



Ateşli Silahlarda Mermi Çapının Akış Alanına Etkisinin Nümerik İncelenmesi

Numerical Investigation of the Effects of Bullet Diameter on the Flow Field of Firearms

Seyda Özbektaş¹, Bilal SUNGUR²

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
• seyda.ozbektas@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0001-7399-733X

²Samsun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
• bilal.sungur@samsun.edu.tr • ORCID > 0000-0002-7320-1490

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 24 Ocak / January 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 21 Şubat / February 2022

Yıl / Year: 2022 | **Cilt – Volume:** 2 | **Sayı – Issue:** 1 | **Sayfa / Pages:** 1/14

Atıf/Cite as: Özbektaş, S. ve Sungur, B "Ateşli Silahlarda Mermi Çapının Akış Alanına Etkisinin Nümerik İncelenmesi - Numerical Investigation Of The Effects Of Bullet Diameter On The Flow Field Of Firearms". Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Teknolojisi Dergisi - Ondokuz Mayıs University Journal of Engineering Sciences And Technology 2(1), March 2022:

1/14

Sorumlu Yazar: Bilal SUNGUR

ATEŞLİ SİLAHLARDA MERMİ ÇAPININ AKIŞ ALANINA ETKİSİNİN NÜMERİK İNCELENMESİ

ÖZET

Temel olarak bir silahtan istenen yıkıcı bir etki göstermesidir. Ancak yıkım etkisi arttırılmak istendiğinde geri tepme kuvveti de artmakta ve bu durum incelenmesi gereken bir konu olarak güncelliğini korumaktadır. Ateşli silahta geri tepme kuvvetini oluşturan etki mermi kovanında bulunan barutun yanmasına bağlı olarak ortaya çıkan yüksek basınçlı gazdan kaynaklanmaktadır. Yüksek basıncın etkisiyle harekete geçen merminin etrafındaki akış alanının tahmin edilmesi bu anlamda oldukça önem arz etmektedir. Ancak bu durumun tahmin edilmesi oldukça karmaşık bir iştir. Karmaşıklıklar, yüzey geometrisi, türbülans, hesaplama alanındaki zaman değişikliği, sıkıştırılabilirlik, gaz denklemleri gibi çok sayıda faktörün varlığından kaynaklanmaktadır. Akış bölgesine doğrudan etkisi olan faktörlerden birisi de mermi geometrisidir. Bu çalışma kapsamında, mermi çapının akış alanı üzerindeki etkisi nümerik olarak incelenmiştir. Nümerik modellemede Fluent paket programı kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar iki boyutlu ekstenel simetrik, zaman bağlı şartlarda gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalar sonucunda mermi etrafında oluşan basınç dağılımı, namlu ekseninden farklı konum boyunca çizilmiş ve bu konumlarda farklı zaman değerleri için basınç değerleri gösterilmiştir. Ayrıca, farklı konumlarda farklı mermi çaplarına ait modellerde meydana gelen hız ve sıcaklık dağılımları da incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, mermi çapı arttıkça mermi hızlarının da arttığı (sabit kütle durumunda), mermi çapının artmasıyla namlu çıkışında meydana gelen şok dalgalarının boylarının arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, çap arttıkça mermi etrafındaki havanın sıcaklığının azaldığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Nümerik modelleme, Dinamik analiz, Mermi, Namlu, Akış alanı.

NUMERICAL INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF BULLET DIAMETER ON THE FLOW FIELD OF FIREARMS

ABSTRACT

Basically, it is required of a weapon is to have a devastating effect. However, when the destruction effect is desired to be increased, the recoil force also increases and this situation remains current as a subject that needs to be examined. The effect that creates the recoil force in the firearm is due to the high pressure gas that occurs due to the combustion of the gunpowder in the bullet casing. Estimation of

the flow area around the projectile, which is activated by the effect of high pressure, is very important in this sense. However, estimating this situation is quite complex. The complexities are due to the presence of a large number of factors, such as surface geometry, turbulence, time change in the calculation field, compressibility, gas equations, etc. One of the factors that have a direct impact on the flow zone is the bullet geometry. In this study, the effect of bullet diameter on the flow field was investigated numerically. In numerical modelling Fluent program was used. Calculations were carried out in two-dimensional axisymmetric, transient, compressible conditions. As a result of the calculations, the pressure distribution around the projectile was drawn along a position different from the barrel axis, and pressure values were shown for different time values at these positions. In addition, the velocity and temperature distributions that occur in models of different bullet diameters at different locations have also been studied. When the results were examined, it was determined that as the bullet diameter increases as observed that the temperature of the air around the bullet decreased as the diameter increased.

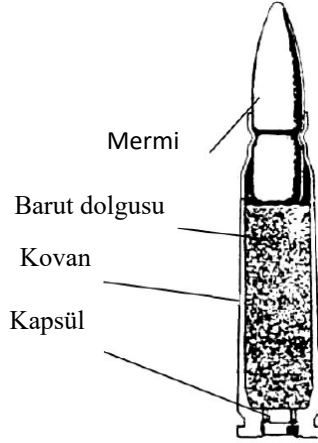
Keywords: Numerical modelling, Dynamic analysis, Bullet, Barrel, Flow region

Öne çıkanlar

- Mermi çapı arttıkça mermi hızları da artmıştır.
- En yüksek pik basınçlar 25 mm çaplı mermi modelinde meydana gelmiştir.
- Mermi çapının artmasıyla namlu çıkışında meydana gelen şok dalgalarının boyları artmıştır.

1. GİRİŞ

Silah mühimmatı diğer bir adıyla fişek; kovan, kapsül (tutuştırma sistemi), sevk barutu ve mermi (çekirdek) olmak üzere dört temel parçadan oluşur. Kovan, esas olarak barut dolgusunu ve kapsülü barındırır ve mermiyi tutar. Kovanın arkasında kapsül bulunur. Mekanizma içerisinde bulunan iğne kapsüle vurarak kapsül şapkası ile örs arasındaki kimyasal bileşiğin sıkıştırılarak parlaması sağlanır. Sevk barutu olarak kara barut veya özellikle son yıllarda dumansız barut adıyla bilinen barutlar kullanılmaktadır. Dumansız teriminin esası yanma ürünlerinin karabaruta nazaran çoğunlukla gaz halinde olmasından ileri gelmektedir. Karabarut, kükürt, odun kömürü ve potasyum nitratin bir karışımıdır. Dumansız barutlar ise nitroselüloz, nitroselüloz ve nitrogliserin; nitroselüloz, nitrogliserin ve nitroguanin içerir çok bazlı olabilirler [1]. Bir fişeğe ait parçalar Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1 Hafif silah fişğine ait parçalar [2]

Ateşli silahlarda, kovanda yer alan barutun yanması ile katı fazdan gaz fazına geçilmekte ve kimyasal enerji ısı enerjisine dönüşmektedir. Barut gazlarının ısınması ile namlu içerisinde genişleme olmakta ve bu durum namlu içerisindeki sıcaklığın ve basıncın artmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda merminin ilk hareketi sağlanmakta ve namlu boyunca hızlanarak hareketini sürdürmektedir. Merminin silah içindeki ve dışındaki hareketini ve bu hareket sonucunda hedef üzerinde meydana gelen etkiyi inceleyen bilim dalı balistik adıyla bilinir. İç balistik alanı, ateşleme başlangıcından merminin silah namlusunu terk edinceye kadar meydana gelen olayların tümüyle ilgiliyken, merminin namluyu terk ettikten hedefe ulaşmaya kadar geçen zaman içinde meydana gelen olaylar dış balistik ile ilgilidir. İç ve dış balistiklerin deneysel olarak testlerinin gerçekleştirilmesi pahalı, zaman alıcı ve zordur.

Ateşli silahlarda namlu boyu, yiv-set oranı, mermi kütlesi, mermi boyutları gibi merminin hareketini etkileyen çeşitli parametreler vardır [2]. Bu parametrelerden yararlanılarak merminin namludan çıktıktan sonraki hareketi modellenilebilir. Ancak kararsızlıklar, sıkıştırılabilirlik ve zamana bağlılık gibi faktörler sebebiyle namludan çıkan bir merminin modellenmesi oldukça karmaşıktır. Prensip olarak merminin etrafındaki akış zamana bağlı olarak gelişecek ve değişecektir. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ile son derece karmaşık kararsız, sıkıştırılabilir akış olaylarının çözülmesi mümkündür. Kararsız mermi aerodinamiğini deneysel olarak araştırmak ise çok kısa test süreleri gerektirmesi sebebiyle oldukça pahalı

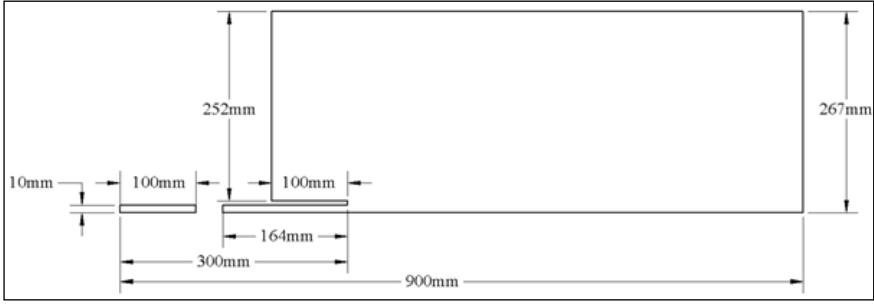
ve zordur. Teorik yaklaşımla çözümde ise, merminin aerodinamiğinde yer alan güçlü sıkıştırılabilirlik etkileriyle birlikte, kararsızlık ve üç boyutluluk gibi nedenlerden dolayı kolay değildir. Bu nedenlerden dolayı günümüzde HAD ile mermi hareketinin modellenmesi daha çok tercih edilmektedir.

Mermi hareketinin akış alanı üzerindeki etkisiyle ilgili literatürde birçok araştırma yapılmıştır [3-18]. Luo vd. [3] çalışmalarında bir silahın namlusundan ortam havasına fırlatılan mermi sırasında meydana gelen dinamik süreçlerin nümerik hesaplamalarını yapmışlardır. Xavier [13] çalışmasında 200 mm uzunluğundaki namluda 3450 atm basınç ve 2500 K sıcaklıktaki mermi için bir ateşli silahın basınç ve ses dağılımının analizini gerçekleştirmiştir. Ayrıca mermi kütlesi, basıncı ve sıcaklığının akış alanına etkisini incelemiştir. Zhao vd. [14] çalışmalarında, namlu ağız baskılayıcı küçük kalibreli tüfeklerden karmaşık jet akışlarının neden olduğu impuls gürültüsüne odaklanmışlardır. Simülasyonlarının sonucunda namlu ağız baskılayıcısının akış alanını ve sesin yön dağılımını değiştirdiğini belirtmişlerdir. Huerta-Torres vd. [15] 5.56 mm kalibreli bir tüfek için ses baskılayıcısının etkisini sayısal ve deneysel olarak incelemiştir. Selech vd. [16] yaptıkları çalışmada, mermilerin hareketine yönelik matematiksel bir model ortaya koymuşlardır. Jonghoon vd. [17] bir namludan boşalan karmaşık akışların ürettiği darbeli gürültü üzerine sayısal bir çalışma yapmışlardır. Namlu ağız etrafındaki karmaşık akış özellikleri ve gürültü oluşturma mekanizmalarını sayısal olarak tartışmışlardır. Hesaplamalarında iki boyutlu aksel simetrik çözüm gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarından elde ettikleri sonuçlar doğrultusunda, hesaplamalı aeroakustik yöntemleri kullanan sayısal simülasyonun, yalnızca namlu ağız akışının patlama dalgası dinamiklerini belirlemek için güvenilir bir yol sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda, etkileşim nedeniyle gürültü oluşumu ve yayılımının fizikini ve ayrıntılı mekanizmalarını inceleme fırsatı da sağladığını gösterdiğini belirtmişlerdir. Hudson vd. [18], küçük kalibreli silahlar için baskılayıcıların tasarımında kullanılan hesaplama modellerinin doğruluğunu incelemiştir. Bu kapsamda model bir baskılayıcı tasarlayarak deneyler ve simülasyonlar gerçekleştirmişlerdir. Mevcut simülasyonların, çıplak namlu ve baskılayıcı konfigürasyonları tarafından üretilen akustik sinyalin hem seviyelerini hem de özelliklerini doğru bir şekilde tahmin edebildiğini ve baskılayıcı tasarım sürecinde hesaplama modellerinin kullanımının yararlı olduğunu ifade etmişlerdir.

Literatürdeki çalışmaların büyük çoğunluğu patlama anında ses şiddetini azaltmaya yönelik olarak namlu ağız baskılayıcısı ve susturucu tasarımı ve bunların namlu etrafındaki akışa etkisi ile ilgilidir. Ancak mermi geometrisinin akışa etkisiyle ilgili çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu çalışmada, farklı çaplara sahip mermilerin hareketinin akış alanı üzerindeki etkisi nümerik olarak incelenmiştir. Nümerik hesaplamalarda Fluent paket programı kullanılmıştır. Hesaplamalar iki boyutlu aksel simetrik, kararsız, sıkıştırılabilir şartlarda gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEMLER

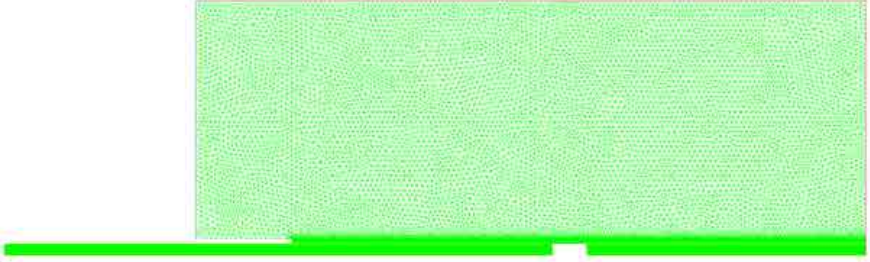
Bu çalışmada 15 mm, 20 mm ve 25 mm olmak üzere farklı mermi çaplarına sahip bir silahın basınç patlaması analizi nümerik olarak modellenmiştir. Merminin akış alanı içerisindeki hareketi Fluent paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Geometri ve sınır koşulları literatürdeki [13] çalışma baz alınarak seçilmiştir. Hesaplamalar çözüm süresinden tasarruf etmek için iki boyutlu olarak gerçekleştirilmiştir. Mermilerin kütlesi her üç model için aynı ve 97 gram olarak seçilmiştir. Mermiyi hedefe göndermesi için gerekli namlu uzunluğu 200 mm ve merminin ilk hareketi için gerekli yanma odası uzunluğu 100 mm'dir. Namlu çapları her modeldeki mermi çaplarıyla aynı uzunluktadır. Merminin alacağı toplam yol uzunluğu 900 mm'dir. Mermi çapının 20 mm olduğu nümerik modelin geometrisi Şekil 2'de detaylı olarak verilmiştir. Diğer geometriler mermi çapı dışında aynı olduğu için verilmemiştir.



Şekil 2 Oluşturulan modelin geometrik ölçüleri

Merminin namlu boyunca hareketi modellenirken geometrinin sınır koşulları zamanla değişmektedir ve akış kararsız hale gelmektedir. Bu durumda akışı modellemek için dinamik ağ yapısı kullanılmıştır. Dinamik ağ yapısında sınırlar zamana bağlı olarak değişmektedir. Bu bağlamda merminin hareket ettiği alan rijit (hareketli), mermiyi çevreleyen ortam ise hareketsiz olarak seçilmiştir. Rijit bölge boyunca ağ elemanları dörtgensel olarak seçilmiş ve bu eleman yapısında daha stabil çalışan katmanlama (layering) metodu dinamik ağ örme yöntemi olarak seçilmiştir. Çözüm süresini kısaltmak için dış ortam rijit bölgeye göre daha kaba ağ yapısıyla örülmüştür. Dış ortamda rijit bölgeye yakın mesafelerde dörtgensel, uzak bölgelerde üçgensel ağ yapıları kullanılmıştır. Merminin namlu boyunca serbestçe hareket edebilmesi Altı Serbestlik Derecesi (Six-DOF) seçeneği aktif edilerek sağlanmıştır. Merminin önü ve tabanı hareketli, yeni ağ yapılarının ekleneceği yanma odası tabanı ve rijit bölge çıkışındaki kenar hareketsiz olarak tanımlanmıştır. Tüm geometride uygulanan ağ yapısı 68681 eleman sayısı ve 59910 noktadan oluşmaktadır. Elde edilecek sonuçların güvenilirliği ağ yapısının eleman kalitesine, ortogonal kaliteye ve çarpıklık değerlerine bağlıdır. Bu bağlamda eleman kalitesinin 1'e

yakın olması, ortogonal kalitenin 0.75-1 aralığında olması ve çarpıklık değerinin 0-0.25 aralığında olması istenir. Yapılan çalışmadaki ağ yapısı, eleman kalitesi 0.98, ortogonal kalite 0.98 ve çarpıklık 0.02 değerleriyle bu şartları sağlamıştır. Geometriye ait ağ yapısı Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3 Ağ yapısı genel görünümü

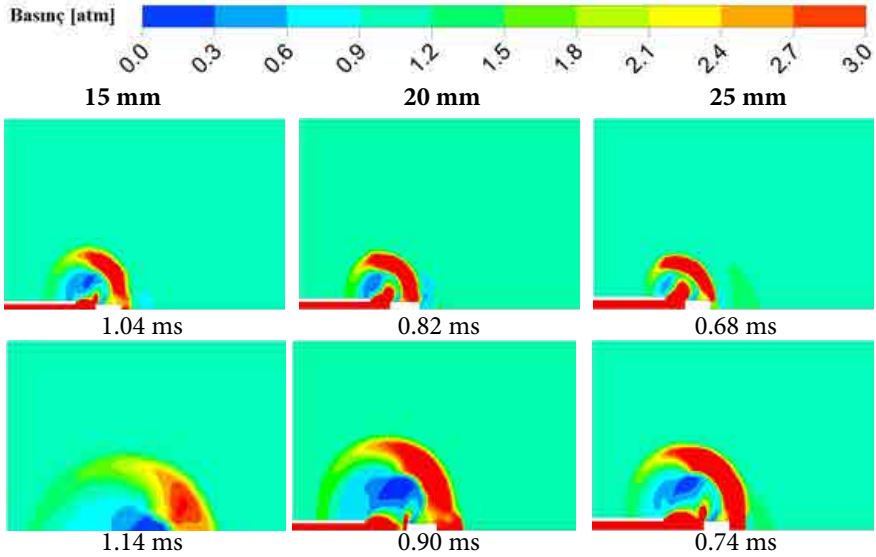
Merminin namlu ağzından çıktıktan sonra meydana getirdiği akışı modellemek için Spalart-Allmaras türbülans modeli nümerik analizde kullanılmıştır. Analizlerde akışı daha gerçeğe yakın modelleyebilmek için havanın yoğunluğu soave redlich kwong real gaz modeli seçilmiştir. Mermi hareketini başlatacak yanma odasında basınç 2500 atm, sıcaklık 2500 K, mermiyi çevreleyen ortamın basıncı ise 1 atm, sıcaklığı 300 K girilmiştir. Fluent içinde çözücü tipi yoğunluğa-dayalı (Density-Based), zamana bağlı, iki boyutlu aksenal simetrik (Axisymmetric) olarak seçilmiştir. Çözüm metodu olarak Implicit Formulation, akış tipi olarak Advection Upstream Splitting Method (AUSM) seçilmiştir. Zaman adımı büyüklüğü 10-7 s girilip, tüm denklemlerde yakınsama kriteri değeri 10-3 sağlanıncaya kadar iterasyonlar sürdürülmüştür.

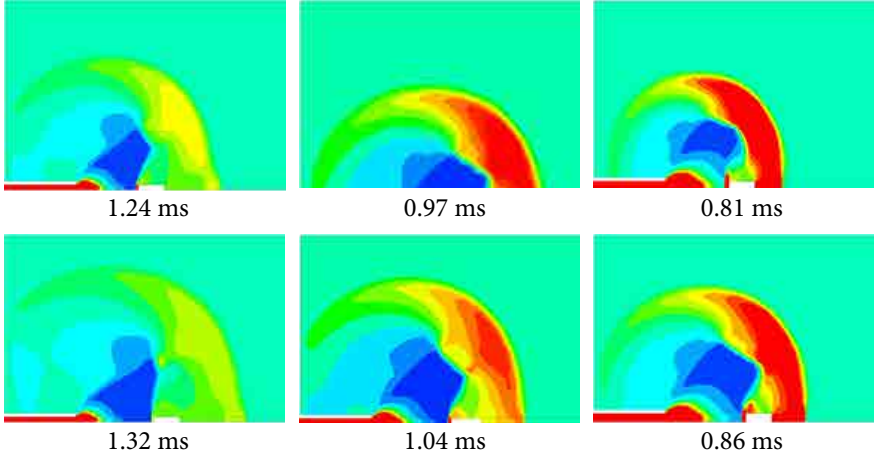
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bir silah ateşlendiğinde mermi arkasındaki yüksek basınçlı gaz mermiye itme kuvveti uygular ve etkiyle birlikte mermi hedefe doğru hareket eder. Bu hareketle birlikte hava sürekli olarak sıkışır ve bu durum bir dizi sıkıştırma dalgalarının meydana gelmesine sebep olur. Merminin sahip olduğu ivme nedeniyle bir önceki sıkıştırma dalgalarının hızı daha yavaş olmaktadır. Farklı mermi çaplarına ait modellerde farklı konumlardaki basınç, sıcaklık ve hız konturları Şekil 4 ile Şekil 6 arasında verilmiştir. Mermi hızlarının çapa göre değişmesinden dolayı seçilen sabit bir konumda her üç modelde elde edilen süre farklı olmaktadır. Şekillerde de her üç model için seçilen konumlar aynı olacak şekilde karşılaştırılma yapılmıştır. Modeller arasında karşılaştırılmanın daha iyi yapılabilmesi için basınç, sıcaklık ve hız skalaları aynı olacak şekilde ayarlanmıştır. Her üç durumda da yanma odası basıncı 2500 atm'dir ve mermi namlu içinde yol aldıkça basınç değeri azalmaktadır.

Mermi çapı arttıkça merminin taban alanı büyümüş ve buna bağlı olarak etki eden kuvveti artmıştır. Bu durumda mermi hızları artan mermi çaplarıyla birlikte artmıştır. Bu durum şekillerde görülmektedir. Mermi çapının 15 mm olduğu durumda merminin namludan çıkış süresi yaklaşık 0.94 ms iken bu süre 20 mm mermi çapında yaklaşık 0.74 ms, 25 mm mermi çapında yaklaşık olarak 0.62 ms'dir.

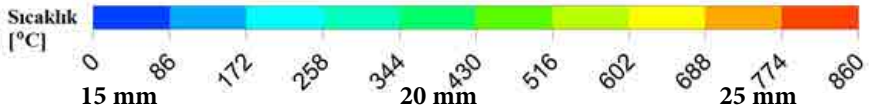
Şekil 4'te farklı konumlarda farklı mermi çaplarına ait modellerde meydana gelen basınç dağılımları gösterilmiştir. Basınç konturları değerlendirildiğinde mermi önünde yüksek, mermi arkasında ise düşük basınçlı alanlar meydana gelmiştir. Üç modelde de zamanla şok dalgaları daha geniş alana yayılmış fakat namludan çıktıktan sonra merminin havayı sıkıştırmasıyla oluşan basınç değerleri giderek azalmıştır. Mermi çapları açısından değerlendirildiğinde, çap büyüdükçe şok dalgalarının boyunun arttığı ve mermi önünde oluşan basınç değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu bağlamda en büyük şok dalgaları 25 mm mermi çapında meydana gelirken, en küçük şok dalgaları 15 mm mermi çapının olduğu modelde oluşmuştur. Diğer taraftan her üç modelde de merminin namludan ilk çıktığı anda mermi önünde ölçülen en yüksek basınç değerleri 15 mm, 20 mm ve 25 mm çaplarındaki mermi modellerinde sırasıyla 4.20 atm, 5.86 atm ve 6.50 atm iken son durumda sırasıyla 2.06 atm, 2.95 atm, 3.95 atm'dir.

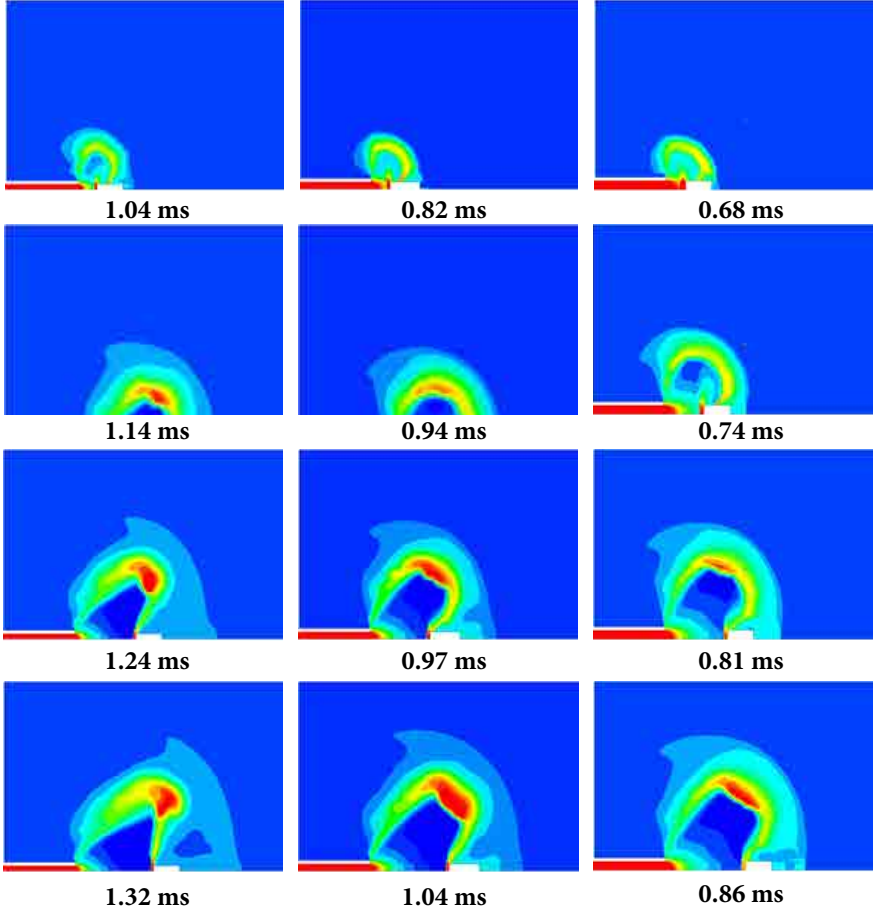




Şekil 4 Farklı konumlarda farklı mermi çaplarına ait modellerde meydana gelen basınç dağılımları. Yukarıdan aşağıya namludan itibaren mermi konumları sırasıyla 27 mm, 57 mm, 85 mm ve 111 mm

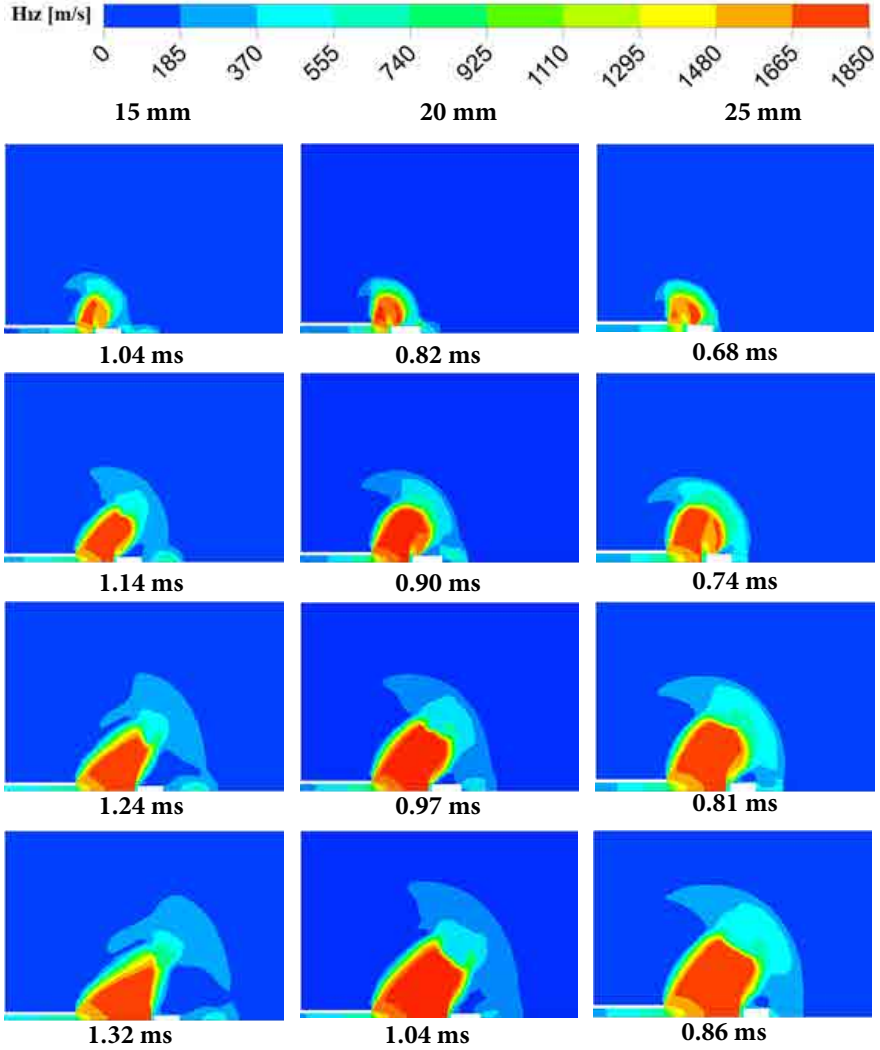
Şekil 5'te farklı konumlarda farklı mermi çaplarına ait modellerde meydana gelen sıcaklık dağılımları gösterilmiştir. Sıcaklık konturları incelendiğinde, her üç modelde de namludan çıktıktan sonra merminin hemen arkasındaki hava sıcaklıkları bu bölgede meydana gelen ani basınç düşüşleri etkisiyle oldukça azalmıştır. Diğer taraftan merminin yan taraflarındaki hava sıcaklıkları zamanla artmıştır. 15 mm çaplı modelde sıcaklık 1.24 ms'deki konuma kadar arttıktan sonra düşüşe geçmiştir. Merminin etrafındaki havanın sıcaklık gradyanları zamanla daha geniş alana yayılmıştır. Bu bağlamda Şekil 5'e göre merminin namludan ilk çıktığı anda 15 mm, 20 mm ve 25 mm çaplarındaki mermi modellerinde merminin etrafında meydana gelen en yüksek sıcaklıklar sırasıyla yaklaşık olarak 860°, 850° ve 650° iken son durumda (Şekil 5'te verilen el attaki konum) en yüksek sıcaklıklar sırasıyla 1180°, 1250°, 907°'dir. Şekil 5'te daha iyi değerlendirme yapılabilmesi amacıyla sıcaklık skalası en yüksek 860° olacak şekilde sınırlandırılmıştır. Mermi çaplarının etkisi karşılaştırıldığında, çap arttıkça mermi etrafındaki havanın sıcaklığı azalmıştır.





Şekil 5 Farklı konumlarda farklı mermi çaplarına ait modellerde meydana gelen sıcaklık dağılımları. Yukarıdan aşağıya namludan itibaren mermi konumları sırasıyla 27 mm, 57 mm, 85 mm ve 111 mm

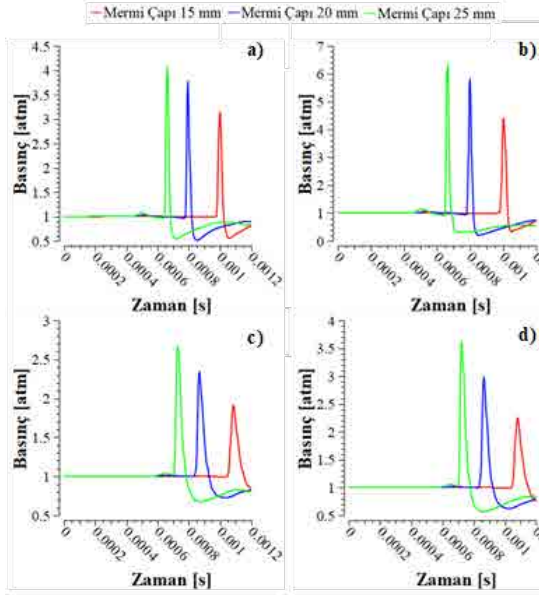
Şekil 6'da farklı konumlarda farklı mermi çaplarına ait modellerde meydana gelen hız dağılımları gösterilmiştir. Her üç modelde de merminin namluyu terk etmesiyle mermi arkasında meydana gelen hava hızları bir süre artmış daha sonrasında ise düşüşe geçmiştir. Bu durum hız konturlarından görülebileceği gibi farklı zamanlarda meydana gelen en yüksek hava hızlarının karşılaştırılmasıyla da görülebilir. Bu bağlamda 15 mm çaplı mermi modelinde 1.04 ms'deki en yüksek hız 1753 m/s iken 1.14 ms'de en yüksek hız 1820 m/s ve 1.32 ms'de en yüksek hız 1801 m/s'dir. Aynı şekilde 20 mm çaplı mermi modelinde ise 0.82 ms'deki en yüksek hız 1750 m/s iken 0.97 ms'de en yüksek hız 1845 m/s ve 1.04 ms'de en yüksek hız 1832 m/s'dir. Mermi çaplarındaki değişimlerin ise hava hızları üzerinde belirgin bir etkisi olmamıştır.



Şekil 6 Farklı konumlarda farklı mermi çaplarına ait modellerde meydana gelen hız dağılımları. Yukarıdan aşağı namludan itibaren mermi konumları sırasıyla 27 mm, 57 mm, 85 mm ve 111 mm

Şekil 7'de $y=0.05$ m ve $y=0.1$ m doğruları üzerindeki $x=0.30$ m ve $x=0.32$ m noktalarında elde edilen basınç değerlerinin zamana bağlı değişimleri gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde, $y=0.05$ m doğrusu üzerindeki pik basınçlar $y=0.1$ doğrusu üzerindeki basınçlardan daha yüksek olduğu görülmektedir. Aynı doğru üzerinde $x=0.32$ m konumundaki pik basınçlar ise $x=0.30$ m noktasındaki

basınç değerlerinden yüksek çıkmaktadır. Mermi hızının 15 mm çapta en düşük olmasından dolayı pik basınçlar bu modelde diğerlerine göre daha geç meydana gelmiştir. En yüksek pik basıncı $x=0.32$ m ve $y=0.05$ m koordinatlarında yaklaşık olarak 0.0006 saniyesinde 25 mm çaplı merminin olduğu modelde elde edilmiştir. Bu değer yaklaşık olarak 6.4 atm'dir. En düşük pik basınç ise $x=0.30$ m ve $y=0.1$ m koordinatlarında yaklaşık olarak 0.0011 saniyesinde 15 mm çaplı mermi modelinde meydana gelmiştir. Bu basınç değeri yaklaşık olarak 1.9 atm'dir.



Şekil 7 Farklı mermi çaplarına ait modellerde a) $x= 0.30$, $y=0.05$, b) $x=0.32$ m, $y=0.05$ m, c) $x=0.30$, $y=0.1$, d) $x=0.32$, $y=0.1$ koordinatlarındaki zamana bağlı basınç değişimleri

4. Sonuçlar

Bir silah ateşlendiğinde barutun yanmasıyla ortaya çıkan yüksek basınç ile silahta hem geri tepme kuvveti hem de yüksek ses şiddeti meydana gelir. Bu gibi durumların optimize edilmesi için namlu içerisinde hareket eden bir mermiyi modelleyip, onu çevreleyen akış alanında meydana gelen akış olaylarının incelenmesi gerekmektedir. Gerçekte böyle bir karmaşık akış alanını deneysel olarak incelemek oldukça zor olduğundan nümerik modelleme programları sıklıkla kullanılır. Bu çalışmada da farklı mermi çaplarının akış alanı üzerindeki etkileri nümerik olarak modellenmiş ve sonuçlar basınç, sıcaklık ve hız konturları cinsinden değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre:

- Mermi çapı arttıkça mermi hızları da artmıştır.
- Mermi çapının artmasıyla namlu çıkışında meydana gelen şok dalgalarının boyları artmıştır.
- Mermi çaplarının etkisi karşılaştırıldığında, çap arttıkça mermi etrafındaki havanın sıcaklığı azalmıştır.
- Her üç durumda da merminin namluyu terk etmesiyle mermi arkasında meydana gelen hava hızları bir süre artmış daha sonrasında ise düşüşe geçmiştir.
- Mermi çaplarındaki değişimlerin hava hızları üzerinde gözle görülür bir etkisi olmamıştır.
- En yüksek pik basınçlar 25 mm çaplı mermi modelinde meydana gelirken en düşük pik basınçlar 15 mm çaplı mermi modelinde elde edilmiştir.
- Bu sonuçlara göre en yüksek geri tepme ve ses şiddetinin 25 mm çaplı mermi modelinde, en düşük geri tepme ve ses şiddetinin 15 mm çaplı mermi modelinde meydana geleceği tahmin edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Ö. Özyılmaz, Hafif Silah Tasarımının Balistik Açından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, 2010.
- [2] D. Sürmeli, "Neşeli S. Mermi Namlu Çıkış Hızı Ve Enerjisini Etkileyen Parametrelerin Optimizasyonu," Selçuk Teknik Dergisi, c. 19, s. 3, 2020.
- [3] Y. Luo, D. Xu, H. Li, "Analysis of the Dynamic Characteristics of the Muzzle Flow Field and Investigation of the Influence of Projectile Nose Shape," Appl Sci, c. 10, s. 4, 2020
- [4] X. Jiang, B. Fan, H. Li, "Numerical investigations on dynamic process of muzzle flow," Appl Math Mech, c. 29, ss. 351-360, 2008.
- [5] G. Le, D. Ma, Y. Feng, G. Shi, Z. Zhu, X. Song, "Numerical simulation of muzzle blast flowfields of large caliber guns," c. 25, ss. 19-22, 2004.
- [6] E.M. Schmidt, D.D. Shear, "Optical Measurements of Muzzle Blast," AIAA J, c. 13, ss. 1086-1091, 1975.
- [7] K.S. Fansler, E.M. Schmidt, "Trajectory perturbations of asymmetric fin-stabilized projectiles caused by muzzle blast," J Spacecr Rockets, c. 15, ss. 62-64, 1978.
- [8] T. Mathur, J.C. Dutton, "Base-Bleed Experiments with a Cylindrical Afterbody in Supersonic Flow," J Spacecr Rockets, c. 33, ss. 30-37, 1996.
- [9] J.C.T. Wang, G.F. Widhopf, "Numerical simulation of blast flowfields using a high resolution TVD finite volume scheme," Comput Fluids, c. 18, ss. 103-137, 1990.
- [10] C. Zhuo, F. Feng, X. Wu, Q. Liu, H. Ma, "Numerical simulation of the muzzle flows with base bleed projectile based on dynamic overlapped grids," Comput Fluids, c. 105, ss. 307-320, 2014.
- [11] R.A. Carson, O. Sahni, "Numerical investigation of propellant leak methods in large-caliber cannons for blast overpressure attenuation," Shock Waves, c. 24, ss. 625-638, 2014.
- [12] J.E. Danberg, C.J. Nietubicz, "Predicted flight performance of base-bleed projectiles," J Spacecr Rockets, c. 29, ss. 366-372, 1992.
- [13] S. Xavier, "Numerical Analysis of Gun Barrel Pressure Blast Using Dynamic Mesh Adaption," PhD Thesis, Embry-Riddle Aeronautical University, Florida, USA, 2011.
- [14] X.Y. Zhao, K.D. Zhou, L. He, Y. Lu, J. Wang, Q. Zheng, "Numerical Simulation and Experiment on Impulse Noise in a Small Caliber Rifle with Muzzle Brake," Shock Vib, 5938034, 2019.
- [15] J. Huerta-Torres, U. Silva-Rivera, V. Verdusco-Cedeño, L. Flores-Herrera, J. Sandoval-Pineda, "Numerical and

- Experimental Analysis of Sound Suppressor for a 5.56 mm Calibre," *Def Sci J*, c. 71, s.1, ss. 12-17, 2021.
- [16] J. Selech, A. Kilikevičius, K. Kilikevičienė, S. Borodinas, J. Matijošius, D. Vainorius, et al. "Force and Sound Pressure Sensors Used for Modeling the Impact of the Firearm with a Suppressor," *Appl Sci*, c. 10, s. 3, 2020.
- [17] J. Bin, M. Kim, S. Lee, "A numerical study on the generation of impulsive noise by complex flows discharging from a muzzle," *Int J Numer Methods Eng*, c. 75, ss. 964-991, 2008.
- [18] M. Hudson, C. Luchini, K. Clutter, W. Shyy, "CFD approach to Firearms sound suppressor design," *American Institute of Aeronautics and Astronautics*, 1996.