



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

FİZİK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**İÇ BALİSTİKTE NAMLU İÇERİSİNDEKİ KOVAN AĞZINDA
BULUNAN BARUT HAKKINA BAĞLI OLARAK YANMA
BOSLUĞUNDAKİ HACMİN OPTİMAL DEĞERİNİN TESPİTİ VE
NAMLU AĞZINDAKİ BASINC DAĞILIMLARINI VE MERMİ
HIZINDAKİ DEĞİŞİMLERİNİN DENEYSEL ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yusuf YEKELER

Danışman: Doç. Dr. M. Numan BAKIRCI

TOKAT- 2025

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. M. Numan BAKIRCI danışmanlığında hazırlamış olduğum “İç Balistikte Namlu İçerisindeki Kovan Ağzında Bulunan Barut Hakkına Bağlı Olarak Yanma Boşluğundaki Hacmin Optimal Değerinin Tespiti Ve Namlu Ağzındaki Basınç Dağılımlarını Ve Mermi Hızındaki Değişimlerinin Deneysel Analizi” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

31/01/2025

Yusuf YEKELER

JÜRİ KABUL VE ONAY

Yusuf Yekeler tarafından hazırlanan “İç Balistikte Namlu İçerisindeki Kovan Ağzında Bulunan Barut Hakkına Bağlı Olarak Yanma Boşluğundaki Hacmin Optimal Değerinin Tespiti Ve Namlu Ağzındaki Basınç Dağılımların Ve Mermi Hızındaki Değişimlerinin Deneysel Analizi ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 31/01/2025 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

İmzası

Üye (Başkan) : Prof. Dr. İbrahim YİĞİTOĞLU

.....

Üye : Prof. Dr. Hüseyin TOPAKLI

.....

Üye : Doç. Dr. M. Numan BAKIRCI

.....

ONAY

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

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın hazırlanması esnasında değerli düşüncelerini benimle paylaşan, yardımlarını esirgemeyen, deneyimleri ile beni yönlendiren, bana büyük destek olan tez yöneticisi çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Mustafa Numan BAKIRCI'ya sonsuz teşekkür ediyorum. Tez çalışmalarım esnasında, konumun belirlenmesi aşamasından son şeklini alıncaya kadar bana destek olan bilgilerinden faydalandığım Goldforce Makine ve Kimya Tic. San. A.Ş Genel Müdürü Mehmet TÖK' e ve Genel Müdür Yardımcısı Ekrem CANDAN' a çok teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	ix
ABSTRACT.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ	1
2. GELİŞEN TEKNOLOJİ İLE BARUT	9
2.1. Barut Hakkında	11
2.2. Barutun Kullanım Alanları.....	16
2.3. Barutun Sınıflandırılması	19
2.3.1. Katı Barutlar	21
2.3.2. Sıvı Barutlar	21
2.4. Kara Barut	22
2.5. Sevk Barutu	24
2.5.1. Diğlikollu Sevk Barutları.....	30
2.6. Barut Cinsleri	31
2.6.1. Karabarut	31
2.6.2. Nitrogliserinli Barutlar.....	32
2.7. Ballıstıt	33
2.7.1. Kordıt	34
2.7.2. Nitrosellülozlu Barutlar	35
2.7.3. Çift Bazlı Barutlar:.....	35
2.7.3.1. Jelatinize Barutlar	35
2.7.3.2. Elyafı Barutlar	36
2.7.3.3. Elyafı ve Jelatinize Barutların Mukayesesi:	36
2.7.4. Dökme Barutlar.....	37
2.8. Muhtelif Ülkelerde İmal Edilen Av Barutları.....	38
2.8.1. İngiliz Barutları.....	38

2.8.2.	Kıta Avrupası Barutları	39
2.8.2.1.	Belçika Barutları.....	39
2.8.2.2.	Fransız Barutları (1939 Öncesi):	40
2.8.2.3.	Alman Barutları (1939 öncesi)	40
2.8.2.4.	İsveç Barutları (1939 Öncesi):.....	41
2.8.2.5.	Amerikan Barutları	41
2.9.	Barutun Özellikleri.....	44
2.9.1.	Dumansız Barutun Özellikleri	44
2.9.1.1.	Fiziksel Özellikler	44
2.9.1.2.	Patlayıcı Özellikler	45
2.10.	Barutun Tane Geometrileri	49
2.10.1.	Barutlar	49
2.11.	Barutun iç balistik olaylarına etkisi	52
2.11.1.	Lineer yanma hızı sabitleri	54
2.11.2.	Tane geometrisi etkisi	54
2.11.3.	Tane büyüklüğü etkisi	55
2.12.	Barut Üretimi.....	59
2.12.1.	Silindirik Barut Üretimi	59
2.12.2.	Küresel Barut Üretimi.....	60
3.	BALİSTİK.....	62
3.1.	Balistiğin Tarihçesi.....	62
3.2.	Termal Balistik	70
3.3.	Hedef Balistiği	72
3.4.	Ara Balistik	72
3.5.	Adli Balistik	73
3.6.	Yara Balistiği.....	73
3.7.	Dış Balistik.....	74
3.7.1.	Hareket denklemi	77
3.7.2.	Hal denklemi	77
3.7.3.	Enerji dengesi	78
3.7.4.	Sürtünme kuvveti ve mermi çekirdeğinin dönmesi	78
3.7.5.	Isı kaybı.....	79
3.7.6.	Mermi çekirdeğinin dönme enerjisi	79

3.7.7.	Balistik Katsayısı	80
3.7.8.	Coriolis Etkisi	80
3.8.	Balistik Çevrim	81
3.9.	Silâh Sistemleri	82
3.9.1.	Namlu.....	83
3.9.2.	Mermi dizaynı ve stabilizasyonu	84
3.10.	Basınç- Hareket Eğrisi.....	86
3.11.	Bir Silâh Sistemi ve Şarjın Etkinliği	89
3.11.1.	İdeal Gaz Yaklaşımı	91
3.11.2.	Gerçek Gaz Yaklaşımı ve Nobel-Abel Hal Denklemi	92
3.11.3.	Yanma Hızı	93
3.12.	İç Balistik.....	94
3.13.	Vallier-Heydenreich Metodu ile Silahların Namlu İç Balistiğinin İncelenmesi	100
4.	İÇ BALİSTİK ANALİZİ.....	103
4.1.	İç Balistikte Verim.....	108
4.1.1.	Balistik (Termodinamik) verim.....	109
4.1.2.	Piyezometrik (Basınç) verim	109
4.2.	Barutun iç balistik olaylarına etkisi.....	109
4.2.1.	Lineer yanma hızı sabitleri	111
4.2.2.	Tane geometrisi etkisi	112
4.2.3.	Tane büyüklüğü etkisi	113
4.3.	İç Balistik	116
5.	SİLAH TANIM VE TARİHİ.....	127
5.1.	Silahın Tarihsel Gelişimi	127
5.2.	Silah Sistemleri	130
5.2.1.	Ateşli Silahlar	131
5.2.2.	Havali Silahlar	135
5.2.3.	Susturucu	137
5.3.	Silah Sistemleri	138
5.4.	Silah Sistemleri Unsurları	141
5.4.1.	Namlu.....	141
5.4.2.	Kovan.....	141

5.4.3.	Kapsül	141
5.4.4.	Barut.....	142
5.4.5.	Yiv-Set.....	142
5.4.6.	Hatve.....	142
5.4.7.	Çap (Kalibre)	143
5.4.8.	Silah Beşik Sistemi	143
5.4.9.	Silah Kundak Sistemi.....	143
5.5.	Ateşleme Tertibatı	144
5.5.1.	Tetik	144
5.5.2.	İğne	144
5.5.3.	İğne Yayı	144
5.5.4.	Horoz	144
5.5.5.	Horoz mesnedi ve yayı	144
5.6.	Ateşli Silahlar.....	145
5.7.	Silahların Sınıflandırılması	146
5.7.1.	Ateşli Silahlar	147
5.7.1.1.	Ağır Ateşli Silahlar	147
5.7.1.2.	Hafif Ateşli Silahlar	149
5.8.	Silahların Sınıflandırılması	156
5.9.	Ateşli Silahlarda Bazı Önemli Kavramlar.....	158
5.9.1.	Fişek.....	158
5.9.2.	Kovan.....	158
5.9.3.	Kapsül	159
5.9.4.	Barut.....	159
5.9.5.	Mermi Çekirdeği.....	160
5.9.6.	Ateşli Silahlarda Çap	161
5.10.	Nükleer Silahlar	161
5.11.	Fişekler	163
5.11.1.	Tabanca Fişekleri	164
5.11.2.	Av Tüfeği Fişekleri	166
5.11.3.	Yarı Otomatik Silah	167
5.11.4.	Fişek.....	167
5.12.	Hafif Silahlar	168

5.12.1. Hafif Silah Mühimmatı	169
5.12.1.1. Fişek kovanı.....	169
5.12.1.2. Tutuşturma sistemi (kapsül)	169
5.12.1.3. Mermi	170
5.12.1.4. Sevk barutu	172
5.12.2. Namlu.....	172
5.12.2.1. Kama boşluğu	172
5.12.2.2. Atım yatağı	172
5.12.2.3. Zorlama konisi.....	173
5.12.2.4. Yiv-set	173
5.13. Fişegin Yapısı	174
5.14. Mermi Tasarımı	176
5.15. Basınç-Hareket Eğrisi.....	178
6. MATERYAL ve YÖNTEM	197
6.1. Sürecin Gerçekleştiği Hacim.....	199
6.2. Test Düzenegi.....	201
6.3. Test Ortamı.....	205
6.4. Test Mermileri	206
6.5. Test Barutu Küresel Barut.....	207
7. BULGULAR VE TARTIŞMA	209
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	218
KAYNAKLAR.....	221

ÖZET

İÇ BALİSTİKTE NAMLU İÇERİSİNDEKİ KOVAN AĞZINDA BULUNAN BARUT HAKKINA BAĞLI OLARAK YANMA BOŞLUĞUNDAKİ HACMİN OPTİMAL DEĞERİNİN TESPİTİ VE NAMLU AĞZINDAKİ BASINÇ DAĞILIMLARININ VE MERMİ HIZINDAKİ DEĞİŞİMLERİN DENEYSEL ÇALIŞMALARLA ANALİZİ

YEKELER, Yusuf

Yüksek Lisans, Fizik Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mustafa Numan BAKIRCI
Şubat 2025, 224 Sayfa

Bu çalışmada, NATO fişegi kovanı içerisine küresel barut kullanılarak farklı barut miktarlarıyla dolumu yapılarak, NATO mermisinin iç balistik etkileri deneysel ve teorik olarak incelenmiştir. Standart NATO fişegi kovanına önceden belirlenen barut türü ve miktarlarında dolum yapılarak, özel atış poligonu ortamında test denemeleri yapılmıştır. Aynı zamanda dolum yapılan barut miktarının namlu iç balistik değerlerine etkisi de belirlenmiştir. Elde edilen değerler kıyaslanarak barut dolum miktarları arasında kovan içindeki baruta bağlı olarak yanma boşluğundaki hacmin en uygun değeri tespit edilerek iç balistik şartlar araştırılmıştır. Balistik analizi sırasında aynı şartlarda en az beş atış yapılarak ölçümleri yapılmıştır. Kovan ağzındaki barut hakkına bağlı olarak yanma boşluğundaki hacmin tespiti, mermi hızı, namlu iç basıncı, namlu ağzı basıncı, namlu çıkış zamanı ölçülmüştür. Küresel barutu farklı dolum miktarlarına göre hazırlanan deney numunesi fişeklerin tüm iç balistik değerleriyle birlikte analizlerine ait uygulamalı sonuçları, grafik ve tablolar haline getirilerek karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur. Genel olarak NATO mermisi içerisindeki barut miktarını arttıkça barut hakkına yaklaştıkça yanma boşluğundaki hacim azalır dolayısıyla namlu kullanımında iyileşmeler görülmüştür. Değerlendirmeler sonucunda, küresel barut kullanılarak yapılan atışların yanma boşluğundaki hacmin tespitiyle mermi hızına, namlu içi basıncına, namlu ağzı basıncına etkisi tespit edilmiştir. Yapılan bu tez çalışmasıyla farklı miktarlardaki barut kullanılarak yanma boşluğundaki hacmin sayısal analizi başarılı bir şekilde yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İç balistik, NATO mermisi, Barut hakkı, Yanma boşluğu, Namlu basıncı

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE OPTIMAL VALUE OF THE VOLUME IN THE COMBUSTION CAVITY DEPENDING ON THE GUNPOWDER RIGHT IN THE MOUTH OF THE BARREL IN INTERNAL BALLISTICS AND ANALYSIS OF THE PRESSURE DISTRIBUTIONS IN THE MOUTH OF THE BARREL AND THE CHANGES IN THE BULLET VELOCITY WITH EXPERIMENTAL STUDIES

YEKELER, Yusuf

Master's Thesis, Department of Physics
Advisor: Assoc. Prof. Dr. M. Numan BAKIRCI
February 2025, 224 Pages

In this study, the internal ballistic effects of the NATO bullet were investigated experimentally and theoretically by filling the NATO cartridge case with different amounts of gunpowder using spherical gunpowder. The standard NATO cartridge case was filled with predetermined gunpowder types and amounts, and test trials were conducted in a special shooting range environment. At the same time, the effect of the amount of gunpowder filled on the internal ballistic values of the barrel was also determined. The obtained values were compared and the optimal value of the volume in the combustion cavity depending on the gunpowder in the cartridge case was determined between the gunpowder filling amounts and the internal ballistic conditions were investigated. During the ballistic analysis, at least five shots were fired under the same conditions and measurements were made. The determination of the volume in the combustion cavity depending on the gunpowder charge in the cartridge case mouth, bullet speed, internal barrel pressure, muzzle mouth pressure, and muzzle exit time were measured. The applied results of the analyzes of the test sample cartridges prepared according to different filling amounts of spherical gunpowder, together with all their internal ballistic values, were presented in a comparative manner by turning them into graphs and tables. In general, as the amount of gunpowder in the NATO bullet increases, the volume in the combustion cavity decreases as it approaches the gunpowder charge, and therefore improvements were observed in barrel use. As a result of the evaluations, the effect of the shots made using spherical gunpowder on the bullet speed, barrel internal pressure, and muzzle pressure was determined by determining the volume in the combustion cavity. With this thesis study, the numerical analysis of the volume in the combustion cavity using different amounts of gunpowder was successfully performed.

Keywords: Internal ballistics, NATO cartridge, Propellant Charge, Combustion Chamber, Barrel Pressure

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Geri tepmeli orta kalibre silahta enerji dağılımı	14
Tablo 2.2. Sevk barutunun kimyasal bileşikleri	27
Tablo 2.3. Sevk barutunun kimyasal bileşikleri	27
Tablo 2.4. Terkip	43
Tablo 2.5. Dumansız Av Barutu Tip I	43
Tablo 2.6. Dumansız Av Barutu Tip II:	44
Tablo 2.7. İmlâ yoğunluğuna bağlı olarak, parçalanma ürünlerinin terkihi.	46
Tablo 2.8. Tüfek namlusunda gaz sıcaklığı ve gaz basıncı.	46
Tablo 2.9. CO ₂ /CO Oranı	47
Tablo 2.10. Barutun terkihinin, özellikleri üzerine etkisi.....	47
Tablo 2.11. Amerikan nitrosellülozlu barutları ile İngiliz nitrogliserinli barutlarının yanma ısısı, gaz hacmi ve yanma hızları.....	49
Tablo 3.1. Orta kalibreli bir top için enerji dağılımı.	85
Tablo 3.2. İdeal gaz hal denklemini oluşturan prensipler	91
Tablo 4.1. Geri tepmeli orta kalibre silahta enerji dağılımı	108
Tablo 5.1. Canik marka TP9 SFX tabancanın teknik özellikleri.....	167
Tablo 5.2. 9×19 mm çapında fişğin teknik özellikleri.....	168
Tablo 5.3. 7,62 mm NATO Barutu	194
Tablo 5.4. 7,62 mm Normal Fişek Barutu	194
Tablo 5.5. 7 mm (0.5 cal) Fişek Barutu.....	195
Tablo 5.6. 12.7 mm (0.5 cal) Fişek Barutu.....	195
Tablo 5.7. 20 mm Fişek Barutu	196
Tablo 5.8. 7.65 mm Tabanca Barutu	196
Tablo 5.9. 9 mm Tabanca Barut	196
Tablo 6.1. Kalashnikov (7.62×39mm) Barutu	197
Tablo 6.2. 5.56×45mm Barutu (barut hakkı 1.65gr)	198
Tablo 6.3. 7.62×51mm Barutu (barut hakkı 2.90gr).....	198
Tablo 6.4. 5.56×45mm Barutu(barut hakkı 1.60gr)	199
Tablo 6.5. 7.62×51mm Barutu (barut hakkı 2.85gr)	199
Tablo 7.1 5.56×45mm Yanma Boşluğunun Basıncı Ve Hıza Etkisi.	209
Tablo 7.2 7.62×51mm Yanma Boşluğunun Basıncı Ve Hıza Etkisi.	211

Tablo 7.3 9×19mm Yanma Boşluğunun Basınç Ve Hıza Etkisi.....	213
Tablo 7.4.12.7×99mm Yanma Boşluğunun Basınç Ve Hıza Etkisi.....	215
Tablo 7.5 20×102mm Yanma Boşluğunun Basınç Ve Hıza Etkisi.....	216



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Katı Barut Şekilleri	21
Şekil 2.2. Namlu içinde gaz basıncı ve hızın değişimi grafiği.....	29
Şekil 2.3. Yaygın olarak kullanılan barut tane geometrileri	50
Şekil 2.4. Barutun basınca etkisi	52
Şekil 2.5 Farklı barut tane geometrilerinin yanma miktarına göre yüzey alanı	54
Şekil 2.6. Barut tane boyutunun etkisi	55
Şekil 2.7. Barut tanelerinin basınç- namlu boyu grafiğine etkisi.....	57
Şekil 3.1. Ballista	75
Şekil 3.2. Balistik Çevrim	81
Şekil 3.3. Basınç- mermi hareketi eğrisine etki eden parametreler.....	88
Şekil 3.4. Silah mermi ilişkisi ile silindir piston arasındaki benzerlik.....	90
Şekil 3.5. Silindirik çubuk barut tanesinde yanma.....	93
Şekil 3.6. Ateşleme sırasındaki basınç-zaman değişimi.....	98
Şekil 3.7. Balistik kısımlar	99
Şekil 4.1. Mermi ve kovanın namlu içindeki görünümü.....	104
Şekil 4.2. İç balistik sürecinde basınç-yol ilişkisi	106
Şekil 4.3. Barutun basınca etkisi	110
Şekil 4.4. Farklı barut tane geometrilerinin yanma miktarına göre yüzey alanı	112
Şekil 4.5. Barut tane boyutunun etkisi	114
Şekil 4.6. Barut tanelerinin basınç- namlu boyu grafiğine etkisi.....	115
Şekil 4.7. Mermi tipleri.	120
Şekil 4.8.Değişik kalibreye sahip mermiler.	121
Şekil 4.9. Namlu içi mesafe-oluşan basınç ilişkisi.	124
Şekil 5.1.Otomatik tabanca çalışma prensibi	129
Şekil 5.2. Ateşli hafif silahın yapısı	133
Şekil 5.3. CO ₂ tüplü silahın iç yapısı	136
Şekil 5.4. Susturucunun montajı ve kesit görünüşü	137
Şekil 5.5. Silahlar ve silah sistemleri.	139
Şekil 5.6. Namlu mukavemet talepleri, Tipik tasarımı	145
Şekil 5.7. Ateşli silahın çalışma prensibi	146

Şekil 5.8. Silahların Sınıflandırılması	146
Şekil 5.9. Ateşli Silahların Sınıflandırılması.....	147
Şekil 5.10. Elektromanyetik top.....	148
Şekil 5.11. Havan topu ve T-122 Roketatar	148
Şekil 5.12. Hafif ateşli silahların sınıflandırılması.....	149
Şekil 5.13. Kısa namlulu toplu tabanca	150
Şekil 5.14. Canik TP9-SFX Reddot şarjörlü tabanca.....	152
Şekil 5.15. Fortune bullpup şarjörlü av tüfeği	154
Şekil 5.16. Bir fişegin yapısı	163
Şekil 5.17. Ateş edilen A) Mermi Çekirdeği ve B) Yiv- Set Çekirdek Üzerinde Bıraktığı İz.....	164
Şekil 5.18. Çevresel (kenar) vuruşlu mermi ve Merkezi vuruşlu mermi	166
Şekil 5.19. Av tüfeği fişegin bölümleri A) İri kurşunlu B) Sayısız kurşunlu	166
Şekil 5.20. Canik marka TP9 SFX model yarı otomatik silah	167
Şekil 5.21. MKE 9×19 mm parabellum fişek	168
Şekil 5.22. Hafif silah fişeklerinin tipik yapısı	169
Şekil 5.23. Hafif silah fişeklerinde tutuşturma sistemlerinin tipik yapısı	170
Şekil 5.24. 5,56mm SS109 ve 5,45mm AK-74 mermileri	171
Şekil 5.25. Zırh delici mermi örnekleri	171
Şekil 5.26. Yiv-Set profil görünüşü	173
Şekil 5.27. Namlu içinden yiv görünümü (Wikipedia'dan 2017).....	174
Şekil 5.28. NATO Mermisine ait hafif silah fişegin yapısı	175
Şekil 5.29. Mermi tasarım ara yüzü (Eroğlu, 2002).....	176
Şekil 5.30. Tipik mermi gösterimi (Nalbant, 1997).	178
Şekil 5.31. Basınç Mermi hareketi eğrisine etki eden parametreler.....	179
Şekil 6.1. Mermi hareket etmeden önceki durum	199
Şekil 6.2. Merminin hareketinin hacim değişimine etkisi.....	201
Şekil 6.3. Test Mermisi atış düzeneği	202
Şekil 6.4. Test mermisi atış düzeneği	202
Şekil 6.5. BMS Balistik Program	203
Şekil 6.6. Hız ölçer düzeneği	203
Şekil 6.7. Sinyal butonu	203
Şekil 6.8. Fotosel hız ölçer düzeneği	204

Şekil 6.9. BMS Balistik Program.....	205
Şekil 6.10. Test Mermisi Atış Poligonu.....	206
Şekil 6.11. NATO mermilerine ait resim görülmektedir.	206
Şekil 6.12. Yanma Boşluğu	211
Şekil 7.1.5.56×45mm Yanma Boşluğunun Basınca Etkisinin Grafiği.	210
Şekil 7.2. 5.56×45mm Yanma Boşluğunun Mermi Hızına Etkisinin Grafiği	211
Şekil 7.3.7.62×51mm Yanma Boşluğunun Kovan Ağzı Basınca Etkisinin Grafiği..	212
Şekil 7.4.7.62×51mm Yanma Boşluğunun Namlu İçi Basınca Etkisinin Grafiği	212
Şekil 7.5. 7.62×51mm Yanma Boşluğunun Mermi Hızına Etkisinin Grafiği	213
Şekil 7.6. 9×19mm Yanma Boşluğunun Kovan Ağzı Basınca Etkisinin Grafiği.....	214
Şekil 7.7. 9×19mm Yanma Boşluğunun Mermi Hızına Etkisinin Grafiği	214
Şekil 7.8.12.7×99mm Yanma Boşluğunun Kovan Ağzı Basınca Etkisinin Grafiği..	215
Şekil 7.9.12.7×99mm Yanma Boşluğunun Mermi Hızına Etkisinin Grafiği	216
Şekil 7.10. 20×102mm Yanma Boşluğunun Kovan Ağzı Basınca Etkisinin Grafiği	217
Şekil 7.11.20×102mm Yanma Boşluğunun Mermi Hızına Etkisinin Grafiği	217

SİMGE VE KISALTMALAR

Simge

Açıklama

mm	Milimetre
cm	Santimetre
μm	Mikrometre
g	Gram
T	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
F	Kuvvet
$^{\circ}\text{C}$	Celsius derecesi
MPa	Mega Pascal (Basınç)
inç	İngiliz uzunluk ölçü birimi
J	Joule
t_0	Başlangıç Zamanı
L	Uzunluk
Lp	Ses Şiddet Seviyesi
dB	Desibel
CO	Karbon monoksit
CO ₂	Karbon Dioksit
H ₂ O	Su
H ₂ S	Hidrojen Sülfür
K ₂ CO ₃	Potasyum Karbonat
K ₂ SO ₄	Potasyum Sülfat

Kısaltma

Açıklama

NATO	Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü
EGM	Emniyet Genel Müdürlüğü
TSK	Türk Silahlı Kuvvetleri
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
ASELSAN	Askerî Elektronik Sanayi
ROKETSAN	Roket Sanayii ve Ticaret AŞ
TUSAŞ	Türk Uçak Sanayii Anonim Ortaklığı

1. GİRİŞ

Yirmi birinci yüzyılın en etkileyici teknolojik devrimlerinden biri olarak tanımlanan yapay zekâ, modern çağın en önemli teknolojik yeniliklerinden biri haline gelmiştir. Çağımızın elektriği olarak adlandırılan yapay zekâ, özellikle son yıllarda hızla artan veri üretimi ve bu verilerin işlenmesine yönelik gelişmiş teknikler sayesinde büyük bir ivme kazanmıştır. Günümüzde yapay zekanın önemi, yalnızca teknolojik inovasyonlarla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda küresel ekonomiye ve toplumsal yapıya etkisiyle de kendini göstermektedir. Araştırma şirketlerinin yaptığı projeksiyonlar, 2030 yılına kadar yapay zekanın küresel ekonomiye yaklaşık 16 trilyon Amerikan doları katkı sağlayacağını ve bu süreçte gelişmiş ülkelerdeki nüfusun büyük bir bölümünün günlük işlerinde yapay zekâ uygulamalarını kullanmaya başlayacağını öngörmektedir. Yapay zekâ, yalnızca sivil uygulamalarla sınırlı kalmayıp, savunma sektörü ve askeri alanda da devrim niteliğinde değişimlere yol açmaktadır. Savunma teknolojilerinde yapay zekanın benimsenmesi, dost ve düşman ayrımı yapabilen otonom silah sistemlerinden, silahlı insansız hava araçlarına kadar birçok alanda kendini göstermektedir. Bu sistemlerin geliştirilmesi, askeri operasyonlarda insan kayıplarını en aza indirme potansiyeline sahip olduğu gibi, güvenlik güçlerinin daha etkili ve koordineli bir şekilde hareket etmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda sürü sistemleri ve siber güvenlik gibi alanlarda da yapay zekanın entegrasyonu, geleceğin savunma teknolojileri açısından hayati bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, ülkeler savunma sanayisinde yapay zekâ tabanlı teknolojilere daha fazla yatırım yapmaya başlamış ve bu teknolojilerin geliştirilmesi için araştırma-geliştirme süreçlerine yenilikçi yaklaşımlar getirmiştir (SavunmaSanayiBaşkanlığı, 2023).

Savunma sanayi, makine ve imalat sanayinde elektroniğe, kimya sanayinden ulaştırma ve haberleşmeye, inşaatın Savunma sanayisinde yapay zekâ uygulamalarının genişletilmesi, ülkelerin ulusal güvenlik stratejileri açısından kritik bir öneme sahiptir. Özellikle otonomi, sürü zekâsı, siber güvenlik ve yapay zeka gibi alanlarda yürütülen çalışmalar, gelecekteki askeri kabiliyetlerin şekillenmesine katkı sağlamaktadır. Bu teknolojilerin etkin bir şekilde kullanılması, yalnızca askeri operasyonları değil, aynı zamanda sivil savunma ve afet yönetimi gibi alanları da dönüştürebilecek potansiyele sahiptir. Savunma sanayi, modern ekonomilerin temel direklerinden biri haline gelmiş ve

birçok farklı sektörü kapsayan bir yapı oluşturmıştır. Bu sanayi, havacılık ve uzay sanayisinden elektronik sanayiye, roket ve füze üretiminden askeri gemi inşa sanayisine kadar geniş bir yelpazede faaliyet göstermektedir. Ayrıca kimya sanayi, inşaat, madencilik, tekstil ve metalürji gibi sektörlerle de güçlü bir entegrasyon içerisindedir. Bu geniş kapsamlı iş birliği, savunma sanayisinin diğer sektörler üzerinde önemli bir ekonomik ve teknolojik etki yaratmasını sağlamaktadır. Ancak savunma sanayi ve genel sanayi entegrasyonunun yetersiz olduğu durumlarda, özellikle az gelişmiş ülkelerde, üretim maliyetlerinin artması ve ekonomik kaynakların verimsiz kullanılması gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, ülkelerin savunma sanayisini genel sanayi yapılarıyla entegre etmeleri ve yerli üretim kapasitesini artırmaları büyük önem taşımaktadır. Savunma sanayisinin güçlü bir şekilde yapılandırılması, yalnızca askeri güç açısından değil, aynı zamanda ekonomik büyüme, istihdam yaratma ve teknolojik yenilikler açısından da olumlu sonuçlar doğurmaktadır.

Savunma sanayisinin temel alt sektörleri şu şekilde sıralanabilir; (TÜBİTAK, 2024)

- Havacılık ve uzay sanayi
- Roket ve füze sanayi
- Elektronik sanayi
- Silah ve mühimmat sanayi
- Askeri gemi inşa sanayi
- Askeri otomotiv ve zırhlı araç sanayi
- Askeri giyim sanayi

Bu sektörlerin gelişimi, yalnızca askeri kabiliyetleri artırmakla kalmamakta, aynı zamanda ülkelerin teknoloji geliştirme kapasitelerine de önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle yetenekli genç girişimcilerin savunma sanayisine yönelmesi, bu alanda yenilikçi projelerin ortaya çıkmasını desteklemektedir.

Küresel güvenlik sorunlarının artarak devam etmesi, dünya genelinde askeri harcamaların yükselmesine neden olmuştur. İkinci Dünya Savaşı sonrasında kurulan uluslararası düzenin zayıfladığı bir dönemde, büyük güçler arasındaki rekabetin artması, küresel güvenlik politikalarını derinden etkilemektedir. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri ile Çin arasındaki liderlik mücadelesi ve Amerika Birleşik Devletleri ile Rusya arasındaki askeri rekabet, küresel güvenlik dinamiklerini yeniden şekillendirmektedir. Bunun yanı sıra, devlet dışı aktörlerin ve çeşitli küresel çıkar gruplarının etkisi de giderek artmaktadır. Bu gelişmeler ışığında, ülkelerin savunma yatırımları ve askeri harcamaları büyük bir artış göstermiştir. Küresel askeri harcamalar, 1998 yılından itibaren yeniden yükselişe geçmiş ve 2019 yılında 1,9 trilyon Amerikan dolarına ulaşmıştır. Bu artış trendi, 2023 yılında askeri harcamaların 2,1 trilyon Amerikan dolarına ulaşacağı yönündeki tahminlerle devam etmektedir. Bu durum, ülkelerin ulusal güvenlik stratejilerinde daha fazla kaynak ayırma eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Yapay zekâ, uzay teknolojileri, siber güvenlik ve yönlendirici enerji silahları gibi ileri düzey teknolojiler, savaşın doğasını köklü bir şekilde değiştirmektedir. Bu teknolojik yenilikler, yalnızca askeri operasyonlarda değil, aynı zamanda kriz yönetimi, barış operasyonları ve sivil savunma alanlarında da önemli değişikliklere yol açmaktadır. Özellikle yapay zekanın sağladığı veri analizi, karar destek ve otonom sistemler gibi avantajlar, bu teknolojiyi savunma stratejilerinin merkezine yerleştirmiştir. Savunma sanayi sektörü Silahlı Kuvvetlerimizin sahip olduğu yetenekleri geliştiren, ülkemizdeki teknolojik gelişmelere öncülük eden, sürekli büyüyen, istihdam yaratan, ihracat artışına katkı sağlayan, yetenekli gençlerimize kendilerini gerçekleştirme olanakları sunan ve cesur girişimcilere kazanç fırsatları sunan çok önemli bir sektör haline gelmiştir. Önümüzdeki yıllarda da sektörün dünya genelinde ve ülkemizde büyüme eğiliminde olacağı değerlendirilmektedir. Bu nedenle son yıllarda çok sayıda girişimcinin savunma sanayi sektörüne yönelme arayışına girdiği görülmektedir (Tian vd., 2020).

Türkiye'nin savunma sanayisindeki yükselişi, uluslararası arenada giderek daha fazla dikkat çeken bir başarı hikayesi haline gelmiştir. Son yıllarda, savunma sanayi ürünlerinin ihracatında yakalanan ivme, Türkiye'nin bu alanda önemli bir üretici ve ihracatçı olarak kabul edilmesini sağlamıştır. Özellikle son on yılda Türkiye'nin savunma sanayi ihracatında yüzde iki yüz gibi dikkat çekici bir artış gerçekleşmiştir. 2018 yılında 2 milyar 188 milyon dolar seviyesinde olan ihracat, 2019 yılında yüzde yirmi beş artışla

2 milyar 740 milyon dolara ulaşmıştır. 2023 yılında ise bu rakam 5,5 milyar dolar seviyesine kadar yükselmiştir. Türkiye, bu performansı sayesinde dünya savunma ve havacılık sektöründe ihracat yapan ülkeler arasında 13. sıraya kadar yükselmiştir. Ancak Türkiye'nin dünya savunma ve havacılık pazarındaki payı hâlâ yüzde bir civarındadır. Buna karşın, önümüzdeki on yıl içinde bu oranın iki katına çıkarılması ve Türkiye'nin en büyük on savunma ihracatçısı ülke arasında yer alması hedeflenmektedir.

Türkiye'nin savunma sanayi alanındaki yükselişi, yalnızca ekonomik bir başarı olarak değil, aynı zamanda ülkenin teknoloji geliştirme ve inovasyon kapasitesini artırma hedefleri doğrultusunda bir strateji olarak görülmektedir. Milli savunma sanayisini geliştirme çabaları, askeri ihtiyaçların karşılanmasının ötesine geçerek, ülkenin genel teknoloji altyapısını güçlendirme amacına hizmet etmektedir. Bu bağlamda, devletin satın alma politikalarının temel motivasyonu, Türkiye'nin bilim, teknoloji ve sanayi yeteneklerini artırmaya yönelik olmalıdır. Özellikle Ar-Ge faaliyetlerinin desteklenmesi, yerli üretim kapasitesinin artırılması ve teknoloji transferine dayalı projelerin teşvik edilmesi, bu sürecin anahtar unsurlarını oluşturmaktadır. Savunma sanayisinin milli hedeflerle uyumlu bir şekilde geliştirilmesi, yalnızca askeri operasyonların etkinliğini artırmakla kalmayacak, aynı zamanda ekonominin diğer sektörlerine de önemli katkılar sağlayacaktır. Özellikle yüksek teknolojiye dayalı ürünlerin üretimi ve bu ürünlerin ihracatı, Türkiye'nin küresel ekonomideki yerini güçlendirecek ve ülkenin dışa bağımlılığını azaltacaktır. Bu nedenle, savunma sanayisinin geliştirilmesine yönelik çabalar, uzun vadeli bir vizyon ve stratejik bir yaklaşımla ele alınmalıdır.

Türkiye'nin savunma sanayisinde yerli üretime verdiği önem, sektördeki başarının temel taşlarından biri olmuştur. Özellikle son yıllarda, yerli ve milli savunma sanayi projelerine yapılan yatırımlar, bu alandaki bağımsızlık düzeyini önemli ölçüde artırmıştır. Silahlı insansız hava araçları, zırhlı araçlar, modern silah sistemleri ve radar teknolojileri gibi pek çok alanda geliştirilen yerli ürünler hem yurtiçi ihtiyaçları karşılamakta hem de uluslararası pazarda rekabet edebilir bir seviyeye ulaşmaktadır. Bu ürünlerin geliştirilmesi sırasında kazanılan bilgi birikimi ve teknolojik altyapı, diğer sektörlerde de önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle savunma sanayisinde kullanılan teknolojilerin çift kullanımlı olması, yani hem askeri hem de sivil amaçlarla kullanılabilmesi, bu alandaki yatırımların daha geniş bir etki yaratmasına olanak tanımaktadır. Örneğin, insansız hava araçları teknolojisi, tarımdan lojistiğe, arama-

kurtarma operasyonlarından şehir güvenliğine kadar pek çok farklı alanda uygulanabilmektedir. Bu durum, savunma sanayisine yapılan yatırımların sadece askeri bir gereklilik değil, aynı zamanda ekonomik bir fırsat olarak da değerlendirilmesini sağlamaktadır (Aras, 2020)

Türkiye'nin savunma sanayisi, küresel ölçekte önemli bir oyuncu haline gelme yolunda hızla ilerlemektedir. Ancak, dünya savunma ve havacılık pazarındaki payının henüz yüzde bir seviyesinde olması, Türkiye'nin bu alandaki potansiyelinin tam anlamıyla ortaya çıkmadığını göstermektedir. Önümüzdeki yıllarda, Ar-Ge yatırımlarının artırılması, uluslararası iş birliklerinin geliştirilmesi ve teknoloji transferi süreçlerinin hızlandırılması ile Türkiye'nin bu payını artırması hedeflenmektedir. Özellikle, savunma sanayi ürünlerinin ihracatında pazar çeşitliliğinin artırılması ve yeni pazarlara erişim sağlanması, bu hedeflerin gerçekleştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Türkiye'nin savunma sanayisindeki başarısının arkasında, sektörde faaliyet gösteren yerli firmaların dinamizmi ve yenilikçi yaklaşımı bulunmaktadır. Örneğin, Aselsan, Roketsan ve TUSAŞ gibi önde gelen savunma sanayi firmaları, yalnızca yerli projelere odaklanmakla kalmamış, aynı zamanda uluslararası pazarda rekabetçi ürünler sunarak Türkiye'nin bu alandaki itibarını artırmıştır. Bu firmaların başarısı, savunma sanayisinin diğer sektörlere olan etkisini artırarak, Türkiye'nin genel teknoloji altyapısını güçlendirmiştir.

Balistik bilimi, yüzyıllardır insanlığın ilgi odağı olmuş ve matematik, fizik ve mühendislik gibi temel bilim dallarının bir araya gelerek geliştiği bir alan olarak dikkat çekmiştir. Newton, Bernoulli ve Lagrange gibi büyük bilim insanları, balistik bilimine doğrudan veya dolaylı katkılarda bulunmuşlardır. Bu bilimsel katkılar, modern savunma sanayisinin temellerini oluşturan teknolojilerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamıştır. Özellikle, roket teknolojileri, füze sistemleri ve modern silah tasarımları, balistik biliminin teorik temellerine dayanmaktadır. Savunma sanayisinin gelişimi, yalnızca akademik düzeyde değil, aynı zamanda pratik düzeyde de büyük yeniliklere sahne olmuştur. Örneğin, James Paris Lee gibi, resmi bir eğitim almadan büyük başarılarla imza atan kişiler, bu alandaki insan yaratıcılığının ve inovasyonun önemini göstermektedir. Balistik bilimi ve teknolojisinin gelişimi, savunma sanayisinin yalnızca askeri operasyonlarda değil, aynı zamanda bilimsel ve teknolojik ilerlemede de öncü bir rol oynamasını sağlamıştır (TÜBİTAK, 1995).

Balistik disiplinlerin herhangi birinin baskın özelliği “itme” dir. Deney ve analiz arasındaki “çekme” ilişkisi. Bu yazının yazıldığı tarih itibarıyla bile, bir bireyin balistik bir bileşeni veya cihazı dijital olarak veya kâğıt üzerinde tasarlayıp, sahada “tasarlandığı gibi” çalışmasını sağlayabilmesi nadir bir olaydır. Her zaman bir tür test gereklidir ve tasarımın buna bağlı olarak ayarlanması gerekir. Tasarım ve test arasındaki bu ayrılmaz bağlantı üç şeyden kaynaklanır: balistik olayların stokastik doğası, bir silahın içine girdiği sonsuz sayıda koşul–mermi–yük kombinasyonunun ortaya çıkabileceği ve olayların anlaşılabilmesi.

Tüm balistik disiplinlere hâkim olan stokastik davranış, namlu çıkış hızını, ilk sapmayı, uçuş davranışını vb. etkileyen muazzam sayıda parametreden kaynaklanır. Bu parametreler, iticinin nasıl veya ne zaman üretildiği veya merminin 0,0001 inç’ e kadar ölçülen gerçek çapının ne olduğu gibi temel parametreler olabilir. Her bir parametrenin etkisini tek tek anladığımıza inansak da, tüm parametreler bir araya getirildiğinde sorun çözülemez hale gelir. Bu parametre aşırı yükleme durumu nedeniyle, davranışın stokastik olduğu varsayılır.

Balistik bilimi hem bilimsel hem de teknik anlamda oldukça özel bir alan olarak dikkat çekmektedir. Bu alan, fiziksel ve matematiksel yöntemlerle, hareket eden cisimlerin dinamiklerini ve bu cisimlerin hedef üzerindeki etkilerini inceler. Özellikle savunma sanayisinde balistik biliminin önemi, son yıllarda giderek daha fazla fark edilmekte ve bu alandaki çalışmalar yoğunluk kazanmaktadır. Türkiye’de bu konudaki gelişmeler, savunma politikaları çerçevesinde yerli ve milli üretim hedefleri doğrultusunda ilerlemektedir. Özellikle silahlı kuvvetlerin ihtiyaç duyduğu silah ve mühimmatın yerli projelerle üretilmesi, savunma sanayisinin öncelikli konularından biri haline gelmiştir. Balistik biliminde araştırmalar, yalnızca savunma sanayisi açısından değil, aynı zamanda teknolojik yenilikler ve bilimsel ilerlemeler açısından da büyük bir öneme sahiptir. Dünya yüzeyinden uzaya fırlatılan cisimlerin ya da atılan mermilerin hareketlerini ve bu cisimlerin hedef üzerindeki etkilerini incelemek, balistik biliminin en temel konularını oluşturmaktadır. Bu süreçte, özellikle iç balistik çalışmaları hem teorik hem de deneysel açıdan önemli bir yere sahiptir. Ancak, bu çalışmaların yüksek maliyetli ve zor olması, matematiksel modellemelerin ve simülasyonların önemini artırmaktadır (Öztürk, 1984).

Bir silahın iç balistik performansı, merminin namlu içindeki hareketini ve bu süreçte meydana gelen olayları inceleyen bir çalışma alanıdır. Bu süreç, genellikle sadece birkaç milisaniye sürmektedir ve bu kadar kısa bir sürede oldukça yüksek sıcaklıklar ve basınçlar meydana gelmektedir. Örneğin, namlu içinde basınç 400 MPa seviyelerine çıkarken, sıcaklık 3000 K gibi oldukça yüksek bir değere ulaşabilmektedir. Bu koşullar, deneysel çalışmaların gerçekleştirilmesini son derece zorlu hale getirmektedir. Bu nedenle, iç balistik hesaplamalarda matematiksel modelleme ve simülasyon teknikleri, daha pratik ve uygun maliyetli bir alternatif olarak kullanılmaktadır. İç balistik çalışmaları sırasında genellikle test namluları ve özel cihazlar kullanılmaktadır. Bu cihazlar, namlu içindeki basıncı, sıcaklığı ve merminin hızını ölçmek için tasarlanmıştır. Örneğin, balistik analizörler, piyezoelektrik sensörler ve fotoseller, bu tür ölçümlerde sıklıkla kullanılan cihazlar arasındadır. Ayrıca, bu çalışmalarda kullanılan barut miktarı ve barutun geometrisi, iç balistik performansını doğrudan etkileyen faktörler arasında yer almaktadır (Longdon, 1987).

Silahlarda kullanılan barutun yanma süreci, iç balistik çalışmaları açısından kritik bir öneme sahiptir. Barutun yanması sırasında oluşan gazların basıncı, merminin namludan çıkmasını sağlayan itici kuvveti oluşturur. Bu süreçte, barutun fiziksel ve kimyasal özellikleri, iç balistik performansını doğrudan etkiler. Özellikle barutun yoğunluğu, tane geometrisi ve grafit kaplama gibi özellikler, yanma boşluğu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Barutun yanma süreci sırasında meydana gelen ani basınç değişiklikleri, silahın çalışma basıncı kıstaslarını aşabilir ve bu durum, silah sisteminde çeşitli sorunlara yol açabilir. Bu nedenle, barut miktarının doğru bir şekilde seçilmesi ve barutun geometrik özelliklerinin dikkatlice incelenmesi gerekmektedir. Özellikle küresel geometrilili barut taneleri, yanma sürecinde daha dengeli bir basınç değişikliği sağladıkları için avantajlı bir seçenek olarak öne çıkmaktadır (Daube ve AG, 1986).

İç balistik alanında yapılan deneysel çalışmalar, bilimsel bilgilerin pratik uygulamalarla desteklenmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışmalar sırasında, farklı kalibrelerdeki NATO mermileri üzerinde çeşitli ölçümler yapılmıştır. Örneğin, 5.56×45 milimetre, 7.62×51 milimetre, 9×19 milimetre, 12.7×99 milimetre ve 20×102 milimetre kalibrelerdeki mermilerin namlu içi basıncı, kovan ağzı basıncı ve namlu içi hızı ölçülmüştür. Bu ölçümler, balistik silah, balistik analizör cihazı, piyezoelektrik sensörler ve fotosel sistemleri gibi özel ekipmanlarla gerçekleştirilmiştir. Deneyler

sırasında, farklı miktarlarda barut içeren NATO fişeklerine ait mermilerin hızları belirlenmiş ve bu veriler tablo haline getirilerek karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, barut miktarının ve yanma boşluğunun, merminin hızına ve basıncına doğrudan etki ettiğini göstermiştir. Ayrıca, barutun yoğunluğu ve grafit kaplaması gibi özelliklerin de iç balistik performansı üzerinde önemli bir rol oynadığı tespit edilmiştir.

Çalışmalar, küresel barut tanelerinin iç balistik uygulamalarda daha dengeli bir basınç profili sağladığını ve bu nedenle daha güvenli bir seçenek olduğunu ortaya koymuştur. Küresel geometrili barut taneleri, yanma sürecinde ani basınç değişikliklerini minimize ederek, silah sisteminin güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Ayrıca, bu tür barut taneleri, daha homojen bir yanma sağlayarak, merminin hızını ve doğruluğunu artırmaktadır. Türkiye, savunma sanayisindeki yerli ve milli hedefleri doğrultusunda iç balistik çalışmalarına büyük önem vermektedir. Bu çalışmalar, sadece askeri operasyonların etkinliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda ülkenin teknoloji altyapısının gelişmesine de katkı sağlamaktadır. Özellikle barut teknolojisi ve balistik sistemler üzerine yapılan araştırmalar, Türkiye'nin bu alandaki bağımsızlık seviyesini artırmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda, yerli araştırma merkezlerinin ve üniversitelerin iş birliği ile gerçekleştirilen projeler, savunma sanayisinde kritik bir öneme sahiptir. Ayrıca, savunma sanayisine yönelik özel teşvik programları ve Ar-Ge yatırımları, Türkiye'nin bu alandaki rekabet gücünü artırmayı amaçlamaktadır.

2. GELİŞEN TEKNOLOJİ İLE BARUT

Barut, insanlık tarihinde savaş teknolojilerinin ve sanayinin gelişiminde devrim niteliğinde bir madde olmuştur. Tarihsel kayıtlar, barutun ilk olarak Çin’de keşfedildiğine ve oradan diğer bölgelere yayıldığına işaret etmektedir. Barutun temel bileşenleri sülfür, odun kömürü ve potasyum nitrattır. Bu üç bileşenin iş birliği, barutun kimyasal tepkimeler yoluyla yüksek basınçlı gaz üretmesini mümkün kılmaktadır. Sülfür ve odun kömürü yanıcı madde olarak görev yaparken, potasyum nitrat ise bu tepkime sırasında oksijen sağlayarak yakıcı madde rolünü üstlenmektedir. Bu kimyasal reaksiyonun kapalı bir hacimde gerçekleşmesi sonucu yüksek basınçlı gazlar ortaya çıkmakta, bu da ateşli silahların çalışmasını sağlamaktadır.

Barutun Çin’de icat edildiğine dair genel bir kabul bulunsa da, ilk kez nasıl ve kim tarafından bulunduğu tam olarak bilinmemektedir. Bu durum, barutun tarihi gelişimine dair kesin bilgilerin az olmasına neden olmaktadır. Çin’den başlayarak XII. yüzyılda tüm Asya kıtasına yayılan barut, daha sonra Avrupa’ya da ulaşmıştır. Bu yayılma süreci, Asya ve Avrupa arasında kültürel ve teknolojik etkileşimlerin hız kazandığı bir döneme denk gelmiştir. Barut, keşfedildiği dönemde yalnızca savaş teknolojilerinde değil, aynı zamanda toplumların ve devletlerin yapısında köklü değişikliklere yol açmıştır. Barutun gemilerde kullanılması, deniz savaşlarının stratejilerinde büyük değişikliklere neden olmuş ve kıyı devletlerinin siyasetlerini önemli ölçüde şekillendirmiştir. Kale kuşatmalarında barutun etkin bir şekilde kullanılması, askeri mühendislikte devrim yaratmış, savunma ve saldırı tekniklerini tamamen değiştirmiştir.

Barutun İslam dünyasına girişi, özellikle askeri alandaki kullanımını beraberinde getirmiştir. Barutun kullanımıyla birlikte ateşli silahların yaygınlaşması, Türk tarihi açısından da önemli bir dönüm noktası olmuştur. Anadolu Selçukluları, barutu hem tanıyan hem de etkin bir şekilde kullanan devletler arasında ön plana çıkmıştır. Kısa bir süre içerisinde Karamanoğulları gibi beylikler, top imalatında ileri bir seviyeye ulaşmış ve ele geçirilen kalelere topçular, zemberekçiler ve nefit atıcılar yerleştirilmiştir. Bu durum, barutun sadece savaş teknolojilerindeki değil, aynı zamanda stratejik savunma mekanizmalarındaki önemini de göstermektedir.

Barutun Avrupa’ya yayılması, büyük ölçüde Haçlı Seferleri sırasında gerçekleşmiştir. Doğu ve Batı dünyaları arasında bir köprü işlevi gören Haçlı Seferleri,

barutun Batı'ya taşınmasında kritik bir rol oynamıştır. Batı dünyası, barutun gücünü ve etkisini İspanya'daki Endülüs Emevileri aracılığıyla öğrenmiştir. Bu dönemde barut, kale kuşatmalarında hem kuşatanlar hem de kuşatılanlar tarafından etkili bir şekilde kullanılmıştır. Ayrıca, barutun kimyasal özellikleri Batı dünyasında büyük ilgi görmüş ve bilim insanları, simyacılar ve mühendisler bu madde üzerine yoğun araştırmalar yapmıştır. Bizans İmparatorluğu döneminde kullanılan ve “grejuva” olarak bilinen bir tür kimyasal ateşin, barutun bir çeşidi olduğu yönünde iddialar bulunmaktadır. Ancak, barutun çeşitli silahlarda etkin bir şekilde kullanımı İslam dünyasında daha yaygın ve etkili olmuştur. XIII. yüzyılda geliştirilen ve kara barut olarak bilinen kömür, kükürt ve güherçile karışımı, oldukça hızlı bir şekilde yayılmış ve savaş teknolojilerinde devrim yaratmıştır.

Barutun Osmanlı İmparatorluğu'ndaki önemi, askeri başarıların temel unsurlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Osmanlı ordusu, barutu hem savunma hem de saldırı amaçlı etkin bir şekilde kullanmış ve bu sayede birçok askeri başarı elde etmiştir. Özellikle İstanbul'un fethi sırasında kullanılan büyük toplar, barutun savaşlardaki kritik rolünü açık bir şekilde göstermektedir. İstiklal Harbi sırasında Türk topçularının gösterdiği başarı, barutun etkili bir şekilde kullanılmasının bir başka örneğidir. Bu dönemde barut, askeri stratejilerin merkezinde yer almış ve Türk ordusunun üstünlüğünü sağlayan önemli unsurlardan biri olmuştur. Cumhuriyetin kurulmasından sonra, barutun üretimi ve kullanımına yönelik önemli yenilikler yapılmıştır. İstanbul Zeytinburnu'nda kurulan silah fabrikası, barut teknolojisinin modernleşmesine katkıda bulunmuş ve bu alanda önemli bir üretim merkezi haline gelmiştir.

II. Dünya Savaşı sırasında barutun kullanımında büyük değişiklikler yaşanmıştır. Ateşli silahların teknolojik olarak gelişmesi ve yeni tür silahların ortaya çıkması, barutun kimyasal yapısında ve kullanım alanlarında değişimlere yol açmıştır. Ancak, modern silah teknolojilerinde birçok yenilik olmasına rağmen, barut hala temel bir malzeme olarak önemini korumaktadır. Barutun günümüzdeki kullanımı, yalnızca askeri alanla sınırlı kalmamış, aynı zamanda sanayi ve madencilik gibi çeşitli sektörlerde de yaygınlaşmıştır. Barutun kimyasal özellikleri, bu alanlarda güvenlik önlemleriyle birlikte dikkatlice değerlendirilmektedir. Ayrıca, modern araştırmalar, barutun çevresel etkilerini azaltmaya yönelik yeni formülasyonlar geliştirmeye odaklanmaktadır (DiyanetVakfı, 1968).

2.1. Barut Hakkında

Kullanılmakta olan dumansız veya az dumanlı ismi, ancak kısmen gerçeğe uygundur. Bu isim, birkaç on yıl içinde, askeri tatbikatta uzun zamandan beri kullanılmakta olan kara barutun yerini alan yeni sevk barutunu, ancak kısmen tanımlayabilmektedir. Bu barutun, ilk olarak kullanıldığı 1884 yılında, en çok dikkati çeken ve halen kullanılmakta olan bu ismi almasına sebep olan özelliği, duman ve bakiye bırakmaması olmuştur. Fakat, kara baruta göre dumansızdır, konunun uzmanları bakımından yeni sevk barutunun sadece bir yan özelliğini teşkil etmekteydi. Dumansız barut, daha ziyade, her cins silâh için, karabaruta göre çok üstün balistik özelliklere sahip bir sevk maddesidir.

Dumansız barutun üstün itme gücü ile, dumansızlık ve kalıntı bırakmama özelliği, üretimde kullanılan itme gücüne sahip maddeler (nitrosellüloz, nitrogliserin, diglikoldinitrat vs.) ile, üretim esnasında nispeten bağdaşık bir şekilde karıştırılan, itme gücüne sahip olmayan katkı maddelerinin özelliğinden ileri gelmektedir. Alışılmış olarak kullanılmakta olan pamuk barutu ismine rağmen, nitrolanmış sellüloz, kendi halinde kullanılabilir bir itme maddesi olmaktan ziyade, kuvvetli bir patlayıcı maddedir. Jelatinize edilerek, barut jeli haline getirilmesi ile, başlangıçtaki gevşek, elyaflı yapısını kaybetmesi sonucunda, homojen bir yapı kazanmakla, kimyevi enerjisinde bir azalma olmaksızın, en önemlisi yanma hızındaki azalma olmak üzere, özelliklerinde önemli değişiklikler meydana gelmektedir. Aynı husus, nitrogliserinli barutlarda, nitrosellülözün yanında, etkili olan diğer bileşeni teşkil eden nitrogliserin için de geçerlidir.

Nitrosellüloz, nitrogliserin ve bileşime ilave edilen ana bileşenler, yanma esnasında tam olarak gaz ve su buharı haline geçtiğinden, dumansız barut gerçekten hemen hemen dumansızdır ve kalıntı bırakmaz. Buna karşılık, kara-barutun, yanması sonucunda büyük miktarda katı maddeler olduğundan, atış esnasında yoğun, beyaz bir duman bulutu meydana getirir. Karabarutun bu sakıncasını hiç olmazsa azaltmak için, uzun zamandan beri, kükürt içeriğinde azaltma ve diğer içerik değişiklikleri yapılmakla, duman ve kalıntı miktarı önemli derecede azaltılmıştır. Fakat kara barutun yanıcı olmayan bileşenlerinin bazı faydaları da görüldüğünden, bunlar bazı amaçlarla nitrosellüloza da katılmış, ancak bunlar barutun dumansızlık özelliğini etkilediğinden, az dumanlı barutlar elde edilmiştir. Balistik güç bakımından, kara barut ile dumansız barut arasında çok büyük

bir fark bulunduğundan, ateşli el silahlarından en ağır toplara kadar, büyük bir üstünlüğe sahip olan yeni sevk barutu, sonraları da dumansızlık derecesine bakılmaksızın, bu önemli özelliğine istinaden "dumansız barut" olarak isimlendirilmiştir (Gölen, 2006).

Barut, tarih boyunca gerek askeri gerekse sanayi alanında geniş bir kullanım alanı bulmuş, ateşli silah sistemlerinin temel unsurlarından biri olmuştur. Yüksek enerjili ve yanıcı bir katı madde olan barut, ateşleme araçları ile tutuşturulduğunda meydana gelen kimyasal reaksiyonlar sonucu yüksek basınçlı gazlar üretir. Bu gazların yarattığı itme kuvveti sayesinde mermiler namludan fırlatılır ya da patlayıcı etkiler belirli bir noktadan başka bir yere taşınır. Barutun bu temel işlevi, sadece askeri teknolojilerde değil, aynı zamanda sivil mühendislik ve sanayi projelerinde de önemli bir yer edinmiştir. Barut, genellikle kömür, potasyum nitrat ve kükürt gibi kimyasal bileşenlerin birleşimiyle oluşturulan bir patlayıcı madde olarak bilinir. Bu bileşenlerin bir araya gelmesiyle oluşan enerji, dış bir etki olmadan serbest bırakılmaz. Barutun reaksiyona girebilmesi için öncelikle bir ateşleme mekanizmasının devreye girmesi gereklidir. Bu nedenle barut, ateşleme araçlarının geliştirilmesi ile birlikte daha etkili bir şekilde kullanılabilir hale gelmiştir. Özellikle savaş teknolojilerinde barut, modern silahların ve mühimmatın temel bileşeni olarak stratejik bir öneme sahiptir (Eroğlu, 2002).

Barutun üretimi, ateşin gücünü kontrol edilebilir bir hale getirerek bu gücün toplu kullanıma olanak sağlaması açısından büyük bir devrim niteliğindedir. Barutun silahlarda kullanılmaya başlanması ile birlikte bireylerin günlük yaşamları etkilenmiş, ancak daha büyük ölçekte, savaş alanlarında meydana gelen dönüşümler tarihsel süreçlerde belirleyici olmuştur. Teknolojik yenilikleri takip edemeyen devletler, barut teknolojisini benimseyen devletler karşısında zayıflamış ve bu durum, dünya tarihindeki güç dengelerini köklü bir şekilde değiştirmiştir. Barutun yanıcı ve patlayıcı özellikleri, nem ve kuruluk oranı gibi çevresel etkenlere göre değişiklik göstermektedir. Daha kuru bir barut daha hızlı ve etkili bir şekilde yanarken, nem oranı yüksek barutun yanma hızı yavaşlar ve patlama gücü azalır. Bununla birlikte, barutun türü, tane boyutu ve şekli gibi faktörler de yanma ve tutuşma oranlarını doğrudan etkiler. Büyük çaplı silahlar için üretilen barut taneleri, uzun tel, kurdele ya da delikli formda olabilmektedir. Bu farklı biçimler, silahın izin verilen maksimum basıncı ve istenen namlu çıkış hızını optimize etmek için seçilmektedir (Gölen, 2006).

Ateşli silah sistemleri, barutun kimyasal enerjisini ısı enerjisine dönüştüren yanma odası ile mermiyi yönlendiren namlunun bir arada bulunduğu yapılar olarak tanımlanabilir. Barutun yanma odasında tutuşturulması sonucu meydana gelen kimyasal reaksiyonlar, yüksek basınçlı gazların oluşumuna yol açar. Bu gazlar hızla genişleyerek merminin namlu boyunca hareket etmesini sağlar. Merminin arkasında oluşan gazların reaksiyon hacmi büyüdükçe, basınç azalır ve yanma oranı bu basınç değişikliklerine bağlı olarak düzenlenir. Yanma işlemi başladığında, yanma odasındaki basınç hızla yükselir. Bu basınç, mermi ile namlu arasındaki sürtünme direncini aşarak mermiyi harekete geçirir. Merminin hareketiyle birlikte reaksiyon hacmi genişlemeye başlar ve bu durum basıncı düşürür. Ancak, yanma oranı basınçla doğru orantılı olduğundan, merminin hareketinden önce elde edilen yüksek basınç, yanmanın daha hızlı bir şekilde gerçekleşmesini sağlar. Maksimum basınca, mermi namlu boyunca belirli bir mesafe kat ettiğinde ulaşılır. Örneğin, 5,56 mm çapındaki hafif silahlarda bu maksimum basınç, merminin namlu boyunun yaklaşık yüzde 11'i kadar ilerlediği noktada meydana gelmektedir (Gündüzler, 2011).

Namlu içerisindeki maksimum basınç, merminin hızlanmasını sağlayan temel unsurdur. Ancak bu basınç, namlu ağzına doğru hareket ettikçe azalmaya başlar. Barutun kimyasal enerjisi ile üretilen gazların etkisi, namlu ağzında atmosfer basıncına göre yüzde 10 ila 30 arasında bir değere sahiptir. Bu, barutun potansiyel enerjisinin bir kısmının hala etkili olduğunu ve merminin namluyu terk ettikten sonra bile kısa bir süre boyunca hızlanmaya devam ettiğini göstermektedir. Namlu uzunluğu, bu süreçte kritik bir rol oynar. Namlu ağzındaki basıncın atmosfer basıncına eşitlenmesi için oldukça uzun namlulara ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak bu durum, maliyet etkin olmadığı gibi silahın taşınabilirliğini de azaltır. Bu nedenle, namlu uzunluğu, barutun kimyasal enerjisinden maksimum verimi alacak şekilde optimize edilir. Ayrıca, namlu uzunluğu ile merminin hızlanma oranı arasındaki ilişki, silah mühendisliği çalışmalarında detaylı bir şekilde incelenmektedir.

Barut, günümüzde sadece askeri amaçlarla değil, aynı zamanda sivil mühendislik ve madencilik gibi alanlarda da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Patlayıcı araçların imalatında barutun tercih edilmesi, bu maddenin yüksek enerjili yapısı ve kolay ulaşılabilirliği ile ilişkilidir. Bunun yanı sıra, modern bilimsel çalışmalar, barutun çevresel etkilerini azaltmaya ve daha güvenli kullanım yöntemleri geliştirmeye odaklanmaktadır.

Barutun kimyasal bileşiminin geliştirilmesi ve yeni formülasyonların denenmesi, bu maddenin gelecekteki potansiyel kullanım alanlarını genişletebilir. Özellikle savunma sanayisinde, daha etkili ve çevre dostu barut türlerinin geliştirilmesi, teknolojik ilerlemelerin bir göstergesi olacaktır. Ayrıca, barutun kimyasal yapısındaki yenilikler, onun güvenlik önlemleriyle birlikte daha etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayabilir (Krier ve Summerfield, 1979). Orta kalibre silahlarda yanma sonucu oluşan enerjinin dağılımı Tablo 1.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Geri tepmeli orta kalibre silahta enerji dağılımı

Enerji Dağılımı	Oranı (%)
Mermi hareketine harcanan enerji	32.0
Sürtünmeye harcanan enerji	2.0
İtici gazların hareketine harcanan enerji	3.0
Namlu ve mermiye aktarılan ısı enerjisi	20.0
Gazlara aktarılan ısı enerjisi	42.0
Merminin dönmesine ve geri tepmeye harcanan enerji	1.0
Toplam	100.0

Modern silah sistemlerinde kullanılan barutlar, teknolojik gelişmelerin etkisiyle geçmişte kullanılan geleneksel barut türlerinden önemli ölçüde farklılaşmıştır. Bu sistemlerde, özellikle dumansız barut olarak adlandırılan ve performans açısından üstün özelliklere sahip barut türleri tercih edilmektedir. Dumansız barutlar, adından da anlaşılacağı gibi yanma sırasında minimum duman çıkışı sağlar ve böylelikle askeri operasyonlarda çevresel etkilerin sınırlandırılmasına katkıda bulunur. Bunun yanı sıra dumansız barutlar, çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri sayesinde modern silahların verimliliğini artırmaktadır. Dumansız barutların kompozit katı barutlardan farkı, yapısında oksitleyici olarak kullanılan perklorat tuzları gibi maddelerin korozyif etkilerinden arındırılmış olmasıdır. Perklorat tuzları içeren barutlar, uzun vadede silah sistemlerinde ciddi hasarlara neden olabileceğinden, askeri mühimmatlarda bu tür maddelerden kaçınılmaktadır. Dumansız barutların farklı yanma oranları ve fiziksel özelliklere sahip çeşitleri bulunmaktadır. Bu çeşitler, basınç zaman grafikleri üzerinden değerlendirilmekte ve silah sistemlerinde istenilen performansı elde etmek için seçilmektedir. Dumansız barutların ideal yanma süreci, belirli bir basınç-zaman eğrisi ile ifade edilmektedir. Teorik olarak, bir dumansız barutun ürettiği basıncın, hızla maksimum

seviyeye yükselmesi, ardından bu seviyede sabit kalması ve barut tamamen yandıktan sonra basıncın sıfıra inmesi beklenmektedir. Ancak bu süreç, gerçek dünyada bazı değişkenlerden etkilenmektedir ve ideal bir performansa ulaşmak her zaman mümkün olmamaktadır. Bu nedenle silah performansını etkileyen sabit ve değişken faktörlerin detaylı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir (Moss, Leeming ve Farrar, 1995).

Silah performansını etkileyen unsurlar, sabit ve sabit olmayan faktörler olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Sabit faktörler, silahın fiziksel ve yapısal özelliklerini içerir. Bu faktörler arasında namlu uzunluğu, namlu çapı, silahın dayanabileceği maksimum basınç ve mekanik bileşenlerin dayanıklılığı gibi unsurlar bulunmaktadır. Sabit faktörler, silahın tasarım aşamasında belirlenmekte ve sonradan değiştirilmesi genellikle mümkün olmamaktadır. Sabit olmayan faktörler ise genellikle patlayıcı madde, yani barut, mermi ağırlığı ve mermiyle ilgili diğer özelliklerle ilişkilidir. Bu faktörler, silahın performansını optimize etmek amacıyla kontrol edilebilir ve gerektiğinde değiştirilerek iyileştirilebilir. Örneğin, kullanılan barutun türü, yanma oranı ve miktarı gibi özellikler, istenilen atış hızını elde etmek için ayarlanabilir. Ayrıca merminin ağırlığı, uzunluğu ve çapı gibi özellikler de silah performansını doğrudan etkiler. Daha hafif mermiler, yüksek ilk hızlarla namluyu terk etme eğilimindedir. Bu durum, mermi menzilin arttırılmasını mümkün kılar ancak aynı zamanda merminin kinetik enerjisini ve hedef üzerindeki etkisini de sınırlayabilir. Sabit ve değişken faktörlerin bir arada değerlendirilmesi, silah sistemlerinin tasarımında ve performans analizinde kritik bir öneme sahiptir. Örneğin, barutun paketlenme şekli ve mermi ile uyumu, yanma odası konfigürasyonunu doğrudan etkiler. Barutun yanma odasında ne kadar alan kapladığı, merminin hareketi sırasında meydana gelen basıncı ve dolayısıyla silahın verimliliğini belirler. Bu nedenle barutun fiziksel ve kimyasal özellikleri ile merminin yapısal özellikleri arasında bir denge kurulması gerekmektedir (Tirak, 2007).

Herhangi bir silah sistemi, belirli bir maksimum çalışma basıncı ile sınırlandırılmıştır. Bu sınır, silahın arızalanmasını ve deforme olmasını önlemek için belirlenir. Maksimum basıncın aşılması, hem silahın güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak hem de atış sırasında optimum performans elde etmek için son derece önemlidir. Bu nedenle, doğru barut seçimi büyük bir titizlikle yapılmalıdır. Barut, merminin namludan çıkış hızını belirleyen temel unsurlardan biridir. Ancak bu hızın elde edilmesi sırasında izin verilen maksimum basıncın aşılması için barut miktarı ve

özellikleri dikkatle ayarlanmalıdır. Gelişen teknoloji, modern silah sistemlerinde mermilerin hızlarının artırılmasına olanak sağlamıştır. Bu durum, daha uzun menzillere ulaşma gerekliliğini doğurmuştur. Ancak mermilerin hızlarının artırılması, daha fazla kuvvet ve enerji gerektirir. Kullanılan enerji kaynaklarının, bu yüksek kuvvetleri destekleyecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. Ayrıca, bu enerji kaynaklarının taşınabilir, güvenli ve pratik olması da büyük önem taşımaktadır. Dumansız barutların bu gereksinimleri karşılama kapasitesi, onları modern silah sistemlerinde vazgeçilmez bir bileşen haline getirmiştir.

Dumansız barutun toplam verimi, basınç-zaman eğrisi üzerinden değerlendirilir. Bu eğri, barutun yanma sürecini ve merminin namludan çıkış hızını etkileyen temel bir göstergedir. Namlu direnci ve ısı kaybının değişmediği varsayıldığında, basınç-zaman eğrisinin altındaki alan merminin hızına doğrudan etki etmektedir. Dolayısıyla, basıncın maksimum seviyeye hızla ulaşması ve bu seviyede sabit kalması, barutun performansı açısından kritik öneme sahiptir. Barutun fiziksel karakteristikleri, yanma oranını ve dolayısıyla basıncın nasıl oluşacağını belirler. Örneğin, yanma odasında fazla hacim kaplayan bir barut, basıncın daha hızlı yükselmesine neden olabilir. Ancak bu durum, kontrolsüz bir basınç artışına ve dolayısıyla güvenlik sorunlarına yol açabilir. Bu nedenle barutun tasarımı, yanma sürecinin kontrol edilebilir ve güvenli bir şekilde gerçekleşmesini sağlayacak şekilde yapılmalıdır.

2.2. Barutun Kullanım Alanları

Barutun ilk kez kullanımı, 9. yüzyılın başlarında Çin'e dayanmaktadır. Çinliler, 904 yılında barutu patlayıcı bir silah olarak kullanmış ve bu maddeye "uçan ateş" adını vermişlerdir. İlk dönemlerde barut, mancınıklar aracılığıyla fırlatılan patlayıcı bombalarda kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonraki dönemlerde barut, 1132 yılında bambudan yapılmış toplarda bir itici güç olarak denenmiştir. Bu deneyimler, barutun savaş araçlarının hareketini sağlama ve düşmana karşı etkin bir saldırı aracı olarak kullanılması açısından oldukça önemliydi. Günümüzde de barut, savaş teknolojilerinde hala kullanılmaya devam etmektedir. Modern ateşli silahlar ve mühimmatlarda, barutun esas amacı patlayıcı etkisinden ziyade itirme gücünü kullanmaktır. Özellikle savaş

topları, roket sistemleri ve benzeri teknolojiler, barutun itici güç olarak sağladığı avantajlardan yararlanmaktadır (Çimen, 2016).

Barut, tarih boyunca askeri teknolojilerdeki önemiyle öne çıksa da günümüzde çok daha geniş bir kullanım alanına sahiptir. Savaş teknolojilerinde kullanılan bu madde, aynı zamanda sivil alanlarda da önemli bir yere sahiptir. Barutun modern kullanım alanlarına ilişkin bazı örnekler;

- Silah Sistemleri: Barut, ateşli silahların çalışmasını sağlayan en temel unsurlardan biridir. Tabanca, tüfek, top ve roket gibi birçok silah türünde, barutun ürettiği gaz basıncı sayesinde mermi veya mühimmatın hareketi sağlanmaktadır.
- Havai Fişek Gösterileri: Barut, havai fişeklerin gökyüzünde patlaması ve görsel bir şölen yaratması için kullanılan ana maddedir. Yanıcı özellikleri sayesinde barut, farklı renklerdeki patlamaların oluşmasını sağlamaktadır.
- Sinyal Fişekleri: Acil durumlarda kullanılan sinyal fişekleri de barut sayesinde çalışır. Barutun kontrollü bir şekilde patlaması ile ışık ve duman üretilerek sinyalizasyon sağlanır.
- Madencilik ve İnşaat: Barut, patlayıcı bir madde olarak madencilik ve inşaat sektörlerinde kayaların parçalanması veya yeraltı tünellerinin açılması için kullanılmaktadır.

Barut, patlayıcı bir madde olmasına rağmen, kontrollü bir şekilde kullanıldığında oldukça güvenli ve etkili bir araçtır. Barutun kimyasal ve fiziksel özellikleri, onun kullanım alanlarını ve işlevselliğini belirleyen en temel unsurlardır. Bu özelliklerden bazıları şu şekilde sıralanabilir;

- Yanma Hızı ve Basınç İlişkisi: Barut, patlayıcı bir madde olmasına rağmen, yanma hızı basınçtan etkilenmez. Bu özelliği, barutun kontrollü bir şekilde yanarak güçlü bir patlayıcıdan ziyade etkili bir itici güç olarak kullanılmasını sağlar.

- Mekanik Dayanıklılık: Barut, yanma sırasında silah namlusuna zarar vermez. Bu durum, barutun mühimmat sistemlerinde güvenilir bir şekilde kullanılmasını mümkün kılar.
- Toz Taneciklerinin Boyutu: Barutun yanma hızı, toz taneciklerinin büyüklüğüne bağlıdır. Daha küçük tanecikler, daha geniş bir yüzey alanı yaratarak hızlı bir yanma sağlar. Bu durum, barutun kullanım amacına uygun olarak üretiminde dikkat edilen bir faktördür.
- Sıkıştırılabilirlik: Barut, kovan içinde sıkıştırıldığında patlama yaratma potansiyeline sahiptir. Bu özellik, sinyal fişekleri ve benzeri uygulamalarda önemli bir avantaj sağlamaktadır.
- Kimyasal Denge: Barut üretiminde kullanılan kimyasal bileşenlerin oranları, maddenin etkili ve güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak için dikkatlice hesaplanmalıdır. Yanlış oranlarda hazırlanan barut, istenmeyen sonuçlara yol açabilir.

Barutun üretimi, hassas bir mühendislik ve kimyasal bilgi gerektiren bir süreçtir. Barutun temel bileşenleri arasında potasyum nitrat, kükürt ve odun kömürü bulunmaktadır. Bu bileşenlerin oranları, barutun patlayıcı veya itici güç özelliklerini belirler. Örneğin, daha fazla potasyum nitrat kullanılması, barutun daha hızlı yanmasını sağlarken, kükürt oranının artırılması yanma sürecini yavaşlatabilir. Üretim sürecinde dikkate alınması gereken diğer unsurlar şunlardır;

- Hammadde Kalitesi: Barutun bileşenleri arasında yer alan hammaddelerin saflığı, üretilen barutun kalitesini doğrudan etkiler. Özellikle potasyum nitratın saflığı, barutun performansını artıran temel faktörlerden biridir.
- Karışım Oranları: Barutun kimyasal bileşenleri arasındaki oranlar dikkatlice hesaplanmalı ve bu oranlar üretim sürecinde kesinlikle korunmalıdır. Aksi takdirde barutun yanma hızı ve gücü istenilen seviyede olmayabilir.

- **Güvenlik Önlemleri:** Barut üretimi sırasında güvenlik önlemlerine özellikle dikkat edilmelidir. Yanıcı ve patlayıcı özelliklere sahip bir madde olan barutun üretimi, kontrollü bir ortamda gerçekleştirilmelidir.

Barut hem askeri hem de sivil alanlarda önemli bir yere sahiptir. Askeri alanda, savaş teknolojilerinin temel unsurlarından biri olarak kullanılan barut, mühimmatların itici gücünü sağlamak için vazgeçilmezdir. Özellikle roketler, toplar ve tüfekler gibi silah sistemlerinde barutun etkin kullanımı, savaş alanında stratejik bir avantaj yaratmaktadır. Sivil hayatta ise havai fişek gösterilerinden madencilik faaliyetlerine kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir (Wunsch vd., 2002).

2.3. Barutun Sınıflandırılması

Barutlar, kimyasal ve fiziksel özellikleri bakımından genellikle katı ve sıvı barutlar olarak iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Bu sınıflandırma, barutun yapısına, kullanım amacına ve üretim yöntemine göre belirlenmektedir. Katı barutlar, temel kimyasal bileşenleri ve fiziksel formları baz alınarak daha küçük gruplara ayrılmaktadır. Bu farklılıklar, çeşitli silah türlerinin ihtiyaçlarını karşılamak üzere farklı şekillerde ve boyutlarda barut üretimine olanak sağlamaktadır (Öztürk, 1984).

Katı barutlar arasında en yaygın kullanılan türlerden biri, çubuk biçimli barutlardır. Büyük çaplı silah sistemlerinde, çubuk barutlar genellikle sevk barutu kesesi boyutlarına uygun olacak şekilde tasarlanmaktadır. Bu tür barutlar, daha büyük çaplı mühimmatlar için gerekli olan yüksek enerji ihtiyacını karşılayacak şekilde üretilmektedir. Tane barutlar ise daha çok hafif silahlar için tercih edilmektedir ve boyutları genellikle daha küçüktür. Bu nedenle, hafif silahlarda kullanılan barutlara “tane barut” adı verilmektedir. Ayrıca, yaprak veya pul şeklinde üretilen barutlar ise havan gibi özel silah türlerinde tercih edilmektedir. Silah çapları büyüdükçe, kullanılan barut tanelerinin boyutları da buna uygun şekilde artırılmaktadır. En küçük boyutlu barut taneleri ise hafif silahlar için üretilmektedir. Silah sistemlerinde balistik performansı belirleyen birçok parametre bulunmaktadır. Bunlar arasında basınç, sıcaklık ve mermi hızı gibi faktörler öne çıkmaktadır. Bu parametreler hem silahın verimliliğini hem de kullanım ömrünü doğrudan etkileyen kritik unsurlardır. Silah sistemlerinde optimal

performansı elde etmek için bu parametrelerin titizlikle analiz edilmesi gerekmektedir (Öztürk, 1984).

Silah namlusu içinde oluşan basınç, merminin istenen hıza ulaşabilmesi için hayati bir öneme sahiptir. Ancak, bu basınç değerleri keyfi olarak artırılmaz. Basıncın belirlenmesinde namlunun mukavemeti ve kullanılan malzemenin dayanıklılığı gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Yüksek basınç, merminin hızını artırırken, namlu malzemesine zarar verme riski taşır. Dolayısıyla, silah sistemlerinde basıncın optimal seviyede tutulması için hassas hesaplamalar yapılmalıdır. Silah namlusunda meydana gelen sıcaklık artışı hem namlunun ömrü hem de güvenlik açısından büyük bir önem taşır. Yüksek sıcaklık, namlunun hızlı bir şekilde aşınmasına ve hatta kendi kendine ateşlenme gibi olumsuz durumların oluşmasına neden olabilir. Bu nedenle, sıcaklık değerlerinin dikkatli bir şekilde kontrol edilmesi, silah sistemlerinin güvenli ve uzun ömürlü bir şekilde çalışmasını sağlamak açısından kritik öneme sahiptir. Bir silahın nihai amacı, hedefi doğru bir şekilde vurmak ve belirli bir enerji aktarımı ile hedefte etkili bir zarar oluşturmaktır. Bu doğrultuda, merminin namlu çıkış hızının doğru şekilde hesaplanması, silahın etkinliği açısından büyük bir önem taşır. Yetersiz bir çıkış hızı, merminin hedefi istenen doğrulukla vuramamasına ve enerji aktarımının yetersiz olmasına neden olabilir. Dolayısıyla, mermi hızının kontrolü, silah sistemlerinin tasarımında ve performans değerlendirmesinde kritik bir rol oynar (Öztürk, 1984).

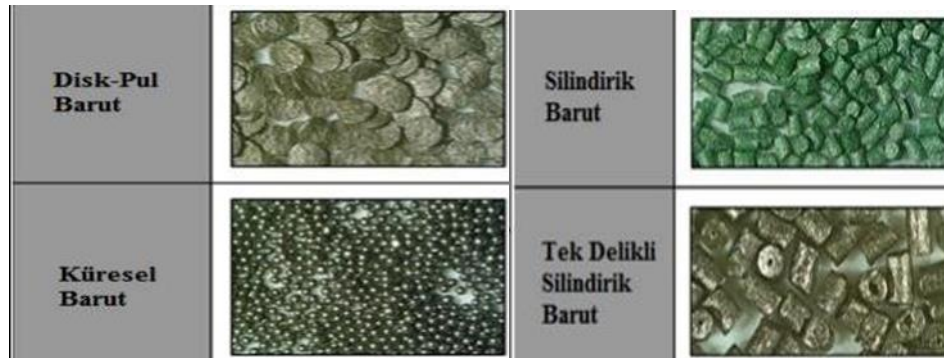
Modern mühendislik teknikleri, silah sistemlerinin tasarım sürecini büyük ölçüde optimize etmektedir. Özellikle bilgisayar destekli simülasyonlar ve modelleme yöntemleri, namlu tasarımı ve balistik analiz süreçlerini daha verimli hale getirmektedir. Bu süreçlerde, basınç, sıcaklık ve mermi hızı gibi parametreler dikkate alınarak geliştirilen modeller, deneysel test ihtiyacını önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu durum hem zaman hem de maliyet açısından büyük avantajlar sağlamaktadır. Bir silah sisteminin tasarımında kullanılan modelleme yöntemleri, elde edilen verilerin doğruluğunu artırmakta ve bu verilerin deneysel sonuçlarla kıyaslandığında yüksek bir doğruluk oranına sahip olduğunu göstermektedir. Örneğin, basınç-zaman grafikleri veya sıcaklık değişim eğrileri, modelleme süreçlerinde elde edilen veriler ile deneysel veriler arasında büyük bir uyum göstermektedir. Bu da silah sistemlerinin tasarımında güvenilir bir temel oluşturmakta ve prototip üretim sürecini daha verimli hale getirmektedir.

Günümüzde barutun kimyasal yapısı ve üretim teknikleri, silah sistemlerinin ihtiyaçlarına göre sürekli olarak geliştirilmekte ve yenilenmektedir. Katı barutlar, genellikle sevk barutu olarak kullanılırken, sıvı barutlar daha özel uygulamalarda tercih edilmektedir. Barutun fiziksel formunun, kimyasal bileşiminin ve yanma hızının doğru şekilde belirlenmesi, silah sistemlerinin performansını doğrudan etkileyen unsurlar arasında yer almaktadır. Barutun üretiminde kullanılan teknolojiler ve malzemeler, modern mühendislik süreçleri ile sürekli olarak geliştirilmekte ve optimize edilmektedir. Bu gelişmeler hem askeri hem de sivil kullanım alanlarında daha etkili, güvenli ve çevre dostu barut türlerinin üretilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca, farklı barut türlerinin kullanım alanlarının çeşitlenmesi, mühimmat teknolojilerinin gelişimine de katkıda bulunmaktadır (Öztürk, 1984).

2.3.1. Katı Barutlar

Katı barutlar, silah – roket sistemlerinde ve gaz jeneratörlerinde kullanılmaktadır (Eroğlu, 2002).

Şekil 2.1.'de katı barutların geometrik şekilleri gözlemlenmektedir. Konumuzla alakalı olarak küresel ve silindirik barut şekilleri resim üzerinde ifade edilmektedir.



Şekil 2.1. Katı Barut Şekilleri

2.3.2. Sıvı Barutlar

Sıvı barutlar, genellikle yakıt ve oksitleyici bileşenlerin karışımından oluşan bir yapıya sahiptir. Katı barutlardan farklı olarak, sıvı barutlar, yanma odasına stok tanklarından enjekte edilerek çalışır. İlk kez roket sistemleri ve silahlar için kullanılan sıvı barutlar, başlangıçta oldukça basit bileşimlerden meydana gelmiştir. Ancak günümüzde,

sıvı barutların yanma aşamalarını kontrol etmek ve performanslarını artırmak amacıyla çeşitli katkı maddeleri ile daha karmaşık formüller oluşturulmaktadır. Örneğin, enerji yoğunluğunu artırmak veya yanma sırasında açığa çıkan gazların dengelenmesini sağlamak için farklı kimyasal katkıları kullanılmaktadır. Sıvı barutun en önemli avantajlarından biri, yanma sürecinin kontrol edilebilir olmasıdır. Bu özellik, özellikle roket motorları gibi karmaşık sistemlerde daha stabil bir enerji salınımı sağlamaktadır. Ayrıca, sıvı barutlar, yüksek enerji verimliliği ve uzun süreli kararlılık sunarak günümüzün modern silah sistemlerinde geniş bir kullanım alanına sahiptir (Eroğlu, 2002).

2.4. Kara Barut

Kara barut, tarih boyunca en çok bilinen ve kullanılan patlayıcı maddelerden biri olmuştur. Temel bileşenleri odun kömürü, kükürt ve potasyum nitrat olan kara barut, oldukça basit bir üretim sürecine sahiptir. Tarihi kaynaklara göre, potasyum nitratın oksitleyici olarak kullanılması kara barutun askeri alanda daha yaygın bir şekilde kullanılmasını sağlamıştır. Kara barutun 300 santigrat dereceyi aşan sıcaklıklarda hızla yanmaya başlaması, onu etkili bir ateşleme kaynağı haline getirmiştir. Yanma sırasında yüksek miktarda sıcaklık ve gaz üreten bu kimyasal madde, başlangıçta silah sistemlerinde büyük bir yenilik olarak kabul edilmiştir. Kara barut genellikle küreye yakın taneler halinde üretilir ve bu taneler grafit ile kaplanarak daha dayanıklı hale getirilir. Ayrıca, kara barutun tam yanma tepkimesi, potasyum karbonat, potasyum sülfat ve potasyum sülfür gibi kalıntıların oluşmasına neden olur. Bu durum, namlu temizliğinin her atıştan sonra yapılmasını gerektirir, bu da kara barutun kullanımını zorlaştıran unsurlardan biridir (Farrar ve Leeming, 1983).

Kara barutun bazı belirgin dezavantajları, modern sevk barutlarının geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. Örneğin, kara barutun yanması sonucunda K_2CO_3 ve K_2SO_4 gibi kalıntılar silah namlusunda birikmektedir. Bu durum, her atış sonrası namlunun temizlenmesini zorunlu kılar ve silahın kullanım süresini olumsuz etkiler. Ayrıca, yanma sırasında açığa çıkan gaz miktarının az olması, mermiye yeterli ilk hızı kazandıracak enerjiyi sağlayamaması gibi sorunlara yol açmaktadır. Bunun yanı sıra, nem çekici bir yapıya sahip olması kara barutun depo ömrünü kısaltan bir diğer önemli dezavantajdır. Bu sorunlar, modern sevk barutlarının geliştirilmesine neden olmuştur. Modern barutlar, genellikle daha yüksek enerji verimliliği, düşük duman üretimi ve nem

dayanıklılığı gibi üstün özelliklere sahiptir. Ayrıca, modern barutların tutuşma sıcaklığı 175-200 santigrat derece arasında değişmektedir ve kendi hacminin 800 katına kadar gaz üretebilmektedir. Bu özellikler, mermiye yüksek hız kazandırmak için ideal koşullar sağlamaktadır. Ayrıca, modern barutlar atmosferik değişimlerden ve nemden etkilenmeyecek şekilde stabilize edilmiştir, bu da uzun süreli depolama imkanını artırmaktadır (Carlucci, 2007).

Kara barut, modern barutların üstün özellikleri nedeniyle birçok alanda yerini kaybetmiştir. Ancak, nostaljik veya tarihi silahların kullanıldığı alanlarda kara barut hala önemini korumaktadır. Örneğin, eski model tüfekler ve toplar gibi tarihsel silah sistemlerinin restorasyonunda veya reenaktörlük faaliyetlerinde kara barut tercih edilmektedir. Bununla birlikte, barutun tarihi önemi ve kimyasal yapısının incelenmesi, modern patlayıcıların geliştirilmesi için temel bir referans noktası oluşturmaktadır (Hartwig, Tsokos ve Byrard, 2009).

Kuru olarak muhafaza edildiği sürece özelliğini uzun süre muhafaza eder. Sürtünme ve kıvılcım ile ateşlenebildiği için elden geçirilmede en tehlikeli patlayıcı ya da yanıcı bir maddedir. Kara barutun tam yanma denklemi aşağıdaki gibidir (Carlucci, 2007).



Hartwing' in çalışmalarında; 18.yy.'da dumansız barut icat edilmeden önce ateşli silahların fişeklerinde kara barutun kullanıldığı bilinmektedir (Hartwig, Tsokos ve Byrard, 2009).

Modern barutların geliştirilmesi, silah sistemlerinin performansını doğrudan etkileyen bir faktördür. İdeal bir sevk barutu, düşük sıcaklık ve basınç koşullarında mermiye maksimum hızı kazandırmalı, dumansız ve flaşsız bir yanma gerçekleştirmelidir (Değirmenci, 2005). Ayrıca, barutun toksik olmaması, silah sisteminde aşınma yapmaması ve atmosfer koşullarından etkilenmemesi beklenmektedir. Hidroskopik özellik göstermeyen modern barutlar, uzun süreli kararlılık sağlayarak günümüz silah sistemlerinde güvenilir bir çözüm sunmaktadır (Farrar ve Leeming, 1983).

2.5. Sevk Barutu

Sevk barutları, kimyasal enerjiyi bünyelerinde saklayan ve bu enerjiyi kontrollü bir şekilde gaz ve ısı enerjisine dönüştüren özel bileşimlerdir. Bu kimyasal karışımlar, herhangi bir dış oksitleyiciye ihtiyaç duymadan kendi yapılarında bulunan oksijen ile yanarak yüksek enerji açığa çıkarırlar. Bu özellikleri, sevk barutlarının yanma reaksiyonları sırasında ortaya çıkan ısı değerlerin, dış oksijenle yanan diğer yakıtlara göre genellikle daha düşük olmasına neden olmaktadır. Ancak bu durum, sevk barutlarının temel işlevlerini yerine getirme kapasitelerini olumsuz etkilememektedir (Saribey, 2008). Yanma sırasında yeterli miktarda gaz üretme özellikleri, onları özellikle ateşli silah sistemleri ve patlayıcı mekanizmalar için vazgeçilmez hale getirmiştir. Karşılaştırmalı olarak sevk barutlarının ısı değerleri, diğer bazı yakıtların ısı değerleriyle şu şekilde kıyaslanabilir; (Saribey, 2008)

- Kara barut: 685 kilokalori/kilogram,
- Benzin: 10.026 kilokalori/kilogram,
- Nitrogliserin: 1.478 kilokalori/kilogram,
- Asetilen: 12.030 kilokalori/kilogram.

Sevk barutlarının kimyasal yapısı, genellikle hidrokarbon gruplarının azot ile bağlanmış olduğu bir formda karşımıza çıkar. Bu durum, yanma sırasında ortaya çıkan enerji miktarının hidrojen veya karbon bazlı yanma reaksiyonlarına kıyasla daha düşük olmasına yol açmaktadır. Öyle ki sevk barutlarından elde edilen enerji, hidrojen ya da karbon yanmasından elde edilen enerjiden yaklaşık on ila otuz beş kat daha azdır. Ancak sevk barutlarının asıl amacı, yüksek enerji üretmekten ziyade, yanma süreçlerini kontrollü bir şekilde yönlendirerek kinetik enerji üretiminde kullanılmalarını sağlamaktır. Sevk barutlarının yanma hızları, yanma sırasında oluşan basınca doğrudan bağlıdır. Basıncın artışı, yanma hızını önemli ölçüde artırırken; basıncın azalması, yanma hızını düşürür. Bunun yanı sıra sevk barutlarının yanma süreleri; (Saribey, 2008)

- Barutun türüne,

- Barut taneciklerinin şekline ve boyutuna,
- Barutun nem oranına ve sıcaklık derecesine,
- Yanma odasının fiziksel özelliklerine,
- Barutu tutuşturan maddenin alev şiddetine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Sevk barutlarının yanması sonucunda oluşan gazlar, genellikle karbon, azot, kükürt, hidrojen ve oksijen gibi elementlerin çeşitli bileşiklerinden oluşmaktadır. Bunların en yaygın olanları arasında karbondioksit (CO_2) ve su buharı (H_2O) bulunmaktadır. Ancak yanma reaksiyonlarının türü, yanma basıncı ve diğer çevresel faktörlere bağlı olarak, açığa çıkan ürünlerin çeşitliliği ve miktarları değişiklik gösterebilir. Sevk barutlarının tarihçesi, insanlığın savaş ve patlayıcı teknolojilerdeki gelişim hikayesinin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Bu bağlamda kara barut, ilk keşfedilen ve kullanılan sevk barutlarından biri olarak dikkat çekmektedir. Kara barut, 1242 yılında Roger Bacon adlı bir papaz tarafından bulunmuş olup, ilk zamanlarda savaşlarda daha çok ses ve gürültü çıkarma amacıyla kullanılmıştır. Bu keşif, o dönem için büyük bir yenilik olsa da kara barutun eksiklikleri ve sınırlamaları, daha gelişmiş sevk barutlarının bulunması için bir dizi araştırma ve deney yapılmasına yol açmıştır. Sevk barutları, düşük hızlı patlayıcılar sınıfına girmektedir ve yanma hızları genellikle 0,01 ila 1 metre/saniye arasında değişmektedir. Buna karşın yüksek hızlı patlayıcıların patlama hızları 2000 ila 9000 metre/saniye arasında olabilmektedir. Bu hız farkı, sevk barutlarının kontrollü yanma özellikleri ile yüksek hızlı patlayıcıların ani ve şiddetli enerji açığa çıkarma özellikleri arasındaki temel farkı ortaya koymaktadır. Sevk barutlarının performansını etkileyen faktörler; (Saribey, 2008)

- Barutun Türü: Nitrogliserin bazlı, nitroselüloz bazlı veya diğer bileşimlere sahip barut türleri arasında yanma performansı açısından belirgin farklar bulunmaktadır.
- Barut Taneciklerinin Şekli ve Boyutları: Taneciklerin yüzey alanı, yanma hızını doğrudan etkileyen bir faktördür. Küçük ve düzgün tanecikler, daha kontrollü bir yanma sağlar.

- Nem ve Sıcaklık: Barutun nem içeriği, yanma sırasında oluşan enerji miktarını azaltabilir. Benzer şekilde, aşırı sıcaklık değişimleri barutun kararlılığını etkileyebilir.
- Yanma Ortamının Özellikleri: Kapalı bir yanma odası, gazların basıncını artırarak daha verimli bir enerji dönüşümü sağlar.
- Tutuşturucu Maddenin Alev Gücü: Tutuşturucu maddenin barutu tutuşturma kapasitesi, yanma sürecinin başlangıcındaki enerji yoğunluğunu belirler.

Günümüzde, kara barutun yerini büyük ölçüde modern sevk barutları almıştır. Bu geçişin temel nedenleri arasında kara barutun duman üretimi, düşük gaz miktarı, nem çekme özelliği ve yüksek bakım gereksinimi gibi olumsuz özellikleri bulunmaktadır. Modern sevk barutları ise şu avantajlara sahiptir; (Sarıbey, 2008)

- Düşük sıcaklık ve basınç koşullarında bile mermiye yüksek hız kazandırma kapasitesi,
- Flaşsız ve dumansız yanma özellikleri,
- Stabil yapı ve uzun süreli depolama dayanıklılığı,
- Hidroskopik olmama özelliği sayesinde nemden etkilenmeyen yapı,
- Atmosferik koşullardan ve sıcaklık değişikliklerinden etkilenmeme.

Bu özellikleriyle modern sevk barutları, ateşli silah sistemlerinde yüksek verimlilik sağlamaktadır. Ayrıca yanma sırasında açığa çıkan gazların kinetik enerjiye dönüşümü, mermilerin etkili bir şekilde hedefe ulaşmasını sağlar. Sevk barutlarının geliştirilmesi ve optimizasyonu, ateşli silah teknolojisinin ilerlemesinde önemli bir rol oynamıştır.

Aşağıda gösterilen Tablo 2.2’de sevk barutunun kimyasal bileşikleri ayrıntılı olarak barutun içerisinde yer alması ya da barutun içinde olmaması olarak işaretlenmektedir.

Tablo 2.2. Sevk barutunun kimyasal bileşikleri

Malzeme	Hidro Azaltıcı	Strabilizer	Plastiser	Geciktirici	Alev Sıcaklığı Azaltıcı	Flash Azaltıcı	Namlı Erozyon Azaltıcı	Elektriksel İletkenlik Azaltıcı	Yanma Hızı Kontrolü	Oksijen Kaynağı	Nem Ölçeyici Kaplama
Nitrogliserin	X		X							X	
Nitroguain					X	X	X				
Dinitrotoluen	X		X	X			X		X		X
Metalsentralit			X	X			X		X		
Etilsentralit	X	X	X	X	X	X	X		X		X
Difenilamin	X	X	X	X	X	X	X		X		
Dietilfatalet						X	X		X		
Baryumnitrat						X					
Potasyumnitrat						X					
Potasyumperolat						X			X	X	
Grafit						X		X			

Tablo 2.3. Sevk barutunun kimyasal bileşikleri

Sevk Barutunun Kullanıldığı Silahın Cinsi	Barut terkiibindeki Nitrogliserin Yüzdesi	Yanma sonucu oluşan Isı Kcal/kg
Toplar	25~28	800~840
Obüs ve Havanlar	40	1000~1250
Roketler	25~30	800~1000

Sevk barutları, gelişmiş patlayıcı bileşiklerin temel bileşenlerinden biri olarak, savaş ve endüstriyel alanlarda oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Sevk barutlarının kimyasal yapısı, özellikle nitroselüloz gibi bileşenlerin içeriklerinde bulunmasıyla dikkat çeker. Nitroselüloz, barutun su altında dahi yanabilmesini sağlayan bir özelliktir. Bu özellik, sevk barutlarının dış çevre koşullarında da verimli bir şekilde kullanılabilmesini mümkün kılar. Bununla birlikte, nitroselüloz içeren barutların yanma hızını azaltmak için

kullanılan yöntemlerden biri, barutların aseton gibi çözücülerle eritilmesidir. Bu eritme işlemi sırasında, barutlar istenilen şekil ve biçimlere sokulabilir. Bu sayede, sevk barutlarının farklı silah sistemlerine uyum sağlaması kolaylaştırılır. Yanma hızını kontrol etmek amacıyla, barutların bileşiminde bazı kimyasal maddeler de kullanılmaktadır. Bu maddeler arasında, barutun alevini zayıflatmaya yardımcı olan tuzlar yer almaktadır. Bu tuzlar, barutun yanma hızını yavaşlatırken, aynı zamanda barutun depolama ömrünü uzatmaya da katkıda bulunur. Özellikle difenilamin, barutun içeriğinde yer alarak hem yanma hızını düzenlemeye yardımcı olur hem de barutun kararlılığını artırır. Difenilaminin barut üretiminde kullanılması, aynı zamanda barutun uzun süreli depolanabilmesini de sağlar. Difenilamin, barutun bileşenlerinde karmaşık bir yapı oluştururken, bu bileşenlerin patlayıcı özelliğini dengeler ve istenmeyen kimyasal reaksiyonların önüne geçer (Carlucci, 2007).

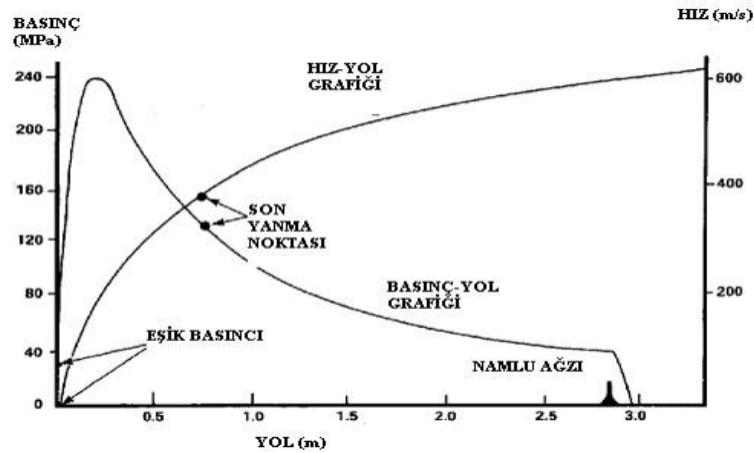
Sevk barutlarının tarihi, insanlık tarihindeki en eski teknolojilerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. İnsanlar, yaklaşık 1200 yıl öncesine dayanan bir süredir en etkili sevk barutlarını geliştirme çabası içinde olmuşlardır. İlk zamanlarda bu barutlar, özellikle savaş alanlarında patlama yaratma amacıyla kullanılmıştır. Ancak zamanla, barutların enerji üretme kapasitesinin keşfiyle birlikte, bu malzemenin stratejik ve askeri açıdan önemi artmıştır. Sevk barutları, ateşli silahların gücünü artırmak ve mermilerin hızla hedefe ulaşmasını sağlamak için temel bir bileşen haline gelmiştir. Barutların işlevselliği, özellikle yanma reaksiyonları sırasında açığa çıkan gazın basıncının artmasıyla daha da etkili hale gelir. Bu basınç, kinetik enerjiye dönüşerek mermilerin itme kuvvetini oluşturur ve böylece merminin hedefe doğru hızla hareket etmesini sağlar. Bu süreç, iç balistikteki temel olayların merkezinde yer alır. Barutların bu özel kimyasal ve fiziksel özellikleri, topçu silahları ve diğer ateşli silahlar için vazgeçilmez bir bileşen olmasını sağlamıştır (Carlucci, 2007).

Dumansız barutlar, modern ateşli silahlar için tasarlanmış ve üretimi oldukça gelişmiş olan barut türleridir. Bu barutların çoğu, içerdikleri difenilamin sayesinde yüksek verimlilik sağlar. Difenilamin, barutun içerdği nitratları temizler ve böylece daha saf ve etkili bir yanma süreci oluşur. Bu temizlik işlemi, aynı zamanda barutun daha stabil hale gelmesini sağlar. Difenilaminin barut üretiminde önemli bir rolü vardır, çünkü barutun yüksek sıcaklıklar ve zorlu koşullarda depolanabilmesi için kritik bir bileşendir. Ayrıca difenilamin, barutun nitratlanma sürecinde de görev alır ve bu bileşiğin eklenmesiyle

barutun patlayıcı özellikleri güçlendirilir. Bu kimyasal bileşikler, barutun termal tarihini ve depolama kariyerini de yansıtan izler bırakabilir. Difenilamin türevleri, bilimsel analizlerle, özellikle ince tabaka kromatografisi ve sıvı kromatografi teknikleriyle izole edilerek tanımlanabilir. Bu sayede, barutların üretim süreçleri ve depolama koşulları hakkında önemli veriler elde edilebilir (Edgard,1994)

Sevk barutları, farklı silah sistemlerinde kullanıldığı şekliyle büyük çeşitlilik göstermektedir. Topçu silahlarında, barutlar çeşitli tip ve miktarlarda kullanılır. Bunlar, örneğin kovani olan hartuçlar veya keseli hartuçlar şeklinde olabilir. Bu tip barutlar, silahın atış mesafesine ve özel atış cetveline göre düzenlenir. Hartuç biçimindeki sevk barutları, özellikle dağ topları veya obüsler gibi büyük kalibreli silahlar için kullanılır. Bu tür silahlar, mermi yolunun doğru bir şekilde elde edilebilmesi için belirli bir miktar barut içerir. Bu barut miktarı, atışın mesafesine ve merminin hedefe doğru yönelmesini sağlamak için silahın atış cetveline uygun şekilde hesaplanır. Silahların ve barutların birlikte çalışarak istenilen verimi sağlaması, mühendislik ve balistik hesaplamaların doğru yapılmasını gerektirir. Bu doğrultuda, barutun bileşimi ve şekli, ateşli silahların etkinliğini doğrudan etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Barutun yanı sıra, kullanılan mermi tipi, ateşli silahın yapısı ve çevresel koşullar da ateşli silahların performansını etkileyen diğer unsurlardır (Edgard,1994)

Şekil 2.2’de namlu içinde gaz basıncı ve hızın değişimi basınç-yol grafiğinde gösterimi yapılmıştır. Eşik basıncının basınç-yol grafiğinin neresinde gözlemlendiği, son yanma noktasının nerede olduğu gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Namlu içinde gaz basıncı ve hızın değişimi grafiği (Muldoon,1977).

Sevk barutları, patlayıcı nitelikleriyle bilinen ve yanıcı özelliğe sahip olan bileşiklerdir. Bu barutların etkisi, yandıkları ortamın hacmiyle ters orantılı bir şekilde değişir; yani, daha küçük bir alanda yakıldıklarında daha büyük bir basınç oluştururlar. Barutun patlamasıyla açığa çıkan gazlar, namlu içindeki dirençleri aşacak kadar yüksek bir basınç yaratır ve bu da merminin ileri doğru hareket etmesini sağlar. Ateşlenen merminin üzerinde bulunan sevk çemberi, patlayan gazın etkisiyle namlu içerisindeki çelik setler tarafından kesilir ve bu kesilme merminin dönmesini sağlar. Merminin dönmesi, havayla sürtünmeye karşı bir kararlılık sağlar ve mermi, hedefe ulaşana kadar düz bir yolda ilerleyebilir. Bu dönme hareketi, merminin doğru hedefe gitmesini ve hedefe vurduğunda etkili olmasını garantiler (Carlucci, 2007).

2.5.1. Diglikollu Sevk Barutları

Isıl değerleri düşük olan sevk barutları, silah namlularının ömrünü önemli ölçüde artırabilmektedir. Bunun nedeni, yüksek ısı değeri olan barutların, namlularda daha fazla aşınma ve yıpranma meydana getirmesidir. Bu sorunu çözmek amacıyla, nitrogliserinli sevk barutları yerine daha düşük ısıl değerlere sahip olan alternatif maddeler geliştirilmiştir. Bu alternatif maddelerden biri, diglikoldinitrattır. Diglikoldinitratın ısı değeri daha da düşürülerek geliştirilen sevk barutları, soğuk barutlar olarak adlandırılmaktadır. Soğuk barutlar, silah namlularının kullanım ömrünü belirgin bir şekilde uzatmaya yardımcı olmuştur. Nitrogliserin yerine, genellikle %23 ila %36 arasında diglikoldinitrat içeren barutlar kullanılarak, büyük ve küçük çaplı toplarda namlu ağzındaki alevlerin yok edilmesi sağlanabilmekte ve mermilerin daha yüksek ilk hızlarla atılabilmesi mümkün olmaktadır. Soğuk barutların, özellikle üretim aşamasında büyük avantajları bulunmaktadır. Diğer sevk barutlarına kıyasla, imalatı çok daha kolay ve daha az tehlikelidir. Ayrıca, bu barutların depolama ömrü de daha uzundur, bu da askeri ve endüstriyel uygulamalarda daha verimli kullanılmalarını sağlar. Bununla birlikte, diglikoldinitratın bazı dezavantajları da mevcuttur. Özellikle sıcak hava koşullarında, diglikoldinitrat daha uçucu bir madde olduğundan, barut taneleri birbirine kaynayarak farklı yanma yüzeylerinin oluşmasına neden olabilir. Bu durum, barutun etkinliğini olumsuz yönde etkileyebilir. Tanelerin bir araya gelmesi ve birbirine yapışması, sıcaklıkların 40°C'nin üzerine çıktığı ortamlarda başlar. Obüs ve havanlarda kullanılan diglikollu barutların içeriği, genellikle %35-36 arasında diglikoldinitrat bulunur ve bu

barutların ısı değeri 1030 ile 1050 Kcal/kg arasında değişir. Diğer taraftan, toplarda kullanılan diglikollu barutların diglikoldinitrat oranı %22-26 arasında olup, bu barutların ısı değeri 690 ile 800 Kcal/kg arasında değişmektedir. Bu fark, her iki tip barutun farklı kullanım alanlarına uygunluk göstermesini sağlar. Obüs ve havanlar için geliştirilen yüksek diglikoldinitrat içeren barutlar, büyük patlama kuvveti yaratırken, toplarda kullanılan daha düşük içerikli barutlar ise daha düşük enerji ile stabil bir ateşleme sağlamaktadır (Saribey, 2008).

2.6. Barut Cinsleri

Tüfekler için hangi barut cinslerinin kullanılabileceğini gördükten sonra, muhtelif barut cinslerinin nasıl elde edildiğini gözden geçirelim. Bu bölümde, tüfek barutlarının imalinde kullanılan çok sayıda sürecin teferruatına girilmeyip, sadece barutların nasıl imal edildiği kısaca ele alınacaktır.

2.6.1. Karabarut

Karabarut, takriben 6 asırdan beri kullanılmış olup, imalâtında kullanılan metodların geliştirilmesine rağmen, terkibi hemen hemen bütün ülkelerde pratikçe aynı kalmıştır. Sopr makstalı ile kullanılan karabarutun terkibi aşağıda verilmiştir;

- Potasyum nitrat (güherçile) %75
- Odun kömürü %15
- Kükürt %10

Bu komponentler, kollerganglarda, homogen bir karışım elde edilecek şekilde ezilir ve karıştırılır. Barut bunu müteakip hidrolik preslerde preslenir, farklı büyüklüklerdeki taneler halinde kırılır, son olarak daha akıcı hale getirmek ve görünüşünü iyileştirmek için grafit ile cilâlanır. Hafif silâhlarda yanma hızı, tane büyüklüğünün değiştirilmesi ve kollerganglarda karıştırma zamanı vasıtasıyla düzenlenir. Daha önce de belirtildiği üzere, kara barut, yanma gazlarını kısmen geçirir ve bu sebepten, sadece yüzeyden yanmaz. Fakat sıcak yanma gazları tane içine kolay nüfuz edemediğinden, yanma hızı, yüzey alanını ile değişir. Bu bakımdan, hafif silâhlarda yanmanın kontrolü

için, tane büyüklüğü uygun ve efektif bir metodudur. Fakat, çok daha yavaş yanan barutların gerekli olduğu askerî maksatlar için, barut, küp, piramit, yüzey sayısı farklı ve delikli prizmalar şeklinde preslenir. Tane büyüklüğü bir numara ile gösterilir ve normal av barutu için en uygun olanı 4 numara baruttur. Tahmin edileceği üzere, kara barutun etkinliği, büyük ölçüde kullanılan bileşenlerin kalitesine tabidir. Sodyum ve potasyum, çok benzer tipte kimyevî reaksiyonlar meydana getirdiğinden, potasyum nitrat, daha ucuz olan ve daha güçlü bir barut meydana getiren sodyum nitrat ile ikame edilebilir. Fakat, bunun için en büyük engel, sodyum nitratin çok higroskopik tabiatıdır. Bu sebeple, sodyum nitratlı barutlar, nem çekmeğe çok mütemayildir ve bir defa nem çektiklerinde, etkinlik bakımından tamamen bozulmuş olurlar. Bu sebeple, potasyum nitratlı barut daha iyidir.

Kara barutun büyük dezavantajı, yanma esnasında teşekkül eden dumandır. Dumanın sebebinin, %75'inin yanma sıcaklığında uçucu maddeler teşkil eden nitratlar olduğu kolayca fark edilebilir. Yine, bu çok büyük nitrat oranı, yanma neticesi teşekkül eden gaz miktarının (%44) az olmasını da açıklar.

İlk dumansız barut, potasyum nitrat yerine baryum nitrat kullanılarak yapılmıştır. Fakat bu, hassasiyeti oldukça düşük olan, aynı zamanda büyük miktarlarda bakıye bırakan ve kirlenmeye sebep olan bir vermiştir. Bu baryum nitratlı karabarut yaşamamış, fakat baryum nitrat kullanılması, dumansız barut istihsalinde ilk adım olmuştur. Dumandan sarfınazar edilirse, karabarut fevkalâde ve emniyetli bir sevk maddesidir. Etkisi çok düzenlidir, çok kolay imlâ edilir ve rutubetten korunursa sonsuz süre ile saklanabilir. Mamafih su barutu tamamen bozar ve bir defa nem çektikten sonra kurumakla, çözünen nitratin yeniden kristallenmesi ve böylelikle bileşenlerin mükemmel karışım şeklinin değişmesi sebebiyle, hiçbir zaman tam gücüne erişemez. Karabarutun diğer bir dezavantajı, aynı etki seviyesinde, dumansız barutunkinden daha fazla geri tepmeye sebep olmasıdır. Evde fişek doldurmak için, bilhassa sıcak iklimlerde karabarut, diğer herhangi bir baruttan daha iyi netice verir.

2.6.2. Nitrogliserinli Barutlar

Nitrogliserin, 1846 yılında A. SOBRERO tarafından bulunmuştur. Renksiz bir sıvı olup, darbe ve sarsıntıya karşı fevkalâde hassastır ve 1862 yılında., İsveç'te Alfred

NOBEL tarafından imaline başlanana kadar, patlayıcı madde olarak kullanılması için hiçbir ciddî teşebbüste bulunulmamıştır. Kullanımında meydana gelen çok sayıda kazalar, bütün ülkelerde kullanımının yasaklanmasına sebep olmuştur. NOBEL, daha sonra nitrogliserini, büyük miktarlarda nitrogliserini emebilen kiselgur'a emdirerek, daha emniyetli bir hale getirmiştir.

1875 yılında NOBEL, bütün patlayıcı maddeler imalâtında bir inkılâp teşkil eden büyük bir keşifte bulunmuştur. Bu keşif oldukça tesadüfî bir şekilde, elindeki bir kesik yarasına, korumak için kollodyum çözeltisi sürmesi ile olmuştur. Aynı gün, nitrogliserin ile yaptığı çalışmalarda, elindeki kollodyum tabakasının, nitrogliserin ile temas neticesi gel halini aldığını fark etmiştir. Bu gerçekten, patlayıcı jelatinin başlangıcı olmuştur. Bir cins nitrosellüloz olan kollodyumun kullanımı mütekapi kademeyi teşkil etmiş ve ilk jelatinize patlayıcı madde, %92 nitrogliserin ile %8 kollodyumdan imal edilmiştir. Bu karışıma patlayıcı jelatin (Sprenggelatin, Blasting gelatine) ismi verilmiş olup, halen bu isim altında geniş ölçüde kullanılmaktadır.

Fakat, patlayıcı jelatinin infilâk etmesi ve barut olarak kullanılmak üzere yanmasının kontrol edilememesi sebebiyle, NOBEL tarafından 1887 yılında bir kontrol metodu bulunana kadar, bu maksatla kullanılamamıştır

2.7. Ballıstıt

Ballıstıt, Alfred Nobel'in ilk nitrogliserinli barutudur ve nitrogliserinin su içinde, basınçlı hava vasıtasıyla karıştırılarak muamelesi suretiyle elde edilmiştir. Bunu müteakip, rutubetli karışım, çok ince yapraklar haline getirilebilen, plastik bir kütle teşkil etmek üzere sıcak valsler arasından geçirilerek suyundan kurtarılmaktadır. Yapraklar, kare şeklinde, hafifçe şeffaf ve koyu gri renkli yaprakçıklar halinde kesilmekteydi. Yanma, yaprakçıkların ölçüleri ve kalınlığı vasıtasıyla kontrol edilmekteydi. Nitrogliserinin, kollodyum üzerine jelatinize edici tesiri sebebiyle, Ballıstıt jelatinize bir baruttu. Bu barut, sadece nitrogliserin ve nitrosellülozdan ibaret olup, duman teşkil edecek nitratlar veya başka herhangi bir madde ihtiva etmiyordu, yoğunluğu yüksekti ve patlayıcı olmayan komponentler bulunmuyordu. Ballıstıt'ın büyük dezavantajı, yanma gazlarının erozyona sebep olan yüksek sıcaklığıydı. Bu nitrogliserinden ileri geliyordu ve

bu sebeple, İngiliz av barutlarında genellikle nitrogliserin kullanılmamıştır. Ballistit hem sporcular hem de tüfek imalatçıları arasında, çok hızlı ve güçlü bir barut olarak şöhret kazanmıştır, fakat bu gerçekten böyle olmayıp, bu şöhret, muhtemelen geçmişte vuku bulan ve sebebi genellikle anlaşılamamış kazaların bir hatırasıdır.

Kazaların meydana gelmiş olduğu şüphesizdir ve gerçek sebebi ateşlenme güçlüğü olan bu tarz kazaların, Ballistit'in sertliği zannının yayılmasına sebep olduğu fazla şüphe götürmeyecek bir husustur. Bu sertlik şöhretine, barutun düzensiz yanması ve bazan, bazı atımların diğerlerinden farkedilebilir derecede çok daha kuvvetli olması da yardım etmiştir. Fakat bu düzensizlik de, esas itibariyle bir işial meselesiydi. Sonralıya bu güçlükler yenilmiş olup, 1920 - 1939 yılları arasında imal edilen Ballistit'ler, balistik, yani hız ve basınçlar bakımından, daha yüksek değerler temin etmemiştir. Gerçekte, Ballistit'lerin meydana getirdiği hız ve basınçlar, daha ziyade düşük tarafta kalmıştır.

Kullanılan ilk ballistitler, namlu içinde, önemli derecede korrosiv olan, çok fazla miktarda bakıye bırakıyordu. Bunun sebebi, barutun oldukça düşük basınç altında yanması halinde, namlu içinde, azot oksitler bakımından zengin dumanlar neşreden, yanmamış tanelerin kalmasıdır. Namlu temizlenmeden bırakılırsa, azot oksitler havanın oksijeni ile birleşerek, çelik üzerine etki eden nitrik asit meydana getirir. Bunun ile birlikte bu güçlük de yenilmiş ve ballistit zararsız hale getirilmiştir.

Ballistit, yoğunluğu çok yüksek olan bir barut idi ve barut şarjı, normal barutların aynı hacmi kaplamıyordu. Bu bakımdan, taban kısmı konikleştirilmiş, barutun içinde bulunacağı hacim küçültülmüş özel fişekler kullanılmıştır. Böyle kovanlara, "konik tabanlı" kovanlar ismi verilmiş olup, normal kovandan bir sapma teşkil ettiği için, bu kovanlara ihtiyaç bir dezavantajdır. Bu sebepten, artık ballistit imal edilmemektedir.

2.7.1. Kordit

Bu, askerî maksatlarla kullanılmış bir İngiliz barutu olup, normal av tüfeklerinde hiçbir zaman kullanılmamış olmakla beraber, yanma kontrol metodları bakımından bir örnek olarak, kısaca temas edilecektir. Kordit, nitrogliserin, pamuk barutu ve vazelinden ibarettir. Son komponent, esas itibariyle, yanma gazlarını soğutmak ve erozyonu azaltmak için terkibe dahi edilmiştir. Kordit'in tesadüf eseri keşfedildiği, muhtemelen gerçek olan bir hikâyedir. Waltham Abbey'deki devlet fabrikasında, bir kimyacı ballistit imali

üzerinde çalışırken, kollodyum bulunmadığından, nitrogliserine pamuk barutu ilâve etmiştir. Netice, bugün için kordit ismiyle bilinen, tamamen farklı bir baruttur. Kordit'in çok yüksek olan erozyon tesiri sebebiyle, orijinal nitrogliserin miktarı düşürülmüş olup, terkip halen aşağıdaki gibidir;

- Nitrogliserin %39
- Pamuk barutu %65
- Vazelin %5

Bu terkip, %58 nitrogliserin ihtiva eden Cordite Mark I'den tefrik edilmek üzere, olarak isimlen Cordite M.D.'dir (Modified) olarak isimlendirilir.

2.7.2. Nitrosellülozlu Barutlar

Nitrosellüloz, elyaflı bir maddedir. Pratikçe ilk nitrosellülozlu dumansız barut, 1865 yılında Schultze tarafından bulunan ve nitrik asit ile muamele edilerek, baryum nitrat emdirilmiş, küçük odun parçalarından ibaretti. Odun, sellülozun bir şekli olup, böylece, orijinal Schultze barutu, nitrosellüloz ve baryum nitrattan müteşekkildi.

1870 yılında Volkmann, nitrosellülozun bir alkol – eter karışımı ile muameleyle, kısmen jelatinize edilebileceğini tesbit etmiş olup, bu keşif modern jelatinize nitrosellüloz tiplerinin imalinde başlangıç olarak kabul edilmektedir.

2.7.3. Çift Bazlı Barutlar:

Bazı barutlar, belirli miktarlarda nitrogliserin ve nitrosellüloz ihtiva ederler. Bunlar çift bazlı barutlar olarak bilinmektedir.

2.7.3.1. Jelatinize Barutlar

Nitrosellülozun aseton gibi bir çözücü ile bir hamur haline getirilmesidir. Bu barut, preslenmekle, ip, buru veya şerit şekline getirilebilir veya valsten geçirilerek levha haline getirilerek, bundan sert tanecikler kesilebilir. Bu şekilde, sıcak barut gazlarının nüfuz edemediği ve sadece yüzeyden itibaren yanan, gözeneksiz, katı tanecikler elde

edilir. Gözenekli bir barut elde edilmek isteniyorsa, barut hamuruna, ince taneler halinde, sonradan baruta tesir etmeyen fakat, ilâve edilen maddeyi çözebilen bir çözücü ile kestrakte edilebilen bazı maddeler ilâve edilir. Ekstraksiyondan sonra, çözünen madde taneciklerinin bulunduğu kısımlarda küçük delikler kalır. Bu süreçten, daha önce, gözenekli barutlar kısmında bahsedilmişti. Barut henüz hamur halinde iken, nitratlar ve vazelin gibi diğer bileşenler de ilâve edilir. Bundan maksat, yanma hızını düşürmek, alkali bir bakiye temin etmek ve barutun hacmini arttırmaktır. Bunun haricinde, bütün jeletinize nitroselülozlu barutlar küçük bir miktar su ihtiva ederler. İngiliz jelatinize nitroselülozlu barutu olan Diamond'un su muhtevası %1,7'dir.

2.7.3.2. Elyafli Barutlar

Bu barutlar hiç jelatinize edilmemiştir. İnce kıyılmış, çözünür ve çözünmez nitroselülozların bir karışımı, küçük taneler halinde yuvarlatılarak, kullanım ve imlâ esnasında dağılmalarını önlemek için sertleştirilir. Bu işlem, tanelerin bir solvent ile muamelesinden ibarettir, Meselâ E.C. barutunda, nitroselüloz elyafını, elyafli görünümünü bozmadan birbirine az çok yapışacak hale getiren, bir alkolde kâfur çözeltisidir. Yanmayı yavaşlatmak için, karışıma metal nitratlar, vazelin ve nişasta gibi maddeler ilâve edilir. Bu ilâveler, bazik bir bakiye teşekkülüne ve barutun hacminin artırılmasına da yardım ederler.

Elyafli barutlar da jelatinize barutlar için, kaide olarak %1,4- 2,0 arasında değişen, az miktarda rutubet ihtiva ederler.

2.7.3.3. Elyafli ve Jelatinize Barutların Mukayesesi:

Bu iki farklı tip barutun her ikisinin birden, neden kullanıldığı sorulabilir. Bunun sebebi, mümkün olan her şart altında mükemmelliğin, tek barutla temininin imkânsızlığıdır.

Elyafli ve jelatinize barutlar arasındaki başlıca fark, sıcak yanma gazlarının nüfuzudur. Şimdiye kadar görülmüş olduğu üzere, gözeneksiz barutlar barut gazlarını geçirmez, gözenekli barutlar ise ancak gözeneklerde geçirirken, bu gazlar, elyafli baruta

çok kolay nüfuz edebilir. Barut gazlarının nüfuz kabiliyetindeki bu fark, barutun yanma hızında kendisini gösterir. Taneler çok kolay yandığı ve yanacak barut tanesi kalınlığı sadece münferit nitroselüloz elyafının çapından ibaret olduğundan, elyafli barutlar jelatinize olanlardan daha çabuk yanarak tükenir. Fakat, sıcaklık, nem veya kuruluk gibi iklim şartlarındaki nisbeten hızlı değişikliklerde, elyafli barutun rutubet muhtevası, jelatinize baruta göre daha fazla değişik gösterme temayülündedir. Bir barutun rutubet muhtevasındaki değişiklikler, balistikte değişikliklere yol açabilir, basınç ve hızda meydana gelen değişiklikler gerçekte çok büyük olmasa da çok defa düzensiz dağılımlara sebep olabilir. Böylece, muhtemelen bütün pratik maksatlar bakımından iki barut arasında bir tercih yapmak için sebepler çok az olsa da bu bakımdan jelatinize barut bir avantajdır.

2.7.4. Dökme Barutlar

Şimdiye kadar birçok defalar, yivli tüfekler için küçük bir hacim işgal eden barutların bir avantaj olduğuna, fakat av tüfeklerinde, saçma ve tapa tarafından işgal edilen hacmin çok büyük olması sebebiyle, barut tarafından işgal edilen hacimden küçük bir tasarrufun pratik bakımdan önemli olmadığına işaret edilmiştir.

Gerçekten, biraz hacimli bir av barutu, her zaman için tezgâhlarla yapılan fişek dolumu için bir avantajdır. Dolum tezgâhlarında, doğru bir şekilde dolduğunda, bir fişek için gerekli barut miktarını alan küçük yüksükler bulunmaktadır. Barut yoğunluğu çok yüksekse, bu yüksüklerin küçük olması gerekecek ve yüksük muhtevasındaki küçük değişiklikler, toplam barut hakkında, büyük yüksüklerin kullanılacağı hacimli barutlardakinden daha yüksek sapma yüzdelere yol açacaktır. Her iki halde de, sadece nisbeten az sayıda granülden ibaret değişim, hacimli barutlar için daha az tesire sahiptir.

Pratik tecrübeler, normal kovan büyüklüklerinin uygun olduğunu göstermektedir ve tüfekler bunları alacak şekilde standartlaştırılmıştır. Kovanlar, kara barut kullanıldığı zamanlarda geliştirilmiştir ve doldurulması gereken hacim, evvelce kara barut şarjının işgal edeceği kadardır. Barut hakkı, normal 2 1/2 inç, 12 numara fişek için 3 dirhem (1 Dirhem (Drachm, Dram) = 1.7719 g) olup, böylece takriben 3 dirhem kara barut tarafından işgal edilen hacim, barut şarjı hacmi olarak standart ölçüdür. Bu, biraz modası

geçmiş bir ölçü olarak kabul edilebilir. Fakat bu universal olarak tanınmıştır, çok uygundur ve herkes tarafından anlaşılmaktadır.

Netice olarak, barutlar gerçek tatbikatta, dolum tezgâhlarında, yüksükler vasıtasıyla, yani hacim esasına göre imlâ edildiğinden, bu şekilde imlâ edilecek bütün av barutları, hacim bakımından sanallaştırılmış olmalıdır.

Bu standardizasyon, bütün İngiliz av barutlarında daima, büyük bir titizlikle yerine getirilmiştir. Bunun neticesi olarak bir dökme (bulk) barut, şarj hacmi, tekabül eden kara barut şarj hacminin aynı olan bir baruttur.

2.8. Muhtelif Ülkelerde İmal Edilen Av Barutları

Aşağıda, muhtelif ülkelerde imal edilmekte olan bazı av barutları hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

2.8.1. İngiliz Barutları

E.C. Barutu

33 granilik, elyaflı, nitroselülozlu bir dökme baruttur. Rengi parlak turuncudur. Taneler avuç içinde toz haline getirilirse, hafif bir kâfuru kokusu duyulur.

I.C.I. No. 51 Barutu

Açık gri renkli, 33 grainlik, elyaflı bir nitroselüoazlu baruttur.

NEOFLAK Barutu

Yoğun, gözeneksiz, jelatinize bir nitroselülozlu baruttur. Taneler veya pullar yassı, kare veya elmas şeklindedir. Rengi kahverengimsi turuncudur. Bu barut, ağır saçma şarjları için uygun, özel, yavaş yanan bir baruttur.

NEOFLAK MODIFIED Barutu:

Yoğun, jelatinize bir nitroselülozlu baruttur. Taneler veya pullar, Neoflak barutuna benzer ölçü ve şekillerdedir, fakat rengi grimsi yeşildir. Bu Neoflaktan daha yavaş yanan bir baruttur.

SCHULTZE Barutu:

Hemen hemen beyaz renkli, 42 grainlik, elyaflı nitroselülozlu bir baruttur.

SMOKELESS DIAMOND Barutu:

33 grainlik, gözenekli, jelatinize bir dökme baruttur. Taneleri dairevi ve hafifçe yüksük şeklindedir. Rengi mat siyahtır.

SMOKELESS DIAMOND MODIFIED Barutu:

356 grainlik, gözenekli, jelatinize, dökme bir nitroselülozlu baruttur. Taneler, yuvarlak yerine kare şeklinde olmaları haricinde smokeless diamond barutuna benzer. Renk aynıdır.

2.8.2. Kıta Avrupası Barutları

2.8.2.1. Belçika Barutları

CLERMONITE:

33 grainlik, elyaflı, dökme nitrosellülozlu baruttur. Rengi kırmızımsı turuncudur.

COOPPAL CAULILLE:

Yoğun, jelatinize, gözeneksiz bir nitrosellülozlu baruttur. Tane veya pullar yassı, kare şeklinde ve renkleri parlak grimsi siyahtır. Ağır saçma şarjları için uygun, yavaş yanan bir baruttur.

COOPPAL EXCELSIOR:

Yoğun, jelatinize, gözeneksiz, nitrosellülozlu bir baruttur. Tane veya pullar yassı ve kare şeklindedir. Renk yeşilimsi gridir.

COOPPAL PERFECTA:

Yoğun, jelatinize, gözeneksiz bir nitrosellülozlu baruttur. Tane veya pullar, yassı ve kare şeklindedir. Renk koyu mordur.

CORONA:

Yoğun, jelatinize, gözenekli bir nitrosellülozlu baruttur. Renk koyu, yeşilimsi gridir ve taneler silindiriktir.

EMERALD:

33 grainlik, elyaflı, dökme nitrosellülozlu baruttur. Renk, oldukça koyu gridir.

MULLERITE:

Yoğun, jelatinize, gözeneksiz bir nitrosellülozlu baruttur. Tane veya pullar yassı, kare şeklinde, renkleri koyu giridir.

VICTORIA:

Yoğun, jelatinize, gözeneksiz bir nitrosellülozlu baruttur. Tane veya pullar yassı, kare şeklinde ve renkleri mordur. Bu barutun COOPPAL PERFECTA ile karıştırılması ihtimali vardır, fakat tanelen biraz daha küçük, renk COOPPAL barutu kadar koyu değildir.

2.8.2.2. Fransız Barutları (19339 Öncesi):

POUDRE T:

Yoğun, gözeneksiz, jelatinize nitrosellülozlu bir baruttur. Taneler kare şeklinde ve yassı, renkleri hafifçe parlak, koyu gridir.

POUDRE S:

42 grainlik, elyaflı, dökme nitrosellülozlu, SCHULTZE barutuna çok benzer görünümde bir baruttur.

2.8.2.3. Alman Barutları (1939 öncesi)

RECORD:

33 grainlik, gözenekli, jelatinize bir dökme nitrosellülozlu baruttur. Açıkça, SMOKELESS DIAMOND barutunun bir taklididir, fakat taneler biraz daha kalın ve renk mat siyahtır.

ROTTWEIL:

Yoğun, hafifçe gözenekli, jelatinize bir nitrosellülozlu baruttur. taneler yassı, kare şeklinde ve yeşilimsi gridir.

WALSRODE:

33 grainlik, hafifçe gözenekli, jelatinize, yoğun bir nitrosellülozlu baruttur. Taneler yuvarlaktır ve hafifçe çukurlaştırılmıştır, renk koyu yeşilimsidir.

2.8.2.4. İsveç Barutları (1939 Öncesi):

NORMAL FLAKE:

Yoğun, gözeneksiz, jelatinize bir nitrosellülozlu baruttur. Taneler kare şeklinde, yassı fakat çok incedir. Renk hafif-çe parlak gridir.

2.8.2.5. Amerikan Barutları

Aşağıdaki Amerikan barutlarının hepsi, çift bazlı, yoğun, gözeneksiz jelatinize barutlardır.

DU PONT MX:

Taneler küçük, yassı hem ölçü, hem şekil bakımından düzensizdir. Renk grimsi siyahtır.

HERCULES RED DOT:

Taneler, herbirinin merkezinde bir delik bulunan, yassı, yuvarlak diskler şeklindedir. Renk, yeşilimsi siyah fakat bazı taneler pembe renklidir.

PROGRESSIVE:

Taneler küçük, ölçü ve şekil bakımından düzensizdir. Renk siyahtır.

WESTERN MINIMAX:

Taneler çok küçük, ölçü ve şekil bakımından düzensizdir. Renk koyu yeşilimsi gridir.

Barut seçiminde hatırda tutulması gereken iki önemli nokta, yanmadan sonra kalan artıkların tabiati ve hacim ağırlığı bakımından standardizasyondur.

Atıştan sonra kalan bakiye, korozyon üzerine etkisi bakımından önemli bir etkiye sahiptir ve bazik bir bakiye, korozyona karşı korunma bakımından faydalı sayılır. Bütün İngiliz barutları, farklı derecede bazik bir bakiye bırakır. SCHULTZE barutu en bazik olanıdır.

Kıt'a Avrupası ve Amerikan barutlarının pek azı bazik bakiye bırakır, fakat paslanmaya sebep olmayan iyi bir kapsülün kullanılması da, hızlı korozyona karşı korunma bakımından aynı derecede etkilidir.

Hacim ağırlığının standardizasyonunun önemine işaret edilmiştir, fakat bu husus hiç bir zaman hatırdan çıkarılmamalıdır.

Niçin bu kadar çok farklı barutun imal edildiği hayret verici olabilir. Bunun sebebi, daha önce de işaret edildiği üzere, bütün şartlar için mükemmelliğin temininin imkânsızlığı olup, bazı barutlar bir bakımdan iyi iken, diğer bakımlardan bu kadar iyi olmayabilir.

Meselâ, SCHULTZE gibi 42 grain'lik bir barut, ağır saçma şarjları için, 33 grainlik bir baruttan daha uygundur. Fakat, genel bir emniyet kaidesi olarak, bir atıcının herhangi bir barutun daha iyi olduğuna karar vermeden önce, uzun zaman kullanım neticesi güven kazandığı fişeklerle, yeni dolu ve şarjlara göre daima daha iyi atış yapabileceği söylenebilir.

Sıcak iklimler için, düşük miktarlarda nitrosellüloz ihtiva etmesi sebebiyle, genellikle aşırı yüksek sıcaklıklarda da daha homojen neticeler vermesi bakımından, SCHULTZE barutu, muhtemelen en uygun baruttur.

G. BURRARD, İngiltere adaları için genel kullanım bakımından, SMOKELESS DIAMOND'un kullanılacak en iyi barut olduğunu ifade etmektedir

NITROSAN'da halen 2 tip dumansız av barutu imal edilmektedir. Her iki barut, tane şekli ve ölçüleri bakımından birbirine benzemektedir. Farklılık, balistik özelliklerdedir. Tip I barut, nisbeten daha yavaş yanan bir barut olup, nisbeten yüksek barut hakkı ile, düşük basınç verir. Tip II barut daha canlı olup, daha düşük barut hakları ile, yüksek basınç verir. Tip I barutta, ihtiyacı göre biraz daha yüksek Santralit I kaplama

tatbik edilmektedir. İhtiyaç olmaması halinde, Tip II baruta kaplama tatbik edilmeyebilir. Her iki barut, gözenekli, nitrosellülozlu jelatinize barutlardır.

Barutların birbirine karışması ve yanlışlıkla, Tip I barut yerine aynı miktarda Tip II barut kullanılmasından kaçınılması için, Tip II barut kırmızı- siyah renklidir. Tip I barut ise, siyah renklidir

Tablo 2.4. İçerik

Barut bileşeni	Miktar
Nitrosellüloz, Tip I, Derece C	Geri kalan
Difenilamin	0.9 ± 0.3
Potasyum nitrat, max	-
Tuz, max	$0.75 (*)$
Etil santralit	0.2, takriben
Grafit	0.2, takriben
Rutubet, max	1.20 ± 0.40

Yürürlükteki çalışma talimatlarına göre, hamur terkibine 75 kg nitrosellüloza karşılık, Tip I dumansız av barutu için 50 kg, Tip II, Dumansız Av barutu için 80 kg tuz ilâve edilmektedir.

Tablo 2.5. Dumansız Av Barutu Tip I

Safha	Barut Cinsi	Atım	Barut Hakkı	Sıcaklık (°C)	Atım Adedi	Mühim-mat cinsi	Şartname Talepleri			
							Hız (m/s)		Basınç (kg/cm ²)	
Barut Hakkı Tespit Atışı	KAF KAF KAF	Isıtıcı Hız Basınç	1.80 1.75 1.85	+21	2 5	12 Cal.	285±10 285 ±10		Ort. Max.	Münferit Max.
Teslimat Atışı	KAF KAF KAF	Isıtıcı Hız Basınç	Tayin E.	+21	5 10 10	12 Cal.	285±10 285 ±10		400±100 400±100	

Grupman, atışında 30 metre mesafede, fişekteki saçma sayısının (275 adet) en az %60'ı hedefe isabet edecektir. Nüfuz atışında, 30 m'de 1. karton ile 2. ve 16 kartonlara nüfuz eden saçmalar arasındaki fark 2'den fazla olmayacaktır.

Tablo 2.6. Dumansız Av Barutu Tip II

Safha	Barut Cinsi	Atım	Barut Hakkı	Sıcaklık (°C)	Atım Adedi	Mühim-mat cinsi	Şartname Talepleri			
							Hız (m/s)		Basınç (kg/cm ²)	
							Hız	Standard.Sapma	Ort. Max.	Münferit Max.
Barut Hakkı Tespit Atışı	KAF KAF KAF	Isıtıcı Hız Basınç	1.50 1.45 1.55	+21	2 5	12 Cal.	300 Min 300 Min		600 Max 600 Max	
Teslimat Atışı	KAF KAF KAF	Isıtıcı Hız Basınç	Tayin E.	+21	5 10 10	12 Cal.	300 Min 300 Min		600 Max 600 Max	

Grupman atışında : 30 metre mesafede, fişekteki saçma sayısının (275 adet) en az %60'ı hedefe isabet edecektir. Nüfuz atışında, 30 m'de 1. karton ile 2. ve 16 kartonlara nüfuz eden saçmalar arasındaki fark 2'den fazla olmayacaktır.

2.9. Barutun Özellikleri

2.9.1. Dumansız Barutun Özellikleri

2.9.1.1. Fiziksel Özellikler

Nitrosellülozun yoğunluğunun 1.66 g/cm³ olmasına rağmen, alkol- eter karışımı yardımı ile elde edilmiş, kısmi jelatinize olmuş bir nitrosellülozlu barutun yoğunluğu, 1.54-1.63 g/cm³ sınırları arasında değişmektedir. Bu, barutun muayyen bir mesamatlılığa sahip olmasından ileri gelmektedir. Gözenekler ya hava veya çözücü bakiyesinin eserleri ile doludur. BRUNSWIG'e göre (1926), 100 g nitrosellülozlu yaprakçık tüfek barutu, 4-8 cm³ hava ihtiva etmektedir.

Tamamen veya hemen hemen tamamen jelatinize olmuş nitrogliserinli barut daha az mesamatlıdır. Barutta uygun bir dökme yoğunluğu, tanelerin cilalanması ve grafitlenmesi ile temin edilebilir. Dökme yoğunluğu, kovan veya kartuşların dolum derecesi üzerine etkilidir. Kovan ve kartuş hacmini daha iyi değerlendirmek için, mümkün mertebe yüksek bir dökme yoğunluğuna erişilmeğe gayret sarfedilir. Dökme

yoğunluğunun 0.770 g/cm^3 'den, 0.830 g/cm^3 seviyesine yükseltilmesiyle, karabina fişeklerinde barut hakkı 2.65 g 'dan 3.2 g 'a çıkarılabilir. Bu ise aşikâr olarak, merminin ilk hızının ve nüfuz kabiliyetinin yükselmesi ile irtibatlıdır. Bazı hallerde, barutun dökme yoğunluğunun fazla yüksek olması sebebiyle, silah haznesinin ancak kısmen dolması ve bunun neticesi olarak, bazen ateşleme şiddetinin yeterli olmaması (mesela, kapsülün alev huzmesinin, hazne içinde barut ile dolu olmayan kısımlara isabet etmesi) mümkündür. Böyle hallerde yanma mütecanis olmaz. Mesela BRUNSWIG (1926) aşağıdaki bilgiyi vermektedir: 0.850 g/cm^3 dökme yoğunluğundaki barutun, 22000 atımda, %0.07 ateş almama ve %1.2 ateşlenme gecikmesi göstermesine karşılık, 0.820 g/cm^3 dökme yoğunluğundaki barut bu hatayı göstermemiştir. Kısmi jelatinize edilmiş nitrosellülozlu barutların higroskopikliği nisbeten düşüktür. Bu barutlar, su buharı ile doymuş atmosferde %2.0-2.5 rutubet alır. Tamamen jelatinize olmuş nitrogliserinli barutlar, pratikçe higroskopik değildir. Bu durum, bu barutlarda nitrosellülozun, az higroskopik, kolloid halde bulunması ile izah edilebilir. Nitrogliserin yerine, nitrosellülozu jelatinize edebilen, dinitrotoluen gibi maddeler kullanılırsa, nitrosellülozlu barutların higroskopikliğinde bir azalma temin edilebilir. A.B.D.'de bu cins barutlar NH-Powder (Non Hygroscopic Powder) olarak isimlendirilmektedir.

2.9.1.2. Patlayıcı Özellikler

Dumansız barutun parçalanma denklemi, komponentleri olan nitrosellüloz yahut nitrosellülozun nitrogliserin veya nitrodiglikol ile karışımlarının parçalanma denkleminde az farklıdır. Nitrosellülozlu barutta esas yanma (patlama) ürünleri, yanıcı CO ve H_2 gazları ile, CO_2 , H_2O ve N_2 'dir. nitrogliserinli barutta, yanma gazlarının ortalama terkibi benzer olmakla beraber, daha iyi olan oksijen bilançosu sebebiyle, tam yanma mahsulleri (CO_2 ve H_2O) miktarı daha yüksektir. Dumansız barutun yanma gazları içinde az miktarda CH_4 , bazan HCN, C_2H_2 veya karbon bulunabilir. Parçalanma mahsullerinin terkibi, ilgili barut cinsine göre yeknesak ve değişmez değildir. Barut gazlarının terkibi, en önemlisi hazne ve namlu içindeki basınç olmak üzere, birçok faktöre bağlıdır. Basınç da imla yoğunluğuna ta-bidir. Bu sebeple, aynı barut için, farklı imla yoğunluğunda parçalanma mahsullerinin terkibi, aşağıdaki tabloda gösterildiği üzere, farklı bulunmuştur.

Tablo 2.7. İmlâ yoğunluğuna bağlı olarak, parçalanma ürünlerinin terkihi.

Δ	Basınç (kg/cm ²)	CO ₂	CO	CH ₄	H ₂	N ₂	H ₂ O
0.1	730	9.6	44.8	0.7	20.7	10.3	13.9
0.3	3200	16.4	38.4	5.5	13.2	13.2	13.2

Görüleceği üzere, artan basınç ile, parçalanma mahsulleri içindeki CO ve H₂ miktarı düşerken, CO₂ ve CH₄ muhtevası artmaktadır. Barut gazlarının, namlu ağzından farklı mesafelerdeki terkihinin de farklı olduğu müşahade edilmiştir. Bunun sebebi, merminin namlu içindeki hareketi esnasında, gazların sıcaklık ve basıncının önemli ölçüde düşmesidir. Brunswig (1926), Alman M/88 tüfeği için aşağıdaki tablodaki değerleri vermektedir:

Tablo 2.8. Tüfek namlusunda gaz sıcaklığı ve gaz basıncı.

Merminin aldığı yol (mm)	Gaz Sıcaklığı (°C)	Gaz Basıncı (kg/cm ²)
200	1426	1385
300	1202	834
400	1060	577
500	965	434
600	877	339
693 (çıkış)	818	280

Poppenberg ve Stephan (1909), basıncın sistem üzerine sıcaklıktan daha fazla etkili olduğunu göstermişlerdir. Merminin namlu ağzına doğru hareketi esnasında, CO₂ miktarı artar ve CO miktarı azalır. CO₂/CO oranı, merminin namlu içindeki konumuna göre, aşağıdaki tabloda gösterildiği şekilde değişir.

Tablo 2.9. CO₂/CO Oranı

Mermi Yolu (cm)	18	28	50	70
CO ₂ /CO	0.298	0.324	0.362	0.393

Barutlar, tam yanma için yeterli miktarda oksijene sahip olmamakla beraber, ekseriyetle karbon bakiyesi bırakmaksızın, tam olarak gaz halinde yanma mahsullerine dönüşürler.

Silahta, normal kullanım için geçerli olan basınç şartlarında, barut tam olarak gaz haline geçer. Ancak, barut bir tahrip kapsülü ile infilak ettirilmiş olsaydı (detonasyon), basınç yükselmesi daha fazla olacak ve bu şartlar altında önemli miktarda karbon ayrılabilirdi. Yanma (Patlama) Isısı, Spesifik Gaz Hacmi Ve Barut Gazlarının Sıcaklığı, Yanma ısısı, en başta barutun terkibine, nitrosellülozlu barutta, nitrosellülozun azot muhtevasına ve nitrogliserinli barutta ayrıca nitrogliserin muhtevasına bağlıdır.

Tablo 2.10. Barutun terkiбинin, özellikleri üzerine etkisi.

Barut terkiби	1	2	3	4	5	6
Nitrogliserin						-
Nitrosellüloz	30	36	40	47	58	100
Patlayıcı olmayan	65	52	50	53	37	-
komponentler	5	12	10	-	5	-
(Santralit, vazelin vs.)						
Spesifik gaz hacmi, V ₀ (l/kg)	913	910	900	810	875	934
Yanma ısısı (kcal/kg)	1030	935	1005	1090	1250	924
Sıcaklık, t (°C)	2470	-	-	2850	2825	2230

Genellikle, nitrogliserinli barutların yanma ısıları daha yüksek olup, bu sebeple barutgazlarının sıcaklığı da nitrosellülozlu barutlara göre yüksektir. Bu sebeple, nitrogliserinli barutlar önemli derecede daha erosivdir ve daha büyük alev meydana getirirler.

Nitrogliserinli barutlara, patlayıcı olmayan bir bileşenin (mesela vazelin) ilavesinin, yanma ısısı ve alev sıcaklığını düşürmesi gerekir. Nitroguanidin gibi *soğuk* patlayıcı maddelerin ilâvesi de aynı maksada hizmet etmektedir.

Patlama gazlarının sıcaklığı (barutun alev sıcaklığı) imlâ yoğunluğuna da tabidir. İmlâ yoğunluğu ne kadar yüksekse, yanma sıcaklığı da o kadar yüksektir. Şekil 3, bu münasebeti göstermektedir. Nitrosellülozlu barutlar ve nitrogliserince fakir, nitrogliserinli barutlarda, imlâ yoğunluğu arttıkça, bilhassa kuvvetli bir sıcaklık yükselmesi görülmektedir. O halde, genel olarak, oksijence fakir barutlarda, imlâ yoğunluğuna bağlı olarak sıcaklık yükselmesi daha büyüktür.

Elbe, Lewis, Klein ve Menster (1950), termoelement yoluyla, yanmakta olan dumansız barutun alev sıcaklığını ölçmüşler ve yanmakta olan tabaka yakınlarında (takriben 0.6 mm kalınlığında) 25-50 kg/cm² basınç altında, takriben 1200 °C'ye ani bir sıcaklık yükselmesi tesbit etmişlerdir. Elde edilen değerlere dayanarak, yanmakta olan yüzeyin sıcaklığının 2500 °C olduğunu belirlemişlerdir.

Burada yine, yanma gazlarının, imlâ yoğunluğundaki değişiklikler neticesi değişkenlik arz eden terkibi kendini gösterir.

Merminin ilk hızına büyük ölçüde etkili olduğundan, yanma ısısının bilinmesi, büyük pratik önem arz eder. Bu sebeple, belirli zamanlarda barutun yanma ısısının tayini ile, tekabül eden barut için belirlenen değerle mukayese edilmeli ve barut hakkı, istenilen ilk hızı garanti edecek tarzda hesaplanmalıdır. Bu maksatla aşağıdaki empirik formül kullanılır:

$$C.Q = K \quad (2.2)$$

Formülde C , barut hakkını, Q , 1 kg barutun yanma ısısını, K , söz konusu atım ve istenilen ilk hız için, barut cinsine tabi olmayan bir sabiti ifade etmektedir.

Bu şekilde mesela, yanma ısısı $Q = 820 \text{ kcal/kg}$ olan bir baruttan 4.3 kg'lık bir barut hakkı ile, yanma ısısı $Q = 590 \text{ kcal/kg}$ olan bir barutun 6.0 kg barut hakkında verdiği aynı ilk hıza erişilebilir.

J. Taylor, Tablo 2.11'de, Amerikan nitrosellülozlu barutları ile, İngiliz nitrogliserinli barutlarının yanma ısısı, gaz hacmi ve yanma hızlarını vermektedir.

Tablo 2.11. Amerikan nitrosellülozlu barutları ile İngiliz nitrogliserinli barutlarının yanma ısısı, gaz hacmi ve yanma hızları

	Yanma ısısı (Su sıvı halde) [kcal/kg]	Gaz hacmi (Su gaz halinde) [l/kg]	Lineer yanma hızı katsayısı [cal/s]
<u>Nitrosellülozlu barutlar (ABD):</u>			
Pyro Cannon Powder	875	955	0.40
NH Cannon Powder	765	978	0.38
FNH Cannon Powder	740	1005	0.355
<u>Nitrogliserinli barutlar (İngiltere):</u>			
Cordite M.D.	1025	940	0.595
Cordite W.M.	1013	934	0.575
Cordite S.C.	970	957	0.500
Cordite N.Q.	880	1001	0.375
Cordite N.	765	1058	0.315

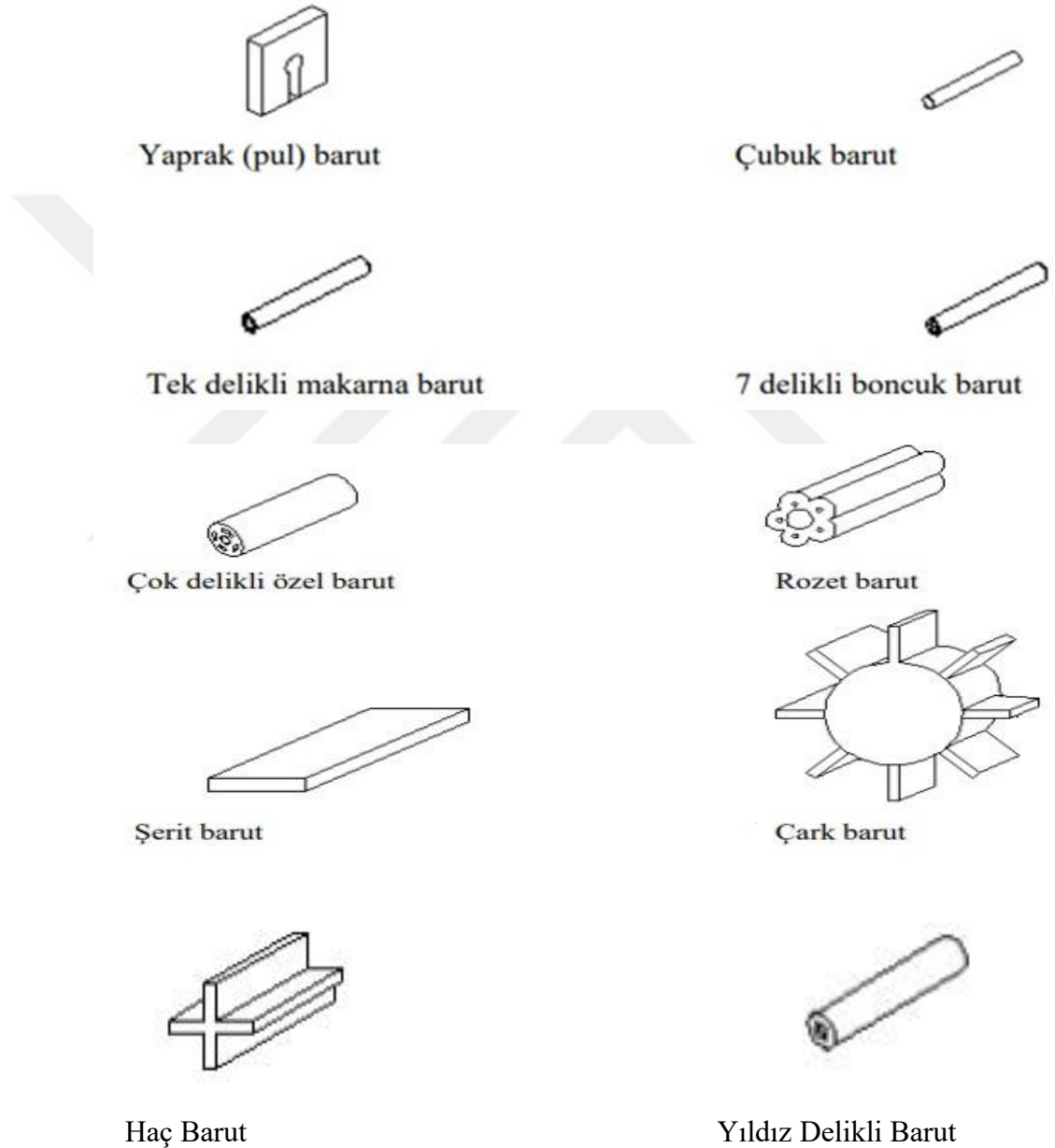
(Nalbant, 1997).

2.10. Barutun Tane Geometrileri

2.10.1. Barutlar

Barutlar, bir merminin hareketi için gerekli enerjiyi sağlayan ve kimyasal potansiyel enerji taşıyan patlayıcı maddelerdir. Bu maddeler, farklı şekil ve boyutlarda üretilir. Özellikle büyük çaplı silahlar için tasarlanmış olan barutlarda, uzun tel, kurdele şeklinde veya delikli barut taneleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür

barutların tasarımları, yüksek verim ve güvenli performans hedeflenerek yapılır. Genellikle, barut tane geometrileri silahın türüne ve kullanım amacına göre değişiklik göstermektedir. Bu geometriler, barutun yanma sürecini ve merminin namludan çıkış hızını doğrudan etkileyen faktörlerdir. Yaygın olarak kullanılan barut tane geometrileri Şekil 2.3’de sunulmuştur.



Şekil 2.3. Yaygın olarak kullanılan barut tane geometrileri (Savunma Sanayii Müsteşarlığı, (2011)).

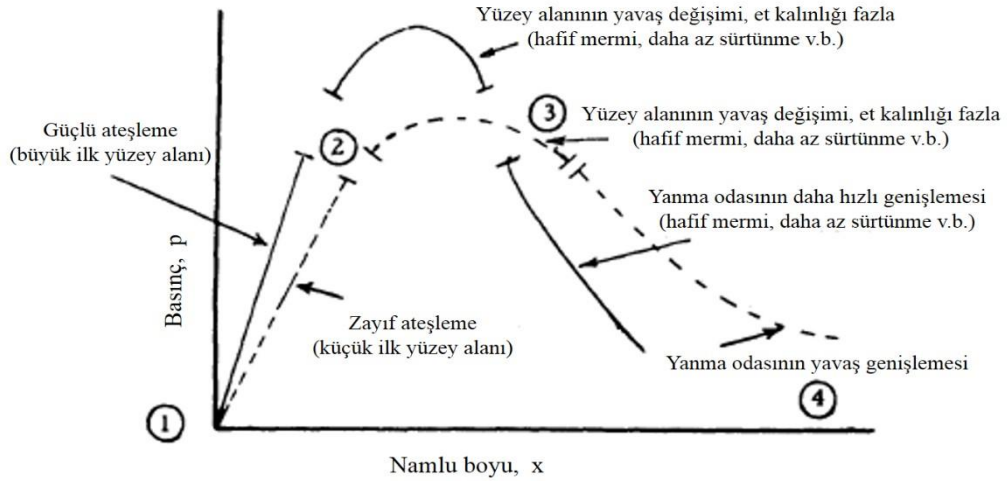
Modern silah sistemlerinde, özellikle dumansız barutlar tercih edilmektedir. Dumansız barutlar, genellikle daha az duman üretir ve bu sayede silahın ateşlenmesinin ardından çevreye yayılan dumanın görüş mesafesine etki etmesi engellenir. Dumansız barutların bileşimi, belirli yanma oranlarına sahip özel kimyasal maddelerle formüle edilir. Ancak, kompozit katı barutlar, yani nitrat ve oksitleyici olarak perklorat tuzları içeren barutlar, silahlar üzerinde korozyif etkiler yaratabilmektedir. Bu nedenle, bu tür barutlar modern silah sistemlerinde kullanılmazlar. Dumansız barutların çeşitliliği, yanma oranı, fiziksel özellikler ve şekil bakımından farklılıklar gösterir. Bu farklılıklar, her bir barut türünün belirli bir uygulama için uygun olmasını sağlar. Dumansız barutların verimliliği, genellikle basınç-zaman grafiğiyle değerlendirilir. Bu grafikte, barutun yanma süreci ve oluşan basınç değerleri izlenir. Silahın namlu direncinin ve ısı kaybının sabit olduğu varsayıldığında, basınç-zaman eğrisinin altındaki alan, merminin çıkış hızını belirleyen bir faktör olarak kabul edilir. İdeal olarak, bir dumansız barutun oluşturduğu basınç-zaman eğrisinin, hızlı bir şekilde maksimum basınca ulaşması, barutun tamamı yanana kadar bu basınç seviyesinde kalması ve sonrasında barut gazlarının adyabatik genişleme ile sıfıra inmesi beklenir. Bu durum, silahın verimli çalışmasını sağlamak için önemlidir.

Silah sistemlerinin performansını belirleyen faktörler, sabit ve değişken olarak iki ana gruba ayrılabilir. Sabit faktörler, silahın yapısal özelliklerine ve donanımına dayalı olan unsurlardır. Bu faktörler arasında namlu uzunluğu, çapı, yanma odasının konfigürasyonu ve hacmi gibi unsurlar bulunur. Bu faktörler, silahın genel tasarımını ve işlevselliğini belirleyen unsurlar olup, silahın verimliliğini etkileyen temel unsurlardır. Değişken faktörler ise daha çok patlayıcı (barut) ve mermi ağırlığı gibi unsurları içerir. Bu faktörler, barut türünün seçimi, merminin ağırlığı ve boyutu ile doğrudan ilişkilidir. Bir silahın performansı, bu sabit ve değişken faktörlerin etkileşimi ile ortaya çıkar. Örneğin, paketlenmiş barut ve mermi faktörlerinin birleşimi, yanma odası konfigürasyonunu etkileyebilir. Paketlenmiş barut ve mermi, silahın boyut ve sabit özellikleri ile sınırlandırılmıştır. Bu nedenle, merminin boyutunun özgül dış çapı belirleyici bir faktör olurken, merminin ağırlığındaki değişim de silahın performansını etkileyecek önemli bir faktördür. Ayrıca, merminin hızının belirlenmesinde, mermi boyutunun ve ağırlığının yanı sıra, barutun özellikleri de büyük bir rol oynamaktadır. Hafif mermilerin, genellikle daha yüksek ilk hızla namluyu terk edeceği bilinmektedir.

Ancak, merminin boyutunun belirlenmesi, barutun hacmini sınırlayarak, bu yüksek hızın ulaşılabilmesi için belirli parametrelerin ayarlanmasına imkân tanır. Silahların çalışma sistemi, seçilen maksimum çalışma basıncı ile sınırlandırılmıştır. Bu basınç, silahın güvenli bir şekilde çalışabilmesi ve deformasyona uğramaması için belirlenmiştir. Barut seçimi, bu maksimum basıncı aşmayacak şekilde yapılmalı ve aynı zamanda istenilen ilk hızın (merminin namludan çıkış hızı) elde edilmesini sağlamalıdır. Barutun verimliliği ve güvenliği arasındaki denge, her silah sisteminde kritik bir öneme sahiptir. Bu nedenle, doğru barut seçimi hem silahın performansını optimize etmek hem de güvenliği sağlamak için son derece önemlidir.

2.11. Barutun iç balistik olaylarına etkisi

Barutun iç balistiğe etkileri Şekil 2.4’de gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Barutun basınca etkisi (Krier ve Summerfield, 1979)

Şekil 2.4, barutun iç balistik süreç üzerindeki etkisini basınç ve namlu boyu arasındaki ilişkiyi gösteren bir grafikte şematik olarak ortaya koymaktadır. Bu grafikte iki farklı eğri yer almaktadır: Birincisi, kesikli çizgilerle gösterilen eğri; ikincisi ise düz çizgilerle ifade edilen eğridir. Her iki eğriyi, üç ana bölgeye ayırarak inceleyeceğiz. Bu bölgeler, 1 ile 2 arasındaki bölge, 2 ile 3 arasındaki bölge ve 3 ile 4 arasındaki bölge

olarak sıralanabilir. İlk bölgeyi, yani 1 ile 2 arasını ele alacak olursak, kesikli çizgilerle gösterilen eğride, merminin namlu içinde ilerlerken basıncın artışı, düz çizgilerle gösterilen eğriye kıyasla daha düşük seviyelerde kalmaktadır. Bu durum, barutun yanma hızının daha düşük olduğuna işaret eder. Kesikli çizgiyle gösterilen eğrideki yavaş yanma hızı, barutun daha az enerji üretmesi ve merminin hareketini daha yavaş bir şekilde sürdürmesine neden olur. Diğer taraftan, düz çizgilerle gösterilen eğride yanma hızı daha yüksek olduğu için basınç artışı da daha hızlı gerçekleşir ve mermi, namlu içindeki hareketini daha hızlı bir şekilde sürdürür.

İkinci bölge, yani 2 ile 3 arasındaki bölge, önemli bir farklılık gösterir. Kesikli çizgiyle gösterilen eğride, basınç değerinin zirveye ulaşması daha uzun bir süre alır ve en yüksek basınç seviyesinde daha uzun süre kalındığı gözlemlenir. Basınç burada hızla düşmez ve yanma süreci daha yavaş ilerler. Bu, yanma hızının düşük olduğu ve barutun enerjisinin mermiyi hareket ettirmek için daha uzun bir süre kullanılacağı anlamına gelir. Buna karşın, düz çizgilerle gösterilen eğride basınç çok daha hızlı bir şekilde yükselir ve en yüksek noktadan sonra hızla düşer. Bu, yanma hızının hızlı olduğu ve barutun tamamlanmasından sonra gazların hızla genişleyerek basıncın düşmesine neden olduğu bir durumdur. Son olarak, 3 ile 4 arasındaki bölgeye baktığımızda, kesikli çizgiyle ifade edilen eğride, hacmin artmasına rağmen basıncın düşmediği görülmektedir. Burada, yanma süreci devam etmekte ve barutun reaksiyonları hala sürmektedir. Diğer yandan, düz çizgilerle ifade edilen eğride basınç, merminin ilerlemesiyle birlikte hızla düşer. Bu düşüş, yanma sürecinin tamamlandığını ve basınç değeri sıfıra doğru hızla indiğini gösterir. Barut tamamen yanmış ve merminin ilerlemesi sırasında artan hacim, basıncın düşüşüne sebep olmuştur. Bu şematik analiz, barutun iç balistik süreç üzerinde ne kadar etkili olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Barut, silahın çalışma prensibinin temel unsurlarından biridir ve iç balistik olaylarını doğrudan etkileyen bir faktördür. Bu etkilerin temel kaynağı ise barutun yanma olayına dayanmaktadır. Barutun özellikleri, yanma hızını, gazların genişleme hızını ve dolayısıyla basınç-zaman ilişkisini belirler. Bu durum, silahın mermiye uyguladığı itme kuvvetini, dolayısıyla merminin hızını ve doğruluğunu etkiler. Dolayısıyla, barutun iç balistik süreçteki rolü, silahın genel performansını ve güvenliğini belirleyen bir faktör olarak büyük bir öneme sahiptir. Şekil 2.4 bir iç balistik sürecinin barut özelliklerinden çok fazla etkilendiğini ortaya

koymaktadır. Barutun iç balistiğe etkisi doğal olarak yanma olayından kaynaklanmaktadır. Şimdi yanma olayına barutun etkilerini inceleyelim.

2.11.1. Lineer yanma hızı sabitleri

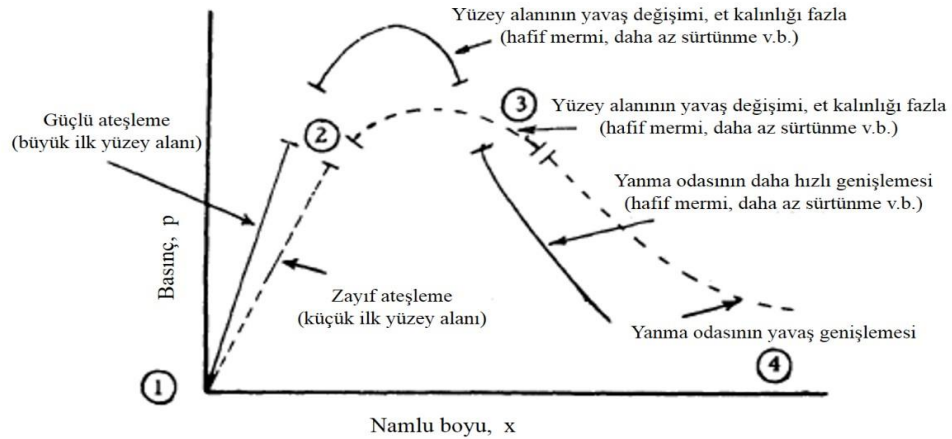
Lineer yanma hızı denklemi Denklem (2.3)'de sunulmaktadır.

$$\frac{ds}{dt} = \beta p^n \quad (2.3)$$

Bu denklemde β ve n yanma hızı sabitleridir. Barutun cinsine bağlı sabitlerdir. Bu sabitler sabit hacimde gerçekleştirilen aynı barutun farklı miktarlarda yakılması sırasında basınç ölçümünün yapılması ile deneysel olarak tespit edilmektedir. Farklı barut kompozisyonu kullanımı ile β ve n üzerinde değişiklikler yapılarak yanma hızının kontrolü yapılabilmektedir. Dördüncü bölümde bu denklem daha detaylı olarak incelenmektedir.

2.11.2. Tane geometrisi etkisi

Barutun tane geometrisi yanma hızını etkilemektedir. Şekil 2.5'de yaygın olarak kullanılan barut tane geometrileri verilmektedir. Bu geometrilerin bazılarının yanmaya etkileri Şekil 2.5'de gösterilmektedir.

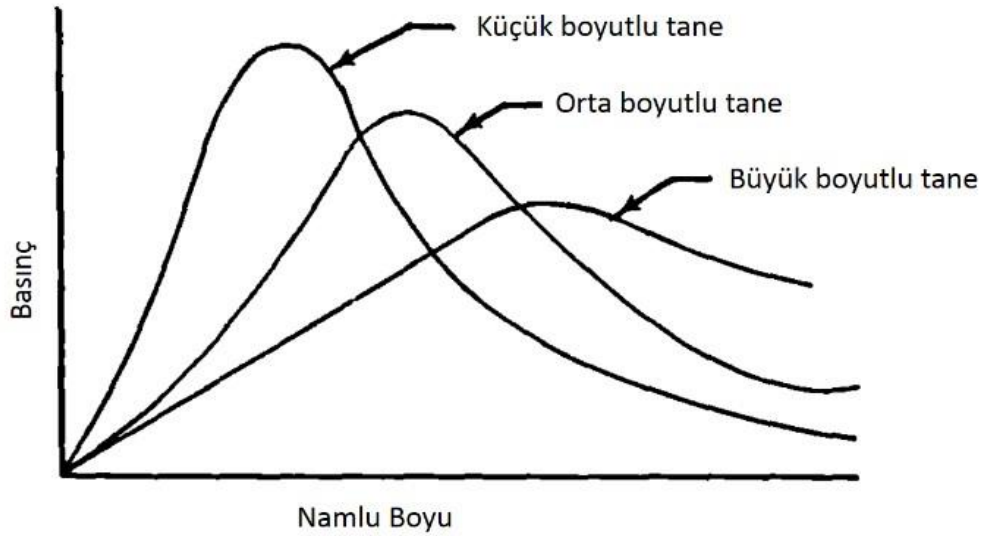


Şekil 2.5 Farklı barut tane geometrilerinin yanma miktarına göre yüzey alanı (Krier ve Summerfield, 1979)

Şekil 2.5’de silindirik, çok delikli, tek delikli, rozet barut tanelerinin yanma barutun miktarına göre yanma yüzeyi alanının değişimi görülmektedir. Yanma yüzeyinin alanı rozet ve çok delikli silindirik tanelerinde yanma ilerledikçe artmaktadır. Silindirik ve tek delikli silindirik tanelerde ise yanma ilerledikçe yanma yüzeyi alanı azalmaktadır. Yanma yüzeyi alanının yanma ilerledikçe artması, yanmanın süreç boyunca hızlanarak ilerlemesine neden olmaktadır.

2.11.3. Tane büyüklüğü etkisi

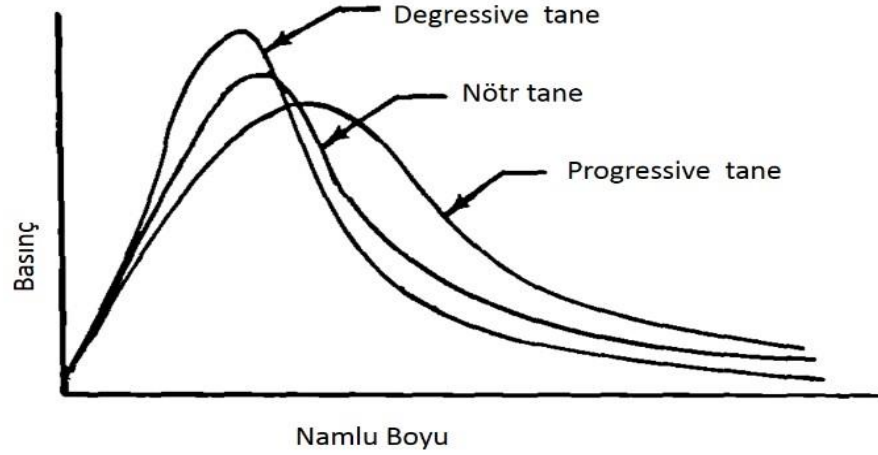
Barutun tane büyüklüğü de yanma hızını etkileyen bir özelliktir. Tane büyüklüğünün basınç ve namlu boyu grafiğine etkileri Şekil 2.6’da sunulmaktadır.



Şekil 2.6. Barut tane boyutunun etkisi (Krier ve Summerfield, 1979)

Barutun tane boyutlarının iç balistik süreç üzerindeki etkisi, Şekil 2.6’nın incelenmesiyle açık bir şekilde anlaşılmaktadır. Küçük tane boyutlarına sahip olan barutların yanma hızları oldukça yüksektir. Bu durum, basıncın kısa bir süre içinde artmasına ve maksimum düzeye ulaşmasına olanak tanımaktadır. Küçük boyutlu barutlar, yanma işlemini hızlı bir şekilde tamamladıkları için mermiye uygulanacak kinetik enerji daha kısa sürede sağlanmış olur. Ancak, büyük boyutlu barut taneleri kullanıldığında bu süreç daha yavaş ilerlemektedir. Yanma işleminin yavaş gerçekleşmesi, basıncın daha uzun sürede artmasına ve istenen enerji seviyelerine ulaşılmasının zaman almasına neden olmaktadır. Bu farklılıklar, basıncın namlu içerisindeki davranışını ve merminin hareketini doğrudan etkilemektedir. Grafikte gösterilen namlu çıkışı noktalarına

bakıldığında, büyük taneli barutların kullanıldığı süreçte, mermi namluyu terk ettikten sonra dahi namlu içinde yüksek bir basınç değerinin kalmaya devam ettiği gözlemlenmiştir. Teorik olarak bu yüksek basınç, merminin namluyu terk ettikten sonraki hareketini bir miktar daha hızlandırabilir. Ancak, bu basınç enerji açısından bir kayıp olarak değerlendirilir. Namlu içinde kalan basıncın merminin kinetik enerjisini artırma işlevi yerine, kullanılmayan bir enerji olarak kaybolması, enerji verimliliğini düşürmektedir. Bu sebeple, mermi namluyu terk ettiğinde, namlu içerisinde mümkün olan en düşük basıncın kalması istenmektedir. Bu durum, barutun daha verimli kullanılmasını ve mermiye maksimum kinetik enerji aktarımını sağlamaktadır. Barutun iç balistik süreçlere etkisini daha iyi anlamak için, barutun fiziksel ve kimyasal özellikleri göz önüne alınmalıdır. Küçük taneli barutların hızlı yanması ve yüksek enerji üretimi sağlarken, büyük taneli barutların kontrollü bir yanma süreci sunması, farklı kullanım alanları için uygunluklarını belirler. Örneğin, küçük taneli barutlar, ani yüksek enerji gerektiren silahlarda tercih edilirken, büyük taneli barutlar daha uzun süren yanma ve enerji salınımı gerektiren sistemlerde kullanılabilir. Namlu içerisindeki basıncın davranışları, barut özelliklerinin silah performansına doğrudan etkisini göstermektedir. Barutun yanma hızı, basınç-zaman eğrisini etkileyerek mermiye uygulanan kuvveti belirler. Eğer basınç merminin namluyu terk ettiği anda optimum seviyede değilse, bu durum enerji kaybına neden olur. Aynı zamanda, namlu içindeki basıncın fazla yüksek olması, silah sisteminde aşınma ve zarar oluşmasına yol açabilir. Bu nedenle, kullanılan barutun tane boyutlarının ve diğer fiziksel özelliklerinin dikkatlice seçilmesi gerekmektedir. Barutun iç balistik süreçlerdeki rolü büyük bir öneme sahiptir. Barut tane boyutlarının ve yanma hızlarının silahın performansına etkileri, enerji verimliliğini ve sistem güvenliğini doğrudan etkileyen kritik unsurlardır. Şekil 2.7, barutun iç balistik süreç üzerindeki etkilerini özetlemekte ve bu süreçlerin barut özelliklerine bağlı olarak nasıl şekillendiğini ortaya koymaktadır. Bu analizler, modern silah sistemlerinin geliştirilmesinde, doğru barut seçimi ve tasarımının ne kadar hayati olduğunu bir kez daha göstermektedir. Barut özellikleri ile iç balistik arasındaki bu ilişki, yalnızca enerji verimliliği açısından değil, aynı zamanda sistem güvenliği ve dayanıklılığı açısından da kritik bir unsurdur.



Şekil 2.7. Barut tanelerinin basınç- namlu boyu grafiğine etkisi (Krier ve Summerfield, 1979)

Barut tanelerinin özelliklerine bağlı olarak iç balistik süreçte meydana gelen değişimler, silah performansı ve enerji verimliliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Şekilde gösterilen değerlere göre, kullanılan barutun taneli yapısına bağlı olarak basınç artışının hızı farklılık göstermektedir. Eğer barutun basıncı hızla artıyorsa, bu durum azalan oranlı (degressive) taneli barutun varlığını işaret eder. Azalan oranlı barutlar, yanma sürecinde enerji salınımını hızlı bir şekilde başlatır ve bu durum basıncın çabucak yükselmesine neden olur. Buna karşılık, basıncın daha yavaş yükseldiği durumlar ise ilerici (progressive) taneli barutlar ile ilişkilendirilir. İlerici barutlar, daha uzun süreli ve kontrollü bir enerji salınımı sağlar. Her iki özellik arasında yer alan barut taneleri ise nötr olarak adlandırılmaktadır. Nötr barut taneleri ne hızlı ne de yavaş enerji salınımı ile karakterizedir, bu da onları belirli uygulamalarda daha uygun bir seçim haline getirir. Bu kapsamda, katı taneli barutun iç balistik süreçlere etkisini inceleyen araştırmalar oldukça önemlidir. Özellikle son yıllarda yapılan çalışmalar, barut tanelerinin boyutu, yapısı ve kimyasal özelliklerinin yanma hızı, namlu içi basıncı ve mermi çıkış hızı üzerindeki etkilerini derinlemesine ele almaktadır. Bu tür çalışmalar hem savunma sanayii hem de ateşli silah sistemlerinin geliştirilmesi açısından büyük bir katkı sunmaktadır (Krier ve Summerfield, 1979).

Ercan Değirmenci tarafından yürütülen bir araştırma, çift bazlı katı küresel barutlar üzerinde kapsamlı bir inceleme yapmıştır. Bu çalışmada, farklı çap aralıklarındaki barut taneleri ve değişen sıcaklık değerleri ile barutun yanma hızı, namlu içi basıncı ve mermi çıkış hızı arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Araştırmada kullanılan

barut tanelerinin çapları 300-425 μm , 425-500 μm , 500-600 μm , 600-710 μm ve 710-850 μm arasında değişmektedir. Bunun yanı sıra, incelemelerde -60 $^{\circ}\text{C}$ 'den 60 $^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar farklı sıcaklık değerleri dikkate alınmıştır. Bu eşitlilik, barut tanelerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişen koşullarda nasıl tepki verdiğini anlamak için oldukça önemli bir temel oluşturmuştur. Değirmenci'nin çalışması, barutun yakıt ısıısı, yoğunluğu, yanma sıcaklığı, partikül boyutu ve kütlesi gibi temel özelliklerini ölçerek kapsamlı bir veri seti ortaya koymuştur. Çalışmada kapalı bir yanma odası kullanılarak farklı basınç ve sıcaklıklarda barutun yanma hızı test edilmiştir. Ayrıca, araştırmada 7,62 mm kalibrelik bir test namlusu ile gerçek atış deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerde, namlu boyunca gerilim ölçümleri yapılmış ve merminin çıkış hızı Doppler radarı ile kayıt altına alınmıştır (Eroğlu, 2002).

Araştırma sonuçları, yakıt sıcaklığının artışının barutun yanma hızını önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Bunun yanı sıra, barut tanelerinin boyutlarının küçültülmesi de yanma hızını artıran bir diğer faktör olarak öne çıkmıştır. Yanma hızındaki bu artış, namlu içindeki basıncı yükseltmiş ve sonuç olarak merminin çıkış hızında kayda değer bir artış sağlamıştır. Bu bulgular, barutun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin silah performansı üzerinde nasıl bir etki yarattığını anlamak açısından oldukça değerlidir. Barut tanelerinin iç balistik süreçteki etkilerini incelemek, yalnızca silah performansını optimize etmek için değil, aynı zamanda güvenlik ve dayanıklılığı artırmak için de kritik bir öneme sahiptir. Örneğin, azalan oranlı barutlar daha hızlı bir enerji salınımı sağlarken, bu tür barutların yanlış kullanımı silah sistemlerinde aşırı basına yol açabilir ve bu durum istenmeyen kazalara neden olabilir. Benzer şekilde, ilerici barutlar daha kontrollü bir enerji salınımı sunsa da bu tür barutların performansı düşük sıcaklıklarda sınırlı kalabilir. Bu nedenle, silah sistemlerinin geliştirilmesinde, kullanılacak barutun özelliklerinin dikkatlice değerlendirilmesi ve test edilmesi gerekmektedir (Command, 1965).

2.12. Barut Üretimi

2.12.1. Silindirik Barut Üretimi

Silindirik barut üretimi ve bu üretime ilişkin balistik testler, modern mühendislik ve savunma teknolojilerinde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Üretilen barutun istenilen hız ve basınç toleranslarını karşılaması, bu toleransların kontrolü ve uygunluk derecesinin değerlendirilmesi, üretim sürecinin temel taşlarından biridir. Bu süreç yalnızca fiziksel üretimle sınırlı kalmamakta, aynı zamanda barutun balistik özelliklerinin test edilmesi ve bu test sonuçlarının sürekli olarak izlenmesi ile devam etmektedir. Amaç, istenilen performansı sağlayan ve güvenlik standartlarını karşılayan bir barut geliştirmek, aynı zamanda üretim sürecinde ortaya çıkabilecek hataları minimuma indirmektir. Barutun üretimi sırasında, ortaya çıkan herhangi bir olası sorunu tespit etmek ve çözüm üretmek amacıyla numune kontrolü yapılmaktadır. Üretimden alınan örnekler detaylı bir şekilde incelenmekte, sonuçlar analiz edilmekte ve gerektiğinde bu sonuçlar doğrultusunda süreçte düzeltmeler gerçekleştirilmektedir. Bu kontrol süreci, sadece kalite güvencesi sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda ilerleyen üretim aşamaları için veri temin ederek gelecekteki hataların önüne geçilmesine de olanak tanımaktadır. Ayrıca, barut üretiminde karşılaşılan sorunlara daha iyi çözüm bulmak ve üretim süreçlerini optimize etmek amacıyla uluslararası düzeyde bilgi alışverişi yapılmaktadır. Bu bağlamda, zaman zaman yurt dışı iş gezileri düzenlenerek, ilgili personelin diğer ülkelerdeki üretim süreçlerini ve teknolojilerini yerinde gözlemlemesi sağlanmaktadır. Bu ziyaretler, yerel üretim süreçleri ile diğer ülkelerin süreçleri arasında kıyaslama yapma fırsatı sunmakta ve edinilen deneyimler, mevcut üretim süreçlerine yenilikçi çözümler olarak yansıtılmaktadır. Bu şekilde, barut üretiminde global standartlara ulaşma hedefi desteklenmekte ve süreçler sürekli iyileştirilmektedir (Nalbant, 1997).

Barut üretimi esnasında, kullanılan kimyasal maddelerin oranları sürekli olarak gözden geçirilmekte ve gerekli durumlarda yeniden hesaplanmaktadır. Kullanılan barutun yüzdelik oranları, önceki üretimlerde kullanılan miktarlarla kıyaslanmakta ve verimliliği artırmak adına bu oranlarda güncellemeler yapılmaktadır. Bunun yanı sıra, barutun kalori değeri ile ilgili hesaplamalar detaylı bir şekilde ele alınmakta ve herhangi bir fark oluştuğunda bu farkın nedeni analiz edilmektedir. Aynı şekilde, barutun kaplama

malzemeleri ve bu malzemelerin miktarları da üretim sürecinde titizlikle değerlendirilmektedir. Bu analizler, barutun fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmenin yanı sıra, ürünün performansını daha kararlı hale getirme hedefi taşımaktadır. Barutun balistik performansını belirlemek için, birim zamanda yanma hızı, namlu içindeki basınç değişimi ve mermi çıkış hızı gibi parametreler, çok sayıda test ile kontrol edilmektedir. Bu testler, farklı namlu çapları kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Amaç, barutun performansını optimize etmek ve üretim sürecindeki parametrelerin doğruluğunu teyit etmektir. Yapılan ateş testleri sonucunda elde edilen veriler dikkatlice analiz edilmekte, sonuçlar birbiriyle kıyaslanarak doğruluk oranları belirlenmekte ve her bir test sonucu, barutun genel performansı hakkında bilgi sağlamaktadır. Ayrıca, test süreçlerinden elde edilen veriler ışığında, barutun yanma hızı, basınç dağılımı ve mermi hızına etkileri daha detaylı bir şekilde incelenmektedir. Bu incelemeler sonucunda, üretimde yapılabilecek iyileştirme önerileri geliştirilmekte ve bu öneriler doğrultusunda sonraki üretim süreçleri optimize edilmektedir. Bu süreçte alınan tavsiye kararlarının etkili olduğu ve üretimin daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Barutun namlu içinde bıraktığı basınç miktarının optimize edilmesi, merminin kinetik enerjisini maksimum seviyeye çıkarmak ve kayıp enerjiyi en aza indirmek açısından büyük bir önem taşımaktadır (Nalbant, 1997).

2.12.2. Küresel Barut Üretimi

2008 yılında, Küresel barut tesisinin faaliyete geçmesi ile birlikte 7.62 NATO mühimmatında kullanılacak barutun üretimi bu tesiste yapılmaya başlanmıştır. Bu tesis, İspanyol bir firma tarafından kurulmuş ve üretim süreci sorunsuz bir şekilde devreye alınmıştır. Küresel barut üretimi genellikle küçük ve orta kalibreli silah sistemleri için tasarlanmış olup, bu alandaki ihtiyaçları karşılamayı hedeflemektedir. Bu tesisin kuruluşu, üretim kapasitesinin artırılmasını sağlamakla kalmamış, aynı zamanda savunma sanayii için önemli bir kilometre taşı olmuştur. Küresel barut üretimi sırasında büyük oranda su kullanılan bir üretim süreci tercih edilmektedir. Bu yöntem, üretim güvenliği açısından son derece avantajlı bir yaklaşım sunmaktadır. Üretim sürecinin büyük bir kısmının sulu bir ortamda gerçekleştirilmesi, silindirik barut üretimine göre daha az riskli bir süreç sağlamaktadır. Özellikle patlama riski gibi güvenlik sorunları, bu

Üretim yöntemi ile önemli ölçüde ortadan kaldırılmaktadır. Amerikan ordusu tarafından yapılan araştırmalar, küresel barutun daha temiz bir yanma sağladığını ortaya koymuştur. Yanmanın kontrollü bir şekilde gerçekleşmesi, bu barutun çevresel etkilerini azaltırken, kullanım performansını artırmaktadır (Nalbant, 1997).

Küresel barutun kontrollü yanma özellikleri ve düşük alev sıcaklığı, bu barutun kullanıldığı silah sistemlerinin namlu ömrünü uzatmaktadır. Yüksek alev sıcaklıklarının namlu i yüzeyine zarar verebileceği göz önünde bulundurulduğunda, düşük sıcaklıkta yanan barutun sağladığı avantaj oldukça önemlidir. Bu zellik, namlu aşınmasını azaltarak silahın kullanım ömrünü uzatmakta ve bakım maliyetlerini düşürmektedir. Özellikle uzun süreli kullanımlarda, bu tür barutların sağladığı avantajlar daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Küresel barut üretim yöntemi, güvenlik açısından sağladığı avantajların yanı sıra ekonomik açıdan da oldukça verimli bir yöntemdir. Üretimin büyük bir kısmının su içerisinde ve ıslak bir ortamda gerçekleştirilmesi, patlama riskini neredeyse tamamen ortadan kaldırmakta ve üretim sürecini çok daha güvenli bir hale getirmektedir. Bu durum, çalışanların güvenliğini artırmakla kalmamakta, aynı zamanda tesisin işletme maliyetlerini de düşürmektedir. Ayrıca, küresel barut üretim sürecinin maliyet açısından uygun olması, bu yöntemin tercih edilmesindeki en önemli faktörlerden biridir. Silindirik barut üretim yöntemine kıyasla, küresel barut üretimi daha düşük işçilik maliyetlerine sahiptir. Bunun temel nedeni, üretim sürecinin büyük bir bölümünde otomasyon sistemlerinin kullanılmasıdır. Üretimdeki otomasyon sistemi, manuel iş gücünü önemli ölçüde azaltmakta ve üretim sürecinin daha hızlı, daha güvenli ve daha ekonomik bir şekilde gerçekleşmesini sağlamaktadır. Üretim aşamalarında malzemelerin taşınması, pompalar yardımıyla otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Bu durum, insan kaynaklı hataların ve iş gücü gereksinimlerinin azalmasına olanak tanımakta ve aynı zamanda üretim sürecinin verimliliğini artırmaktadır. Küresel barut üretiminde kullanılan teknolojiler, maliyetlerin düşürülmesinde de etkili bir rol oynamaktadır. Üretim sürecinde kullanılan otomasyon sistemleri, üretim hızını artırırken enerji ve hammadde kullanımını optimize etmekte, böylece genel üretim maliyetlerini düşürmektedir. Ayrıca, bu üretim yönteminde daha az insan gücüne ihtiyaç duyulması, uzun vadede işletme maliyetlerini önemli ölçüde azaltmaktadır (Nalbant, 1997).

3. BALİSTİK

3.1. Balistiğin Tarihçesi

Balistik alanındaki çalışmalar, 14. yüzyıla kadar oldukça basit ve temel düzeydeydi. Bu dönemde kullanılan fırlatma düzenekleri, genellikle kas gücü, sapan mekanizmaları veya elastik kuvvetlerden enerji sağlayan mancınık ve yaylar gibi basit araçlardan oluşuyordu. Ancak, 1346 yılında İngilizler, Fransızlara karşı ilk kez silah sistemleri ile fırlatılan mermiler kullanmaya başladıklarında, modern balistiğin ve özellikle iç balistiğin temelini atmış oldular. Bu gelişme, balistik biliminin köklü bir şekilde değişmesine ve ilerlemesine zemin hazırladı. İlk silah sistemleri, dökme demir ve bronz gibi nispeten ilkel malzemelerle yapılmaktaydı. Ancak, bu tasarımlar zamanla gelişerek yüksek kaliteli, yivli setli çelik malzemelerin kullanımına kadar ilerledi. Bu ilerleme, daha büyük ve ağır mermilerin daha yüksek hızlarda fırlatılabilmesini sağladı. Aynı zamanda, mermilerin hızını artırarak daha uzak mesafelere ulaşmalarını mümkün kılacak farklı tahrik sistemlerinin geliştirilmesi fikrini de ortaya çıkardı. Bu yenilikler, balistik bilimindeki ilerlemelerin itici gücü haline geldi ve askeri mühendislik açısından önemli bir dönüm noktası oluşturdu. Mermilerin yüksek hızlara çıkarılması, son derece büyük kuvvetlerin uygulanmasını gerektirmektedir. Bu kuvvetleri sağlayabilecek enerji kaynaklarının, yalnızca güçlü olmakla kalmayıp aynı zamanda taşınabilir, güvenli ve ekonomik şekilde üretilmesi de gereklidir. Tarih boyunca, bu enerji kaynağını sağlama amacıyla pek çok alternatif düşünülmüştür. Örneğin, patlayıcılara alternatif olarak basınçlı hava, elektromanyetik kuvvet ve merkezkaç kuvvetlerinin kullanımı gibi fikirler gündeme gelmiştir. Ancak, bu alternatiflerin hiçbiri, bugüne kadar kimyasal patlayıcıların sunduğu enerji kapasitesine ve verimliliğine ulaşamamıştır. Kimyasal patlayıcılar, hem güçlü bir enerji kaynağı olarak hem de kolay taşınabilir ve depolanabilir olmalarıyla, balistik uygulamalarda vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir (Tirak, 2017).

Balistik alanındaki çalışmalar, 14. yüzyıla kadar oldukça basit ve temel düzeydeydi. Bu dönemde kullanılan fırlatma düzenekleri, genellikle kas gücü, sapan mekanizmaları veya elastik kuvvetlerden enerji sağlayan mancınık ve yaylar gibi basit araçlardan oluşuyordu. Ancak, 1346 yılında İngilizler, Fransızlara karşı ilk kez silah sistemleri ile fırlatılan mermiler kullanmaya başladıklarında, modern balistiğin ve

özellikle iç balistiğin temelini atmış oldular. Bu gelişme, balistik biliminin köklü bir şekilde değişmesine ve ilerlemesine zemin hazırladı. İlk silah sistemleri, dökme demir ve bronz gibi nispeten ilkel malzemelerle yapılmaktaydı. Ancak, bu tasarımlar zamanla gelişerek yüksek kaliteli, yivli setli çelik malzemelerin kullanımına kadar ilerledi. Bu ilerleme, daha büyük ve ağır mermilerin daha yüksek hızlarda fırlatılabilmesini sağladı. Aynı zamanda, mermilerin hızını artırarak daha uzak mesafelere ulaşmalarını mümkün kılacak farklı tahrik sistemlerinin geliştirilmesi fikrini de ortaya çıkardı. Bu yenilikler, balistik bilimindeki ilerlemelerin itici gücü haline geldi ve askeri mühendislik açısından önemli bir dönüm noktası oluşturdu.

Mermilerin yüksek hızlara çıkarılması, son derece büyük kuvvetlerin uygulanmasını gerektirmektedir. Bu kuvvetleri sağlayabilecek enerji kaynaklarının, yalnızca güçlü olmakla kalmayıp aynı zamanda taşınabilir, güvenli ve ekonomik şekilde üretilmesi de gereklidir. Tarih boyunca, bu enerji kaynağını sağlama amacıyla pek çok alternatif düşünülmüştür. Örneğin, patlayıcılara alternatif olarak basınçlı hava, elektromanyetik kuvvet ve merkezkaç kuvvetlerinin kullanımı gibi fikirler gündeme gelmiştir. Ancak, bu alternatiflerin hiçbiri, bugüne kadar kimyasal patlayıcıların sunduğu enerji kapasitesine ve verimliliğine ulaşamamıştır. Kimyasal patlayıcılar, hem güçlü bir enerji kaynağı olarak hem de kolay taşınabilir ve depolanabilir olmalarıyla, balistik uygulamalarda vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir. Balistik biliminin tarihsel gelişimi, savaş teknolojilerinin evriminde belirleyici bir role sahip olmuştur. Orta Çağ'daki basit fırlatma düzeneklerinden günümüzün karmaşık silah sistemlerine kadar uzanan bu süreçte hem kullanılan malzemeler hem de enerji kaynakları sürekli olarak geliştirilmiştir. İlk dönemlerdeki dökme demir ve bronz toplar, zamanla yerini yivli namlulu ve yüksek kaliteli çelikten üretilen toplara bırakmıştır. Bu gelişmelerin bir sonucu olarak, silah sistemleri daha güçlü ve etkili hale gelmiş, daha uzun mesafelere atış yapılabilmesi mümkün olmuştur. Özellikle 19. yüzyıldan itibaren, modern mühendislik ve malzeme bilimi alanındaki ilerlemeler, balistik biliminin daha da gelişmesini sağlamıştır.

Balistik çalışmalarının önemli bir kısmı, merminin fırlatma anındaki hareketini ve bu süreçte oluşan basınç ve sıcaklık gibi fiziksel parametreleri inceleyen iç balistik ile ilgilidir. İç balistik, kullanılan enerji kaynağının yanma hızı, merminin hareketine etkisi ve namlu içindeki basınç değişimlerini analiz eder. Bu analizler, daha etkili ve güvenli silah sistemlerinin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, kimyasal

patlayıcıların özellikleri, iç balistik çalışmaları açısından hayati bir öneme sahiptir. Patlayıcıların yanma hızı, basınç üretme kapasitesi ve güvenilirlik gibi faktörleri, modern silah sistemlerinin performansını doğrudan etkilemektedir. Tarihte farklı enerji kaynaklarının kullanımına yönelik çeşitli denemeler yapılmış olsa da, bu alternatiflerin hiçbiri, kimyasal patlayıcıların yerini almayı başaramamıştır. Basınçlı hava sistemleri, elektromanyetik fırlatma teknolojileri ve diğer yöntemler, belirli avantajlar sunsa da, maliyet, güvenlik ve taşıma kolaylığı gibi faktörler göz önüne alındığında yetersiz kalmıştır. Özellikle kimyasal patlayıcıların yüksek enerji yoğunluğu ve nispeten basit üretim yöntemleri, bu enerji kaynağını diğer alternatiflerden üstün kılmaktadır. Günümüzde, balistik bilimi ve mühendislik uygulamaları hem askeri hem de sivil alanlarda geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Askeri alanda, daha güçlü ve uzun menzilli silah sistemlerinin geliştirilmesi hedeflenirken, sivil alanda bu teknoloji, uzay araştırmaları ve endüstriyel uygulamalarda da kullanılmaktadır. Örneğin, roket fırlatma sistemlerinde ve ağır yüklerin taşınmasında kullanılan balistik teknolojiler, kimyasal patlayıcıların sağladığı enerjiye dayanmaktadır. Barutun tarihte ilk kez kullanılması ile balistik bilimi ortaya çıkmıştır. 900'lü yıllardan önce Çinlilerin güherçile esaslı barut kullandıkları 1100'lü yıllarda ise Müslüman Endülüslerin, İspanya'da, kolayca alev alan tozlarla denemeler yaptığı, Hindistan'daki yazılara göre ise 1200'lü yılların başlarında barutun kullanıldığına dair düşünceler ortaya atılmıştır. Barutun tam olarak nasıl ve kimler tarafından bulunduğu bilinmemektedir. İngiltere ve Fransa savaşında kullanıldığı bilinmekle birlikte iç balistiğin tarihçesinden kara barutun ilk inceleme tarihi tam olarak ortaya çıkarılamamıştır (Bozdemir, 2016).

Yapılan araştırmalarda ilk kez deneysel yöntemler ile barut gazının basıncı bulunmuştur. Bulunan sonuçlar Count Rumfort tarafından gaz basıncı-gaz yoğunluğu ilişkisinin bulunmasına sebep olmuştur. Basınç değişimi ve atış mesafesinin değişimi hesaplamalarında barutun tam olarak yanarak basınç-yoğunluk ilişkisi çerçevesinde merminin harekete geçeceği kabul görmüştür. Bulunan bu sonuçlar çerçevesinde basınç ilişkisi deneysel sonuçlar yardımıyla mühimmat uçuş yörüngesi değerleri sonucunda namlu ağzı çıkış hızı ile kontrol edilerek bir sonuca varılmıştır.

Yanma kanunu 1839 yılında ortaya çıkmıştır. Kanun kara barut için geçerli olmuş, bunun yanında ikiden fazla barut ile eşdeğerlik göstermiştir. Kanunu ortaya atan Fransız Piobert namlunun gaz hareketlerini yaklaşık olarak çözecek bir yöntem bulmuştur. Etki-

tepki kuvvetleri üzerinde çalışmalar yapmış ve bu konuda öncülük etmiştir. Ama barut gazı basıncı başka yöntemler kullanılarak Amerikalı General Rodman tarafından ölçülmüştür. Bu ölçmede basınç mastarları kullanarak ölçmeyi başarmıştır. Maksimum gaz basınç kuvveti, çentik şeklinde açılan bir kama tarafından bakır veya kurşun doldurularak ateşlenmiş, daha sonrasında gaz basınç etkisi ile bakır ve kurşunun ezilme miktarı hesaplanarak bulunmuştur. Bu yöntem basınç-yoğunluk ilişkisinin kapalı bir kap içinde nasıl meydana geldiği açıklanmıştır. Bu yöntemler doğrultusunda ise Rodman barut şekilleri üzerinde bazı çalışmalar gerçekleştirmiştir. Andrew Noble 1860 yılında geliştirmiş olduğu mastarlar ile basınç ölçümlerini yapmış ve olması gereken doğruluğa ulaşmıştır. Daha sonraki yıllarda ise barutun yanma eşitliği bulunmuş, iç balistik açısından incelendiğinde termodinamiğin temel modellerinden biri olmuştur (Çelik ve Çetinkaya, 2016).

1800'lü yıllar balistik biliminin içeriğinde barındırdığı temelleri açığa çıkarmıştır. İlerleyen yıllarda geliştirilen yöntemler ile bir bilim olarak 20.yy da karşımıza çıkmıştır. Mermi çekirdeği incelemesini yapan ilk kişi Henry Goddard adında bir polis memurudur. Bu sayede olaylarda kullanılan silahlardan çıkan mermiler karşılaştırılarak katilin kim olduğu sonucuna ulaşılmıştır. 1863 Amerikan iç savaşında yaralanan komutan General Stonewall Jackson'un ölmesinden sonra çıkarılan mermilerin çekirdek şekli ve çapından silahın tanımı Ulaşılan sonuç ise 67 kalibre eski tip piyade tüfeği olduğu ve kendi askerleri tarafından kaza sonucu vurularak öldüğü ortaya çıkmıştır. 20.yy başlarında mermi çekirdekleri ve mermi kovanları hangi silahlara ait oldukları ile ilgili çalışmalar ve araştırmalar geliştirilmiştir. Mermi çekirdeklerinin hangi silahlardan atıldığını tanımlayan Adli Tıp Profesörü V. Balthazard tarafından yöntemler geliştirilmiştir. Mermi çekirdeklerindeki set izleri fotoğraflanarak büyüteçler yardımıyla bakılmış ve çeşitli karşılaştırmalar yapılmıştır. Mermi yatağının arka yüzünün üzerinde bıraktığı izleri inceleyen Balthazard fotoğrafları yardımcı araç olarak kullanmış ve silahların bulunabileceğini kanıtlamaya çalışmıştır. Mermi kovanı ayrımı ilk kez 1925 yılında mikroskoplar kullanılarak bulunmuş ve bu yöntemler çerçevesinde namlunun içi, setlerin kıvrımını ölçmeye yarayan Helixometer' ortaya çıkarılmıştır. Hızla gelişmeye devam eden balistik bilimi ile günümüzde pek çok olayın çözülmesine öncülük edecek yöntemler geliştirilmiştir.

Son yıllardaki gelişmeler ile daha detaylı ve kapsamlı yapılmakta, savunma teknolojilerine entegre edilerek nesnellikten kurtarılmaya çalışmaktadır (Üner ve Çakır, 2007).

2. Dünya savaşı bitiminde karmaşık matematiksel modeller çerçevesinde, birden fazla sadeleştirmeden dolayı modeller elverişsiz olma özelliği göstermektedir. Günümüz programcılığı ile silah sistemlerinde beklenenden daha çok bir nesnellik ortaya çıkmaktadır (Çelik ve Çetinkaya, 2016).

İnsanların taş fırlatmaları balistiğin ilk örnekleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Hızlı ve güçlü fırlatmanın sağlayacağı avantajlardan dolayı sapan ve mızraklar bulunmuştur. Bu sayede mermi, mızrak tarzındaki silahlar yapılmaya başlanmıştır (Çelikel ve ark., 2012).

Mermiler, mızraklar ve bu tür fırlatılan cisimler ile onları atan mekanizmalar arasındaki ilişki, insanlık tarihinin en eski dönemlerine kadar izlenebilir. Tarih boyunca savaş teknolojilerinde ve avcılıkta kullanılan bu araçlar, sadece savaşların kaderini değil, aynı zamanda toplumların teknolojiye bakış açısını da şekillendirmiştir. Örneğin, Roma lejyonlarında kullanılan dökme demir mızraklar, sahibini belirlemek için özel amblemlerle işaretlenmiştir. Bu amblemler, o dönemde hem stratejik hem de kültürel bir kimlik sembolü olmuştur. Benzer şekilde, Orta Çağ İngiltere'sinde okçular, oklarını ayırıcı işaretlerle donatarak savaşlarda kendilerine özgü bir iz bırakmayı amaçlamışlardır. Bu tür işaretler, silah ve mühimmat arasındaki ilişkinin ilk örneklerinden biri olarak değerlendirilebilir. 19. yüzyıla gelindiğinde ise Amerikan avcıları, kendileri tarafından dökme kurşun kullanarak ürettikleri mermileri yaygın bir şekilde kullanmaktaydılar. Bu mermiler, pratik bir çözüm olmakla birlikte, modern balistik biliminin temel aldığı kapsamlı yöntem ve incelemelerden yoksundu. Ancak, mermi çekirdeği ve kovanlarının atıldıkları silahlarla ilişkilendirilmesine yönelik daha bilimsel ve sistematik çalışmalar, özellikle 19. yüzyılın sonlarına doğru literatürde yer almaya başlamıştır. Bu çalışmalar, modern balistik biliminin temellerini atarak, suç araştırmalarında kritik bir rol oynayan adli balistiğin doğmasına yol açmıştır (Öztürk, 1984).

Kuzey Amerika'da, özellikle iç savaş döneminde kullanılan silahlar ve mühimmatlar, balistik bilimi açısından ilgi çekici bulgular sunmuştur. Bu dönemde, Kuzey ordusunun mühimmatları genellikle 58 kalibre ve silindirik-konik şekilli

çekirdeklerden oluşuyordu. Bu mermiler, atıldıkları silahlardaki yiv ve set izleri sayesinde, ilgili silahla ilişkilendirilebilme potansiyeline sahipti. Ancak, bu tür ilişkilendirme yöntemleri, daha bilimsel bir yaklaşımla ele alınana kadar sadece teorik düzeyde kalmıştır. 1897 yılında, Minnesota eyaletinin Winona kentinde meydana gelen bir cinayet olayı, adli balistiğin ilk uygulama örneklerinden biri olarak dikkat çekmektedir. Bu olayda, bir genelev sahibi olan Ferenc Lou adlı bir kadına âşık olan üç genç arasında çıkan bir tartışma sırasında, gençlerden biri tabancayla vurularak öldürülmüştür. Sağ kalan iki kişi arasından katilin kim olduğunu belirlemek amacıyla balistik inceleme yapılmıştır. Olayda kullanılan silahlardan biri Smith ve Wesson marka 32 kalibre bir tabanca, diğeri ise Hood marka 32 kalibre bir revolverdi. Bu iki silahın farklı yapısal özellikleri, balistik incelemelerde önemli bir rol oynamıştır. Bilirkişi olarak dinlenen bir silah tamircisi, Smith ve Wesson tabancasının namlusunun yivli olduğunu, ancak Hood revolverinin namlusunda yalnızca uç kısmında bazı hatalı yivler bulunduğunu belirtmiştir. Cesetten çıkarılan mermi çekirdeği, bu yiv izleriyle eşleştirilmiş ve katilin Hood marka revolverin sahibi olduğu kanıtlanmıştır. Bu olay, balistik biliminin suç çözümünde nasıl bir araç olarak kullanılabileceğinin somut bir örneğini sunmaktadır.

20. yüzyılın başlarına gelindiğinde, mermi çekirdekleri ve kovanlarının atıldıkları silahlarla ilişkilendirilmesine yönelik teknikler daha sistematik bir hale gelmiştir. 1900'lü yılların başlarında, Dr. Albert L. Hall, balistik bilimine önemli bir katkıda bulunarak, mermi çekirdeklerinin yiv ve set genişlikleri ile çap ölçümleri hakkında detaylı bir makale yayımlamıştır. Haziran ayında Buffalo Medical Journal'da yayımlanan bu makale, "Bullet and Firearm" başlığını taşımakta ve balistik incelemelerin temellerini oluşturmaktaydı. Makalede, mermi çekirdeklerinin detaylı bir şekilde nasıl analiz edileceği ve yiv izlerinin ölçümlerinin nasıl yapılacağı ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Balistik biliminin gelişimi açısından dikkat çekici bir diğer olay ise 1907 yılında Brownsville, Teksas'ta gerçekleşmiştir. Brownsville Ayaklanması olarak bilinen bu olayda, Amerikan ordusuna ait bir piyade alayı ayaklanmaya karışmış ve ayaklanma sırasında 30 kalibre tüfeklerden atılan toplam 39 mermi kovanı elde edilmiştir. Bu kovanlar, olayda kullanılan tüfeklerle ilişkilendirilmek üzere Frankford Tophanesi'ne gönderilmiştir. Yapılan balistik incelemeler sonucunda, 33 kovanın şüpheli silahların dördünden atıldığı belirlenmiştir. Ancak, geriye kalan altı kovan ile tüfekler arasında bir

bağlantı kurulmamış ve bu kovanların hangi silahlardan atıldığı belirlenememiştir. Bu durum, balistik biliminin o dönemdeki sınırlamalarını ve teknolojik eksikliklerini gözler önüne sermektedir. Adli balistiğin gelişiminde bu tür olaylar ve çalışmalar kritik bir rol oynamıştır. Mermi çekirdeklerinin ve kovanlarının yiv izlerinden tanımlanabilmesi, suç çözümünde kullanılan balistik tekniklerin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Bu gelişmeler, aynı zamanda balistik biliminin daha ileri bir düzeye ulaşmasını sağlamış ve savaş alanında olduğu kadar adli soruşturmalarda da önemli bir bilim dalı haline gelmiştir. Mermiler, fırlatıcı silahlarla olan ilişkileri sayesinde yalnızca suçluları tespit etmekte değil, aynı zamanda mühimmat teknolojilerinin geliştirilmesinde de önemli bir rol oynamıştır (Çelikel vd., 2012).

Bu bağlamda, balistik bilimi, tarih boyunca sadece bir savaş ve avcılık aracı olarak değil, aynı zamanda insan davranışlarının ve suçun bilimsel yöntemlerle aydınlatılmasına katkıda bulunan bir disiplin olarak gelişmeye devam etmiştir.

1909 ile 1923 yılları arasında Paris Üniversitesi'nde Adli Tıp Profesörü olarak görev yapan V. Balthazard, mermi çekirdeklerinin belirli bir silahtan atıldığını kanıtlayacak yöntemler üzerinde çalışmıştır. Bu dönemde geliştirdiği ve literatüre kazandırdığı yöntem, balistik biliminin temel taşlarından biri olarak kabul edilir. Balthazard, mermi çekirdekleri üzerindeki set izlerini detaylı bir şekilde analiz ederek bunları fotoğraflamış, ardından büyütülmüş fotoğraflar üzerinden karşılaştırmalar yaparak merminin hangi silahtan atıldığını belirlemeye yönelik bir sistem geliştirmiştir. Bu yöntem, o dönemde oldukça yenilikçi bir yaklaşımı temsil etmekteydi ve modern adli balistik çalışmalarının başlangıç noktalarından biri olmuştur. Balthazard, yalnızca mermi çekirdekleri üzerinde değil, aynı zamanda kovan izleri üzerine de çalışarak bu alanı genişletmiştir. Silahın ateşleme iğnesinin, kovan tablasının, çıkarıcı mekanizmanın ve tırnak gibi parçaların bıraktığı izleri detaylı bir şekilde analiz etmeyi mümkün kılmıştır. Bu izlerin karşılaştırılması, silahın kimliğini belirlemeye yönelik önemli bir adım olarak görülmüştür. Balthazard'ın bu çalışmaları, sadece Fransa'da değil, dünya genelinde balistik bilimine olan ilgiyi artırmış ve diğer ülkelerde de benzer çalışmaların yapılmasına öncülük etmiştir. Aynı dönemde, İngiltere'de Sir Sydney Smith, Hugh Pollard ve A. Lucas gibi araştırmacılar benzer çalışmalara imza atmışlardır. Bu bilim insanları, balistik biliminin temellerini oluşturan yöntemlerin geliştirilmesinde önemli bir katkı sağlamışlardır. Özellikle Smith ve ekibi, Balthazard'ın yöntemlerini kendi araştırmalarına

entegre ederek balistik analizlerde daha sofistike yaklaşımlar geliştirmiştir. Bu dönemde yapılan çalışmalar, balistik incelemelerin sistematik bir hale gelmesine ve adli bilimlerin güvenilirliğinin artmasına yardımcı olmuştur.

1920'lerin ortalarına gelindiğinde, balistik biliminin gelişimi farklı bir ivme kazanmıştır. New York savcılığında özel araştırmacı olarak çalışan C.E. Waite, bu alandaki çalışmalarını daha ileri bir düzeye taşımak amacıyla bir ekip oluşturmuştur. Bu ekipte fotoğraf ve mikroskop uzmanı olan Philip O. Gravelle, hassas cihaz planlama uzmanı John E. Fisher ve ölçüm cihazları tasarımında uzmanlaşmış olan, aynı zamanda bir ordonat yedek subayı olarak görev yapan Calvin H. Goddard yer almıştır. 1925 yılında bu ekip, "Bureau of Forensic Ballistics" adıyla bir büro kurarak, adli balistik alanında çığır açan çalışmalar yapmıştır. Bu büro, adli balistikte kullanılan birçok yeniliğin geliştirilmesinde öncü olmuştur. Örneğin, mermi çekirdekleri ve kovanların ayırt edilmesi amacıyla ilk kez mukayese mikroskobu kullanılmıştır. Bu mikroskop, balistik incelemelerde karşılaştırma yapmayı kolaylaştırmış ve merminin hangi silahtan atıldığını daha kesin bir şekilde belirlemeyi mümkün kılmıştır. Mukayese mikroskobunun geliştirilmesi ve balistik analizlerde standart bir yöntem olarak kullanılmaya başlanması, adli bilimin güvenilirliğini artıran önemli bir adım olmuştur. Günümüzde bile bu yöntem, balistik incelemelerde sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca, bu büroda John E. Fisher'in çabaları ile "Helixometer" adı verilen ve namlu içindeki yivlerin dönüş derecelerini ölçmek için tasarlanan bir cihaz geliştirilmiştir. Helixometer, namlu içindeki yiv ve setlerin detaylı analizini sağlayarak balistik incelemelerde yeni bir dönemin kapılarını aralamıştır. Bu cihaz sayesinde, mermi çekirdeği üzerindeki izler ile namlu içindeki yiv izleri arasında daha hassas bir karşılaştırma yapılabilmiştir. Bu yenilik, silahların kimliklendirilmesinde devrim niteliğinde bir gelişme olarak kabul edilmiştir.

Calvin H. Goddard, balistik bilimine yaptığı katkılarla tanınan önemli bir isimdir. Goddard, "adli balistik" terimini ilk kez kullanarak bu alanda bir terminoloji oluşturmuştur. Bu terim, balistik biliminin adli soruşturmalarda sistematik bir şekilde kullanılmasını ifade etmekte ve bu alanı daha disiplinli bir hale getirmektedir. Goddard'ın çalışmaları, balistik biliminin yalnızca suç çözümünde değil, aynı zamanda bilimsel araştırmalar ve teknolojik yenilikler açısından da önemli bir yere sahip olduğunu göstermiştir (Üner ve Çakır, 2007).

3.2. Termal Balistik

Mermi çekirdeğinin bir hedef üzerinde yarattığı etkiler, balistiğin en önemli inceleme alanlarından biri olan hedef balistiği kapsamında değerlendirilir. Bu alan, merminin bir hedefle temas ettiğinde meydana getirdiği fiziksel, biyolojik ve mekanik sonuçları detaylı bir şekilde ele alır. Özellikle insan vücudu gibi biyolojik dokular üzerindeki etkiler, balistik biliminde dikkat çeken bir çalışma konusudur (Krier ve Summerfield, 1979).

Mermi, namluyu terk ettiği andan itibaren farklı kuvvetlerin etkisi altında kalır ve bu kuvvetlerin mermi üzerindeki etkisi, uçuş sürecini ve hedefine ulaşma şeklini doğrudan belirler. Bu süreçte, en dikkat çeken faktörlerden biri sürüklenme kuvveti olarak adlandırılır. Sürüklenme, merminin hızını ve namlu ile hedef arasındaki mesafeyi etkileyen temel bir güçtür. Rüzgâr, yerçekimi ve atmosferik koşullar da merminin hareketine yön veren diğer unsurlar arasında yer alır. Bu nedenle, mermi hareketi ve yörüngesi dış balistik uzmanları tarafından titizlikle analiz edilir (Mc Coy, R.L., 2012).

Mermi çekirdeği, insan vücudu gibi biyolojik dokularda üç farklı mekanizma yoluyla hasar oluşturur. Bunlar; (Akçay, 2010)

- Geçici boşluk: Merminin hızla dokulara nüfuz etmesiyle, geçici bir boşluk meydana gelir. Bu boşluk, mermi çekirdeğinin çapından çok daha büyük olabilir ve dokuların anlık olarak genişlemesine neden olur.
- Şok dalgaları: Merminin çarpma anında oluşturduğu basınç dalgaları, çevre dokulara hızla yayılır ve büyük bir kinetik enerji transferi gerçekleşir. Bu dalgalar, mermi trajesine yakın olmayan dokularda bile ciddi hasarlara neden olabilir.
- Yırtma ve ezme: Merminin doğrudan çarptığı dokularda ezilme ve yırtılma meydana gelir. Bu mekanizma, merminin fiziksel özellikleri ve kinetik enerjisiyle doğrudan ilişkilidir.

Yüksek hızlı mermilerin, geçici boşluk etkisi ile geniş çaplı yaralanmalara neden olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle yüksek hızda hareket eden mermiler, çevresindeki dokularda 100-200 atmosferlik bir basınca neden olarak ciddi hasar yaratır. Bu etkiler,

yalnızca dokularla sınırlı kalmaz; organlar, sinirler ve damarlar üzerinde de yıkıcı etkiler bırakabilir. Ayrıca, kemik dokusunda merminin temas etmediği alanlarda bile basınca bağlı kırıklar meydana gelebilir (Üner ve Çakır, 2007).

Mermi hareketi, temel olarak yerçekimi kuvveti ve havanın sürtünmesi gibi dış etkilere dayanır. Bunun yanı sıra merminin uçuşu sırasında dengesiz veya kararsız hareket ettiği durumlar da gözlemlenebilir. Bu durum, merminin tasarımı, ağırlığı ve namlu yapısıyla yakından ilişkilidir. Merminin arkasındaki barutun yanma hızı ve enerjisi de uçuş performansını etkileyen kritik faktörlerden biridir. Bu süreçte, merminin uçuş esnasındaki davranışını analiz etmek, dış balistik uzmanlarının temel çalışma alanlarından biridir (Farrar ve Leeming, 1983).

Balistik analizler, merminin bir cisimle temas ettiği andaki etkilerini anlamak için geliştirilmiş matematiksel modeller ve hesaplama tekniklerinden faydalanır. Modern bilgisayar teknolojileri sayesinde merminin yörüngesi, enerjisi ve hedefle olan etkileşimi detaylı bir şekilde incelenebilmektedir. Bu yöntemler, daha hızlı ve hassas sonuçlar elde edilmesine olanak tanımıştır (Öztürk, 1984).

Terminal balistik, merminin hedefe çarptığı andan itibaren meydana gelen etkileri inceleyen bir alt disiplindir. Bu alandaki çalışmalar, özellikle zırh delici mühimmat gibi yüksek etkili silah sistemlerinin test edilmesinde kullanılmaktadır. Örneğin, çelik zırh plakalarının delinmesinde kullanılan 7,62 mm zırh delici mühimmatlarla yapılan testler, mermi hızını, plaka deformasyonunu ve diğer fiziksel parametreleri ölçmek için kullanılmaktadır. Bu tür deneysel çalışmalar, mermi ve hedef arasındaki etkileşimleri anlamak ve modelleme sonuçlarını doğrulamak için referans veriler sağlamaktadır (Farrar ve Leeming, 1983).

Zırh delici mühimmatların etkisini artırmak için metalürji alanında yapılan yenilikler, daha tok ve dayanıklı malzemelerin geliştirilmesini sağlamıştır. Bu sayede, balistik test cihazlarının ölçüm kapasiteleri de önemli ölçüde artmıştır. Özellikle yüksek patlayıcı mühimmatların ve nükleer silahların etkilerinin incelenmesi, terminal balistik çalışmalarının kapsamını genişletmiştir (Chaturvedi ve Dwivedi, 2019).

Son yıllarda, NATO mühimmatları kullanılarak ayarlanabilir namlu sistemleri üzerine yapılan çalışmalar dikkat çekmektedir. Ayarlanabilir namlu sistemleri, farklı kullanıcıların ihtiyaçlarına göre silahın performansını optimize etme olanağı sunmaktadır.

Bu tür yenilikler, atıcının performansını artırmakla kalmayıp geri tepme sorunlarını da minimize etmeyi hedeflemektedir. Özellikle kısa geri tepme özellikli silahlarda bu tür sistemlerin kullanımı hem güvenliği hem de silahın etkinliğini artırmaktadır (Chaturvedi ve Dwivedi, 2019).

3.3. Hedef Balistiği

Merminin hedef üzerinde oluşturduğu etkilerin bilimsel bir perspektifle incelenmesi, balistik biliminin en temel konularından biridir. Silahların etkinliğini artırma çabaları, başlangıçta basit yöntemlerle, örneğin silahların çapını büyütmeyle sınırlıydı. Ancak zamanla, özellikle zırhların gelişmesi ve hava araçlarının savaş alanlarında daha önemli bir rol oynamaya başlaması, zırh delici teknolojilerin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Bu yenilikler, metalürji alanında da önemli gelişmelere yol açmış ve daha dayanıklı, tok yapıli malzemelerin üretilmesini sağlamıştır. Balistik ölçüm cihazlarının gelişmesi, bu süreçte büyük bir rol oynamıştır (Öğünç, 2009). Ölçüm aygıtlarının, çok yüksek basınçları hassas bir şekilde ölçebilecek kapasiteye ulaşması, bilimsel analizlerde önemli bir dönüm noktası olmuştur. Bu gelişmeler sayesinde milisaniye seviyesinde yapılan ölçümler, terminal balistiğın daha hızlı ve etkili bir şekilde ilerlemesini sağlamıştır. İkinci Dünya Savaşı'ndan itibaren, yüksek patlayıcıların üretimi ve vuruş kapasitelerinin artırılması, hedef üzerinde meydana gelen yaralanma ve hasar oranlarını büyük ölçüde artırmıştır. Bu teknolojik ilerlemeler, savaş alanındaki taktikleri ve stratejileri de önemli ölçüde etkilemiştir. Günümüzde, nükleer silahların ölümcül etkilerinin araştırılması, terminal balistiği daha geniş bir kapsamda inceleme alanına almıştır. Bu araştırmalar, yalnızca konvansiyonel silahlar değil, aynı zamanda kitle imha silahları ve bu silahların oluşturduğu etkiyi de kapsamaktadır (Farrar ve Leeming, 1983).

3.4. Ara Balistik

Ara balistik, mermi çekirdeğinin namlu ağzından çıkmasından hemen sonra, yaklaşık 1-2 saniye süresince geçirdiği süreçleri inceleyen bir bilim dalıdır. Bu süreç, merminin iç balistikten dış balistiğe geçiş anını kapsar ve bu geçişte merminin izlediği yörüngeyi etkileyen birkaç önemli faktör vardır. Bu faktörler arasında, namlu ağzındaki gerilmeler, türbülanslar, alev çıkışı, patlama sesleri ve şok dalgaları yer alır. Ara balistik,

bu etkileşimlerin nasıl ortaya çıktığını ve nasıl kontrol edilebileceğini araştıran bir alan olarak önemlidir. Merminin namluyu terk ettiği an, iç balistik ile dış balistik arasındaki geçişin en kritik noktalarından biridir. Bu an, merminin namlu ağzındaki gaz dinamiğiyle etkileşime girerek yörüngesinde bazı sapmalar yapmasına neden olabilir. Bu tür sapmalar, merminin hedefine doğru ilerlerken izlediği yolu etkileyebilir ve doğruluğunu azaltabilir. Bu yüzden ara balistik, mermi hareketindeki bu sapmaları anlamak ve olası hataları en aza indirmek için önemli bir araştırma alanıdır (Öztürk, 1984).

3.5. Adli Balistik

Adli balistik, ateşli ve ateşsiz silahların kullanıldığı suç olaylarında, olay yerinden elde edilen balistik verilerin bilimsel yöntemlerle incelenmesini konu alır. Bu süreç, elde edilen bulguların doğru bir şekilde analiz edilmesi ve delil olarak kullanılacak hale getirilmesi amacını taşır. Ateşli silahların kullanıldığı vakalarda, mermi çekirdekleri ve kovanlar, hangi silahın kullanıldığını belirlemek için incelenir. Bu analizler, vakaya karışmış diğer silahlarla olan bağlantıları ortaya koyarak, şüpheli silahların birbirinden ayrılmasına olanak tanır. Böylece hem suçlunun silahını belirleme hem de olayın aydınlatılmasında önemli bir rol oynayan balistik deliller elde edilir. Adli balistik, kriminal soruşturmalarda en önemli disiplinlerden biridir, çünkü silahlar ve mühimmatlar hakkında elde edilen bilgiler, suçun aydınlatılmasına katkı sağlar (Öztürk, 1984).

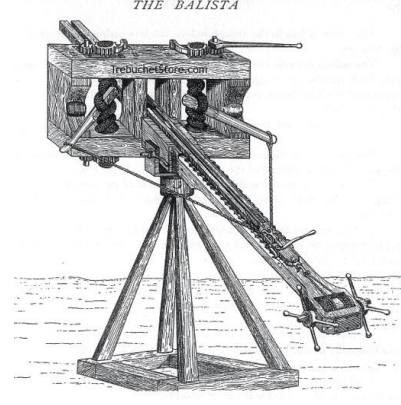
3.6. Yara Balistiği

Yara balistiği, mermi çekirdeklerinin, mermi parçalarının veya saçma tanelerinin canlı dokularda meydana getirdiği fiziksel ve biyokimyasal etkileri inceleyen bir bilim dalıdır. Bu alanda yapılan incelemeler, mermi çekirdeğinin, hedef dokusuna çarpması sonucu oluşan anatomik ve fizyopatolojik değişiklikleri değerlendirir. Mermi, vücuda girdiği anda, doku içinde ciddi yapısal değişikliklere yol açar. Bu değişiklikler, genellikle geçici boşlukların oluşmasına, şok dalgalarının yayılmasına, yırtılmalara ve ezmelere yol açar. Yara balistiği, özellikle atışlardan kaynaklanan ölümcül yaralanmaların mekanizmasını anlamak ve bu yaraların nasıl meydana geldiğini ortaya koymak amacıyla oldukça önemlidir. İnsan vücudunda oluşan yaralar, merminin hızına, boyutuna ve yapısına bağlı olarak değişir. Yüksek hızla ilerleyen mermiler, genellikle daha büyük

geçici boşluklar oluşturur ve şok dalgaları yoluyla çevre dokulara ciddi zararlar verebilir (Öztürk, 1984).

3.7. Dış Balistik

Dış balistik, atılan merminin silahtan çıkışından sonra, hedefe ulaşana kadar geçirdiği yol boyunca ortaya çıkan tüm hareketleri inceleyen bir bilim dalıdır. Merminin hedefine ulaşabilmesi için, atış anından itibaren birçok fiziksel faktörün etkisi altında kalır. Bu faktörlerin başında yerçekimi, hava direnci ve meteorolojik koşullar gelir. Bir merminin hedefini vurabilmesi için, silahın ateşleme anında belirlenen doğrultuya sadık kalması gerekir. Merminin uçuş yolu üzerinde herhangi bir sapma meydana gelirse, hedefe ulaşmak zorlaşır. Bu sebeple, merminin doğrusal bir şekilde hareket etmesi, hedefe ulaşma açısından kritik bir öneme sahiptir. Merminin uçuşunun stabil bir şekilde gerçekleşebilmesi için, özellikle merminin tasarımında yapılan bazı iyileştirmeler oldukça önemlidir. Merminin tabanı, gazın etkisiyle merminin namludan çıkarken dayanabilmesi için genellikle kalın ve ağır olur. Aynı zamanda, merminin burun kısmının daha sivri hale getirilmesi, havadaki sürtünmeyi azaltarak merminin daha düzgün bir yörünge izlemesini sağlar. Merminin ağırlık merkezi genellikle tabana yakın bir bölgede yer alır. Bu, merminin daha kararlı bir uçuş yapmasını sağlasa da, merminin burun kısmının tasarımı ve aerodinamik yapısı da uçuşun doğruluğunu etkiler. Dış balistik biliminin kökenleri oldukça eskidir. Tarih öncesi çağlarda, insanlar taşları fırlatarak ilk balistik uygulamaları gerçekleştirmişlerdir. Daha sonra, bu temel prensipler üzerine, daha güçlü fırlatma araçları geliştirilmiştir. Özellikle sapan ve mızraklar, hız ve güç avantajı sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Antik çağda, okçuluğun yaygınlaşmasıyla birlikte, okların daha uzun mesafeler kat edebilmesi için kullanılan yaylı makineler olan "ballista"lar ortaya çıkmıştır. Ballista, Yunanca "ballein" kelimesinden türetilmiş olup, "fırlatmak" anlamına gelir. Bu mekanizmalar, okları daha uzak mesafelere fırlatmak amacıyla geliştirilmiş olup, savaşlarda önemli bir yer tutmuşlardır. Bu araçların gelişimi, dış balistik anlayışının evriminde önemli bir adım olmuştur. Bu sayede, mermilerin hedeflerine ulaşmalarını sağlayan fiziksel prensipler daha iyi anlaşılmış ve silahların tasarımlarında önemli yenilikler yapılmıştır (Farrar ve Leemin, 1983).



Şekil 3.1. Ballista

Leonardo da Vinci (1452-1519) çalışmaları ilk modern ordu mühendisliğinin yolunu açmıştır. (15621642)

Galileo, Aristoteles'in hareket teorisinin temellerini çürütmüş ve modern bilimin hareket anlayışını başarılı bir şekilde ortaya koymuştur. Aristoteles'in teorisine göre, doğal hareketi anlamak için doğa unsurlarının etkilerinin göz önünde bulundurulması gerektiği savunuluyordu. Bu anlayışa göre, ateş, hava, su ve dünyanın etkisi dışında nesneler kendi başlarına hareket edemezlerdi. Ancak Galileo, bu görüşü reddederek, hareketin bilimsel temellerini kurmuş ve bu konuda devrim niteliğinde sonuçlar elde etmiştir. Galileo'nun, fırlatılan bir mühimmatın hareketini incelediği ve bunun parabolik bir yörünge izlediğini keşfettiği çalışmalar, fiziksel dünyayı anlamada büyük bir adımdı. Bu araştırmalar, bilimin temel prensiplerini derinden değiştirmiş ve önemli bir yer edinmiştir.

Galileo'nun öğrencisi olan Evangelista Torricelli, bu bilginin üzerine yeni bilgiler eklemiş ve fırlatılan mühimmatların uçuş yörüngesinin modellenmesi konusunda önemli adımlar atmıştır. Torricelli, parabolik yapıyı daha iyi anlayabilmek için derinlemesine çalışmalar yapmış ve bu konuda Galileo'nun çizdiği yoldan sapmadan ilerlemiştir. Bununla birlikte, Galileo'nun ilk çalışmalarını daha da geliştiren ve balistik üzerine modern temeller atan kişi Isaac Newton olmuştur. Newton, 17. yüzyılın sonlarına doğru geliştirdiği teorilerle balistiği bilimsel bir disiplin haline getirmiştir. Newton'un, 1687'de yayımladığı "Doğal Felsefenin Matematiksel İlkeleri" adlı eserinde, özellikle hareket kanunları üzerinde durulmuş, bu kitap yalnızca balistikte değil, genel fizik alanında da önemli bir kilometre taşı olmuştur.

Newton'un hareket yasaları, balistiğin temellerini anlamada devrim niteliğinde bir gelişme sağlamıştır. Özellikle dinamikler üzerine yaptığı çalışmalar, cisimlerin hareketlerini anlamamıza yardımcı olmuş ve mermilerin uçuşu ile ilgili çok daha doğru tahminler yapılmasını sağlamıştır. Newton'un, mekanik dünyayı açıklamak için geliştirdiği bu yasalar, sadece katı cisimlerin hareketini incelemekle kalmamış, sıvıların hareketini ve hava direncinin etkilerini de anlamamıza olanak tanımıştır. Bu noktada, Newton'un teorileri, zamanla yapılan birçok deneyle desteklenmiş ve doğru bir biçimde uygulanmıştır.

18. yüzyılda, İsviçreli matematikçi ve fizikçi Leonhard Euler, Newton'un balistik çalışmalarını alıp bunları daha da derinlemesine inceleyerek önemli katkılarda bulunmuştur. Euler, top mermilerinin uçuş mesafelerini hesaplayabilmek için teorik hesaplamalar yapmış ve çeşitli deneyler gerçekleştirmiştir. Onun bu çalışmaları, balistiği matematiksel bir disiplin olarak ele almanın ilk adımları olmuştur. Euler, balistiğin temel prensiplerini anlamada büyük bir adım atarak, mühimmatların uçuşunun nasıl hesaplanabileceğine dair ilk analitik çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Bu dönemde, 1742'de Benjamin Robins'in balistik sarkacını icat etmesi önemli bir gelişme olmuştur. Robins, bu sarkaç ile eski silahların namlu çıkış hızlarını belirlemeyi başarmıştır. Bu buluş, mühimmatın hızını ve etkisini doğru bir şekilde ölçebilmek için kullanılan ilk deneysel araçlardan biridir. Balistik üzerine yapılan çalışmalar 19. yüzyılda daha da derinleşmiş ve mühimmatların uçuş yörüngelerinin daha doğru bir şekilde belirlenmesi sağlanmıştır. Bu dönemde, iç balistik olayları da incelenerek, namlu çıkış hızı ve namlu büyüklüğü arasındaki ilişki daha iyi anlaşılmaya başlanmıştır. Charles Wheatstone, 19. yüzyılın ortalarında, havan mühimmatlarının uçuş süresini ölçebilmek için elektrik devrelerini kullanarak önemli bir buluşa imza atmıştır. Wheatstone'un elektriksel devrelerle yaptığı bu çalışmayı, Francis Bashforth'un 1870'lerde geliştirdiği elektriksel kronografi yöntemi takip etmiştir. Bashforth'un geliştirdiği yöntem, top mühimmatlarının yörüngelerinin hesaplanmasında büyük bir kolaylık sağlamıştır. Bu tür ölçüm tekniklerinin balistik alanındaki en önemli uygulamalarından biri, teorik sonuçların pratik testlerle doğrulanması olmuştur. Bu dönemde yapılan testler, mühimmatların uçuşu ve aerodinamik özelliklerinin daha doğru bir şekilde anlaşılmasını sağlamıştır. Amerikalı bilim insanı William Hale, 1855 yılında roketlerin uçuşu üzerine yaptığı çalışmalarla dönme kararlılığını geliştirmiştir. Hale'in bu buluşu, roketlerin daha doğru bir şekilde

uçmasını sağlamakla birlikte, balistik hesaplamalar için de yeni bir boyut kazandırmıştır. Mühimmatın aerodinamik özellikleri ve uçuşu üzerinde yapılan çalışmalar, artık mühimmatın kendi eksenini etrafındaki dönüş kararlılığını da içerecek şekilde genişlemiştir. Bu dönemde balistik kuvvetlerin hesaplanmasında yerçekimi ve hava direncinin yanı sıra mühimmatın dönme hareketinin de önemli bir etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır. 20. yüzyıl boyunca, balistik hesaplamalarda matematiksel denklemlerin kullanımı yaygınlaşmış ve mühimmatların uçuşunu etkileyen tüm aerodinamik kuvvetler daha ayrıntılı bir şekilde tanımlanmıştır. Bu süreç, mühendislerin silah tasarımı ve mühimmat geliştirme alanındaki çalışmalarına ışık tutmuş ve uçuş testlerinin rüzgâr tünellerinde, ateşleme testlerinin ise laboratuvarlarda yapılmasına olanak sağlamıştır. Bu deneysel testler, teorik bulgularla karşılaştırılarak balistik teorilerinin doğruluğu zaman zaman doğrulanmış ve böylece balistik bilimi, çok daha kesin ve güvenilir bir disiplin haline gelmiştir (Farrar ve Leeming, 1983).

3.7.1. Hareket denklemi

Merminin, ateşli silah namlusunda hareket etmesi ve barutun yanması, birçok fiziksel olayı bir arada gerektirir ve bu süreç, termodinamik, akışkanlar mekaniği ve ısı transferi gibi farklı mühendislik alanlarıyla ilişkilidir. Namlunun içindeki hareket, Newton'un Hareket Kanunları'na dayalıdır. Newton'un bu kanunları, merminin hareketinin anlaşılması için temel oluşturur. Namlu içerisindeki gazların hızla genişlemesi, mermi çekirdeğini hareket ettiren ana kuvveti oluşturur. Bu hareketin hızı, barutun yanmasıyla ortaya çıkan gazların basıncı ve sıcaklıkla doğrudan ilişkilidir. Merminin başlangıç hızı, genellikle merminin çıkış hızını belirleyen temel faktörlerden biridir. Bu hız, patlayıcı barutun enerji salınımından kaynaklanır ve bu olayın gerçekleşmesi, Newton'un temel hareket yasalarına göre incelenir. Bu yasalara göre, her kuvvetin bir etkiye karşılık gelmesi ve her hareketin bir başlangıç hızına sahip olması gerektiği kabul edilir (Farrar ve Leeming, 1983).

3.7.2. Hal denklemi

Barutun yanması sırasında oluşan gazların sıcaklık ve basıncı, çok yüksek seviyelere ulaşır. Bu nedenle, bu gazların davranışı genellikle ideal gaz yasasına

uymamaktadır. İdeal gaz yasası, genellikle düşük sıcaklık ve basınç koşullarında geçerli olurken, barut gazlarının içinde bulunduğu koşullar çok daha ekstrem olduğu için daha karmaşık deneysel formüller gereklidir. Bu gazların sıkıştırılabilirliği, gazların davranışını daha doğru bir şekilde modellememize yardımcı olur. Barut gazları, yoğunluğu yüksek, sıcaklıkları çok yüksek ve basınçları da oldukça yoğundur. Bu nedenle, ideal gaz yasasından sapmalar gösterirler ve sıkıştırılabilir gazlar için özel matematiksel denklemlerle modellemeleri yapılır. Hal denklemleri, bu gazların yoğunluğu, sıcaklığı ve basıncı arasındaki ilişkileri belirlemek için kullanılır (Farrar ve Leeming, 1983).

3.7.3. Enerji dengesi

Barutun yanması sonucu ortaya çıkan enerji, çeşitli şekillerde dağılır ve bu enerjinin bir kısmı, merminin kinetik enerjisine dönüşür. Merminin bu kinetik enerjisi, ona hız kazandırarak namludan dışarı çıkmasını sağlar. Ancak, bu enerji yalnızca merminin hareketini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda namlu içindeki gazların kinetik enerjisine de dönüşür. Namlu içerisindeki gaz parçacıkları da hareket etmeye başlar ve bu hareket, merminin gerisinde kalan gazlar tarafından sağlanır. Ayrıca, çekirdek ile namlu arasında sürtünme kayıpları meydana gelir ve bu kayıplar, hareket enerjisinin bir kısmının ısıya dönüşmesine yol açar. Bu ısı kaybı, namlu ve çevresindeki sıcaklık farklarından kaynaklanır. Barutun yanması sonucu yayılan enerjinin bir kısmı, mermi çekirdeğinin dönme enerjisine dönüşür. Ancak, merminin dönme enerjisi de merminin ivmelenmesi için gerekli olan enerjiyi azaltabilir. Bu denge, mühimmatın verimliliği ve atış doğruluğu üzerinde doğrudan etkili bir faktördür (Farrar ve Leeming, 1983).

3.7.4. Sürtünme kuvveti ve mermi çekirdeğinin dönmesi

Merminin namlu içerisindeki hareketi, aynı zamanda sürtünme kuvvetlerine tabi olur. Namlu içindeki "yiv-setler" adı verilen yapılar, mermi çekirdeğine dönme hareketini kazandırır. Bu dönme hareketi, merminin doğrusal hareketiyle uyum içinde olmasını sağlar. Mermi, bu dönme hareketi sayesinde daha düzgün bir uçuş sergileyebilir ve hedefine daha isabetli bir şekilde varabilir. Ancak, merminin gerisinde kalan gaz basıncı, bu dönme hareketini engellemek için çalışır. Namlu ve mermi arasındaki sıkı geçme, gaz

basıncının merminin arkasında birikmesini sağlar. Bu basıncın bir kısmı, mermi çekirdeğini döndürmek için kullanılır. Bu etkileşim, yiv-setlerin sürtünme kuvvetlerini yenerek mermiyi ileriye doğru iter ve aynı zamanda dönme hareketini başlatır. Bu süreç, merminin uçuş doğruluğu ve istikrarı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Farrar ve Leeming, 1983).

3.7.5. Isı kaybı

Barutun yanması sırasında açığa çıkan yüksek sıcaklık, mermi çekirdeğinin ısınmasında kullanılır. Namlu içerisindeki sıcaklık, merminin dış yüzeyine ulaşarak, mermiyi ısıtarak ona ivme kazandırır. Ancak, merminin soğuk olması nedeniyle, yanma sonucu oluşan ısının bir kısmı ısı kaybı olarak çevreye yayılır. Isı kaybının oranı, atışın yapıldığı ortamın sıcaklığına ve atışlar arasındaki zaman farkına bağlı olarak değişir. Daha soğuk ortamlarda, ısı kaybı daha fazla olabilir ve bu da merminin daha az verimli bir şekilde hareket etmesine yol açabilir. Havanın sıcaklığı ve nem oranı da, merminin performansı üzerinde etkili olabilir. Bu nedenle, mühimmat tasarımında ısı kaybını minimize etmek ve merminin maksimum verimle hareket etmesini sağlamak için çeşitli önlemler alınır (Farrar ve Leeming, 1983).

3.7.6. Mermi çekirdeğinin dönme enerjisi

Merminin dönme hareketi, merminin kararlılığını artıran bir faktördür. Eğer çekirdek düzgün bir şekilde dönüyorsa, bu dönme hareketi "yiv-setler" tarafından sağlanır. Bu dönme hareketi, merminin doğrusal hareketiyle uyumlu bir şekilde gerçekleşir. Ancak, dönme hareketi sırasında enerji kaybı meydana gelir. Dönme enerjisinin bir kısmı, merminin hızlanması için gerekli olan kuvveti azaltabilir. Yani, dönme hareketi arttıkça, merminin doğrusal hareketi için gerekli olan kuvvet azalır ve bu da merminin hızını etkileyebilir. Merminin uçuşu sırasında, dönme hareketinin düzgün olması gerekir, çünkü bu hareket, merminin hedefe ulaşma doğruluğunu doğrudan etkiler. Dönme hareketindeki dengesizlikler, merminin istikrarını bozabilir ve uçuş yolunu sapmalarla doldurabilir (Farrar ve Leeming, 1983).

3.7.7. Balistik Katsayısı

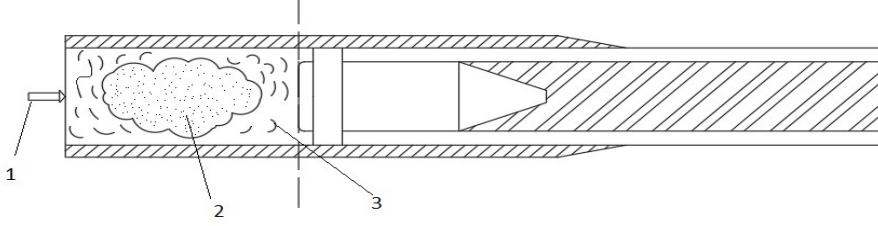
Merminin uçuşunu etkileyen bir diğer önemli faktör ise balistik katsayısıdır. Bu katsayı, hava direnci ve sıcaklık gibi çevresel faktörlere bağlı olarak değişir. Balistik katsayısı, merminin şekline, boyutlarına ve hızına göre belirlenir. Özellikle sivri uçlu mermiler, daha az hava direnci ile karşılaşır ve bu sayede daha uzun mesafelere uçabilirler. Sivri uçlu mermiler, hava direncine karşı daha az direnç gösterdiklerinden, uçuşları daha istikrarlı olabilir. Hava direncinin etkisi, merminin şekli ve aerodinamik yapısına bağlıdır. Rüzgâr gibi hava koşulları, merminin uçuş yolunu etkileyebilir, bu nedenle balistik hesaplamalar yaparken çevresel faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır (Jaramaz, Mickovic ve Elek, 2011).

3.7.8. Coriolis Etkisi

Coriolis etkisi, özellikle deniz savaşlarında ve uzun menzilli atışlarda önemli bir rol oynayan bir kuvvet olup, merminin yörüngesinin şekillenmesinde belirleyici faktörlerden biridir. Bu etki, gezegenin döner hareketi nedeniyle, her iki yarım kürede farklı yönlerde bir sapma yaratır. Kuzey Yarımküre’de yapılan atışlar, merminin sağa sapmasına yol açarken, Güney Yarımküredeki atışlarda bu sapma sola doğru olur. Bu etki, özellikle uzun menzilli atışlarda dikkate alınması gereken bir faktördür ve merminin hedefe ulaşması sırasında oluşabilecek sapmaları etkili bir şekilde açıklar. Bu etkilerin daha iyi anlaşılması için I. Dünya Savaşı’nda yaşanan bir olay sıklıkla örnek olarak gösterilir. Falkland Adaları civarında İngiliz donanmasına ait gemiler tarafından Alman gemilerine yönelik yapılan top atışlarında, Alman gemilerinin sürekli olarak 90 metre kadar sola isabet ettirilmiş olduğu görülmüştür. Yapılan araştırmalar sonucunda, İngiliz gemilerinin toplarının kuzey yarım küredeki şartlara göre ayarlandığı ve bu sebeple güney yarım kürede yapılan atışların Coriolis etkisinin neden olduğu sapmanın iki katı kadar hedefin soluna yöneldiği anlaşılmıştır. Merminin yörüngesini etkileyen faktörler arasında yerçekimi, merminin namludan çıkış hızı, namlunun yatay düzlemle yaptığı açı ve mermi çekirdeğinin şekli gibi unsurlar ön plana çıkar. Coriolis etkisi, özellikle yüksek hızla giden mermilerin uçuşu sırasında ortaya çıkan sapmalar, balistik hesaplamalar için kritik bir faktördür ve hedefe olan mesafeye bağlı olarak etkisini artırabilir.

3.8. Balistik Çevrim

Bir silah sistemi, temel olarak bir reaksiyon hücresine bağlı olarak çalışan bir mermi fırlatma düzeneklerinden oluşur. Bu düzenek, katı barutun reaksiyon hücresinde yanması sonucu ortaya çıkan kimyasal enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürerek mermiyi büyük bir hızla sevk eder. Şekil 3.2’de balistik çevrimin nasıl işlediği gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Balistik Çevrim

Bir silahın ateşlenmesi sırasında gerçekleşen adımlar şu şekildedir;

- Ateşleme iğnesi, barutun yanmasını başlatır.
- Yanan baruttan çıkan gazlar genişleyerek yüksek basınca neden olur ve mermiyi ileriye doğru iter.
- Haznedeki basınç ve sıcaklık hızla yükselir.
- Barutun genişlemesiyle oluşan basınç, mermiyi hareket ettirmek için gereken kuvveti üretir.
- Başlangıçta, merminin hareket etmeye karşı gösterdiği direnç yüksektir, ancak namludaki basınç artmaya devam eder.
- Barutun yanma hızı, artan basınca paralel olarak hızlanır, bu da merminin hızlanmasını sağlar.
- Merminin hareketi, sevk çemberi ve yiv-setlerin etkileşimi sayesinde hızlanmaya devam eder.
- Yiv-setli namlu, merminin dönmesini sağlar ve bu dönme hareketi merminin istikrarını artırır.

Balistik çevrimdeki ilk adım, ateşleme iğnesinin çarpmasıyla barutun yanmaya başlamasıdır. Bu sırada, barut taneleri hızla yanmaya başlar ve her bir tanelerinin yanan yüzeylerinden sıcak gazlar yayılır. Bu gazlar, hızla genişleyerek mermiyi itmeye başlar. Gerçekte, barut tanelerinin tümü eş zamanlı olarak ateşlenemez, ancak bu varsayım, hesaplamalar için bir model oluşturulurken yaygın olarak kabul edilir. Yanan gazların genişlemesi, haznede hızla basınç artışı yaratır. Başlangıçta, merminin harekete geçmeye karşı gösterdiği direnç oldukça yüksektir, bu da basıncın artmasına neden olur. Bu direnç, merminin namlu içerisindeki stabilizasyonu ile ilgilidir. Merminin hareketi başladığında, reaksiyon haznesinin hacmi hızla artar, bu da silah sisteminde basıncın düşmesine yol açar. Ancak, barutun yanma hızı basınca bağlı olarak hızlandığı için, merminin harekete geçmesinden önce tepe basıncı noktası oluşur. Bu tepe basıncı, genellikle merminin namlu içerisinde çok kısa bir mesafeye ilerledikten sonra ulaşılır.

Mesela, bir 5.56 mm tüfekte, tepe basıncı, merminin namlu uzunluğunun yaklaşık %11'lik mesafesinde meydana gelir. Tepe basıncının ardından, hazne basıncı düşmeye başlar. Namlu ağzındaki basınç, tepe basıncının yalnızca %10-30 seviyesine düşer. Barut gazlarının genişlemesi ve gaz basıncının atmosfer basıncı seviyesine düşmesi için çok uzun bir namluya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, pratikte, barut gazlarının atmosfer basıncına kadar genişlemesi mümkün değildir. Namlu ağzındaki basınç, kullanılan silah ve mühimmat sistemine göre değişkenlik gösterebilir. Namlu ağzındaki basıncın büyüklüğü, merminin silah sistemini terk ettikten sonra üzerine etkili olacak kuvvetin belirleyicisi olduğu için, bu değer, silah tasarımında önemli bir parametre olarak kabul edilir. Özellikle namlu ağzı basıncının merminin hızını artırması, atış sonrası merminin hareketine büyük ölçüde katkı sağlar.

3.9. Silâh Sistemleri

Silâh sistemleri büyük bir çeşitlilik arzettiğinden, bütün tiplerin ele alınması oldukça uzun sürecektir. Bu sebeple, burada sadece, 30 mm'den büyük ve metal kovanlılardan ziyade keseli barut şarjlarının kullanıldığı sistemler göz önüne alınacaktır.

Bir silâh sisteminde impuls, mermiye uygulanan itmenin tamamını temin eder. Bu impuls, aynı zamanda silâh sistemine de büyük miktarda bir momentum uygular. Çok defa, merminin fırlatılması ile silâh sistemine uygulanan momentumun bir kısmı, metal

kovanlı sistemlerde kovanın mermiden ayrılması ve silâhtan dışarı atılması gibi faydalı işlerde kullanılır. Silâha uygulanan momentumu masseden sistemler, geri tepme sistemleri olarak isimlen-dirilir. Geri tepme sistemleri genellikle, geri tepme etkisini hafifletmek için sisteme dahil edilir.

Diğer tip silâh sistemlerinde gazlar, kamadaki bir meme vasıtasıyla, atış esnasında silâh sistemine aktarılan momentumun karşılanması kullanmaktadır. Bu memenin (nozzle, düse) nihai etkisi, silâh sistemine uygulanan dış kuvvetlerin mümkün mertebe sıfır seviyesine düşürülmesidir. Bu tip silâh sistemleri, geri tepmesiz toplar olarak isimlendirilir. Geri tepmesiz top sistemleri için iç balistik problemi çok daha karmaşık bir hale gelmektedir. Bu durumda, sadece yanma sürecinin değil, aynı zamanda, top sistemine etki eden net dış kuvveti temin için, meme boğazı (orifice) çapının dengelenmesinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

3.9.1. Namlu

Namlu, barutun yandığı tarafı kapalı, basit bir borudan ibarettir. Namlu, mermi ni intişar eden yüksek basınçlı barut gazları tarafından hızlandırılmasını ve bu esnada yataklanması ile yönlendirilmesini temin eder. Kama, namlunun arka tarafında bulunur, mermi ve barut hakkının yüklenmesi esnasında açılır ve atış esnasında kapatılır. Kamanın açılıp kapatılması ve sızdırmazlığı, kama bloku denilen bir hareketli kapak ile temin edilir. Kama blokunun hemen ön tarafındaki genişletilmiş bölge, atıştan önce barut şarjının yerleştirildiği haznedir (reaction chamber, reaksiyon hücresi).

Haznenin ilerisinde, namlu kısmına doğru konim olarak daralan bir bölge mevcuttur. Bu konik kısma genellikle omuz denilmektedir. Namlunun içi, ön tarafta, namlu ağzına kadar sabit bir çapa sahiptir. Namlunun dış, arka tarafındaki silindirik kısma bazen kayma silindiri denilmektedir. Büyük silâh sistemlerinde, geri tepme esnasında bu kısım kızak denilen bir yapı içinde kaymaktadır.

Merminin dönme ile stabilize edildiği silâh sistemlerinde, namlu yivlidir. Yivler, mermiye belirli bir dönme hızı kazandırır. Merminin dönme hızı, yiv açısının tanjantı ile orantılıdır. Yivlenme mutad olarak dönme (twist) denilen karakteristik bir parametre ile tanımlanır. Dönme, bir devire tekabül eden kalibre, yani bir dönüş için, kalibre cinsinden namlu boyu olarak tarif edilir. Dönme sabit veya artan şekilde olabilir. Sabit dönmede,

yivler, başlangıçtan namlu ağzına kadar sabit bir açıya sahiptir. Artan dönmede ise, yiv açısı, belirli bir üssel eğriye uygun olarak bu açı değişir.

Top namluları, balistik çevrim esnasında meydana gelen yüksek basınçlara dayanacak şekilde yapılmış olmalıdır. Şimdiye kadar zikredilen bilgilere göre, namlu, en yüksek basınçların hüküm sürdüğü arka kısımlarda en büyük kalınlığa sahip olmalıdır. Şekil 'e' göre namlu mukavemeti (cidar kalınlığı) , bütün balistik çevrim boyunca sistem bütünlüğünü garanti etmek için yeterli bir şekilde, namlu ağzına doğru azalır.

3.9.2. Mermi dizaynı ve stabilizasyonu

Top dizaynında büyük bir çeşitlilik olduğu gibi, aynı çeşitlilik mermi dizaynında da mevcuttur. Mermi dizaynı, merminin tevcih edileceği hedef tipine bağlıdır. Aşıkâr olarak, bu parametre sadece merminin ivme ve hızına değil, aynı zamanda balistik çevrimin başlangıç kısmında basınç teessüs hızına da etki göstereceğinden, mermi kütlesi özel öneme sahiptir. Tipik olarak bir mermi kararlılık ve minimum hava direnci (drag) temin edecek şekilde dizayn edilir. Büyük toplarda, merminin ön kısmı için, en düşük hava mukavemetini verecek şeklin "ogive" olduğu tesbit edilmiştir. Ogive, merkezi, mermi eksenine dik bir hat üzerinde bulunan ve yarıçapı kalibre cinsinden ifade edilen bir yay olarak tarif edilir. Şekil 24'de gösterildiği üzere, (G) kirişi sözkonusu eksenı teşkil etmektedir. Kullanılan yarıçaplar, kalibrenin 7- 9 katıdır. Küçük mermilerde "ogive" yerine ekseriya koni şekli kullanılır. Yine, merminin baş kısmı, daha etkili bir nüfuz (penetration) temini için daha küt olarak yapılabilir.

Merminin gövdesi, sevk çemberi ile kılavuz arasındaki silindirik kısımdır. Kılavuz ve sevk çemberi, mermi gövdesi-ne göre hafifçe yükseltilmiş kısımlardır. Bu yüzeyler, merminin namlu içinde hareketi esnasında destekleme ve yataklama vazifesi görürler. Bu yüzeyler aynı zamanda, mermi etrafından sıcak barut gazlarının kaçak yapmasına karşı sızdırmazlık temin ederler. Bu kaçaklara müsaade edilseydi, istenilen namlu ağzı hızının inkişafına imkân vermesidir. Mermi gövdesinin silindirik şekli, mermi tabanına kadar devam ettirilirse, mermi kare tabanlıdır. Buna mukabil, sevk çemberinin arkasında kalan kısım hafifçe komikleştirilmişse, mermi "kayık kuyruklu" (boat- tailed) olarak isimlendirilir. 1 Mach'ın altındaki hızlarda, kayık kuyruk hava mukavemetini azaltır ve dolayısıyla menzili arttırır. 1 Mach'ın üzerindeki hızlarda, kayık kuyruk, merminin

gerisindeki hava akımlarının "wake" dağılımını artırarak, merminin fonksiyonuna menfi tesir eder. Mermilerin primer stabilizasyonunun temini için genel olarak iki teknik mevcuttur. Yivsiz namludan atılan mermi-lerde (meselâ havan mermilerinde) , serbest uçuş esnasında stabilizasyonu temin için merminin dip kısmına yerleştirilmiş dış kanatlar kullanılır. En fazla kullanılan ikinci stabilizasyon şekli, dönme vasıtasıyla stabilizasyondur. Dönme ile stabilizasyon, mermiye namluyu terk etmeden önce bir dönme hareketi verilmesine dayanır. Dönme ile stabilize edilen mermilerde, merminin dönme enerjisi, ileri hareket enerjisinin ancak takriben %0,3'ünü teşkil eder. Yani, dönme ile stabilize edilen mermilerin kullanıldığı silâh sistemlerinde, merminin eksenel atalet momentinin balistik üzerine etkisi fazla değildir.

Dönme ile stabilizasyonda, hem namlunun yiv- seddi, hem de mermi üzerinde bulunan sevk çemberi, mermiye dönme momentinin aktarılmasındaki fonksiyonları bakımından birbiriyle yakından irtibatlıdır. Sevk çemberleri, mermi üzerine sıkıca oturtulmuş bir yumuşak metalden ibarettir Şekil 24'e bak). Sevk çemberinin öne bakan kısmı, namludaki yiv setlerin başlangıcına oturmayı temin için hafifçe konikleştirilmiştir. Mermi namlu içinde harekete geçmeden önce, sevk çemberi namlu çapına geçmeli ve namlunun yiv- setleri tarafından yivlenmelidir. Başlangıçtaki yivlenme sürecin neticesi olarak, namlu içinde nisbeten yüksek bir basınç teessüsüne ihtiyaç vardır. İdeal olarak, yivlenme süreci, merminin hareketini barutun yanma hızı ve gaz basıncı optimum değerlere erişene kadar geciktirmelidir.

Tablo 3.1. Orta kalibreli bir top için enerji dağılımı.

Absorbe edilen enerji	%
Merminin ötelenme hareketi	32.0
Merminin dönmesi	0.14
Sürtünme kayıpları	2.17
Mermiye karşı yapılan toplam iş (Basınç - hareket eğrisinin altındaki alan)	34.31
Geri tepen aksanın ötelenme hareketi	0.12
Barut gazlarının ötelenme hareketi	3.14
Top ve mermiye ısı kayıpları	20.17
Barut gazlarındaki farkedilebilir ve gizli ısı kayıpları	42.26
Barutun toplam potansiyeli	100.00

Sevk çemberi üzerinde yivlenme tamamlandıktan sonra, yivli namlu, mermiye dönme hareketi vermeğe başlar. Buna göre, sevk çemberinin başlıca vazifeleri şu şekilde icmal edilebilir:

- İntişar eden barut gazlarının mermi etrafından kaçmasını önlemek için namlu içinde sızdırmazlık temini.
- Merminin arka ucunun merkezlenmesi.
- Mermiye dönme hareketi verilmesine yardım etmek.

Bu sebeple, sevk çemberi, namlu ağzı hızı, menzil, atış hassasiyeti ve silâh ömrü üzerine büyük ölçüde etkilidir.

3.10. Basınç- Hareket Eğrisi

Bütün silâh sistemleri, müsaade edilen bir maksimum basınç zorlanmasını aşmadan, istenilen bir mermi hızının temin etmek üzere, bir basınç - mermi yolu eğrisine göre dizayn edilirler. Bu karakteristik basınç- hareket eğrisinin tepe basıncı, topun nihaî fonksiyonuna önemli derecede tesir gösterir.

Şekil 2.5’de gösterilen basınç- hareket eğrisini göz önüne alalım. P_1 ve P_2 eğrilerinin altındaki eşit alanlar, her iki durumda mermiye karşı yapılan işin eşit olduğunu göstermektedir. Bu gerçek, diğer taraftan, bu iki eğri için namlu ağzı hızlarının eşit olacağını gösterir. Mermiye karşı barut gazları tarafından yapılan iş aşağıdaki formül ile ifade edilebilir.

$$İş = \int P_b A_s ds \quad (3.1)$$

Mermiye karşı yapılan iş, kinetik enerjiye çevrileceğinden, aşağıdaki ifade yazılabilir:

$$İş = \frac{1}{2} \left(\frac{M_E V_p^2}{g_c} \right) \quad (3.2)$$

Eşitlik 3.1. ve Eşitlik 3.2.’den iki farklı basınç- hareket eğrisinin altındaki eşit alanların mermi üzerinde eşit işe tekabül ettiği, bununla da, silâh sisteminde her iki basınç hareket eğrisi için aynı namlu ağzı hızının elde edileceği görülür ($M_E = \text{sabit}$).

Şekil 2.5'in incelenmesinden, P_1 eğrisinin maksimum basıncının, silâh namlu malzemesi için izin verilen edilen maksimum basıncı aştığı görülür. Bunun sonucu olarak, bu eğri teorik bakımdan (P_2) eğrisinin aynı balistik gücü (ilk hız) temin etmesine rağmen, basınç bakış açısından kabul edilemez.

Bir silâh sistemindeki namlu ağzı hızını yükseltmek için, basınç- hareket eğrisinin altındaki alan arttırılmalıdır. Şekil 2.6'daki P_3 eğrisi bu durumu temsil etmektedir. Bu eğri, sistemin basınç sınırlamalarını ihlâl etmemektedir.

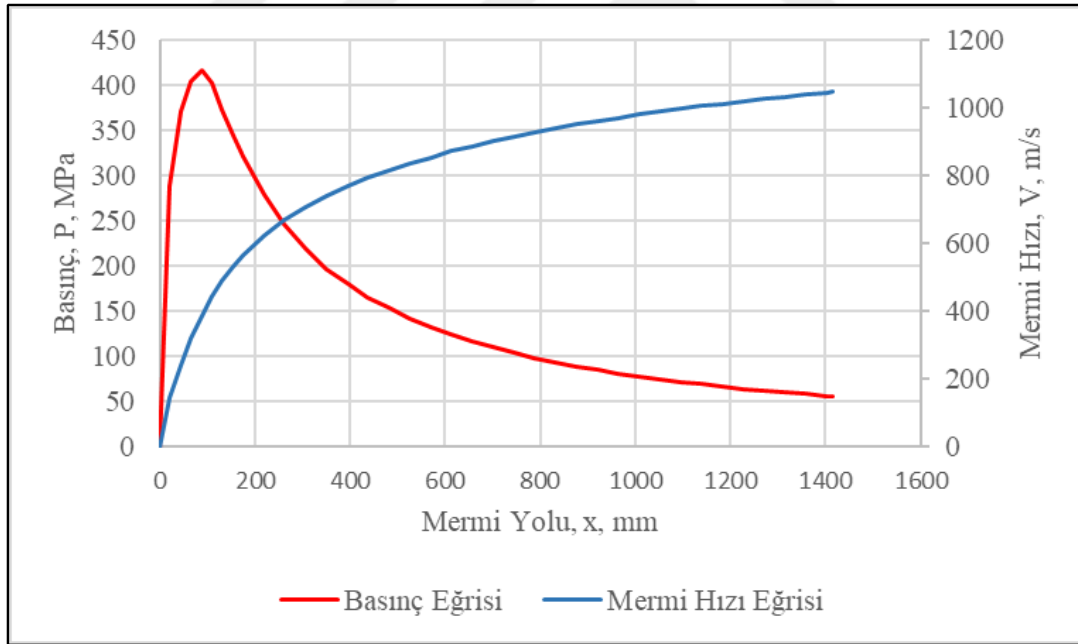
Şekil 2.6'ya göre, optimum basınç- hareket eğrisinin, namlu için müsaade edilen maksimum basınç eğrisi yani basınç-hareket eğrisinin altındaki alan olacağı beklenebilir. Böyle bir barut yapılabilmiş olsa dahi, sistem ömrünü azaltacak aşırı namlu erozyonu problemleri ortaya çıkabilecekti. Ayrıca, bu sistemde yüksek bir namlu ağzı basıncı mevcut olacağından, aşırı namlu ağzı alevi ve yeknesak olmayan hızlar meydana gelecekti. Böyle bir sistem ayrıca, toplam ağırlığı arttırarak, hareket kabiliyetini azaltan, büyük bir hazne hacmine ihtiyaç gösterecekti. Bunun neticesi olarak, uygun silâh sistemi dizaynı, namlunun herhangi bir noktasında, maksimum basınç sınırlamalarını ihlâl etmeksizin, atımdan atıma farklılık göstermeyen (yeknesak) istenilen ilk hızı veren bir dizayn olarak düşünülebilir. Bir basınç- silâh sisteminin karakteristik basınç - hareket eğrisi birçok faktöre bağlıdır. Bunlardan en önemlileri;

- Sevk barutunun terkipteki değişiklikler.
- Sevk barutunun yanma hızındaki değişiklikler.
- Ateşleme karakteristikleri.
- Barut tane karakteristikleri.
- Yükleme şartları (Barut hakkı değişiklikleri).
- Çevre faktörleri.
- Silâh - mermi sistemindeki değişiklikler.
- Yivlenme mukavemeti profilindeki değişiklikler.

Şekil 3.3, bu faktörlerin basınç- hareket eğrisindeki etkisini göstermektedir.

Anahtar;

- Kuvvetli ateşleme (Yüksek başlangıç yüzey alanı)
- Zayıf ateşleme (Düşük başlangıç yüzey alanı)
- Yüzey alanının hızla değişme (Küçük tane veya çok sayıda delik)
- Yüzey alanında daha az hızlı değişme (Az sayıda delik veya büyük tane)
- Hızlı hazne genişlemesi (Hafif mermi, dönmeye karşı düşük mukavemeti)
- Daha yavaş hazne genişlemesi (Ağır mermi, dönmeye karşı büyük mukavemet)



Şekil 3.3. Basınç- mermi hareketi eğrisine etki eden parametreler.

Şekil 3.3’de gösterilen basınç- hareket eğrilerinin, eğimi üzerine öncelikle silâh sisteminin ateşleme karakteristikleri ve barut tanelerinin başlangıçtaki toplam yüzey alanı, barut tane konfigürasyonu, hazne genişleme hızına bağlı olup, yivlenme ve mermi ağırlığı gibi faktörler etkilidir. Buna göre, barutun uygun bir şekilde ateşlendiği

farzedildiğinde, belirli bir silâh sisteminin iç balistiğinin, başlıca barutun fiziki ve kimyevi özelliklerindeki değişikliklerden etkilendiği söylenebilir.

3.11. Bir Silâh Sistemi ve Şarjın Etkinliği

Muayyen bir silâh - barut şarjı - mermi sisteminin toplam gücünün (performance) değerlendirilmesinde, genel olarak iki parametre kullanılmaktadır. Bu parametreler, piyezometrik etkinlik ve balistik etkinliktir. Piyezometrik etkinlik (e_p), ortalama basıncın, maksimum kama basıncına bölünmesi ile bulunur. Ortalama basınç, ölçülen ilk hızı vermek üzere, merminin namlu içindeki hareketi boyunca etki ettiği farzedilen sabit basınç olarak alınır. e_p aşağıdaki formülle ifade edilebilir:

$$e_p = \frac{1}{2} \left(\frac{W_s V_p^2}{g_c A_s P_{bm} S} \right) \quad (3.3)$$

Genel olarak, basınç- hareket eğrisi ne kadar basık ise, piyezometrik etkinlik o kadar yüksektir.

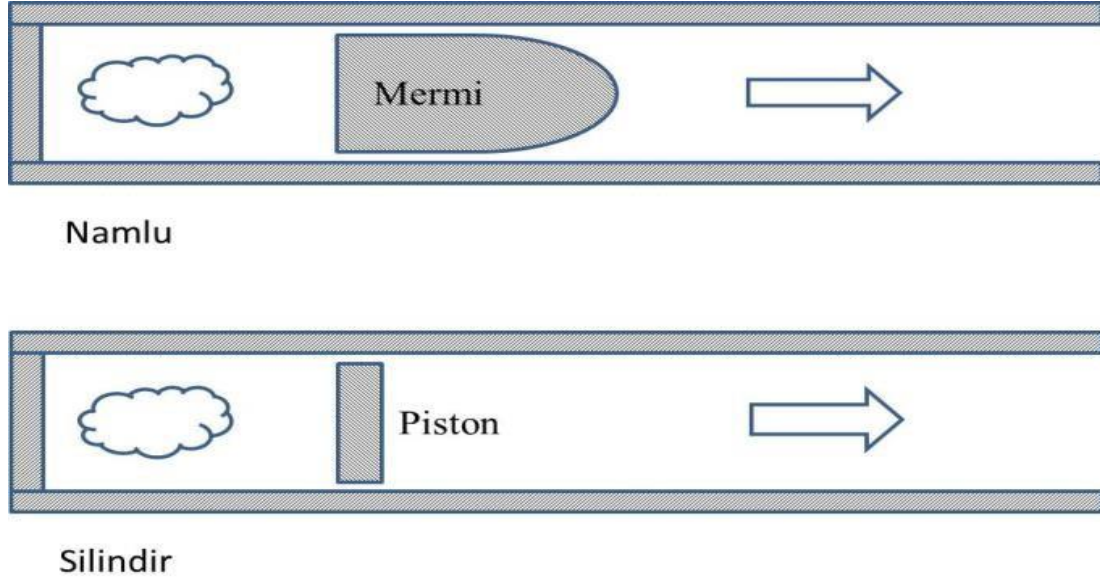
Balistik etkinlik (e_b), mermiye karşı yapılan toplam işin, sevk şarjının toplam iş potansiyeline oranı olarak tarif edilebilir. Buna göre, balistik etkinlik için aşağıdaki ifade yazılabilir:

$$e_b = \frac{1}{2} \left(\frac{M_E V_p^2 (\gamma - 1)}{g_c \lambda C} \right) \quad (3.4)$$

Yüksek bir balistik etkinlik, barut hakkının mermi hareketinin mümkün mertebe başlangıç safhasında yanması ve böylelikle, namlu ağzı basıncının düşürülmesi ile temin edilebilir (Nalbant, 1997).

Silah sistemlerinin çalışma prensibi, özellikle ateşleme mekanizmasında, barutun kimyasal enerjisinin ısı ve kinetik enerjiye dönüşmesiyle şekillenir. Bu süreç, basit bir şekilde, bir boru içerisinde barutun patlaması sonucu ortaya çıkan yüksek basıncın, mermiyi namlu boyunca hızla hareket ettirmesi olarak tanımlanabilir. Bu bağlamda, silah ve mermi arasındaki ilişki, pistonla bağlı bir silindirin dinamikleriyle benzerlik gösterir. Pistonu iten gazın basıncı, merminin hareketine benzer şekilde, silahın içinde belirli bir basınç farkının ortaya çıkmasına neden olur. Bu tür dinamikleri anlamak için termodinamik biliminden yararlanmak oldukça etkilidir. Termodinamik, bir sistemin denge durumlarını inceleyerek, belirli bir çevresel etkiye karşı nasıl tepki vereceğini

anlamaya çalışır. Bir sistemin, yerçekimi gibi dışsal kuvvetlerden izole olduğu durumlarda, sistemin içindeki özellikler zamanla değişmiyorsa, o sistem denge halindedir. Eğer sistem denge halinde değilse, dış etkilerden izole edilmesiyle basınç ve konsantrasyon farklarını ortadan kaldırmak amacıyla bir değişim süreci başlar.



Şekil 3.4. Silah mermi ilişkisi ile silindir piston arasındaki benzerlik.

Bu süreç, bir pistonun hareketiyle benzerlik gösterdiği gibi, iç balistik olaylarında da benzer fiziksel değişiklikler gözlemlenir. Ancak iç balistiklerde, hedefin mermiye uyguladığı basınç, çok daha yüksek seviyelere ulaşır ve bu nedenle denge durumu sağlanmaz. Hedef, mermiyi en yüksek hızda namludan çıkarmak olduğu için, sürekli bir basınç artışı söz konusudur. Bu durum, içerideki gazların genişleyerek mermiyi itmesi ile gerçekleşir ve iç balistik süreç, sürekli olarak dinamik bir haldedir.

İç balistik olaylarında, barutun patlaması ile ortaya çıkan gazların sıcaklıkları ve basınçları hızla artar. Bu artışın bir sonucu olarak, merminin hareketiyle birlikte hacim genişler ve basınç dengeye yaklaşmaya çalışır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken bir nokta, iç balistiklerin çok yüksek basınçlarla gerçekleşiyor olmasıdır. Bu yüksek basınçlar, silahın içerisinde sürekli bir değişim yaratır ve namludan çıkan merminin hızını artırmaya yönelik bir etki gösterir. Dolayısıyla, iç balistikte, termodinamik dengeyi sağlamak neredeyse imkansızdır. Amaç, her zaman merminin olabildiğince yüksek bir hızda namluyu terk etmesidir (Farrar ve Leeming, 1983).

3.11.1. İdeal Gaz Yaklaşımı

İç balistiklerin daha ayrıntılı bir şekilde anlaşılabilmesi için, silahın içinde barutun yanmasıyla oluşan gazların basınç arttıkça hacmin de nasıl değiştiği üzerine odaklanmak gerekir. Bu ilişkinin modellenmesi için belirli bir matematiksel denkleme ihtiyaç duyulur. Basit bir tanım ile, bir maddenin basıncı, sıcaklığı ve özgül hacmi arasındaki ilişkiyi tanımlayan bağıntıya hal denklemi denir. Hal denklemi, özellikle gazların özelliklerini anlamada temel bir araçtır. Barutun yanması sonucu oluşan gazların, ideal gaz olarak kabul edilmesi durumunda, hal denklemi kolayca yazılabilir. Bir gazın ideal gaz olarak kabul edilmesi için, gazın mutlak basıncının sıfıra yaklaşması halinde, gaz moleküllerinin birbirlerine olan mesafelerinin molekül çaplarına oranla oldukça büyük olması ve moleküller arasındaki çekim kuvvetlerinin göz ardı edilebilecek derecede zayıf olması gerekir. Yani, ideal gaz, moleküller arasında herhangi bir çekim kuvvetinin bulunmadığı, serbestçe hareket eden gazlardır. Bu koşullara uyan gazlara ideal gaz denir. İdeal gaz yaklaşımı, gazların davranışlarını daha basit bir şekilde açıklamak için yaygın olarak kullanılan bir modeldir. Barutun yanması esnasında meydana gelen yüksek sıcaklık ve basınç nedeniyle, gazlar genellikle ideal gaz modelinden sapma gösterebilir. Ancak bu tür sapmalar çoğu zaman ihmal edilebilir seviyededir. Dolayısıyla, iç balistiklerde ideal gaz yaklaşımını kullanmak, hesaplamalar için pratik bir yöntem sunar. Bu durumda, gazların basınçları ile hacim değişimlerini ve bunların silahın içindeki hareket üzerindeki etkilerini hesaplamak daha kolay hale gelir. Barut gazlarının davranışını anlamak için ideal gaz yasalarının uygulanması, gazların davranışlarının makul bir şekilde modellenmesine olanak sağlar ve iç balistik olaylarının anlaşılmasında önemli bir basamaktır (Farrar ve Leeming, 1983). İdeal gaz hal denklemini oluşturan kanun ve prensipler Tablo 3.2’de gösterilmektedir.

Tablo 3.2. İdeal gaz hal denklemini oluşturan prensipler

No.	Kanun Adı	Açıklama
1	Charles’ın kanunu	Bir gazın hacmi, sıcaklığı ile orantılıdır
2	Avogadro’nun prensibi	Bir gazın hacmi, gazın mol sayısı ile orantılıdır.
3	Boyle’un kanunu	Bir gazın basıncı hacim ile ters orantılı değişir.

Bu üç ilişkilendirmeyi bir araya getirdiğimizde ideal gaz kanununa ulaşmaktayız. İdeal gaz hal denklemi Denklem (6.4)'de görüldüğü gibidir.

$$PV = nRT \quad (3.5)$$

Bu denklemde P , basıncı, V , hacmi, n , gazın mol sayısı, R evrensel gaz sabiti ve T , mutlak sıcaklığı temsil etmektedir. İdeal gaz yaklaşımında gaz molekülleri arasındaki mesafe çok büyük olduğu bu nedenle moleküller arasında çarpışma olmadığı ile gazın sıcaklığının gazların iç enerjisini etkilemediği varsayılmaktadır.

3.11.2. Gerçek Gaz Yaklaşımı ve Nobel-Abel Hal Denklemi

İç balistik süreçlerinde, özellikle barutun yanması sırasında ortaya çıkan yüksek basınç ve sıcaklık, gazların moleküllerinin birbirine olan mesafelerini oldukça küçültür. Bu durumda, gazlar arasındaki etkileşimin göz ardı edilmesi, iç balistik olayların doğru bir şekilde modellenmesini engeller. Çünkü ideal gaz modeli, gaz moleküllerinin birbirleriyle etkileşimde bulunmadığını varsayar, ancak gerçek hayatta bu etkileşimler dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, gerçek gaz davranışlarını modellemek için Van der Waals hal denklemi kullanılması gereklidir.

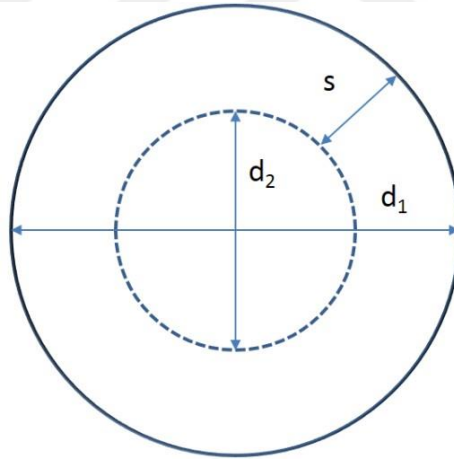
$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2} \right) (V - nb) = nRT \quad (3.6)$$

Van der Waals hal denklemi, kritik sıcaklığın, basıncın ve hacmin bir fonksiyonu olarak denklem(3.6) bileşikten bağımsız evrensel sabit olan a ve b ile bileşiğe özgü sabitler yer değiştirir. İdeal gaz yasasından farklı olarak gaz moleküllerinin arasındaki çekim kuvvetlerini ve gaz moleküllerinin kapladığı hacmi de hesaba katar. Bu denkleme göre, ideal gaz davranışı, sıvı hale geçiş veya sıkıştırılabilir akış arasında bir geçişi temsil eder. Bu model, gazların özellikle yüksek basınç ve düşük sıcaklık gibi ekstrem koşullarda davranışlarını daha gerçekçi bir biçimde anlamamıza yardımcı olur. Bu yüzden, gazların moleküllerinin birbirine etkileşimlerini göz önünde bulundurmak, iç balistik olaylarının doğru çözümüne ulaşmak açısından son derece önemlidir (Hartwig, Tsokos ve Byrard, 2009).

İç balistikte sıklıkla başvurulmuş bir başka önemli denklem ise Nobel-Abel hal denklemdir. Nobel-Abel hal denklemi, Van der Waals hal denklemine dayanarak, ancak gazlar arasındaki çekim kuvvetlerinin ihmal edildiği bir model sunar. Bu denklem, gazın basıncı, hacmi ve gaz moleküllerinin kapladığı hacmi birleştirerek iç balistik olaylarını modellemek için oldukça faydalıdır. Van der Waals modelinin, gaz moleküllerinin karşılıklı çekim kuvvetlerini dikkate alması nedeniyle daha karmaşık hesaplamalar gerektirebilir, oysa Nobel-Abel denklemi bu kuvvetleri göz ardı ederek daha basit bir model sunar. İç balistik olaylarının anlaşılması için, bu denklemler doğru bir yaklaşım sağlayarak, barut gazlarının davranışlarını anlamamıza olanak tanır (Corner, 1950).

3.11.3. Yanma Hızı

Katı barut tanesinin tüm barut yüzeyinde eş zamanlı olarak yanmaya başladığı kabul edilirse Şekil 3.2'deki gösterildiği gibi erozyon meydana gelmektedir.



Şekil 3.5. Silindirik çubuk barut tanesinde yanma

Katı barutun kullanıldığı sistemlerde yanma olaylarının izahında, Vieille veya Saint Robert olarak adlandırılan yanma hızı denklemi yaygın olarak kullanılan denklemdir

$$s = \beta p^n \quad (3.8)$$

Bu denklemde s lineer yanma hızını, β yanma hızı sabitini ve n yanma hızı basınç üssünü ifade etmektedir. β ve n kullanılan barutun cinsine bağlı sabitlerdir. Bu denklem

iç balistik ile ilgili literatürde en yaygın kullanılan denklemdir. Bu denklemin zaman bağılı ifade edilmesi durumunda aşağıdaki denklem elde edilir.

$$\frac{ds}{dt} = \beta p^n \quad (3.9)$$

3.12. İç Balistik

Kara barutunun kullanımı, iç balistiğin tarihi açısından kritik bir dönüm noktası olarak kabul edilir. Ancak, bu alandaki ilk incelemelerin başlangıç tarihi tam olarak belirlenmiş değildir. Kara barut, ilk olarak İngiltere ile Fransa arasındaki savaşlarda etkili bir şekilde kullanılmış ve bu kullanımı ile balistik bilimlerin gelişmesine katkı sağlamıştır. Kara barut, bileşiminde %75 oranında sodyum veya potasyum nitrat, %15 oranında karbon (odun kömürü) ve %10 oranında kükürt bulunduruyordu. Kara barutunun bu bileşimi, patlayıcı gücü yüksek bir karışım olarak çeşitli askeri uygulamalarda kullanıldı. Kara barutun ilk testleri ise 1578 yılında Bourne tarafından yapılmıştır. Bu tarihten itibaren, barutun balistik özellikleri üzerine daha fazla araştırma yapılmaya başlanmıştır.

İç balistiğin temel sorunlarının araştırılmasında, 17. yüzyılda İtalyan Luys, İngiliz William Eldred ve Nathaniel Nye tarafından yapılan ilk ölçüm çalışmaları önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmalar, farklı yükseliş açılarıyla yapılan atışlar sonucu farklı menzil değerlerinin elde edilmesini sağlamıştır. Bu dönemde, Benjamin Robins, barut gazlarının hareketini daha derinlemesine inceleyerek, barut balistiği üzerine önemli katkılarda bulunmuştur. Robins, özellikle balistik sarkacını icat ederek, namlu çıkış hızlarını ölçmeyi başarmış ve "Yeni Atış Tekniği Prensipleri" adlı eserinde, iç balistiğin çözülmesi gereken temel problemlerini araştırmış, basınç parametreleri ile namlu çıkış hızları arasında bir ilişki kurmuştur. 1792 yılında Amerikalı Count Rumford, barut gazlarının basıncını ölçme konusunda ilk deneyleri gerçekleştirmiştir. Deney sonuçlarına göre, gaz basıncı ile gaz yoğunluğu arasında bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu, gazların fiziksel özelliklerinin, iç balistik olaylarını anlamada ne kadar önemli olduğunu ortaya koymuştur. 1700'lü yılların sonlarında yapılan çalışmalar, basınç değişimlerinin atış mesafeleri üzerindeki etkisini hesaplamaya odaklanmıştır. Bu dönemde, barut gazlarının basıncı ile merminin uçuş güzergahı arasındaki ilişki üzerine çalışmalar yapılmış ve bu parametreler doğrultusunda namlu çıkış hızları hesaplanmıştır. 1839 yılında Fransız bilim

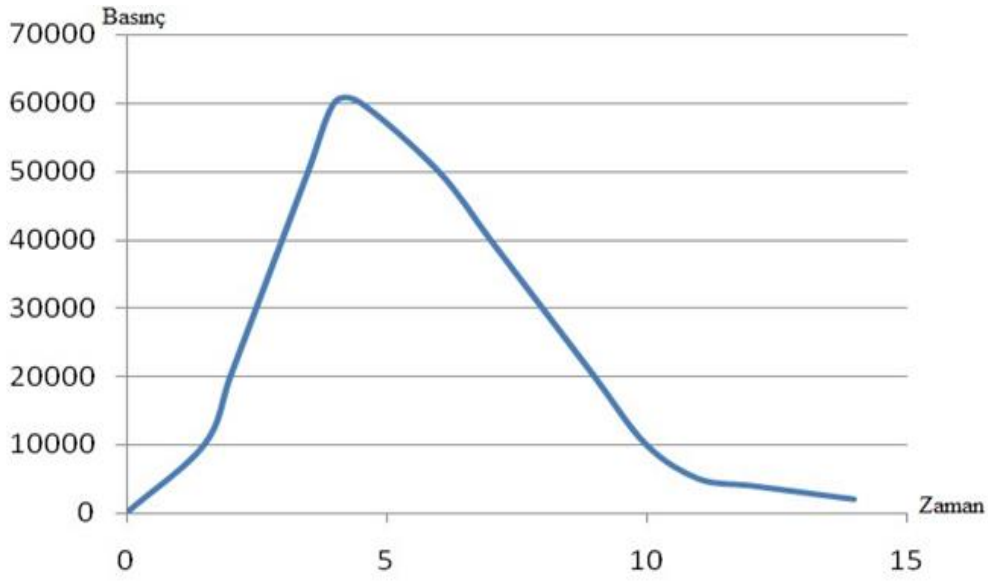
insanı Piobert, kendi geliştirdiği yanma kanununu açıklamıştır. Bu kanun, yalnızca kara barut için geçerli olmakla birlikte, iki veya daha fazla bazlı barutlarla benzer bir doğrultuda olduğunu ifade etmiştir. Piobert, namı içindeki gaz hareketlerini tam olarak çözmemiş olsa da, bu konuda önemli bir çözüm sunmuştur. Aynı dönemde, Fransız matematikçi Lagrange da iç balistik üzerine çalışmalar yaparak önemli katkılar sağlamıştır. Piobert'in yanı sıra, bu dönemde silah sistemleri üzerindeki etki-tepki kuvvetleri üzerine de önemli araştırmalar yapılmıştır. 1857 yılında, General Rodman, barut gazı basıncını ölçmek için bir dizi deney gerçekleştirmiştir. Bu deneylerde, bir kama tarafına çıkarılan çentiğe bakır veya kurşun yerleştirilmiş, ateşleme sonrasında gaz basıncının etkisiyle bu malzemelerin ezilme miktarı ölçülmüştür. Bu sayede, en yüksek gaz basıncı kuvveti elde edilmiş ve kapalı bir kap içindeki basınç ile yoğunluk ilişkisi de ortaya konmuştur. Rodman, ayrıca barutun verimli bir şekilde yanabilmesi için barut tanelerinin belirli bir şekle sahip olması gerektiğini de keşfetmiştir. Bu bulgu, barutun daha etkili ve verimli bir şekilde kullanılmasına yönelik önemli bir adımdır. Daha doğru basınç ölçümleri yapabilmek amacıyla 1860 yılında Andrew Noble tarafından yeni basınç ölçüm cihazları geliştirilmiştir. Noble, basınç-yoğunluk ilişkisini sabit hacimde ifade etmiş ve bu modelin geliştirilmesinde Frederick Abel ile birlikte çalışmıştır. Bu çalışmalar, barutun yanma enerji eşitliğinin 1864'te Resal tarafından ortaya konmasıyla iç balistiğin termodinamik modelinin temelini oluşturmuştur. Bu eşitlik, iç balistiğin temel parametrelerinin daha iyi anlaşılmasına olanak tanımış ve barutun davranışlarını modellemek için önemli bir adım atılmıştır.

İkinci Dünya Savaşı sonrasında, karmaşık cebirsel modeller geliştirilmiştir. Ancak bu modellerin çoğu aşırı derecede sadeleştirilmiş olup, pratikte kullanılması pek mümkün olmamıştır. Yine de bu dönemde yapılan çalışmalar, barutun fiziksel özelliklerinin ve gazların dinamiklerinin daha ayrıntılı bir şekilde anlaşılmasına katkı sağlamıştır. Günümüzde ise bilgisayar programlarının gelişmesiyle iç balistik hesaplamaları çok daha kolay hale gelmiştir. Modern bilgisayar tabanlı simülasyonlar, silah sistemlerinin performansını daha doğru bir şekilde tahmin etme ve geliştirme imkânı sunmaktadır. İç balistikteki bu tarihsel gelişim süreci, silah teknolojilerinin evrimini anlamada oldukça önemlidir. Başlangıçta basit ölçümlerle yapılan çalışmalar, zamanla daha karmaşık ve hassas hesaplamalarla gelişmiş, iç balistik problemleri daha bilimsel bir temele oturtulmuştur. Günümüzde, bu bilimsel temeller üzerine inşa edilen bilgisayar destekli

modelleme sistemleri, iç balistik analizlerini çok daha hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirmemize olanak tanımaktadır. Bu da silah sistemlerinin tasarımından, barut türlerinin seçimine kadar pek çok alanda daha verimli ve güvenli çözümler üretilmesini sağlamaktadır (Cranz, 1926).

İkinci Dünya Savaşı sonrasında, silah sistemlerinin daha doğru ve verimli hesaplanması amacıyla karmaşık matematiksel modeller geliştirilmiştir. Ancak, bu modellerin çoğu, çok fazla sadeleştirme içerdiği için pratikte uygulanabilir olmamıştır. Bununla birlikte, bilgisayar teknolojilerinin ilerlemesi, silah sistemlerinin hesaplanmasını çok daha doğru hale getirmiş ve modern mühendislik çözümleri sunmuştur. Bu gelişme, iç balistik ve ateşli silahların performansını değerlendirmede önemli bir dönüm noktası olmuştur. Tarihteki ilk modern sevk maddesi olarak nitrogliserin, Alman kimyacı Christian Schonbein tarafından 1845 yılında keşfedilmiştir. Nitrogliserin, tam olarak yanabilen ve geride çok az katı atık bırakan bir madde olarak dikkat çeker. Kara barutla karşılaştırıldığında, nitrogliserin, atık miktarı bakımından kara barutunun yarısından daha az bir atık üretmektedir. Bu özellik, nitrogliserinin çok verimli bir yakıt maddesi olduğunu göstermektedir. Ancak, nitrogliserinin doğrudan kullanımı bazı zorluklar yaratabilirdi; bu nedenle, daha güvenli ve verimli bir sevk barutu üretme ihtiyacı doğmuştur. 1884 yılında, Fransız fizikçi Paul Vieille, alkol karışımı ile nitrogliserini belli bir formda kullanarak etkili bir sevk barutu üretmiştir. Vieille'nin bu çalışması, Fransız ordusu için "Poudre" adı verilen sevk barutunun temelini oluşturmuş ve Fransız askeri gücünün daha etkili hale gelmesini sağlamıştır. Bununla birlikte, Alfred Nobel, nitrogliserin yerine, eter ve alkol karışımından yeni bir sevk barutu üretmeyi başarmıştır. Nobel'in geliştirdiği bu madde, nitrogliserin ve vazelinin karışımından meydana gelmiş ve asetonla kalıplanmıştır. Bu yeni sevk barutunun adı "Kordayt" olarak belirlenmiş ve 1891 yılından itibaren İngiliz ordularında kullanılmaya başlanmıştır. Kordayt, şekli ve bileşimi ile çok daha güvenli ve verimli bir alternatif sunmuştur. Halen, bazı İngiliz askeri birliklerinde bu madde kullanılmaktadır. 1926 yılında, Amerikalı bilim insanı Robert Goddard, sıvı roket yakıtları üzerinde ilk deneyleri gerçekleştirmiştir. Bu deneyler, sıvı ve hibrit sevk yakıtlarının gelişim sürecinin başlangıcını simgeler. Goddard'ın yaptığı bu çalışmalar, roketlerin ve füzelerin tasarımında büyük bir etki yaratmış ve yeni bir dönemin başlangıcını oluşturmuştur. Roketlerin verimliliğini artıran sıvı yakıtların, ateşli silahlar ve roket teknolojilerindeki rolü hızla artmıştır. Bununla birlikte, katı sevk barutları II.

Dünya Savaşı boyunca gizli tutulmuş ve askeri sırlar arasında yer almıştır. Silahların işleyişine ilişkin olarak iç balistik, kapsül maddesinin ateşlenmesini takip eden süreçte sevk maddesinin yanarak mermi çekirdeğini harekete geçiren enerji ve basınç üretimini inceleyen bir bilim dalıdır. İç balistik, namlu içerisinde hareket eden mermi çekirdeğinin karşılaştığı sürtünme kuvvetlerini, silahın mekanizmasına uygulanan geri tepme kuvvetini ve fişek yatağı ile namlu arasında oluşan yanma hızı ve basınç dengesini analiz eder. Bu inceleme, ateşli silahların enerji verimliliğini artırmaya yönelik bilimsel çalışmaların temelini oluşturur. Ateşli silahların işleyişini inceleyen iç balistik, tetiğin çekilmesinden mermi çekirdeğinin namlu ağzını terk etmesine kadar geçen süreyi kapsar. Bu süre zarfında, mermi kovanı ve çekirdeği üzerinde meydana gelen fiziksel değişiklikler de iç balistiğin araştırdığı konulardan biridir. Bu süreç, mermi çekirdeğinin namludan çıkış hızını, yanma sırasında meydana gelen basınç artışını ve fişek yatağı ile namlu arasındaki etkileşimleri içerir. Ateşleme sırasında kovandaki sıcaklık, 5200 F (yaklaşık 2830 C) değerine kadar yükselir. Aynı zamanda, barutun özelliklerine bağlı olarak, mermi çekirdeğinin tabanına ulaşan basınç da 25 ton kadar olabilir. Bu basınç, barutun ne kadar etkili bir şekilde yanıp enerjiyi serbest bırakacağıyla doğrudan ilişkilidir. İç balistik, ateşli silahların tasarımına yönelik çalışmaların yanı sıra, silahların verimliliğini artırmak ve ateşleme sırasında karşılaşılan problemleri çözmek amacıyla geliştirilmiş bir alandır. Tetiğin çekilmesinden merminin çıkışına kadar olan süreçte, çok sayıda parametre birbirini etkileyerek mermi performansını belirler. Bu parametreler arasında basınç, sıcaklık, yanma hızı, mermi çekirdeği hızı ve mekanizmanın işleyişi yer alır. Bu parametrelerin hepsi, silahın genel verimliliği üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Günümüzde, iç balistik alanındaki gelişmeler, teknolojinin ilerlemesiyle birlikte büyük bir hız kazanmıştır. Özellikle bilgisayar simülasyonları ve daha gelişmiş analiz yöntemleri, iç balistiğin daha doğru ve kapsamlı bir şekilde incelenmesine olanak tanımaktadır. Bu teknolojiler, silah sistemlerinin tasarımında daha verimli çözümler üretmeyi ve silahların daha güvenli hale gelmesini sağlamayı mümkün kılmaktadır. Sonuç olarak, iç balistik bilimi, silahların verimliliğini artırmanın yanı sıra, ateşli silahların çevresel etkilerini azaltmaya yönelik yeni çözümler geliştirilmesine de katkı sağlamaktadır.

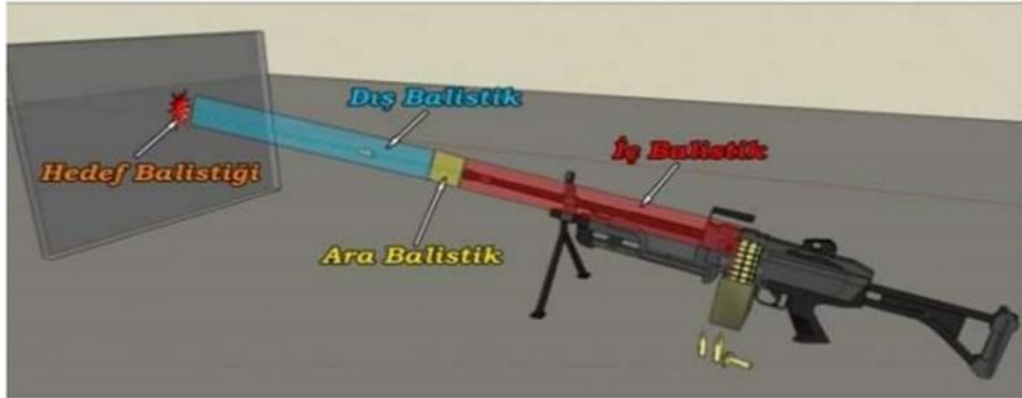


Şekil 3.6. Ateşleme sırasındaki basınç-zaman değişimi

Şekil 3.6, bir ateşli silah namlusunda ateşleme esnasında oluşan basıncın zamanla nasıl değiştiğini açıkça göstermektedir. Bu diyagram, ateşleme sırasında başlangıçta yüksek olan basıncın, namlu ağzına doğru ilerledikçe giderek azaldığını ortaya koymaktadır. Ateşleme esnasında, fişek yatağında görülen maksimum basınç değeri 60.000 psi olarak ölçülürken, bu basınç namlu ucuna doğru azalarak yaklaşık 5.000 psi'ye düşmektedir. Bu basınç değişimi, ateşli silahın iç mekanizmasındaki farklı güç etkilerini ve namlu içerisindeki gazların davranışını etkileyen önemli faktörlerden biridir. Ateşleme işlemi sırasında barutun yanmasıyla, gram başına 952 kalorilik bir enerji açığa çıkmaktadır. Örneğin, 7.62 mm NATO tipi mermide 3 gram barut bulunmaktadır. Bu miktarda barutun yanması sonucunda yaklaşık olarak 2856 kalori enerji ortaya çıkmaktadır. Bu enerjinin %30,7'lik kısmı mermi çekirdeğinin hareketine harcanırken, geri kalan %69,3'lük enerji başka alanlarda kullanılmaktadır. Bu enerjinin nasıl dağıldığı, ateşli silahların performansını, mermi hızını ve fişek yatağındaki basıncın etkilerini anlamada önemli bir yer tutmaktadır. Mermi çekirdeğinin hareketi için harcanan enerji, yaklaşık olarak 3672 joule (J) olarak hesaplanmaktadır. Bu enerji, merminin namludan hızla çıkmasını sağlayarak, hedefe doğru yönlendirilmesini ve istenilen etkiyi yaratmasını mümkün kılmaktadır. Enerjinin geri kalan kısmı ise farklı mekanik süreçlerde kullanılmaktadır. Bu enerjinin bir kısmı, fişek yatağındaki ve namlu içindeki gazların hareketi sırasında oluşan sürtünme ve karşıt kuvvetler nedeniyle kaybolur. Ayrıca, bazı enerji kayıpları, silahın geri tepmeli hareketiyle ilişkilidir. Merminin hareketi sırasında

oluşan geri tepme, silahın kullanıcı üzerinde hissettiği kuvvetin kaynağıdır ve bu geri tepme, kullanılan enerjinin bir kısmını mekaniğe dönüştürerek silahın geri gitmesine yol açar. Enerjinin diğer kısmı, namlu içindeki gazların genişlemesi ve silahın mekanizması üzerindeki etkilerde kullanılır. Namlu içerisindeki gazların genişlemesi, silahın doğru şekilde çalışabilmesi için gerekli olan basıncı sağlar ve aynı zamanda gazların serbest kalmasına yol açar. Bu gazların dışarıya doğru çıkışı, silahın ateşleme mekanizması üzerinde fiziksel etki yaratırken, kullanılan enerji, namlu boyunca gazların hızla hareket etmesine de katkı sağlar. Bu süreçlerin tamamı, ateşli silahların verimliliği ve performansını doğrudan etkileyen kritik faktörlerdir. Ateşli silahların çalışması esnasında meydana gelen enerji dönüşümleri oldukça karmaşık bir süreçtir. Basınç, hız, sıcaklık ve sürtünme kuvvetlerinin etkisi, tüm bu sistemin etkinliğini belirler. Merminin namlu ağzını terk ederken kazandığı hız, ateşli silahın başarısını ve hedefe isabet etme oranını doğrudan etkiler. Enerjinin nasıl kullanıldığı ve dağıldığı, aynı zamanda silahın geri tepme, namlu çıkış hızı ve hedef doğruluğu gibi faktörlerin analiz edilmesinde temel rol oynar;

- %0,2 mermi çekirdeğinin dönüşü
- %3 namlu içindeki sürtünme
- %3 namlu içindeki gazların hareketi
- %0,1 geri tepme
- %21 namlu ve kovanın ısınması
- %42 gazların ısınması



Şekil 3.7. Balistik kısımlar

Şekil 3.7’de balistik kısımlar verilmiştir. Bu kısımları şöyle ifade edebiliriz: Dış Balistik, İç Balistik, Ara Balistik, Hedef Balistiği, Yara Balistiği, Adli Balistik ve Terminal Balistik gibi altı ana başlıkta incelenmektedir

3.13. Vallier-Heydenreich Metodu ile Silahların Namlu İç Balistiğinin İncelenmesi

İç balistik, ateşli silahların çalışma prensiplerini anlamada büyük bir öneme sahiptir. Bununla birlikte, bu konu, yalnızca sınırlı bir teknik uzman kitlesi tarafından incelenmektedir (Öztürk, 1984). Yine de, iç balistik üzerine yapılan çalışmalar, silah mühendisliğinin ilerlemesine katkı sağlamış ve literatürde yerini almıştır. Örneğin, Brode ve Enstrom (1970), silahın iç balistik verilerini belirlemek için geliştirdikleri bir nümerik metodu tanıtmışlardır. Bu metodu 5 inç/54 kalibre denizci silahı üzerinde uygulayarak, namlu boyunca gaz dinamiği hakkında daha fazla bilgi edinmeyi amaçlamışlardır. Bu metod, modifiye edilebilir bir yapıya sahip olup, iç balistik hesaplamalarındaki doğruluğu artıran bir çözüm sunmuştur.

Hansen ve Heiney (1987) ise yaptıkları analitik ve deneysel çalışmalarda, merminin gerisindeki gazların yoğunluk ve basınç gradyanlarına etki ettiğini ortaya koymuşlardır. Bu gazların, merminin ivmelenmesine neden olduğunu ve namlu içinde partiküllerin ivmelenmesinin zamana bağlı değişimini incelediklerini belirtmişlerdir. Franco ve Peter (2001), ısı ve momentum transferine dair yaptıkları analizlerde, namludaki ısı transfer problemini ele almış ve mermi hızı, namlu içindeki ortalama basınç ile ortalama sıcaklık verilerini iç balistik model yardımıyla belirlemişlerdir.

Değirmenci (2015) ise, 5,56 mm ve 7,62 mm kalibre namlularında, farklı barut ve mermi ağırlıkları kullanarak ölçüm verilerine dayalı hız profili elde etmiş ve bu hız profilinden, namlu içindeki basıncı konumla ilişkilendirerek çıkarmıştır. Ayrıca, Değirmenci (2015b) farklı barut tane çapları ve sıcaklık koşullarında yaptığı testlerle, mermi hızının, namlu iç basıncının ve yanma hızının, partikül boyutunun küçülmesi ve yakıt sıcaklığının artmasıyla birlikte nasıl arttığını gözlemlemiştir. Bu bulgular, ateşli silahların verimliliğini artırmak adına önemli ipuçları sunmaktadır. Ayrıca, Değirmenci, Evcı, Işık, Macar, Yılmaz, Dirikolu ve Çelik (2016), 7,62 mm NATO kalibre tüfek namlusu üzerinde yaptıkları deneysel ve nümerik çalışmalarla, barut sıcaklığının

artırılmasının ve tanecik boyutunun küçültülmesinin, namlu iç sıcaklık, basınç ve mermi hızını artırdığını tespit etmişlerdir.

Işık (2016) ise, geliştirdiği namlu içindeki basınç dağılımı ve mermi hızı modelini deneysel olarak doğrulamış ve balistik parametrelerden olan mermi hızı, namlu iç basıncı, gaz sıcaklığı ve ısı taşınım katsayısının sıcaklıkla arttığını göstermiştir. Aynı zamanda, mermi hızı, namlu iç gaz basıncı ve gaz sıcaklığının maksimum değerlerinin barut kütlesinin artırılmasıyla nasıl değiştiğini incelemiş ve bu verilerin literatür ve deneysel sonuçlarla uyumlu olduğunu gözlemlemiştir. Gezer ve Engin (2016), 40 mm kalibre namlulu bir silah sistemi için geliştirdikleri iç balistik modelle, deliksiz silindirik, tek delikli silindirik ve küresel barut tanelerinin iç balistik üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada, silindirik barut üzerine delik açılmasının namlu iç basıncını, yanma hızını ve mermi çıkış hızını artırdığı sonucuna varmışlardır. Ayrıca, küresel barut kullanıldığında, deliksiz silindirik baruta kıyasla daha yüksek namlu iç basıncı ve mermi çıkış hızı değerlerine ulaşılmıştır.

Akçay (2017), küresel ve tek delikli barut geometrileri üzerine yaptığı çalışmada, Resal eşitliğinin nümerik çözümünü kullanarak, maksimum basınç, namlu iç basıncının konum ve zamanla değişimi, namlu çıkış hızı gibi balistik veriler elde etmiş ve bu verilerin literatür ve deneysel sonuçlarla uyumlu olduğunu görmüştür. İç balistik, silahın içerisindeki barutun yanmasıyla başlayan, merminin silah namlusundan çıkana kadar devam eden ve silah, mermi ile barut arasındaki etkileşimleri inceleyen bir bilim dalıdır. İç balistik, barutun yanma sürecini, ortaya çıkan basıncı, merminin hızını ve barut haznesinin boyutlarını hesaplamayı içerir. Ayrıca, silah ve mühimmatın tasarımına dair kritik bilgiler sunar ve merminin menzilini belirlemek için önemlidir.

Barutlar, çeşitli şekil ve boyutlarda olabilir. Barutun şekli ve boyutları, silahın aşırı basınç üretmeden, hedeflenen namlu çıkış hızını elde etmesine olanak verecek şekilde seçilmektedir. Barutun yanmasıyla başlayan kimyasal reaksiyon, atım yatağındaki barutun yanması sonucu ortaya çıkan kimyasal enerjinin ısı enerjisine dönüşmesini sağlar. Bu ısı, gazların genişlemesine yol açarak merminin hızlanmasına neden olur. İç balistik çalışmalarında, barut tanelerinin aynı anda yandığı kabul edilir. Haznedeki barutun itilmesiyle başlayan sıkıştırma, yanmayı başlatır ve atım yatağında basınç hızla

yükselmeye başlar. Basınç, mermi ile namlu arasındaki sürtünme direncini aşacak kadar yüksek bir seviyeye geldiğinde, mermi namlu içinde hareket etmeye başlar.

Orta balistik, geçiş balistiği ya da ara balistik olarak adlandırılabilir ve merminin namlu ağzında oluşturduğu etkiyi inceler. İç balistik ile dış balistik arasındaki mermi sapmalarını inceleyen orta balistik, merminin yörüngesinde meydana gelen sapmaları anlamamıza yardımcı olur. Mermi, namludan ayrıldıktan sonra, belirli bir oranda salınım hareketi yapar ve namlu ağzında gaz dinamiği ile karşılaşır. Mermi, namludan çıktıktan sonra, havada bir dizi etkiden etkilenir ve hedefe ulaşana kadar farklı kuvvetlere maruz kalır. Bu süreçte, en büyük etkiyi hava direnci yapar. Hava direnci, merminin hızını düşürür, bu da enerjinin kaybına yol açar ve merminin hedefe ulaşmasında kararlılığını azaltır. Hava direncini azaltmak için mermi geometrisi üzerinde yapılan iyileştirmeler, direnç katsayısını düşürmeyi amaçlamaktadır.

Terminal balistik, merminin hedefe çarptığında meydana getirdiği etkileri incelerken, adli balistik, kullanılmış mermi çekirdekleri ve kovanları inceleyerek hangi silahtan atıldığını ve mermilerin, saçmaların ve barut artıklarının dağılımından atış mesafesini belirlemeye çalışır. Yaralanma balistiği ise, mermilerin insan ve hayvanlarda meydana getirdiği yaralarla ilgilenir ve bu yaraların anatomik etkilerini araştırır. İç balistik, dış balistik ve terminal balistik, ateşli silahların etki mekanizmalarını ve mühimmatın özelliklerini derinlemesine anlamamıza yardımcı olur ve güvenlik ile mühendislik alanlarında önemli sonuçlar doğurur (Gök, 2006).

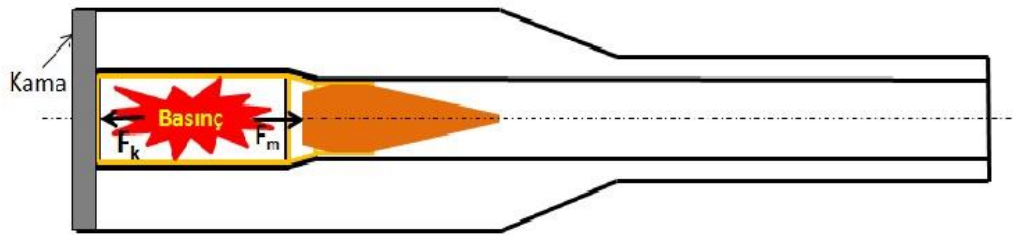
4. İÇ BALİSTİK ANALİZİ

İç balistik, ateşli silahların çalışma sürecinin başında yer alan ve mühimmatın ateşlenmesiyle başlayan bir aşamadır. Bu süreç, kapsülün ateşlenmesiyle başlar ve kapsül içindeki tutuşturucu maddenin alevi, sıcak gazlar ve partiküller, kovanın barut bulunan kısmına doğru geçerek barut granüllerine ulaşır. Bu aşamada, barut granüllerinin sıcaklıkları artmaya başlar ve barutun tutuşma sıcaklığına ulaşana kadar bu artış devam eder. Barutun tutuşma sıcaklığına ulaştığında, granüllerin tamamı yanmaya başlar. Bu noktada, tüm barut granüllerinin aynı anda tutuştuğu varsayımı yapılır. Bu, iç balistik süreçlerin modellenmesinde yapılan bir kolaylıktır, çünkü tüm granüllerin aynı anda tutuşması, daha karmaşık hesaplamaların yerine basitleştirilmiş bir yaklaşım sağlar. Barutun tutuşmasının ardından yanma süreci başlar. Tutuşmanın ardından, katı halde bulunan barut granülleri, yanma gazlarına dönüşür. Bu dönüşüm, silahın atım yatağı olarak kabul edilen bölgesinde gerçekleşir. Yanma sırasında gaz basıncı hızla artar. Barutun yanma hızı, gazların basınç ile orantılı olarak arttığı bir süreçtir. Dolayısıyla, gazların oluşumu ve bu gazların hızla genişlemesiyle barutun yanma hızı da sürekli olarak artar. Bu durum, çok kısa bir süre içinde, meydana gelen yanma ürünlerinin bulunduğu hacmi tamamen doldurmasına yol açar. Ardından, merminin arkasında oluşan yüksek basınç, belirli bir seviyeye ulaştığında, mermiyi kovanın içerisinden ayırarak namlu boyunca hareket ettirmeye başlar. Mermi, namlu boyunca hızla ilerler ve namlu çıkışına doğru bu hız daha da artar. Namlu içinde meydana gelen olaylar oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir ve bu olayların detaylı bir şekilde anlaşılabilmesi için ileri düzeyde modelleme tekniklerine ihtiyaç vardır. İç balistik parametrelerin doğru bir şekilde ölçülmesi, genellikle deneysel çalışmalarla sağlanmaktadır. Ancak, bu tür çalışmalar, tehlikeli, zorlu ve oldukça maliyetli olabilir. Atışlı testler ve özel test düzenekleri kurarak yapılan bu deneysel çalışmalar, belirli iç balistik parametrelerin doğruluğunu ölçmeye yönelik adımlar atmaktadır. Örneğin, basınç, hız ve sıcaklık gibi parametrelerin doğru bir şekilde tespit edilmesi, silahın performansını ve güvenliğini doğrudan etkileyen faktörlerdir. Ancak, bu tür testler, hem yüksek maliyetler hem de güvenlik riskleri nedeniyle her zaman uygulanabilir olmayabilir. Bunun yerine, iç balistik parametrelerin hesaplanmasında ve analiz edilmesinde modelleme yöntemlerinin kullanılması büyük önem taşır. Modelleme, farklı balistik parametrelerin etkilerini simüle ederek, deneysel

testlerin yerini alabilecek bir alternatif sunar. Bu sayede, basınç ve hız gibi parametrelerin hesaplanmasında daha verimli ve güvenli bir yaklaşım sağlanmış olur. Ayrıca, modelleme ile elde edilen sonuçlar, silahların tasarımında ve mühimmatın geliştirilmesinde yol gösterici olabilir. Bu nedenle, iç balistikle ilgili yapılan modelleme çalışmalarının önemi, günümüzde daha da artmaktadır.

İç balistikteki her aşama, silahın tasarımını ve mühimmatın verimliliğini doğrudan etkileyen faktörlerdir. Silahın ateşleme sisteminin güvenliği ve verimliliği, barutun yanma özellikleri ve gazların basınç üzerindeki etkileriyle doğrudan ilişkilidir. Ayrıca, merminin namlu içindeki hareketi, gazların mermi üzerindeki etkisi ve namlu çıkışı sırasında elde edilen hız değerleri, silahın genel performansını belirleyen unsurlar arasında yer alır. Tüm bu süreçlerin doğru bir şekilde modellenmesi, silah mühendisliğinin temel taşlarından biridir.

İç balistik süreçlerin anlaşılabilmesi için, mermiye etki eden kuvvetler de dikkate alınmalıdır. Merminin üzerinde etkiyen kuvvetler, özellikle basınç ve gazların etkisi, namlu içinde ve çıkış sırasında hızlanma sağlayan temel faktörlerdir. Namlu çıkışındaki maksimum hız, silahın verimliliği ve isabetliliği açısından kritik bir parametreyi oluşturur. Bu nedenle, merminin hareketini ve hızını doğru bir şekilde tahmin edebilmek için iç balistik parametrelerin doğru bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Şekil 4.1’de, merminin üzerinde etki eden kuvvetler ve bu kuvvetlerin zamanla nasıl değiştiği gösterilmektedir. Bu tür görseller, iç balistik parametrelerin anlaşılmasına yardımcı olur ve tasarım sürecinde önemli veriler sunar.



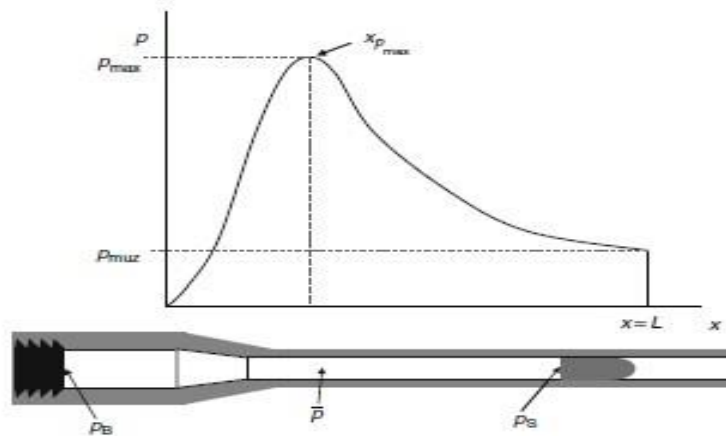
Şekil 4.1. Mermi ve kovanın namlu içindeki görünümü (Işık’tan 2016)

Silahlar, kimyasal enerjinin kinetik enerjiye dönüştüğü karmaşık mekanizmalara sahip sistemlerdir. Bu dönüşüm sürecinde barut gibi yanıcı maddeler kullanılarak silahın çalışması sağlanır. Barut, ateşli silahların atım yatağında yani yanma odasında yanmaya

başlar. Bu yanma işlemi, barutun katı fazdan gaz fazına geçmesiyle gerçekleşir. Yanma sırasında oluşan gazlar, atım yatağındaki sıcaklık ve basınç değerlerini hızla artırır. Gazların sıcaklık ve basınç yaratma etkisi, özellikle merminin ilk hareketini başlatacak seviyeye ulaştığında belirgin hale gelir. Bu noktada, gazların oluşturduğu yüksek basınç, merminin namlu boyunca hızla hareket etmesini sağlar. Böylece, kimyasal enerjinin kinetik enerjiye dönüşmesi tamamlanmış olur ve mermi, silahın namlu ağzından dışarı çıkar. İç balistik, silahın çalışması sırasında meydana gelen bu dönüşüm süreçlerini inceleyen bir bilim dalıdır. İç balistik, temelde yanıcı bir maddenin yani barutun ateşlenmesiyle başlatılan, sonrasında silah, mermi ve barut arasındaki etkileşimlerle şekillenen bir dizi olayı kapsar. Bu olaylar, barutun ateşlenmesi ile başlayıp, yanma odasında gazların yoğunlaşması, basıncın yükselmesi, merminin ilk hareketini alması, sevk çemberinin atım yatağını tıkaması, namlu içindeki mermi dinamikleri ve atış döngüsündeki namlu dinamikleri gibi pek çok aşamayı içerir. Silahın ateşleme mekanizmasının bu aşamalarını anlamak hem tasarım hem de mühimmatın verimli kullanımının sağlanması açısından büyük önem taşır.

İç balistik, silah ve mühimmat tasarımıyla ilgili birçok önemli parametreyi anlamaya yardımcı olur. Silahın verimli çalışabilmesi için iç balistikteki süreçlerin doğru bir şekilde modellenmesi gereklidir. Merminin hedefe ulaşana kadar silahın namlusunda geçirdiği süreçler, merminin menzilini, hızını ve hedefine ulaşma yeteneğini belirleyen ana faktörlerden biridir. İç balistik, aynı zamanda merminin hedefte oluşturacağı tahribatın tahmin edilmesinde de önemli bir rol oynar. Silahın tasarımı, merminin hareketi, barutun yanma özellikleri ve atım yatağında meydana gelen basınç artışı gibi etmenler, hedefe ulaşan merminin gücünü ve doğruluğunu doğrudan etkiler. Bu nedenle, iç balistiğin doğru bir şekilde incelenmesi, etkili ve güvenli bir silah tasarımının temelini oluşturur. Barutun yanma süreci, basınç ve sıcaklık oluşumu açısından kritik bir aşamadır. Barutun yanmasıyla oluşan gazların atım yatağındaki hızla genişlemesi, yüksek basınç oluşturur. Bu basınç, merminin namlu içerisinde hızla hareket etmesini sağlar. Merminin bu hareketi, silahın hedefe odaklanabilme kapasitesini doğrudan etkiler. Basınç ile yol arasındaki ilişkiyi anlamak, merminin hızlanma süreci ve sonunda namlu çıkışı sırasındaki davranışlarını anlamak açısından son derece önemlidir. Bu ilişkiler, iç balistiği daha iyi anlamak ve silah sistemlerinin performansını değerlendirmek için kritik verilerdir. Bir diğer önemli parametre ise sevk çemberinin atım yatağını tıkaması ve

bunun merminin hareketi üzerindeki etkisidir. Sevk çemberi, merminin atım yatağında düzgün bir şekilde yerleşmesini sağlayan bir bileşendir. Bu bileşenin etkisi, merminin düzgün bir şekilde ateşlenmesi ve namlu içinde doğru bir hareket yapması için oldukça önemlidir. Sevk çemberinin tıkanması, merminin yolculuğunu engelleyebilecek bir etmen oluşturur. Bu tür durumların incelenmesi, silahın güvenli ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlamak için gereklidir. İç balistik, sadece teorik olarak değil, pratikte de silah tasarımı ve mühimmat geliştirme süreçlerinde kullanılan bir bilim dalıdır. Silah mühendislerinin tasarım aşamalarında, iç balistik analizler yaparak, barutun yanma özelliklerini, basınç oluşumlarını, merminin hareketini ve namlu içindeki dinamikleri doğru bir şekilde modellemeleri gerekir. Bu tür hesaplamalar, silahın güvenliğini, doğruluğunu ve etkinliğini doğrudan etkiler. Ayrıca, iç balistiğin doğru bir şekilde uygulanması, aynı zamanda mühimmatın geliştirilmesinde ve silah sistemlerinin modernizasyonunda da kritik bir rol oynar. Birçok iç balistik parametresinin birbiriyle etkileşim halinde çalıştığı göz önüne alındığında, bu süreçlerin modellenmesi ve hesaplanması oldukça karmaşık bir görevdir. İç balistikte barutun yanma hızı, basınç artışı, gaz dinamikleri ve merminin namlu içindeki hareketi gibi faktörlerin doğru bir şekilde hesaplanması, silah mühendisliğinde büyük bir titizlik gerektirir. Bu hesaplamalar, yalnızca teorik anlamda değil, aynı zamanda pratikte silah performansını gözlemleyerek yapılır. Bu bağlamda, iç balistik araştırmaları, mühimmat geliştirme, silah tasarımı ve güvenlik standartlarının yükseltilmesi açısından hayati bir öneme sahiptir.



Şekil 4.2. İç balistik sürecinde basınç-yol ilişkisi (Bozdemir, 2016)

Barutlar, farklı kompozisyonlar, şekiller ve boyutlarla üretilen kimyasal bileşiklerdir ve bunlar, silah sistemlerinde kullanılan farklı barut türlerine göre şekil

alabilirler. Özellikle büyük çaplı ateşli silahlar için, barut taneleri genellikle uzun tel şeklinde, kurdele ya da delikli formlarda olabilir. Barut türü, tanecik şekli ve miktarı, bir ateşli silahın tasarımında önemli bir rol oynamaktadır. Bu unsurlar, silahın maksimum basınç değerlerini aşmaması ve aynı zamanda istenilen namlu çıkış hızlarının elde edilmesi için dikkatlice seçilir. Silah sisteminin işleyişi, barutun yandığı ve kimyasal reaksiyonun başladığı yanma odasıyla, merminin yönlendirildiği namlunun birleşiminden oluşan bir fırlatma aracına dayanır. Barutun yanma odasında yanması, kimyasal enerjinin ısı enerjisine dönüşmesine yol açar. Barut gazları ısındıkça genişler ve bu genişleme, merminin hızlanmasına neden olur. İç balistik araştırmalarında, barut tanelerinin tamamının aynı anda yanmaya başladığı ve bu yanmanın uniform bir şekilde gerçekleştiği kabulü, çözümü kolaylaştırmak için yapılan bir varsayımdır. Bu varsayım, yanma sürecini daha basitleştirerek, silah içindeki etkileşimlerin daha kolay modellenmesine yardımcı olur. Yanma işlemi başladığında, yanma odasındaki basınç hızla yükselir. Bu basınç artışı, merminin namlu içerisindeki sürtünme direncini aşacak seviyeye ulaşınca kadar devam eder. Merminin hareket etmeye başlaması, basıncın bu seviyeye ulaşmasıyla gerçekleşir. Merminin hareketi ile birlikte, merminin arkasında bulunan reaksiyon hacmi genişler. Reaksiyon hacminin büyümesi, gazların genişlemesi ile basıncın düşmesine yol açar. Ancak, yanma oranı basınca bağlı olarak değişir. Merminin hareketinden önce elde edilen yüksek basınç, yanmanın daha hızlı gerçekleşmesini sağlar. Bu dinamik, iç balistikte önemli bir rol oynar çünkü merminin hızlanma sürecini ve namlu içindeki hareketini etkiler.

Silahın namlusunda oluşan maksimum basınç, merminin belirli bir mesafe ilerlediği noktada meydana gelir. Örneğin, 5,56 mm çapındaki silahlar, hafif silahlar arasında yer alan tüfekler için bu maksimum basınç, merminin namlu boyunun yaklaşık %11'ine geldiği noktada oluşur. Bu noktadan sonra, basınç değerleri düşmeye başlar. Namlu ağzında ise barutun kimyasal potansiyel enerjisinin oluşturduğu basınç, maksimum değerin %10 ile %30'u arasında bir seviyeye geriler. Namlu ağzındaki basıncın atmosfer basıncına eşit olması istenirse, namlunun çok uzun olması gerekecektir. Ancak, bu durum ekonomik ve maliyet açısından pek uygun değildir. Uzun namlular, üretim maliyetlerini artırır ve verimlilik açısından zorluk yaratır. Bunun yerine, namlu ağzındaki basınç merminin namluyu terk ettikten sonra, kısa bir mesafede bile merminin hızlanmaya devam etmesine olanak tanıyacak şekilde tasarlanır. Orta kalibre silahlar,

yanma sonucu oluşan enerjiyi belirli bir şekilde dağıtarak daha verimli çalışır. Bu enerji dağılımı, silahın performansı ve etkili menziline belirler. Orta kalibreli silahlar için enerji dağılımının nasıl gerçekleştiği, genellikle testler ve modeller aracılığıyla belirlenir. Tablo 4.1, bu tür silahların enerjiyi nasıl dağıttığını ve bu enerjinin etkilerini görsel bir biçimde sunmaktadır. Bu veriler, silah tasarımında ve mühimmat geliştirmede önemli bir referans noktasıdır. Barutun özellikleri, silah sistemlerinin verimli çalışabilmesi için kritik bir öneme sahiptir. Barutun kimyasal bileşimi, yanma hızı ve gazların oluşturduğu basınç, silahın genel performansını doğrudan etkiler. Bu unsurların doğru bir şekilde seçilmesi ve modellenmesi, silahın hedefe yönelik doğruluğunu, merminin menziline ve atış güvenliğini sağlamak için elzemdir. Barut tanelerinin şekli ve boyutu, yanma hızını belirlemede önemli bir faktördür. Mühendisler, bu parametreleri göz önünde bulundurarak, ateşli silahları tasarlarken, barutun özelliklerini de optimize ederler. Yanma süreci, gazların hızlı bir şekilde genişlemesine yol açarak, merminin hızını arttırırken, aynı zamanda basınç değişimlerine de neden olur. Bu dinamiklerin doğru bir şekilde analiz edilmesi, silah tasarımının her aşamasında doğru sonuçlar elde edilmesine olanak tanır.

Tablo 4.1. Geri tepmeli orta kalibre silahta enerji dağılımı

Enerji Dağılımı	Oranı (%)
Mermi hareketine harcanan enerji	32.0
Sürtünmeye harcanan enerji	2.0
İtici gazların hareketine harcanan enerji	3.0
Namlu ve mermiye aktarılan ısı enerjisi	20.0
Gazlara aktarılan ısı enerjisi	42.0
Merminin dönmesine ve geri tepmeye harcanan enerji	1.0
Toplam	100.0

4.1. İç Balistikte Verim

İç balistik uygulamalarının etkinliğinin belirlenmesinde balistik verim ile piyezometrik verim değerleri kullanılmaktadır.

4.1.1. Balistik (Termodinamik) verim

Merminin namlu ağzındaki kinetik enerjisinin, barutun toplam enerjisine oranına balistik verim denilmektedir.

$$\text{Balistik Verim} = \frac{\text{Merminin Kinetik Enerjisi}}{\text{Barutun Toplam Enerjisi}} \quad (4.1)$$

Balistik verim, barutun yanması sonucu oluşan enerjinin ne kadarının merminin hareketine aktarıldığını ifade etmektedir. İç balistik uygulamalarında balistik verimin yüksek olması amaçlanmaktadır.

4.1.2. Piyezometrik (Basınç) verim

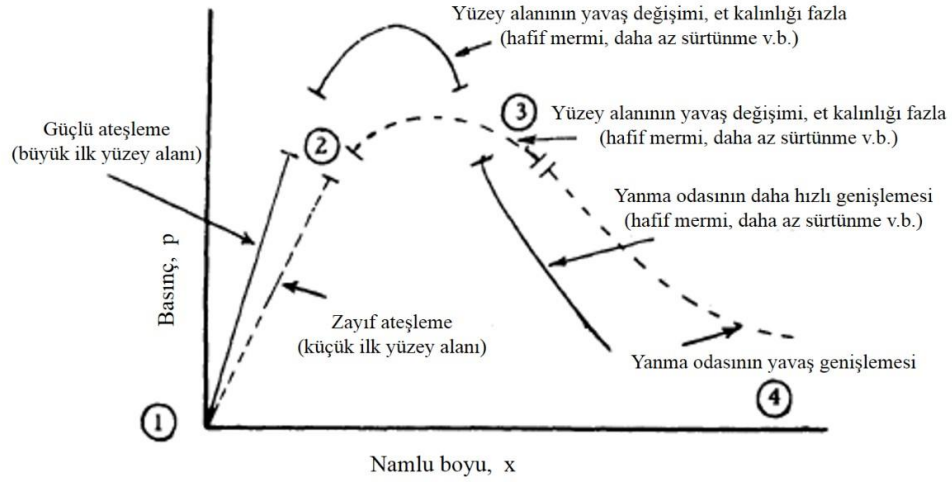
Merminin namlu ağzına kadar olan hareketi esnasında mermi tabanına etki eden basıncın ortalamasının maksimum basınca oranıdır. Piyezometrik verim, basınç ile merminin hareketi ilişkisindeki kararlılığı ifade etmektedir.

$$\text{Piezometrik Verim} = \frac{\text{Mermi Tabanına Etki Eden Ortalama Basınç}}{\text{Maksimum Basınç}} \quad (4.2)$$

Piyezometrik verimin yüksek olması; namlu ağzındaki basıncın yüksek olduğunu ve barutun yanmasının tamamlandığı andaki merminin konumunun namlu ağzına daha yakın olduğunu ifade etmektedir. Piyezometrik verimin düşük olması ise; namlu ağzındaki basıncın düşük olduğunu ve barutun yanmasının tamamlandığı andaki merminin konumunun atım yatağına yakın olduğu göstermektedir. Yüksek balistik verim barutun yanmasının tamamlandığı anının mümkün olduğunca erken gerçekleşmesinin sonucunda elde edilmektedir. İç balistik süreçlerinde; balistik verimin yüksek, piyezometrik verimin düşük olması hedeflenmektedir.

4.2. Barutun iç balistik olaylarına etkisi

Barutun iç balistiğe etkileri Şekil 4.3’de gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Barutun basınca etkisi (Krier ve Summerfield, 1979)

Şekil 4.3, barutun iç balistik süreç üzerindeki etkisini basınç-namlu boyu grafiğiyle şematik olarak göstermektedir. Bu grafik üzerinde iki farklı basınç-namlu boyu eğrisi yer almaktadır. Birinci eğri, kesikli çizgilerle gösterilen eğri olup, diğer eğri ise düz çizgilerle ifade edilmiştir. Her iki eğriyi, üç farklı bölge üzerinden inceleyerek, barutun yanma hızı ve basınç değişimlerine etkisini daha ayrıntılı bir şekilde analiz edebiliriz. Bu bölgeler, barutun yanma süreciyle doğrudan ilişkilidir ve her iki eğrinin farklı davranışlarını anlamamıza olanak tanır. İlk olarak, ilk bölgeyi ele aldığımızda, kesikli çizgilerle ifade edilen eğride, merminin namlu içinde hareketi sırasında basıncın artışının daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum, yanma hızının daha düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Kesikli çizgilerin gösterdiği eğrideki durum, barutun daha düşük bir yanma hızına sahip olduğunu ve basıncın daha yavaş bir şekilde arttığını gösterir. Diğer taraftan, düz çizgilerle ifade edilen eğri, basıncın daha hızlı arttığını ve yanma hızının yüksek olduğunu işaret eder. Bu iki eğri arasındaki fark, barutun kimyasal bileşimi, tane şekli ve boyutu gibi faktörlerin iç balistik üzerindeki etkisini net bir şekilde yansıtmaktadır. İkinci bölgede, kesikli çizgilerle gösterilen eğride, basınç değişiminin daha uzun bir süre boyunca en yüksek seviyeye ulaşmaya devam ettiği ve basıncın hemen düşmediği gözlemlenmektedir. Bu durum, yanma sürecinin daha yavaş ilerlediğini ve barutun yanma hızının yavaş olduğunu gösterir. Burada, barutun yanma hızının düşüklüğü, basınç artışının daha yavaş gerçekleşmesine yol açmaktadır. Düz çizgilerle ifade edilen eğride ise, basıncın hızla yükseldiği ve maksimum noktaya ulaşan basıncın ardından süratle azaldığı görülmektedir. Bu, yanma hızının yüksek olduğu ve basıncın hızla değiştiği bir durumu işaret eder. İki eğri arasındaki bu fark, barutun özellikleri ve yanma

dinamiklerinin ne kadar farklı olabileceğini gösterir. Üçüncü bölgeye geldiğimizde, kesikli çizgilerle ifade edilen eğride, hacim artmasına rağmen basıncın düşmediği, yani yanmanın hala devam ettiği gözlemlenmektedir. Bu durum, barutun yanma sürecinin tamamlanmadığını ve basıncın hâlâ bir miktar artmaya devam ettiğini gösterir. Düz çizgiyle ifade edilen eğride ise, basınç hızla düşmektedir. Bu da, yanma sürecinin tamamlanmış olduğunu ve barutun artık tamamen tükenerek merminin ilerlemesi sırasında basıncın aniden düştüğünü işaret eder. Merminin ilerlemesiyle birlikte, hacim artışı ve basınç düşüşü birbirini takip eder. Bu iki durum arasındaki fark, barutun yanma sürecinin nasıl yönetildiğini ve bu sürecin mermiye etkisini anlamamıza yardımcı olur. Şekil 4.3, bir iç balistik sürecinin, barutun özelliklerinden ne kadar etkilendiğini açıkça ortaya koymaktadır. Barutun yanma hızının iç balistik üzerindeki etkisi, doğrudan yanma olayından kaynaklanmaktadır. Yanma sürecinin hızlanması ya da yavaşlaması, basınç ve hız üzerindeki etkileri doğrudan belirler. İç balistik analizlerinde, barutun yanma hızına bağlı olarak meydana gelen basınç değişimleri, merminin hızını ve yönünü önemli ölçüde etkileyebilir. Bu nedenle, iç balistik tasarımında barutun özelliklerinin iyi anlaşılması, istenilen performansın elde edilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Barutun iç balistiğe olan etkisi, özellikle silah sistemlerinin verimliliği açısından büyük önem taşır. Barutun kimyasal bileşimi, tanelerinin şekli ve boyutu, yanma hızını ve basınç artışını doğrudan etkiler. Bu faktörler, merminin hızını, namludaki basınç değişimlerini ve dolayısıyla silahın genel performansını belirler. İç balistikte, barutun bu etkilerini doğru bir şekilde anlamak, silah tasarımındaki her aşamada kritik bir rol oynar. Yanma hızının optimize edilmesi, basınç değişimlerinin doğru bir şekilde kontrol edilmesi ve merminin hızlanma sürecinin etkin bir şekilde yönetilmesi için barutun özelliklerinin incelenmesi gerekmektedir.

4.2.1. Lineer yanma hızı sabitleri

Lineer yanma hızı denklemi Denklem (4.3)'de sunulmaktadır.

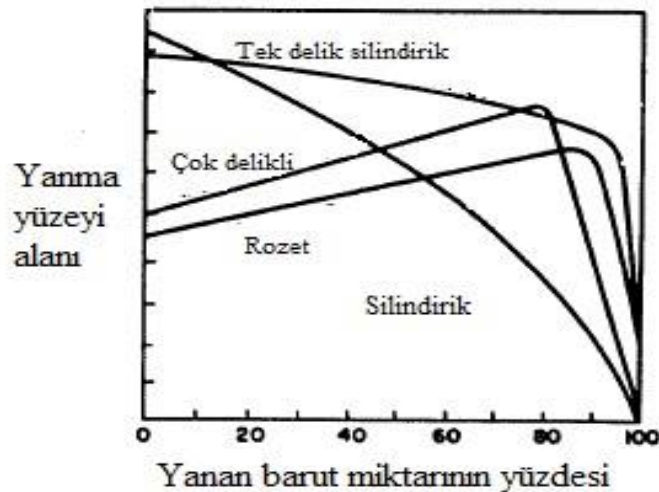
$$\frac{ds}{dt} = \beta p^n \quad (4.3)$$

Bu denklemde β ve n yanma hızı sabitleridir. Barutun cinsine bağlı sabitlerdir. Bu sabitler sabit hacimde gerçekleştirilen aynı barutun farklı miktarlarda yakılması sırasında basınç ölçümünün yapılması ile deneysel olarak tespit edilmektedir. Farklı barut

kompozisyonu kullanımı ile β ve n üzerinde değişiklikler yapılarak yanma hızının kontrolü yapılabilmektedir.

4.2.2. Tane geometrisi etkisi

Barut tanelerinin geometrik yapısı, yanma hızını doğrudan etkileyen önemli bir parametredir. Şekil 4.4'te, yaygın olarak kullanılan çeşitli barut tane geometrilerinin yanma hızları üzerindeki etkileri görsel olarak sunulmuştur. Bu geometriler, barutun nasıl yandığını, ne kadar hızlı yandığını ve hangi oranlarda enerji ürettiğini belirleyen önemli faktörlerdir. Farklı geometrik yapıların her biri, yanma yüzeyinin büyüklüğünü ve yanma sürecinin hızını farklı şekilde etkiler. Şekil 4.4'te silindirik, çok delikli, tek delikli ve rozet şeklinde tasarlanmış barut tanelerinin yanma yüzeyi değişimleri gösterilmektedir. Bu tanelerin her biri, yanma sürecinin farklı aşamalarında farklı özellikler sergiler. Örneğin, rozet ve çok delikli silindirik barut taneleri, yanma süreci ilerledikçe yüzey alanlarını artırır. Bu taneler, yanma sırasında daha fazla yüzey alanı sağladıkça, yanma hızı da artar. Yüzey alanı arttıkça, oksijenle etkileşimde olan barut miktarı da artar, bu da yanma reaksiyonunun hızlanmasına yol açar. Bu durum, barutun enerjisinin daha hızlı bir şekilde serbest kalmasını ve merminin hızlanmasını sağlar.



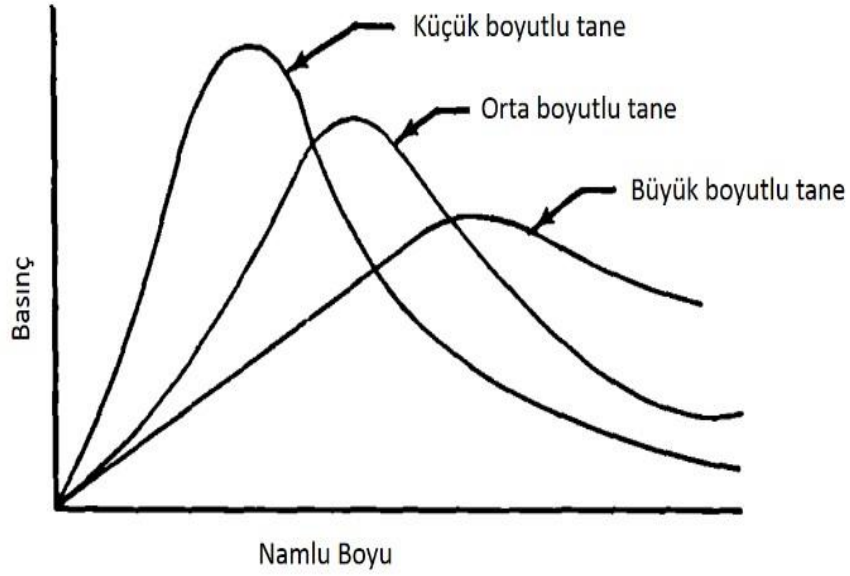
Şekil 4.4. Farklı barut tane geometrilerinin yanma miktarına göre yüzey alanı (Krier ve Summerfield, 1979)

Diğer taraftan, silindirik ve tek delikli silindirik barut taneleri, yanma süreci ilerledikçe yüzey alanlarını kaybeder. Bu tanelerin geometrik yapısı, yanma yüzeyinin

daralmasına neden olur. Yanma yüzeyinin küçülmesi, oksijenle etkileşimde olan alanın azalmasına ve yanma hızının yavaşlamasına yol açar. Silindirik ve tek delikli tanelerin yanma yüzeylerinin küçülmesi, bu tür barutların yanma sürecinde daha az enerji üretmesiyle sonuçlanır. Bu durum, silahın performansı üzerinde belirleyici bir etki yapar, çünkü merminin hızlanmasını sağlayacak olan kimyasal enerji daha az bir hızla serbest kalır. Barutun geometrik yapısı ile yanma hızı arasındaki ilişki, iç balistik sistemlerin tasarımında büyük önem taşır. Çünkü bir silahın gücü ve mermisinin hızı, kullanılan barutun yanma hızına ve bu hızın nasıl kontrol edileceğine bağlıdır. Barut tanelerinin şekilleri, kullanılan silahın türüne, atışın amacına ve mühimmatın özelliklerine göre dikkatle seçilir. Rozet ve çok delikli taneler, genellikle hızlı ve yüksek enerji üretimi gereken durumlarda tercih edilirken, silindirik ve tek delikli taneler daha kontrollü ve yavaş bir yanma sağlamak için kullanılabilir. Bu tür seçimler, silah sisteminin genel verimliliğini ve güvenliğini etkileyen kritik kararlar olabilir. Yanma yüzey alanındaki değişimler, sadece yanma hızını değil, aynı zamanda barutun tükenme sürecini de etkiler. Yüzey alanının artması, barutun daha hızlı bir şekilde tükenmesine neden olurken, yüzey alanının azalması yanmanın daha uzun süre devam etmesine yol açar. Bu da merminin hızlanma sürecini etkiler, çünkü mermi, namlu boyunca daha uzun süre hızlanabilir. Barutun yanma hızının optimize edilmesi, özellikle yüksek performanslı silah sistemlerinde kritik bir faktör olarak öne çıkar. Ayrıca, yanma yüzeyinin büyümesi veya küçülmesi, silahın iç yapısındaki basınç değişimlerini de etkiler ve bu da balistik parametreler üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir.

4.2.3. Tane büyüklüğü etkisi

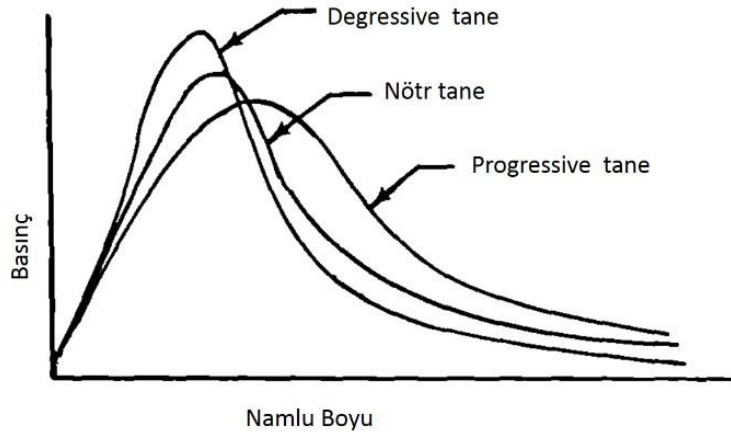
Barutun tane büyüklüğü de yanma hızını etkileyen bir özelliktir. Tane büyüklüğünün basınç ve namlu boyu grafiğine etkileri Şekil 4.5’de sunulmaktadır.



Şekil 4.5. Barut tane boyutunun etkisi (Krier ve Summerfield, 1979)

Şekil 4.5'in incelenmesi, barut tanelerinin boyutunun yanma süresi ve basınç artışı üzerindeki etkisini açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Küçük boyutlu barut tanelerinin, daha hızlı bir yanma süreci sağladığı ve dolayısıyla basınç artışının daha kısa sürede gerçekleştiği gözlemlenmektedir. Bu durum, barutun yanma süreci boyunca daha fazla enerji üretmesini ve merminin hızlanmasını sağlayan önemli bir faktördür. Küçük taneler, daha fazla yüzey alanı sunarak oksijenle daha hızlı bir etkileşime girer ve yanma reaksiyonunun hızlanmasına yol açar. Sonuç olarak, bu taneler, iç balistik süreçlerinde daha yüksek basınç ve daha kısa bir süre içinde istenen hızda bir mermi çıkışı sağlar. Ancak, barut tanelerinin boyutlarının büyümesiyle birlikte yanma süreci daha yavaş hale gelir ve basınç artışı daha uzun bir süre içinde meydana gelir. Büyük taneli barut, daha az yüzey alanı sunduğundan, oksijenle etkileşime girme hızı düşer ve bu da yanma sürecinin uzamasına sebep olur. Bu durumda, merminin hızlanması da daha uzun bir süreye yayılır, çünkü yanma reaksiyonunun yavaşlaması, barut gazlarının birikme hızını düşürür ve bunun sonucunda namlu içindeki basınç artışı da daha yavaş gerçekleşir. Bir diğer önemli nokta ise, büyük boyutlu barut taneleri ile yapılan atışlarda, merminin namluyu terk etmesinin ardından hala yüksek basınçların namlu içinde varlığını sürdürmesidir. Bu durum, teorik olarak merminin hızlanmasına katkı sağlasa da aslında kaybolan bir enerji kaybıdır. Merminin namlu çıkışındaki kinetik enerjisi, hızlanmaya devam ettikçe, namlu içinde kalan basınç tarafından ek bir ivme ile artırılabilir. Ancak bu enerji kaybı,

genellikle istenmeyen bir durumdur ve mümkün olduğunca düşük tutulması hedeflenir. Çünkü, mermi namluyu terk ettikten sonra, içeride kalan basınç, silahın verimliliğini olumsuz yönde etkileyebilir ve merminin havada daha fazla hızlanmasına katkı sağlamaz. Bu sebeple, iç balistik sistemler tasarlanırken, barutun özelliklerinin yanı sıra, merminin çıkış noktası ve namlu içindeki basınç seviyelerinin dikkatle kontrol edilmesi gerekir. Çekirdek, yani mermi, namluyu terk ettikten sonra namlu içindeki basıncın olabildiğince düşük olmasını sağlamak, kayıp enerjiyi minimize eder ve silahın performansını artırır. Bu hedef doğrultusunda, iç balistik sistemlerin verimliliği, barutun yanı sıra namlu boyu, merminin hızlanma süreleri ve namlu çıkışı sonrası basınç yönetimi gibi faktörlerle optimize edilebilir. Barutun tanelerinin geometrik özelliklerinin iç balistik olaylara yansması, barutun yanma hızını ve silahın genel performansını etkileyen kritik unsurlardan biridir. Şekil 4.6, barut tane özelliklerinin iç balistik süreçlere etkilerini görsel bir şekilde göstererek, bu etkileşimlerin ne denli önemli olduğunu vurgulamaktadır. Burada, barutun yanma hızına, basınç artışına ve enerji üretimine olan etkileri daha net bir şekilde anlaşılmakta ve bu bilgiler, mühendislerin ve tasarımcıların daha verimli silah sistemleri geliştirmesine yardımcı olmaktadır.



Şekil 4.6. Barut tanelerinin basınç- namlu boyu grafiğine etkisi (Krier ve Summerfield, 1979)

Şekil 4.6, barut tanelerinin özelliklerine göre iç balistik süreçlerde meydana gelen değişimlerin değerlendirilmesinde önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kriter, barut tanesinin şekli ve yapısının, barutun yanma sürecindeki davranışını nasıl etkilediğini anlamamıza yardımcı olur. Özellikle, barut tanelerinin davranışları, iç balistik parametrelerin hesaplanmasında kritik bir rol oynar. Kullanılan barutun türüne bağlı olarak, taneler farklı yanma hızları ve basınç artışları gösterir. Barut tanelerinin

özellikleri, iç balistik süreçlerdeki performans üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Barut tanesi, eğer basınç hızlı bir şekilde artıyorsa, bu durumda barutun yanma hızı da hızlı olacaktır. Bu tür taneler "azalan oranlı" ya da diğer adıyla "degressive" taneler olarak tanımlanır. Bu taneler, başlangıçta hızlı bir yanma sağlarlar ve bu sayede basınç artışı hızlı olur. Hızlı yanma, özellikle kısa mesafelerde merminin hızlanması için önemlidir. Ancak, bu tür taneler belirli bir noktada yanmanın hızını kontrol etmekte zorlanabilir, bu da silahın verimliliğini olumsuz etkileyebilir. Diğer taraftan, barut tanesinin yanma hızı daha yavaşsa, basınç artışı da daha kontrollü bir şekilde gerçekleşir. Bu tür barut taneleri "ilerici" veya "progressive" taneler olarak adlandırılır. İlerici taneler, basınç artışını ve yanmayı daha yavaş bir hızda gerçekleştirirler. Bu taneler, daha stabil bir yanma süreci sağlamak ve silahın verimliliğini daha uzun süre korumaktadır. İlerici taneler, özellikle daha büyük kalibreli silahlarda tercih edilebilir, çünkü bu silahlar daha fazla enerji üretmek için daha uzun yanma sürelerine ihtiyaç duyar. Bu iki tür arasında kalan barut taneleri ise "nötr" olarak tanımlanır. Nötr barut taneleri hem degressive hem de progressive tanelerin özelliklerine sahip olabilir, ancak bu tanelerin yanma hızı, ortalama bir hızda gerçekleşir ve genellikle dengeleyici bir etkiye sahiptir. Bu taneler hem hızlı bir başlangıç yapabilir hem de stabil bir yanma sürecini sürdürebilirler. Nötr taneler, belirli bir silah tipi ve mühimmat için optimum performans sağlayan bir denge oluşturabilir. Bu tür barut tanelerinin özellikleri, iç balistik sistemlerde nasıl performans gösterdiği ve merminin hareketini nasıl etkilediği, yapılan çalışmalar sonucunda daha ayrıntılı bir şekilde incelenecektir. Özellikle, her bir barut türünün davranışı, silahın tasarımından namlu uzunluğuna kadar birçok faktörü etkileyebilir. Bu nedenle, barutun türü ve tanelerin özellikleri, tasarım aşamasında çok dikkatli bir şekilde seçilmelidir. Yapılan incelemeler sonucunda, barut tanelerinin yanma hızına, basınç artışına ve enerji üretimine olan etkileri daha ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmiş olacaktır. Bu değerlendirmeler, mühendislerin ve tasarımcıların, daha verimli ve etkili silah sistemleri geliştirmelerine olanak tanıyacaktır.

4.3. İç Balistik

Her silah sistemi, belirli fonksiyonları yerine getiren bir dizi sabit ve değişken faktör tarafından şekillendirilir. Sabit faktörler, genellikle silahın fiziksel yapısı ve tasarımı ile ilgili öğeleri içerirken, değişken faktörler mühimmatın ve özellikle barutun

özellikleriyle doğrudan ilgilidir. Bu iki faktör sınıfı, birbirleriyle sıkı bir etkileşim içindedir. Örneğin, bir silahın belirli bir hazne konfigürasyonuna uygun olarak tasarlanmış olan barut keseleri ve mermi boyutları sınırlıdır. Bu sınırlamalar, silahın verimliliğini etkileyen unsurlar arasında yer alır. Mermi tasarımı, sabit bir dış çapa sahip olmak zorunda olduğu için, mermi ağırlığı genellikle uzunluk veya kütle değişimleriyle belirlenir. Sonuç olarak, hafif mermiler, daha yüksek namlu ağzı hızları elde edilmesine olanak sağlar. Ancak, merminin boyutları belirli bir ölçüde sabitlendikçe, geriye kalan değişken parametre yalnızca barutun yanma süreci olarak kalır. Bir top sisteminin çalışma prensibi, aynı zamanda sistemin hatalı fonksiyonlarına veya hasara karşı korunabilmesini garanti edecek şekilde tanımlanan maksimum basınç sınırlarıyla da ilgilidir. Maksimum basınç, sistemin güvenliğini sağlamak adına kritik bir rol oynar. Bu noktada, uygun barut seçimi ile, maksimum basınç sınırlarına ulaşılmadan istenilen namlu ağzı hızına ulaşmak mümkün olmalıdır. Modern silah sistemlerinde barut şarjı, silahın tasarımında herhangi bir değişiklik yapmadan, sistemin fonksiyonlarını değiştirme veya optimize etme açısından en etkili araçlardan biri olarak kabul edilir. Barut şarjındaki değişiklikler, istenilen hızları elde etme noktasında çok önemli rol oynasa da bu işlem oldukça karmaşıktır. Çünkü balistik faktörlerin bir araya gelmesiyle birlikte, her değişiklik, sistemin genel davranışını farklı şekilde etkileyebilir.

Modern silah sistemlerinde yaygın olarak kullanılan barut türü dumansız barutlardır. Bu barutlar, oksidan olarak genellikle nitrat ve perklorat gibi bileşikler içerir. Ancak, bu tür oksidanlar, yüksek yanma sıcaklıkları ve yanma gazlarının korozyon etkileri nedeniyle günümüzde çok tercih edilmemektedir. Dumansız barutlar, farklı yanma hızları ve fiziksel özelliklere sahip çeşitli türlerde gelir. Bir top sistemi için uygun dumansız barutun etkinliği, basınç-zaman eğrisine dayalı olarak belirlenir. Bu eğri, barutun yakma süreciyle birlikte elde edilen mermi hızının ve basıncın nasıl bir ilişki içinde olduğunu gösterir. Namlu mukavemeti, sürtünme ve ısı kaybı gibi faktörlerin sabit kabul edilmesi durumunda, basınç-zaman eğrisinin altında kalan alan, genel olarak barutun yanmasından elde edilen mermi hızıyla doğru orantılıdır.

İdeal bir dumansız barut, basınç-zaman eğrisine göre, maksimum basınca hızla ulaşan, bu seviyede uzun süre kalabilen ve ardından adyabatik genişleme ile sıfıra inen bir yapıya sahip olmalıdır. Bu tür bir eğri, namlu ağzındaki hızın maksimize edilmesi için en verimli yolu sunar. Ancak pratikte, barutun yanma süreci genellikle daha karmaşıktır.

Barut yandığında, basınç yavaşça artar, ardından kısa bir süre boyunca bu seviyede kalır ve en son tüm barut yanana kadar adyabatik olarak genişleme devam eder.

Barutun iç balistik sistemlerdeki performansı, belirli bir silah-barut kombinasyonunda, barut şarjının ideal çalışması ile merminin elde edebileceği potansiyel ilk hız seviyesini belirler. Ne var ki, barutun silah sisteminde ideal bir şekilde çalışması genellikle mümkün olamamaktadır. Bu nedenle, maksimum potansiyel hızın %85-90'ına ulaşılması oldukça iyi bir sonuç olarak kabul edilir. Barutun basıncı ve barut ağırlığının artması ile, elde edilebilecek maksimum potansiyel ilk hız da artmaktadır. Bu noktada, ateşlemeden sonra merminin silah namlusunu terk edinceye kadar meydana gelen olaylar, iç balistik olarak tanımlanır ve bu süreç, mermiye istenen ilk hızın verilmesi ve belirli bir devir oranının sağlanması amacıyla incelenir.

Merminin namludan geçişi sırasında, mekanik gerilimler oluşur ve bu gerilimler namlu içinde kayma hareketlerine yol açar. Aynı zamanda, yüksek sıcaklıkların etkisiyle basınç oluşur ve bu da namlunun ısınmasına neden olur. Bu süreç, metal ve kimyasal etkileşimlerin bir sonucudur. İç balistik, kapsülün ateşlenmesinden, barutların yanma hızlarına, yivlerin sayısı, dönüş dereceleri ve fişek yatağı gibi unsurları kapsayarak, merminin hızını etkileyen çeşitli faktörleri inceleyen bir alandır. İç balistik teriminin kullanımı, kara barutun kullanıldığı ilk döneme kadar uzanmakta olup, bu alandaki ilk incelemelerin tarihi ise tam olarak belirlenmemektedir. Bununla birlikte, 1346 yılında İngiltere ve Fransa arasındaki savaşta kara barutun kullanıldığı tahmin edilmektedir. Bu bağlamda, her silah sisteminin çalışma mekanizması hem sabit hem de değişken faktörlerin etkisiyle şekillenir. Bu faktörlerin etkili bir şekilde yönetilmesi, silahın verimliliği ve güvenliği açısından büyük önem taşır. Özellikle barutun ve mühimmatın seçimi, iç balistik sistemin başarısını doğrudan etkileyen kritik parametrelerdir. Fransa arasındaki savaşta kullanıldığı tahmin edilmektedir.

Balistik, bir disiplin olarak farklı uzmanlık alanlarına sahip üç ana bakış açısını içerir. Bunlar, teorik balistikçiler, silah ve mermi tasarımcıları ile pratik uygulayıcılar (hedefi vuracak olanlar) olarak gruplandırılabilir. Her biri, balistiğin farklı yönlerini ele alır ve bu bakış açıları, balistiksel performansın daha doğru tahmin edilmesi için farklı metotlar ve düzeltmeler geliştirilmesine olanak tanır. Silahın ateşlenmesinin ardından, merminin silah içindeki hareketi, kullanılan barutun yanma özelliklerine ve merminin

silahın iç mekanizmalarıyla olan etkileşimine bağlıdır. Bu etkileşim, namlu içindeki basınç ve sürtünme hareketini başlatır ve merminin doğrusal hareketini sürdürmesini sağlar. Silahın ateşleme işleminde, ilk olarak namluda yüksek basınç meydana gelir. Ardından, silahın içindeki gazın etkisiyle, sürtünme hareketi başlar ve bu süreçte namlu sıcaklıkları artar. Bu durumda, silahın içindeki kimyasal reaksiyonlar da etkisini gösterir ve silahın çalışma mekanizması, otomatik olarak harekete geçer. Bu çalışma prensibi, bir araba motorunun çalışma prensibiyle büyük ölçüde benzerlik gösterir. Araba motorları, pistondan çıkan gazları hareket ettirerek işlevini yerine getirirken, silahlar, genişleyen gazların etkisiyle mermilerin namludan çıkmasını sağlar. Buradaki fark, silahlarda gazın pistonları değil, doğrudan mermiyi hareket ettirmesidir.

Barutun yanma işlemiyle birlikte, silah namlusundaki basınç yükselir ve merminin hareketi başlar. Merminin bu hareketi, bir dizi iç dinamiklerle şekillenir. Merminin sevk çemberi, namlu içindeki atım yatağını kapatırken, aynı zamanda gazların etkisiyle mermi namludan dışarı doğru ilerler. Askeri silahlar ile kişisel silahlar arasındaki farklar burada belirginleşir. Askeri silahlar, genellikle daha yüksek basınç ve sıcaklık seviyelerine dayanacak şekilde tasarlanmış silahlardır. Bu silahlar, ateşleme sırasında daha zorlu şartlarla karşılaşırken, şahsi silahlar genellikle daha hafif ve daha düşük basınç seviyelerinde çalışacak şekilde yapılandırılmıştır. Örneğin, askeri bir silahın ateşleme işlemi sırasında, kovan içindeki sıcaklık 3000 santigrat dereceye kadar ulaşabilir. Bu durum, silahın içindeki gazların ve barutun yüksek sıcaklıkları nedeniyle meydana gelir. Aynı anda, atılan merminin çekirdeği üzerine yaklaşık 25 tonluk bir basınç uygulanır. Bu basınç miktarı, kullanılan barutun cinsine ve miktarına göre değişkenlik gösterir. Örneğin, 7.62 milimetrelik bir NATO mermisinde yaklaşık 3 gram barut bulunur. Bu barutun yanma işlemi sırasında ortaya çıkan enerji miktarı, yaklaşık olarak 2856 kaloridir. Enerjinin %30'luk bir kısmı, merminin hareketini sağlamak için kullanılırken, geriye kalan enerjinin bir kısmı ise namlu içindeki sürtünmeye ve geri tepmeye harcanır. Bu enerjinin dağılımı şu şekildedir: Enerjinin %3'ü namlu içi sürtünme için kullanılırken, %3'lük bir diğer kısmı da geri tepmeye gider. Ayrıca, %20'lik bir kısım namlu ve mermi kovanının ısınması için harcanır ve geri kalan %40'luk kısmı da gazların ısınması için kullanılmaktadır. Bu enerji dağılımı, silahın ateşleme verimliliğini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır. Her bir enerji kaybı, merminin hareketi ve silahın genel performansı

üzerinde etkili olur. Bu nedenle, barutun verimli bir şekilde yanması, merminin hedefe ulaşma hızını doğrudan etkiler.

Balistikte, mermi hareketinin doğru bir şekilde hesaplanabilmesi için, tüm bu değişkenlerin ve etkileşimlerin dikkatlice göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Teorikçi, tasarımcı ve pratik uygulayıcı bakış açıları, her bir süreç için gerekli olan bilgileri sunar. Bu bakış açıları, balistiksel hesaplamalar için çok önemli olan düzeltmeleri yapabilmeyi ve istenilen performansı elde etmeyi mümkün kılar. Silah sistemleri, barutun etkili ve kontrollü bir şekilde yanmasıyla birlikte, mermilerin doğru hızda ve doğrulukta hedefe ulaşmalarını sağlar. Bu, modern askeri operasyonlarda ve mühimmat kullanımı açısından hayati öneme sahiptir.



Şekil 4.7. Mermi tipleri (Cranz, 1926).

Aşağıda gösterilen Şekil 4.7’de değişik kalibreye sahip mermilerin şekilleri gösterilmiştir. Mermi boylarının uzunlukları ve mermi çaplarının arasındaki farklılıklar ifade edilmektedir.



Şekil 4.8. Değişik kalibreye sahip mermiler (Cranz, 1926).

Namlu ağzında meydana gelen balistik olaylar, balistik alanında önemli bir inceleme konusunu oluşturur ve bu olaylar, genellikle "namlu ağzı balistiği" ya da "orta balistik" olarak tanımlanır. Bu, aynı zamanda iç balistikten dış balistiğe geçiş bölümü olarak kabul edilen bir süreçtir. İç balistik, silahın ateşleme anında, yani barutun yanmaya başlamasından merminin namluyu terk etmesine kadar geçen süredeki olayları kapsar. Dış balistik ise, merminin namluyu terk ettikten sonra, hedefe ulaşana kadar geçen sürede, merminin hareketini etkileyen faktörleri ve dış etkenleri inceler. Namlu ağız balistiği, merminin namluyu terk ettiği anda meydana gelen olayların ve bunların mermi üzerindeki etkilerinin tümünü kapsar. Bu süreçte, özellikle ateşleme sırasında yüksek basınçlı gazların oluşturduğu ses, alevler ve merminin yola çıkarken karşılaştığı etkileşimler gibi unsurlar incelenir.

İç balistikte, barutun yanma süreci, fişek yatağında başlar ve bu süreçte meydana gelen yüksek basınçlar, silahın iç dinamikleriyle mermiyi harekete geçirmeye başlar. Barutun içindeki kimyasal enerji, ateşleme sırasında ısıya dönüşür ve bu ısı, yanma odasında yüksek bir basınca yol açar. Bu basınç, mermiyi silahın namlusundan dışarı doğru iter. İç balistiğin bu temel işleyişi, merminin istenilen hızda ve doğrultuda hareket etmesini sağlamak için son derece önemlidir. Ancak, barutun yanma süreci ve namlu içindeki etkileşimler, mermi hareketini etkileyen bir dizi faktörü de beraberinde getirir.

Namlu ağız balistiği, silah ateşlendiğinde meydana gelen gaz patlamalarının etkisini doğrudan mermiye yansıtan bir aşamadır. Bu aşamada, ateşleme işleminin

ardından yüksek sıcaklıkta ve basınçta ortaya çıkan gazlar, merminin hareketine etki eder. Atış sırasında gazlar, merminin yolunu etkileyebilir, namlu ağzında alev ve istenmeyen gürültüye neden olabilir. Özellikle askeri uygulamalarda, namlu ağzındaki bu etkiler, silahın verimliliği ve hedefe ulaşma kapasitesi açısından kritik rol oynar. Namlu ağzı balistiği araştırmaları, bu etkilerin nasıl azaltılabileceğini veya yönetilebileceğini keşfetmeye yönelik önemli çalışmalara yöneliktir.

İç balistikle ilgili olarak, merminin silahın namlusundan çıkmadan önceki etkileşimlerine bakıldığında, sevk barutunun (ya da patlayıcının) ateşleme anında meydana getirdiği enerji, merminin hızını etkileyen temel faktörlerden biridir. Barut, fişek yatağında yanmaya başladığında, ortaya çıkan basınç, mermiyi hızlandırmaya ve namludan dışarı itmeye başlar. Bu hareketin ilk aşaması, barutun kimyasal enerjisinin, merminin kinetik enerjisine dönüşmesiyle gerçekleşir. Ancak, bu elde edilen enerji miktarının yalnızca üçte biri, merminin hareketine harcanır. Kalan enerji, sürtünme, gazların ısınması, geri tepme ve silah ile merminin ısınması gibi farklı kayıplara yol açar.

Merminin namluyu terk ettiği andaki enerji dağılımı oldukça çeşitlidir. Yaklaşık olarak, enerjinin %32'si merminin hareketine harcanırken, %3'ü sürtünme kayıplarına, %42'si ise sevk barutu gazlarının ısınması ve basınç etkisinde kalır. Ayrıca, %3'lük bir enerji kaybı da gazların hareketine gider. Geriye kalan %20'lik kısmı ise silah ve merminin ısınmasına harcanır. Bu enerji kayıplarının yönetilmesi, merminin istenilen hızda hareket etmesini sağlamak ve silahın verimli çalışmasını sürdürmek için önemlidir.

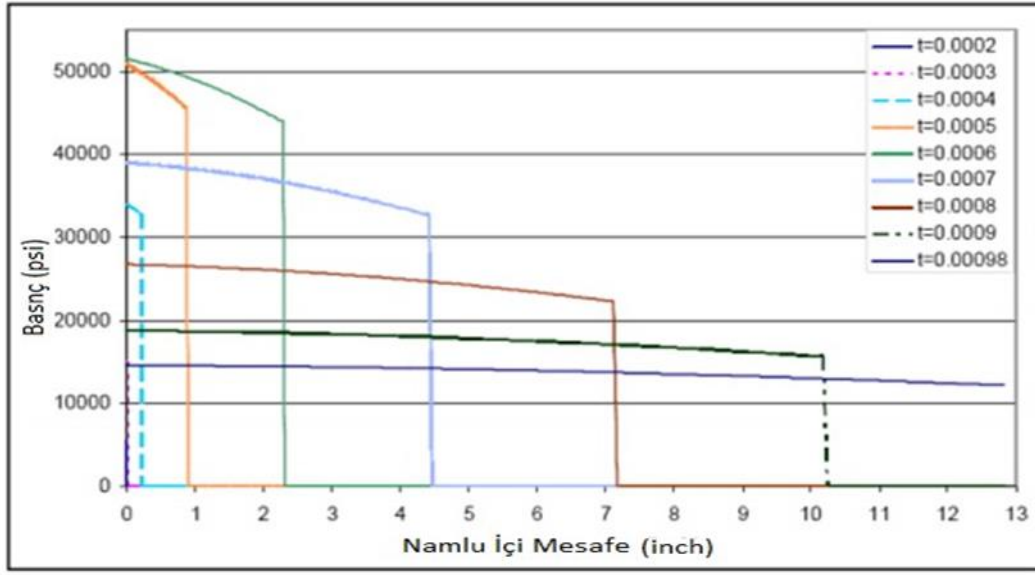
Kişiyi özel olarak tasarlanan silah ve mermi sistemlerinde, istenilen namlu ağzı hızını elde etmek için, iç basıncın belirli bir sınırı aşmaması gereken bir tasarım yapısı. Bu tasarımda, yanma odası (fişek yatağı) boyutlarının doğru bir şekilde hesaplanması, hangi patlayıcının kullanılacağına karar verilmesi gibi faktörler önemli rol oynar. Daha büyük bir yanma odası, daha fazla patlayıcı kullanılarak merminin hızının artırılmasına olanak sağlar. Ancak, bu tasarımda dikkate alınması gereken bir diğer önemli faktör de fişek yatağında bulunan oksijen miktarıdır. Patlayıcıların hem yakıt hem de oksitleyici içeren bileşiklerden oluşması gerektiği için, oksijenin sınırlı miktarı, patlayıcının verimli şekilde yanmasını sağlar. Ateşleme işleminden sonra, patlayıcının sıcaklığındaki artış, patlayıcının gücünü artırarak daha yüksek bir namlu ağzı hızı sağlar. Ancak, bu sıcaklık artışı namlu iç yüzeyinde ve yiv-set sisteminin başladığı bölgede ısınmalara neden

olabilir. Bu ısınmalar, özellikle sonraki atışlarda merminin doğruluğunu olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, namlu iç yüzeyinin aşınması, iç balistikte önemli bir sorun olarak ele alınır. Aşınma, yüksek sıcaklıkta oluşan gazların etkisiyle meydana gelir ve bu durum, silahın verimliliğini olumsuz etkiler. İç balistik araştırmalarında, bu aşınma süreçlerinin nasıl azaltılabileceği ve mermi hızının nasıl iyileştirilebileceği üzerinde çalışmalar yapılmaktadır.

Aşınmanın azaltılmasında, sevk barutu içerisine katılan kimyasal katkı maddeleri önemli bir rol oynar. Örneğin, titanyum dioksit ve parafin karışımları, yanma esnasında namlu iç yüzeyine yapışarak yalıtkan bir yüzey oluşturur ve bu sayede aşınma oranı düşer. Bunun yanı sıra, namlu çapının artırılması ve daha geniş bir yüzey alanı oluşturulması, ısının daha hızlı dağılmasını sağlar. Ancak, bu yöntemlerin de kendi dezavantajları vardır; namlu çapının artırılması, silahın ağırlığını artırırken, aşınmanın daha fazla olmasına da yol açabilir. Bu sebeple, namlu yüzeyindeki ısınmanın azaltılabilmesi için değiştirilebilir namlulu silah sistemleri tercih edilebilir.

Silahın uzun ömürlü çalışabilmesi, namlu iç yüzeyinin durumuna bağlıdır. Aşınma ve korozyon, namlu üzerinde meydana gelen olumsuz etkiler olarak silahın ömrünü kısaltabilir. Aşınma, yüksek sıcaklıklarda gazların etkisiyle en çok namlu ağzı ile fişek yatağı arasındaki bölgelerde meydana gelir. Bu aşırı aşınma, silahın mermiyi döndürme yeteneğini kaybetmesine neden olur ve sonuç olarak, dış balistikte hedefe ulaşmada düzensizlikler yaşanır. Aşınma sonucu namlu çapının genişlemesi, iç yüzeyin pürüzlü hale gelmesine yol açar ve bu da merminin hızının düşmesine neden olur. Bu durum, merminin beklenen hızda ilerlememesine ve patlayıcının verimsiz olmasına yol açar.

Korozyon, genellikle silahın bakımsız bırakılması sonucu ortaya çıkar. Nemli ortamlarda bırakılan silahlar ve atış sonrası temizlenmeyen namlular, zamanla paslanmaya neden olabilir. Ancak günümüz silahlarında kullanılan barutlar, paslandırıcı etkilere sahip olmayan maddelerden üretilmektedir. Bu nedenle, paslanma genellikle kullanıcı hatalarından kaynaklanır. Namlu ağzı balistiği, iç ve dış balistik arasındaki önemli geçiş noktasını inceleyen bir alan olarak, bu tür etkileşimlerin yönetilmesi ve silah sistemlerinin verimli bir şekilde çalışması açısından kritik öneme sahiptir.



Şekil 4.9. Namlu içi mesafe–oluşan basınç ilişkisi (Sarıbey, 2008).

Dış balistik, bir merminin havada yaptığı hareketin temel olarak incelenmesidir ve bu hareketin şekli, birçok farklı parametreye bağlıdır. Bu parametreler yalnızca merminin başlangıç hızından ve ateşleme açısından ibaret değildir; aynı zamanda atmosfer koşulları gibi çevresel faktörler de bu hareketi etkileyebilir. Özellikle ortamın yoğunluğu, sıcaklığı, basıncı, rüzgâr hızı ve viskozite gibi unsurlar, merminin uçuş yolunu belirlemede önemli rol oynar. Bu etkenlerin dikkate alınması, merminin doğru yörüngesinin hesaplanabilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Çünkü dış balistiğin asıl problemi, atılan bir merminin havada geçirdiği sürede, merminin hızının, yönünün ve yörüngesinin doğru bir şekilde öngörülebilmesidir. Hesaplamalar, yalnızca bilimsel araştırmalarla değil, aynı zamanda askeri mühendislikte de önemli bir yer tutmaktadır.

Merminin uçuşu sırasında ona etki eden iki temel kuvvet bulunur: yerçekimi ve hava direnci. Yerçekimi, her merminin üzerinde etkili olan ve mermiyi sürekli olarak yere doğru çeken kuvvettir. Bu kuvvet, merminin kütlesiyle doğru orantılıdır ve etkisi her zaman aşağı yönlüdür. Merminin yörüngesinin düşey bileşenini belirleyen bu kuvvet, merminin hareketi sırasında sürekli olarak etkisini gösterir. Diğer yandan, hava direnci, merminin hızına ve atmosfer koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bu kuvvet, merminin hareket yönüne zıt olarak çalışır ve merminin hızını azaltmaya yönelik bir etki yapar. Hava direncinin büyüklüğü, havadaki yoğunluk, merminin şekli ve hareket doğrultusu gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Örneğin, soğuk hava koşulları havanın

yoğunluğunu artırarak hava direncini yükseltir, bu da merminin hareketini zorlaştırır. Bu etkenlerin dışında, merminin aerodinamik yapısı da dış balistik hesaplamalarında önemli bir yer tutar. Merminin şekli, özellikle burun kısmı, hava direncinin büyüklüğünü etkileyen bir diğer önemli faktördür. Merminin uçuşu sırasında hava, merminin etrafında bir dizi akış oluşturur ve bu akışın özellikleri, merminin aerodinamik verimliliği ile doğrudan ilişkilidir. Aerodinamik olarak verimli bir mermi, daha az hava direnci ile hareket edebilir ve dolayısıyla daha uzağa gidebilir. Bu nedenle, merminin tasarımında kullanılan materyallerin ve şeklinin, merminin hedefe olan ulaşım süresi ve doğruluğu üzerinde büyük etkisi vardır. Hedef balistiği, merminin hedef üzerindeki etkilerini inceleyen bir başka önemli balistik dalıdır. Bu, merminin hedefe çarptığı anda meydana gelen fiziksel olayları kapsamaktadır. Hedef balistiği, merminin hedefe olan etkilerini, hedefin üzerinde oluşturduğu hasarı ve bu hasarın türünü detaylı bir şekilde inceler. Mermi, hedefe ulaştığında farklı etkileşimler meydana gelir. Bu etkileşimler, merminin hızına, şekline ve hedefin özelliklerine bağlı olarak değişir. Hedefin zırhlı olup olmaması, merminin hedefe olan etkisini doğrudan etkileyen faktörlerden biridir. Zırh delici mermiler, özellikle zırhlı hedefler üzerinde farklı bir etki yaratırken, normal mermiler daha yumuşak hedeflerde farklı sonuçlar doğurur. Hedefe etki mekanizması, aynı zamanda hedefin içine yayılacak şok dalgalarının, metal parçacıklarının ve diğer çevresel etkilerin incelenmesini de içerir. Özellikle yüksek enerjili patlamalar sonucunda ortaya çıkan şok dalgaları, hedefin çevresinde büyük bir yıkıma yol açabilir. Merminin hedefe çarpma anında meydana gelen bu şok etkileri, hedefin içindeki dokulara, organlara ve yapısal elemanlara zarar verebilir. Bu tür patlamalar, özellikle askeri uygulamalarda ölümcül sonuçlar doğurabileceği gibi, bazen ölümcül olmayan ancak ciddi yaralanmalara yol açan etkiler de yaratabilir.

Bu bağlamda, "yara balistiği" adı verilen bir bilim dalı da giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Yara balistiği, merminin canlı organizmalar üzerindeki etkilerini ve bu etkilerin mekanizmalarını inceleyen bir alan olarak, özellikle askeri sağlık hizmetleri için önemli bir araştırma konusudur. Mermilerin, vücuda girdikleri andan itibaren yarattıkları hasar, yalnızca dışsal yaralanmalarla sınırlı değildir. İç organlar üzerindeki hasarlar, dokulardaki parçalanmalar ve şok etkisiyle birlikte meydana gelen hasarların tümü, yara balistiğinin kapsamına girer. Silahlı kuvvetler, askerî stratejilerde yalnızca ölümleri değil,

aynı zamanda hayatta kalanların durumlarını da göz önünde bulundurarak bu tür yaralanmaları minimize etmeye yönelik araştırmalara büyük bir ilgi göstermektedir.



5. SİLAH TANIM VE TARİHİ

Silah, Türk Dil Kurumu sözlüğünde savunmak ve atak yapmak amacıyla kullanılan araç olarak açıklanmıştır. Ateşli Silahlar ve Bıçaklar ile Diğer Aletler Hakkındaki 6136 sayılı Kanun'da ise canlıları öldürebilen, yaralayan, etkisiz bırakan, canlı organizmaları hasta eden, cansızları parçalayan ve yok eden ruhsata tabi araç ve aletlerin tümü olarak açıklanmıştır. (Sarıbey, 2008).

5.1. Silahın Tarihsel Gelişimi

Barutun icadı ve ateşli silahların tarihsel gelişimi, insanlık tarihinin en önemli bilimsel ve askeri ilerlemelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Barutun ne zaman ve kim tarafından icat edildiği tam olarak bilinmemekle birlikte, bu keşif, ateşli silahların evrimi için bir dönüm noktası olmuştur. Tarihsel kaynaklar, barutun Çin'de M.S. 1000'li yıllara kadar kullanıldığını ve Çinlilerin bu patlayıcı maddeyi başlangıçta güherçile (kükürt, tuz ruhu ve kömür karışımı) içerik olarak geliştirdiğini göstermektedir. Prof. J.K. Partington, bu bulgulara dayanarak, Çin'deki ilk barut kullanımının oldukça erken bir tarihe, M.S. 9. yüzyıla kadar uzandığını belirtmektedir. Ayrıca, barutun Orta Doğu ve Avrupa'ya taşınmasında İslam dünyasının önemli bir rol oynadığı da kayıtlara geçmiştir. 12. yüzyılda, Endülüs'teki Müslümanlar, barut ve benzeri alev alıcı tozlar üzerine çalışmalar yapmış ve bu bilgi, Kuzey Afrika üzerinden İslam tüccarları tarafından Çin'den alınarak Avrupa'ya getirilmiştir [16]. Birçok tarihçi, barutun Avrupa'ya yayılmasında İslam dünyasının büyük katkı sağladığı görüşünü savunmaktadır. 1776'da, Hindistan'daki eski Sanskrit yazıları ve belgeler üzerinde yapılan çalışmalar, barutun Hindistan'da 500 yıl öncesine kadar kullanıldığını ve Asya'nın bu bölgesinin barutun tarihsel gelişiminde önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur. Özellikle, 13. yüzyıldan itibaren kara barut Avrupa'da yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Kara barut, tarihin en eski patlayıcı maddesi olup, zaman içinde pek çok çeşit geliştirilmiş olsa da bu barut türü duman ve artıkları nedeniyle yerini dumansız barutlara bırakmıştır.

Dumansız barut, kara barutun en büyük dezavantajlarından biri olan fazla duman üretimini ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilmiştir. Dumansız barutun başlıca bileşeni nitroselülozdur ve bu madde patlama ve yanma sırasında büyük miktarda gaz üretir. Bu gaz, yaklaşık 900-1000 kat büyüyerek önemli bir basınç oluşturur. Dumansız barut ilk

olarak av tüfekleri için geliştirilmiş, bu silahların etkili ve verimli bir şekilde kullanılabilmesi amacıyla bir dizi teknik iyileştirme yapılmıştır. Dumansız barutun askeri alandaki ilk başarılı kullanımına 1864 yılında Prusya ordusunda tanık olunmuştur. Yüzbaşı E. Schultze'nin bu silahı kullanmaya başlamasıyla dumansız barut, askeri silahların performansını artırmıştır. Diğer taraftan, Berg'in görüşüne göre, dumansız barutun ilk kullanımı Fransa'da 1884 yılında M. Vieille tarafından gerçekleştirilmiştir. Barutun tarihindeki bir diğer önemli kilometre taşı ise 1887 yılında Alfred Nobel'in gerçekleştirdiği keşiftir. Nobel, nitrogliserin, nitroselüloz ve kafur karışımını kullanarak "Ballistite" adını verdiği yeni bir dumansız barut türünü üretmiştir. Bu keşif, kısa namlulu silahların seri üretimine olanak tanımış ve ateşli silahların etkinliğini büyük ölçüde artırmıştır. Aynı zamanda, "yarı dumansız barut" olarak bilinen bir başka yeni formül de geliştirilmiştir. Yarı dumansız barut, %85 kara barut ve %15 dumansız barut karışımından oluşur ve barutun patlama gücünü artırırken duman oranını kontrol altında tutar. 20. yüzyılın başlarına gelindiğinde, birçok askeri tüfeğin dumansız barut kullandığı ve bu teknolojinin giderek daha yaygın hale geldiği görülmüştür. Özellikle ABD'deki Nemours şirketi, dumansız barut üretiminin öncüsü olmuştur. Bu dönemde, ateşli silahların tarihsel gelişiminde önemli bir evrim daha yaşanmıştır. 1776 yılı, ateşli silahların ateşleme mekanizmalarında önemli bir değişimin yaşandığı bir dönem olmuştur. O yıllarda, ilk kez mermileri haznesiyle doldurabilen tüfekler üreilmeye başlanmıştır. Bu tüfekler, Ferguson markasıyla İngiliz ordusu tarafından kullanıma sunulmuş ve silah teknolojilerinde yeni bir dönemin habercisi olmuştur. Makineli silahların gelişimi ise 19. yüzyılın sonlarına doğru daha da hız kazanmıştır. 2 Mart 1963 tarihinde, İngiliz Kraliyet Cemiyeti'nin arşivlerinde yer alan kayıtlara göre, yarı otomatik silahların prensipleri ilk kez İngiltere'de keşfedilmiştir. Yarı otomatik silahlar, mermilerin ateşlenmesiyle silahın geri tepmesi ve şarjördeki mermilerin yerine yenisinin konulması prensibine dayanır. Bu buluş, özellikle savaşlarda silah kullanımını daha verimli ve etkin hale getirmiştir. Yarı otomatik makineli silahların geliştirilmesinde bir diğer önemli adım ise 1881-1883 yıllarında atılmıştır. Amerikalı mühendis Hiram Maxim, tetik basılı kaldığı sürece ateşe devam eden, geri tepme ile mermileri dolduran ilk makineli silahı icat etmiştir. Bu buluş, savaşlarda önemli bir dönüm noktası olmuş ve silah kullanımını dramatik bir şekilde değiştirmiştir. Maxim'in buluşu, makineli silahların modern savaşlarda ne denli etkili olabileceğini kanıtlamıştır.



Şekil 5.1.Otomatik tabanca çalışma prensibi

Otomatik tabancaların çalışma prensipleri, ateşli silahlar dünyasında önemli bir evrimi simgeler. Bu tür silahlar ilk kez Avusturyalı mühendis Schanberger tarafından tasarlanmış ve üretimi yapılmıştır. Ancak, erken dönem otomatik tabancalar, her atış için tetiğe basılmasını gerektiren sistemlere sahipti. Yani, her atışın ardından tetiğin yeniden çekilmesi gerekiyordu. Ticari anlamda ise yarı otomatik tabancaların başarılı ilk örneği, 1892 yılında Amerikalı mühendis Borchard tarafından geliştirilmiştir. Bu tabanca, ateşleme işlevini bir tek tetik çekişiyle gerçekleştirebilen ilk silah olma özelliğine sahipti ve otomatik tabancaların evriminde önemli bir dönüm noktasıydı. 18. yüzyılın sonlarına doğru, silah teknolojisi önemli bir gelişim göstermeye başlamıştır. Eski silah modelleri, özellikle her atışta namlunun birleşim yerinin 5 el ile döndürülmesini zorunlu kılan tasarımlara sahipti. Ancak, Londralı mühendis Joseph Land'ın yapmış olduğu çalışmalar, bu işlemi daha pratik ve verimli hale getiren mekanik bir sistemin geliştirilmesini sağladı. Bu buluş, ateşli silahların daha hızlı ve etkili bir şekilde kullanılabilmesini mümkün kıldı. Bu tür mekanik yenilikler, silahların ergonomik özelliklerinin geliştirilmesinde ve ateşleme süreçlerinin hızlandırılmasında önemli bir rol oynadı.

1951 yılında, Fransız mühendis Lefauchaux tarafından tasarlanan Pepperboz tipi revolver, bu dönemin en dikkat çeken silahlarından biri olarak tarihe geçmiştir. Lefauchaux'in tasarımı, arkadan doldurulabilen mermiler kullanarak devrim niteliğinde bir yenilik getirmiştir. Bu tür mermiler, silahın kullanımını daha hızlı ve verimli hale getirmiş, aynı zamanda daha fazla mühimmat taşıma imkânı sağlamıştır. Bu gelişme, zamanla daha fazla revolver modelinin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Bu teknolojinin ilerlemesi 20. yüzyılda da devam etmiş ve Manufrance gibi 0.25 kalibrelik

otomatik silahlar üretilmiştir. Ayrıca, Colt 0.45 modeli ve Luger gibi silahlar, 1. Dünya Savaşı öncesinde geliştirilen ve savaşın seyrini değiştiren önemli silahlar arasında yer almıştır. Birinci ve İkinci Dünya Savaşları, hafif silahların teknolojik gelişimini hızlandıran önemli dönüm noktaları olmuştur. Bu savaşlar sırasında, silahların çapı, atış şekli ve menzil gibi teknik özelliklerinde önemli iyileştirmeler yapılmıştır. Bu dönemde, özellikle Kore, Vietnam ve Arap-İsrail savaşları gibi çatışmalarda, hafif silahların etkinliği ve verimliliği üzerine birçok deneyim elde edilmiştir. Savaşlar sırasında, çeşitli mühimmat türleri ve ateşleme sistemleri üzerine yapılan iyileştirmeler, modern savaşlarda kullanılan silahların tasarımını etkilemiştir. Bu savaşlarda, bir yandan silahların menzil ve atış hızları geliştirilirken, diğer yandan silahların dayanıklılığı ve güvenilirliği artırılmaya çalışılmıştır.

İkinci Dünya Savaşı sonrasında, ateşli silahların teknolojisinde önemli bir yenilik olarak susturucular (silencer) icat edilmiştir. Susturucular, atışın sesini önemli ölçüde azaltarak, ateşin daha az fark edilmesini sağlamaktadır. Ancak bu teknolojinin geliştirilmesiyle birlikte, susturucuların kullanımı bazı pratik zorlukları da beraberinde getirmiştir. Özellikle, susturucu kullanıldığında, atışın mesafesinin ve hedefin tespit edilmesinin zorlaşması gibi problemler ortaya çıkmıştır. Bu durum, susturucuların operasyonel etkinliğini sınırlamış, ancak gizlilik gerektiren görevlerde bu tür silahların tercih edilmesini sağlamıştır. Otomatik ve yarı otomatik silahların tasarımı, sadece ateşleme mekanizmalarıyla sınırlı kalmamış, aynı zamanda ergonomik yapıları, mühimmat taşıma kapasitesi ve kullanım kolaylığı açısından da sürekli olarak iyileştirilmiştir. Silah tasarımında meydana gelen bu gelişmeler hem askeri hem de sivil alanda geniş bir kullanım alanı bulmuş, silahların çeşitlenmesine ve özelleştirilmesine olanak tanımıştır. Özellikle 20. yüzyılın başlarına kadar süregelen bu evrim, ateşli silahların sadece askeri amaçlarla değil, aynı zamanda kolluk kuvvetleri ve sivil güvenlik için de önemli araçlar haline gelmesini sağlamıştır (Ataç, 2006).

5.2. Silah Sistemleri

Silah sistemleri, çeşitli işlevleri yerine getirebilen, yaşamı tehdit edebilecek ya da hedefleri etkisiz hale getirebilecek araç ve gereçlerin genel adıdır. Silah kelimesi; uzaktan veya yakından, insanları öldürebilen, yaralayabilen, etkisiz hale getirebilen, canlı organizmaları hasta edebilen, cansız objeleri parçalayan ve yok eden her türlü araç ve

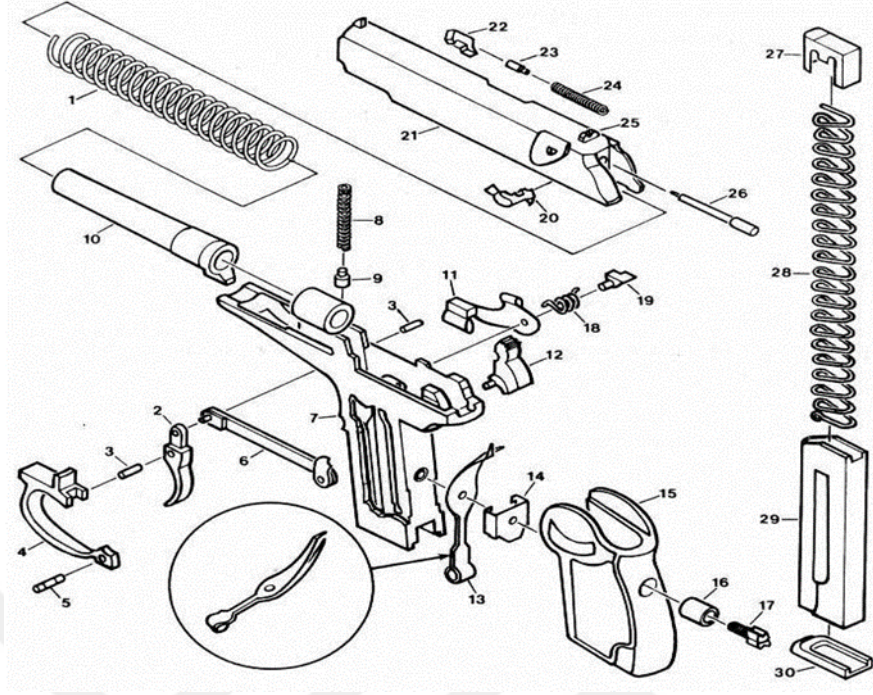
aleti kapsar. Bu tanım, ateşli, ateşsiz, kimyasal, biyolojik ve nükleer silahların hepsini içine alacak şekilde geniş bir kavramı ifade eder. Bu silahların arasında ateşli silahlar, belki de en yaygın ve en bilinen olanlardır. Ateşli silahlar, ateşlenen barut gazının gücüyle mermiyi hedefe doğru iten ve böylece istenilen etkiyi oluşturan araçlardır.

5.2.1. Ateşli Silahlar

Ateşli silahlar, kullanılan mühimmatın yapısına ve silahların tasarımına bağlı olarak farklı türlerde sınıflandırılabilir. Tabanca ve tüfekler, ateşli silahlar kategorisinde yer alan en yaygın silah tiplerindendir. Ancak tabancalar, genellikle kısa namlulu ve elde kullanılan silahlar olarak tanımlanırken, uzun namlulu ateşli silahlar, genellikle omza dayalı olarak kullanılan ve atışın daha yüksek menzilde yapıldığı silahlardır. Uzun namlulu silahlar arasında, özellikle savaş tüfekleri ve av tüfekleri gibi iki ana sınıf bulunur. Savaş tüfekleri, yüksek menzil ve güçlü tahrip gücüne sahip, yivli ve setli yapıya sahip silahlardır. Bu tür silahlar, genellikle askeri kullanımda tercih edilmekte olup, hedefin uzak mesafede olsa bile etkili bir şekilde vurulmasını sağlar. Av tüfekleri ise daha kısa menzilli ve daha geniş bir saçılma alanına sahip olup, genellikle avcılıkta ve spor atıcılığında kullanılır. Ateşli silahların temel işlevini yerine getirebilmesi için en önemli bileşen, mermidir. Mermi, ateşli silahın en temel ögesi olup, silahın atış yaptığı hedefe ulaşmasını sağlayan unsurdur. Ancak, mermi tiplerine bağlı olarak büyük yapısal farklılıklar görülebilir. Hafif silahlar için kullanılan mermiler genellikle fişek adı verilen özel yapılarla üretilir. Bir fişek, dört ana bileşenden oluşur. Bunlar; mermi çekirdeği, sevk barutu, mermi kovanı ve kapsül bölmesidir. Fişegin ilk bileşeni olan mermi çekirdeği, silahın ateşlenmesi sonucu namludan hızla çıkan uç kısımdır ve hedefe ulaşan ilk parçadır. Mermi çekirdeği, genellikle yüksek hızla hareket ederek hedefi vurur ve hasar verir. Silah ateşlendiğinde, fişegin içinde bulunan barut gazının oluşturduğu yüksek basınç, mermi çekirdeğini namludan hızla fırlatır. Barutun yanma süreci, sevk barutunun, mermi çekirdeğini istenilen hızla ve basınçla hedefe doğru yönlendirmesini sağlar. Sevk barutu, fişegin ateşlenmesinden sonra oluşan basınç artışını sağlamaktan sorumludur ve ateşli silahın işlevinin gerçekleşebilmesi için kritik bir rol oynar. Merminin ikinci bileşeni olan mermi kovanı, fişekteki diğer bileşenleri bir arada tutar ve barutun doldurulmasını sağlayan kısmı oluşturur. Kovan, aynı zamanda ateşleme sırasında oluşan gazların mermi çekirdeğini yönlendirmesini sağlayacak kadar dayanıklı olmalıdır. Mermi kovanının

önemi, yalnızca bu birleştirici göreviyle sınırlı kalmaz; aynı zamanda ateşleme işleminin güvenli bir şekilde gerçekleşmesi için de kritik bir rol oynar. Kovanın iç kısmı, genellikle çelik veya alüminyum gibi dayanıklı malzemelerden yapılır, böylece yüksek basınca dayanabilir. Son olarak, fişğin arka kısmındaki kapsül bölmesi, ateşleme işlemini başlatan bir bileşendir. Bu kapsül, silahın tetik mekanizması tarafından tahrik edilir ve ateşleme işlemini başlatır. Kapsül, içerdiği kimyasal maddeler sayesinde ateşleme sırasında kıvılcım oluşturarak barutun yakılmasını sağlar. Bu, fişğin ateşlenmesi için gerekli olan ilk adımdır ve ateşli silahın işlevselliği açısından temel bir unsurdur.

Ateşli silahların işleyişi ve yapısı hakkında daha fazla bilgi edinmek, bu silahların tarihsel gelişimi ve günümüzdeki uygulamalarını anlamak açısından da oldukça önemlidir. Ateşli silahların tasarımındaki yenilikler, güvenlik, verimlilik ve hedefe yönelik doğruluğu artırma açısından sürekli olarak geliştirilmektedir. Her bir bileşenin daha verimli ve dayanıklı hale getirilmesi, silahların kullanım ömrünü uzatmakta ve operasyonel etkinliğini artırmaktadır. Örneğin, mermi kovanlarının malzeme kalitesi, barutun daha verimli yanmasını ve daha güvenli bir şekilde ateşlenmesini sağlarken, kapsül bölmesinin tasarımı da ateşleme mekanizmasındaki hassasiyetin artırılmasına katkı sağlar. Tüm bu bileşenlerin bir araya gelmesi, ateşli silahların işlevselliğini ve güvenliğini maksimize eder. Ateşli silahların yapısal unsurlarının, tasarımındaki her bir detayı, silahın nasıl çalıştığını ve hangi koşullar altında en verimli şekilde kullanılacağını belirler. Bu sistemlerin sürekli olarak geliştirilmesi, sadece askeri alanda değil, aynı zamanda güvenlik güçleri ve sivil kullanımda da büyük önem taşır. Silah sistemlerinin ilerlemesi, teknolojinin getirdiği yenilikler sayesinde hızla devam etmektedir.



Şekil 5.2. Ateşli hafif silahın yapısı (Technical information, 2018)

1. İcra yayı
2. Tetik
3. Tetik bağlantı pimi
4. Tetik korkuluğu
7. Gövde
10. Namlu
12. Horoz
15. Kabza
20. Emniyet mandalı
21. Sürgü takımı
25. Gez
26. Ateşleme iğnesi
28. Şarjör yayı
29. Şarjör

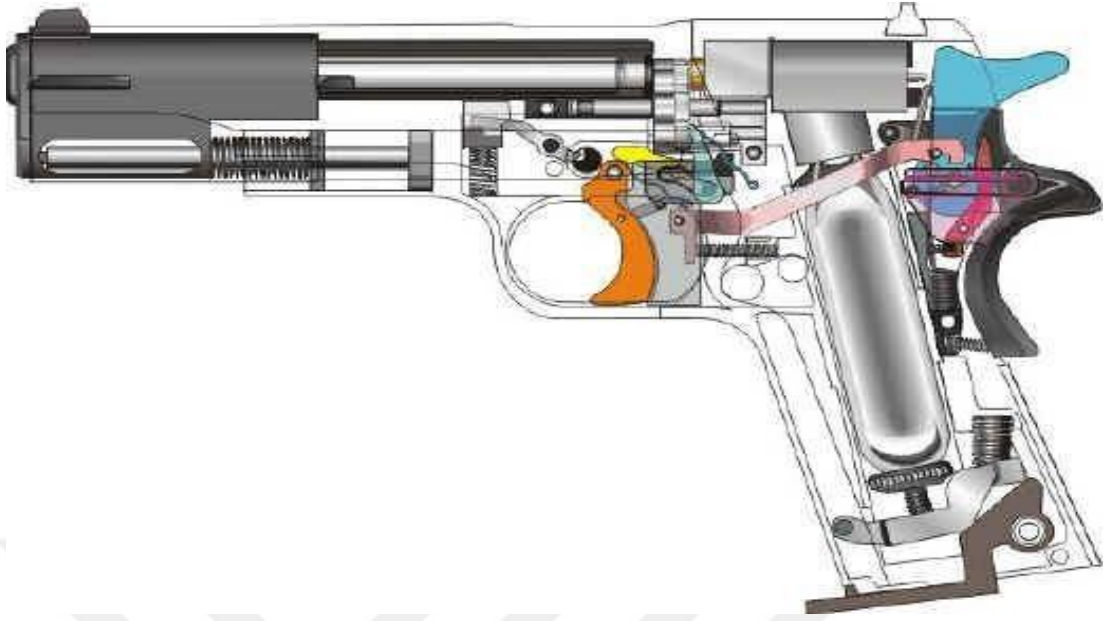
Silahın ateşleme mekanizmasındaki temel işlem, ateşleme iğnesinin fişek kapsülüne çarpmasıyla başlar. Bu çarpma, kapsüldeki patlayıcı maddeyi tetikler ve böylece kapsül patlar. Patlamanın sonucu olarak, fişğin içindeki barut ateşlenir. Barutun yanmasıyla, büyük miktarda sıcak gaz açığa çıkar. Bu gaz, büyük bir basınçla yol açar ve mermi çekirdeğini ileriye doğru iterek, onu namlunun ucundan hızla fırlatır. Bu süreçte, silahın namlusu içinde oluşan basınç, genellikle 410 N/mm^2 'ye kadar ulaşabilir. Bu kadar yüksek bir basınç, merminin hızla ve etkili bir şekilde hareket etmesini sağlayan temel kuvveti oluşturur. Barutun yanmasıyla ortaya çıkan sıcaklık, oldukça yüksek seviyelere çıkar. Genellikle 2800°C 'yi aşan bir sıcaklık oluşur. Bu yüksek sıcaklık, barutun çok hızlı bir şekilde yanmasını sağlar ve bu da gazın hızla genleşmesine yol açar. Genleşen gazın basıncı, bazen 1300 kat kadar artar. Bu artış, merminin hızlanmasına katkı sağlar. Silahın içinde hızla gelişen bu enerji, aynı zamanda geri tepme kuvvetinin oluşmasına yol açar. Geri tepme kuvveti, merminin ileriye doğru hareketiyle ters orantılı olarak ortaya çıkar ve bu da silahın atış sırasında geriye doğru hareket etmesine neden olur. Merminin namlu içindeki hareketi sırasında, mermi, namludaki setlere sürtünerek ilerler. Aynı zamanda, bu hareket, mermiye dönüş hareketi kazandıran bir etki yaratır. Yani, mermi hem doğrusal olarak hızlanırken hem de dönerek ilerler. Bu dönme hareketi, merminin daha stabil bir şekilde hedefe yönelmesini sağlar. Namlu boyunca hızlanarak ilerleyen mermi, sonunda namlunun ucundan hızla fırlayarak hedefe doğru yönelir. Barutun yanması sonucu ortaya çıkan enerjinin bir kısmı, silahın geri tepkisini oluştururken, diğer kısmı da silahın atış için hazırlanmasına katkı sağlar. Bu enerjinin büyük bir bölümü, mekanizmanın bir sonraki atış için hazır hale gelmesi amacıyla yay-silindirin sıkışmasına yönlendirilir. Bu mekanizma, her atışta silahın bir sonraki atış için gerekli hazırlıkları yapmasına olanak tanır. Merminin fırlatılması ve silahın atışa hazırlanması arasında gerçekleşen bu süreç, silahın işlevselliğini artırır ve bir sonraki atış için silahın hızla yeniden kullanılabilir hale gelmesini sağlar. Silahın ateşleme süreci, karmaşık bir fiziksel etkileşimler dizisiyle gerçekleşir. Ateşleme iğnesinin çarpmasıyla başlayan bu süreç, barutun hızlı bir şekilde yanması, gaz basıncının mermiyi ileriye doğru itmesi, merminin namlu boyunca hızlanması, geri tepme kuvvetinin oluşması ve nihayetinde silahın bir sonraki atışa hazırlanması aşamalarından oluşur. Her bir aşama, silahın performansını doğrudan etkiler ve yüksek hassasiyetli ateşli silahların verimli çalışabilmesi için bu aşamaların doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekir. Silahın her bir bileşeni, ateşleme sürecinin bir parçası

olarak birbirine bağılıdır. Merminin hızlı bir şekilde namludan çıkması ve hedefe yönelmesi, yüksek basınç ve sıcaklıkla mümkün olabilmektedir. Aynı zamanda, geri tepme kuvvetinin etkisi ve mekanizmanın hızlı bir şekilde hazırlığı, silahın verimli ve hızlı bir şekilde kullanılmasını sağlayan unsurlardır. Bu etkileşimler, ateşli silahların etkili ve güçlü bir şekilde kullanılabilmesini mümkün kılar. (Farrar ve Leeming, 1983).

5.2.2. Havalı Silahlar

Havalı silahlar, basınçlı hava ya da gazın, mermiye itici güç sağlamak amacıyla kullanıldığı ve özel şekilli mermi tanelerini hedefe gönderen silahlardır. Bu tür silahlar, özellikle nişan almak ve avcılık gibi amaçlarla kullanılmakta olup, günümüzde oldukça yaygın hale gelmiştir. Havalı silahların çalışma prensibi, belirli bir gaz ya da havanın sıkıştırılması ve bu basıncın, mermiye aktararak fırlatılması üzerine kuruludur. Çeşitli havalı silah sistemleri, özellikle tüfekler ve tabancalar olmak üzere farklı tasarımlar ve uygulama alanlarına sahiptir (Warlow, 1996).

Havalı silahları, kullanım amacına ve özelliklerine göre genellikle iki ana grupta toplamak mümkündür. Bu gruplar, "nişan silahları" ve "av silahları" olarak ayrılmaktadır. Havalı nişan silahları, 10 metrelik mesafede, 4,5 mm çapında (0,177 Kalibre) mermilerle hedefi isabetle vurmak için gereken kinetik enerjiyi üreten silahlar olarak tanımlanabilir (Straight Shooters Precision Airguns, 2018). Bu silahlar, özellikle spor nişancılığı ve hedefleme amacıyla tercih edilmektedir. Havalı silahların diğer bir kullanım alanı da avcılıkla ilgilidir ve bu silahlar, uzun menzilli atışlar yapmak için tasarlanmıştır.



Şekil 5.3. CO₂ tüplü silahın iç yapısı (Cold, 2018)

Havalı silahlar, genel olarak üç ana başlık altında incelenebilir: yaylı-pistonlu silahlar, pnömatik silahlar ve karbondioksit (CO₂) tüplü havalı silahlar. Yaylı-pistonlu havalı silahlar, yay baskısının etkisiyle, pistonlar aracılığıyla sıkıştırılan havayı kullanarak mermiyi namludan dışarıya atarlar (Airguns, Accessories, 2018). Bu tür silahlar, güçlü bir atış sağlamak amacıyla yaylı mekanizmaları kullanır ve mermiye yön verilen kuvvetin temel kaynağını oluşturur. Pnömatik Havalı Silahlar ise, pistonun bir manivela sistemi yardımıyla hareket ettirilmesiyle çalışır. Bu manivela sistemi, pistonun arkasındaki hazneye hava almasına imkân tanır. Hava, haznede sıkıştırılarak, mermiye itici bir güç sağlar. Bu tür silahlar, yaklaşık 200 bar basınca sahip bir tüp ile çalışır ve genellikle ortalama 300-350 m/s hızda mermi fırlatabilirler. Ayrıca, bu tür havalı silahlarla bir defada en az 100 atış yapılabilmesi mümkündür (How works air rifles, 2019). Pnömatik sistemler, diğer havalı silahlara göre daha yüksek performans ve uzun süreli kullanım imkânı sunmaktadır. Karbondioksit (CO₂) Tüplü Havalı Silahlar, içinde karbondioksit gazı bulunan metal tüpler kullanarak çalışır. Bu tüpler, silahın gövdesine yerleştirilir. CO₂ tüpleri, kısa namlulu silahlarda genellikle kabza kısmında, uzun namlulu silahlarda ise dipçikte uygun bir pozisyonda bulunur. Karbondioksit tüpü kullanan havalı silahların en büyük avantajı, tüp yerleştirildikten sonra silahın hemen ateşlemeye hazır olmasıdır. Bir gaz tüpü ile ortalama olarak 50 atış yapılabilir. Ayrıca, üretim maliyetleri de diğer havalı silahlarla kıyaslandığında daha düşüktür. Bu avantajları, CO₂ tüplü havalı silahları daha ekonomik ve kullanıcı dostu hale getirir.

5.2.3. Susturucu

Susturucular, ateşli silahların namlusuna takılan ve ateşleme esnasında ortaya çıkan yüksek şiddetli ses dalgalarını azaltmaya yarayan özel bir yapıya sahiptir. Bu yapılar, genellikle bir genleşme odası ve ilave odacıklardan oluşur. Silah susturucularının temel işlevi, silah ateşlendiğinde çıkan gürültüyü minimize etmektir. Bu, özellikle keskin nişancıların, ateş ettikleri yerin tespit edilmesini zorlaştırmalarına yardımcı olur. Ayrıca, kalabalık alanlarda ya da yerleşim yerlerinde ateşli silahların kullanılması sırasında çevredeki insanların etkilenmesini engellemeye yönelik bir çözüm sunar (Seçgin ve Arslan, 2012).



Şekil 5.4. Susturucunun montajı ve kesit görünüşü (Silencers, 2018).

Susturucu, namlu ağzından çıkan yüksek basınçlı itici gazları, içerisinde oluşturulmuş olan odacıklarda hapsederek gazın basıncını önemli ölçüde düşürür. Bu, namlu ağzındaki basıncı 4 bar seviyelerine kadar indirir. Bu basınç düşüşü, silahın ateşlenmesi sırasında duyulan patlama sesinin de önemli ölçüde azalmasına yol açar. Bu şekilde, ateşli silahlar daha az dikkat çeker ve silah kullanımı daha gizli hale gelir. Ses şiddeti, genellikle desibel (dB) birimiyle ölçülür. Desibel, ses basıncının referans basınca oranının logaritması olarak tanımlanır ve ses şiddeti seviyesi aşağıdaki formülle hesaplanabilir;

$$Lp = 10 \log \left[\frac{P}{P_0} \right]^2 \quad (5.1)$$

Burada, P ses basıncını, P_0 ise referans ses basıncını (2×10^{-4} N/m²) temsil etmektedir. Susturucu kullanımı, silah gürültüsünü azaltmakta oldukça etkili olmakla birlikte, aynı zamanda merminin namlu çıkış hızını da düşürebilir. Bu, bazı durumlarda istenmeyen bir durum oluşturabilir, çünkü hızın düşmesi, merminin hedefe ulaşma süresini etkileyebilir (Menzies, Scroggie ve Labowitz, 1981). Ancak, susturucu sayesinde, gürültü seviyesi düşerken, aynı zamanda daha hassas ve gizli bir atış gerçekleştirilmesi mümkün hale gelir. Gürültü, istenmeyen, rahatsız edici ya da sağlık üzerinde olumsuz etkiler yaratan bir ses olarak tanımlanabilir. İnsanlar, gürültüye karşı farklı şekillerde tepki verirler. Birincisi, duyuşal açıklamalarla belirlenen psikolojik rahatsızlıklardır. Diğer ise çeşitli ölçüm yöntemleriyle belirlenen fizyolojik rahatsızlıklardır. Gürültünün insan üzerinde oluşturduğu etkiler arasında, psikolojik bozukluklar, iletişimi engelleme ve kalıcı duyma bozukluğu riski gibi önemli sorunlar bulunmaktadır (ÇOB, 2011).

Susturucuların tasarımındaki ana hedef, namludan çıkan yüksek itici gaz basıncını olabildiğince düşük seviyelere indirmektir. Bu hedefe ulaşmak için, susturucunun iç yapısındaki odacıkların yerleşim açısı, hacmi, basınç giriş delikleri ve genel yapısı büyük önem taşır. Susturucunun başarısı, takıldığı silahın teknik özellikleriyle uyumlu olmasına da bağlıdır. Silahın namlu çapı, kullanılan barutun türü, mühimmatın cinsi, namlu boyu, yiv-set sayısı ve açıları, susturucunun verimliliğini doğrudan etkileyen faktörler arasında yer alır. Susturucular, tek parçalı ya da çok parçalı iç yapıda üretilebilirler. Bu yapılar, tasarımın amacına ve kullanım ihtiyaçlarına göre şekillenir.

5.3. Silah Sistemleri

Günümüzde, ateşli silahların çalışma prensipleri temel olarak benzer mekanizmalara dayanır. Her bir ateşli silah, özellikle de modern modeller, mermiyi etkili bir şekilde namludan fırlatabilmek için karmaşık ve hassas bir mekanizma ile donatılmıştır. Temelde, silahın çalışma prensibi, mekanizmanın tetiklenmesiyle başlar. Silahı kullanmadan önce, el ile kurulum yapılır ve mermi, silahın haznesine yerleştirilir. Tetiğe basıldığında, silahın horozu, iğneye çarpar. Bu darbe, fişegin içerisindeki barutu ateşler. Barutun ateşlenmesiyle, içeride yüksek miktarda gaz ve basınç oluşur. Bu basınç, mermiyi silahın namlusundan dışarıya doğru iterken, aynı zamanda namlu içerisindeki yivler sayesinde merminin dönmesini sağlar. Mermi, yüksek hızla namludan çıkarak

hedefe yönelir. Bu basınç, silah mekanizmasının geriye doğru hareket etmesini de sağlar. Bu geri hareket, kurulan yay sayesinde silahın tekrar ileriye doğru hareket etmesini ve bir sonraki atış için mermiyi haznesine almasını sağlar. Bu sistem, her atıştan sonra silahın yeni bir mermiyi atışa hazırlamasına olanak tanır. Silahın tekrar atışa hazır hale gelmesi, yüksek verimli ve hızlı bir mekanizma ile sağlanır ve silahın verimli bir şekilde kullanımını mümkün kılar. Bu tür mekanizmalar hem silahın kullanımını kolaylaştırmakta hem de güvenli bir şekilde işlemlerini temin etmektedir (Çayıroğlu ve Dizdar, 2004).



Şekil 5.5. Silahlar ve silah sistemleri (Çayıroğlu ve Dizdar, 2004).

Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) ve Türk Silahlı Kuvvetleri (TSK), çeşitli operasyonel ihtiyaçlarını karşılamak için uluslararası standartlara uygun, yüksek teknolojili silah sistemleri kullanmaktadır. Bu silahlar, personelin görevlerini etkili ve güvenli bir şekilde yerine getirmesini sağlamak amacıyla tasarlanmış olup, her biri farklı operasyonel gereksinimlere hitap etmektedir. Öne çıkan silah sistemleri arasında keskin nişancı tüfekleri, saldırı tüfekleri, tek atışlı tabancalar, çok namlulu tabancalar, toplu tabancalar ve manivelalı tabancalar yer almaktadır. Bu çeşitler, farklı kullanım senaryolarına göre özel olarak tasarlanmış ve her biri belirli taktiksel ihtiyaçları karşılayacak şekilde şekillendirilmiştir. Silah sistemleri, kara harekâtları, hava tehditleri ve asimetrik tehditlerle mücadele gibi durumlar için özel olarak optimize edilmiştir. Her

bir silah, ilgili tehditlere karşı en iyi performansı gösterecek şekilde seçilir ve kullanılır (Çayıroğlu ve Dizdar, 2004).

Gelişmiş ülkelerde, şiddet unsuru içeren suçlar arasında kesici aletler ve ateşli silahların yaygın kullanımı dikkat çekmektedir. Özellikle, bıçaklar ve benzeri kesici aletler, cinayetlerde ve şiddet suçlarında sıkça kullanılmaktadır. Ateşli silahlarla işlenen suçlar, toplumda ciddi bir tehdit oluşturmakta ve suç oranlarını artırmaktadır. Bu bağlamda, ateşli silahların ve kesici aletlerin, suçlu davranışlar ve çete faaliyetleri ile bağlantılı olarak giderek daha fazla kullanıldığı görülmektedir. Örneğin, birçok ülkede, ateşli silahların, özellikle cinayetlerde bıçaklardan daha ölümcül olduğu bilimsel çalışmalarla kanıtlanmıştır. Araştırmalar, ateşli silahlarla işlenen cinayetlerin, baş, göğüs ve karın bölgesine yönelik vuruşların ölümcüllüğünü artırdığına dikkat çekmektedir (Khoshnood, 2018).

Son yıllarda, ateşli silahlarla gerçekleştirilen cinayetlerin sayısındaki artış, toplumlar üzerinde ciddi bir kaygıya yol açmaktadır. Bu tür suçlar, genellikle şehirlerin kalabalık bölgelerinde ve sosyo-ekonomik olarak zor durumda olan bölgelerde daha sık görülmektedir. Bu durum, suç oranlarının artmasının, toplumsal yapılar ve yaşam koşulları ile doğrudan bir ilişkisi olduğunu göstermektedir. Bu tür suçları çözmede ise emniyet güçleri büyük zorluklar yaşamaktadır. Ateşli silahlarla işlenen cinayetlerin çözülmesinde karşılaşılan zorluklar, genellikle bu silahların kaynağının izlenmesinin güç olmasından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, emniyet güçlerinin bu konuda çeşitli iyileştirmeler yapmak için çalışmalarını sürdürdüğü de belirtilmektedir. Ancak, ateşli silahlarla ilgili şiddet konusunun toplum üzerindeki etkilerini tam anlamıyla çözebilecek araştırmalar ve çalışmalar hala yeterli seviyeye ulaşmamıştır. Gelişmiş ülkelerde, bu konuda yapılan akademik çalışmalar ve araştırmalar, ateşli silahlarla gerçekleştirilen şiddet eylemlerinin, toplumdaki psikolojik ve fizyolojik etkileri üzerine yoğunlaşmaktadır. Yine de bu tür suçları önlemek ve toplumda güvenliği sağlamak amacıyla daha fazla araştırma yapılması gerektiği ortadadır. Silahların etkili ve güvenli bir şekilde kullanımının yanı sıra, şiddetin önlenmesi için toplumsal farkındalık oluşturulması, emniyet önlemlerinin artırılması ve yasal düzenlemelerin yapılması büyük önem taşımaktadır.

5.4. Silah Sistemleri Unsurları

5.4.1. Namlu

Silah sistemlerinin en temel bileşenlerinden biri olan namlu, ateşli silahların çekirdeğini hedefe yönlendiren en önemli parçadır. Namlu, çeşitli şekillerde olabilir ve bu çeşitlilik silahın türüne ve kullanım amacına göre değişkenlik gösterebilir. Namlular genellikle yivli ve setli, ya da yivsiz ve setsiz olarak tasarlanır. Çoğu modern ateşli silah, namlularında bir dizi yiv ve set bulunur. Bu yivler, merminin dönmesini sağlayarak daha stabil bir yol almasını ve hedefe daha doğru bir şekilde ulaşmasını temin eder. Bu tür yapılar, merminin uçuş esnasındaki dengesizliğini minimize eder ve doğru atış yapma imkânı tanır. Yivlerin tasarımı, silahın menzilini ve hedefe olan doğruluğunu doğrudan etkileyen bir faktördür. Yivlerin sağa ya da sola doğru spiralleşmesi, merminin dönme hareketi kazanmasını sağlayarak doğruluğu artırır. Bu mekanizma, silahın gücünü ve atış güvenliğini artırır (Öğünç, 2013).

5.4.2. Kovan

Kovan, barut, çekirdek ve kapsülü bir arada tutarak onları dış etkenlerden korur. Genellikle pirinçten üretilen kovanda, atış sırasında oluşan sıcaklık ve basınç etkisiyle, silahın sıcaklığı belirli bir noktaya ulaştığında kovan, dışarı atılarak silahın soğumasına katkı sağlar. Kovanın dışarı atılması, ateşli silahların çalışma düzeni açısından kritik bir rol oynar çünkü silahın içindeki sıcaklık artışı, mekanizmanın verimli çalışmasını olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, kovanda yer alan bu parçalar, atış anında silahın içinde bulunan patlayıcıları da düzenli bir şekilde yönlendirerek daha güvenli bir atış yapılmasını sağlar (Özdemir, 2007).

5.4.3. Kapsül

Kapsül, kovanın alt kısmında yer alan bir bileşendir ve silahın ateşlenmesini başlatan kritik unsurdur. Kapsül, içerisindeki çok kolay alev alabilen maddeler sayesinde silahın ateşlenmesini sağlar. Tetiğe basıldığında, iğne kapsüle çarpar ve bu çarpma sonucunda kapsülde bulunan maddeler alev alır. Bu alev, fişek içerisindeki barutu

ateşleyerek mermiyi namludan dışarı çıkarır. Kapsülün çalışma prensibi, ateşli silahların güvenli bir şekilde ateşlenmesini sağlayan en temel unsurlardan biridir ve kapsülün yapısındaki hassasiyet, atışın doğru ve güvenli bir şekilde yapılmasına yardımcı olur (Özdemir, 2007).

5.4.4. Barut

Barut, ateşli silahların en önemli bileşenlerinden biridir. Yanıcı ve patlayıcı özelliklere sahip olan barut, ateşli silahın çalışmasını sağlayan enerjiyi üretir. Barutun yanma hızı, yapısına ve nem oranına bağlı olarak değişir. Kuru barutlar, daha hızlı bir şekilde yanarken, nemli barutlar daha yavaş yanar. Bu durum, silahın atış hızını ve merminin hızını doğrudan etkiler. Barut, her ne kadar ateşli silahların en önemli bileşeni olsa da barutun kalitesi ve özellikleri, silahın verimliliğini de büyük ölçüde etkiler. Barutun türü, tanelerinin şekli ve miktarı, silahın gücünü, menzilini ve atış doğruluğunu belirleyen faktörlerdir. Barutun türüne bağlı olarak, merminin hızında da değişiklikler meydana gelir. Bu durum, silahın hedefe ulaşma süresi ve hedefe ne kadar hasar vereceği konusunda önemli bir etkiye sahiptir (Özdemir, 2007).

5.4.5. Yiv-Set

Yiv-set sistemi, merminin namlu içindeki hareketini daha stabil hale getirmek için tasarlanmış bir yapıdır. Bu sistem, merminin dönmesini sağlayarak doğruluğunu artırır. Yiv ve setler, namlu boyunca uzanan, birbirine paralel olan girinti ve çıkıntılardır. Yiv-set sistemi, silahın namlusuna spiral bir şekil verir ve bu şekil merminin dönmesini sağlayarak daha düzgün bir yol almasına olanak tanır. Yiv-set sistemi, silahın verimliliği ve doğruluğu açısından büyük bir öneme sahiptir. Namlu tasarımındaki bu özellik, ateşli silahların etkinliğini artırır ve hedefe daha hassas atış yapılmasını sağlar. Yivlerin tasarımı ve açıları, merminin hızını ve doğruluğunu belirlemede önemli bir faktör olup, her silah modelinin kendine özgü yiv seti tasarımları vardır (Öğünç, 2013).

5.4.6. Hatve

Hatve, merminin namluda bir defa dönmesini sağlamak için kullanılan mesafeyi ifade eder. Mermi çekirdeği, namlunun içindeki yiv-setlere uyarak döner. Bu dönüş

hareketi, silahın doğruluğunu artırır ve merminin hedefe doğru ilerlemesini sağlar. Hatve, namlunun tasarımına bağlı olarak değişiklik gösterebilir ve bu da silahın etkinliğini etkileyen önemli bir unsurdur. Bazı silahlar, sabit namluya sahipken, bazı tabancalarda ise hareketli namlular bulunur. Hareketli namlular, ateşle birlikte geri geri hareket ederek merminin çıkarılmasını sağlar. Namlunun sabitliği ya da hareketliliği, silahın doğruluğu ve verimliliği üzerinde belirleyici bir rol oynar (Öğünç, 2013).

5.4.7. Çap (Kalibre)

Silahın çapı veya kalibresi, iki set arasındaki mesafenin milimetre ya da inç cinsinden ölçülmesidir. Namlu çapı, silahın hedefe olan mesafesini ve atış gücünü etkiler. Namlu çapı ne kadar geniş olursa, mermi o kadar büyük olur ve mermi daha fazla hasar verebilir. Bununla birlikte, namlu uzunluğunun artması, silahın etkili menzilini artırırken, bu artış aynı zamanda merminin hızını da artırır. Ancak, namlu uzunluğunun kısaltılması, çıkış hızını artırırken, merminin menzilini kısaltır. Bu denge, silahın etkili kullanımı için çok önemlidir ve her silah modelinin tasarımında dikkate alınır (Öğünç, 2013).

5.4.8. Silah Beşik Sistemi

Silah beşik sistemi, silahın namlusunu taşıyan ve geri tepme kuvvetlerini taşıyıcı sisteme aktaran yapıdır. Bu sistem, silahın geri tepme hareketi sırasında kılavuzluk ederek silahın verimli bir şekilde çalışmasını sağlar. Beşik sistemi, silahın mekanik yapısının önemli bir parçasıdır ve silahın geri tepme kuvvetlerini dengeleyerek atış sırasında oluşan geri tepmenin etkilerini azaltır. Bu yapı, özellikle ağır silahlar için kritik öneme sahiptir ve silahın kararlılığını sağlamak için geliştirilmiştir (Taşkiran, 2010).

5.4.9. Silah Kundak Sistemi

Silah kundak sistemi, silahın namlusunun yatay ve düşey düzlemde yönlendirilmesini sağlayan ve atış anında doğabilecek yükleri zemine ileten sistemdir. Kundak sistemi, silahın etkili kullanımını sağlayan bir bileşendir ve kullanıcıya atış sırasında denge sağlar. Kundak, genellikle alt ve üst olmak üzere iki ana bileşenden oluşur. Alt kundak, silahı tutan kısımken, üst kundak ise namlunun yönlendirilmesini sağlar. Diğer yardımcı bileşenler, silahın dengeleme ve yükseliş mekanizmalarını içerir.

Kundak sistemi, her silah türüne göre farklılık gösterebilir ancak temel işlevi, atış sırasında kullanıcıya rahatlık ve denge sağlamaktır (Taşkiran, 2010).

5.5. Ateşleme Tertibatı

Silah iğnesinin mermi kapsülüne darbe yaparak barutun ateşlenmesini sağlayan kısımdır. Tetik, iğne, iğne yayı, horoz, horoz mesnedi ve yayından oluşmaktadır (Özdemir, 2007).

5.5.1. Tetik

Merminin ateşlenmesi için ilk hareketi veren silah kısmına tetik denir. Silah tetiğinin çekilmesi ile birlikte otomatik tabancalarda horoz silah iğnesi çarparak iğnenin büyük bir kuvvetle kapsüle vurmasını sağlar veya iğneli (horozsuz) sistemdeki gibi silah ateşleme iğnesini serbest bırakıp harekete geçirerek kapsüle çarpmasını sağlar (Özdemir, 2007).

5.5.2. İğne

Silahta horozun yapacağı hareketi fişek kapsülüne aktaran ve silahtaki patlamayı gerçekleştiren parçadır (Özdemir, 2007).

5.5.3. İğne Yayı

Silahta horoz tarafından ileriye itilen iğnenin iğne yuvası içinde, daha sonra da geriye ve normal yerine gelmesini sağlamaktadır (Özdemir, 2007).

5.5.4. Horoz

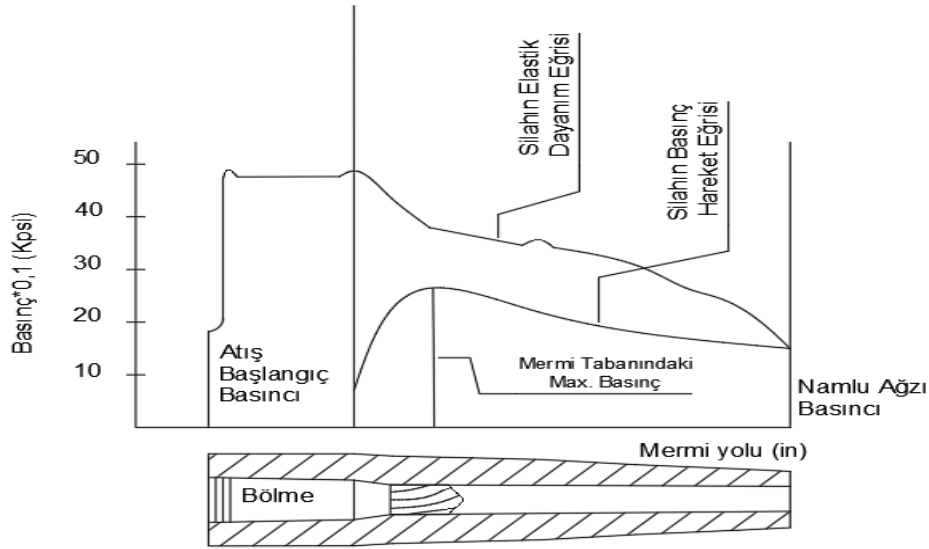
Silahın horozlu sisteminde tetiğin çekilmesi ile birlikte iğneye bir kuvvet uygulayarak iğnenin kapsüle çarpmasını sağlayan kısımdır. Toplu tabancalarda olduğu gibi doğrudan kapsüle çarpan kısımdır (Taşkiran, 2010).

5.5.5. Horoz mesnedi ve yayı

Top namluları, balistik çevrim esnasında meydana gelen yüksek basınçlara dayanacak şekilde yapılmaktadır. Namlu en yüksek basınçların hüküm sürdüğü arka kısımlarda en büyük kalınlığa sahip olmaktadır. Namlu mukavemeti (cidar kalınlığı)

bütün balistik çevrim boyunca sistem bütünlüğünü garanti etmek için yeterli şekilde, namlu ağzına doğru azalmaktadır (Taşkiran, 2010).

Şekil 5.6’da tipik mermi tasarımı resmi gösterilmektedir. Namlu içerisinde mermi hareketi sonucu meydana gelen namlu içi ve namlu ağzı basınçları vardır



Şekil 5.6. Namlu mukavemet talepleri, Tipik tasarımı (Nalbant, 1997)

5.6. Ateşli Silahlar

Silah; “uzaktan ya da yakında canlıları öldürebilen, yaralayan, etkisiz bırakan, canlı organizmaları hasta eden, cansızları parçalayan, yok eden araç ve aletlerin tümüne” denmektedir. Mermiye, ateşlenen barut gazıyla itici güç vererek hedefe ulaştırmaya yarayan aletlere ateşli silah denmektedir (Öztürk, 1984).

Başka bir tanıma göre; mekanik bir kuvvetle içerisinde bulunan sert cisimleri belirli mesafelere kadar ulaştıran ve orada da bu sert cismin etkisiyle tahribat yapan aletlere ateşli silah denir. Bu iki tanıma göre ateşli silah; özel şekil ve niteliği bulunan mermiyi barut gazı basıncı ile uzak mesafelere atabilen aletler olarak tanımlanır (Nalbant, 1997).

Tabanca, tüfek örnek olarak bu grupta gösterilebilen silah türleridir. Şekilde bir tabancanın çalışma prensibi gösterilmektedir. Tabancaların tersine, uzun namlulu hafif silahlar genellikle omuza dayalı olarak atış yapılan mekanizma dipçik, kundak ve namlu olmak üzere dört ana parçadan oluşan silahlardır. Bunları savaş tüfekleri ve av tüfekleri

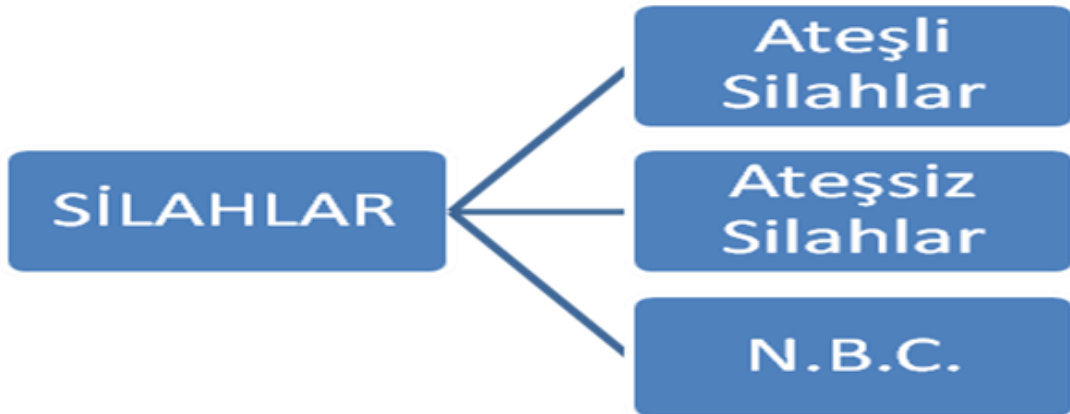
olmak üzere iki başlıkta inceleyebiliriz. Savaş tüfekleri yiv ve setli olup, uzun menzil ve tahrip gücü yüksek olan silahlardır. Şekil 5.7’de ateşli silahın çalışma prensibi verilmektedir. Merminin şarjörden namluya verilmesi gösterilmektedir (Sarıbey, 2008).



Şekil 5.7. Ateşli silahın çalışma prensibi (Sarıbey, 2008).

5.7. Silahların Sınıflandırılması

Silahlar, çeşitli özelliklere göre farklı şekillerde kategorize edilebilir. Şekil 5.8’de görüldüğü gibi genel olarak silahları; ateşli, ateşsiz ve N.B.C. (nükleer, biyolojik, kimyasal) silahlar olarak kategorize edebiliriz (Sarıbey, 2008).

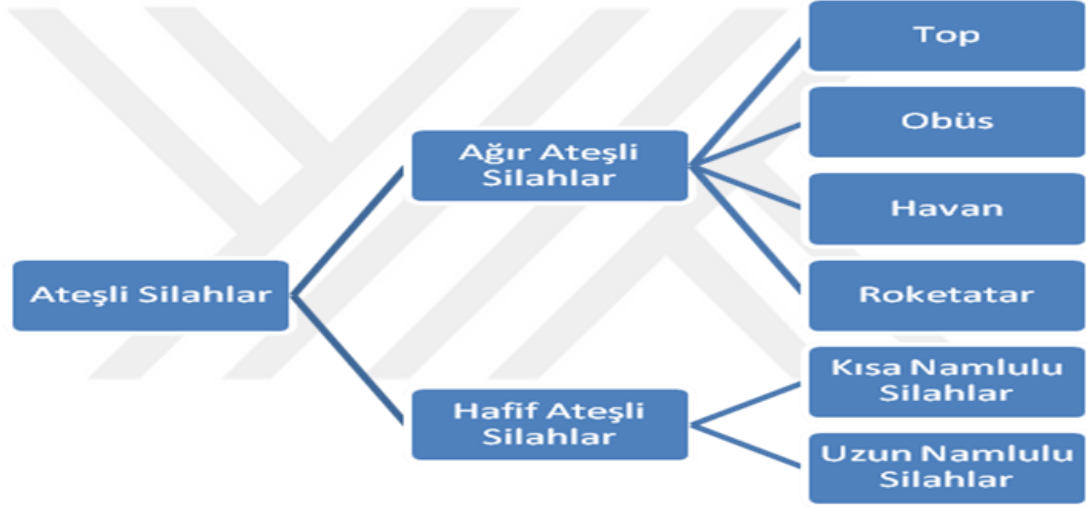


Şekil 5.8. Silahların Sınıflandırılması

5.7.1. Ateşli Silahlar

6136 sayılı Ateşli Silahlar ve Bıçaklar ile Diğer Aletler Hakkındaki Kanun'da ateşli silah; „‘mermi çekirdeği veya saçma diye tabir edilen özel şekil ve nitelikteki maddeleri, barut gazı veya bu neviden patlayıcı ve itici güç ile uzak mesafelere kadar atabilen silahlar şeklinde ifade edilmiştir (Sarıbey, 2008).

Ateşli silahlar; Şekil 5.9'da görüldüğü gibi, ağır ateşli silahlar ve hafif ateşli silahlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Hafif ateşli silahlar genellikle adli vakalarda karşımıza çıkar, kısa namlulu ve uzun namlulu olmak üzere ikiye ayrılırken,



Şekil 5.9. Ateşli Silahların Sınıflandırılması

Uzun namlulu ateşli silahlar ise harp silahları ve av silahları olmak üzere iki grupta kategorize edilir. Ordu bünyesinde kullanılan silahlar ise ağır ateşli silahlar olarak bilinirler (Sarıbey, 2008).

5.7.1.1. Ağır Ateşli Silahlar

Namlu çapı 60 kalibreden (0,6 inç veya 15 mm) büyük olan, mürettebat tarafından kullanılan büyük ve modern savaş silahları olarak adlandırılırlar. Ağır ateşli silahlar top, obüs ve havan olarak kategorize edilirler (Anonim, 2024)



Şekil 5.10. Elektromanyetik top (Carlucci, 2007)

Şekil 5.10’te elektromanyetik bir top bulunmaktadır. Toplar, uzun namlulu ve uzun menzilli, mermi yolu daha yatay ağır ateşli silahlardır.

Şekil 3.5’te Yavuz obüs sistemi bulunmaktadır. Ağır ateşli silahlar olarak bilinen obüslerin namlusu ve menzili daha kısadır, mermi yolu yumuşak bir yay çizerek hareket etmektedir.

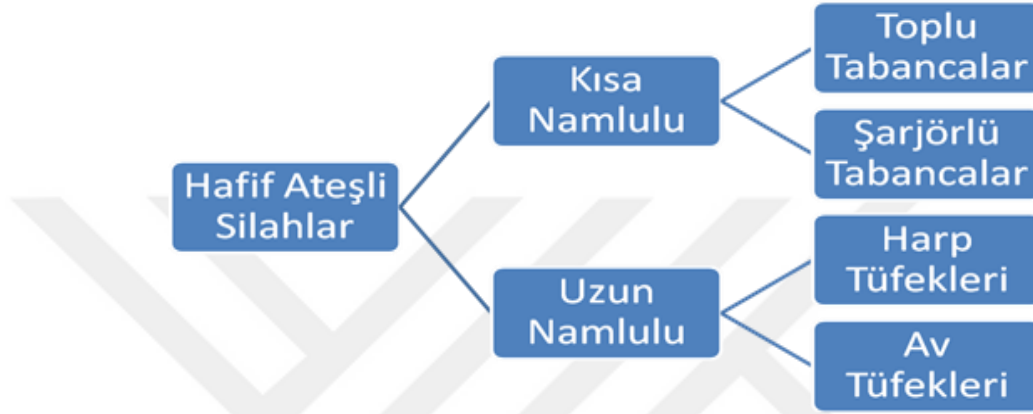


Şekil 5.11. Havan topu ve T-122 Roketatar [21,22]

Şekil 5.11’de ise havan topu ve roketatar bulunmaktadır. Ağır ateşli silahlar olarak bilinen havan ise çok kısa namlulu ve kısa menzillidir, yüksek bir açıyla ateşlendiği için mermi yolu firkete biçiminde olmaktadır. Hem top hem de obüs özelliği taşıyan ara tipler de mevcuttur. Bunlar ise obüs-top olarak isimlendirilir (Anonim, 2024).

5.7.1.2. Hafif Ateşli Silahlar

Hafif ateşli silahlar; isabet oranı yüksek, bir kişi tarafından kullanılabilen, menzili ve tahrip gücü düşük silahlar olarak tanımlama yapılabilir. Örnek olarak; tabanca, tüfek ve makineliler verilebilir. Şekil 5.12’de



Şekil 5.12. Hafif ateşli silahların sınıflandırılması

Şekil 5.12’de görüldüğü gibi uzun namlulu ve kısa namlulu ateşli silahlar olarak kategorize etmek mümkündür (Anonim, Silahın Tanımı ve Silah Ruhsat Çeşitleri, <http://www.ordu.pol.tr/Sayfalar/Silah%C4%B1n-Tan%C4%B1m%C4%B1-ve-Silah-Ruhsat-%C3%87e%C5%9Fitleri.aspx> (Erişim tarihi: 26.05.2018)

Kısa Namlulu Ateşli Silahlar (tabancalar)

Kısa namlulu ateşli silahlara tabanca denir. Kullanılan mermilerin çaplarına, çalışma prensiplerine ve mermi muhafaza bölümlerinin şekline göre tabancalar; şarjörlü(pistol) veya toplu (revolver) olarak kategorize etmek mümkündür (Anonim, Tabanca, <http://www.wikizero.net/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvVGF5YW5jYQ> (Erişim tarihi: 26.05.2018)

Toplu (revolver) tabancalar



Şekil 5.13. Kısa namlulu toplu tabanca

Şekil 5.13'te yer alan kısa namlulu toplu tabanca, geleneksel bir ateşli silah türü olup, fişeklerin yerleştirildiği silindirik bir tambur mekanizmasına sahiptir. Bu tür tabancalar, genellikle fişeklerin sıralandığı bir dizi yuva ile donatılmıştır. Her bir fişek yuvası, tabancanın merkezine eşit bir açıyla yerleştirilmiş olup, her yuvaya bir fişek yerleştirilebilir. Çoğu toplu tabanca, altı adet fişeği alacak şekilde tasarlanmış olup, bu sebeple halk arasında "altıpatlar" olarak bilinir. Ancak bu tür silahların fişek kapasitesi, modeline göre değişkenlik gösterebilir ve bazı toplular, beş ila sekiz fişeğe kadar yüklenebilir. Özellikle küçük çaplı fişekler, örneğin 22 kalibre fişekler, daha büyük kapasitelere olanak tanır ve toplu kapasitesi bu tür fişekler için on ikiye kadar çıkabilir. Bu tür silahlar, özellikle tasarımlarındaki basitlik ve sağlamlıkla tanınırken, pratikte zaman zaman kullanıcıya zorluklar da yaratabilir. Toplu tabancaların fişek doldurma işleminde, genellikle mandal mekanizması kullanılarak silindirik toplu yana doğru devrilir ve fişekler bu şekilde yerleştirilir. Bazı eski model silahlarda ise, örneğin Smith ve Wesson Model 3 Schofield gibi, top kullandıkları silah, tamamen kırılarak açılır. Bu kırılma işlemi, tabancanın silindirik toplusunu açarak fişeklerin doldurulmasına ve boş fişeklerin dışarı atılmasına olanak tanır. Ardından, silah kapatılarak kullanılmaya hazır hale gelir. Ancak, toplu tabancaların fişek doldurma işlemi, zaman açısından verimsizdir ve bu nedenle pratikte bazı kullanıcılar tarafından zaman kaybı olarak görülür. Fişeklerin daha hızlı bir şekilde yerleştirilmesi amacıyla, "tabla" adı verilen metal bir klips

kullanılarak fişekler bir arada tutulabilir. Bu sistem, fişeklerin daha hızlı bir şekilde silaha yerleştirilmesini sağlar. Ancak yine de tablo kullanılsa dahi, toplu bir tabancayı doldurmak şarjörlü tabancalara kıyasla daha uzun sürer. Bu, şarjörlü tabancaların daha avantajlı bir seçenek olarak tercih edilmesinin sebeplerinden biridir. Şarjörlü tabancalar, daha hızlı fişek değiştirme imkânı sunduğundan, toplu tabancalardan daha verimli ve hızlı bir kullanım sunar. Toplu tabancaların bir diğer önemli özelliği, genellikle emniyet kilidi sistemine sahip olmamalarıdır. Bu durum, tetik çekildiğinde ateşleme sisteminin hemen devreye girmesine neden olur. Bu özellik, acil durumlarda silahın hızla ateşlenmesi gereken durumlarda bir avantaj sağlar. Ancak, bu durum silahın kullanıcı güvenliği açısından bazı riskler barındırır. Tetik çekildiği anda ateş etme özelliği, özellikle deneyimsiz kullanıcılar için tehlike oluşturabilir. Bu sebeple, toplu tabancaları kullanan kişilerin son derece dikkatli olmaları gerekmektedir. Toplu tabancaların emniyet mekanizmasının bulunmaması, dikkatli bir kullanım gerektirse de, hızlı bir müdahale gerektiğinde bu silah türü avantajlı bir seçenek olarak öne çıkar. Silahın anında ateş etme yeteneği, acil durumlar için belirli bir stratejik avantaj sağlasa da, emniyet önlemleri yeterli olmasa da, bu durum kullanıcı için önemli bir risk oluşturabilir. Bununla birlikte, modern toplu tabancaların yeni modellerinde, bazı üreticiler tarafından emniyet mandalı eklenmeye başlanmıştır. Bu eklemeler, silahın güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için önemli bir gelişme olarak öne çıkmaktadır. Toplu tabancaların tasarımı, kullanım kolaylığı ve güvenlik arasında bir denge kurmaya yönelik çeşitli iyileştirmelerle şekillenmiştir. Zaman içinde, daha eski ve basit tasarımlar yerini, emniyetli ve hızlı kullanım imkânı sunan daha gelişmiş modellere bırakmıştır. Özellikle fişek kapasitesinin artışı ve hızlı doldurma seçenekleri, toplu tabancaların daha verimli hale gelmesine olanak tanımıştır. Bunun yanı sıra, toplu tabancaların kullanımında dikkat edilmesi gereken önemli bir diğer husus ise, fişek yükleme sırasında gösterilen özen ve hızın, güvenli bir kullanım için büyük önem taşımasıdır. Toplu tabancaların sağladığı avantajlar ve kullanım kolaylıkları göz önüne alındığında, güvenlik önlemlerinin güçlendirilmesi, bu silah türlerinin daha güvenli hale gelmesini sağlamaktadır.

Şarjörlü tabancalar



Şekil 5.14. Canik TP9-SFX Reddot şarjörlü tabanca

Silah sistemlerinde, fişeklerin yerleştirildiği ve ateşleme işlemini gerçekleştiren önemli bileşenlerden biri şarjördür. Şarjör, mermilerin üst üste sıralandığı ve tabancanın kabza olarak adlandırılan, kullanıcının tuttuğu kısmına yerleştirilen bir mekanizmadır. Şarjör, fişeklerin birbirine bağlı olarak sıralandığı bir yapı sunar ve bu yapı sayesinde silahın ateşleme sistemi devreye girer. Her bir fişek, şarjörün içinde düzgün bir şekilde sıralanarak yerleştirilir ve ateşleme sırasında namlu yatağına iletilir. Silah ateşlendiğinde barutun patlaması sonucu meydana gelen gazın genişmesiyle, mermi çekirdeği kovandan ayrılır ve namluya doğru ilerler. Merminin namludan çıkmasının ardından, kovanın silahın sürgüsünü geri itmesi sağlanır. Bu geri hareket, boş kovanın dışarı atılmasına ve yeni bir fişegın silahın namlu yatağına yerleşmesine olanak tanır. Şarjörlü tabancalarda, her bir atıştan sonra sürgü geri gelir ve sonrasında ileri hareket eder. Bu hareket, silahın düzenli çalışmasını sağlayarak boş kovanın dışarı atılmasına, yeni bir fişegın yatağına yerleşmesine ve ateşleme mekanizmalarının yeniden kurulmasına olanak tanır. Şarjörlü tabancaların yapısal avantajlarından biri, bu silah türünün hızlı doldurulabilmesidir. Şarjörün içine yerleştirilen fişekler, atış sürecinde hızlı bir şekilde kullanıma sunulabilir. Bununla birlikte, şarjörlü tabancalar, yüksek fişek kapasitesine sahip olmalarıyla da dikkat çekerler. Şarjör kapasitesi genellikle 6+1'den başlayarak

16+1'e kadar çıkabilir. Burada, "+1" ifadesi, namlu yatağında atışa hazır olan bir fişegi ifade eder. Yani, bir şarjörlü tabancada fişek kapasitesi ile birlikte, tabancanın namlu yatağında bulunan mermi de hesaba katılır. Bu sistem, şarjörün çıkartılması durumunda silahın içinde hala mermi bulunabileceği anlamına gelir. Bu durumda, namlu yatağındaki fişek, sürgü çekilerek dışarı atılmalıdır. Ancak, şarjörlü tabancaların fişek yerleştirme süreci bazı özel durumlar gerektirir. Eğer silah boşsa, yalnızca şarjörün içindeki fişek kadar mermi yerleştirilebilir. Bu, güvenlik açısından önemli bir faktördür çünkü fazla sayıda fişek yerleştirildiğinde, tabancanın kontrolü daha zor hale gelebilir. Bu tür düzenlemeler, şarjörlü tabancaların güvenli kullanımını sağlamak adına önemlidir. Şarjörlü tabancalar, özellikle hızlı ateş etme ve yüksek fişek kapasitesi sunmaları nedeniyle, modern silahlar arasında yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu tür tabancaların kullanımında, fişeklerin düzenli bir şekilde yerleştirilmesi ve şarjörün doğru bir şekilde yerleştirilmesi büyük önem taşır. Ayrıca, şarjörlü tabancalar, hızlı şarjör değişimi ve pratik kullanım özellikleri ile de avantaj sağlar. Silahın her atışında sürgünün geri gitmesi ve ardından ileriye doğru hareket etmesi, silahın güvenli ve hızlı çalışmasını sağlar. Şarjörlü tabancalar, genellikle yüksek kapasiteleri, hızlı ateşleme kabiliyetleri ve güvenli kullanım özellikleri ile, her türlü koşulda etkili bir performans sergileyebilirler. Bu nedenle, özellikle savunma, güvenlik ve askeri uygulamalarda sıklıkla tercih edilmektedirler (Anonim, 2024).

Uzun Namlulu Ateşli Silahlar

Uzun namlulu ateşli silahlar, fişek yatağı dahil olmak üzere 33 cm'yi aşan namlu uzunluklarına sahip olan silahlar olarak tanımlanır. Bu tür silahlar, kullanım amaçlarına göre farklı tasarımlara sahip olabilir ve çok çeşitli alanlarda kullanılır. Örneğin, piyade tüfekleri, sualtı tüfekleri ve av tüfekleri uzun namlulu silahlar arasında yer alır. Uzun namlulu ateşli silahların en belirgin özelliği, ateşlemenin genellikle omuza dayandırılarak yapılmasıdır. Bu tür silahlar, daha fazla isabet oranı ve menzil sağlamak amacıyla uzun namlulara sahip olduklarından, kullanım sırasında dikkatli ve dengeli bir tutuş gerektirir. Bu silahların yapısı, dört ana parçadan oluşmaktadır. Bu parçalar, mekanizma, dipçik, kundak ve namludur. Mekanizma, silahın ateşleme işlemini gerçekleştiren ana yapıdır. Dipçik, kullanıcının omuzuna yaslayarak silahı tutmasını ve ateşlemesini sağlayan bir parçadır. Kundak ise dipçiği destekleyen ve genellikle kullanıcının vücut yapısına uyum sağlayacak şekilde tasarlanmış parçasıdır. Namlusu ise fişeklerin ateşlendiği ve merminin

hedefe yönlendirildiği uzun borudur. Tüm bu parçalar, silahın verimli ve güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak için bir arada işlev gösterir. Uzun namlulu ateşli silahlar, genellikle iki ana kategoriye ayrılır: harp tüfekleri ve av tüfekleri. Harp tüfekleri, askeri amaçlarla kullanılan ve genellikle daha büyük mermi kalibrelerine sahip silahlardır. Bu silahlar, savaş alanlarında kullanıcılara daha uzun menzil ve yüksek isabet imkânı sağlar. Av tüfekleri ise daha kısa menzilli ancak hedefin etkili bir şekilde vurulmasını sağlayacak tasarıma sahip silahlar olup, özellikle avcılık gibi spor ve eğlence amaçlı kullanımlar için uygundur. Her iki kategori de uzun namlulu silahların avantajlarından yararlanır, ancak kullanım alanları ve gereksinimleri farklıdır. Uzun namlulu silahlar, özellikle omuzda sabırlı bir şekilde ateş açmayı gerektiren yapılarıyla dikkat çeker. Bu özellik, atışın doğruluğunu artıran bir etken olup, namlunun uzunluğu sayesinde mermi daha stabil bir şekilde hedefe ulaşır. Ayrıca, uzun namlular, barutun tam olarak yanmasını sağlar ve bu da merminin daha yüksek hızlarla çıkmasına yardımcı olur. Bu nedenle uzun namlulu silahlar, menzil konusunda kısa namlulu silahlara göre belirgin bir üstünlüğe sahiptir. Uzun namlulu silahların taşıma ve kullanım açısından bazı zorlukları da vardır. İlk olarak, bu silahlar, kısa namlulu silahlara kıyasla daha ağır ve büyük boyutlara sahiptir. Bu durum, uzun süreli taşıma ve ani ateşleme anlarında kullanıcıya ek zorluklar çıkarabilir. Ayrıca, silahın doğruluğu genellikle kullanıcı becerisiyle doğru orantılıdır. Kullanıcı, omuza dayalı şekilde atış yaparken, silahın geri tepmesini kontrol etmek için iyi bir teknik bilgiye sahip olmalıdır. Bu geri tepme, namlu uzunluğu arttıkça daha belirgin hale gelebilir, dolayısıyla silahın kontrolü büyük önem taşır.

Av tüfekleri



Şekil 5.15. Fortune bullpup şarjörlü av tüfeği

Av tüfekleri, geniş bir kullanım alanına sahip ve dünya genelinde en yaygın ateşli silah türlerinden biridir. Bu tüfekler, özellikle avcılıkta tercih edilmekte olup, çeşitli model seçenekleri ile farklı kullanıcı ihtiyaçlarına hitap etmektedir. Av tüfeklerinin temel yapısal farkları, namlu tiplerine, fişek kapasitesine ve çalışma prensiplerine göre çeşitlenir. Yiv-setli ve yivsiz setli (kanal namlulu) olmak üzere iki ana kategoride incelenebilen bu silahlar, kullanım amacına göre farklı avantajlar sunar. Yiv-setli modellerde, mermilerin namlu içinde dönme hareketi kazanmasını sağlamak amacıyla yivler bulunurken, yivsiz setli modellerde ise bu özellik yer almaz. Başlangıçta, av tüfekleri genellikle tek veya çift namlu olarak üretilmiştir. Ancak teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, pompalı ve yarı otomatik versiyonları da piyasaya sürülmüştür. Bu yenilikler, fişek kapasitesinin artmasını ve atış hızının daha etkin bir şekilde yapılabilmesini sağlamıştır. İlk  retim modelleri, ağızdan doldurmalıydı. Yani, fişek, tüfeğin namlu kısmından elle yükleniyordu. Zamanla bu mekanizma gelişmiş ve kuyruktan dolmalı modellerin üretimi yapılmıştır. Kuyruktan dolmalı modeller, özellikle pratiklik açısından daha avantajlıdır, çünkü fişekler hızlıca yerleştirilebilmektedir. Av tüfeklerinin namlu yapılarına gelince, çeşitli tasarımlar mevcuttur. Tek namlu, yan yana iki namlu ( ifte) ve üst üste iki namlu (süperpoze) gibi modeller, kullanım amacına göre farklı seçenekler sunar. Çifte namlu modelleri, özellikle avcılar için çok popülerdir çünkü iki fişeği aynı anda kullanabilme avantajı sağlar. S perpoze modelleri ise üst üste iki namluya sahip olup, daha kompakt bir yapı sunar. Bu namlu dizaynı, tüfeğin daha hafif ve dengeli olmasını sağlar. Av tüfeklerinin fişek kapasitesi ise modeline göre değişir; pompalı ve yarı otomatik modellerde fişek kapasitesi 7 ile 8 arasında değişebilmektedir. Av tüfeklerinin kullanımında dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli konu ise yasal düzenlemelerdir. Özellikle Türkiye’de, av tüfekleriyle ilgili yasal bir düzenleme mevcuttur. 6136 sayılı yasa, yivli av tüfeklerinin ruhsatlı olmasını zorunlu kılar. Yivsiz av tüfekleri ise bu yasal düzenlemenin kapsamına girmez. Yivli av tüfeklerinin, mermiyi daha yüksek hızla ateşlemeleri ve hedefe daha doğru bir şekilde ulaşmaları sağladığı için, bu tüfeklerin kullanımı belirli bir denetime tabi tutulmuştur. Bu sayede, güvenlik ve düzenin sağlanması hedeflenmiştir. Av tüfekleri, her ne kadar pratik ve kolay kullanımlı olsalar da, doğru şekilde kullanıldıklarında etkili sonuçlar elde edilmesini sağlayan silahlar olarak öne çıkar. Avcılıkta kullanıldığında, atış hızının artması, merminin daha doğru bir şekilde hedefine ulaşması ve fişek kapasitesinin yüksek olması gibi özellikler

avcıya avantaj sağlar. Ancak bu tüfeklerin kullanımında, güvenlik kurallarına uyulması ve doğru şekilde taşınması oldukça önemlidir. (Anonim, Silahın Tanımı ve Silah Ruhsat Çeşitleri, <http://www.ordu.pol.tr/Sayfalar/Silah%C4%B1n-Tan%C4%B1m%C4%B1-ve-Silah-Ruhsat-%C3%87e%C5%9Fitleri.aspx> (Erişim tarihi: 26.05.2018)

5.8. Silahların Sınıflandırılması

Silahlar, pek çok farklı kategoride sınıflandırılabilen ve çeşitli kullanım amaçları için tasarlanmış araçlardır. Silahları sınıflandırmak hem güvenlik hem de yönetim açısından önemlidir. Silahlar, genellikle ateşli, ateşsiz, kimyasal, biyolojik ve nükleer silahlar olarak beş ana kategoride incelenebilir. Bu sınıflandırma, her bir silah türünün işlevi, kullanım alanı ve tehlike seviyesine göre belirlenmiştir.

- **Ateşli Silahlar:** Ateşli silahlar, ateşli mermi kullanan ve genellikle barut gibi patlayıcı maddelerle ateşlenen silahlardır. Bu silahlar, genellikle iki ana gruba ayrılmaktadır: ağır ateşli silahlar ve hafif ateşli silahlar. Hafif ateşli silahlar, adli olaylarda sıkça karşılaşılan, daha küçük ve taşınması kolay silahlar iken, ağır ateşli silahlar daha çok askeri kullanımla ilişkilendirilir. Ağır ateşli silahlar, yüksek tahrip gücüne sahip olup, uzun menzilli atışlar yapabilen silahlardır.
- **Ağır Ateşli Silahlar:** Bu tür silahlar genellikle ordu envanterinde yer alır ve birden fazla kişi tarafından taşınarak ya da çeşitli araçlar yardımıyla kullanılır. Bu silahların menzili oldukça uzun olup, yüksek tahrip gücüne sahiptirler. Örnek olarak uçaksavarlar, toplar, tanklar ve roketler verilebilir. Bu silahlar, savaş alanında etkili bir şekilde kullanılmakta ve stratejik olarak önemli hedeflere büyük zarar verebilmektedirler.
- **Hafif Ateşli Silahlar:** Hafif ateşli silahlar, genellikle namlu uzunluğuna göre iki ana gruba ayrılır: kısa namlulu ve uzun namlulu silahlar. Kısa namlulu silahlar, taşınması daha kolay olan ve yakın mesafede etkili olabilen silahlar iken, uzun namlulu silahlar daha uzun menzil ve daha fazla tahrip gücü sağlarlar.

- Kısa Namlulu Ateşli Silahlar: Kısa namlulu ateşli silahlar, farklı türlerde tasarlanabilmektedir. Bu silahlar, kullanım amacına göre değişik şekillerde üretilmiş ve işlevsel hale getirilmiştir. Başlıca kategoriler, tek atışlı, toplu, otomatik ve makineli silahları içerir.
- Tek Atışlı Silahlar: Bu silahlar, her seferinde yalnızca bir fişek atabilen eski tip tabancalardır. Atış yapılmadan önce ağız kısmından yüklenir ve genellikle tek bir mermi atabilen mekanizmalara sahiptir. Eski dönemlerde oldukça yaygın olan bu silahlar, günümüzde daha modern silahlarla yer değiştirmiştir.
- Toplu Silahlar: Toplu silahlar, silindirik bir yapıya sahip olup, içinde birden fazla fişegi barındırabilirler. Bu silahlar, özellikle 5, 6, 7 ve daha fazla fişegi bir arada taşıyabilen yuvalara sahiptir. Çift hareketli ve tek hareketli olmak üzere iki türü bulunmaktadır. Tek hareketli türde, ateş yapmadan önce horoz elle kurulur. Çift hareketli türde ise, tetik çekildiğinde horoz otomatik olarak kurulur ve silindirik yapı döner, ardından ateşleme gerçekleşir. Bu tür silahlar, örneğin Smith-Wesson ve Nagant gibi modellerle bilinir.
- Otomatik Silahlar: Otomatik silahlar, genellikle iki alt türe ayrılır: tam otomatik ve yarı otomatik silahlar. Yarı otomatik silahlarda, her tetiğe basıldığında bir mermi ateşlenir. Tam otomatik silahlarda ise, tetik basılı tutulduğunda, şarjördeki tüm fişekler bitene kadar atış yapılır. Ceska, Walter, Browning gibi markalar bu tür silahlar için örnek gösterilebilir.
- Makineli Silahlar: Makineli tabancalar, atış hızını artıran ve şarjör kapasiteleri diğer tabancalardan daha fazla olan silahlardır. Hem yarı otomatik hem de tam otomatik atış yapabilme kapasitesine sahip olan bu silahlar, yüksek verimlilik ve hızlı atış sağlamak için tasarlanmıştır.
- Uzun Namlulu Ateşli Silahlar: Uzun namlulu ateşli silahlar, genellikle savaş silahları ve av tüfekleri olmak üzere iki ana grupta incelenir. Bu silahlar, daha yüksek menzil ve tahrip gücü sağlayarak, farklı alanlarda kullanılabilmektedirler.

- Harp (Savaş) Silahları: Harp silahları, askeri kullanıma yönelik, güçlü ateş gücüne sahip silahlardır. Yivli namlulara ve yüksek enerjiye sahip olan bu silahlar, 2 kilometreye kadar menzile sahip olabilir. Yivli namlular, mermilerin daha düzgün bir şekilde yol almasını ve hedefe doğru ilerlemesini sağlar. Bu silahların namlu uzunlukları genellikle 75 ila 85 cm arasında değişir.
- Av Silahları: Av tüfekleri, özellikle avcılıkta kullanılan silahlardır. Bu tüfeklerin genellikle çift namlulu versiyonları bulunur, ancak tek namlulu modeller de mevcuttur. Başlangıçta ağızdan doldurulmalı olan bu tüfekler, zamanla kuyruktan doldurulmalı modellerle geliştirilmiştir. Bugün, daha modern ve yüksek mermi kapasitesine sahip av tüfekleri üretilmektedir. Av tüfeklerinin tasarımı, kullanım amacına göre farklılık gösterebilir; bazı modellerde namlu yan yana yer alırken, diğerlerinde üst üste dizilmiştir. (Özdemir diğerleri, 2005).

5.9. Ateşli Silahlarda Bazı Önemli Kavramlar

5.9.1. Fişek

Canlı veya cansızlar üzerinde tahribat yapan, ateşli silahlarda kullanılan yapıya fişek denir. Barut, çekirdek, kovan ve kapsülden meydana gelir. Fişekler; uygun bir ateşli silahla ateşlendiğinde belirlenen mesafede, seçilmiş avı öldürmek veya yaralamak amacıyla, merminin hedefi vurabilmesi için imal edilmişlerdir. Silahın türüne ve çapına uygun olarak çeşitli çap, tip ve modellerde fişekler imal edilmektedir. Tüfek ve tabancalarda kullanılan fişeklere hafif silah fişekleri olarak adlandırılmaktadırlar. Fişekler ayrıca kapsülün bulunduğu bölgeye göre merkez veya kenar vuruşlu olarak üretilmektedirler (Sarıbey, 2008).

5.9.2. Kovan

Silahın ateşlenmesiyle mekanizma tarafından dışarıya atılan bölüme kovan denir. Kovan; kapsül, barut ve mermi çekirdeğini üzerinde bulundurmaktadır. Bakır-çinko

alaşımı olan pirinç, çelik veya alüminyum gibi metaller kullanılarak imal edilirler (Sarıbey, 2008).

5.9.3. Kapsül

Tetik çekildiğinde silahın ateşleme iğnesinin ilk çarptığı nokta kapsülün olduğu yerdir. İçerisinde kimyasal karışımlar bulunur ve bu karışımlar başlatıcılar olarak isimlendirilirler. Kapsülde patlamaya hassas maddelerin yanı sıra; oksitleştirici ve yanıcı maddeler de bulunmaktadır.

5.9.4. Barut

Barut, ateşli silahların işleyişinde kritik bir rol oynayan, merminin namlu içinde ilerlemesini sağlayan patlayıcı bir bileşiktir. Merminin hareketini başlatan bu patlayıcı madde, silahın ateşleme mekanizmasında önemli bir etkiye sahiptir. Silahın çalışmasını mümkün kılan bu kimyasal bileşim, patlama sonrası oluşan gazların basıncıyla mermiyi ileri doğru iter. Barutun bileşimi ve türleri, silahların verimliliği ve güvenliği açısından oldukça önemlidir. Günümüzde genellikle dumansız barutlar kullanılsa da, tarihsel süreçte kara barut da önemli bir yer tutmuştur. Kara barut, özellikle avcılıkta ve elle doldurulabilen fişeklerde tercih edilen eski bir patlayıcı madde olarak bilinir. Ancak, modern ateşli silahlarda kara barutun yerini daha gelişmiş ve verimli barut türleri almıştır. Barutun bileşenleri, silahın performansını doğrudan etkileyen maddelerdir. Kara barut, genellikle üç ana bileşenden oluşur: %70-80 oranında potasyum nitrat, %12-20 oranında odun kömürü ve %3-14 oranında kükürt. Potasyum nitrat, bu karışımda oksitleyici bir madde olarak görev yapar. Oksitleyici özelliği sayesinde, barutun yanma sürecini başlatan ve enerji üretimi sağlayan bileşendir. Bu karışımın bir diğer önemli bileşeni olan odun kömürü, yanma sürecinde karbon dioksit (CO₂) gazı oluşturur ve barutun patlama gücünü artırır. Kükürt ise, yanma reaksiyonunun daha hızlı gerçekleşmesini sağlayarak, patlama sırasında yüksek miktarda gazın açığa çıkmasına neden olur. Bu gazlar, barutun yüksek basınç oluşturmaya katkı sağlar ve böylece merminin namlu içinde ilerlemesi sağlanır. Günümüzde kara barutun yerini alan dumansız barutlar, daha yüksek verimlilik sağlar ve daha az duman çıkarır. Dumansız barutlar, modern ateşli silahların en önemli

bileşenlerinden biridir. Bu barutların yapısında, ana oksitlendirici olarak nitroselüloz bulunur. Nitroselüloz, güçlü oksitleyici özelliklere sahip bir bileşik olup, barutun yanma reaksiyonunun hızını ve gücünü artırır. Ayrıca, yalnızca nitroselüloz içeren tek bazlı barutlar olduğu gibi, bu bileşiğe nitrogliserin veya nitroguanidin gibi maddeler eklenerek, iki bazlı ve üç bazlı barutlar üretilebilir. Bu tür karışımlar, barutun yanma özelliklerini ve patlama gücünü daha da güçlendirir. Nitrogliserin eklenmesi, barutun hızını ve enerjisini artırırken, nitroguanidin ise yanma sürecinin daha dengeli ve kontrollü olmasını sağlar. Dumansız barutların gelişmesiyle birlikte, ateşli silahların performansı önemli ölçüde iyileşmiştir. Ancak, barutun üretimi ve kullanımı sırasında dikkate alınması gereken bir diğer önemli faktör de kimyasal kararlılıktır. Barutun kimyasal kararlılığını sağlamak, güvenliği arttırmak için çeşitli katkı maddeleri kullanılır. Bu katkı maddeleri, barutun daha güvenli bir şekilde depolanmasını ve taşınmasını sağlar. Kararlılık sağlayıcılar, barutun zamanla bozulmasını engeller ve yanma sırasında meydana gelebilecek tepkimeleri düzenler. Ayrıca, plastikleştiriciler, barutun daha etkili ve homojen bir şekilde yanmasını sağlayarak, ateşleme sırasında istenmeyen durumların önüne geçer. Kaplayıcılar, barutun dış yüzeyini korur ve nem gibi dış etkenlerden etkilenmesini engeller. Yanma düzenleyiciler, barutun daha kontrollü bir şekilde yanmasını sağlarken, yükseltgeyiciler ise barutun gücünü artırmak için kullanılır. Barutun bu bileşenleri, silahların güvenli bir şekilde çalışmasını sağlarken, aynı zamanda silahın performansını da artırır. Sonuç olarak, barut, sadece ateşli silahların temel bir bileşeni olmakla kalmaz, aynı zamanda bu silahların etkinliğini ve güvenliğini belirleyen önemli bir faktördür. Hem kara barutun tarihsel önemi hem de modern dumansız barutların üstün performansı, silahların evriminde büyük bir rol oynamıştır. Bu kimyasal bileşiklerin geliştirilmesi, silah teknolojisinin ilerlemesiyle paralel olarak sürekli devam etmektedir (Saribey, 2008).

5.9.5. Mermi Çekirdeği

Hedef üzerinde tahribat yapan, silahın ateşlenmesiyle namludan geçip hedefe giden bölümüdür. Çok çeşitli maddelerden imal edilmektedirler. En çok imal edilen mermi türü metal olandır ve teknolojik gelişmelerle birlikte plastikten de mermi imal edilmiştir

5.9.6. Ateşli Silahlarda Çap

Ateşli silahlarda silah çapına kalibre (cal) olarak adlandırılır. Kalibre üç sistemle açıklanmaktadır. Bunlar; metrik, Anglo-Amerikan ve NATO kalibrasyon sistemleridir ve metrik kalibrasyon sisteminde silahın ateşlediği mermi çapı ve kovan boyu milimetre cinsinden adlandırılmaktadır. Hepsi milimetre cinsinden olmak üzere önce mermi çekirdeğinin çapı sonra da kovan boyu yazılarak fişek ifadesi gerçekleştirilmiştir. Örneğin: 9×19 fişeginin açılımı şu anlama gelmektedir. Mermi çapı 9 mm, kovan boyu 19 mm. Bazı fişekler standart fişeklerden farklılıkları vardır. Bu durumda söz konusu farklılığı ifade etmek için kalibrasyon sonuna bazı harfler eklenir. Örneğin, 7×57R fişegini ifade edelim. Bu fişek standart 7×57 fişeginden bazı farklılıklar mevcuttur. Sonundaki „R’ harfi fişegin tabanında bulunan tırnak yuvasının içe doğru çevresel kanal şeklinde değil, dışa doğru çevresel tırnak şeklinde olduğu belirtilmiştir. Şarjörlü tabancalar genellikle mm cinsinden ifade edilirken, toplu (revolver) tabancalar kalibre cinsinden belirtilmişlerdir. Kalibre cinsinden ifade edilenler silahlarda çap .22 Cal, .45 Cal, .338 Cal şeklinde ifade edilir. Kalibre olarak yazılan çapın milimetre eşdeğerini hesaplamak için kalibre 0.254 ile çarpılarak bulunur [

5.10. Nükleer Silahlar

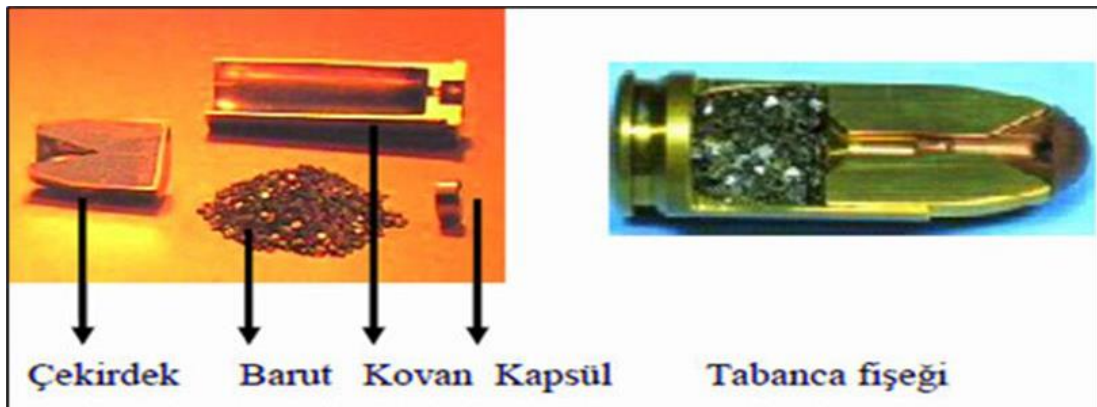
Nükleer silahlar, enerjilerini atom çekirdeğindeki fisyon ve füzyon reaksiyonlarından alan, son derece yıkıcı patlamalara neden olabilen, çok büyük bir alanı etkileyebilen silahlardır. Bu silahlar, kısa bir süre içinde büyük bir enerji salınımı gerçekleştirir ve geride, onlarca yıl süren ölümcül etkiler bırakır. Nükleer reaksiyonlar, kimyasal reaksiyonlara kıyasla çok daha hızlı gerçekleşir ve büyük miktarda enerji açığa çıkar. Bu nedenle nükleer silahlar, yalnızca patlamalarından dolayı değil, aynı zamanda radyoaktif etkiler, ısı ve basınç dalgaları ile de ölümcül olurlar. Nükleer silahların patlamaları, etkiledikleri alanlarda hemen bir yok oluşa yol açabilir, fakat bunun ötesinde patlamadan sonra oluşan radyasyon, çevreyi yıllarca tehlikeli hale getirebilir. Nükleer silahların kullanımı, üretildikleri günden bu yana oldukça çeşitlenmiş ve farklı şekillerde gerçekleştirilmiştir. Farklı kullanım yöntemlerine örnek olarak, uçaklardan atılan nükleer bombalar, füze ile sevk edilen nükleer başlıklar, denizaltılardan veya su üstü gemilerinden fırlatılan torpidolar, deniz mayınları ya da su bombaları verilebilir. Teknolojinin

ilerlemesiyle nükleer silahlar, askerî harekâtlar için özel olarak tasarlanmış karmaşık sistemler haline gelmiş, bu silahların etkinliği ise yalnızca belirli bir hedefi yok etmekle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda büyük nüfusların yaşadığı kentlerde, daha küçük ve verimsiz olsa da yine de ölümcül olan patlamalar gerçekleştirebilecek türlere dönüşmüştür. Bu çeşitlilik, nükleer silahların farklı hedefler için ne kadar farklı şekilde tasarlanabileceğini ve her durumda büyük yıkım yaratabilecek güce sahip olduğunu gösterir. Nükleer silahların diğer konvansiyonel silahlarla karşılaştırıldığında sunduğu yıkım, büyük bir fark yaratır. Bunun temel nedeni, nükleer reaksiyonların kimyasal reaksiyonlara göre çok daha hızlı gerçekleşmesi ve bu reaksiyonların sonucu olarak açığa çıkan devasa miktardaki enerjinin çok kısa bir süre içinde etkisini göstermesidir. Nükleer patlamalar, yalnızca çevredeki yapıları yıkmakla kalmaz, aynı zamanda insanları, hayvanları ve bitkileri de öldürme potansiyeline sahiptir. Bu silahların bir diğer tehlikeli yönü, patlamadan sonra salınan radyoaktif maddelerin çevreye yayılmasıdır. Radyoaktif kirlenme, bir bölgenin yıllarca, hatta bazen yüzyıllarca yaşanamaz hale gelmesine neden olabilir. Bu etkiler, insanlar üzerinde genetik mutasyonlara, kanser gibi hastalıklara ve ölümlere yol açabilir. Ayrıca, nükleer patlama sonrası oluşan rüzgarlar ve hava akımları, radyoaktif maddeleri çok uzak mesafelere taşıyabilir ve büyük bir alanda uzun süre etkili olabilir. Nükleer silahların tarihsel olarak kullanımı, dünyanın en büyük askeri güçleri tarafından belirli stratejik hedefler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Ancak, bu silahların kullanımı sadece askeri anlamda değil, aynı zamanda küresel politikada da büyük bir etki yaratmıştır. İkinci Dünya Savaşı sırasında Japonya'ya atılan atom bombaları, bu silahların savaşlarda nasıl kullanılabileceğini gösteren ilk örneklerden olmuştur. Ancak bu kullanımlar, nükleer silahların yarattığı yıkım ve radyoaktif etkilerin ne kadar büyük olduğunu da farkına varılmasına yol açmıştır. Bu silahların gücü, sadece düşmanları yok etmekle kalmayıp, aynı zamanda dünya üzerindeki tüm yaşamı tehdit etme kapasitesine sahiptir. Bu yüzden nükleer silahların kullanımı, uluslararası ilişkilerdeki en büyük gerilim kaynaklarından biri haline gelmiştir. Günümüzde nükleer silahlar, yalnızca askeri amaçlarla değil, aynı zamanda stratejik dengeyi sağlama amacıyla da kullanılmaktadır. Birçok ülke, nükleer silahlarını bir caydırıcı güç olarak görmektedir. Nükleer silahların varlığı, ülkeler arasında olası bir askeri çatışmanın önüne geçebilmek için önemli bir denge unsuru haline gelmiştir. Ancak bu silahların kullanılması, sadece fiziksel yıkıma değil, aynı zamanda çevresel felakete ve insan

sağlığına uzun vadeli zararlar verebilecek bir durum yaratabilir. Bu yüzden nükleer silahların yayılmasını engellemek ve bu silahların kullanımını sınırlamak amacıyla uluslararası anlaşmalar yapılmıştır. Nükleer silahların yayılmasını engellemeye yönelik olarak imzalanan antlaşmalar, bu silahların kontrolünü sağlamayı ve küresel güvenliğini korumayı hedeflemektedir. Nükleer silahların tarihi, teknolojinin gelişimiyle paralel olarak şekillenmiştir. İlk başta, bu silahlar sadece belirli askeri operasyonlar için üretilmişken, zamanla dünyanın dört bir yanında stratejik güç gösterisi için kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ise bu silahlar, yalnızca savaşlarda değil, küresel güvenlik politikalarında da önemli bir yere sahiptir. Ancak bu silahların yaratacağı yıkım, sadece bir ülkenin ya da bölgenin sınırları içinde kalmaz, dünya genelinde büyük bir felakete yol açabilir. Bu nedenle nükleer silahlar, sadece askeri bir araç değil, aynı zamanda insanlık için büyük bir tehdit unsuru oluşturur (Durmuş, 2006).

5.11. Fişekler

Ateşli silahlarda bulunan, canlı ya da cansız hedeflerde tahribata neden olan, barut (itici madde), çekirdek, kovan ve kapsülden kısımlarından oluşan aksamalara genel tabirle “fişek” denir. Fişek kullanımına ait ateşli silahtan atıldığında beklenen mesafede, seçilen avı öldürmek ya da en az zararla yaralamak için gereken enerjiyle merminin hedefe ulaşması için tasarlanmıştır. Silahın çeşidine, çapına uygun farklı çap, tür ve sistemlerde mermilerin üretimi artmaktadır. Tabanca ve tüfeklerde kullanılan fişekler hafif silah fişekleridir (Sarıbey, 2008).



Şekil 5.16. Bir fişegin yapısı

5.11.1. Tabanca Fişekleri

Tabanca fişekleri; mermi çekirdeği, barut, kovan ve kapsül kısımlarından oluşur. Silahın ateş edilmesiyle beraber kovan bölümünden çıkarak, namludan ayrıldıktan sonra hedefte tahribata yol açan, hedefe atış artıklarının taşınmasında etkili olan, genelde kurşun içerikli bir parçadır. Çekirdek türleri gömlekli ve gömleksiz olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Sadece kurşundan (Pb) oluşan “gömleksiz çekirdekler” namluyu çabuk kirlettiği için daha az tercih edilmektedir. Bunun yerine kurşun kütlenin dışının daha sert yapıdaki Bakır/Çinko, Bakır/Nikel veya Bakır içeren çelik alaşımları ile kaplanması ile üretilen gömlekli çekirdekler daha çok kullanılmaktadır (Özdemir ve diğerleri, 2005).



A

B

Şekil 5.17. Ateş edilen A) Mermi Çekirdeği ve B) Yiv- Set Çekirdek Üzerinde Bıraktığı İz

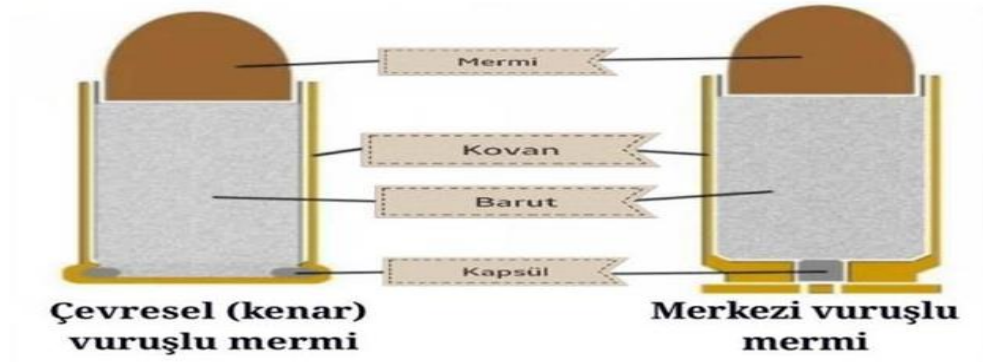
Barut: Kovanın içindeki çekirdek ile kapsül arasında bulunmaktadır. Barut, alev alarak mermi çekirdeğinin silaha ait namlu içinde itilenmesini, otomatik silahlarda ise ilave olarak silahların çalışmasına olanak sağlayacak olan basınca sebep olan, kovan içerisine konulmuş patlayıcı maddelerdir. Çok kısa sürede hızlıca yanarak mümkün olan en yüksek basınca sahip bir gaza dönüşür (Sarıbey, 2008).

Kara barut ve dumansız barut olmak üzere iki farklı türü bulunmaktadır. Kara barut, 3/4 ü potasyum nitrattan %15'i kömür ve geri kalanı kükürten oluşmaktadır (Schubert, 2002:49). Günümüzde kara barut fazlaca seçilmemekte olup genellikle avcılıkta ve elle doldurulan fişeklerde kullanılmaktadır.

Dumansız barut, kara barutun icadından sonra mermi büyüklüklerinin artması ile barut içeriği geliştirilmiştir. Savaş ve çatışmalarda mühimmat gereksinimi artmasıyla daha çok tahribat etkisi oluşturmak için büyük kalibreli mermiler kullanılmıştır. Dumansız barutun kullanılmasıyla büyük kalibreli mermilerde de ateşleme veriminin artmasının yanı sıra ateşleme anında is ve iz oluşumu azalmıştır. (Berger vd., 2019). İçeriği bakımından tek ve çift bazlı olarak sınıflandırılmaktadırlar. Tek bazlı olanlar adlandırılanların ana bileşeni nitroselüloz, çift bazlı olarak adlandırılanların bileşenleri ise nitrogliserin ve nitroselülozdur (Di Maio, 1985).

Kapsül: Ateşli silahın tetiğine basıldığında silahta bulunan ateşleme iğnesinin ilk şiddet uyguladığı noktadır. İçerisinde başlatıcılar adı verilen kimyasal karışımlar mevcuttur.

Ateşli silah tetiği elle çekildiğinde tetik kapsüle vurarak darbe açısından hassas olan maddelerin alevlenmesine sebep olur. Alev kanalından oluşan ve baruta sıçrayan ilk kıvılcım barutun ateşleyerek ve ateşlenme sonucunda yüksek basınç mevcut mermi çekirdeğinin fişekten koparak ayrılmasını ve namluda serbest hareketlenmesini oluşturur. Şu an ki dönem de fişekler kenar vuruşlu ve merkezi vuruşlu olmak üzere iki farklı şekilde üretilmektedir. Kenar vuruşlu olanlarda başlatıcı malzemeler fişek kenarında oluşturulmuş oyuk içerisine konulurlar ve ateşleme iğnesinin oyuğa vurması ile meydana gelen kıvılcımlar, fişekte bulunan barutun yanmasına neden olur ve meydana gelen basınç sayesinde mermi çekirdeğinin hareket etmesi sağlanır. Çoğunlukla 22 kalibre mermilerin üretimi bu şekilde olmaktadır. Fakat, merkez vuruşlu mermiler çoğunlukla tercih edilmektedir. Merkez vuruşlu fişek türlerinde ise başlatıcı maddeler kovan yapısındaki kapsül cebinde yığılıdır. Ateşleme iğnesi bu kısma darbe uygulayarak başlatıcıları hareketlendirir ve bu hareketlilik barutun yanmasına neden olarak başlayan işlemin zincirleme olarak devamına olanak sağlar. (Leidenheim, 1996).

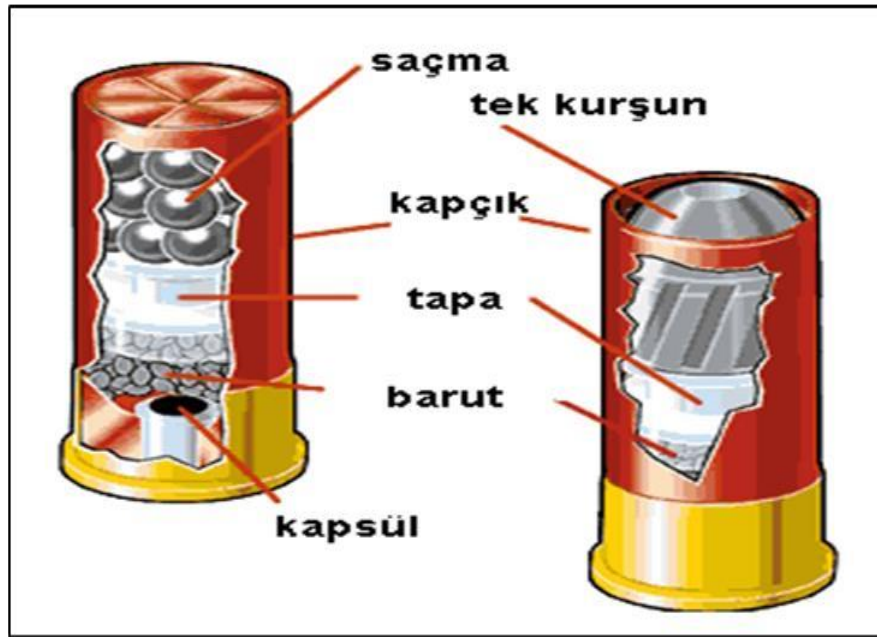


Şekil 5.18. Çevresel (kenar) vuruşlu mermi ve Merkezi vuruşlu mermi

Kovan: Barut, kapsül ve mermi çekirdeğini yapısında barındıran ve silahın ateşlenmesiyle mekanizmanın dışarıya attığı bölüme kovan adı verilir. Çoğunlukla çinko ve bakır alaşımı olan pirinç, alüminyum ya da çelik gibi metallerden üretilir (Sarıbey, 2008).

5.11.2. Av Tüfeği Fişekleri

Çoğunlukla yivsiz av tüfeklerinde beğenilen fişekler yapısal olarak barut ve kapsülden oluşurken, tabanca fişeklerinde bulunan çekirdek olarak bütün halinde iri bir kurşun bilye ya da küçük kalibreli sayısız kurşun bilye yer almaktadır (Tekin, 2021).



A

B

Şekil 5.19. Av tüfeği fişeklerin bölümleri A) İri kurşunlu B) Sayısız kurşunlu

5.11.3. Yarı Otomatik Silah

Türkiye yapısı Canik marka TP9 SFX model 9×19 mm çap ve tipinde fişek istimal eden yarı otomatik tabancadır.



Şekil 5.20. Canik marka TP9 SFX model yarı otomatik silah

Tablo 5.1. Canik marka TP9 SFX tabancanın teknik özellikleri

Kalibre	9×19 mm
Ağırlığı (Boş)	845 gr
Uzunluğu	210,5 mm
Etkili Menzil	80-100 m
Maksimum Menzil	300-400 m
Yiv Set Adeti	6
Şarjör Kapasitesi	15 fişek

5.11.4. Fişek

Bu çalışmada kullanılan mermi MKE 9×19 mm Parabellum tipi tabanca mermisidir. Yapılan atışlarda toplam olarak 10 adet mermi kullanılmıştır.



Şekil 5.21. MKE 9×19 mm parabellum fişek

Tablo 5.2. 9×19 mm çapında fişegin teknik özellikleri

Çap	9×19 mm
Kovan Çapı	9.82 mm
Çekirdek Çapı	8.98 mm
Çekirdek Ağırlığı	7,45 g
Enerji	396J
İlk hız	420 m/s

5.12. Hafif Silahlar

Hafif silahlar, kullanıcısı tarafından taşınan, genelde omuz destekli, 12,7 mm'ye kadar kalibrede, kullanım amacı mermi atarak hedefi etkisiz hale getirmek olan silahlardır. Bir hafif silah, hedef üzerinde şiddetli etki yaratmalıdır. Tüm hava

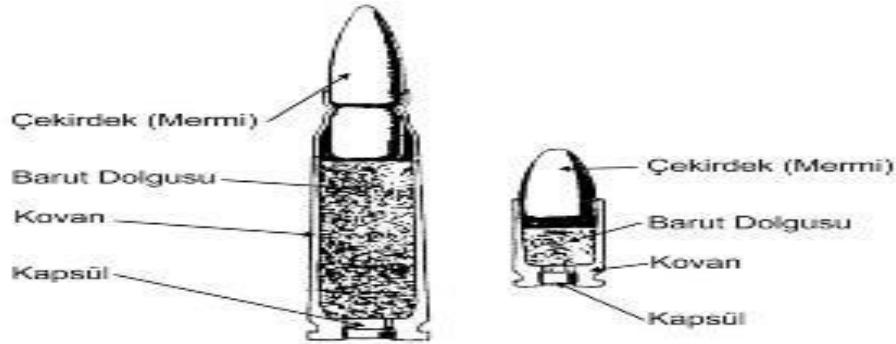
koşullarında hedeflerde yüksek isabet sağlamalıdır. Silah ve mühimmat olabildiğince hafif olmalıdır. Basit ve dayanıklı olmalıdır (Özyılmaz, 2010).

5.12.1. Hafif Silah Mühimmatı

Hafif silah mühimmatı fişek olarak isimlendirilir. Bir hafif silah fişegi dört ana bölümden oluşur. Bunlar; fişek kovanı, tutuşturma sistemi, sevk barutu ve mermidir.

5.12.1.1. Fişek kovanı

Fişek kovanı, barutu ve tutuşturma sistemini içinde barındırır; mermiyi tutar, ayrıca mekanizma tarafında sızdırmazlığı sağlayarak, yanma gazlarının kaçmasını da engeller. Genel olarak fişek kovanları, bakır ve çinko alaşımından meydana gelen kovan pirinci isimli malzemeden imal edilirler. Ayrıca farklı alaşımlarda daha az olarak fişek kovanı imalinde kullanılabilir.

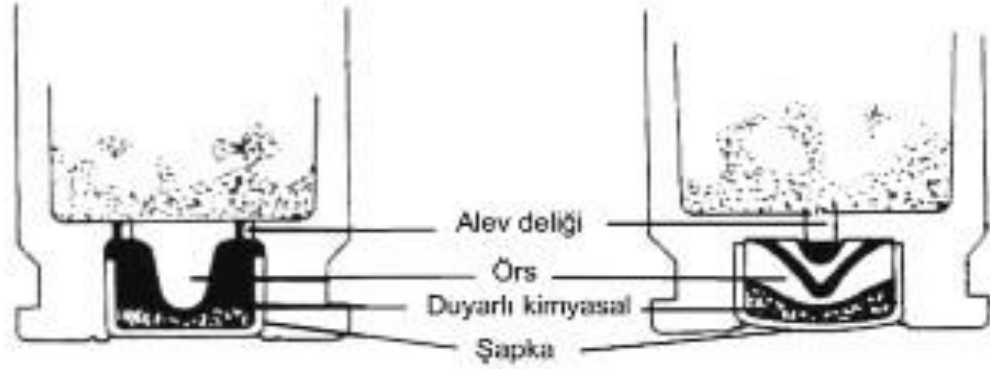


Şekil 5.22. Hafif silah fişeklerinin tipik yapısı (Özyılmaz, 2010)

5.12.1.2. Tutuşturma sistemi (kapsül)

Hafif silah mühimmatlarında kullanılan tutuşturma sistemlerinin yapısı, genellikle darbeye duyarlı bir kimyasal bileşiğin kullanımına dayanır. Mekanizmanın içinde yer alan iğne, kovanın arkasında yer alan kapsüle vurur ve içe doğru göçmesine neden olur.

Böylece, duyarlı kimyasal bileşik, kapsül şapkası ile örs arasında sıkıştırılarak parlaması sağlanır.



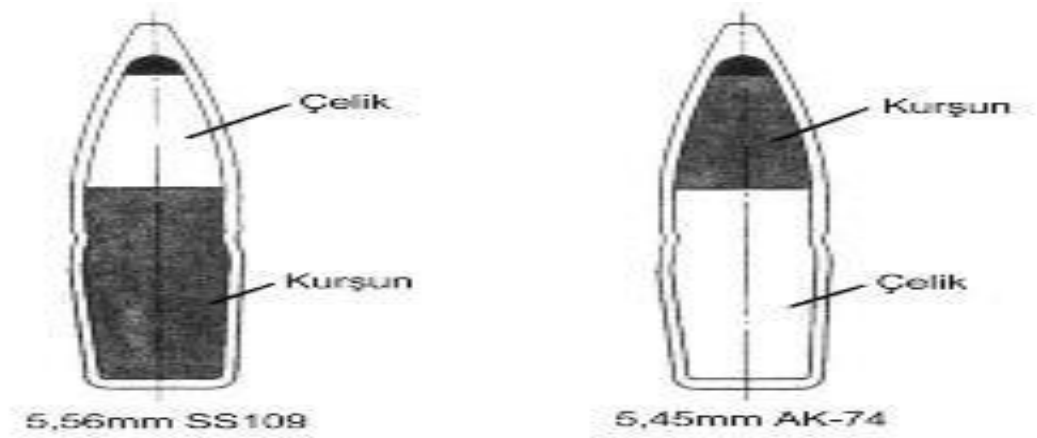
Şekil 5.23. Hafif silah fişeklerinde tutuşturma sistemlerinin tipik yapısı (Özyılmaz, 2010)

Parlama sonucu ortaya çıkan alev, örsün ortasında veya çevresinde konumlanmış alev deliklerinden geçerek sevk barutunun olduğu bölüme geçer ve barutu ateşler. Kapsül malzemesi olarak kovan pirinci ve bakır alaşımları çok yoğun bir biçimde kullanılır.

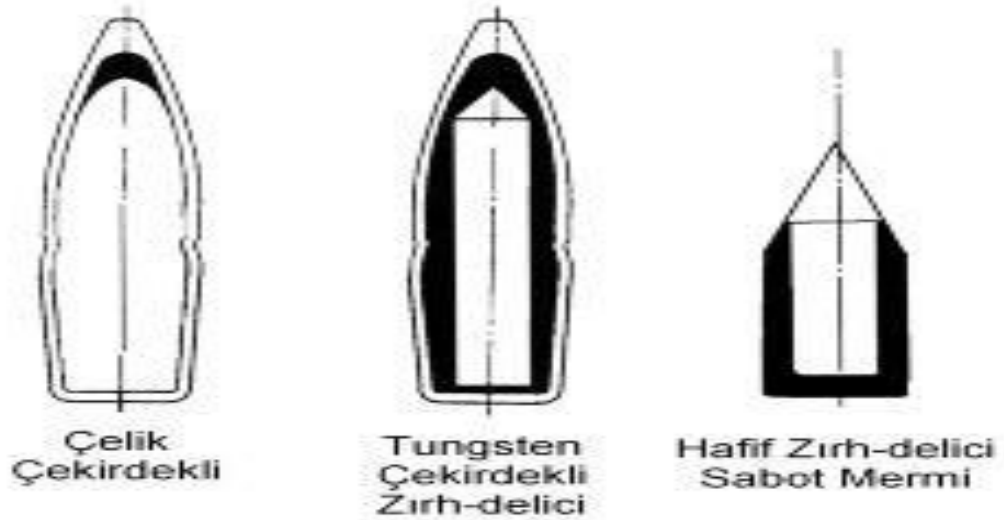
5.12.1.3.Mermi

Ateşli silahlarda itici kuvveti, barutun yanmasıyla ortaya çıkan gaz sağlar. Bu gazın etkisiyle mermi çekirdeği hızlanır. Aerodinamik sürüklenme etkisini düşürmek amacıyla yüksek hızlı mermilerin burunları iyice sivriltilmiştir. Buna ek olarak, taban sürüklenmesini azaltmak için merminin tabanı konikleştirilmiştir.

Harp mermileri genelde kompozit yapıdadır. Tek başına kurşun çekirdek kullanılmaz çünkü yumuşaktır ayrıca dayanımı da düşüktür ve yüksek atım yatağı basınçları ve yüksek çıkış hızlarında namlu içine sıvanma eğilimi vardır. Bu sıvanma sonucu her seferde bir kurşun katmanı yiv-setin yivlerinde kalır ve yivleri doldurarak hem isabeti hem de namlu ömrünü düşürür. En çok kullanılan mermi yapısı, kurşun antimon alaşımı çekirdek üzerine, bakır bir gömlek geçirilmesidir. Çelik gömlekler dayanımı artırmak üzere kullanılır. Mermilerin hedefe etki etmesini artırmak için, kurşun antimon alaşımıyla birlikte çelik bir çekirdek de kullanılabilir. Şekil 4.3'te bu tipte olan bazı mermiler görülmektedir.



Şekil 5.24. 5,56mm SS109 ve 5,45mm AK-74 mermileri (Özyılmaz 2010)



Şekil 5.25. Zırh delici mermi örnekleri (Özyılmaz, 2010)

Zırhlara daha ileri bir nüfuz sağlamak için tungsten çekirdekler kullanılır. Tungstenin özgül ağırlığı çelik ve kurşundan yüksektir, ayrıca çok sert bir metaldir. Bu nedenle nüfuz kabiliyeti oldukça iyidir. Dezavantajı, tungstenin çeliğe göre iki ila üç kat maliyetli olmasıdır. Nüfuzu daha da artırmak için mermi çapı küçültülüp, 1200 m/s mertebesinde yüksek hızlarla atış yapılabilen sabot mermiler mevcuttur (Şekil 5.25). Sabot, silahın kalibresine uygun olması için iki ya da daha çok parçalı bir zarf içindedir. Sabot ve zarf namluyu terk ettikten sonra zarf ayrılır ve sadece sabot kalır. Bu tip mermiler için genellikle tungsten malzeme tercih edilir.

5.12.1.4. Sevk barutu

Modern hafif silahların mühimmatlarında kullanılan barut dumansız baruttur. Dumansız barutlar; tek bazlı, çift bazlı veya üç bazlı olabilir. Tek bazlı barut sadece nitroselüloz ihtiva etmektedir. Çift bazlı barut, nitroselüloz ve nitrogliserinden; üç bazlı barut ise nitroselüloz ve nitrogliserinin yanında nitroguadinden içerir. Çift bazlı ve üç bazlı dumansız barutlar, daha yüksek sıcaklıklarda ve yanma hızlarında yanar. Bu açıdan namlu ömrünün kısalmasına sebep olurlar. Öte yandan bu barutlar, tek bazlı baruta göre daha yüksek birim kütle başına açığa çıkan enerjiye sahiptirler. Böylece aynı kovan hacminde daha fazla enerji elde edilmesi mümkün olabilir (Özyılmaz, 2010).

5.12.2. Namlu

Namlunun görevi mermiye hız kazandırmak ve hedefe doğru yön vermektir. Silah ateşlendiğinde oluşan yüksek basınç ve sıcaklığa karşı dayanıklı olmalıdır. Namlunun temel ölçüsü kalibresidir. Kalibre, yivler açılmadan önce namlunun sahip olduğu iç çap ölçüsüdür. Bir diğer önemli ölçü de merminin namludan çıkış hızı üzerinde etkisi olan namlu boyudur. Bir namluda genel olarak şu bölümler yer alır: Kama boşluğu, atım yatağı, zorlama konisi ve yiv-set.

5.12.2.1. Kama boşluğu

Namlunun arka kısmında, mekanizmanın oturduğu bölümdür. Böylece mekanizma, namlunun arkasını kapatarak fişek kovanını destekler. Yanma gazları serbest kalan tek yön olan mermi yönünde mermiyi de önüne katarak genişlerler ve gazların enerjisinden en fazla şekilde mermi itkisi elde edilir.

5.12.2.2. Atım yatağı

Atım yatağı namlunun fişeğe ev sahipliği yapan bölümüdür. Kovan arkadan mekanizma tarafından desteklenirken yanlardan ve ön kısmından atım yatağı tarafından desteklenir. Atım yatağının yerleşimi kovanın tasarımına bağlıdır ve şekli kovanın geometrisini takip eder. Kovan ile atım yatağı arasında radyal bir boşluk bulunur. Kolay doldurma ve boşaltma avantajının yanında radyal boşluk, kovanın atış sırasında

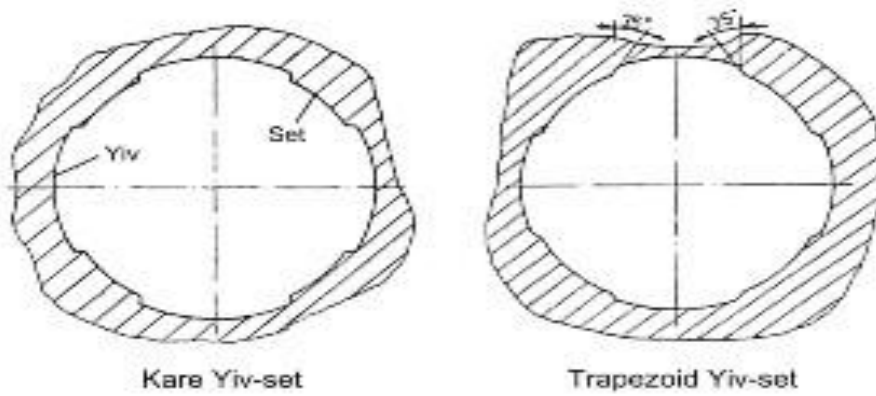
genişleyerek atım yatağının duvarlarına yaslanmasına ve sızdırmazlık sağlamasına da olanak sağlar (Özyılmaz, 2010).

5.12.2.3. Zorlama konisi

Zorlama konisi mermi gömleğinin, yiv-setin yivleri tarafından daha düzgün biçimde oyulmasına yardımcı olur. Mermi, yiv-sete tamamen oturduğu için hem sızdırmazlık sağlanır hem de merminin yivleri rahat takip etmesini ve düzgün bir dönüş kazanmasını sağlar.

5.12.2.4. Yiv-set

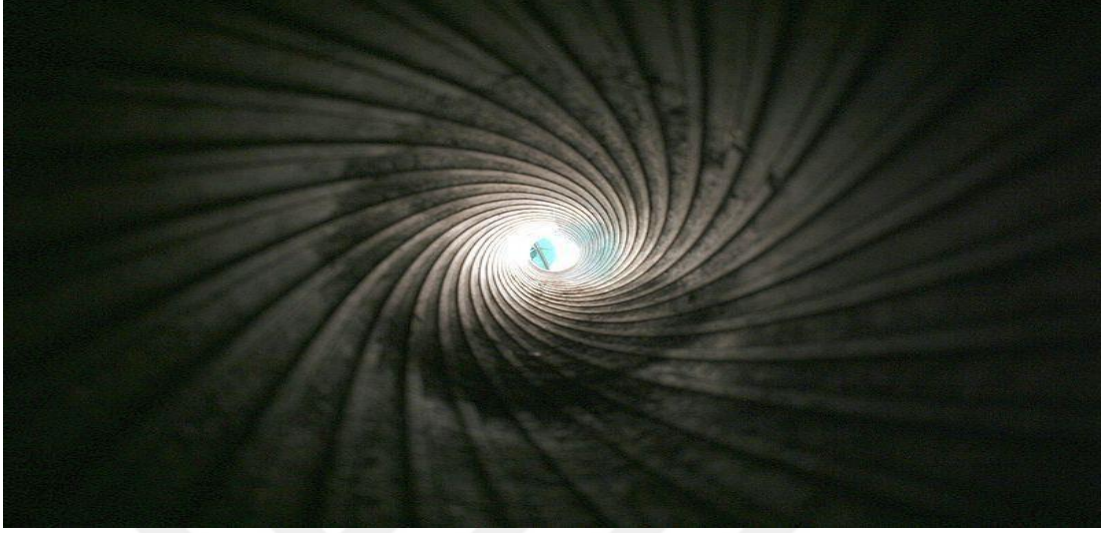
Yiv ateşli silahlarda merminin yolunda seyrederken dönme hareketi kazanmasını sağlayan namlu içine açılmış, spiral görünümlü kabartı ve oyuklardır. Bir mermi çekirdeğini uzak mesafelere göndermenin temel yolu, namlu çıkışında mermi çekirdeğine daha fazla hız kazandırmaktır. Yani enerjisini arttırmak ve önündeki hava direncini delme yeteneğini arttırarak daha az sürtünmeyle karşılaşmasını sağlamaktır. Bunun için ileriye harekete ek olarak, mermiye dönüş hareketi kazandırılması gereklidir. Mermiye dönüş hareketi sağlanması öncelikle jiroskopik dengesini arttırır, ayrıca merminin aerodinamiğini de iyileştirerek daha isabetli olmasını sağlar. Av tüfekleri dışındaki hafif silahların namlularında yiv-set bulunur.



Şekil 5.26. Yiv-Set profil görünüşü (Özyılmaz'dan 2010)

Yivlerin genişlik ve derinlikleri genellikle tüm namlu uzunluğu boyunca sabittir. Sarım açısı veya yiv-setin hatvesi de çoğu kez sabittir. Sarım açısı, bir yivin bir tam turu

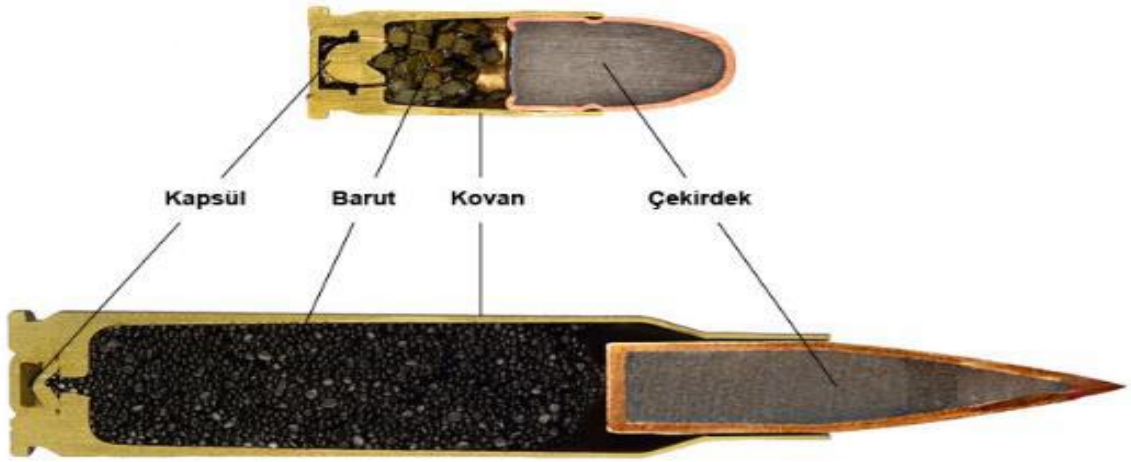
attığı mesafe cinsinden verilir. Sarım açısı, merminin namlu çıkış hızı ve spin hızı üzerinde etkilidir.



Şekil 5.27. Namlu içinden yiv görünümü (Wikipedia'dan 2017)

5.13. Fişegin Yapısı

Ateşli silahların en önemli parçası mermidir. Ağır ve hafif silah mermileri arasında yapısal farklılıklar bulunur. Hafif silah mermilerine fişek denilir ve dört temel bölümden oluşur. Fişegin namludan hızla çıkan, uç bölümü mermi çekirdeğidir. Silah ateşlenince, içeride oluşan yüksek gaz basıncı mermi çekirdeğini hedefe doğru iter. İkinci bölüm olan sevk barutu, yanma sonrası istenilen basınç artışını sağlamaktadır. Üçüncü kısım da mermi kovanıdır. Mermi kovanı, fişek parçalarının hepsini bir arada tutan ve gövde görevi yaparak barutun doldurulduğu kısımdır. Son olarak kovanın arkasında, barutun yakılmasını sağlayan kapsül bölümü yer alır. Kapsül fişegin ateşlenmesi sağlar ve tetik mekanizmasıyla kontrol edilir. Şekilde 5.28'de hafif silah fişeklerinin içyapısı ve bölümleri görülmektedir (Anonim, Mermilerin Yapısı, 2019).



Şekil 5.28. NATO Mermisine ait hafif silah fişegin yapısı (Anonim, Mermilerin Yapısı, 2019)

Silah ateşleme iğnesinin çarpmasıyla fişek kapsülü patlar ve mermi kovanındaki barutu tutuşturur. Mermi içerisinde bulunan barutun yanmasıyla ortaya çıkan sıcak gazın basıncı mermi çekirdeğini ileriye doğru iter ve çekirdek namlu ağzından büyük bir hızla hedefe doğru harekete başlar. Fişek kapsülünde bulunan ve çoğunlukla kurşun stiftat, baryum nitrat, antimon sülfid vb bileşiklerin karışımından oluşan madde tutuşarak, meydana getirdiği alev kovan içindeki barutu ateşler. Bu sırada namlu içinde basınç 60.000 psi ye kadar yükselir. Barutun patlaması 2800 oC'ı aşabilen büyük bir sıcaklık ve ilk hacmine kıyasla 1300 kata kadar genişleyen bir gaz kitlesi oluşmaktadır (Suslick, 1998).

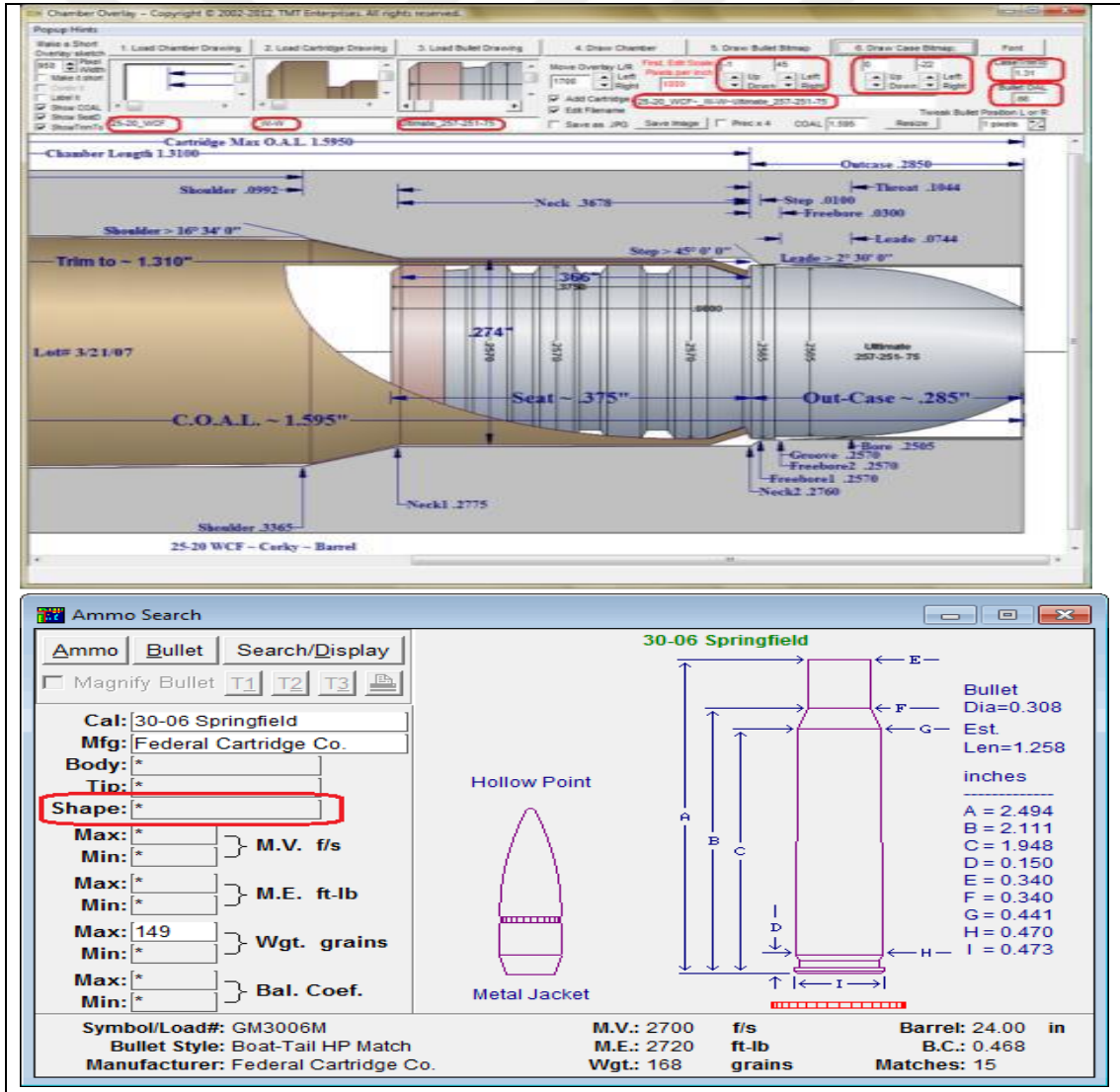
Bu kısa sürede namlu içinde oluşan ve santimetrekarede 2000-3000 kg varabilen basıncın büyük bir kısmı mermiyi namluya gönderir ve burada mermi setlere sürtünüp kendi eksenini etrafında dönüş yaparak büyük bir hızla namluyu terk eder. Enerjinin geri kalan kısmından bir bölümü “geri tepme” şeklinde silahı kullanan kişiye aktarılırken, bir bölümü de yarı-otomatik silahlarda, silahın bir sonraki atış için kurulması ve doldurulmasında harcanmaktadır (Suslick, 1998).

Günümüzde elde edilen veriler silaha bağlı şiddetin dünyada arttığını belirtmektedir. Ateşli silahlara ait şiddetin farklı veri tabanlarında yapılan kapsamlı bir araştırmaların ardından, İngilizce hakemli dergilerde yayınlanan birçok çalışma tespit edilerek, konu detaylı olarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, gelişmiş ülkelerde şiddet içeren bir suçta kesici aletler, keskin silahların yaygın olarak kullanıldığı ve bundan dolayı da ateşli silahlarla meydana gelen şiddetlerin çetelerle ilgili suçları tartışırken, bu

sebebe dayalı olayların önemli ölçüde arttığını gözlemlenmektedir. Son yüzyılda geçen birkaç yılda bazı reformlar yapılmakta ve ateşli silahlarla ilgili şiddet üzerindeki etkileri incelenmektedir (Khoshnood, 2018).

5.14. Mermi Tasarımı

Mermi tasarımında büyük çeşitlilik mevcuttur. Mermi tasarımı, mermi hedef tipine bağlıdır. Mermi tasarım parametresi sadece merminin ivme ve hızına değil, aynı zamanda çevrimin başlangıç kısmında basınç artış hızına etki edeceğinden, mermi kütlesi özel öneme sahiptir (Eroğlu, 2002). Şekil 5.29’da mermi tasarımı yapabilen programlara ait ara yüz örnekler görülmektedir.



Şekil 5.29. Mermi tasarım ara yüzü (Eroğlu, 2002)

Ateşli silahların en önemli parçası mermidir. Ağır ve hafif silah mermileri arasında yapısal farklılıklar bulunmaktadır. Silah ateşlenince, içeride oluşan yüksek gaz basıncı mermi çekirdeğini hedefe doğru fırlatır. İkinci bölüm olan sevk barutu, yanma sonrası istenilen basınç artışını sağlamaktadır. Üçüncü kısım mermi kovanıdır. Mermi kovanı, fişek parçalarının hepsini bir arada tutan ve gövde görevi yapan barutun doldurulduğu kısımdır. Son olarak kovanın arkasında, barutun yakılmasını sağlayan kapsül bölümü yer almaktadır.

Kapsül fişegin ateşlenmesini sağlar ve tetik mekanizmasıyla kontrol edilmektedir (Öztürk, 1984).

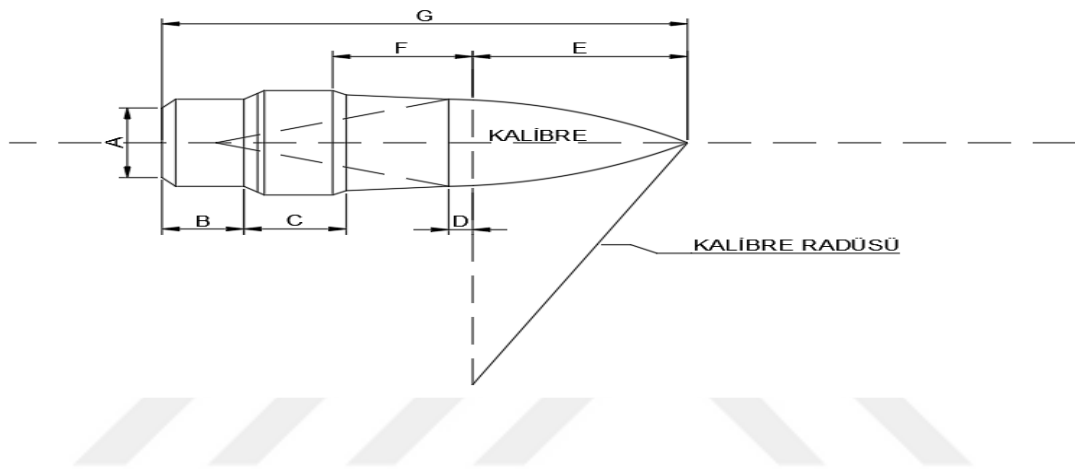
Şekil 5.29'da hafif silah fişeklerinin içyapısı görülmektedir. Hafif silah mermilerinden farklı olarak ağır silah mermisinin gövdesi, sevk çemberi ile kılavuz arasındaki silindirik kısımdır. Kılavuz ve sevk çemberi, mermi gövdesine göre hafifçe yükseltilmiş kısımlardır. Bu yüzeyler merminin namlu içinde hareketi esnasında destekleme ve mermi yatak vazifesi görürler. Bu yüzeyler aynı zamanda mermi etrafından sıcak barut gazlarının kaçak yapmasına karşı sızdırmazlık temin etmektedir (Öztürk, 1984).

Silah Sisteminin karakteristik basınç-hareket eğrisi birçok faktöre bağlıdır. Bunlardan en önemlileri şunlardır:

- Sevk barutunun terkipteki değişiklikler.
- Sevk barutunun yanma hızındaki değişiklikler.
- Ateşleme karakteristikleri.
- Barut tane yapısındaki değişkenler.
- Barutun miktarındaki artış ve azalışlar.
- Çevre ortam sıcaklığı
- Merminin yapısı ile ilgili değişimleri.
- Yivleme mukavemeti görünüşündeki değişiklikler.

Top tasarımında büyük bir çeşitlilik olduğu gibi, aynı çeşitlilik mermi tasarımında da mevcuttur. Mermi tasarımı, mermi hedef tipine bağlıdır. Mermi tasarım parametresi, sadece merminin ivme ve hızına değil, aynı zamanda çevrimin başlangıç kısmında basınç artış hızına etki edeceğinden, mermi kütlesi özel öneme sahiptir (Öztürk, 1984).

Aşağıda verilen şekilde tipik bir merminin kısımlarının gösterimi yapılmıştır. Şekil 5.30'da ki harflerin anlamları: A-Mermi taban plakası, B-Taban, C-Sevk çemberi, D-Kılavuz, E-Ovige (Burun), F-Gövde, G-Kiriş

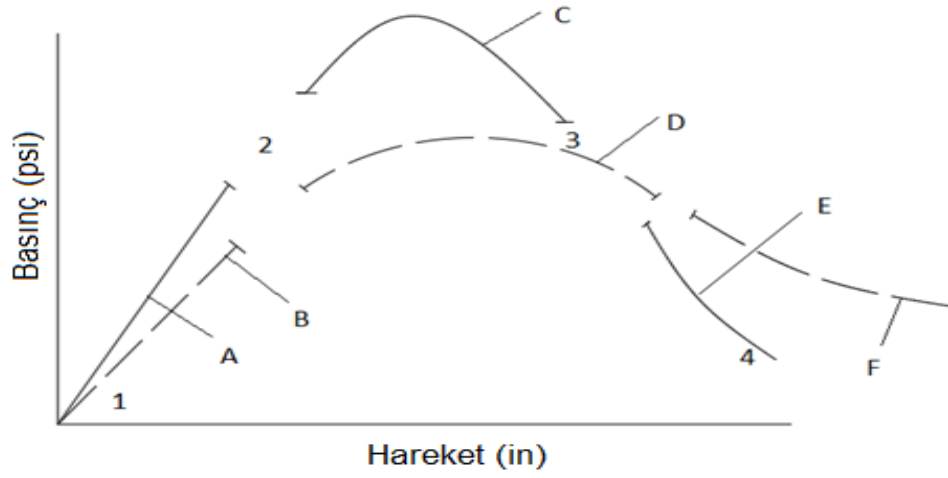


Şekil 5.30. Tipik mermi gösterimi (Nalbant, 1997).

Merminin gövdesi, sevk çemberi ile kılavuz arasındaki silindirik kısımdır. Kılavuz ve sevk çemberi, mermi gövdesine göre hafifçe yükseltilmiş kısımlardır. Bu yüzeyler merminin namlu içinde hareketi esnasında destekleme ve yatak olma vazifesi görmektedirler.

5.15. Basınç-Hareket Eğrisi

Şekil 5.31'de basınç-mermi hareketi eğrisine etki eden parametreler gösterilmiştir. Şekildeki harflerin ifadeleri: 1-2 bölge A-Kuvvetli Ateşleme, B-Zayıf Ateşleme, 2-3bölge C-Yüzey Alanında Hızlı Değişme, 3-4 bölge D-Yüzey Alanında Daha Az Hızlı Değişme, E-Hızlı Hazne Genişlemesi (Hafif mermi, dönmeye karşı düşük mukavemet), F-Daha Az Hazne Genişlemesi (Ağır mermi, dönmeye karşı büyük mukavemet)



Şekil 5.31. Baskı Mermi hareketi eğrisine etki eden parametreler (Nalbant, 1997).

Tabanca Mühimmatı:

6.35 mm BROWNING Fişegi

Fişegin aksamı

- Gömlek (Pirinç)
- Çekirdek (Kurşun- antimon)
- Mermi (6.35 mm BROWNING)
- Kovan (Pirinç)
- Sevk barutu
- Kapsül

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 23 mm
- Fişek ağırlığı : 7.6 g
- İlk hız : 200 ± 10 m/s

7.65 mm BROWNING Fişegi

Fişegin aksamı

- G mlek (Pirinç)
- Çekirdek (Kurşun- antimon)
- Mermi (7.65 mm BROWNING)
- Kovan (Pirinç)
- Sevk barutu
- Kapsül

Teknik Bilgiler

Fişek boyu : 25.1 mm

Fişek ağırlığı : 10.2 g

 lk hız : 270 ± 10 m/s

9 mm BROWNING Fi egi (Uzun)

Fişegin aksamı

- G mlek (Pirinç)
- Çekirdek (Kurşun- antimon)
- Mermi (9 mm BROWNING, uzun)
- Kovan (Pirinç)
- Sevk barutu

- Kapsül

Teknik Bilgiler

Mermi boyu : 28 mm

Fişek ağırlığı : 11.2 g

Fişek hız : 340 ± 10 m/s

9 mm BROWNING Fişegi (Kısa)

Fişegin aksamı

- G mlek (Pirinç)
- Çekirdek (Kurşun- antimon)
- Mermi (9 mm BROWNING, kısa)
- Kovan (Pirinç)
- Sevk barutu
- Kapsül

Teknik Bilgiler

Fişek boyu : 25 mm

Fişek ağırlığı : 9.5 g

 lk hız : 270 ± 10 m/s

9 mm PARABELLUM, STEN Fişegi

Fişegin aksamı

- G mlek (Pirinç)

- Çekirdek (Kurşun- antimon)
- Mermi (9 mm PARABELLUM, 9 mm STEN)
- Kovan (Pirinç)
- Sevk barutu
- Kapsül

Teknik Bilgiler

Fişek boyu : 29.7 mm
Fişek ağırlığı : 11.5 g
İlk hız : 310 ± 10 m/s
STEN : 395 ± 10 m/s

9,65 mm SMITH WESSON Fişegi

Fişegin aksamı

- Gömlek (Pirinç)
- Çekirdek (Kurşun- antimon)
- Mermi (9,65 mm SMITH WESSON)
- Kovan (Pirinç)
- Sevk barutu
- Kapsül

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 31.6 mm
- Fişek ağırlığı : 15.7 g

- İlk hız : 180 ± 10 m/s

9 mm SMITH WESSON Spesial (Mermi eride) Fişek

Fişegin aksamı

- Mermi (Kurşun)
- Mantar
- Kovan (Pirinç)
- Sevk barutu
- Kapsül

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 29.1 mm
- Fişek ağırlığı : 14.6 g
- İlk hız : 220 ± 10 m/s

9.65 mm SMITH WESSON Spesial (Mermi dışarıda) Fişek:

Fişegin aksamı

- Mermi (9.65 mm SMITH WESSON)
- Sevk barutu
- Kovan (Pirinç)
- Kapsül

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 39.3 mm
- Fişek ağırlığı : 14.7 g
- İlk hız : 260 ± 10 m/s

7.62 mm NATO Normal Fişegi

Fişegin aksamı

- G mlek (Tombak)
- Mermi (7.62 mm NATO Normal)
- Çekirdek(Kurşun- antimon)
- Kovan (Pirinç)
- Sevk barutu (Tübüler barut)
- Kapsül (Darbeli kapsül No.31)

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 71 mm
- Fişek ağırlığı : 24 g
- İlk hız : 827 ± 15 m/s

7.62 mm NATO İzli Fişegi

Fişegin aksamı

- G mlek (Tombak)
- Mermi (7.62 mm NATO  zli)
- Uç dolgusu (Kur sun- antimon)
-  z Eczası
- Tali ateşleme eczası
- Ateşleme eczası
- Dip kapak (Tombak)
- Kovan (Pirinç)
- Sevk barutu (Tübüler barut)
- Kapsül (Darbeli kapsül No.31)

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 71 mm
- Fişek ağırlığı : 23.7 g
-  lk hız : 816 ± 10 m/s

7.62 mm NATO B zmeli Manevra Fi e i

Fi e in aksamı

- Kovan (Pirinç)
- Barut
- Kapsül

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 63 mm

7.62 mm NATO Talim Fişegi

Fişegin aksamı

- G mlek (Tombak)
- Çekirdek (Kurşun- antimon)
- Mermi (7.62 mm NATO)
- Kovan (Pirinç)
- Kapsül (Boş)

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 71 mm

0.30 Cal. M2 Normal Fişegi:

Fişegin aksamı

- G mlek (Tombak)
- Mermi (0.30 Cal. M2 Normal)
- Çekirdek (Kurşun- antimon)
- Kovan (Pirinç)
- Sevk barutu (Tübüler barut)
- Kapsül (Darbeli kapsül No.31, yaş imlâlı)

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 85 mm
- Fişek ağırlığı : 26.66 g
- İlk hız : 833 ± 9.14 m/s

0.30 Cal. M25 İzli Fişegi:

Fişegin aksamı

- Gömlek (Tombak kaplı çelik)
- Mermi (0.30 Cal. M25 İzli)
- Uç dolgusu (Kurşun- antimon)
- İz maddesi
- Tali ateşleme eczası
- Ateşleme eczası
- Kovan (Pirinç)
- Sevk barutu (Tübüler barut)
- Kapsül (Darbeli kapsül No.31)

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 85 mm
- Fişek ağırlığı : 25.27 g
- İlk hız : 819 ± 9.14 m/s

0.30 Cal Manevra Fişegi:

Fişegin aksamı

- Kovan (Pirinç)
- Barut (Manevre barutu)
- Kapsül

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 63 mm

0.30 Cal Talim Fişegi

Fişegin aksamı

- Gümlek (Tombak)
- Mermi (0.30 Cal)
- Çekirdek (Kurşun- antimon)
- Kovan (Pirinç)
- Kapsül (Boş)

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 85 mm

0.50 Cal. M33 Normal Fişegi

Fişegin aksamı

- Uç dolgusu
- Gümlek (Tombak)

- Çekirdek(Çelik)
- Mermi (0.50 Cal. M33 Normal)
- Dip dolgusu (Kurşun- antimon)
- Kovan (Pirinç)
- Sevk barutu (Tübüler barut)
- Kapsül (Darbeli kapsül No. 28, Kuru imlâlı)

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 138 mm
- Fişek ağırlığı : 114.56 g
- İlk hız : 887 ± 10 m/s

0.50 Cal. M20 API-T Fişegi

Fişegin aksamı

- Uç dolgusu
- Gömlek (Tombak)
- Çekirdek (Çelik)
- İz maddesi
- Ateşleme maddesi
- Kovan (Pirinç)
- Sevk barutu (Tübüler barut)
- Kapsül (Darbeli kapsül No. 28, Kuru imlâlı)

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 138 mm
- Fişek ağırlığı : 109.25 g

12.7 mm M8 API Fişegi

Fişegin aksamı

- Yangın eczası
- G mlek (Tombak)
- Çekirdek ( elik)
- Mermi (12.7 mm M8 API)
- Dip dolgusu
- Kovan (Pirinç)
- Sevk barutu (Tübüler barut)
- Kapsül (Darbeli kapsül No.28, Kuru imlâlı)

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 138 mm
- Fişek ağırlığı : 111.84 g
- İlk hız : 887 ± 10 m/s

12.7 mm M17 İzli Fişegi

Fişegin aksamı

- Çekirdek (Kurşun- antimon)
- G mlek (Tombak kaplı)
- İz maddesi

- İz maddesi
- Ateşleme eczası
- Kovan (Pirinç)
- Sevk barutu (Tübüler barut)
- Kapsül (Darbeli kapsül No.28, Kuru imlâlı)

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 138 mm
- Fişek ağırlığı : 112.56 g
- İlk hız : 872 m/s

0.50 Cal Manevra Fişegi

Fişegin aksamı

- Koruyucu lâk
- Mukavva
- Kovan (Pirinç)
- Barutu (Manevra barutu)
- Kapsül

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 99.5 mm

20 mm M56 HEI Fişegi

Fişegin aksamı

- Başlık (Alüminyum)

- Tapa (M505 A3)
- Mermi gövdesi (Çelik)
- Yüksek patlayıcı yangın eczası
- Sevk barutu (Kürevî barut, WC 870)
- Kovan (20 mm, M103, Pirinç)
- Kapsül (Elektrikli, M52 A3 B1)

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 168 mm
- Fişek ağırlığı : 255 g
- İlk hız : 1030 ± 15 m/s

20 mm M53 API Fişegi

Fişegin aksamı

- Uç (Alüminyum)
- Yangın eczası
- Mermi (20 mm, M53 API)
- Adaptör (Çelik)
- Gövde (Çelik)
- Sevk barutu (Kürevî barut, WC 870)
- Kapsül (Elektrikli, M52 A3 B1)

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 167 mm

- Fişek ağırlığı : 257.9 g
- İlk hız : 1030 ± 15 m/s

20 mm M55 A2 TP Fişegi

Fişegin aksamı

- Uç (Alüminyum)
- Mermi (20 mm, M55 A2 TP)
- Gövde (Çelik)
- Sevk barutu (Kürevî barut, WC 870)
- Kovan (20 mm, M103, Pirinç)
- Kapsül (Elektrikli, M52 A3 B1)

Teknik Bilgiler

- Fişek boyu : 168 mm
- Fişek ağırlığı : 255 g
- İlk hız : 1030 ± 15 m/s

Atış Şartları

Muhtelif tüfek barutları için atış şartları aşağıda tablolar halinde verilmiştir

Tablo 5.3. 7,62 mm NATO Barutu (Nalbant, 1997)

Safha	Barut	Atım	Barut	Sıcaklık	Atım	Mühim-	Şartname Talepleri			
							Hız (m/s)		Basınç (kg/cm ²)	
	Cinsi		Hakkı	(°C)	Adedi	mat cinsi	Hız	Standard.Sapma	Ort. Max.	Münferit Max.
Barut Hakkı Tespit Atışı	KAF KAF STD KAF KAF	Isıtıcı Seri	2.85 2.80 Orijinal 2.85 2.90	+21	5 10 10 10 10	M59	838.2 ± 4.6	6.1		
Teslimat Atışı	KAF KAF STD KAF STD KAF STD KAF KAF KAF KAF KAF	Isıtıcı Hız Hız Basınç Basınç t ₄ t ₄ Hız Basınç Hız Basınç	2.85 Tayin E. Orijinal Tayin E. Orijinal Tayin E. Orijinal Tayin E. " " " " " "	+21 +21 +21 +21 +21 +21 +52 +52 -54 -54	5 20 10 20 10 10 5 10 10 10 10	M59	838.2 Rapor	6.1 6.1	3375 Rapor	3868

Tablo 5.4. 7,62 mm Normal Fişek Barutu (Nalbant, 1997)

Safha	Barut	Atım	Barut	Sıcaklık	Atım	Mühim-	Şartname Talepleri			
							Hız (m/s)		Basınç (kg/cm ²)	
	Cinsi		Hakkı	(°C)	Adedi	mat cinsi	Hız	Standard.Sapma	Ort. Max.	Münferit Max.
Barut Hakkı Tespit Atışı	KAF KAF STD KAF KAF	Isıtıcı Seri	3.08 3.10 Orijinal 3.15 3.20	+21	5 5 5 5 5	M2	835.2±4.6	6.1		
Teslimat Atışı	KAF STD KAF STD KAF KAF KAF KAF KAF KAF	Isıtıcı Hız Hız Basınç Basınç t ₄ Alev Duman Hasar	Tayin E. Oriinal Tayin E. Orijinal Tayin E. " " " " " " " "	+21 +21 +21 +21 +21 +21 +21 +21 +21 +21	5 10 20 10 20 100 100 100 100	M2	Rapor 835.2±4.6	6.1 6.1	Rapor 3375	4218

Tablo 5.5. 7 mm (0.5 cal) Fişek Barutu (Nalbant, 1997)

Safha	Barut	Atım	Barut	Sıcaklık	Atım	Mühim-	Şartname Talepleri			
							Hız (m/s)		Basınç (kg/cm ²)	
	Cinsi		Hakkı	(°C)	Adedi	mat cinsi	Hız	Standard.Sapma	Ort. Max.	Münferit Max.
Barut Hakkı Tespit Atışı	KAF KAF STD KAF KAF	Isıtıcı Seri	14.200 14.500 Standard 14.800 15.200	+21	5 10 10 10 10	M39 M39 M8 M39 M39	887.0±3.0 Rapor	9.1		
Teslimat Atışı	KAF KAF STD KAF STD KAF KAF KAF KAF	Isıtıcı Hız Hız Basınç Basınç t ₄ Alev Duman Hasar	Tayin E. Tayin E. Orijinal Tayin E. Orijinal Tayin E. " " " " " "	+21 +21 +21 +21 +21 +21 +21 +21 +21	5 20 10 20 10 100 100 100 100	M39 M39 M8 M39 M8 M39 M39 M39 M39	887.0±3.0 Rapor	9.1 9.1	3726 Rapor	4394

Tablo 5.6. 12.7 mm (0.5 cal) Fişek Barutu (Nalbant, 1997)

Safha	Barut	Atım	Barut	Sıcaklık	Atım	Mühim-	Şartname Talepleri			
							Hız (m/s)		Basınç (kg/cm ²)	
	Cinsi		Hakkı	(°C)	Adedi	mat cinsi	Hız	Standard.Sapma	Ort. Max.	Münferit Max.
Barut Hakkı Tespit Atışı	KAF KAF STD KAF KAF	Isıtıcı Seri	14.200 14.500 Standard 14.800 15.200	+21	5 10 10 10 10	M39 M39 M8 M39 M39	887.0±3.0 Rapor	9.1		
Teslimat Atışı	KAF KAF STD KAF STD KAF KAF KAF KAF	Isıtıcı Hız Hız Basınç Basınç t ₄ Alev Duman Hasar	Tayin E. Tayin E. Orijinal Tayin E. Orijinal Tayin E. " " " " " "	+21 +21 +21 +21 +21 +21 +21 +21 +21	5 20 10 20 10 100 100 100 100	M39 M39 M8 M39 M8 M39 M39 M39 M39	887.0±3.0 Rapor	9.1 9.1	3726 Rapor	4394

Tablo 5.7. 20 mm Fişek Barutu (Nalbant, 1997)

Safha	Barut Cinsi	Atım	Barut Hakkı	Sıcaklık (°C)	Atım Adedi	Mühim-mat cinsi	Şartname Talepleri			
							Hız (m/s)		Basınç (kg/cm ²)	
							Hız	Standard.Sapma	Ort. Max.	Münferit Max.
Barut Hakkı Tespit Atışı	KAF KAF KAF KAF	Isıttıcı Seri	36.800 36.000 36.500 37.00	+21	5 5 5 5	M55A2	1030.2 ±7.6	9.1		
Teslimat Atışı	KAF KAF STD KAF KAF KAF KAF	Isıttıcı Seri t ₄ Alev Duman Hasar	Tayin E. Tayin E. Orijinal Tayin E. " " " "	+21 +21 +21 +21 +21 +21	5 20 10 100 100 100	M55A2	1030.2 ±7.6 Rapor	9.1 9.1	3867 Rapor	

Tabanca barutları

Atış Talepleri

Tablo 5.8. 7.65 mm Tabanca Barutu (Nalbant, 1997)

Safha	Barut Cinsi	Atım	Barut Hakkı	Sıcaklık (°C)	Atım Adedi	Mühim-mat cinsi	Şartname Talepleri			
							Hız (m/s)		Basınç (kg/cm ²)	
							Hız	Standard.Sapma	Ort. Max.	Münferit Max.
Barut Hakkı Tespit Atışı	KAF KAF KAF	Isıttıcı Hız Basınç	0.14 0.14 0.14	+21	5 10 10	7.65 mm	270±10		1500	
Teslimat Atışı	KAF KAF KAF	Isıttıcı Hız Basınç	Tayin E. Tayin E. Tayin E.	+21	5 55 22	7.65 mm	270±10		1500	

Tablo 5.9. 9 mm Tabanca Barutu (Nalbant, 1997)

Safha	Barut Cinsi	Atım	Barut Hakkı	Sıcaklık (°C)	Atım Adedi	Mühim-mat cinsi	Şartname Talepleri			
							Hız (m/s)		Basınç (kg/cm ²)	
							Hız	Standard.Sapma	Ort. Max.	Ort. Min
Barut Hakkı Tespit Atışı	KAF KAF KAF	Isıttıcı Hız Basınç	0.35 0.35 0.35	+21	5 10 10	MP5	375±15		2800	2300
Teslimat Atışı	KAF KAF KAF	Isıttıcı Hız Basınç	Tayin E. Tayin E. Tayin E.	+21	5 55 22	MP5	375±15		2800	2300

6. MATERİYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, NATO fişegi kovanın içerisinde küresel barutu farklı barut miktarlarıyla dolumu yapılarak, küresel barutun iç balistik etkilerinden barutun yanması ile merminin silah namlusunu terk etmesi arasında geçen olaylar incelenmiştir. Namlu içerisinde oluşan maksimum basınç ve hız değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sayısal sonuçlar tablosu oluşturulup grafiğe dönüştürülmüştür. Kurulan deney düzeneği sayesinde namlu iç basıncı, namlu ağız basıncı, mermi hızı, aksiyon zamanı yani namlu boyuna bağlı olarak birim hızda aldığı yol eylem zamanı ölçülmüştür.

Test atışlarını 9×19mm 5.56×45mm 7.62×51mm 12.7×99mm 20×102mm mermi hızı ölçüm sisteminin farklı miktarlardaki barut hakkına bağlı olarak kovan içerisine küresel barut dolumu yapılmış kovan içerisindeki barut hacmi, yanma boşluğu, kovan ağız basıncı, namlu iç basıncı ve mermi hızı belirlenmiş sonuçlar tablo haline getirilip grafik üzerinden yorumlanmasını ve analizi yapılmıştır.

Namlulu silah sistemlerinde barut terkibindeki yanma boşluğunun kovan ağız basıncına, namlu iç basınca ve hıza bağlı olarak iç balistik olaylarına etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Namlu içerisinde oluşan kovan ağız basıncı, namlu iç basıncı silahtaki piyezo sensörleri vasıtasıyla elektronik sinyal butonundan bilgisayar ortamındaki balistik program vasıtasıyla ölçümü sağlanmıştır. Hızı ise 80metrelik tünelde 16metre ve 24metrede bulunan fotosel arasındaki start ve stop mesafenin 1m olduğu cihazda sinyal butonuna ordan da bilgisayar ortamına veri akışı sağlanıp ölçüm testleri tabloya kaydedilmiştir. Veriler grafiklerle test atışlarının sayısal analizi sağlanmıştır.

Tablo 6.1. Kalashnikov Barutu (7.62×39mm)

Barut Hakkı(gr)	Namlu İçi Basıncı(bar)	Hız(m/s)
1.50	2.279	589,6
1.55	2.550	646,5
1.60	2.767	663,8
1.65	2.771	675,7

Barut hakkında 1 gr artış hızda yaklaşık 4m/s artış olurken, 5gr barut hakkının arttırdığımızda hız 20 m/s artışa sebep olurken basınç yaklaşık 200 bar artıyor. Yanma boşluğu optimal değere ulaştığında namlu içi basıncı 4 bar lık bir artış ile parabolik bir artış söz konusu olmuştur. Barut Hakkının max değerinde yanma boşluğu namlu içi basıncının genellikle artmasına neden olmuştur. Barut hakkının yanma boşluğu optimal değere ulaştığında basınçta artış göstermektedir. Namlu boylarının birbirine yakın olan 5.56×45mm ve 7.62×51mm namlulaların tane geometrisinin aynı olduğu tank tan kuru kaplaması yapılmış bir barutun 5.56×45mm ile 7.62×51mm mukayesesi yapıldığında

Tablo 6.2. 5.56×45mm Barutu (1.65gr)

Barut Hakkı 1.65gr	Ölçülen Değer	Şartname Değeri
Namluiçi Basıncı (bar)	3696 bar	3909 bar
KovanAğzı Basıncı	980 bar	1055 bar
Ortalama Hız	873 m/s	920 m/s

Tablo 6.3. 7.62×51mm Barutu (2.90 gr)

Barut Hakkı 2.90 gr	Ölçülen Değer	Şartname Değeri
Namluiçi Basıncı (bar)	3621 bar	3516 bar
KovanAğzı Basıncı	575 bar	643 bar
Ortalama Hız	813 m/s	833 m/s

Tane geometrisinin aynı olduğu başka bir tanktan ıslak kaplamalı ve lamine edilmiş ürünlerin mukayesesi yapıldığında

Tablo 6.4. 5.56×45mm Barutu (1.60gr)

Barut Hakkı 1.60gr	Ölçülen Değer	Şartname Değeri
Namluiçi Basıncı (bar)	3817 bar	3909 bar
KovanAğzı Basıncı	831 bar	831 bar
Ortalama Hız	819,1 m/s	920 m/s

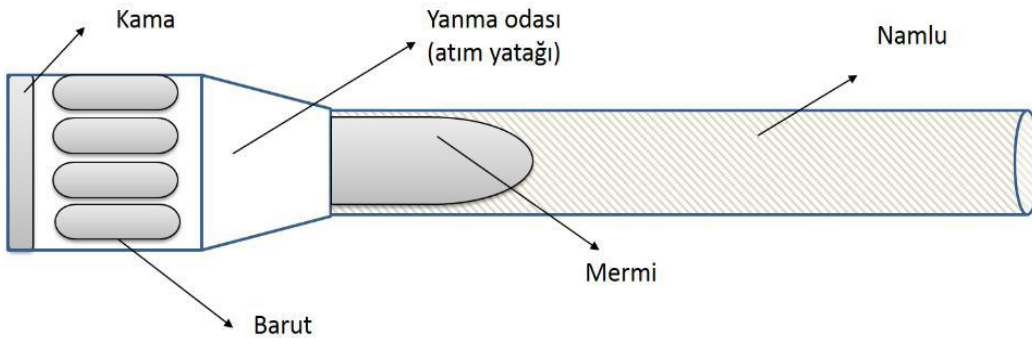
Tablo 6.5. 7.62×51mm Barutu (2.85gr)

Barut Hakkı 2.85 gr	Ölçülen Değer	Şartname Değeri
Namluiçi Basıncı (bar)	3883 bar	3516 bar
KovanAğzı Basıncı	536 bar	643 bar
Ortalama Hız	780 m/s	833 m/s

Şartnameye ve ölçülen değerler arasındaki farka bağlı olarak 5.56×45mm x kadarlık azalma 7.62×51mm 2x Kadar azalmayı yaklaşık olarak yorumlaması sağlamaktadır.

6.1. Sürecin Gerçekleştiği Hacim

Mermi hareket etmeden önce mermi yanma odasında (atım yatağı) bulunmaktadır. Ateşleme başlamadan önce atım yatağında sadece katı barut taneleri bulunmaktadır. Miktar, şekil ve yoğunluğuna göre bir hacim kaplamaktadır. Bu hacim ilgili şematik gösterim Şekil 6.1’de sunulmaktadır.



Şekil 6.1. Mermi hareket etmeden önceki durum

Şekil 6.1’de yanma odası hacmi v_c , barutun kütlesi m_b ve barutun yoğunluğu ρ_s ise yanma başlamadan önceki an için kullanılabilir hacim aşağıda belirtilmiştir.

$$v(t) = v_c - \frac{m_b}{\rho_s} \quad (6.1)$$

Yanma başladıktan sonra bir süre mermi harekete başlamamaktadır. Bunun nedeni sürtünme enerjisi ve varsa yerçekimi kuvveti gibi etkilere. Bu durumda barutun bir kısmı yanmakta ve gaz fazına geçmektedir. Barutun yanan kısmının tamamının gaza dönüştüğü kabul edilebilir.

$$v(t) = v_c - \left[\frac{m_b}{\rho_s} - \frac{m_b z(t)}{\rho_s} \right] \quad (6.2)$$

Gazların moleküler olarak kapladıkları hacmin, Nobel Abel hal denkleminde dikkate alındığı daha önce belirtilmiştir. Barutun gaz fazına geçen kısmını tespit etmek üzere yanan barut miktarının tamamının gaza dönüştüğü kabulü yapılmıştır.

$$m_b = m_g \quad (6.3)$$

Gazların kapladığı hacim (covolume) η olarak gösterilmiştir. Bu husus denklemde yerine konulduğunda elde edilir.

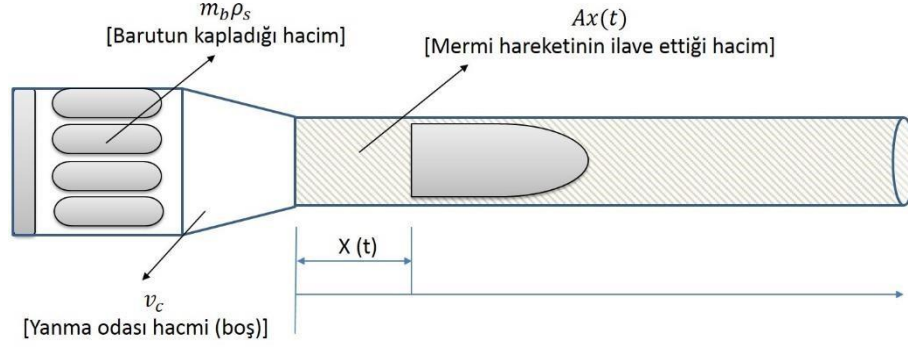
$$v(t) = v_c - \left[\frac{m_b}{\rho_s} - \frac{m_b z(t)}{\rho_s} \right] - m_b z(t) \eta \quad (6.4)$$

Bu denklemde gerekli sadeleştirmeler yapılırsa;

$$v(t) = v_c - \frac{m_b}{\rho_s} + \frac{m_b z(t)}{\rho_s} - m_b z(t) \eta \quad (6.5)$$

$$v(t) = v_c - \frac{m_b}{\rho_s} + m_b z(t) \left[\frac{1}{\rho_s} - \eta \right] \quad (6.6)$$

elde edilir. Merminin hareketinin hacme etkisinin şematik gösterimi Şekil 3.5.’de yer almaktadır.



Şekil 6.2. Merminin hareketinin hacim değişimine etkisi

Ateşleme yapıldıktan sonra bir süre geçmesini müteakip yanma odasındaki basınç sürtünme ve diğer kuvvetleri yenerek merminin hareketine yetecek seviyeye ulaşmaktadır. Bu durumdan sonra mermi ilerledikçe merminin arkasındaki hacmin artması söz konusu olmaktadır. Namlunun kesit alanı A ise ve mermi $x(t)$ miktarda yol aldıysa toplam hacim aşağıdaki denklem ile ifade edilebilir.

$$v(t) = v_c - \frac{m_b}{\rho_s} + m_b z(t) \left[\frac{1}{\rho_s} - \eta \right] + Ax(t) \quad (6.7)$$

Böylelikle merminin hareketi de dahil olmak üzere süreç hacmi elde edilmiştir. Bu ifade Denklem (6.45) yerine yazıldığında;

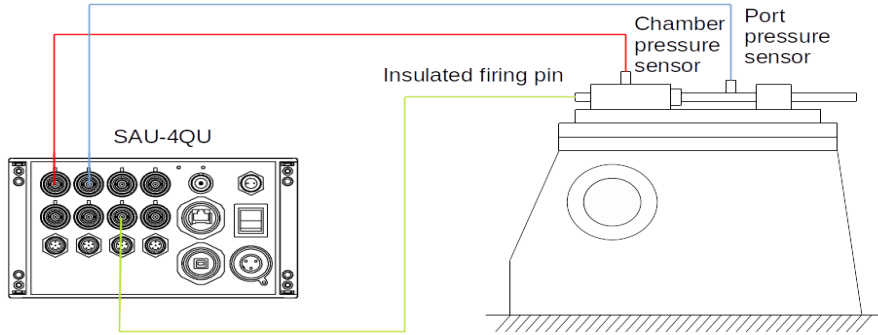
$$p_a = \frac{m_b z(t) \lambda - (\gamma - 1)(1 + \theta) \frac{1}{2} V_m^2 m_e}{v_c - \frac{m_b}{\rho_s} + m_b z(t) \left[\frac{1}{\rho_s} - \eta \right] + Ax(t)} \quad (6.8)$$

elde edilir.

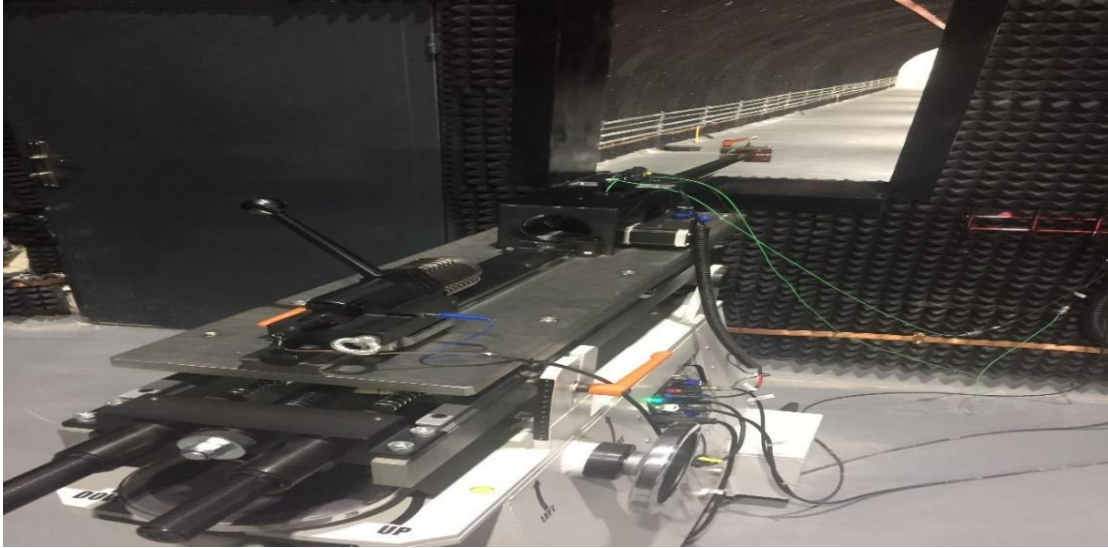
Bu bölümde iç balistik sürecinde temel denklemler elde edilmiştir

6.2. Test Düzeneği

NATO Fişek kovanı içerisine dolumu yapılan barut hakkına bağlı olarak farklı oranlardaki barut miktarı hassas ölçüm cihazında yapılmıştır. Barut miktarları ile yanma boşluğunun hesabı yapılmıştır. Öncelikle NATO Mermimizin iç balistiğe etkisi için ön testler yapılmış olup farklı barut miktarlarıyla yanma boşluğu konusunda bir fikir oluşturmaya çalışılmıştır. Mermi hızlarının Ölçümü için hızölçer ile namlu sistemine bağlı olan pnozellerle sinyal butonu kullanılmıştır.

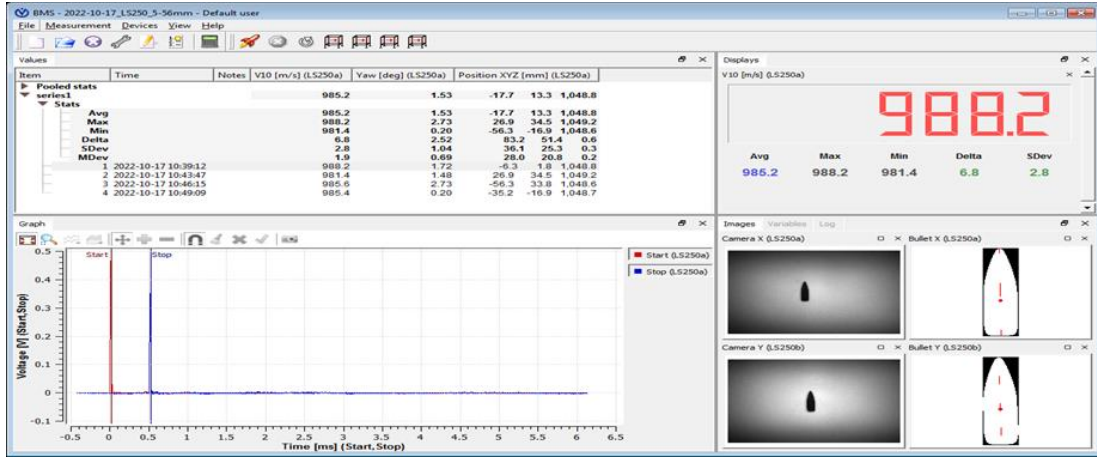


Şekil 6.3. Test Mermisi atış düzeneği



Şekil 6.4. Test mermisi atış düzeneği

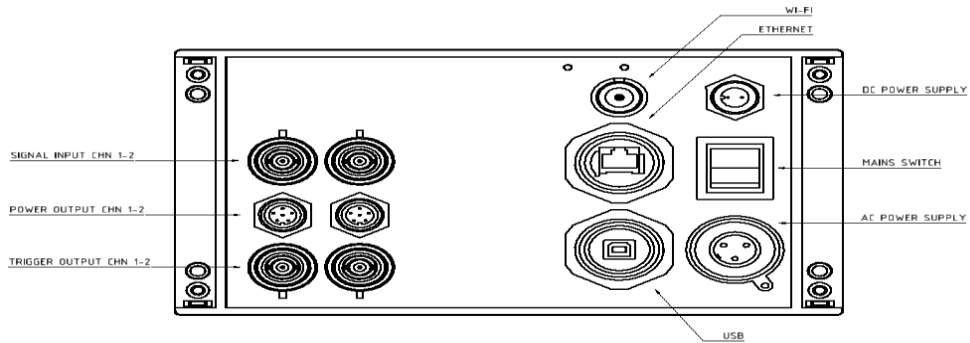
Atış yapılan poligonda, tünelin tam boyu 80 m'dir. Elektronik olarak mermi hızını algılayan start (başla) ve stop (dur) ışık dedektörü ve ışık emitörleri (yayıcılar) fotoselde hız ölçümünü sinyal butonlar vasıtasıyla bilgisayar ortamındaki balistik program BMS aktarmaktadır.



Şekil 6.5. BMS Balistik Programı



Şekil 6.6. Hız ölçer düzeneği

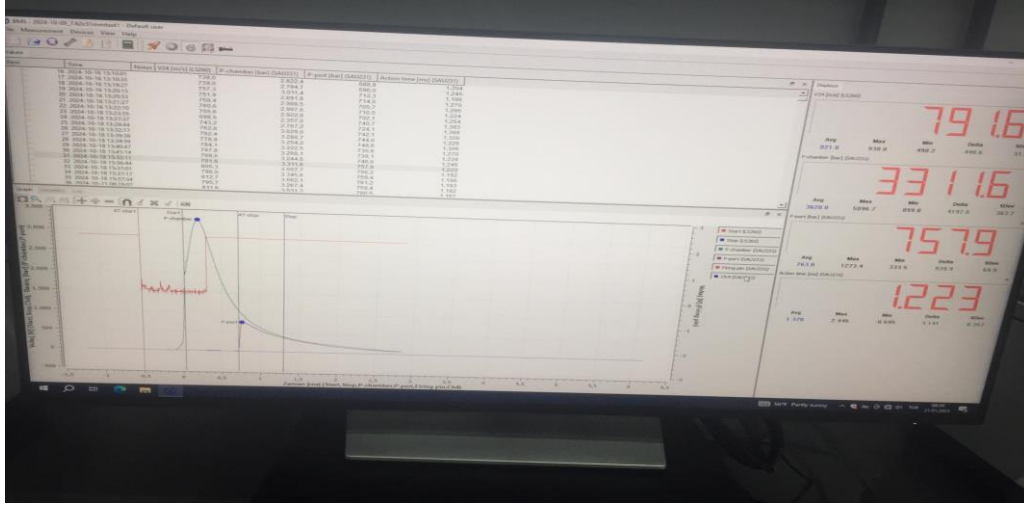


Şekil 6.7. Sinyal butonu



Şekil 6.8. Fotosel hız ölçer düzeneği

Fotoseller tünelde 24 metre ile 16metre aralığında bulunmaktadır. İki perde arası uzaklık 1metre mesafe olacak şekilde kurulan düzenek aracılı ile atılan merminin saniyede aldığı mesafeyi bulabilmektedir.



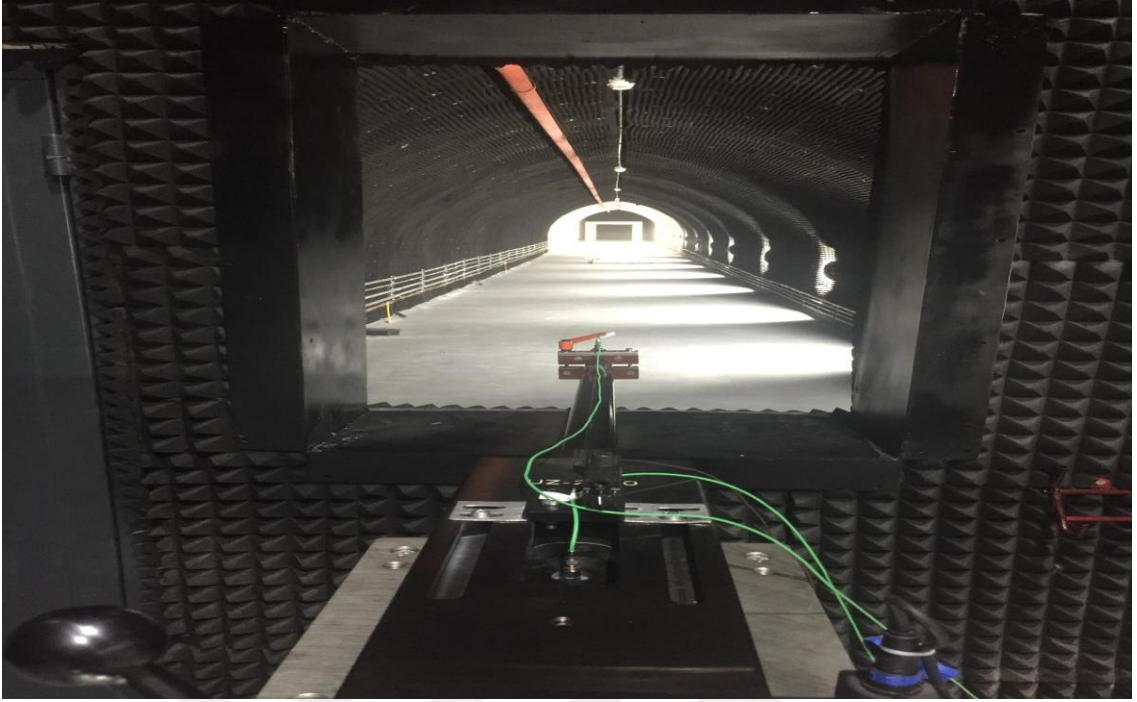
Şekil 6.9. BMS Balistik Program

6.3. Test Ortamı

Test atış kontrol düzeneği güvenli bir şekilde yere sabitlenecek şekilde kurulmuş olup fotoseller 24metre ve 16metrede iki perde arası 1metre olacak şekilde namlu dışındaki hızları tespit edilebilmektedir.

Test yapılırken atış sehпасına sabitlenmiş namlu kullanılmıştır. Atış yapıldığı esnada silahı ateşleyecek personelin güvenliği açısından elektrikli ateşleme mekanizması yardımıyla kulaklık takılarak başka bir odadan yapılmaktadır.

Test Atışları Goldforce Makine ve Kimya San.Tic.A.Ş. atış Poligonunda gerçekleştirilmiştir. Poligonda test düzeneği Şekil 6.10 da gösterilen mermi atış cihazımızın değiştirilebilen namlusu sayesinde farklı çap ve markalarda mermilerin belirli mesafeden elektrikli ateşleme düzeneği ile mermi atabilen atış sistemi bulunmaktadır. Şekil 6.11 de test mermisi atış poligonunda atılan mermi 16 metre ve 24 metrede bulunan iki plaka arasından geçerken hızı tespit edilmektedir.



Şekil 6.10. Test Mermisi Atış Poligonu

6.4. Test Mermileri

Testi yapılan Nato mermileri için kullanılan ortamın iklim değerleri, 21 °C sıcaklık %40-60 arası bağıl nem oranlarındadır. Test aşamasında kullanılan merminin özellikleri Şekillerde detaylı olarak verilmiştir.

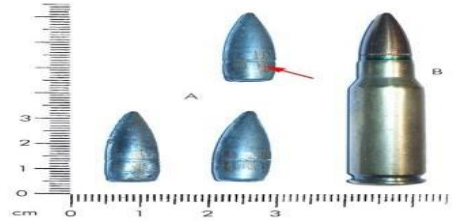


Şekil 6.11. NATO mermilerine ait resim görülmektedir.

Test aşamasında kullanılan bu fişeklerin özellikleri aşağıda detaylı olarak verilmiştir.

Mermi çekirdek çapı: 7,62 mm,
Kovan uzunluğu: 51 mm,
Atış mesafesi: 24 m,
Çekirdek ağırlığı: $9,45 \pm 0,10$ gr' dır.

Mermi çekirdek çapı :20mm
Kovan Uzunluğu:102mm
Atış Mesafesi:24m
Çekirdek Ağırlığı: $98,25 \pm 0,10$ gr'



Mermi Çekirdek Çapı:12.7mm
Kovan Uzunluğu:99mm
Atış Mesafesi:24m
Çekirdek Ağırlığı: $42,81 \pm 0,10$ gr'

Mermi çekirdek çapı:5.56mm
Kovan Uzunluğu:45mm
Atış Mesafesi:24m
Çekirdek Ağırlığı: $4,11 \pm 0,10$ gr'

Mermi çekirdek çapı:9mm
Kovan uzunluğu:19mm
Atış mesafesi:16metre
Çekirdek Ağırlığı: $8.05 \pm 0,10$ gr'

6.5. Test Barutu (Küresel Barut)

Pamuk içerisinde hammaddesi nitroselüloz olan tane yapısı küreler halinde oluşturulmasıyla elde edilmiş barut tipidir. Genellikle 9×19 mm, 5,56 mm, 7,62 mm, 12,7 mm ve 20 mm fişekleri gibi küçük kalibre silahlarda kullanılmaktadır, büyük kalibre silahlarda kullanımı çok sınırlıdır. Küresel barut üretimi genellikle küçük ve orta kalibreli

silah sistemleri için yapılmaktadır. Sulu ortamda gerçekleştirilen üretimin silindirik barut üretimine göre daha güvenlidir. Amerikan ordusunun yaptığı araştırmaya göre bu barutta daha temiz dumansız bir yanma gerçekleştiği görülmüştür. Küresel barut sistemiyle üretilen barut kontrollü yanma olacağından düşük alev sıcaklığı sebebiyle namlu ömrü daha uzun olmaktadır.

Üretim küresel barutta daha güvenli ve daha emniyetlidir. Çoğu aşama su içerisinde ve ıslak bir ortamda olacağından patlama riski yoktur. Küresel barut üretim aşamaları daha az maliyetlidir. İşçilik maliyetleri Silindirik barut üretim sistemine göre daha ekonomiktir. Üretim sulu ortamda olduğundan çoğu aşamada otomasyon sistemi vardır. Transfer olacak imalat, pompalar yardımıyla olmakta ve işçilik maliyeti azalmaktadır. Küresel barut ile yapılan yaklaşık 10 atış ve yanma boşluğu hesaplanması ve tablo çizilmiş ve grafik analiz edilmiştir. Yanma boşluğu hesabı örneğin 5.56×45mm kalibrede

- Kovan hacmi: $1.53(\text{cm}^3)$,
- Barut yoğunluğu: $1.56 \text{ g/ (cm}^3\text{)}$
- Yanma boşluğu=kovan hacmi-barut hacmi
- $V=m/d$
- Barut hacmi=barutun kütlesi/barut yoğunluğu
- Örneğin 6.nolu atış verilerine göre
- Barut hacmi= $1.58/1.56=1.012\text{cm}^3$
- Yanma Boşluğu= $1.53-1.012=0.518 \text{ cm}^3$

şeklinde hesaplaması yapılarak yanma boşluğunun kovan ağzı basıncına, namlu ağzı basıncına ve hıza etkisi tablolarda gösterilmiştir.

7. BULGULAR TARTIŞMA

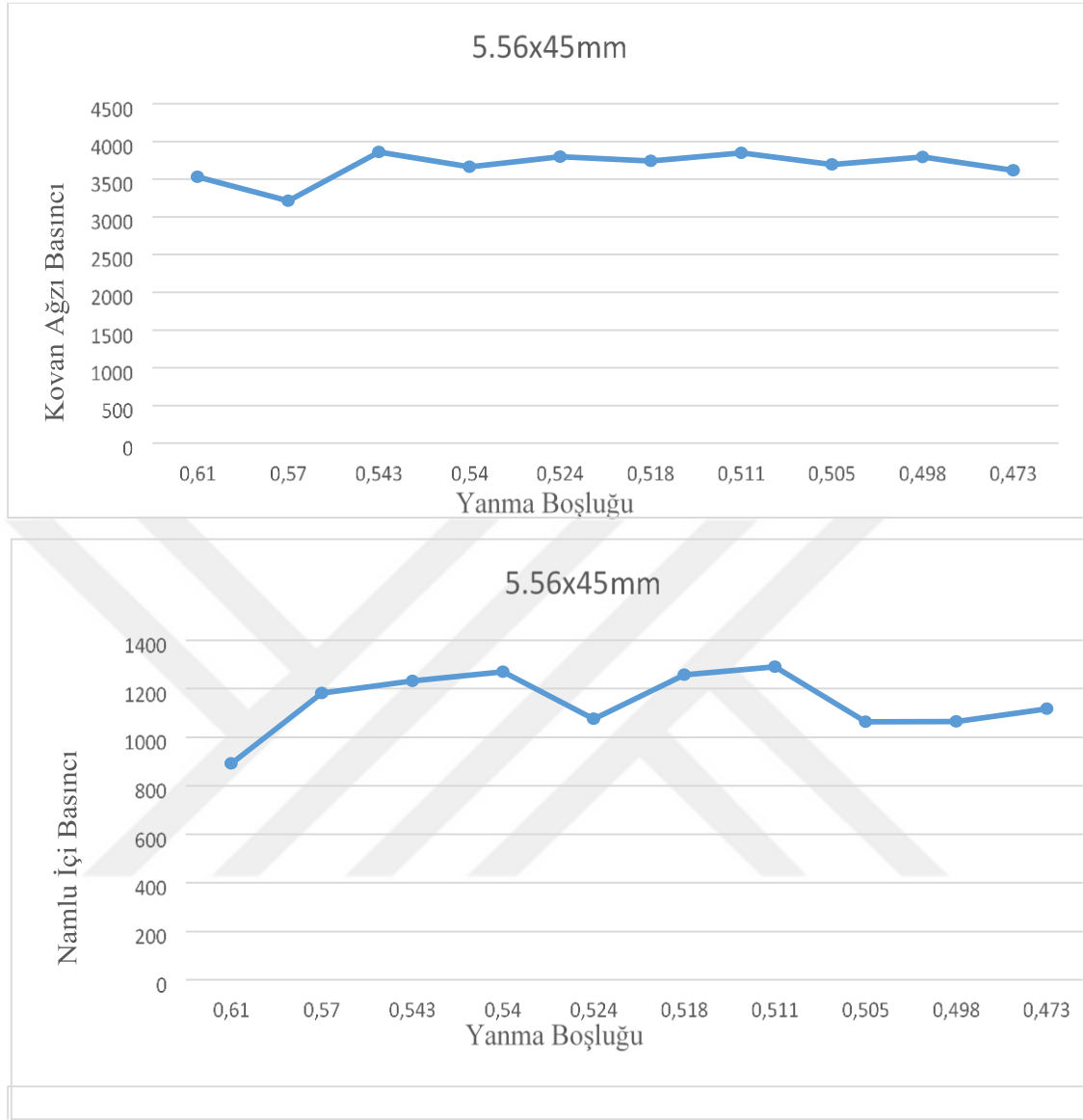
Testi yapılan mermi çeşitleri ve alınan sonuçlar ilgili tablo ve şekillerde gösterilmiştir.

- **5.56×45mm mermisi için alınan sonuçlar**

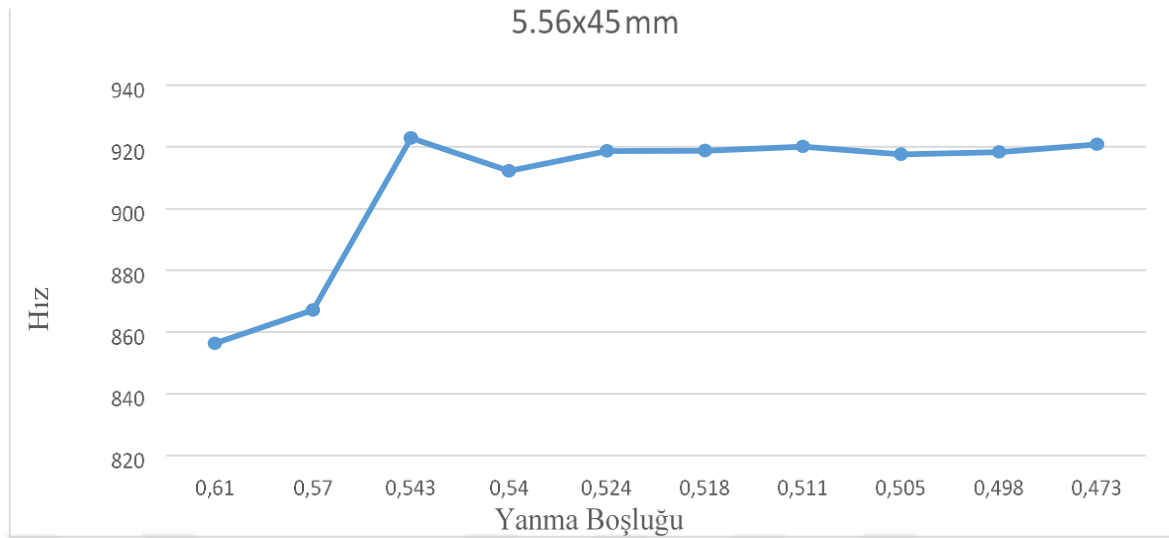
Tablo 7.1. 5.56×45mm’ nin Yanma Boşluğunun Basınç ve Hıza Etkisi
(5.56×45 mm, Kovan hacmi: 1.53 cm³, Barut yoğunluğu:1.56 g/cm³)

Atış No	BARUT HAKKI (gr)	BARUT HACMI (cm ³)	YANMA BOŞLUĞU (cm ³)	KOVAN AĞZI BASINCI(bar)	NAMLU İÇİ BASINCI(bar)	HIZ(m/s)
1	1,45	0,92	0,61	3531	892	856,4
2	1,50	0,96	0,57	3215	1183	867,2
3	1,54	0,987	0,543	3862	1233	923
4	1,55	0,99	0,54	3666	1270	912,3
5	1,57	1,006	0,524	3799	1076	918,8
6	1,58	1,012	0,518	3743	1258	918,9
7	1,59	1,019	0,511	3851	1291	920,2
8	1,60	1,025	0,505	3695	1065	917,7
9	1,61	1,032	0,498	3796	1066	918,4
10	1,65	1,057	0,473	3619	1118	920,9

Yapılan testler sonucunda; yanma boşluğu azalmasına karşılık mermi hızının arttığı, yanma boşluğunun azalmasına karşılık kovan ağzı basıncının arttığı, yanma boşluğu azaldıkça namlu içi basıncın arttığı gözlemlenmiştir. Diğer değişkenlerin sebebi ise üretilen barutun cinsine bağlıdır.



Şekil 7.1 5.56×45mm Yanma Boşluğunun Basınca Etkisinin Grafiği



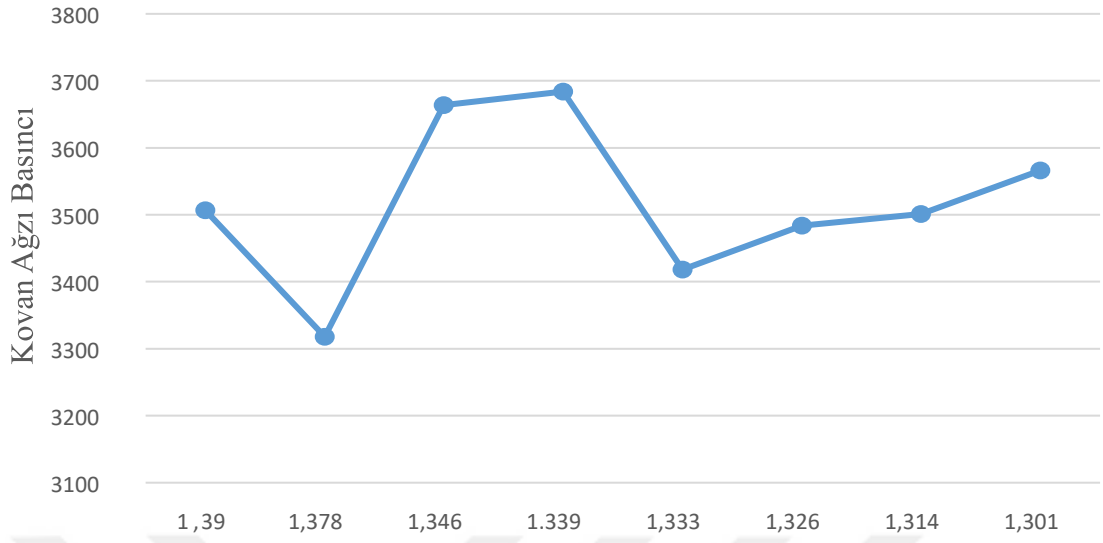
Şekil 7. 2. 5.56×45mm Yanma Boşluğunun Mermi Hızına Etkisinin Grafiği

- **7,62×51mm mermisi için alınan sonuçlar**

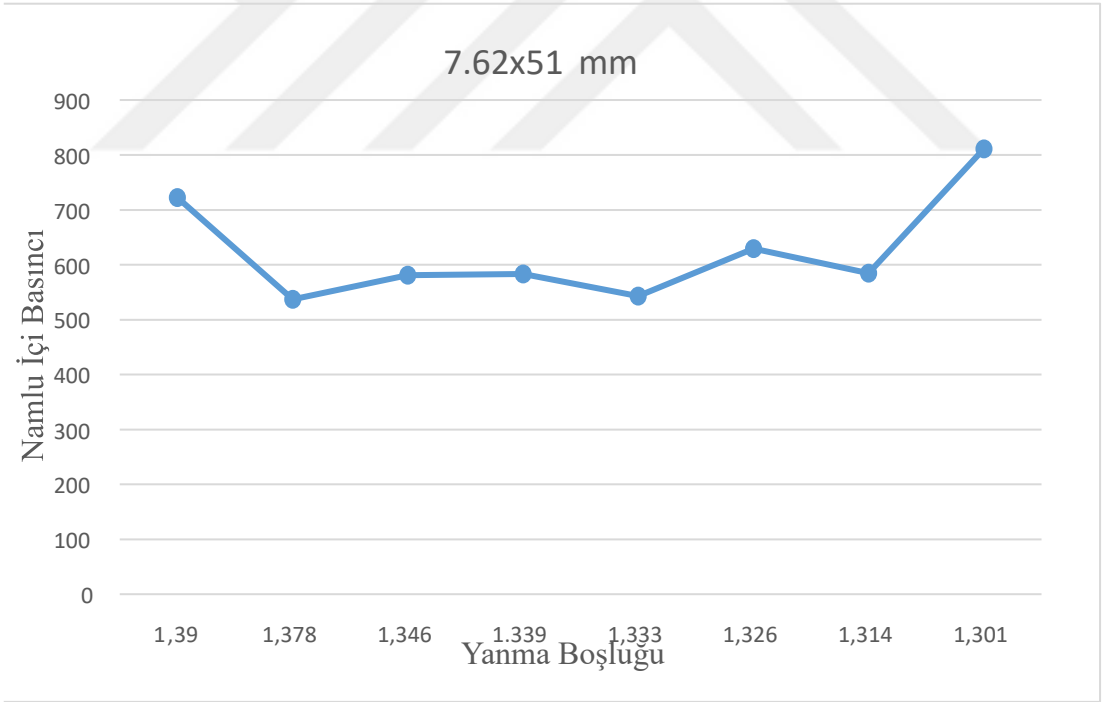
Tablo 7.2. 7.62×51 mm' nin Yanma Boşluğunun Basınç ve Hıza Etkisi (Kovan hacmi:3,14 cm³, Barut yoğunluğu:1,56 g/cm³)

ATIŞ NO	BARUT HAKKI (gr)	BARUT HACMİ (cm ³)	YANMA BOŞLUĞU (cm ³)	KOVAN AĞZI BASINCI (bar)	NAMLU İÇİ BASINCI (bar)	HIZ (m/s)
1	2,73	1,75	1,39	3512	732	832,4
2	2,75	1,762	1,378	2962	709	757
3	2,80	1,794	1,346	3507	722	834,9
4	2,81	1,801	1,339	3318	537	836
5	2,82	1,807	1,333	3664	581	826,6
6	2,83	1,814	1,326	3684	583	837,5
7	2,85	1,826	1,314	3418	543	838
8	2,87	1,839	1,301	3484	629	829,9
9	2,88	1,846	1,294	3501	585	830,6
10	2,90	1,858	1,282	3566	811	838,1

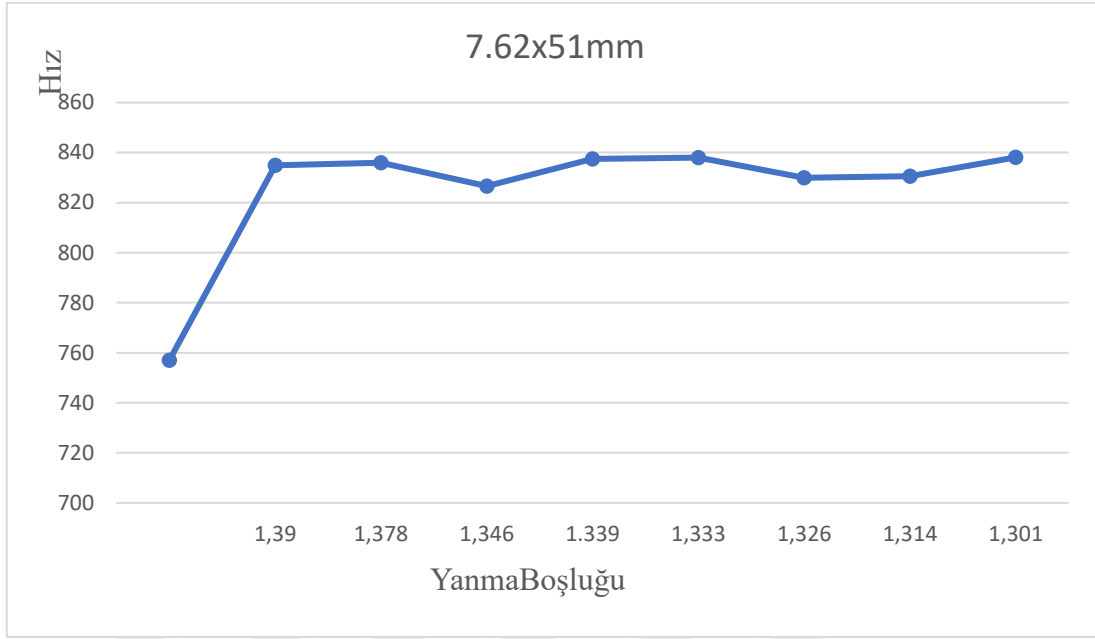
Yanma boşluğu azaldıkça, genellikle kovan ağzı basıncı ve hız değerlerinin arttığı görülmektedir.



Şekil 7.3. 7.62×51mm Yanma Boşluğunun Kovan Ağzı Basınca Etkisinin Grafiği



Şekil 7.4 7.62×51mm Yanma Boşluğunun Namlu İçi Basınca Etkisinin Grafiği



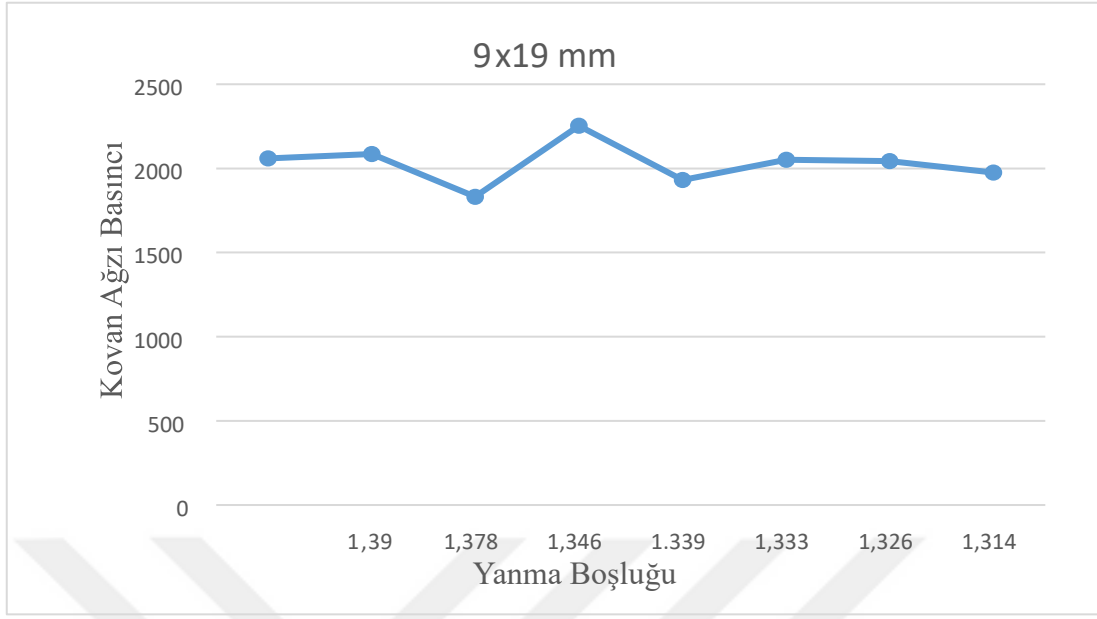
Şekil 7.5 7.62×51mm Yanma Boşluğunun Mermi Hızına Etkisinin Grafiği

- **9×19 mm mermisi için alınan sonuçlar**

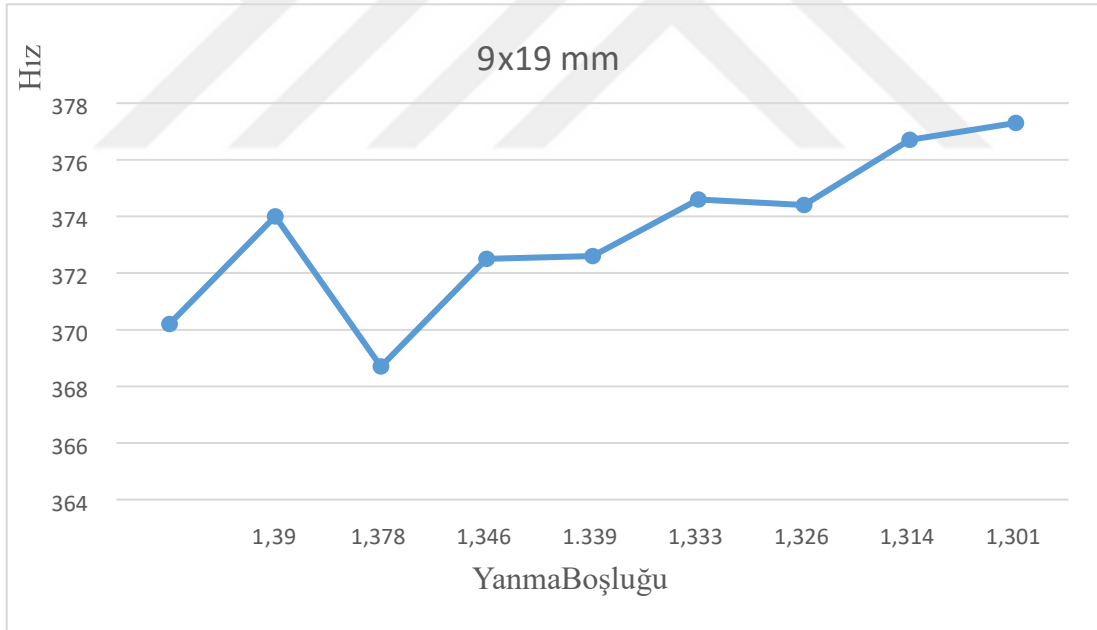
Tablo 7.3. 9×19 mm' nin Yanma Boşluğunun Basınç ve Hıza Etkisi (Kovan hacmi: 0,58 cm³ Barut Yoğunluğu: 1.58 g/ cm³)

Atış No	Barut Hakkı (gr)	Barut Hacmi (cm ³)	Yanma Boşluğu (cm ³)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
1	0,39	0,246	0,334	2190	372,9
2	0,40	0,253	0,327	2059	370,2
3	0,41	0,259	0,321	2085	374
4	0,42	0,265	0,315	1832	368,7
5	0,43	0,272	0,308	2253	372,5
6	0,44	0,278	0,302	1931	372,6
7	0,45	0,284	0,296	2051	374,6
8	0,46	0,291	0,289	2043	374,4
9	0,47	0,297	0,283	1976	376,7
10	0,48	0,303	0,277	2019	377,3

Yanma boşluğu azaldıkça kovan ağzı basıncı bazı durumlarda artış bazı durumlarda azalma göstererek stabil değer vermemektedir. Kısmi olarak azaldığını söyleyebiliriz. Yanma boşluğu azaldıkça hız değerinin arttığını söyleyebiliriz.



Şekil 7.6. 9×19mm Yanma Boşluğunun Kovan Ağı Basınca Etkisinin Grafiği

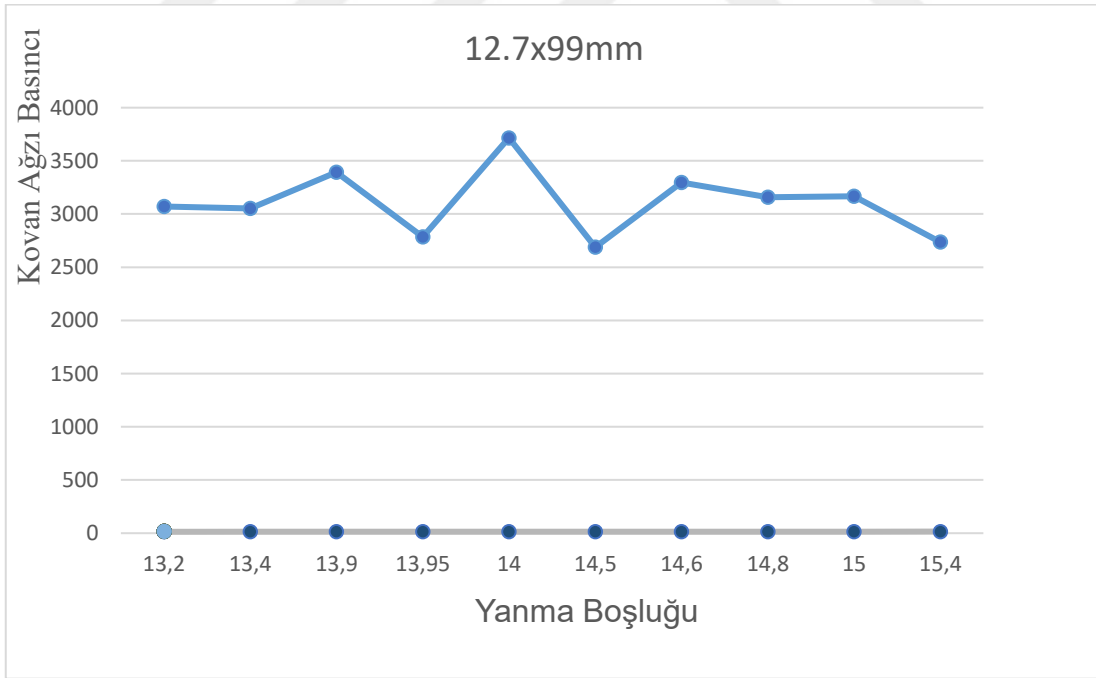


Şekil 7.7. 9×19mm Yanma Boşluğunun Mermi Hızına Etkisinin Grafiği

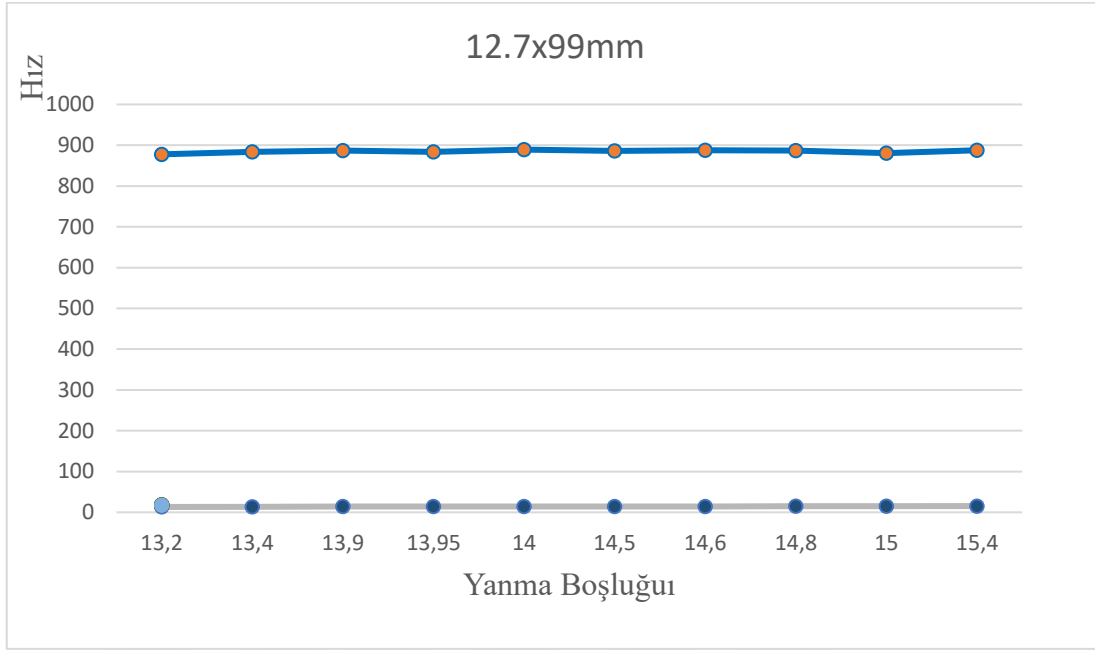
- 12.7×99mm mermisi için alınan sonuçlar

Tablo 7.4. 12.7×99 mm' nin Yanma Boşluğunun Basınç ve Hıza Etkisi (Kovan hacmi:16.68 cm³, Barut yoğunluğu:1.60 g/cm³)

Atış No	Barut Hakkı (gr)	Barut Hacmi (cm ³)	Yanma Boşluğu (cm ³)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
1	13,20	8,25	8,43	3071	877,8
2	13,40	8,37	8,31	3052	883,8
3	13,90	8,68	8	3393	886,8
4	13,95	8,71	7,97	2784	882,7
5	14,00	8,75	7,93	3716	889,3
6	14,50	9,06	7,62	2688	886,4
7	14,60	9,125	7,555	3297	887,4
8	14,80	9,25	7,43	3159	886,6
9	15,00	9,37	7,31	3167	880,6
10	15,40	9,62	7,006	2737	887,7



Şekil 7.8. 12.7×99mm Yanma Boşluğunun Kovan Ağzı Basınca Etkisinin Grafiği



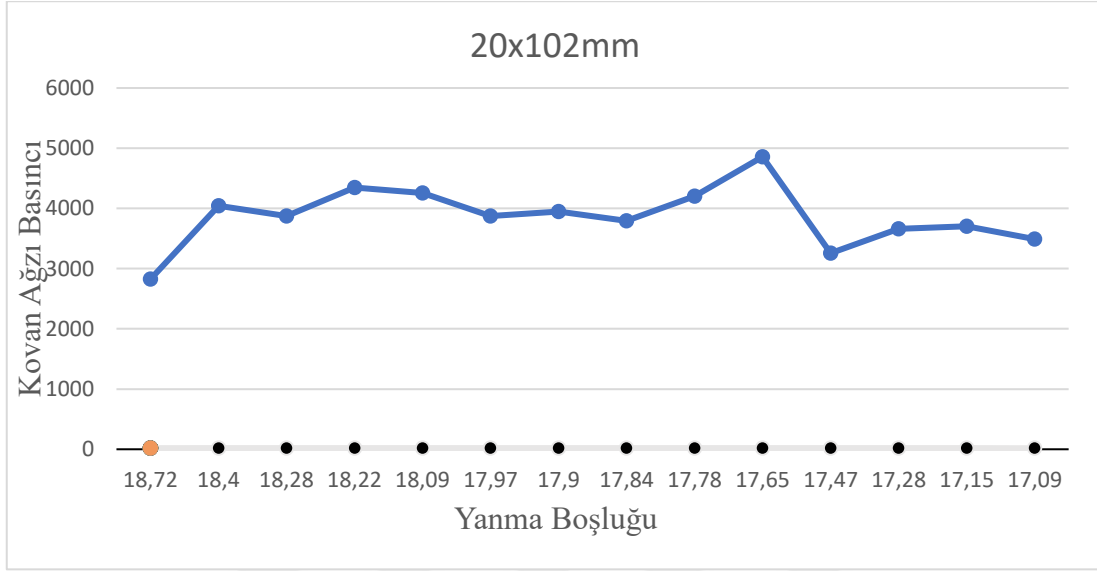
Şekil 7.9. 12.7×99mm Yanma Boşluğunun Mermi Hızına Etkisinin Grafiği

- **20×102 mm mermisi için alınan sonuçlar**

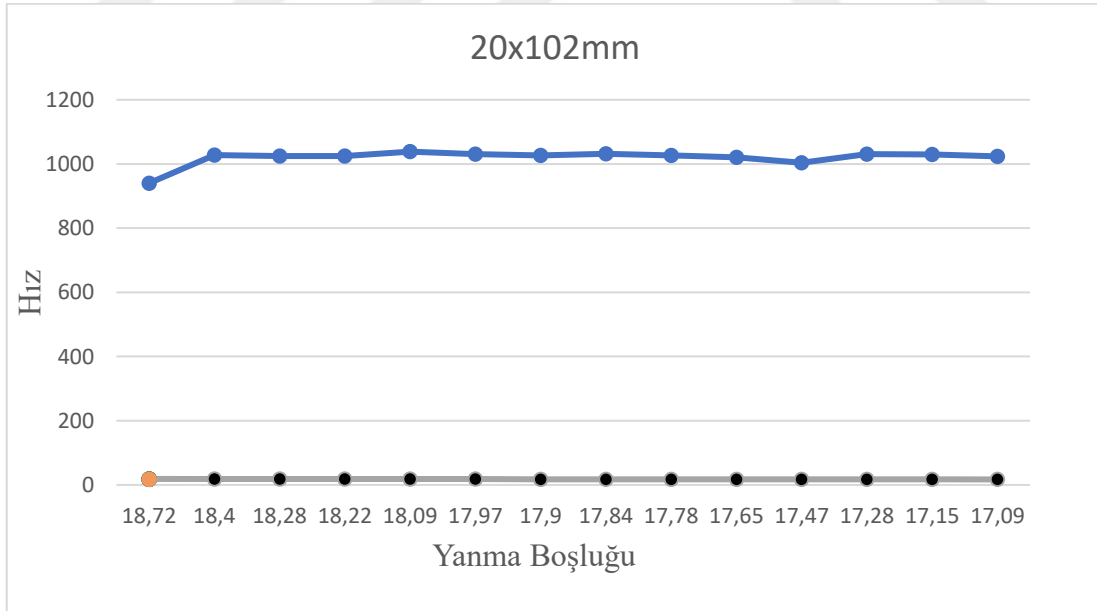
Tablo 7.5. 20×102 mm' nin Yanma Boşluğunun Basınç ve Hıza Etkisi (Kovan hacmi:40.9 cm³, Barut yoğunluğu:1.60 g/cm³)

Atış No	Barut Hakkı (gr)	Barut Hacmi (cm ³)	Yanma Boşluğu (cm ³)	Kovan Ağzı Basıncı (bar)	Hız (m/s)
1	35,50	22,18	18,72	2825	940,3
2	36	22,5	18,4	4045	1028,1
3	36,20	22,62	18,28	3874	1025,2
4	36,30	22,68	18,22	4347	1024,8
5	36,50	22,81	18,09	4256	1038,4
6	36,70	22,93	17,97	3874	1030,4
7	36,80	23	17,9	3946	1027,1
8	36,90	23,06	17,84	3792	1031,5
9	37	23,12	17,78	4205	1026,8
10	37,20	23,25	17,65	4857	1020,3
11	37,50	23,43	17,47	3258	1003,5
12	37,80	23,62	17,28	3659	1031,2
13	38	23,75	17,15	3704	1030,2
14	38,10	23,81	17,09	3492	1023,5

Yanma boşluğu azaldıkça, kovan ağzı basıncı ve hız değerlerinin arttığı görülmektedir.



Şekil 7.10. 20×102mm Yanma Boşluğunun Kovan Ağzı Basınca Etkisinin Grafiği



Şekil 7.11. 20×102mm Yanma Boşluğunun Mermi Hızına Etkisinin Grafiği

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Coğrafi konum itibariyle stratejik bir öneme sahip olan bölgesel olarak savunma ve uluslararası düzeyde ve dünya siyasi gelişmelerinden dolayı ülkemiz sürekli sıcak savaş ve dış kaynaklı tehditlerle karşılaşmaktadır. Uluslararası ambargolar savunma sanayimizin güçlendirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmış, bu doğrultuda önemli gelişmeler olduğu bir dönemin içerisindeyiz. Ateşli silah sistemleri gelişen teknolojiye savunma sanayi için yeni teknolojik araştırmaların yapıldığı ve savunma ürünlerinin geliştirildiği günümüzde artış göstermektedir. Sevk barutlarının üretimi, bileşenleri, etkileri, katkıları ve kullanım yerleri konusunda yerli üretimin kaçınılmaz olmasıyla yoğun çalışmalar ile ateşli silah teknolojisinin kullanımında önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, dünyada en yaygın kullanılan askeri ateşli silah fişeklerinden 9×19mm, 5.56×45mm, 7,62×51mm, 12.7×99mm, 20×102mm NATO mermilerinin iç dinamiğindeki yanma boşluğunun etkisi deneysel yöntemler kullanılarak incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan ateşli silah namlusu içerisinde denemeleri yapılan barutun yanması ile merminin silah namlusunu terk etmesi arasında geçen olaylar göz önüne alınarak, NATO fişegi kovanına deneysel ortamda belirlenen miktarlarda dolum yapılmış küresel barut miktarlarının iç balistik, dış balistik ve hedef balistiği etkileri incelenmiştir. Silah namlusu içerisinde oluşan maksimum basınç, namlu ağzı basıncı ve mermi hız değerleri özel atış düzeneği sayesinde ölçülebilmektedir. Silahın izin verilen çalışma basınç kıstaslarına bağlı kalınarak, barut miktarları belirlenmiştir. Standart NATO fişegi kovanına önceden belirlenen barut türü ve miktarlarında dolum yapılarak, özel atış poligonu ortamında test denemeleri yapılmıştır. Aynı zamanda dolumu yapılan barut türü ve miktarının namlu iç balistik değerlerine etkisi olan farklı noktalarda namlu basıncı, mermi hızı, namlu çıkış süresi, kovan içindeki yanma boşluğu. Elde edilen değerler kıyaslanarak yanma boşluğunun optimal değeri tespiti yapılarak kovan ağzı basıncı, namlu içi basıncı ve hız değerleriyle iç balistik şartlar belirlenmiştir.

Küresel barut dolumu yapılan kovanların içerisindeki yanma boşluğunun tespiti için en az 10 atış yapılarak barut hakkına bağlı olarak barut hacmi, yanma boşluğu hesaplanmıştır. Farklı kalibrelerde farklı barut miktarlarıyla yapılan ölçümlerin sonuçları tablolar halinde sunulmuş ve, yanma boşluğu, kovan ağzı basıncı, namlu içi basıncı,

ölçümleri yapıp grafiklerle gösterilmiştir. Hazırlanan deney numunesi fişeklerin tüm iç balistik değerleriyle birlikte sunulmuştur.

Bu çalışmada farklı miktarlardaki NATO fişegi barutunun analizi yanma boşluğunun optimal değeri başarılı şekilde analiz edilmiştir. Çalışma yapılan ortamın iklim değerleri; 21 °C sıcaklık, %60 bağıl nem oranı ölçülmüştür. Dolum miktarlarına göre küresel baruttan farklı barut miktarıyla hassas terazide tartarak deney numune mermileri hazırlanmıştır. Barutlar için farklı kalibrelerde en az on atış yapılmıştır. Kullanmakta olduğumuz mermi balistik analizör cihazı ile NATO mermilerine ait kovan ağzı basıncı, namlu içi basıncı ve mermi hızı değerlerine ulaşılmıştır. Sonuçlar tablo haline getirilip grafiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Atışı yapılan 9×19mm fişeginin kovan hacmi 0.58 cm³ barut yoğunluğu 1.58 g/cm³ NATO standartlarına göre referans değerleri ise ortalama kovan ağzı basıncı 2040 bar, hız 378.5m/s dir. Bu fişek için, maksimum barut hakkı 0.50gr, ortalama barut hakkı 0,43 gr, yanma boşluğu 0,305 cm³, kovan ağzı basıncı 2043 bar, hız 373,3 m/s olarak ölçülmüştür. Test edilen 5.56×45 mm fişeginin kovan hacmi 1.53 cm³, barut yoğunluğu 1.56g/ cm³, NATO standartlarına göre referans değerleri ortalama kovan ağzı basıncı 3540 bar, namlu içi basıncı 1125bar, hız 917 m/s’dir. Bu fişek için, maksimum barut hakkı 1.60 gr ortalama barut hakkı 1.56gr, ortalama yanma boşluğu 0.529, cm³ ortalama kovan ağzı basıncı 3677 bar, ortalama namlu içi basıncı 1145 bar, ortalama hızı 907,3 m/s olarak ölçülmüştür. Atışı yapılan bir diğer fişek olan 7.62×51 mm fişeginin kovan hacmi 3.14 cm³, barut yoğunluğu 1.56g/ cm³, NATO standartlarına göre referans değerleri ortalama kovan ağzı basıncı 3413 bar, namlu içi basıncı 691 bar, hız 833 m/s maksimum barut hakkı 2.95 gr ortalama barut hakkı 2.82 gr, ortalama yanma boşluğu 1.330 cm³, ortalama kovan ağzı basıncı 3461 bar, ortalama namlu içi basıncı 643 bar, hızı 826,1 m/s olarak ölçülmüştür. 12,7×99mm fişeginin kovan hacmi 16.68 cm³, barut yoğunluğu 1.60 g/ cm³ NATO standartlarına göre referans değerleri ortalama kovan ağzı basıncı 3083 bar, hız 884 m/s’dir. Bu fişekiçin ölçülen değerler ise, maksimum barut hakkı 16.50 gr ortalama barut hakkı 14.27 gr, ortalama yanma boşluğu 7.76 cm³, ortalama kovan ağzı basıncı 3106 bar, ortalama hız 884,9 m/s’dir. Son olarak atışı yapılan 20×102 mm fişeginin kovan hacmi 40.9 cm³, barut yoğunluğu 1.60 g/ cm³ NATO standartlarına göre referans değerleri ortalama kovan ağzı basıncı 3211 bar, hız 1023.5m/s’dir. Bu fişege ait ölçümler sonucu, maksimum barut hakkı 40gr, ortalama barut hakkı 36.89gr, ortalama yanma boşluğu

17.84 cm³, ortalama kovan ağız basıncı 3562 bar, ortalama hız 1020.1m/s olarak bulunmuştur.

Genel olarak NATO mermisi içerisindeki kovan içerisindeki azami barut hakkı değerine yaklaştıkça yani barut miktarı artıkça, barut hacmindeki artış dolayısıyla yanma boşluğundaki azalmanın kovan ağız basıncını arttırdığını, yanma boşluğu azaldıkça namlu içi basıncının arttığını ayrıca yanma boşluğundaki azalmanın mermi hızını arttırdı tespit edilmiştir.



KAYNAKLAR

- Akçay, M., (2010). Balistik, 90-281, Ankara
- Anonim. (2019). Mermilerin Yapısı. 2024 tarihinde Gerçek Bilisin: <https://www.paganx.org/mermilerin-yapisi> adresinden alındı
- Anonim. (2024). Daftar Situs Judi Slot Online Terpercaya dan Rtp Terbaik. 2024 tarihinde wiki-zero: [https://www.wiki-zero.net/?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvQcSfxLFyX3NpbGFobGFy%20\(Eri%C5%9Fim%20tarihi:%2026.05.2018](https://www.wiki-zero.net/?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvQcSfxLFyX3NpbGFobGFy%20(Eri%C5%9Fim%20tarihi:%2026.05.2018) adresinden alındı
- Aras, U. (2020). Savunma Sanayi Sektöründe Alt Yüklenici Olmak. HARKUL: <https://harkul.com.tr/blog/savunma-sanayi-sektorunde-alt-yuklenici-olmak/> adresinden alındı
- Ataç, H. (2006). Kazaların çevresel ve teknik araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.
- Bozdemir, M. (2016). Silah mekanik sistemleri için 3 boyutlu eğitim modellerinin geliştirilmesi. In International Symposium on 3D Printing Technologies, 91-100.
- Carlucci, D. E. (2007). Ballistics: theory and design of guns and ammunition. Crc Press.
- Chaturvedi, E., ve Dwivedi, R. K. (2019). Computer aided design and analysis of a tunable muzzle brake. Defence Technology, 15(1), 89-94.
- Command, U. A. M. (1965). Engineering Design Handbook-Ballistic Series-Interior Ballistics of Guns. The Engineering Handbook Office of Duke University, Durham, North Carolina, USA.
- Corner, J. (1950). Theory of the interior ballistics of guns. Wiley.
- Cranz, C., (1926). Lehrbuch der Balistik (Manual of Ballistic), 1- 261.
- Çayiroğlu, İ., ve Dizdar, E. N. (2004). Kapsülsüz ve Barutsuz Mermi Atan Hafif Silah Tasarımı. Teknoloji, 7(2).
- ÇOB (2011), Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevresel Gürültü Ölçümü ve Değerlendirme Kılavuzu, Ankara
- Çelik, D., ve Çetinkaya, K. (2016). Üç boyutlu Yazıcı Tasarımları, Prototipleri ve Ürün Yazdırma Karşılaştırmaları. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 5(2).
- Çelikel, A., Balcı, Y., Üner, B., ve Bal, C. (2012). Av tüfeği namlu uzunluğunun saçma dağılımına etkisi ve atış mesafesinin belirlenmesinde önemi.
- Çimen, I. (2014), "Barutun Ortaya Çıkışı, Kullanımı Ve Askerî Müzedeki Osmanlı Devri Barutluk Örnekleri", Askeri Tarih Araştırmaları Dergisi, ATASE, Genelkurmay Basımevi, Ankara, 37-53.
- Daube, K., ve AG, O. B. R. (1986). CPDS, Interpress and PostScript—a comparison of page description languages. In Proceedings—SEAS Anniversary Meeting 1986, (St. Helier, UK) (Vol. 2, pp. 931-953).

- Değirmenci, E. (2005). Namlulu Silahların İç Balistiğine; Termodinamik, Termokimya ve Hareket Denklemlerinin Uygulanması ve Sonuçlarının Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi.
- Değirmenci, E. (2015). Effects of grain size and temperature of double base solid propellants on internal ballistics performance. *Fuel*, 146, 95-102.
- DiyanetVakfı. (1968). Baruni Süleyman Paşa. 2024 tarihinde İslam Ansiklopedisi 5. Cilt: <https://cdn2.islamansiklopedisi.org.tr/dosya/5/C05001838.pdf> adresinden alındı
- Durmuş, S. (2006). Nükleer silahların uluslararası ilişkilerdeki rolü, Yüksek Lisans Tezi, Stratejik Araştırmalar Enstitüsü.
- Edgard O'N.(1994) Espinoza, John I. Thornton, Characterization of smokeless gunpowder by means of diphenylamine stabilizer and its nitrated derivatives *Analytica Chimica Acta*, Volume 288, Issues 1–2, Pages 5769
- Eroğlu, E. (2002). Yanar Kovan Malzemelerinin Hazırlanması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
- Farrar, C. L., ve Leeming, D. W. (1983). *Military ballistics: a basic manual*. Brassey's Publishers.
- Gölen, Z. (2006). Osmanlı Devleti'Nde Baruthane-İ Amire. Isparta: Türk Tarih Kurumu.
- Gündüzler, O. (2011). Namlu cidarı boyutlandırılmasına iç balistik davranışın etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.
- Hartwig, S., Tsokos, M., ve Byard, R. W. (2009). Black powder handgun deaths remain an uncommon event. *The American journal of forensic medicine and pathology*, 30(4), 350-353.
- Jaramaz, S., Micković, D., ve Elek, P. (2011). Two-phase flows in gun barrel: Theoretical and experimental studies. *International Journal of Multiphase Flow*, 37(5), 475-487.
- Khoshnood, A. (2018). Firearm-related violence in Sweden—A systematic review. *Aggression and Violent Behavior*, 42, 43-51.
- Krier, H., ve Summerfield, M. (1979). Interior ballistics of guns. *Progress in astronautics and aeronautics*, 66.
- Longdon, L. W. (1987). *Textbook of ballistics and gunnery*. Volume One. Part I-Basic theory. Part II-Applications and Design. London: Her Majesty's Stationary Office.
- Moss, G. M., Leeming, D. W., ve Farrar, C. L. (1995). *Military ballistics: a basic manual*. Brassey's.
- Muldoon, A. R. (1977). *Projectile Motion and Loads Versus Travel in Gun Tube*. AMMRC TR 77-9, 36 p, Watertown Massachusetts.
- Nalbant, İ. (1997). Barut Fabrikası El Kitabı, 1.-4. bölüm.
- Öğünç G. (2009). *Adli Balistik İncelemeleri*” Kriminalistik Editör: O.Karakuş, Ankara.

- Özdemir, G. (2007). 2004-2005 yıllarında Adli Tıp Kurumu Trabzon Grup Başkanlığı'nda Otopsileri yapılan Ateşli Silah Yaralanmalarına Bağlı Ölüm Olgularının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Öztürk, A. (1984). İç Balistik. Ankara: MKE.
- Sarıbey, A. Y. (2008). Ateşli silahlar ile yapılan atışlar sonrası hedef yüzeyler üzerinde oluşan atış artıklarının incelenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.
- SavunmaSanayiBaşkanlığı. (2023). 2023*2027 Savunma Sanayii Sektörel Strateji Dökümanı. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı.
- SavunmaSanayiiMüsteşarlığı.,(2011). 2011-2016 Teknoloji Yönetim Stratejisi, Savunma Sanayii Müsteşarlığı, Ankara,
- SUSlick, K. S. (1998). Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology. J. Wiley ve Sons: New York, 26, 517-541.
- Taşkıran, E. (2010). Ağır silahlardaki Geri Tepme mekanizmalarının Dinamiği Üzerine, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.
- Tian, N., Kuimova, A., Da Silva, D. L., Wezeman, P. D., ve Wezeman, S. T. (2020). Trends in world military expenditure, 2019.
- Tirak, E. (2017). Katı sevk yakıtlarının yaşlanmaya bağlı balistik performanslarının deneysel incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi.
- TÜBİTAK. (1995). Bilim ve Teknolojide Atılım Projesi Çalışma Komitesi Raporu. Ankara: TÜBİTAK BTP 95/02.
- TÜBİTAK. (2024). Vizyon 2023. 2024 tarihinde TÜBİTAK: <https://tubitak.gov.tr/tr/kurumsal/politikalar/vizyon-2023> adresinden alındı
- Üner, B. ve Çakır, İ. (2007). Adli Balistik, Arıkan Yayıncılık: İstanbul.
- Wunsch, R., Fichtner, M., Görke, O., Haas-Santo, K., ve Schubert, K. (2002). Process of applying Al₂O₃ coatings in microchannels of completely manufactured microstructured reactors. Chemical Engineering ve Technology: Industrial Chemistry–Plant Equipment–Process Engineering–Biotechnology, 25(7), 700-703.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Yusuf YEKELER
Kişisel Bilgiler	Uyruğu: T.C. Doğum Tarihi ve Yeri: 16.11.1987/Amasya
İletişim Bilgileri	E-posta: yusufyekeler_05@hotmail.com
Öğrenim Bilgileri	Lise: 2004–2008 Suluova Lisesi Lisans:2009-2015Ondokuzmayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Ortaöğretim Fizik Öğretmenliği Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Bölümü Yüksek Lisans: Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisanüstü Eğitim Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı Yüksek lisans Programı
İş Deneyimi	2023-halen: Savunma Sanayi Başkanlığı Goldforce Makine ve Kimya San.Tic.A.Ş Balistik Uzmanı