

/Logo/

UAB GEOBALTIC

Savanoriu 11A-76, LT-03116 Vilņa, Lietuva, tel: +370 699 54953, e-mail: info@geobaltic.lt, web: www.geobaltic.lt

KARJERĀ „TŪRKALNE” DOLOMĪTA SPRIDZINĀŠANAS LAIKĀ IZRAISĪTO SVĀRSTĪBU MĒRĪJUMI TUVĒJĀS VIENSĒTĀS

ZIŅOJUMS

Pasūtītājs: AS „SIGULDAS BŪVMEISTARS”

Sagatavotājs: UAB „GEOBALTIC”

Vecākais ģeofiziķis Mantas Budraitis

/paraksts/

Vilņa, 2013

Ievads

Šobrīd Pasūtītājs veic dolomīta izstrādi karjerā „Tūrkalne” (Ropažu novads, Latvija). Iežu drupināšanai izmanto spridzināšanas paņēmieni.

Spridzināšanas laikā izraisīto svārstību mērījumiem izvirzīti divi galvenie mērķi. Pirmais - izmērīt Tūrkalnes karjerā veiktās spridzināšanas radītās svārstības divās viensētās „Paltes” (N1) un „Pipariņi (N2), kā arī pārbaudīt, vai svārstības nepārsniedz standartā DIN 4150 noteiktās maksimālās pieļaujamās robežas. Otrs mērķis - noteikt sagaidāmo svārstību līmeni minētajās viensētās pie paredzētajiem spridzināšanas darbiem jaunajās atradnēs „Ārēni” un „Kalnagrāvīši”.

Maksimālās pieļaujamās svārstību robežas

Svārstību maksimālās pieļaujamās robežas ir noteiktas standarta DIN 4150 3.daļā (1.tabula). Svārstību mērījumi veikti viensētās ar dzīvojamām ēkām, un to lielumi atbilst 1.tabulas 2.punktam.

1.tabula. Maksimālais pieļaujamais svārstību ātrums dažādu tipu būvēm, atbilstoši standartam DIN 4150.

Būves tips		Maksimālais pieļaujamais svārstību ātrums, mm/s			
		Frekvence			Visas frekvences
		1-10 Hz	10-50 Hz	50-100 Hz	
1	Būves, kas tiek izmantotas komerciāliem mērķiem, industriālās un līdzīga tipa būves	20	20-40	40-50	40
2	Dzīvojamās ēkas un līdzīga tipa pielietojuma būves	5	5-15	15-20	15
3	Būves, kas dēļ to īpašās jutības pret svārstībām nevar tik klasificētas pēc 1.vai 2.punkta un kam ir liela kultūrvēsturiska vērtība (piem., aizsargājamas ēkas)	3	3-8	8-10	8

Spridzināšanas un mērījumu vietas, izmantotā aparatūra

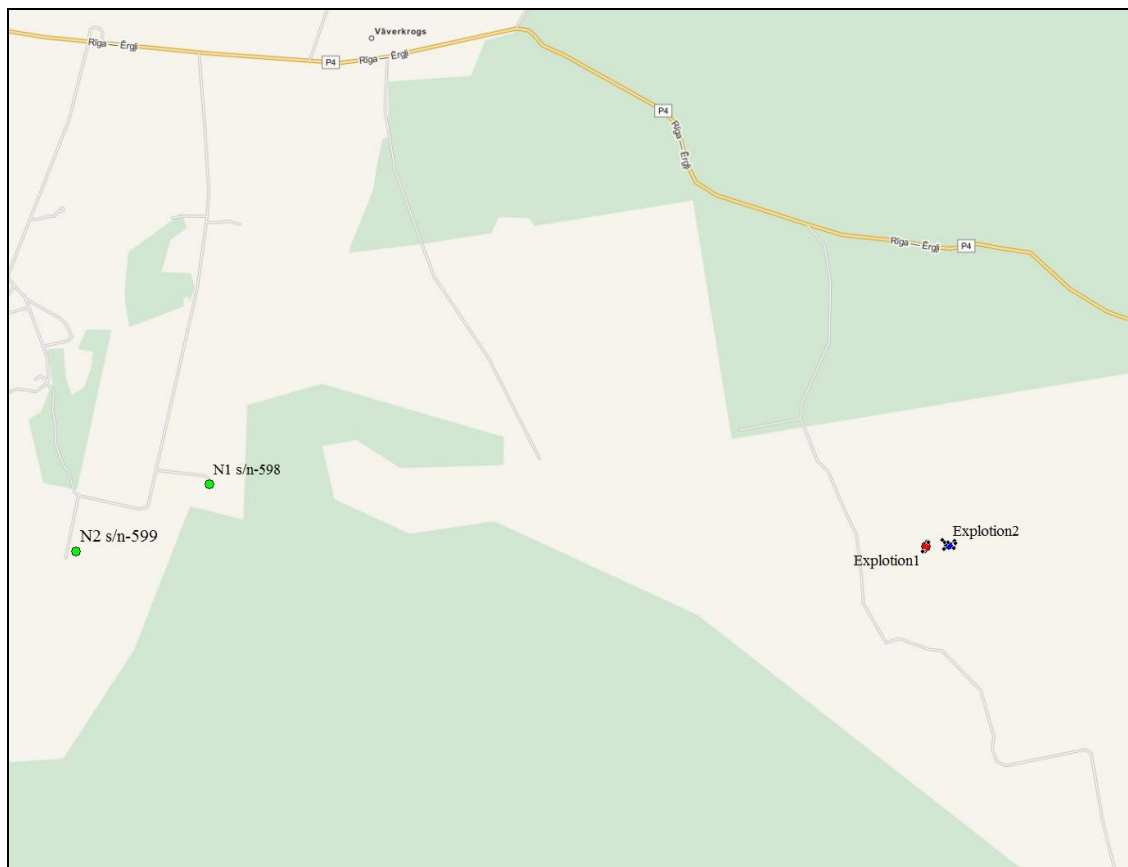
Spridzināšanas vietas un mērījumu punkti ir parādīti 1.attēlā. Dati par spridzināšanu sniegti 2.tabulā, bet dati par seismisko mērījumu aparatūras atrašanās vietām – 3.tabulā. Fotografijas no mērījumu punktiem N1 un N2 (2. un 3.attēls). „Sprādziens 1” un „Sprādziens 2” izvietošanu shēmas dotas 4. un 5.attēlā.

2.tabula. Spridzināšanas vietas un parametri

Spridzināšanas parametri	1.sprādziens	2.sprādziens
Datums	2013.06.19	2013.06.19
Laiks (vietējais)	16:06	16:19
Virziens uz austrumiem UTM WGS84, zona 35N, m	360254	360330
Virziens uz ziemeļiem UTM WGS84, zona 35N, m	6309754	6309754
Ģeogrāfiskais platums	56° 54' 37.33" N	56° 54' 37.412" N
Ģeogrāfiskais garums	24° 42' 17.429" E	24° 42' 21.952" E
Sprādziena lādiņš, TNT kg	870	3210
Urbumu skaits	29	80

3.tabula. Mērījumu dislokācijas vietas

Mērījumu parametri	Mērījumu punkts N1	Mērījumu punkts N2
Instrumenta tips	SARA SL07	SARA SL07
Sensora tips	4.5 Hz ģeofons	4.5 Hz ģeofons
Sastāvdaļu skaits	3 (Z, N, E)	3 (Z, N, E)
Sērijas numurs	s/n-598	s/n-599
Portatīvās seismiskās stacijas nosaukums	LGS2	LGS4
Virziens uz austrumiem UTM WGS84, zona 35N, m	357868	357416
Virziens uz ziemeļiem UTM WGS84, zona 35N, m	6310043	6309833
Ģeogrāfiskais platums	56° 54' 44.079" N	56° 54' 36.794" N
Ģeogrāfiskais garums	24° 39' 55.949" E	24° 39' 29.632" E
Attālums no mērījumu punkta N1, km	2.403	2.478
Attālums no mērījumu punkta N2, km	2.839	2.915



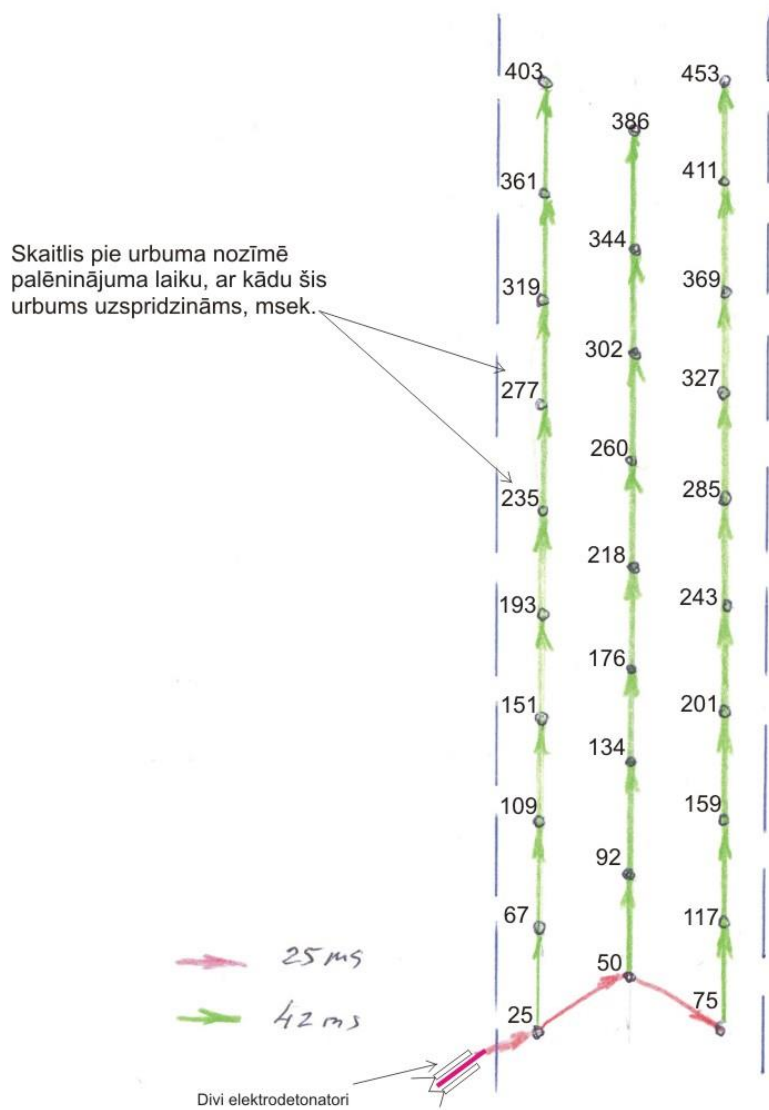
1.attēls. Sprādzienu un mērījumu punktu vietas. Sarkanie un zilie punkti norāda sprādzienu punktus „Sprādziens 1” un „Sprādziens 2”, zaļie punkti attiecas uz mērījumu punktiem N1 un N2.



2.attēls. Karjera spridzināšanas laikā izraisīto svārstību mērījumi viensētā N1.

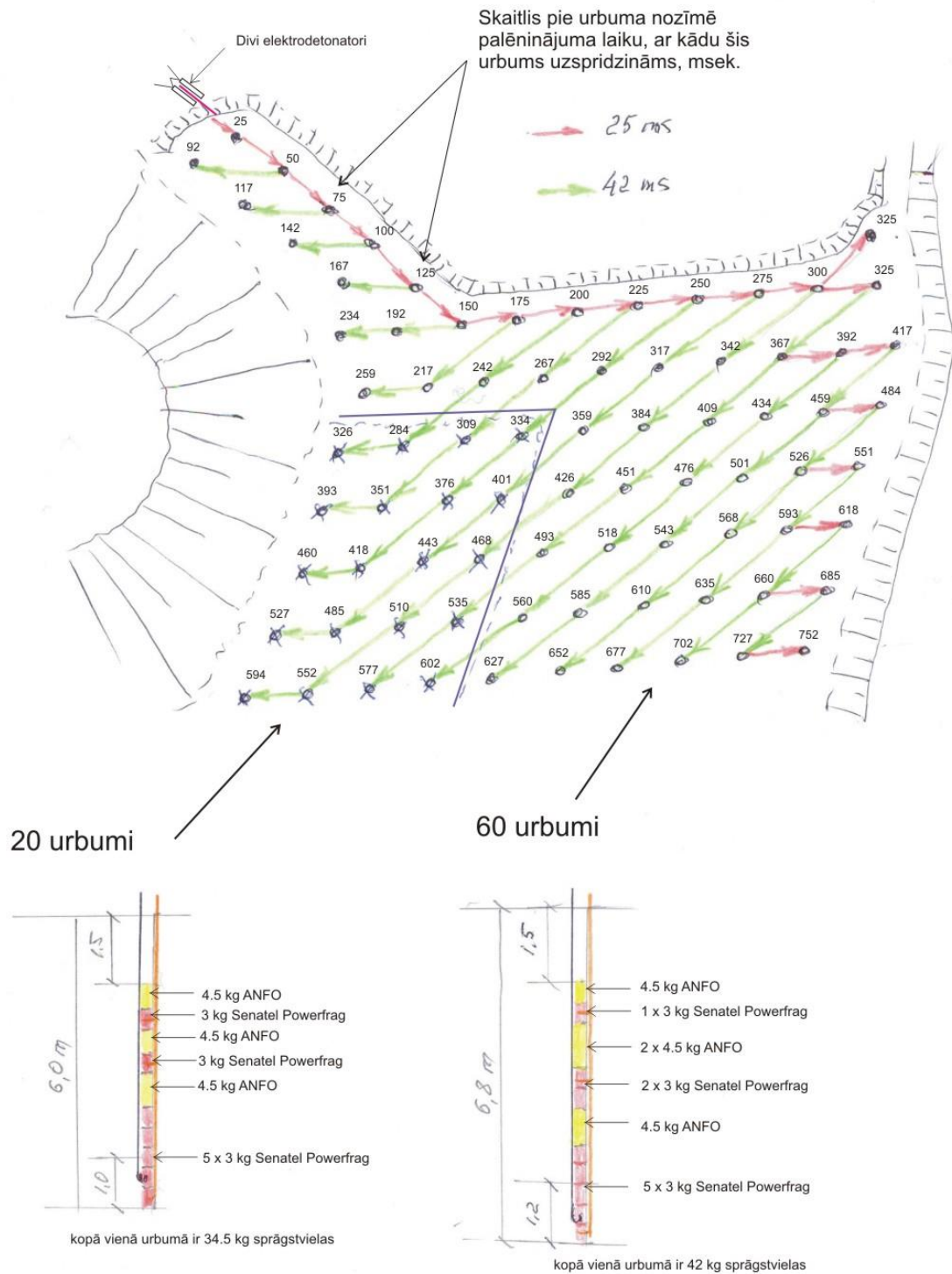


3.attēls. Karjera spridzināšanas laikā izraisīto svārstību mērījumi viensētā N2.



Sprādzienam izmantotais kopējais sprāgstvielu daudzums - 870 kg

4.attēls. „Sprādziena 1” urbumu izvietojuma shēma un sprāgstvielu izvietojums urbumā



Sprādzienam izmantotais kopējais sprāgstvielu daudzums - 3210 kg

5.attēls. „Sprādziena 2” urbumu izvietojuma shēma un sprāgstvielu izvietojums urbumos

Mērījumiem izmantotais aprīkojums

Svārstību intensitātes mērījumiem punktos N1 un N2 izmantotas divas portatīvās seismiskās stacijas SARA SL07 (http://www.sara.pg.it/documenti/sl07_datasheet_eng.pdf). Portatīvā seismiskā stacija SL07 sastāv no 24 bitu digitaizera, sensora ar 4.5 Hz ģeofonu un integrētām 3 sastāvdaļām, vadības moduļa un SD atmiņas kartes. Seismogrammas jeb svārstību vēsture tiek ierakstīta seisan formāta failos. Ierakstītie faili apstrādāti, izmantojot SEISAN 9.1.1 programmatūru (<http://www.uib.no/rg/geodyn/artikler/2010/02/software>).

Seismisko svārstību pastāvīgs monitoringa tiek veikts pie dolomīta karjera Petrašūnas II (Petrasiuņai II) Lietuvā. Tajā 2012.gada maijā uzstādīja divus dažādus komplektus mērījumu veikšanai. Pirmais - SARA portatīvā seismiskā stacija SL07, otrs - akselerometrs CMG-5T (<http://www.guralp.com/documents/MAN-050-0001.pdf>) un Guralp datu iegūšanas moduļa Platinum CMG-DAS-06 (<http://www.guralp.com/documents/MAN-EAM-0003.pdf>). Abus komplektus izmantoja karjera spridzināšanas darbu laikā radīto svārstību monitoringam trīs mēnešu periodā. Šajā laikā ierakstīti vairāki desmiti sprādzieni. SARA SL07 iekārtas ierakstītie dati apstrādāti, izmantojot SEISAN 9.1.1 programmatūru, savukārt dati, kas iegūti ar Guralp Platinum CMG-DAS-06 iekārtu, apstrādāti ar programmatūru SCREAM! 4.5 (<http://www.guralp.com/documents/MAN-SWA-0001.pdf>), kuru ražo Guralp kompānija. Divu dažādo iekārtu veikto mērījumu pieļaujamajās robežās sakrita. Tādējādi varam būt pārliecināti, ka abi komplekti sprādzieni izraisītās zemes svārstības reģistrē un mēra precīzi un ticami.

Mērījumu rezultāti

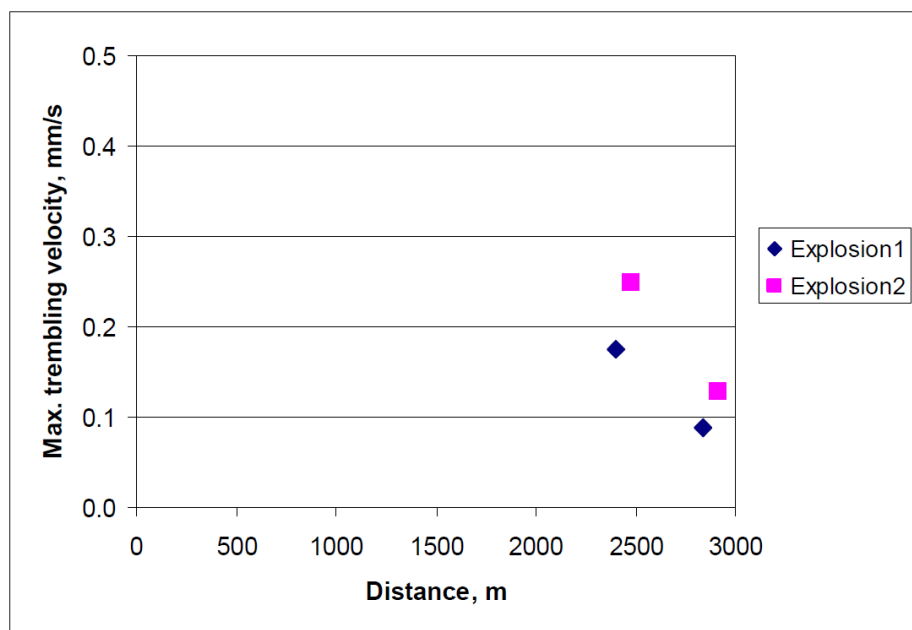
Mērījumu galvenais mērķis ir novērtēt spridzināšanas darbu radīto zemes svārstību lielumu divās viensētās ar dzīvojamām ēkām, un salīdzināt šos rādītājus ar standarta DIN 4150 3.daļā noteiktajām robežvērtībām. Zemes svārstību lielums noteikts divos punktos N1 un N2 (3.tabula). 2013.gada 19.jūnijā karjera „Tūrkalne” teritorijā veikti divi sprādzieni, spridzināšanas vieta AS „Siguldas Būvmeistars” nekustamais īpašums „Daces” Ropažu novadā, kadastra Nr. 80840170011 (2.tabula). Visi mērījumu rezultāti ir apkopoti 4.tabulā. Maksimālais zemes svārstību ātrums mērīts trīs frekvenču joslās: 1-10 Hz, 10-50 Hz, 50-100 Hz un visās frekvencēs (1-100 Hz), atbilstoši standarta DIN 4150 prasībām. Vispirms maksimālais ātrums izmērīts katrai komponentei (Z, N, E) atsevišķi. Pēc tam maksimālais ātrums aprēķināts kombinējot katras komponentes vērtību. Šāds aprēķina veids pārsniedza svārstību maksimālos ātrumus, jo katras komponentes maksimālais ātrums parādījās dažādā laikā un nebija tikai vienas svārstības lielums. Tomēr, arī šie pārsniegtie lielumi ir ievērojami zemāki par maksimāli pieļaujamo svārstību ātrumu, ko nosaka standarts DIN 4150. Izmērītie svārstību ātrumi variēja no 0.06% līdz 2.81% no maksimālās atļautās vērtības (4.tabula).

Attēlos 7, 8, 9 un 10 parādītas svārstību ātruma seismogrammas jeb laika līknes punktos N1 un N2, kas radās „Sprādziena 1” un „Sprādziena 2” rezultātā. Ātruma mērvienība ir nanometrs sekundē. Katra mērījuma seismogramma ir parādīta ar trīs grafiskām komponentēm: vertikāli (Z), ziemeļu-dienvidu (N) un austrumu-rietumu (E). Seismogrammas filtrētas, izmantojot 1-100 Hz filtru. Maksimālais svārstību ātrums dots labajā pusē virs katras komponentes seismogrammas.

Svārstību ātruma mērījumi attēloti grafiski (6.attēls). Redzams, ka izmērītais svārstību ātrums punktā N1 ir mazliet augstāks nekā punktā N2, kas atrodas par dažiem simtiem metru tālāk no sprādziena vietas.

4.tabula. Karjera spridzināšanas rezultātā radušos svārstību maksimālie ātrumi

Sprādziena Nr.	Laiks, st.min	Mērījuma punkts	Frekvence, Hz	Maksimālais izmērītais svārstību ātrums, mm/s			Maksimālais ātrums, mm/s	Maksimāli pieļaujamais ātrums pēc DIN 4150, mm/s	Procenti no maksimāli atļautā, %
				Z	N	E			
1	16:06	N1	1-10	0.040	0.065	0.040	0.086	5	1.72
1	16:06	N1	10-50	0.019	0.019	0.038	0.047	5-15	0.31
1	16:06	N1	50-100	0.007	0.005	0.008	0.012	15-20	0.06
1	16:06	N1	1-100	0.072	0.120	0.106	0.176	15	1.17
1	16:06	N2	1-10	0.056	0.094	0.060	0.125	5	2.50
1	16:06	N2	10-50	0.027	0.035	0.063	0.077	5-15	0.51
1	16:06	N2	50-100	0.005	0.004	0.009	0.011	15-20	0.06
1	16:06	N2	1-100	0.039	0.070	0.040	0.090	15	0.60
2	16:19	N1	1-10	0.036	0.074	0.039	0.091	5	1.82
2	16:19	N1	10-50	0.065	0.066	0.121	0.152	5-15	1.02
2	16:19	N1	50-100	0.020	0.015	0.032	0.041	15-20	0.20
2	16:19	N1	1-100	0.098	0.150	0.172	0.248	15	1.66
2	16:19	N2	1-10	0.060	0.105	0.072	0.141	5	2.81
2	16:19	N2	10-50	0.090	0.102	0.149	0.202	5-15	1.35
2	16:19	N2	50-100	0.028	0.027	0.044	0.059	15-20	0.29
2	16:19	N2	1-100	0.056	0.089	0.072	0.127	15	0.85

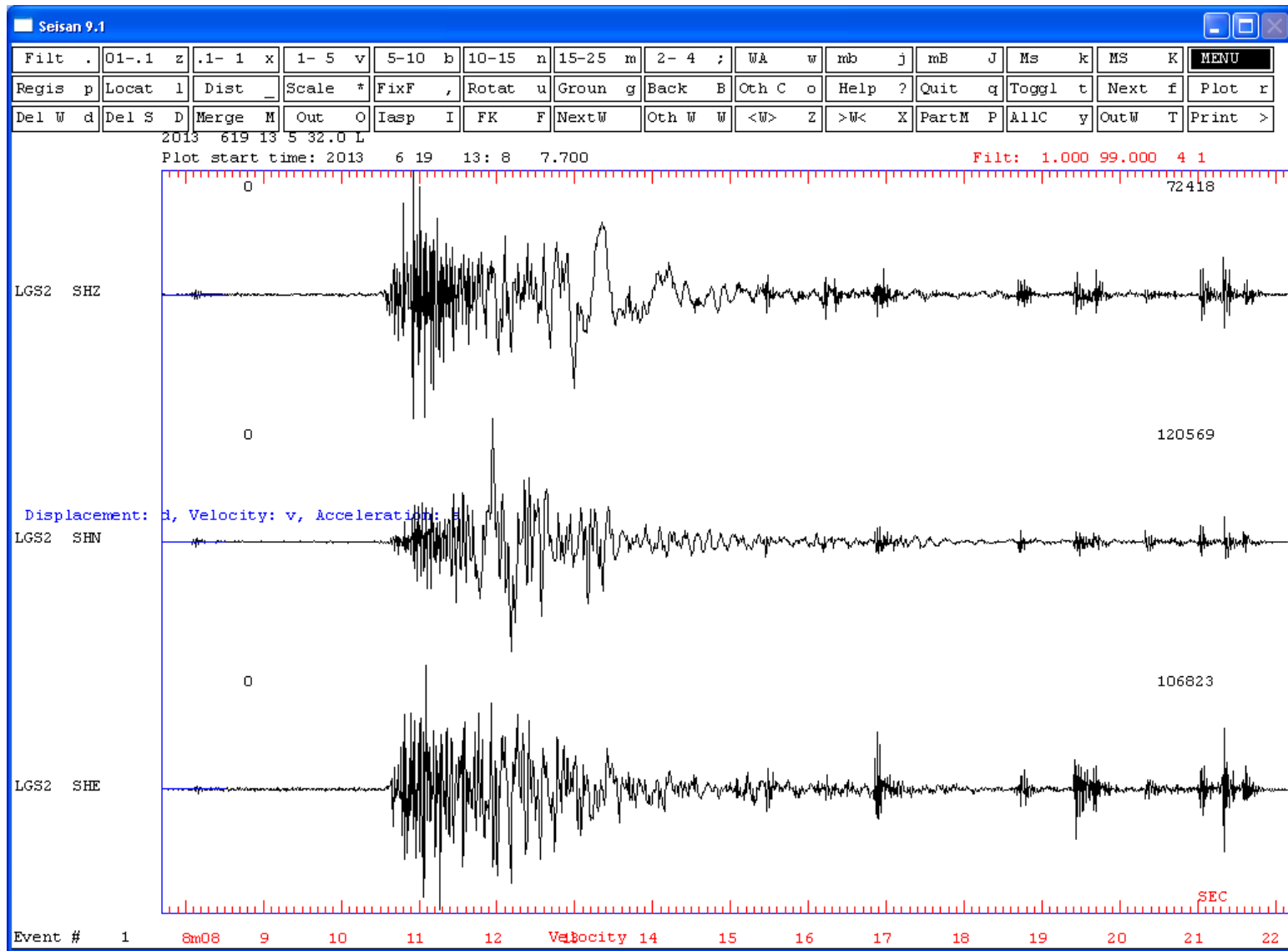


X ass: Attālums, m
Y ass: Maksimālais svārstību ātrums, mm/s

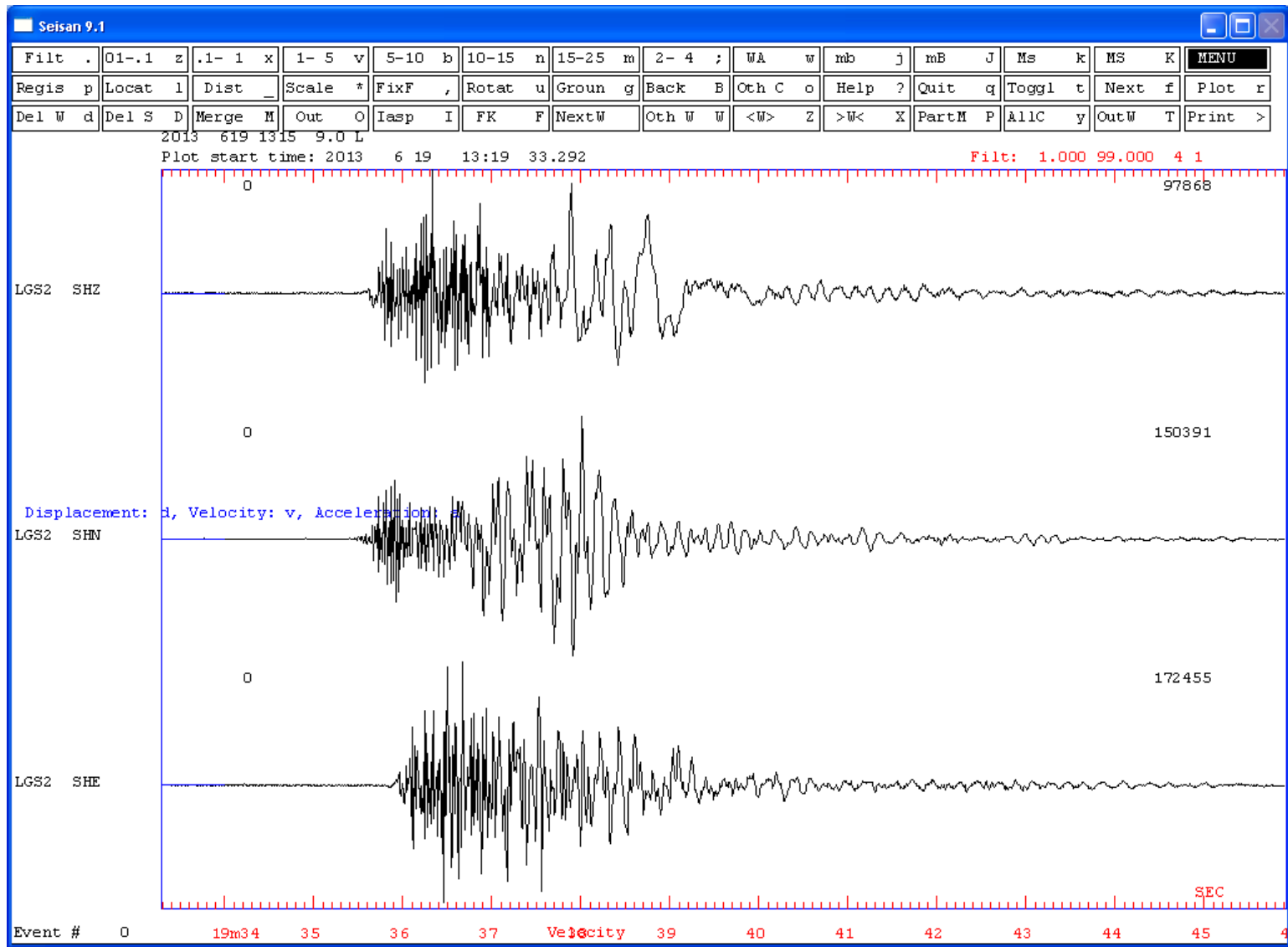
Apzīmējumi: Sprādziens 1
Sprādziens 2

6.attēls. Zemes svārstību mērījumu rezultāti punktā N1 (attālums no „Sprādziena 1” - 2.403 km, no „Sprādziena 2” - 2.478 km) un punktā N2 (attālums no „Sprādziena 1” - 2.839 km, no „Sprādziena 2” - 2.915 km)

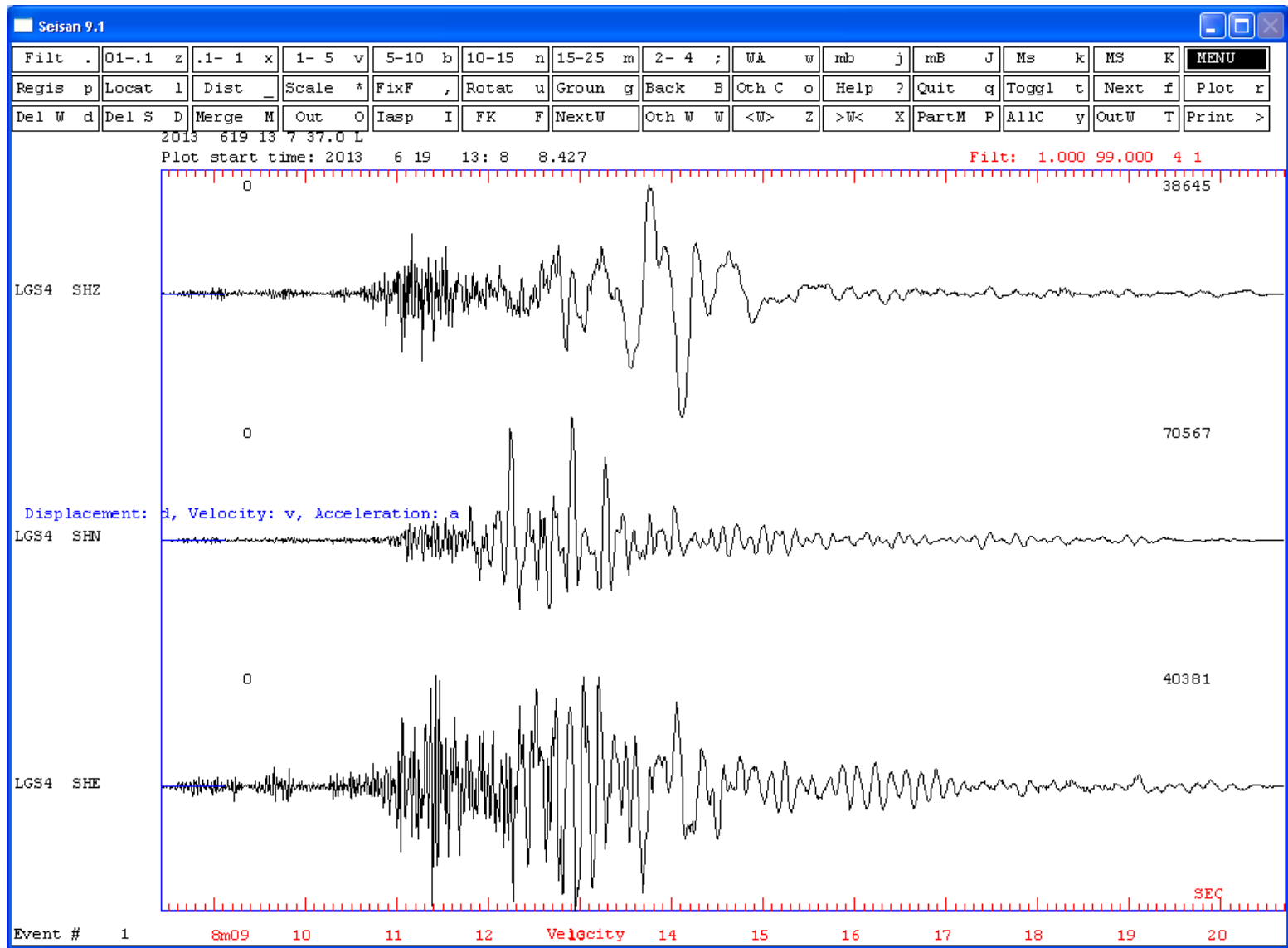
7.attēls. „Sprādziena 1” seismogramma, ierakstīta punktā N1. Datums: 2013.06.19. Vietējais laiks: 16:06



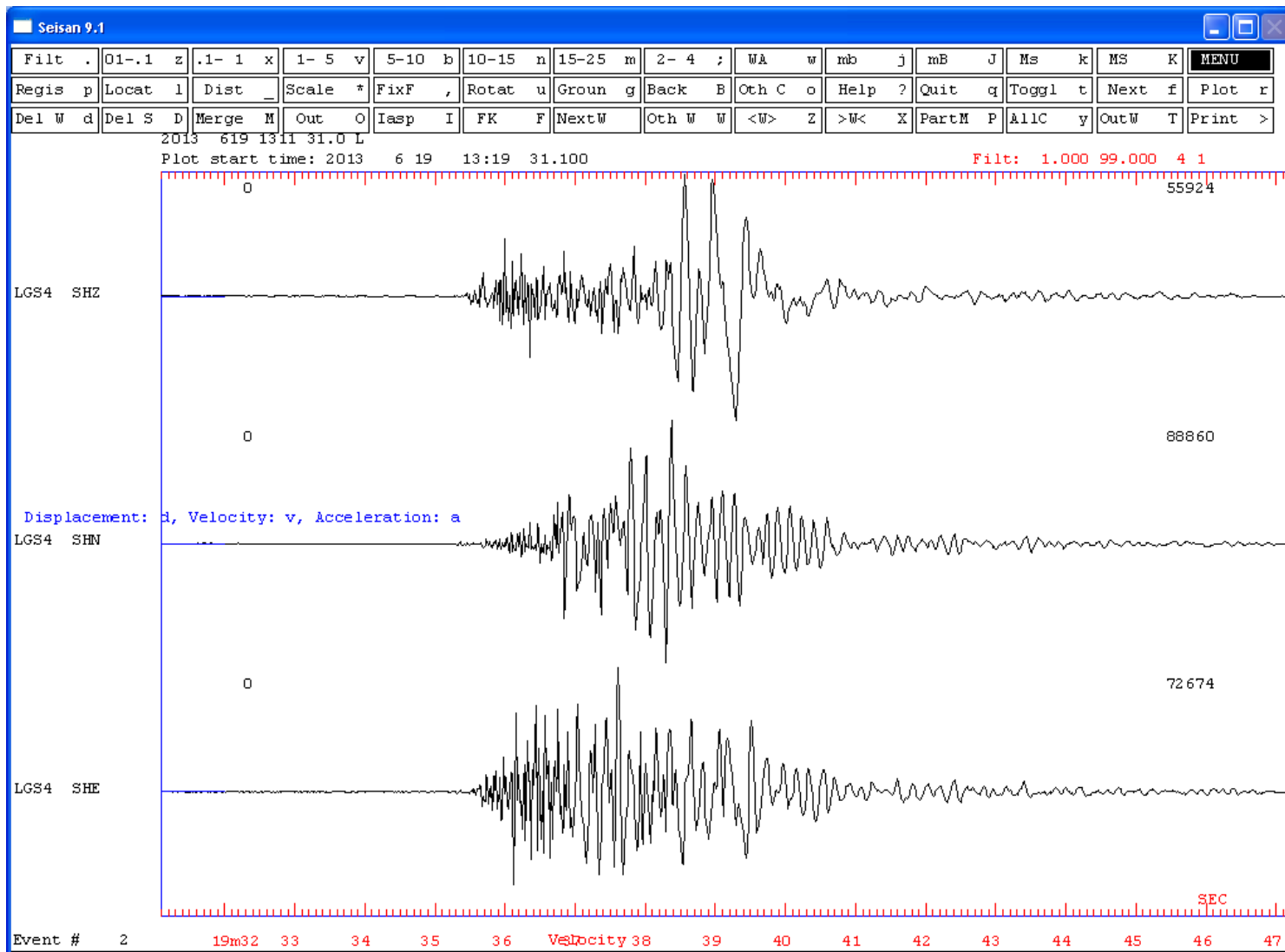
8.attēls. „Sprādziena 2” seismogramma, ierakstīta punktā N1. Datums: 2013.06.19. Vietējais laiks: 16:19



9.attēls. „Sprādziena 1” seismogramma, ierakstīta punktā N2. Datums: 2013.06.19. Vietējais laiks: 16:06



10.attēls. „Sprādziena 2” seismogramma, ierakstīta punktā N2. Datums: 2013.06.19. Vietējais laiks: 16:19



Karjera spridzināšanas darbu laikā izraisīto svārstību prognozes

2002.gadā veikts pētījums Salaspils ģipšakmens karjerā par spridzināšanas rezultātā radušos svārstību ietekmi uz kodolreaktoru. Šī pētījuma (Salaspils ziņojums) pasūtītājs "Knauf Marketing Riga SIA" (Daugavas iela 4, Saurieši, Stopiņu pagasts, LV-2132). Pētījuma izpildītājs bija "Orica Germanz GmbH" (Sprengmittelvertrieb Sachsen, Pulvermuhlenweg, 09599 Freiberg). Lai izpētītu svārstību ātrumu karjera apkārtņē un kodolreaktorā, tika izdarīti pieci eksperimentāli sprādzieni. Tie parādīja, ka sprādzienu rezultātā radītās svārstības nepārsniedza standartā DIN 4150 norādītās maksimālās pieļaujamās robežas. Viena no šī Salaspils ziņojuma nodaļām veltīta sprādzienu radīto svārstību prognozēšanai. Tika izskatīti trīs zemes virskārtas svārstību prognožu vienādojumi. Pirmais vienādojums sniegts standartā DIN 4150. Šis vienādojums definē, ka maksimālo svārstību ātrums ir atkarīgs no lādiņa masas un attāluma līdz mērīšanas punktam. Tomēr vienādojums nenosaka trīs nepieciešamās konstantes, un tās bija jānosaka eksperimentālā ceļā. Otrs vienādojums saukts par "Ludeling – Bundesanstalt für Geowissenschaften u. Rohstoffe" modeli. Šis vienādojums izstrādāts vietām ar cietiem iežiem, bet nav piemērots mīkstajiem nogulumiežiem – Latvijas ģeoloģiskajiem apstākļiem. Trešais vienādojums nosaukts par "Geophysik GGD für Sprengungen im Festgestein" modeli. Šis vienādojums izstrādāts mīkstajiem nogulumiežiem un vislabāk atbilst Latvijas ģeoloģiskajiem apstākļiem. Turklāt Salaspils ziņojums pierādīja, ka trešais vienādojums sniedz visprecīzākos rezultātus, kad ar tā palīdzību aprēķinātās prognozes tika salīdzinātas ar pieciem eksperimentālajiem sprādzieniem Salaspils karjerā.

Tādēļ arī šajā pētījumā, lai prognozētu iespējamās zemes virskārtas svārstības, ko nākotnē izraisītu karjeru spridzināšanas darbi, aprēķiniem izmantots modeļa "Geophysik GGD für Sprengungen im Festgestein" vienādojums:

$$V_T = 16 \cdot \frac{\sqrt{0.01 \cdot L}}{(0.01 \cdot r)^{1.4786 + 0.1314 \lg(0.01 \cdot r)}}$$

$$V_{T_{\max}} = k_1 \cdot V_T \cdot s_V$$

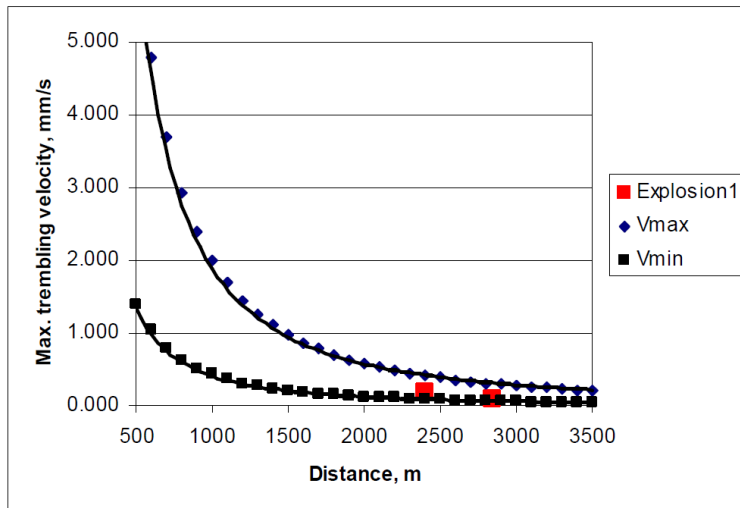
$$V_{T_{\max}} = k_1 \cdot \frac{V_T}{s_V}$$

V_T – teorētiskais (prognozējamais) svārstību ātrums; $V_{T_{\max}}$ – maksimālais teorētiskais svārstību ātrums; $V_{T_{\min}}$ – minimālais teorētiskais svārstību ātrums; L – lādiņa masa; kg, r – attālums starp sprādziena un mērījumu punktiem, m; k_1 – vides apstākļu faktors, $k_1=1$ mēreniem apstākļiem; s_V – drošības rezerve 1.8.

Atbilstoši "Geophysik GGD für Sprengungen im Festgestein" modelim, prognozētais $V_{T_{\max}}$ un $V_{T_{\min}}$ ātrums attiecībā pret attālumu no diviem sprādziena punktiem Tūrkalnes karjerā ar lādiņu masu attiecīgi 870 kg un 3210 kg parādīts 11. un 12.attēlā. Mērījumu rezultāts punktā N1 ir starp $V_{T_{\min}}$ un $V_{T_{\max}}$, punktā N2 - mazliet augstāks kā $V_{T_{\min}}$ (11.attēls). Savukārt 12.attēlā parādīts, ka mērījumu rezultāts punktā N1 ir starp $V_{T_{\min}}$ un $V_{T_{\max}}$, bet punktā N2 gandrīz vienāds ar $V_{T_{\min}}$. Attēlos 11 un 12 redzama diezgan laba sakrītība starp izmērītajiem un aprēķinātajiem lielumiem. Tas pierāda, ka modelis "Geophysik GGD für Sprengungen im Festgestein" ir piemērots, lai prognozētu zemes virskārtas svārstības Tūrkalnes karjera apkārtņē.

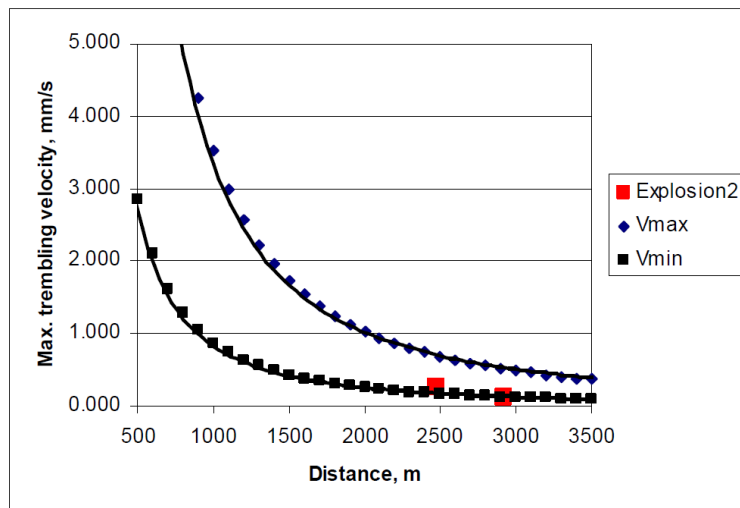
Attēlā 13 parādītie minimālie attālumi no atradņu „Ārēni” un „Kalnagrāvīši” rietumu daļas tuvākā punkta līdz punktam N1, attiecīgi ir 1500 un 1700 m, bet līdz punktam N2 – attiecīgi 1700 m un 2100 m. Sprādziena ar 3210 kg lielu lādiņu no Ārēnu atradnes tuvākajos punktos N1 un N2 izraisītās maksimālās svārstības varētu sasniegt 1.73 mm/s un 1.38 mm/s. Sprādziena ar tādu pašu lādiņu Kalnagrāvīšu atradnes tuvākajā daļā punktiem N1 un N2 izraisītās maksimālās svārstības

būtu 1.38 mm/s un 0.94 mm/s. Saskaņā ar standartu DIN 4150, Ārēnu atradnē iespējamie aprēķinātie svārstību lielumi punktos N1 un N2 ir tikai 11.5% un 9.2% no maksimāli pieļautajām. Savukārt atradnē „Kalnagrāvīši” sprādziena izraisītās svārstības punktos N1 un N2 ir tikai 9.2% un 6.3% no maksimāli atļautajām.



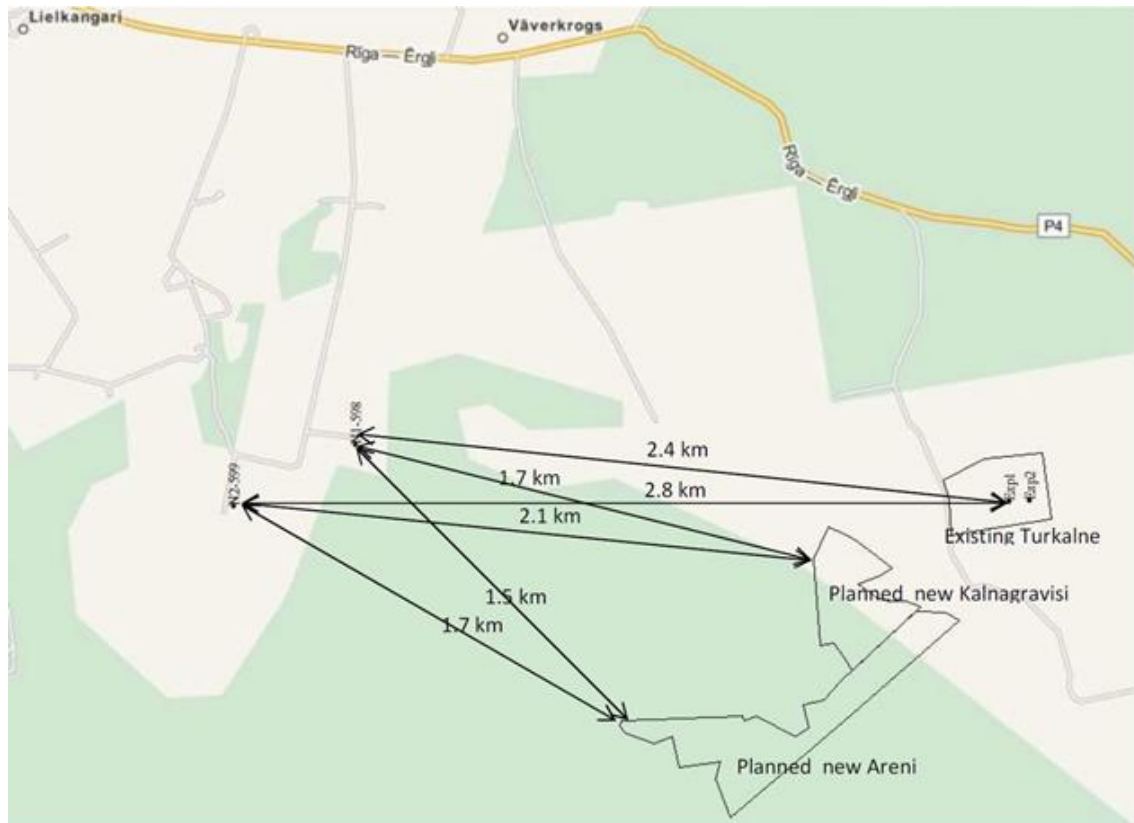
X ass: Attālums, m
 Y ass: Maksimālais svārstību ātrums, mm/s
 Apzīmējumi: Sprādziens 1
 V_{max}
 V_{min}

11.attēls. Prognozējamie lielumi V_{Tmax} (melnā līnija un zilie rombi) un V_{Tmin} (melnā līnija un melnie kvadrātiņi) salīdzinājumā ar attālumu un sprādziena punktu ar lādiņu 870 kg. Divi sarkanie kvadrātiņi norāda svārstību ātrumu punktos N1 un N2.



X ass: Attālums, m
 Y ass: Maksimālais svārstību ātrums, mm/s
 Apzīmējumi: Sprādziens 2
 V_{max}
 V_{min}

12.attēls. Prognozējamie lielumi V_{Tmax} (melnā līnija un zilie rombi) un V_{Tmin} (melnā līnija un melnie kvadrātiņi) salīdzinājumā ar attālumu un sprādziena punktu ar lādiņu 3210 kg. Divi sarkanie kvadrātiņi norāda svārstību ātrumu punktos N1 un N2.



13.attēls. Atradņu „Ārēni” un „Kalnagrāviši”, viensētu „Paltes” (N1) un „Pipariņi” (N2), un karjera „Tūrkalne” 19.06.2013. veikto sprādzietu Ex1 un Ex2 vietas.

Divas bultas norāda attālumu starp sprādzietu punktiem Ex1 un Ex2 un viensētām N1 (2.4 km) un N2 (2.8 km). Citas divas bultas norāda mazāko attālumu starp viensētām N1 (1.5 km) un N2 (1.7 km) un tuvāko atradni „Ārēni” daļu. Trešais bultu pāris norāda mazāko attālumu starp viensētām N1 (1.7 km) un N2 (2.1 km) un atradni „Kalnagrāviši” tuvāko daļu.

Secinājumi

Pētījums veikts, lai izmērītu svārstības, ko izraisa dolomīta spridzināšanas darbi karjerā „Tūrkalne” Ropažu novadā, Latvijā. Mērījumus veica divās viensētās (N1) un (N2). Karjerā „Tūrkalne” izdarīti divi sprādzieni ar lādiņu masu attiecīgi 870 kg un 3210 kg. Pētījuma rezultāti ļauj secināt:

1. Maksimālais svārstību ātrums mērījumu punktos N1 un N2 svārstās robežās no 0.011 līdz 1.006 mm/s. Šie lielumi ir ievērojami zemāki par standartā DIN 4150 noteikto maksimālo pieļaujamo svārstību ātrumu, tas ir 0.06-2.81% no maksimāli pieļaujamās vērtības.
2. 2002.gadā veikts pētījums par Salaspils ģipša karjerā spridzināšanas darbu laikā radīto svārstību ietekmi uz kodolreaktoru. Šis pētījums pierādīja, ka modelis “Geophysik GGD fur Sprengungen im Festgestein” samērā precīzi prognozēja zemes virskārtas svārstību lielumu. Pašreizējais pētījums apliecina, ka modelis “Geophysik GGD fur Sprengungen im Festgestein” ļauj iespējami precīzi prognozēt arī zemes virskārtas svārstības Tūrkalnes karjera apkaimē.
3. Minimālais attālums no atradnes „Ārēni” tuvākās daļas līdz punktiem N1 un N2 ir attiecīgi 1500 un 1700 m, bet no atradnes „Kalnagrāvīši” tuvākās daļas līdz punktiem N1 un N2 attiecīgi 1700 un 2100 m. Zemes virskārtas svārstību prognoze veikta izmantojot modeli “Geophysik GGD fur Sprengungen im Festgestein”, kas parādīja, ka, ja sprādziens ar maksimālo lādiņa masu 3210 kg tiktu veikts atradnes „Ārēni” tuvākajā vietā punktiem N1 un N2, tā izraisītās maksimālās svārstības sasniegtu attiecīgi 1.73 un 1.38 mm/s. Šie maksimālie lielumi ir tikai 11.5% un 9.2% no maksimāli pieļaujamām robežvērtībām, atbilstoši standartam DIN 4150. Sprādziena ar tādu pašu lādiņu, kas tiktu veikts atradnē „Kalnagrāvīši” punktiem N1 un N2 tuvākajās vietās, maksimālās vērtības sasniegtu attiecīgi 1.38 un 0.94 mm/s, kas būtu tikai 9.2% un 6.3% no maksimāli pieļaujamām robežvērtībām, atbilstoši standartam DIN 4150.

TULKOJUMS PAREIZS

AS „Siguldas Būvmeistars”
Biroja administratore
Siguldā, 2013.gada 30.augustā

L.Blaua

