



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



:

:

: «

μ

μ
μ

»

:

.

μ 2015

, μ
μ , μ
μ μ .
μ μ
μ μ
μ μ
μ μ .
μ μ .

.....	1
ABSTRACT	1
1	2
1.1	2
1.2	3
1.3	4
1.3.1 μ	4
1.3.2	5
1.3.3	8
1.3.4	10
2	11
K	11
2.1	11
2.1.1 μ	11
2.1.2 μ	12
2.2	15
2.2.1	16
2.2.2	17
2.2.2.1	18
2.2.2.2 μ	20
2.2.3 μ μ μ	21
2.2.4	21
2.2.5	22
2.2.6	23
2.2.7 μ	24
2.2.8	24
2.2.9 μ	26
2.3	27
2.3.1	27

2.3.2	.....	31
2.4	.....	33
2.5	.....	35
2.5.1	.....	35
2.5.2	μ	36
2.6	.....	37
2.6.1	μ	37
2.6.2	-	39
2.6.2.1	.....	41
2.6.2.2	μ	42
2.6.3	μ	42
2.6.3.1	μ	44
2.6.3.2	.....	44
2.6.3.3	μ	45
2.6.3.4	μμ μ	45
2.6.4	.....	46
2.6.5	ANFO	47
2.6.6	Slurries.....	48
2.6.7	μ	50
2.7	.....	52
2.7.1	μ	53
2.7.1.1	μ	53
2.7.1.2	.....	55
2.7.1.3	μ	56
2.7.1.4	.....	57
2.7.1.5	μ NONEL.....	60
2.7.2	μ	64
2.7.2.1	.....	65
2.7.2.2	.....	65
2.7.2.3	.....	71
2.8	().....	73
2.8.1	μ μ	75
3	.....	77
M	(V D).....	77
3.1	.....	77

3.2		.....	79
3.2.1	μ	D'Autriche.....	79
3.2.2		.....	81
3.3		.....	83
3.3.1	μ	.....	83
3.3.2		.....	85
3.3.3		CORRTEX.....	85
3.3.4		SLIFER.....	86
3.3.5	μ		
μ		μ	.....
			87
4		.....	92
		.....	92
4.1		.....	92
4.2		.....	92
4.3		.....	94
4.4		.....	97
4.5		.....	99
5		.....	107
-	-	.....	107
5.1		.....	107
5.2		.....	110
		.....	111

Σχήμα 1 (.2.1):	μ μ	(: Εργαστήριο Εξόρυξης Πετρωμάτων ΕΜΠ.).....	11
Σχήμα 2 (.2.2):	μ	Langweiler (1938) (: , 1997).	13
Σχήμα 3 (.2.3):	μ μ	Cook (1958)	14
Σχήμα 4 (.2.4):	μ μ	() () (: ISEE, 1998).	19
Σχήμα 5 (.2.5):	M μ μ	(: (Καθηγ. Γ.Ν. Παναγιώτου – Εργαστήριο Εξόρυξης Πετρωμάτων ΕΜΠ),	20
Σχήμα 6 (.2.6):	μ μ μ	(http://www.metal.ntua.gr/index.pl/7d1d06d7_gr).	30
Σχήμα 7 (.2.7):	μ μ	(http://www.metal.ntua.gr/index.pl/7d1d06d7_gr).....	33
Σχήμα 8 (.2.8):	(: Dynonobel, 2003)		41
Σχήμα 9 (.2.9):	μ μ	(: , 1996).....	43
Σχήμα10 (.2.10):	μ . T	0,1μm. (Hopler, 1993) (: , 1997).	51
Σχήμα11 (.2.11):	μ μ μ μ	(: , 1997).....	54
Σχήμα12 (.2.12):	μ μ μ μ	(: , 1997)	56
Σχήμα13 (.2.13):	L μ	.....	60
Σχήμα14 (.2.14):	μ μ L μ μ μ	(: Dynonobel, 2003).	63
Σχήμα15 (.2.15):	μ μ L:)μ	(: Dynonobel, 2003).	64
Σχήμα16 (.2.16):	(: Dynonobel, 2003).....		66
Σχήμα17 (.2.17):	μ	(: , 1997)	67
Σχήμα18 (.2.18):	μ μ Dynonobel	(: Dynonobel, 2003).....	69
Σχήμα19 (.2.19):	μ μ	(: , 1997).....	69
Σχήμα20 (.2.20):		.....	70
Σχήμα21 (.2.21):		MS ()	
	μ ()	(: , 1997).....	71
Σχήμα22 (.2.22):	μ μ Magnadet	(: ,1997).....	72

Σχήμα23 (.2.23):	μ	(: , 1997)	73
Σχήμα24 (.3.24):	μ μ μ	D'Autriche	80
Σχήμα25 (.3.25):	μ μ μ μ	.....	82
Σχήμα26 (.3.26):	μ μ	(: Cordin, 2003).....	84
Σχήμα27 (.3.27):	μ μ μ	.....	84
Σχήμα28 (.4.28):	μ 1 μμ	.....	93

Πίνακας 1 (.1.1):	μ	(: , 1997)	9
Πίνακας 2 (.2.2):		(: . 1996).....	19
Πίνακας 3 (.2.3):		(: , 1997).....	39
Πίνακας 4 (.2.4):	μμ μ μ	(: , 1997).....	53
Πίνακας 5 (.2.5):	μ μ μ	(: Union Espanolas Explosives).	58
Πίνακας 6 (Πιν.4.6):	Στοιχεία ανατίναξης # 1	.....	94
Πίνακας 7 (Πιν.4.7):	Στοιχεία ανατίναξης # 2	.....	95
Πίνακας 8 (Πιν.4.8):	Στοιχεία ανατίναξης # 3	.....	96
Πίνακας 9 (Πιν.4.9):	Μετρήσεις ταχύτητας έκρηξης εντός διατρήματος της ανατίναξης # 2	.....	102
Πίνακας10 (.4.10):	μ # 3	105	
Πίνακας11 (.5.11):	μ EXTRACO SA	.....	108
Πίνακας12 (.5.12):	ANFO	.....	109

Εικόνα 1 (.3.1) :	10 mm (0,4 in) μ x 10 cm (3,9 in) μ	.....	89
Εικόνα 2 (. 3.2) :	μ	.....	89
Εικόνα 3 (.3.3) :	μ	.....	90

Εικόνα 4 (.3.4):	μ μ · μ μ μ μ	μ	
Εικόνα 5 (.4.5):	μ	V D μ	.....90
	# 1 (V D Original Graph) –	μμ - .	
Εικόνα 6 (.4.6):		VOD μ	.....101
	# 2 (V D Original Graph) –	μμ - .	
Εικόνα 7 (.4.7):		V D μ μ	.....102
	μ	# 2 (V D Graph –V D_VALUES) –	
	μμ - , μ		.....103
Εικόνα 8 (Εικ. 4.8):	Μεταβολή της ταχύτητα έκρηξης του ANFO συναρτήσει της διαμέτρου του διατρήματος στο οποίο γομώνεται.....		104
Εικόνα 9 (.4.9):		V D μ	.....105
	# 3 (V D Original Graph) –	μμ - .	
Εικόνα10 (.4.10):		V D μ μ	.....106
	μ	# 3 (V D Graph –V D_VALUES) –	
	μμ - , μ		.....106

μ μ μ
 μ
 μ μ
 μ μ
 μ 27.02.2015 21.05.2015
 28.05.2015 μ μ μ μ
 μ .
 μ μ
 μ μ
 μ . . .
 μ μ
 μ μ μ μ
 μ μ μ μ ,
 μ μ μ μ

ABSTRACT

The purpose of this paper is the detailed study of the measurement of velocity of detonation of the explosive in drillings and videotaping of blasting production with ultra receiving camera.

The research carried out in the quarry Athikia Corinth during three visits took place on 27.02.2015, on 21.05.2015 and on 28.05.2015 dates on which an equal number of blasting production was held.

To measure the velocity of detonation of the explosive in drillings and videotaping of blasting has been used equipment Laboratory Mining Rocks of NTUA University.

The study and evaluation of the results of the blasting videotaped with ultrafast camera and the measurements of the explosives' explosion speed in drillings, resulted useful conclusions and recommendations which are analysed in the last chapter of this paper.

μ : μ
(, 1979).

1.3.2

μ 13 ,
μ μ
17 (http://www.metal.ntua.gr/index.pl/7d1d06d7_gr).
17 μ μ
μ μ , μ μ
(, , , , ,). –
μ μ
μ μ ()
μ μ 3-4 h/m³
μ . μ , μ
μ μ , μ ,
μ μ ,
(http://www.metal.ntua.gr/index.pl/7d1d06d7_gr).
1627 μ μ
(μ) Schemnitz
μ Kaspar Weindl. μ
μ . 1831 William
Bickford (miners safety fuse) μ
μ μ .
1846 Ascanio Sobrero
, μ
, μ
μ
μ
1864 Alfred Nobel, μ μ ,

1866

μ kieselguhr (μ μ)

(http://www.metal.ntua.gr/index.pl/7d1d06d7_gr).

μ μ kieselguhr μ
μ (dynamite- μ), μ
μ μ μ 20
μ .

1865 Alfred Nobel

(μ μ), μ μ
Bickford

μ μ .

1875 Alfred Nobel

μ μ
μ (μ) ,
μ
μ μ (blasting gelatin), μ
92% 8% , μ μ
μ , μ

(Καθηγ. Γ.Ν. Παναγιώτου -

Εργαστήριο Εξόρυξης Πετρωμάτων ΕΜΠ.)

μ μ μ μ 20 100% μ
μ . μ μ

2009).

1902

μ μ 1912 μ μ
μ , μ PETN, 1936.

20 μ

1922

1940

10-100

μ

μ μ (Καθηγ. Γ.Ν. Παναγιώτου – Εργαστήριο Εξόρυξης Πετρωμάτων ΕΜΠ).

μ μ .

μμ , , μ

, μ μ μ

μ μ . μ μ

/ μμ μ

μ μ

μ .

μ ,

μ 1950, « »

μ μ .

μ μ ANFO (Ammonium Nitrate-

Fuel Oil) μ μ μ μ

μ . μ ANFO

μ μμ (NH₄NO₃),

μ . 1945 μμ

μ μ μ μ

μ . μ μ

μ (, 2009).

1956 μ μ Oliver Mining

Division, U.S. Steel Corporation. ANFO μ

μ . ANFO, μ ,

μ 1956 1.000.000 tn 1975,

μ μ 340.000 135.000 tn.

1958 Cook Farnham μ

μμ , μ , μ ,

- μ . μ μ

, (slurry explosives) μ

μ .

1969 H.F. Bluhm Atlas Chemical Industries Ltd ()

μ . μ (emulsion explosives)

μ

1.3.3

μ
(
)
, (. NH₄NO₃, O₃, NaNO₃). μ
.
μ (C),
(), () () μ
C-H-N-O.
μ , μ
, , RDX μ μ μ
,
μ (1),
(Si 2 μ) . 1.1
μ .

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 (1.1):

(: , 1997)

Χημική ουσία		Χημική σύσταση	Ρόλος της στην παρασκευή εκρηκτικών υλών
Νιτρογλυκόλη	Ethylene glycol dinitrate(EGDN)	$C_2H_4(NO_3)_2$	Εκρηκτική ουσία
Νιτροκυτταρίνη ⁺	Nitrocellulose	$[C_6H_7O_2(ONO_2)_3]_n$	Χαμηλώνει σημείο πήξεως Εκρηκτική ουσία. Προσδίδει ζελατινώδη υφή
Νιτρογλυκερίνη	Nitroglycerin(NG)	$C_3H_5(NO_3)_3$	Εκρηκτική ουσία
Τρinitροτολουόλιο ή Τροτύλη	Trinitrotoluene (TNT)	$C_7H_5(NO_2)_3$	Εκρηκτική ουσία
Πεντρίτης ή Τετρανιτρικός πενταερυθρίτης	Pentaerythrotetra-nitrate (PETN)	$C_5H_8(NO_3)_4$	Εκρηκτική ουσία
Στυφνικός μόλυβδος	Lead styphnate	$C_6HN_3O_8Pb$	Εκρηκτική ουσία
Τετρύλη	TETRYL	$C_7H_5N_5O_8$	Εκρηκτική ουσία
Αζίδιο του μόλυβδου	Lead azide	$Pb(N_3)_2$	Εκρηκτική ουσία
Βροντώδης υδράργυρος	Mercury fulminate	$Hg(ONC)_2$	Εκρηκτική ουσία
Κυκλωνίτης	Cyclonite (RDX)	$C_3H_6N_6O_6$	Εκρηκτική ουσία
Νιτρικό αμμώνιο	Ammonium nitrate	NH_4NO_3	Φορέας οξυγόνου
Νιτρικό κάλιο(νίτρο)	Potassium nitrate	KNO_3	" "
Νιτρικό νάτριο	Sodium nitrate	$NaNO_3$	" "
Νιτρικό ασβέστιο	Calcium nitrate	$Ca(NO_3)_2$	" "
Πετρέλαιο	Fuel oil	$(CH_3)_2(CH_2)_n$	Καύσιμο
Παραφίνη	Paraffin	C_9H_{2n+2}	"
Ξυλοπολτός	Wood pulp	$(C_6H_{10}O_5)_n$	"
Ανθρακας	Coal	C	"
Ξυλάνθρακας	Charcoal	C	"
Θείο	Sulphur	S	"
Αργίλιο	Aluminium	Al	"
Οξείδιο του ψευδαργύρου	Zinc oxide	ZnO	Ουδέτερη ουσία
Κιμωλία	Chalk	$CaCO_3$	"
Γη των διατόμων	Diatomeceous earth (Kieselguhr)	SiO_2	Ουδέτερη ουσία.
Νερό	Water	H_2O	"
Ανθρακικό ασβέστιο	Calcium carbonate	$CaCO_3$	"

μ ,

μ

μμ :

$$2 + 4 + 3 + 2O + 2 - 1587 \text{ kJ/kg} \quad (1.1)$$

:

$$4C_3H_5(N_3)_3 + 12C + 2 + 10 + 2O(\mu) + 6 + 2 + 2 - 6310 \text{ kJ/kg} \quad (1.2)$$

(1.1)

μ

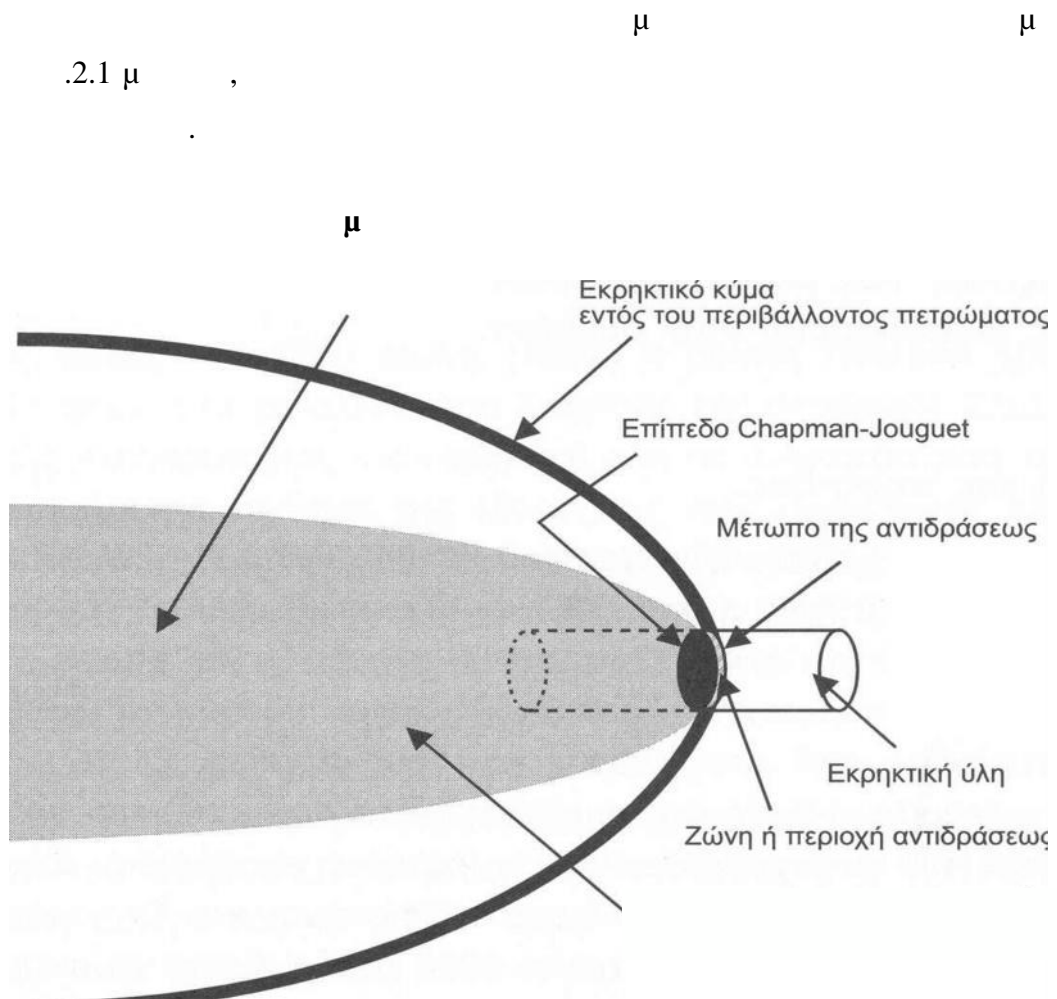
μμ

μ μ

μ

2.1

2.1.1 μ



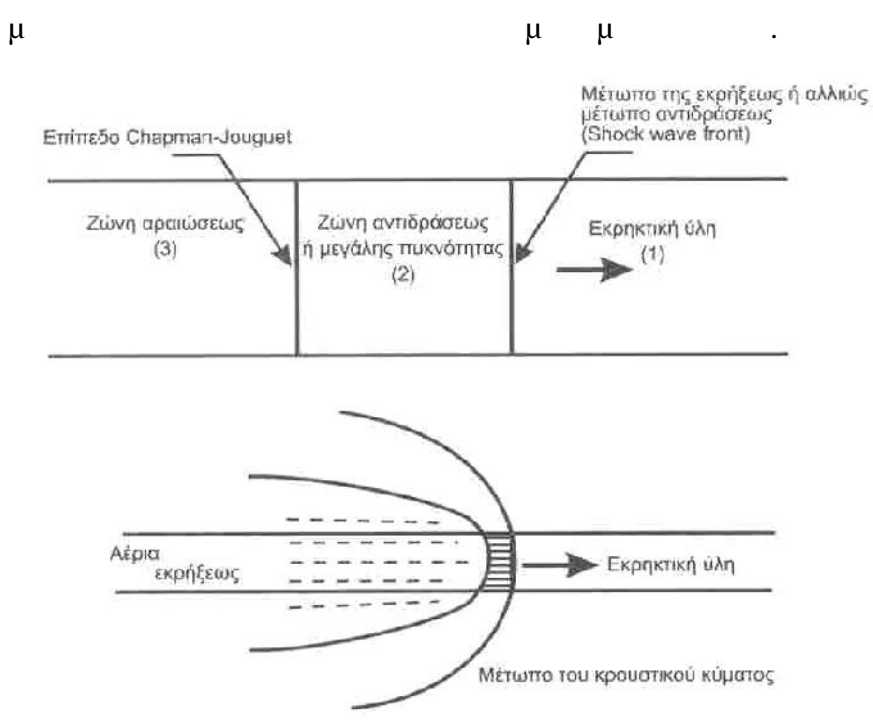
ΣΧΗΜΑ 1 (2.1): μ (: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΞΟΥΡΥΞΗΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΕΜΠ.)

(detonation front).
 (detonation wave)
 (detonation head).
 (Katsabanis, 1996)
 (primary reaction zone),
 (shock front) Chapman and
 Jouguet,
 0,2 mm
 220 kbar (=22 GPa), 3000
 30%
 (explosive wave)
 (, 1997).

2.1.2

Langweiler (1938),
 Cook (1974),
 Langweiler, (
 1997) . 2.2
 :

1. μ (1).
2. (detonation zone reaction zone)
 μ (2). μ .
 μ
 Chapman Jouguet. , μ μ ,
 μ , μ
 μ sec. μ μ 0,2 mm,
 C-J, μ
 μ , μ $P_d=220$ kbar,
 μ μ =3000 μ 30%
 μ , 1,6 g/cm³.
3. (3). μ



ΣΧΗΜΑ 2 (.2.2): μ LANGWEILER
 (1938) (: μ , 1997).

μ :
 • μ (shock wave front). μ

μ (μ) . 2.3 (Katsabanis, 1996).
 μ , μ , μ ,
 μ μ $3 \frac{1}{2}$ μ
 μ μ (transient
zone). μ , μ μ $4/3$,
 μ μ μ .
 μ μ 2 d 3,5 d, d μ μ
(Cook, 1958). μ . ANFO,

(Katsabanis, 1996).

μ , μ ,
 μ μ
 μ μ μ . (Katsabanis, 1996)

2.2

- μ $\mu\mu$ μ μ μ .
, μ .
:
1.
2.
3. μ μ μ
4.

- 5.
- 6.
- 7.
- 8.

2.2.1

(strength) , μ μ ,
 μ μ μ μ .
 (μ μ μ μ), μ
 μ μ μ μ μ ,
 μ , μ ,
 . (, 1997)
 μ μ μ μ , , μ
 μ $\mu\mu$ μ μ ,
 μ μ μ μ μ
 $\mu\mu$ μ μ . μ 1 kg ANFO (
 900 kcal 3.77 MJ 1 s,
 3.77 MW. 0.01 s,
 377 MW, μ μ
 300 MW
 , μ μ μ
 μ .
 μ μ :

1. (Absolute Weight Strength- AWS)
 (μ), $\mu\mu$.
 ANFO . . 930 cal/g, μ $\mu\mu$ μ 1080 cal/g
 μ 770 cal/g.
2. ' (Absolute Bulk Strength-ABS)

(μ),
 . ABS μ AWS
 .
 ANFO 0,81 g/cm³ 930 x 0,81 = 753 cal/cm³.
 μ μ μ 1,36 g :
 1080 x 1,36 = 1460 cal/cm³
 μ 770 x 1,25 = 963 cal/cm³.

3. (Relative
 Weight Strength-RWS) , (Relative Bulk Strength-
 RBS cartridge strength) (, 1997)

2.2.2

H , μ μ
 , , μ μ
 . μ μ
 μ μ μ
 . μ μ
 3000-7000 m/s. μ μ μ
 . μ
 μ μ μ . μ (Dc),
 μ μ (confined
 V D), (Du), (unconfined
 V D) D*, (ideal VOD).
 μ μ :
 Du =(0,70 0,80) Dc
 μ , , μ (μ)

Dc. , μ (. 1997).
 μ , μ μ
 μ ,
 μ μ μ . μ
 μ μ μ μ μ
 μ . μ (fps)
 μ (m/s).
 :
 •
 • μ
 • μ μ
 • μ
 •
 • μ
 • μ .

2.2.2.1

μ μ . μ
 μ μ (ISEE, 1998).
 μ μ μ μ
 μ μ 1500 m/s -
 7600 m/s . μ -
 μ μ 3000 m/s -
 5500 m/s.
 , 2.4 , μ
 μ
 .

No. 8,
(blasting agents).

(explosives)

μ

μ

μ

μ

μ

μ

(air gap sensitivity).

μ

,

μ

()

μ

30 mm (1 ¼ in)

μ

μ

()

μ

μ

.

μ

μ

μ

μ

(

, 1997).

2.

μ

μ

μ

μ

μ

μ

.

,

,

2 kg,

μ

μ

.

cm

μ

(

, 1979).

3.

μ

μ

.

μ

μ

.

μ

μ

μ

,

μ

.

μ

μ

.

μ

μ

μ

.

μ

μ

μ

BAM

μ

μ

μ

μ

μ

μ

(pistol)

μ

μ

μ

μ

μ

μ

50%

(pistol load).

μ

μ

μ

μ

μ ,
 μ (ISEE, 1998).

2.3

μ
 μ μ μ
 . μ μ , μ
 μ μ μ , μ
 , μ μ . μ
 μ μ μ μ
 μ , μ μ μ μ
 - (, 2001).
 μ ,
 μ ,
 μ μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ
 (Kutter et al, 1971, , 2001).

2.3.1

μ μ μ
 μ μ 3000-6000 m/s μ
 , μ μ μ .
 (detonation pressure)
 μ μ μ
 100% μ 0,5-20 GPa, μ 5-10 GPa,

(spalling) (slabbing), μ
 Duvall Atchison (1957), μ
 μ μ .
 μ , μ μ μ
 μ , μ , μ
 μ ,
 μ , μ μ , μ
 μ μ μ μ μ μ
 μ μ , μ μ μ
 μ , μ μ , μ
 μ , μ μ
 μ (, 2001).

2.3.2

μ μ μ μ
 μ (strain wave
 energy) μ μ
 μ (μ μ CO₂, H₂O, N₂, O₂, μ
 μ) μ 10-20%
 μ , μ μ μ
 μ ,
 μ .
 μ μ μ μ
 μ , μ

μ

μ

μ (low explosives, LE)

μ ,

μ ,

μ μ μ (,

μ μ).

μ (black powder), μ

μ μ μ .

μ μ , μ ,

μ (3000-8000 m/s).

μ (high explosives, HE)

(primary HE), μ μ

μ (. . .), μ),

(secondary HE), μ (μ , ANFO, slurries)

(, 1997).

3.

μ .

μ μ μ

(, 2009):

\tilde{N} : μ

μ μ .

μ μ , ,

μ (primers).

\tilde{N} : μ

μ , μ

μ (propellants), μ μ , .

\tilde{N} : μ

μ μ ,

μ .

2.5

μ
μ
, μ μ μ (air blast)
(fly rock effect).
, μ
μ μ μ μ
μ μ μ (CO,NO_x,).
μ μ μ
, μ μ μ
, μ
μ μ μ μ (μ
) μ μ μ μ
.
, μ
(, 2001).

2.5.1

μ (. μ)
, μ
(charge per delay)
(, 2009).
μ μ μ μ
, μ μ μ
μ
(. . . -
μ μ).
μ μ

(, 2003, , 2012) :

- (V)
() μ μ . μ
(PPV) μ μ mm/s.
- μ μ μ μ
μ . μ μ μ
Hertz (Hz) (μ , 2012).

2.5.2 μ

- μ (air blast) μ μ ,
μ μ (. μ).
μ :
) (noise) 20 20000 Hz.
) μ (concussions) μ 20 Hz.
μ μ μ
, μ .
μ (, 2009):
- μ (μ) μ μ
- μ
- μ μ μ μ μ
- μ ,
- μ μ (μ) .
μ 140 dB (0,029 psi). μ
μ ,
μ , μ μ μ μ

psi) . μ μ 134 dB (0,0145
 μ 140 dB Siskind et al., (1993)
 μ 32 km/h (, 2001).

2.6

μ μ
 :
 1. μ (commercial type explosives),
 μ
 2. (military explosives),
 μ μ μ
 μ μ .
 μ μ μ μ μ μ
 . , μ
 ,
 .
 μ , ANFO, slurries μ (emulsions).
 μ Cardox, μ
 μ , μ
 .

2.6.1 μ

μ μ μ μ .
 , μ .
 μ ,

,
(, 1997).

1. : (Low Explosives, L).

.
μ μ
μ μ μ μ μ μ
μ μ μ μ μ μ

2. (High Explosives, H),

μ μ
μ μ μ
μ

2. : μ .
(primary explosives). , . . .

μ .
μ μ

2. μ () .
μ (secondary explosives).

μ , ANFO, slurries .
μ

(μμ) ,
μ :

2. 1. (NG). μ μ

- :
- μ (straight dynamite)
 - (gelatin dynamite)
 - μ (semi-gelatins)
 - μ μ (ammonia dynamites)

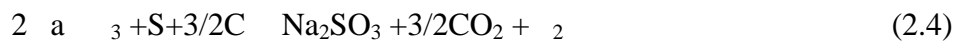
μ μ v μ
(dynamites).

$$2 \text{NaNO}_3 + \text{S} + \text{C} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2 + \text{N}_2 \quad (2.3)$$

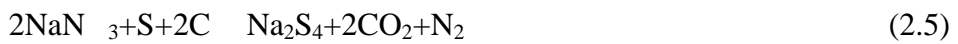
$$Q = 910 \text{ kcal/kg}, \quad n = 4,7$$

mole/kg 50% μ μ

. μ μ :



$$\mu \quad Q \quad 620 \text{ kcal/kg} \quad n = 6,9$$



$$\mu \quad Q \quad 680 \text{ kcal/kg} \quad n = 8,9$$



$$\mu \quad Q \quad 620 \text{ kcal/kg} \quad n = 12,6$$

μ μ μ

, μ n•Q μ

μ ,

μ , μ

, μ (2.4) (2.5).

650 kcal/kg (= 2720 kJ/kg), 270 kg 0,6 kg

kg

μ .

μ μ

. μ

(, 1997)

μ μ 5 sec μ 427

C 0,5 sec 510 C, μ μ

μ μ μ . , μ

μ Trauzl 10% , μ μ

45% μ μ 42,5%
 μ μ μ
 μ μ μ
 1997). μ (μ ,
 μ ,
 :

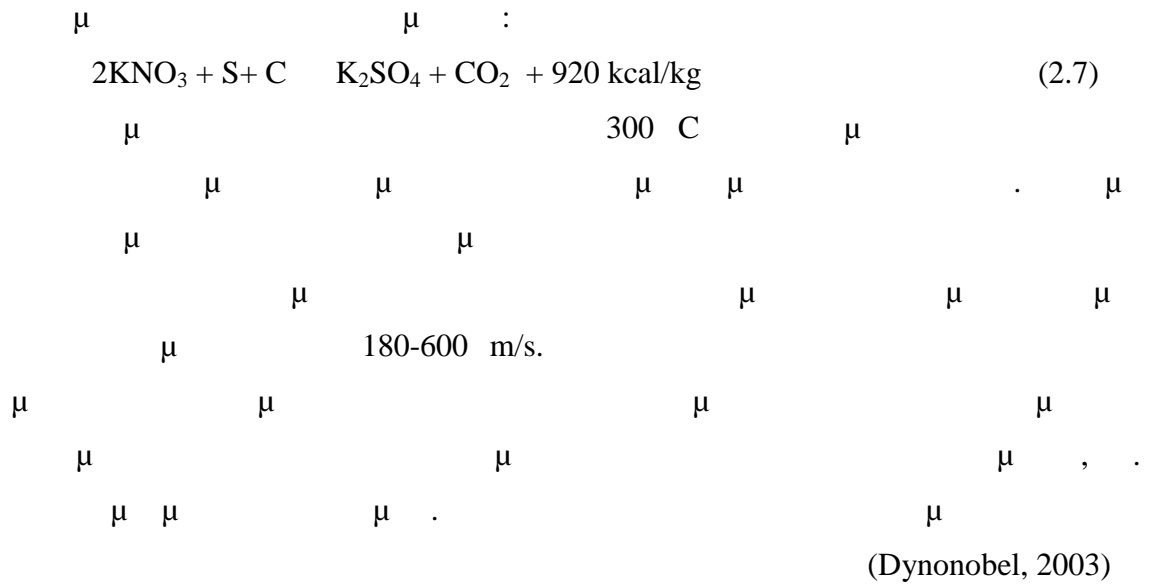
2.6.2.1

μ μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ
 . 2.8 ,
 μ 1,10 1,20 g/cm³.

3	62-75 %
C	15-20 %
S	10-18 %



ΣΧΗΜΑ 8 (.2.8): (: DYNONOBEL, 2003)



2.6.2.2

Reaction rate: $1,65\text{--}1,75 \text{ g/cm}^3$

Reference: (, 1997)

2.6.3

Reference: (NG).

Density: $1,6 \text{ g/cm}^3$

Temperature: $13,2^\circ\text{C}$ to 145°C .

2.6.3.1

μ

μ Alfred Nobel μ
 μ NG ,
 μ " μ ",
 μ Nobel (μ Guhr). μ
 μ 15% μ 60% ,
 μ NG (60/40).
 μ 40% :

	40 %
	44%
	2 %
	14 %

2.6.3.2

μ μ
 μ μ
 μ μ
 μ (NC), μ NG,
 μ μ μ "
 μ ". 12,2%
 μ μ
 ().
 μ
 20 μ 92%. μ 8%
 92% NG μ μ (blasting gelatin Gomme),
 μ
 μ
 (, 1997).

2.6.3.3

μ

μ , NG
 μμ ,
 μ . μ
 , 20% μ 60%.
 μ , μ μ
 , μ (2100-6000 m/s)
 . μ μ
 , μ
 μ . μ μ 30%
 NG : =1,38g/cm³,
 μ μ Q=1180 kcal/kg (=4939 kJ/kg), μ
 =3200° C, , D = 4000 m/s 870 lt /kg.
 μ 40% :

	26,2 %
	0,4 %
μμ	8,5 %
	49,6 %
	5,6 %
	0,8 %
	8,9 %

2.6.3.4 μμ

μ

μμ μ
 μμ μ NG
 μ
 μ .

• $\mu\mu$,
 • μ
 ANFO μ , μ
 μ ANFO ,
 μ
 μ ,
 μ μ μ μ μ
 μ μ 32-38 °C μ
 μ 4 6 , μ μ
 43 °C, 2-4 (, 1997).

2.6.6 Slurries

slurries, water gels
 gels $\mu\mu$. μ μ
 . Cook 1956 μ Nob Lake Mine Labrador Iron
 Ore Company of Canada, 1959 . Cook
 μ Pilotac Mine Mesabi Range Minnesota . . . μ
 , . . .
 10 1960 μ ,
 μ μ slurries, μ μ
 μ μ μ , ,
 μ .
 μ ,
 μ ANFO
 μ .
 slurries μ μ , μ
 ($\mu\mu$ (μ μ) , μ μ
 (, , , μ μ , μ
 .), (sensitiser), μ
 , 5 30% μ μ 15%.

μ .
 slurries μ
 μ , :
 : D = 3500-5800 m/s (4400)
 : P_d = 70-120 kbar (48)
 : = 1,05-1,6 (0,86)
 μ : : Q = 600-1200 cal/g (880)
 , : Q = 700-1500 cal/cm³ (756)
 : V = 3,1-4,2 mole/g (4,4)
 V = 3,9-5,3 mole/cm³ (3,8)
 μ standard
 ANFO.

2.6.7 μ

μ (emulsions) μ μ μ μ μ
 , μ μ (μ μ
).
 μ , μ ,
 μ μ μ μ μ μ
 . μ μ (μ
) (paraffin wax) μ μ μ
 . μ μ μ 1
 10 . μ μ μ μ
 , . 2.10 μ
 μ , μ μ μ μ μ μ
 μ 0,002- 0,1 μm μ ,
 (μ μ μ) μ .
 , , μ ()
) 1% μ μ μ
 (, 1997).



ΣΧΗΜΑ 10 (.2.10): μ .T
 0,002- 0,1 μ M. (HOPLER, 1993)
 (: , 1997).

μ μ μ
 μ , μ
 5000-6000 m/s μ
 μ μ . μ
 μ μ μ μ (μ),
 μ (, 1997).
 μ μ
 , μ μ μ
 . μ
 (microballoons) (vesicular
 mineral products).

$\mu\mu$	60-80%
	10-12%
	1%
	4-6%
	2,5-5% μ 40-70 μ m

0,78 g 6, μ
 0,35 g
 μ (35 mm) (, 1997).
 μ 100 μ .
 μ μ .

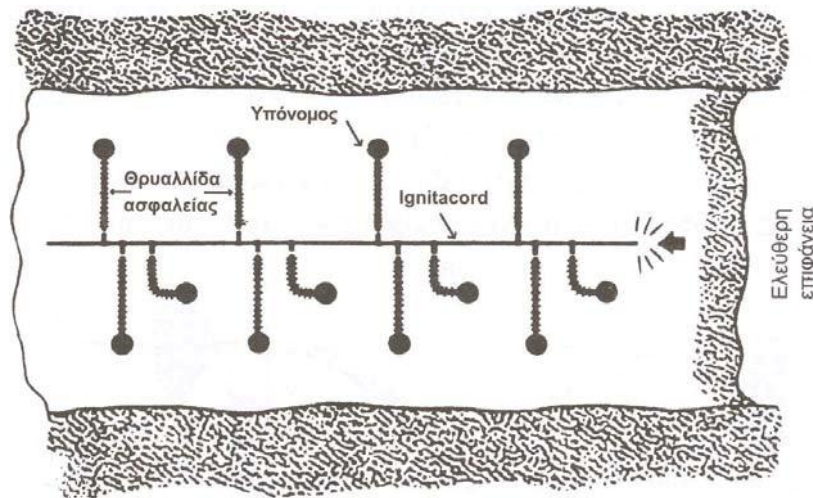
2.7.1.2

(safety ignition fuse) μ μ
 μ
 William Bickford 1831 μ
 . μ μ ,
 μ μ
 μ μ 4 5,5 mm.
 μ KNO₃
 NaNO₃. μ μ μ
 μ
 μ
 μ (, 1997).
 μ 90 s
 130±10 s μ μ ±10%
 , μ ,
 μ μ μ μ .
 μ μ μ .
 μ μ μ μ .
 μ (,
 1997).
 μ 100,

250 1000 m μ .

2.7.1.3 μ

() μ (igniter cord) μ
 1954 . . ,
 μ 2-2,5 mm μ
 μ μ μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ .
 μ (μ
). . 2.12
 μ Ignitacord
 μ μ μ .
 ,
 μ μ
 μ (, 1997).



ΣΧΗΜΑ 12 (.2.12): μ μ
 μ μ . (: , 1997)
 (: 3-5 sec/ft, μ
 : 5-10 sec/ft, : 16-20 sec/ft) μ μ
 μ μ (connectors) μ
 (, 1997).

(Limiting cord distance).
 ft (30 cm), 100 ft μ 50
 1000 μ . 100
 1000 μ .

2.7.1.4

() (detonating cord)
 μ μ mm,
 μ μ μ ,
 μ
 (. . PVC) μ .
 μ μ μ
 μ , μ
 μ
 μ μ μ 7.000 m/s ± 200 m/s, μ μ
 (, 1997).
 μ μ
 μ μ
 . μ μ
 (μ) μ .
 μ μ μ
 (, 1997).

, g (1 = 0,065 g) μ μ
 μ μ
 μ 1,5 g/m 400 g/m μ 10 12 g/m.
 μ 5-6 mm 50-60
 ft, . . .

ΠΙΝΑΚΑΣ 5 (.2.5): μ
 (: UNION ESPANOLAS EXPLOSIVES).

	μ mm	μ kg/cm	m	μ
3 g/m	3,5	100	750	μ . μ
6 g/m	4,0	100	500	μ
12 g/m	4,5	100	250	μ NG μ
20 g/m	6,0	100	200	μ
40 g/m	1,3	100	100	μ
100 g/m	12,0	100	50	(μ , .)
	6,0	>150	100	
μ	1,0	>150	100	μ
	1,5	>150	100	

, μ μ 12 g/cm,
 μ . μ μ ,
 NG. μ
 , $\mu\mu$.
 μ μ
 μ (controlled blasting)
 μ (, 1997).
 μ μ .
 ,
 μ μ μ
 . , μ
 (, 1997).
 μ (reinforced type),
 μ μ $\mu\mu$
 (down line) μ ,
 μ (, 1997).
 μ (plastic wire
 countered) μ , μ .
 μ μ μ
 . 2.5
 μ μ , μ
 (, 1997).
 o μ :
 • μ
 • μ μ μ
 • μ
 () μ
 μ .

μ μ (Air blast). μ μ
 μ μ , μ μ
 (, 1996)
 μ 50 500 m

2.7.1.5 μ NONEL

μ Per-Anders
 Persson 1960 Nitro
 Nobel Gyttorp

μ μ L μ . μ μ
 NON-Electric.
 μ L μ :
 1. (L GT detonator),
 (), . 2.13.



ΣΧΗΜΑ 13 (.2.13): L μ
 (: DYNONOBEL, 2003).

2. μ (connectors connector blocks) L.

GT1) (twin connector GT2) (single connector)

2.13.

3.

0,02 g/m

$C_4H_8N_8O_8$ (=Homocyclonite=)

2100

m/s.

NONEL

3L 3 mm, 3L

D (Heavy Duty) 3,7mm.

1,2 mm.

(25 kg 20 C 15 kg

70 C)

(Dynonobel, 2003).

μ
L, μ μ μ
NONEL (Dynonobel, 2003).



ΣΧΗΜΑ 14 (.2.14): L μ
μ μ (μ : DYNONOBEL, 2003). μ

1. μ L μ :
6 8 .

2.15 .

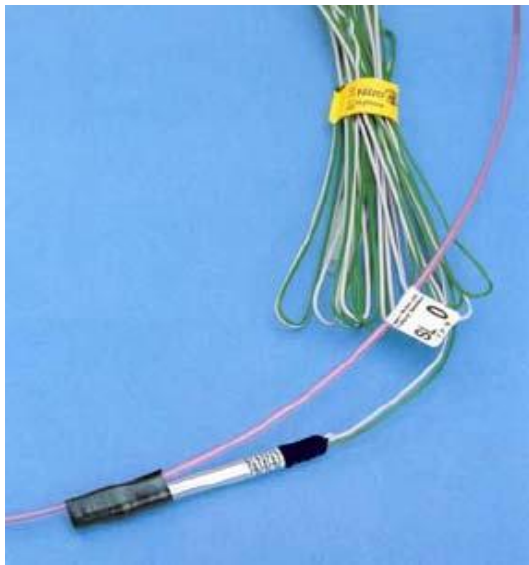
L, μ
μ 5 m μ μ ,
μ μ μ μ
NONEL. μ L μ

2. μ μ NONEL.
(DynoStart blasting machine)

. 2.15 .

L, μ μ μ μ μ μ μ
, μ , μ μ ,

NONEL (Dynonobel, 2003).



()

()

ΣΧΗΜΑ 15 (.2.15):

(: DYNONOBEL, 2003).

μ μ L:)μ
)μ
(: DYNONOBEL, 2003).

2.7.2 μ

μ (electric initiation),
μ ,
μ . μ
()
μ (stray currents). μ
μ , μ μ μ ,
μ , μ ,
μ . μ μ
μ (Dick et al, 1983).

2.7.2.1

(squibs) μ

μ μ 22 mm, μ

μ μ . μ μ

, μ μ μ

. μ μ , μ

μ μ ,

μ μ . μ

μ , μ ,

μ , μ ,

μ μ . μ μ , μ ,

μ , μ . μ μ , μ ,

μ μ , μ . μ μ , μ ,

(, 1997).

D Pont μ

μ 4, 6, 8, 9, 10 12 ft. μ

μ 50 μ 10 .

2.7.2.2

(electric blasting caps . .caps)

(non-delay electric blasting caps)

(delay blasting caps).

:

.

.

. 2.16,

μ μ μ 6,5 mm μ 4-5 cm μ

μ μ μ ,

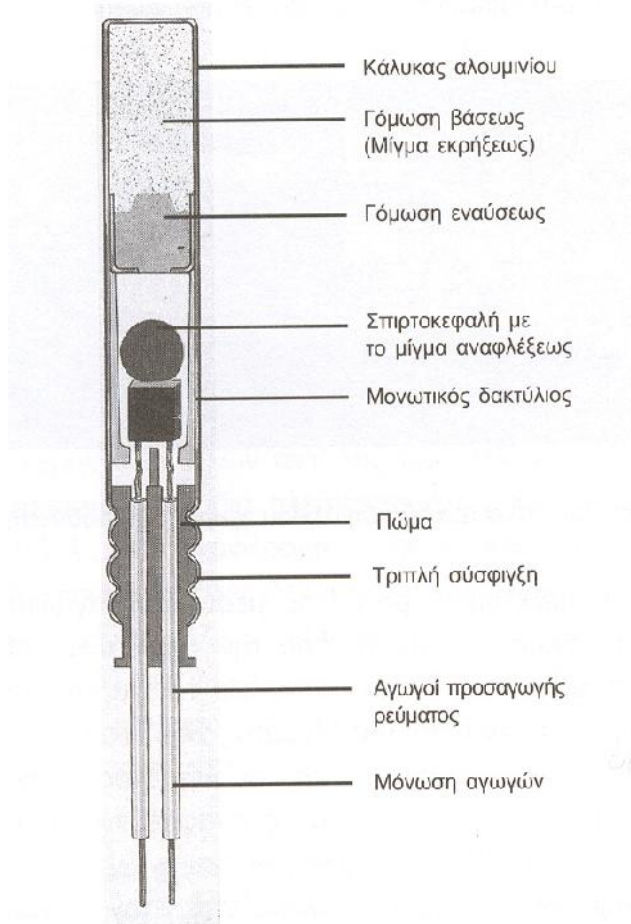
. 2.17.



ΣΧΗΜΑ 16 (.2.16):

(: DYNONOBEL, 2003).

, μ μ μ (flash charge),
 μ μ (ignition mixture). μ μ (primer
 charge), μ .
 μ μ μ
 . μ
 μ (TETRYL RDX μ μ
), μ μ μ μ (, 1997).
 μ μ μ μ
 μ μ (bridge wire) μ μ .
 μ μ , . μ μ
 , μ μ μ
 μ μ .



ΣΧΗΜΑ 17 (.2.17):

μ (: , 1997)

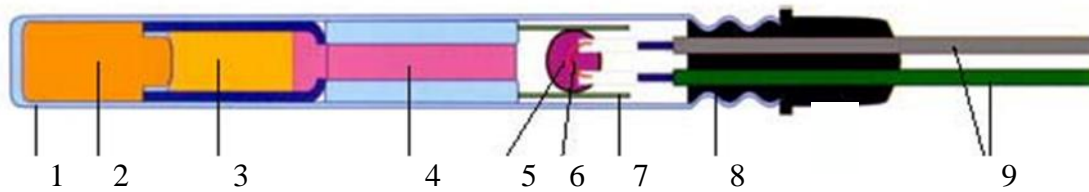
μ
 μ μ μ , μ
 μ μ .
 μ 8 6,
 0,35 g. μ 0,78 g
 μ
 , μ
 .
 μ μ
 :

- (sensitive)
- μ (insensitive)

- μ (highly insensitive) μ μ .
 μ μ μ ,
 μ (, 1997).
 μ 1,2 m
 μ 100 m.
 μ μ
 μ , μ μ
 μ μ .

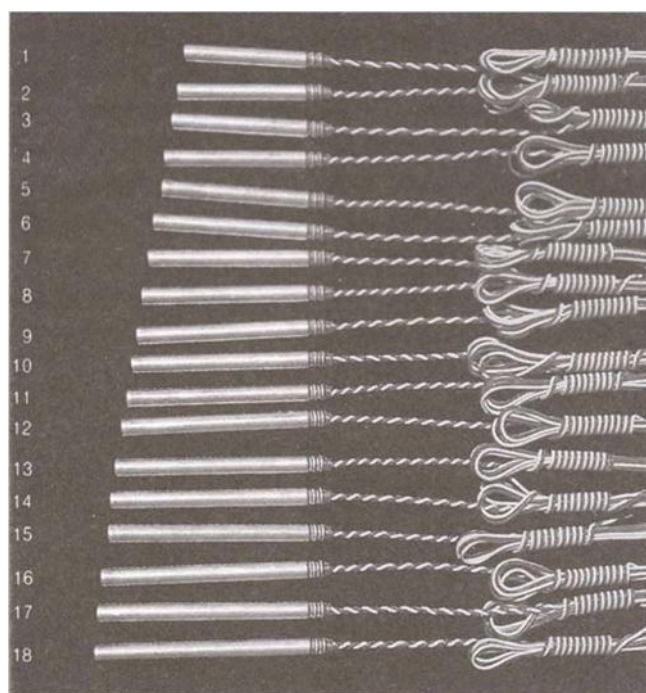
- μ
 μ μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ μ μ μ
 μ (delay element).
 μ μ μ μ .
 μ . 2.18 μ μ μ μ .
 μ , μ . 2.19 μ μ
 μ , μ μ
 μ 5 cm 10 cm, μ
 μ , .

- MS L . μ U. . . LP μ μ 1-
12 μ μ μ 500 ms.



1. μ
2. μ
3. μ
- 4.
- 5.
6. μ
7. $\mu \mu$
8. μ
9. μ

ΣΧΗΜΑ 18 (.2.18): μ DYNONOBEL (μ : DYNONOBEL, 2003)



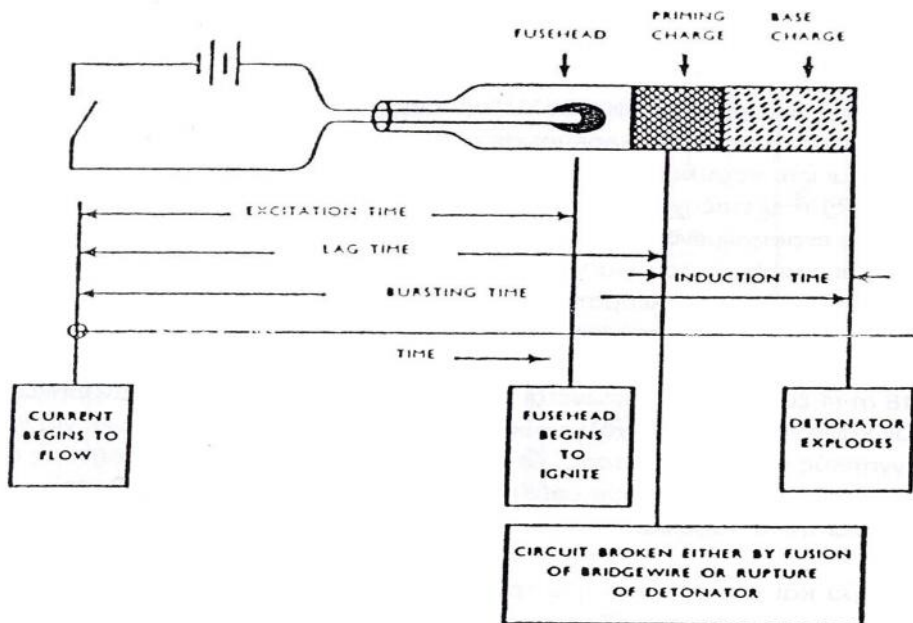
ΣΧΗΜΑ 19 (.2.19): μ (μ : , 1997)

μ , μ (μ) μ

time). (excitation time).

(lag time). (bursting time). 2.20.

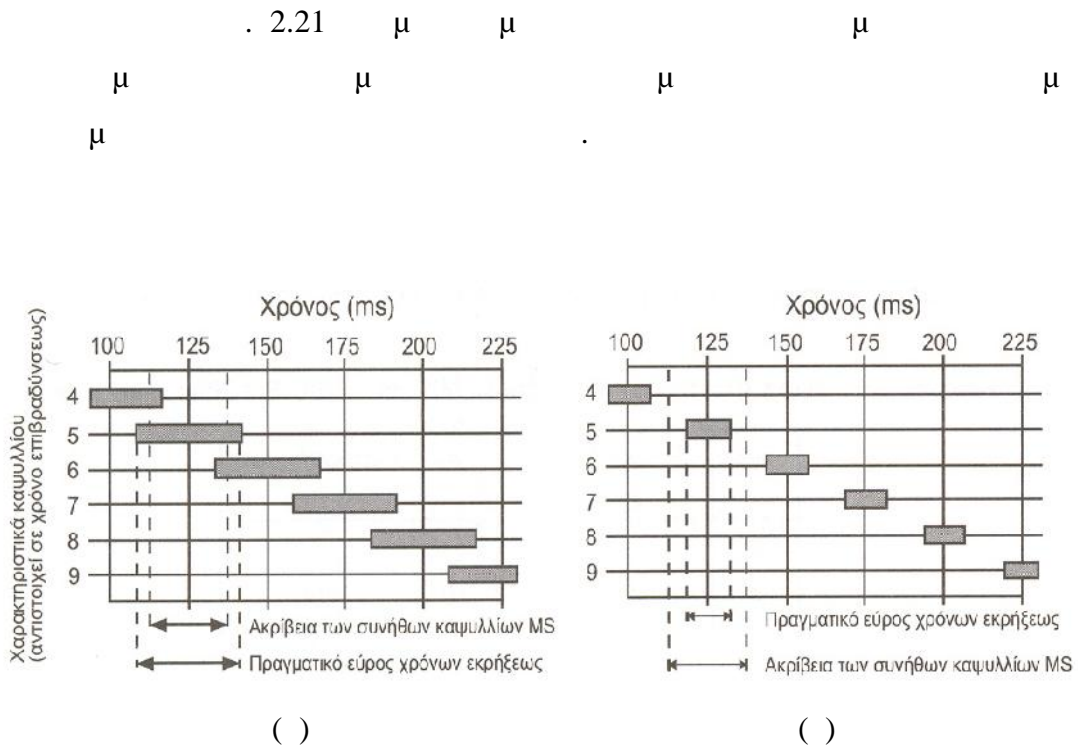
(, 1996).



ΣΧΗΜΑ 20 (2.20):

(: , 1996)

1978 μ Martin-Marietta μ ,



ΣΧΗΜΑ 21 (2.21):

MS () : , 1997)

μ , μ , μ , μ (super accurate delay detonators), 2.21 Iredet-Super Ireco Canada Inc (, 1997).

2.7.2.3

μ

μ μ μ ,

(electronic delay detonators).

. 2.22 μ μ (. 2.22)

μ (. 2.22) ,

I.C.I. μ μ μ Magnadet.

μ

μ , μ μ .

μ μμ

μ

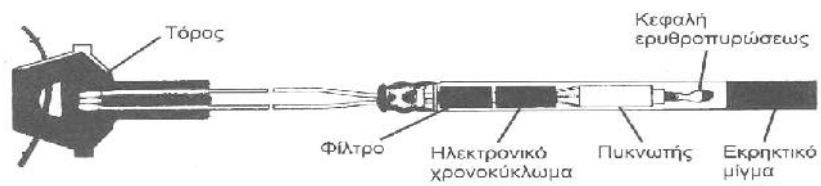
μ .

μ μ

μ , μ .

μ ()

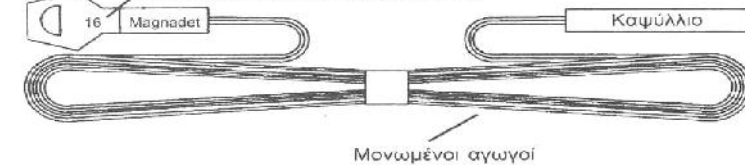
μ .



(α)

Τόρος με πλαστικό προστατευτικό περίβλημα

Αριθμός καψυλλίου που αντιστοιχεί στην επιβράδυνση του



(β)

ΣΧΗΜΑ 22 (.2.22):

μ μ

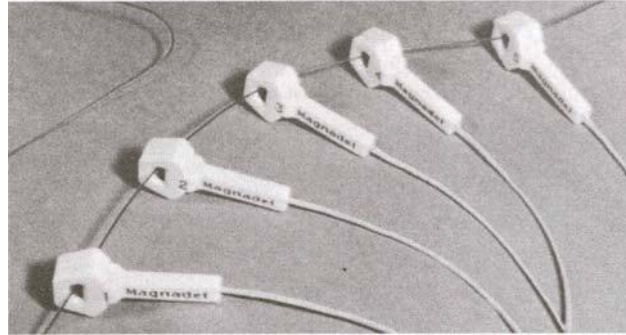
(: ,1997)

MAGNADET

μ (. 2.23) μ μ

μ ,

μ 15-30 kHz,
 (, 1997).
 Nitro-Nobel



ΣΧΗΜΑ 23 (.2.23):
 (: , 1997)

2.8 ()

, μ
 μ , CO₂, N₂, H₂O (μ).
 μ μ μ , μ . , μ
 , μ μ . μ
 μ , μ
 . μ , ,
 μ , μ
 NG , μ
 , μ

μ . μ
μ μ μ ,
μ . μ NG μ
μ μ μ μ μ .
, μ
NG, .
μ . μ ,
μ
μ μ μ μ . μ
μ μ μ .
, μ (ISEE,
1998).
, μ μ
, μ
, μ
μ . μ ,
μ μ , ANFO slurries
μ (, 1997)
μ μ μ μ ,
μ μ μ
μ μ μ
μ .
μ ,
μ , μ , μ
μ . μ , μ
μ μ . μ

- (ISEE, 1998).
- rating class) (fume
- 0,16 ft³
1 ¼ x 8 in 200 g.
 - 0,16 - 0,33 ft³
1 ¼ x 8 in 200 g.
 - 0,33 - 0,67 ft³
1 ¼ x 8 in 200 g.

2.8.1

Ardeer Tank, Bichel, Crawshaw-Johnes, Bichel, 200 μμ 15 (ISEE, 1998).

μ , μ ANFO μ . μ
μ μ μ . μ μ
μ , μ μ μ (ISEE,
1998).
μ μ μ μ μ μ
μ . μ μ μ μ μ
μ μ μ μ μ μ
μ μ μ μ μ μ μ
μ , μ μ μ μ μ
μ (ISEE, 1998).

3

M

(V D)

3.1

(Velocity of Detonation- VoD)

μ μ μ μ . μ
μ μ μ μ
μ μ 2.500 7.000 μ
μ μ μ .
μ μ μ μ .
μ μ μ μ .
μ
:

1. μ μ μ
2. μ μ μ
3. ,
4. μ μ VoD

μ μ μ μ μ
μ μ μ (1990).
μ
VoD
μ μ μ
μ μ μ "Continuous Probe Method" .
μ μ μ μ μ
μ μ μ μ μ

μ . μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ
 "nichrome" μ μ μμ
 . μ μ , μ
 (). μ μ μ
 , μ μ (μ
). μ Ohm. , μ
 μ , μ
 μ μ μ μ .
 μ μ μ μ ,
 μ μ μ μ .
 μ μ μ μ -
 , μ μ
 μ .
 μ VoD μ
 μ VODR-1. μ VODR-1
 μ μ RADAR μ μ μ
 μ μ μ μ .
 VODR-1 μ μ μ
 μ μ . μ μ
 μ μ μ . μ
 μ
 V D (Chiappetta, Vandenberg & Pressley (1992).
 μ
 V D μ , μ μ μ
 Chiappetta & Vandenberg (1990). , μ
 V D μ
 μ μ Moxon et al (1991).
 VoD
 μ . μ Chiappetta, Vandenberg & Pressley
 (1997) μ μ μ
 μ VoD. μ μ VoD
 μ

1. $\mu \quad \mu \quad \mu \quad \text{VoD}$

2. $\mu \quad \text{VoD}$

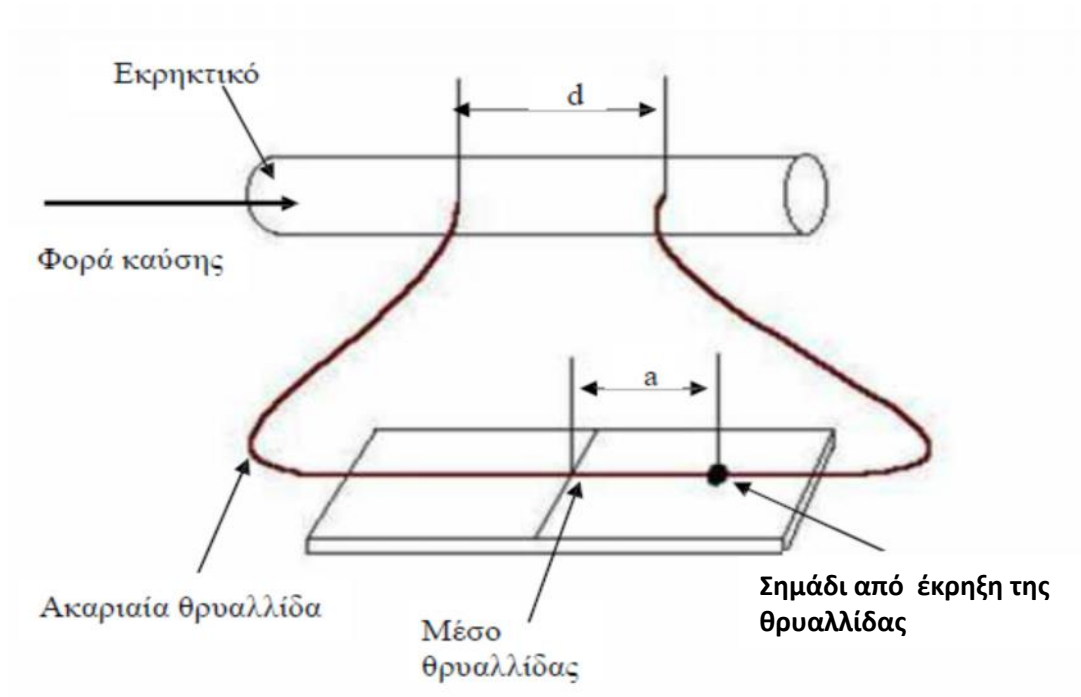
$\mu \quad \mu$
 $:$ $\mu \quad \mu$. $\mu \quad \mu$
 $\mu \quad \mu \quad \mu \quad 2 \quad \mu \quad ,$
 $\mu \quad \mu \quad \mu \quad - \quad \mu \quad .$
 $\mu \quad \mu \quad \mu \quad \mu \quad \mu \quad \mu$
 $\mu \quad \mu \quad \mu$

(Baliktsis, 2002).

3.2

3.2.1 μ D'Autriche

$\mu \quad \mu \quad , \quad \mu$
 μ
 $\mu \quad \mu \quad (\text{VD}) .$



ΣΧΗΜΑ 24 (.3.24):

D'AUTRICHE

(a) : VD =

$$VD_e = \frac{VD \cdot d}{2a} \quad (3.9)$$

μ μ μ μ

μ . μ μ μ

μ (ISEE, 1998).

3.2.2

μ , μ μ μ μ μ μ

μ . μ μ μ 1 (1 ft)

1/10.000 . μ o μ μ

1/10.000.000 (0,1 μ s).

« » « »

μ μ . μ μ ,

μ μ μ . μ

μ .

μ μ .

μ μ μ ,

. μ μ μ μ μ μ μ

μ μ μ μ (ISEE, 1998).

μ . o

μ μ μ μ

μ μ μ

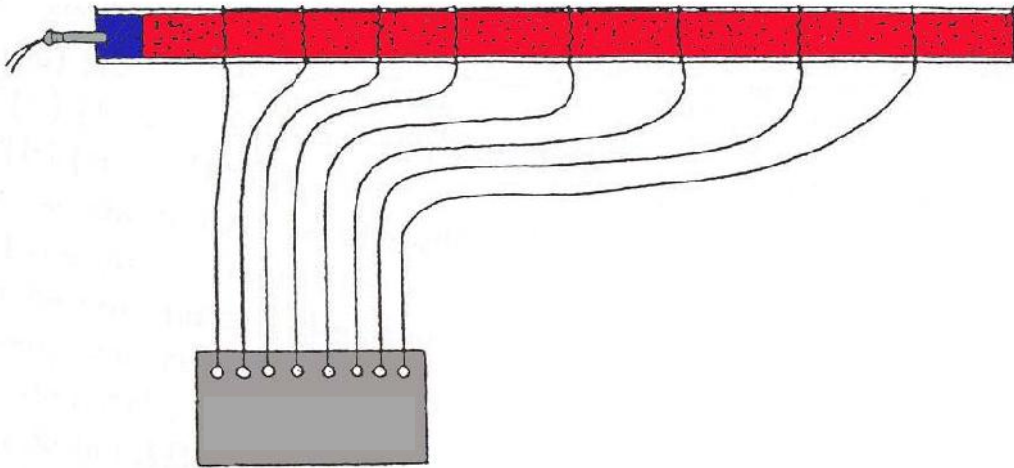
μ μ μ

μ . μ μ

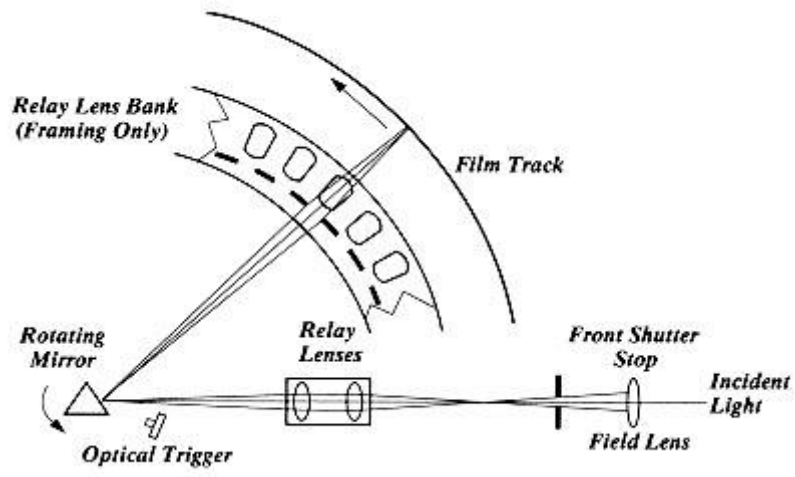
μ μ μ (d).

μ μ μ , μ μ
 (t)
 (VD_e) :

$$VD_e = \frac{d}{t} \quad (3.10)$$



ΣΧΗΜΑ 25 (.3.25):



ΣΧΗΜΑ 26 (.3.26): (: CORDIN, 2003)

25 μμ . 3.27 μ

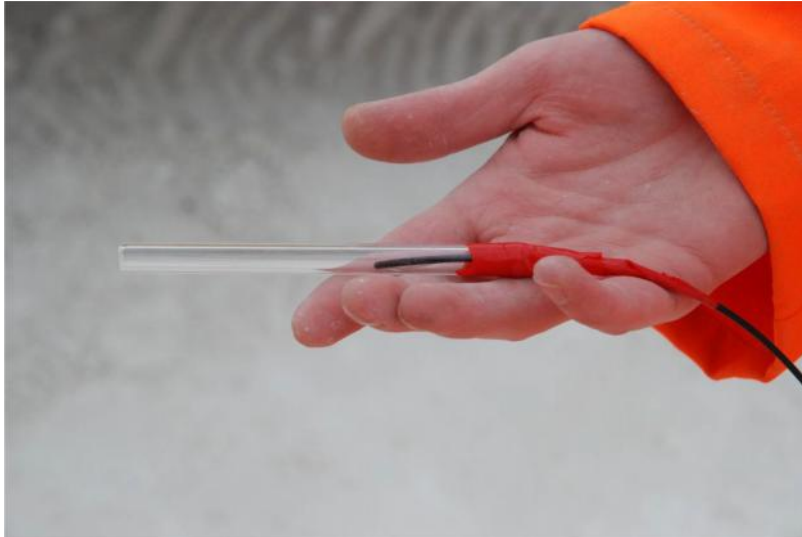


ΣΧΗΜΑ 27 (.3.27): (: CORDIN, 2003)

μ μ .
 μ μ μ , μ
 μ μ μ .
 μ μ μ μ μ
 μ μ μ . μ μ
 μμ μ μ μ
 μ μ - .
 μ SLIFER μ μ (50-75
 ohms). μ μ μ μ μ
 (ISEE, 1998).

3.3.5

μ μ
 μ μ
 μ , μ μ μ
 (V D) μ , μ μ μ
 μ μ . μ μ
 μ , μ
 μ μ μ
 μ , μ VoD.
 μ μ μ
 μ μ
 μ , μ μ μ μ
 μ μ μ μ μ
 μ μ μ μ . μ μ
 μ μ μ , μ
 μ μ μ μ μ μ
 μ μ μ μ . μ μ μ



ΕΙΚΟΝΑ 1 (.3.1) : 10 MM (0,4 IN) X 10 CM (3,9 IN)

μ μ
(.3.2),



ΕΙΚΟΝΑ 2 (.3.2) :

μ μ μ (3.3).



EIKONA 3 (.3.3):



EIKONA 4 (.3.4):

μ μ μ μ
 μ μ μ .
 μ μ μ .
 μ μ μ , μ ,
 μ μ μ μ , μ
 μ VoD / μ .

4

4.1

μ
 μ
 μ
 . μ
 μ
 μ
 μ
 . . .
 μ , μ μ
 μ
 . , μμ , .
 - / , , , .
 / , , μ . μ
 μ μ μ
 . .

4.2

. .
 μ
 27.02.2015, 21.05.2015 28.05.2015, μ μ
 μ μ μ .
 μ « », μ , μ
 . μ μ

μ ,
 ,
 μ
 μ (,
 , μ).

4.3

1

μ μ 27.02.2015.

4.6

ΠΙΝΑΚΑΣ 6 (Πιν. 4.6): ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΤΙΝΑΞΗΣ # 1

μ μ	20
μ μ , mm	115
μ , m	17
, m	1
, m	4
μ , m	5
μ , m	4
(μ μ / μ μ : 2 μ 65*500), kg	5
(ANFO - μ / μ μ), kg	100
μ / μ kg	-
(/ μ 12g PETN/m), m.	18
(/ μ μ), μ.	1

2

μ μ 21.05.2015.

4.7

ΠΙΝΑΚΑΣ 7 (Πιν. 4.7): ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΤΙΝΑΞΗΣ # 2

μ μ	12
μ μ , mm	115
μ , m	33
, m	1
, m	4
μ , m	5
μ , m	4
(μ μ μ / μ μ : 2 65*550), kg	5
(ANFO - μ μ / μ μ), kg	225
(μ μ μ : 2 μ μ 65*480 - μ μ), kg	3
/ μ μ (Nonel 500ms-36m), μ.	1
(/ μ μ), μ.	1

#3

μ μ 28.05.2015.
4.8

ΠΙΝΑΚΑΣ 8 (Πιν. 4.8): ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΤΙΝΑΞΗΣ # 3

μ μ	18
μ μ , mm	115
μ , m	33
, m	1
, m	4
μ , m	5
μ , m	4
μ μ / μ (μ μ : 2 65*550), kg	5
(ANFO - μ / μ) , kg	225
(μμ μ / μ : 2 65*480), kg	3
/ μ (Nonel 500ms-36m), μ.	1
/ μ (), μ.	1

4.4

Blaster's Ranger Model RA500CS-O, S/N R081255X

MREL Ltd. Canada. 500 fps (frames per second) 30 fps.

1

1 27.02.2015 125 fps.

video_125fps_27022015_LarsinosAthikiaQuarry.wmv

DVD 12g PETN/m.

2

2 21.05.2015 500 fps.

video_500fps_21052015_LarsinosAthikiaQuarry.wmv

DVD

Nonel (μ μ)
 μ)
 μ (μ) μ μ
 (ANFO) μ μ μ .
 μ μ
 μ .
 μ μ μ .
 μ μ μ
 μ .
 μ (« μ ») μ
 μ (μ μ μ μ)
 μ μ Nonel.

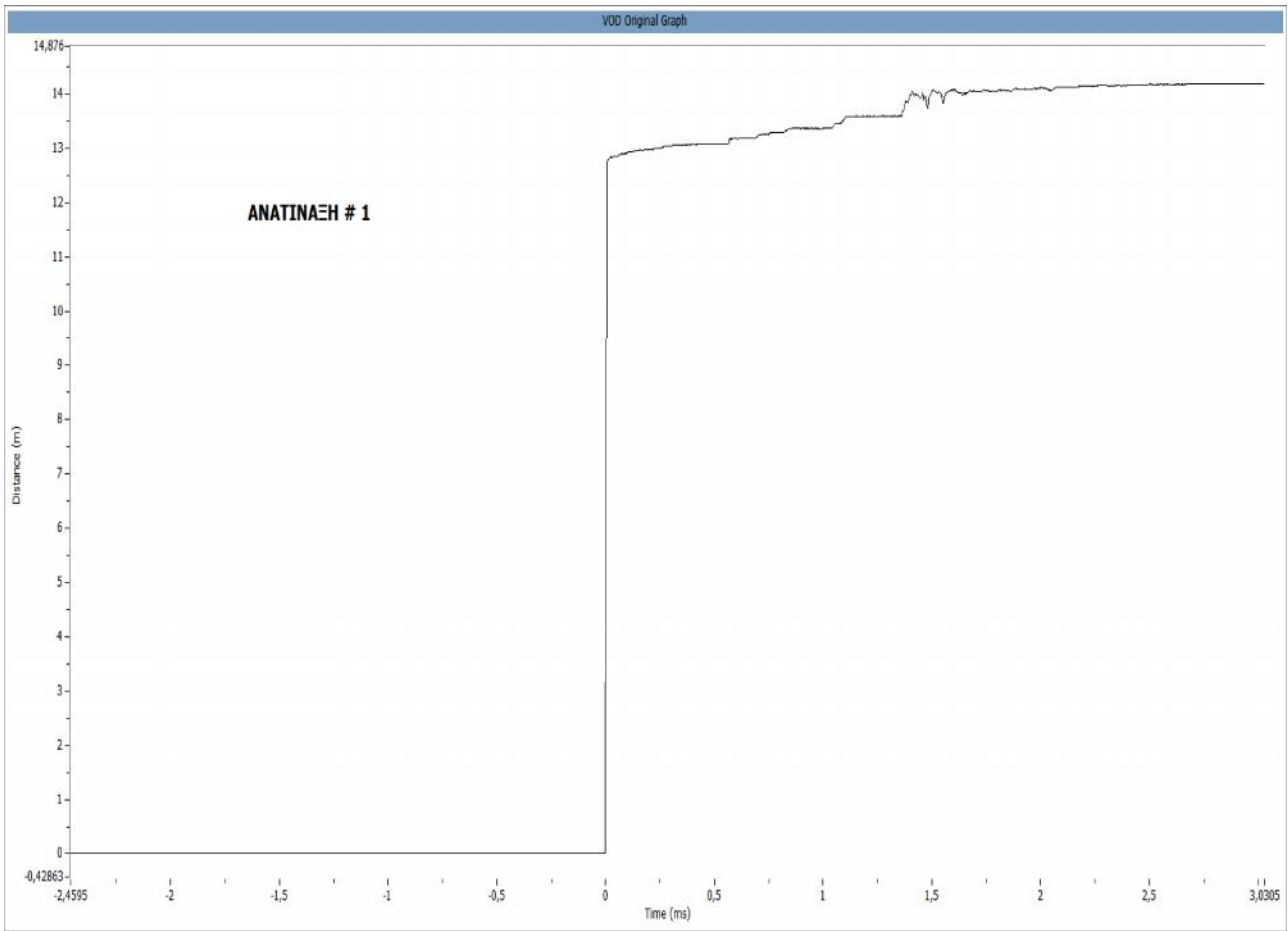
4.5

μ μ
 μ μ HandiTrap II, S/N 149 μ
 μ 1 MHz MREL Ltd. Canada.
 μ , μ
 μ , μ
 PROBECABLE_HT 326 +/- 6 ohms μ 30m,
 μ HandiTrap II
 μ μ DAS – Data
 Acquisition Suite Ver. 1.0.0.0 .
 μ μ
 μ μ μ μ
 μ « » μ μ μ μ μ
 μ μ # 1

μ μ . μ μ
RG-58/U μ μ
HandiTrap II.

1

μ μ . μ μ μ μ
(original graph).
- 13m μ μ
μ μ μ μ . μ μ μ μ
μ ANFO μ μ (μ μ
17m -μ μ 4m = μ μ 13m).
μ 12g PETN/m
μ ANFO μ μ μ μ
μ μ μ μ
μ - ANFO. μ μ
MREL Ltd. μ μ .



EIKONA 5 (. 4.5):

GRAPH) –

V D
1 (V D ORIGINAL

2

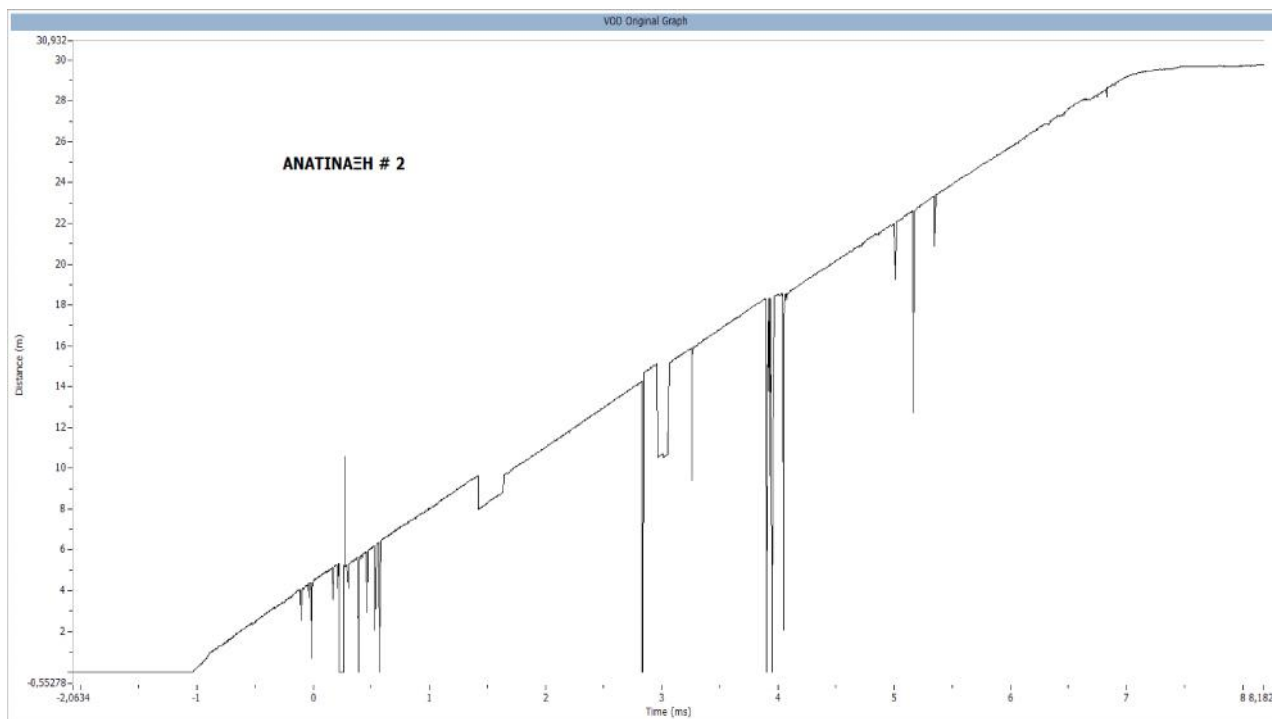
μ
μ . 4.6 μμ
(V D Original Graph).

μ DAS – Data Acquisition Suite μ

μ , μ μ (3.1). μ μ 4.9

ΠΙΝΑΚΑΣ 9 (Πιν. 4.9): ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΕΚΡΗΞΗΣ ΕΝΤΟΣ ΔΙΑΤΡΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΤΙΝΑΞΗΣ # 2

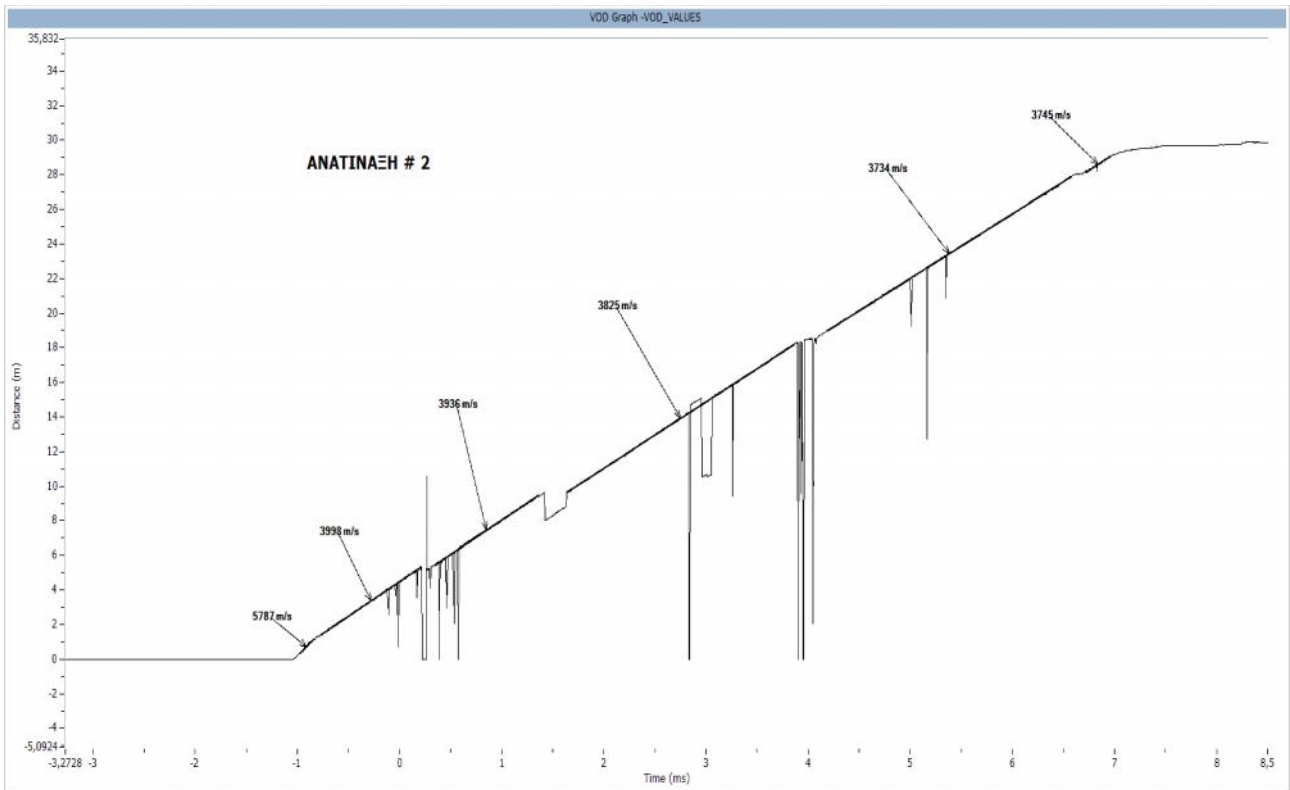
μ μ (m)	μ	(m/s)
0 – 1.10	μ	5787
1.10 – 5.30	ANFO	3998
5.30 – 9.50	ANFO	3936
9.50 – 18.00	ANFO	3825
18.00 – 28.00	ANFO	3734
28.00 – 29.00	ANFO	3745



ΕΙΚΟΝΑ 6 (.4.6):

GRAPH) –

VOD
2 (V D ORIGINAL



EIKONA 7 (. 4.7):

V D

2 (V D

GRAPH -V D_VALUES) -

-

μ μ 5787 m/s μ μ
EXTRACO S.A. μ (6000

m/s).

μ (ANFO), μ

μ μ , 4000 m/s, μ μ

μ μ μ μ 3745 m/s μ

μ . ANFO μ μ

μ μ μ μ 200 mm . μ

ANFO (EXTRACO S.A.)

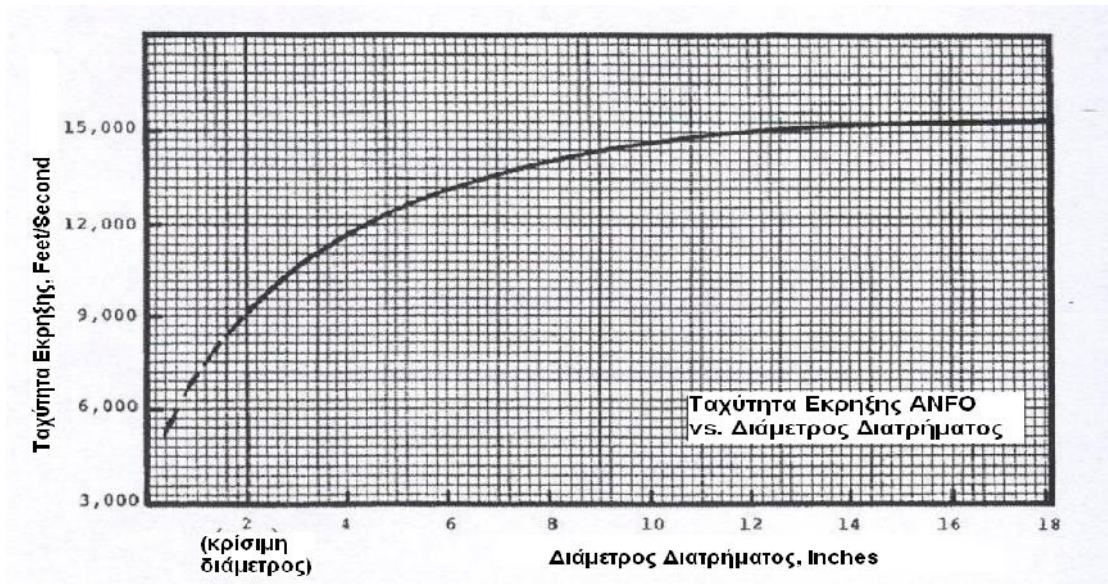
ANFO

3000 m/s, μ μ μ

μ μ μ . μ

ANFO μ μ μ (4.8).

μ 115mm (4,5 inches) μ ANFO
 4.8
 μ μ # 2
 μ , μ ANFO,
 μμ 65*480 μ μ μμ
 (EXTRACO S.A.)
 4200 m/s, ANFO μ μ ,
 μ μ μμ



ΕΙΚΟΝΑ 8 (ΕΙΚ. 4.8): ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΚΡΗΞΗΣ ΤΟΥ ANFO ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΤΟΥ ΔΙΑΤΡΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΟΠΟΙΟ ΓΟΜΩΝΕΤΑΙ.

3

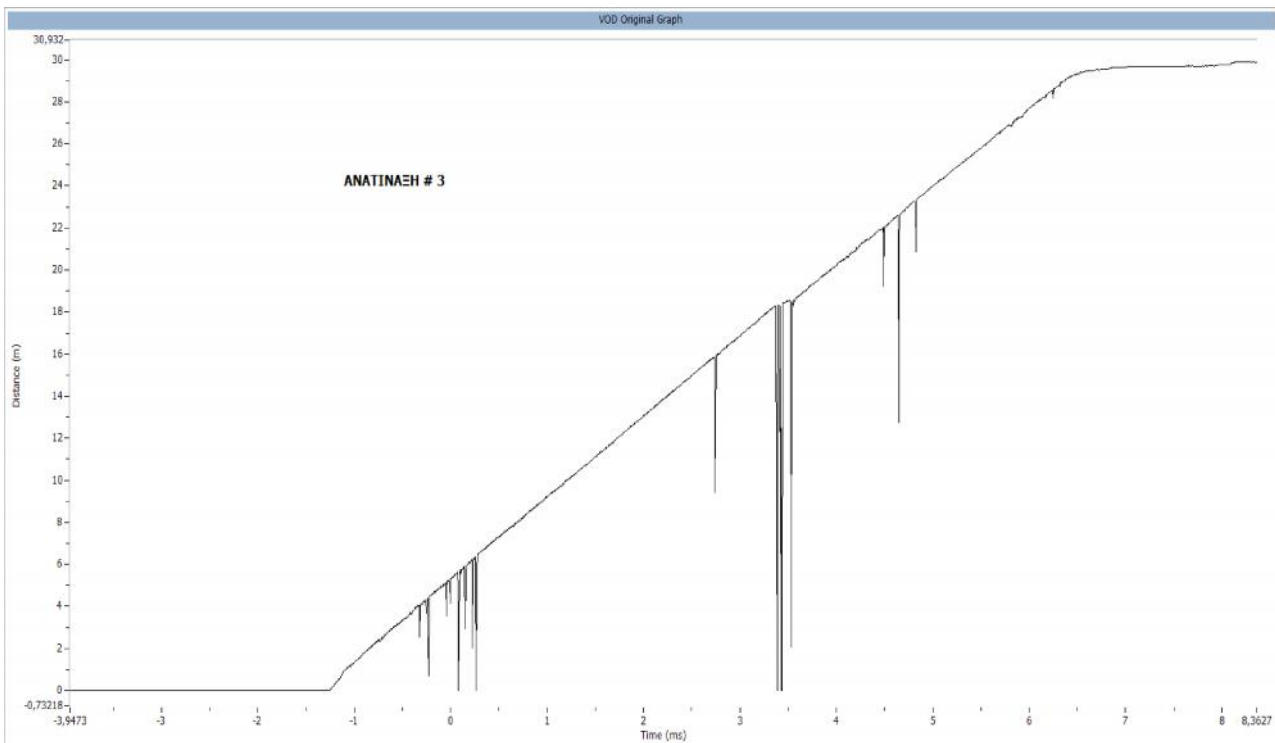
μ
 μ μ . 4.9 μμ
 (VoD Original Graph).
 μ DAS – Data Acquisition Suite μ
 , μ

4.10). μ μ μ (4.9.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10 (.4.10):

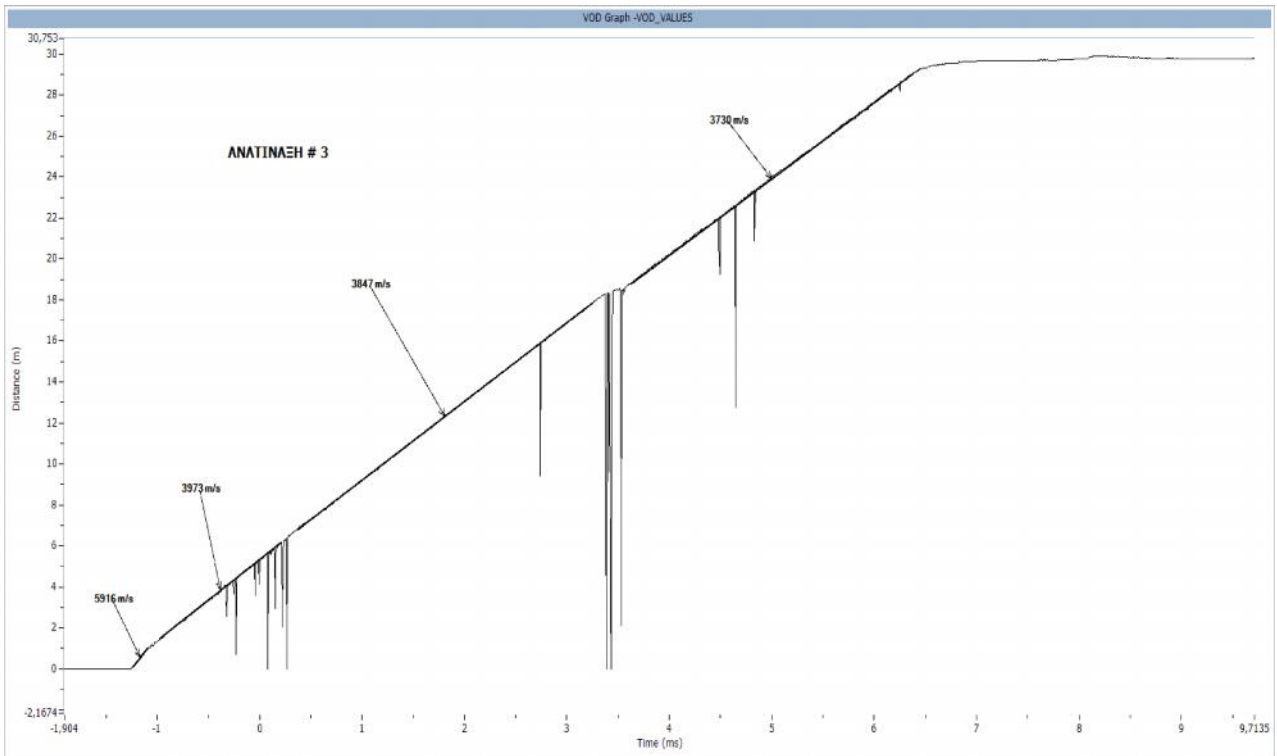
3

μ μ (m)	μ	(m/s)
0 – 1.10	μ	5916
1.10 – 6.50	ANFO	3973
6.50 – 18.00	ANFO	3847
18.00 – 29.00	ANFO	3730



ΕΙΚΟΝΑ 9 (.4.9):

V D
3 (V D ORIGINAL GRAPH)



EIKONA 10 (. 4.10):

V D

3

(V D GRAPH - V D_VALUES) -

μ μ

3 μ μ

μ μ # 2 μ

μ μ # 2.

μ μ μ μ

3 μ , μ ANFO,

μ μ 65*480 (# 2

μ μ ANFO).

μ

μ μ .



5.1

μ μ μ
μ μ μ
μ , μ ,
:

1. μ # 2 # 3,
(state-of-the-art).

μ (μ)
, μ)
Nonel μ μ μ .
μ μ μ ,
μ « », μ
μ μ μ ,

μ μ μ
μ .
2. # 1, ,

,
μ μ ,
μ μ μ μ
μ μ μ μ .
, 12g PETN/m μ
ANFO μ
μ μ .

μ μ μ # 1. μ μ

3. μ μ , μ μ

2 # 3,
 μ μ (μ) (5.11)
 ANFO (5.12) μ

4. μμ (μ μ)
 μ ANFO μ μ μ
 ANFO.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11 (5.11):

EXTRACO SA

EXTRACO^{SA}

ΕΚΡΗΚΤΙΚΑ & ΧΗΜΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

COMMERCIAL NAME	AUSTROGEL G1	ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ
TECHNICAL NAME	ΕΚΡΗΚΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ, ΤΥΠΟΥ Α	ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ
UN-number	0081	ΑΡΙΘΜΟΣ UN (ΗΝΩΜΕΝΩΝ ΕΘΝΩΝ)
ADR item	4°	ΕΙΔΟΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ADR
DIVISION/COMPATIBILITY GROUP	1.1 D	ΟΜΑΔΑ ΕΠΙΚΙΝ/ΤΗΤΑΣ-ΣΥΜΒΙΒΑΣΤΟΤΗΤΑΣ
DENSITY	1.5 gr/cm ³	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ
RELATIVE WEIGHT STRENGTH	85 %	ΣΧΕΤΙΚΗ ΚΑΤΑ ΒΑΡΟΣ ΙΣΧΥΣ
STRENGTH (TRAUZL LEAD BLOCK TEST)	380 ml	ΙΣΧΥΣ (TRAUZL LEAD BLOCK TEST)
BRISANCE (HESS TEST)	18 mm	ΘΡΑΥΣΤΙΚΟΤΗΤΑ (ΜΕΘΟΔΟΣ HESS)
VELOCITY OF DETONATION	6,000 m/sec	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΚΡΗΞΗΣ

The above results are long term averages. Values may be subject to change.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά αποτελούν μέσους όρους, όπως αυτοί έχουν προκύψει από τις μέχρι σήμερα μετρήσεις. Οι τιμές αυτές, μπορεί να διαφοροποιηθούν με γνωστοποίηση.

Theoretical - Experimental Calculations

OXYGEN BALANCE	+4.0 %	Θεωρητικοί υπολογισμοί - Πειραματικές Μετρήσεις
ENERGY OF EXPLOSION	995 Kcal/Kg	ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΟΞΥΓΟΝΟΥ
GAS VOLUME	890 lt./Kg	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΚΡΗΞΗΣ
EXPLOSION TEMPERATURE	3490 °C	ΟΓΚΟΣ ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ
FRICTION SENSITIVITY	≥36 kg pistil load	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΚΡΗΞΗΣ
IMPACT SENSITIVITY	≥0.2 kp m	ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ ΣΕ ΤΡΙΒΗ
HEAT SENSITIVITY	Limiting diameter: 14 mm Time until ignition: 10 sec Time of combustion: 0 sec	ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ ΣΕ ΚΡΟΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ ΣΕ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

Recommended use: Within twelve (12) months from the date of manufacture.

Προτεινόμενος χρόνος για ασφαλή χρήση: Μέσα σε δώδεκα (12) μήνες από την ημερομηνία παρασκευής.

Storage conditions - Συνθήκες αποθήκευσης

The product is an explosive and therefore, must be handled, stored, and transported according to the local and International rules.

Το προϊόν είναι εκρηκτική ύλη και για το λόγο αυτό πρέπει να χρησιμοποιείται, να αποθηκεύεται και να μεταφέρεται σύμφωνα με τις εθνικές και διεθνείς συμβάσεις.

Keep it in a dry, cool, well ventilated, authorized place, away from sources of heat, flames, ignition and direct sunlight.

Διατηρείτε το προϊόν σε ξηρό, δροσερό και καλά αεριζόμενο χώρο, επικυρωμένο από τις αρμόδιες αρχές, μακριά από πηγές θερμότητας, φλόγας, ενανυσματικά μέσα, και ηλιακό φως.

Keep it locked up.

Το προϊόν πρέπει να φυλάσσεται πάντοτε κλειδωμένο.

Do not store the product with detonators in the same magazine.

Μην αποθηκεύετε το προϊόν μαζί με πυροκροτητές στην ίδια αποθήκη.

Store the product in original case only, up to +32 °C.

Αποθηκεύετε το προϊόν εντός της αρχικής του συσκευασίας μόνο, σε θερμοκρασία μέχρι +32 °C.

Explosives and Blasting accessories must be used by skilled personnel only.

Οι εκρηκτικές ύλες και τα ενανυσματικά μέσα, πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο από το κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό.

1.		0,8 g/cm ³
2.		480 MJ
3.	(μ)	3000 m/s
4.		925 kcal/kg
5.	μ	970 lt/kg
6.	μ	2620 C
7.		360
8.		50 J
9.		2,5 mm
10.	μ	42 mm

5.2

μ μ
μ , μ μ
μ μ .

μ :

I. μ μ
μ μ .

II. μ .

III. Nonel
μ μ
μ .

IV. μ μ
ANFO, μ
μ ,
μμ μ μ
μ μ .

1. Dick, 1973 (. . . - μ).
2. . . . - μ .
3. , .. μ II () μ , , 1996.
4. Hartman, 1987 *Introductory mining engineering*
5. Jimeno and others, 1995 *Drilling and Blasting of Rocks (1995)*
6. , .., 2009. , , .
7. Clark G.B., *Principles of Rock Fragmentation*, John Wiley and Sons, New York, 1987
8. Cook M.A., *The science of Industrial Explosives*, Ireco Chemicals, Salt Lake City, Utah, 1974
9. Cook M.A., *The science of High Explosives* , ACS Monograph No 139, Reinhold Publishing Co., N.Y., New York 1958
10. μ , μ . 457-466 2000
11. μ , .., 2012. μ .
12. , .., 1979. , μ
13. , .., 1997. , μ 1, μ
14. , .., 2001. , μ 2, μ
15. Chiappetta, R.F., Vandenberg, B. & Pressley, J.R. 1997. Portable, multi-channel and continuous velocity of detonation recorders, Seventh High-Tech Seminar, BAI Inc., Florida, USA: 787-865.