



Støj og vibrationer

Fagnotat vedrørende Aarhus H

Elektrificering og opgradering Aarhus H.-Lindholm

banedanmark



Godkendt dato

12.09.2016

Godkendt af

Charlotte Møller

Senest revideret dato

12.09.2016

Senest revideret af

Kenneth Grenaa Lillelund

banedanmark Støj og vibrationer**Banedanmark**Anlægsudvikling
Amerika Plads 15
2100 København Ø
www.bane.dk

Støj og vibrationer

| | Indhold | Side |
|----------|--|-------------|
| 1 | Indledning | 5 |
| 2 | Ikke-teknisk resumé | 6 |
| 2.1 | Støj og vibrationer i anlægsfasen | 6 |
| 2.1.1 | Støj | 7 |
| 2.1.2 | Vibrationer | 8 |
| 2.1.3 | Afværgeforanstaltninger | 8 |
| 3 | Lovgrundlag | 10 |
| 4 | Baggrund og metode | 11 |
| 4.1 | Baggrundsinformation om projektet | 11 |
| 4.1.1 | Ny vandrehal og Bruuns Bro | 12 |
| 4.1.2 | Sporsænkning | 13 |
| 4.1.3 | Kørestråmsanlæg | 13 |
| 4.2 | Fakta om støj | 14 |
| 4.3 | Støj og vibrationer i driftsfasen | 15 |
| 4.4 | Grænseværdier for støj og vibrationer i anlægsfasen | 16 |
| 4.4.1 | Grænseværdier for støj | 16 |
| 4.4.2 | Grænseværdier for vibrationer | 17 |
| 4.5 | Støj og vibrationer i anlægsfasen. | 18 |
| 4.5.1 | Grundlag for vurdering af støj i anlægsfasen | 19 |
| 4.5.2 | Grundlag for vurdering af vibrationer i anlægsfasen | 20 |
| 4.5.3 | Væsentlige anlægsaktiviteter i forhold til støj og vibrationer | 21 |
| 4.6 | Datagrundlag | 23 |
| 5 | 0-alternativet | 25 |
| 6 | Eksisterende forhold | 26 |
| 7 | Konsekvenser og afværgeforanstaltninger i anlægsfasen – midlertidige påvirkninger | 27 |
| 7.1 | Støj i anlægsfasen | 27 |
| 7.1.1 | Støj fra de væsentligste anlægsaktiviteter | 27 |
| 7.1.2 | Antal støjbelastede boliger | 28 |
| 7.2 | Vibrationer i anlægsfasen | 29 |
| 7.2.1 | Antal vibrationsbelastede boliger | 30 |
| 7.3 | Afværgeforanstaltninger i anlægsfasen | 31 |
| 7.3.1 | Støj | 31 |
| 7.3.2 | Vibrationer | 32 |
| 7.4 | Konsekvensvurderinger for anlægsfasen | 32 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 7.4.1 | Støj | 32 |
| 7.4.2 | Vibrationer | 33 |
| 8 | Kumulative effekter | 35 |
| 9 | Oversigt over eventuelle mangler ved undersøgelserne | 36 |
| 10 | Referencer | 37 |
| 11 | Akustiske begreber | 38 |
| 12 | Bilag 1 Tegninger | 39 |

1 Indledning

Elektrificering og opgradering Aarhus Hovedbanegård, Aarhus H, gennemføres som et led i elektrificering og opgradering Fredericia - Lindholm, der i dag er betjent af dieseltog.

Aarhus H skal elektrificeres, så det bliver muligt at køre med eldrevne tog til og fra banegården, hvilket bl.a. betyder at der skal skabes den fornødne plads til køreledningerne under vandrehallen og Bruuns Bro. Den fornødne plads kan enten skabes ved at sænke spor og perroner eller ved at vandrehallen og Bruuns Bro nedrives og erstattes af nye.

Foruden elektrificeringen skal stationen også opgraderes. Fremtidens togtrafik vil medføre en større belastning af banegården, med flere og længere tog end i dag. Projektet undersøger derfor muligheden for en opgradering, hvor perronerne bliver forlænget og der etableres nye sporforbindelser. Desuden undersøges muligheden for at etablere et nyt spor 8 inkl. perron.

Fagnotatet beskriver påvirkningerne på miljøet ift. støj og vibrationer i anlægsfasen, når elektrificering og kapacitetsudvidelse for Aarhus H gennemføres.

Støj og vibrationer i driftsfasen behandles i fagnotatet vedr. støj og vibrationer i projektet: *Hastighedsopgradering Aarhus - Hobro /11/*.

Fagnotatet undersøger to mulige løsninger i forbindelse med elektrificering og opgradering af banegården: *Sporsækning* og *Ny vandrehal og Bruuns Bro*. Disse løsninger sammenholdes med 0-alternativet, som beskriver situationen i 2030, hvis projektet ikke gennemføres.

Fagnotatet vil sammen med en række andre fagnotater indgå som baggrundsmateriale til en samlet VVM-redegørelse for elektrificering og opgradering af strækningen Aarhus - Lindholm. VVM-redegørelsen har til formål at skabe et overblik over projekternes konsekvenser for miljøet. Derudover beskrives de afværgeforanstaltninger, der skal iværksættes i forbindelse med elektrificering og kapacitetsudvidelse af Aarhus H.

2 Ikke-teknisk resumé

I dette fagnotat er forhold vedrørende støj og vibrationer vurderet ud fra eksisterende informationer og rapporter, samt beregninger af støjudbredelsen fra de mest støjende og vibrationsgivende aktiviteter i anlægsfasen. I fagnotatet gennemgås de miljømæssige aspekter og konsekvenser i forbindelse med *Elektrificering og opgradering Aarhus H*.

Anlægsfasen omfatter aktiviteter til opsætning af kørestrømsanlægget og til ombygninger ved Aarhus H for at skabe tilstrækkeligt frirum under broerne og hovedbanegårdens vandrehal. Nogle af disse aktiviteter har en væsentlig virkning på støj og vibrationer i det omkringliggende miljø, hvor der er risiko for gener, hvis aktiviteterne foregår tæt på boliger.

Støj og vibrationer i driftsfasen behandles i fagnotat for Støj og vibrationer for: Hastighedsopgradering Aarhus-Hobro /11/.

2.1 Støj og vibrationer i anlægsfasen

Støj og vibrationer i anlægsfasen er vurderet på baggrund af erfaringsværdier fra anlægsarbejder generelt og med fokus på de væsentligste anlægsaktiviteter vedrørende *Elektrificering og opgradering Aarhus H*.

Ved selve hovedbanegården skal der skabes større frirum under Bruuns Bro (M. P. Bruunsgade) og hovedbanegårdens vandrehal for at give plads til kørestrømsanlægget. Der er undersøgt to mulige løsninger: *Sporsækningen* og *Ny vandrehal og Bruuns Bro*

Desuden skal der opsættes køreledninger, og hovedbanegårdens kapacitet opgraderes med et nyt spor 8 og forlængelse af perronerne.

2.1.1 Støj

Elektrificeringen og opgraderingen af Aarhus H vil medføre følgende anlægsaktiviteter, som har en væsentlig støjpåvirkning: Nedrivning af broer, jordarbejder, konstruktion af broer, sporopbygning og rammearbejder.

På baggrund af de gennemførte beregninger vurderes det, at anlægsarbejderne ved selve hovedbanegården kan medføre en væsentlig støjpåvirkning, med risiko for at overskride den vejledende grænseværdi for dagperioden på 70 dB ved op til ca. otte boliger. Det vurderes, at den mest støjende aktivitet vil være nedrivningsarbejder i forbindelse med løsningen *Ny vandrehal og Bruuns Bro*, som dog vil være en relativt kortvarig periode af den samlede anlægsperiode. I forbindelse med *Sporsænkningen* skal der nedbringes spuns omkring søjlerne til Bruuns bro, men da spunsen skal presses ned for at undgå vibrationer i konstruktionen, forventes samme støj som for de øvrige jordarbejder. Hvis anlægsarbejderne af andre hensyn henlægges til aften- og nattetimer vil den her gældende vejledende grænseværdi på 40 dB være i risiko for at blive overskredet ved op mod 13.700 boliger i forbindelse med nedrivningen af Bruuns bro, og op mod 7.600 boliger i forbindelse med jordarbejder og sporarbejder til *Sporsænkning*.

Det vurderes, at løsningen *Ny vandrehal og Bruuns Bro* vil kunne berøre lidt flere boliger over de vejledende grænseværdier end *Sporsænkningen* på grund af støjuddannelsen fra nedrivningsarbejderne.

Ved etableringen af fundamenter til kørestrømsmaster er der risiko for at op mod ca. 165 boliger, som ligger nærmest jernbanen, kan blive berørt af støjniveauer over støjgrænsen på 70 dB for dagperioden, og op mod 19.800 boliger kan blive berørt af støjniveauer over støjgrænsen på 40 dB for aften og natperioden. Hvis arbejdet udføres i dagperioden vil den enkelte bolig dog kun blive berørt af grænseoverskridende støj (70 dB) i kortere perioder på få timers varighed pr. spor, fordi arbejdet hurtigt gennemføres (1/2-1 time pr. pæl) og rykker videre til næste sted. Hvis rammearbejdet derimod udføres uden for normal arbejdstid vil de fleste boliger blive berørt af grænseoverskridende støj (40 dB) i hele rammeperioden, fordi grænseværdiafstanden er meget større.

Med en forudsætning om 120 pæle i alt forventes etableringen af mastefundamenterne at vare ca. 2 uger, hvis arbejdet gennemføres inden for normal arbejdstid kl. 07-18, og ca. 1 uge hvis det gennemføres i døgndrift.

Det skal bemærkes, at de udførte beregninger og boligoptællinger er baseret på worst-case, og at der samtidig er en væsentlig usikkerhed på de anvendte beregningsforudsætninger. Det optalte antal boliger inden for konsekvensområdet vil derfor ikke nødvendigvis blive berørt af støj over grænseværdierne, og slet ikke i hele byggeperioden. I realiteten vil det kun være en mindre del af de opgjorte boliger, som berøres af en given aktivitet, og påvirkningen vil ændre sig i forhold til aktiviteterens intensitet, og efterhånden som de flyttes rundt på arbejdsområdet.

2.1.2 Vibrationer

Vibrationer i anlægsfasen er vurderet på grundlag af erfaringer og målinger på lignende anlægsaktiviteter og projekter, samt en opgørelse af boliger, som kan blive påvirket af vibrationer over miljømålsætningen.

De væsentligste aktiviteter i forhold til vibrationer er ramning af fundamenter til kørestrømsmaster og jord- og sporarbejder ved hovedbanegården i forbindelse med sænkingsløsningen.

Ved ramningen af mastefundamenter til køreledningsanlægget kan op til ca. 630 boliger blive berørt af mærkbare vibrationer. Det skal dog bemærkes, at vibrationspåvirkningerne vil være meget kortvarige (få timer) for den enkelte ejendom på grund af aktivitetens hurtige fremrykning.

Aktiviteterne til *Sporsænkningen* skal foregå på et forholdsvis stort område mellem M. P. Bruunsgade og Frederiks Alle, og det vurderes, at op til ca. 160 boliger kan blive berørt af mærkbare vibrationer. Løsningen *Ny vandrehal og Bruuns Bro* kan medføre mærkbare vibrationer ved ca. 80 boliger.

Der forventes ikke risiko for bygningskadelige vibrationer. Der er dog ni fredede og bevaringsværdige boliger i forholdsvis kort afstand fra anlægsarbejderne. Disse bygninger kan være særligt vibrationsfølsomme, og det skal undersøges nærmere, når de præcise rammepositioner og afstande til bygningerne kendes.

2.1.3 Afværgeforanstaltninger

For at begrænse genevirkningen af støj og vibrationer tilstræbes anlægsarbejderne i videst muligt omfang gennemført i dagtimerne i de områder, hvor anlægsarbejdet ligger tæt på boliger.

På særligt kritiske steder, hvor der er risiko for at anlægsarbejderne overskrider de vejledende støjgrænser i væsentligt omfang, vurderes det, om anlægsarbejderne kan tilrettelægges på anden vis, f.eks. ved brug af færre maskiner samtidig eller ved anvendelse af mindre støjende processer. Ved længerevarende arbejder kan afskærmende foranstaltninger også tages i anvendelse. En reduktion på ca. 5 dB kan i visse tilfælde opnås, men dog langt fra i alle, da der vil være begrænsede muligheder for at anvende alternative støjsvage løsninger.

I stedet for ramning af fundamenter til kørestrømsmaster kan alternative metoder overvejes f.eks. vibrering eller forboring, som vurderes at kunne reducere påvirkningerne - typisk en støjreduktion på op til 10 dB. I forhold til vibrationer kan der på kritiske steder, hvor der vurderes at være risiko for bygningskader, anvendes f.eks. nedpresning af pæle.

Hvis anlægsarbejdet forventes at overskride støjgrænserne på 70dB i dagtimerne og 40dB i aftentimerne bliver man som nabo varslet. Hermed vil

naboerne i et vist omfang have mulighed for at tage sine forholdsregler ved forvarslede arbejdsnætter.

3 Lovgrundlag

Miljøbeskyttelsesloven /2/

Støj og vibrationer fra bygge- og anlægsarbejder reguleres efter Miljøbeskyttelsesloven, hvorefter Miljøministeren kan fastsætte regler om anmeldelse af midlertidig placering og anvendelse af anlæg, transportmidler, mobile anlæg, maskiner og redskaber, der kan medføre forurening, herunder om vilkår for disse placeringer og anvendelse.

Bekendtgørelse om miljøregulering af visse aktiviteter /3/

Jævnfør bekendtgørelsen skal visse støjfrembringende bygge- og anlægsarbejder anmeldes til kommunen inden 14 dage før igangsætning af aktiviteten. Kommunalbestyrelsen kan fastsætte vilkår eller nedlægge forbud mod aktiviteten såfremt den giver anledning til væsentlig forurening.

Vibrationer i eksternt miljø /4/

Miljøstyrelsen har fastsat vejledende grænseværdier for vibrationer i det eksterne miljø. De fremgår af Miljøstyrelsens orientering nr. 9/1997, *"Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø"*. Grænseværdierne er helt generelle og knytter sig ikke specielt til jernbaner eller anlægsarbejder. Den vejledende grænseværdi for mærkbare vibrationer benyttes for vibrationer i anlægsfasen.

Bygningskadelige vibrationer ifm. anlægsfasen er ikke reguleret via Miljøbeskyttelsesloven eller Miljøstyrelsens vejledninger. Miljøstyrelsen henviser til, at vurderinger kan ske i forhold til den tyske norm DIN 4150-3, /10/.

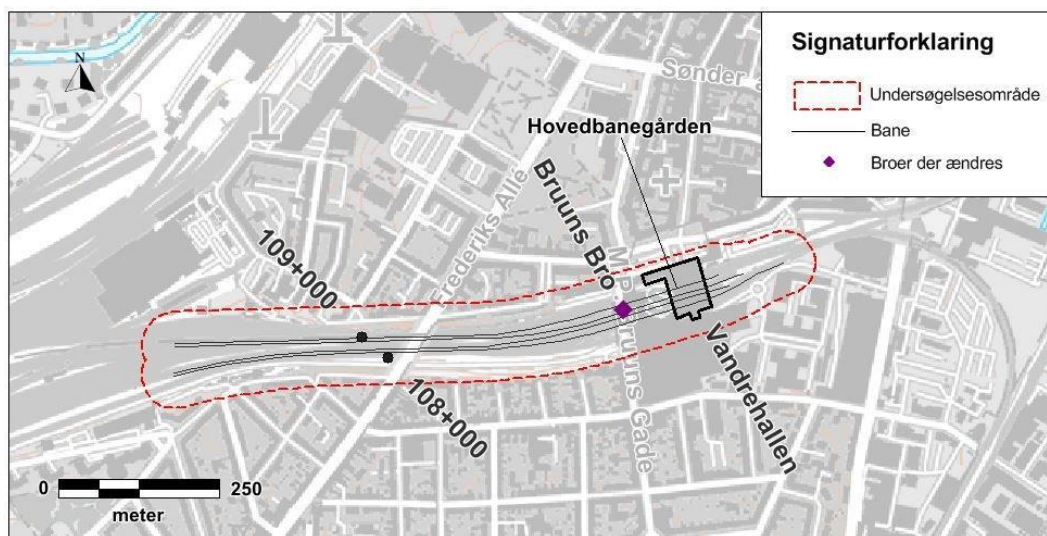
Kommunale forskrifter for anlægsarbejder

Nogle kommuner har udarbejdet en forskrift for håndtering af forskellige miljøforhold ved bygge- og anlægsarbejder, herunder fastsat regler og grænseværdier for støj og vibrationer. Aarhus Kommune har ikke en sådan forskrift, men tager stilling til det konkrete anlægsarbejde, når det anmeldes. Kommunen kan regulere aktiviteterne efter Miljøbeskyttelsesloven § 42.

4 Baggrund og metode

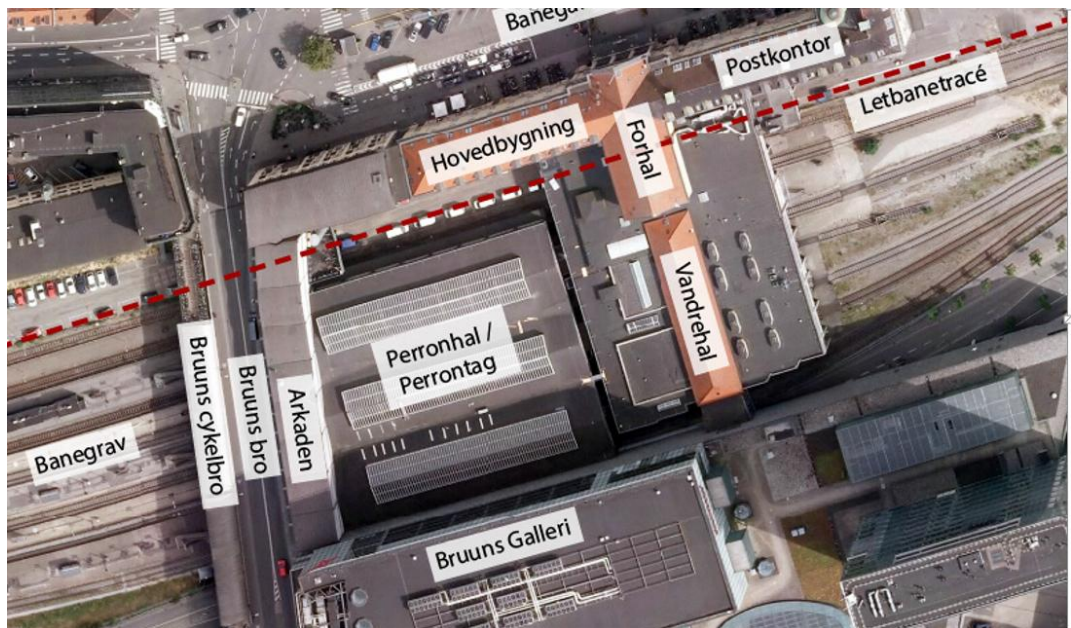
4.1 Baggrundsinformation om projektet

Projektområdet omfatter jernbanestrækningen vest for Frederiks Allé til området øst for Aarhus Hovedbanegård. Som udgangspunkt strækker undersøgelsesområdet sig 50 m på alle sider af det eksisterende stationsområde og sporareal (se Figur 1).



Figur 1: Undersøgelsesområdets afgrænsning

Aarhus H skal elektrificeres, så der kan køres med moderne og hurtigere tog til og fra stationen. I den forbindelse skal den nødvendige frihøjde over sporene være til stede. Dette gøres f.eks. ved at erstatte eksisterende broer og vandrehallen med nye elementer eller ved at sænke sporene. Kapaciteten på Aarhus H skal desuden sættes op, hvilket gøres ved at forlænge perronerne og ændre på sporlayoutet vest for Aarhus H.

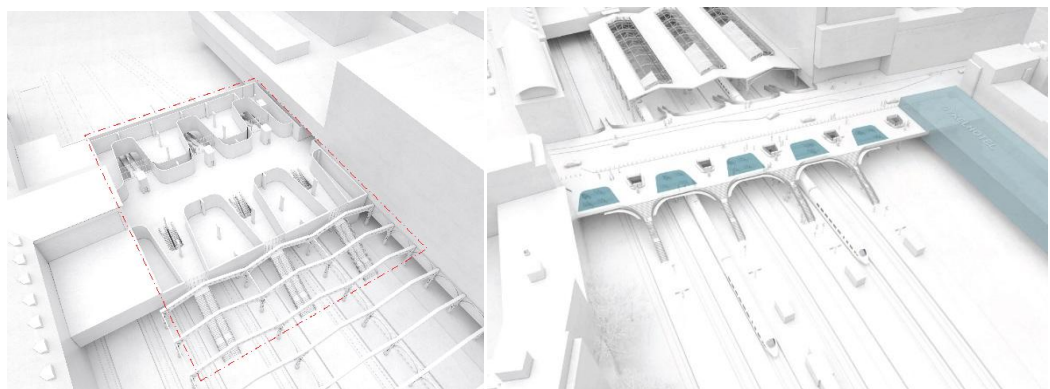


Figur 2: Oversigt over Aarhus H

I forbindelse med *Elektrificering og opgradering Aarhus H* undersøges der to løsninger for elektrificering og opgradering af stationen. En kort beskrivelse af løsningerne fremgår nedenfor. For en mere detaljeret gennemgang henvises til fagnotatet *Anlægsbeskrivelse Aarhus H /12/*.

4.1.1 Ny vandrehal og Bruuns Bro

Vandrehallen og Bruuns Bro (inkl. cykelbro og Bruuns Arkade) nedrives og erstattes af en ny vandrehal og nye broer (se Figur 2 og Figur 3). Arkaden genopføres ikke. Vandrehallen vil maksimalt have den samme størrelse som dagens vandrehal. Idet Bruuns Arkade ikke genopføres vil den nye bro være mindre end den eksisterende. Til gengæld etableres der en bredere cykelbro.



Figur 3: Skitse af Ny vandrehal tv. og Bruuns Bro th. For Bruuns Bro ses perronadgang mod nord. Cykelparkering er markeret med blå

For at gøre det muligt at Aarhus i fremtiden kan betjenes af længere tog end det er tilfældet i dag, forlænges flere af perronsporene fra deres nuværende længde på ca. 260 m til 320 m, i retning mod øst, under den nye vandrehal og på østsiden af denne. Dertil kommer en række afledte arbejder, såsom

ombygning af det sikringstekniske anlæg og nødvendige ændringer af de eksisterende perroner.

Endvidere kan der etableres der et nyt spor 8, med tilhørende perron, umiddelbart op til Værkmestergade. Perronen etableres som en sideliggende perron med adgang via trappe og elevator fra Bruuns cykelbro. For at sikre en hindringsfri rute fra stationen til perron ved spor 8, etableres der ligeledes en elevator til en af de eksisterende perroner på Aarhus H. Det nye spor 8 inkl. perron er et tilvalg til denne løsning.

4.1.2 Sporsænkning

Med løsningen *Sporsænkning* etableres den nødvendige frihøjde til elektrificeringen af banegården ved at sænke sporene og perronerne under vandrehallen og Bruuns bro. Sporene omkring Aarhus H skal sænkes over en strækning på maksimalt 520 m, hvilket i praksis vil sige fra et sted lige øst for Frederiks Alle broen til ca. 100 m øst for vandrehallen. Sporene sænkes op til 50 cm under Bruuns Bro og mere end 50 cm under vandrehallen.

Som følge af de sænkede perroner skal adgangsvejene justeres, så de passer til de nye perronhøjder. Trapper og rulletrapper fra vandrehallen til de tre perroner forlænges. Trapperne fra Bruuns cykelbro forlænges ligeledes.

Samtidig forlænges perronerne mod vest og gøres bredere for at møde gældende krav til perroner. Forlængelsen af perronerne medfører, at sporskiftezone umiddelbart vest for perronerne skal ombygges. Dertil kommer en række afledte arbejder, såsom ombygning af det sikringstekniske anlæg.

Lige som ved løsningen *Ny vandrehal og Bruuns Bro* kan der etableres et nyt spor 8, med tilhørende perron, umiddelbart op til Værkmestergade. Perronen etableres som en sideliggende perron med adgang via trappe og elevator fra Bruuns cykelbro. For at sikre en hindringsfri rute fra stationen til perron ved spor 8 etableres der ligeledes en elevator til en af de eksisterende perroner på Aarhus H. Det nye spor 8 inkl. perron er et tilvalg til denne løsning.

4.1.3 Kørestrømsanlæg

På stationsområdet vest for Bruuns Bro etableres master og rammer til ophæng af køreledningsanlægget. Master og rammeben placeres enten på perronerne eller mellem sporene. Under Bruuns Bro og vandrehallen hænges køretråden op i et broophæng, som monteres på undersiden af henholdsvis bro og bygning. I perronhallen mellem Bruuns Bro og vandrehallen etableres enten master eller tværfelter til at bære køretrådsophænget.

På Bruuns Bro skal der etableres afskærmning mod kørestrømsanlægget i form af skærmtage, der integreres i broløsningen eller påmonteres den eksisterende bro.

4.2 Fakta om støj

Støj kan generelt defineres som uønsket lyd og støj måles i enheden decibel, forkortet dB(A). I forbindelse med støj fra anlægsarbejder anvendes betegnelsen dB(A), hvor 'A' betyder, at man har taget hensyn til det menneskelige øres opfattelse af lyd.

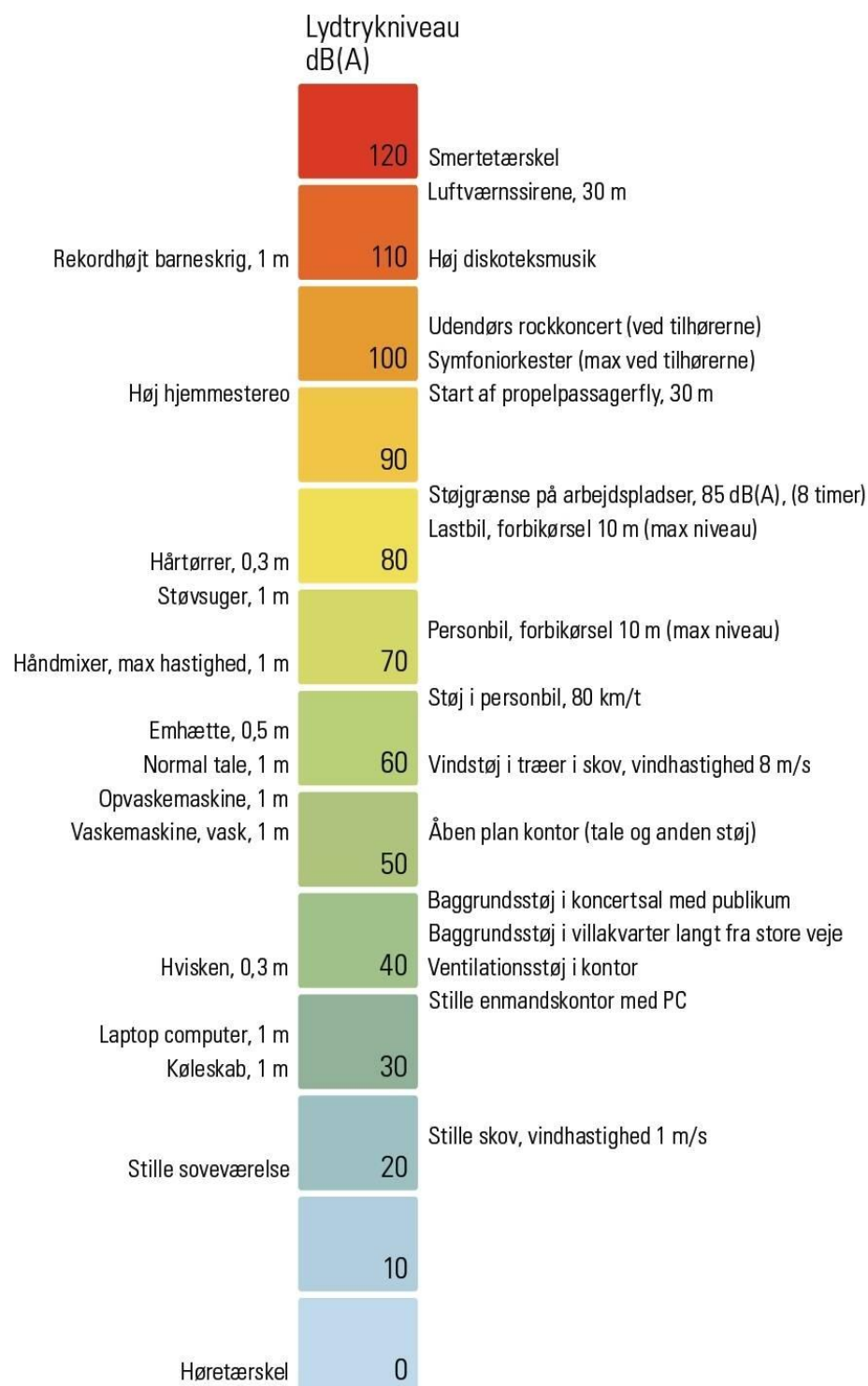
Decibelbegrebet er et logaritmisk begreb. Det indebærer bl.a., at hvis man lægger støjen sammen fra to lige store støjklender, vil det give et øget støjniveau på 3 dB. Det betyder f.eks., at en fordobling af trafikmængden giver en 3 dB forøgelse af støjniveauet.

Dette betyder dog ikke, at der også sker en fordobling af det oplevede støjniveau. Når det gælder oplevelsen af ændrede støjniveauer kan følgende tommelfingerregler anvendes:

- 1 dB er den mindste ændring, et menneske er i stand til at opfatte
- 3 dB opleves som en lille ændring
- 6 dB opleves som en væsentlig ændring
- 10 dB opleves som en stor ændring og opfattes som en fordobling/halvering af støjen

Der er stor forskel på, hvordan mennesker oplever vejtrafikstøj. Graden af gene afhænger især af støjens karakter (intensitet, frekvensfordeling, fordeling over døgnet etc.), men også sociale og psykologiske faktorer spiller ind.

For at give en ide om hvad forskellige støjniveauer svarer til, er der herefter gengivet et "støjbarometer", som angiver støjniveauet fra forskellige kilder i forskellig afstand.



Figur 4: Støjbarometer /10/

4.3 Støj og vibrationer i driftsfasen

Støj og vibrationer i driftsfasen behandles i fagnotat for Støj og vibrationer for Elektrificering og opgradering Aarhus-Hobro /11/, og der er derfor ikke redegjort for virkninger i form af antal støjbelastede boliger og støjbelastningstal i driftsfasen.

4.4 Grænseværdier for støj og vibrationer i anlægsfasen

Støj og vibrationer fra bygge- og anlægsarbejder reguleres efter Miljøbeskyttelsesloven, hvorefter Miljøministeren kan fastsætte regler om anmeldelse af midlertidig placering og anvendelse af anlæg, transportmidler, mobile anlæg, maskiner og redskaber, der kan medføre forurening, herunder om vilkår for disse placeringer og anvendelse/2/.

Jf. Bekendtgørelse nr. 639, 2012 om miljøregulering af visse aktiviteter skal visse støjfrembringende bygge- og anlægsarbejder anmeldes til kommunen mindst 14 dage inden igangsætning /3/.

Aktiviteterne er bl.a.:

- bygningsnedrivning og andre støjende nedrivningsaktiviteter
- støjfrembringende bygningsfacadebehandling eller lignende udendørs aktiviteter
- støjfremkaldende bygge- og anlægsarbejder i øvrigt, f.eks. nedknusning af beton

Kommunen kan ved væsentlige gener give påbud om afhjælpning af gener og – om nødvendigt – nedlægge forbud mod arbejdet.

Aarhus Kommune har ikke udarbejdet forskrift for støj i forbindelse med bygge- og anlægsarbejder, men tager stilling til det konkrete anlægsarbejde, når det anmeldes.

4.4.1 Grænseværdier for støj

Støj fra anlægsarbejdet vurderes i denne sammenhæng med udgangspunkt i Banedanmarks GAB-Miljø /5/, hvori der er fastsat støjgrænser for det ækvivalente korrigerede, A-vægtede støjniveau, L_r , ved nærmeste boligens facader og tilsvarende støjfølsomme områder. Parameteren L_r er beskrevet yderligere i afsnit 12. De vejledende grænseværdier for anlægsarbejde fremgår af Tabel 1.

Tabel 1: Vejledende grænseværdier for støj /5/

| Tidsrum | Støjgrænse, anlægsstøj |
|---|------------------------|
| Mandag – fredag kl. 07-18 Lørdag kl. 07-14 | $L_r = 70$ dB |
| Øvrige tidsrum samt søn- og helligdage | $L_r = 40$ dB |

De anførte støjgrænser er ækvivalente støjniveauer, dvs. et gennemsnitligt støjniveau over en given periode. Perioden, der skal tages gennemsnit over, varierer over døgnet og over ugen. Perioderne fremgår af nedenstående:

- Mandag-fredag kl. 07-18: Sammenhængende 8 timer med mest støj
- Lørdag kl. 07-14: Hele perioden (7 timer)
- Lørdag kl. 14-18: Hele perioden (4 timer)
- Søndag kl. 07-18: Sammenhængende 8 timer med mest støj
- Alle dage kl. 18-22: Mest støjende 1 time
- Alle dage kl. 22-07: Mest støjende ½ time

Herudover skal det ækvivalente støjniveau eventuelt korrigeres, hvis støjen indeholder tydeligt hørbare toner eller impulser, se /9/.

For det aktuelle projekt vil Banedanmark sammen med de berørte myndigheder aftale, at støjgener i videst muligt omfang skal begrænses ved en hensigtsmæssig planlægning, ved anvendelse af mindre støjende arbejdsprocesser og maskiner eller ved midlertidig afskærmning. Hvor støjgener i boligområder ikke kan undgås, vil der være information til de berørte beboere. I helt særlige tilfælde kan beboere i støjbelastede boliger tilbydes ophold på anden adresse under arbejdets udførelse.

4.4.2 Grænseværdier for vibrationer

Grænseværdier for den genevirkning, de omkringboende kan have fra vibrationer ved anlægsarbejder, er foreslået af Miljøstyrelsen i Orientering nr. 9/1997 "*Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø*" /4/. Grænseværdierne for komfortvibrationer er generelle og fremgår af Tabel 2.

Tabel 2: Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier for komfortvibrationer /4/.

| Områdetype | Periode | Vejledende grænseværdier for mærkbare vibrationer |
|--|----------------------|---|
| Boliger, børneinstitutioner og lignende | Hele døgnet | $L_{aw} = 75$ dB |
| Boliger i blandet bolig/erhvervsområde Kontorer, undervisningslokaler | Aften/nat (kl.18-07) | $L_{aw} = 75$ dB |
| | Dag (kl.07-18) | $L_{aw} = 80$ dB |
| Erhvervsbebyggelse | | $L_{aw} = 85$ dB |

Føletærsklen for mærkbare vibrationer er $L_{aw} = 71-72$ dB. Grænseværdien for mærkbare vibrationer i boliger er 75 dB. Vibrationer kan således godt mærkes, uden at grænseværdien nødvendigvis er overskredet, og også uden, at der er risiko for bygningsbeskadigelse. Først når grænsen for mærkbare vibrationer er overskredet betragteligt (mere end 20 dB), kan der være risiko for bygningsbeskadigelse (almindelige bygninger for beboelse).

Grænser for bygningskadelige vibrationer er ikke reguleret ved lov. I praksis benyttes ofte den tyske norm DIN 4150-3 til vurdering af bygningskadelige vibrationer. Her beskrives sammenhængen mellem vibrationsniveauet på bygningens fundament og sandsynligheden for, at bygningen beskadiges som en direkte følge af vibrationerne. Normens grænseværdier for bygningsvibrationer ses i Tabel 3. Grænseværdierne for bygningsvibrationer fremgår også af Banedanmarks GAB-Miljø /5/.

Tabel 3: Grænseværdier for bygningskadelige vibrationer, DIN 4150-3 /6/

| Bygningskategori | Grænseværdi |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Erhvervs- og industribygninger | $V_{peak} \leq 20$ mm/s |
| Bygninger til beboelse | $V_{peak} \leq 5$ mm/s |
| Særligt følsomme og fredede bygninger | $V_{peak} \leq 3$ mm/s |

Ved anlægsarbejder tilsigtes der at beskytte de omkringliggende omgivelser bedst muligt efter gældende regler og lovgivning; herunder vibrationspåvirkninger. I situationer, hvor der påtales gener og/eller skader på en ejendom eller bygning, vurderes disse påtaler ud fra gældende principper og regler. Ejendommens/bygningens vedligeholdelsestilstand vil ligeledes indgå i vurderingen.

Banedanmark kan ikke fjerne generne ved anlægsarbejdet, men kan informere og forberede de berørte beboere på eventuelle gener. Hvis anlægsarbejdet forventes at overskride støjgrænserne på 70dB i dagtimerne og 40dB i aften timerne bliver man som nabo varslet.

4.5 Støj og vibrationer i anlægsfasen

Der er på nuværende tidspunkt ikke udarbejdet en egentlig beskrivelse af anlægstakten, metoder og materiel mm., hvorfor støj og vibrationer i anlægsfasen er vurderet med fokus på de væsentligste arbejdsprocesser i projektet og på baggrund af erfaringer fra generelle anlægsarbejder.

Der er ikke foretaget omfattende støjberegninger og vibrationsvurderinger for hele anlægsfasen i alle dens stadier, idet det i praksis vil være umuligt at sammenstille et tilnærmelsesvis retvisende forudsætningsgrundlag for anlægsaktiviteterne på det foreliggende grundlag.

I det følgende gennemgås grundlaget for vurdering af støj og vibrationer i anlægsfasen. Støj og vibrationer tager udgangspunkt i grænseværdier og

vurderer om der er en påvirkning i forhold til grænseværdier. Derfor anvendes vurderingskriterierne ubetydelig, mindre, moderat og væsentlig ikke for støj og vibrationer, som de gør i de øvrige fagnotater for denne VVM.

4.5.1 Grundlag for vurdering af støj i anlægsfasen

Støj i anlægsfasen er vurderet på grundlag af beregninger af støjudbredelsen fra de mest støjende anlægsaktiviteter samt en opgørelse af boliger, som kan blive påvirket at støjniveauet over miljømålsætningen i forbindelse med anlægsarbejderne.

Der er anvendt erfaringsværdier for anlægsaktiviteternes udsendte lydeffekt, L_{WA} . Disse oplysninger er baseret på et omfattende erfaringsmateriale fra andre større anlægsprojekter eller tilsvarende arbejdsoperationer, hvor der er udført målinger af støjen sideløbende med arbejdet blev udført. Lydeffekten er et udtryk for, hvor meget lydenergi der spredes til omgivelserne og ikke udtryk for et støjniveau målt ved aktiviteten. Lydeffekten vil altid være højere end støjniveauet i en given afstand.

Støjberegningerne er udført i henhold til retningslinjerne i Miljøstyrelsens vejledning 5/1993, Beregning af ekstern støj fra virksomheder, /7/, dog med anvendelse af en række forenklinger:

- Der tages ikke hensyn til afskærmning og refleksioner fra eksisterende bygninger og andre konstruktioner.
- Det er forudsat, at terrænet er plant og akustisk blødt overalt. Der er således ikke indregnet højdeforskel mellem banegraven og de omgivende veje og bygninger.
- Det er forudsat, at støjklenderne er placeret i højder 1-3 m over terræn afhængig af den enkelte entreprenørmaskine (ramning dog op til 12 m) og modtageren 1,5 m over terræn.
- De støjende aktiviteter er i drift 100% af tiden.

Ved støjudbredelse gennem bebygget område vil de nærmeste bygninger skærme for bagvedliggende bygninger. Omvendt vil bygningerne samtidig reflektere støjen, og der vil også være refleksioner fra hårdt terræn. Disse forhold vil modvirke hinanden, og det vurderes, at de forenkede beregninger kan anvendes til at vurdere, om der er risiko for at en grænseværdi vil blive overskredet.

Beregningsresultaterne vil samtidigt være repræsentative for modtagere placeret højere end 1,5 m, f.eks. ved etageboliger, da eventuel afskærmning fra bygninger mellem støjklender og modtager ikke indgår i beregningerne.

Det vurderes, at banegraven kun har marginal indvirkning på støjudbredelsen, fordi aktiviteterne typisk vil foregå i forholdsvis stor afstand til skråningerne, og da de nærmeste bygninger ligger meget tæt på banegraven, hvor afskærmningen fra skråningerne er mindst. På større afstande reduceres virkningen af højdeforskellen, så den er derfor uden særlig betydning i forhold til usikkerheder ved de øvrige beregningsforudsætninger.

Det skal bemærkes, at beregningerne er udført med en forudsætning om 100% drift, og resultatet repræsenterer således worst-case situationen for en given aktivitet. I realiteten vil støjen ved den enkelte bolig oftest være lavere på grund af varierende intensitet i arbejdet, og fordi aktiviteterne flyttes rundt med varierende afstand til boligen. Det optalte antal boliger inden for konsekvensområdet vil derfor ikke nødvendigvis blive berørt af støj over grænseværdierne, og slet ikke i hele byggeperioden.

Der er optalt boliger, som ligger inden for et såkaldt støjkonsekvensområde omkring aktiviteten eller arbejdsområdet. Konsekvensområdet beskriver, hvor der kan forekomme overskridelser af de vejledende grænseværdier 70 dB(A) på hverdage inden for normal arbejdstid og 40 dB(A) i øvrige tidsrum. Konsekvensområdet optegnes med udgangspunkt i midtpunktet eller afgrænsningen af det pågældende arbejdsområde eller bygværk og en beregning af den afstand fra aktiviteten, hvor grænseværdien netop er overholdt.

Optællingerne er foretaget på grundlag af de anlægsaktiviteter, som forventes at give anledning til de største påvirkninger og dermed risiko for overskridelse af de vejledende grænseværdier.

Optællingerne er desuden baseret på udtræk af oplysninger fra Bygnings- og Boligregisteret (BBR) om helårsboliger og adressepunkter i Aarhus Kommune. Udtrækket er gennemført i januar 2016 og omfatter derfor alle korrekt registrerede helårsboliger i området. Men planlagte og ny opførte boliger, som endnu ikke er registreret i BBR, er ikke omfattet.

Det skal bemærkes, at de optalte boliger inden for konsekvensområdet ikke nødvendigvis vil blive berørt af støj over grænseværdierne, og slet ikke i hele byggeperioden. I realiteten vil det kun være en mindre del af de opgjorte boliger, som berøres af en given aktivitet, og påvirkningen vil ændre sig i forhold til aktiviteternes intensitet, og efterhånden som de flyttes rundt på arbejdsområdet.

4.5.2 Grundlag for vurdering af vibrationer i anlægsfasen

Vibrationer i anlægsfasen er vurderet på grundlag af erfaringer og målinger på lignende anlægsaktiviteter og projekter, samt en opgørelse af boliger, som kan blive påvirket af vibrationer over miljømålsætningen.

Vurderingen er afgrænset til de aktiviteter, der erfaringsmæssigt vil give anledning til de største påvirkninger.

Der er optalt boliger inden for et konsekvensområde omkring de vibrationsgivende aktiviteter, som angiver, hvor der kan forekomme overskridelser af de vejledende grænseværdier for bygningssskadelige vibrationer og mærkbare vibrationer. Konsekvensområdet er optegnet med udgangspunkt i midtpunktet eller afgrænsningen af det pågældende arbejdsområde eller bygværk og erfaringer fra lignende anlægsaktiviteter, da

der ikke eksisterer en standardiseret metode til bestemmelse af vibrationsudbredelsen.

Det skal bemærkes, at vibrationsvurderinger er forbundet med stor usikkerhed, dels fordi der ikke eksisterer en standardiseret metode herfor, dels fordi undergrundens beskaffenhed har stor indflydelse på vibrationsudbredelsen, ligesom også bygningers konstruktion påvirkes og reagerer forskelligt. De optalte boliger vil derfor ikke nødvendigvis blive berørt, og slet ikke i hele byggeperioden. I realiteten vil det kun være en mindre del af de opgjorte boliger, som berøres af en given aktivitet, og påvirkningen vil ændre sig i forhold til aktiviteternes intensitet, og efterhånden som de flyttes rundt på arbejdsområdet.

4.5.3 Væsentlige anlægsaktiviteter i forhold til støj og vibrationer

Det vurderes, at følgende anlægsaktiviteter vil give anledning til væsentlige støj- og vibrationspåvirkninger:

- Ramning af fundamenter til kørestrømsmaster
- Nedrivning af broer
- Jordarbejde
- Konstruktion af nye broer
- Sporopbygning

Ramning af kørestrømsmaster

Etablering af fundamenter til kørestrømsmaster skal foretages langs hele banestrækningen. Mastefundamenter etableres typisk ved ramning, men kan også støbes i et forboret hul eller vibreres, hvilket reducerer støjen, men tager længere tid at udføre.

Det er på nuværende tidspunkt ikke afgjort, hvor kørestrømsmasterne skal placeres, men de placeres typisk pr. 60-90 meter langs begge sider af sporet, på stationsområder, herunder Aarhus H, dog typisk tættere (ca. 30 m). Masterne placeres ca. 3,2 m fra nærmeste spor. Når placeringen af kørestrømsmasterne er kendt, kan antallet af støjbelastede boliger opgøres mere præcist, og det endelige antal kan blive mindre end optalt i dette fagnotat.

Ramning af kørestrømsmaster har et typisk lydeffektniveau på $L_{WA} = 115$ dB(A). Rammestøjen har karakter af impulsstøj, som er mere generende, og skal derfor korrigeres med +5 dB. Støbning af mastefundamenter i et forboret hul har et typisk lydeffektniveau på ca. $L_{WA} = 110$ dB(A) svarende til typisk entreprenørmateriel.

Det vurderes, at afstanden til mærkbare vibrationer er ca. 80 m og afstand til risiko for bygningsbeskadigelse er ca. 25 m.

Vibrationerne fra ramning af mastefundamenter er vurderet lavere end for ramning af spuns, idet der er tale om lettere maskinel og kortere pæle/fundamenter end en traditionel ramning med en stor rambuk. Varighed

af ramning af et mastefundament og dermed også påvirkningen af en given bolig er kortvarig, typisk ½-1 time, hvorefter aktiviteten flyttes. Påvirkning af den enkelte bolig er således kortvarig.

Sporopbygning

Til sporopbygning herunder lægning-, justering-, stabilisering- og slibning af spor benyttes specielle skinnøkørende maskiner. Arbejder med sporopbygning er begrænset til steder, hvor der foretages sporsænkning eller sporflytning. Det er en fremadskridende proces, som forløber langs de sænkede spor. Lydeffektniveau for de skinnøkørende maskiner er typisk omkring $L_{WA} = 110$ dB(A).

Det vurderes, at jordarbejderne i forbindelse med sporsænkning støjmæssigt set svarer til sporbygningsmaskinen.

Det vurderes, at afstanden til mærkbare vibrationer er 40-50 m fra nærmeste spor. Risiko for bygningsbeskadigelse vurderes kun relevant ved bygninger nærmere end 10 m fra sporet.

Nedrivning af broer mv.

Nedrivning af broer udføres, hvis en bro nedlægges eller skal ombygges. Det omfatter drift med betonhammer eller betonsaks, en entreprenørmaskine og en lastbil.

Lydeffektniveauet for nedrivning af broer er typisk omkring $L_{WA} = 115$ dB.

Det vurderes, at afstanden til mærkbare vibrationer er 40-50 m fra nærmeste spor. Risiko for bygningsbeskadigelse vurderes kun relevant ved bygninger nærmere end 10 m fra sporet.

Konstruktionsarbejder

Konstruktionsarbejder omfatter følgende anlægsaktiviteter til opbygning af nye broer og hævning af broer: In-situ støbning af nye broer, opsætning af nye elementbroer, vejarbejde mv.

In-situ støbning af brodæk udføres i forbindelse med en ny bro eller brohævning. Det forudsættes udført vha. 2 samtidige betonkanoner og 1-2 lastbiler.

Opsætning af præfabrikerede betonelementer udføres i forbindelse med en ny bro eller brohævning vha. en mobilkran.

Ud over etablering af selve brokonstruktionen vil der med almindeligt entreprenørmateriel og asfaltmaskinel ske hævning af vejen på ramperne og reetablering af kørebanen.

Det vurderes, at ovenstående aktiviteter har omtrent de samme støjmæssige egenskaber og et lydeffektniveau på ca. $L_{WA} = 110$ dB.

Det vurderes, at afstanden til mærkbare vibrationer er 40-50 m fra nærmeste spor. Risiko for bygningsbeskadigelse vurderes kun relevant ved bygninger nærmere end 10 m fra sporet.

Jordarbejde

Jordarbejder udføres bl.a. i forbindelse med *Sporsænkningen* og konstruktionsarbejder ved perroner og broer. Jordarbejder udføres med mellemstore gravemaskiner samt dumpere for flytning af jord mv.

Nedbringning af spuns omkring søjlerne til Bruuns bro i forbindelse med *Sporsænkningen* udføres ved nedpresning eller nedvibrering med MOVAX eller lignende systemer, som vurderes at støjens tilsvarende andre jordarbejder.

Det vurderes, at jordarbejder har et lydeffektniveau på ca. $L_{WA} = 110$ dB.

Det vurderes, at afstanden til mærkbare vibrationer er 40-50 m fra nærmeste spor. Risiko for bygningsbeskadigelse vurderes kun relevant ved bygninger nærmere end 10 m fra sporet.

Øvrige aktiviteter

Anlægsfasen vil samtidig indeholde en række arbejdsprocesser med mindre virkning på støj og vibrationer. Disse arbejdsprocesser behandles ikke yderligere i nærværende undersøgelse, da det vurderes, at de har minimal betydning for den samlede støj- og vibrationspåvirkning.

Støj fra de enkelte midlertidigt anlagte arbejdspladser ved broerne er heller ikke undersøgt yderligere, da det vurderes, at støj og vibrationer derfra er mindre betydende sammenlignet med det egentlige bro-/sporarbejde.

4.6 Datagrundlag

Der er i forbindelse med støj og vibrationsundersøgelserne anvendt en lang række data som grundlag, herunder grundkort fra Geodatastyrelsen, bygningsanvendelser fra Bygnings- og boligregistret, projektoplysninger fra Banedanmark mv. (jf. Tabel 4).

Tabel 4: Anvendt datagrundlag

| # | Data | Dato | Kilde |
|---|--|------------|---|
| 1 | Grundkort, 4cm kort | 23-04-2015 | Geodanmark, kortforsyningen |
| 2 | BBR | 02-02-2016 | Den Offentlige Informationsserver (OIS) |
| 3 | Kildestyrker | | Sweco |
| 4 | Bane og kilometrering | 01-09-2015 | Banedanmark |
| 5 | Kapacitetsudvidelse og sporsænkning på Aarhus H, forslag til arbejdspladser /13/ | 09-12-2015 | Atkins |

| | | | |
|---|--|------------|------|
| 6 | Hævning af Aarhus H: Leverance til fagnotater til VVM /14/ | 15-01-2016 | COWI |
|---|--|------------|------|

5 0-alternativet

0-alternativet er situationen i 2030, hvor *Elektrificering og opgradering Aarhus H* ikke udføres. Naboprojekter (elektrificering Aarhus-Lindholm, hastighedsopgradering Aarhus-Hobro og Hobro-Aalborg, projekter syd for Aarhus m.fl.) udføres fortsat.

Trafikmængden på strækningen i 0-alternativet er den samme som i projektet (samme antal tog og samme toglængder). Togtrafikken drives i 0-alternativet udelukkende af diesel og ikke af en kombination af el og diesel. Samtidig køres trafikken med banens nuværende tilladte hastigheder på strækningen omkring Aarhus H (uden opgraderingen).

6 Eksisterende forhold

Der forekommer ikke anlægsarbejde på strækningen i dagens situation, og der er derfor ikke foretaget undersøgelser af støj og vibrationer for anlægsfasen i dagens situation.

7 Konsekvenser og afværgeforanstaltninger i anlægsfasen – midlertidige påvirkninger

7.1 Støj i anlægsfasen

Støjundersøgelsen omfatter følgende anlægsarbejder i forbindelse med *Elektrificering og opgradering Aarhus H*:

- Ny vandrehal og Bruuns Bro
- Sporsænkning
- Spor 8 (tilvalg)
- Opsætning af kørestrømsanlæg

Anlægsarbejderne i forbindelse med *Ny vandrehal og Bruuns Bro* omfatter nedrivning af eksisterende broer og konstruktion af ny bro og vandrehal. Til *Sporsænkningen* og spor 8 (tilvalg) skal der udføres jord- og sporarbejder. Til kørestrømsanlægget skal der rammes eller støbes fundamenter til kørestrømsmaster.

7.1.1 Støj fra de væsentligste anlægsaktiviteter

Der skal udføres en række forskellige anlægsaktiviteter i forbindelse med projektet, og for de væsentligste af disse er der gennemført beregninger af støjudbredelsen og fastsat konsekvensområder for hhv. 70 dB i dagperioden og 40 dB i øvrige tidsrum.

Udvælgelsen af de aktiviteter som omfattes af undersøgelsen er foretaget ud fra de valgte løsninger og anlægsbeskrivelserne for *Elektrificering og opgradering Aarhus H*.

De beregnede grænseværdiafstande er anført i Tabel 5.

Tabel 5: Beregnede grænseværdiafstande, hvor værdierne er lig med de vejledende grænseværdier. Beregningen forudsætter støjdbredelse over ikke afskærmet porøst terræn.

| Arbejdsproces | Lydeffekt L _{WA} i dB(A) | Grænseværdiafstand | |
|--|--------------------------------------|--------------------|----------|
| | | 70 dB(A) | 40 dB(A) |
| Nedrivning af bro, betonhammer | 115 | 45 m | 860 m |
| Jordarbejder, gravemaskine | 110 | 25 m | 510 m |
| Konstruktionsarbejder, støbning, mobilkran o.lign. | 110 | 25 m | 510 m |
| Sporopbygning, sporbygningsmaskine | 110 | 25 m | 510 m |
| Ramning af fundamenter til kørestrømsmaster | 115 | 45 m | 860 m |

De anførte afstande for ramning af fundamenter til kørestrømsmaster er uden korrektion for støjens karakter. Når der indregnes en korrektion på +5 dB for indhold af tydelig hørbar impuls i støjen er grænseværdiafstanden til 70 dB(A) ca. 80 m for ramning af mastefundamenter.

I bilag 2 er der vedlagt tegninger, som viser de optegnede konsekvensområder for de væsentligste støjende anlægsaktiviteter.

Støjberegningerne er udført med en forudsætning om 100 % konstant drift af den enkelte anlægsaktivitet, og at der ikke foregår flere aktiviteter samtidig. Støjberegningerne repræsenterer således en worst-case situation for den enkelte aktivitet det pågældende sted, og det vurderes, at den kun vil forekomme meget få gange i løbet af anlægsperioden.

Afhængig af hvilken løsningsmodel, der realiseres, vil den samlede anlægsperiode variere fra ca. et år til ca. to et halvt år. I nogle intervaller af anlægsperioden må der forventes et mere intenst arbejdsforløb, for begge løsninger vil der forekomme anlægsarbejde såvel dag som nat.

7.1.2 Antal støjbelastede boliger

Med udgangspunkt i de optegnede konsekvensområder, inkl. impulstillæg, er der optalt boliger, som kan blive berørt af støjniveauer over grænseværdierne i løbet af byggeperioden.

Optællingen i forhold til grænseværdien for aften og natperioden på 40 dB viser hvor mange boliger, der kan blive berørt af støj fra anlægsarbejdet, hvis det udføres uden for normal arbejdstid. Behovet for natarbejde er ikke endelig afklaret, men der må forventes natarbejde i et vist omfang.

Ud fra antallet af boliger er støjfølsomheden angivet på en skala 0-3. På den måde kan der relativt hurtigt skabes et overblik over omfanget. Følgende skala er anvendt i vurderingen af støjfølsomhed:

- 0: ingen belastede boliger
- 1: 1-10 boliger hvor $L_{Aeq} > 70$ dB eller $L_{Aeq} > 40$ dB i natperioden
- 2: 11-20 boliger hvor $L_{Aeq} > 70$ dB eller $L_{Aeq} > 40$ dB i natperioden
- 3: flere end 20 boliger hvor $L_{Aeq} > 70$ dB eller $L_{Aeq} > 40$ dB i natperioden

Det optalte antal berørte boliger for hver løsning og tilhørende anlægsaktiviteter, samt den vurderede støjfølsomhed, ses i Tabel 6.

Tabel 6: Antal boliger som kan blive berørt af støj i forbindelse med ombygningerne ved M. P. Bruunsgade og Hovedbanegården inden for normal arbejdstid og i øvrige tidsrum.

| Løsning ved Aarhus H | Væsentligste aktiviteter | Antal boliger >70 dB | Antal boliger >40 dB | Støjfølsomhed dag/nat |
|--------------------------------|--|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Ny vandrehal og Bruuns Bro | Nedrivning | 8 | 13.700 | 1/3 |
| | Konstruktionsarbejder | 0 | 6.800 | 0/3 |
| Sporsænkning | Jordarbejder og sporarbejde | 0 | 7.600 | 0/3 |
| Elektrificering af strækningen | Ramning af fundamenter, Km 107+650 - 109+300 | 165 | 19.800 | 3/3 |

Det skal bemærkes, at de optalte boliger inden for konsekvensområdet ikke nødvendigvis vil blive berørt af støj over grænseværdierne, og slet ikke i hele byggeperioden. I realiteten vil det kun være en mindre del af de opgjorte boliger, som berøres af en given aktivitet, og påvirkningen vil variere i forhold til aktiviteternes intensitet, og efterhånden som de flyttes rundt på arbejdsområdet.

7.2 Vibrationer i anlægsfasen

Beregning og vurdering af vibrationers udbredelse er forbundet med stor usikkerhed. Udbredelsen af vibrationerne afhænger af undergrundens sammensætning og beskaffenhed, og de vibrationsgener, der opleves indendørs i bygninger, afhænger endvidere af bygningskonstruktioner og funderingsforhold.

Risiko for overskridelse af miljømålsætningen for mærkbare vibrationer samt risiko for bygningskadelige vibrationer er i det følgende vurderet på baggrund af erfaringsværdier for vibrationsudbredelse.

De anvendte grænseværdiafstande er sammenfattet i Tabel 7.

Tabel 7: Vurderede grænseværdiafstande, hvor vibrationer fra en arbejdsproces er lig med de vejledende grænseværdier. I kortere afstande er vibrationerne større end målsætningen og i større afstande er vibrationerne mindre. Afstandene er vurderet på baggrund af erfaringer fra lignende aktiviteter.

| Aktivitet | Bygningsskadelige vibrationer | Mærkbare vibrationer |
|------------------------|-------------------------------|----------------------|
| Ramning mastefundament | 25m | 80m |
| Øvrige aktiviteter | <10m | 50m |

I bilag 2 er der vedlagt tegninger, som viser de optegnede konsekvensområder for de væsentligste anlægsaktiviteter i forhold til vibrationer (dvs. ramning af fundamenter til kørestrømsmaster og konstruktion af Ny vandrehal og Bruuns Bro).

7.2.1 Antal vibrationsbelastede boliger

Med udgangspunkt i de optegnede konsekvensområder for hhv. mærkbare vibrationer og bygningskadelige vibrationer, er der foretaget en vurdering af antal boliger, som kan blive berørt af vibrationer over grænseværdierne i løbet af byggeperioden. Vurderingen er foretaget for hver løsning, og langs hele banestrækningen, hvor der skal rammes fundamenter til kørestrømsmaster.

Ud fra antallet af boliger er vibrationsfølsomheden angivet på en skala 0-3. Følgende skala til følsomhedsvurderingen er benyttet:

0: ingen belastede boliger

1: 1-10 boliger hvor $L_{aw} > 75$ dB eller $V_{fundament} > 4-5$ mm/s

2: 11-20 boliger hvor $L_{aw} > 75$ dB eller $V_{fundament} > 4-5$ mm/s

3: flere end 20 boliger hvor $L_{aw} > 75$ dB eller $V_{fundament} > 4-5$ mm/s

Det optalte antal boliger og den vurderede vibrationsfølsomhed er anført i Tabel 8.

Tabel 8: Antal vibrationsbelastede boliger i forbindelse med ombygninger ved M. P. Bruunsgade broen og Hovedbanegården inden for normal arbejdstid.

| Løsning ved Aarhus H | Væsentligste aktiviteter | Antal boliger $V_{fund.} > 4-5$ mm/s | Antal boliger $L_{aw} > 75$ dB(KB) | Vibrationsfølsomhed |
|--------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| Ny vandrehal og Bruuns Bro | Nedrivning Konstruktionsarbejder | 0 0 | 10 80 | 2 3 |
| Sporsækning | Jordarbejder og sporarbejde | 0 | 160 | 3 |
| Elektrificering af strækningen | Ramning af fundamenter, Km 107+650 - 109+300 | 0 | 630 | 3 |

Der ligger følgende ni fredede og bevaringsværdige bygninger inden for 50 m afstand fra anlægsarbejderne, og de kan således blive berørt af mærkbare vibrationer:

- Aarhus Hovedbanegård, Banegårdspladsen 1
- Orla Lehmanns Allé 10
- Orla Lehmanns Allé 12
- Kriegersvej 27
- Morten Brørups gade 16
- Valdemarsgade 54
- Valdemarsgade 59
- Ewaldsgade 14
- Hallssti 49

Disse bygninger kan være særligt vibrationsfølsomme, og der bør derfor udvises særlig forsigtighed med hensyn til bygningskadelige vibrationer, selvom den sædvanlige grænse på 4-5 mm/s ikke forventes overskredet.

Det skal bemærkes, at de optalte boliger inden for konsekvensområdet ikke nødvendigvis vil blive berørt af vibrationer over grænseværdierne, og slet ikke i hele byggeperioden. I realiteten vil det kun være en mindre del af de opgjorte boliger, som berøres af en given aktivitet, og påvirkningen vil variere i forhold til aktiviteternes intensitet, og efterhånden som de flyttes rundt på arbejdsområdet.

7.3 Afværgeforanstaltninger i anlægsfasen

7.3.1 Støj

For at begrænse genevirkningen af støjen tilstræbes anlægsarbejderne i videst muligt omfang gennemført i dagtimerne i de områder, hvor anlægsarbejdet ligger tæt på boliger.

Af hensyn til opretholdelse af togdriften og vejtrafikken vil det dog i nogen udstrækning være nødvendigt også at gennemføre støjende aktiviteter i mere støjfølsomme perioder, dvs. aften, nat og weekend. Omfanget afhænger af hvilken løsning, der besluttet for det samlede projekt.

På særligt kritiske steder, hvor støj fra anlægsarbejderne forventes at overskride støjgrænserne i væsentligt omfang, vurderes det, om anlægsarbejderne kan tilrettelægges på anden vis, f.eks. ved brug af færre maskiner samtidig eller ved anvendelse af mindre støjende processer.

I tilfælde, hvor der i længere tid er støjende processer på samme arbejdsplads, vil muligheden for at afskærme arbejdspladsen i forhold til naboerne blive vurderet. Afskærmning kan erfaringsmæssigt reducere støjbelastningen med ca. 5 dB ved de nærmeste boliger. På større afstande aftager virkningen af en eventuel skærm.

I stedet for ramning af fundamenter til kørestrømsmaster kan alternative metoder overvejes f.eks. vibrering eller forboring, som vurderes at støje op til 10 dB mindre end ved ramning.

I praksis er det imidlertid vanskeligt at holde støjen under støjgrænserne ved et større anlægsarbejde, fordi der er så få muligheder for at bruge mindre støjende arbejdsprocesser, og fordi arbejdet nødvendigvis må udføres tæt på boligområder.

For at forberede naboerne på anlægsarbejdet vil Banedanmark løbende informere om anlægsarbejdets art, arbejdsperioder suppleret med særskilt information inden igangsættelse af anlægsarbejder, der kan medføre væsentlige støjgener.

Hvor anlægsarbejderne gennemføres i nærheden af beboelse, varsles der særskilt om støjende arbejde. I særlige tilfælde kan berørte naboer tilbydes midlertidigt ophold uden for egen adresse mens arbejdet pågår f.eks. naboer til byggepladser.

7.3.2 Vibrationer

Til forskel fra støjubredelse er det i praksis stort set umuligt at begrænse udbredelsen af vibrationerne til de omkringboende. Eneste reelle mulighed er derfor at begrænse styrken af vibrationerne ved valg af mindre vibrationspåvirkende arbejdsprocesser.

Ved nedvibrering reduceres afstanden for bygningskadelige vibrationer til ca. det halve af afstanden ved ramning svarende til ca. 15-20 m. Med press-in metoden er afstanden reduceret til nogle få m.

Et alternativ til ramning af fundamenter til kørestrømsmaster kan være støbning af fundamenterne eller press-in metoden, hvor pælen presses ned.

Der vil, før anlægsarbejdet starter, blive foretaget fotoregistrering af de bygninger, som ligger helt tæt på byggeområderne, samt af særlig vibrationsfølsomme bygninger. Endvidere kan der i særlige tilfælde etableres en løbende overvågning af de mest udsatte bygninger, mens de mest vibrationskritiske anlægsarbejder står på. Derved kan man imødekomme eventuelle skader på bygningerne under anlægsarbejdet og i fornødent omfang stoppe arbejdet midlertidigt.

7.4 Konsekvensvurderinger for anlægsfasen

7.4.1 Støj

Elektrificering og opgradering Aarhus H vil medføre én til flere af følgende anlægsaktiviteter, som har en væsentlig støjpåvirkning: Ramning af fundamenter til kørestrømsmaster, nedrivning af broer, jordarbejder, konstruktion af broer og sporopbygning.

På baggrund af de gennemførte beregninger vurderes det, at anlægsarbejderne kan have en væsentlig påvirkning, med risiko for at overskride den vejledende grænseværdi på 70 dB, især hvis arbejdet foregår tæt på boligområder eller der skal udføres arbejde uden for normal arbejdstid f.eks. på grund af sporspærringer og sammenhængende støbearbejder.

Ramning af mastefundamenter og nedbrydning af broer vil medføre den største støjpåvirkning. Når ramningen foregår i tæt bebyggede områder, vil det kunne påvirke flere hundrede boliger over den vejledende grænseværdi for normal arbejdstid og op til flere tusinde boliger over grænseværdien for aften og natperioden.

I forbindelse med løsningen *Ny vandrehal og Bruuns Bro* kan ca. otte boliger blive støjbelastet over miljømålsætningen på 70 dB inden for normal arbejdstid og op mod ca. 13.700 boliger kan blive støjbelastet over 40 dB, hvis arbejdet udføres uden for normal arbejdstid.

I forbindelse med *Sporsænkningen* forventes ingen boliger berørt af støj over grænseværdien for normal arbejdstid, men ca. 7.600 boliger kan blive berørt af støj over 40 dB, hvis arbejdet udføres uden for normal arbejdstid.

I forbindelse med *Sporsænkningen* skal der nedbringes spuns omkring søjlerne til Bruuns bro, men da spunsen skal nedpresses eller nedvibreres for at undgå vibrationer i konstruktionen, forventes samme støj som for de øvrige jordarbejder.

Det fremgår, at løsningen *Ny vandrehal og Bruuns Bro* forventes at berøre lidt flere boliger over 70 dB end *Sporsænkningen* på grund af støjuddannelsen fra nedrivningsarbejderne.

Etableringen af fundamenter til kørestrømsmaster skal udføres langs alle spor på banestrækningen. Ved ramningen er der risiko for at op mod ca. 165 boliger, som ligger nærmest jernbanen, kan blive berørt af støjniveauer over støjgrænsen på 70 dB for dagperioden, og op mod 19.800 boliger kan blive berørt af støjniveauer over støjgrænsen på 40 dB for aften og natperioden, mens de støjende aktiviteter foregår. Den enkelte bolig vil dog kun blive berørt af støj over 70 dB i korte perioder på få timers varighed pr. spor, fordi arbejdet hurtigt gennemføres (1/2-1 time pr. pæl) og rykker videre til næste sted. Desuden falder støjen til under grænseværdien, når afstanden til ramningen er større end 45 meter. Hvis rammearbejdet udføres uden for normal arbejdstid vil de fleste boliger blive berørt af støj over grænseværdien på 40 dB i hele rammeperioden, fordi grænseværdiafstanden er meget større.

Med en forudsætning om 120 pæle i alt forventes etableringen af mastefundamenterne at vare ca. 2 uger, hvis arbejdet gennemføres inden for normal arbejdstid kl. 07-18, og ca. 1 uge hvis det gennemføres i døgndrift.

Det skal bemærkes, at de udførte beregninger og boligoptællinger er baseret worst-case, og at der samtidig er en væsentlig usikkerhed på de anvendte beregningsforudsætninger. Det optalte antal boliger inden for konsekvensområdet vil derfor ikke nødvendigvis blive berørt af støj over grænseværdierne, og slet ikke i hele byggeperioden. I realiteten vil det kun være en mindre del af de opgjorte boliger, som berøres af en given aktivitet, og påvirkningen vil ændre sig i forhold til aktiviteternes intensitet, og efterhånden som de flyttes rundt på arbejdsområdet.

7.4.2 Vibrationer

Ramning af mastefundamenter er den væsentligste aktivitet i forhold til vibrationer, og det vurderes, at der kan være risiko for bygningskadelige vibrationer i afstande op til ca. 25 m og mærkbare vibrationer i afstande op til ca. 80 m fra ramningen.

I forbindelse med de øvrige anlægsaktiviteter ved broer kan der være risiko for mærkbare vibrationer ved boliger inden for ca. 50 m. Der vurderes ikke at være risiko for bygningsbeskadigelse ifm. disse aktiviteter.

Ved Hovedbanegården, vurderes det, at *Sporsænkningen* vil kunne medføre mærkbare vibrationer ved ca. 160 boliger, mens løsningen *Ny vandrehal og Bruuns Bro* vil kunne medføre mærkbare vibrationer ved ca. 80 boliger. Forskellen skyldes, at aktiviteterne til *Sporsænkningen* vil foregå på et større område med flere boliger i nærheden.

Ved ramning af fundamenter til kørestrømsmaster kan op til ca. 630 boliger blive berørt af mærkbare vibrationer. Det skal dog bemærkes, at vibrationspåvirkningerne vil være kortvarige for den enkelte ejendom på grund af aktivitetens hurtige fremrykning.

Det vurderes, at ingen af anlægsarbejderne ved Aarhus H vil medføre risiko for bygningssskadelige vibrationer over miljømålsætningen. Der er dog ni fredede og bevaringsværdige boliger inden for 50 m afstand fra anlægsarbejderne. Disse bygninger kan være særligt vibrationsfølsomme, og det bør undersøges nærmere, når placeringen af kørestrømsmasterne er kendt.

Det skal bemærkes, at vibrationsvurderinger er forbundet med stor usikkerhed, dels fordi der ikke eksisterer en standardiseret metode herfor, dels fordi undergrundens beskaffenhed har stor indflydelse på vibrationsudbredelsen, ligesom også bygningers konstruktion påvirkes og reagerer forskelligt. De optalte boliger vil derfor ikke nødvendigvis blive berørt, og slet ikke i hele byggeperioden. I realiteten vil det kun være en mindre del af de opgjorte boliger, som berøres af en given aktivitet, og påvirkningen vil ændre sig i forhold til aktiviteternes intensitet, og efterhånden som de flyttes rundt på arbejdsområdet

8 Kumulative effekter

Hvis flere projekter foregår i samme område på samme tid, er det relevant at vurdere deres samlede effekt på miljøet, idet den samlede effekt af flere projekters påvirkninger kan være væsentlig, selvom påvirkningen fra det enkelte projekt isoleret set ikke er det. Som kumulative virkninger ses på planlagte projekter, som – sammen med det undersøgte projekt – kan forstærke konsekvenserne på miljøet.

For Støj og vibrationer, er det relevant at vurdere projektet i kumulation med følgende projekter:

- Hastighedsopgradering af strækningen Aarhus H – Lindholm.
- Elektrificering og hastighedsopgradering Fredericia-Aarhus.
- Cykelhuset ved Hallsti

Ud over *Elektrificering og opgradering Aarhus H* skal banen elektrificeres mellem Aarhus-Lindholm og hastighedsopgraderes mellem Aarhus-Hobro. I disse projekter vil der foregå lignende anlægsaktiviteter. Eksempelvis vil der i forbindelse med *Hastighedsopgradering Aarhus-Hobro* skulle udføres omlægninger og flytninger af spor, hvilket omfatter de samme aktiviteter til sporbygning, som anvendes til *Sporsænkningen*. Til *Elektrificering Aarhus-Lindholm* vil der skulle udføres konstruktionsarbejder, nedrivning og rammearbejder.

Det vurderes, at *Hastighedsopgradering Aarhus H og Hobro* vil få konsekvenser for støj og vibrationer langs banen, og projektet vil således påvirke de samme boliger, som påvirkes af anlægsarbejderne til *Elektrificering og opgradering Aarhus H*. Hvis *Hastighedsopgraderingen* udføres først vil der være sammenfald mellem konsekvenserne i driftsfasen af *Hastighedsopgraderingen* og anlægsfasen af nærværende projekt. Der vil dog være tale om to forskellige typer støj, som vurderes ud fra forskellige støjgrænser, og det er derfor usikkert om der vil være kumulative effekter i form af forøgede støj- og vibrationsgener.

Der vil desuden være risiko for sammenfald mellem anlægsarbejder til *Elektrificering og opgradering Aarhus H* og *Elektrificering Aarhus-Lindholm*. I så fald kan der være kumulative effekter i området omkring entreprisgrænsen, hvor boliger kan blive påvirket af anlægsaktiviteter fra begge projekter samtidig.

9 Oversigt over eventuelle mangler ved undersøgelserne

Anlægsarbejderne er ikke planlagt i detaljer, og der er derfor foretaget en række antagelser omkring omfang af arbejdsprocesserne, indgået entreprenørmateriel mv., der kan ændres som følge af dels detailprojekteringen, og dels den efterfølgende planlægning af udførelsen. Valg af metode for udskiftning/fornyelse af broerne vil influere på påvirkningen af omgivelserne.

I dette notat mangler en vurdering af sporet øst for Aarhus H ud til Sydhavnsgade som skal elektrificeres frem til krydsningen af Jægergårdsgade. En miljøkonsekvensvurderingen for denne strækning afrapporteres i et særskilt notat i august 2016.

Med ovenstående in mente vurderes det, at undersøgelserne vedrørende støj og vibrationer er dækkende på det nuværende stadie af projektet med de data og informationer, der er tilgængelige.

Støj fra de midlertidige skurbyer/arbejdspladser ved broerne som ombygges, herunder også arbejdskørsel til/fra de forskellige arbejdspladser er ikke vurderet. Sammenlignet med støjen fra de mest støjende arbejdsprocesser forbundet med ombygning af broerne vurderes støjen fra arbejdspladserne at være mindre betydende.

10 Referencer

- /1/: TIB(Ø) Trafikal Information om Banestrækninger 30.09.2013
- /2/: Miljøbeskyttelsesloven, Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse, LBK nr. 879 af 26. juni 2010
- /3/: Bekendtgørelse om miljøregulering af visse aktiviteter, BEK nr. 639 af 13. juni 2012.
- /4/: Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997, Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø.
- /5/: Generel arbejdsbeskrivelse for miljøforhold i forbindelse med anlægsarbejder (GAB-miljø), Banedanmark 15.11.2007.
- /6/: DIN 4150-3: 1999-02: Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen.
- /7/: Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5/1993 Beregning af ekstern støj fra virksomheder.
- /8/: Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5/1985 Beregning af støj fra jernbaner.
- /9/: Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5/1984 Ekstern støj fra virksomheder.
- /10/: Støjbarometer, Delta
- /11/: Hastighedsopgradering Aarhus-Hobro: Fagnotat vedrørende støj og vibrationer
- /12/: Anlægsbeskrivelse, fagnotat, Delundersøgelse: Opgradering Aarhus H. Elektrificering og opgradering Aarhus H-Lindholm.
- /13/: Kapacitetsudvidelse og sporsænkning på Aarhus H, forslag til arbejdspladser, Atkins, 9. december 2015.
- /14/: Hævning af Aarhus H: Leverance til fagnotater til VVM, COWI, 15. januar 2016

11 Akustiske begreber

I dette fagnotat anvendes en række akustiske begreber, som uddybes i det følgende:

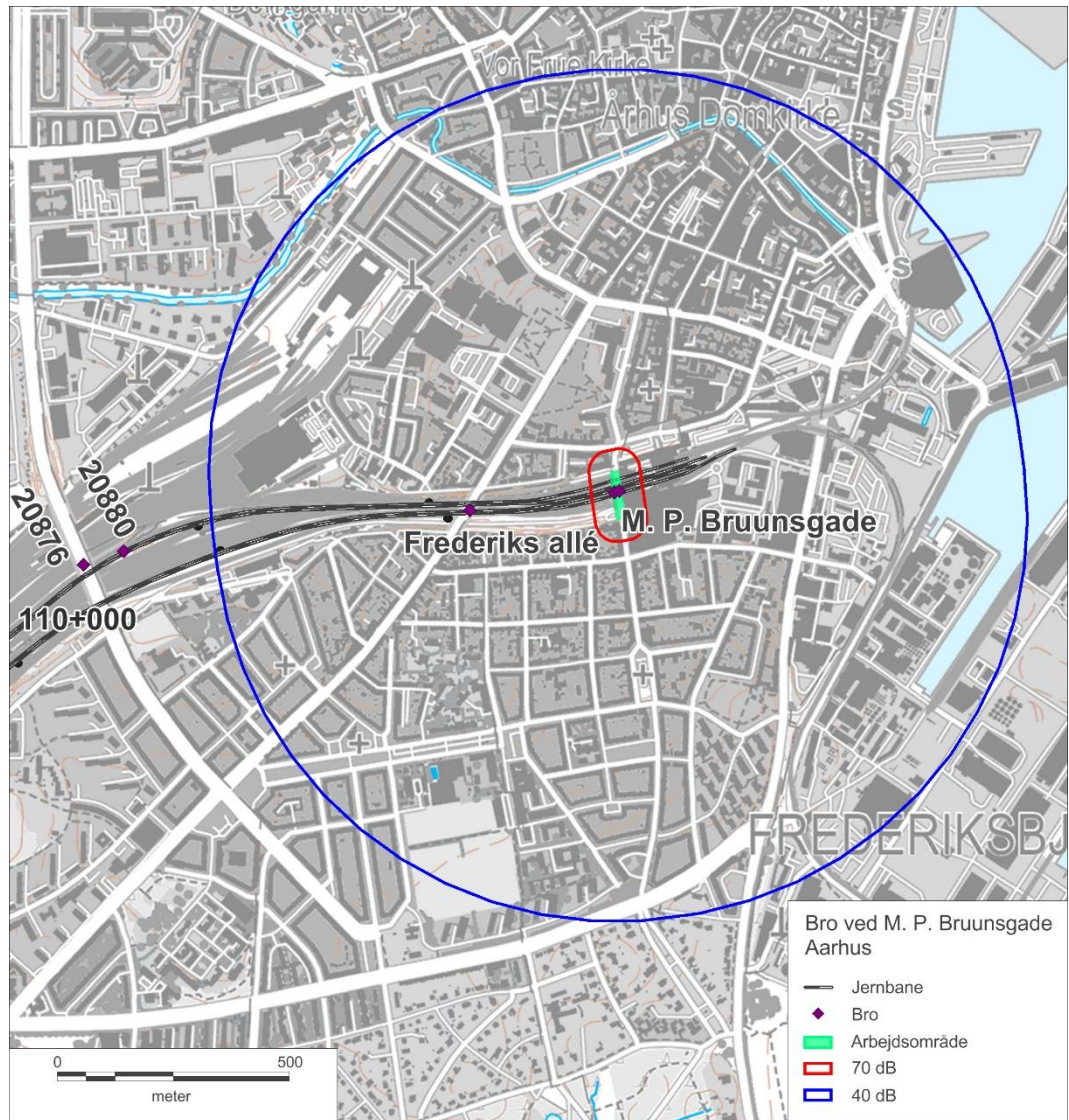
Tabel 9. Forklaring på anvendte akustiske begreber

| Akustisk begreb | Beskrivelse |
|-----------------|---|
| L_{den} | Beskriver støjniveauet for et årsmiddeldøgn, altså et gennemsnitlig døgn set over et helt år. I aften og natperioden tildeles et tillæg på hhv. +5 dB og +10 dB for at imødekomme en større genevirkning i disse døgnperioder |
| L_{Amax} | Beskriver støjens maksimalværdi ved enkelhændelser; typisk ved forbikørsler i forbindelse med støj fra jernbaner |
| L_{aw} | Parameter der benyttes for mærkbare vibrationer. Angiver det KB-vægtede accelerationsniveau for vibrationerne. Enheden er dB relativ til $1\mu\text{m/s}^2$. KB vægtningen er en korrektion for kroppens følsomhed over for vibrationer af forskellig frekvens. Føletærsklen er for de fleste mennesker ca. 71-72 dB. |
| V_{peak} | Parameter der anvendes ifm bygningskadelige vibrationer. Angiver spidsværdien af svingningshastigheden. Enheden er mm/s |
| L_r | Parameter der anvendes for støjbelastningen fra eksempelvis anlægsarbejder. Angiver det ækvivalente korrigerede A-vægtede støjniveau. Niveaue er dels en energimiddelværdi af støjen over den tid støjen foregår, dels vægtet i forhold til et defineret referencetidsrum. A-vægtningen er en frekvensmæssig korrektion, som kompenserer for, at det menneskelige øre er mindre følsomt for dybe toner end for høje toner. Såfremt støjen indeholder tydeligt hørbare impulser eller toner, er støjen mere generende, og der skal gives et +5 dB tillæg til støjniveauet Enheden for L_r er dB. For yderligere detaljer henvises til /14/ |
| L_{wA} | Parameter beskriver den lydenergi en given maskine udsender. Lydeffekter for forskellige maskiner kan direkte sammenlignes idet afstanden ikke indgår. Enheden er dB relativ til 1pW. Det som måles med et lydmåler er lydtrykket i den pågældende afstand hvilket ikke kan sammenlignes med lydeffektniveaue |

12 Bilag 1 Tegninger

- Tegning nr. 1: Støjkonsekvensområder for nedrivning af M. P. Bruunsgade broen i forbindelse med *Ny vandrehal og Bruuns Bro*.
- Tegning nr. 2: Støjkonsekvensområder for jordarbejde og sporarbejde i forbindelse med *Sporsænkning*.
- Tegning nr. 3: Støjkonsekvensområder for ramning af fundamenter til kørestrømsmaster.
- Tegning nr. 4: Vibrationskonsekvensområder for jordarbejde og sporarbejde i forbindelse med *Sporsænkning*.
- Tegning nr. 5: Vibrationskonsekvensområder for ramning af fundamenter til kørestrømsmaster.
- Tegning nr. 6: Vibrationskonsekvensområder for konstruktion af Ny vandrehal og Bruuns Bro.

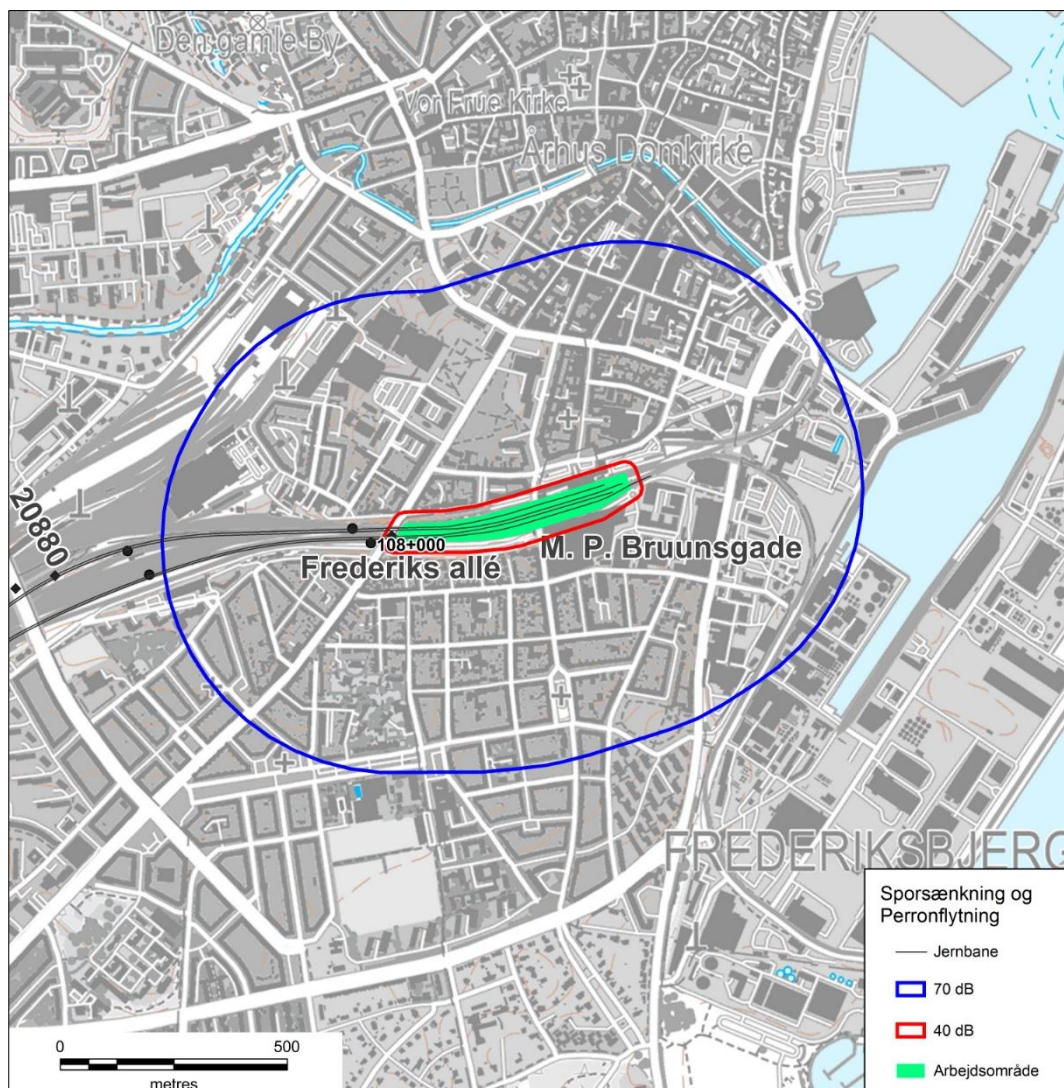
For alle tegninger gælder, at der er anvendt 4 cm Grundkort fra Geodatastyrelsen som underlag for de viste støjkonturer.



Tegning 1: Støjkonsekvensområder for nedrivning af Bruuns Bro i forbindelse med løsningen *Ny vandrehal og Bruuns Bro*.

I det viste eksempel er der 8 boliger inden for konsekvensområdet for dagperioden, hvor grænseværdien er 70 dB(A), rød linje, og ca. 13.700 boliger inden for konsekvensområdet for aften og natperioden, blå linje, og disse boliger kan blive berørt af støj over 40 dB(A), hvis arbejdet foregår uden for normal arbejdstid.

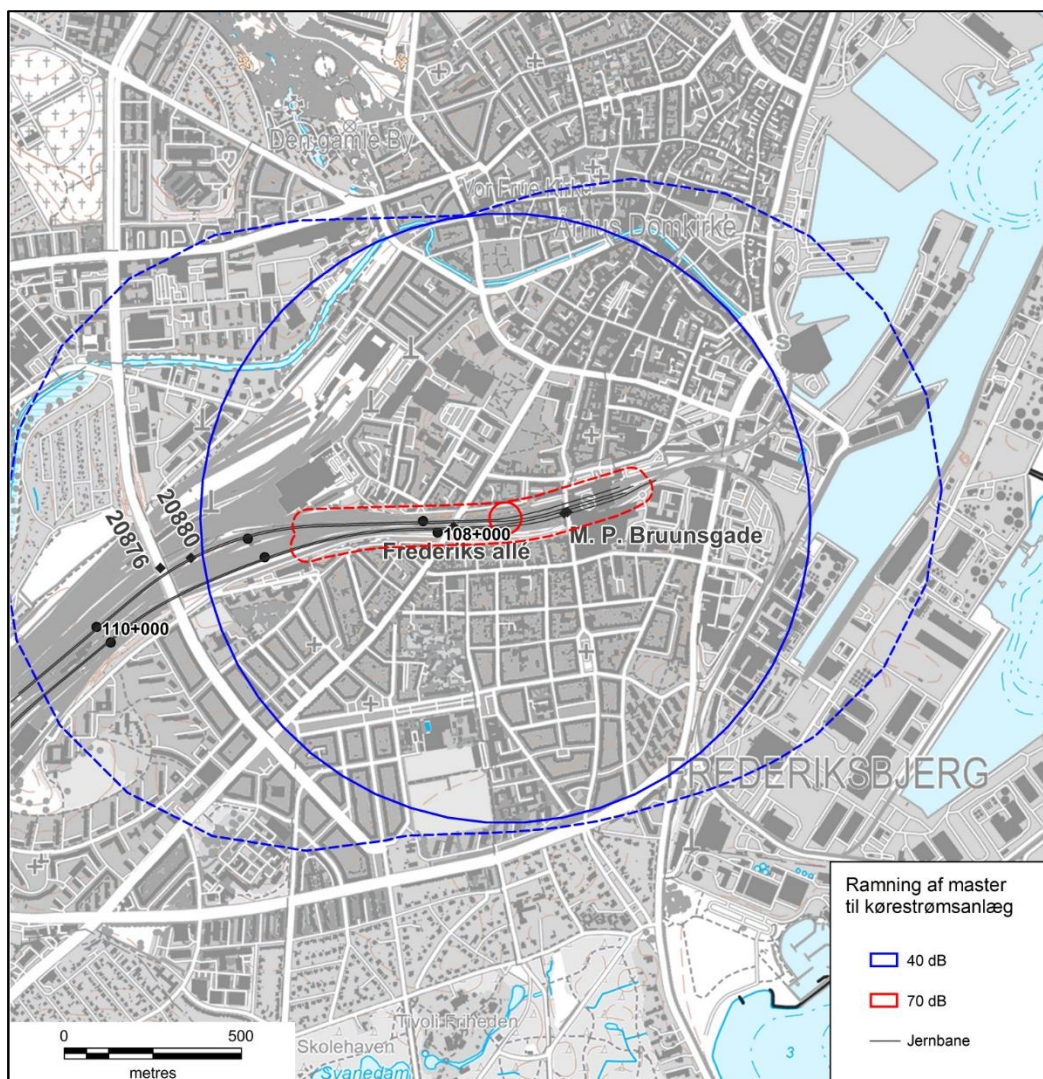
De optegnede støjkonsekvensområder repræsenterer en worst-case situation for den enkelte aktivitet det pågældende sted.



Tegning 2: Støjkonsekvensområder for jordarbejde og sporarbejde i forbindelse med *Sporsænkning*.

I det viste eksempel er der ingen boliger inden for konsekvensområdet for dagperioden, hvor grænseværdien er 70 dB(A), rød linje, og ca. 7.600 boliger inden for konsekvensområdet for aften og natperioden, blå linje, og disse boliger kan blive berørt af støj over grænseværdien på 40 dB(A), hvis arbejdet foregår uden for normal arbejdstid.

De optegnede støjkonsekvensområder repræsenterer en worst-case situation for den enkelte aktivitet det pågældende sted.

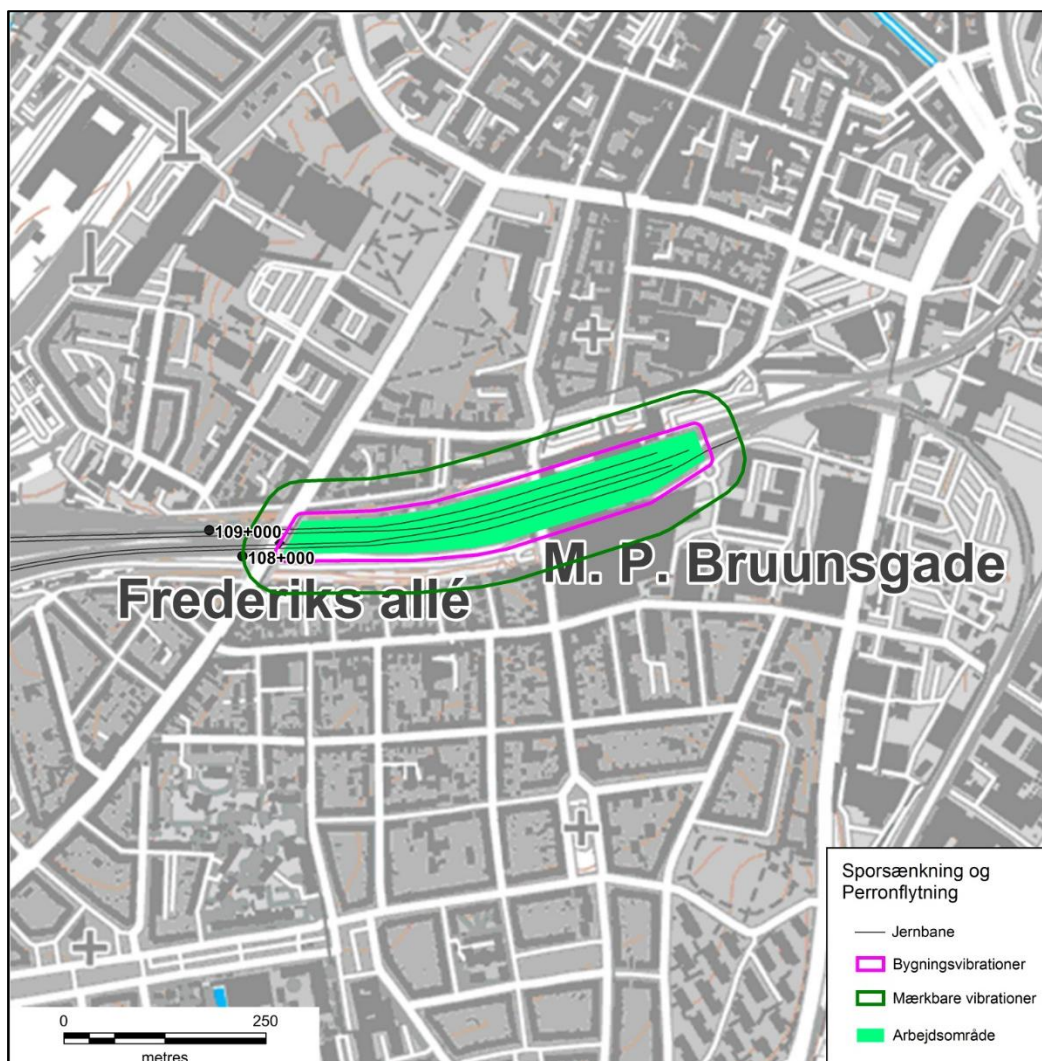


Tegning 3: Støjkonsekvensområder for ramning af fundamenter til kørestrømsmaster.

Ved ramning af fundamentet i det viste eksempel er der ingen boliger inden for konsekvensområdet for dagperioden, hvor grænseværdien er 70 dB(A), rød cirkel, og ca. 14.000 boliger inden for konsekvensområdet for aften og natperioden, blå cirkel, og disse boliger kan blive berørt af støj over grænseværdien på 40 dB(A), hvis arbejdet foregår uden for normal arbejdstid.

På hele strækningen fra Km 107+650 - 109+300 er der ca. 165 boliger inden for konsekvensområdet for dagperioden, rød stiplede linje, og ca. 19.800 boliger inden for konsekvensområdet for aften og natperioden, blå stiplede linje.

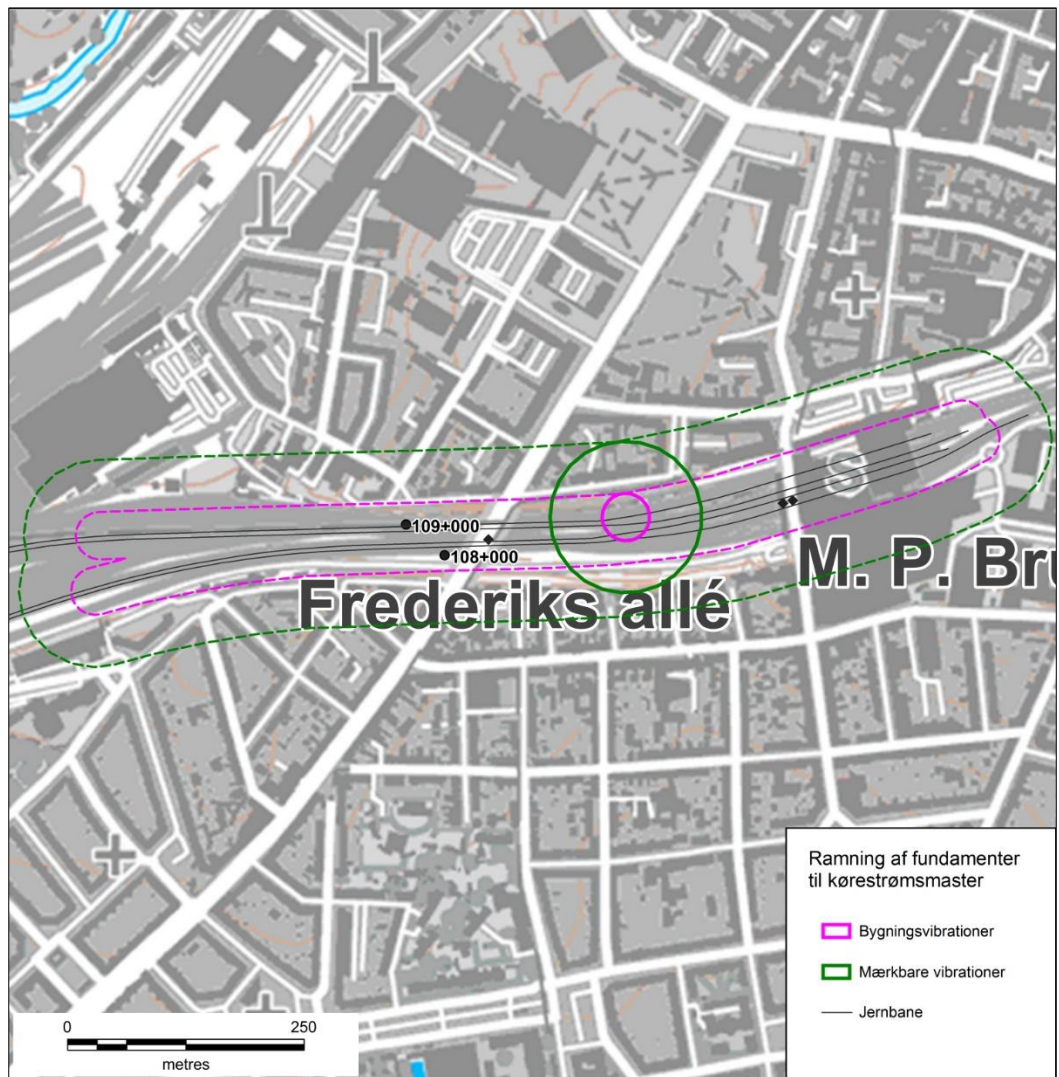
De optegnede støjkonsekvensområder repræsenterer en worst-case situation for den enkelte aktivitet det pågældende sted.



Tegning 4: Vibrationskonsekvensområder for jordarbejde og sporarbejde i forbindelse med *Sporsænkning*.

I det viste eksempel er der ingen bygninger inden for konsekvensområdet for bygningsskadelige vibrationer, violet cirkel, og ca. 160 boliger inden for konsekvensområdet for mærkbare vibrationer, grøn linje.

De optegnede konsekvensområder repræsenterer en worst-case situation for den enkelte aktivitet det pågældende sted.

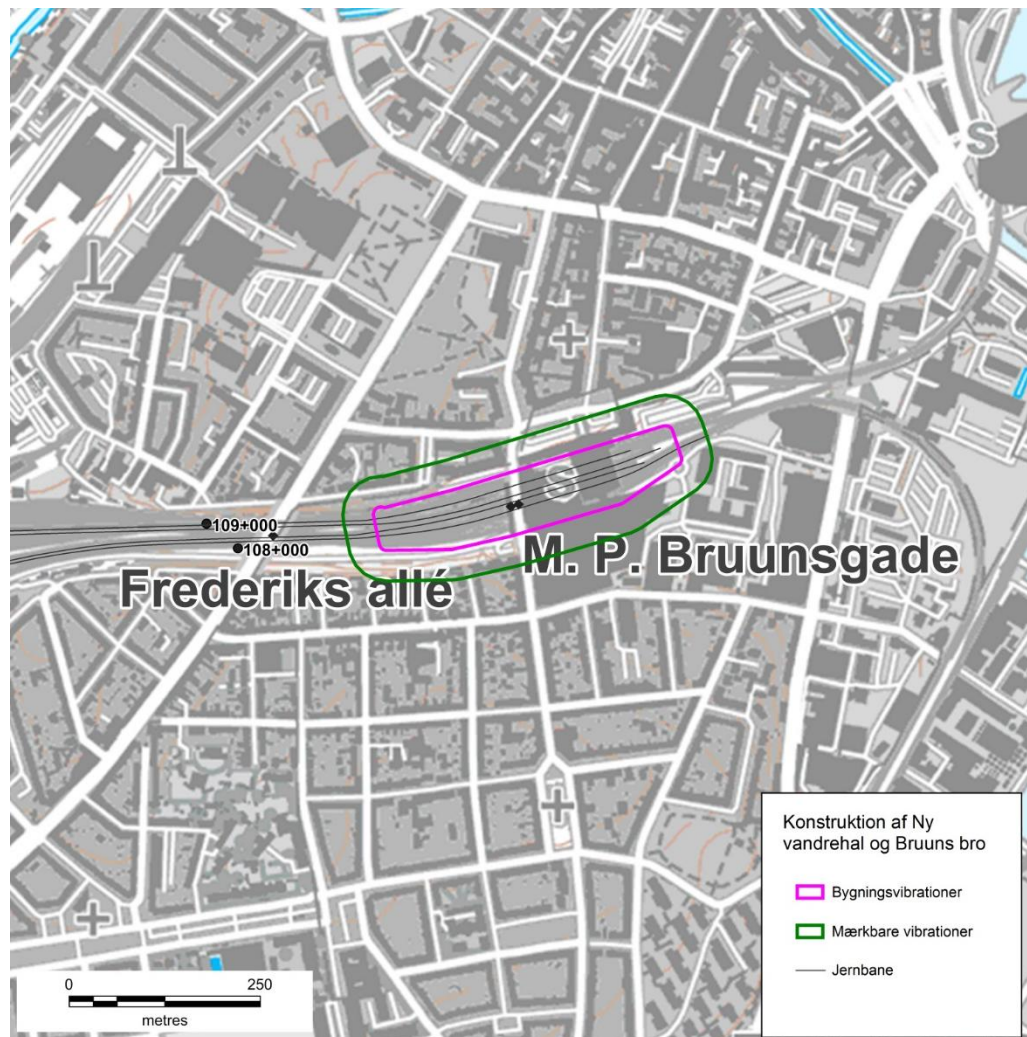


Tegning 5: Vibrationskonsekvensområder for ramning af fundamenter til kørestrømsmaster.

Ved ramning af fundamentet i det viste eksempel er der ingen beboelsesbygninger inden for konsekvensområdet for bygningskadelige vibrationer, violet linje, og ca. 45 boliger inden for konsekvensområdet for mærkbare vibrationer, grøn linje.

På hele strækningen fra Km 107+650 - 109+300 er der ingen beboelsesbygninger inden for konsekvensområdet bygningskadelige vibrationer, violet stiplet linje, og ca. 630 bygninger inden for konsekvensområdet for mærkbare vibrationer, grøn stiplet linje.

De optegnede konsekvensområder repræsenterer en worst-case situation for den enkelte aktivitet det pågældende sted.



Tegning 6: Vibrationskonsekvensområder for konstruktion af Ny vandrehal og Bruuns Bro.

I det viste eksempel er der ingen bygninger inden for konsekvensområdet for bygningsskadelige vibrationer, violet cirkel, og ca. 80 boliger inden for konsekvensområdet for mærkbare vibrationer, grøn linje.

De optegnede konsekvensområder repræsenterer en worst-case situation for den enkelte aktivitet det pågældende sted.