



Vibration and low-frequency noise Summary report

June 2022

Vibration and low-frequency noise

Summary report

Revision Details

Document Information			
Class:	Client		
Title:	Vibration and low-frequency noise		
Document no (Syntax):	OT-CT-TSY-TN-00018		
Date:	2022.06.17		

Rev	Date	Author	Details
1.0	2022.06.17		

Author, Reviewer and Approver details			
Prepared by:	SIRE	Date: 2022.06.14	
Reviewed by:	EDTA, MNLR,	Date: 2022.06.16	
Approved by:	LXD	Date: 2022.06.17	
OL Accountable:		Date:	

Distribution			
Odense Letbane P/S			

Document Owner			
<i>Odense Letbane P/S Odeons Kvarter 18 5000 Odense C Denmark www.odenseletbane.dk</i>			

Table of Contents

1. Introduction.....	5
2. Measurements	6
2.1 Vibration measurements	7
2.2 Low-frequency noise measurements.....	8
3. Guidelines regarding vibrations and low-frequency noise.....	10
3.1 Vibrations.....	10
3.2 Low-frequency noise.....	11
4. Results.....	13
4.1 Vibrations.....	13
4.2 Low-frequency noise.....	14
Appendix A – Measuring reports for vibrations.....	16
Appendix B - Measuring report for low-frequency noise.....	17

1. Introduction

During trial runs, commissioning, and operation of the Odense light-rail complaints regarding the train-induced vibrations and low-frequency noise have been received. Therefore, to quantify the level of vibrations and low-frequency noise inside the dwellings, measurements have been carried out. The obtained levels of vibrations and low-frequency noise have been evaluated against the guidelines specified in the Danish Environmental Protection Agency, no. 9/1997 "Low-Frequency Noise, Infrasound, and Vibrations in the Environment", referred to as "DEPA no 9/1997".

The locations for the measurements have been selected among the most exposed dwellings to train-induced vibrations covered by the COMSA's estimates. The most exposed dwellings are the ones closest to the track, and they have been selected in such a way that the most complete picture of vibrations and low-frequency noise is collected. This includes, from a vibration point of view, the 3 different track superstructures and the 2 fundamental building types together with light-rail speeds gained from a wide range of measured passages. The track comprises of 3 mitigation types in the superstructure, namely "10 dB mitigation mats", "20 dB mitigation mats", and the solution without any mitigation mat. The building types comprises of single family homes and multi storied buildings. In each of the selected dwellings vibrations and low-frequency noise have been measured simultaneously.

The measurements are conducted during trial run of the light-rail under the understanding that the trial run is representative of normal operation with the light-rail running at operational speed in each direction at intervals of 7.5 minutes.

2. Measurements

Ten locations along the alignment, where COMSA has predicted the level of vibration and low-frequency noise, have been selected for the measurements. The chosen locations can be seen in Figure 1 and in Table 1. The table shows the address for each measuring location as well as the conditions, such as distance to the closest track, train speed at the location etc., having the most impact on the level of vibrations and low-frequency noise inside the dwellings.

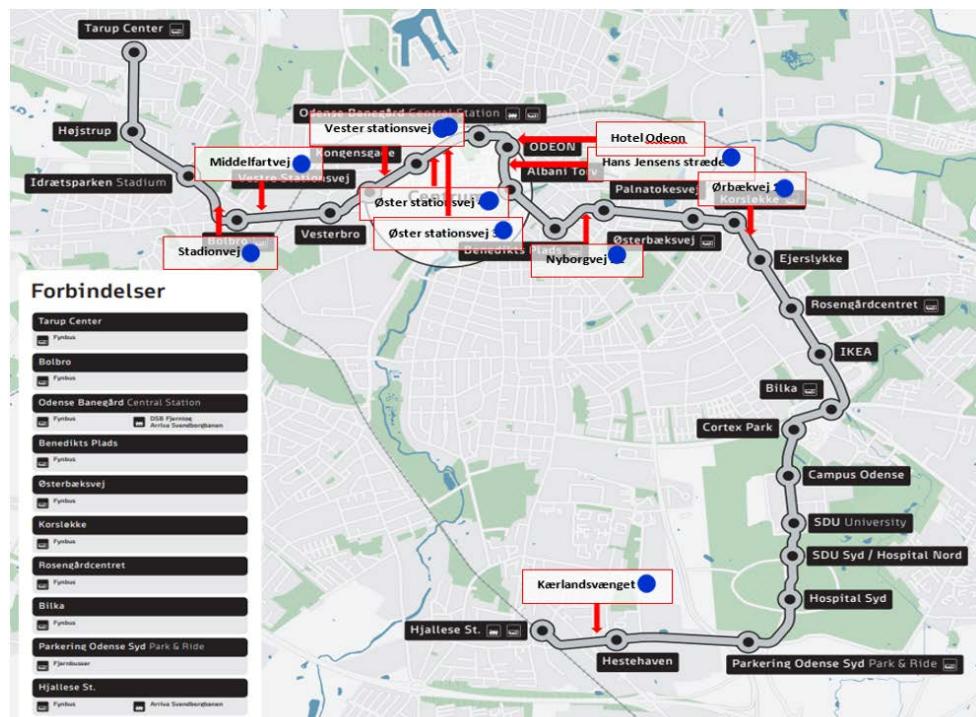


Figure 1: Indication of the measuring locations along the light-rail alignment shown with a thick grey line.

Table 1: 10 chosen addresses with corresponding track mitigation type, distance to centre of closest track, type of accommodation, and train speed.

Address	Mitigation in track	Distance to track	Dwelling type	Approx. Train speed
Østre Stationsvej	10 dB	4 m	4 story multi-story	35
Vestre Stationsvej	10 dB	5 m	3 story multi-story	40
Østre Stationsvej	20 dB	5 m	4 story multi-story	40
Hotel Odeon	10 dB	5 m	Hotel	15
Nyborgvej	10 dB	8 m	2 story single-family home	35
Stadionvej	10 dB	8 m	3 story multi-story	30
Middelfartvej	No mat	8 m	4 story multi-story	35
Hans Jensens Stræde	10 dB	8 m	4 story multi-story	15
Ørbækvej	10 dB	12.5 m	2 story single-family home	45
Kærlandsvænget	No mat	43 m	2 story single-family home	40

The measurement campaign has been carried out during the period from May 2, 2022 to May 10, 2022 and at each measuring location at least 15 train passages have been measured. The measurement campaign has been conducted according to "DEPA no 9/1997" and specified in the following.

2.1 Vibration measurements

The vibration measurements have been conducted with geophones type INFRA C22 from Sigicom AB, which measure velocity of vibrations in three directions. A measuring setup comprised of at least two sensors installed in each of the chosen dwellings:

- > One sensor at the centre of the floor judged to be most exposed to vibrations and an additional sensor next to it as a backup

- > One sensor at another critical position in the same room at least 1 meter away from the first sensor and 1 m away from a wall
- > When in doubt of most critical location additional sensors have been installed

The measurements have been done continuously with a trigger function that measure high resolution data when a light-rail is passing. The sensors are attached to a 2.5 kg heavy tripod stand and installed directly on the floor. The measurements are done supervised, meaning that a monitoring specialist is observing that only the impact from the light-rails is registered and carrying out a log during measurements documenting the light-rail vehicle and the surroundings. The location on the floor with the highest values is reported. Figure 2 is showing an example of the setup inside a dwelling.

Figure 2: Example of the measuring setup.

2.2 Low-frequency noise measurements

The low-frequency noise measurements have been conducted with a Brüel & Kjær Microphone type 4189 and a Brüel & Kjær sound pressure meter type 2270. The measurements are conducted in accordance with "DEPA no 9/1997" by John Michael Jørgensen, who is certified to conduct environmental noise measurements according to DS/EN ISO/IEC 17024.

The measurements were conducted at 4 locations in the room. The result is presented as the average of the 3 locations most exposed to the noise. The measurements were done supervised meaning that the certified acoustician was observing the train passages and the surrounding during the measuring period as well as keeping a log.

3. Guidelines regarding vibrations and low-frequency noise

The guidelines for vibration and low-frequency noise are specified in "DEPA no 9/1997".

3.1 Vibrations

The limiting value for the measured locations is 75 dB(KB), which according to the guideline in Table 2 is applicable to day, evening and night in dwelling areas and to evening and night periods in mixed areas. During day period in mixed area, the limit is less strict. The light-rail is operating under the same conditions during day, evening, and night, therefore, it will be the limit in the evening and night that will be the most restrictive and applied. The measured vibrations shall be reported in accelerations at the time weighting "slow" and weighted with the KB filter in the frequency interval of 1-80 Hz.

Table 2: Limiting values for vibration comfort.

	KB-weighted acceleration level, L_{aw} [dB(KB) re. 10^{-6} m/s^2]
Dwellings in dwelling areas (day, evening, and night), kindergartens, etc. plus dwellings in mixed areas in the evening and night period (6pm-7am)	75
Dwellings in mixed areas in the day period (7am-6pm) and in offices, rooms for teaching etc.	80
Enterprises other than offices.	85

3.2 Low-frequency noise

The guideline specifies a 10 minute reference period, meaning that the noise contributions from the light-rail vehicles passing shall be averaged over a 10 minute period. Therefore, the interval between the light-rail vehicles is important, in daytime 7:00 to 18:00 the interval between the vehicles is 7.5 minutes in both directions adding up to a maximum of 4 vehicles within a period of 10 minutes. Outside the daytime the interval between the vehicles is increased to 15 minutes in both directions, implying maximum 2 passages within a period of 10 minutes for evening/night. At the hour before and after the transition between 7.5 and 15 minutes operation the light-rail vehicles need to be put into operation or return from operation; therefore, in this period up to 3 light-rail vehicles will pass within the period of 10 minutes.

In addition to the low-frequency noise, infrasound (LpG) shall be measured in the frequency interval 5 to 20 Hz. The equipment is not capable to measure below the 1/3 octave centre frequency of 6.3 Hz. However, the measurement shows only very limited light-rail noise at the lower frequencies; hence it is assessed that the noise at centre frequency 5 Hz is neglectable.

The limit for infrasound (LpG) during the entire day is 85 dB.

The limiting values for low-frequency noise are shown in Table 3.

Table 3: Limiting values for low-frequency noise.

		Low-frequency noise level (A-weighted level: 10-160 Hz) [dB(A) re. 20µPa]
Rooms for occupation in dwellings, kindergartens, etc.	Evening/night (6pm-7am)	20
	Day (7am-6pm)	25
Offices, rooms for teaching and similar noise sensitive use		30
Other rooms in enterprises		35

4. Results

In the following the results from the measurement campaign are presented, please refer to appendices for elaboration.

4.1 Vibrations

The results from the vibration measurement are presented in Figure 3 from the location with the highest impact within each dwelling and only from the track closest to the dwelling as the limit from the guideline only refer to the most critical impact. The vibration levels measured at each location are given for recorded light-rail vehicles with serial numbers 1-16 and N/A.

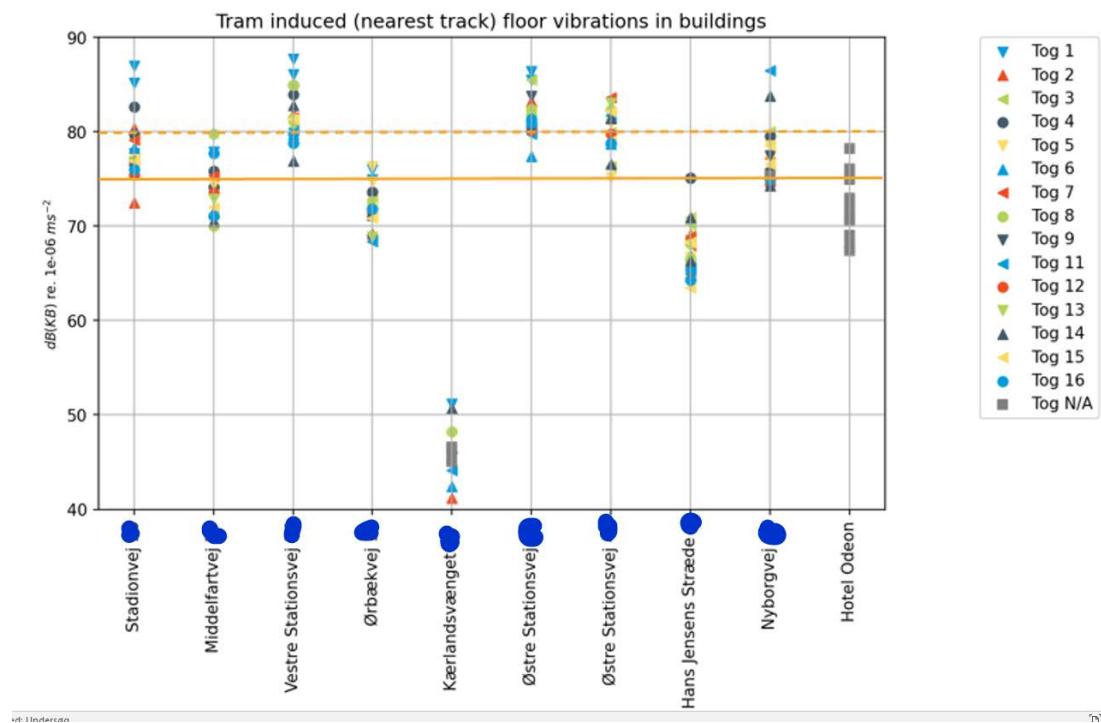


Figure 3: The measured vibration level in dB(KB) inside the 10 dwellings and the threshold of 75 dB(KB) shown with orange line.

It is observed that only 1 out of 10 dwellings in the measurement campaign complies with the threshold for all recorded light-rail passages. There is also observed a huge light-rail dependent variation at each location.

Table 4 shows the percentage of light-rail passages during the measurement campaign that is above the specified threshold.

Table 4: The percentages of light-rail passages recorded during the measurements that are above the thresholds.

Address	Above threshold 75 dB(KB) [%] (evening/night) (closest/furthest track)	Above threshold 80 dB(KB) [%] (day) (closest/furthest track)
Østre Stationsvej	100/67	50/0
Vestre Stationsvej	100/89	74/22
Østre Stationsvej	100/83	79/17
Hotel Odeon	16/0	0/0
Nyborgvej	72/47	11/12
Stadionvej	95/32	19/9
Middelfartvej	33/11	0/11
Hans Jensens Stræde	6/0	0/0
Ørbækvej	10/5	0/0
Kærlandsvænget	0/0	0/0

4.2 Low-frequency noise

The results from the measurements of low-frequency noise are presented in the following.

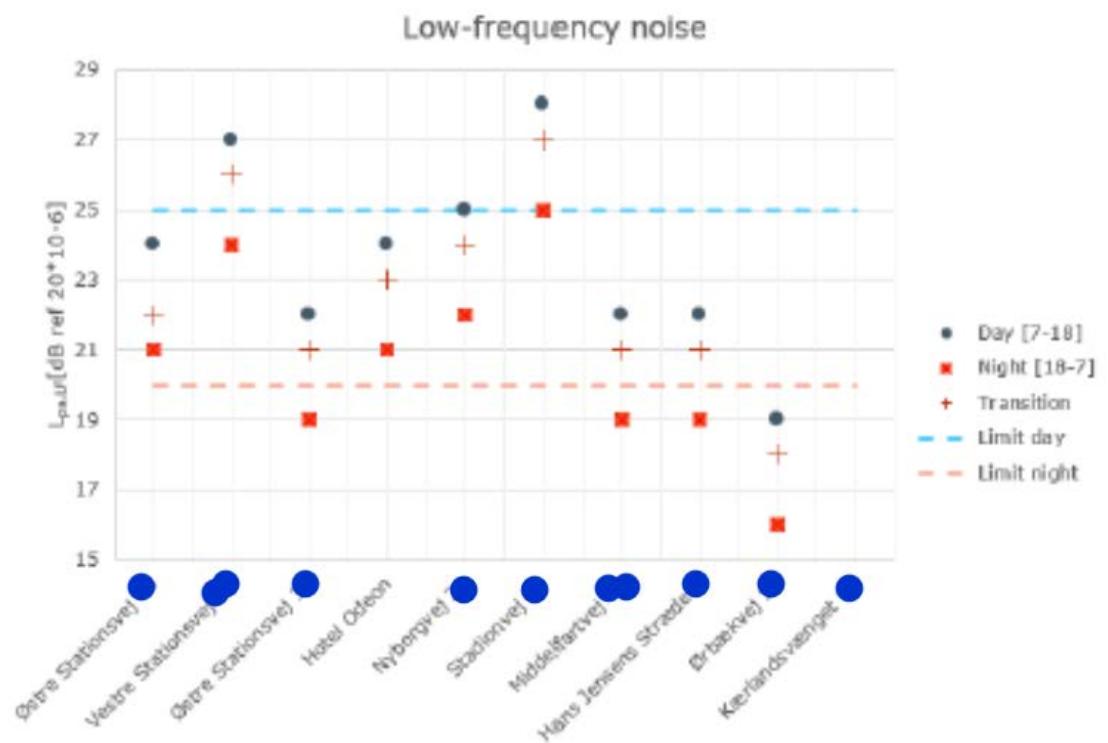


Figure 4: Low-frequency noise in the daytime, night-time, and the transition where both operation of the light-rail and positioning of light-rail vehicles going into or out of operation.

It is observed that two of the locations being 20% have exceedance of the daytime threshold, 50% of the locations are above the night-time threshold and in the transition periods 80% are above the night-time threshold.

The threshold of 85 dB for infrasound (LpG) is not exceeded in any of the locations.

Appendix A – Measuring reports for vibrations



Målerapport for Odeon Hotel Vibrationer

Juni 2022

Målerapport for Odeon Hotel

Vibrationer

Revision Details

Document Information			
Class:	Client		
Title:	Målerapport for Odeon Hotel		
Document no (Syntax):	OT-CT-TSY-TN-00008		
Date:	2022.06.17		

Rev	Date	Author	Details
1.0	2022.06.17	EDTA	

Author, Reviewer and Approver details			
Prepared by:	EDTA	Date: 2022.06.14	
Reviewed by:	SIRE	Date: 2022.06.16	
Approved by:	LXD	Date: 2022.06.17	
OL Accountable:		Date:	

Distribution			
Odense Letbane P/S			

Document Owner			
<i>Odense Letbane P/S Odeons Kvarter 18 5000 Odense C Denmark www.odenseletbane.dk</i>			

Indholdsfortegnelse

Resumé.....	5
1. Måleopstilling	6
2. Målebetingelser	7
3. Grænseværdier for vibrationer	8
4. Resultater og konklusion.....	9
Bilag A – Måleopstilling	12

Resumé

COWI har for Odense Letbane foretaget orienterende vibrationsmålinger i forbindelse med testkørsler af Letbanen. Målingerne er foretaget med henblik på at sammenholde det registrerede vibrationsniveau med gældende grænseværdier på Odeon Hotel, som følge af togpassager.

Målingerne i det udvalgte hotelværelse er en del af en målekampagne, hvori der foretages målinger af vibrationer og lavfrekvent støj indendørs i udvalgte repræsentative bygninger langs Odense Letbane under testkørsler. Nærværende notat omhandler kun vibrationer. Lavfrekvent støj afrapporteres i en separat rapport.

Målingerne er udført d. 2. maj 2022 i tidsrummet ca. 11-15.

Målingerne er udført under antagelse af at testkørsel af Letbane repræsenterer normal drift. Ifølge oplysninger fra Odense Letbane, passerer et tog den pågældende målelokalitet hver 7,5 minut i hver retning.

De orienterende målinger viser, at der er overskridelser af vibrationskomforten for 3 ud af 19 målte togpassager kørende på sporet tættest på hotelværelset. For togpassager i det andet spor, er der ingen overskridelserne af 20 målte togpassager i måleperioden.

1. Måleopstilling

To vibrationsmålere var anbragt på hotelværelse nr. 132 på 1. sal, der vender mod Letbanen, hvor der forventes det højeste vibrationsniveau. Etagen var valgt af Odeon Hotel.

Vibrationsmålerne var fastgjort til en 2,5 kg tung trebenet monteringsklods og anbragt direkte på gulvkonstruktionen på midten af gulvet og orienteret langs facadevæggen. Måleren placeret på midten af gulvet indgår i vibrationsvurderingen, hvorimod den anden måler anvendes som reference iht. metoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997.

Vibrationsmålingerne er foretaget med triaksiale geofoner (C22) af typen INFRA fra Sicom AB.

Nærmere information om de enkelte målepunkter, samt billeder heraf, er vedlagt i Bilag A.

For at undgå fejlmålinger er det valgte hotelværelse og værelset ved siden af tomme for mennesker og dyr samt undersøgt for forstyrrelser fra andre vibrationskilder (installationer, ventilation, vandrør etc.). Klimaanlægget var tændt, men de genererede vibrationer er af ubetydelig størrelse i forhold til togpassager.

Målingerne var overvåget under hele måleperioden for at undgå uønskede hændelser. Toghastigheden er målt af Odense Letbane til ca. 11 km/t ved Odeon Hotel.

2. Målebetingelser

Kontinuerlige målinger af komfortvibrationer er udført iht. måle- og analysemetoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Vibrationsniveauer registreres på gulvkonstruktionen og vægtes med et KB-filter, som beskriver menneskets følsomhed overfor vibrationer. I måleperioden gemmes de maksimale vibrationskomfortniveauer per 5-sekunders intervaller.

3. Grænseværdier for vibrationer

Grænseværdien for acceptabelt komfortniveau fra vibrationer er fastsat iht. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997, "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø" jf. Tabel 1. Den vejledende grænseværdi for det maksimale KB-vægtede accelerationsniveau med tidsvægtning "Slow" for værelser på Odeon Hotel fastsættes til 75 dB(KB), svarende til den vejledende grænseværdi for boliger i boligområder (hele døgnet).

*Tabel 1: Vejledende grænseværdier for vibrationer, dB re 10^{-6} m/s^2 .
Gældende grænse er vist med fed skrift.*

Anvendelse	Vægtet accelerationsniveau, L_{aw} i dB (KB)
Boliger i boligområder (hele døgnet), Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 18 - 7 Børneinstitutioner og lignende	75
Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 7 - 18 Kontor, undervisningslokaler, o.l.	80
Erhvervsbebyggelse	85

Ifølge fornævnte Orientering fra Miljøstyrelsen er grænsen for netop mærkbare vibrationer sædvanligvis for mennesker omkring 71-72 dB(KB). De fleste mennesker vil derfor ifølge denne orientering normalt kunne leve med et vibrationsniveau på 75 dB(KB), men enkelte mennesker vil blive generet heraf.

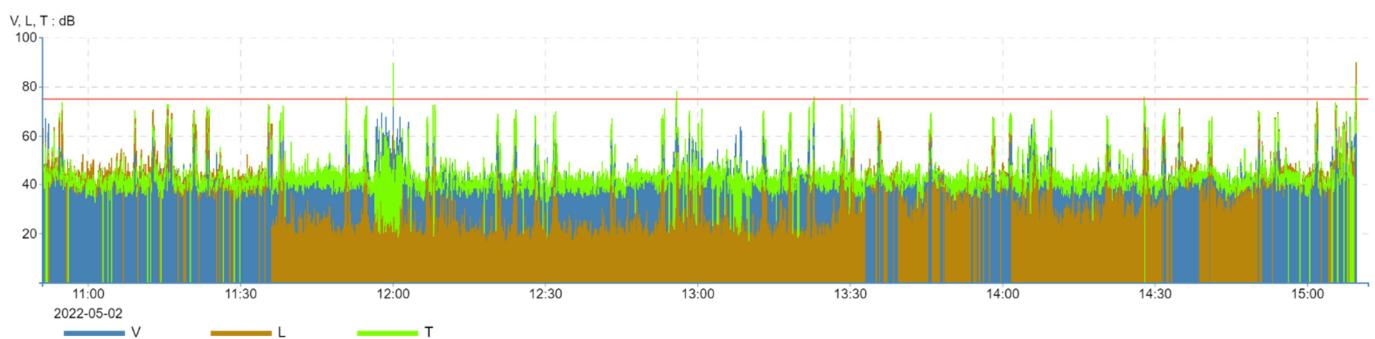
4. Resultater og konklusion

Målingerne omfatter i alt 39 togpassager, 19-20 i hver retning.

Antallet af togpassager vurderes at være repræsentativt for vurdering af vibrationskomfort i Odeon Hotel.

Det målte baggrunds niveau er lavere end niveauer for togpassager. Derfor antages det, at der ikke har været eksterne forstyrrelser fra nærliggende virksomheder eller trafik, som har influeret måleresultaterne betydeligt.

De registrerede niveauer for vibrationskomforten målt midt på gulvet på hotelværelset i tidsrummet fra ca. 11-15 er vist i Figur 1.



Figur 1: Målte vibrationskomfortniveauer (dB(KB)) midt på gulvet i hotelværelset. Niveauerne er registreret i vertikal (V)-, langsgående (L) og vinkelret (T) retning.

Figuren viser enkelte overskridelser af grænseværdien for vibrationskomforten på 75 dB(KB). Tabel 2 og Tabel 3 udspecifierer de enkelte togpassager og det tilhørende målte niveau.

Tabel 2: Registrerede vibrationskomfortniveauer for hver togpassage i nordgående retning. Overskridelserne er markeret i rødt.

Tidspunkt	Vibrationsniveauer dB(KB)
11:09	70,6
11:20	72,3
11:35	74,9
11:50	76,1
12:06	72,7
12:20	69,0
16:28	70,5
12:42	67,4
12:55	78,2
12:58	70,5
13:13	71,3
13:28	73,0
13:35	67,5
13:58	67,7
14:06	67,4
14:20	68,2
14:28	76,0
14:34	71,3
14:50	70,7

Antal af togpassagerer
>75 dB(KB) / total

3/19

Tabel 3: Registrerede vibrationskomfortniveauer for hver togpassage i sydgående retning.

Tidspunkt	Vibrationsniveauer dB(KB)
10:54	73,7
11:15	73,1
11:23	73,1
11:38	72,2
11:54	72,2
12:07	72,7
12:23	71,4
12:32	70,7
12:53	72,1
13:00	71,4
13:19	69,7
13:21	71,8
13:30	71,5
13:45	70,5
14:02	69,4
14:09	71,3
14:32	69,6
14:42	68
14:55	69,8
15:55	70,8

Antal af togpassager
>75 dB(KB) / total

0/20

Ud af i alt 39 målte togpassager i hver retning er der i alt 3 overskridelser af vibrationskomforten som følge af togpassager i det nærmeste spor og ingen overskridelser fra sporet længst væk fra hotelværelset.

Bilag A – Måleopstilling

MÅLEPUNKTER:

MÅLEPUNKT: LOKALITET	SERIENUMMER	
	LOGGER	SENSOR
MP1 HOTELVÆRELSE 132	107881	107881
MP2 REFERENCE HOTELVÆRELSE 132	107882	107882

BILLEDER AF MÅLEOPSTILLING:



Figur 2: Måleopstilling på hotelværelse 132, bestående af vibrationsmåler (MP1) på gulvet og lavfrekvent støjmåler.



Figur 3: Vibrationsmåler, bestående af hovedmåler MP1 og referencemåler MP2, midt på gulvet på hotelværelse 132 parallel med Letbanen.



Målerapport for Stadionvej **, st. th Vibrationer

Juni 2022

Målerapport for Stadionvej **, st. th

Vibrationer

Revision Details

Document Information			
Class:	Client		
Title:	Målerapport for Stadionvej **, st. th		
Document no (Syntax)	OT-CT-TSY-TN-00009		
Date:	2022.06.17		

Rev	Date	Author	Details
1.0	2022.06.17	EDTA	

Author, Reviewer and Approver details			
Prepared by:	EDTA	Date: 2022.06.14	
Reviewed by:	MCAS	Date: 2022.06.16	
Approved by:	LXD	Date: 2022.06.17	
OL Accountable:		Date:	

Distribution			
Odense Letbane P/S			

Document Owner			
<i>Odense Letbane P/S Odeons Kvarter 18 5000 Odense C Denmark www.odenseletbane.dk</i>			

Indholdsfortegnelse

Resumé.....	5
1. Måleopstilling	6
2. Målebetingelser	7
3. Grænseværdier for vibrationer	8
4. Resultater og konklusion.....	9
Bilag A – Måleopstilling	12

Resumé

COWI har for Odense Letbane foretaget orienterende vibrationsmålinger i forbindelse med testkørsler af Letbanen. Målingerne er foretaget med henblik på at sammenholde det registrerede vibrationsniveau med gældende grænseværdier for Stadionvej **, st. th, som følge af togpassager.

Målingerne i den udvalgte lejlighed er en del af en målekampagne, hvori der foretages målinger af vibrationer og lavfrekvent støj indendørs i udvalgte repræsentative bygninger langs Odense Letbane under testkørsler. Nærværende notat omhandler kun vibrationer. Lavfrekvent støj afrapporteres i en separat rapport.

Målingerne er udført d. 3. maj 2022 i tidsrummet ca. 12-15.

Målingerne er udført under antagelse af at testkørsel af Letbane repræsenterer normal drift. Ifølge oplysninger fra Odense Letbane, passerer et tog den pågældende målelokalitet hver 7,5 minut i hver retning.

De orienterende målinger viser, at der er overskridelser af vibrationskomforten for 20 ud af 21 målte togpassager kørende på sporet tættest på måleudstyret i lejligheden i retning mod Tarup. For togpassager i det andet spor, i retning mod Hjallese, er der 7 overskridelserne af 22 målte togpassager i måleperioden.

1. Måleopstilling

To vibrationsmålere var anbragt i stuen nærmest sporene, hvor der forventes højeste vibrationsniveau. Vibrationsmålerne var fastgjort til en 2,5 kg tung trebenet monteringsklods og anbragt direkte på gulvkonstruktionen på hhv. midten af stuen og tæt på facadevæggen iht. metoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Måleren placeret på midten af gulvet indgår i vibrationsvurderingen, hvorimod den anden måler anvendes som reference.

Vibrationsmålingerne er foretaget med triaksiale geofoner (C22) af typen INFRA fra Sigicom AB.

Nærmere information om de enkelte målepunkter, samt billeder heraf, er vedlagt i Appendix A.

For at undgå fejlmålinger er den udvalgte lejlighed til målinger tom for mennesker og dyr samt undersøgt for forstyrrelser fra andre vibrationskilder (installationer, ventilation, vandrør etc.) .

Målingerne var overvåget under hele måleperioden for at undgå uønskede hændelser. Toghastigheden er målt af Odense Letbane til ca. 32 km/t ved Stadionvej **, st. th.

2. Målebetingelser

Kontinuerlige målinger af komfortvibrationer er udført iht. måle- og analysemetoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Vibrationsniveauer registreres på gulvkonstruktionen og vægtes med et KB-filter, som beskriver menneskets følsomhed overfor vibrationer. I måleperioden gemmes de maksimale vibrationskomfortniveauer per 5-sekunders intervaller.

3. Grænseværdier for vibrationer

Grænseværdien for acceptabelt komfortniveau fra vibrationer er fastsat iht. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997, "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø" jf. Tabel 1. Den vejledende grænseværdi for det maksimale KB-vægtede accelerationsniveau med tidsvægtning "Slow" for lejligheden på Stadionvej **, st. th fastsættes til 75 dB(KB), svarende til den vejledende grænseværdi for boliger i boligområder (hele døgnet) .

*Tabel 1: Vejledende grænseværdier for vibrationer, dB re 10^{-6} m/s^2 .
Gældende grænse er vist med fed skrift.*

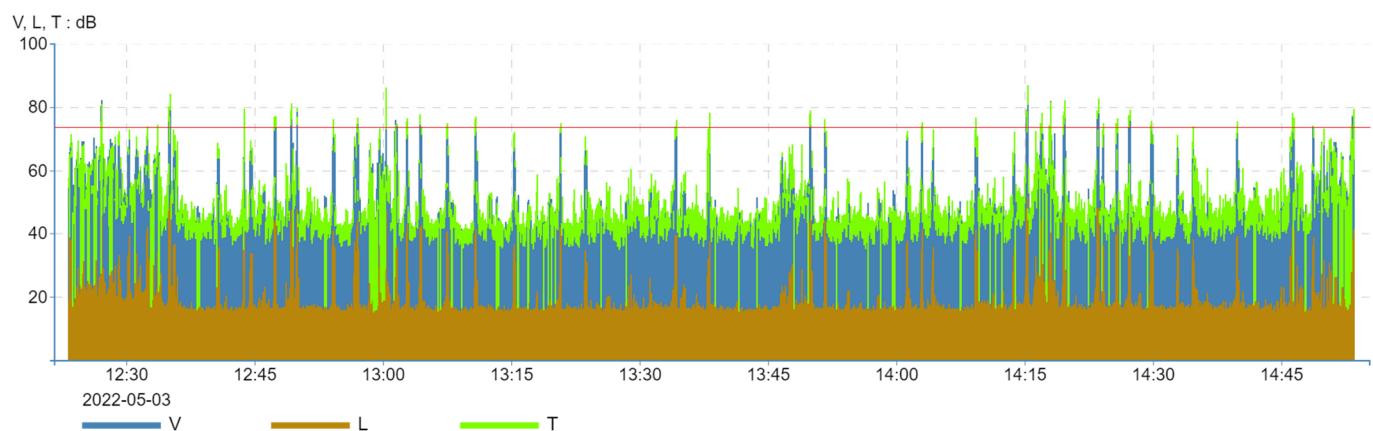
Anvendelse	Vægtet accelerationsniveau, L_{aw} i dB (KB)
Boliger i boligområder (hele døgnet), Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 18 - 7 Børneinstitutioner og lignende	75
Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 7 - 18 Kontor, undervisningslokaler, o.l.	80
Erhvervsbebyggelse	85

Ifølge fornævnte Orientering fra Miljøstyrelsen er grænsen for netop mærkbare vibrationer sædvanligvis for mennesker omkring 71-72 dB(KB). De fleste mennesker vil derfor ifølge denne orientering normalt kunne leve med et vibrationsniveau på 75 dB(KB), men enkelte mennesker vil blive generet heraf.

4. Resultater og konklusion

Målingerne omfatter i alt 43 togpassager, 21-22 i hver retning. Antallet af togpassager vurderes at være repræsentativt for vurdering af vibrationskomfort i Stadionvej **, st. th. Det målte baggrundsniveau er lavere end niveauer for togpassager. Derfor antages det, at der ikke har været eksterne forstyrrelser fra nærliggende virksomheder eller trafik, som har influeret måleresultaterne betydeligt.

De registrerede niveauer for vibrationskomforten målt i stuen midt på gulvkonstruktionen i tidsrummet fra ca. 12-15 er vist i Figur 1.



Figur 1: Målte vibrationskomfortniveauer (dB(KB)) midt på gulvet i stuen. Niveauerne er registreret i vertikal (V)-, langsgående (L) og vinkelret (T) retning.

Figuren viser enkelte overskridelser af grænseværdien for vibrationskomforten på 75 dB(KB).

Tabel 2 og tabel 3 udspecifierer de enkelte togpassager og det tilhørende målte niveau.

Tabel 2: Registrerede vibrationskomfortniveauer for hver togpassage i nordgående retning. Overskridelserne er markeret i rødt.

Tidspunkt	Vibrationsniveauer dB(KB)
12:32	75,4
12:34	85,2
12:43	80,3
12:47	77,3
12:50	79,8
12:54	76,4
13:07	76,0
13:10	77,1
13:20	76,7
13:49	79,1
13:51	76,9
14:02	76,0
14:09	76,7
14:09	76,7
14:15	87,0
14:16	72,5
14:23	82,6
14:25	76,8
14:27	79,3
14:29	76,9
14:46	78,3

Antal af togpassager
>75 dB(KB) / total 20/21

Tabel 3: Registrerede vibrationskomfortniveauer for hver togpassage i sydgående retning.

Tidspunkt	Vibrationsniveauer dB(KB)
12:30	73,1
12:35	73,0
12:41	68,7
12:44	71,2
12:49	81,1
12:56	72,0
12:56	72,0
12:59	73,3
13:04	77,7
13:15	72,2
13:23	71,4
13:34	76,6
14:01	72,8
14:04	72,9
14:13	72,3
14:19	82,3
14:24	75,1
14:32	72,3
14:34	74,1
14:39	75,6
14:45	72,4
14:48	77,3

Antal af togpassager
>75 dB(KB) / total

7/22

Ud af i alt 43 målte togpassager i hver retning er der i alt 20 overskridelser af vibrationskomforten som følge af togpassager i det nærmeste spor og 7 overskridelser fra sporet længst væk fra Stadionvej **, st. th.

Bilag A – Måleopstilling

MÅLEPUNKTER:

MÅLEPUNKT: LOKALITET	SERIENUMMER	
	LOGGER	SENSOR
MP1 I STUEN UNDER SOFABORD	107881	107881
MP2 REFERENCE I STUEN	107882	107882

BILLEDE AF MÅLEOPSTILLING:

Figur 2: Måleopstilling i stuen nærmest Letbanen, bestående af vibrationsmåler (MP1) på gulvet i midten af rummet under sofabord. Referencemåler (MP2) placeret nederst til højre i billedet.



Målerapport for Middelfartvej **, 3. tv Vibrationer

Juni 2022

Målerapport for Middelfartvej **, 3. tv

Vibrationer

Revision Details

Document Information			
Class:	Client		
Title:	Målerapport for Middelfartvej **, 3. tv		
Document no (Syntax):	OT-CT-TSY-TN-00010		
Date:	2022.06.17		

Rev	Date	Author	Details
1.0	2022.06.17	EDTA	

Author, Reviewer and Approver details			
Prepared by:	EDTA	Date: 2022.06.14	
Reviewed by:	MCAS	Date: 2022.06.16	
Approved by:	LXD	Date: 2022.06.17	
OL Accountable:		Date:	

Distribution			
Odense Letbane P/S			

Document Owner			
Odense Letbane P/S Odeons Kvarter 18 5000 Odense C Denmark www.odenseletbane.dk			

Indholdsfortegnelse

Resumé.....	5
1. Måleopstilling	6
2. Målebetingelser	7
3. Grænseværdier for vibrationer	8
4. Resultater og konklusion.....	9
Bilag A – Måleopstilling	12

Resumé

COWI har for Odense Letbane foretaget orienterende vibrationsmålinger i forbindelse med testkørsler af Letbanen. Målingerne er foretaget med henblik på at sammenholde det registrerede vibrationsniveau med gældende grænseværdier for Middelfartvej **, 3. tv, som følge af togpassager.

Målingerne i den udvalgte lejlighed er en del af en målekampagne, hvori der foretages målinger af vibrationer og lavfrekvent støj indendørs i udvalgte repræsentative bygninger langs Odense Letbane under testkørsler. Nærværende notat omhandler kun vibrationer. Lavfrekvent støj afrapporteres i en separat rapport.

Målingerne er udført d. 4. maj 2022 i tidsrummet ca. 8:30-12.

Målingerne er udført under antagelse af at testkørsel af Letbane repræsenterer normal drift. Ifølge oplysninger fra Odense Letbane, passerer et tog den pågældende målelokalitet hver 7,5 minut i hver retning.

De orienterende målinger viser, at der er overskridelser af vibrationskomforten i aften- og nattimerne kl. 18-7 for 5 ud af 15 målte togpassager kørende på sporet i retningen mod Hjallese. For togpassager i sporet med retningen mod Tarup, er der 2 overskridelser i både nat- og dagtimerne af 18 målte togpassager i måleperioden.

1. Måleopstilling

Tre vibrationsmålere var anbragt i rummet nærmest sporene, hvor der forventes højeste vibrationsniveau. Vibrationsmålerne var fastgjort til en 2,5 kg tung trebenet monteringsklods og anbragt direkte på gulvkonstruktionen på hhv. midten af stuen og tæt på facadevæggen iht. metoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Måleren placeret på midten af gulvet indgår i vibrationsvurderingen, hvorimod den anden måler anvendes som reference.

Vibrationsmålingerne er foretaget med triaksiale geofoner (C22) af typen INFRA fra Sigicom AB.

Nærmere information om de enkelte målepunkter, samt billeder heraf, er vedlagt i Bilag A.

For at undgå fejlmålinger er den udvalgte lejlighed til målinger tom for mennesker og dyr samt undersøgt for forstyrrelser fra andre vibrationskilder (installationer, ventilation, vandrør etc.).

Målingerne var overvåget under hele måleperioden for at undgå uønskede hændelser. Toghastigheden er målt af Odense Letbane til ca. 35 km/t ved Middelfartvej **, 3. tv.

2. Målebetingelser

Kontinuerlige målinger af komfortvibrationer er udført iht. måle- og analysemetoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Vibrationsniveauer registreres på gulvkonstruktionen og vægtes med et KB-filter, som beskriver menneskets følsomhed overfor vibrationer. I måleperioden gemmes de maksimale vibrationskomfortniveauer per 5-sekunders intervaller.

3. Grænseværdier for vibrationer

Grænseværdien for acceptabelt komfortniveau fra vibrationer er fastsat iht. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997, "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø" jf. Tabel 1. Den vejledende grænseværdi for det maksimale KB-vægtede accelerationsniveau med tidsvægtning "Slow" for lejligheden på Middelfartvej **, 3. tv fastsættes til 75 dB(KB), svarende til den vejledende grænseværdi for boliger i blandet bolig/erhvervsområder i aften- og nattimerne kl. 18-7. Den vejledende grænseværdi gældende i dagtimerne kl. 7-18 for boliger i blandet bolig/erhvervsområder er 80 dB(KB).

*Tabel 1: Vejledende grænseværdier for vibrationer, dB re 10^{-6} m/s^2 .
Gældende grænse er vist med fed skrift.*

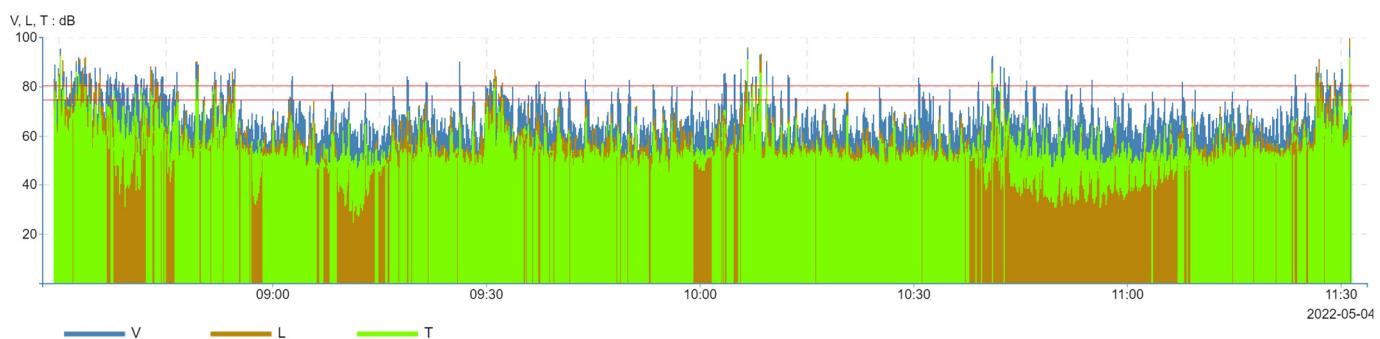
Anvendelse	Vægtet accelerationsniveau, L_{aw} i dB (KB)
Boliger i boligområder (hele døgnet), Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 18 - 7 Børneinstitutioner og lignende	75
Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 7 - 18 Kontor, undervisningslokaler, o.l.	80
Erhvervsbebyggelse	85

Ifølge førnævnte Orientering fra Miljøstyrelsen er grænsen for netop mærkbare vibrationer sædvanligvis for mennesker omkring 71-72 dB(KB). De fleste mennesker vil derfor ifølge denne orientering normalt kunne leve med et vibrationsniveau på 75 dB(KB), men enkelte mennesker vil blive generet heraf.

4. Resultater og konklusion

Målingerne omfatter i alt 33 togpassager, 15-18 i hver retning. Antallet af togpassager vurderes at være repræsentativt for vurdering af vibrationskomfort i Middelfartvej **, 3. tv. Det målte baggrundsniveau er lavere end niveauer for togpassager. Derfor antages det, at der ikke har været eksterne forstyrrelser fra nærliggende virksomheder eller trafik, som har influeret måleresultaterne betydeligt.

De registrerede niveauer for vibrationskomforten målt midt på gulvkonstruktionen i rummet nærmest Letbanen i tidsrummet fra ca. 8:30-12 er vist i Figur 1.



Figur 1: Målte vibrationskomfortniveauer (dB(KB)) midt på gulvet i rummet nærmest Letbanen. Niveauerne er registreret i vertikal (V)-, langsgående (L) og vinkelret (T) retning.

Figuren viser overskridelser af grænseværdien for vibrationskomforten på 75 dB(KB) gældende i aften- og nattimerne kl. 18-7 og på 80 dB(KB) gældende i dagtimerne kl. 7-18.

Tabel 2 og tabel 3 udspecifierer de enkelte togpassager og det tilhørende målte niveau.

Tabel 2: Registrerede vibrationskomfortniveauer for hver togpassage i retning mod Tarup station. Overskridelserne er markeret i rødt.

Tidspunkt	Vibrationsniveauer dB(KB)
08:59	71,4
09:05	74,4
09:12	77,7
09:20	74,1
09:28	79,8
09:50	72,9
10:02	73,5
10:13	75,3
10:20	77,9
10:28	71,5
10:36	70,5
10:50	71,1
10:58	75,8
11:06	70,0
11:12	72,0
Antal af togpassager >75 dB(KB) / total	5/15
Antal af togpassager >80 dB(KB) / total	0/15

Tabel 3: Registrerede vibrationskomfortniveauer for hver togpassage i retning mod Hjallese station.

Tidspunkt	Vibrationsniveauer dB(KB)
08:59	71,4
09:10	74,2
09:21	71,7
09:25	72,0
09:40	73,0
09:54	73,9
10:03	85,6
10:10	85,3
10:17	72,9
10:27	70,3
10:33	72,5
10:39	74,2
10:48	71,2
10:55	71,6
11:02	73,3
11:09	72,0
11:17	71,9
11:24	70,2
Antal af togpassager >75 dB(KB) / total	2/18
Antal af togpassager >80 dB(KB) / total	2/18

Ud af i alt 33 målte togpassager i hver retning er der i alt 5 overskridelser af vibrationskomforten i aften- og nattimerne kl. 18-7 som følge af togpassager i sporet mod Tarup og 2 overskridelser fra sporet mod Hjallese.

De registrerede vibrationsniveauer fra togpassager i retningen mod Hjallese, overskrides også grænseværdien gældende i dagtimerne kl. 7-18.

Bilag A – Måleopstilling

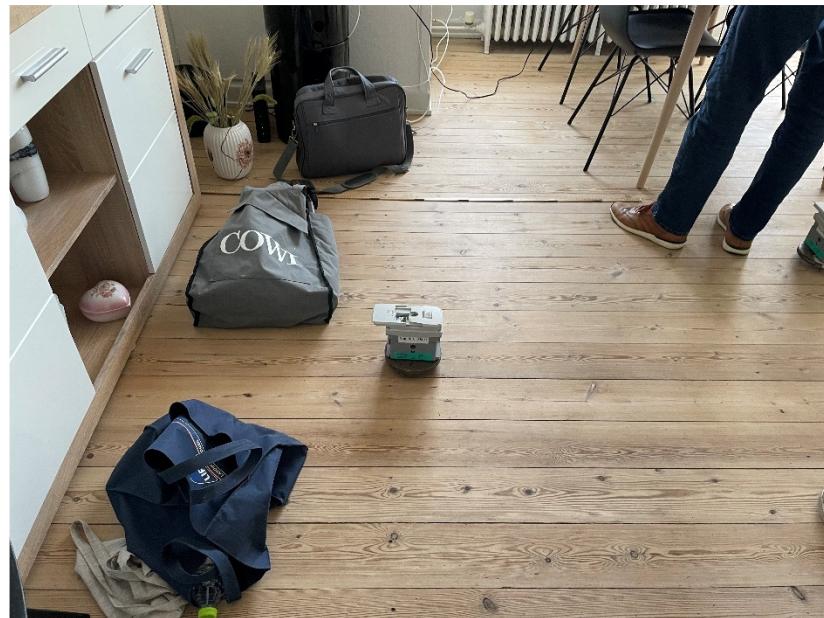
MÅLEPUNKTER:

MÅLEPUNKT: LOKALITET	SERIENUMMER	
	LOGGER	SENSOR
MP1 I RUMMET NÆRMEST LETBANEN	107881	107881
MP2 REFERENCE I RUMMET NÆRMEST LETBANEN	107882	107882
MP3 SUPPLERENDE SUPPLERENDE MÅLER TIL MP1	105589	105589

BILLEDER AF MÅLEOPSTILLING:



Figur 2: Måleopstilling i stuen, bestående af vibrationsmåler (MP1) på gulvet i midten af rummet nærmest Letbanen og referencemåler (MP2).



Figur 3: Supplerende vibrationsmåler placeret et par meter fra MP1 og ca. 1 m fra væg.



Målerapport for Vestre Stationsvej **, 1. sal Vibrationer

Juni 2022

Målerapport for Vestre Stationsvej **, 1. sal

Vibrationer

Revision Details

Document Information			
Class:	Client		
Title:	Målerapport for Vestre Stationsvej **, 1. sal		
Document no (Syntax):	OT-CT-TSY-TN-00011		
Date:	2022.06.17		

Rev	Date	Author	Details
1.0	2022.06.17		

Author, Reviewer and Approver details			
Prepared by:	EDTA	Date: 2022.06.14	
Reviewed by:	MCAS	Date: 2022.06.16	
Approved by:	LXD	Date: 2022.06.17	
OL Accountable:		Date:	

Distribution			
Odense Letbane P/S			

Document Owner			
Odense Letbane P/S Odeons Kvarter 18 5000 Odense C Denmark www.odenseletbane.dk			

Indholdsfortegnelse

Resumé.....	5
1. Måleopstilling	6
2. Målebetingelser	7
3. Grænseværdier for vibrationer	8
4. Resultater og konklusion.....	9
Bilag A – Måleopstilling	12

Resumé

COWI har for Odense Letbane foretaget orienterende vibrationsmålinger i forbindelse med testkørsler af Letbanen. Målingerne er foretaget med henblik på at sammenholde det registrerede vibrationsniveau med gældende grænseværdier for Vestre Stationsvej **, 1. sal, som følge af togpassager.

Målingerne i den udvalgte lejlighed er en del af en målekampagne, hvori der foretages målinger af vibrationer og lavfrekvent støj indendørs i udvalgte repræsentative bygninger langs Odense Letbane under testkørsler. Nærværende notat omhandler kun vibrationer. Lavfrekvent støj afrapporteres i en separat rapport.

Målingerne er udført d. 4. maj 2022 i tidsrummet ca. 12-15.

Målingerne er udført under antagelse af at testkørsel af Letbane repræsenterer normal drift. Ifølge oplysninger fra Odense Letbane, passerer et tog den pågældende målelokalitet hver 7,5 minut i hver retning.

De orienterende målinger viser, at der er overskridelser af vibrationskomforten for 16 i aften- og nattimerne kl. 18-7 og 4 i dagtimerne kl. 7-18 ud af 18 målte togpassager kørende på sporet i retningen mod Tarup.

For togpassager i sporet med retningen mod Hjallese, er der 19 overskridelser i aften- og nattimerne og 14 i dagtimerne af 19 målte togpassager i måleperioden.

1. Måleopstilling

Tre vibrationsmålere var anbragt i rummet nærmest sporene, hvor der forventes højeste vibrationsniveau. Vibrationsmålerne var fastgjort til en 2,5 kg tung trebenet monteringsklods og anbragt direkte på gulvkonstruktionen på hhv. midten af stuen og tæt på facadevæggen iht. metoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Måleren placeret på midten af gulvet indgår i vibrationsvurderingen, hvorimod den anden måler anvendes som reference.

Vibrationsmålingerne er foretaget med triaksiale geofoner (C22) af typen INFRA fra Sigicom AB.

Nærmere information om de enkelte målepunkter, samt billeder heraf, er vedlagt i Bilag A.

For at undgå fejlmålinger er den udvalgte lejlighed til målinger tom for mennesker og dyr samt undersøgt for forstyrrelser fra andre vibrationskilder (installationer, ventilation, vandrør etc.).

Målingerne var overvåget under hele måleperioden for at undgå uønskede hændelser. Toghastigheden er målt af Odense Letbane til ca. 40 km/t ved Vestre Stationsvej **, 1. sal.

2. Målebetingelser

Kontinuerlige målinger af komfortvibrationer er udført iht. måle- og analysemetoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Vibrationsniveauer registreres på gulvkonstruktionen og vægtes med et KB-filter, som beskriver menneskets følsomhed overfor vibrationer. I måleperioden gemmes de maksimale vibrationskomfortniveauer per 5-sekunders intervaller.

3. Grænseværdier for vibrationer

Grænseværdien for acceptabelt komfortniveau fra vibrationer er fastsat iht. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997, "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø" jf. Tabel 1. Den vejledende grænseværdi for det maksimale KB-vægtede accelerationsniveau med tidsvægtning "Slow" for lejligheden på Vestre Stationsvej **, 1. sal fastsættes til 75 dB(KB), svarende til den vejledende grænseværdi for boliger i blandet bolig/erhvervsområder i aften- og nattimerne kl. 18-7. Den vejledende grænseværdi gældende i dagtimerne kl. 7-18 for boliger i blandet bolig/erhvervsområder er 80 dB(KB).

*Tabel 1: Vejledende grænseværdier for vibrationer, dB re 10^{-6} m/s^2 .
Gældende grænse er vist med fed skrift.*

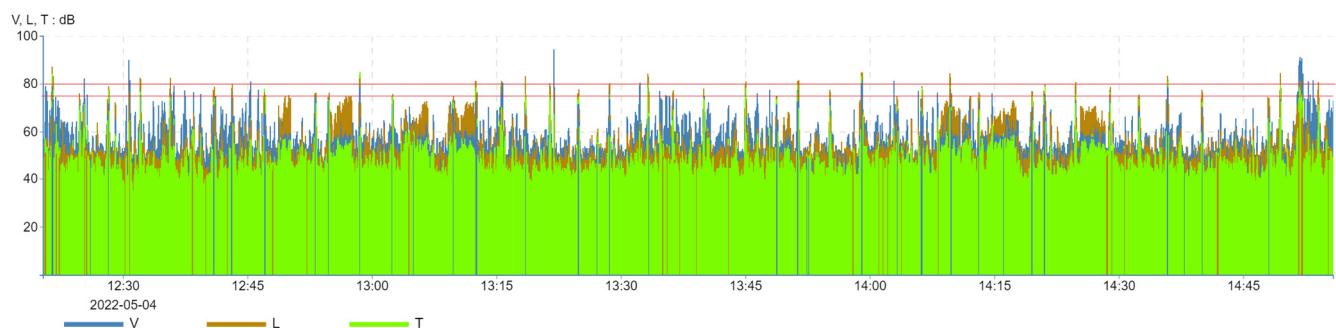
Anvendelse	Vægtet accelerationsniveau, L_{aw} i dB (KB)
Boliger i boligområder (hele døgnet), Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 18 - 7 Børneinstitutioner og lignende	75
Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 7 - 18 Kontor, undervisningslokaler, o.l.	80
Erhvervsbebyggelse	85

Ifølge førnævnte Orientering fra Miljøstyrelsen er grænsen for netop mærkbare vibrationer sædvanligvis for mennesker omkring 71-72 dB(KB). De fleste mennesker vil derfor ifølge denne orientering normalt kunne leve med et vibrationsniveau på 75 dB(KB), men enkelte mennesker vil blive generet heraf.

4. Resultater og konklusion

Målingerne omfatter i alt 37 togpassager, 18-19 i hver retning. Antallet af togpassager vurderes at være repræsentativt for vurdering af vibrationskomfort i Vestre Stationsvej **, 1. sal. Det målte baggrundsniveau er lavere end niveauer for togpassager. Derfor antages det, at der ikke har været eksterne forstyrrelser fra nærliggende virksomheder eller trafik, som har influeret måleresultaterne betydeligt.

De registrerede niveauer for vibrationskomforten målt midt på gulvkonstruktionen i rummet nærmest Letbanen i tidsrummet fra ca. 12-15 er vist i Figur 1.



Figur 1: Målte vibrationskomfortniveauer (dB(KB)) midt på gulvet i rummet nærmest Letbanen. Niveauerne er registreret i vertikal (V)-, langsgående (L) og vinkelret (T) retning.

Figuren viser overskridelser af grænseværdien for vibrationskomforten på 75 dB(KB) gældende i aften- og nattimerne kl. 18-7 og på 80 dB(KB) gældende i dagtimerne kl. 7-18.

Tabel 2 og tabel 3 udspesificerer de enkelte togpassager og det tilhørende målte niveau.

Tabel 2: Registrerede vibrationskomfortniveauer for hver togpassage i retning mod Tarup station. Overskridelserne er markeret i rødt.

Tidspunkt	Vibrationsniveauer dB(KB)
12:24	76,3
12:32	82,8
12:40	79,3
12:46	78,1
12:54	76,3
13:02	75,8
13:09	75,5
13:18	83,2
13:24	78,6
13:33	85,2
13:48	75,7
13:55	79,9
14:03	74,8
14:19	78,1
14:24	80,8
14:32	76,2
14:39	78,4
14:47	74,6
Antal af togpassager >75 dB(KB) / total	16/18
Antal af togpassager >80 dB(KB) / total	4/18

Tabel 3: Registrerede vibrationskomfortniveauer for hver togpassage i retning mod Hjallese station.

Tidspunkt	Vibrationsniveauer dB(KB)
12:21	87,7
12:28	79,7
12:35	82,8
12:43	80,9
12:53	79,8
12:58	84,9
13:12	81,4
13:15	81,3
13:21	80,3
13:28	80,6
13:44	81,9
13:51	81,5
13:58	86,1
14:06	79,3
14:13	76,9
14:20	81,2
14:28	78,8
14:35	83,9
14:49	84,9
Antal af togpassager >75 dB(KB) / total	19/19
Antal af togpassager >80 dB(KB) / total	14/19

Ud af i alt 37 målte togpassager i hver retning er der i alt 16 overskridelser af vibrationskomforten i aften- og nattimerne kl. 18-7 og 4 overskridelser i dagtimerne kl. 7-18, som følge af togpassager i sporet mod Tarup.

For togpassager i sporet med retningen mod Hjallese, er der 19 overskridelser i aften- og nattimerne og 14 i dagtimerne af 19 målte togpassager i måleperioden.

Bilag A – Måleopstilling

MÅLEPUNKTER:

MÅLEPUNKT: LOKALITET	SERIENUMMER	
	LOGGER	SENSOR
MP1 I STUEN	107881	107881
MP2 REFERENCE I STUEN	107882	107882
MP3 SUPPLERENDE SUPPLERENDE MÅLER TIL MP1	105589	105589

BILLEDE AF MÅLEOPSTILLING:

Figur 2: Måleopstilling i stuen, bestående af vibrationsmålere (MP1 og MP3) på gulvet i midten af rummet nærmest Letbanen og referencemåler (MP2).



Målerapport for Østre Stationsvej **, 1. sal Vibrationer

Juni 2022

Målerapport for Østre Stationsvej **, 1. sal

Vibrationer

Revision Details

Document Information			
Class: Client			
Title: Målerapport for Østre Stationsvej **, 1. sal			
Document no (Syntax): OT-CT-TSY-TN-00012			
Date: 2022.06.17			

Rev	Date	Author	Details
1.0	2022.06.17		

Author, Reviewer and Approver details			
Prepared by:	EDTA	Date: 2022.06.14	
Reviewed by:	MCAS	Date: 2022.06.16	
Approved by:	LXD	Date: 2022.06.17	
OL Accountable:		Date:	

Distribution			
Odense Letbane P/S			

Document Owner			
<p>Odense Letbane P/S Odeons Kvarter 18 5000 Odense C Denmark www.odenseletbane.dk</p>			

Indholdsfortegnelse

Resumé.....	5
1. Måleopstilling	6
2. Målebetingelser	7
3. Grænseværdier for vibrationer	8
4. Resultater og konklusion.....	9
Bilag A – Måleopstilling	12

Resumé

COWI har for Odense Letbane foretaget orienterende vibrationsmålinger i forbindelse med testkørsler af Letbanen. Målingerne er foretaget med henblik på at sammenholde det registrerede vibrationsniveau med gældende grænseværdier for Østre Stationsvej **, 1. sal, som følge af togpassager.

Målingerne i den udvalgte lejlighed er en del af en målekampagne, hvori der foretages målinger af vibrationer og lavfrekvent støj indendørs i udvalgte repræsentative bygninger langs Odense Letbane under testkørsler. Nærværende notat omhandler kun vibrationer. Lavfrekvent støj afrapporteres i en separat rapport.

Målingerne er udført d. 5. maj 2022 i tidsrummet ca. 8.30-11.

Målingerne er udført under antagelse af at testkørsel af Letbane repræsenterer normal drift. Ifølge oplysninger fra Odense Letbane, passerer et tog den pågældende målelokalitet hver 7,5 minut i hver retning.

De orienterende målinger viser, at der er overskridelser af vibrationskomforten for 12 i aften- og nattimerne kl. 18-7 ud af 18 målte togpassager kørende på sporet i retningen mod Tarup. For togpassager i sporet med retningen mod Hjallese, er der 18 overskridelser i aften- og nattimerne og 9 overskridelser i dagtimerne af 18 målte togpassager i måleperioden.

1. Måleopstilling

Tre vibrationsmålere var anbragt i rummet nærmest sporene, hvor der forventes højeste vibrationsniveau. Vibrationsmålerne var fastgjort til en 2,5 kg tung trebenet monteringsklods og anbragt direkte på gulvkonstruktionen på hhv. midten af stuen og tæt på facadevæggen iht. metoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Måleren placeret på midten af gulvet indgår i vibrationsvurderingen, hvorimod den anden måler anvendes som reference.

Vibrationsmålingerne er foretaget med triaksiale geofoner (C22) af typen INFRA fra Sigicom AB.

Nærmere information om de enkelte målepunkter, samt billeder heraf, er vedlagt i Bilag A.

For at undgå fejlmålinger er den udvalgte lejlighed til målinger tom for mennesker og dyr samt undersøgt for forstyrrelser fra andre vibrationskilder (installationer, ventilation, vandrør etc.).

Målingerne var overvåget under hele måleperioden for at undgå uønskede hændelser. Toghastigheden er målt af Odense Letbane til ca. 33 km/t ved Østre Stationsvej **, 1. sal.

2. Målebetingelser

Kontinuerlige målinger af komfortvibrationer er udført iht. måle- og analysemetoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Vibrationsniveauer registreres på gulvkonstruktionen og vægtes med et KB-filter, som beskriver menneskets følsomhed overfor vibrationer. I måleperioden gemmes de maksimale vibrationskomfortniveauer per 5-sekunders intervaller.

3. Grænseværdier for vibrationer

Grænseværdien for acceptabelt komfortniveau fra vibrationer er fastsat iht. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997, "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø" jf. Tabel 1. Den vejledende grænseværdi for det maksimale KB-vægtede accelerationsniveau med tidsvægtning "Slow" for lejligheden på Østre Stationsvej **, 1. sal fastsættes til 75 dB(KB), svarende til den vejledende grænseværdi for boliger i blandet bolig/erhvervsområder i aften- og nattimerne kl. 18-7. Den vejledende grænseværdi gældende i dagtimerne kl. 7-18 for boliger i blandet bolig/erhvervsområder er 80 dB(KB).

*Tabel 1: Vejledende grænseværdier for vibrationer, dB re 10^{-6} m/s^2 .
Gældende grænse er vist med fed skrift.*

Anvendelse	Vægtet accelerationsniveau, L_{aw} i dB (KB)
Boliger i boligområder (hele døgnet), Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 18 - 7 Børneinstitutioner og lignende	75
Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 7 - 18 Kontor, undervisningslokaler, o.l.	80
Erhvervsbebyggelse	85

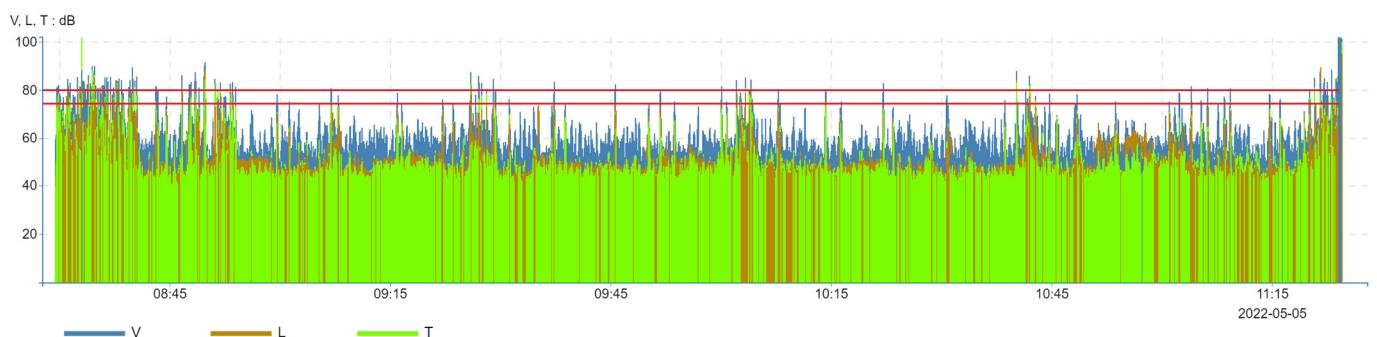
Ifølge førnævnte Orientering fra Miljøstyrelsen er grænsen for netop mærkbare vibrationer sædvanligvis for mennesker omkring 71-72 dB(KB). De fleste mennesker vil derfor ifølge denne orientering normalt kunne leve med et vibrationsniveau på 75 dB(KB), men enkelte mennesker vil blive generet heraf.

4. Resultater og konklusion

Målingerne omfatter i alt 36 togpassager, 18 i hver retning. Antallet af togpassager vurderes at være repræsentativt for vurdering af vibrationskomfort i Østre Stationsvej **, 1. sal.

Det målte baggrundsniveau er lavere end niveauer for togpassager. Derfor antages det, at der ikke har været eksterne forstyrrelser fra nærliggende virksomheder eller trafik, som har influeret måleresultaterne betydeligt.

De registrerede niveauer for vibrationskomforten målt midt på gulvkonstruktionen i rummet nærmest Letbanen i tidsrummet fra ca. 8.30-11 er vist i Figur 1.



Figur 1: Målte vibrationskomfortniveauer (dB(KB)) midt på gulvet i rummet nærmest Letbanen. Niveauerne er registreret i vertikal (V)-, langsgående (L) og vinkelret (T) retning.

Figuren viser overskridelser af grænseværdien for vibrationskomforten på 75 dB(KB) gældende i aften- og nattimerne kl. 18-7 og på 80 dB(KB) gældende i dagtimerne kl. 7-18.

Tabel 2 og tabel 3 udspecifierer de enkelte togpassager og det tilhørende målte niveau.

Tabel 2: Registrerede vibrationskomfortniveauer for hver togpassage i retning mod Tarup station. Overskridelserne er markeret i rødt.

Tidspunkt	Vibrationsniveauer dB(KB)
09:01	76,6
09:07	77,7
09:16	74,9
09:23	74,9
09:31	76,3
09:38	75,5
09:50	72,4
09:53	75,5
10:00	75,1
10:08	73,8
10:16	75,2
10:23	73,6
10:30	76,3
10:45	74,1
10:53	76,1
11:05	75,9
11:08	77,2
11:14	78,5
Antal af togpassager >75 dB(KB) / total	12/18
Antal af togpassager >80 dB(KB) / total	0/18

Tabel 3: Registrerede vibrationskomfortniveauer for hver togpassage i retning mod Hjallese station.

Tidspunkt	Vibrationsniveauer dB(KB)
08:59	78,8
09:06	80,9
09:15	79,0
09:22	78,7
09:37	83,6
09:45	82,3
09:51	81,5
09:59	81,7
10:07	79,9
10:14	79,8
10:21	83,0
10:38	76,6
10:48	78,7
11:00	75,2
11:03	82,1
11:06	81,5
11:09	81,4
11:15	76,3
Antal af togpassager >75 dB(KB) / total	18/18
Antal af togpassager >80 dB(KB) / total	9/18

Ud af i alt 36 målte togpassager i hver retning er der i alt 12 overskridelser af vibrationskomforten i aften- og nattimerne kl. 18-7 og ingen overskridelser i dagtimerne kl. 7-18, som følge af togpassager i sporet mod Tarup.

For togpassager i sporet med retningen mod Hjallese, er der 18 overskridelser i nat- og dagtimerne og 9 overskridelser i dagtimerne af 18 målte togpassager i måleperioden.

Bilag A – Måleopstilling

MÅLEPUNKTER:

MÅLEPUNKT: LOKALITET	SERIENUMMER	
	LOGGER	SENSOR
MP1 I STUEN	107881	107881
MP2 REFERENCE I STUEN	107882	107882
MP3 SUPPLERENDE SUPPLERENDE MÅLER TIL MP1	105589	105589

BILLEDE AF MÅLEOPSTILLING:

Figur 2: Måleopstilling i stuen, bestående af vibrationsmålere (MP1 og MP3) på gulvet i midten af rummet nærmest Letbanen og referencemåler (MP2).



Målerapport for Hans Jensens Stræde **

Vibrationer

Juni 2022

Målerapport for Hans Jensens Stræde **

Vibrationer

Revision Details

Document Information			
Class:	Client		
Title:	Målerapport for Hans Jensens Stræde **		
Document no (Syntax):	OT-CT-TSY-TN-00013		
Date:	2022.06.17		

Rev	Date	Author	Details
1.0	2022.06.14	EDTA	

Author, Reviewer and Approver details			
Prepared by:	EDTA	Date: 2022.06.14	
Reviewed by:	MCAS	Date: 2022.06.16	
Approved by:	LXD	Date: 2022.06.17	
OL Accountable:		Date:	

Distribution			
Odense Letbane P/S			

Document Owner			
Odense Letbane P/S Odeons Kvarter 18 5000 Odense C Denmark www.odenseletbane.dk			

Indholdsfortegnelse

Resumé.....	5
1. Måleopstilling	6
2. Målebetingelser	7
3. Grænseværdier for vibrationer	8
4. Resultater og konklusion.....	9
Bilag A – Måleopstilling	10

Resumé

COWI har for Odense Letbane foretaget orienterende vibrationsmålinger i forbindelse med testkørsler af Letbanen. Målingerne er foretaget med henblik på at sammenholde det registrerede vibrationsniveau med gældende grænseværdier for Hans Jensens Stræde **, 1. sal som følge af togpassager.

Målingerne i den udvalgte lejlighed er en del af en målekampagne, hvori der foretages målinger af vibrationer og lavfrekvent støj indendørs i udvalgte repræsentative bygninger langs Odense Letbane under testkørsler. Nærværende notat omhandler kun vibrationer. Lavfrekvent støj afrapporteres i en separat rapport.

Målingerne er udført d. 5. maj 2022 i tidsrummet ca. 12-15.

Målingerne er udført under antagelse af at testkørsel af Letbane repræsenterer normal drift. Ifølge oplysninger fra Odense Letbane, passerer et tog den pågældende målelokalitet hver 7,5 minut i hver retning.

De orienterende målinger viser, at der er én overskridelse af grænseværdien for vibrationskomforten på 75 dB(KB) gældende i aften- og nattimerne kl. 18-7 på 75,1 dB(KB) ud af 40 målte togpassager.

1. Måleopstilling

Tre vibrationsmålere var anbragt i rummet nærmest sporene, hvor der forventes højeste vibrationsniveau. Vibrationsmålerne var fastgjort til en 2,5 kg tung trebenet monteringsklods og anbragt direkte på gulvkonstruktionen på hhv. midten af stuen og tæt på facadevæggen iht. metoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Måleren placeret på midten af gulvet indgår i vibrationsvurderingen, hvorimod den anden måler anvendes som reference.

Vibrationsmålingerne er foretaget med triaksiale geofoner (C22) af typen INFRA fra Sigicom AB.

Nærmere information om de enkelte målepunkter, samt billeder heraf, er vedlagt i Bilag A.

For at undgå fejlmålinger er den udvalgte lejlighed til målinger tom for mennesker og dyr samt undersøgt for forstyrrelser fra andre vibrationskilder (installationer, ventilation, vandrør etc.).

Målingerne var overvåget under hele måleperioden for at undgå uønskede hændelser. Toghastigheden er målt af Odense Letbane til ca. 16 km/t ved Hans Jensens Stræde **.

2. Målebetingelser

Kontinuerlige målinger af komfortvibrationer er udført iht. måle- og analysemetoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Vibrationsniveauer registreres på gulvkonstruktionen og vægtes med et KB-filter, som beskriver menneskets følsomhed overfor vibrationer. I måleperioden gemmes de maksimale vibrationskomfortniveauer per 5-sekunders intervaller.

3. Grænseværdier for vibrationer

Grænseværdien for acceptabelt komfortniveau fra vibrationer er fastsat iht. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997, "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø" jf. Tabel 1. Den vejledende grænseværdi for det maksimale KB-vægtede accelerationsniveau med tidsvægtning "Slow" for lejligheden på Hans Jensens Stræde ** fastsættes til 75 dB(KB), svarende til den vejledende grænseværdi for boliger i blandet bolig/erhvervsområder i aften- og nattimerne kl. 18-7. Den vejledende grænseværdi gældende i dagtimerne kl. 7-18 for boliger i blandet bolig/erhvervsområder er 80 dB(KB).

*Tabel 1: Vejledende grænseværdier for vibrationer, dB re 10^{-6} m/s^2 .
Gældende grænse er vist med fed skrift.*

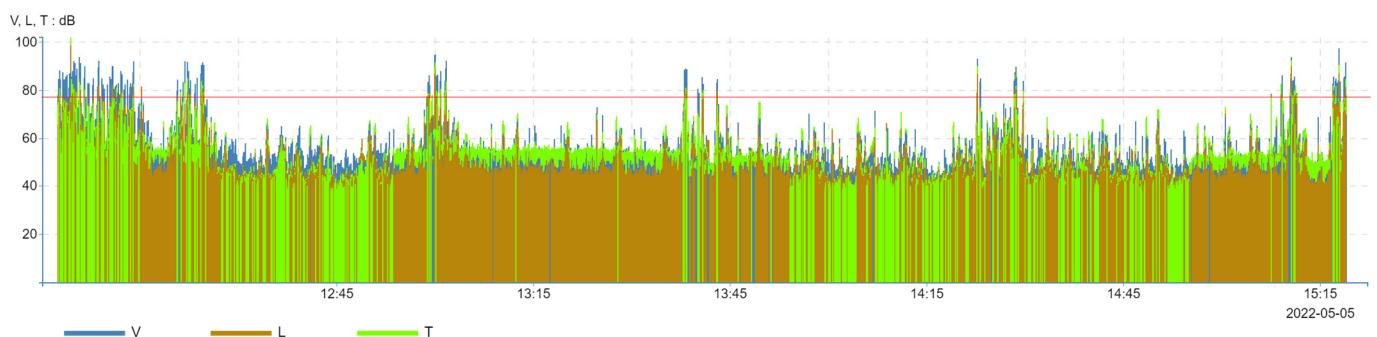
Anvendelse	Vægtet accelerationsniveau, L_{aw} i dB (KB)
Boliger i boligområder (hele døgnet), Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 18 - 7 Børneinstitutioner og lignende	75
Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 7 - 18 Kontor, undervisningslokaler, o.l.	80
Erhvervsbebyggelse	85

Ifølge førnævnte Orientering fra Miljøstyrelsen er grænsen for netop mærkbare vibrationer sædvanligvis for mennesker omkring 71-72 dB(KB). De fleste mennesker vil derfor ifølge denne orientering normalt kunne leve med et vibrationsniveau på 75 dB(KB), men enkelte mennesker vil blive generet heraf.

4. Resultater og konklusion

Målingerne omfatter i alt 40 togpassager, 18-19 i hver retning. Antallet af togpassager vurderes at være repræsentativt for vurdering af vibrationskomfort i Hans Jensens Stræde **. Det målte baggrundsniveau er lavere end niveauer for togpassager. Derfor antages det, at der ikke har været eksterne forstyrrelser fra nærliggende virksomheder eller trafik, som har influeret måleresultaterne betydeligt.

De registrerede niveauer for vibrationskomforten målt midt på gulvkonstruktionen i rummet nærmest Letbanen i tidsrummet fra ca. 12-15 er vist i Figur 1.



Figur 1: Målte vibrationskomfortniveauer (dB(KB)) midt på gulvet i rummet nærmest Letbanen. Niveauerne er registreret i vertikal (V)-, langsgående (L) og vinkelret (T) retning.

Der er registreret én overskridelse af grænseværdien for vibrationskomforten på 75 dB(KB) gældende i aften- og nattimerne kl. 18-7 på 75,1 dB(KB) i måleperioden. De øvrige overskridelser stammer ikke fra togpassager, og der kan ses bort fra disse.

Hovedmålerens placering i midten af rummet umiddelbart til højre for en gennemgående skorsten, jf. Figur 2 i Bilag A, kan have medført lavere vibrationsværdier end der kan forventes på andre steder af gulvet i samme rum. Det skyldes stivhedsbidraget til gulvet fra den gennemgående skorsten.

Bilag A – Måleopstilling

MÅLEPUNKTER:

MÅLEPUNKT: LOKALITET	SERIENUMMER	
	LOGGER	SENSOR
MP1 I STUEN	107881	107881
MP2 REFERENCE I STUEN	107882	107882
MP3 SUPPLERENDE SUPPLERENDE MÅLER TIL MP1	105589	105589

Figur 2: Måleopstilling i stuen på 1. sal, bestående af vibrationsmålere (MP1 og MP3) på gulvet i midten af rummet umiddelbart til højre for skorstenen.



Målerapport for Nyborgvej **, 1. sal Vibrationer

Juni 2022

Målerapport for Nyborgvej **, 1. sal

Vibrationer

Revision Details

Document Information			
Class: Client			
Title: Målerapport for Nyborgvej **, 1. sal			
Document no (Syntax): OT-CT-TSY-TN-00014			
Date: 2022.06.17			

Rev	Date	Author	Details
1.0	2022.06.17		

Author, Reviewer and Approver details			
Prepared by:	EDTA	Date: 2022.06.14	
Reviewed by:	MCAS	Date: 2022.06.16	
Approved by:	LXD	Date: 2022.06.17	
OL Accountable:		Date:	

Distribution			
Odense Letbane P/S			

Document Owner			
<i>Odense Letbane P/S Odeons Kvarter 18 5000 Odense C Denmark www.odenseletbane.dk</i>			

Indholdsfortegnelse

Resumé.....	5
1. Måleopstilling	6
2. Målebetingelser	7
3. Grænseværdier for vibrationer	8
4. Resultater og konklusion.....	9
Bilag A – Måleopstilling	12

Resumé

COWI har for Odense Letbane foretaget orienterende vibrationsmålinger i forbindelse med testkørsler af Letbanen. Målingerne er foretaget med henblik på at sammenholde det registrerede vibrationsniveau med gældende grænseværdier for Nyborgvej **, 1. sal, som følge af togpassager.

Målingerne i den udvalgte lejlighed er en del af en målekampagne, hvori der foretages målinger af vibrationer og lavfrekvent støj indendørs i udvalgte repræsentative bygninger langs Odense Letbane under testkørsler. Nærværende notat omhandler kun vibrationer. Lavfrekvent støj afrapporteres i en separat rapport.

Målingerne er udført d. 6. maj 2022 i tidsrummet ca. 8-11.

Målingerne er udført under antagelse af at testkørsel af Letbane repræsenterer normal drift. Ifølge oplysninger fra Odense Letbane, passerer et tog den pågældende målelokalitet hver 7,5 minut i hver retning.

De orienterende målinger viser, at der er overskridelser af vibrationskomforten for 13 ud af 18 målte togpassager kørende på sporet i retningen mod Tarup.

For togpassager i sporet med retningen mod Hjallese, er der 8 overskridelser af 17 målte togpassager i måleperioden.

1. Måleopstilling

Tre vibrationsmålere var anbragt i rummet nærmest sporene, hvor der forventes højeste vibrationsniveau. Vibrationsmålerne var fastgjort til en 2,5 kg tung trebenet monteringsklods og anbragt direkte på gulvkonstruktionen på hhv. midten af stuen og tæt på facadevæggen iht. metoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Måleren placeret på midten af gulvet indgår i vibrationsvurderingen, hvorimod den anden måler anvendes som reference.

Vibrationsmålingerne er foretaget med triaksiale geofoner (C22) af typen INFRA fra Sigicom AB.

Nærmere information om de enkelte målepunkter, samt billeder heraf, er vedlagt i Bilag A.

For at undgå fejlmålinger er den udvalgte lejlighed til målinger tom for mennesker og dyr samt undersøgt for forstyrrelser fra andre vibrationskilder (installationer, ventilation, vandrør etc.).

Målingerne var overvåget under hele måleperioden for at undgå uønskede hændelser. Toghastigheden er målt af Odense Letbane til ca. 33 km/t ved Nyborgvej **, 1. sal.

2. Målebetingelser

Kontinuerlige målinger af komfortvibrationer er udført iht. måle- og analysemetoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Vibrationsniveauer registreres på gulvkonstruktionen og vægtes med et KB-filter, som beskriver menneskets følsomhed overfor vibrationer. I måleperioden gemmes de maksimale vibrationskomfortniveauer per 5-sekunders intervaller.

3. Grænseværdier for vibrationer

Grænseværdien for acceptabelt komfortniveau fra vibrationer er fastsat iht. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997, "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø" jf. Tabel 1. Den vejledende grænseværdi for det maksimale KB-vægtede accelerationsniveau med tidsvægtning "Slow" for lejligheden på Nyborgvej **, 1. sal fastsættes til 75 dB(KB), svarende til den vejledende grænseværdi for boliger i boligområder (hele døgnet).

*Tabel 1: Vejledende grænseværdier for vibrationer, dB re 10^{-6} m/s^2 .
Gældende grænse er vist med fed skrift.*

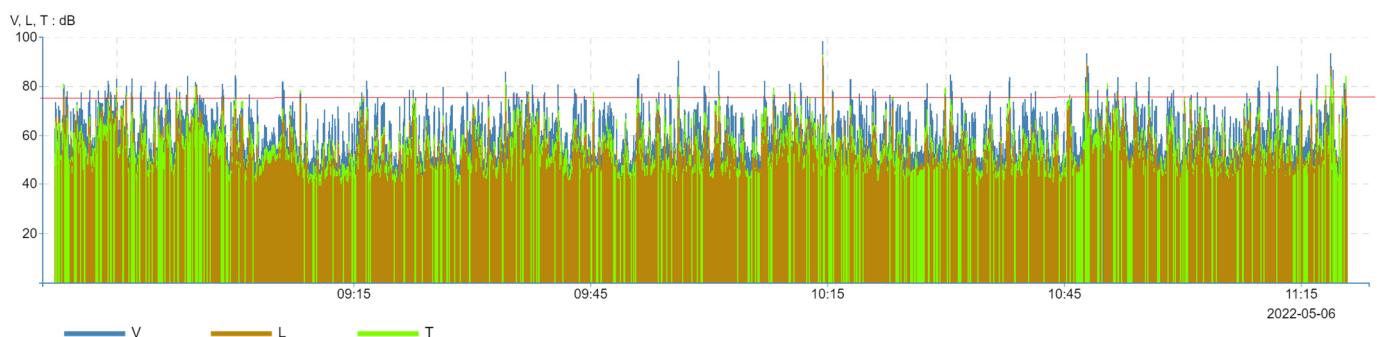
Anvendelse	Vægtet accelerationsniveau, L_{aw} i dB (KB)
Boliger i boligområder (hele døgnet), Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 18 - 7 Børneinstitutioner og lignende	75
Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 7 - 18 Kontor, undervisningslokaler, o.l.	80
Erhvervsbebyggelse	85

Ifølge fornævnte Orientering fra Miljøstyrelsen er grænsen for netop mærkbare vibrationer sædvanligvis for mennesker omkring 71-72 dB(KB). De fleste mennesker vil derfor ifølge denne orientering normalt kunne leve med et vibrationsniveau på 75 dB(KB), men enkelte mennesker vil blive generet heraf.

4. Resultater og konklusion

Målingerne omfatter i alt 35 togpassager, 17-18 i hver retning. Antallet af togpassager vurderes at være repræsentativt for vurdering af vibrationskomfort i Nyborgvej **, 1. sal. Det målte baggrundsniveau er lavere end niveauer for togpassager. Derfor antages det, at der ikke har været eksterne forstyrrelser fra nærliggende virksomheder eller trafik, som har influeret måleresultaterne betydeligt.

De registrerede niveauer for vibrationskomforten målt midt på gulvkonstruktionen i rummet nærmest Letbanen i tidsrummet fra ca. 8-11 er vist i Figur 1.



Figur 1: Målte vibrationskomfortniveauer (dB(KB)) midt på gulvet i rummet nærmest Letbanen. Niveauerne er registreret i vertikal (V)-, langsgående (L) og vinkelret (T) retning.

Figuren viser overskridelser af grænseværdien for vibrationskomforten på 75 dB(KB).

Tabel 2 og tabel 3 udspecifierer de enkelte togpassager og det tilhørende målte niveau.

Tabel 2: Registrerede vibrationskomfortniveauer for hver togpassage i retning mod Tarup station. Overskridelserne er markeret med rødt.

Tidspunkt	Vibrationsniveauer dB(KB)
09:00	74,3
09:08	78,5
09:16	77,5
09:22	78,5
09:30	74,4
09:45	77,6
09:53	75,0
10:01	86,5
10:08	80,0
10:15	79,5
10:23	75,8
10:29	75,3
10:37	83,8
10:45	76,6
10:53	75,6
11:00	77,1
11:08	75,0
11:16	74,9

Antal af togpassagerer
>75 dB(KB) / total

13/18

Tabel 3: Registrerede vibrationskomfortniveauer for hver togpassage i retning mod Hjallese station.

Tidspunkt	Vibrationsniveauer dB(KB)
09:06	74,3
09:15	73,6
09:22	75,7
09:32	76,6
09:50	85,1
09:53	77,8
10:00	74,3
10:07	74,2
10:15	79,5
10:22	74,6
10:29	80,8
10:37	73,8
10:45	74,9
10:52	75,0
11:00	76,1
11:07	73,3
11:14	79,6

Antal af togpassager
>75 dB(KB) / total

8/17

Ud af i alt 35 målte togpassager er der i alt 13 overskridelser af vibrationskomforten som følge af togpassager i retningen mod Tarup og 8 overskridelser fra sporet i retningen mod Hjallese.

Bilag A – Måleopstilling

MÅLEPUNKTER:

MÅLEPUNKT: LOKALITET	SERIENUMMER	
	LOGGER	SENSOR
MP1 I STUEN	107881	107881
MP2 REFERENCE I STUEN	107882	107882
MP3 SUPPLERENDE SUPPLERENDE MÅLER TIL MP1	105589	105589

BILLEDE AF MÅLEOPSTILLING:



Figur 2: Måleopstilling bestående af vibrationsmålere (MP1 og MP3) på gulvet i midten af rummet nærmest Letbanen og referencemåler (MP2) til venstre på billedet.



Målerapport for Ørbækvej ** Vibrationer

Juni 2022

Målerapport for Ørbækvej **

Vibrationer

Revision Details

Document Information			
Class:	Client		
Title:	Målerapport for Ørbækvej **		
Document no (Syntax):	OT-CT-TSY-		
TN-00015 Date:	2022.06.17		

Rev	Date	Author	Details
1.0	2022.06.17		

Author, Reviewer and Approver details			
Prepared by:	EDTA	Date: 2022.06.14	
Reviewed by:	MCAS	Date: 2022.06.16	
Approved by:	LXD	Date: 2022.06.17	
OL Accountable:		Date:	

Distribution			
Odense Letbane P/S			

Document Owner			
<i>Odense Letbane P/S Odeons Kvarter 18 5000 Odense C Denmark www.odenseletbane.dk</i>			

Indholdsfortegnelse

Resumé.....	5
1. Måleopstilling	6
2. Målebetingelser	7
3. Grænseværdier for vibrationer	8
4. Resultater og konklusion.....	9
Bilag A – Måleopstilling	12

Resumé

COWI har for Odense Letbane foretaget orienterende vibrationsmålinger i forbindelse med testkørsler af Letbanen. Målingerne er foretaget med henblik på at sammenholde det registrerede vibrationsniveau med gældende grænseværdier for Ørbækvej **, som følge af togpassager.

Målingerne i den udvalgte lejlighed er en del af en målekampagne, hvori der foretages målinger af vibrationer og lavfrekvent støj indendørs i udvalgte repræsentative bygninger langs Odense Letbane under testkørsler. Nærværende notat omhandler kun vibrationer. Lavfrekvent støj afrapporteres i en separat rapport.

Målingerne er udført d. 6. maj 2022 i tidsrummet ca. 12-15.

Målingerne er udført under antagelse af at testkørsel af Letbane repræsenterer normal drift. Ifølge oplysninger fra Odense Letbane, passerer et tog den pågældende målelokalitet hver 7,5 minut i hver retning.

De orienterende målinger viser, at der er overskridelser af vibrationskomforten for 1 ud af 21 målte togpassager kørende på sporet i retningen mod Tarup.

For togpassager i sporet med retningen mod Hjallese, er der 2 overskridelser af 20 målte togpassager i måleperioden.

1. Måleopstilling

Tre vibrationsmålere var anbragt i rummet nærmest sporene, hvor der forventes højeste vibrationsniveau. Vibrationsmålerne var fastgjort til en 2,5 kg tung trebenet monteringsklods og anbragt direkte på gulvkonstruktionen på hhv. midten af stuen og tæt på facadevæggen iht. metoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Måleren placeret på midten af gulvet indgår i vibrationsvurderingen, hvorimod den anden måler anvendes som reference.

Vibrationsmålingerne er foretaget med triaksiale geofoner (C22) af typen INFRA fra Sigicom AB.

Nærmere information om de enkelte målepunkter, samt billeder heraf, er vedlagt i Bilag A.

For at undgå fejlmålinger er den udvalgte lejlighed til målinger tom for mennesker og dyr samt undersøgt for forstyrrelser fra andre vibrationskilder (installationer, ventilation, vandrør etc.).

Målingerne var overvåget under hele måleperioden for at undgå uønskede hændelser. Toghastigheden er målt af Odense Letbane til ca. 43 km/t ved Ørbækvej **.

2. Målebetingelser

Kontinuerlige målinger af komfortvibrationer er udført iht. måle- og analysemetoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Vibrationsniveauer registreres på gulvkonstruktionen og vægtes med et KB-filter, som beskriver menneskets følsomhed overfor vibrationer. I måleperioden gemmes de maksimale vibrationskomfortniveauer per 5-sekunders intervaller.

3. Grænseværdier for vibrationer

Grænseværdien for acceptabelt komfortniveau fra vibrationer er fastsat iht. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997, "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø" jf. Tabel 1. Den vejledende grænseværdi for det maksimale KB-vægtede accelerationsniveau med tidsvægtning "Slow" for lejligheden på Ørbækvej ** fastsættes til 75 dB(KB), svarende til den vejledende grænseværdi for boliger i boligområder (hele døgnet).

*Tabel 1: Vejledende grænseværdier for vibrationer, dB re 10^{-6} m/s^2 .
Gældende grænse er vist med fed skrift.*

Anvendelse	Vægtet accelerationsniveau, L_{aw} i dB (KB)
Boliger i boligområder (hele døgnet), Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 18 - 7 Børneinstitutioner og lignende	75
Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 7 - 18 Kontor, undervisningslokaler, o.l.	80
Erhvervsbebyggelse	85

Ifølge fornævnte Orientering fra Miljøstyrelsen er grænsen for netop mærkbare vibrationer sædvanligvis for mennesker omkring 71-72 dB(KB). De fleste mennesker vil derfor ifølge denne orientering normalt kunne leve med et vibrationsniveau på 75 dB(KB), men enkelte mennesker vil blive generet heraf.

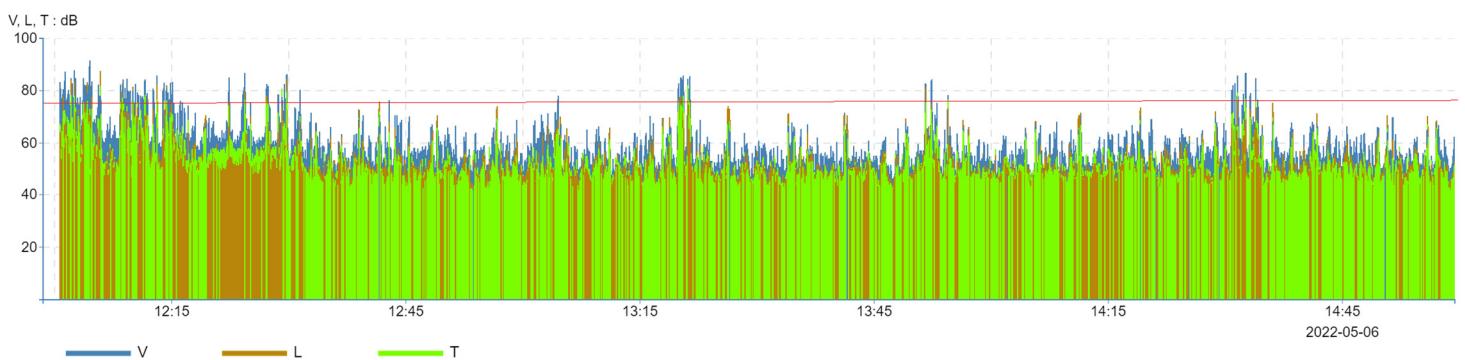
4. Resultater og konklusion

Målingerne omfatter i alt 41 togpassager, 20-21 i hver retning.

Antallet af togpassager vurderes at være repræsentativt for vurdering af vibrationskomfort i Ørbækvej **.

Det målte baggrundsniveau er lavere end niveauer for togpassager. Derfor antages det, at der ikke har været eksterne forstyrrelser fra nærliggende virksomheder eller trafik, som har influeret måleresultaterne betydeligt.

De registrerede niveauer for vibrationskomforten målt midt på gulvkonstruktionen i rummet nærmest Letbanen i tidsrummet fra ca. 12-15 er vist i Figur 1.



Figur 1: Målte vibrationskomfortniveauer (dB(KB)) midt på gulvet i rummet nærmest Letbanen. Niveauerne er registreret i vertikal (V)-, langsgående (L) og vinkelret (T) retning.

Figuren viser enkelte overskridelser af grænseværdien for vibrationskomforten på 75 dB(KB).

Tabel 2 og tabel 3 udspecifierer de enkelte togpassager og det tilhørende målte niveau.

Tabel 2: Registrerede vibrationskomfortniveauer for hver togpassage i retning mod Tarup station. Overskridelserne er markeret i rødt.

Tidspunkt	Vibrationsniveauer dB(KB)
12:33	67,9
12:41	76,1
12:48	67,1
12:56	74,9
13:04	72,0
13:11	65,7
13:18	69,9
13:26	72,9
13:34	67,0
13:41	71,4
13:49	66,4
13:57	66,1
14:04	65,8
14:11	70,4
14:18	63,7
14:27	64,9
14:41	71,2
14:49	65,7
14:55	70,7
15:04	71,9
15:11	65,4

Antal af togpassagerer
>75 dB(KB) / total 1/21

Tabel 3: Registrerede vibrationskomfortniveauer for hver togpassage i retning mod Hjallese station.

Tidspunkt	Vibrationsniveauer dB(KB)
12:38	73,4
12:48	71,1
12:56	74,9
13:04	71,2
13:17	72,0
13:26	74,7
13:33	71,8
13:41	71,8
13:49	69,2
13:56	68,9
14:05	68,4
14:11	72,2
14:19	73,6
14:28	72,6
14:36	76,0
14:41	71,5
14:50	70,8
14:56	68,5
15:03	76,3
15:11	71,5

Antal af togpassager
>75 dB(KB) / total
2/20

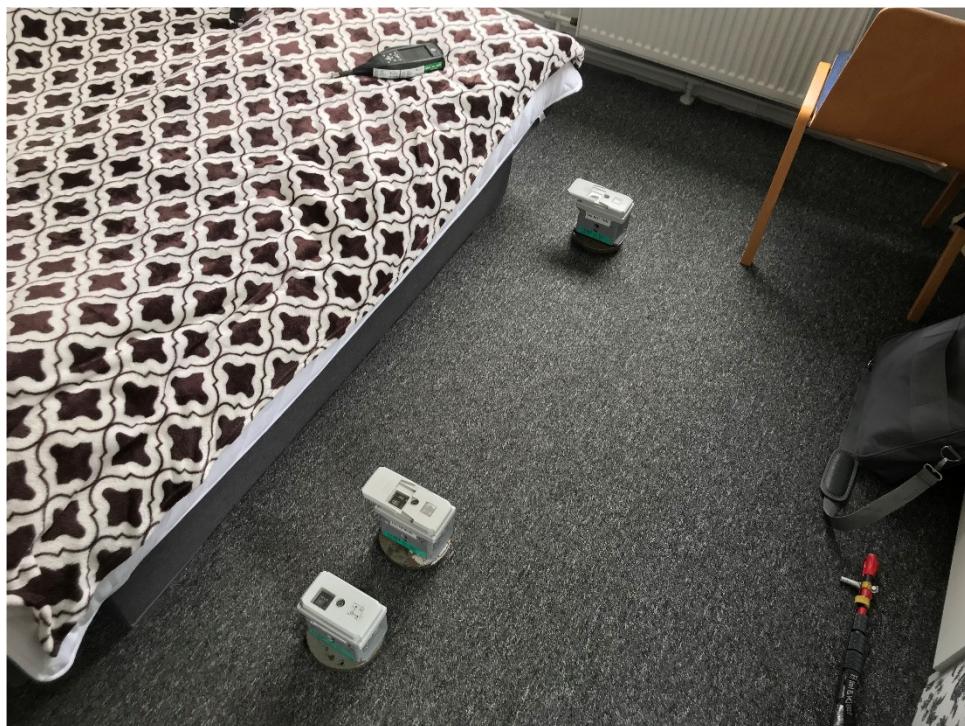
Ud af i alt 41 målte togpassager i hver retning er der i alt 1 overskridelse af vibrationskomforten som følge af togpassager i retningen mod Tarup og 2 overskridelser fra sporet i retningen mod Hjallese.

Bilag A – Måleopstilling

MÅLEPUNKTER:

MÅLEPUNKT: LOKALITET	SERIENUMMER	
	LOGGER	SENSOR
MP1	107881	107881
MP2 REFERENCE	107882	107882
MP3 SUPPLERENDE SUPPLERENDE MÅLER TIL MP1	105589	105589

BILLEDE AF MÅLEOPSTILLING:



Figur 2: Måleopstilling bestående af vibrationsmålere (MP1 og MP3) på gulvet midt i rummet nær sengekanten. Referencemåler (MP2) er placeret til højre i billede.



Målerapport for Kærlandsvænget ** Vibrationer

Juni 2022

Målerapport for Kærlandsvænget **

Vibrationer

Revision Details

Document Information			
Class:	Client		
Title:	Målerapport for Kærlandsvænget **		
Document no (Syntax):	OT-CT-TSY-TN-00016		
Date:	2022.06.17		

Rev	Date	Author	Details
1.0	2022.06.17		

Author, Reviewer and Approver details			
Prepared by:	EDTA	Date: 2022.06.14	
Reviewed by:	MCAS	Date: 2022.06.16	
Approved by:	LXD	Date: 2022.06.17	
OL Accountable:		Date:	

Distribution			
Odense Letbane P/S			

Document Owner			
<i>Odense Letbane P/S Odeons Kvarter 18 5000 Odense C Denmark www.odenseletbane.dk</i>			

Indholdsfortegnelse

Resumé.....	5
1. Måleopstilling	6
2. Målebetingelser	7
3. Grænseværdier for vibrationer	8
4. Resultater og konklusion.....	9
Bilag A – Måleopstilling	10

Resumé

COWI har for Odense Letbane foretaget orienterende vibrationsmålinger i forbindelse med testkørsler af Letbanen. Målingerne er foretaget med henblik på at sammenholde det registrerede vibrationsniveau med gældende grænseværdier for Kærlandsvænget ** som følge af togpassager.

Målingerne i det udvalgte hus er en del af en målekampagne, hvori der foretages målinger af vibrationer og lavfrekvent støj indendørs i udvalgte repræsentative bygninger langs Odense Letbane under testkørsler. Nærværende notat omhandler kun vibrationer. Lavfrekvent støj afrapporteres i en separat rapport.

Målingerne er udført d. 10. maj 2022 i tidsrummet ca. 8:30-11.

Målingerne er udført under antagelse af at testkørsel af Letbane repræsenterer normal drift. Ifølge oplysninger fra Odense Letbane, passerer et tog den pågældende målelokalitet hver 7,5 minut i hver retning.

Kærlandsvænget ** er valgt på basis af den samme målelokalitet, som målekampagnen rapporteret i (21652-IN6) , 05-04-2022, R2. Denne målelokalitet befinder sig i det 2. dobbelthus fra Letbanen.

De orienterende målinger viser ingen overskridelser af grænseværdien for vibrationskomforten på 75 dB(KB) gældende i aften- og nattimerne kl. 18-7 eller på 80 dB(KB) gældende i dagtimerne kl. 7-18 for Kærlandsvænget **

1. Måleopstilling

Tre vibrationsmålere var anbragt i rummet nærmest sporene, hvor der forventes højeste vibrationsniveau. Vibrationsmålerne var fastgjort til en 2,5 kg tung trebenet monteringsklods og anbragt direkte på gulvkonstruktionen på hhv. midten af stuen og tæt på facadevæggen iht. metoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Måleren placeret på midten af gulvet indgår i vibrationsvurderingen, hvorimod den anden måler anvendes som reference.

Vibrationsmålingerne er foretaget med triaksiale geofoner (C22) af typen INFRA fra Sigicom AB.

Nærmere information om de enkelte målepunkter, samt billeder heraf, er vedlagt i Bilag A.

For at undgå fejlmålinger er den udvalgte lejlighed til målinger tom for mennesker og dyr samt undersøgt for forstyrrelser fra andre vibrationskilder (installationer, ventilation, vandrør etc.) .

Målingerne var overvåget under hele måleperioden for at undgå uønskede hændelser. Toghastigheden er målt af Odense Letbane til ca. 40 km/t ved Kærlandsvænget **

2. Målebetingelser

Kontinuerlige målinger af komfortvibrationer er udført iht. måle- og analysemetoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Vibrationsniveauer registreres på gulvkonstruktionen og vægtes med et KB-filter, som beskriver menneskets følsomhed overfor vibrationer. I måleperioden gemmes de maksimale vibrationskomfortniveauer per 5-sekunders intervaller.

3. Grænseværdier for vibrationer

Grænseværdien for acceptabelt komfortniveau fra vibrationer er fastsat iht. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997, "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø" jf. Tabel 1. Den vejledende grænseværdi for det maksimale KB-vægtede accelerationsniveau med tidsvægtning "Slow" for lejligheden på Kærlandsvænet ** fastsættes til 75 dB(KB), svarende til den vejledende grænseværdi for boliger i blandet bolig/erhvervsområder i aften- og nattimerne kl. 18-7. Den vejledende grænseværdi gældende i dagtimerne kl. 7-18 for boliger i blandet bolig/erhvervsområder er 80 dB(KB) .

*Tabel 1: Vejledende grænseværdier for vibrationer, dB re 10^{-6} m/s^2 .
Gældende grænse er vist med fed skrift.*

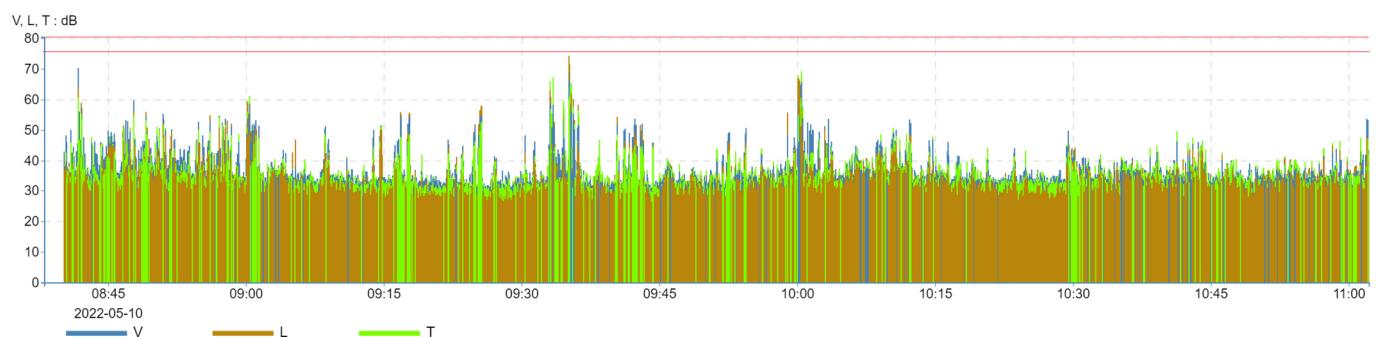
Anvendelse	Vægtet accelerationsniveau, L_{aw} i dB (KB)
Boliger i boligområder (hele døgnet), Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 18 - 7 Børneinstitutioner og lignende	75
Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 7 - 18 Kontor, undervisningslokaler, o.l.	80
Erhvervsbebyggelse	85

Ifølge førnævnte Orientering fra Miljøstyrelsen er grænsen for netop mærkbare vibrationer sædvanligvis for mennesker omkring 71-72 dB(KB). De fleste mennesker vil derfor ifølge denne orientering normalt kunne leve med et vibrationsniveau på 75 dB(KB), men enkelte mennesker vil blive generet heraf.

4. Resultater og konklusion

Målingerne omfatter i alt 19 togpassager, 9-10 i hver retning. Antallet af togpassager vurderes at være repræsentativt for vurdering af vibrationskomfort i Kærlandsvænet ** Det målte baggrundsniveau er lavere end niveauer for togpassager. Derfor antages det, at der ikke har været eksterne forstyrrelser fra nærliggende virksomheder eller trafik, som har influeret måleresultaterne betydeligt.

De registrerede niveauer for vibrationskomforten målt midt på gulvkonstruktionen i rummet nærmest Letbanen i tidsrummet fra ca. 8:30-11 er vist i Figur 1.



Figur 1: Målte vibrationskomfortniveauer (dB(KB)) midt på gulvet i rummet nærmest Letbanen. Niveauerne er registreret i vertikal (V)-, langsgående (L) og vinkelret (T) retning.

Figuren viser ingen overskridelser af grænseværdien for vibrationskomforten på 75 dB(KB) gældende i aften- og nattimerne kl. 18-7 eller på 80 dB(KB) gældende i dagtimerne kl. 7-18.

Bilag A – Måleopstilling

MÅLEPUNKTER:

MÅLEPUNKT: LOKALITET	SERIENUMMER	
	LOGGER	SENSOR
MP1 I STUEN	107881	107881
MP2 REFERENCE I STUEN	107882	107882
MP3 SUPPLERENDE SUPPLERENDE MÅLER TIL MP1	105589	105589

BILLEDE AF MÅLEOPSTILLING:



Figur 2: Måleopstilling i stuen, bestående af vibrationsmålere (MP1 og MP3) på gulvet i midten af rummet nærmest Letbanen og referencemåler (MP2).



Målerapport for Østre Stationsvej **, 3. sal Vibrationer

Juni 2022

Målerapport for Østre Stationsvej **, 3. sal

Vibrationer

Revision Details

Document Information			
Class: Client			
Title: Målerapport for Østre Stationsvej **, 3. sal			
Document no (Syntax): OT-CT-TSY-TN-00017			
Date: 2022.06.17			

Rev	Date	Author	Details
1.0	2022.06.17		

Author, Reviewer and Approver details			
Prepared by:	EDTA	Date: 2022.06.14	
Reviewed by:	MCAS	Date: 2022.06.16	
Approved by:	LXD	Date: 2022.06.17	
OL Accountable:		Date:	

Distribution			
Odense Letbane P/S			

Document Owner			
<i>Odense Letbane P/S Odeons Kvarter 18 5000 Odense C Denmark www.odenseletbane.dk</i>			

Indholdsfortegnelse

Resumé.....	5
1. Måleopstilling	6
2. Målebetingelser	7
3. Grænseværdier for vibrationer	8
4. Resultater og konklusion.....	9
Bilag A – Måleopstilling	12

Resumé

COWI har for Odense Letbane foretaget orienterende vibrationsmålinger i forbindelse med testkørsler af Letbanen. Målingerne er foretaget med henblik på at sammenholde det registrerede vibrationsniveau med gældende grænseværdier for Østre Stationsvej **, 3. sal, som følge af togpassager.

Målingerne i den udvalgte lejlighed er en del af en målekampagne, hvori der foretages målinger af vibrationer og lavfrekvent støj indendørs i udvalgte repræsentative bygninger langs Odense Letbane under testkørsler. Nærværende notat omhandler kun vibrationer. Lavfrekvent støj afrapporteres i en separat rapport.

Målingerne er udført d. 10. maj 2022 i tidsrummet ca. 12-15.

Målingerne er udført under antagelse af at testkørsel af Letbane repræsenterer normal drift. Ifølge oplysninger fra Odense Letbane, passerer et tog den pågældende målelokalitet hver 7,5 minut i hver retning.

De orienterende målinger viser, at der er overskridelser af vibrationskomforten for 15 i aften- og nattimerne kl. 18-7 ud af 18 mælte togpassager kørende på sporet i retningen mod Tarup. For togpassager i sporet med retningen mod Hjallese, er der 19 overskridelser i både nat- og dagtimerne af 19 mælte togpassager i måleperioden.

1. Måleopstilling

Tre vibrationsmålere var anbragt i rummet nærmest sporene, hvor der forventes højeste vibrationsniveau. Vibrationsmålerne var fastgjort til en 2,5 kg tung trebenet monteringsklods og anbragt direkte på gulvkonstruktionen på hhv. midten af stuen og tæt på facadevæggen iht. metoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Måleren placeret på midten af gulvet indgår i vibrationsvurderingen, hvorimod den anden måler anvendes som reference.

Vibrationsmålingerne er foretaget med triaksiale geofoner (C22) af typen INFRA fra Sigicom AB.

Nærmere information om de enkelte målepunkter, samt billeder heraf, er vedlagt i Bilag A.

For at undgå fejlmålinger er den udvalgte lejlighed til målinger tom for mennesker og dyr samt undersøgt for forstyrrelser fra andre vibrationskilder (installationer, ventilation, vandrør etc.).

Målingerne var overvåget under hele måleperioden for at undgå uønskede hændelser. Toghastigheden er målt af Odense Letbane til ca. 40 km/t ved Østre Stationsvej **, 3. sal.

2. Målebetingelser

Kontinuerlige målinger af komfortvibrationer er udført iht. måle- og analysemetoden beskrevet i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997. Vibrationsniveauer registreres på gulvkonstruktionen og vægtes med et KB-filter, som beskriver menneskets følsomhed overfor vibrationer. I måleperioden gemmes de maksimale vibrationskomfortniveauer per 5-sekunders intervaller.

3. Grænseværdier for vibrationer

Grænseværdien for acceptabelt komfortniveau fra vibrationer er fastsat iht. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997, "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø" jf. Tabel 1. Den vejledende grænseværdi for det maksimale KB-vægtede accelerationsniveau med tidsvægtning "Slow" for lejligheden på Østre Stationsvej **, 3. sal fastsættes til 75 dB(KB), svarende til den vejledende grænseværdi for boliger i blandet bolig/erhvervsområder i aften- og nattimerne kl. 18-7. Den vejledende grænseværdi gældende i dagtimerne kl. 7-18 for boliger i blandet bolig/erhvervsområder er 80 dB(KB).

*Tabel 1: Vejledende grænseværdier for vibrationer, dB re 10^{-6} m/s^2 .
Gældende grænse er vist med fed skrift.*

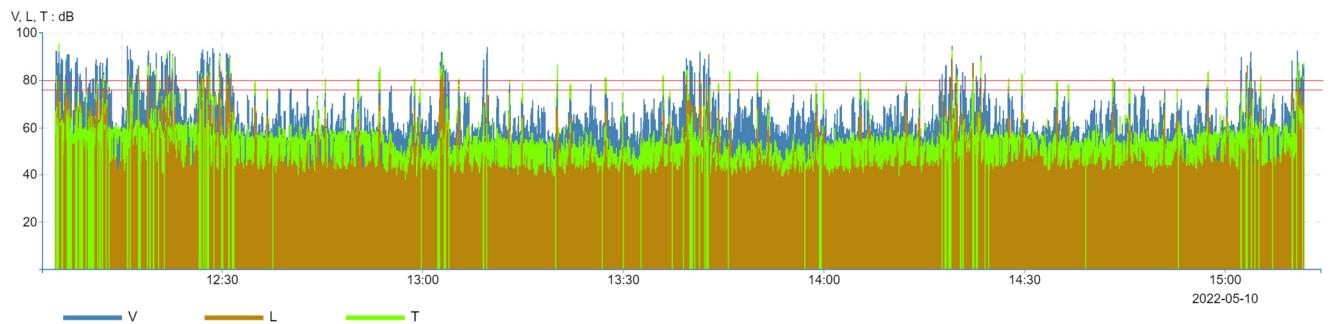
Anvendelse	Vægtet accelerationsniveau, L_{aw} i dB (KB)
Boliger i boligområder (hele døgnet), Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 18 - 7 Børneinstitutioner og lignende	75
Boliger i blandet bolig/erhvervsområder kl. 7 - 18 Kontor, undervisningslokaler, o.l.	80
Erhvervsbebyggelse	85

Ifølge førnævnte Orientering fra Miljøstyrelsen er grænsen for netop mærkbare vibrationer sædvanligvis for mennesker omkring 71-72 dB(KB). De fleste mennesker vil derfor ifølge denne orientering normalt kunne leve med et vibrationsniveau på 75 dB(KB), men enkelte mennesker vil blive generet heraf.

4. Resultater og konklusion

Målingerne omfatter i alt 37 togpassager, 18-19 i hver retning. Antallet af togpassager vurderes at være repræsentativt for vurdering af vibrationskomfort i Østre Stationsvej **, 3. sal. Det målte baggrundsniveau er lavere end niveauer for togpassager. Derfor antages det, at der ikke har været eksterne forstyrrelser fra nærliggende virksomheder eller trafik, som har influeret måleresultaterne betydeligt.

De registrerede niveauer for vibrationskomforten målt midt på gulvkonstruktionen i rummet nærmest Letbanen i tidsrummet fra ca. 12-15 er vist i Figur 1.



Figur 1: Målte vibrationskomfortniveauer (dB(KB)) midt på gulvet i rummet nærmest Letbanen. Niveauerne er registreret i vertikal (V)-, langsgående (L) og vinkelret (T) retning.

Figuren viser overskridelser af grænseværdien for vibrationskomforten på 75 dB(KB) gældende i aften- og nattimerne kl. 18-7 og på 80 dB(KB) gældende i dagtimerne kl. 7-18.

Tabel 2 og tabel 3 udspecifierer de enkelte togpassager og det tilhørende målte niveau.

Tabel 2: Registrerede vibrationskomfortniveauer for hver togpassage i retning mod Tarup station. Overskridelserne er markeret i rødt.

Spor i nordgående retning til næstest på MP1

Tidspunkt	Vibrationsniveauer dB(KB)
12:36	76,5
12:44	72,7
12:53	85,7
12:59	76,5
13:06	73,8
13:14	78,8
13:29	75,7
13:36	76,3
13:45	83,8
13:51	73,3
13:59	77,2
14:06	76,5
14:14	76,7
14:29	82,7
14:36	78,3
14:45	78,4
14:52	76,5
15:00	77,3
Antal af togpassagerer >75 dB(KB) / total	15/18
Antal af togpassagerer >80 dB(KB) / total	3/18

Tabel 3: Registrerede vibrationskomfortniveauer for hver togpassage i retning mod Hjallese station.

Spor i sydgående retning tættest på MP1

Tidspunkt	Vibrationsniveauer dB(KB)
12:34	80,5
12:45	80,5
12:50	80,9
12:58	80,5
13:05	81,8
13:12	81,1
13:19	86,4
13:27	81,3
13:35	83,2
13:44	79,7
13:49	83,8
13:58	80,2
14:05	85,5
14:12	80,0
14:27	81,3
14:34	79,8
14:43	82,4
14:50	77,4
14:57	85,5
Antal af togpassager >75 dB(KB) / total	19/19
Antal af togpassager >80 dB(KB) / total	15/19

Ud af i alt 37 målte togpassager i hver retning er der i alt 15 overskridelser af vibrationskomforten i aften- og nattimerne kl. 18-7, som følge af togpassager i sporet mod Tarup.

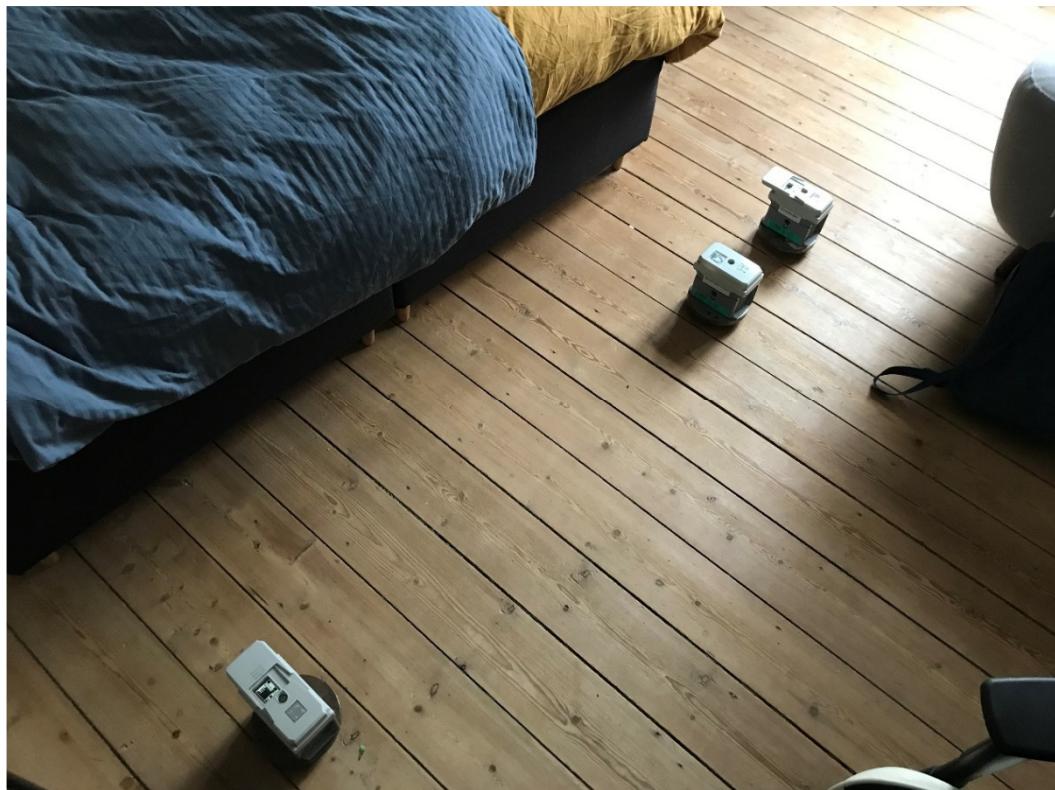
For togpassager i sporet med retningen mod Hjallese, er der 19 overskridelser i aften- og nattimerne af 19 målte togpassager i måleperioden.

Bilag A – Måleopstilling

MÅLEPUNKTER:

MÅLEPUNKT: LOKALITET	SERIENUMMER	
	LOGGER	SENSOR
MP1 HOVEDMÅLER	107881	107881
MP2 REFERENCE	107882	107882
MP3 SUPPLERENDE SUPPLERENDE MÅLER TIL MP1	105589	105589

BILLEDE AF MÅLEOPSTILLING:



Figur 2: Måleopstilling i soveværelset, bestående af vibrationsmålere (MP1 og MP3) på gulvet i midten af rummet nærmest Letbanen og referencemåler (MP2).

Appendix B - Measuring report for low-frequency noise



Målerapport for 10 udvalgte adresser langs Odense Letbane Lavfrekvent støj og infralyd

Juni 2022

Målerapport for 10 udvalgte adresser langs Odense Letbane

Lavfrekvent støj og infralyd

Revision Details

Document Information			
Class: Client			
Title: Målerapport for 10 udvalgte adresser langs Odense Letbane, Lavfrekvent støj og infralyd			
Document no (Syntax): OT-CT-TSY-TN-00019			
Date: 2022.06.17			

Rev	Date	Author	Details
1.0	2022.06.17	MNLR	

Author, Reviewer and Approver details			
Prepared by:	MNLR	Date: 2022.06.16	
Reviewed by:	LFL	Date: 2022.06.16	
Approved by:	LXD	Date: 2022.06.17	
OL Accountable:		Date:	

Distribution			
Odense Letbane P/S			

Document Owner			
<i>Odense Letbane P/S Odeons Kvarter 18 5000 Odense C Denmark www.odenseletbane.dk</i>			

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	5
2. Beskrivelse af måleobjekt.....	6
2.1 Målesteder.....	7
3. Støjgrænseværdier	8
4. Metode	9
4.1 Måle-/analyseudstyr.....	10
4.2 Meteorologiske forhold	10
4.3 Måleresultater	10
4.4 Ubestemthed.....	12
5. Konklusion.....	13

1. Indledning

Odense Letbane har i forbindelse med testkørslen på den nye letbane modtaget klager over støj fra nogle af de beboelsesejendomme, som ligger tæt på banetracéet.

Odense Letbane har derfor bedt COWI om at foretage støjmålinger i 10 af de beboelsesejendomme, hvorfra der er modtaget klager.

Målingerne er udført i perioden fra den 2. maj til den 10. maj 2022 i de 10 ejendomme udvalgt af Odense Letbane.

Da der ikke er nogen dansk vejledning eller metode til brug for måling af støj fra letbaner indendørs i boliger, er det valgt at tage udgangspunkt i målevejledningen i Orientering fra Miljøstyrelsens nr. 9/1997 "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø".

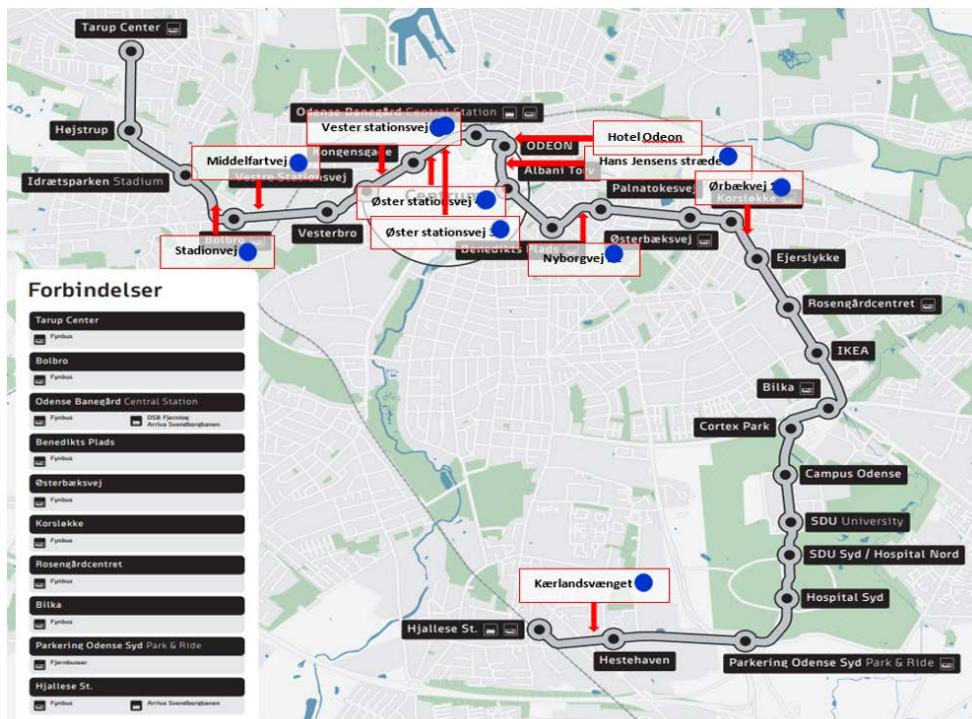
Støjmålinger og analyser af målingerne er foretaget af John Michael Jørgensen, som af Miljøstyrelsen er certificeret til at foretage Miljømålinger – ekstern støj efter DS/EN ISO/IEC 17024.

2. Beskrivelse af måleobjekt

Letbanen kører gennem Odense tæt på boliger med spor i hver retning mellem Tarup og Hjallese.

Der kører letbanetog af typen Stadler Variobahn på fast spor.

Jf. letbanens køreplan kører der 8 tog per time i hver retning kl. 07 – 18 på hverdage og 4 tog per time i hver retning i aften- og natperioden. For at kunne iværksætte dagkøreplanen fra kl. 07 vil der være en gradvis udvikling af antal tog på strækningen mellem kl. 06 og 07. Tilsvarende vil der mellem kl. 18 og 19 ske en løbende afvikling af antallet af tog inden den normale drift for aftenperioden træder i kraft.



Figur 1 Oversigt over letbanen og de udvalgte adresser, hvor målinger er foretaget.

2.1 Målesteder

De udvalgte ejendomme er angivet på Figur 1 og deres adresser er opelistet i tabellen nedenfor sammen med oplysning om afstand til spor samt dato for støjmålingen.

Tabel 1 Målelokationer

Adresse	Afstand til spor	Måledato
Hotel Odeon, værelse 132, 1. sal	5 m	02-05-2022
Stadionvej **, st. th., stue	8 m	03-05-2022
Middelfartvej **, 3. sal tv., stue	8 m	04-05-2022
Vestre Stationsvej **, 1. sal, hjørneværelse	5 m	04-05-2022
Østre Stationsvej **, 1. sal th., stue	4 m	05-05-2022
Hans Jensens Stræde *, stue på 1. sal	8 m	06-05-2022
Nyborgvej **, 1. sal tv., værelse	8 m	05-05-2022
Ørbækvej **, 1. sal th., værelse	12,5 m	06-05-2022
Kærlandsvænget **, stue	43 m	10-05-2022
Østre Stationsvej **, 3. sal, værelse tv.	5 m	10-05-2022

3. Støjgrænseværdier

I henhold til Orientering fra Miljøstyrelsens nr. 9/1997 "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø", er de foreslæde grænser for lavfrekvent støj ($L_{pA,LF}$) og infralyd (L_{pG}) målt indendørs i beboelsesrum:

- Kl. 07-18: $L_{pA,LF} = 25$ dB
- Kl. 18-07: $L_{pA,LF} = 20$ dB
- Hele døgnet: $L_{pG} = 85$ dB

Værdierne gælder for det ækvivalente lydtrykniveau med et referencetidsrum på 10 min. Grænseværdierne er stillet som et krav til det A-vægtede lydtrykniveau i frekvensområdet 10 - 160 Hz, og det G-vægtede infralydniveau i frekvensområdet 5-20 Hz.

Som referenceperiode for vurdering af intermitterende/varierende støj foreskriver orienteringen en periode på 10 minutter. Denne referenceperiode er anvendt for støj fra letbanen.

Det foreskrives at infralyden (L_{pG}) skal måles i frekvensområdet 5 til 20 Hz. Det anvendte måleudstyr kan imidlertid ikke måle længere ned end til 6,3 Hz. Det ses af de udførte frekvensanalyser af togstøjen, at den indendørs støj kun har et begrænset indhold ved de laveste frekvenser, hvorfor det vurderes at være uden betydning at støjen ved 5 Hz ikke er medtaget i resultaterne for infralyden.

4. Metode

Støjmålingerne er udført i henhold til Miljøstyrelsens Orientering nr. 9/1997 "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i det eksterne miljø" samt tillæg til orienteringen fra marts 2010.

Målingerne er udført i et rum i hver af de udvalgte beboelser. Der er foretaget måling i 4 punkter med hver cirka 10 togpassager, i alt cirka 40 passager, for hver målelokation

Målingerne blev udført med integrerende lydtrykmåler med 1/3-oktav analysator. Værdien af det energiækvivalente lydtrykniveau er bestemt med analysator, og resultatet er overført til PC via softwaremodul BZ-5503.

De væsentligste kilder til baggrundsstøj er støj fra vejtrafik. Ved målingerne blev der foretaget optagelsen af lyden. Perioder med støj fra vejtrafik og togpassager blev markeret og optagelsen blev gennemlyttet med henblik på at isolere støj fra letbanen. Som en del af analysearbejdet blev niveauet af baggrundsstøj bestemt til at være så lav, at der ikke er behov for korrektion.

Ud fra målingerne blev "støjdosis" pr. togpassage bestemt. Disse doser vægtes med deres antal og varighed i forhold til den 10 minutters referenceperiode for at beregne den samlede støj i referenceperioden. Resultaterne angives som $L_{pA,LF}$ og L_{pG} i de enkelte boliger for 2, 3 og 4 togpassager inden for referenceperioden på 10 minutter.

4.1 Måle-/analyseudstyr

Der er anvendt måleudstyr som angivet i Tabel 2.

Tabel 2 Måleudstyr

Apparat	Type	Serie nr.	Kontroldato
Lydtrykmåler	Brüel & Kjær 2270	2623022	09.06.2020
Mikrofon	Brüel & Kjær 4189	2625288	04.06.2020
Kalibrator	Brüel & Kjær 4230	1440808	13.01.2022

4.2 Meteorologiske forhold

Da måleafstanden er mindre end 15 meter, på nær én måling med 43 m afstand, vurderes de meteorologiske forhold at være uden væsentlig indflydelse på resultatet af målingerne.

4.3 Måleresultater

Resultater af støjmålingerne er angivet i Tabel 3 og Tabel 4. Nummereringen følger rækkefølgen af udførelsen af målingerne. Alle resultater er angivet i hele tal.

Resultaterne er vist for 2, 3 og 4 togpassager inden for en 10 minutters periode med følgende baggrund:

- 2 tog svarer til den normale drift i aften- og natperioden (15 minutters drift) mellem kl. 18-24 og kl. 05-07. Sammenholdes med grænseværdi 20 dB.
- 4 tog svarer til driftsforholdene (7,5 minutters drift) i dagperioden mellem kl. 07-18. Sammenholdes med grænseværdi 25 dB.
- 3 tog relaterer sig til de specielle driftsforhold der er kl. 06-07 og kl. 18-19, hvor der er en gradvis udvikling af antal tog på strækningen. Sammenholdes med grænseværdi 20 dB.

Tabel 3 Vægtede middelværdier af $L_{pA,LF}$ i dB for henholdsvis 2, 3 og 4 togpassager i en 10 minutters periode. Overskridelser af den foreslæde grænseværdi er markeret med rødt.

Nr.	Måleposition	$L_{pA,LF}$		
		2 togpassager	3 togpassager	4 togpassager
1	Hotel Odeon, værelse 132, 1 sal	21	23	24
2	Stadionvej **, st. th., stue	25	27	28
3	Middelfartvej **, 3. sal tv., stue	19	21	22
4	Vestre Stationsvej **, 1. sal, hjørneværelse	24	26	27
5	Østre Stationsvej **, 1. sal th., stue	21	22	24
6	Hans Jensens Stræde **, stue på 1. sal	19	21	22
7	Nyborgvej **, 1. sal tv., værelse	22	24	25
8	Ørbækvej **, 1. sal th., værelse	16	18	19
9	Kærlandsvænget **, stue	X*	X*	X*
10	Østre Stationsvej **, 3. sal, værelse tv.	19	21	22

* Note: Værdier angivet med X ved bolig nr. 9, Kærlandsvænget **, betyder at det ikke har været muligt at måle angivne parameter på grund af niveauer under detektionsgrænsen.

Tabel 4 Vægtede middelværdier af LpG i dB for henholdsvis 2, 3 og 4 togpassager i en 10 minutters periode.

Nr.	Måleposition	$L_{pA,LF}$		
		2 togpassager	3 togpassager	4 togpassager
1	Hotel Odeon, værelse 132, 1 sal	50	52	53
2	Stadionvej **, st. th., stue	55	57	58
3	Middelfartvej **, 3. sal tv., stue	57	59	60
4	Vestre Stationsvej **, 1. sal, hjørneværelse	55	57	58
5	Østre Stationsvej **, 1. sal th., stue	56	58	59
6	Hans Jensens Stræde **, stue på 1. sal	45	47	48
7	Nyborgvej **, 1. sal tv., værelse	57	59	60
8	Ørbækvej **, 1. sal th., værelse	52	54	55
9	Kærlandsvænget **, stue	56	56	56
10	Østre Stationsvej **, 3. sal, værelse tv.	53	55	56

* Note: Værdier angivet med X ved bolig nr. 9, Kærlandsvænget **, betyder at det ikke har været muligt at måle angivne parameter på grund af niveauer under detektionsgrænsen.

Som det fremgår af måleresultaterne er den foreslæde grænseværdi for lavfrekvent støj i aften – og natperioden mellem Kl. 18-07 på $L_{pA,LF} = 20$ dB overskredet i de fleste af de boliger, hvor der er foretaget målinger; særligt i tidsrummet med 3 togpassager inden for referenceperioden på 10 minutter.

For bolig nr. 2 og 4 ses det endvidere at den foreslæde grænseværdi for lavfrekvent støj i dagperioden mellem Kl. 07-18 på LpA,LF = 25 dB er overskredet.

Den foreslæde grænseværdi for infralyd på LpG = 85 dB, der gælder for hele døgnet, ses at være overholdt med stor margin i alle målepositionerne.

4.4 Ubestemthed

Miljøstyrelsens Orientering nr. 9/1997 beskriver, at grundlaget for at fastlægge ubestemtheden på måling af lavfrekvent støj og infralyd er relativt spinkelt, og anbefaler, at der ikke tages hensyn til ubestemtheden, når det skal vurderes om der er gener fra lavfrekvent støj.

Der er skønnet standardafvigelser i forbindelse med målingerne og en resulterende ubestemthed på bestemmelse af støjbelastningen som beskrevet nedenfor.

Tabel 5 Standardafvigelser

	Standardafvigelse
Standardafvigelse instrument σ_i (Type 1 lydtrykmåler)	0,5 dB
Standardafvigelse meteorologi σ_m (målinger udført i kort afstand)	~ 0 dB
Standardafvigelse støjkilde σ_k (beregnet standardafvigelse af måleværdierne for alle togpassager)	2,1 dB

$$\text{Resulterende fås: } \sigma = \sqrt{\sigma_i^2 + \sigma_m^2 + \sigma_k^2} = 2,2 \text{ dB}$$

$$\text{Ubestemthed: } \delta = 1,65 * 2,1 \text{ dB } \sim 3,6 \text{ dB}$$

5. Konklusion

COWI har for Odense Letbane foretaget støjmålinger i forbindelse med testkørsler af letbanen i perioden fra den 2. maj til den 10. maj 2022 med henblik på at sammenholde resultaterne med Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier angivet i Orientering nr. 9/1997 "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø".

Målingerne blev udført indendørs i 10 boliger udvalgt af Odense Letbane.

På grundlag af de udførte målinger er det lavfrekvente støjniveau (A-vægtede lydtrykniveau i frekvensområdet 10 - 160 Hz) $L_{pA,LF}$ og infralydniveauet L_{pG} bestemt for en 10-minutters periode, hvor der forekommer 2, 3 eller 4 togpassagerer.

For to af boligerne er den foreslæde grænseværdi for lavfrekvent støj i dagperioden mellem Kl. 07-18 på $L_{pA,LF} = 25$ dB overskredet, mens den overholdes for de resterende 8 målelokationer.

Den foreslæde grænseværdi for lavfrekvent støj i aften – og natperioden mellem Kl. 18-07 på $L_{pA,LF} = 20$ dB er overskredet i de fleste af de boliger, hvor der er foretaget målinger; særligt i tidsrummet med 3 togpassager inden for referenceperioden på 10 minutter.

Den foreslæde grænseværdi for infralyd på $L_{pG} = 85$ dB gældende for hele døgnet, ses at være overholdt med stor margin i alle målepositionerne.