

Dmitri Tiško, Ingrid Leemet, Mats Heikkinen

16.06.2025

Korterelamu**Hobujaama 10, Tallinn**

Tellija: Tallinna Keskkonna- ja Kommunaalamet

Tellimus: 27.03.2025

Kontaktisik: Liis Korp

**VIBRATSIOONITASEMETE MÕÕTMISED VASTAVALT EVS-EN ISO 2631 STANDARDILE****1 SISSEJUHATUS**

Vibratsioonitasemete mõõtmised ja hinnang teostati vastavalt rahvuslikule standardile EVS-ISO 2631-1:2002 „Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements“, ISO 2631-2 „Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration“ ning DIN 4150-3 „Structural vibration – Part 3: Effects of vibration on structures“.

Mõõtmiste eesmärgiks oli hinnata Tallinna linnas Hobujaama 10 korterelamu korteri nr 3 magamistoas Hobujaama tänaval mööduvate trammide poolt tekitavad vibratsioonitasemed 24 tunni jooksul.

mõõtmiskoha aadress	Hobujaama tn 10-3, Tallinn
korrus	II
mõõtmisaeg	19.05 - 20.05.2025
mõõtja	Dmitri Tiško

2 MÕÕTMISSEADMED JA KALIBREERIMISE KUUPÄEVAD

Mõõtmistel kasutatud seadmed on loetletud tabelis 1.

Tabel 1. Mõõteseadmed

seade	tootja	mudel	kalibreerimise kuupäev
digitaalne salvestaja	RION	DA-21	-
vibratsiooni andurid (3tk)	MMF	KS48C	06.11.2023 [AKUKON]
analüüsi tarkvara	Akukon	RMT Analysis Tool	-

3 VIBRATSIOONI NORMTASEMED**3.1 Vibratsioonitasemete mõju inimesele**

Vibratsioonitasemeid reguleerib Sotsiaalministri 17.05.2002. a määrus nr 78 „Vibratsiooni piirväärtused elamutes ja ühiskasutusega hoonetes ning vibratsiooni mõõtmise meetodid“.

Määrusega kehtestatakse inimeste tervist kahjustavate ja ebameeldiva aistingute vältimiseks üldvibratsiooni piirväärtused elamutes ja ühiskasutusega hoonetes ning vibratsiooni mõõtmiste meetodid.

Üldvibratsioon on määruuse tähenduses mehhaaniline võnkumine, mis kandub seisvale, istuvale või lamavale inimesele üle toetuspindade kaudu. Vibratsiooni piirväärtused päevasele ja öisele ajavahemikule on toodud tabelis 2. Nõuded on toodud vibrokiirenduse piirväärtusena m/s^2 .

Tabel 2. Vibrokiirenduse piirväärtused La_v (dB), a_v (m/s^2)

	Päev (7-23)		Öö (23-07)	
	a_v (m/s^2)	La_v (dB)	a_v (m/s^2)	La_v (dB)
Olemasolevad hooned ja ruumid				
Elamute, ühiselamute ja hoolekandetasutuste, koolieelsete lastetasutuste elu-, rühma- ja magamistoad	0,0126 (2,0*)	82 (2,0*)	0,00883 (1,4*)	79 (1,4*)

*baaskõvera koefitsient – kordaja, millega tuleb korrutada vibrokiirenduse baaskõvera arväärtused

3.2 Vibratsioonitasemete mõju hoone konstruktsioonidele

Eestis pole vibratsioonitasemete piirväärtused hoonete konstruktsioonidele reguleeritud. Vibratsiooni kiiruse väärtuste ning nende normide hindamiseks kasutati Saksamaa standardit DIN-4150-3:1999.

Lubatud maksimaalsed vibratsioonitasemed vastavalt DIN 4150-3 „Structural vibration Part 3: Effects of vibration on structures“ on toodud allpool.

3.2.1 Lühiajalise vibratsiooni mõju piirväärtused

Lühiajaliseks vibratsiooniks peetakse vibratsiooni mis ei teki nii tihti, et kahjustada hoonet ja mis ei pane mõõdetava hoone konstruktsioone resoneerima.

Vibratsiooni mõju hoonele hinnatakse vastavalt piirväärtustele. Väärtuste ületamine ei tähenda kohest kahju hoone konstruktsioonidele, kuid vibratsiooni tekke põhjust tuleks edasiselt uurida.

Tabelis 3 on välja toodud lühiajalise vibratsiooni soovituslikud piirväärtused.

Tabel 3. Lühiajalise vibratsiooni soovituslikud piirväärtused

Hoonetüüp	Soovituslikud v_i (mm/s) väärtused			
	Vibratsioon vundamendil			Vibratsioon kõrgeimal korrusel
	1–10 Hz	10–50 Hz	50–100 Hz	Kõik sagedused
Eluhooned	5	5–15	15–20 *	15

* Väärtuseid võib lugeda minimaalseteks väärtusteks sagedustel üle 100 Hz.

3.2.2 Pikaajalise vibratsiooni mõju piirväärtused

Pikaajaliseks vibratsiooniks peetakse vibratsiooni, mis tekitab kahju hoone konstruktsioonidele. Tabelis 4 on välja toodud pikaajalise vibratsiooni soovituslikud piirväärtused.

Tabel 4. Pikaajalise vibratsiooni soovituslikud piirväärtused

Hoonetüüp	Soovituslikud v_i (mm/s) väärtused kõrgeimal korrusel kõikidel sagedustel
Eluhooned	5

4 MÕÕTMISKOHT

Vibratsiooni mõõtmispunkt oli valitud vastavalt mõõtmisstandardis toodud metoodikale. Vibratsiooniandurid olid paigaldatud magamistoja põrandale ruumi keskele, kus reeglina tekivad kõige kõrgemad vibratsioonitasemed.



Pilt 1. Vibratsiooni mõõtmise ajal paigaldatud vibratsiooniandurid korteri nr 3 magamistoas

Vibratsioonitasemed fikseeriti kolmel mõõteteljel – piki hoone telge (X-telg), risti hoone teljega (Y-telg) ning vertikaalses suunas (Z-telg).

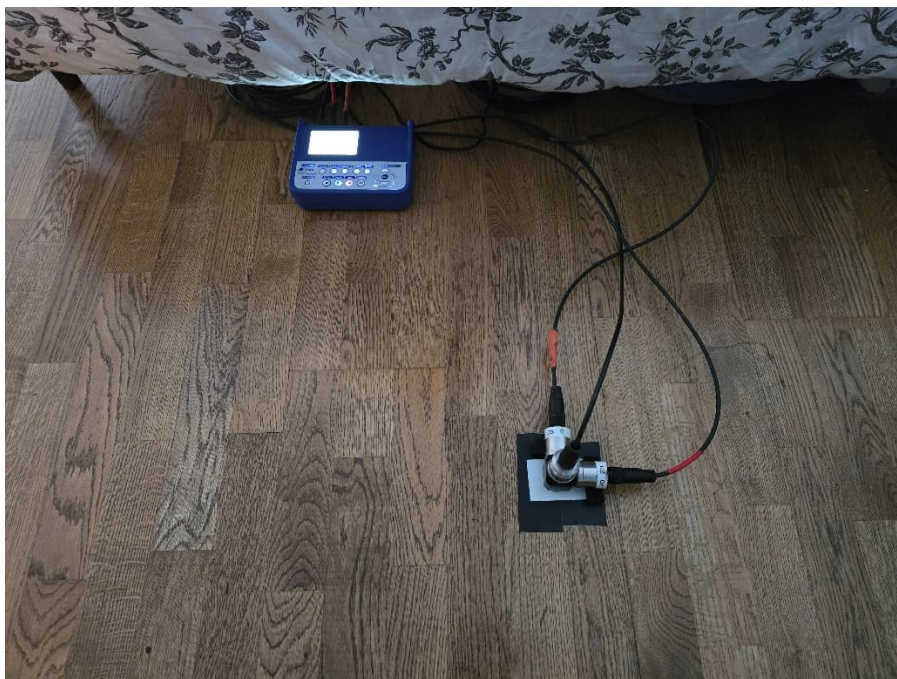


Foto 1. Mõõtmiste teostamise ajal paigaldatud vibratsiooniandurid

5 MÕÕTMISTULEMUSED

5.1 Mõõdetud vibratsioonikiirendus

Ühetunnise keskmistamisega määratud vibratsioonitasemete mõõtmistulemused mõõtmisperioodi jooksul on toodud tabelis 5. Esitatud tulemused sisaldavad antud juhul ka kõiki muid lühiajaliste ja perioodiliste sündmuste poolt tekitavat vibratsiooni (nt. korteriomaniku liikumine korteris).

Tabel 5. Mõõdetud vibratsioonitasemed erinevate telgede kaupa ning summaarsed väärtused

Kellaeg	Hinnatud vibratsioonitase a_v	Vibrokiirenduse piirtase a_v	Hinnatud vibratsioonitase L_{av}	Vibrokiirenduse piirtase L_{av}
	m/s ²		dB	
10:00 - 11:00	0.00323	0.0126	70	82
11:00 - 12:00	0.00424	0.0126	73	82
12:00 - 13:00	0.00471	0.0126	73	82
13:00 - 14:00	0.00148	0.0126	63	82
14:00 - 15:00	0.00207	0.0126	66	82
15:00 - 16:00	0.00348	0.0126	71	82
16:00 - 17:00	0.00319	0.0126	70	82
17:00 - 18:00	0.00524	0.0126	74	82
18:00 - 19:00	0.00569	0.0126	75	82
19:00 - 20:00	0.00330	0.0126	70	82
20:00 - 21:00	0.00430	0.0126	73	82
21:00 - 22:00	0.00298	0.0126	69	82
22:00 - 23:00	0.00398	0.0083	72	79
23:00 - 00:00	0.00235	0.0083	67	79
00:00 - 01:00	0.00283	0.0083	69	79
01:00 - 02:00	0.00035	0.0083	51	79
02:00 - 03:00	0.00020	0.0083	46	79
03:00 - 04:00	0.00027	0.0083	49	79
04:00 - 05:00	0.00144	0.0083	63	79
05:00 - 06:00	0.00277	0.0083	69	79
06:00 - 07:00	0.00245	0.0126	68	82
07:00 - 08:00	0.00315	0.0126	70	82
08:00 - 09:00	0.00272	0.0126	69	82
09:00 - 10:00	0.00311	0.0126	70	82

Iga trammi läbisõidu ajal fikseeritud vibratsioonikiirenduse tasemed on toodud käesoleva protokollis lisas A.

Saadud mõõtmistulemuste alusel võib järeldada, et Hobujaama tn 10 korterelamu korteri nr 3 magamistoas fikseeritud vibratsioonitasemed päeval ja öisel ajal ei ületa sotsiaalministri määruses nr 78 toodud vibratsiooni piirväärtuseid elamutes.

5.1.1 Vibratsioonitasemete tajumine

Vastavalt ISO 2631-1 standardis toodud informatsioonile vibratsiooniirenduse tasemete tajumise iseloom on järgmine.

Viiskümmend protsenti tervetest ja heas füüsilises vormis inimestest on võimelised tajuma vibratsiooni W , mille tippväärtus on $0,015 \text{ m/s}^2$.

Inimesed tunnetavad vibratsiooni väga erinevalt. Enamiku tunnetab vibratsiooni umbes tasemel $0,015 \text{ m/s}^2$, kuid mõned tunnevad seda juba veidi nõrgemal tasemel, teised alles veidi tugevamal – tavaliselt jääb see vahemikku $0,01$ kuni $0,02 \text{ m/s}^2$.

Tajulävi veidi langeb, kui vibratsiooni kestus suureneb ühe sekundini ning väga vähesel määral edasise kestuse suurenemisega. Kuigi tajulävi ei lange kestuse suurenedes märkimisväärselt, võivad vibratsiooni poolt esile kutsutud aistingud, mis ületavad läveväärtuse, siiski jätkuvalt tugevneda.

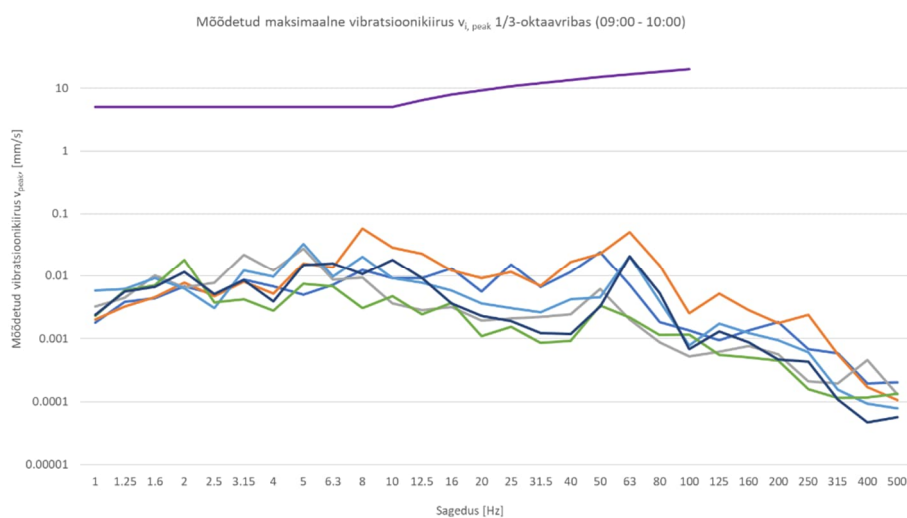
5.2 Mõõdetud vibratsioonikiirus

Monitooringu käigus fikseeritud ühetunnise maksimaalsed v_{peak} vibratsioonitasemed on toodud tabelis 6.

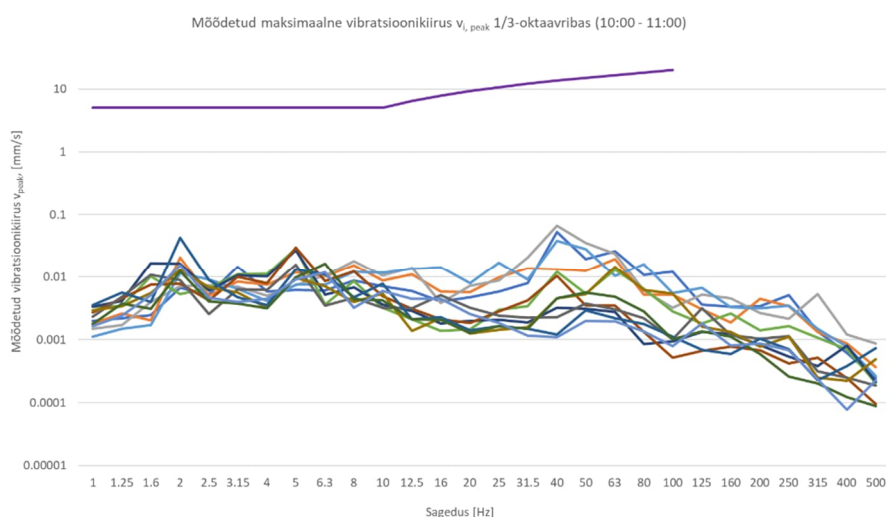
Tabel 6. Monitooringu käigus fikseeritud maksimaalsed vibratsioonitasemed

Kellaaeg	Mõõdetud maksimaalne vibratsioonikiirus v_i (mm/s)		
	X-telg	Y-telg	Z-telg
18:00 - 19:00	0.11	0.10	0.21
19:00 - 20:00	0.10	0.10	0.46
20:00 - 21:00	0.15	0.13	0.46
21:00 - 22:00	0.11	0.08	0.47
22:00 - 23:00	0.08	0.08	0.41
23:00 - 00:00	0.14	0.08	0.16
00:00 - 01:00	0.09	0.08	0.33
01:00 - 02:00	0.09	0.08	0.47
02:00 - 03:00	0.18	0.19	0.64
03:00 - 04:00	0.08	0.09	0.37
04:00 - 05:00	0.21	0.07	0.40
05:00 - 06:00	0.22	0.32	0.16
06:00 - 07:00	0.06	0.08	0.30
07:00 - 08:00	0.08	0.07	0.15
08:00 - 09:00	0.07	0.10	0.16
09:00 - 10:00	0.03	0.02	0.04
10:00 - 11:00	0.02	0.01	0.02
11:00 - 12:00	0.02	0.04	0.03
12:00 - 13:00	0.06	0.04	0.10
13:00 - 14:00	0.06	0.08	0.15
14:00 - 15:00	0.18	0.08	0.19
15:00 - 16:00	0.08	0.10	0.26
16:00 - 17:00	0.13	0.10	0.35
17:00 - 18:00	0.07	0.09	0.21

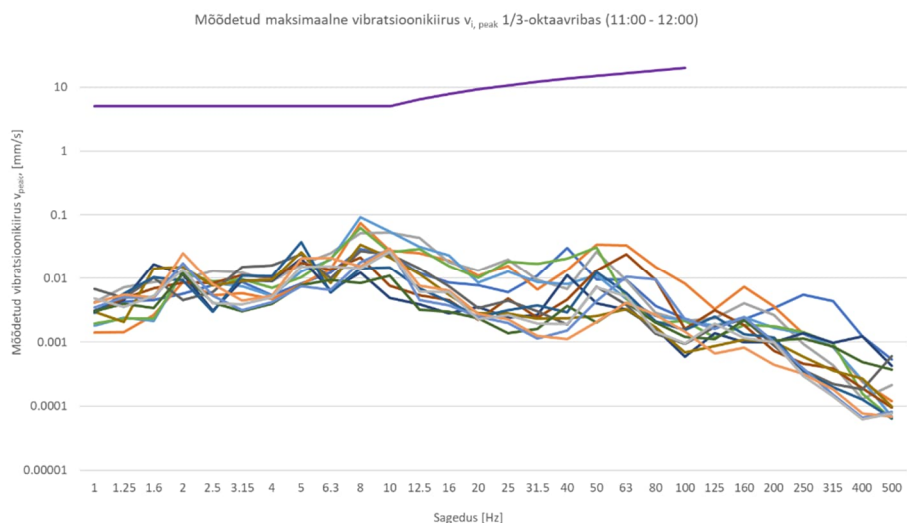
Olemasoleva olukorra hindamiseks oli täiendavalt teostatud tekitava vibratsioonikiiruse analüüs 1/3-oktaavribades sagedusvahemikus 1-500 Hz. Saadud tulemused on toodud graafikutel 1–19 allpool. Graafikutel on esitatud ainult need sündmused, mida ei mõjutanud samal ajal korteris või hoones toimunud tegevustest tingitud taustvibratsioon. Violett joon graafikutel tähistab ISO 4150-3 standardiga kehtestatud vibratsiooni piirtasemeid.



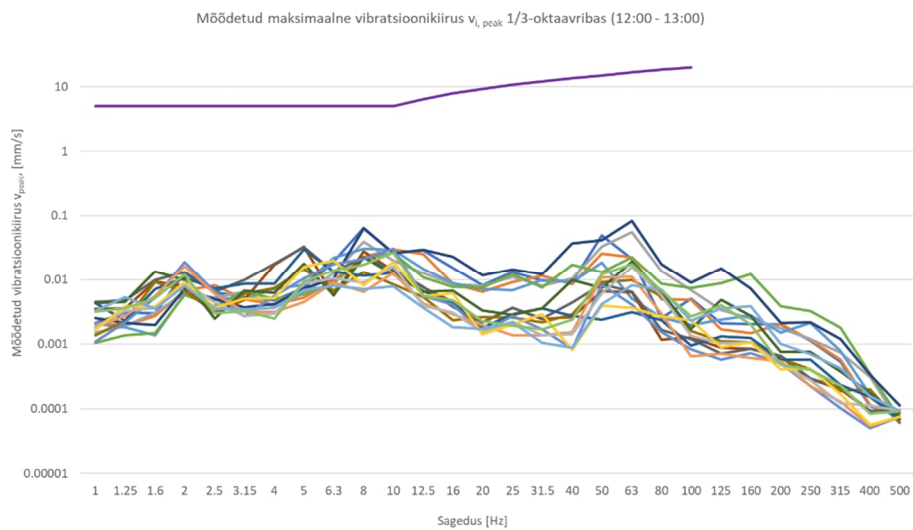
Graafik 1. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 9:00–10:00 (19.05.2025)



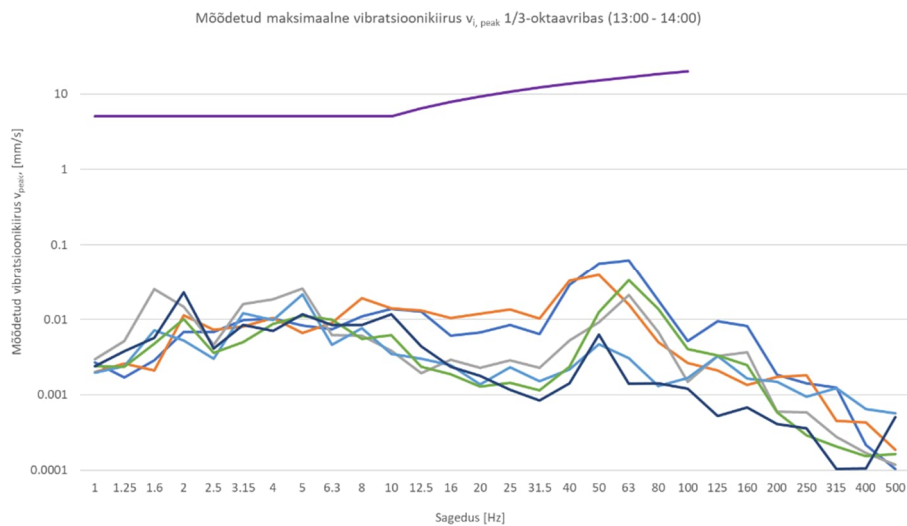
Graafik 2. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 10:00–11:00 (19.05.2025)



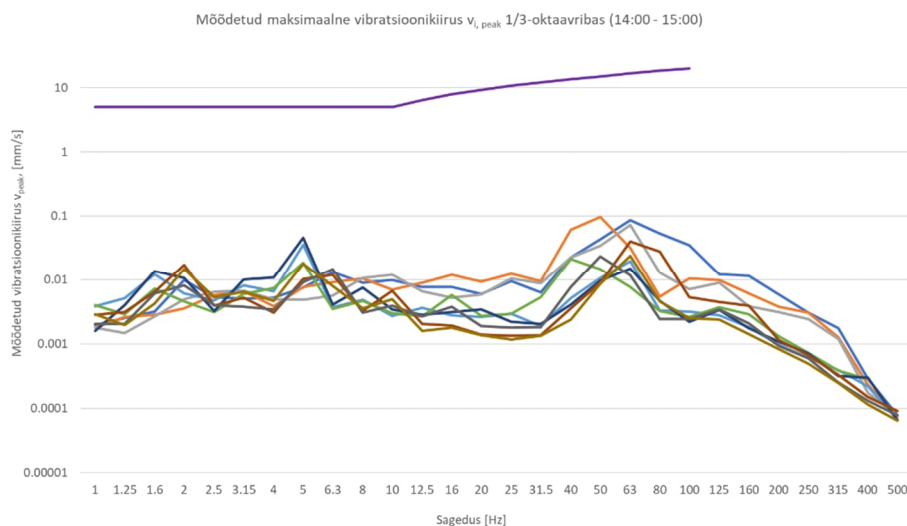
Graafik 3. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 11:00–12:00 (19.05.2025)



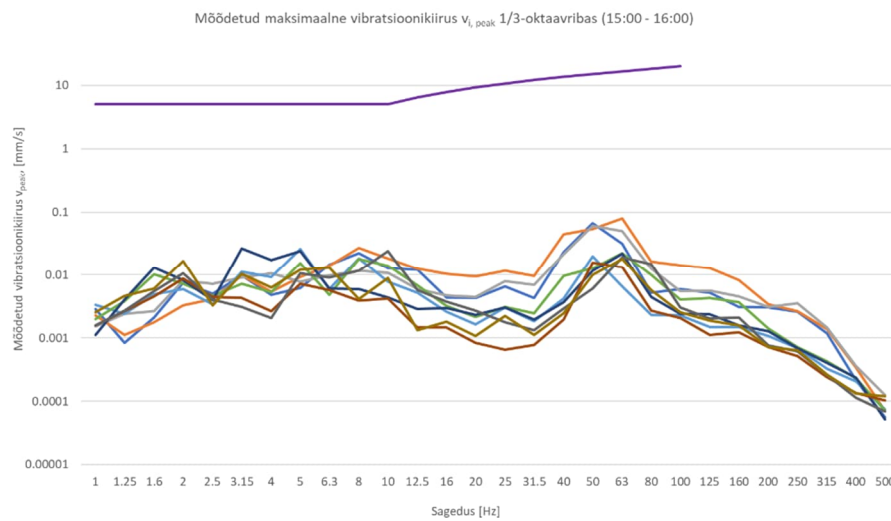
Graafik 4. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 12:00–13:00 (19.05.2025)



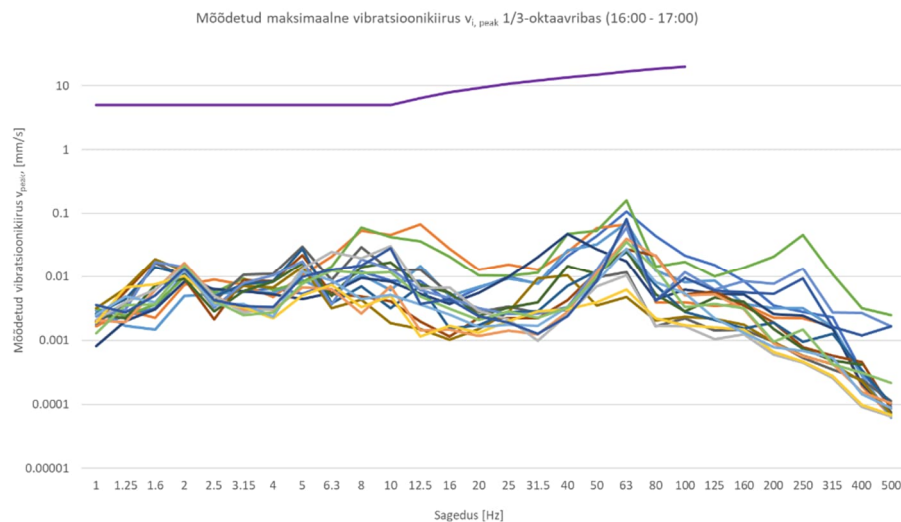
Graafik 5. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 13:00–14:00 (19.05.2025)



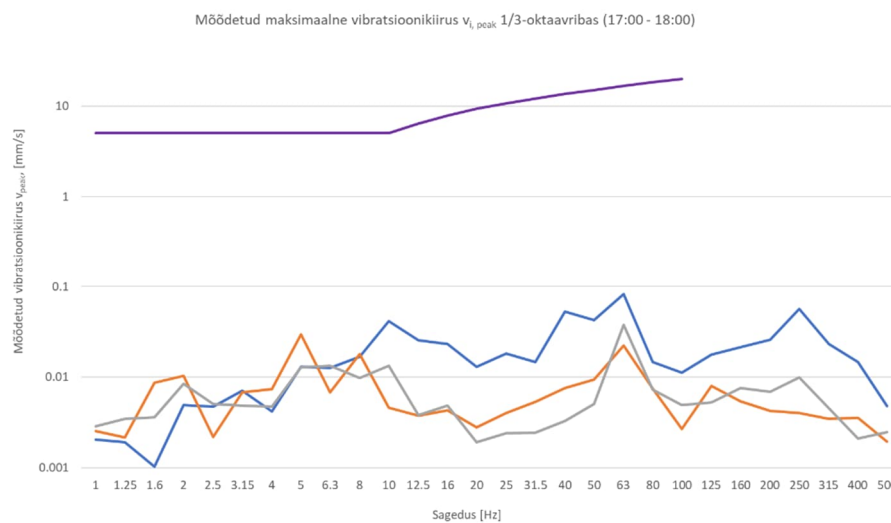
Graafik 6. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 14:00–15:00 (19.05.2025)



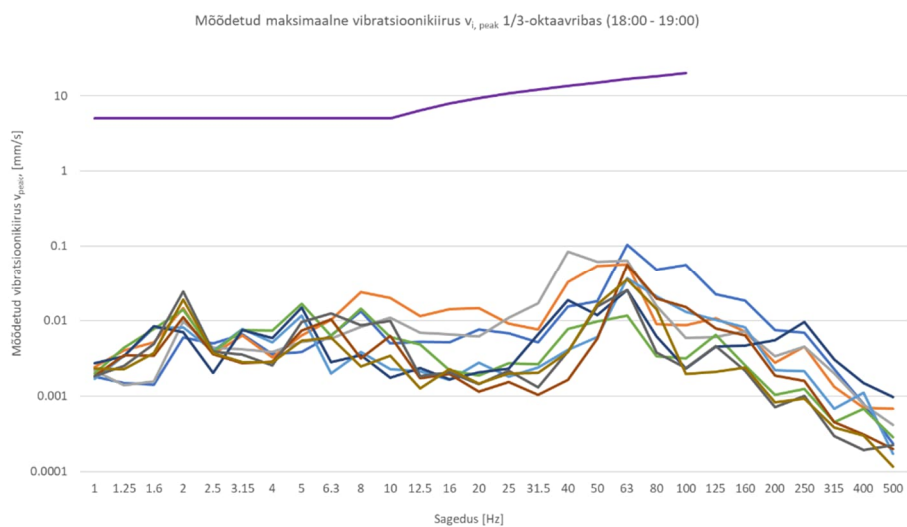
Graafik 7. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 15:00–16:00 (19.05.2025)



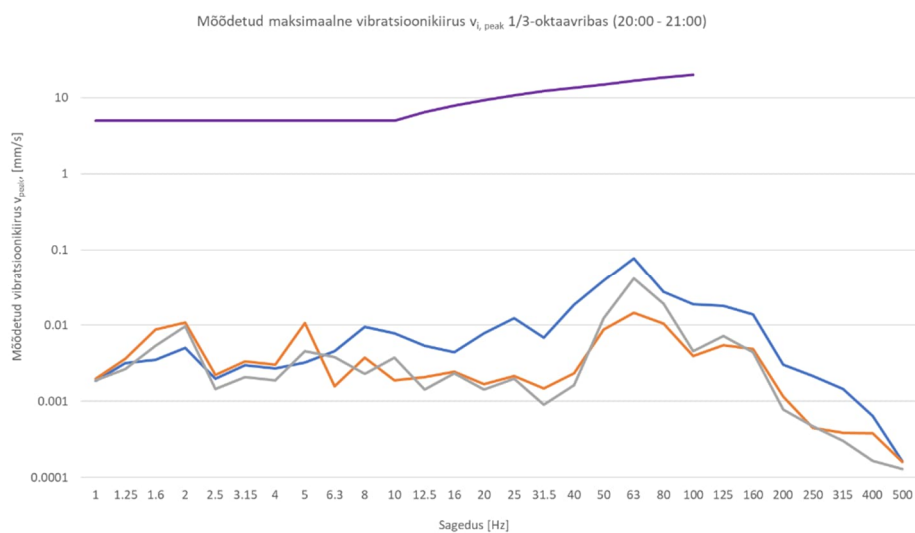
Graafik 8. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 16:00–17:00 (19.05.2025)



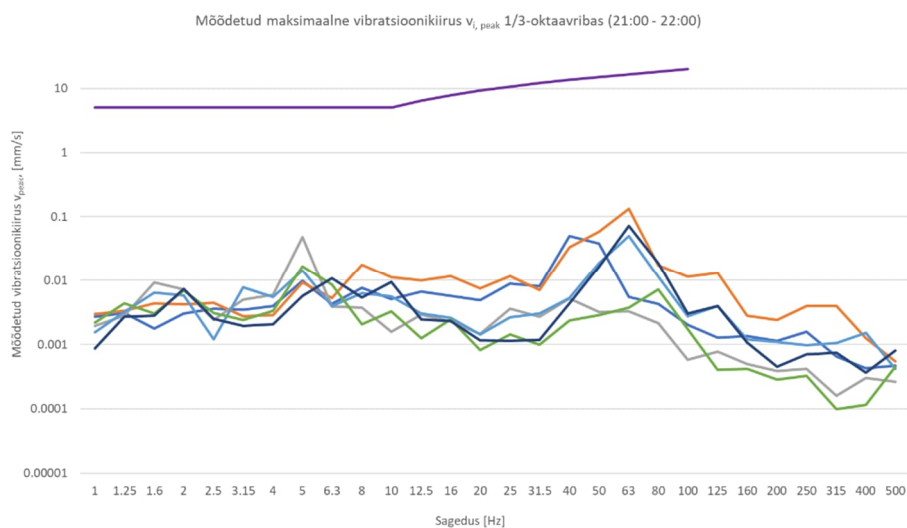
Graafik 9. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 17:00–18:00 (19.05.2025)



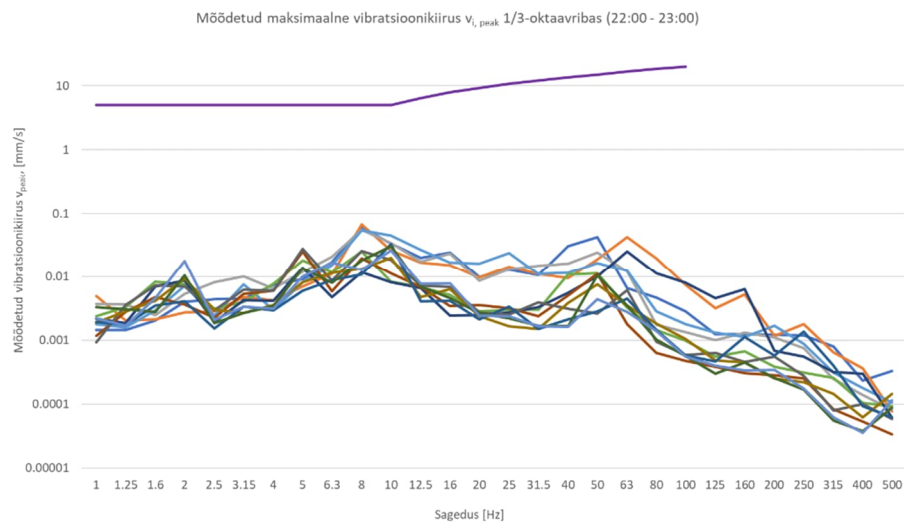
Graafik 10. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 18:00–19:00 (19.05.2025)



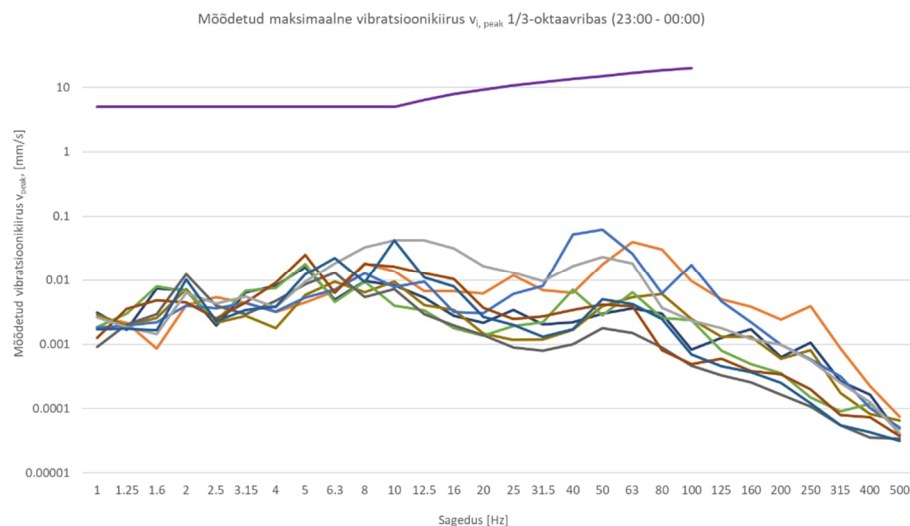
Graafik 11. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 20:00–21:00 (19.05.2025)



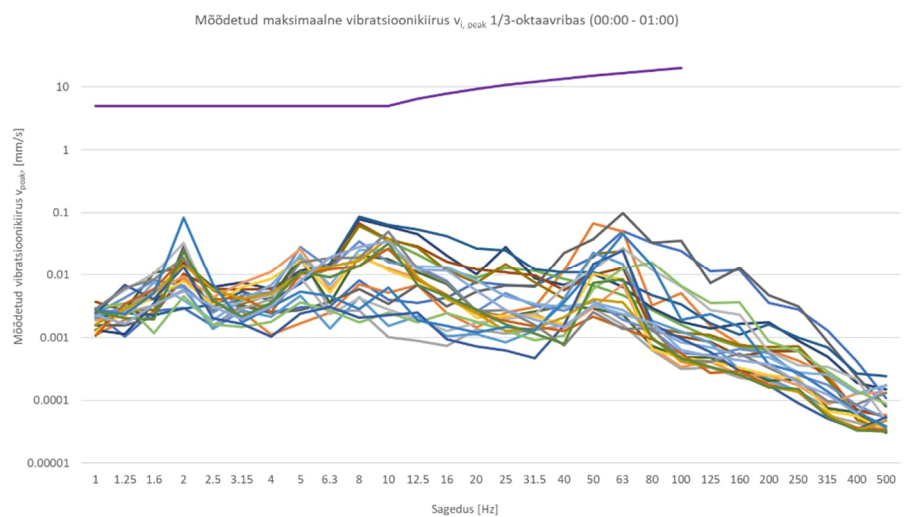
Graafik 12. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 21:00–22:00 (19.05.2025)



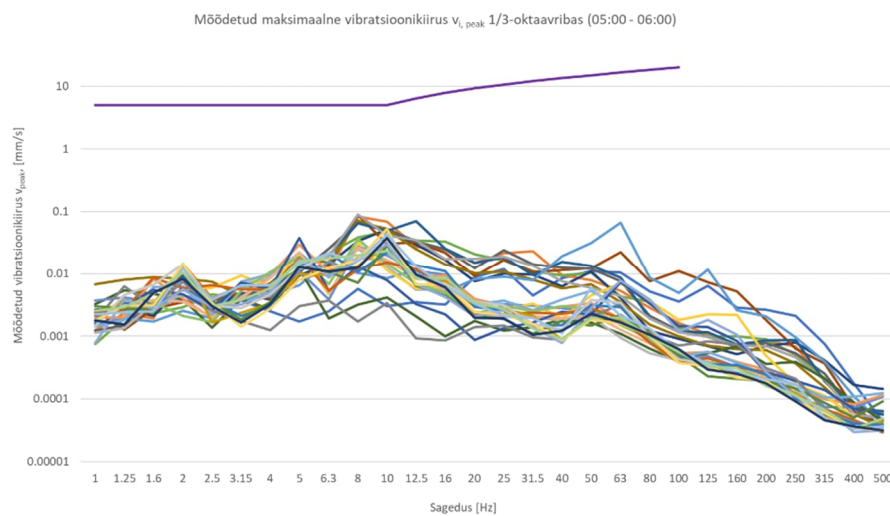
Graafik 13. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 22:00–23:00 (19.05.2025)



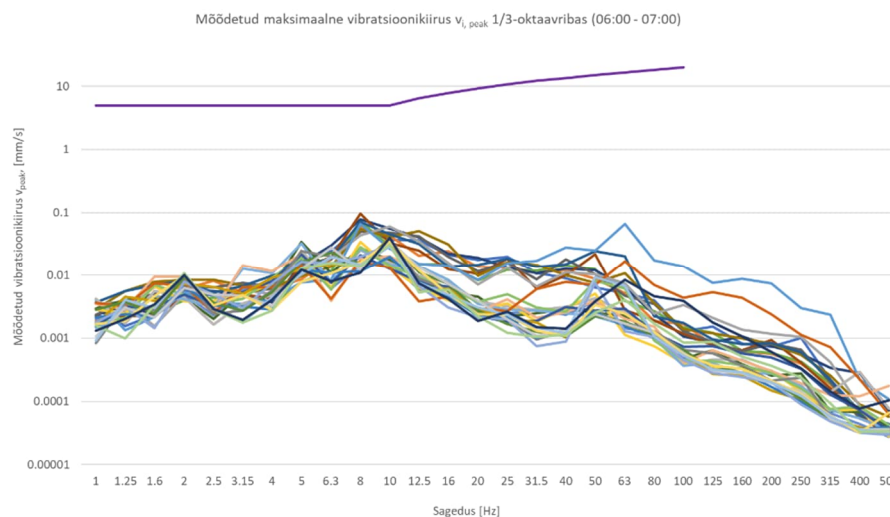
Graafik 14. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 23:00–00:00 (19.05.2025)



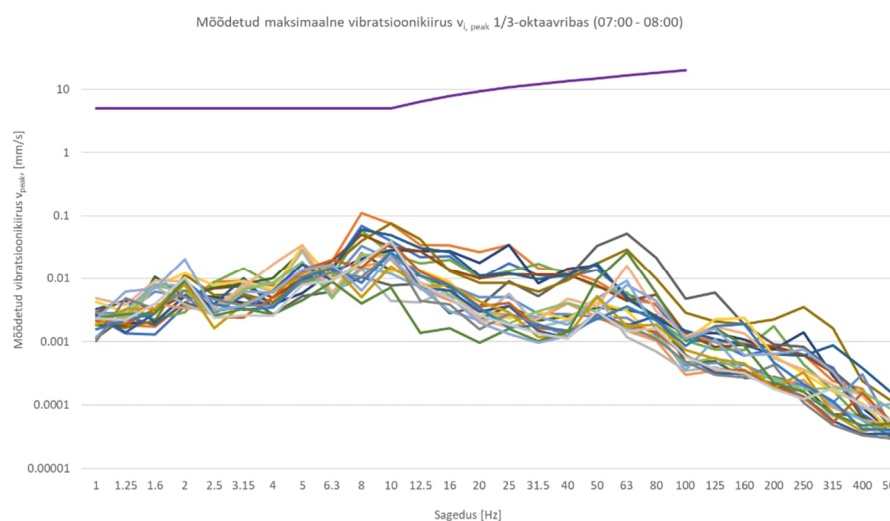
Graafik 15. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 00:00–01:00 (20.05.2025)



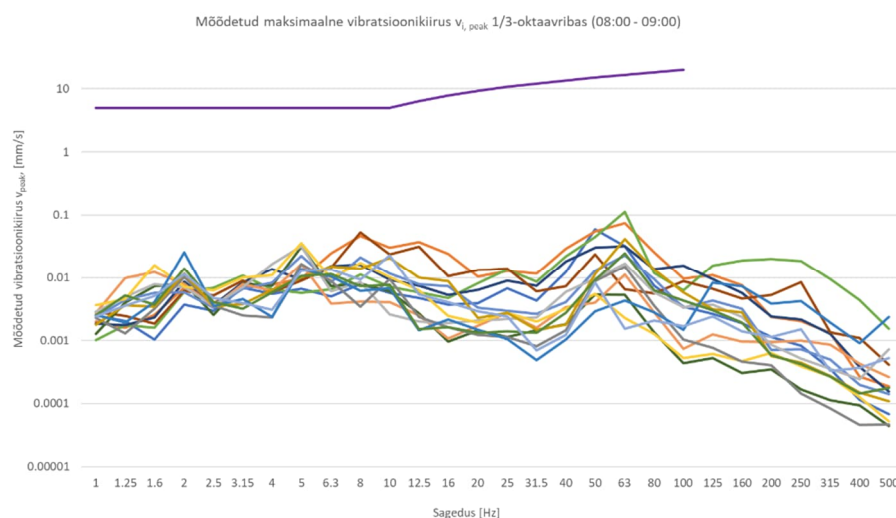
Graafik 16. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 05:00–06:00 (20.05.2025)



Graafik 17. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 06:00–07:00 (20.05.2025)



Graafik 18. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 07:00–08:00 (20.05.2025)



Graafik19. Mõõdetud vibratsioonitasemete spekter ajavahemikus 08:00–09:00 (20.05.2025)

Saadud mõõtmistulemuste põhjal võib järeldada, et eluhoone kandvatesse konstruktsioonidesse kanduv vibratsioonitase ei ületa üksikutes sagedustes üldjuhul 1 mm/s kogu sagedusvahemikus 1–500 Hz. Tabelis 6 esitatud eri suundade kaupa määratud summaarsed tippväärtused samuti jäävad alla 1 mm/s. Seetõttu puudub antud juhul hoone konstruktsioonide kahjustumise risk.

Arvestades, et mõõtmised viidi läbi korteri põrandal – kus vibratsioonikiirus on tavaliselt kõrgem, võib eeldada, et hoone kandvates konstruktsioonides on vibratsioonitasemed veelgi madalamad.

5.2.1 Vibratsioonitasemete tajumine

Vastavalt Saksa standardile DIN 4150-2, mida kasutatakse inimese vibratsioonitundlikkuse hindamiseks, on vibratsioonitasemete tajumise tasemed järgmised:

Vibratsioonikiirus, mm/s	Taju tase
0,10 mm/s	Mitte tajutav vibratsioon
0,15 mm/s	Tajumise piir
0,35 mm/s	Nõrgalt tajutav vibratsioon
1,00 mm/s	Tajutav vibratsioon
2,20 mm/s	Selgelt tajutav vibratsioon
6,00 mm/s	Tugev vibratsioon
14,00 mm/s	Väga tugev vibratsioon

Dmitri Tiško

Vanemkonsultant

Ingrid Leemet

Vastutav vanemkonsultant

Lisa A

Iga trammi läbisõidu ajal fikseeritud vibratsiooniirenduse tasemed on toodud tabelis A1.

Tabel A1. Trammi läbisõitude vibratsiooniirenduse väärtused

Järjekorra nr	Algus	Lõpp	Aeg, sek	Vibrokiirenduse tase	
				L_{a_v} , (dB)	a_v , (m/s ²)
1	09:54:07	09:54:23	16	61	0.0011
2	09:57:35	09:57:54	19	70	0.0031
3	10:02:35	10:02:52	17	66	0.0020
4	10:04:00	10:04:13	13	63	0.0013
5	10:55:11	10:55:25	14	69	0.0028
6	10:57:03	10:57:11	8	63	0.0014
7	11:02:00	11:02:20	20	66	0.0021
8	11:14:34	11:14:55	21	69	0.0027
9	11:19:00	11:19:27	27	72	0.0040
10	11:47:24	11:47:49	25	70	0.0032
11	11:48:45	11:49:13	28	70	0.0031
12	12:02:01	12:02:08	7	70	0.0031
13	12:02:09	12:02:22	13	66	0.0020
14	12:12:41	12:13:02	21	68	0.0026
15	12:14:49	12:15:06	17	66	0.0019
16	12:15:58	12:16:18	20	65	0.0017
17	12:53:25	12:53:45	20	71	0.0037
18	13:09:54	13:10:18	24	69	0.0029
19	13:10:56	13:11:20	24	65	0.0018
20	14:39:45	14:40:09	24	70	0.0033
21	14:49:05	14:49:26	21	71	0.0036
22	14:55:12	14:55:33	21	69	0.0027
23	15:03:55	15:04:14	19	68	0.0025
24	15:06:59	15:07:30	31	71	0.0036
25	15:40:15	15:40:38	23	68	0.0025
26	16:29:19	16:29:45	26	71	0.0036
27	16:36:20	16:36:44	24	73	0.0045
28	16:38:31	16:38:57	26	68	0.0024
29	16:46:49	16:47:05	16	68	0.0026
30	16:53:38	16:53:52	14	71	0.0037
31	16:56:37	16:56:59	22	73	0.0046
32	17:38:50	17:39:01	11	71	0.0034
33	18:17:18	18:17:37	19	70	0.0031
34	18:26:22	18:26:48	26	67	0.0024

35	18:46:05	18:46:22	17	69	0.0030
36	20:46:42	20:47:14	32	69	0.0028
37	21:22:01	21:22:15	14	64	0.0016
38	21:28:54	21:29:14	20	70	0.0031
39	22:24:03	22:24:31	28	70	0.0032
40	22:40:48	22:41:15	27	69	0.0027
41	22:59:47	23:00:03	16	70	0.0032
42	22:56:29	22:56:52	23	70	0.0031
43	23:16:40	23:17:12	32	65	0.0017
44	23:14:10	23:14:30	20	62	0.0013
45	23:33:54	23:34:35	41	67	0.0022
46	00:06:29	00:07:01	32	62	0.0013
47	00:12:20	00:12:53	33	64	0.0016
48	00:17:50	00:18:13	23	65	0.0018
49	00:16:30	00:16:58	28	69	0.0027
50	00:24:44	00:25:14	30	66	0.0021
51	00:25:24	00:25:52	28	67	0.0023
52	00:26:44	00:27:16	32	67	0.0023
53	00:38:29	00:39:04	35	69	0.0028
54	05:22:51	05:23:17	26	56	0.0007
55	05:24:24	05:24:45	21	67	0.0021
56	05:26:54	05:27:23	29	67	0.0022
57	05:31:05	05:31:41	36	66	0.0019
58	05:35:54	05:36:31	37	67	0.0021
59	05:37:01	05:37:39	38	69	0.0028
60	05:41:06	05:41:56	50	68	0.0024
61	05:47:46	05:48:27	41	69	0.0030
62	05:52:39	05:53:24	45	68	0.0026
63	05:58:09	05:58:47	38	63	0.0014
64	06:14:13	06:14:43	30	68	0.0024
65	06:19:51	06:20:17	26	67	0.0022
66	06:22:14	06:22:34	20	65	0.0017
67	06:29:20	06:29:49	29	68	0.0024
68	06:34:41	06:35:10	29	67	0.0024
69	06:40:00	06:40:35	35	67	0.0022
70	06:42:52	06:43:18	26	67	0.0021
71	06:49:06	06:49:37	31	68	0.0026
72	06:52:16	06:52:48	32	66	0.0020
73	06:54:01	06:54:26	25	65	0.0019

74	07:03:30	07:04:03	33	70	0.0032
75	07:09:37	07:10:10	33	73	0.0043
76	07:12:51	07:13:42	51	67	0.0022
77	07:25:17	07:25:52	35	68	0.0025
78	07:29:18	07:29:55	37	68	0.0025
79	07:33:44	07:34:12	28	66	0.0020
80	07:50:12	07:50:42	30	70	0.0033
81	07:59:15	07:59:39	24	70	0.0031
82	08:00:18	08:00:47	29	67	0.0022
83	08:03:44	08:04:14	30	72	0.0038
84	08:17:10	08:17:38	28	69	0.0028
85	08:44:17	08:44:51	34	66	0.0021
86	08:46:42	08:47:12	30	69	0.0028
87	09:07:03	09:07:38	35	72	0.0039
88	09:10:54	09:11:26	32	67	0.0022
