesi yani duvara temas eder biçimde tasarlanması bu etkinin incelenebilmesi içindir. Bu sebeple ikinci başlangıç mevkileri yakıt devrelerinin makine dairelerinin perdelerini geçtiği noktalarda seçilmiştir.

Çalışma kapsamında hesaplamalara en küçük boyutlu makine dairesine sahip sahil güvenlik gemisine ait makine dairesinden başlanarak, fırkateyn sınıfı savaş gemisinin makine dairesinde tamamlanmıştır. Böylece aynı yangın büyüklüklerinin, daha küçük ve daha basit durumdaki makine dairesinden daha karmaşık bir yapıya sahip ve daha büyük bir makine dairesine gidildikçe yarattığı etkilerin gözlenmesine çalışılmıştır.

Sahil güvenlik gemisine ait makine dairesinde oluşturulan yangın senaryoları sonucu her üç yangın büyüklüğünde ele alınan makine dairesi için yüksek değerlerde olduğu görülmüştür.

En küçük yangın büyüklüğü değeri olan 0.5 MW yangın büyüklüğünde dahi makine dairesinin açıklıkları sıcak gazları tahliye etmede yetersizdir. Bu nedenle ortam sıcaklığı tüm dairede yangın yüzeyi sıcaklığına ulaşmakta ve aynı değerde kalmaktadır. Aynı yangın büyüklüklerinde diğer makine dairelerinin aksine sahil güvenlik gemisinin makine dairesinin tüm açıklıklarında dışarı yönlü bir akış görülmektedir.

Yangın büyüklüğünün artırılması sonucu ortam sıcaklığı da artmakta ve tüm daireyi ilk durumda olduğu gibi kaplamaktadır. Yangın büyüklüğünün artmasına rağmen havalandırma açıklıklarının alanının aynı kalması daire içi basıncı artırmaktadır. 1 MW yangın büyüklüğünde en yüksek basınç değeri iki kat artarken 3 MW yangın büyüklüğünde en yüksek basınç değeri altı kat artmıştır.

Sahil güvenlik gemisi makine dairesinin kış perdesine temas eder şekilde oluşturulan yangın modelleride ise orta mevkii yangının aksine daire açıklıklarında iki yönlü akış görülmektedir. Yangın mevkisinin değiştirilmesi dairenin içinde oluşan basınç azalmış ve doğal havalandırma açıklıklarında içeri yönlü akış oluşmuştur. Bu durumun sıcaklık değerlerini de etkilediği görülmektedir. Sıcak gazların perde boyunca yükselerek güverteye ulaştığı ve güverte boyunca baş taraf doğru ilerlediği akım hatlarından görülmektedir. Bu durum kış kaportadan daire içerisine soğuk hava girişine yol açmakta baş kaportada ise büyük oranda sıcak gaz tahliyesi görülmektedir. Yangın büyüklüğünün artırılması ile birlikte bu durum ortadan kalkmakta ve tüm değerlerde artış gözlenmektedir. Öyle ki 3 MW yangın büyüklüğünde dairenin hemen hemen tamamı yangın yüzeyi sıcaklık değeri olarak verilen değeri aşmaktadır. Daire içerisinde biriken sıcak gazlardaki artışın bu yükselmeyi sağladığı görülmektedir.

Mayın avlama sınıfı savaş gemisine ait makine dairesinin geometrik olarak orta mevkisinde yardımcı makine ile jeneratör grubu bulunmaktadır. Bu nedenle daire ortasındaki yangın modeli dairenin boyuna olarak ortasında ancak enine olarak iskele ana makinesi ile yardımcı makine ve jeneratör grubu arasında modellenmiştir.

Sahil güvenlik gemisi makine dairesinin aksine aynı büyüklükteki orta mevkii yangınında mayın avlama gemisinin havalandırma açıklıklarında iki yönlü akışlar gözlenmektedir. Bu duruma mayın avlama gemisinin makine dairesi yerleşimi ile havalandırma sistemindeki farklılık sebep olmaktadır.

Mayın avlama gemisinin fan devresi baş tarafa yakın olacak şekilde ve daire boyuncadır. Yangın alanından yükselerek güverteye ulaşan sıcak gazlar güverte boyunca yayılmaktadır.

Baş tarafa doğru hareket eden sıcak gazlar fan manikasının kış tarafa bakan açıklıklarından tahliye olurken kış tarafa yönelen gazlar sadece kış kaportanın üst kısmından dışarı çıkmaktadır. Kaportanın alt kısmından soğuk hava girişi gözlenmektedir. Baş taraftaki kaportanın ise kış kaportanın tam tersi şekilde üst kısmından soğuk hava girişi olmaktadır. Orta hatta buluna yardımcı makine ve jeneratör grubu nedeniyle yangın dairenin baş kaportaya göre iskele tarafında kalmaktadır. Yanma sonucu oluşan sıcak gazlar manikanın ve yardımcı makine engellemesi nedeniyle belli bir seviyede baş kaportaya ulaşabilmektedir.

Fan manikasının baş tarafa bakın açıklıklarından gelen soğuk havanın etkisiyle birlikte sıcak gazlar baş kaportanın alt kısmından daireyi terk etmektedir. Baş kaportadan gelen soğuk havanın bir kısmının ise daireye yayılması yardımcı makine tarafından engellenmektedir. Yangın yüküklüğünün artması ile birlikte kaportalardaki içeri yönlü akış durmakta, fan manikasının sadece baş tarafa bakan açıklıklarında içeri doğru azalan akış görülmektedir. Sahil güvenlik gemisi makine dairesi yangınlarına benzer şekilde yangın büyüklüğünün artması ile daire içi basıncında net artışlar görülmektedir.

Perde temaslı yangın sonuçları incelendiğinde sahil güvenlik gemisindeki duruma benzer olarak açıklıklardaki içeri yönlü akışın arttığı görülür. Hatta bu durum mayın avlama gemisinde daha belirgindir. Perde boyunca yükselip güverteye çarpan sıcak gazlar güverte boyunca baş tarafa doğru ilerlediklerinde fan manikasının kıç tarafa bakan açıklıkları ile karşılaşır. Sahil güvenlik gemisinde sıcak gazların ilerleme hattı ile paralel olan bu açıklıklar mayın avlama gemisinde ilerleme hattına dik olduğundan yarattığı etki daha fazladır. Aynı büyüklükteki orta mevkii yangınında kaportalarda iki yönlü akış görülürken perde temaslı yangında kaportaların tüm alanlarından içeri doğru bir akış olmaktadır. Fan manikasının alt açıklıklarında sadece sıcak gaz tahliyesi mevcutken perde temaslı yangında büyük oranda akış içeri yönlüdür. Yangın büyüklüğünün artırılması ile birlikte fan manikasının kıç tarafa bakan açıklıkları sıcak gazları tahliyede yetersiz kalmakta, manikanın alt kısmından geçen sıcak gazların alt açıklıklardan da daireyi terk etmeye başladığı görülmektedir.

Fırkateyn sınıfı savaş gemisinin makine dairesinde ise orta mevki yangınları 1A gaz türbini kapsülü ile 1B gaz türbini ve dişli kutusu arasında yer almaktadır. Kapsüller nedeniyle baş kısma doğru bir hareket oluşturmamayan yangın dairenin kıç tarafına doğru yayılım göstermektedir. Baş tarafta mevcut kaportalardan ve kıç havalandırma açıklığından içeriye doğru devam eden akış da yangını kıç tarafa yönlendirmektedir. Kıç havalandırmada iki yönlü akış oluşmaktadır. Aşağı yönlü akış neticesinde sıcak gazlar dairenin kıç kısmında sancak ve iskele tarafında yoğunlaşmaktadır.

Makine dairesinin iskele tarafında bulunan yağlama yağı tanklarının varlığı yangının bu yöndeki hareketini kısıtlamaktadır. İskele baş alt kaportadan gelen soğuk havanın önünde herhangi bir engel bulunmadığından bu bölgedeki sıcaklık değerleri düşük olmaktadır.

Ancak sancak alt kaportadan gelen soğuk havayı yağlama yağı kuleri sınırlamaktadır. Üst platformda ise sancak üst kaportanın önünde herhangi bir engel mevcut değilken iskele üst kaporta hizasında soğuk havanın girişini kimen engelleyen yıkama ünitesi mevcuttur.

İlk iki makine dairesinde de görüldüğü üzere fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesinde oluşturulan 3 MW' lık yangın büyüklüğü sonucu dairenin belirli bölgelerinde ortam sıcaklığının yangın yüzeyi sıcaklığı olarak verilen değeri aştığı görülmektedir. Ancak bu sıcaklık farkı sahil güvenlik ve mayın avlama gemisine oranla çok daha fazladır. Bu duruma dairenin boyutlarının sebep olduğu değerlendirilmiştir. Hacim büyük olduğundan biriken sıcak gaz miktarıda o oranda artmıştır.

Fırkateyn sınıfı savaş gemisi makine dairesinde oluşturulan 0.5 MW' lık orta mevkii yangın büyüklüğünde baş ve orta fan açıklıklarında içeriye doğru akış görülmezken, perde temaslı yangında bu durum görülür. İçeri doğru akış nedeni ile sıcak gazlar dairenin alt bölgesinde birirmektedir. Perde temaslı yangında orta mevkii yangınına göre sancak alt kaportadan sadece sıcak gazların tahliye edilmesi bu duruma işaret eder. Yangın büyüklüğünün artması ile birlikte açıklıklardan içeri doğru olan akışlar azalmakta dolayısıyla elde edilen değerler artmaktadır.

Sürekli durum yangın modellerinden elde edilen sonuçlarda; üç savaş gemisinin de havalandırma açıklıklarının alanlarının belirli yangın büyüklüklerinden sonra daire içerisinde biriken sıcak gazları tahliye etmede yetersiz kaldıkları, makine dairelerinde bulunan sistemlerin ve cihazların makine dairesi içerisindeki yerleşimlerinin, yangının daire içinde yayılmasını etkilediği, sistem ve cihazların konumları ile birlikte boyutları oranında kaportalardan ve havalandırma açıklıklarından daire içersine olan soğuk hava girişini engelleyebildikleri ya da yönünün değişmesine sebep olarak yangını etkilediği, yine sistem ve cihazların yangının başlangıç mevkisine bağlı olarak yayılma hattını belirlediği, perde yangınlarının orta mevkii yangınlarına oranla yangının daire üzerindeki etkisini azalttığı görülmüştür.

Elde edilen sonuçlardan, havalandırma açıklıklarının sıcak gazları tahliyede yetersiz kalmaları tespiti bu çalışmanın kapsadığı yangın senaryolarının en kötü duruma göre dizayn edilmesinden kaynaklanmaktadır.

Savaş gemilerinin herhangi bir bölmesinin mekanik havalandırma yerine doğal havalandırma açıklığı ile donatılması istisnai bir durumdur. Bu husus, sahil güvenlik gemisinin makine dairesinde görüldüğü üzere, basıncı fanların daire içinde yarattığı pozitif basınç sonucu ortam havasının doğal açıklıklardan tahliyesi esasına dayanır. Bunun haricinde savaş gemilerinin kapalı mahallerinin havalandırılması mekanik yolla yapılmaktadır. Duman tahliyesi ya da yangın emniyeti gibi düşünceler ile güverteler üzerinde doğal havalandırma açıklığı bulunmaz. Savaş gemisinin her şart ve durumda görev yapabilme kabiliyetine sahip olması gerektiğinden, özellikle kimyasal, nükleer ve biyolojik (KBRN) harp şartlarında tam bir sızdırmazlık durumunu sağlaması gerekir. Doğal havalandırma açıklıkları bu hususa olumsuz yönde etki yapacağından savaş gemilerinin dizaynında bu tür açıklıklar bulunmaz.

Bu çalışmada bahsedilen havalandırma açıklıkları, makine dairelerinin mekanik havalandırma sistemlerinin fan devreleri ve açıklıklarıdır. Savaş gemilerinin yangınla mücadele doktrinleri, yangın durumunda, yangının hava ile temasını kesmek adına bu açıklıkların süratle izolesini emreder. Yangının söndüğünden tamamen emin olmadan da tekrar devreye alınmazlar. Yeniden parlama olmayacağına emin olunduktan sonra duman ve zehirli gaz tahliyesinde bu devreler ve açıklıklar kullanılabilir.

Bu çalışmada ele alınan yangın senaryoları, bahsedilen açıklıkların; personelin yaralanması, makine dairesi içinde infilak meydana gelmesi ya da yüksek sıcaklıklar nedeniyle kapama klepelerinin deformasyonu neticesinde kapatılamadıkları öngörülerek tasarlanmıştır.

Son olarak, 0.5 MW büyüklüğündeki bir yangının orta mevkide başlaması durumundaki zamana bağlı çözümleri her bir makine dairesi için bulunmuştur. Yangın güvenliği alanında yapılan deneyler sonucu tespit edilen en hızlı büyüme oranı katsayısına sahip maddelerin yanması sonucunda dahi sabit yangın büyüklüğüne ulaşma süreleri 75 s. olarak kabul edilmiştir. Oysa ki bir savaş gemisinin makine dairesinde çıkabilecek bir yangının 75 s. süresince fark edilmeden ve müdahale edilmeden sürmesi kabul edilebilir bir durum değildir. Ticari gemilerden farklı olarak savaş gemilerinin personel sayıları oldukça fazladır. Bu durum geminin kritik mahallerinin 24 saat süresince boş bırakılmamasına imkan sağlar. Özellikle mahalde mevcut sistemlerden herhangi birinin çalışır pozisyonunda olduğu durumlarda mahalde muhakkak nöbetçi bir personel bulunur.

Nöbetçi bulunan personelin görev disiplinine bağlı olmakla birlikte meydana gelebilecek bir yangın durumu herhangi bir alev ya da duman sensöründen gelebilecek bir uyarıdan çok daha kısa sürede fark edilir. Bu personelin uyarısıyla birlikte yangın gelişme safhasını tamamlayarak sabit safhaya ulaşmadan kontrol altına alınarak herhangi bir sabit yangın söndürme sistemine ihtiyaç duyulmaksızın söndürülebilir.

Gelişen teknoloji ile birlikte alev ve duman sensörleri gemilerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu sistemlerin faal hale geçebilmesi için sınır değerler yine insanlar tarafından belirlenmektedir. Belirlenen sınır değerlerine ulaşmaya kadar bu sensörlerden herhangi bir uyarı almak mümkün değildir. Örneğin herhangi bir makine dairesinin tavanında mevcut bir alev sensöründen, tavan civarındaki sıcaklık 65 °C'ye ulaşmadan bir uyarı alınamaz. Alevli bir yanmada bu sıcaklığa çabuk ulaşılabilir fakat için için yanma durumunda tavan sıcaklığının aynı değere ulaşması çok daha uzun sürer. Oysa li makine dairesinde bir personel bulunması durumunda koku nedeniyle yangın çok çabuk fark edilebilir. Yukarıda açıklananlar ışığında zamana bağlı modeller için yangının fark edilme süresi 20 s. olarak belirlenmiştir. Bu süre sonunda ulaşılan ortam sıcaklıkları ve yangının yayılması gözlenerek, yangına müdahale edecek personelin herhangi bir koruyucu teçhizata ihtiyaç duymadan yangına müdahale edip edemeyeceği değerlendirilmiştir.

Sahil güvenlik gemisi makine dairesinde orta mevkide 0.5 MW büyüklüğünde 20 s. süresince oluşturulan yangın sonucu dairenin baş kaportasından daire içine doğru soğuk hava girişi devam etmektedir. Buna rağmen daire içerisindeki en düşük ortam sıcaklığı 500 K yani 200 °C' dir. Personelin bu sıcaklıkta günlük kıyafetleri ile yangınla mücadele etmesi mümkün değildir. Ancak her gemide mevcut müdahale timlerinin kullandığı nomex elbiseler vasıtasıyla yangına müdahale edilebilir. Barış şartlarında seyir yapan bir gemide 20 s. içerisinde personelin koruyucu elbiselerini ve duman maskesini kuşanarak yangına müdahaleye başlaması söz konusu olmadığından sahil güvenlik gemisinde oluşabilecek böyle bir yangın ancak sabit yangın söndürme sistemleri ile müdahale edilerek söndürülebilir.

Zamana bağlı yangın modeli sonucu mayın avlama sınıfı bir savaş gemisinin makine dairesinde oluşturulan 0.5 MW' lık bir yangında baş ve kık kaportadan daire içine soğuk hava girişi olduğu görülmüştür.

Böyle bir yangın durumunda her iki kaportanın birinden yardıma gelecek ya da yangına müdahale edecek personel günlük kıyafetleriyle dahi mahale girebilir. Sıcak gazlarının kaportalar vasıtasıyla gemi içine yayılmadığı görülmektedir. Kaporta ağızlarında mevki alacak bir müdahale kolu herhangi bir koruyucu teçhizata gerek duymadan yangına müdahale edebilecektir. Yangın söndürücü olarak su kullanıldığı taktirde, buharlaşma yardımıyla da müdahale kolunun ilerleme hattı üzerindeki sıcaklıklar giderek düşecek ve mücadeleyi kolaylaştıracaktır.

Fırkateyn sınıfı bir savaş gemisinin makine dairesinde zamana bağlı olarak oluşturulan 0.5 MW'lık bir yangında kış kaporta civarında oluşan yüksek sıcaklık değerleri nedeniyle bu yönden bir müdahale koruyucu giysi olmadan söz konusu değildir. Ancak iskele ve sancak baş üst kaportalardaki düşük sıcaklık değerleri nedeniyle yangına müdahale edecek personel rahatlıkla bu kaportalardan daireye girebilir. Bu durumda personel herhangi bir koruyucu elbiseye ihtiyaç duymadan yangınla mücadele edebilir.

Zamana bağlı yangın modeli sonucunda sahil güvenlik gemisi personeli yangına müdahale edemezken, mayın avlama ve fırkateyn sınıfı savaş gemisi personeli koruyucu teçhizata ihtiyaç duymadan yangına müdahale edebilmektedir. Bu durum makine dairesi boyutlarının ve dizaynının, yangının yayılmasını ve yangınla mücadeleyi nasıl etkilediğini göstermektedir.

Bu çalışmada üç ayrı savaş gemisi makine dairelerinde oluşan üç farklı yangın büyüklüğü iki farklı mevkide incelenmiştir. Gelecek çalışmalarda gemi sayısı daha az tutularak makine dairesi tamamen gerçek durumu yansıtacak şekilde oluşturulabilir. Bu çalışmada dairelerde mevcut ana makine, gaz türbini kapsülü gibi büyük hacimli sistemler modele dahil edilmiştir. Daha küçük hacimli tulumbalar, elektrik dağıtım panelleri, seperatör üniteleri, filtre grupları gibi sistemlerde modele dahil edilerek gerçek bir makine dairesi oluşturulabilir.

Fırkateyn sınıfı savaş gemisinde fan açıklıkları toplu olarak gösterilmiştir. Fan devrelerinin makine dairesi içindeki yerleri modele eklenerek fan açıklıkları devre ağızlarında oluşturulabilir.

Bu çalışmada yanma olayı sıcak hava girişi şeklinde modellenmiştir. Gelecek çalışmalarda yanma olayı ve kimyasal reaksiyonlar modele dahil edilerek daha gerçekçi bir model elde edilebilir.

Halon gazının kullanımının yasaklanması ile birlikte halona alternatif birçok yangın söndürme sistemi gemilerde kullanılmaya başlanmıştır. Farklı sabit yangın söndürme sistemleri modele eklenerek, yangın söndürme etkinlikleri incelenebilir. Son yıllarda temizliği, basitliği ve daire içerisinde oluşan sıcaklığı efektif şekilde azaltması ile öne çıkan su sisi yangın söndürme sisteminin diğer söndürücülerle ortak kullanımının nasıl bir sonuç vereceği modellenabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Leblanc, D.**, 1998. Fire Environments Typical of Navy Ships, MSc Thesis, Worcester Polytechnic Institute, NE, 12-18.
- [2] **Url-1** < <http://www.dnv.com>>, alındığı tarih 05.04.2011.
- [3] **Yıldız, E.**, 2005. Makine Dairesinde Çıkan Bir Yangının Matematiksel Modellenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] **Sülüs, A.**, 2008. Makine Dairesi Yangınlarına Açıklıkların Etkisinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] **Yii E.H, Fleischmann C.M, Buchanan A.H.**, 2005 Experimental study of fire compartment with door opening and roof opening, *Fire Materials*,**29**,315-334.
- [6] **Peacock, R.D., Reneke, P.A., Jones, W.W., Bukowski, R.W. and Forney, G.P.**, 2000. A User's Guide for FAST: Engineering Tools for Estimating Fire Growth and Smoke Transport, NIST SP-921, National Institute of Standards and Technology and Society of Fire Protection Engineers, Gaithersburg, MD.
- [7] **NFPA-92B**, 1999. Guide for Smoke Management Systems in Malls, Atria and Large Areas, *National Fire Protection Association*, Quincy, Massachusetts.
- [8] **Klote, J.H.**, 1994. Method of Predicting Smoke Movement in Atria with Application to Smoke Management, NISTIR 5516, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland.
- [9] **NFPA-204M**, 1998. Guide for Smoke and Heat venting, *National Fire Protection Association*, Quincy, Massachusetts.
- [10] **Karlsson B. And Quintiere G.**, 1999. Enclosure Fire Dynamics, CRC Pres LLC, Florida.
- [11] **Url-2** < <http://www.mace.manchester.ac.uk>>, alındığı tarih 01.04.2011.
- [12] **Olenick, S.M and Carpenter, J.C**, 2003. An Updated International Survey of Computer Models of Fire and Smoke, *Combustion Science & Engineering, Inc.*, Columbia, USA.

- [13] **SFPE-204M**, 2002. Handbook of Fire Protection Engineering, 3^d Edition, 3-25.
- [14] **Lawrence Livermore Laboratory**, 1983. Fire-Protection Research for DOE Facilities: FY-82 Year-End Report, University of California, Livermore, California, 94550, 20-36.
- [15] **Liu Y., Moser A., and Sinai Y.**, 2008: Comparison of a CFD Fire Model against a Ventilated Fire Experiment in an Enclosure, *International Journal of Ventilation*, Vol.3 no 2.
- [16] **Url-3** < <http://www.fluent.com>>, alındığı tarih 07.02.2011.
- [17] **Lloyd, J.L.**, 2003. Natural Convection and Radiation Heat Transfer in Small Enclosures With a Non-Attached Obstruction, *MSc Thesis*, Texas A&M University, TX.
- [18] **Yaping, H. and Wang, J.**, 2002. Smoke venting and fire safety in an industrial warehouse, *Fire Safety Journal*, **37**, 191-215.
- [19] **Balık, G.**, 2003. Geniş Hacimlerde Duman Hareketlerinin Sayısal İncelenmesi, Tez, İTÜ, İstanbul.
- [20] **Lin, Z. and Chow, T.**, 2006. Validation of a CFD Model for Research into Stratum Ventilation, *International Journal of Ventilation*, **5**, 345-364.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Halil Kaan Gözalan
Doğum Yeri ve Tarihi: Balıkesir 07.01.1981
Adres: Deniz Kuvvetleri Komutanlığı
Lisans Üniversite: Deniz Harp Okulu