

Tallinna Tehnikaülikool

Energeetikateaduskond

Mäeinstituut



Geotehnoloogia õppesuund, AAGB

Andres Nuija, 081979AAGB

Bakalaureuse lõputöö, AKM40LT

ID nr: 2704

**Lõhketööde ohualade määramise meetodikate võrdlev
analüüs**

Juhendaja: Tõnu Tomberg, MSc

Tallinn

2016

Sisukord

Tudengitöö ülesanne	8
Abstract	9
Eessõna.....	10
1 Sissejuhatus	11
1.1 Lõhketööde seismiline efekt.....	11
1.1.1 Seismilised lained.....	12
1.1.2 Seismiliste lainete mõju ehitistele	13
1.2 Õhulööklaine	13
1.2.1 Õhulööklaine kahjustav mõju inimestele	14
1.2.2 Õhulööklaine kahjustav mõju ehitistele	14
1.3 Kivimi kildude laialipaiskumine	15
1.4 Töö eesmärk	15
2 Metoodika.....	15
2.1 Eesti	15
2.1.1 Seismiliselt ohutu laengu määramine.....	15
2.1.2 Õhulööklaine poolest ohutu kaugus	17
2.1.3 Ohutu kaugus kildude laialipaiskumise järgi	18
2.2 USA	19
2.2.1 Vibratsiooni standardid	20
2.2.2 Õhulööklaine	22
2.2.3 Purunenud kivimi kildude laialipaiskumine.....	22

2.3	Kanada	23
2.3.1	Purunenud materjali kildude laialipaiskumine	23
2.3.2	Vibratsioon ja ülerõhk	23
2.4	Austraalia	23
2.4.1	Vibratsiooni arvutamine	23
2.4.2	Õhulööklaine arvutamine	24
2.4.3	Purunenud kivimi kildude laialipaiskumise arvutamine	25
2.5	Soome	26
2.5.1	Vibratsioon	26
2.5.2	Õhulööklaine	28
2.5.3	Purunenud materjali kildude laialipaiskumine	28
2.6	Rootsi	29
2.6.1	Ehitiste suurimad lubatud võnkekiirused	29
2.6.2	Õhulööklaine	30
2.6.3	Purunenud materjali kildude laialipaiskumine	31
2.7	Norra	31
2.7.1	Ehitistele suurima lubatud võnkekiiruse arvutamine	31
2.8	Saksamaa	32
2.8.1	DIN 4150, osa 1 – vibratsiooni parameetrid	32
2.8.2	DIN 4150, osa 2 – mõju inimestele hoonetes	33
2.8.3	DIN 4150, osa 3 – mõju ehitistele	33

3	Tulemused	34
3.1	Võnkekiiruse määramine	34
3.2	Õhulööklaine määramine	36
3.3	Purunenud kivimi kildude laialipaiskumise arvutamine	38
4	Tulemuste analüüs	39
5	Kokkuvõte	41
6	Viited	42
7	Lisad	44

Graafikud

Graafik 1	Suurimad lubatud võnkekiirused ehitistele eri riikide valemite järgi arvatades	36
-----------	--	----

Joonised

Joonis 1.	Kolm ohufaktorit lõhkamisel [1]	11
Joonis 2	Seismiliste lainete liigid [3]	12
Joonis 3	Seismiliste lainete levik maapõues [3]	12
Joonis 4	Seismiliste lainete mõju ehitisele [4]	13
Joonis 5	Rõhu/aja seos õhulööklainel [5]	14
Joonis 6	Ohutu ala määramine suurima lubatud võnkekiiruse ja sageduse järgi [8]	21
Joonis 7	Purunenud materjali kildude laialipaiskumise variandid [16]	25
Joonis 8	Maksimaalne kildude lennu kaugus sõltuvalt laenguaugu diameetrist erinevate laengute korral [1]	28

Joonis 9 Lõhkamisel tekkiv võnkekiirus erinevate kivimitüüpide korral [22]..... 33

Joonis 10 Rõhu ja helirõhu suhet näitav graafik [1]..... 37

Tabelid

Tabel 1 Ehitise suurim lubatav võnkekiirus sõltuvalt kaugusest ja aluspinnasest [7]..... 16

Tabel 2 Ehitise liigist sõltuv parandustegur [7] 16

Tabel 3 Pinnase seismilisuse tegur [7] 17

Tabel 4 Õhulööklaine poolt tekitatavad kahjustused [7]..... 17

Tabel 5 Ohutu kaugus kildude laialipaiskumise järgi [7] 18

Tabel 6 Minimaalsed ohutud kaugused kildude laialipaiskumise järgi [7]..... 19

Tabel 7 Suurim lubatud võnkekiirus sõltuvalt kaugusest [8]..... 20

Tabel 8 Minimaalne lubatud taandatud kaugus sõltuvalt kaugusest lõhkamiskohani [8]..... 21

Tabel 9 Õhulööklaine piirid [3]..... 22

Tabel 10 Suurimad lubatud võnkekiirused ehitistele [15] 24

Tabel 11 Lõhkamisel lubatud õhulööklaine piirmäärad [15]. 24

Tabel 12 Ehitise klassist sõltuv parandustegur [1]..... 27

Tabel 13 Suurim lubatav võnkekiirus sõltuvalt ehitise kaugusest ja tema aluspinnast [1] 27

Tabel 14 Ehitise aluspinnast sõltuv suurim lubatav võnkekiirus [17] 29

Tabel 15 Ehitise klassist sõltuv parandustegur [17]..... 29

Tabel 16 Ehitismaterjali klassist sõltuv parandustegur [17] 30

Tabel 17 Lõhkamiskoha kaugusest sõltuva parandusteguri leidmine [17] 30

Tabel 18 Lõhketööde iseloomust sõltuv parandustegur [17] 30

Lõhketööde ohualade määramise meetodikate võrdlev analüüs

Tabel 19 Rõhu tagajärjel tekkivad ohud [5].....	31
Tabel 20 Ehitise tüübist sõltuv parandustegur [18].....	31
Tabel 21 Ehitismaterjalist sõltuv parandustegur [18].....	32
Tabel 22 Ehitise seisukorrast sõltuv parandustegur [18]	32
Tabel 23 Lõhketööde tüübist sõltuv parandustegur [18].....	32
Tabel 24 Ehitise suurima lubatud võnkekiiruse määramine [22].....	34
Tabel 25 Valemid võnkekiiruste määramiseks erinevates riikides	35
Tabel 26 Erinevad faktorid, mida arvestatakse võnkekiiruse määramisel	35
Tabel 27 Eri riikides arvatud võnkekiirused	36
Tabel 28 Õhulööklaine ohualade määramise meetodikad erinevates riikides	37
Tabel 29 Eri riikide arvatud rõhud teisendatud kilopaskalitesse.....	38
Tabel 30 Purunenud kivimi kildude laialipaiskumise ohualade määramise viis erinevates riikides.....	38

Abstract

Comparative analysis of methods for determining the parameters of hazard areas in surface blasting

Surface blasting is one of the most important part in mining. In Estonia blasting is one of the main ways of rock crushing. Its advantages are speed, low cost and lack of need for labor. But there are also different risks surrounding surface blasting, these are seismic effect, air shock wave and flyrock. These risks can cause damage to buildings, machines and humans. Therefore it is important to identify the risk areas properly to avoid accidents.

This Bachelor's degree thesis analyzes existing methods in different countries to determine the risk areas. The aim of this study is to find the optimal ways to unify Estonian standards with other countries. I analyzed methods in countries like United States, Canada, Australia, Germany, Sweden, Finland, Norway and Estonia. Subsequent analyzis showed that:

All countries considered that the most serious threat is the maximum allowed peak particle velocity. Scandinavian countries determine the danger zone depending on the distance of the building and adding variety of correction factors. In the United States and Canada, only limits not to be exceeded are set at the federal level. The lowest maximum allowed peak particle velocity is set in German and Australian formulas, because those count in site-specific constants.

The majority of countries have determined limits for air shock wave that must not be exceeded. It is assumed that the danger zone for maximum allowed peak particle velocity covers also the damage from airshock wave. Similar limits apply in English-speaking countires, what are known as AUSCANUK.

From all of the risk factors flyrock is the most vaguely defined. In the United States and Canada the safe distances are generally limited at the federal level. In Finland and Sweden the distance depends on the diameter of the blasthole. The most specific handling of flyrock is in Australia, which takes into account various ways of the fragments ejection.

The results show that Estonian methods determine the danger zones clearly enough, but we will be able to specify the maximum permissible levels of vibration velocity model of Sweden to harmonize our standards with Scandinavian countries. A totally new approach for flyrock used in Australia could also be applied in Estonia to harmonize existing standards.

5 Kokkuvõte

Käesolevas bakalaureuse lõputöös uuriti lõhketööde ohualade määramise meetodikaid arenenud riikides nagu USA, Kanada, EU riigid ja Austraalia. Antud uuring on tähtis eelkõige lõhketööde ohutusstandardite ühtlustamiseks teiste riikidega ning leidmaks optimaalseid variante Eesti jaoks. Lõhketöödel tekkivate ohufaktoritena käsitleti õhulööklainet, purustatud kivimi kildude laialipaiskumist ning lõhketööde seismilist efekti.

Võrreldes sarnastel tingimustel ja kaugustel arvatud suurimaid lubatud võnkekiirusi erinevate riikide meetodikate järgi (vt Graafik 1), jääb silma, et kõige väiksemad lubatud võnkekiirused on Saksamaal ja Austraalias, vastavalt 1,37 mm/s ja 2,18 mm/s. Seda aga seetõttu, et neis riikides on arvutamisel kasutatud nende riikide geoloogiale omaseid konstante. Neile järgneb Rootsi, arvatud tulemusega 6,89 mm/s, kelle järel on Eesti ja Soome, mõlemad suurima lubatud võnkekiirusega 16,50 mm/s. USA-s ja Kanadas on võnkekiirus määratud üldise tabeli järgi (vt Tabel 7) ning Norra meetodika ei arvesta sisse kaugust. Seega mida väiksem on suurim lubatud võnkekiirus ehitisele, seda madalam on oht, et ehitis võiks saada kahjustusi.

Õhulööklaine määramiseks kasutab Eesti ainukesena meetodikat, millega arvutatakse ohuala raadius meetrites koheselt välja. Ülejäänud riikides on kehtestatud piirmäärad, mida ei tohi lõhkamisel tekkiv ülerõhk ületada. Antud ülerõhk arvutatakse otse välja vaid Soomes ja Rootsis, sõltuvalt lõhkeaine kogusest ja distantist. Austraalias on eelduseks, et vibratsioonile kehtestatud piirmäärad hõlmavalt koheselt ka õhulööklainest tuleneva kahju.

Purunenud kivimi kildude laialipaiskumine on erinevates riikides kõige ebamäärasemalt määratletud. Eestis arvutatakse vähima vastupanujoone valemist kaugus, mille abil määratakse ohuala raadius inimestele ja tehnikale. USA-s on see väga üldiselt määratud föderaalasel tasemel ja ülejäänud pädevus on jäetud osariikide kätte. Kanada kasutab vaikimisi teistel ingliskeelsetelt riikidelt laenatud standardeid (AUSCANUK). Soomes ja Rootsis arvutatakse kildude laialilennu kaugused vastavalt lõhkeaugu diameetrist sõltuvalt. Kõige spetsiifilisemalt on materjali kildude laialipaiskumist käsitletud Austraalias, kus vaadeldakse eraldi kraatri tekkelist, topist väljapaiskavat ja astangust läbilöövat mehhanismi (vt Joonis 7).

Töö edasiarendusena, et ühtlustada Eestis kehtivaid lõhketööde ohualade määramise meetodikaid teiste riikidega, tuleks meil suurima lubatud võnkekiiruse määramise juures kasutusele võtta parandustegureid Rootsi näitel. Kuna meie meetodikad paseeruvad samadel alustel, siis saaks seda lihtsalt rakendada. Tulemuseks oleks täpsem lubatud võnkekiiruse määratlus erinevatele hoonetele, et minimaliseerida hoonete vigastusi. Teisalt võiks proovida Eestis rakendada Austraalia meetodika järgi kivimi kildude laialipaiskumise jaoks mõeldud valemeid, mis suurendaks ohu vähenemist erinevates olukordades.