



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BÖLGESEL PATLATMA TASARIMI ve ANALİZİ YAPABİLEN BİR MOBİL
UYGULAMA YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ**

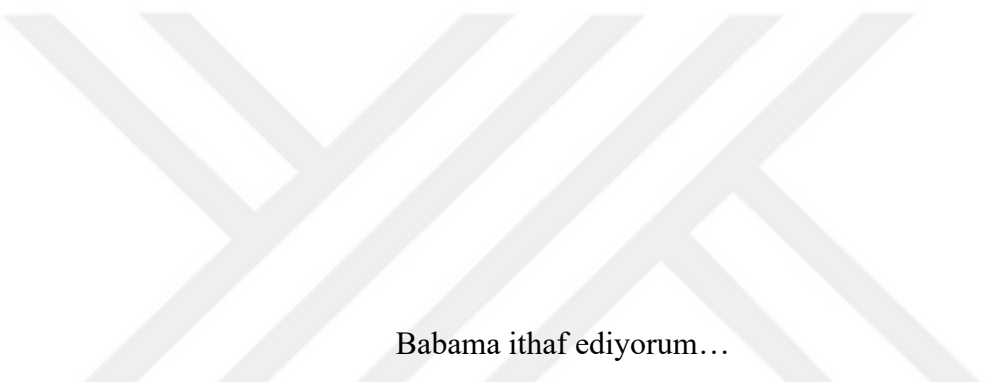
Barış KADEM

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Abdulkadir KARADOĞAN**

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Maden Mühendisliği, Tezli Yüksek Lisans Programı

Haziran, 2024



Babama ithaf ediyorum...

BÜTÇE DESTEKLERİ

BÖLGESEL PATLATMA TASARIMI ve ANALİZİ YAPABİLEN BİR MOBİL UYGULAMA YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ

Bu tez çalışması için herhangi bir kurumdan bütçe desteği alınmamıştır.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmam boyunca gösterdiği her türlü yardımdan dolayı tez danışmanım, değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Abdulkadir KARADOĞAN'a en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Tez çalışma konumun bulunmasında ve görüşleri ile bu çalışmanın geliştirilmesinde gösterdiği her türlü desteğinden dolayı kıymetli hocam Prof. Dr. Ümit ÖZER'e teşekkür ederim.

Manevi desteklerini her zaman hissettiğim değerli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Ufuk Gökhan AKKAYA'ya, Arş. Gör. Dr. Ülkü KALAYCI ŞAHİNOĞLU'na, Arş. Gör. Dr. Zeynep SERTABİPOĞLU'na ve Arş. Gör. Dr. Meriç Can ÖZYURT'a yaptıkları her türlü yardımdan dolayı teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca desteklerinden dolayı arkadaşım Meryem ODABAŞI'na ve hayatım boyunca maddi, manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Nisan ayında kanser hastalığı nedeniyle vefat eden, bu günleri göremeyen değerli babam Mehmet KADEM'e hayatım boyunca gösterdiği tüm maddi ve manevi desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Haziran 2024

Barış KADEM

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

BÜTÇE DESTEKLERİ	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ.....	ix
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	xi
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	3
2.1. BASAMAK PATLATMASI TASARIMI.....	3
2.1.1. Olofsson Patlatma Tasarımı Modeli.....	5
2.1.2. Bölünmüş Şarj ile Basamak Patlatması Tasarımı	8
2.1.3. Patlatma Tasarımında Delik Gecikme Süreleri Seçimi.....	9
2.2. PATLATMADAN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL SORUNLAR	10
2.2.1. Titreşim (Yer Sarsıntısı).....	11
2.2.2. Kaya Savrulması	13
2.2.3. Hava Şoku	16
2.3. PATLATMA SONUCU PARÇALANMA ANALİZİ	17
2.3.1. Kuz-Ram Parçalanma Modeli	17
2.4. MOBİL UYGULAMA GELİŞTİRME	20
2.4.1. Mobil Uygulama Geliştirme Aşamaları	21
2.4.2. Mobil Uygulama Geliştirme Platformları	23
2.5. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	25
2.5.1. Smart Blasting App	25
2.5.2. O-Pit Blast Guide	26
2.5.3. Explosives Engineers' Mobile App.....	26
2.5.4. Pocket Blast Guide Mobile App.....	27

2.5.5. Nelson Brothers App	27
3. YÖNTEM	29
4. BULGULAR	40
4.1. ANASAYFA (main.dart) SAYFASI	41
4.2. BASAMAK PATLATMASI TASARIMI ve BASAMAK PATLATMASI TASARIMI SONUÇ SAYFALARI	44
4.2.1. Basamak Patlatması Tasarımı (bas_pat.dart) Sayfası	44
4.2.2. Basamak Patlatması Tasarımı Sonuç (bas_pat_sonuc.dart) Sayfası	49
4.3. HASAR RİSKİ ANALİZİ (risk_analizi.dart) SAYFASI	52
4.3.1. Yer Sarsıntısı Analizi (ppv.dart) Sayfası	53
4.3.2. Kaya Savrulması (kaya_savrulmasi.dart) Sayfası	57
4.3.3. Hava Şoku Analizi (hava_soku.dart) Sayfası	60
4.4. PARÇA BOYUTU DAĞILIMI ANALİZİ ve PARÇA BOYUTU DAĞILIMI ANALİZİ SONUÇ SAYFALARI	63
4.4.1. Parça Boyutu Dağılımı Analizi (parca_boyutu.dart) Sayfası	63
4.4.2. Parça Boyutu Dağılımı Analizi Sonuç (parca_boyutu_hesap.dart) Sayfası	69
4.5. RAPOR OLUŞTUR (rapor_olustur.dart) SAYFASI	72
5. TARTIŞMA	77
5.1. “iRockBlast” UYGULAMASI İLE ÖRNEK BİR BASAMAK PATLATMASI TASARIMI VE ANALİZİ	77
5.1.1. Basamak Patlatması Tasarımı	77
5.1.2. Yer Titreşimi Analizi	79
5.1.3. Kaya Savrulması Analizi	79
5.1.4. Hava Şoku Analizi	80
5.1.5. Parça Boyutu Dağılımı Analizi	81
5.2. DELME ve PATLATMA İLE İLGİLİ MOBİL UYGULAMALARIN KARŞILAŞTIRILMASI	83
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	88
KAYNAKLAR	91
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI	97

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: Patlatma tasarımı aşamalarının genel adımları.....	4
Şekil 2.2: Patlatmanın neden olduğu çevresel etkiler.....	11
Şekil 2.3: Patlatma sırasında oluşan taş savrulması	14
Şekil 2.4: iOS ve Android kullanım oranları.....	21
Şekil 2.5: Mobil uygulama geliştirmek için kullanılabilecek bazı yazılım dilleri.....	22
Şekil 2.6: Yazılım yaşam döngüsü	23
Şekil 3.1: Çalışmada izlenen yöntem	29
Şekil 3.2: Geliştirilecek uygulamada kullanılacak kod sayfaları	30
Şekil 3.3: Örnek saha kayaç savrulma mesafesi analizi	39
Şekil 4.1: iRockBlast uygulaması genel sayfa yerleşim şeması.....	40
Şekil 4.2: Anasayfa ekran görüntüsü.....	42
Şekil 4.3: Anasayfa dil seçim menüsü ekran görüntüsü.....	43
Şekil 4.4: Basamak patlatması tasarımı sayfası ekran görüntüsü.....	47
Şekil 4.5: Basamak patlatması tasarımı sayfası algoritması.....	48
Şekil 4.6: Basamak patlatması tasarımı sonuç sayfası algoritması	50
Şekil 4.7: Basamak patlatması tasarımı sonuç sayfası ekran görüntüsü.....	51
Şekil 4.8: Hasar riski analizi sayfası ekran görüntüsü.....	52
Şekil 4.9: Yer sarsıntısı analizi sayfası algoritması.....	55
Şekil 4.10: Yer sarsıntısı analizi sayfası ekran görüntüsü.....	56
Şekil 4.11: Kaya savrulması analizi sayfası algoritması	58

Şekil 4.12: Kaya sivrulması analizi sayfası ekran görüntüsü	59
Şekil 4.13: Hava şoku analizi sayfası algoritması	61
Şekil 4.14: Hava şoku analizi sayfası ekran görüntüsü	62
Şekil 4.15: Parça boyutu dağılımı analizi sayfası algoritması	67
Şekil 4.16: Parça boyutu dağılımı analizi ekran görüntüsü	68
Şekil 4.17: Parça boyutu dağılımı analizi sonuç sayfası algoritması	70
Şekil 4.18: Parça boyutu dağılımı analizi sonuç sayfası ekran görüntüsü.....	71
Şekil 4.19: Rapor oluştur sayfası algoritması.....	74
Şekil 4.20: Rapor oluştur sayfası ekran görüntüsü.....	75
Şekil 4.21: Rapor oluştur sayfasında oluşturulan raporun ekran görüntüsü.....	76
Şekil 5.1: Parça boyutu dağılım analizi grafiği ve tablosu.....	82

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Farklı delik eğimi durumları için R_1 düzeltme faktörleri.....	6
Tablo 2.2: Farklı kaya sabitleri için R_2 düzeltme faktörleri	6
Tablo 2.3: Olofsson tasarım modeli eşitlikleri	7
Tablo 2.4: Bölünmüş şarj ile basamak patlatması tasarımı eşitlikleri	8
Tablo 2.5: Patlatma delikleri arası gecikme katsayıları.....	9
Tablo 2.6: Patlatma sıraları arası gecikme katsayıları.....	10
Tablo 2.7: Yer sarsıntısını etkileyen değişkenler	12
Tablo 2.8: Hava şoku seviyelerinin çevresel etkisi	17
Tablo 2.9: Kaya faktörünün belirlenmesi.....	20
Tablo 3.1: Uygulama veri tabanına eklenecek PPV yayılım denklem sabitleri	34
Tablo 3.2: Farklı madencilik türleri ve patlatma yapılan işkolları için geçerli hava şoku tahmin formülleri.....	35
Tablo 3.3: Patlayıcı firmalarının katalog verilerine göre çeşitli patlayıcıların yoğunluk değerleri.....	36
Tablo 3.4: Örnek sahada uygulanan patlatma tasarımı ve sahaya ait veriler	37
Tablo 3.5: Örnek sahada atım sonucu ölçülen çevresel etki değerlendirmesi sonuçları	38
Tablo 3.6: Örnek sahada atım sonrası oluşan yığının tane boyutu dağılımı.....	39
Tablo 4.1: Basamak patlatması tasarımı sayfasında kullanıcıdan istenen parametreler.....	45
Tablo 4.2: Yer sarsıntısı analizi sayfasında kullanıcıdan istenen parametreler.....	53
Tablo 4.3: Kaya savrulması analizi sayfasında kullanıcıdan istenen parametreler	57
Tablo 4.4: Hava şoku analizi sayfasında kullanıcıdan istenen parametreler.....	60

Tablo 4.5: Parça boyutu dağılımı analizi sayfasında kullanıcıdan istenen parametreler.....	64
Tablo 4.6: Rapor oluşturma sayfasında kullanıcıdan istenen parametreler.....	72
Tablo 5.1: Basamak patlatması tasarımı için girilen değerler	77
Tablo 5.2: Basamak patlatması tasarımı hesaplarından alınan sonuçlar	78
Tablo 5.3: Yer titreşimi analizi için girilen değerler	79
Tablo 5.4: Yer titreşimi analizi hesabından alınan sonuç.....	79
Tablo 5.5: Kaya savrulması analizi için girilen değerler.....	80
Tablo 5.6: Kaya savrulması analizi hesaplarından alınan sonuçlar.....	80
Tablo 5.7: Hava şoku analizi için girilen değerler.....	80
Tablo 5.8: Hava şoku analizi hesaplarından alınan sonuçlar.....	81
Tablo 5.9: Parça boyut dağılımı analizi için girilen değerler	81
Tablo 5.10: Parça boyutu dağılım analizinden alınan sonuçlar.....	82
Tablo 5.11: Patlatma tasarımı ve analizi amacıyla geliştirilmiş mobil uygulamaların karşılaştırması.....	83

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
gr	: Gram
kg	: Kilogram
t	: Ton
mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
m	: Metre
ms	: Milisaniye
ft	: Feet
sn	: Saniye
°	: Derece
%	: Yüzde
log	: Logaritma
K	: Saha iletim katsayısı
β	: Saha jeolojik sabiti
r	: Kolerasyon katsayısı
dB	: Desibel
mbar	: Milibar

Kısaltmalar	Açıklama
ANFO	: Amonyum Nitrat + Fuel Oil
TNT	: Trinitrotoluen
PPV	: Maksimum parçacık hızı (Peak particle velocity)
RMD	: Kaya kütle sınıflaması
JPS	: Eklem düzlem aralığı
JPA	: Eklem düzlem yönelimi
RDI	: Özgül ağırlık etkisi
HF	: Sertlik katsayısı
ÇŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
ISEE	: Uluslararası Patlayıcı Mühendisleri Derneği (International Society of Explosives Engineers)
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
API	: Uygulama programlama arayüzü (Application programming interface)
SDK	: Yazılım geliştirme aracı (Software development kit)



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BÖLGESEL PATLATMA TASARIMI ve ANALİZİ YAPABİLEN BİR MOBİL UYGULAMA YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ

Barış KADEM

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Maden Mühendisliği, Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Abdulkadir KARADOĞAN

Delme ve patlatma tekniklerindeki gelişmeler patlatma ile yapılan kazıların madencilik, inşaat gibi pek çok alanda yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır. Başarılı patlatma; en düşük maliyet ile istenilen parçalanma oranının elde edilebildiği, yer titreşimi, hava şoku ve kaya savrulması gibi çevresel etkileri en az olan patlatmadır. Patlatma işleminin verimliliği; kayanın özelliklerinin iyi bilinmesine ve buna uygun tasarımın yapılmasına bağlıdır. Bazı durumlarda patlatma tasarımının çeşitli etkenlere göre yenilenmesi gerekebilmektedir. Patlatma planlamacıları, saha üzerinde anlık olarak yeni tasarım yapacak zamanı bulamayabilmektedir. Gelişen teknolojiyle beraber akıllı telefon teknolojisi de hızla gelişmektedir. Akıllı telefonlar herkes tarafından ulaşılabilir birer cep bilgisayarı gibi kullanılmaktadır. Bu durum akıllı telefonları hızlı bir şekilde patlatma tasarımı yapabilmek, bu tasarımdan yola çıkılarak çevresel etkilerin önceden tahmin edilmesi ve bu tahminlere göre tasarımın yenilenebilmesi için iyi bir seçenek haline getirmektedir. Bu çalışmada birincil patlatma tasarımı yapabilen, bu tasarımdan yola çıkarak bölgesel olarak çevresel etki değerlendirmesi tahmini ve parça boyut dağılımı tahmini yapabilen, tüm bu sonuçları bir rapor haline getirebilen bir mobil uygulama yazılımı geliştirilmiştir. iRockBlast adı verilen bu uygulama Dart programlama dili kullanılarak Flutter çerçevesiyle inşa edilmiştir. Bu mobil uygulama iOS ve Android işletim sistemlerinde çalışabilmektedir. Bu uygulama patlatma tasarımı ve analizi hesaplamaları sırasında patlatma planlamacılarına kolaylık sağlayacak olup, yapılacak patlatmalardan istenilen sonuçların elde edilebilmesine rehberlik edecektir.

Haziran 2024, 115 sayfa.

Anahtar kelimeler: Delme ve patlatma, mobil uygulama geliştirme, iRockBlast

ABSTRACT

M.Sc. THESIS

DEVELOPMENT of a MOBILE APPLICATION SOFTWARE CAPABLE OF REGIONAL BLAST DESIGN and ANALYSIS

Barış KADEM

İstanbul University-Cerrahpaşa

Institute of Graduate Studies

Department of Mining Engineering

Mining Engineering, Master's Program with Thesis

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Abdulkadir KARADOĞAN

Developments in drilling and blasting techniques have led to widespread use of blasting in various fields such as mining and construction. Successful blasting is the one that achieves the desired fragmentation rate at the lowest cost with minimal environmental impacts such as ground vibration, air blast, and flyrock. The efficiency of the blasting process depends on a good understanding of the rock properties and the design tailored accordingly. In some cases, the blasting design may need to be revised based on various factors. Blast planners may not always have the time to make on-site adjustments to the design as needed. With advancing technology, smartphone technology is also rapidly evolving. Smartphones are being used as accessible pocket computers by everyone. This makes smartphones a good option for quickly designing blasting plans, predicting environmental impacts based on these designs, and revising the design accordingly if necessary. In this study, a mobile application software capable of primary blasting design, regional environmental impact assessment based on this design, and prediction of fragment size distribution was developed. The application, named iRockBlast, was built using the Dart programming language with Flutter framework. This mobile application can operate on iOS and Android operating systems. This application will facilitate blasting planners during blasting design and analysis calculations and will guide them to obtain the desired results from the blasting.

June 2024, 115 pages.

Keywords: Drilling & blasting, mobile application development, iRockBlast

1. GİRİŞ

Gelişen teknolojiye paralel olarak kaya delme ekipmanlarındaki gelişmeler ile patlayıcı maddeler ve ateşleme sistemlerindeki gelişmeler sonucu insan gücü veya makine ile yapılan kazıların mümkün ve/veya ekonomik olmadığı durumlarda patlatma ile yapılan kazılar yaygın bir kullanım alanı bulmuştur.

En uygun patlatma tasarımı istenen parçalanma oranının en düşük delme, patlatma, yükleme, taşıma ve kırma maliyeti ile elde edilmesidir. Parçalanma oranının artması ile yükleme kapasitesi ve verimliliği artacaktır. Böylelikle saat başına düşen birim maliyet düşmüş olacaktır. Ayrıca, parçalanma oranının iyileşmesi ile makine ekipmandaki aşınmalar azalarak daha az işletme maliyeti ile çalışmak mümkün olacaktır. Ek olarak, kırıcıdan geçen elek altı malzeme miktarı da azalacağı için kırma maliyeti düşecektir. Kırıcıda meydana gelebilecek olası sıkışmalar önlenmiş olacaktır. Mevcut kayaç yapısı, jeolojik durum ve ateşleme düzeni ile parçalanma oranı, daha fazla patlayıcı veya daha yüksek enerjili patlayıcı kullanarak iyileştirilebilir. Bunun yanında daha sık delik düzeni ile parçalanma iyileştirilebilir ancak bu durum delme maliyetini artacaktır (MacKenzie, 1966; Prasad ve diğ., 2017; Akyıldız, 2022).

Patlatma kaynaklı çevresel etkiler; titreşim, hava şoku ve kaya savrulmaları olarak temelde üçe ayrılmaktadır. Bu çevresel etkiler belli şartlar altında çevreye zarar verebilmekte, yakın çevrede yaşayanlar ve maden yönetimi arasında anlaşmazlıklara sebep olmaktadır. Ayrıca toz oluşumu da oldukça sık rastlanan bir sorun olup kontrol altına alınması zor bir çevresel etki olarak karşımıza çıkmaktadır. Çevresel etkilerin en aza indirilmesi ve ekonomik şekilde zararsız hale getirilmesi tecrübeli patlatma mühendisleri ile mümkün olabilmektedir (Jimeno ve diğ., 1995).

Ülkemizde son yıllarda artan şehirleşmeye paralel olarak, gerek madencilik ve taş ocakçılığındaki her türlü kazı işleminde gerekse metro, tünel, baraj, yol yapımı ve temel kazısı gibi farklı inşaat çalışmaları dolayısıyla patlatmadan kaynaklanan sorunlarla yoğun bir şekilde karşılaşilmektedir (Karadoğan, 2008).

Başarılı ve çevresel etkileri en az olan kontrollü patlatmaları gerçekleştirmek, atım yapılacak alandaki kayacın özelliklerinin iyi bilinmesine ve bu özelliklere uygun patlatma tasarımının yapılmasına bağlıdır. Patlatma uygulamalarında uygulayıcı tarafından karşılaşılan en temel sorunlardan biri sahanın jeolojik yapısına göre anlık olarak değişebilen veya birincil tasarım sonucu yapılan patlatmalardan elde edilen veriler ile birincil tasarımının anlık olarak yenilenebilmesidir. Patlatma tasarımı ve analizi yapılabilmesi amacı ile geliştirilmiş birden fazla masaüstü uygulama mevcut olsa da akıllı telefonlar için geliştirilmiş olan uygulamalar patlatma tasarımları ve analizleri yapabilmek için yetersiz kalmaktadır.

Bu çalışmada, kullanıcı tarafından uygulamaya girilecek saha bilgileri, patlayıcı madde bilgileri ve patlatma geometrisi ile ilgili veriler üzerinden patlatma tasarımını yapabilecek, yapılan patlatma tasarımının bölgesel olarak çevresel etkiler ve parçalanma oranı açısından analiz edip, önceden tahmin edebilecek ve bu anlamda kullanıcıya (patlatmalardan sorumlu mühendislere ve planlamacılara) yol gösterebilecek bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulamaya “iRockBlast” adı verilmiştir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde, çalışma konusu ile ilgili literatür araştırması yapılmış ve alt başlıklar halinde sunulmuştur. Basamak patlatması tasarımı, çevresel etki analizi, parçalanma, mobil uygulama geliştirme, patlatma tasarımı ve analizi amacıyla geliştirilmiş diğer mobil uygulamalar hakkında bilgiler alt başlıklar halinde verilmiştir.

2.1. BASAMAK PATLATMASI TASARIMI

Basamak patlatması, dik veya dike yakın deliklerin patlayıcı madde ile doldurulduktan sonra ateşlenmesi şeklinde tanımlanmaktadır. Patlatma delikleri serbest yüzeye sahip olabilir veya ocak tabanında yapılan atımlar gibi herhangi bir serbest yüzey olmayabilir. Kaya kütlesi nadiren homojendir ve çok çeşitlilik gösteren özelliklere sahiptir. Bir patlatma işleminde mevcut çeşitli kayaç tipine göre basma, çekme ve kesme dayanımları farklılık gösterir. Patlatma esnasında kayacın parçalanabilmesi çekme direncinin aşılması ile ilgilidir. Ayrıca, çekme direnci çok yüksek olmasa bile kaya kütlesi içindeki çatlak ve faylar delik içindeki patlayıcının etkisini azaltabilir (Olofsson, 1990).

Patlatma tasarımı başarı veya başarısızlığa bağlı olarak sürekli değişkenlik gösteren bir yapıdadır. Patlatmadan sorumlu mühendis başarılı bir işlem için kontrol edilebilen değişkenleri sürekli olarak düzenlemelidir. Bu esnada kontrol edilemeyen değişkenleri de göz önüne almalıdır (ISEE, 2015).

Basamak patlatma tasarımı aşamalarının genel adımları Şekil 2.1’te verilmiştir.



Şekil 2.1: Patlatma tasarımı aşamalarının genel adımları (Hustrulid, 1999).

Basamak patlatması tasarımı için literatürde çeşitli tasarım modelleri mevcuttur. Bu modellerin hemen hepsinde tasarıma delik çapı seçimi ile başlanmaktadır. Kayaç özellikleri, işletme koşulları, istenen parçalanma oranları gibi değişkenlere bağlı olarak delik çapı, delikler arası mesafe, şarj yöntemleri, sıkılama uzunluğu gibi temel parametrelerin belirlenmesiyle birincil tasarım elde edilir. Birincil tasarımların sahada uygulanması ve başarı durumuna göre yenilenmesi ile nihai patlatma tasarımına ulaşılır.

Türkiye’de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü tarafından 2018 yılında yayımlanan ‘Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu’nda, patlayıcı madde ihtiyaç raporu hazırlanmasına yönelik örnek patlatma tasarımı, Olofsson yöntemi baz alınarak yapılmıştır.

2.1.1. Olofsson Patlatma Tasarımı Modeli

Olofsson, azami yük mesafesi hesabı için üç ayrı formül geliştirmiştir. Bu formülleri, seçilen patlayıcı cinsine ve enerjisine göre bir çarpım katsayısı ile seçilen delik çapında o patlayıcının şarj yoğunluğunun (lb, kg/m) karekökünün çarpımı şeklinde ifade etmiştir (ÇŞB, 2018). Seçilen patlayıcının yoğunluğuna göre azami yük mesafesi (B_{max}) hesabında kullanılan bu üç eşitlik Eşitlik 2.1’de verilmiştir.

$$B_{max} = 1.47 * \sqrt{l_b} * R_1 * R_2 \text{ (Dynamex M için)}$$

$$B_{max} = 1.45 * \sqrt{l_b} * R_1 * R_2 \text{ (Emülsiyon Tip için)} \quad (2.1)$$

$$B_{max} = 1.36 * \sqrt{l_b} * R_1 * R_2 \text{ (ANFO için)}$$

Burada;

- B_{max} : Azami yük mesafesi (m)
- l_b : Şarj konsantrasyonu (kg/m)
- R_1 : Delik eğimi düzeltme katsayısı (3:1’den farklı olması durumunda)
- R_2 : Kaya katsayısı düzeltme katsayısı (0,4’ten farklı olması durumunda)

Olofsson'un verdiği eşitliklerde kullanılmak üzere, patlayıcının yoğunluğu biliniyor ise Eşitlik 2.2'de yer alan eşitliklerden biri kullanarak şarj konsantrasyonu (l_b)'nu belirleyebilmek mümkündür.

$$l_b = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 * \rho$$

$$l_b = \frac{[7,85 * D^2 * \rho]}{10.000}$$
(2.2)

Burada;

- l_b : Şarj konsantrasyonu (kg/m)
- D: Delik çapı (mm)
- ρ : Patlayıcı yoğunluğu (g/cm³)

Olofsson, patlatma deliklerinin 3:1 eğimde olması gerektiğini kabul etmektedir. Eğer delikler 3:1 eğimden farklı bir eğimde delinecekse, formülde R_1 düzeltme çarpanının kullanılmasını önermektedir. Farklı eğimler için R_1 düzeltme çarpanları Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1: Farklı delik eğimi durumları için R_1 düzeltme faktörleri (Olofsson, 1990).

Eğim ve Düzeltme Faktörü	Dik Delik	10:1	5:1	3:1	2:1	1:1
R_1	0,95	0,96	0,98	1,0	1,03	1,1

Olofsson, birim hacimde kayacı parçalamak için gerekli olan asgari patlayıcı miktarını “kaya sabiti” olarak adlandırmıştır. Kaya sabiti “özgül şarj” olarak da tabir edilmektedir. Olofsson, yaptığı çalışmalar sonucunda İsveç'teki arazi şartları için uygun kaya sabitini 0,4 olarak kabul etmiştir. Patlatma tasarımı yapılacak sahada daha yüksek veya düşük özgül şarj miktarı gereksinimi varsa, azami yük mesafesi eşitliğinde R_2 düzeltme faktörü kullanılması önerilmektedir. Farklı kaya sabitlerine göre R_2 düzeltme faktörleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2: Farklı kaya sabitleri için R_2 düzeltme faktörleri (Olofsson, 1990).

Kaya Sabiti	0,3	0,4	0,5
R_2	1,15	1,0	0,9

Olofsson patlatma tasarımı modelinde; seçilen delik çapı (mm), şarj yoğunluğu (l_b , kg/m), Tablo 2.1'den farklı eğim durumları için delik eğimi düzeltme faktörü (R_1), Tablo 2.2'den $0,4 \text{ kg/m}^3$ 'ten farklı kaya sabiti için düzeltme faktörü (R_2) değerleri kullanılarak azami yük mesafesi hesaplanır. Bundan sonraki aşamada Tablo 2.3'te verilen eşitlikler yardımı ile diğer patlatma tasarımı parametreleri hesaplanabilmektedir.

Tablo 2.3: Olofsson tasarım modeli eşitlikleri (Olofsson, 1990).

Parametre	Formül	Birim	Eşitlik	Kaynak
Delik Taban Payı (U)	$0,3 * B_{max}$	m	(2.3)	
Delik Boyu (H)	$\frac{1}{\sin \alpha} * (K + U)$	m	(2.4)	
Delik Hata Payı (E)	$\frac{D}{1000} + 0,03 * H$	m	(2.5)	
Pratik Dilim Kalınlığı (B)	$B_{max} - E$	m	(2.6)	
Delikler Arası Mesafe (S_{max})	$1,25 * B$	m	(2.7)	
Atım Genişliğine Uyarlama (A)	W / S		(2.8)	
Pratik Sıralar Arası Mesafe (S)	W / A	m	(2.9)	
Delik Sayısı (n)	$(L / S) + 1$	adet	(2.10)	
Sıra Sayısı (m)	$(W / B) + 1$	adet	(2.11)	
Özgül Delme (b)	$H / (B * K * S)$	m/m^3	(2.12)	Olofsson, 1990.
Sıkılama Boyu (h)	B		(2.13)	
Dip Şarj Konsantrasyonu (l_d)	l_b	kg/m	(2.14)	
Dip Şarj Boyu (h_d)	$1,3 * B$	m	(2.15)	
Dip Şarj Miktarı (Q_d)	$l_d * h_d$	kg	(2.16)	
Kolon Şarj Konsantrasyonu (l_k)	$0,4 - 0,6 * (l_d)$	kg/m	(2.17)	
Kolon Şarj Boyu (h_k)	$H - h - h_d$	m	(2.18)	
Kolon Şarj Miktarı (Q_k)	$l_k * h_k$	kg	(2.19)	
Toplam Şarj Miktarı (Q_t)	$Q_d + Q_t$	kg	(2.20)	
Özgül Şarj (q)	$Q_t / (B * K * S)$	kg/m^3	(2.21)	

B_{max} : Azami yük mesafesi (m); K: Basamak yüksekliği (m); D: Delik çapı (mm); α : Delik eğimi ($^\circ$); L: Atım uzunluğu (m); W: Atım genişliği (m); l_b : Şarj konsantrasyonu (kg/m)

2.1.2. Bölünmüş Şarj ile Basamak Patlatması Tasarımı

Delme ve patlatma işlemlerinde, genellikle delgi işlemi patlatma işleminden çok daha önce gerçekleşmektedir. Bu da delgi paterninin sabit olması ve gerekli patlayıcı miktarının izin verilen şarj miktarının üzerinde olması durumunda çeşitli çevresel problemlere neden olmaktadır.

Bu gibi durumlarda, delikteki patlayıcı iki veya daha fazla miktara bölünerek farklı ateşleme zamanlarında ateşlenebilmektedir. Şarjın üst kısmı, alt kısmına göre daha düşük gecikme zamanında ateşlenmelidir.

Bir ara sıkılama uygulaması, patlayıcılar arasında tampon bölge görevi görerek patlayıcıların aynı zamanlarda ateşlenmesini önler. Gerekli ara sıkılama uzunluğu 26-34 mm gibi küçük delik çapları için 0,4 metreden başlayarak 150 mm gibi delik çapları için 2,0 m'ye kadar değişebilir. Çok uzun ara sıkılama boyu, alt bölgenin daha zor kırılmasına ve daha yüksek titreşim değerlerine neden olabilmektedir (Olofsson, 1990).

Olofsson (1990), bölünmüş şarj işlemi ile basamak patlatma tasarımı için Tablo 2.3'te verilen eşitliklere ek olarak, Tablo 2.4'teki eşitlikleri önermektedir.

Tablo 2.4: Bölünmüş şarj ile basamak patlatması tasarımı eşitlikleri (Olofsson, 1990).

Parametre	Formül	Birim	Eşitlik	Kaynak
Alt kısım şarj konsantrasyonu (l_a)	l_b	kg/m	(2.22)	
Alt kısım şarj yüksekliği (h_a)	$1,30 * B_{max}$	m	(2.23)	
Alt kısım şarj miktarı (Q_a)	$l_a * h_a$	kg	(2.24)	
Sıkılama boyu (h_0)	B	m	(2.25)	
Ara sıkılama boyu (h_1)	$0,4 - 2,0$	m	(2.26)	
Üst kısım dip şarj konsantrasyonu ($l_{d\ddot{u}}$)	$0,75 * l_a$	kg/m	(2.27)	Olofsson
Üst kısım dip şarj yüksekliği ($h_{d\ddot{u}}$)	$1,30 * B_{max}$	m	(2.28)	(1990).
Üst kısım dip şarj miktarı ($Q_{d\ddot{u}}$)	$l_{d\ddot{u}} * h_{d\ddot{u}}$	kg	(2.29)	
Üst kısım kolon şarj yüksekliği ($h_{k\ddot{u}}$)	$H - (h_0 + h_1 + h_a + h_{d\ddot{u}})$	m	(2.30)	
Üst kısım kolon şarj konsantrasyonu ($l_{k\ddot{u}}$)	$(Q - Q_{d\ddot{u}}) / h_{k\ddot{u}}$	kg/m	(2.31)	
Üst kısım kolon şarj miktarı ($Q_{k\ddot{u}}$)	$l_{k\ddot{u}} * h_{k\ddot{u}}$	kg	(2.32)	
Üst kısım toplam şarj miktarı ($Q_{\ddot{u}}$)	$Q_{d\ddot{u}} + Q_{k\ddot{u}}$		(2.33)	

B_{max} : Azami yük mesafesi (m); B : Pratik yük mesafesi (m); l_b : Şarj konsantrasyonu (kg/m); Q : İzin verilen maksimum şarj miktarı (kg)

2.1.3. Patlatma Tasarımında Delik Gecikme Süreleri Seçimi

Patlatma işleminin verimliliğinin artırılması, patlatma kaynaklı çevresel etkilerin azaltılması ve parçalanma derecesinin kontrolü için seçilecek olan delikler ve sıralar arası gecikme süreleri son derece önemlidir. Bu konu ile ilgili literatürde yer alan bazı eşitlikler aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

2.1.3.1. Delikler Arası Gecikme

Bir sıra boyunca delikten deliğe gecikme zamanını hesaplamak için bazı basit prosedürler bulunmaktadır. Tablo 2.5, çeşitli kaya türleri için gecikme zamanı sabitlerini (T_H Katsayısı) sağlar. Bu tablodaki değerler, Eşitlik 2.34 ile kullanılmaktadır (Konya ve Walter, 1990).

$$t_h = T_H * S \quad (2.34)$$

Burada;

- t_h : Delikten deliğe gecikme (ms)
- T_H : Delikten deliğe gecikme sabiti (Tablo 2.5)
- S : Delikler arası mesafe (ft)

Tablo 2.5: Patlatma delikleri arası gecikme katsayıları (Konya ve Walter, 1990).

Kayaç Tipi	T_H Katsayısı (ms/ft)
Kumlar, killi, marnlar, kömürler	1,8 - 2,1
Bazı kireçtaşları, kaya tuzu, şeyller	1,5 - 1,8
Kompakt kireçtaşları ve mermerler, granitler ve bazaltlar, kuvarsit kayalar, gnayslar ve gabrolar	1,2 - 1,5
Diyabaz, diyabaz porfiriterleri, kompakt gnayslar ve mika-şist, manyetit	0,9 - 1,2

2.1.3.2. Sıralar Arası Gecikme:

Sıralar arası gecikme süresi hesaplanırken Tablo 2.6, atım sonucunda istenen sonuçlar için gecikme zamanı sabitlerini (T_R Katsayısı) sağlar. Bu tablodaki değerler, Eşitlik 2.2 ile kullanılmaktadır (Konya ve Walter, 1990).

$$t_r = T_R * B \quad (2.35)$$

Burada;

- t_r : Sıralar arası gecikme (ms)
- T_R : Sıralar arası gecikme sabiti (Tablo 2.6)
- B: Yük mesafesi (ft)

Tablo 2.6: Patlatma sıraları arası gecikme katsayıları (Konya ve Walter, 1990).

T_R Katsayısı (ms/ft)	Sonuçlar
2,0	Şiddetli hava şoku, geri çatlak vb.
2,0 - 3,0	Yüzeye yakın yüksek yığın, orta derecede hava şoku ve geri çatlak
3,0 - 4,0	Ortalama yığın yüksekliği, ortalama hava şoku ve geri çatlak
4,0 - 6,0	Dağınık yığın ve minimum geri çatlak
7,0 - 14,0	Optimum yığın, optimum geri çatlak vb.

2.2. PATLATMADAN KAYNAKLANAN ÇEVRESEL SORUNLAR

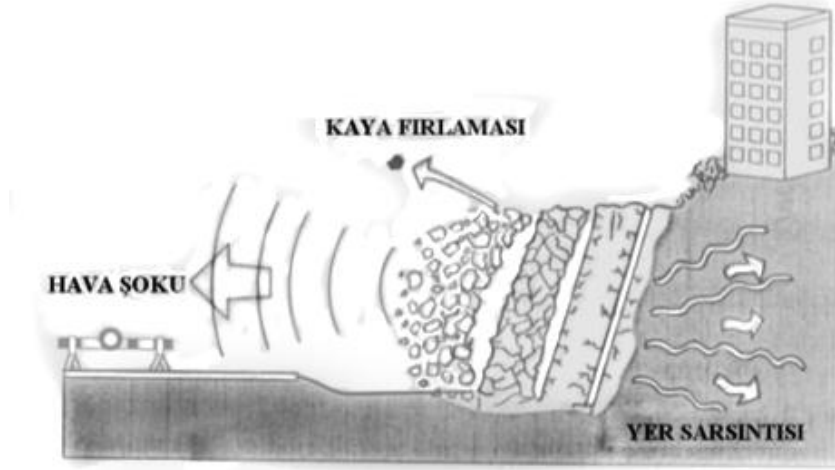
Patlatma tasarımları, ekonomik ve teknik yönden uygun olmalıdır ve çevresel etkilerinin de tasarım sürecine dahil edilmesi gerekmektedir. Tasarlanan patlatma sonucu uygulanacak atımdan ortaya çıkacak olan çevresel etkilerin tahmin edilerek, meydana gelebilecek olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Patlatma kaynaklı olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması, maliyetlerin azaltılmasına da imkân sağlamaktadır (Arpaz, 2000).

Patlatma faaliyeti sonucu çevresel etkiler açısından başlıca üç olumsuz durum bulunmaktadır. Bunlar;

- Taş savrulması,
- Hava şoku,
- Yer sarsıntısı

olarak sıralanmaktadır.

Patlatmanın neden olduğu çevresel etkiler Şekil 2.2’de gösterilmektedir.



Şekil 2.2: Patlatmanın neden olduğu çevresel etkiler (Arpaz, 2000).

2.2.1. Titreşim (Yer Sarsıntısı)

Patlatma kaynaklı titreşimlere sebep olan değişkenler ile patlatma verimliliğini etkileyen değişkenler aynıdır (Jimeno ve diğ., 1995). Bunlar kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyenler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Patlatma tasarım parametreleri, kullanılan patlayıcı cinsi ve miktarı, ateşleme çeşidi ve anlık şarj kontrol edilebilen parametrelere dahildir. Uzaklık, jeolojik durum, ateşlemede zamanlama hatası ve meteorolojik durum ise kontrol edilemeyen parametreler olarak sayılabilir (Bhandari, 1997). Mevcut jeolojik koşullar ve kayacın jeomekanik özellikleri patlatma kaynaklı titreşimler üzerinde büyük etkiye sahiptir. Homojen ve masif kaya kütlelerinde patlatma kaynaklı dalgalar her yöne eşit şekilde aktarılır. Ancak, daha değişken yapıli jeolojik koşulların bulunduğu kaya yapılarında dalga aktarımı farklılık gösterir. Patlatmada uzaklık arttıkça patlatma tasarımı parametreleri önemini yitirerek yerel jeolojik koşullar ve kaya kütlelerinin cinsi önem kazanmaktadır (Jimeno ve diğ., 1995).

Patlatma esnasında oluşan titreşimler tartışmalara sebep olmakla birlikte birçok değişkene bağlı olmaktadır. Bu değişkenlerin bazıları, titreşime olan etki oranlarına göre Tablo 2.7’de verilmiştir.

Tablo 2.7: Yer sarsıntısını etkileyen değişkenler (Rosenthal ve Morlock, 1987).

Kontrol Edilebilen Değişkenler	Titreşime Etkisi		
	Yüksek	Orta	Düşük
Anlık şarj	X		
Gecikme aralığı	X		
Dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe		X	
Sıkılama uzunluğu			X
Sıkılama malzemesi			X
Şarj boyu ve çapı			X
Delik eğimi			X
Atım yönü		X	
Şarj derinliği			X
Ateşleme kablosu çeşidi			X
Şarj yoğunluğu	X		
Kontrol Edilemeyen Değişkenler			
Arazi yapısı			X
Dilim kalınlığı mesafesi ve çeşidi	X		
Hava şartları			X

Patlatma kaynaklı yer titreşimi, etraftaki yapılara verebileceği hasar ve insanlar üzerinde oluşturabileceği psikolojik etkiler nedeniyle çeşitli olumsuzluklara neden olmaktadır. Patlatma tasarımları, bu etkinin sonuçları dikkate alınarak yapılmalıdır. Yer titreşiminin atım öncesi tahmini için geliştirilmiş çeşitli modeller mevcuttur. Ülkelerin çeşitli yasaları ile yer titreşimi seviyeleri için limitler belirlenmiştir. Atım öncesi yer titreşimi tahmini ve atım sırasında ölçümler yapılarak patlatmaların bu ölçüm sonuçlarına göre yeniden tasarlanması, çevresel etkilerin en aza indirgenmesi açısından son derece önemlidir.

2.2.1.1. Ölçekli Mesafe Kavramı

Patlatmalar sonucu yayılan sarsıntıların etkisini belirleyen en önemli parametre gecikme başına en yüksek şarj miktarıdır. Bir sahada, patlatma sonucu yayılan yer titreşimi ölçüldükten sonra, yer titreşiminin ölçekli mesafe ile olan ilişkisi belirlenmelidir. Ölçekli mesafe, patlatma ve ölçüm noktası arasındaki mesafeyi ve gecikme başına kullanılan en yüksek patlayıcı madde miktarını göz önüne alan bir değerdir ve Eşitlik 2.36 kullanılarak hesaplanmaktadır (Dowding, 1985).

$$SD = \frac{R}{\sqrt{W}} \quad (2.36)$$

Burada;

- SD: Ölçekli mesafe
- R: Patlatma ve ölçüm noktası arasındaki mesafe (m)
- W: Gecikme başına en yüksek patlayıcı madde miktarı (kg)

2.2.1.2. En Yüksek Parçacık Hızı Tahmini

Patlatma kaynaklı yer sarsıntısının önceden tahmini, yer sarsıntısının etkilerinin önlenmesinde büyük öneme sahiptir. Birçok araştırmacı bu amaçla araştırmalar yapmış ve ölçekli mesafeye bağlı azami parçacık hızının tahmin edilmesinin en iyi yöntem olduğu sonucuna varmışlardır (Gupta ve diğ., 1988). Literatürde kabul edilen ve en çok kullanılan ölçekli mesafeye bağlı azami parçacık hızı tahminine yönelik geliştirilmiş olan eşitlik Eşitlik 2.37’de verilmiştir (Siskind ve diğ., 1980).

$$PPV = K * (SD)^{-\beta} \quad (2.37)$$

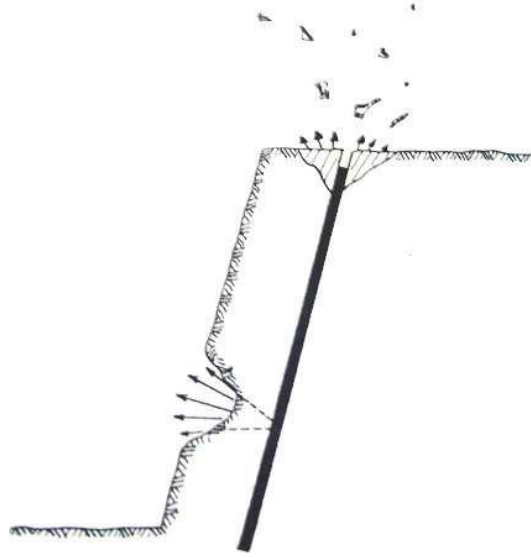
Burada;

- PPV: En yüksek parçacık hızı (mm/sn)
- K: Yer iletim katsayısı
- β : Kayanın sönümleme katsayısı (Jeolojik sabit)
- SD: Ölçekli mesafe (m) (Eşitlik 2.36)

Eşitlik 2.37 yardımı ile bir bölgede yapılacak atım öncesi, atım noktası ile potansiyel olarak atımdan etkilenebilecek yapılar arasındaki mesafeye göre kullanılabilecek en yüksek gecikme başına patlayıcı madde miktarı ve/veya kullanılması planlanan gecikme başına patlayıcı miktarına bağlı olarak en yüksek parçacık hızı miktarı belirlenebilmektedir.

2.2.2. Kaya Savrulması

Patlatma işlemi sırasında karşılaşılan olumsuz etkilerden bir tanesi de kaya savrulmasıdır. Kaya savrulması civar yerleşim bölgeleri, işletme binaları, makine ve ekipmanlar gibi yapılar üzerinde çeşitli tehlikelere neden olmaktadır. Patlatılabilirlik açısından yüksek özgül şarj gerektiren kayalarda, kaya kütlelerinin özelliklerinin iyi belirlenmesi, patlatma geometrisi ve şarj özelliklerinin iyi tespit edilmesi gerekmektedir (Apaydın ve diğ., 2004). Patlatma sırasında oluşan kaya savrulması Şekil 2.3’te verilmiştir.



Şekil 2.3: Patlatma sırasında oluşan taş savrulması (Jimeno ve diğ., 1995).

Araştırmacılar tarafından patlatma işlemi sırasında fırlayan kayaç parçalarının tane boyutunun kestirimi ve kaya savrulma mesafelerinin tahmini için çeşitli eşitlikler geliştirilmiştir. Bu mesafe tahmini eşitlikleri temelde delik çapına bağlı olarak geliştirilmiştir. Yaygın olarak kullanılan en kötü durum senaryosu, ölçekli gömme derinliği (SDOB_m) ve yatayda/düşeyde kaya savrulma mesafelerini veren eşitlikler aşağıdaki bölümde verilmiştir.

- En Kötü Durum Senaryosu, Lundborg ve diğ., 1975;

$$\varphi = 0,1 * d_i^{\frac{2}{3}} \quad (2.38)$$

$$L_{max} = 260 * d_i^{\frac{2}{3}}$$

- Ölçekli Gömme Derinliği, McKenzie, 2009;

$$SDOB_m = \frac{SH + 0.0005 * m * d}{0.00923 * (m * d^3 * \rho_e)^{0.333}} \quad (2.39)$$

$$m_m = \frac{1000 * l_c}{d} \quad (2.40)$$

$$L_{max} = 11 * SDOB_m^{-2.167} * d^{0.667} \quad (2.41)$$

- Basamak Aynası ve Sıkılama Yönünde Kaya Savrulması, Richards ve Moore, 2004;

- Basamak Aynası Yönünde:

$$L_{max} = \frac{k^2}{g} * \left(\frac{\sqrt{n}}{B} \right)^{2.6} \quad (2.42)$$

- Sıkılama Yönünde:

$$L_{max} = \frac{k^2}{g} * \left(\frac{\sqrt{n}}{SH} \right)^{2.6} * \sin 2(\alpha) \quad (2.43)$$

Burada;

- φ : Optimum tane boyutu (m)
- L_{max} : Azami kaya fırlama mesafesi (m)
- $SDOB_m$: Gömme derinliği (Metrik sistemde, $m/kg^{0.333}$)
- m : Patlayıcı şarj uzunluğu
- m_m : Katkıda bulunan patlayıcı şarj uzunluğu (Delik çapı cinsinden)
 - $m_m < 10$ ise $m = 8$
 - $m_m \geq 10$ ise $m = 10$
- d : Delik çapı (mm)
- d_i : Delik çapı (inç)
- ρ_e : Patlayıcı yoğunluğu (g/cm^3)
- l_c : Katkıda bulunan patlayıcı şarj uzunluğu (m)
- k : Kaya sabiti (En az 13,5 en fazla 37'dir)
- g : Yerçekimi ivmesi ($9,81 m/sn^2$)
- n : Şarj konsantrasyonu (kg/m)
- SH : Sıkılama boyu (m)
- B : Dilim kalınlığı (m)
- α : Delik eğimi ($^\circ$)

2.2.3. Hava Şoku

Patlatma sırasında kaya çatlaklarından dış atmosfere hızla çıkış yapan reaksiyon ürünü gazlar önemli düzeyde gürültü oluştururlar. Önlemlerin yetersiz kalması durumunda gürültü düzeyi yüksek seviyelere ulaşarak hava şoku dalgalarına dönüşür (Hüdaverdi ve Kuzu, 2005).

Eşitlik 2.44'te Pascal, milibar veya psi birimlerinde hesaplanan hava basıncı, Eşitlik 2.45 kullanılarak desibel birimine çevrilmektedir

$$P = K * \left(\frac{R}{\sqrt[3]{W}} \right)^{-\beta} \quad (2.44)$$

Birim çevrimi için;

$$P_s = 20 * \log \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

Milibar biriminde hesaplanmış hava basıncı değerini desibel birimine çevirmek için;

$$SPL_{dB} = 20 * \log P_{mb} + 134,10 \quad (2.45)$$

Paskal biriminde hesaplanmış hava basıncı değerini desibel birimine çevirmek için;

$$SPL_{dB} = 20 * \log P_{N/m^2} + 94$$

Burada;

- P: Tahmin edilecek olan (veya ölçülen) en yüksek hava şoku seviyesi, (Pa / milibar / psi)
- K: Hava yayılımı katsayısı
- R: Patlatma noktası ile ölçüm noktası arası mesafe, m
- W: Gecikme başı azami patlayıcı madde miktarı, kg
- β : Ses dalgalarının ocak atmosferinde sönümlenme katsayısı

Hava şoku seviyelerinin belli değerlere ulaşması çevrede rahatsızlığa ve sorunlara neden olabilmektedir. Ölçüm noktası ile patlatma noktası arasındaki mesafeye bağlı olarak hava şoku seviyelerinin çevresel etki seviyeleri Tablo 2.8’de verilmiştir.

Tablo 2.8: Hava şoku seviyelerinin çevresel etkisi (Hüdaverdi ve Kuzu, 2005).

Desibel (dB)	psi	Etki
180	3,0	Binalarda hasar
170	0,950	Pencere camlarının çoğu kırılır
160	0,300	
150	0,0950	Bazı pencere camları kırılır
140	0,030	Ani ses seviyesi için maksimum seviye
128	0,0070	Emniyetli seviye
120	0,0030	Rahatsız edici sürekli ses sınırı
110	0,000950	
100	0,00030	
90	0,000095	8 Saatlik sürekli seste rahatsız olma
80	0,000095	

2.3. PATLATMA SONUCU PARÇALANMA ANALİZİ

Parçalanma, patlatma sonrası ortaya çıkan yığının tane boyut dağılımını ifade eden bir terimdir. Patlatılabilirlik ise kayacın patlayıcı enerjisine karşı gösterdiği direnç olarak adlandırılmaktadır (Jimeno ve diğ, 1995).

Patlatma sonucu oluşan yığının tane boyut dağılımı, patlatmanın başarı durumunu etkileyen önemli bir parametredir. Bu parametre kayaç özellikleri, patlayıcı özellikleri ve patlatma bilgileri gibi birçok değişkene bağlıdır.

Literatürde patlatma sonucu oluşacak yığının tane boyut dağılımı tahminine dayalı olarak geliştirilen birçok model mevcuttur. Bunların arasında en popüler olan model olan Kuz-Ram parçalanma tahmin modeli aşağıda verilmiştir.

2.3.1. Kuz-Ram Parçalanma Modeli

Kuz-Ram modeli ortalama parça boyutunu veren bir denkleme, kayacın yapısını belirleyen bir yaklaşıma ve parça boyut dağılım eğrisinin çizilmesinde yararlanılan Rosin–Rammler denklemine dayanır. Günümüzde en sık başvuru ve güvenilirliğini kanıtlamış olan yaklaşım olarak nitelendirilebilir (Kuzu ve Hüdaverdi, 2006).

Ortalama parça boyutunun tahmini için Kuznetsov (1973) tarafından önerilen eşitlik Eşitlik 2.46'da verilmiştir.

$$X_{50} = A * \left(\frac{V_0}{Q_e}\right)^{0,8} * Q_e^{0,167} * \left(\frac{115}{E}\right)^{0,633} \quad (2.46)$$

Burada;

- X_{50} : Ortalama parça boyutu (cm)
- A: Kaya faktörü (1-13)
- Q_e : Delik içindeki patlayıcı madde miktarı (kg)
- V_0 : Bir deliğin patlatacağı kayaç hacmi (m^3 , $B*S*H$)
- B: Dilim kalınlığı (m)
- S: Delikler arası mesafe (m)
- H: Basamak yüksekliği (m)
- E = Patlayıcının karşılaştırmalı ağırlıkça kuvveti (ANFO = 100)

Eşitlik 2.46 T.N.T. için yazmıştır. Eşitliğin sonundaki ifade eşitliğe Cunningham (1983) tarafından eklenmiş olup, eşitliğin T.N.T. dışındaki patlayıcılarla da kullanımına imkân sağlamaktadır (Hüdaverdi, 2010).

Rosin-Rammler eşitliği olarak bilinen parça boyutu dağılım fonksiyonu ile parçalanma eğrisi çizilebilmektedir. Bu eşitlik Eşitlik 2.47'de verilmiştir.

$$R = e^{-\left(\frac{x}{x_c}\right)^n} \quad (2.47)$$

Burada;

- R: Elek üzerinde kalan malzemenin oranı
- x: Elek açıklığı
- x_c : Yüzde miktarı bulunacak tane boyutu
- n: Üniformite indeksi

Patlatma işleri için Rosin-Rammler formülü kullanıldığında x_c , karakteristik boyut olarak belirlenir ve malzemenin %63,2'sinin geçtiği açıklığı gösterir (Hüdaverdi, 2010). Üniformite indeksi için Cunningham (1983), Eşitlik 2.48'i ortaya koymuştur (Özer ve diğ., 2007).

$$n = \left[2,2 - 14 \left(\frac{B}{D} \right) \right] * \left[1 - \left(\frac{W}{B} \right) \right] * \sqrt{\frac{1 + \frac{S}{B}}{2}} * \left[0,1 + abs \left(\frac{BCL - CCL}{L} \right) \right]^{0,1} * \frac{L}{H} \quad (2.48)$$

Burada;

- n: Üniformite indeksi
- B: Dilim kalınlığı (m)
- S: Sıralar arası mesafe (m)
- D: Delik çapı (mm)
- W = Delme hassasiyetindeki sapma (m)
- BCL: Taban şarj boyu (m)
- CCL: Kolon şarj boyu (m)
- H: Basamak yüksekliği (m)
- L: Toplam şarj uzunluğu (m)

Ortalama parça boyutu tahmini eşitliğinde, kayaç faktörü bir katsayı olarak 1 ila 13 arasında önerilmiştir. Bu durumun kayacın özelliklerini tam olarak yansıtmadığı düşüncesi ile Cunningham, Lilly (1986) tarafından geliştirilen Patlatılabilirlik İndeksi'ni modele dahil ederek kaya faktörünün belirlenebilmesini kolaylaştırmıştır. Patlatılabilirlik indeksi formülü Eşitlik 2.49'da verilmiştir.

$$A = 0,06 * (RMD + JPS + JPA + RDI + HF) \quad (2.49)$$

Kaya faktörünün belirlenebilmesi için eşitlikte kullanılacak değerlerin belirlenebilmesi için kullanılan abak, Tablo 2.9'da verilmiştir.

Tablo 2.9: Kaya faktörünün belirlenmesi (Cunningham, 1983).

RMD (Kaya Kütlesi Sınıflaması)	
Çok çatlaklı parçalanmış kaya	10
Bloklu kaya kütlesi	20
Masif kaya kütlesi	50
JPS (Eklem Düzlem Aralığı)	
<0,1 m	10
0,1 - 1,0 m	20
>1,0 m	50
JPA (Eklem Düzlem Yönelimi)	
Yatay	10
Aynanın dışına doğru dalan	20
Aynaya paralel	30
Aynanın içine doğru dalan	40
RDI (Özgül Ağırlık Etkisi)	
$25 * RD - 50$	
HF (Sertlik Katsayısı)	
$E < 50$	$E / 3$
$E > 50$	$UCS / 5$

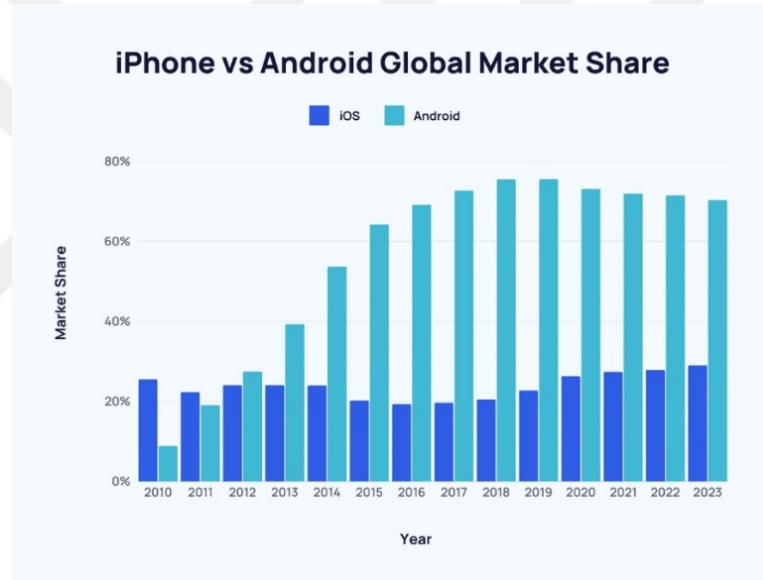
E = Elastisite modülü (GPa),
 UCS = Tek eksenli basınç dayanımı (MPa),
 RD: Kayaç özgül ağırlığı (t/m³)

2.4. MOBİL UYGULAMA GELİŞTİRME

Son yıllarda taşınabilir teknolojik cihazlara olan ilgi hızla artmaktadır. Küçük boyutlarda olmasına karşın güçlü işlemcilere sahip olan, gelişen pil teknolojileri ile bir güç kaynağına bağlı olmadan uzun süreler çalışabilen cihazlar hızla yaygınlaşmaya devam etmektedir. İçinde bulunduğumuz bilgi ve iletişim çağında, bilgiye hızlı erişebilmek ve diğer insanlarla daha hızlı iletişim kurabilmek önemli bir hal almıştır. Bu amaçla mobil cihazların kullanılması her geçen gün daha da yaygınlaşmaktadır. Günümüzde mobil cihazlar, kişisel bilgisayarlarda kullanılan pek çok uygulamayı çalıştırabilmesi ile kişisel asistanlar haline gelmişlerdir. Mobil uygulamalar, akıllı telefonlarda kullanılmak amacıyla geliştirilen yazılımlardır. Mobil cihazların donanımı ile kullanıcıların iletişim kurabilmesini sağlayan yazılımlara mobil işletim sistemleri denilmektedir. Mobil işletim sistemleri, cihazın donanım özelliklerine göre düzenlenmiş ve cihazın bütün yeteneklerinin kullanıcılar tarafından sorunsuz kullanılmasını amaçlamaktadırlar (Mollaoğlu, 2023).

Bu cihazlarda en yaygın olarak kullanılan işletim sistemleri Google firmasına ait Android işletim sistemi ve Apple firmasına ait iOS işletim sistemidir. Mobil cihazlarda kullanılan işletim sistemine göre hizmet veren uygulamalara Android işletim sistemi için Google Play Store'dan, iOS işletim sistemi için Apple Store'dan ulaşılmaktadır (Tufan ve diğ., 2011).

Şekil 2.4'te iOS ve Android kullanıcı sayılarının yıllara göre karşılaştırılması yer almaktadır. Güncel olarak Android'i kullanan kullanıcı sayısının iOS kullanan kullanıcılara oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca Android kullanıcı sayısı 2020 yılından itibaren düşüşe geçmiştir. iOS kullanıcı sayısında ise 2019 yılından itibaren bir artış gözlenmektedir.

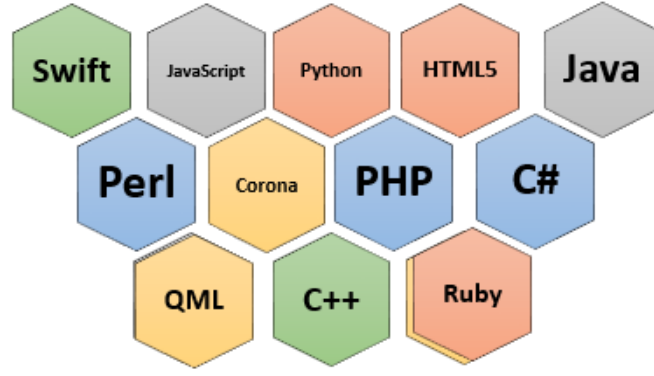


Şekil 2.4: iOS ve Android kullanım oranları (Howarth, 2024).

2.4.1. Mobil Uygulama Geliştirme Aşamaları

Günümüzde gelişen akıllı cihazlara mobil uygulama yazmak için bazı programlama dillerinin bilinmesi gerekmektedir. Geliştirilen uygulamaların kaliteli, ilgi çekici ve etkili olması için programlama dillerinin yanında uygulamaların arayüzünde kullanılabilecek görsel materyallerin, materyal tasarım ilkelerine göre oluşturulması gerekmektedir (Şenel ve diğ., 2019).

Mobil uygulama geliştirmek amacıyla kullanılabilecek yazılım dillerinden bazıları Şekil 2.5'te verilmiştir. Bir işletim sistemi için mobil bir uygulama geliştirmek istendiğinde yazılım dillerinden en az birinin mutlaka bilinmesi gerekmektedir (Çiloğlu ve diğ., 2021).



Şekil 2.5: Mobil uygulama geliştirmek için kullanılabilecek bazı yazılım dilleri (Çiloğlu ve diğ., 2021).

Bir yazılım projesinin planlanmasından, tamamlanmasına kadar geçirdiği tüm aşamalara ve bu aşamalardan oluşan döngüye “Yaşam Döngüsü” adı verilmektedir. Yaşam döngüsü, nitelikli yazılım ürünlerinin oluşturulmasında kullanılan ve tekrar eden aşamalardır. Yaşam döngüsü Şekil 2.6’da verilmiştir. Yazılım geliştirme aşamaları şu şekildedir (Kavuncu, 2021);

- **Planlama Aşaması:** Döngünün ilk aşamasıdır. Bu aşamada maliyet ve zaman hesaplarının yapılması ile uygunluk raporu hazırlanmaktadır.
- **Analiz Aşaması:** Bu aşamada yazılımın gereksinimleri tanımlanır ve bu gereksinimlerin analizleri yapılır.
- **Tasarım Aşaması:** Bu aşamada yazılıma bir çerçeve çizilir. İhtiyaca göre gerekli bileşenler modellenir. Bu aşama döngünün en önemli adımlarından biridir.
- **Uygulama Aşaması:** Bu aşama analiz ve tasarımdan elde edilen bulguların kodlamalar yapılarak uygulamaya yani yazılıma dönüştürüldüğü aşamadır.
- **Test Aşaması:** Uygulama aşamasında yapılan işlemlerin kontrolleri ve düzeltmelerinin yapıldığı aşamadır. Uygulama aşamasından sonra gerçekleştirilebileceği gibi, uygulama aşaması ile eşzamanlı olarak da gerçekleştirilebilir.
- **Teslim ve Bakım:** Test aşamasından geçen yazılım teslim edilebilir/uygulama marketinde yayınlanabilir. Test aşamasında tespit edilemeyen hataların giderilmesi ve uygulamanın güncel tutulması için bakım süreci bu aşamada devam eder.



Şekil 2.6: Yazılım yaşam döngüsü (Kavuncu, 2021).

Geliştirilecek mobil uygulamanın etkili bir şekilde kullanılması ve gereksinimlere cevap vermesi için aşağıda verilen ölçütlere uygun olmalıdır (MEB, 2017).

- Performans
- Anlaşılabilirlik
- Görünüm ve etkileşim (kullanıcı dostu arayüzler)
- Uygulama güvenliği
- Stabilite
- Geliştirme, test ve bakım süreçleri
- Yeni geliştirmelere destek
- Kullanılacak platform ve eklenti desteği

2.4.2. Mobil Uygulama Geliştirme Platformları

2.4.2.1. Yerel (Native) Mobil Platformlar

Native dille yazılmış bir uygulama, belli bir platforma özel, genellikle platform sağlayıcısının belirttiği ya da ürettiği platform SDK'sı (uygulama geliştirme aracı), araçlar ve programlama dili yardımıyla geliştirilmektedir. Örneğin Swift veya Objective-C programlama dillerini kullanarak iOS mobil işletim sistemine özel ya da Kotlin, Java veya C++ programlama dilleri ile Android işletim sistemine özel geliştirilen bir uygulama Native uygulamadır (MEB, 2017). Native uygulamalar cihazın sunduğu tüm yerel özelliklere erişebilirler. Geliştirici aynı uygulamayı birden fazla platformda yayınlamak istediğinde, her platforma özgü ayrı ayrı geliştirme yapması gerekmektedir (Heitk ve diğ., 2012).

2.4.2.2. Melez (Hybrid) Mobil Platformlar

Melez (Hybrid) mobil uygulama geliştirme, tek bir kodlama yapısı kullanılarak geliştirilen uygulamanın birden fazla mobil işletim sisteminde kullanılmasıdır. Melez olarak geliştirilen mobil uygulamalar genellikle mobil cihaz içindeki gömülü web tarayıcısına entegre olarak çalışır. Melez mobil uygulama geliştirmenin avantajı, maliyetinin yerel uygulama geliştirmeye göre düşük olmasıdır. Bununla birlikte birçok dezavantajı da mevcuttur. Cihaz kaynaklarını etkin olarak kullanamaması, gömülü web tarayıcının yeni sürümlerinde yazılmış kod parçalarının testinin yapılmasının gerekliliği ve performans gerektiren projelerde kullanımında ortaya çıkan problemler melez mobil uygulama geliştirmenin yaygınlaşamamasına neden olmuştur (MEB, 2017).

2.4.2.3. Çapraz (Cross) Mobil Platformlar

Çapraz mobil platformlar, belli bir dilde yazılan kodların farklı işletim sistemleri üzerinde çalışabildikleri yapılardır. Yerel platformlarda farklı işletim sistemleri için aynı uygulamayı birden fazla programlama dili kullanarak geliştirmenin gerekliliği kaynak, zaman ve emek açısından şirketler ve geliştiriciler için dezavantajlara neden olmaktadır. Çapraz platformlar bu özelliğiyle son zamanlarda tercih sebebi olmuştur. Uygulama performansları bakımından melez platformların çok üzerindedir (Keskin ve Kılınç, 2015). Çapraz platform uygulamaları geliştirmek için, native olmayan bir dilde yazılmış uygulamadan native kod üreten çapraz derleyici mobil geliştirme araçları kullanılmaktadır. Çapraz derleyici araçlarını kullanarak, geliştiriciler farklı platform uygulamaları arasında kod paylaşarak hem geliştirme hem de bakım maliyetlerini azaltabilmekte ve aynı zamanda native mobil uygulamalar elde edebilmektedirler (Martinez, 2019).

Çapraz uygulama geliştirme platformlarında Flutter, React Native, Xamarin gibi uygulama geliştirme araçları ön plana çıkmaktadır.

2.5. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde delme-patlatma ile ilgili geliştirilmiş diğer mobil uygulamalar ve bu uygulamalara ait bilgilere ait araştırma sonuçları yer verilmiştir. Yapılan araştırmalarda bulunan delme ve patlatma ile alakalı mobil uygulamalar şu şekilde sıralanmaktadır;

- Smart Blasting App
- O-Pit Blast Guide
- Explosives Engineers' Mobile App
- Pocket Blast Guide Mobile App
- Nelson Brothers App
- Sakçalı ve diğ. (2016)

2.5.1. Smart Blasting App

“Smart Blasting App” adlı mobil uygulama, madencilik yazılımları alanında faaliyet gösteren MineExcellence firması tarafından geliştirilen patlatma ile alakalı mobil uygulamadır. Android ve iOS işletim sistemleri üzerinde çalışabilmektedir.

SmartBlasting App uygulaması, sahadan toplanan verileri sunucuya ya da masaüstü bilgisayarlara aktarmak için kullanılan uçtan uca bir teknoloji çerçevesidir. Veri toplamanın yanı sıra; bu uygulama aynı zamanda patlatma öncesinde doldurulan veriler ile çevresel etki tahmin edicilerini de içermektedir. Böylece patlatma öncesi çevresel etkiler doldurulmuş veriler ile analiz edilecek operasyonel verimlilik artırılabilir (MineExcellence).

Uygulamanın geliştiricisi tarafından bildirilen özellikleri şu şekildedir;

- Patlatma geometrik parametrelerinin sahadan çevrimdışı olarak toplar,
- Karmaşık patlatma hesaplarını gerçekleştirir,
- Patlatma verilerini merkezi bulut sunucusu ile senkronize eder,
- GPS teknolojisi ile basamak ve delik koordinatlarını yakalar,
- Patlatma ile ilgili literatür bilgileri uygulama içinde barındırır,
- Patlatma öncesi ve sonrası fotoğrafları ve videoları yakalar.

2.5.2. O-Pit Blast Guide

“O-Pit Blast Guide” adlı mobil uygulama, madencilik yazılımları alanında faaliyet gösteren O-Pit Blast firması tarafından geliştirilen delme ve patlatma hesapları ile alakalı mobil bir uygulamadır. Android ve iOS işletim sistemleri üzerinde çalışabilmektedir.

O-Pit Blast Guide uygulaması, endüstrinin temel kurallarını kullanarak delme ve patlatma parametrelerini hesaplamaya yardımcı olan güçlü bir uygulamadır. Birden fazla dilde mevcut olan bu uygulama, patlatma tasarımı için önemli bir araçtır. O-Pit Blast Guide uygulaması ile ana patlatma parametreleri planlanabilir; güvenlik sorunları, çalışma sonuçları, titreşim ölçümleri, patlayıcı enerjisi ve çok daha fazla parametre önceden tahmin edilebilir (O-PitBlast).

Uygulamanın geliştiricisi tarafından bildirilen özellikleri şu şekildedir;

- Hesap makinesi: Kaya patlatmaları için geometrik parametrelerin ne olması gerektiğinin tanımlanması,
- Güvenlik: Patlatma alanında yer sarsıntısı ve şok seviyelerinin tahmini,
- Veri tabloları: Kabul edilebilir titreşim seviyeleri, patlatma terminoloji vb. bilgiler uygulama içerisinde bulunmaktadır.

2.5.3. Explosives Engineers' Mobile App

“Explosives Engineers' Mobile App” adlı mobil uygulama, bir patlayıcı ve patlatma ekipmanları üreticisi olan Dyno Nobel firması tarafından geliştirilen delme ve patlatma hesapları ile ilgili mobil bir uygulamadır. Android ve iOS işletim sistemleri üzerinde çalışabilmektedir.

Explosives Engineers' Mobile App uygulaması, uzak konumlarındaki kullanıcılarına dünya çapında erişilebilirliğe sahip tüm patlatma araçlarını yelpazesinde barındırmaktadır. Anahtar patlatma hesaplayıcılarına, ürün bilgilerine, birim dönüşümlerine ve daha fazlasına imkân sunmaktadır (Dyno Nobel).

Uygulamanın geliştiricisi tarafından bildirilen özellikleri şu şekildedir;

- Dyno Nobel ürünleri için eksiksiz ürün özellikleri ve uygulama kullanımları,
- Özel patlatma hesaplayıcıları arasında özgül şarj, hava şoku tahmini, patlatma deliği başına kaya ve patlayıcı yükü, yer titreşimi tahmini, ölçekli mesafe ve GPS teknolojisini kullanarak en yakın yapıya olan mesafe tahmininde bulunur,

- Birim dönüşümleri, patlatma tasarımı terminolojisi, tanımlar ve formüllerin tümüne kolayca erişilebilir,
- Bölge (Amerika, Asya Pasifik ve Güney Amerika) ve tercih edilen birim sistemlerini (Metrik veya İngiliz birim sistemi) seçebilme özelliği,
- Güncellenmiş GPS desteği.

2.5.4. Pocket Blast Guide Mobile App

“Pocket Blast Guide Mobile App” adlı mobil uygulama, bir patlayıcı ve patlatma ekipmanları üreticisi olan Orica-Nitro firması tarafından geliştirilen delme ve patlatma hesapları ile ilgili mobil bir uygulamadır. Android ve iOS işletim sistemleri üzerinde çalışabilmektedir.

Pocket Blast Guide Mobile App uygulaması, kullanıcıların iOS veya Android cihazları aracılığıyla en son ürün bilgilerine erişmelerine ve karmaşık patlama hesaplamalarını çevrimdışıyken veya uzak konumlardayken bile gerçekleştirmelerine imkân sağlamaktadır (Orica-Nitro).

Uygulamanın geliştiricisi tarafından bildirilen özellikleri şu şekildedir;

- Uygulama içerisinde karmaşık patlatma hesaplarını gerçekleştirme yeteneği,
- Her zaman, her yerde erişim sağlanabilen çevrimdışı yetenekler,
- Firma ürünlerinin bilgilerine uygulama içerisinde erişim.

2.5.5. Nelson Brothers App

“Nelson Brothers App” adlı mobil uygulama, bir patlayıcı ve patlatma ekipmanları üreticisi olan Nelson Brothers Inc. firması tarafından geliştirilen delme ve patlatma hesapları ile ilgili mobil bir uygulamadır. Android ve iOS işletim sistemleri üzerinde çalışabilmektedir.

Uygulamanın geliştiricisi tarafından bildirilen özellikleri şu şekildedir;

- Firma ürünlerinin katalog verileri,
- Patlatma ve gecikme hesaplamaları,
- GPS Aracı.

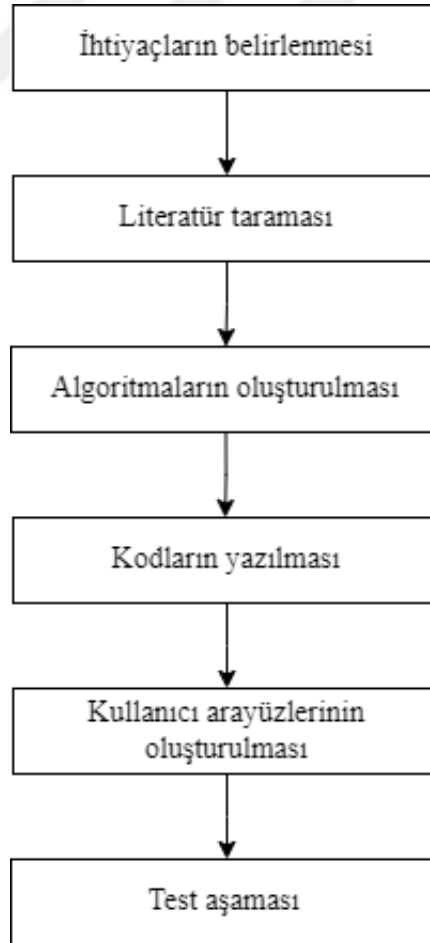
Sakçalı ve diğ. (2016) tarafından geliştirilen, patlatma tasarımlarının saha üzerinde kolaylıkla yapılabilmesini sağlayabilmek adına Android işletim sistemi üzerinde çalışabilen mobil bir uygulama bulunmaktadır. Uygulama kullanıcıdan aldığı parametre değerleri ile çeşitli basamak patlatması tasarım modellerini kullanarak, birincil basamak patlatması tasarımı hesaplarını yapmakta ve sonuçları kullanıcıya bir tablo halinde göstermektedir. Uygulama herhangi bir uygulama marketinde yayınlanmamıştır.



3. YÖNTEM

Bu çalışmada patlatmadan sorumlu mühendis ve planlamacılara yönelik patlatma tasarımı yapabilecek ve bu tasarımdan çıkan sonuçlara göre patlatmanın çevresel etkileri ve patlatma sonucu parçalanma boyutlarını önceden tahmin edip, kullanıcıya yol gösterebilecek bir uygulamanın geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Gelişen teknolojiye paralel olarak gelişen akıllı telefonlar, bilgisayarların sahip olduğu pek çok özelliğe sahiptir ve akıllı telefonların çoğu kişi için her an ulaşılabilir olması akıllı telefonlara yönelik geliştirilecek bir mobil uygulama yazılımı, kullanıcıya daha rahat patlatma tasarımı ve analizi yapma imkânı sunacaktır.

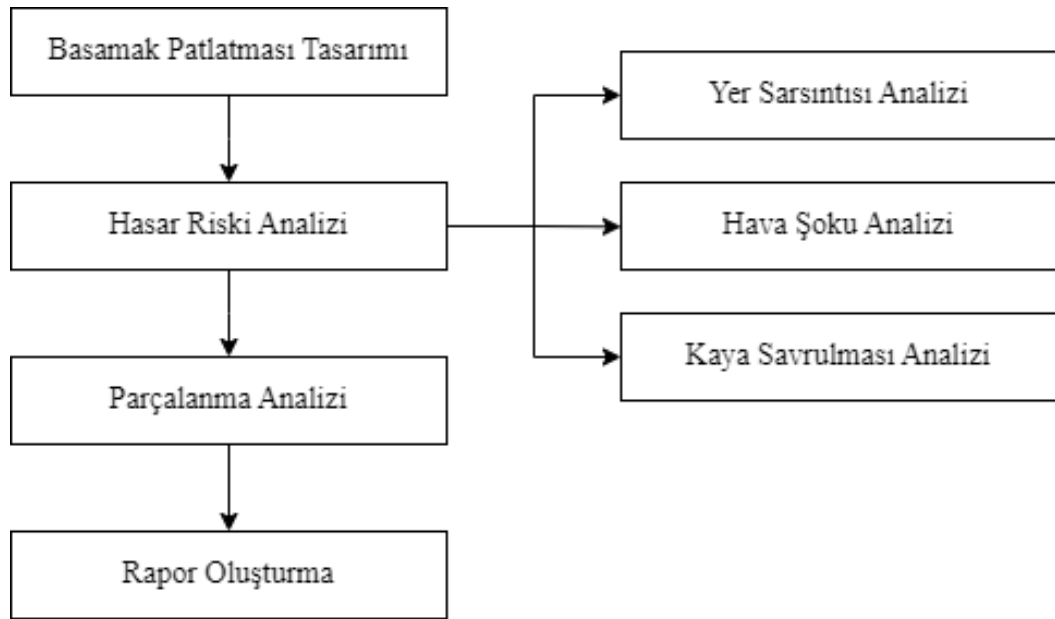
Çalışmada izlenen yöntem Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1: Çalışmada izlenen yöntem

Çalışmada öncelikle ihtiyaçlar belirlenmiş, literatürde bu ihtiyaçları karşılayacak eşitlik ve bilgiler tespit edilmiştir. Bu ihtiyaçları karşılayabilecek mobil uygulama geliştirme platformu ve programlama dili tespit edilmiştir. Geliştirilecek uygulamaya “iRockBlast” adı verilmiştir. İhtiyaç duyulan literatür bilgileri taranarak, literatürden elde edilen bilgiler ışığında algoritmalar hazırlanacaktır. Bu algoritmalar, kodlara dönüştürülecek, çalışabilirliği gerçek zamanlı olarak test edilecektir. Uygulamanın işlevselliğini arttırabilmek amacı ile kullanılabilir eklentiler araştırılarak uygulamaya dahil edilecektir. Bu aşamadan sonra kullanıcı arayüzleri tasarlanarak nihai testler yapılacaktır.

Uygulamanın iOS ve Android işletim sistemlerinde çalışabilen, birincil patlatma tasarımı yapabilen, bu tasarımdan elde edilen sonuçlara göre hasar riski analizi yani yer sarsıntısı, hava şoku ve kaya savrulması gibi çevresel etkilerin analizini yapabilecek, patlatma sonucu oluşacak yığının parça boyutu dağılımını önceden tahmin edecek ve nihai tasarımı bir rapor halinde kullanıcıya verebilecek şekilde çalışması planlanmıştır. Çevresel etki analizlerinin bölgesel bazlı olabilmesi adına, bir veri tabanı oluşturulup içerisine çeşitli ulusal yayınlardan elde edilen il, ilçe ve kayaç türüne göre saha iletim katsayısı ve saha jeolojik sabiti değerleri eklenerek, uygulamanın bu veri tabanı ile bütünleşmiş bir şekilde çalışması sayesinde bölgesel bazlı analiz yapabilmesi sağlanacaktır. Uygulama geliştirilirken oluşturulması planlanan kod sayfaları Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2: Geliştirilecek uygulamada kullanılacak kod sayfaları

Bu çalışmada geliştirilecek olan mobil uygulamada çapraz (cross) uygulama geliştirme platformunun tek programlama dilinde yazılan uygulamanın, farklı işletim sistemlerinde çalıştırılabilmesi, akıllı telefonların çoğu özelliğini etkin biçimde kullanabilmesi, emek ve zamandan tasarruf sağlaması gibi nedenlerden dolayı tercih edilmiştir. Çapraz platformlarda tek dilde yazılan kodlar, kısa bir süre içerisinde derlenerek uygulamanın çalıştırılması istenen işletim sistemlerine göre birden fazla işletim sistemine uygun olarak çalışabilen uygulama çıktıları verebilmektedir. Çapraz platform altyapısı ile çalışan pek çok uygulama geliştirme aracı mevcuttur.

Flutter, Google tarafından sunulan açık kaynak kodlu bir yazılım geliştirme aracı (SDK) ve mobil kullanıcı arayüzü çerçevesidir (UI Framework). Yazılım geliştirme aracı sayesinde tek programlama dili ile yazılan kod parçacıklarını kendi içerisinde yerel olarak derleyerek mobil, web ve masaüstü için uygulamalar oluşturmak için kullanılmaktadır. Yazılım geliştirmeyi kolaylaştırmak için pek çok aracı içerisinde barındırmaktadır. Yazılım çerçevesi ile yazılım geliştirilirken ihtiyaç duyulan birçok kullanıcı arayüzü bileşenini kullanıcının hizmetine sunar. Flutter, “çalışırken yeniden yükleme” adı verilen bir özelliğe sahiptir. Geliştiricilerin uygulamayı gerçek zamanlı olarak güncelleyerek kodlardaki değişiklikleri hızlı bir biçimde test edebilmesine imkân sağlar. Flutter, Dart programlama dili ile yazılmıştır.

Dart, Google tarafından çapraz platform uygulama geliştirme amacıyla geliştirilen nesne yönelimli bir programlama dilidir. JavaScript’e veya çalıştığı sistemdeki yerel dile çevrilebilmektedir. Dart programlama dili geliştirilirken öğrenilmesinin kolay olması ve bu programlama dili ile uygulama geliştirmenin diğer programlama dillerine göre daha rahat ve hızlı olması amaçlanmıştır.

Flutter ve Dart, kullanıcı geri bildirimlerine göre düzenli olarak güncellemeler almaktadır. Kılavuz dokümantasyon hizmetleri son derece gelişmiş durumdadır. Kendi özelliklerinin ve eklenti özelliklerinin kullanımının daha rahat öğrenilebilmesi adına kendi internet sitesinde başlıklar halinde dokümanlar sunmaktadır. Diğer çapraz platform uygulama geliştirme araçlarının birçoğuna oranla, Flutter’da geliştirilen uygulamalar daha yüksek performansta ve cihaz kaynaklarını daha az tüketerek çalışmaktadır. Kullanıcıları tarafından geliştirilmiş çeşitli amaçlara yönelik üçüncü parti paketleri (eklenti) bünyesinde

barındırmaktadır. Bu paketlerin kullanımı ile uygulama geliştirme daha kolay bir hale gelmektedir.

Tüm bu nedenlerden dolayı bu çalışmada Flutter yazılım geliştirme aracı ve Dart programlama dilinin kullanımı uygun görülmüştür.

Uygulamanın geliştirilmesi için, uygulama geliştirme ortamı olarak Android Studio kullanılacaktır. Yazılan kodların gerçek zamanlı olarak test edilebilmesi için Android Studio'nun sağladığı Android emülatörü kullanılacaktır. Emülatörler herhangi bir teknolojik ortamda, başka bir teknolojik ortamı yazılımsal ve donanımsal olarak taklit edebilen yazılımlardır. Kaynak kodu düzenleyicisi olarak Microsoft Visual Studio Code kullanılacaktır. iOS uygulama geliştirme ortamı ve iOS emülatörü sadece Mac işletim sistemine sahip masaüstü bilgisayarlarda kullanılabilmektedir. Bu nedenle yazılan uygulama iOS ortamında test edilemeyecektir ancak uygulama iOS işletim sisteminde de çalışabilecektir.

Uygulamada kullanılacak Flutter ve Dart eklenti paketleri şu şekildedir;

- **Firestore Core ve Cloud Firestore:** Google tarafından geliştirilen bu eklenti paketi, veri depolama, gerçek zamanlı veri tabanı, kullanıcı doğrulama, barındırma gibi hizmetler sunmaktadır. Bu çalışmada eklentinin gerçek zamanlı veri tabanı modülü bölgesel bazlı patlatma tasarım ve analizi yapabilmek amacıyla kullanılacaktır.
- **Provider:** Provider bir “durum yönetimi” paketidir. Durum yönetimi, uygulamanın durumu, nasıl saklandığı, nasıl erişildiği ve veri aktarımının nasıl yapıldığı ile ilgili bir kavramdır. Bu paket uygulamada patlatma tasarımı sonucu elde edilen sonuçların, analiz sayfalarında ilgili yerlere otomatik olarak iletilmesi amacıyla kullanılacaktır.
- **SyncFusion Flutter PDF:** Bu eklenti nihai patlatma tasarımı ve analiz sonuçlarının kullanıcıya bir rapor halinde verilebilmesi için PDF dosyasının oluşturulması, düzenlenmesi ve güncellenmesi amacıyla kullanılacaktır.
- **SyncFusion Flutter Charts:** Bu eklenti parça boyutu dağılımı analizi sonuçlarının kullanıcıya grafik üzerinde gösterilebilmesi amacıyla kullanılacaktır.

- **Open File:** Bu eklenti oluşturulan PDF dosyasının mobil cihazda görüntülenebilmesi, paylaşılabilmesi ve yazdırılabilmesi amacıyla kullanılacaktır.
- **Easy Localization:** Bu eklenti, Flutter uygulamalarında “yerelleştirme” amacı ile kullanılmaktadır. Geliştirilen uygulamaya farklı dil seçenekleri eklemek amacıyla kullanılacaktır.
- **Google Nav Bar:** Bu eklenti uygulamalara sayfa geçişleri amacıyla alt menü çubuğu (navigasyon çubuğu) eklemektedir. Geliştirilecek uygulamada alt menü çubuğunun özelleştirilebilmesi için bu eklenti kullanılacaktır.

Uygulamada kullanıcıdan seçim yapmasını isteyeceği çeşitli parametrelere karşılık gelecek bazı verilere gereksinim duyulmaktadır. Bu veriler direkt olarak uygulamanın kodları içerisinde tanımlanacak ve/veya veri tabanına eklenerek uygulamaya entegre edilecektir. İhtiyaç duyulduğu belirlenen ve literatür araştırmalarından elde edilen çeşitli veriler aşağıdaki bölümde verilmiştir.

Yer sarsıntısı analizi için uygulamanın veri tabanına eklenecek olan bölgesel bazlı titreşim yayılım denklemi saha sabitleri, Tablo 3.1’de verilmiştir. Gelecek dönemlerde uygulamanın veri tabanına eklenecek verilerin sayısının artırılması ile benzer bölgelerde, benzer kaya birimlerinde patlatma tasarımı yapmak isteyen patlatma planlayıcılarına yeterli sayıda atım yapıp, bu atımlardan alacakları titreşim ölçüm değerlerine göre sahalarının PPV yayılım denklem sabiti değerlerini bulana kadar daha güvenli tasarım yapabilmelerinin sağlanması amaçlanmaktadır.

Tablo 3.1: Uygulama veri tabanına eklenecek PPV yayılım denklem sabitleri (Karadoğan, 2008)

Patlatma Çalışmalarının İzlendiği Sahalar	Kaya Birimi	Atım Sayısı	Titreşim Ölçümü Alınan Kayıt Sayısı	%50 Ortalama Tahmin Denklemi Saha Sabitleri		
				K	ß	r
İstanbul-Çatalca Sarıkayatepe Taş Ocağı	Kireçtaşı	73	73	340	1,79	0,93
Bursa-Mudanya Kayabaşı Taş Ocağı	Kireçtaşı	6	5	2115	1,99	0,83
Afyon-Merkez Halımoru Taş Ocağı	Kireçtaşı	5	11	696	1,79	0,89
Balıkesir-Karesi Naıpli Taş Ocağı	Kireçtaşı	5	20	1190	2,21	0,79
İstanbul-Beylerbeyi Küçükusu Atıksu Tünel İnşaatı	Kireçtaşı	139	461	978	1,45	0,67
İstanbul-Çatalca Akyol Taş Ocağı	Kireçtaşı	715	754	564	1,41	0,81
Kütahya-Hisarcık Açık Ocağı	Kireçtaşı	1361	1361	839	1,52	0,80
Kütahya-Emet Espey Açık Ocağı	Kireçtaşı	13	38	294	1,45	0,71
İstanbul-Çatalca Beta Taş Ocağı	Kireçtaşı	4	32	2874	1,99	0,89
İstanbul-Cebeci Taş Ocakları	Kireçtaşı	35	35	78	1,01	0,81
İstanbul-Çatalca Artaş Taş Ocağı	Kireçtaşı	4	7	59	1,20	0,83
İstanbul-Beykoz Kavacık Atıksu Tüneli	Kireçtaşı	33	21	46	1,06	0,64
İstanbul-Sarıyer Çimento Taş Ocağı	Kumtaşı	2	12	91	1,11	0,91
İstanbul-Kemerburgaz Öztaş Taş Ocağı	Kumtaşı	6	31	87	1,00	0,75
İstanbul-Kağıthane Piyalepaşa Tünelleri İnşaatı	Grovak + Silttaş	126	250	890	1,38	0,71
İstanbul-Sarıyer Akdağlar Taş Ocağı	Grovak	33	33	113	1,15	0,89
Çanakkale-Çan T.K.İ. Açık Ocağı	Marn + Kil + Kömür	79	300	408	1,34	0,89
Kocaeli-Gebze Altyapı Kazısı	Granit	149	149	92	1,19	0,79

Hava şoku analizi için uygulamanın veri tabanına eklenecek olan ve patlatma türüne karşılık gelen hava şoku tahmin formülleri sabitleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2: Farklı madencilik türleri ve patlatma yapılan işkolları için geçerli hava şoku tahmin formülleri (ÇSB, 2018).

Patlatma Türü	Metrik Formül, mbar	Güvenilirlik Derecesi
Açıkta Patlatma (Hapsedilmemiş)	$P = 3589 * SD^{-1,38}$	En iyi uyum
Kömür Madeni (Arakesme Patlatması)	$P = 2596 * SD^{-1,62}$	En iyi uyum
Kömür Madeni (Şev Öteleme)	$P = 5,37 * SD^{-0,79}$	En iyi uyum
Taş Ocağı Basamak Patlatması	$P = 37,1 * SD^{-0,97}$	En iyi uyum
Metal Madeni	$P = 14,3 * SD^{-0,71}$	En iyi uyum
İnşaat (Ortalama)	$P = 24,8 * SD^{-1,1}$	En iyi uyum
İnşaat (İyi Hapsedilmiş)	$P = 2,48 * SD^{-1,1}$	En iyi uyum
Gömülü (Tam Hapsetme)	$P = 1,73 * SD^{-0,96}$	En iyi uyum

Uygulamanın basamak patlatması tasarımı aşamasında, patlayıcı bilgileri menülerinde kullanılacak olan ve çeşitli patlayıcı üretici firmalarının ürün tanıtım kataloglarından alınan patlayıcı madde cinsi, ticari adı ve yoğunluğu bilgileri Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3: Patlayıcı firmalarının katalog verilerine göre çeşitli patlayıcıların yoğunluk değerleri

Firma Adı	Patlayıcı Türü	Ürün Adı	Yoğunluk (gr/cm ³)	Kaynak
Orica-Nitro	ANFO	EXAN(ANFO)	0,78-0,81	SFC Nitro Patlayıcı Maddeler Ltd.Şti.
Orica-Nitro	Emülsiyon	Powergel Super 600	1,24	
Orica-Nitro	Emülsiyon	Powergel Super 650	1,25	
Orica-Nitro	Emülsiyon	Powergel Super 750	1,25	
Orica-Nitro	Emülsiyon	Powergel Super 1000	1,23	
Orica-Nitro	Emülsiyon	Poweran	0,51	
Orica-Nitro	Emülsiyon	Magnum 365	1,20	
Nitromak Dyno-Nobel	ANFO	ANFONİT	0,77-0,82	Nitromak Dnx Kimya Sanayi A.Ş.
Nitromak Dyno-Nobel	Emülsiyon	Nobelex 6000	1,22-1,28	
Nitromak Dyno-Nobel	Emülsiyon	Nobelex 8000	1,22-1,24	
Nitromak Dyno-Nobel	Emülsiyon	Nobelex	1,18-1,22	
Nitromak Dyno-Nobel	Emülsiyon	Powermite	1,10-1,20	
KAPEKS	ANFO	Kapeks-ANFO	0,80	KAPEKS
KAPEKS	Emülsiyon	Kapeks-100	1,23	
KAPEKS	Emülsiyon	Kapeks-600	1,24	
KAPEKS	Emülsiyon	Kapeks-650	1,26	
KAPEKS	Emülsiyon	Kapeks-750	1,26	
KAPEKS	Emülsiyon	Kapeks Nova 55	1,14-1,16	
KAPEKS	Emülsiyon	Kapeks Nova 65	1,16-1,18	
KAPEKS	Emülsiyon	Kapeks Nova 70	1,18-1,20	
KAPEKS	Emülsiyon	Kapeks Nova 80	1,16-1,18	
SOLAR	ANFO	Solar-ANFO	0,78-0,81	Solar Patlayıcı Madde Sanayi A.Ş.
SOLAR	Emülsiyon	Superpower 90	1,20 +- 0,5	
SOLAR	Emülsiyon	Solargel-E	1,20 +- 0,5	
Kırlioğlu	ANFO	ANFOEX	0,75-0,80	Kırlioğlu Kimya Sanayi ve Ticaret A.Ş.
Kırlioğlu	Emülsiyon	Dynex 100	1,10-1,20	
Kırlioğlu	Emülsiyon	Dynex 6000	1,20-1,30	
Kırlioğlu	Emülsiyon	Dynex Gold	1,10-1,20	
MKE	Jelatinit Dinamit	MKE Jelatin Dinamit	1,50 +- 0,1	Akgün Patlayıcı Mad. San. ve Tic. Ltd. Şti.

Geliştirilen uygulamanın tasarım ve analiz aşamalarındaki doğruluğunun test edilebilmesi için patlatma tasarımı, çevresel etki analizi ve parça boyut dağılımı analizi atım öncesi planlanmış, atım sonrası çevresel etki ölçümleri ve parça boyut dağılım ölçümleri yapılmış saha verilerine ihtiyaç olacaktır. Bu amaçla Özyurt ve diğ. (2024) tarafından yapılan çalışmadan alınan Trakya bölgesindeki bir taş ocağının patlatmalı kazı planlama ve ölçüm sonuçları kullanılacaktır. Çalışmadan alınan örnek sahaya ait veriler aşağıda verilmiştir.

Tablo 3.4'te örnek sahada yapılacak patlatmaya ait tasarım verileri ve kayaç-saha bilgileri yer almaktadır.

Tablo 3.4: Örnek sahada uygulanan patlatma tasarımı ve sahaya ait veriler (Özyurt ve diğ., 2024).

Parametre	Değer	Birim
<i>Patern Bilgileri</i>		
Basamak Yüksekliği	8	m
Delik Çapı	89	mm
Delik Boyu	10	m
Dip Delgi	2,0	m
Dilim Kalınlığı	2,7	m
Sıralar Arası Mesafe	2,7	m
Delik Adedi	40	adet
Özgül Delme	0,17	m/m ³
Şarj Konsantrasyonu	4,97	kg/m
Bir Delikteki Dinamit Miktarı	1	kg
Bir Delikteki ANFO Miktarı	37,275	kg
Bir Delikteki Emülsiyon Miktarı	0	kg
Bir Delikteki Toplam Patlayıcı Miktarı	38,275	kg
Toplam Patlayıcı Miktarı	1491	kg
Şarj Boyu	7,5	m
Sıkılama Boyu	2,5	m
Çakışan Delik Adedi	2	adet
Gecikme Başı Şarj Miktarı	76,55	kg
Özgül Şarj	0,47	kg/m ³
Patlayıcı Yoğunluğu	0,8	g/cm ³
Delik İçi Gecikme	500	ms
Sıra Gecikmesi	42	ms
Yüzey Gecikmesi	25	ms
<i>Kayaç - Saha Bilgileri</i>		
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	47,63	MPa
Süreksizlik Aralığı	1,70	m
Yoğunluk	2,497	g/cm ³

Tablo 3.5’te atım sonrası örnek saha ölçülen patlatma kaynaklı çevresel etki değerlendirmesi sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.5: Örnek sahada atım sonucu ölçülen çevresel etki değerlendirmesi sonuçları (Özyurt ve diğ., 2024).

Parametre	Değer	Birim
Ölçüm Cihazı: Instantel BE10709		
Maksimum Parçacık Hızı	1,397	mm/s
Frekans	12,80	Hertz
Hava Şoku	126,60	dB
Mesafe	149	m
Ölçekli Mesafe	17,02	m

Karadoğan (2008) tarafından yapılan 73 adet atım kaydından alınan titreşim yayılım denklemi sabitleri, Tablo 3.1’de “Çatalca Sarıkayatepe Taş Ocağı” olarak verilmiştir. Uygulamaya girilecek titreşim yayılım denklemi sabitleri olarak, bu değerler referans alınacaktır.

$$PPV = 340 * SD^{-1,790} \quad (3.1)$$

Tablo 3.2’de verilen taş ocağı basamak patlatmaları ile uyumlu hava basıncı yayılım denklemi sabitleri, uygulamada yapılacak örnek hava şoku analiz tahmininde referans alınacaktır.

$$P = 37,10 * SD^{-0,97} \quad (3.2)$$

Sahada gerçekleştirilen atımın videosu, Kinovea uygulaması kullanılarak analiz edilmiştir. Basamak yüksekliği (8 metre) referans alınarak yapılan incelemede, atımdan fırlayan kayaç parçalarının video çekim açısının görünen kısmında yatay yönde en fazla yaklaşık olarak 20 metre mesafeye eriştiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu kayaç parçaları, videonun görünmeyen kısmında serbest hareketine devam edecektir ve serbest hareketi sonlandıktan sonra da bir miktar da yerde sürüklenmeye devam edecektir. En yüksek kayaç savrulma mesafenin, 30 metre civarlarında olduğu tahmin edilmektedir. Atımın videosunda uygulanan analiz Şekil 3.3’te verilmiştir.



Şekil 3.3: Örnek saha kayaç savrulma mesafesi analizi

Araştırmacılar tarafından atım sonucu oluşan yığının fotoğraflarının görüntü işleme yazılımında işlenmesi ile yığının parça boyut dağılımı belirlenmiştir. Bu analizin sonuçları Tablo 3.6’da verilmiştir.

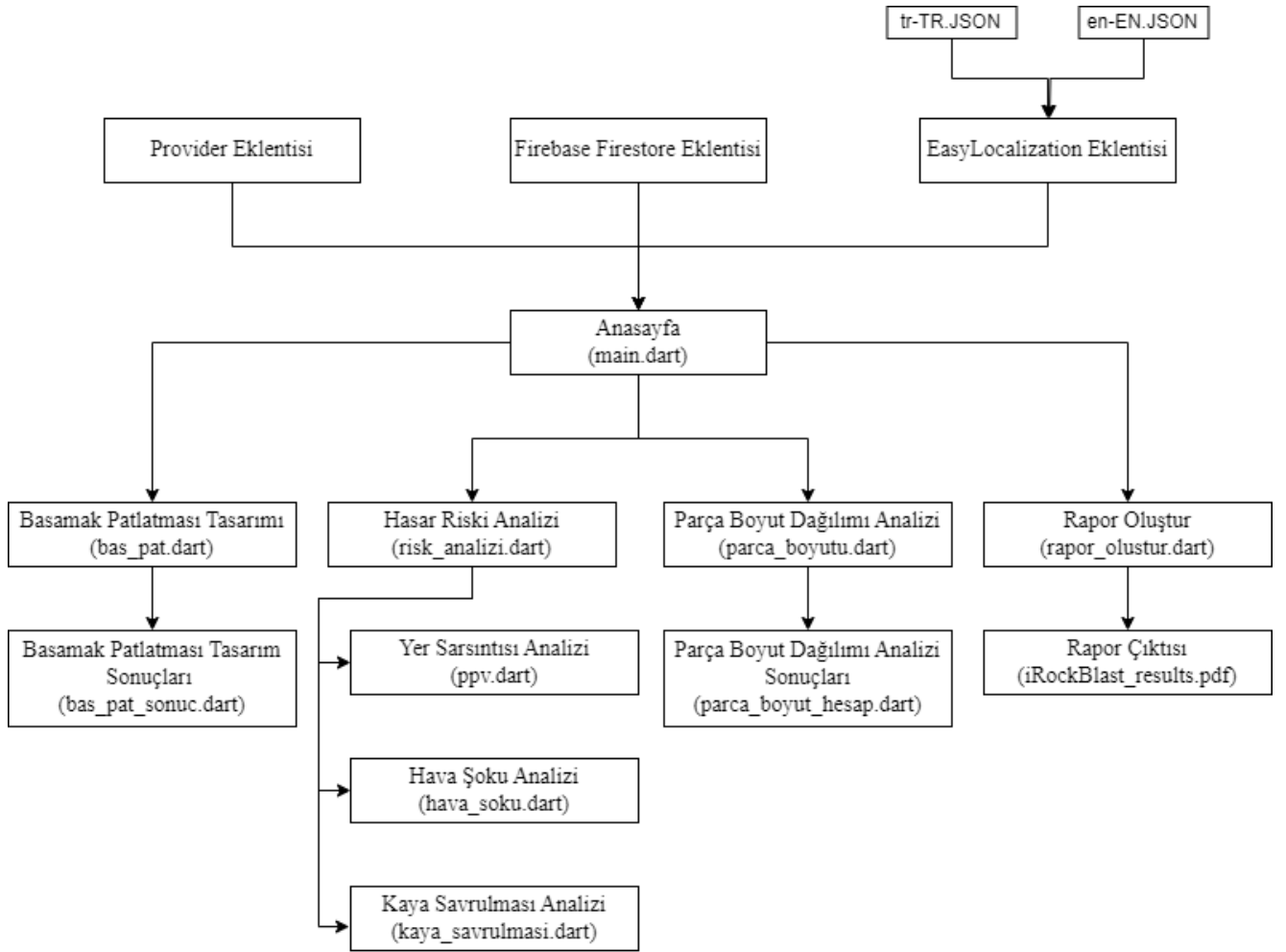
Tablo 3.6: Örnek sahada atım sonrası oluşan yığının tane boyutu dağılımı (Özyurt ve diğ., 2024).

Parametre	Değer	Birim
P ₂₀	118,33	mm
P ₅₀	227,01	mm
P ₈₀	354,01	mm
En Büyük Parça Boyutu	657,59	mm

4. BULGULAR

“iRockBlast” uygulaması Dart yazılım dili ile Flutter yazılım geliştirme aracı kullanılarak geliştirilmiştir. Uygulama güncel olarak 12 eklenti, 12 kod sayfası, 2 dil çeviri dosyası ve toplamda 6209 satır kod ile çalışmaktadır.

Uygulamanın mevcut sayfaları ve alt-üst ilişkileri Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1: iRockBlast uygulaması genel sayfa yerleşim şeması

Uygulama Anasayfa (main.dart) sayfasındaki kodlar ile başlatılmaktadır. Hesaplamalar sonucu elde edilen verilerin, kendisinden sonra gelecek sayfalarda ilgili yerlere taşınması için kullanılan Provider eklentisi, bölgesel bazlı sayısal verilerin kullanıcı seçimine göre ilgili alana yerleştirilmesi amacıyla kullanılan veri tabanının uygulamaya dahil edilebilmesi için kullanılan Firebase Firestore veri tabanı eklentisi ve uygulamaya farklı dil seçeneklerinin eklenebilmesi amacıyla kullanılan EasyLocalization eklentisi main.dart içerisinde programın başlangıç komutunun tetiklenmesi ile başlatılmaktadır.

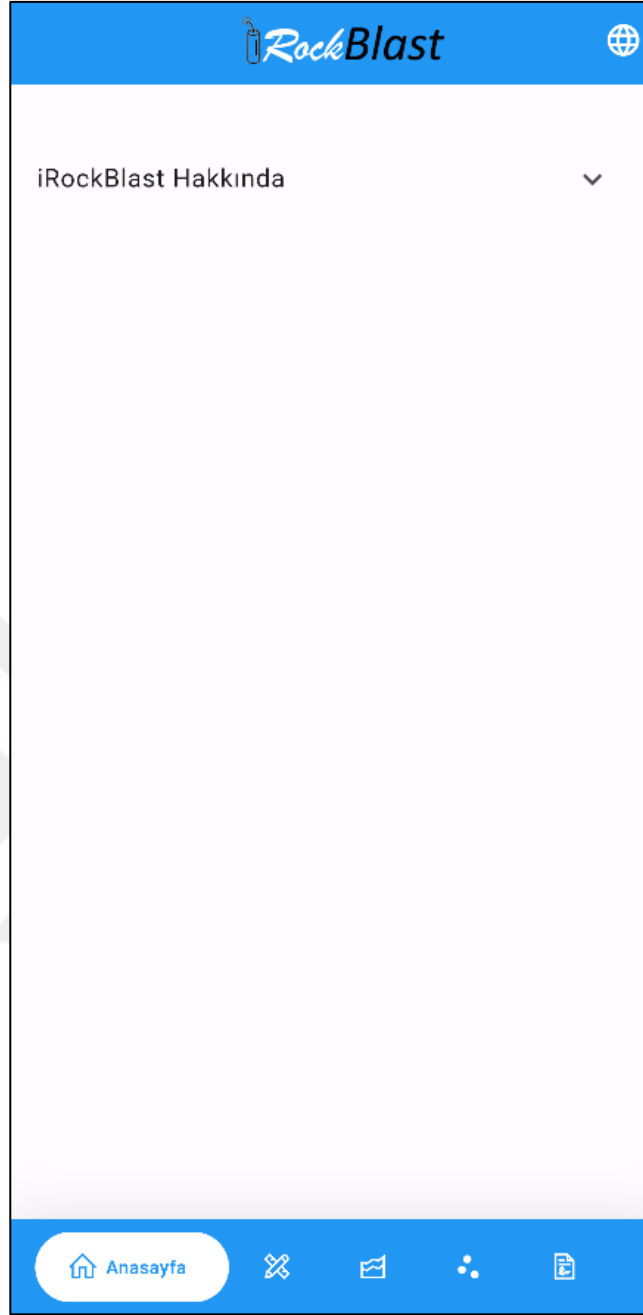
EasyLocalization, uygulama içerisinde yer alan “tr-TR.JSON” ve “en-EN.JSON” dosyalarını referans alarak, bu dosyalar içerisinde yer alan anahtar kelimelere karşılık gelen Türkçe ve İngilizce kelimelerin/cümlelerin tanımlanması sayesinde uygulama içerisinde çalışma dilinin değiştirilebilmesine imkân sağlamaktadır. Anahtar kelime, kullanıcı arayüz tasarımına eklenen metinsel ifadelerin yerini almaktadır. Bu anahtar ifadelerin sonlarına ‘.tr’ fonksiyonunun eklenmesi ile dil seçim menüsünde kullanıcı tarafından bir değişiklik yapıldığında kullanıcıya gösterilen kelimelerin dili değiştirilmektedir.

iRockBlast uygulamasının ana sayfasında; uygulama tema tasarım kodları, diğer sayfalara geçiş işlemleri için gerekli kodlar (alt navigasyon çubuğu) ve kullanılan eklenti paketlerinin tanımlamaları yapılmaktadır.

Anasayfa (main.dart) oluşturulduktan sonra programın ana amaçları olan basamak patlatması tasarımı, hasar riski analizi, parçalanma tane boyutu analizi ve elde edilen tüm sonuçların bir raporda toplanabilmesi görevlerinin yerine getirilmesi için diğer sayfalar oluşturulmuştur. Bu sayfaların algoritmaları, çalışma mantıkları ve çıktıları aşağıda alt başlıklar halinde verilmiştir.

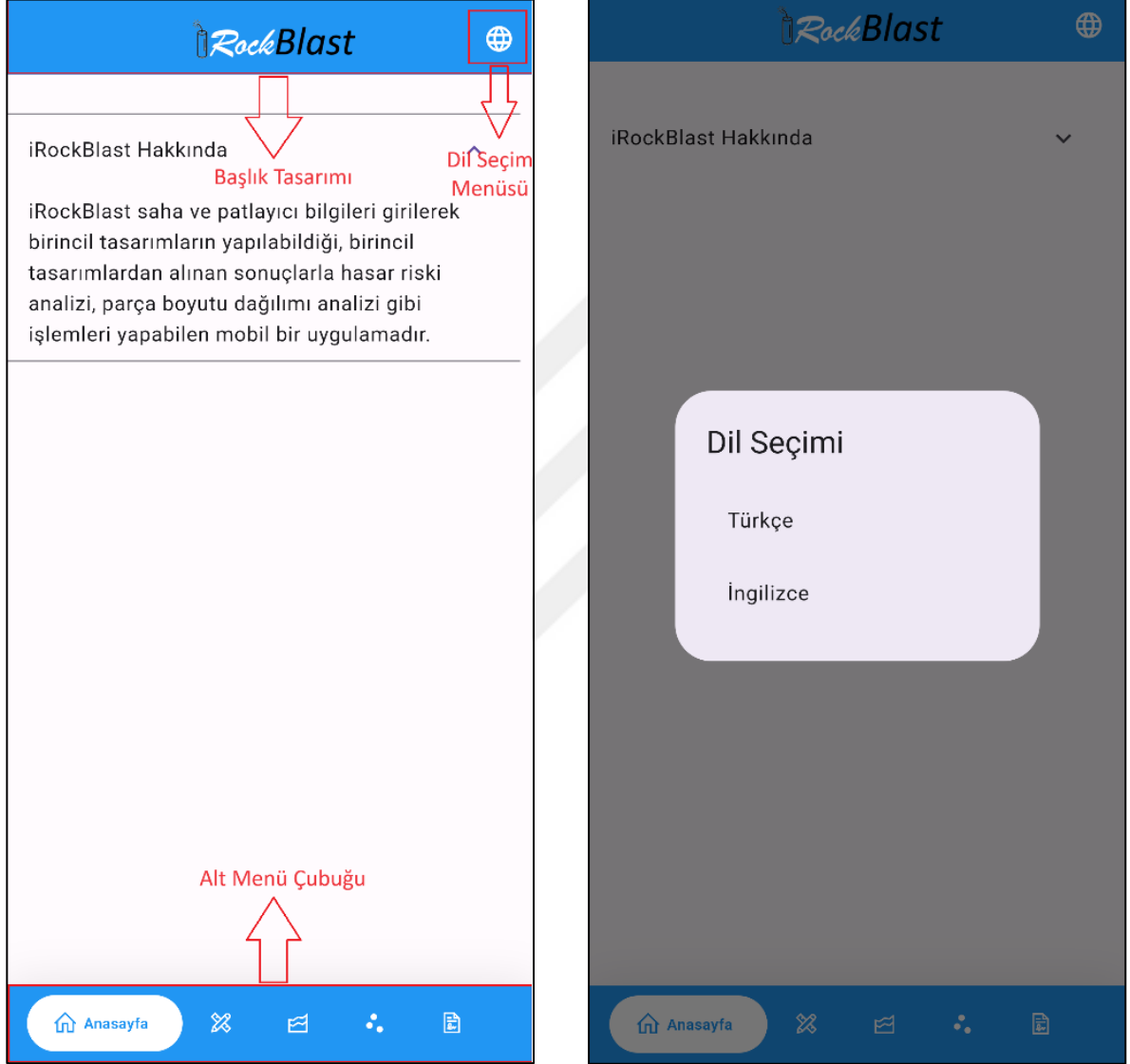
4.1. ANASAYFA (main.dart) SAYFASI

Anasayfa; uygulamanın başlatıldığı, uygulamanın amaçlarını yerine getirebilmesine yönelik eklenti paketlerinin ihtiyaç duyduğu kurulum kodlarının tanımlandığı, diğer sayfalara geçiş işlemlerinin tanımlandığı, uygulamanın çalışma dilinin seçiminin yapıldığı uygulamanın çekirdek sayfasıdır. Bu sayfanın ekran görüntüsü Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2: Anasayfa ekran görüntüsü

Kullanıcı arayüzünün en üst kısmında uygulama başlık tasarımı yer almaktadır. En alt kısımda sayfalar arası geçişleri sağlayan alt navigasyon çubuğu yer almaktadır. Başlık kısmının en sağında uygulama dilini değiştirmek için kullanılan ikon bulunmaktadır. Bu ikonun kullanıcı tarafından tetiklenmesi sonucu ekrana gelen menüden dil seçimi yapılmaktadır. iRockBlast uygulaması Türkçe ve İngilizce dil seçeneklerine sahiptir. Uygulamanın basit tanıtım metni de anasayfada yer almaktadır. Dil seçim menüsünün ekran görüntüsü Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3: Anasayfa dil seçim menüsü ekran görüntüsü

4.2. BASAMAK PATLATMASI TASARIMI ve BASAMAK PATLATMASI TASARIMI SONUÇ SAYFALARI

Basamak patlatması tasarımı sayfası, Olofsson patlatma tasarımı modeline dayalı olarak basamak geometrisi ve patlatma paterninin belirlenmesine yönelik olarak tasarlanmış olup, bu konularda gerekli işlevleri yerine getiren kodları içermektedir. Bu sayfanın kodları bas_pat.dart isimli dosyada yer almaktadır. Bu sayfada kullanıcının girdiği parametre değerlerinden elde edilen hesaplama sonuçları, basamak patlatması tasarımı sonuç sayfasına iletilmektedir.

Basamak patlatması tasarımı sonuç sayfası, üst sayfadan gelen verilere bağımlı olarak bir alt sayfa şeklinde çalışmaktadır. İlgili sonuçların kullanıcıya tablo halinde gösterilmesini sağlamaktadır. Bu sayfanın oluşturulmasında kullanılan kodlar bas_pat_sonuc.dart dosyasında yer almaktadır.

Bu sayfaların ayrıntılı bilgileri aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

4.2.1. Basamak Patlatması Tasarımı (bas_pat.dart) Sayfası

Basamak patlatması tasarımı sayfasında kullanıcıdan “Atım Bilgileri, Patlayıcı Bilgileri ve Gecikme Bilgileri” açılır menüleri altında yer alan parametrelere veri girişi yapması istenmektedir. Bu parametrelere ait veriler giriş kutuları veya çoklu seçim kutuları kullanılarak kullanıcıdan alınmaktadır. Kullanıcıdan istenen parametreler, giriş türleri ve veri tipleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tabloda yer alan double veri tipi ondalıklı sayılar, String veri tipi metinsel ifadeler, Map yapısı ise kullanıcının çoklu seçim kutusunda String veri türünde seçim yaptığı parametre değerlerinin uygulama algoritmasında sayısal bir veri tipine karşılık gelmesi anlamına gelmektedir.

Tablo 4.1: Basamak patlatması tasarımı sayfasında kullanıcıdan istenen parametreler

Parametre	Giriş Türü	Birim	Veri Tipi	Açıklama
Atım Bilgileri Açılır Menüsü				
Delik Çapı	Giriş Kutusu	mm	double	Tablo 2.1
Delik Eğimi	Çoklu Seçim Kutusu	°	Map	
Basamak Yüksekliği	Giriş Kutusu	m	double	
Atım Uzunluğu	Giriş Kutusu	m	double	
Atım Genişliği	Giriş Kutusu	m	double	Tablo 2.2
Kayaç Türü	Çoklu Seçim Kutusu		Map	
Patlayıcı Bilgileri Açılır Menüsü				
Patlatma Kademe Sayısı	Çoklu Seçim Kutusu		String	Tablo 3.3
Patlayıcı Şarj Türü	Çoklu Seçim Kutusu		String	
Yemleyici Patlayıcı Türü	Çoklu Seçim Kutusu		String	
Yemleyici Patlayıcı Miktarı	Giriş Kutusu	kg	double	
Delik İçi Kapsül Gecikme Süresi	Giriş Kutusu	ms	double	Tablo 3.3
Ara Kapsül Gecikme Süresi	Giriş Kutusu	ms	double	
Ara Sıkılama Boyu	Çoklu Seçim Kutusu	m	Map	
Dip Şarj Patlayıcı Modeli	Çoklu Seçim Kutusu		String	
Dip Şarj Patlayıcı Türü	Çoklu Seçim Kutusu		Map	Tablo 3.3
Dip Şarj Patlayıcı Yoğunluğu	Giriş Kutusu	g/cm ³	double	Tablo 3.3
Kolon Şarj Patlayıcı Modeli	Çoklu Seçim Kutusu		String	
Kolon Şarj Patlayıcı Türü	Çoklu Seçim Kutusu		Map	Tablo 3.3
Kolon Şarj Patlayıcı Yoğunluğu	Giriş Kutusu	g/cm ³	double	
Gecikme Bilgileri Açılır Menüsü				
Kayaç Faktörü	Çoklu Seçim Kutusu		Map	Tablo 2.5
Atım Sonrası İstenen Sonuçlar	Çoklu Seçim Kutusu		Map	Tablo 2.6

Kullanıcıdan istenen delik çapı, basamak yüksekliği, atım uzunluğu, atım genişliği, yemleyici patlayıcı miktarı, dip şarj patlayıcı yoğunluğu, kolon şarj patlayıcı yoğunluğu, delik içi kapsül gecikme süresi, ara kapsül gecikme süresi parametreleri kullanıcı tarafından elle metin kutularına girilmektedir.

Kullanıcıdan istenen delik eğimi, kayaç türü, patlatma kademe sayısı, patlayıcı şarj türü, yemleyici patlayıcı türü, ara sıkılama boyu, dip şarj patlayıcı modeli, dip şarj patlayıcı türü, kolon şarj patlayıcı modeli, kolon şarj patlayıcı türü, kayaç faktörü, atım sonrası istenen sonuçlar parametreleri çoklu seçim kutusu şeklindedir. Kullanıcı her bir parametre için uygulamaya tanımlanan seçilebilir değerlerin seçimini yapmaktadır.

Tablo 4.1 ve daha sonraki tablolarda yer alan Map veri tipinde, kullanıcı çoklu seçim kutusundan tablonun açıklamasında belirtilen kaynak tablolarda yer alan String (metinsel ifade) seçimini yapmakta, buna karşılık gelen sayısal ifade ise program içerisinde ilgili değişkene atanmaktadır.

Basamak patlatması tasarımı sırasında patlatma deliklerindeki su durumuna göre esnek patlatma tasarımı yapabilmesi adına kullanıcıya kolon ve dip şarj seçeneklerinin ve bu şarjlarda kullanılacak patlayıcı maddenin seçiminin imkân tanınmaktadır. Ülkemizde yaygın olarak bulunan patlayıcıların yoğunluk değeri uygulama içinde tanımlanmıştır (Tablo 3.3). Patlayıcı maddenin seçilmesi ile bu patlayıcının yoğunluk değeri uygun alana yazılmaktadır. Yoğunluk değeri kullanıcı tarafından tanımlı patlayıcı maddeler seçilmeden elle de girilebilmektedir. Delik başına uygulanan şarj miktarının, çevresel etkiler bakımından sınır değerleri aşması durumunda ise bir patlatma deliğinde iki yemleme ile çift kademeli patlatma tasarımının yapılabilmesi sağlanmaktadır.

Ara sıkılama boyu, ara kapsül gecikme süresi gibi parametreler sadece çift kademeli patlatma seçili ise kullanıcıya gösterilmektedir.

Parametre giriş alanlarının en altında “Varsayılan”, “Sil” ve “Hesapla” adında üç adet buton bulunmaktadır.

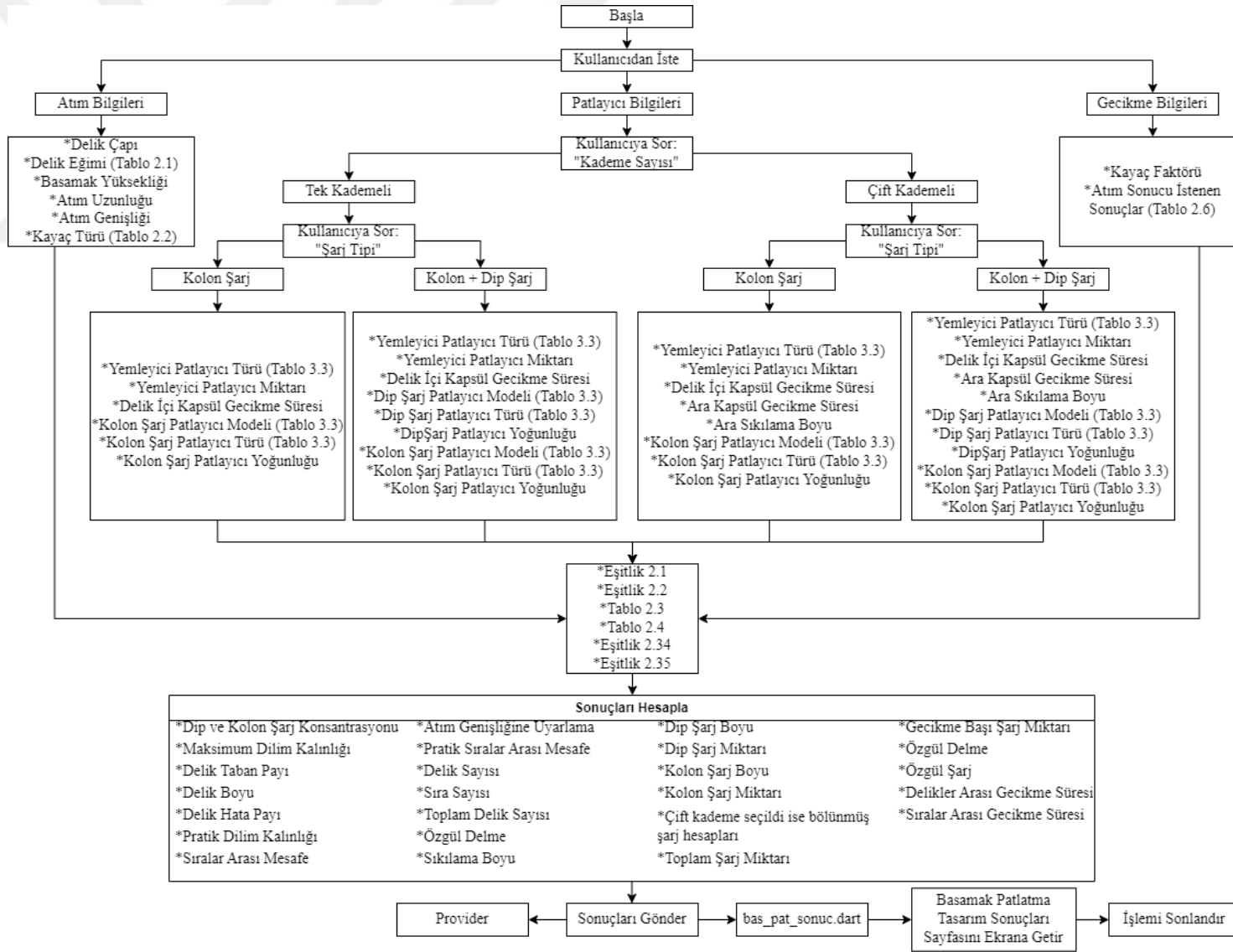
- ***Varsayılan*** butonun tetiklenmesi ile ilgili kutucuklara kullanıcıya yol gösterebilmek amacıyla sayfa kodlarında önceden tanımlanmış parametre değerleri otomatik olarak atanmaktadır.
- ***Sil*** butonunun tetiklenmesi ile kullanıcı tarafından doldurulmuş olan giriş alanlarının içerisinde yer alan değerler silinmektedir.
- ***Hesapla*** butonunun tetiklenmesi ile seçilen kolon veya dip şarj patlayıcı türü üzerinden (ANFO, Emülsiyon Tip veya Jelatinit Dinamit) seçilen patlayıcıya karşılık gelen eşitlik (Eşitlik 2.1) kullanılarak azami yük mesafesi hesaplanmakta, Eşitlik 2.2, Çizelge 2.3 ve çift kademeli patlatma seçildi ise Çizelge 2.4 kullanılarak Olofsson patlatma tasarım modeli ile basamak patlatması tasarımı yapıldıktan sonra Eşitlik 2.34, Eşitlik 2.35, Çizelge 2.5, ve Çizelge 2.6 kullanılarak delikler ve sıralar arası gecikme süreleri hesaplanmaktadır. Hesap sonuçları Provider eklentisi üzerinden main.dart’a iletilmekte, buradan ise hesap sonuçlarının hasar riski analizi ve parçalanma tane boyutu analizi sayfalarında ilgili parametrelere değer olarak atanması sağlanmaktadır. Ayrıca yine Hesapla butonunun tetiklenmesi ile elde edilen sonuçlar, bas_pat_sonuc.dart dosyasına gönderilerek, basamak patlatma tasarım sonuçlarının kullanıcıya tablo halinde gösterilmesini sağlamaktadır.

Zorunlu olan parametre değerlerinin girilmemesi, girilen değerlerin gerekli aralıkların dışında olması durumunda kullanıcıya bir hata mesajı gösterilmektedir.

Hesaplamanın başarılı veya başarısız olma durumları SnackBar kullanılarak kullanıcıya bildirilmektedir.

Basamak patlatması tasarımı sayfasının ekran görüntüsü Şekil 4.4'te, algoritması Şekil 4.5'te verilmiştir.

Şekil 4.4: Basamak patlatması tasarımı sayfası ekran görüntüsü



Şekil 4.5: Basamak patlatması tasarımı sayfası algoritması

4.2.2. Basamak Patlatması Tasarımı Sonuç (bas_pat_sonuc.dart) Sayfası

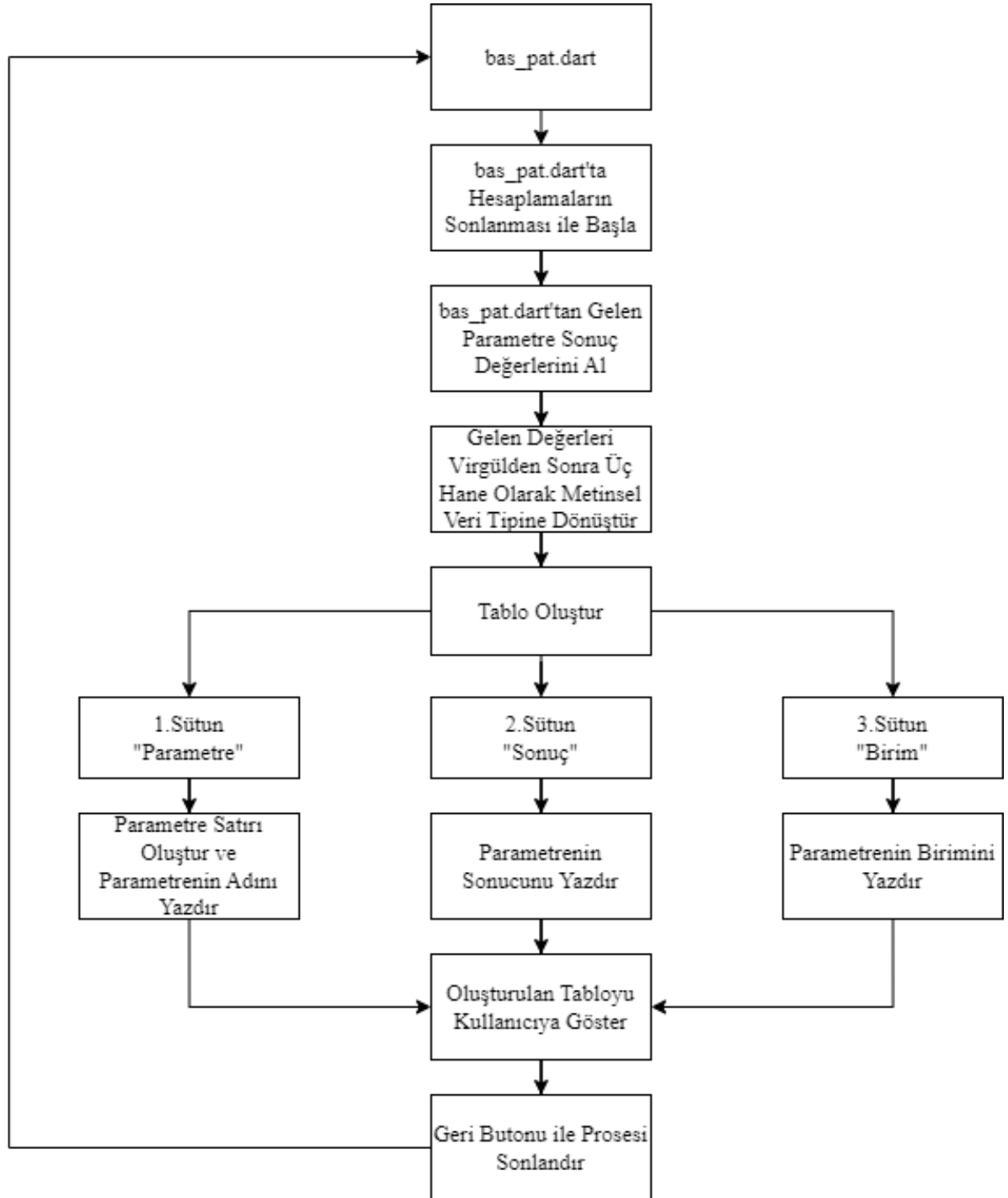
Basamak patlatması tasarımı sayfasında kullanıcının istenen parametre verilerini girip “Hesapla” butonunu tetiklemesi ile Şekil 4.4’te verilen algoritma kullanılarak hesaplamalar yapılmaktadır. Bu işlemin tamamlanmasının ardından bas_pat_sonuc.dart dosyasındaki kodlar çalışmaya başlamaktadır.

Üst sayfadan bu sayfaya gelen sayısal veriler, virgülden sonra üç hane alınarak metin formatına çevrilmektedir.

Sayfa içerisinde “Parametre”, “Birim” ve “Sonuç” adında üç sütun oluşturulmakta, sütunların altlarına gelecek veriler satırlar halinde eklenerek bir tablo hazırlamakta ve bu tabloyu kullanıcıya göstermektedir. Bu tabloda kullanıcıya gösterilen parametreler sırası ile delik çapı, delik eğimi, basamak yüksekliği, atım uzunluğu, atım genişliği, azami dilim kalınlığı, delik taban payı, delik boyu, delgi hata payı, pratik dilim kalınlığı, sıralar arası mesafe, delik sayısı, sıra sayısı, toplam delik sayısı, patlatma kademe sayısı, patlayıcı şarj tipi, sıkılama boyu, dip şarj konsantrasyonu, boyu ve miktarı, kolon şarj konsantrasyonu, boyu ve miktarı, yemleyici patlayıcı miktarı, toplam şarj boyu, toplam şarj miktarı, gecikme başı en yüksek şarj miktarı, özgül delme, özgül şarj, delik içi kapsül gecikmesi, ara kapsül gecikmesi, delikler arası gecikme süresi ve sıralar arası gecikme süresidir.

Kullanıcı geri butonunu tetikleyerek sonuç sayfasından çıkmakta, basamak patlatma tasarımı sayfasına geri dönmektedir.

Basamak patlatması tasarımı sonuç sayfasının algoritması Şekil 4.6’da, ekran görüntüsü Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.6: Basamak patlatması tasarımı sonuç sayfası algoritması

← 		
Basamak Patlatması Hesap Sonuçları		
Parametre	Sonuç	Birim
Delik Çapı	89	mm
Delik Eğimi	90	°
Basamak Yüksekliği	12.000	m
Atım Uzunluğu	60.000	m
Atım Genişliği	15.000	m
Maks. Dilim Kalınlığı	3.294	m
Delik Taban Payı	0.988	m
Delik Boyu	12.988	m
Delik Hata Payı	0.479	m
Pratik Dilim Kalınlığı	2.815	m
Sıralar Arası Mesafe	3.519	m
Delik Sayısı	19	adet
Sıra Sayısı	7	adet
Toplam Delik Sayısı	133	adet
Patlatma Kademe Türü	Tek kademeli	
Patlayıcı Şarj Tipi	Kolon	
Sıkılama Boyu	2.815	m
Ara Sıkılama Boyu	0.000	m
Dip Şarj Konsantrasyonu	0.000	kg/m
Dip Şarj Boyu	0.000	m
Dip Şarj Miktarı	0.000	kg
Kolon Şarj Konsantrasyonu	4.915	kg/m
Kolon Şarj Boyu	10.173	m
Kolon Şarj Miktarı	49.997	kg
Yemleyici Patlayıcı Miktarı	0.500	kg
Toplam Şarj Boyu	10.173	m
Toplam Şarj Miktarı	50.497	kg
Gecikme Başı Maksimum Şarj	50.497	kg
Özgül Delme	0.109	m/m ³
Özgül Şarj	0.425	kg/m ³
Delik İçi Kapsül Gecikme	500	ms
Ara Kapsül Gecikme	475	ms
Delikler Arası Gecikme Süresi	25	ms
Sıralar Arası Gecikme Süresi	17	ms

Şekil 4.7: Basamak patlatması tasarımı sonuç sayfası ekran görüntüsü

4.3. HASAR RİSKİ ANALİZİ (risk_analizi.dart) SAYFASI

Hasar riski analizi sayfası, patlatmadan kaynaklı çevresel etki seviyelerinin atım öncesi tahmin edilebilmesi, bu analizlerden elde edilen verilerden yola çıkılarak birincil patlatma tasarımının kullanıcı tarafından yenilenebilmesi ve patlatmadan kaynaklı çevresel etkilerin en aza indirgenebilmesi için patlatmadan sorumlu kişilere yol gösterebilecek araçların uygulamaya eklenmesi amacıyla tasarlanmıştır. Bu sayfada “Yer Titreşimi Analizi”, “Kaya Savrulması Analizi” ve “Hava Şoku Analizi” olmak üzere üç alt sayfa bulunmaktadır. Bu sayfanın çalıştırılması için geliştirilen kodlar risk_analizi.dart dosyasında yer almaktadır.

risk_analizi.dart dosyası, kullanıcı arayüzü kodlarını içermektedir. Kullanıcının bu üç alt sayfa arasında geçiş yapabilmesi bu kodlarla sağlanmaktadır. Sayfa geçişleri alt navigasyon çubuğu yardımıyla Google Nav Bar eklentisi kullanılarak yapılmaktadır. Bu sayfanın ekran görüntüsü Şekil 4.8’de verilmiştir.

Şekil 4.8: Hasar riski analizi sayfası ekran görüntüsü

4.3.1. Yer Sarsıntısı Analizi (ppv.dart) Sayfası

Yer sarsıntısı analizi sayfası; girilen maksimum parçacık hızı değerine göre gecikme başı maksimum şarj miktarı sonucunun, girilen gecikme başı maksimum şarj miktarı değerine göre ise maksimum parçacık hızı sonucunun hesaplandığı sayfadır. ppv.dart dosyasındaki kodlarla çalışmaktadır. Bu sayfada kullanıcıdan istenen parametreler, giriş türleri ve veri tipleri Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2: Yer sarsıntısı analizi sayfasında kullanıcıdan istenen parametreler

Parametre	Giriş Türü	Birim	Veri Tipi	Açıklama
Maksimum Parçacık Hızı	Giriş Kutusu	mm/sn	double	
Gecikme Başı Maksimum Şarj	Giriş Kutusu	kg	double	
Mesafe	Giriş Kutusu	m	double	
İl	Çoklu Seçim Kutusu		Map	Tablo 3.1
İlçe	Çoklu Seçim Kutusu		Map	Tablo 3.1
Kayaç Türü	Çoklu Seçim Kutusu		Map	Tablo 3.1
Saha İletim Sabiti	Giriş Kutusu		double	
Saha Jeolojik Sabiti	Giriş Kutusu		double	

Kullanıcıdan istenen maksimum parçacık hızı, gecikme başı maksimum şarj, mesafe, saha iletim sabiti, saha jeolojik sabiti parametreleri kullanıcı tarafından elle metin kutularına girilmektedir.

Kullanıcıdan istenen il, ilçe ve kayaç türü parametreleri çoklu seçim kutusu şeklindedir. Kullanıcı her bir parametre için uygulamaya tanımlanan seçilebilir değerlerin seçimini yapmaktadır. Bu alanlar Firebase Firestore eklentisi sayesinde uygulamanın veri tabanı ile bağlantılıdır. Veri tabanında Tablo 3.1’te yer alan titreşim yayılım denklemi sabitleri bulunmaktadır. Bu parametreler sırası ile seçildiğinde, seçilen parametrelere karşılık gelen saha iletim sabiti ve saha jeolojik sabiti ilgili alanlara otomatik olarak yazdırılmaktadır. Bu sayede yer sarsıntısı analizinin bölgesel bazlı yapılabilmesi sağlanmaktadır.

Kullanıcı maksimum parçacık hızı değeri girerse, gecikme başı maksimum şarj miktarı giriş kutusu giriş yapılamaz hale gelmektedir. Eğer maksimum parçacık hızı değeri girilmez, gecikme başı maksimum şarj miktarı değeri girilir ise tam tersi durum söz konusudur. Yapılan hesaplama değer girilemez hale gelen parametrenin sonucunu vermektedir. Sonuç değer girilemez yani hesaplanan parametrenin kutucuğunun içerisine yazdırılmaktadır.

Yer sarsıntısı analizi sayfasına geçiş yapıldığında, Provider eklentisi ile eğer daha önce basamak patlatması tasarımı yapıldı ise hesaplama sonucu bulunan gecikme başı maksimum şarj değeri, ilgili giriş kutusuna yazdırılmaktadır.

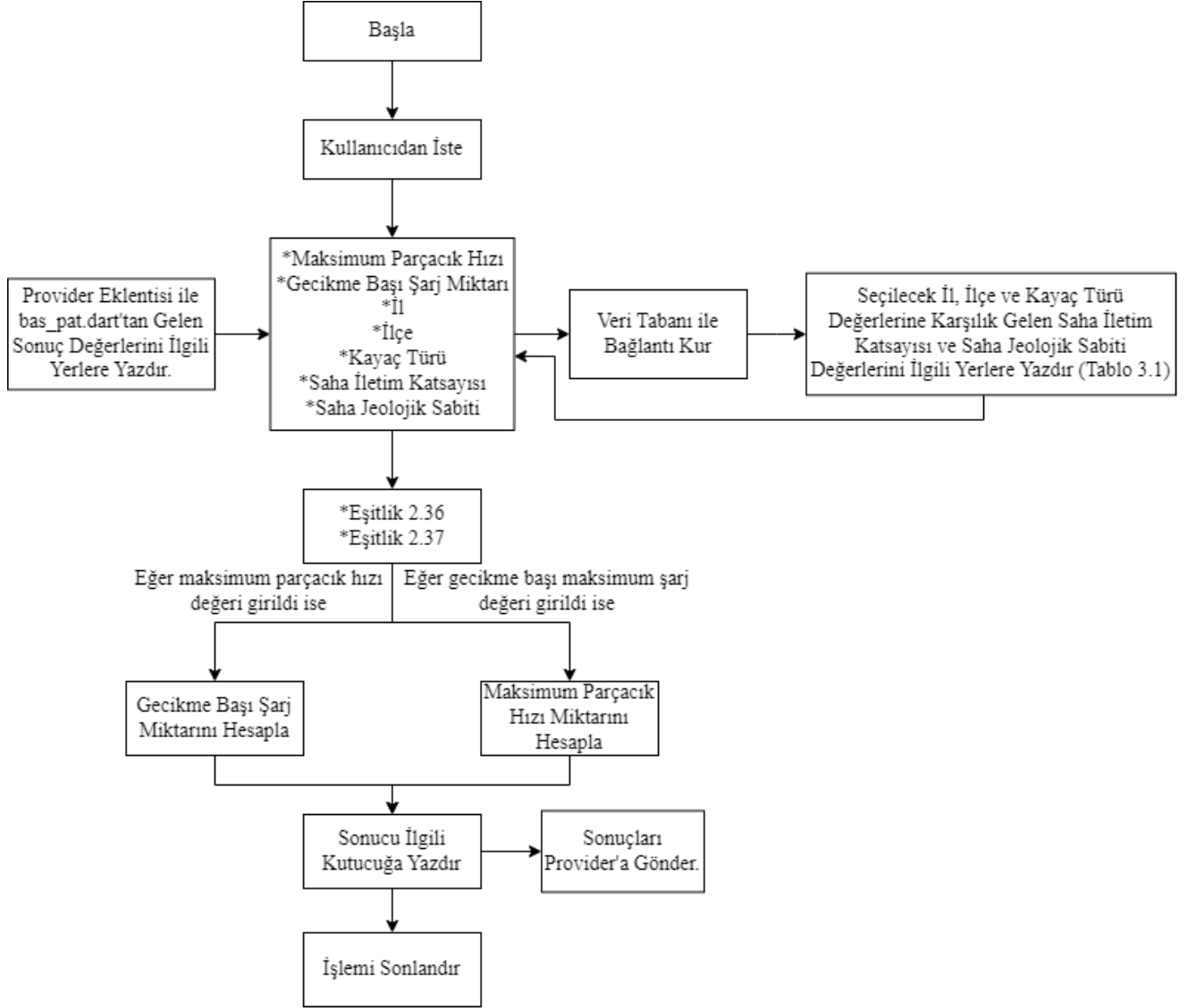
Parametre giriş alanlarının en altında “Varsayılan”, “Sil” ve “Hesapla” adında üç adet buton bulunmaktadır.

- **Varsayılan** butonun tetiklenmesi ile sayfa kodlarında tanımlanan kutucuklara kullanıcıya yol gösterebilmek adına önceden tanımlanmış parametre değerleri otomatik olarak atanmaktadır.
- **Sil** butonunun tetiklenmesi ile doldurulmuş olan parametre değerleri silinmektedir.
- **Hesapla** butonunun tetiklenmesi ile Eşitlik 2.36 ve Eşitlik 2.37 kullanılarak ilgili hesaplamalar yapılmaktadır. Elde edilen sonuç ilgili kutucuğa yazdırılmaktadır.

Zorunlu olan parametre değerlerinin girilmemesi, girilen değerlerin gerekli aralıkların dışında olması durumunda kullanıcıya bir hata mesajı gösterilmektedir.

Hesaplamanın başarılı veya başarısız olma durumları SnackBar kullanılarak kullanıcıya bildirilmektedir.

Yer sarsıntısı analizi sayfasının algoritması şekil 4.9’da, ekran grntş şekil 4.10’da verilmiştir.



Şekil 4.9: Yer sarsıntısı analizi sayfası algoritması




Hasar Riski Analizi

Maksimum Parçacık Hızı

25.480 mm/sn

Gecikme Başı Maksimum Şarj

50 kg

Mesafe

100 m

İl

İstanbul

İlçe

Avcılar

Kayaç Türü

Andezit

Saha İletim Sabiti

1675.0

Saha Jeolojik Sabiti

1.58

Maksimum parçacık hızı başarıyla hesaplandı.




Hasar Riski Analizi



Şekil 4.10: Yer sarsıntısı analizi sayfası ekran görüntüsü

4.3.2. Kaya Savrulması (kaya_savrulmasi.dart) Sayfası

Kaya savrulması analizi sayfası, atım sonucu kayaçların optimum tane boyutunun ve en kötü durum senaryosu, ölçekli gömme derinliği, basamak aynası yönünde ve sıkılama yönünde kaya savrulma mesafenin hesaplandığı sayfadır. Bu sayfanın kodları kaya_savrulmasi.dart dosyasında yer almaktadır.

Bu sayfada kullanıcıdan değer girmeleri istenen parametrelere ait veriler giriş kutuları şeklindedir. Kullanıcıdan istenen parametreler, giriş türleri ve veri tipleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3: Kaya savrulması analizi sayfasında kullanıcıdan istenen parametreler

Parametre	Giriş Türü	Birim	Veri Tipi
Delik Çapı	Giriş Kutusu	mm	Double
Delik Eğimi	Giriş Kutusu	°	Double
Dilim Kalınlığı	Giriş Kutusu	m	Double
Kaya Sabiti	Giriş Kutusu		Double
Sıkılama Boyu	Giriş Kutusu	m	Double
Toplam Şarj Boyu	Giriş Kutusu	m	Double
Toplam Şarj Miktarı	Giriş Kutusu	kg	Double
Ortalama Patlayıcı Yoğunluğu	Giriş Kutusu	g/cm ³	Double

Kullanıcıdan istenen delik çapı, delik eğimi, dilim kalınlığı, kaya sabiti, sıkılama boyu, toplam şarj boyu, toplam şarj miktarı ve ortalama patlayıcı yoğunluğu parametreleri kullanıcı tarafından elle metin kutularına girilmektedir.

Kaya savrulması analizi sayfasına geçiş yapıldığında, Provider eklentisi ile eğer daha önce basamak patlatması tasarımı yapıldı ise hesaplama sonucu bulunan veya elle girilen tüm değerler ilgili alana yazdırılmaktadır.

Parametre giriş alanlarının en altında “Varsayılan”, “Sil” ve “Hesapla” adında üç adet buton bulunmaktadır.

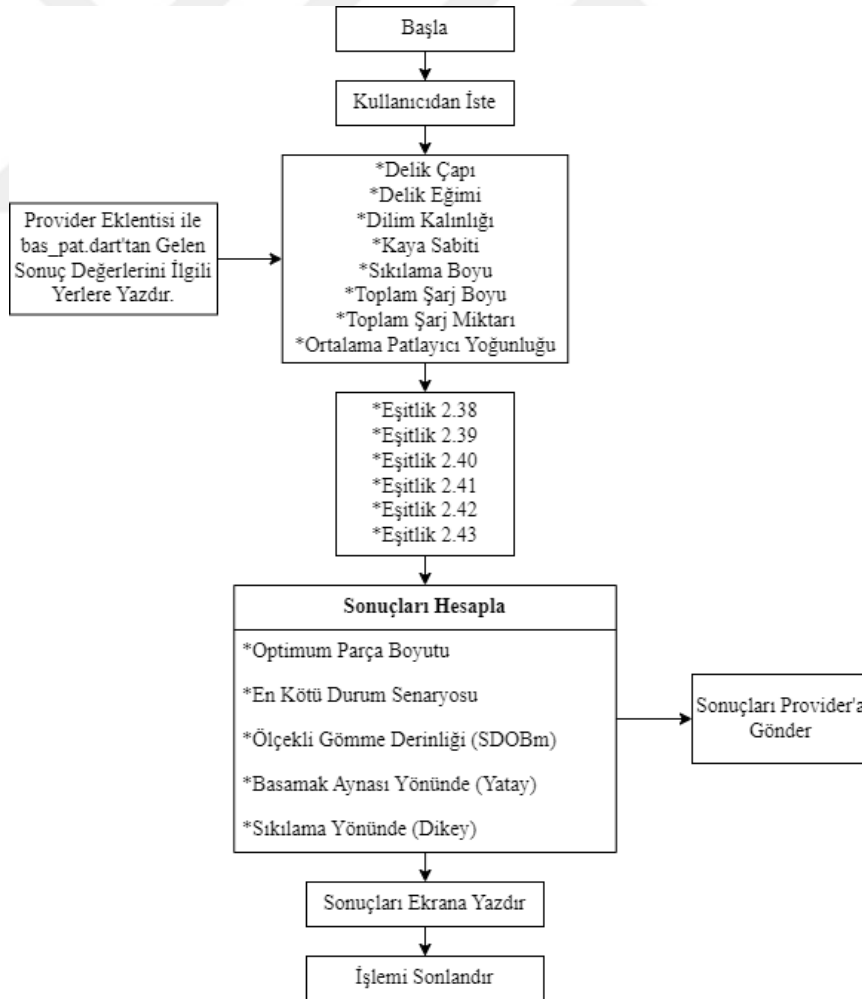
- **Varsayılan** butonun tetiklenmesi ile sayfa kodlarında tanımlanan kutucuklara kullanıcıya yol gösterebilmek adına önceden tanımlanmış parametre değerleri otomatik olarak atanmaktadır.
- **Sil** butonunun tetiklenmesi ile doldurulmuş olan parametre değerleri silinmektedir.

- **Hesapla** butonunun tetiklenmesi ile Eşitlik 2.38, Eşitlik 2.39, Eşitlik 2.40, Eşitlik 2.41, Eşitlik 2.42 ve Eşitlik 2.43 kullanılarak optimum tane boyutu, en kötü durum senaryosu, ölçekli gömme derinliği, basamak aynası yönünde ve sıkılama yönünde kaya savrulma mesafeleri hesaplanmaktadır. Elde edilen sonuçlar sayfanın en altında kullanıcıya gösterilmektedir.

Zorunlu olan parametre değerlerinin girilmemesi, girilen değerlerin gerekli aralıkların dışında olması durumunda kullanıcıya bir hata mesajı gösterilmektedir.

Hesaplamanın başarılı veya başarısız olma durumları SnackBar kullanılarak kullanıcıya bildirilmektedir.

Kaya savrulması analizi sayfasının algoritması Şekil 4.11’de, ekran görüntüsü Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.11: Kaya savrulması analizi sayfası algoritması

Hasar Riski Analizi

Delik Çapı

89

mm

Delik Eğimi

90

°

Pratik Dilim Kalınlığı

2

m

Kaya Sabiti

23

13.5 - 37

Sıkılama Boyu

3

m

Toplam Şarj Boyu

4

m

Toplam Şarj Miktarı

25

kg

Ortalama Patlayıcı Yoğunluğu

0.85

g/cm³

Varsayılan

Sil

Hesapla

Optimum Parça Boyutu: 0.231 m

En Kötü Durum Senaryosu: 599.806 m

Ölçekli Gömme Derinliği (SDOBm): 46.112 m

Basamak Aynası Yönünde (Yatay): 96.328 m

Sıkılama Yönünde (Düşey): 67.134 m

Yer Sarsıntısı Analizi

Kaya Savrulması Analizi

Hava Şoku Analizi

Hasar Riski Analizi

Şekil 4.12: Kaya savrulması analizi sayfası ekran görüntüsü

4.3.3. Hava Şoku Analizi (hava_soku.dart) Sayfası

Hava şoku analizi sayfası; atım sonrası kullanıcıdan alınan parametre değerleri ile girilen mesafede hissedilecek olan hava basıncı miktarının ve bu hava basıncı miktarının ilgili mesafeye olan etkisinin tahmininin yapıldığı sayfadır. Bu sayfa hava_soku.dart dosyasındaki kodlarla çalışmaktadır.

Bu sayfada kullanıcıdan değer girmesi istenen parametrelere ait veriler giriş kutuları ve çoklu seçim kutuları şeklindedir. Kullanıcıdan istenen parametreler, giriş türleri ve veri tipleri Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4: Hava şoku analizi sayfasında kullanıcıdan istenen parametreler

Parametre	Giriş Türü	Birim	Veri Tipi	Açıklama
Mesafe	Giriş Kutusu	mm	double	Tablo 3.2
Gecikme Başı Maksimum Şarj	Giriş Kutusu	°	double	
Patlatma Türü	Giriş Kutusu	m	double	
Saha İletim Sabiti	Giriş Kutusu		double	
Saha Jeolojik Sabiti	Giriş Kutusu	m	double	

Kullanıcıdan istenen mesafe, gecikme başı maksimum şarj, saha iletim sabiti, saha ve jeolojik sabiti parametreleri kullanıcı tarafından elle metin kutularına girilmektedir.

Kullanıcıdan istenen patlatma türü parametresi çoklu seçim kutusu şeklindedir. Bu alan Firebase Firestore eklentisi sayesinde uygulamanın veri tabanı ile bağlantılıdır. Veri tabanına Tablo 3.2'te yer alan hava şoku yayılım denklemi sabitleri bulunmaktadır. Bu parametrenin seçimine karşılık gelen saha iletim sabiti ve saha jeolojik sabiti ilgili alanlara otomatik olarak yazdırılmaktadır.

Hava şoku analizi sayfasına geçiş yapıldığında, Provider eklentisi ile eğer daha önce basamak patlatması tasarımı yapıldı ise hesaplama sonucu bulunan veya elle girilen tüm değerler ilgili alana yazdırılmaktadır.

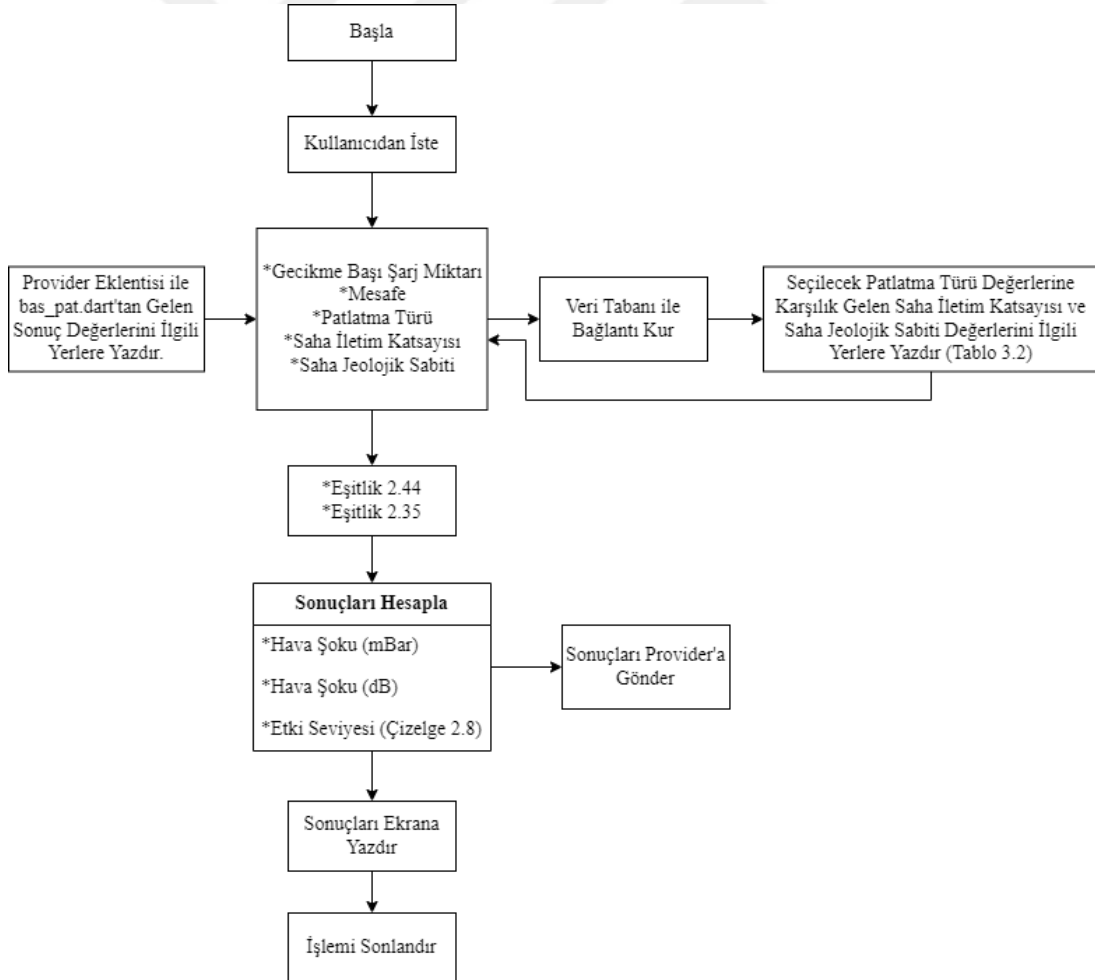
Zorunlu olan parametre değerlerinin girilmemesi, girilen değerlerin gerekli aralıkların dışında olması durumunda kullanıcıya bir hata mesajı gösterilmektedir.

Hesaplamanın başarılı veya başarısız olma durumları SnackBar kullanılarak kullanıcıya bildirilmektedir.

Parametre giriş alanlarının en altında “Varsayılan”, “Sil” ve “Hesapla” adında üç adet buton bulunmaktadır.

- **Varsayılan** butonun tetiklenmesi ile sayfa kodlarında tanımlanan kutucuklara kullanıcıya yol gösterebilmek adına önceden tanımlanmış parametre değerleri otomatik olarak atanmaktadır.
- **Sil** butonunun tetiklenmesi ile doldurulmuş olan parametre değerleri silinmektedir.
- **Hesapla** butonunun tetiklenmesi ile Eşitlik 2.44 ve Eşitlik 2.45 kullanılarak milibar ve desibel birimlerinde hava basıncı değeri hesaplanmakta, bu desibel miktarına denk gelen etki seviyesi Tablo 2.8’de yer alan hava şoku aralıklarına karşılık ifade ile kullanıcıya gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlar sayfanın en altında yazdırılmaktadır.

Hava şoku analizi sayfasının algoritması Şekil 4.13’te, ekran görüntüsü Şekil 4.14’te verilmiştir.



Şekil 4.13: Hava şoku analizi sayfası algoritması




Hasar Riski Analizi

Mesafe
200 m

Gecikme Başı Maksimum Şarj
27 kg

Patlatma Türü
Kömür Madeni (Arakesme Pat.) ▼

Saha İletim Sabiti
2596.0

Saha Jeolojik Sabiti
1.62

 Varsayılan

 Sil

 Hesapla

Hava Basıncı: 2.881 milibar = 143.291 dB

Etki Seviyesi: Pencere camları kırılır



Yer Sarsıntısı Analizi



Kaya Savrulması Analizi



Hava Şoku Analizi




 Hasar Riski Analizi




Şekil 4.14: Hava şoku analizi sayfası ekran görüntüsü

4.4. PARÇA BOYUTU DAĞILIMI ANALİZİ ve PARÇA BOYUTU DAĞILIMI ANALİZİ SONUÇ SAYFALARI

Parça boyutu dağılımı analizi sayfası, Kuz-Ram parça boyutu tahmin modeline dayalı olarak parça boyut dağılım analiz tahmini yapılabilmesi için tasarlanmış olup, bu işlemler için gerekli kodları içermektedir. Bu sayfanın kodları parca_boyutu.dart isimli dosyada yer almaktadır. Bu sayfadan kullanıcının girdiği parametre verilerinden elde edilen tahmin sonuçları, parça boyutu dağılımı analizi sonuç sayfasına iletilmektedir.

Parça boyutu dağılımı analizi sonuç sayfası, tıpkı basamak patlatması tasarımı sonuç sayfasında olduğu gibi, üst sayfadan gelen verilere bağımlı olarak çalışan bir alt sayfadır. Hesaplamalardan elde edilen sonuçların kullanıcıya gösterildiği sayfadır. Bu sayfanın oluşturulmasında kullanılan kodlar parca_boyutu_hesap.dart dosyası içerisinde yer almaktadır.

Bu sayfaların ayrıntılı incelemeleri aşağıda verilmiştir.

4.4.1. Parça Boyutu Dağılımı Analizi (parca_boyutu.dart) Sayfası

Parça boyutu dağılımı analizi sayfasında, kullanıcıdan “Kayaç Bilgileri, Atım Bilgileri, Patlayıcı Bilgileri ve Parçalanma Dağılım Hedefleri” açılır menüleri altında yer alan parametrelere veri girişi yapması istenmektedir. Bu parametrelere ait veriler giriş kutuları veya çoklu seçim kutuları ile kullanıcıdan alınmaktadır. Kullanıcıdan istenen parametreler ve giriş türleri tipleri Tablo 4.5’te verilmiştir.

Tablo 4.5: Parça boyutu dağılımı analizi sayfasında kullanıcıdan istenen parametreler

Parametre	Giriş Türü	Birim	Veri Tipi	Açıklama
Kayaç Bilgileri Açılır Menüsü				
Özgül Ağırlık	Giriş Kutusu	t/m ³	double	
Elastisite Modülü	Giriş Kutusu	GPa	double	
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	Giriş Kutusu	MPa	double	
Kaya Kütle Sınıflaması	Çoklu Seçim Kutusu		Map	Tablo 2.9
Eklem Düzlem Aralığı	Çoklu Seçim Kutusu		Map	Tablo 2.9
Eklem Düzlem Yönelimi	Çoklu Seçim Kutusu		Map	Tablo 2.9
Atım Bilgileri Açılır Menüsü				
Delik Çapı	Giriş Kutusu	mm	double	
Pratik Dilim Kalınlığı	Giriş Kutusu	m	double	
Sıralar Arası Mesafe	Giriş Kutusu	m	double	
Basamak Yüksekliği	Giriş Kutusu	m	double	
Dip Şarj Boyu	Giriş Kutusu	m	double	
Kolon Şarj Boyu	Giriş Kutusu	m	double	
Delik Düzeni	Çoklu Seçim Kutusu		Map	Kare/dikdörtgen/şerhbeş
Patlayıcı Bilgileri Açılır Menüsü				
Patlayıcının Ağırlıkça Kuvveti	Giriş Kutusu		double	ANFO = 100
Gecikme Başı Maksimum Şarj	Giriş Kutusu	kg	double	
Parçalanma Dağılım Hedefleri Açılır Menüsü				
Elek Üstü Boyutu	Giriş Kutusu	m	double	
Optimum Boyut	Giriş Kutusu	m	double	
Elek Altı Boyutu	Giriş Kutusu	m	double	

Kullanıcıdan istenen özgül ağırlık, elastisite modülü, tek eksenli basınç dayanımı, delik çapı, pratik dilim kalınlığı, sıralar arası mesafe, basamak yüksekliği, dip şarj boyu, kolon şarj boyu, patlayıcının ağırlıkça kuvveti, gecikme başı maksimum şarj miktarı, elek üstü boyutu, optimum boyut, elek altı boyutu parametreleri kullanıcı tarafından elle metin kutularına girilmektedir. Bu değerler daha önceki sayfalarda kullanıcı tarafından elle girildiyse, daha önce girilen verilerden türetilabiliyorsa veya hesaplamalar sonucu bulundu ise Provider eklentisi yardımı ile otomatik olarak uygun yerlere yazdırılmaktadır.

Kullanıcıdan istenen kaya kütle sınıflaması, eklem düzlem aralığı, eklem düzlem yönelimi, delik düzeni parametreleri çoklu seçim kutusu şeklindedir. Kullanıcı her bir parametre için tanımlanan seçilebilir değerlerin seçimini yapmaktadır.

Delik düzeni çoklu seçim kutusunda “Kare/Dikdörtgen” ve “Şaşırtmalı/Şeşbeş” adında iki seçenek mevcuttur. Delik düzeni şaşırtmalı/şeşbeş seçilirse hesaplanan üniformite indeksi değeri 1,1 ile çarpılmaktadır.

Kullanıcı tarafından girilen bu verilerden yola çıkılarak, kayaç faktörünün belirlenebilmesi için Tablo 2.9 yardımıyla özgül ağırlık etkisi ve sertlik katsayısı değerleri hesaplanmaktadır. Eşitlik 2.49 kullanılarak kayaç faktörü değeri hesaplanmaktadır.

Eşitlik 2.48 kullanılarak üniformite indeksi hesaplanmaktadır.

Bu değerler ile Eşitlik 2.46 kullanılarak ortalama parça boyutu hesaplanmakta, sonrasında karakteristik boyut hesaplanmakta ve elde edilen sonuçlar kullanıcının girdiği parçalanma dağılım hedefleri verileri ile birleştirilerek elek altı, elek üstü ve optimum boyutlar yüzdelik olarak Eşitlik 2.47 yardımıyla hesaplanmaktadır. Bu işlemin yapılması için bir for döngüsü kullanılmaktadır. Boyut 0.00 m’den başlayarak, her aşamada +0.05 m arttırılmaktadır. Bu boyuta karşılık gelen “% elek altına geçen” miktarı elde edilmektedir. Elek altına geçen malzeme yüzdesi 100’e eşitlenene kadar bu döngü çalışmaya devam etmektedir.

For döngüsü ile elde edilen, tane boyutuna karşılık gelen elek altına geçen malzeme yüzdesi bir tablo haline getirilmektedir. Bu tablodaki verileri kullanarak “SyncFusion Flutter Charts” eklentisi ile bir eğri oluşturulmaktadır.

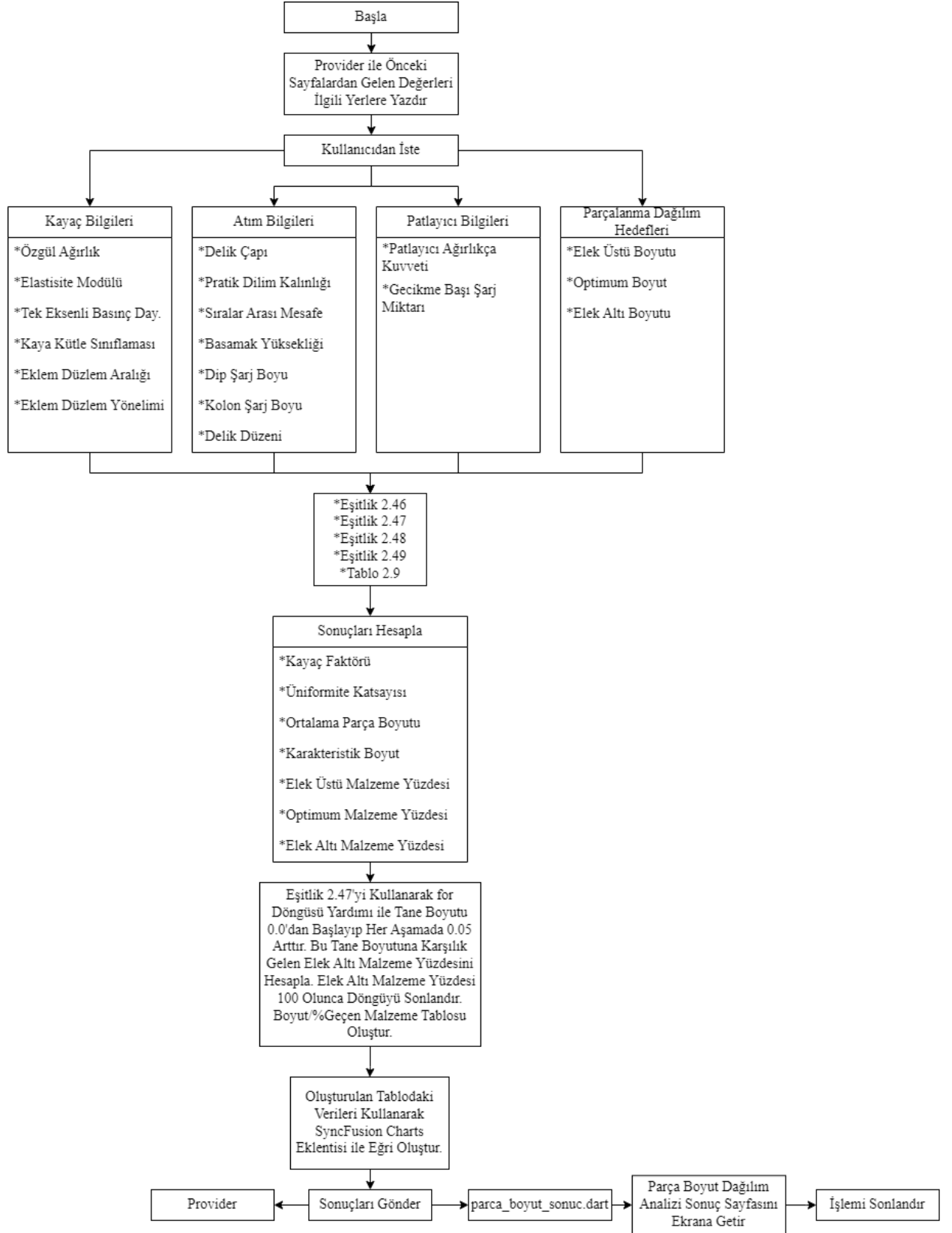
Parametre giriş alanlarının en altında “Varsayılan”, “Sil” ve “Hesapla” adında üç adet buton bulunmaktadır.

- ***Varsayılan*** butonun tetiklenmesi ile sayfa kodlarında tanımlanan kutucuklara kullanıcıya yol gösterebilmek adına önceden tanımlanmış parametre değerleri otomatik olarak atanmaktadır.
- ***Sil*** butonunun tetiklenmesi ile doldurulmuş olan parametre değerleri silinmektedir.
- ***Hesapla*** butonunun tetiklenmesi ile algoritmadaki hesaplamalar yapılmaktadır. Elde edilen sonuç, tablo ve grafikler kullanıcıya gösterilmesi için `parca_boyutu_hesap.dart` sayfasına, ayrıca kullanıcının patlatma tasarım ve analizi

raporu oluşturabilmesi için Provider eklentisi üzerinden Rapor Oluştur sayfasına iletilmektedir.

Bu sayfanın algoritması Şekil 4.15'te, ekran görüntüsü Şekil 4.16'da verilmiştir.





Şekil 4.15: Parça boyutu dağılımı analizi sayfası algoritması




Parça Boyutu Dağılımı Analizi

Kayaç Bilgileri
▼

Atım Bilgileri
▼

Patlayıcı Bilgileri
▼

Parçalanma Dağılım Hedefleri
▲

Elek Üstü Boyutu

Optimum Boyut

Elek Altı Boyutu


Varsayılan


Sil


Hesapla





Parça Boyutu Dağılımı Analizi



Şekil 4.16: Parça boyutu dağılımı analizi ekran görüntüsü

4.4.2. Parça Boyutu Dağılımı Analizi Sonuç (parca_boyutu_hesap.dart) Sayfası

Parça boyut dağılımı analizi sayfasında kullanıcının istenen parametre verilerini girip “Hesapla” butonuna basması ile Şekil 4.15’te verilen algorithmada yer alan eşitlikler kullanılarak hesaplamalar yapılmakta, parça boyutuna göre elek altına geçen malzeme yüzdeleri hesaplanmakta, bu veriler bir tabloya aktarılmaktadır. Bu tablodan hareketle “SyncFusion Flutter Charts” eklentisi kullanılarak bir eğri grafiği oluşturulmaktadır. Bu işlemlerin tamamlanmasının ardından parca_boyutu_hesap.dart dosyasındaki kodlar çalışmaya başlamaktadır.

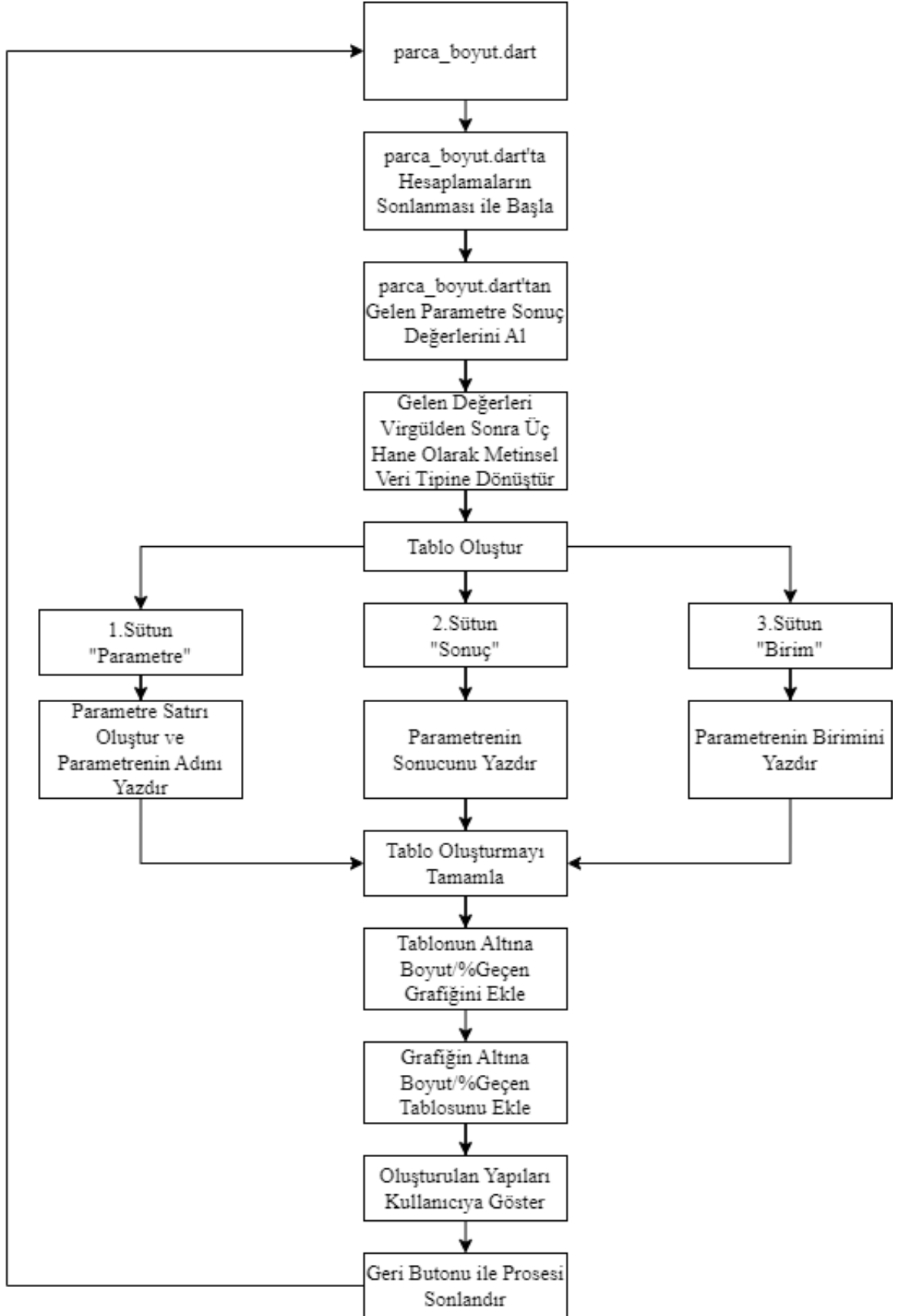
Üst sayfadan bu sayfaya gelen sayısal veriler, virgülden sonra üç hane alınarak metin formatına çevrilmektedir.

Sayfa içerisinde “Parametre”, “Birim” ve “Sonuç” adında üç sütun oluşturulmakta, sütunların altlarına gelecek veriler satırlar halinde eklenerek bir tablo hazırlamakta ve bu tabloyu kullanıcıya göstermektedir. Bu tabloda kullanıcıya gösterilen parametreler sırası ile kayaç faktörü, ortalama parça boyutu, üniformite indeksi, karakteristik boyut, elek üstü boyutu, optimum boyut ve elek altı boyutudur.

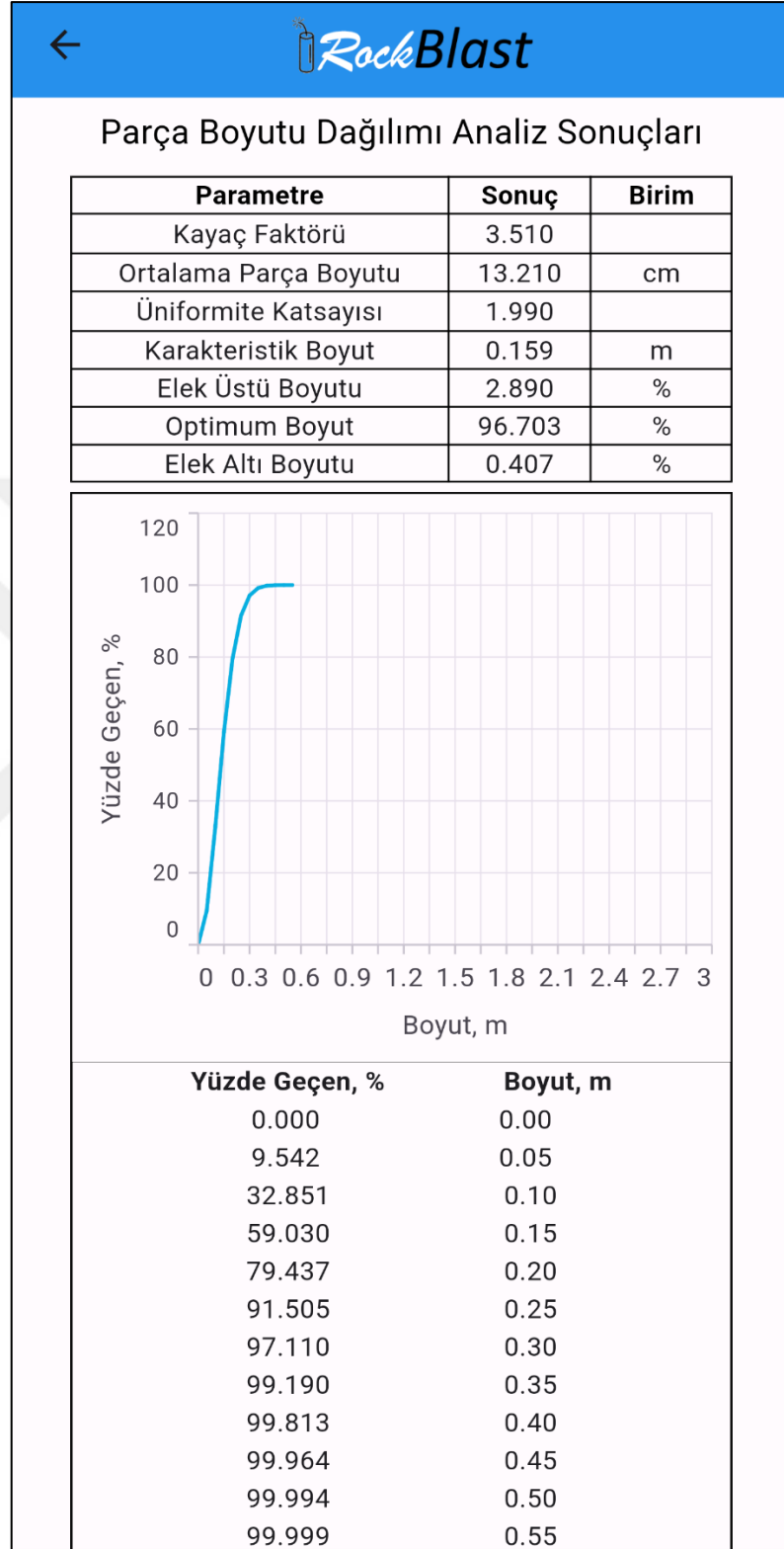
Parça boyut dağılımına göre elek altına geçen malzeme yüzdesinin tablosu ve grafiği de bu sayfada kullanıcıya gösterilmektedir.

Kullanıcı geri butonunu tetikleyerek sonuç sayfasından çıkmakta, parça boyutu dağılımı analizi geri dönmektedir.

Parça boyutu dağılımı analizi sonuçları sayfasının algoritması Şekil 4.17’de, ekran görüntüsü Şekil 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4.17: Parça boyutu dağılımı analizi sonuç sayfası algoritması



Şekil 4.18: Parça boyutu dağılımı analizi sonuç sayfası ekran görüntüsü

4.5. RAPOR OLUŞTUR (rapor_olustur.dart) SAYFASI

Rapor oluştur sayfası; kullanıcının yapmış olduğu basamak patlatması tasarımının bilgilerine, hasar riski analizi tahmin sonuçlarına ve parça boyutu dağılımı analizi tahmin sonuçlarına ait tüm değerleri nihai bir rapor haline getirilmesi, bu raporun kullanıcı tarafından kaydedebilmesi ve paylaşabilmesi amacıyla tasarlanmış bir sayfa olup, bu amaç için geliştirilen kodları içermektedir. Bu sayfanın kodları rapor_olustur.dart isimli dosyada yer almaktadır.

Bu sayfada kullanıcının raporun en başında proje bilgilerini tanıtabilmesi amacı ile bazı veriler istenmektedir. Kullanıcıdan istenen veriler, veri türleri ve giriş seçenekleri Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6: Rapor oluştur sayfasında kullanıcıdan istenen parametreler

Parametre	Giriş Türü	Veri Tipi
Firma Adı	Giriş Kutusu	String
Proje Adı	Giriş Kutusu	String
Patlatma Türü	Giriş Kutusu	String
İl	Giriş Kutusu	String
İlçe	Giriş Kutusu	String
Patlatma Mühendisi	Giriş Kutusu	String

Kullanıcı tarafından bu alanların doldurulması ile sayfa içerisinde yer alan “Rapor Oluştur” butonunun elle tetiklenmesi sonrası rapor oluşturma işlemi başlatılmaktadır.

Tablo 4.6’te yer alan parametrelere karşılık girilen değerlere ek olarak patlatma tasarımı ve analizi sayfalarında kullanıcı tarafından girilen ve hesapla bulunan değerler “Provider” eklentisi yardımı ile rapora aktarılmaktadır.

Uygulamanın çalıştığı cihazın o anki tarih ve saat kayıtları da birer veri olarak alınıp, oluşturulan rapora dahil edilmektedir.

Uygulamanın dosya klasörü içerisinde daha önceden oluşturulmuş taslak bir PDF belgesi bulunmaktadır. Bu belge “SyncFusion Flutter PDF” eklentisi kullanılarak açılmakta, gerekli değerler bu PDF üzerinde kendisine ait alana yazdırılmaktadır. Değerler her bir sayfada tek tek programın kodlarında belirlenen koordinatlara yazdırılmaktadır.

Değerlerin yazılması bitince PDF'in güncel hali kaydedilmekte ve "Open File" eklentisi yardımı ile açılarak kullanıcıya gösterilmektedir.

İşlem sonucu oluşan PDF raporu toplamda 4 sayfadan oluşmaktadır.

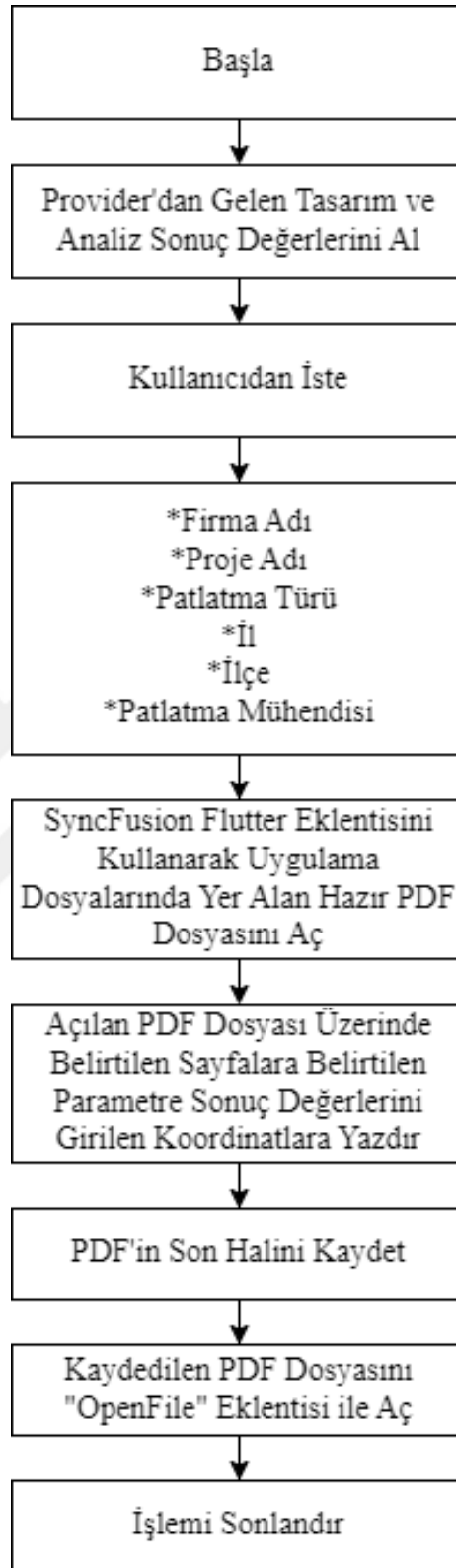
Birinci sayfa proje bilgileri ve basamak patlatması tasarım sonuçları verilerini içermektedir.

İkinci sayfada elde edilmiş basamak patlatma tasarımı patern bilgileri bir basamak planı ve kesiti üzerinde gösterilmektedir.

Üçüncü sayfa hasar riski analizi ve parçalanma tane boyutu dağılımı verilerini içermektedir.

Dördüncü sayfada ise parçalanma tane boyutu dağılımı analizi sonucu elde edilen tane boyutu-%elek altına geçen miktar tablosu ve grafiği kullanıcıya gösterilmektedir.

Bu sayfanın algoritması Şekil 4.19'da, ekran görüntüsü Şekil 4.20'de, elde edilen raporun sayfalarının ekran görüntüleri Şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.19: Rapor oluştur sayfası algoritması



Rapor Oluştur

Firma Adı

Proje Adı

Patlatma Türü

İl

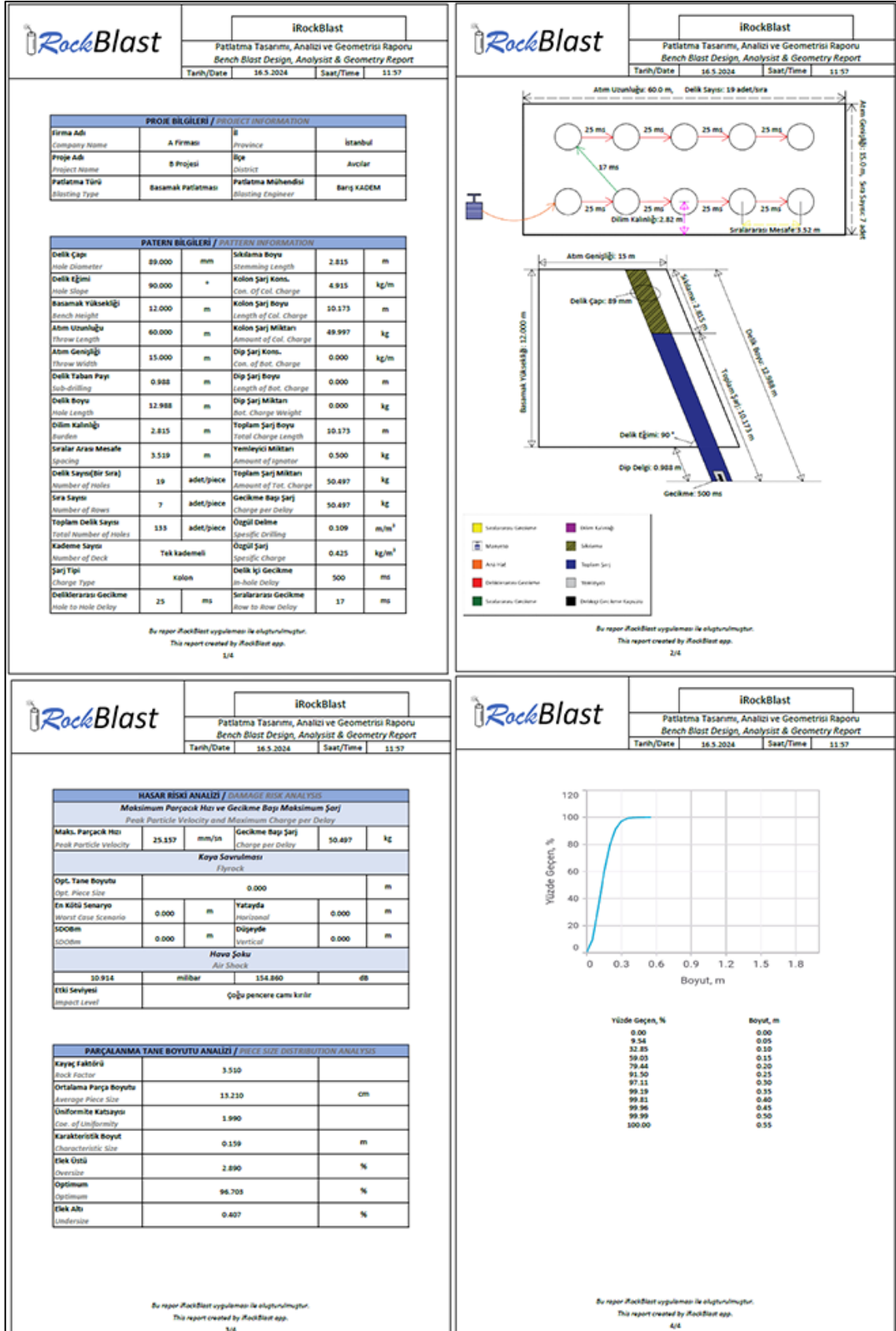
İlçe

Patlatma Mühendisi

 Rapor Oluştur

 Rapor Oluştur

şekil 4.20: Rapor oluştur sayfası ekran görüntüsü



Şekil 4.21: Rapor oluşturun sayfasında oluşturulan raporun ekran görüntüsü

5. TARTIŞMA

5.1. “iRockBlast” UYGULAMASI İLE ÖRNEK BİR BASAMAK PATLATMASI TASARIMI VE ANALİZİ

Bu bölümde iRockBlast uygulaması kullanılarak Tablo 3.4, Tablo 3.5, Tablo 3.6, Eşitlik 3.1 ve Eşitlik 3.2’de bilgileri verilen örnek sahaya ait veriler üzerinden bir patlatma tasarımı yapılarak, bu tasarıma göre çevresel etki değerlendirmesi ve parça boyut dağılımı tahmin analizleri yapılmıştır. Uygulamadan alınan sonuçların, sahadan alınmış ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmasıyla geliştirilen uygulamanın doğruluğu irdelenmiştir.

5.1.1. Basamak Patlatması Tasarımı

Basamak patlatması tasarımı için uygulamaya girilen tüm parametrelere ait veriler Tablo 5.1’de, alınan sonuçlar Tablo 5.2’de verilmiştir. Örnek sahada yapılan çalışmada verilmeyen parametre değerleri, atım videosu ve saha fotoğrafları incelenerek kabul olarak alınmıştır.

Tablo 5.1: Basamak patlatması tasarımı için girilen değerler

Parametre	Girilen Değer	Birim
<i>Atım Bilgileri</i>		
Delik Çapı	89	mm
Delik Eğimi	90	°
Basamak Yüksekliği	8	m
Atım Uzunluğu	30	m
Atım Genişliği	6	m
Kayaç Türü	Zayıf Kayaç	
<i>Patlayıcı Bilgileri</i>		
Patlatma Kademe Sayısı	Tek Kademeli	
Patlayıcı Şarj Tipi	Kolon	
Yemleyici Patlayıcı Türü	Jelatinit Dinamit	
Yemleyici Patlayıcı Miktarı	1	kg
Delik İçi Kapsül Gecikmesi	500	ms
Kolon Şarj Modeli	ANFO	
Kolon Şarj Türü		
Kolon Şarj Patlayıcı Yoğunluğu	0,8	g/cm ³
<i>Gecikme Bilgileri</i>		
Kayaç Faktörü	Bazı kireçtaşları, şeyl vb.	
Atım Sonrası İstenen Sonuçlar	Minimum geri kırılma ve minimum dağınık yığın	

Tablo 5.2: Basamak patlatması tasarımı hesaplarından alınan sonuçlar

Parametre	Özyurt ve diğ., 2024	iRockBlast	Birim
	Saha Uygulaması	Alınan Sonuç	
Delik Taban Payı	2,0	0,994	m
Delik Boyu	10	8,994	m
Delik Hata Payı		0,359	m
Dilim Kalınlığı	2,7	2,956	m
Sıralar Arası Mesafe	2,7	3,695	m
Delik Sayısı	10	10	adet
Sıra Sayısı	4	4	adet
Toplam Delik Sayısı	40	40	adet
Sıkılama Boyu	2,5	2,956	m
Şarj Konsantrasyonu	4,97	4,977	kg/m
Şarj Boyu	7,5	6,039	m
Kolon Şarj Miktarı	37,275	30,053	kg
Yemleyici Miktarı	1,0	1,0	kg
Delik Şarj Miktarı	38,275	31,053	kg
Gecikme Başı Şarj Miktarı	76,55	62,106	kg
Toplam Şarj Miktarı	1491	1242,12	kg
Özgül Delme	0,17	0,103	m/m ³
Özgül Şarj	0,49	0,355	kg/m ³
Delikler Arası Gecikme	25	25	ms
Sıralar Arası Gecikme	42	50	ms

Örnek saha çalışması verileri ile, iRockBlast uygulaması üzerinde yapılan patlatma tasarımı sonuçları karşılaştırıldığında, sonuçların büyük oranlarda benzerlik gösterdiği görülmüştür. Bazı parametrelerin sonuçlarında farklılıklar mevcuttur. Bu durum, iRockBlast uygulamasının patlatma tasarımı literatür bilgilere dayalı olarak yaparken örnek çalışmada uygulanan tasarımda ise literatür bilgilere ek olarak planlamacının tecrübelerini de içermesi ile alakalıdır. Örnek çalışmada gecikme bakımından çakışma durumunda (aynı zamanlamalarda ateşlenen) 2 delik olduğu için, gecikme başı toplam şarj miktarı, delik başı şarj miktarının iki katıdır. Karşılaştırmaların doğru olabilmesi adına patlatma kaynaklı çevresel etki ve parça boyut dağılımı analizlerinde, uygulamadan alınan gecikme başı şarj miktarının iki katı alınacaktır.

5.1.2. Yer Titreşimi Analizi

Yer titreşimi analizi için uygulamaya girilen tüm parametrelere ait veriler Tablo 5.3'te, alınan sonuç Tablo 5.4'te verilmiştir.

Tablo 5.3: Yer titreşimi analizi için girilen değerler

Parametre	Girilen Değer	Birim
Gecikme Başı Maksimum Şarj	62,106	kg
Mesafe	149	m
Saha İletim Sabiti (Eşitlik 3.1)	340	
Saha Jeolojik Katsayısı (Eşitlik 3.1)	1,790	

Tablo 5.4: Yer titreşimi analizi hesabından alınan sonuç

Parametre	Özyurt ve diğ., 2024	iRockBlast	Birim
	Ölçüm Sonucu	Alınan Sonuç	
Maksimum Parçacık Hızı (PPV)	1,397	1,763	mm/s

Eşitlik 3.1'de verilen titreşim yayılım denklemi sabitleri kullanılarak, örnek saha çalışmasında ölçüm noktasının atım noktasına olan uzaklığı değerine bağlı olarak iRockBlast uygulamasında hesaplanan maksimum parçacık hızı değeri ile örnek saha çalışmasında yapılan ölçüm sonuçları az bir fark mevcuttur. Sahadan elde edilen titreşim yayılım denklemi sabitlerinin kolerasyon katsayısı ne kadar yüksek olursa olsun, ölçüm noktası ile atım noktası arasındaki jeolojik yapının heterojen dağılım göstermesi, ölçüm anındaki hava durumu gibi nedenlerden dolayı atım öncesi tahmin edilen değer ile atım sırasında ölçülen değer arasında farklılıklar olması kaçınılmaz olabilmektedir. Buradaki önemli husus, aradaki farkın kabul edilebilir düzeylerde olması ve patlatmanın etkilerinin çevresel açıdan kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmasının sağlanmasıdır.

5.1.3. Kaya Savrulması Analizi

Kaya savrulması analizi için uygulamaya girilen tüm parametrelere ait veriler Tablo 5.5'te, alınan sonuçlar Tablo 5.6'da verilmiştir.

Tablo 5.5: Kaya savrulması analizi için girilen değerler

Parametre	Girilen Değer	Birim
Delik Çapı	89	mm
Delik Eğimi	90	°
Pratik Dilim Kalınlığı	2,956	m
Kaya Sabiti	25	
Sıkılama Boyu	2,956	m
Toplam Şarj Boyu	6,036	m
Toplam Şarj Miktarı	31,053	kg
Ortalama Patlayıcı Yoğunluğu	0,80	g/cm ³

Tablo 5.6: Kaya savrulması analizi hesaplarından alınan sonuçlar

Parametre	Alınan Sonuç	Birim
Optimum Parça Boyutu	0,231	m
En Kötü Durum Senaryosu	599,806	m
Ölçekli Gömme Derinliği (SDOBm)	45,383	m
Basamak Aynası Yönünde	31,979	m
Sıkılama Yönünde	63,957	m

Geliştirilen uygulamada yapılan kayaç savrulma mesafesi tahmin analizi sonuçları ile sahada uygulanan atımın videosunun analizinden elde edilen sonuç (Şekil 3.3, yaklaşık 30 metre) örtüşmektedir. Atım videosundan elde edilen yatay yöndeki savrulma mesafesi, uygulamada hesaplanan kayaç savrulma mesafesi sınırlarının içerisinde kalmaktadır.

5.1.4. Hava Şoku Analizi

Kaya savrulması analizi için uygulamaya girilen tüm parametrelere ait veriler Tablo 5.7’de, alınan sonuçlar Tablo 5.8’de verilmiştir.

Tablo 5.7: Hava şoku analizi için girilen değerler

Parametre	Girilen Değer	Birim
Mesafe	149	m
Gecikme Başı Maksimum Şarj	62,106	kg
Saha İletim Sabiti	37.10	
Saha Jeolojik Sabiti	0.970	

Tablo 5.8: Hava şoku analizi hesaplarından alınan sonuçlar

Parametre	Özyurt ve diğ., 2024	iRockBlast	Birim
	Ölçülen Sonuç	Alınan Sonuç	
Hava Basıncı		1,099	mBar
Hava Basıncı	126,6	134,923	dB
Etki Seviyesi		Acı Başlangıcı	

Eşitlik 3.2’de verilen hava basıncı denklemi sabitleri kullanılarak, örnek saha çalışmasında verilen mesafe değerine bağlı olarak geliştirilen uygulamada hesaplanan hava şoku değeri ile örnek saha çalışmasında yapılan ölçüm sonuçları arasında az bir fark mevcuttur. Elde edilen sonuçlar aynı etki seviyesi içerisinde kalmaktadır.

5.1.5. Parça Boyutu Dağılımı Analizi

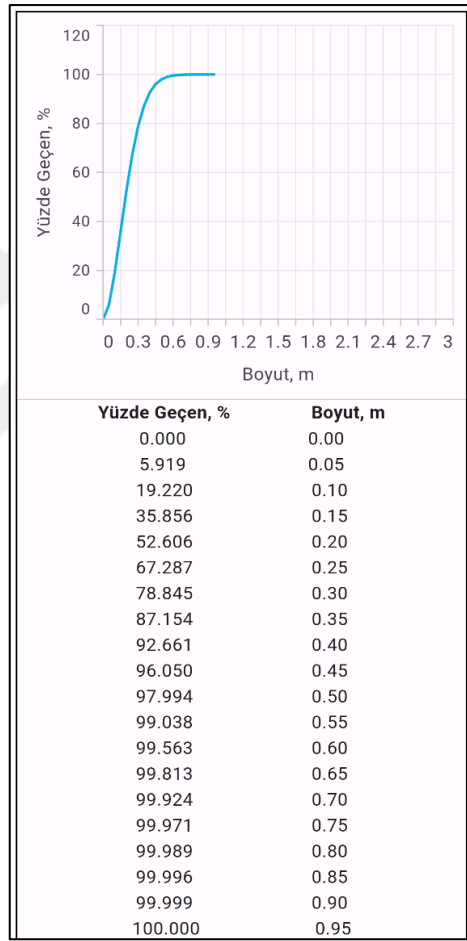
Parça boyutu dağılımı analizi için uygulamaya girilen tüm parametrelere ait veriler Tablo 5.9’da, alınan sonuçlar Tablo 5.10 ve Şekil 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.9: Parça boyut dağılımı analizi için girilen değerler

Parametre	Girilen Değer	Birim
<i>Kayaç Bilgileri</i>		
Özgül Ağırlık	2,497	t/m ³
Elastisite Modülü	40	GPa
Tek Eksenli Basma Dayanımı	47,630	MPa
Kaya Kütle Sınıflaması	Bloklu	
Eklem Düzlem Aralığı	>1.0	m
Eklem Düzlem Yönelimi	Aynaya paralel	
<i>Atım Bilgileri</i>		
Delik Çapı	89	mm
Pratik Dilim Kalınlığı	2,956	m
Sıralar Arası Mesafe	3,695	m
Basamak Yüksekliği	8	m
Dip Şarj Boyu	0	m
Kolon Şarj Boyu	6,039	m
Delik Düzeni	Şaşırtmalı/şeşbeş	
<i>Patlayıcı Bilgileri</i>		
Patlayıcının Ağırlıkça Kuvveti	100	
Gecikme Başı Maksimum Şarj	62,106	kg
<i>Parçalanma Dağılım Hedefleri</i>		
Elek Üstü Boyutu	0,90	m
Optimum Boyut	0,45	m
Elek Altı Boyutu	0,15	m

Tablo 5.10: Parça boyutu dağılım analizinden alınan sonuçlar

Parametre	Alınan Değer	Birim
Kayaç Faktörü	6,717	
Ort. Parça Boyutu	19,191	cm
Üniformite Katsayısı	1,807	
Karakteristik Boyut	0,235	m
Elekt Üstü Boyutu	0,001	%
Optimum Boyut	64,143	%
Elekt Altı Boyutu	35,856	%

**Şekil 5.1: Parça boyutu dağılım analizi grafiği ve tablosu**

Uygulamaya girilen parametre değerlerinden alınan parça boyut dağılım analizi sonuçları ile örnek saha çalışmada görüntü işleme teknikleri kullanılarak elde edilen yığın parça boyutu dağılımı sonuçları (Tablo 3.6) büyük oranda benzerlik göstermektedir. Sahadan elde edilen verilerde, yığının fotoğrafta görünen yüzeysel kısımları analiz edilebildiğinden, uygulamadan alınan sonuçlar ile sahada yapılan ölçümler arasında bazı farklılıkların olması kaçınılmazdır.

5.2. DELME ve PATLATMA İLE İLGİLİ MOBİL UYGULAMALARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu tez çalışmasında geliştirilmiş olan “iRockBlast” adlı patlatma tasarımı ve analizi yapabilen mobil uygulama yazılımı, önceki çalışmalar başlığında bahsedilen ve aynı amaç ile geliştirilmiş olan diğer mobil uygulamalar ile karşılaştırılmıştır.

Bu karşılaştırmayı gösterir ayrıntılı tablo, Tablo 5.11’de verilmiştir.

Tablo 5.11: Patlatma tasarımı ve analizi amacıyla geliştirilmiş mobil uygulamaların karşılaştırması

		iRockBlast	O-Pit Blast Guide	Smart Blasting App	Explosives Engineer's Mobile App	Pocket Blast Guide	Nelson Brothers App
Çalıştığı Mobil Platform	iOS	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Android	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dil Seçenekleri		✓	✓	X	✓	✓	X
Üyelik Sistemi		X	✓	✓	✓	✓	X
Patlatma Literatür Dokümantasyonu		X	✓	X	✓	✓	✓
Birim Seçenekleri (SI / İngiliz Ölçü Sistemleri)		X	✓	X	✓	✓	X
GPS Aracı		X	X	✓	✓	X	✓
Yapay Zekâ Aracı		X	✓	X	X	X	X
Basamak Patlatması Tasarımı Hesapları	Delik Taban Payı	✓	✓	?	X	X	X
	Delik Boyu	✓	✓	?	X	X	X
	Delik Hata Payı	✓	✓	?	X	X	X
	Pratik Dilim Kalınlığı	✓	✓	?	X	X	X
	Sıralar Arası Mesafe	✓	✓	?	X	X	X
	Patlatılacak Kaya Hacmi	✓	✓	?	✓	✓	✓
	Delik Sayısı	✓	X	?	X	X	X
	Sıra Sayısı	✓	X	?	X	X	X
	Sıkılama Boyu	✓	✓	?	X	X	X
	Sıkılama Malzemesi Tane Boyutu	X	✓	?	X	X	X
	Kademeli Patlatma	✓	X	?	X	X	X

		iRockBlast	O-Pit Blast Guide	Smart Blasting App	Explosives Engineer's Mobile App	Pocket Blast Guide	Nelson Brothers App
	Farklı Patlayıcı Markalarının Katalog Verileri	✓	X	?	X	X	X
	Patlayıcı Şarj Bilgileri	✓	✓	?	X	X	X
	Delik Başı Toplam Şarj Miktarı	✓	✓	?	✓	✓	✓
	Gecikme Başı Şarj Miktarı	✓	✓	?	✓	X	✓
	Özgül Delme	✓	✓	?	X	X	X
	Özgül Şarj	✓	✓	?	✓	✓	✓
	Patlatma Basıncı	X	✓	?	X	X	X
	Delikler Arası Gecikme Süresi Hesabı	✓	X	?	X	X	X
	Sıralar Arası Gecikme Süresi Hesabı	✓	X	?	X	X	X
	Çakışan Deliklerin Bildirimi	X	X	X	X	X	✓
Yer Titreşimi Analizi	Bölgesel Veri Tabanı	✓	X	X	X	X	X
	Maksimum Parçacık Hızı	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Gecikme Başı Maksimum Şarj Miktarı	✓	X	X	X	X	X
	Ölçekli Mesafe	✓	✓	✓	✓	X	✓
Kaya Savrulması Analizi	Ortalama Parça Boyutu	✓	X	X	X	X	X
	En Kötü Senaryo	✓	X	X	X	X	X
	Ölçekli Gömme Derinliği	✓	✓	X	X	X	X

		iRockBlast	O-Pit Blast Guide	Smart Blasting App	Explosives Engineer's Mobile App	Pocket Blast Guide	Nelson Brothers App
	Basamak Aynası Yönünde	✓	X	✓	X	X	X
	Sıkılama Yönünde	✓	X	✓	X	X	X
Hava Şoku Analizi	Hava Basıncı Miktarı	✓	✓	✓	✓	X	X
	Etki Seviyesi	✓	X	X	X	X	X
Parça Boyutu Dağılım Analizi	Parça Boyutu Dağılım Tablosu	✓	X	✓	X	X	X
	Parça Boyutu Dağılım Eğrisi	✓	X	X	X	X	X
Rapor Oluşturabilme		✓	X	X	X	X	X

Smart Blasting App uygulamasında bazı patlatma tasarımı ve çevresel etki analizleri özellikleri, sadece üye kullanıcıların erişebileceği şekilde kısıtlanmıştır. iOS ve Android cihazlar ile yapılan denemelerde, üyelik sistemlerinin çalışmıyor oluşu nedeni ile uygulama özellikleri tam olarak incelenememiştir. Erişilebilen özellikleri tabloda yer verilmiştir. Erişilemeyen özellikleri “?” işareti ile belirtilmiştir.

Tabloda uygulamaların yanıt verebildiği parametreler “✓” işareti ile, yanıt veremediği parametreler “X” işareti ile gösterilmiştir.

Sakçalı ve diğ. (2016) tarafından geliştirilen Android tabanlı mobil uygulama, herhangi bir uygulama marketinde yayınlanmadığı için incelenememiş ve bu karşılaştırmaya dahil edilmemiştir.

Yazılım firmaları tarafından geliştirilmiş olan uygulamaların bazı özellikleri mobil uygulamada çalışmamakta, masaüstü uygulamalarında çalışmaktadır.

Patlayıcı firmaları tarafından geliştirilmiş olan uygulamalar, patlatma tasarımı, çevresel etki analizleri ve parçalanma hesapları bakımından kısıtlı özelliklere sahiptirler. Bu

uygulamaların tasarım ve analiz işlemlerinden daha çok firma tarafından geliştirilen ürün bilgilerini içermekte oldukları gözlemlenmiştir.

iRockBlast uygulaması, şu an için diğer uygulamaların bazılarında olan üyelik sistemi, patlatma literatür dokümantasyonu kütüphanesi, GPS aracı ile konum/koordinat belirleme, uygulama içi birim sistemi seçimi gibi özelliklere sahip değildir.

O-Pit Blast Guide uygulamasının, bu karşılaştırmadaki diğer tüm uygulamalardan farklı olarak içerisinde bir yapay zekâ sohbet asistanı içerdiği gözlemlenmiştir. Yapay zekâ teknolojisi son dönemde son derece yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknoloji çeşitli alanlarda iyi sonuçlar verebilse de yeni bir teknoloji oluşu ve gelişim aşamasının henüz başlarında olması nedeni ile delme-patlatma gibi teknik bilgi gerektiren alanlarda günümüz şartlarında kullanımı kullanıcıyı yanlış yönlendirebilmesi mümkündür.

iRockBlast uygulaması, basamak patlatması tasarımı sırasında patlatma deliklerindeki su durumuna göre esnek patlatma tasarımı yapabilmesi adına kullanıcıya kolon ve dip şarj seçeneklerini ve şarjlarda kullanılacak patlayıcıların seçimine imkân tanımaktadır. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan bazı patlayıcıların yoğunluk değeri uygulama içerisinde tanımlanmıştır. Patlayıcının kullanıcı tarafından seçilmesi ile seçilen patlayıcının kataloğunda verilen yoğunluk değeri uygun alana yazılmaktadır. Bu değer kullanıcı tarafından elle de girilebilmektedir. Delik başına uygulanan şarj miktarının, çevresel etkiler bakımından sınır değerleri aşması durumunda ise bir delikte iki yemleme ile çift kademeli patlatma tasarımı yapılabilmesini sağlamaktadır. Diğer uygulamalarda olup, iRockBlast uygulamasında olmayan birkaç tasarım parametresi (sıkılama malzemesi minimum/maksimum tane boyutu, uygulanacak delikler ve sıralar arası gecikmelerde deliklerde çakışma olması durumunda durumun kullanıcıya bildirilmesi gibi) uygulamaya eklenmelidir.

iRockBlast uygulaması, yer titreşimi tahmini analizlerinde tek sayfa içerisinde maksimum parçacık hızı değerinin girilmesi ile gecikme başına maksimum şarj miktarını, tersi durumda ise maksimum parçacık hızını hesaplayabilmektedir. Diğer uygulamaların sadece maksimum parçacık hızını hesaplayabilmekte olduğu görülmüştür.

iRockBlast uygulaması, kaya savrulması analizlerinde, literatürde yer alan birden fazla modeli baz alarak savrulacak kaya parçalarının ortalama tane boyutunu ve birden fazla senaryo için kaya savrulma mesafelerini tahmin ederek kullanıcıya kolaylık sağlamaktadır. Diğer uygulamalarda bu işlem genellikle tek bir model baz alınarak yapılmaktadır.

iRockBlast uygulaması, parça boyut dağılımı tahmini analizlerinde sonuçları kullanıcıya tablo ve grafik üzerinde gösterebilmektedir. Diğer uygulamaların bazılarında parça boyutu tahmin analizi mevcut olmayıp, olanlarda ise grafik çizimi mevcut değildir.

iRockBlast uygulamasının aksine, diğer uygulamalar bütünsel bir patlatma tasarımı ve analizi yapamamaktadır. Tasarım ve analizdeki birçok parametrenin kullanıcı tarafından ayrı ayrı hesaplanması temeline dayanmaktadırlar. iRockBlast uygulaması, her bir aşamada kullanıcı tarafından girilen parametre verilerini ve elde edilen sonuçları kendisinden sonraki aşamaya aktarmaktadır. Bu sayede bütüncül bir tasarım ve analize imkân sunmakta, bu tasarım ve analizler çeşitli şekiller (tablo, grafik, görseller) üzerinde kullanıcıya gösterilerek anlaşılabilirlik sağlanmaktadır. Nihai tasarım ve tahmin/analiz sonuçları PDF olarak raporlanabilmektedir. iRockBlast uygulamasının bu özelliği, diğer uygulamalarda bulunmayan bir özelliktir.

iRockBlast uygulaması, kendi alanında veri tabanı kullanarak bölgesel bazlı verileri (il, ilçe ve kayaç türüne göre titreşim yayılım denklemleri) içeren, bu veriler ile kullanıcıya kolaylık sağlayan, bölgesel bazlı patlatma analizi yapabilen tek mobil uygulamadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Patlatma tasarımı, kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen değişkenlere bağlı olarak başarı ve başarısızlık durumlarına göre sürekli değişiklik gösteren bir yapıdadır. Tasarımın çeşitli durumların etkisine bağlı olarak düzenlenmesi gerekebilmektedir.

Patlatma işleminin verimliliğinin yanı sıra, patlatmadan kaynaklanan çevresel etkilerin atım öncesi tahmin edilebilmesi, yaşanacak olumsuzlukların önlenbilmesinde son derece önemlidir. Patlatma sonucu elde edilen yığının parça boyutu dağılımı, kendisinden sonra gelen işlemlerin verimliliği açısından son derece önemlidir. Bir patlatma tasarımının başarısı çevresel etkilerin en aza indirgenebilmesine ve parçalanma boyutunun optimize edilebilmesine bağlıdır.

Patlatmadan sorumlu kişiler, tüm bu parametreler etkisinde sahada uygulanacak patlatma tasarımı gerekli hallerde yenileyebilmelidir. Saha üzerinde bu işlemlerin yapılması ek bir zaman gerektirdiğinden her an patlatma tasarımı yapmak mümkün olamayabilmektedir. Bu işlem için geliştirilmiş pek çok masaüstü uygulama mevcut olsa da bilgisayarlara saha üzerinde erişim mümkün olamayabilmektedir.

Son yıllarda gelişen mobil cihazlar, patlatma tasarımlarının yapılabilmesi, bu tasarımlardan yola çıkılarak atım öncesi çevresel etkilerin analiz edilebilmesi ve parçalanma derecesinin tahmin edilebilmesi için geliştirilecek uygulamalar ile çalışmaya son derece uygundur.

Bu çalışmada, kullanıcı tarafından uygulamaya girilecek saha bilgileri, patlayıcı madde bilgileri ve patlatma geometrisi ile ilgili parametreler üzerinden patlatma tasarımları yapabilecek, yapılan patlatma tasarımının parçalanma ve bölgesel olarak çevresel etkiler açısından etkilerini analiz ederek önceden tahmin edebilen ve bu anlamda kullanıcıya (patlatmalardan sorumlu mühendislere ve planlamacılara) yol gösterebilen bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulamaya “iRockBlast” adı verilmiştir. Uygulama iOS ve Android işletim sistemlerinde çalışabilmektedir. Uygulama Dart programlama dili kullanarak, Flutter mimarisi üzerinde inşa edilmiştir.

Patlatma tasarım parametreleri, çevresel etki parametreleri ve parçalanma parametrelerinin hesaplanabilmesi için literatürde var olan eşitlikler araştırılmış, uygun görülen eşitliklerden yola çıkılarak geliştirilen algoritmalar bu uygulamanın arka planındaki kodlarda kullanılmıştır.

Uygulamanın doğruluğu için birçok tasarım ve analiz hesaplaması gerçekleştirilmiş, elde edilen değerlerin doğruluğu incelenmiştir. Ayrıca uygulama örnek bir saha çalışması verileri üzerinden test edilmiş, uygulamadan alınan sonuçlar ile sahada ölçülen sonuçlar arasındaki ilişki incelenmiştir.

iRockBlast uygulaması, bu konuda geliştirilmiş diğer mobil uygulamaların aksine bütünsel bir patlatma tasarımı, çevresel etki analizi ve parçalanma analizi yapabilmektedir. Tüm bu hesaplamaların sonuçlarını bir rapor halinde kullanıcıya sunabilmektedir.

iRockBlast uygulaması, şu an için muadili diğer uygulamaların bazılarında olan üyelik sistemi, patlatma literatür dokümantasyonu kütüphanesi, GPS aracı ile konum/koordinat belirleme, uygulama içi birim sistemi seçimi gibi özelliklere sahip değildir. Uygulamaya bu özelliklerin dahil edilmesi, kullanılabilirliği arttıracaktır.

Bölgesel yer titreşimi analizi için uygulamaya eklenen veri tabanındaki veri sayısı şu an için çok kısıtlıdır. Çeşitli ulusal yayınlardan ve/veya kullanıcılardan edinilecek titreşim yayılım denklem sabitleri verileri ile bu veri tabanının geliştirilmesi, patlatmadan kaynaklı çevresel etkilerin azaltılması için kullanıcıya büyük bir kolaylık sağlayacaktır.

iRockBlast uygulaması, geliştirilme ve test aşamalarında emek ve zamandan tasarruf sağlamak amacı çapraz (cross) uygulama geliştirme platformu kullanılarak yazılmıştır. Çapraz uygulama geliştirme platformlarında uygulama bir programlama dilinde yazılmakta ve uygulamanın yayımı sırasında hedeflenen işletim sistemlerine uygun dile çevrilmektedir. Bu derleme işlemleri için gerekli dosyalar nedeni ile uygulama boyutları fazla olabilmektedir. iRockBlast uygulamasının güncel olarak kullandığı depolama alanı 145 megabayt civarındadır. Bu dosya boyutu, uygulamanın yapabildikleri açısından yüksek boyuttadır. Yapılacak güncellemelerle daha temiz kod yazımları ile uygulamanın boyutu düşürülmelidir.

iRockBlast uygulaması, şu an için kısıtlı dil seçeneklerine sahiptir. Potansiyel farklı ülkelerden kullanıcılar için gelecek dönemde farklı dillerin eklenmesi faydalı olacaktır.

Yapılan araştırmalarda yer altı ve tünel patlatmaları hesapları yapabilecek mobil bir uygulama yazılımının geliştirilmediği görülmüştür. İlerleyen dönemlerde iRockBlast uygulamasına yer altı ve tünel patlatmaları için tasarım yapabilecek algoritmaların eklenmesi uygulamayı daha iyi bir konuma taşıyacaktır.

Görüntü işleme teknikleri kullanılarak atım sonrası oluşan yığının parça boyut dağılımının tespiti amacıyla geliştirilmiş birçok masaüstü uygulama mevcuttur. Akıllı telefonların kameralara sahip olması ve görüntü işleme tekniklerinin kullanılabilmesine imkân sağlaması nedeni ile uygulamaya eklenecek ve bu görevi yapabilecek bir modül, atım sonrası parça boyut dağılımının tespiti için kullanıcıya kolaylık sağlayacaktır.

Patlatma tasarımlarında maliyet analizi, işletme ekonomisi açısından son derece önemlidir. Bazı durumlarda birden fazla patlatma tasarımı yapılabilmekte, seçilecek tasarım için son karar maliyet üzerinden verilebilmektedir. Çeşitli masaüstü delme ve patlatma uygulamalarında, patlatma maliyetini belirleyebilmek için tasarlanmış altyapıların mevcut olduğu görülmüştür. Kullanıcıdan birim fiyatlar alınarak, uygulamada elde edilen nihai patlatma tasarım parametre sonuçları kullanılarak maliyet analizi yapabilecek, bu analizi uygulamanın verdiği raporlama özelliğine ekleyebilecek bir modülün eklenmesi iRockBlast uygulamasının kullanılabilirliğini arttıracaktır.

Delme ve patlatma operasyonu; maliyetinin yüksek oluşu, çevresel etkiler bakımından neden olabileceği sonuçlar ve elde edilen yığının parça boyutlarının kendisinden sonra gelen proseslere olabilecek etkisi nedeniyle iyi planlanması gereken bir operasyondur. Olabilecek en az sayıda deneme atımı ile nihai tasarımın elde edilebilmesi son derece önemlidir. Bu ve benzeri çalışmaların geliştirilmesi, patlatmadan sorumlu kişilere yol göstererek patlatma tasarımı ve analizi aşamalarını kolaylaştırarak işletme verimliliğinin artmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Akgün Patlayıcı Mad. San. ve Tic. Ltd. Şti., *MKE Jelatinit Dinamit Tanıtım Sayfası*, <https://www.akgunpatlayici.com/urunler/mke-urunleri/patlayici-urunler/jelatinit-dinamit> [Ziyaret Tarihi: 10.03.2024].

Akyıldız, Ö., 2022, *Basamak Patlatmasında Tasarım Parametrelerinin Patlatma Verimliliği ve Çevresel Etki Açısından Değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Apaydın, E., Alpsar, M., Elmacı, E., Halıcılar, G., İnal, H.S, İşcen, G.H., Patır O., Özkazanç, M.O., 2004, *Patlayıcı maddeler ve patlatma tekniği*, Nitromak Eğitim Yayınları, Ankara.

Arpaz, E., 2000, *Türkiye'deki Bazı Açık İşletmelerde Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimlerin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bhandari, S., 1997, *Engineering rock blasting operations*. A.A. Balkema, Rotterdam.

Cunningham, C.V.B., 1983, *The Kuz–Ram Model for Prediction of Fragmentation From Blasting*, *1st International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, Lulea, Sweden, ss.439–453.

Çiloğlu, T., Özeren, E., & Üstun, A. B., 2021, *Mobil Uygulama Geliştirme, Yayılım ve Ekonomik Gelir Elde Etme Aşamalarının İncelenmesi: iOS ve Android İşletim Sistemlerinin Karşılaştırması*. *Yeni Medya Elektronik Dergisi*, 5(1), 60-77.

Dowding, C.H., 1985, *Blast Vibration Monitoring and Control*, Prentice-Hall, USA.

Dyno-Nobel, *Explosives Engineers' Mobile App Uygulaması Tanıtım Sayfası*, <https://dynonobel.com/practical-innovations/recent-innovation/mobile-app> [Ziyaret Tarihi: 11.05.2024].

Gupta, R.N., Roy, P., Singh, B., 1988, On a Blast Induced Blast Vibration Predictor for Efficient Blasting, *Safety in Mines Research Proceedings of The 22nd International Conference of Safety in Mines Research Institutes*, ss.1015-1021.

Heitk, H., Hanschke, S., Majchrzak, T.A., 2012, Comparing Cross-Platform Development Approaches for Mobile Applications, *WEBIST2012 - 8th International Conference on Web Information Systems and Technologies*, 52-56.

Howarth, J., 2024, *iPhone vs Android User Stats (2024 Data)*, <https://explodingtopics.com/blog/iphone-android-users> [Ziyaret Tarihi: 18.03.2024].

Hustrulid, W., 1999, *Blasting Principles for Open Mining*, A.A.Balkema, Vol-1.

Hüdaverdi, T., ve Kuzu, C., 2005, Madencilik Faaliyetlerinde Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkilerin Ölçülmesi ve Analizi, 3. *Madencilik ve Çevre Sempozyumu*, Ankara, ss.135-140.

Hüdaverdi, T. ve Kuzu, C., 2006, Patlatma ile Kaya Kırmada KUZ-RAM Modelinin Değerlendirilmesi, *IV. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, 1-2 Aralık, İstanbul, ss.347-355.

Hüdaverdi, T., 2010, *Parçalanmanın İyileştirilmesine Yönelik Patlatma Tasarımlarının Araştırılması*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

ISEE, 2015, *Field Practice Guidelines for Blasting Seismographs*, International Society of Explosives Engineers, Cleveland, USA.

Jimeno, C.L., Jimeno, E.L., Carcedo, F.J.A., Translated by Ramiro, Y.V., 1995, *Drilling and Blasting of Rocks*, A.A., Balkema Publishers, Brookfield, ISBN: 90 5410 1977, Rotterdam.

KAPEKS, *Kapeks 100-600-650-750 Tanıtım Bilgi Formu*, <https://kapeks.com.tr/wp-content/uploads/2020/04/kapeks600650750100.pdf> [Ziyaret Tarihi: 11.03.2024].

KAPEKS, *Kapeks ANFO Tanıtım Bilgi Formu*, <https://kapeks.com.tr/wp-content/uploads/2020/04/anfo.pdf> [Ziyaret Tarihi: 11.03.2024].

KAPEKS, Nova 55-65 Tanıtım Bilgi Formu, <https://kapeks.com.tr/wp-content/uploads/2020/04/nova6055.pdf> [Ziyaret Tarihi: 11.03.2024].

KAPEKS, Nova 70-80 Tanıtım Bilgi Formu, <https://kapeks.com.tr/wp-content/uploads/2020/04/nova8070.pdf> [Ziyaret Tarihi: 11.03.2024].

Karadoğan, A., 2008, *Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimler İçin Ulusal Yapı Hasar Kriterlerinin Oluşturulabilirliğinin Araştırılması*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kavuncu, A., 2021, *Yazılım Geliştirme Yaşam Döngüsü ve Modelleri*, <https://atakavuncu.medium.com/yaz%C4%B1%C4%B1m-geli%C5%9Ftirmeye%C5%9Fam-d%C3%B6ng%C3%BCs%C3%BC-ve-modelleri-f4738b5cfcc1> [Ziyaret Tarihi: 19.03.2024].

Keskin, N. Ö., ve Kılınç, A. G. H., 2015, Mobil öğrenme uygulamalarına yönelik geliştirme platformlarının karşılaştırılması ve örnek uygulamalar, *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi*, 1(3), 68-90.

Kırlioğlu Kimya Sanayi ve Ticaret A.Ş., *ANFOEX Tanıtım Sayfası*, <https://www.kirlioglu.com.tr/urunler/patlayicilar/yemlemeye-duyarli/anfoex> [Ziyaret Tarihi: 11.03.2024].

Kırlioğlu Kimya Sanayi ve Ticaret A.Ş., *Dynex 100 Tanıtım Sayfası*, <https://www.kirlioglu.com.tr/urunler/patlayicilar/kapsule-duyarli/dynex-100> [Ziyaret Tarihi: 11.03.2024].

Kırlioğlu Kimya Sanayi ve Ticaret A.Ş., *Dynex 6000 Tanıtım Sayfası*, <https://www.kirlioglu.com.tr/urunler/patlayicilar/yemlemeye-duyarli/dynex-6000> [Ziyaret Tarihi: 11.03.2024].

Kırlioğlu Kimya Sanayi ve Ticaret A.Ş., *Dynex Gold Tanıtım Sayfası*, <https://www.kirlioglu.com.tr/urunler/patlayicilar/kapsule-duyarli/dynex-gold> [Ziyaret Tarihi: 11.03.2024].

Konya, C. J. ve Walter, E. J., 1990, *Surface Blast Design*, Prentice Hall, New Jersey, USA.

Kuznetsov, V. M., 1973, The mean diameter of the fragments formed by blasting rock, *Soviet Mining Science*, 9(2), ss.144-148.

Lilly, P. A., 1986, An Empirical method of assessing rock mass blastability, *AusIMM Large Open Pit Mining Conference*, Melbourne, ss.89–92.

Lundborg, N., Persson, A., Ladegaard-Pedersen, A., Holmberg, R., 1975, Keeping the lid on flyrock in open-pit blasting, *Engineering & Mining Journal*, 176:95–100.

MacKenzie, A.S., 1966, Cost of Explosives - Do You Evaluate it Properly?, *Mining Congress Journal*, 52(5), ss.32-41

Martinez, M., 2019, Two Datasets of Questions and Answers for Studying the Development of Cross-Platform Mobile Applications using Xamarin Framework, *2019 IEEE/ACM 6th International Conference on Mobile Software Engineering and Systems (MOBILESoft)*, ss.162-173.

McKenzie, C.K., 2009, Flyrock range and fragment size prediction, *Proceedings of the 35th Annual Conference on Explosives and Blasting Technique*, Denver, CO, 8-11 February 2009, vol. 2. International Society of Explosives Engineers, Cleveland, OH. ss.17–33.

MineExcellence, *Smart Blasting App Uygulaması Tanıtım Sayfası*, <https://www.mineexcellence.com/blasting-mobile-app-for-mining/> [Ziyaret Tarihi: 11.05.2024].

Mollaoğlu, Ç., 2023, *Mobil Uygulama – Ortaokul*, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Ankara, ISBN: 978-605-312-530-3.

Nelson Brothers, *Nelson Brothers Uygulaması Android Mağaza Sayfası*, https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nelsonbrothers.mobile&hl=en_US&pli=1 [Ziyaret Tarihi: 12.05.2024].

Nitromak Dnx Kimya Sanayi A.Ş., *ANFONİT Tanıtım Bilgi Formu*, <https://www.nitromak.com/storage/app/uploads/public/604/9f1/d8e/6049f1d8e3d56545685085.pdf> [Ziyaret Tarihi: 10.03.2024].

Nitromak Dnx Kimya Sanayi A.Ş., *Nobelex 6000 Tanıtım Bilgi Formu*, <https://www.nitromak.com/storage/app/uploads/public/655/eef/871/655eef87183bf509795435.pdf> [Ziyaret Tarihi: 10.03.2024].

Nitromak Dnx Kimya Sanayi A.Ş., *Nobelex 8000 Tanıtım Bilgi Formu*, <https://www.nitromak.com/storage/app/uploads/public/604/9f2/813/6049f2813bc10746736574.pdf> [Ziyaret Tarihi: 10.03.2024].

Nitromak Dnx Kimya Sanayi A.Ş., *Powermite Tanıtım Bilgi Formu*, <https://www.nitromak.com/storage/app/uploads/public/604/9f1/86b/6049f186b6abd608433629.pdf> [Ziyaret Tarihi: 10.03.2024].

Olofsson, S. O., (1990), *Applied Explosives Technology for Construction and Mining Second Edition*, Arla, Sweden: Applex.

O-Pit Blast, *O-Pit Blast Guide Uygulaması Tanıtım Sayfası*, <https://www.o-pitblast.com/products/o-pitblasting-guide> [Ziyaret Tarihi: 11.05.2024].

Orica-Nitro, *Pocket Blast Guide Uygulaması Tanıtım Sayfası*, https://www.oricaminingservices.com/au/en/page/products_and_services/pocket_blast_guide_app/pocket_blast_guide_mobile_app [Ziyaret Tarihi: 12.05.2024].

Özer, Ü., Kahriman, A., ve Özdemir, K., 2007, Parçalanma Tahmin Modelleri ve Dijital Görüntü İşleme Yöntemi, *5. Delme-Patlatma Sempozyumu*, Ankara, Türkiye, ss.499-509.

Özyurt, M.C., Arslan, A., Mutlu, H.E., Odabaşı, T.C., 2024, *Trakya Bölgesinde Gerçekleştirilen Patlatmalı Kazı Çalışmalarının Verimlilik Açısından Değerlendirilmesi*, TÜBİTAK 2209/A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destek Programı, Sonuç Raporu.

Prasad, S., Choudhary, B.S., ve Mishra, A.K., 2017, Effect of Blast Design Parameters on Blast Induced Rock Fragmentation Size – A Case Study, *Int. Conf. on Deep Excavation, Energy Resources and Production*, Kharagpur, India.

Richards, A., ve Moore, A., 2004, Flyrock control-by chance or design, *Proceedings of The Annual Conference on Explosives and Blasting Technique*. Vol. 1. ISEE.

Rosenthal, M.F. ve Morlock, G.L., 1987, *Blasting Guidance Manual*, Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement, US Department of the Interior.

SFC Nitro Patlayıcı Maddeler LTD.ŞTİ., Orica-Nitro Patlayıcı Ürünleri Ürün Kataloğu, <https://www.sfcpatlayici.com.tr/katalog/img/sfc-katalog.pdf> [Ziyaret Tarihi: 10.03.2024].

Siskind, D.E., Stagg, M.S., Kopp, J.W., Dowding, C.H., 1980, *Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration from Surface Mine Blasting*, RI 8507, Bureau of Mines, ss.74.

Solar Patlayıcı Madde Sanayi A.Ş., *ANFO Tanıtım Bilgi Formu*, https://www.solarpatlayici.com/_files/ugd/f9096f_24f819a55a8e4964b78e1566676c94bb.pdf [Ziyaret Tarihi: 11.03.2024].

Solar Patlayıcı Madde Sanayi A.Ş., *Solargel-E Tanıtım Bilgi Formu*, https://www.solarpatlayici.com/_files/ugd/f9096f_c20065d30c564bf8921ab3537257d754.pdf [Ziyaret Tarihi: 11.03.2024].

Solar Patlayıcı Madde Sanayi A.Ş., *SuperPower90 Tanıtım Bilgi Formu*, https://www.solarpatlayici.com/_files/ugd/f9096f_5cb4b5e1e4524f0a89aa0fd3a4cbf60f.pdf [Ziyaret Tarihi: 11.03.2024].

Şenel, S., Şenel, H. C., ve Günaydın, S., 2019, Herkes için mobil öğrenme: Mobil uygulamaların evrensel tasarım ilkelerine göre incelenmesi, *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi*, 20(1), ss.73-92.

T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, 2017, Bilişim Teknolojileri Alanı, *Mobil Uygulamaya Giriş*, Ankara.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018, *Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu*, ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Ankara.

Tufan, M., Baykara, M., Güler, Z., ve Avcı, E., 2011, Açık kaynak mobil işletim sistemi: Android işletim sistemi, *Elektrik-Elektronik Bilgisayar Sempozyumu*, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Elâzığ.

İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

Bariş KADEM YL tekrar

ORJİNALLIK RAPORU

% **14**
BENZERLİK ENDEKSİ

% **13**
İNTERNET KAYNAKLARI

% **5**
YAYINLAR

% **4**
ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	%5
2	pdffox.com İnternet Kaynağı	%2
3	docplayer.biz.tr İnternet Kaynağı	%1
4	www.megep.meb.gov.tr İnternet Kaynağı	%1
5	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	%1
6	www.maden.org.tr İnternet Kaynağı	<%1
7	www.kanalistanbul.gov.tr İnternet Kaynağı	<%1
8	libratez.cu.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
9	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBİTAK) Öğrenci Ödevi	<%1