

A/S ØRESUND

NY KASTRUP LUFTHAVN STATION. VURDERING AF VIBRATIONER I ANLÆGSFASEN

ADRESSE COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00
FAX +45 56 40 99 99
WWW cowi.dk

NOTAT

INDHOLD

1	Indledning	1
2	Lovgrundlag	2
2.1	Grænseværdier	2
3	Metode og afgrænsning	5
3.1	Bygningstyper	5
3.2	Anlægsaktiviteter	5
4	Påvirkninger i anlægsfasen	7
4.1	Bygningskadelige vibrationer	7
4.2	Vibrationskomfort	9
4.3	Kumulative virkninger med andre projekter	10
5	Sammenfatning	10
5.1	Afværgeforanstaltninger	10
5.2	Overvågning	11

1 Indledning

Anlægsarbejdet i forbindelse med etablering af Ny Kastrup Lufthavn Station kan forårsage vibrationer, som udbredes i det eksterne miljø. Der er derfor foretaget en kortlægning af vibrationsforholdene fra de mest vibrationsgenerende anlægsaktiviteter. Dette er vurderet at være de spunsarbejder, der skal udføres i forbindelse med etablering af nye perroner ved de eksisterende godsspor (spor 11 og 12).

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.				
A133217	NKLS-COW-DD-ENV-NOT-0003				
VERSION	UDGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UDARBEJDET	KONTROLLERET	GODKENDT
1.0	12.06.2023	Vurdering af vibrationer i anlægsfasen	SAMI	ALPD	SBGA

Ved kortlægning af vibrationer kan man undersøge for bygningskadelige vibrationer, vibrationskomfort og strukturlyd:

- 1 Bygningskadelige vibrationer medfører strukturelle skader på en bygning, såsom sætningsskader, og vurderes ud fra vibrationshastigheden mm/s ved bygningens fundament. Selvom grænseværdierne overholdes, udelukker det ikke, at der kan ske kosmetiske skader såsom revner i stuk, lofter, puds m.m. på den udsatte bygning, ligesom vibrationer kan fremskynde skader, som ville være sket på et senere tidspunkt.
- 2 Vibrationskomfort omhandler mærkbare vibrationsniveauer, der generer opholdskomforten for de mennesker, der opholder sig i bygningen. Vibrationskomfort måles og beregnes i enheden dB(KB), hvor KB angiver den anvendte vægtningskurve. Det bemærkes, at dette ikke kan sammenlignes med niveauet for støj, som angives i dB(A). Grænseværdien for komfort er lavere (mere striks) end for bygningskadelige vibrationer og vurderes kun at være relevant i frekvensintervallet 1-80 Hz.
- 3 Strukturlyd forårsages af vibrationer, der omsættes til lavfrekvente lydsvingninger i en bygning ved at vægge og gulve sættes i svingninger og dermed principielt virker som en højttaler. Strukturlyd angives i enheden dB(A). Lydenegien fra strukturlyd vurderes i frekvensområdet 10-160 Hz.

2 Lovgrundlag

2.1 Grænseværdier

2.1.1 Bygningskadelige vibrationer

Grænseværdien for bygningskadelige vibrationer er ikke reguleret ved lov, men vurderes ud fra vibrationshastigheden på fundamentet ift. standarden DIN 4150 – del 3 "Erschütterungen im Bauwesen. Einwirkungen auf bauliche Anlagen" som er dansk praksis og refereres til i Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997 "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø".

I Tabel 2-1 præsenteres de maksimale vibrationshastigheder ved bygningens fundament for lave frekvenser (< 10 Hz), som anvendes i den efterfølgende undersøgelse af bygningskadelige vibrationer. Betragtningen af grænseværdien for lave frekvenser (< 10 Hz) er en konservativ antagelse.

Tabel 2-1 *Maksimal vibrationshastiger V_{peak} [mm/s] for **bygningsskadelige vibrationer**.*

Anvendelse	V_{peak} (<10 Hz) [mm/s]
Konstruktioner som industribygninger og infrastrukturanlæg	20
Normale bygningskonstruktioner som almindeligt kontorbyggeri, lejlighedskomplekser og parcelhusbyggeri	5
Følsomme bygninger som bevaringsværdige bygninger, fredede bygninger og bindingsværkshuse	3

2.1.2 Vibrationskomfort og strukturlyd

Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997 "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø" fastsætter vejledende grænseværdier for acceptabel vibrationskomfort og strukturlyd.

Menneskets følegrænse over for helkropsvibrationer er ca. 71-72 dB(KB). Miljøstyrelsen anfører i ovennævnte dokument, at der foreligger væsentlige ulemper, hvis grænseværdierne overskrides, og der er grundlag for begrænsende foranstaltninger.

De vejledende grænseværdier for acceptable vibrationskomfort i Tabel 2-2 er knyttet til et indendørs vibrationsniveau på gulv, og er fastsat ud fra genevirkningen for mennesker. Grænseværdien gælder for den maksimale værdi for det KB-vægtede accelerationsniveau, L_{aw} , med tidsvægtning 'Slow' under anlægsaktiviteten. Grænseværdierne er generelle og knytter sig ikke specifikt til anlægsarbejde.

Tabel 2-2 *Vejledende grænseværdier for acceptabel **vibrationskomfort** jf. Orientering fra Miljøstyrelsen.*

Områdetype	Vægtet accelerationsniveau, L_{aw} (1-80 Hz) [dB(KB) re. 10^{-6} m/s^2]
Boliger i boligområde (hele døgnet) Boliger i blandet bolig/erhvervsområde kl. 18-07 Børneinstitutioner og lignende	75
Boliger i blandet bolig/erhvervsområde kl. 07-18 Kontorer Undervisningslokaler o.l.	80
Erhvervsbebyggelse	85

Den lavfrekvente strukturlyd vurderes ud fra Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier i henhold til Tabel 2-3. Disse værdier sikrer, at 97 % af befolkningen ikke vil føle sig generet af påvirkningen, jf. Orientering fra Miljøstyrelsen.

Tabel 2-3 Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier for acceptabelt **strukturlydsniveau**.

Anvendelse		A-vægtet lydtrykniveau (10-160 Hz) [dB(A) re. 20µPa]
Beboelsesrum, herunder børneinstitutioner og lignende	aften/nat (kl. 18 - 07)	20
	dag (kl. 07 - 18)	25
Kontor, undervisningslokaler og andre lignende støjfølsomme rum		30
Øvrige rum i virksomheder		35

2.1.3 Kommunale forskrifter og øvrige krav

Tårnby Kommune definerer i forskrift for "Støvende, støjende og vibrerende midlertidige aktiviteter for varelevering, bygge- og anlæg", dateret 29-08-2019 ingen grænseværdier for vibrationsbelastningen fra midlertidige anlægsaktiviteter. I stedet foreskrives, at særligt støjende, støvende eller vibrerende aktiviteter, herunder spunsning, betonedbrydning og sekantpæleboring, kun må udføres i hverdage inden for tidsrummet 7-17 (ekskl. weekender og helligdage). Spunsning må kun udføres på hverdage ml. 8 og 16. Udenfor disse tidsrum henvises til søgning af dispensation.

De tidsrum hvor særligt vibrerende anlægsarbejde er tilladt er opsummeret i Tabel 2-4.

Tabel 2-4 Tilladt tidsrum for vibrerende anlægsarbejde i Tårnby Kommune jf. kommunal forskrift.

	Tidsrum	Grænseværdi
Midlertidige anlægsaktiviteter	Hverdage mandag til fredag kl. 07.00 til 18.00 Spunsning dog kun kl. 08.00 til 16.00	Ingen grænse angivet

Det er desuden aftalt mellem ASØ og MS, at vibrationsniveauet i metroens teknikrum ikke må overstige 5 mm/s (kontrolleres ved opsætning af vibrationsmålere med alarm.)

I følgende vurdering anvendes Miljøstyrelsens grænseværdier for vibrationspåvirkninger samt ovenstående krav og de kommunale forskrifter.

3 Metode og afgrænsning

I følgende afsnit præsenteres hvorledes bygninger og konstruktioner omkring Ny Kastrup Lufthavn Station er klassificeret ift. gældende grænseværdier for hhv. bygningsskadelige vibrationer, vibrationskomfort og strukturlyd. Derefter præsenteres en kort beskrivelse af relevante anlægsaktiviteter, samt generelle antagelser og simplificeringer benyttet i vurderingen af vibrationsbelastningen på de omkringliggende bygninger og konstruktioner i anlægsfasen.

3.1 Bygningstyper

Hotelbygningerne Clarion Hotel samt Comfort Hotel klassificeres ift. **bygningsskadelige vibrationer** som "Normale bygningskonstruktioner" jf. Tabel 2-1. Samtlige resterende konstruktioner i umiddelbar nærhed, herunder Lufthavnen St. (Metro), klassificeres som "Infrastruktur anlæg" jf. Tabel 2-1.

Dog svarer grænseværdien på 5 mm/s for metroens teknikrum til at dette er klassificeret som "Normale bygningskonstruktioner".

Hotelbygningerne Clarion Hotel samt Comfort Hotel klassificeres ift. **vibrationskomfort** konservativt som "Boliger i blandet bolig/erhvervsområde" jf. Tabel 2-2. Parkeringsanlæg vurderes ikke for vibrationskomfort da disse ikke betragtes som konstruktioner, hvor mennesker opholder sig i længere perioder. Samtlige resterende konstruktioner og bygninger i nærheden klassificeres konservativt som "Kontorer" jf. Tabel 2-2.

Hotelbygningerne Clarion Hotel samt Comfort Hotel klassificeres ift. **strukturlyd** konservativt som "Beboelsesrum" jf. Tabel 2-3. Lufthavnen St. (Metro) og Lufthavnen St. (tog) samt parkeringsanlæggene P4, P5, P7, P10 og P12, vurderes ikke ift. strukturlyd, da disse ikke betragtes som konstruktioner, hvor mennesker opholder sig i længere perioder, og hvor strukturlyd anses som værende vigtig. Samtlige resterende bygninger i nærheden klassificeres konservativt som "Kontorer" jf. Tabel 2-3.

Det vurderes, at parcelhusene på Rich. Granholms Allé, Jeff Hammerlev Allé, Oberts Kochs Allé, T. H. Philipsensvej samt Crille Tønnsens Allé nord for motorvej E20 ikke vil blive påvirket af vibrationsbelastningen fra anlægsaktiviteterne. Dette skyldes en afstand på over 60 meter til nærmest anlægsaktivitet, se også Tabel 4-1.

3.2 Anlægsaktiviteter

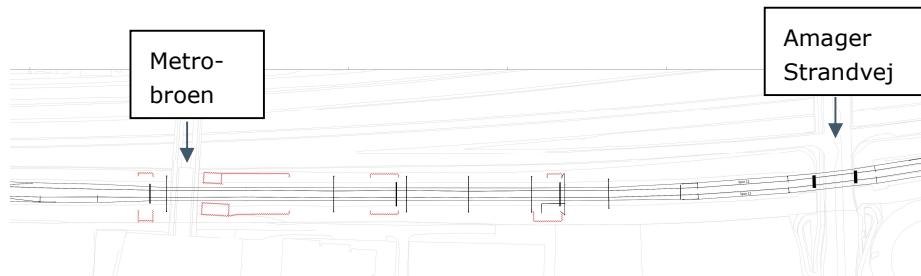
Vibrationsbelastningen fra anlægsarbejder er beregnet på grundlag af oplysninger om de forventede anlægsmetoder for Ny Kastrup Lufthavn Station og relaterede anlægsarbejder. De vibrationstunge anlægsaktiviteter, der vurderes i dette notat er:

- > Nedvibrering af spurs i forbindelse med etablering af nye perroner ved de eksisterende godsspor (spor 11 og 12), der ligger umiddelbart syd for Øresundsmotorvejen og vest for Amager Strandvej



Figur 3-1 Oversigt over projektet, inkl. de nye perroner ved spor 11-12 (markeret med blå).

Figur 3-2 viser placeringen af spunsen.



Figur 3-2 Spunsen ved perronerne vist med rød.

Disse anlægsarbejder kan potentielt give anledning til bygningskadelige vibrationer samt overskridelse af grænseværdier for acceptabel vibrationskomfort og strukturlyd i de omkringliggende bygninger.

Der foretages ikke vibrationsberegninger for udgravning, da det medfører en væsentlig mindre vibrationsbelastning.

Eventuel optrækning af spuns vurderes at have samme vibrationspåvirkning som nedbringning af spunsen. Generelt er ramning af spuns fravalgt i projektet grundet den større vibrations- og støjbelastning samt de overordnede jordbundsforhold, og nedvibrering af spunsen anvendes som en projektilpasset afværgeforanstaltning.

Strukturlyd i anlægsfasen behandles kun for aktiviteter, hvor det forventes, at den strukturbårne støj (strukturlyd) vil være større end den luftbårne støj. Dette vurderes, baseret på erfaring, ikke at være tilfældet her.

Vibrationsbelastningerne for nabobygninger er baseret på måleresultater fra tidligere tilsvarende arbejder. Resultaterne er angivet som minimumsafstande, hvor der inden for disse kan være risiko for bygningskadelige vibrationer og eller vibrationer, der kan påvirke komforten.

Vurdering af vibrationsudbredelse fra anlægsaktiviteter er forbundet med en vis usikkerhed, da modelleringen af parametre vedrørende undergrundens

beskaffenhed og bygningernes konstruktion har stor indflydelse på de endelige estimater. Hertil kommer det manglende kendskab omkring det eksakte anvendte entreprenørmaskiner, samt udefinerede menneskelige effekter såsom håndteringen af dette maskinel.

4 Påvirkninger i anlægsfasen

I det følgende vurderes vibrationspåvirkningen fra spunsnedbringningen på omgivelserne. Det gøres ved at se på de minimumsafstande fra arbejdet, hvor grænseværdierne for henholdsvis bygningsskadelige vibrationer og acceptable vibrationskomfort netop forventes overholdt.

Minimumsafstande for bygningsskadelige vibrationer og acceptabel vibrationskomfort er anført i Tabel 4-1. De er beregnet ud fra kildestyrken for nedvibrering af spuns og bygningstypernes antagne dynamiske egenskaber. *Erhvervsbebyggelse* inkluderes til sammenligning.

Tabel 4-1 Estimerede minimumsafstande til nærtliggende bygninger fra nedvibrering af spuns for relevante områdetyper

Vibrationsniveau	Områdetyper	Min. afstand ved nedvibrering af spuns [m]
Bygningsskadelige vibrationer	Industribygninger og infrastrukturanlæg	5
	Normale etageejendomme	7
Acceptabel vibrationskomfort	Blandet bolig- og erhvervsbyggeri (kl. 07-18)	33
	Erhvervsbebyggelse	21

I de følgende afsnit gives en oversigt over konstruktioner og bygninger, som ligger inden for de kritiske afstande i Tabel 4-1.

Generelle afværgeforanstaltninger er beskrevet i efterfølgende afsnit.

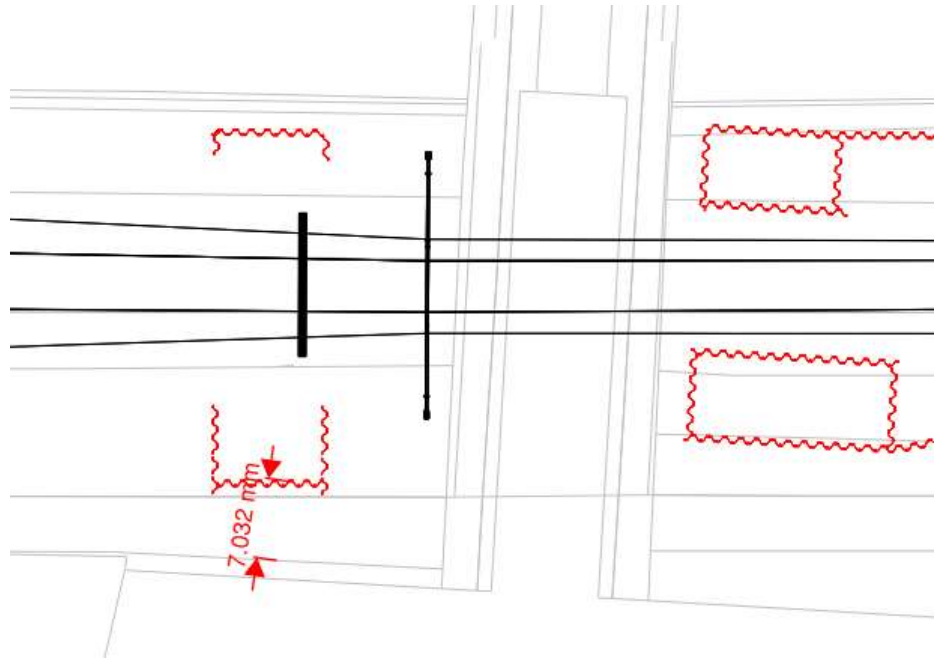
4.1 Bygningsskadelige vibrationer

Baseret på minimumsafstandene i Tabel 4-1 vurderes de to hoteller ikke at være i risiko for bygningsskadelige vibrationer fra nedvibrering af spunsen på de angivne steder, se også Figur 4-1.



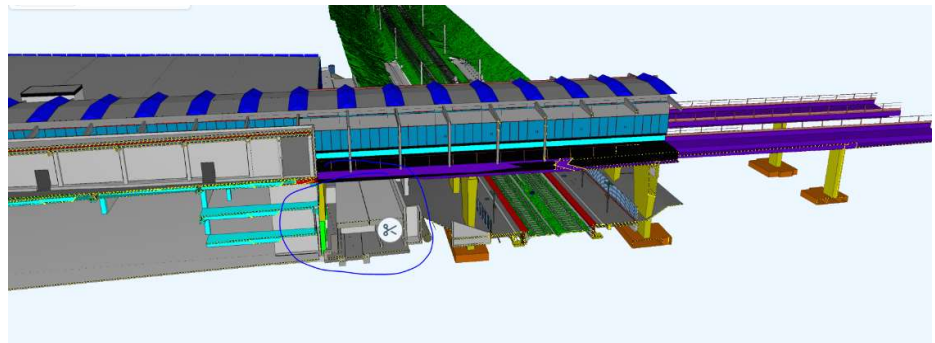
Figur 4-1 Estimeret minimumsafstand fra hotellerne til mulig spunsning. *=estimeret.

Det samme ser ud til at gælde for transferbygningen, og den spuns, der skal etableres i nærheden af metrostationen/metrobroen, Figur 4-2. Dette bør kontrolleres under arbejdet, se også afsnit 5.2.



Figur 4-2 Spuns (med rødt) vest og øst for metrostationen, afstand til transferbygningen angivet.

Metroens teknikrum ligger under hotelvej under Metrobroen som vist i 3D modellen i Figur 4-3. Afstanden til nærmeste spuns vurderes at ligge i omkring kritisk afstand. Det samme gælder metrobroen.



Figur 4-3 Metroens teknikrum, markeret med blå markering (fra 3D model).

4.2 Vibrationskomfort

Baseret på minimumsafstandene i Tabel 4-1 er potentielt kritiske områder identificeret ift. vibrationskomfort, og vist i Figur 4-4.



Figur 4-4 Oversigt over konstruktioner, hvor der i **anlægsfasen** kan forekomme overskridelser af de vejledende grænseværdier for acceptabel **vibrationskomfort** jf. Orientering fra Miljøstyrelsen. Gul markering indikerer konstruktioner, der ligger inden for kritisk afstand til spunsningen.

4.3 Kumulative virkninger med andre projekter

Det kan ikke udelukkes, at der vil være påvirkninger fra andre anlægsprojekter under anlægsfasen. Det gælder især vibrationer, der kan opstå, mens der etableres spuns for andre projekter. Der vil dog ikke være konstant vibrationspåvirkning, idet anlægsarbejder af andre projekter typisk vil være begrænset til nogle måneder. Der forventes ikke en kumulativ effekt på selve vibrationsniveauet fra projektets anlægsaktiviteter.

5 Sammenfatning

Bygningskadelige vibrationer vurderes at kunne udgøre et problem kun for metrobroen og teknikrummet under broen.

Komfortvibrationer vurderes at overskride grænseværdierne for Clarion Hotel, Comfort Hotel og metrostationen.

5.1 Afværgeforanstaltninger

I tilfælde af at grænseværdierne overskrides, og der er tale om en væsentlig påvirkning, kan afværgetiltag komme på tale. Valg af støj- og vibrationsdæmpende foranstaltninger skal koordineres, så der opnås en optimal løsning med hensyn til begrænsningen af både støj og vibrationer.

Beregningerne i dette notat er baseret på en empirisk model, som baserer sig på målinger foretaget under forskellige typer af anlægsarbejde. Der er derfor en statistisk usikkerhed forbundet med beregningerne. Parametre, som kan have indflydelse på vibrationsniveauet, kan bl.a. være geotekniske forhold, benyttede anlægsmetoder og benyttede maskiner samt håndteringen af disse.

Det anbefales derfor, at der udføres test af anlægsaktiviteter på udvalgte nøglepunkter, hvor anlægsarbejdet kan vise sig at være kritisk. Vibrationsmålinger af test skal foretages i samme afstand til vibrationskilden som den påvirkede bygning/konstruktion. Herved vil det kunne vurderes, om de estimerede vibrationsniveauer afviger fra de faktiske målte. Dette er særligt relevant for bygningsskadelige vibrationer.

Hvis vibrationsmålingerne viser sig kritiske sammenlignet med de estimerede niveauer, skal der i samråd med entreprenøren findes en mere skånsom måde at udføre anlægsarbejdet på. Det bemærkes i denne sammenhæng, at høje vibrationsniveauer oftest forekommer, når anlægsudstyret (bor, spuns, etc.) støder på uforudsete forhindringer, som oftest kan fjernes ved brug af dertil egnede metoder.

En væsentlig metode til at imødegå problemer med komfortvibrationsgener er at informere naboer/brugere, før aktiviteten påbegyndes. Disse vil derfor blive informeret om forventet start- og sluttidspunkter for støjende og vibrationsskabende arbejder samt genernes art og karakter.

5.2 Overvågning

Det anbefales, at de konstruktioner, hvor der forventes overskridelser af grænseværdierne for bygningsskadelige vibrationer overvåges (Metrobroens østlige piller og teknikrummet, for sidstnævnte er allerede angiveligt aftalt overvågning), så arbejdet kan standses, hvis grænseværdierne for bygningsskadelige vibrationer overskrides.

Efterfølgende skal årsagen til overskridelsen af grænseværdien identificeres, og der skal i samråd med entreprenøren findes en mere skånsom metode til fortsættelse af anlægsarbejdet.