

**Kivimaterjali purunevuse silindris (GOST 8269)
ja purunemiskindluse (EVS-EN 1097-2)
tulemuste võrdlus**

AS Teede Tehnokeskus

2011-1



MAANTEEAMET

Tallinn 2011

**KIVIMATERJALI
PURUNEVUSE SILINDRIS (GOST 8269) JA
PURUNEMISKINDLUSE (EVS-EN 1097-2)
TULEMUSTE VÕRDLU**

Töö teostaja: Silver Siht

Labori juhataja asetäitja

Tallinn 2011

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	3
TULEMUSTE VÕRDLUS	5
SEOSTE GRAAFILISED VÄLJUNDID:	
Joonis 1 Kõik kivimaterjalid	7
Joonis 2 Kõik kivimaterjalid (ainult pur. silindris fr 10/20 mm vs LA fr 10/14 mm)	7
Joonis 3 Kõik kivimaterjalid (va kruuskillustik)	8
Joonis 4 Lubjakivi	8
Joonis 5 Lubjakivi (ainult pur. silindris fr 10/20 mm vs LA fr 10/14 mm)	9
Joonis 6 Dolokivi	9
Joonis 7 Dolokivi (ainult pur. silindris fr 10/20 mm vs LA fr 10/14 mm)	10
Joonis 8 Tardkivi	10
Joonis 9 Betooni ja telliste purustusjääd	11
Joonis 10 Kruuskillustik	11
TABELID:	
Tabel 1 Prooviandmete kogused kivimaterjali tüübi kaupa	5
Tabel 2 Kivimaterjali purunevuse silindris (GOST 8269) sõltuvus kivimaterjali purunemiskindlusest LA (EVS-EN 1097-2)	6
Tabel 3 Koond katseandmed	12

SISSEJUHATUS.

Vastavalt Maanteeameti tellimusele koguti Teede Tehnokeskuse laboratooriumis katsetatud kivimaterjali proovide katseandmed purunevuse silindris (GOST 8269) ja purunemiskindluse Los Angelese katse (EVS-EN 1097-2) kohta. Andmete kogumise eesmärk oli leida võimalik purunevuse silindris tulemuse (GOST 8269) sõltuvus kivimaterjali purunemiskindlusest (LA-st) (EVS-EN 1097-2)

Andmed on esitatud proovide kohta, kus katsetati nii purunevus silindris kui ka purunemiskindlus.

Iga proovi kohta on esitatud järgnevad andmed (juhul kui katseprotokollis oli esitatud):

- a) Materjali liik (lubjakivi, dolomiit jne)
- b) Materjali fraktsioon
- c) Los Angelese katsetulemus ja katsefraktsioon
- d) Purunevus silindris katsetulemus ja katsefraktsioon

TULEMUSTE VÕRDLUS

Järgnevalt on püütud leida seoseid kivimaterjali purunevuse silindris (GOST 8269) ja purunemiskindluse LA (EVS-EN 1097-2) vahel.

Analüüsiks kasutatud katsetulemuste aluseks on Teede Tehnokeskus AS laboris katsetatud proovid (2002 kuni 2010 aasta).

Tabel 1 Prooviandmete kogused kivimaterjali tüübi kaupa

Kivimaterjali nimetus	Prooviandmed (tk)
Lubjakivi	97
Dolokivi	49
Tardkivi	9
Betooni ja telliste purustusjäägid	5
Kruuskillustik	8
Aheraine killustik	3
Raudteeballastkillustik	1
Nimetud	24
Kokku	196

Seoste tugevusi saab hinnata determinatsioonikordaja R^2 väärtuste kaudu:

$R^2 < 0,04$	nõrk seos
$R^2 = 0,04 \dots 0,16$	alla keskmise tugevusega seos
$R^2 = 0,16 \dots 0,36$	keskmise tugevusega seos
$R^2 = 0,36 \dots 0,64$	üle keskmise tugevusega seos
$R^2 > 0,64$	tugev seos

R^2 seletab mitme protsendiliselt põhjustav tegur (x-teljel) mõjutab sõltuva teguri (y-teljel) muutust.

Seoste leidmisel kasutatud katseandmed on esitatud tabelites lk 12 kuni lk 16.

Tabel 2 Kivimaterjali purunevuse silindris (GOST 8269) sõltuvus kivimaterjali purunemiskindlusest LA (EVS-EN 1097-2)

Materjalid	Proovide arv (tk)	Purunevus silindris = f (LA)		
		Sirge tõus a	Konstant b	Determinatsiooni-kordaja R ²
Kõik kivimaterjalid	196	0,45	0,05	0,55
Kõik kivimaterjalid (ainult pur. silindris fr 10/20 mm vs LA fr 10/14 mm)	152	0,43	0,32	0,59
Kõik kivimaterjalid (va kruuskillustik)	189	0,46	-0,19	0,57
Lubjakivi	97	0,44	0,68	0,49
Lubjakivi (ainult pur. silindris fr 10/20 mm vs LA fr 10/14 mm)	80	0,44	0,36	0,61
Dolokivi	49	0,33	2,68	0,36
Dolokivi (ainult pur. silindris fr 10/20 mm vs LA fr 10/14 mm)	47	0,30	3,50	0,34
Tardkivi	9	0,53	-2,74	0,85
Betooni ja telliste purustusjääd	5	0,37	3,97	0,64
Kruuskillustik	8	0,35	4,34	0,06

Kõik kivimaterjalid annavad üle keskmise tugevusega seose, samuti on seos vähe sõltuvuses konstant b-st (vabaliikmest). Kuigi kogutud andmeid on piisavalt, ei saa nimetatud seost võtta aluseks, sest erinevate materjali tüüpide puhul on seosed erinevad.

Parima tulemuse (mida võiks arvestada) annab lubjakivi katsetulemuste võrdlus. Lubjakivi (ainult pur. silindris fr 10/20 mm vs LA fr 10/14 mm) puhul saame üle keskmise tugevusega seose ($R^2 = 0,61$). Kogutud andmeid on piisavalt (80 proovi) ja tulemus on vähe sõltuvuses vabaliikmest.

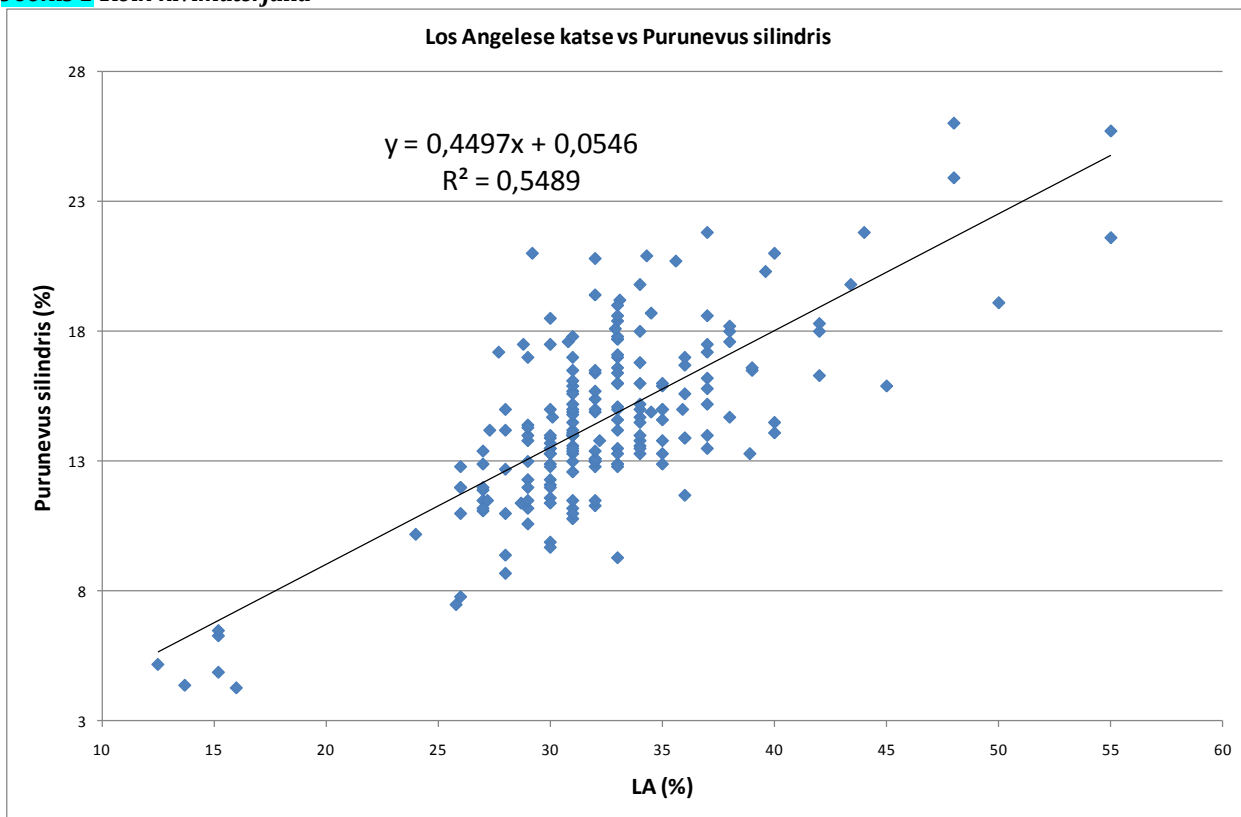
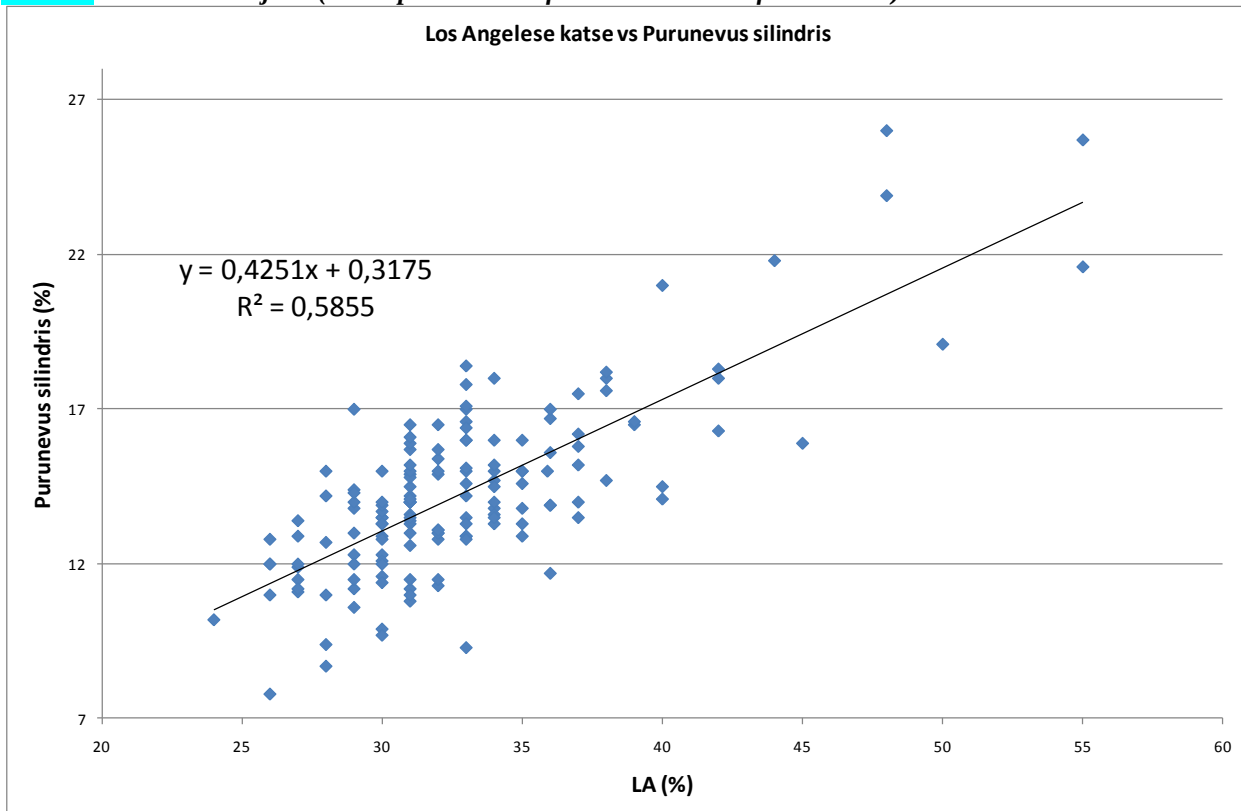
Dolokivi puhul on andmeid samuti piisavalt, kuid seos on vaid keskmise tugevusega.

Kruuskillustiku puhul seos puudus.

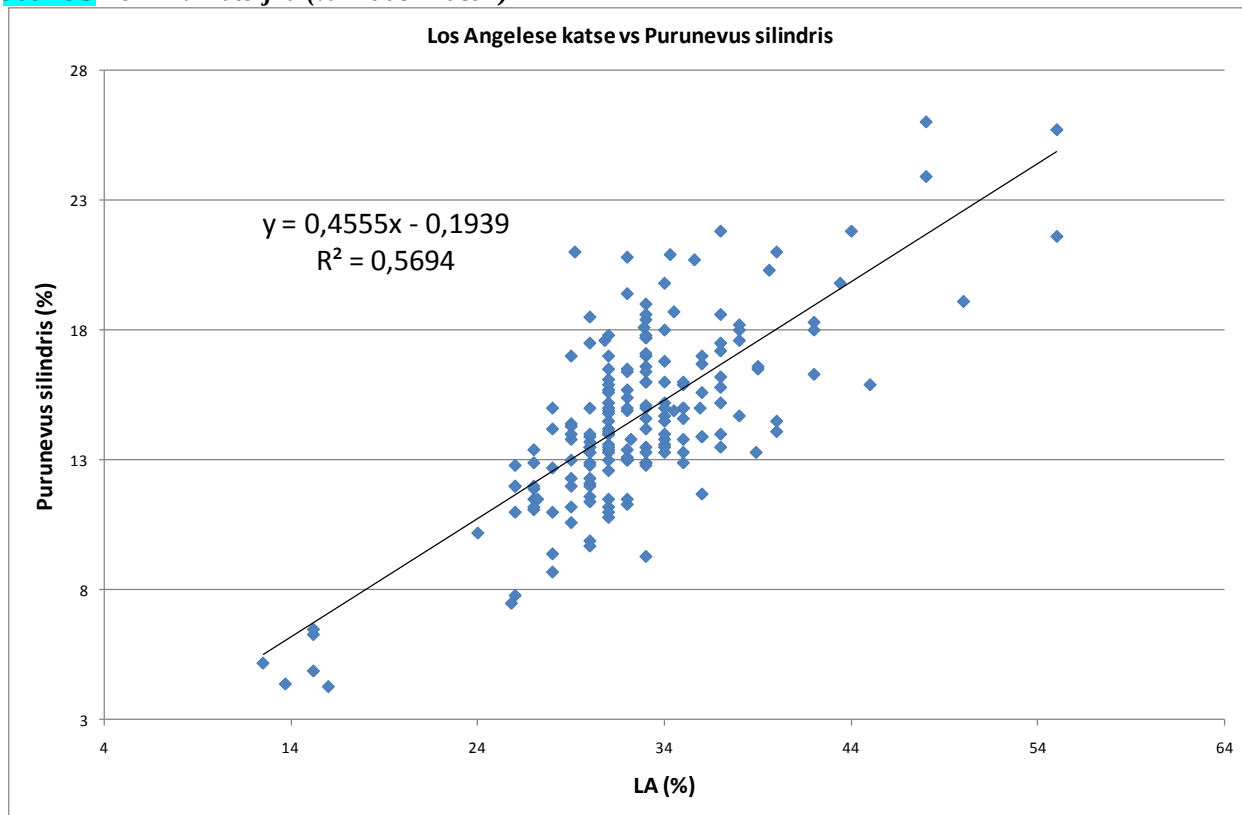
Tardkivi puhul saime tugeva seose, kuid seose kahjuks räägib vähene andmete hulk.

Seoste graafilised väljundid on esitatud järgnevatel joonistel:

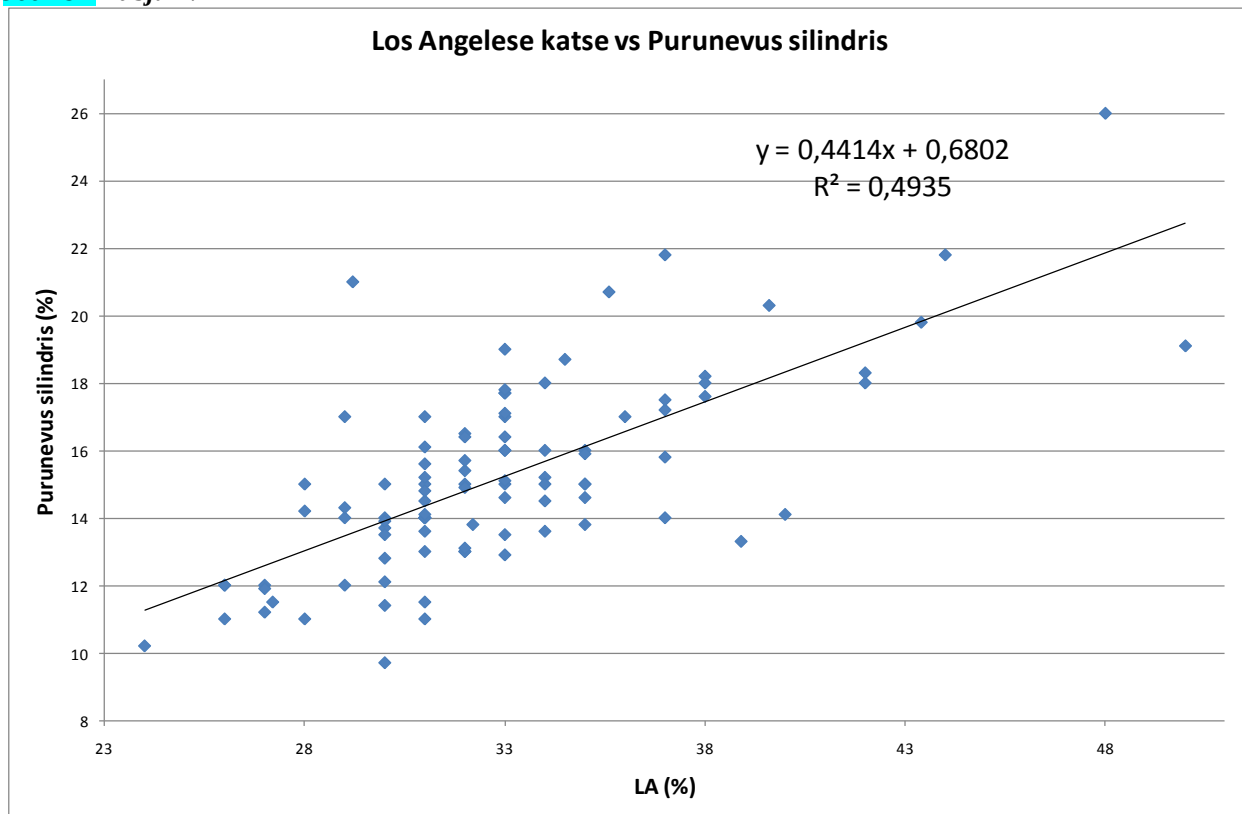
Joonis 1	Kõik kivimaterjalid.....	7
Joonis 2	Kõik kivimaterjalid (ainult pur. silindris fr 10/20 mm vs LA fr 10/14 mm).....	7
Joonis 3	Kõik kivimaterjalid (va kruuskillustik).....	8
Joonis 4	Lubjakivi.....	8
Joonis 5	Lubjakivi (ainult pur. silindris fr 10/20 mm vs LA fr 10/14 mm).....	9
Joonis 6	Dolokivi.....	9
Joonis 7	Dolokivi (ainult pur. silindris fr 10/20 mm vs LA fr 10/14 mm).....	10
Joonis 8	Tardkivi.....	10
Joonis 9	Betooni ja telliste purustusjääd.....	11
Joonis 10	Kruuskillustik.....	11

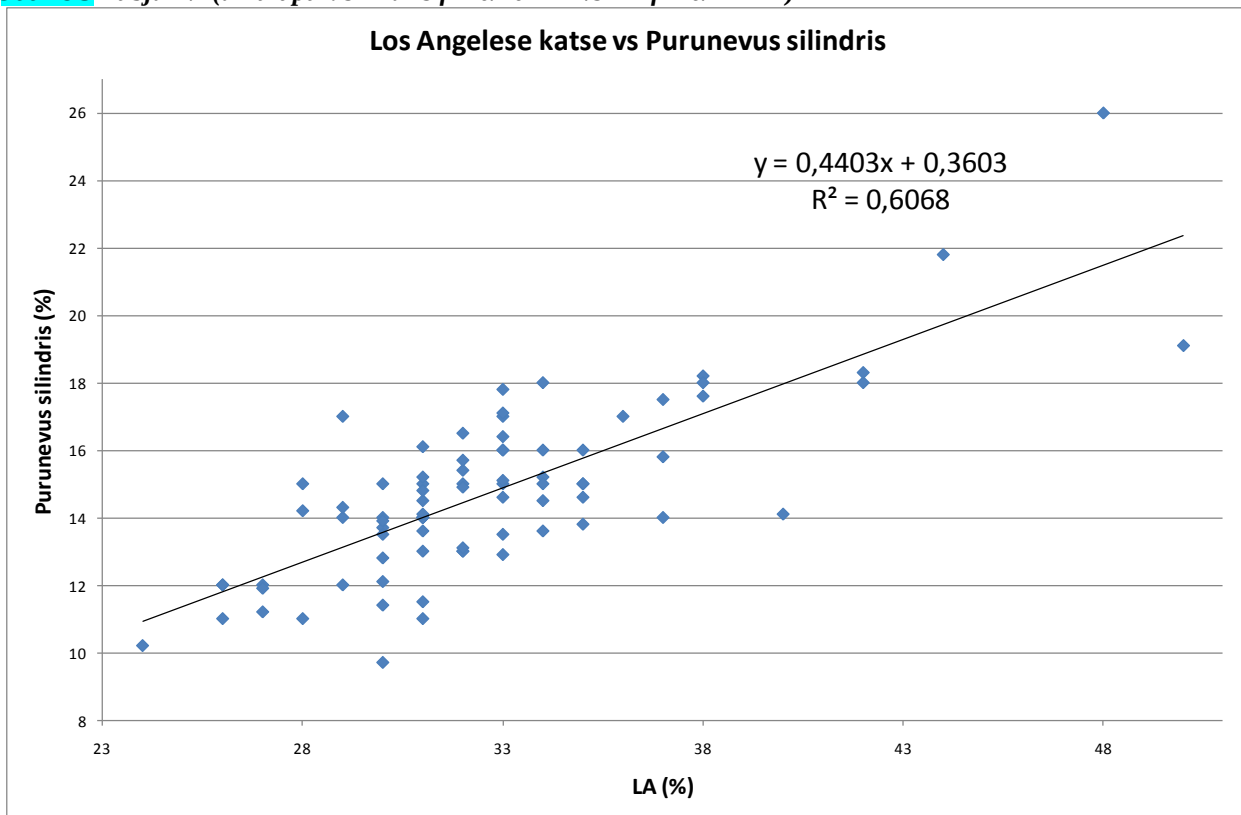
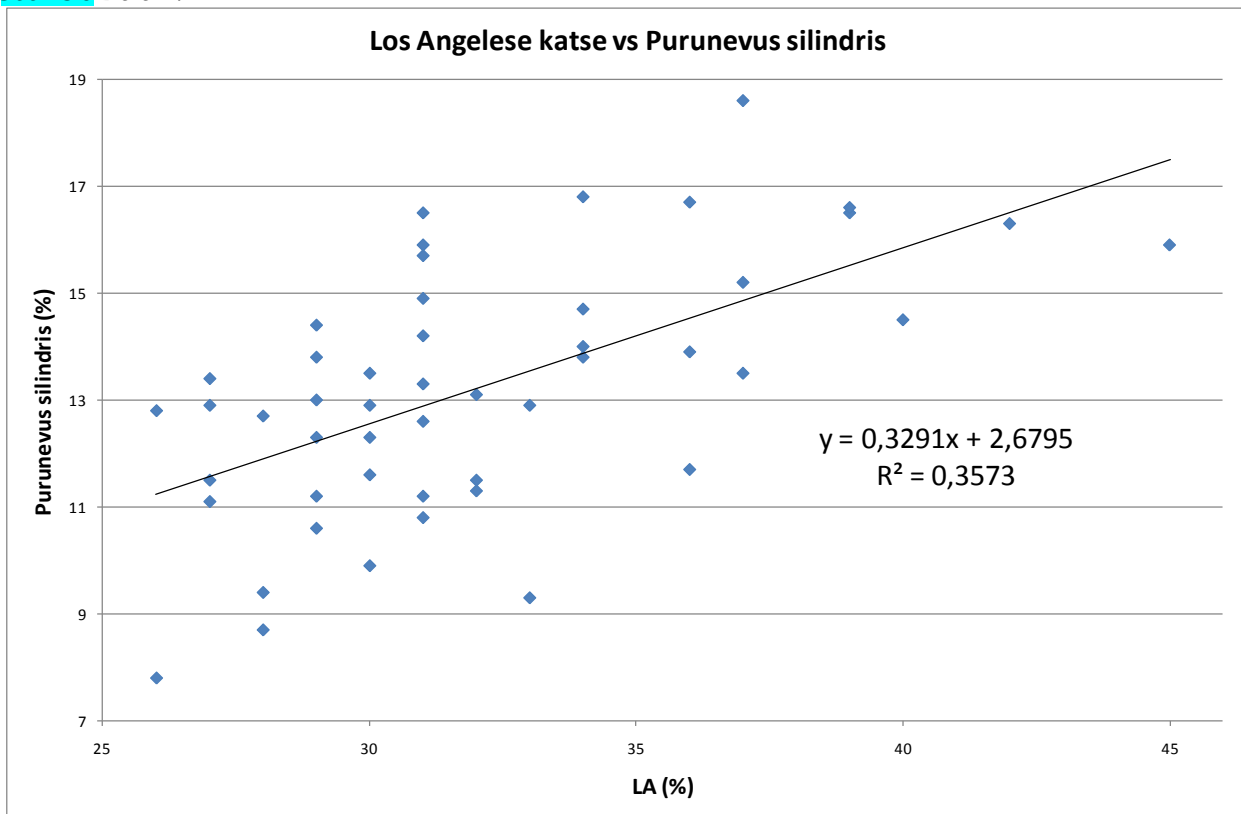
Joonis 1 Kõik kivimaterjalid

Joonis 2 Kõik kivimaterjalid (ainult pur. silindris fr 10/20 mm vs LA fr 10/14 mm)


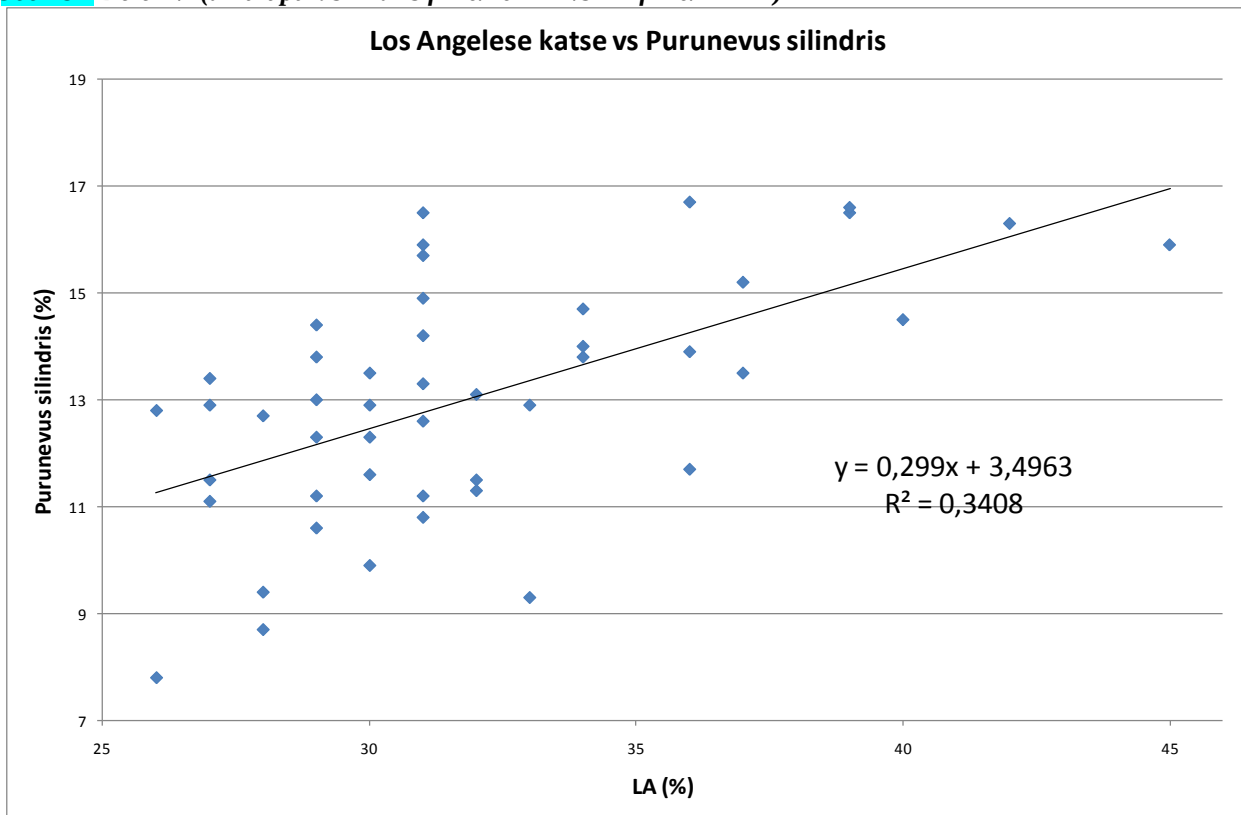
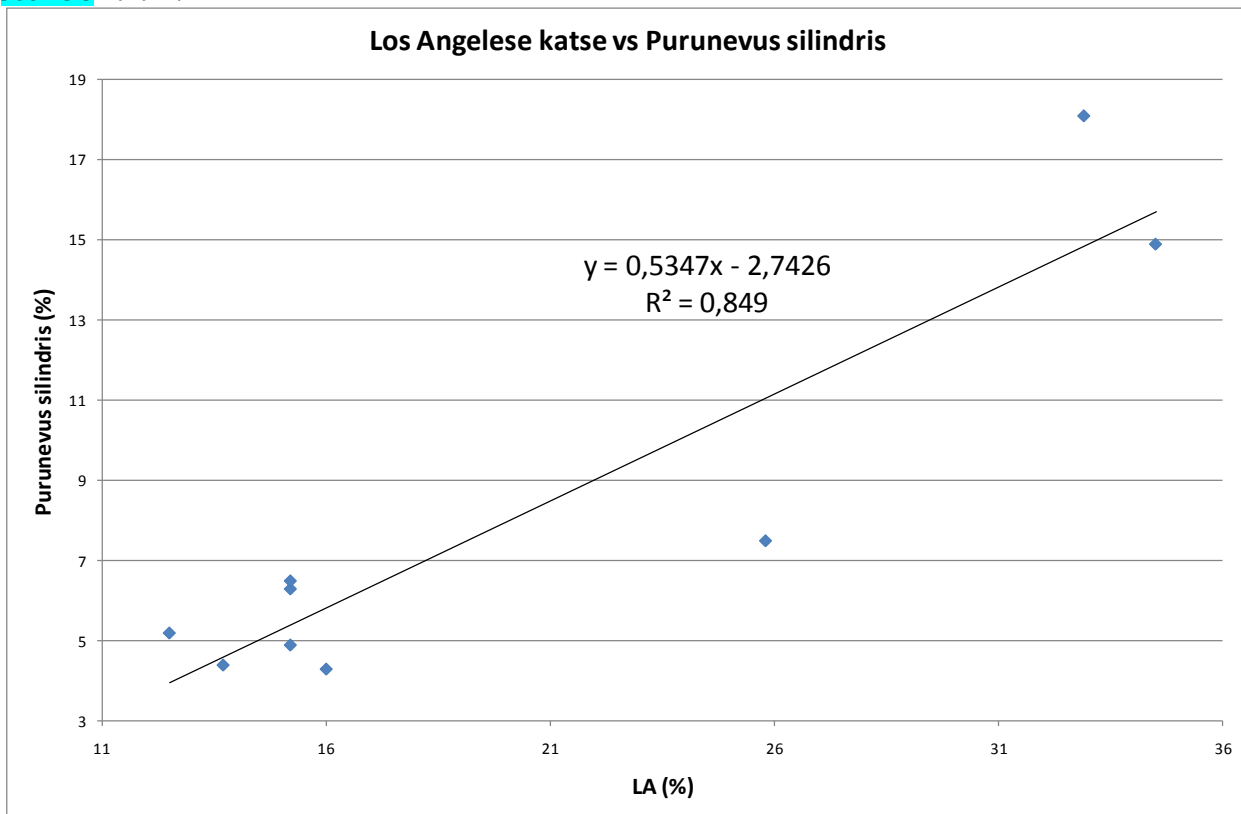
Joonis 3 Kõik kivimaterjlid (va kruuskillustik)

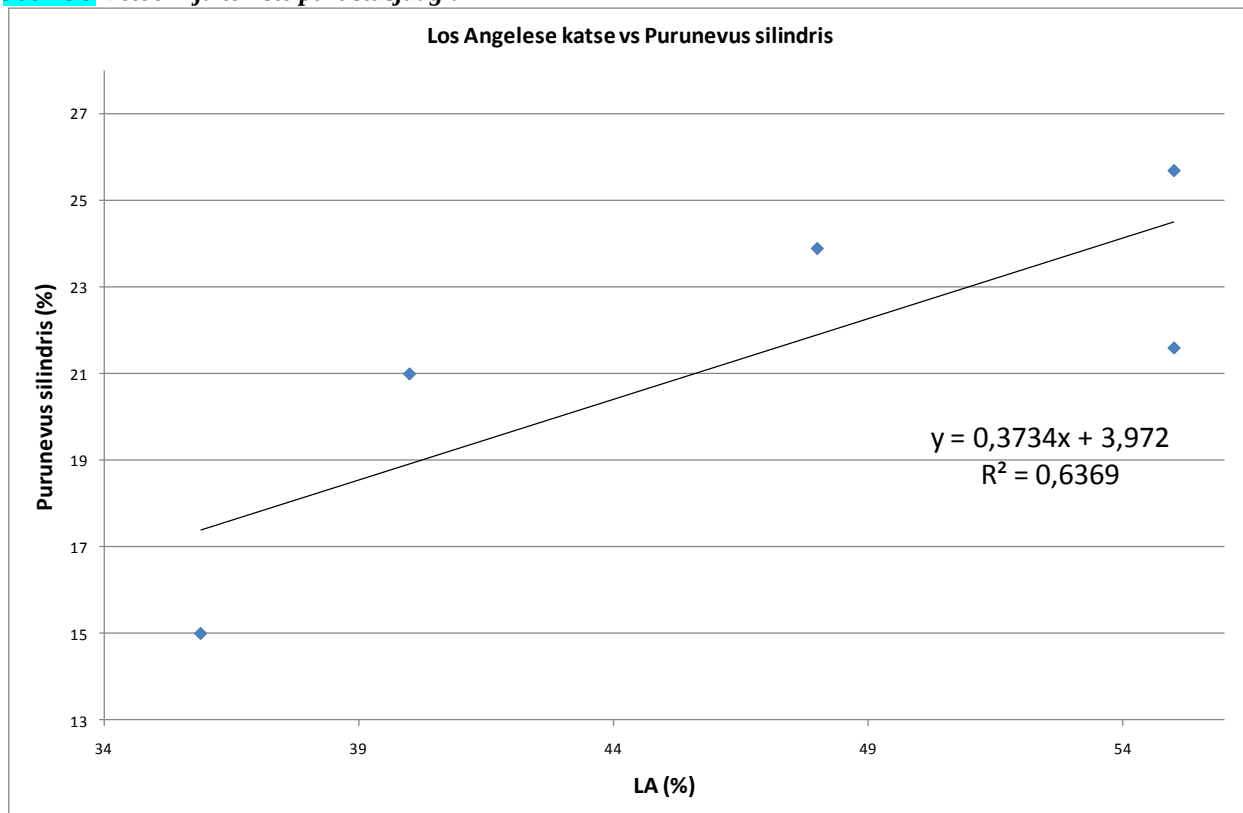
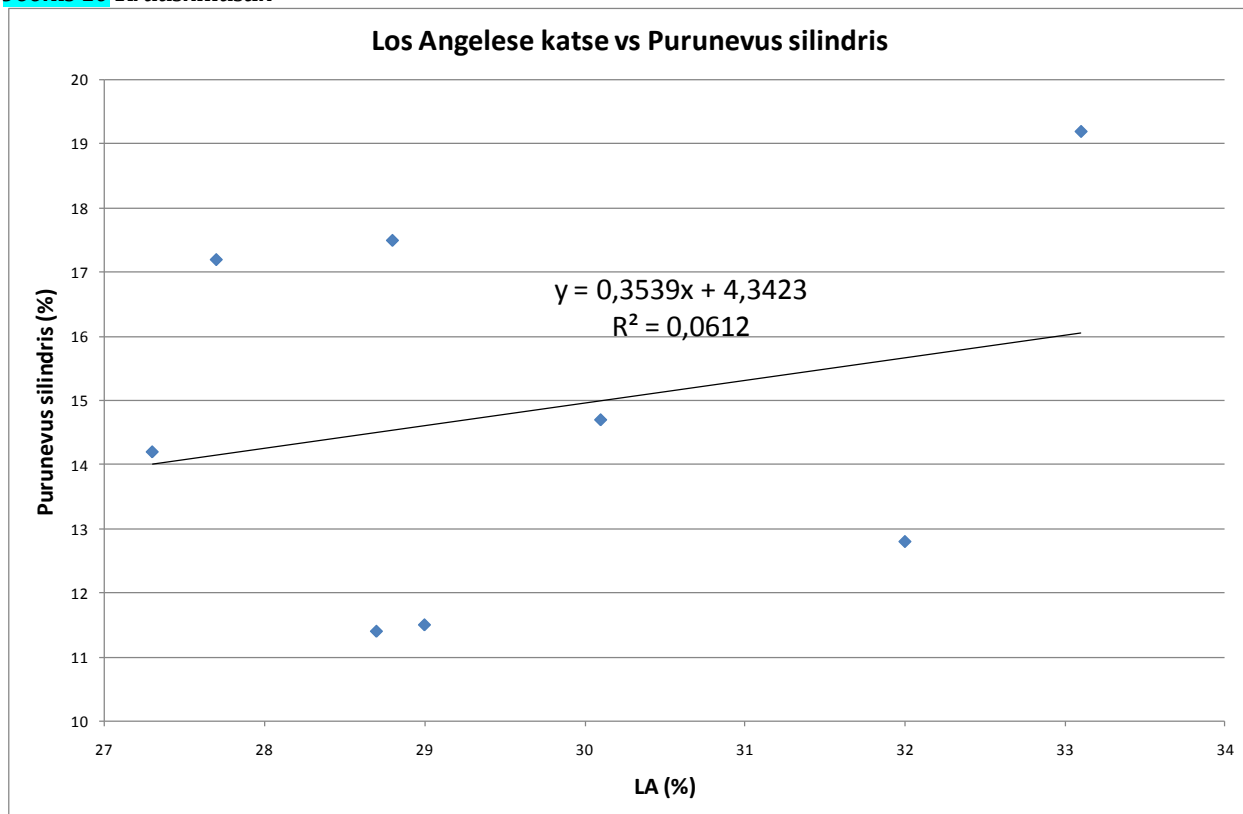


Joonis 4 Lubjakivi



Joonis 5 Lubjakivi (ainult pur. silindris fr 10/20 mm vs LA fr 10/14 mm)

Joonis 6 Dolokivi


Joonis 7 Dolokivi (ainult pur. silindris fr 10/20 mm vs LA fr 10/14 mm)

Joonis 8 Tardkivi


Joonis 9 Betooni ja telliste purustusjäägid

Joonis 10 Kruuskillustik


Tabel 3 Koond katseandmed

Jrk Nr	Materjali nimetus	Materjali fr (mm)	LA katse fr (mm)	LA tulemus (%)	Purunevus silindris katse fr (mm)	Purunevus silindris tulemus (%)
1	dolokivi	8/32	11/16	34	20/40	16,8
2	dolokivi		10/14	27	10/20	11,5
3	dolokivi		10/14	29	10/20	12,3
4	dolokivi		10/14	30	10/20	12,9
5	dolokivi		10/14	31	10/20	13,3
6	dolokivi		10/14	31	10/20	14,2
7	dolokivi		10/14	31	10/20	15,7
8	dolokivi		10/14	31	10/20	15,9
9	dolokivi		10/14	32	10/20	13,1
10	dolokivi		10/14	34	10/20	14
11	dolokivi		10/14	34	10/20	14,7
12	dolokivi		10/14	31	10/20	14,9
13	dolokivi		10/14	31	10/20	16,5
14	dolokivi		10/14	37	10/20	15,2
15	dolokivi		10/14	29	10/20	10,6
16	dolokivi		10/14	31	10/20	12,6
17	dolokivi		10/14	27	10/20	12,9
18	dolokivi		10/14	29	10/20	13
19	dolokivi		10/14	32	10/20	11,3
20	dolokivi		10/14	27	10/20	13,4
21	dolokivi		10/14	28	10/20	12,7
22	dolokivi		10/14	29	10/20	13,8
23	dolokivi		10/14	29	10/20	14,4
24	dolokivi		10/14	30	10/20	12,3
25	dolokivi		10/14	30	10/20	13,5
26	dolokivi		10/14	26	10/20	12,8
27	dolokivi		10/14	30	10/20	11,6
28	dolokivi		10/14	34	10/20	13,8
29	dolokivi		10/14	36	10/20	13,9
30	dolokivi		10/14	39	10/20	16,5
31	dolokivi		10/14	45	10/20	15,9
32	dolokivi		10/14	27	10/20	11,1
33	dolokivi		10/14	28	10/20	9,4
34	dolokivi		10/14	30	10/20	9,9
35	dolokivi		10/14	32	10/20	11,5
36	dolokivi		10/14	40	10/20	14,5
37	dolokivi	25/60	10/14	36	10/20	16,7
38	dolokivi	15/25	10/14	37	20/40	18,6
39	dolokivi	5/15	10/14	39	10/20	16,6
40	dolokivi		10/14	26	10/20	7,8
41	dolokivi		10/14	28	10/20	8,7
42	dolokivi		10/14	29	10/20	11,2
43	dolokivi		10/14	31	10/20	10,8

Jrk Nr	Materjali nimetus	Materjali fr (mm)	LA katse fr (mm)	LA tulemus (%)	Purunevus silindris katse fr (mm)	Purunevus silindris tulemus (%)
44	dolokivi		10/14	31	10/20	11,2
45	dolokivi		10/14	33	10/20	9,3
46	dolokivi		10/14	33	10/20	12,9
47	dolokivi		10/14	36	10/20	11,7
48	dolokivi		10/14	37	10/20	13,5
49	dolokivi		10/14	42	10/20	16,3
50	kruuskillustik		10/14	33,1	20/40	19,2
51	kruuskillustik		11/16	28,8	20/40	17,5
52	kruuskillustik		11/16	28,7	20/40	11,4
53	kruuskillustik	16/32	10/14	27,7	20/40	17,2
54	kruuskillustik		10/14	29	10/20	11,5
55	kruuskillustik		10/14	32	10/20	12,8
56	kruuskillustik	12/16		27,3		14,2
57	kruuskillustik	8/12		30,1		14,7
58	lubjakivi		11/16	27,2	10/20	11,5
59	lubjakivi		10/14	35,6	5/10	20,7
60	lubjakivi		11/16	38,9	10/20	13,3
61	lubjakivi		11/16	43,4	10/20	19,8
62	lubjakivi		10/14	30	10/20	14
63	lubjakivi		10/14	34	10/20	15,2
64	lubjakivi		10/14	35	10/20	14,6
65	lubjakivi		10/14	38	10/20	18,2
66	lubjakivi	8/32	10/14	40	10/20	14,1
67	lubjakivi		10/14	24	10/20	10,2
68	lubjakivi		10/14	30	10/20	12,8
69	lubjakivi		10/14	31	10/20	11
70	lubjakivi		10/14	31	10/20	11,5
71	lubjakivi		10/14	34	10/20	13,6
72	lubjakivi		10/14	35	10/20	13,8
73	lubjakivi		10/14	26	10/20	11
74	lubjakivi		10/14	26	10/20	12
75	lubjakivi		10/14	26	10/20	12
76	lubjakivi		10/14	27	10/20	12
77	lubjakivi		10/14	28	10/20	11
78	lubjakivi		10/14	28	10/20	15
79	lubjakivi		10/14	29	10/20	12
80	lubjakivi		10/14	29	10/20	14
81	lubjakivi		10/14	29	10/20	17
82	lubjakivi		10/14	30	10/20	15
83	lubjakivi		10/14	31	10/20	14
84	lubjakivi		10/14	31	10/20	14
85	lubjakivi		10/14	31	10/20	14
86	lubjakivi		10/14	31	10/20	15
87	lubjakivi		10/14	32	10/20	13

Jrk Nr	Materjali nimetus	Materjali fr (mm)	LA katse fr (mm)	LA tulemus (%)	Purunevus silindris katse fr (mm)	Purunevus silindris tulemus (%)
88	lubjakivi		10/14	32	10/20	13
89	lubjakivi		10/14	32	10/20	15
90	lubjakivi		10/14	33	10/20	15
91	lubjakivi		10/14	33	10/20	16
92	lubjakivi		10/14	33	10/20	17
93	lubjakivi		10/14	34	10/20	15
94	lubjakivi		10/14	34	10/20	16
95	lubjakivi		10/14	35	10/20	15
96	lubjakivi		10/14	35	10/20	15
97	lubjakivi		10/14	35	10/20	16
98	lubjakivi		10/14	36	10/20	17
99	lubjakivi		10/14	38	10/20	18
100	lubjakivi		10/14	42	10/20	18
101	lubjakivi		10/14	30	10/20	9,7
102	lubjakivi		10/14	30	10/20	12,1
103	lubjakivi		10/14	32	10/20	14,9
104	lubjakivi		10/14	33	10/20	17,1
105	lubjakivi		10/14	34	10/20	18
106	lubjakivi		10/14	42	10/20	18,3
107	lubjakivi		10/14	33	10/20	15,1
108	lubjakivi		10/14	48	10/20	26
109	lubjakivi		10/14	50	10/20	19,1
110	lubjakivi		10/14	31	10/20	13,6
111	lubjakivi		10/14	32	10/20	13,1
112	lubjakivi		10/14	32	10/20	15,4
113	lubjakivi		10/14	33	10/20	12,9
114	lubjakivi	13/70	10/14	33	20/40	17,7
115	lubjakivi	16/32	10/14	33	20/40	17,7
116	lubjakivi	4/16	10/14	31	10/20	13
117	lubjakivi	4/16	10/14	30	10/20	13,7
118	lubjakivi	0/125	10/14	33	10/20	17,8
119	lubjakivi	0/125	10/14	32	10/20	16,5
120	lubjakivi	32/40	10/14	31	20/40	17
121	lubjakivi	32/40	10/14	31	20/40	15,6
122	lubjakivi	125/300	10/14	33	10/20	16
123	lubjakivi	125/300	10/14	31	10/20	16,1
124	lubjakivi	4/16	10/14	44	10/20	21,8
125	lubjakivi		10/14	29	10/20	14,3
126	lubjakivi		10/14	30	10/20	13,5
127	lubjakivi		10/14	31	10/20	14
128	lubjakivi		10/14	31	10/20	14,1
129	lubjakivi		10/14	31	10/20	14,5
130	lubjakivi		10/14	31	10/20	15,2

Jrk Nr	Materjali nimetus	Materjali fr (mm)	LA katse fr (mm)	LA tulemus (%)	Purunevus silindris katse fr (mm)	Purunevus silindris tulemus (%)
131	lubjakivi		10/14	33	10/20	13,5
132	lubjakivi		10/14	33	10/20	14,6
133	lubjakivi		10/14	34	10/20	14,5
134	lubjakivi	13/70	10/14	37	20/40	21,8
135	lubjakivi	4/20	10/14	37	10/20	14
136	lubjakivi	16/63	10/14	33	20/40	19
137	lubjakivi		10/14	37	10/20	15,8
138	lubjakivi		10/14	32	20/40	16,4
139	lubjakivi	16/32	10/14	27	10/20	11,2
140	lubjakivi	32/64	10/14	30	10/20	11,4
141	lubjakivi	4/16	10/14	30	10/20	13,9
142	lubjakivi		10/14	27	10/20	11,9
143	lubjakivi	8/36	10/14	37	20/40	17,2
144	lubjakivi	8/36	10/14	35	20/40	15,9
145	lubjakivi		10/14	28	10/20	14,2
146	lubjakivi		10/14	31	10/20	14,8
147	lubjakivi		10/14	33	10/20	16,4
148	lubjakivi		10/14	37	10/20	17,5
149	lubjakivi		10/14	32	10/20	15,7
150	lubjakivi		10/14	38	10/20	17,6
151	lubjakivi	20/40		29,2		21,0
152	lubjakivi	10/20		32,2		13,8
153	lubjakivi	20/40		34,5		18,7
154	lubjakivi	5/10		39,6		20,3
155	tardkivi	12/32		32,9	20/40	18,1
156	tardkivi	4/12	4/8	34,5	5/10	14,9
157	tardkivi	5/8	4/8	16	5/10	4,3
158	tardkivi	8/12		12,5		5,2
159	tardkivi	8/11		13,7		4,4
160	tardkivi	5/8		15,2		4,9
161	tardkivi	11/16		15,2		6,3
162	tardkivi	8/11		15,2		6,5
163	tardkivi	11,2/16		25,8		7,5
164	punase tellise tükid		10/14	48	10/20	23,9
165	purustusjäägid		10/14	40	10/20	21
166	raudteeballast		11/16	34,3	20/40	20,9
167	silikaattellise tükid		10/14	55	10/20	25,7
168	betooni tükid		10/14	35,9	10/20	15
169	betooni tükid		10/14	55	10/20	21,6
170	aherainekillustik	32/93	10/14	33	10/20	16,6
171	aherainekillustik	16/32	10/14	37	10/20	16,2
172	aherainekillustik	4/16	10/14	33	10/20	18,4
173			11/16	32	20/40	20,8

Jrk Nr	Materjali nimetus	Materjali fr (mm)	LA katse fr (mm)	LA tulemus (%)	Purunevus silindris katse fr (mm)	Purunevus silindris tulemus (%)
174			10/14	30,8	20/40	17,6
175		16/32	10/14	30	20/40	17,5
176		4/16	10/14	31	10/20	13,4
177		32/40	10/14	31	20/40	17,8
178		16/32	10/14	33	20/40	18,6
179		4/16	10/14	34	10/20	13,5
180		32/40	10/14	34	20/40	19,8
181			10/14	30	10/20	13,3
182		32/64	10/14	31	10/20	13,5
183			10/14	36	10/20	15,6
184			10/14	30	10/20	12
185			10/14	33	10/20	12,8
186			10/14	33	10/20	13,3
187			10/14	33	10/20	14,2
188			10/14	34	10/20	13,3
189			10/14	35	10/20	12,9
190			10/14	35	10/20	13,3
191			10/14	36	10/20	13,9
192			10/14	38	10/20	14,7
193			10/14	30	10/20	13,3
194		4/16	8/11,2	32	10/20	13,4
195		16/32	10/14	32	20/40	19,4
196		32/64	10/14	30	20/40	18,5