



Støj og vibrationer

Fagnotat vedr. elektrificering Aarhus-Lindholm

Elektrificering og opgradering Aarhus H-Lindholm

banedanmark



Godkendt dato

30.09.2016

Godkendt af

Charlotte Møller

Senest revideret dato

05.07.2016

Senest revideret af

Kenneth Grenaa Lillelund

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

Støj og vibrationer

Indhold		Side
1	Indledning	5
2	Ikke-teknisk resumé	6
2.1	Støj og vibrationer i anlægsfasen	6
2.2	Støj og vibrationer i driftsfasen	8
3	Lovgrundlag	9
4	Baggrund og metode	10
4.1	Baggrundsinformation om projektet	10
4.1.1	Eksisterende broer	10
4.1.2	Kommunale alternativer	13
4.1.3	Transformerstationer	14
4.2	Fakta om støj og vibrationer	15
4.2.1	Støj	15
4.2.2	Vibrationer	17
4.3	Datagrundlag	17
4.4	Støj og vibrationer i driftsfasen	17
4.5	Grænseværdier for støj og vibrationer i anlægsfasen	18
4.5.1	Grænseværdier for støj	18
4.5.2	Grænseværdier for vibrationer	19
4.6	Støj og vibrationer i anlægsfasen	21
4.6.1	Grundlag for vurdering af støj i anlægsfasen	21
4.6.2	Grundlag for vurdering af vibrationer i anlægsfasen	22
4.6.3	Væsentlige anlægsaktiviteter i forhold til støj og vibrationer	23
5	0-alternativet	26
6	Eksisterende forhold	27
7	Konsekvenser og afværge-foranstaltninger i anlægsfasen – midlertidige påvirkninger	28
7.1	Støj i anlægsfasen	28
7.1.1	Støj fra de væsentligste anlægsaktiviteter	28
7.1.2	Antal berørte boliger og støjfølsomhed	29
7.1.3	Ombygninger ved broer	30
7.1.4	Ramning af mastefundamenter	33
7.1.5	Etablering af forsyningsenheder og transformatorer	34
7.2	Vibrationer i anlægsfasen	34
7.2.1	Antal berørte boliger og vibrationsfølsomhed	35
7.2.2	Ombygning ved broer	35
7.2.3	Ramning af mastefundamenter	38

7.2.4	Etablering af forsyningsstationer og transformatorer	38
7.3	Afværgeforanstaltninger i anlægsfasen	39
7.3.1	Støj	39
7.3.2	Vibrationer	40
7.4	Konsekvensvurderinger for anlægsfasen	41
7.4.1	Vurdering af støj	41
7.4.2	Vurdering af vibrationer	42
8	Kumulative effekter	44
9	Oversigt over eventuelle mangler ved undersøgelserne	45
10	Referencer	46
11	Akustiske begreber	47
	Bilag 1 Datagrundlag	48
	Bilag 2 Tegninger	49

1 Indledning

Som led i et større elektrificeringsprogram for det danske jernbanenet er det besluttet at elektrificere strækningen Aarhus - Lindholm nord for Aalborg.

Elektrificeringen af størstedelen af det statslige jernbanenet vil medvirke til at skabe rammerne for en mere moderne jernbane med en effektiv og miljøvenlig jernbanedrift samt en mere pålidelig og attraktiv togbetjening. Elektrificeringen af Aarhus - Lindholm bidrager til et sammenhængende elektrificeret jernbanenet, der kan betjenes med moderne eldrevne tog til gavn for miljø og klima.

Elektrificering af strækningen Aarhus - Lindholm indebærer, at der skal etableres kørestrømsanlæg på den ca. 145 km lange dobbeltsporede banestrækning. Det betyder, at der skal opsættes master langs jernbanen, og at banen skal udstyres med kørestrømsledninger over sporene. For at gøre plads til kørestrømsledningerne er det nødvendigt at have en vis frihøjde under broerne, hvilket betyder at en række broer skal ændres.

Fagnotatet beskriver påvirkningerne på miljøet i forhold til støj og vibrationer i anlægsfasen. Dette sammenholdes med 0-alternativet som beskriver situationen i 2030, hvis projektet ikke gennemføres. Derudover beskrives de afværgeforanstaltninger, der skal iværksættes i forbindelse med elektrificering af strækningen Aarhus - Lindholm.

For støj og vibrationer i driftsfasen, dvs. når elektrificering af strækningen mellem Aarhus og Lindholm er gennemført, henvises til fagnotater for hastighedsopgradering.

Fagnotatet vil sammen med en række andre fagnotater indgå som baggrundsmateriale til en samlet VVM-redegørelse for elektrificering og opgradering af strækningen Aarhus H - Lindholm. VVM-redegørelsen har til formål at skabe et overblik over projekternes konsekvenser for miljøet.

2 Ikke-teknisk resumé

I dette fagnotat er forhold vedrørende støj og vibrationer vurderet ud fra eksisterende informationer og rapporter, samt beregninger af støjuddbredelsen fra de mest støjende aktiviteter. I fagnotatet gennemgås de miljømæssige aspekter og konsekvenser ved elektrificeringen og en række bro/vej alternativer for hhv. drifts- og anlægsfase.

Anlægsfasen omfatter aktiviteter til opsætning af kørestrømsanlægget og til ombygninger ved et større antal broer. 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 boligområder.

Elektrificeringen af strækningen mellem Aarhus og Lindholm vil ikke påvirke driftssituationen, dvs. det vil ikke ændre på togmængden og hastigheden, og det vurderes dermed at elektrificeringen ikke vil medføre forøget støj- eller vibrationsniveau for naboer langs jernbanen.

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 ombygninger ved broer og etablering af kørestrømsanlægget.

Støj i anlægsfasen

Ombygningerne ved broer vil medføre en til flere af følgende anlægsaktiviteter, som har en væsentlig støjpåvirkning: Spunsramning, nedrivning af broer, jordarbejder, konstruktion af broer, forsyningsstationer og transformatorer samt sporarbejder.

På baggrund af de gennemførte beregninger vurderes det, at ombygningerne kan have en væsentlig påvirkning, med risiko for at overskride miljømålsætningen på 70 dB inden for normal arbejdstid, hvis arbejdet foregår tæt på større boligområder, eller overskridelse af miljømålsætningen på 40 dB, hvis der skal udføres arbejde uden for normal arbejdstid på grund af sporspæringer eller sammenhængende støbearbejder.

Ved 44 af de undersøgte broer skal ombygningerne udføres i nærheden af boliger, og her forventes en støjbelastning over 70 dB. Ved 25 af lokaliteterne kan der forventes mindre end 10 støjbelastede boliger, ved 5 lokaliteter kan der forventes 10-20 støjbelastede boliger og ved de resterende 14 lokaliteter kan der forventes mere end 20 støjbelastede boliger. Det er spunsramning, der giver anledning til flest støjbelastede boliger, og ved enkelte lokaliteter skyldes det jordarbejder eller konstruktionsarbejder, der udføres tæt på boligområder. Det vurderes, at rammeaktiviteten vil være forholdsvis kortvarig sammenlignet med det øvrige aktiviteter.

Ved de øvrige broer forventes det, at ombygningerne kan udføres uden risiko for at overskride 70 dB.

Såfremt anlægsaktiviteterne skal udføres i aften eller natperioden af hensyn til opretholdelse af tog- eller vejtrafikken i dagperioden, må det forventes, at aktiviteterne vil støjbelaste et betydeligt større antal boliger. Ved 20 broer er der optalt over 1000 boliger, som kan blive påvirket over miljømålsætninger på 40 dB, hvis anlægsarbejdet udføres uden for normal arbejdstid.

Ved 9 broer, hvor der er flere løsningsmuligheder, er antallet af berørte boliger optalt for hver løsning. Det fremgår, at der ved broerne 20868 Bro F, 20872 Bro E og 20880 Søndre Ringgade i Aarhus Kommune må forventes væsentlig flere støjbelastede boliger med løsningen Ny bro samme sted end de øvrige løsninger, fordi der skal rammes spuns. Ved de øvrige broer er der kun minimale forskelle i antallet af berørte boliger, og der er således ikke støjmæssige begrundelser for at vælge en løsning frem for en anden.

Etablering af nye fundamenter til kørestrømsmaster skal udføres langs sporene på hele strækningen. Ved ramning af fundamenterne vil op til ca. 5000 boliger, som ligger nærmest jernbanen, kunne blive berørt af støjniveauer over 70 dB, mens arbejdet står på. Støjgenen vil dog være kortvarig for den enkelte bolig, grundet aktivitetens hurtige fremrykning. De mest følsomme områder er byområderne i de større byer.

Etablering af to forsyningsstationer og otte transformatorer vil kun medføre støjbelastede boliger ved 1 af de 10 anlæg. Her kan der forventes ca. fem berørte boliger over 70 dB.

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.

Spunsramning er den væsentligste aktivitet i forhold til vibrationer, og det vurderes, at der kan være risiko for bygningskadelige vibrationer i afstande op til ca. 40 meter og mærkbare vibrationer i afstande op til ca. 125 meter fra ramningen.

Ved 22 broer omfatter en til flere af de aktuelle løsninger, at der skal foretages spunsramning. Ved tre af disse broer er der risiko for, at vibrationer fra ramningen overstiger indsatskriteriet for bygningskadelige vibrationer ved de nærmeste boliger. Der er registreret 1-4 boliger ved hver bro.

Ved 15 af de 22 broer er der risiko for, at boliger bliver berørt af mærkbare vibrationer ifm. ramning af spuns, og ved fem af broerne vurderes det, at flere end 20 boliger kan blive berørt af mærkbare vibrationer over vurderingskriteriet.

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.

Ramning af fundamenter til kørestrømsmaster skal fortrinsvist gennemføres i det åbne land, hvor der kun er få naboer som berøres. I byområderne, må det dog forventes, at en del boliger bliver berørt af mærkbare vibrationer, men kun få, hvor der er risiko for bygnings-beskadigelse. Det skal bemærkes, at vibrationspåvirkningerne vil være meget kortvarige for den enkelte ejendom på grund af aktivitetens hurtige fremrykning.

2.2 Støj og vibrationer i driftsfasen

Elektrificeringen af strækningen mellem Aarhus og Lindholm vil ikke påvirke driftssituationen, dvs. det vil ikke ændre på togmængden og hastigheden, og det vurderes dermed at elektrificeringen ikke vil medføre forøget støj- eller vibrationsniveau for naboer langs jernbanen. Der henvises til fagnotat om støj og vibrationer – hastighedsopgradering Aarhus – Hobro for yderligere information.

3 Lovgrundlag

Miljøbeskyttelsesloven /4/

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 /5/

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 /6/

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. Den vejledende grænseværdi for mærkbare vibrationer benyttes som vurderingskriterium for såvel vibrationer i anlægsfasen og driftsfasen.

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, /9/.

Kommunale forskrifter for anlægsarbejder

Nogle kommuner herunder Aalborg Kommune har udarbejdet en forskrift for håndtering af forskellige miljøforhold ved bygge- og anlægsarbejder, herunder fastsat regler og grænseværdier for støj og vibrationer. De øvrige kommuner, som er Rebild, Mariagerfjord, Randers, Favrskov og 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

Elektrificeringen indebærer, at der skal opsættes køreledningsanlæg og tekniske bygninger, herunder forsyningsstationer og autotransformere, som forsyner togene med strøm, på hele den ca. 145 km lange strækning.

For at kunne etablere køreledningerne og gøre plads til den strømaftager, der er monteret på togene, kræves en vis frihøjde under broer. Ikke alle de eksisterende broer overholder kravet til frihøjde. Derfor skal 54 broer ændres, så der bliver plads til kørestrømsanlægget. Dette sker enten ved at hæve de eksisterende broer, rive broerne ned og etablere nye broer, sænke jernbanesporene eller at flytte jernbanesporene samt sporskifter. En del broer nedlægges permanent og erstattes ikke.

Yderligere planlægges der fem steder på strækningen anlæg af nye sti- eller vejbroer.

Broændringerne betyder, at tilstødende veje muligvis ændres og at dæmninger udvides. Banedanmarks grundløsning i forbindelse med vejombygning er som udgangspunkt en erstatning magen til den eksisterende løsning, men hvor vejanlægget bringes op til nutidig vejstandard.

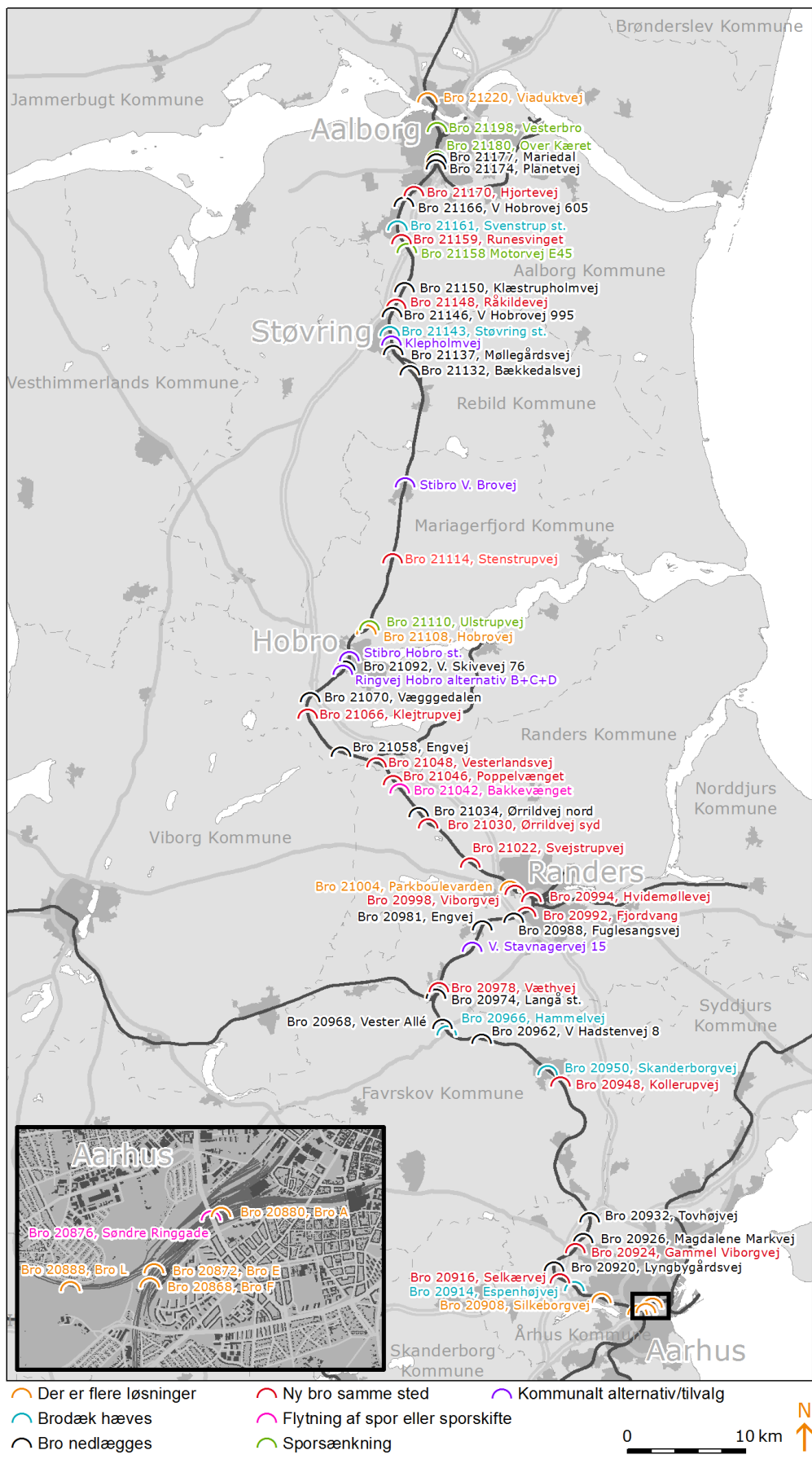
I forbindelse med projektet, vil de tilgrænsende arealer blive pålagt restriktioner i form af en eldriftsservitut /1/. Eldriftsservitutens minimumsafstande er henholdsvis 10 m, 14 m og 19 m (målt fra spormidte). Eldriftsservitutten vil bl.a. betyde, at bevoksning langs banen beskæres op til 10 meter fra spormidte.

Ændringen af broerne langs strækningen medfører, at der midlertidigt må inddrages områder omkring banen til arbejdsarealer i anlægsfasen. Det kan også blive nødvendigt med permanente ekspropriationer.

Nedenfor findes en overordnet beskrivelse af projektet. For en mere detaljeret gennemgang af anlægget henvises til fagnotat om anlægsbeskrivelsen /2/.

4.1.1 Eksisterende broer

Nedenfor er listet de broer, der berøres i forbindelse med elektrificeringen, og hvilke løsninger, der er undersøgt fordelt på de respektive kommuner. For en række broer er der undersøgt flere løsninger, og der træffes først senere afgørelse om den endelige løsning for disse.



Figur 1: Oversigt over broændringer, sporsænkninger og kommunale alternativer i forbindelse med elektrificering af Aarhus-Lindholm.

Aarhus Kommune

I Aarhus Kommune ændres 12 broer som følge af elektrificeringen.

Km	Bro nr.	Vejnavn/sted	Undersøgte løsninger
106+485	20868	Baneterræn, Bro F	Brohævning, Nye broer
106+580	20872	Baneterræn, Bro E	samme sted, Sporsænkning
107+220	20876	Søndre Ringgade	Sideflytning af spor
107+320	20880	Baneterræn, Bro A	Brohævning, Ny bro samme sted
111+150	20888	Baneterræn, Bro L	Brohævning, Ny bro samme sted, Sporsænkning
114+390	20908	Silkeborgvej	Ny bro samme sted, Sporsænkning
117+070	20914	Espenhøjvej	Brohævning
118+040	20916	Selkærvej	Ny bro samme sted
119+670	20920	L yngbygårdsvej	Nedlæggelse
122+180	20924	Gl. Viborgvej	Ny bro samme sted
123+280	20926	Magdalene Markvej	Nedlæggelse
125+210	20932	Tovhøjvej	Nedlæggelse

Favrskov Kommune

I Favrskov Kommune ændres fem broer som følge af elektrificeringen.

Km	Bro nr.	Vejnavn/sted	Undersøgte løsninger
139+710	20948	Kollerupvej	Ny stibro
141+170	20950	Skanderborgvej	Brohævning
147+650	20962	V. Hadstenvvej 8	Nedlæggelse
150+890	20966	Hammelvej	Brohævning
151+340	20968	Vester Allé	Nedlæggelse

Randers Kommune

I Randers Kommune ændres 13 broer som følge af elektrificeringen.

Km	Bro nr.	Vejnavn/sted	Undersøgte løsninger
154+340	20974	Gangbro Langå St.	Nedlæggelse
154+840	20978	Væthvej	Ny bro samme sted
161+590	20981	Engvej	Nedlæggelse
164+440	20988	Fuglsangsvej	Nedlæggelse
165+620	20992	Fjordvang	Ny bro nyt sted
167+130	20994	Hvidemøllevej	Ny bro nyt sted
168+680	20998	Viborgvej	Ny bro nyt sted
169+230	21004	Parkboulevarden	Ny bro samme sted, Sporsænkning
173+170	21022	Svejstrupvej	Ny bro samme sted
178+150	21030	Ørrildvej Syd	Ny bro samme sted
179+380	21034	Ørrildvej Nord	Nedlæggelse
181+960	21042	Bakkevænget	Flytning af sporskifte
182+830	21046	Poppelvænget	Ny bro samme sted

Mariagerfjord Kommune

I Mariagerfjord Kommune ændres otte broer som følge af elektrificeringen. Bro nr. 21114 ved Stenstrupvej miljøvurderes for løsningen ny bro i et separat notat.

Km	Bro nr.	Vejnavn/sted	Undersøgte løsninger
184+990	21048	Vesterlandsvej	Ny bro samme sted
188+120	21058	Engvej	Nedlæggelse
192+610	21066	Klejtrupvej	Ny bro samme sted
194+140	21070	Væggedalen	Nedlæggelse
198+190	21092	V. Skivevej 76	Nedlæggelse
202+160	21108	Hobrovej	Brohævning, Ny bro samme sted
202+570	21110	Ulstrupvej	Sporsænkning

Rebild Kommune

I Rebild Kommune ændres tre broer som følge af elektrificeringen.

Km	Bro nr.	Vejnavn/sted	Undersøgte løsninger
225+270	21132	Bækkedalsvej	Nedlæggelse
227+800	21137	Møllegårdsvej	Nedlæggelse
229+470	21143	Støvring St.	Brohævning

Aalborg Kommune

I Aalborg Kommune ændres 13 broer som følge af elektrificeringen.

Km	Bro nr.	Vejnavn	Undersøgte løsninger
231+090	21146	V. Hobrovej 995	Nedlæggelse
231+910	21148	Råkildevej	Ny bro samme sted
233+450	21150	Klæstrupholm	Nedlæggelse
237+100	21158	Motorvej E45	Sporsænkning
238+000	21159	Runesvinget	Ny stibro
239+210	21161	Svenstrup St.	Brohævning
241+330	21166	V. Hobrovej 605	Nedlæggelse
242+560	21170	Hjortevej	Ny stibro
245+510	21174	Planetvej	Nedlæggelse
246+020	21177	Mariedal	Nedlæggelse
246+160	21180	Over Kæret	Sporsænkning
248+810	21198	Vesterbro	Sporsænkning
251+730	21220	Viaduktvej	Ny bro samme sted, Sporsænkning

4.1.2 Kommunale alternativer

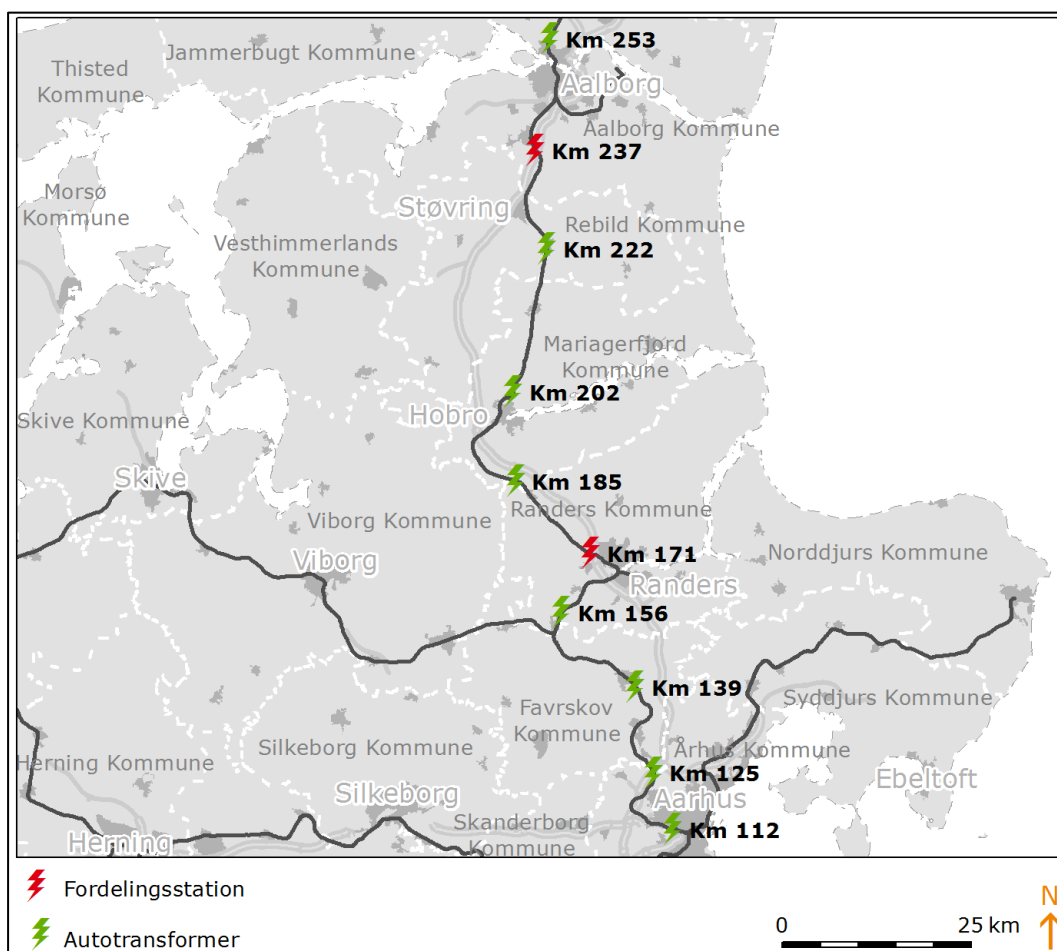
I Randers, Rebild og Mariagerfjord kommuner har kommunalbestyrelserne foreslået anlæg af nedenstående alternative vej- og stibroer med kommunal

medfinansiering i forbindelse med elektrificering af strækningen Aarhus-Lindholm.

Km	Kommune	Vejnavn/sted	Beskrivelse
159+400	Randers	V. Stavnagervej 15	Ny stibro som erstatning for overkørsel 333
197+700	Mariagerfjord	Ringvej, Hobro	Ny bro (tre varianter B, C og D)
198+900	Mariagerfjord	Stibro Hobro St.	Ny stibro
208+670	Mariagerfjord	21114, Stenstrupvej	Nedlæggelse
215+050	Mariagerfjord	Stibrovej v. Brovej	Ny stibro
228+500	Rebild	Klepholmvej	Ny bro

4.1.3 Transformerstationer

Til forsyning af det nye køreledningsanlæg etableres der forsyningsstationer og autotransformere. For både forsyningsstationer samt autotransformere etableres der en adgangsvej fra det eksisterende offentlige vejnet til bygningerne, der har en størrelse på ca. 6x12x4m. Placeringen fremgår af Figur 2.



Figur 2: Forsyningsstationer og autotransformere på strækningen Aarhus-Lindholm

4.2 Fakta om støj og vibrationer

4.2.1 Støj

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

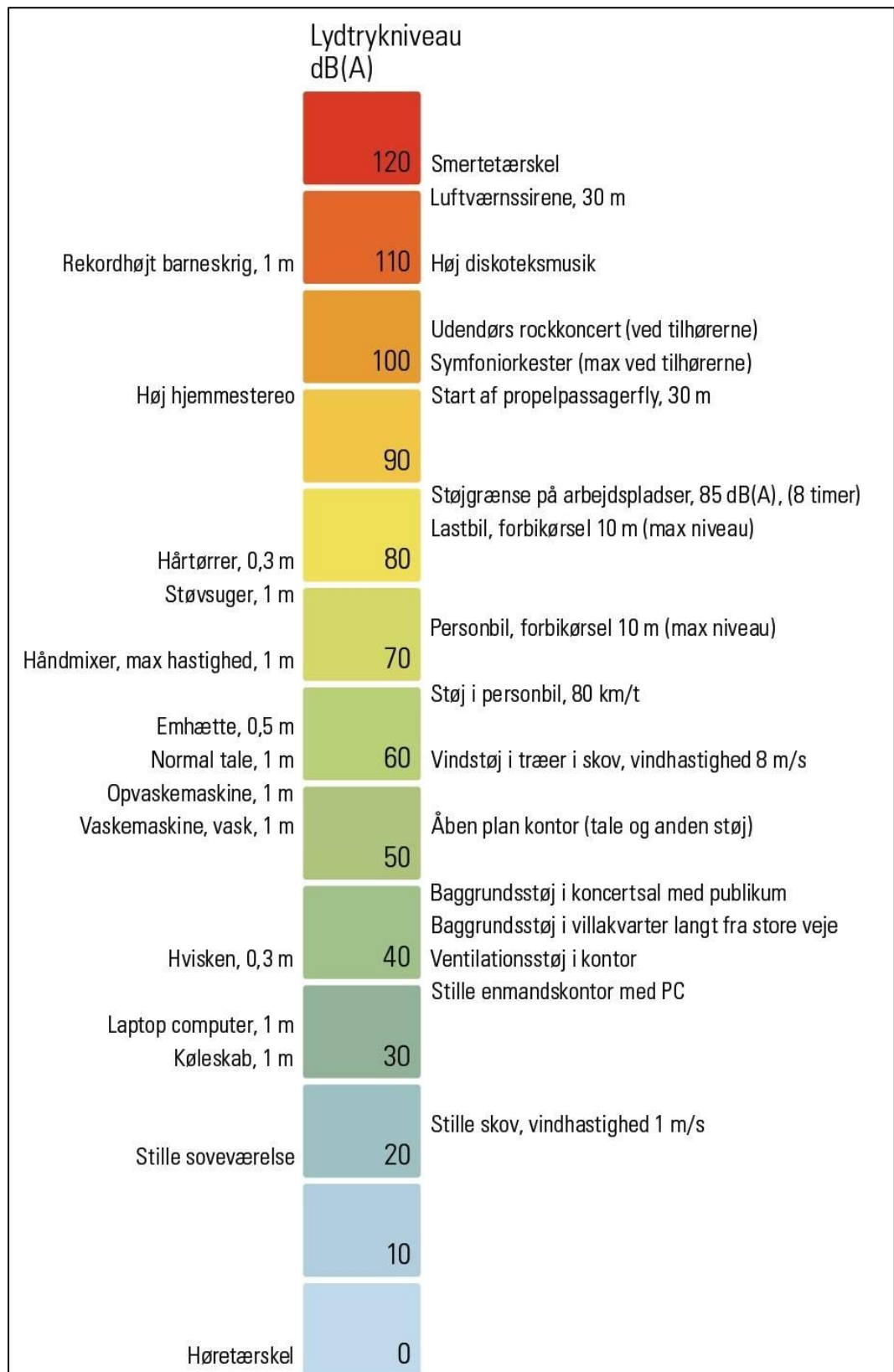
Decibelbegrebet er et logaritmisk begreb. Det indebærer bl.a., at hvis man lægger støjen sammen fra to lige store støjklender, vil det give et øget støjniveau på 3 dB. Det betyder f.eks., at en fordobling af trafikmængden giver en 3 dB forøgelse af støjniveauet.

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 støj. Graden af gene afhænger især af støjens karakter (intensitet, frekvensfordeling, fordeling over døgnnet 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.



Kilde: Delta

4.2.2 Vibrationer

Vibrationer fra bygge- og anlægsaktiviteter opstår ved at jorden eller undergrunden påvirkes af pludselige stød eller periodiske påvirkninger fra tunge entreprenørmaskiner. Herfra udbreder vibrationerne sig videre i jorden, hvor de kan overføres til bygningsfundamenter og resten af bygningen.

Vibrationerne vurderes både i forhold til risiko for bygningskader og gener i form af mærkbare vibrationer for mennesker der opholder sig i bygningen. Bygningskadelige vibrationer måles på bygningsfundamentet angives i mm/s. Mærkbare vibrationer måles på gulve i opholdsrum og angives i dB(KB).

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.

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).

4.3 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. En liste over de anvendte data fremgår af Bilag 1.

4.4 Støj og vibrationer i driftsfasen

Elektrificeringen af strækningen mellem Aarhus og Lindholm vil ikke påvirke driftssituationen, dvs. det vil ikke ændre på togmængden og hastigheden, og det vurderes dermed at elektrificeringen ikke vil medføre forøget støj- eller vibrationsniveau for naboer langs jernbanen. Støj og vibrationer i driftsfasen behandles derfor ikke yderligere i dette fagnotat. Der henvises til fagnotat om støj og vibrationer - hastighedsopgradering Aarhus-Hobro for yderligere information.

4.5 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 disses placeringer og anvendelse /4/.

Jf. Bekendtgørelse nr. 639, 2012 om miljøregulering af visse aktiviteter skal visse støjfrembringende bygge- og anlægsarbejder anmeldes til kommunen mindst 14 dage inden igangsætning /5/.

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

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

Aalborg Kommune har udarbejdet forskrift til håndtering af bl.a. støj og vibrationer fra midlertidige bygge- og anlægsarbejder /7/. Arbejdet skal anmeldes senest 14 dage før arbejdet påbegyndes. Der skal overholdes en grænseværdi for støj på 70 dB(A) ved beboelse og en grænseværdi for vibrationer på 85 dB, angivet som KB vægtet accelerationsniveau. Bygge og anlægsarbejderne skal udføres inden for normal arbejdstid, som er mandag til fredag mellem kl 07.00 og 18.00. Miljøforvaltningen kan efter modtagelse af ansøgning give dispensation til, at arbejderne kan udføres, selv om grænseværdierne ikke kan overholdes.

Aarhus, Favrskov, Randers, Mariagerfjord og Rebild Kommuner har ikke udarbejdet forskrifter om støj og vibrationer i bygge og anlægsprojekter. Kommunerne henviser blot til, at støjfrembringende bygge- og anlægsarbejder skal anmeldes senest 14 dage før arbejdet påbegyndes.

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 Grænseværdier for støj

Støj fra anlægsarbejdet vurderes i denne sammenhæng med udgangspunkt i Banedanmarks miljøpolitik /14/ og GAB-Miljø /8/, 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. Banedanmarks miljømålsætning i forhold til støj fra anlægsarbejde fremgår af Tabel 1.

Tabel 1: Banedanmarks miljømålsætning for støj fra anlægsarbejde /8/.

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 gælder for 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 /12/.

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

4.5.2 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*" /6/. Grænseværdierne for komfortvibrationer er generelle og fremgår af

Tabel 2.

Tabel 2: Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier for komfortvibrationer /6/.

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

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 /8/.

Tabel 3: Grænseværdier for bygningskadelige vibrationer, DIN 4150-3 /9/.

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.

Det vil sige ud over, at en bygherre/entreprenør skal beskytte de omkringliggende ejendomme/bygninger mod vibrationspåvirkninger/-skader fra anlægsarbejderne, er det ejerens ansvar, at dennes ejendom er i en rimelig byggeteknisk forsvarlig stand. I den forbindelse henvises til Bekendtgørelse af Byggelov LBK nr. 1185 af 2010, § 12 /13/. Af § 12 stk. 2 ses det bl.a., at en kommunalbestyrelse kan pålægge en ejer at afholde en del eller hele udgiften til foranstaltninger til sikring af ejendommen/bygningen.

Gener fra anlægsarbejder forsøges afbødet ved en god information af de nærmeste naboer, og så vidt muligt en hensigtsmæssig indretning af byggepladserne, der især bør tage sigte på at beskytte boligområder bedst muligt. Anlægsarbejderne forsøges i videst muligt omfang udført i dagperioden og på hverdage /8/.

4.6 Støj og vibrationer i anlægsfasen

Støj og vibrationer i anlægsperioden er vurderet med udgangspunkt i de arbejdsprocesser, som vurderes at give de største påvirkninger i de enkelte anlægsfaser og i forhold til de nærmeste boligbebyggelser.

Udvælgelsen af de aktiviteter som omfattes af undersøgelsen er foretaget ud fra de valgte løsninger og anlægsbeskrivelserne for hver bro.

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.

4.6.1 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 af støjniveauer 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, /10/, 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 akustisk blødt overalt.
- Det er forudsat, at støjkilderne er placeret i højder 1-3 meter over terræn afhængig af den enkelte entreprenørmaskine (ramning dog op til 12 m) og modtageren 1,5 meter over terræn.

Ved støjudbredelse gennem bebygget område vil grænseværdiafstandene reelt være mindre, idet de nærmeste bygninger skærmer for bagvedliggende bygninger. Omvendt vil bygningerne samtidig reflektere støjen, og der vil også være refleksioner fra hårdt terræn. Disse forhold vil modvirke hinanden, og de viste afstande kan således stadig anvendes til at vurdere, om en grænseværdi kan forventes overskredet.

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

Det er desuden forudsat at aktiviteterne er i drift 100% af tiden.

Opgørelsen af støjbelastede boliger er foretaget på grundlag af de anlægsaktiviteter, som forventes at give anledning til de største påvirkninger og dermed risiko for gener. Der er således udvalgt aktiviteter, som giver anledning til den største støjubredelse.

Der er optalt boliger, der ligger inden for en såkaldt grænseværdiafstand fra aktiviteten. Grænseværdiafstanden beskriver, hvor langt væk fra det pågældende anlægsarbejde, man skal bevæge sig, før støjniveauet er lavere end miljømålsætningen på 70 dB(A) inden for normal arbejdstid og 40 dB(A) i øvrige tidsrum. Afstandsudmålingen tager udgangspunkt i midtpunktet eller afgrænsningen af det pågældende arbejdsområde eller bygværk. Ved sporsænkninger, er antallet af boliger optalt over hele strækningen, der berøres af sænkningen.

Optællingerne af støjbelastede boliger er baserede på udtræk af oplysninger fra Bygnings- og Boligregisteret (BBR) om helårsboliger og adressepunkter i hele det berørte område fra Aarhus til Lindholm ved Aalborg. 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.

4.6.2 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 en grænseværdiafstand fra de vibrationsgivende aktiviteter, som svarer til at miljømålsætningen vedrørende bygningsskadelige vibrationer og mærkbare vibrationer er overholdt. Grænseværdiafstandene er fastsat på baggrund af erfaringer fra lignende anlægsaktiviteter, da der ikke eksisterer en standardiseret metode til bestemmelse af vibrationsudbredelsen. Afstandsudmålingen tager udgangspunkt i midtpunktet eller afgrænsningen af det pågældende arbejdsområde eller bygværk.

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.

4.6.3 Væsentlige anlægsaktiviteter i forhold til støj og vibrationer

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

- Ramning af spuns
- Ramning af fundamenter til kørestrømsmaster
- Nedrivning af broer
- Jordarbejde
- Konstruktion af nye broer, forsyningsstationer og transformatorer
- Sporopbygning

Ramning af spuns for støttevæg ved broer

Ved nogle broer skal der etableres spunsvægge/støttevægge i forbindelse med sporsænkning, etablering af ny bro eller brohævning. Spunsen rammes med en hydraulisk faldhammer, som er monteret på en rambuk. Ramning af spunsvægge har typisk et lydeffektniveau på $L_{WA} = 125$ dB(A). Alternativt kan spunsen nedvibreres, hvilket har et lydeffektniveau på $L_{WA} = 115$ dB(A). Ved ramning har støjen karakter af impulsstøj, som er mere generende, og skal derfor korrigeres med +5 dB.

Det vurderes, at der er risiko for bygningsskadelige vibrationer, svarende til en svingningshastighed i størrelsesordenen $v_{peak} = 4-5$ mm/s på bygningfundamentet, inden for en afstand af 30-40 m fra ramningen.

Desuden vurderes det, at der kan optræde mærkbare vibrationer over 75 dB inden for en afstand af ca. 125 m fra ramningen.

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. 50 m langs begge sider af jernbanen og ca. 3,2 m fra nærmeste spor.

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.

Sporopbygning

Til sporopbygning herunder lægning-, justering-, stabilisering- og slibning af spor benyttes specielle skinnekørende 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 skinnekørende 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

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

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

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, etablering af forsyningsstationer og transformatorer mv.

In-situ støbning af brodæk udføres i forbindelse med en ny bro eller brohævning. Det forudsættes udført vha. to 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.

Jordarbejde

Jordarbejder udføres bl.a. i forbindelse med tilpasning af ramper ved broerne og fjernelse af ramper ved broer der nedlægges. Desuden udføres jordarbejder til etablering af erstatningsveje. Jordarbejder udføres lokalt med mellemstore gravemaskiner samt dumpere for flytning af jord mv.

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

Øvrige aktiviteter

Anlægsfasen vil samtidig indeholde en række arbejdsprocesser, herunder arbejdskørsel til og fra byggepladserne, 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 støjen derfra er mindre betydende sammenlignet med det egentlige bro-/sporarbejde.

5 0-alternativet

0-alternativet er situationen i 2030, hvor elektrificering ikke udføres. Der udføres heller ikke hastighedsopgradering af jernbanen på strækningen Aarhus-Hobro. Naboprojekter (Hastighedsopgradering Hobro-Aalborg, elektrificering og kapacitetsudvidelse af Aarhus H, projekter syd for Aarhus m.fl.) udføres fortsat.

Trafikmængden på strækningen i 0-alternativet er den samme som i projektalternativet (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 mellem Aarhus og Hobro (uden hastighedsopgraderinger) og ad banens nuværende linjeføring (uden kurveudretninger).

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

De væsentligste anlægsaktiviteter i forbindelse med elektrificeringens Grundløsning omfatter ombygninger ved broer og opsætning af kørestrømsmaster. Ombygningerne udføres som sporsænkninger, brohævninger, nye broer eller ved helt at nedlægge broer, hvilket nogle steder bevirker, at der skal etableres en erstatningsvej. Til kørestrømsmasterne skal der etableres fundamenter, som rammes eller støbes. Desuden skal der etableres to forsyningsstationer og otte transformatorer til kørestrømsanlægget.

7.1.1 Støj fra de væsentligste anlægsaktiviteter

Der er gennemført beregninger af støjjudredelsen fra de væsentligste anlægsaktiviteter og fastsat grænseværdiafstanden til hhv. 70 dB i dagperioden og 40 dB i øvrige tidsrum.

De beregnede grænseværdiafstande for anlægsaktiviteter i forbindelse med ombygning ved broer og for etablering af fundamenter til kørestrømsmaster er anført i Tabel 4.

Anlægsperioden varierer fra få uger til op til ca. ni måneder. Nedrivning af broer er af kortest varighed, og større sporsænkninger samt etablering af nye broer er af længst varighed. Der er endnu ikke udarbejdet en udførelsestidsplan, hvorfor der ikke er angivet en præcis varighed af eventuelle støjgener.

Tabel 4: Beregnede grænseværdiafstande, hvor støjuddannelsen fra en arbejdsproces er lig med miljømålsætningen. I kortere afstande er støjuddannelsen større end målsætningen og i større afstande er støjuddannelsen mindre. Beregningen forudsætter støjuddannelse over ikke afskærmet porøst terræn.

Arbejdsproces	Lydeffekt L _{WA} i dB(A)	Grænseværdiafstand	
		70 dB(A)	40 dB(A)
Ramning af spuns	125	125 m	1850 m
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 spunsramning og 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. 210 m for spunsramning og 80 m for ramning af mastefundamenter.

I bilag 2 er der vedlagt tegninger, som viser støjuddannelsen fra de væsentligste anlægsaktiviteter ved grænseværdiafstande til 70 dB(A) og 40 dB(A).

Støjregningerne er udført med en forudsætning om 100% konstant drift af den enkelte anlægsaktivitet, og at der ikke foregår flere aktiviteter samtidig. Denne forudsætning afspejler en worst-case situation, som kun vil forekomme meget få gange i løbet af anlægsperioden. I realiteten vil den enkelte nabo opleve perioder med støjbelastninger af varierende styrke afbrudt af perioder uden nævneværdig støj.

Afhængig af hvilken løsningsmodel, der realiseres, vil den samlede anlægsperiode variere mellem få uger og op til ca. ni måneder. Ved især den korte anlægsperiode må der forventes et mere intenst arbejdsforløb, og at arbejdet udføres såvel dag som nat.

7.1.2 Antal berørte boliger og støjfølsomhed

Med udgangspunkt i de beregnede grænseværdiafstande, inkl. impulstillæg for rammearbejder, er der optalt boliger, som vil blive berørt af støjniveauer over miljømålsætningen på 70 dB inden for normal arbejdstid og 40 dB i øvrige tidsrum. Optællingen er udført både for ombygninger ved broer, etablering af fundamenter til kørestrømsmaster og etablering af forsyningsstationer og transformatorer.

Optællingen i forhold til miljømålsætningen på 40 dB viser hvor mange boliger, der vil blive berørt af støj fra anlægsarbejdet, hvis det udføres uden for normal arbejdstid. Behovet for natarbejde er ikke endelig afklaret, men

der planlægges med nat- og weekendspærringer af sporet ved de fleste broer, så 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

7.1.3 Ombygninger ved broer

Det optalte antal berørte boliger og den vurderede støjfølsomhed for hver af de berørte broer og løsningsmuligheder ses i Tabel 5 til Tabel 10.

Tabel 5: Antal berørte boliger i Aarhus Kommune inden for normal arbejdstid og vurdering af støjfølsomhed ved hver af de berørte broer på skala 0-3, hvor 0= ingen støjbelastede boliger og 3 = flere end 20 støjbelastede boliger.

Brnr.	Vejnavn og km	Løsning	Aktivitet med størst påvirkning	Antal boliger >70 dB	Antal boliger >40 dB	Støjfølsomhed dag/nat
20868/ 20872	Bro F og E	Brohævning	Konstruktionsarbejde	0	3560	0/3
		Ny bro samme sted	Spunsramning	68	28512	3/3
		Sporsænkning	Sporarbejde	0	2952	0/3
20876	Søndre Ringgade	Sideflytning	Sporarbejde	0	6044	0/3
20880	Bro A	Brohævning	Konstruktionsarbejde	0	2963	0/3
		Ny bro samme sted	Spunsramning	16	35414	2/3
20888	Bro L 111+150	Brohævning Ny bro samme sted Sporsænkning	Spunsramning i alle løsninger	49	19782	3/3
20908	Silkeborgvej 114+390	Ny bro samme sted Sporsænkning	Spunsramning	108	8004	3/3
			Jordarbejde	15	1258	
20914	Espenhøjvej 117+070	Brohævning	Konstruktionsarb.	2	30	1/3
20916	Selkærvej 118+040	Ny bro samme sted	Spunsramning	5	129	1/3
20920	Lyngbygårdsv ej 119+670	Bronedlæggelse	Jordarbejde	0	26	0/3
20924	Gl. Viborgvej 122+180	Ny bro samme sted	Konstruktionsarb.	17	239	2/3
20926	Magdalene Markvej 123+280	Bronedlæggelse	Jordarbejde	1	14	1/2
20932	Tovhøjvej	Bronedlæggelse	Jordarbejde	2	5	1/1

	125+210				
--	---------	--	--	--	--

Tabel 6: Antal berørte boliger i Favrskov Kommune inden for normal arbejdstid og vurdering af støjfølsomhed ved hver af de berørte broer på skala 0-3, hvor 0= ingen støjbelastede boliger og 3 = flere end 20 støjbelastede boliger.

Bronnr.	Vejnavn og km	Løsning	Aktivitet med størst påvirkning	Antal boliger >70 dB	Antal Boliger >40dB	Støjfølsomhed dag/nat
20948	Kollerupvej 139+710	Ny bro samme sted	Spunsramning	1	2278	1/3
20950	Skanderborgvej 141+170	Brohævning	Konstruktionsarb.	7	1142	1/3
20962	V. Hadstenvej 8 147+650	Bronedlæggelse	Jordarbejde	0	9	0/1
20966	Hammelvej 150+890	Brohævning	Konstruktionsarb.	12	313	2/3
20968	Vester Allé 151+340	Bronedlæggelse	Jordarbejde	0	20	0/2

Tabel 7: Antal berørte boliger i Randers Kommune inden for normal arbejdstid og vurdering af støjfølsomhed ved hver af de berørte broer på skala 0-3, hvor 0= ingen støjbelastede boliger og 3 = flere end 20 støjbelastede boliger.

Bronnr.	Vejnavn og km	Løsning	Aktivitet med størst påvirkning	Antal boliger >70 dB	Antal boliger >40 dB	Støjfølsomhed dag/nat
20974	Langå St. 154+340	Bronedlæggelse	Jordarbejde	1	551	1/3
20978	Væthvej 154+840	Ny bro samme sted	Konstruktionsarb.	37	834	3/3
Ovk 333	V. Stavnagervej 15 159+400	Ny bro samme sted	Spunsramning	1	758	1/3
20981	Engvej 161+590	Bronedlæggelse	Jordarbejde.	1	15	1/2
20988	Fuglsangsvej 164+440	Bronedlæggelse	Jordarbejde	9	68	1/3
20992	Fjordvang 165+620	Ny bro nyt sted	Spunsramning	99	8261	3/3
20994	Hvidemøllevej 167+130	Ny bro nyt sted	Spunsramning	147	16881	3/3
20998	Viborgvej 168+680	Ny bro nyt sted	Spunsramning	10	12316	1/3
21004	Parkboulevarden 169+230	Ny bro samme sted Sporsænkning	Spunsramning i alle løsninger	229	9368	3/3
21022	Svejstrupvej 173+170	Ny bro samme sted	Spunsramning	4	70	1/3
21030	Ørrildvej Syd 178+150	Ny bro samme sted	Spunsramning	4	70	1/3
21034	Ørrildvej Nord 179+380	Bronedlæggelse	Jordarbejde	2	31	1/3

21046	Poppelvænget 182+830	Ny bro samme sted	Spunsramning	42	559	3/3
-------	-------------------------	----------------------	--------------	----	-----	-----

Tabel 8: Antal berørte boliger i Mariagerfjord Kommune inden for normal arbejdstid og vurdering af støjfølsomhed ved hver af de berørte broer på skala 0-3, hvor 0= ingen støjbelastede boliger og 3 = flere end 20 støjbelastede boliger.

Brnr.	Vejnavn og Km	Løsning	Aktivitet med størst påvirkning	Antal boliger >70 dB	Antal boliger >40 dB	Støjfølsomhed dag/nat
21048	Vesterlandsvej 184+990	Ny bro samme sted	Spunsramning	0	146	0/3
21058	Engvej 188+120	Bronedlæggelse	Jordarbejde	0	0	0/0
21066	Klejtrupvej 192+610	Ny bro samme sted	Spunsramning	2	39	1/3
21070	Væggedalen 194+140	Bronedlæggelse	Jordarbejde	1	4	1/1
Hobro syd B, C, D	Ringvej Hobro 197+700	Ny bro	Spunsramning	5	3616	1/3
21092	V. Skivevej 76 198+190	Bronedlæggelse	Jordarbejde	0	178	0/3
Hobro, stibro	Stibro Hobro St. 198+900	Ny bro	Spunsramning	197	5151	3/3
21108	Hobrovej 202+160	Brohævning Ny bro samme sted	Jordarbejde	0	18	0/2
21110	Ulstrupvej 202+570	Sporsænkning	Sporarbejde	2	6	1/1
21114	Stenstrupvej 208+670	Bronedlæggelse	Jordarbejde	2	12	1/2
Arden	Stibro v. Brovej 215+050	Ny bro	Spunsramning	44	1330	3/3

Tabel 9: Antal berørte boliger i Rebild Kommune inden for normal arbejdstid og vurdering af støjfølsomhed ved hver af de berørte broer på skala 0-3, hvor 0= ingen støjbelastede boliger og 3 = flere end 20 støjbelastede boliger.

Brnr.	Vejnavn og km	Løsning	Aktivitet med størst påvirkning	Antal boliger >70 dB	Antal boliger >40 dB	Støjfølsomhed dag/nat
21132	Bækkedalsvej 225+270	Bronedlæggelse	Jordarbejde	0	2	0/1
21137	Møllegårdsvej 227+800	Bronedlæggelse	Jordarbejde	1	20	1/2
Rebild	Klepholmvej 228+500	Ny bro	Spunsramning og jordarbejde	19	3044	2/3
21143	Støvring St. 229+470	Brohævning	Konstruktionsarb.	1	583	1/3

Tabel 10: Antal berørte boliger i Aalborg Kommune inden for normal arbejdstid og vurdering af støjfølsomhed ved hver af de berørte broer på skala 0-3, hvor 0= ingen støjbelastede boliger og 3 = flere end 20 støjbelastede boliger.

Bronr.	Vejnavn og Km	Løsning	Aktivitet med størst påvirkning	Antal boliger >70 dB	Antal boliger >40 dB	Støjfølsomhed dag/nat
21146	V. Hobrovej 995 231+090	Bronedlæggelse	Jordarbejde	1	22	1/3
21148	Råkildevej 231+910	Ny bro samme sted	Spunsramning	7	287	1/3
21150	Klæstrupholm 233+450	Bronedlæggelse	Jordarbejde	2	72	1/3
21158	Motorvej E45 237+100	Sporsænkning	Sporopbygning	0	0	0/0
21159	Runesvinget 238+000	Ny bro samme sted	Spunsramning	3	1639	1/3
21161	Svenstrup St. 239+210	Brohævning	Konstruktionsarb.	0	354	0/3
21166	V. Hobrovej 605 241+330	Bronedlæggelse	Jordarbejde	0	317	0/3
21170	Hjortevej 242+560	Ny bro samme sted	Spunsramning	75	2459	3/3
21174	Planetvej 245+510	Bronedlæggelse	Jordarbejder	18	1136	2/3
21177	Mariedal 246+020	Bronedlæggelse	Jordarbejder	0	414	0/3
21180	Over Kæret 246+160	Sporsænkning	Sporopbygning	0	643	0/3
21198	Vesterbro 248+810	Sporsænkning	Sporopbygning	280	8933	3/3
21220	Viaduktvej 251+730	Ny bro samme sted Sporsænkning	Konstruktionsarb. Sporopbygning	50 19	1528 1555	3/3

7.1.4 Ramning af mastefundamenter

Antallet af berørte boliger ved ramning af mastefundamenterne er opgjort pr. kommune og anført i Tabel 11.

Tabel 11: Antal berørte boliger pr. kommune ved ramning af fundamenter til kørestrømsmaster.

Kommune	Banestrækningens længde i km	Antal boliger >70 dB
Aarhus	16,1	663
Favrskov	27,8	677
Randers	29,5	721
Mariagerfjord	34,9	460
Rebild	12,8	200
Aalborg	21,1	2457
Sum	142,2	5178

7.1.5 Etablering af forsyningsenheder og transformatorer

Antallet af berørte boliger og den vurderede støjfølsomhed for hver forsyningsenhed/transformator er angivet i Tabel 12.

Tabel 12: Antal berørte boliger og vurdering af støjfølsomhed ved hver transformator på skala 0-3, hvor 0= ingen støjbelastede boliger og 3 = flere end 20 støjbelastede boliger.

Kommune	Km.	Antal boliger >70 dB	Antal boliger >40 dB	Støjfølsomhed dag/nat
Aarhus	112+750	0	540	0/3
Aarhus	125+250	0	4	0/1
Favrskov	139+600	0	6	0/1
Randers	156+600	0	19	0/2
Randers	171+100	0	5	0/1
Mariagerfjord	185+200	0	4	0/1
Mariagerfjord	202+800	0	6	0/1
Rebild	222+400	5	641	0/3
Aalborg	237+300	0	13	0/2
Aalborg	253+750	0	16	0/2

7.2 Vibrationer i anlægsfasen

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

De anvendte grænseværdiafstanden er sammenfattet i Tabel 13.

Tabel 13: Vurderede grænseværdiafstande, hvor vibrationer fra en arbejdsproces er lig med miljømålsætningen. 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 af spuns	40m	125m
Ramning mastefundament	25m	80m
Øvrige aktiviteter	<10m	50m

I bilag 2 er der vedlagt tegninger, som viser vibrationsudbredelsen fra de ramning af spuns og mastefundamenter.

7.2.1 Antal berørte boliger og vibrationsfølsomhed

Med udgangspunkt i de vurderede grænseværdiafstande for hhv. mærkbare vibrationer og bygningsskadelige vibrationer, er der foretaget en vurdering af antal berørte boliger. Vurderingen er foretaget for hver bro, hvor der skal foretages spunsramning, 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

7.2.2 Ombygning ved broer

Det optalte antal berørte boliger og den vurderede vibrationsfølsomhed for hver af de berørte broer ses i Tabel 14 til Tabel 19. Der er kun medtaget broer, hvor der ifølge anlægsbeskrivelserne skal rammes spuns.

Anlægsperioden varierer fra få uger til op til ca. ni måneder. Nedrivning af broer er af kortest varighed, og større sporsækninger samt etablering af nye broer er af længst varighed. Der er endnu ikke udarbejdet en udførelsestidsplan, hvorfor der ikke er angivet en præcis varighed af eventuelle gener fra vibrationer.

Tabel 14: Antal berørte boliger i Aarhus Kommune inden for normal arbejdstid og vurdering af vibrationsfølsomhed ved hver af de berørte broer på skala 0-3, hvor 0= ingen vibrationsbelastede boliger og 3 = flere end 20 vibrationsbelastede boliger. Der er kun medtaget broer, hvor der skal rammes spuns.

Bronr.	Vejnavn og Km	Antal boliger $V_{fund.} > 4-5$ mm/s	Antal boliger $L_{aw} > 75$ dB(KB)	Vibrationsfølsomhed
20868/ 20872	Bro F og E	0	0	0
20880	Bro A	0	0	0
20888	Bro L 111+150	0	0	0
20908	Silkeborgvej 114+390	0	20	2
20916	Selkærvej 118+040	0	3	1

Tabel 15: Antal berørte boliger i Favrskov Kommune inden for normal arbejdstid og vurdering af vibrationsfølsomhed ved hver af de berørte broer på skala 0-3, hvor 0= ingen vibrationsbelastede boliger og 3 = flere end 20 vibrationsbelastede boliger. Der er kun medtaget broer, hvor der skal rammes spuns.

Bronr.	Vejnavn og Km	Antal boliger $V_{fund.} > 4-5$ mm/s	Antal boliger $L_{aw} > 75$ dB(KB)	Vibrationsfølsomhed
20948	Kollerupvej 139+710	0	0	0

Tabel 16: Antal berørte boliger i Randers Kommune inden for normal arbejdstid og vurdering af vibrationsfølsomhed ved hver af de berørte broer på skala 0-3, hvor 0= ingen vibrationsbelastede boliger og 3 = flere end 20 vibrationsbelastede boliger. Der er kun medtaget broer, hvor der skal rammes spuns.

Bronnr.	Vejnavn og Km	Antal boliger $V_{fund.} > 4-5$ mm/s	Antal boliger $L_{aw} > 75$ dB(KB)	Vibrations- følsomhed
Ovk 333	V. Stavnagervej 15 159+400	0	1	1
20992	Fjordvang 165+620	0	31	3
20994	Hvidemøllevej 167+130	0	0	0
20998	Viborgvej 168+680	2	6	1
21004	Parkboulevarden 169+230	0	0	0
21022	Svejstrupvej 173+170	0	2	1
21030	Ørrildvej Syd 178+150	0	2	1
21046	Poppelvænget 182+830	0	23	3

Tabel 17: Antal berørte boliger i Mariagerfjord Kommune inden for normal arbejdstid og vurdering af vibrationsfølsomhed ved hver af de berørte broer på skala 0-3, hvor 0= ingen vibrationsbelastede boliger og 3 = flere end 20 vibrationsbelastede boliger. Der er kun medtaget broer, hvor der skal rammes spuns.

Bronnr.	Vejnavn og Km	Antal boliger $V_{fund.} > 4-5$ mm/s	Antal boliger $L_{aw} > 75$ dB(KB)	Vibrations- følsomhed
21048	Vesterlandsvej 184+990	0	0	0
21066	Klejtrupvej 192+610	0	2	1
Hobro	Hobro syd, D 197+700	0	2	1
Hobro	Hobro syd, B & C 197+700	0	0	0
Hobro	Stibro Hobro St. 198+900	0	62	3
Arden	Stibro v. Brovej 215+050	0	12	2

Tabel 18: Antal berørte boliger i Rebild Kommune inden for normal arbejdstid og vurdering af vibrationsfølsomhed ved hver af de berørte broer på skala 0-3, hvor 0= ingen vibrationsbelastede boliger og 3 = flere end 20 vibrationsbelastede boliger. Der er kun medtaget broer, hvor der skal rammes spuns.

Brøn nr.	Vejnavn og Km	Antal boliger $V_{fund.} > 4-5$ mm/s	Antal boliger $L_{aw} > 75$ dB(KB)	Vibrations- følsomhed
Rebild	Klepholmvej 228+500	0	1	1

Tabel 19: Antal berørte boliger i Aalborg Kommune inden for normal arbejdstid og vurdering af vibrationsfølsomhed ved hver af de berørte broer på skala 0-3, hvor 0= ingen vibrationsbelastede boliger og 3 = flere end 20 vibrationsbelastede boliger. Der er kun medtaget broer, hvor der skal rammes spuns.

Brøn nr.	Vejnavn	Antal boliger $V_{fund.} > 4-5$ mm/s	Antal boliger $L_{aw} > 75$ dB(KB)	Vibrations- følsomhed
21148	Råkildevej 231+910	1	4	1
21159	Runesvinget 238+000	0	0	0
21170	Hjortevej 242+560	4	21	3

7.2.3 Ramning af mastefundamenter

Antallet af berørte boliger og den vurderede vibrationsfølsomhed ved ramning af mastefundamenterne er opgjort pr. kommune og anført i Tabel 20.

Tabel 20: Antal boliger pr. kommune berørt af vibrationer ved ramning af fundamenter til kørestrømsmaster. Der er optalt boliger, som påvirkes over vurderingskriteriet for bygningsvibrationer på 4-5 mm/s og mærkbare vibrationer på 75 dB(KB).

Kommune	Banestrækningens Længde i km	Antal boliger $V_{fund.} > 4-5$ mm/s	Antal boliger $L_{aw} > 75$ dB(KB)
Aarhus	16,1	44	663
Favrskov	27,8	138	677
Randers	29,5	48	721
Mariagerfjord	34,9	47	460
Rebild	12,8	36	200
Aalborg	21,1	342	2457
Sum	142,2	655	5178

7.2.4 Etablering af forsyningsstationer og transformatorer

De fleste transformatorer etableres uden for byerne i stor afstand til boligbebyggelser. Kun ved to af transformatorerne, vurderes det, at anlægsaktiviteterne kan medføre mærkbare vibrationer i nærtliggende

boliger, som overstiger grænseværdien på 75 dB(KB). Der forventes ingen bygnings-skadelige vibrationer fra aktiviteterne.

Antallet af boliger berørt af vibrationer og den vurderede vibrationsfølsomhed for hver transformator er angivet i Tabel 21.

Tabel 21: Antal berørte boliger og vurdering af vibrationsfølsomhed ved hver transformator på skala 0-3, hvor 0= ingen vibrationsbelastede boliger og 3 = flere end 20 vibrationsbelastede boliger.

Kommune	Km.	Antal boliger $V_{fund.} > 4-5$ mm/s	Antal boliger $L_{aw} > 75$ dB(KB)	Vibrations- følsomhed dag/nat
Aarhus	112+750	0	0	0/0
Aarhus	125+250	0	1	0/1
Favrskov	139+600	0	0	0/0
Randers	156+600	0	0	0/0
Randers	171+100	0	0	0/0
Mariager fjord	185+200	0	0	0/0
Mariager fjord	202+800	0	0	0/0
Rebild	222+400	0	14	0/2
Aalborg	237+300	0	0	0/0
Aalborg	253+750	0	0	0/0

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 spuns kan alternative metoder overvejes f.eks. vibrering eller forboring, som vurderes at støj op til 10 dB mindre end ved ramning. Dette kan også overvejes i relation til etablering af fundamenter til kørestrømsmaster i nærheden af støjfølsom bebyggelse.

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 anlægsmyndigheden 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 støj udbredelse 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.

Et alternativ til ramning af spuns er nedvibrering, og endelig kan der også benyttes press-in metoden, hvor spunsjernet presses ned.

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

Et alternativ til ramning af fundamenter til kørestrømsmaster kan være nedvibrering eller støbning af fundamenterne.

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

7.4 Konsekvensvurderinger for anlægsfasen

7.4.1 Vurdering af støj

Ombygningerne ved broer vil medføre en til flere af følgende anlægsaktiviteter, som har en væsentlig støjpåvirkning: Spunsramning, nedrivning af broer, jordarbejder, konstruktion af broer og sporopbygning.

På baggrund af de gennemførte beregninger vurderes det, at ombygningerne kan have en væsentlig påvirkning, med risiko for at overskride miljømålsætningen på 70 dB ved mere end nogle få boliger, især hvis arbejdet foregår tæt på boligområder eller der skal udføres arbejde uden for normal arbejdstid på grund af sperspæringer eller sammenhængende støbearbejder.

Ramning og nedbrydning har den største støjudbredelse. Hvis der foregår ramning af spuns i tæt bebygget område, vil det kunne påvirke flere hundrede boliger over indsatskriteriet for normal arbejdstid og op til mange tusinde boliger over indsatskriteriet for aften og natperioden.

Ved 24 broer skal ombygningerne udføres i kort afstand til et større boligområde, og her kan der forventes relativt mange boliger, som støjbelastes over 70 dB. I Aarhus Kommune er der tale om broerne 20868 Bro F, 20972 Bro E, 20880 Bro A, 20908 Silkeborgvej, 20888 Bro L og 20924 Gl. Viborgvej, beliggende ved boligområder i henholdsvis Aarhus C, Åby, Brabrand og Tilst. I Favrskov kommune er der tale om broerne 20950 Skanderborgvej og 20966 Hammelvej, beliggende ved boligområder i Hadsten og Laurbjerg. I Randers Kommune er der tale om broerne 20992 Fjordvang, 20994 Hvidemøllevej, 20998 Viborgvej og 21004 Parkboulevarden, beliggende i Randers by og broerne 20978 Væthvej, 20981 Engvej og 21046 Poppelvænget beliggende ved mindre boligområder i Langå, Svenstrup og Fårup. I Mariagerfjord kommune planlægges en ny stibro ved Hobro Banegård, som er beliggende ved boligområder i Hobro. I Rebild er der tale om en bro beliggende ved Klepholmvej i et mindre boligområde i Støvring. I Aalborg Kommune er der tale om broerne 21170 Hjortevej, 21174 Planetvej, 21177 Mariedal, 21180 Over Kæret, 21198 Vesterbro og 21220 Viaduktvej beliggende ved boligområder i Aalborg by og broen 21161 Svenstrup St. beliggende ved et mindre boligområde i Svenstrup.

Med henvisning til optællingerne i Tabel 5 til Tabel 10 fremgår det, at der på 44 lokaliteter kan forventes mindst én støjbelastet bolig i forbindelse med den mest støjende anlægsaktivitet. Ved 25 af lokaliteterne kan der forventes mindre end 10 støjbelastede boliger, ved 5 lokaliteter kan der forventes 10-20 støjbelastede boliger og ved de resterende 14 lokaliteter kan der forventes mere end 20 støjbelastede boliger. Det er spunsramning, der giver anledning til fleste støjbelastede boliger, og ved enkelte lokaliteter skyldes det jordarbejder eller konstruktionsarbejder, der udføres tæt på boligområder. Det vurderes, at rammeaktiviteten vil være forholdsvis kortvarig sammenlignet med det øvrige aktiviteter.

Ved de øvrige broer forventes det, at ombygningerne kan udføres uden risiko for at overskride 70 dB ved mere end nogle få boliger. Dette skyldes, at disse broer er beliggende i et område med karakter af åbent land og der vil således kun være et mindre antal berørte boliger.

Det fremgår desuden af optællingerne, at nedrivning af bro berører færre boliger end jordarbejde og konstruktionsarbejde, selvom nedrivning støjer mere. Det skyldes, at jordarbejdet foregår over et større område, og kommer derfor tættere på omkringliggende boliger. Det vurderes, at nedrivning af broer kan gennemføres uden risiko for at overskride 70 dB ved mere end nogle få boliger.

Ved 9 broer, hvor der er flere løsningsmuligheder, er antallet af berørte boliger optalt for hver løsning. Det fremgår, at der ved broerne 20868, 20872 og 20880 må forventes væsentlig flere støjbelastede boliger med løsningen Ny bro samme sted end de øvrige løsninger, fordi der skal rammes spuns. Ved de øvrige broer er der kun minimale forskelle i antallet af berørte boliger, og der er således ikke støjmæssige begrundelser for at vælge en løsning frem for en anden.

Etablering af nye fundamenter til kørestrømsmaster skal udføres langs sporene på hele strækningen. Ved ramning af fundamenterne vil op til ca. 5000 boliger, som ligger nærmest jernbanen, kunne blive berørt af støjniveauer over 70 dB, mens arbejdet står på. Det skal dog bemærkes, at støjgenerne vil være meget kortvarige for den enkelte ejendom, på grund af aktivitetens hurtige fremrykning. Der er normalt ca. 50 meter mellem fundamenterne, og ramningen varer typisk ½-1 time pr. fundament. De mest følsomme områder er byområderne i de større byer, Aarhus, Randers og Aalborg, men også i de mindre byer, Brabrand, Laurbjerg, Hadsten, Langå, Stevnstrup, Fårup, Hobro, Støvring og Svendstrup er der boligområder med mange boliger i kort afstand til banen.

Etablering af forsyningsstationer og transformatorer vil kun medføre støjbelastede boliger ved en af de 10 transformatorer. Her kan der forventes ca. fem berørte boliger over 70 dB.

Ved alt arbejde i aften og natperioden, og især såfremt der udføres ramme- og spunsarbejder, må der forventes et betydeligt større antal støjbelastede boliger end der forventes i dagperioden. Ved arbejde uden for normal arbejdstid må det generelt forventes, at den normale indsatsgrænse på 40 dB ikke kan overholdes. Ved 20 broer er der optalt over 1000 boliger, som kan blive påvirket over miljømålsætninger på 40 dB uden for normal arbejdstid.

7.4.2 Vurdering af 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.

Spunsramning er den væsentligste aktivitet i forhold til vibrationer, og det vurderes, at der kan være risiko for bygningskadelige vibrationer i afstande op til ca. 40 meter og mærkbare vibrationer i afstande op til ca. 125 meter 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 22 broer omfatter 1 til flere af de aktuelle løsninger, at der skal foretages spunsramning. Ved tre af disse broer er der risiko for, at vibrationer fra ramningen overstiger indsatskriteriet for bygningskadelige vibrationer ved de nærmeste boliger. Ved broerne 20998 Viborgvej, 21148 Råkildevej og 21170 Hjortevej er der optalt 1-4 boliger inden for 40 m vurderingskriteriet. Ved de resterende broer er der ikke registreret boliger inden for vurderingskriteriet.

Ved 15 af de 22 broer er der risiko for mærkbare vibrationer i forbindelse med spunsramning, og ved fem af broerne vurderes det, at flere end 20 boliger kan blive berørt af mærkbare vibrationer over vurderingskriteriet.

Hovedparten af strækningen og dermed også størsteparten af rammearbejdet for mastefundamenter skal gennemføres i det åbne land, hvor der kun er få naboer som berøres. Ved byområderne i Aarhus, Randers og Aalborg må det dog forventes, at en del boliger bliver berørt af mærkbare vibrationer, men kun få, hvor der er risiko for bygningsbeskadigelse.

Det skal bemærkes, at vibrationspåvirkningerne vil være meget kortvarige for den enkelte ejendom på grund af aktivitetens hurtige fremrykning.

8 Kumulative effekter

I forbindelse med et specifikt anlægsprojekt kan nogle påvirkninger vurderes at være mindre væsentlige, men hvis der foregår lignende påvirkninger fra andre nærliggende projekter, kan de måske tilsammen skabe en væsentlig miljøpåvirkning, den såkaldte kumulative effekt.

Sporfornyelsesprojektet mellem Langå og Hobro samt signalprogrammet på hele strækningen kan medføre kumulative effekter med elektrificeringen. Ligeledes planlægges Hastighedsopgradering af strækningen Aarhus-Hobro samt Kapacitetsudvidelse og elektrificering af Aarhus H. I disse projekter vil der foregå lignende anlægsaktiviteter. Eksempelvis vil der i forbindelse med Hastighedsopgraderingen skulle udføres omlægninger og flytninger af spor, hvilket omfatter de samme aktiviteter til sporbygning, som anvendes til sporsænkning. I Kapacitetsudvidelse og elektrificering af Aarhus H vil der skulle udføres konstruktionsarbejder, nedrivning og rammearbejder.

Det vurderes, at anlægsarbejderne i forbindelse med de nævnte projekter ikke vil blive udført samtidig med Elektrificeringen af Aarhus-Lindholm, og at der derfor ikke vil være kumulative effekter.

Det vurderes, at Hastighedsopgraderingen mellem Aarhus og Hobro og sporfornyelsesprojektet mellem Langå og Hobro vil få konsekvenser for støj og vibrations langs banen, og projekterne vil således påvirke de samme boliger, som påvirkes af anlægsarbejderne til Elektrificeringen af Aarhus-Lindholm.

Hvis hastighedsopgraderingen udføres først vil der være sammenfald mellem konsekvenserne i driftsfasen af Hastighedsopgraderingen og anlægsfasen af Elektrificeringsprojektet. 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.

I Aarhus er der risiko for sammenfald mellem anlægsarbejder i tilknytning til Kapacitetsudvidelse og Elektrificering af Aarhus H og Elektrificeringen af Aarhus-Lindholm. I så fald kan der være kumulative effekter i området omkring entreprisegrænsen, hvor boliger kan blive påvirket af anlægsaktiviteter fra begge projekter samtidig.

9 Oversigt over eventuelle mangler ved undersøgelserne

Støj og vibrationer i anlægsfasen

Anlægsarbejderne er ikke planlagt i detaljer, og der er derfor foretaget en række antagelser omkring omfang af arbejdsprocesserne, anvendt 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.

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/ Servitut om rådighedsindskrænkning i forbindelse med elektrificering af jernbaner. Version 10 21 2013 Banedanmark
- /2/ Anlægsbeskrivelse. Fagnotat vedr. elektrificering Aarhus H – Lindholm. Banedanmark 2016
- /3/: TIB(Ø) Trafikal Information om Banestrækninger 30.09.2013
- /4/: Miljøbeskyttelsesloven, Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse, LBK nr. 879 af 26. juni 2010
- /5/: Bekendtgørelse om miljøregulering af visse aktiviteter, BEK nr. 639 af 13. juni 2012.
- /6/: Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997, Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø.
- /7/: Forskrift for miljøregulering af visse bygge- og anlægsarbejder, samt nedrivnings- og renoveringsarbejder i Aalborg Kommune. Kommunal forskrift nr. 004. Vedtaget af Aalborg Byråd den 23.03 2009. Ajourført november 2013.
- /8/: Generel arbejdsbeskrivelse for miljøforhold i forbindelse med anlægsarbejder (GAB-miljø), Banedanmark 15.11.2007.
- /9/: DIN 4150-3: 1999-02: Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen.
- /10/: Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5/1993 Beregning af ekstern støj fra virksomheder.
- /11/: Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5/1985 Beregning af støj fra jernbaner.
- /12/: Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5/1984 Ekstern støj fra virksomheder.
- /13/: Bekendtgørelse af Byggelov LBK nr. 1185 af 2010, § 12
- /14/: Banedanmarks miljøpolitik 2015-2020

11 Akustiske begreber

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

Tabel 22: 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

Bilag 1 Datagrundlag

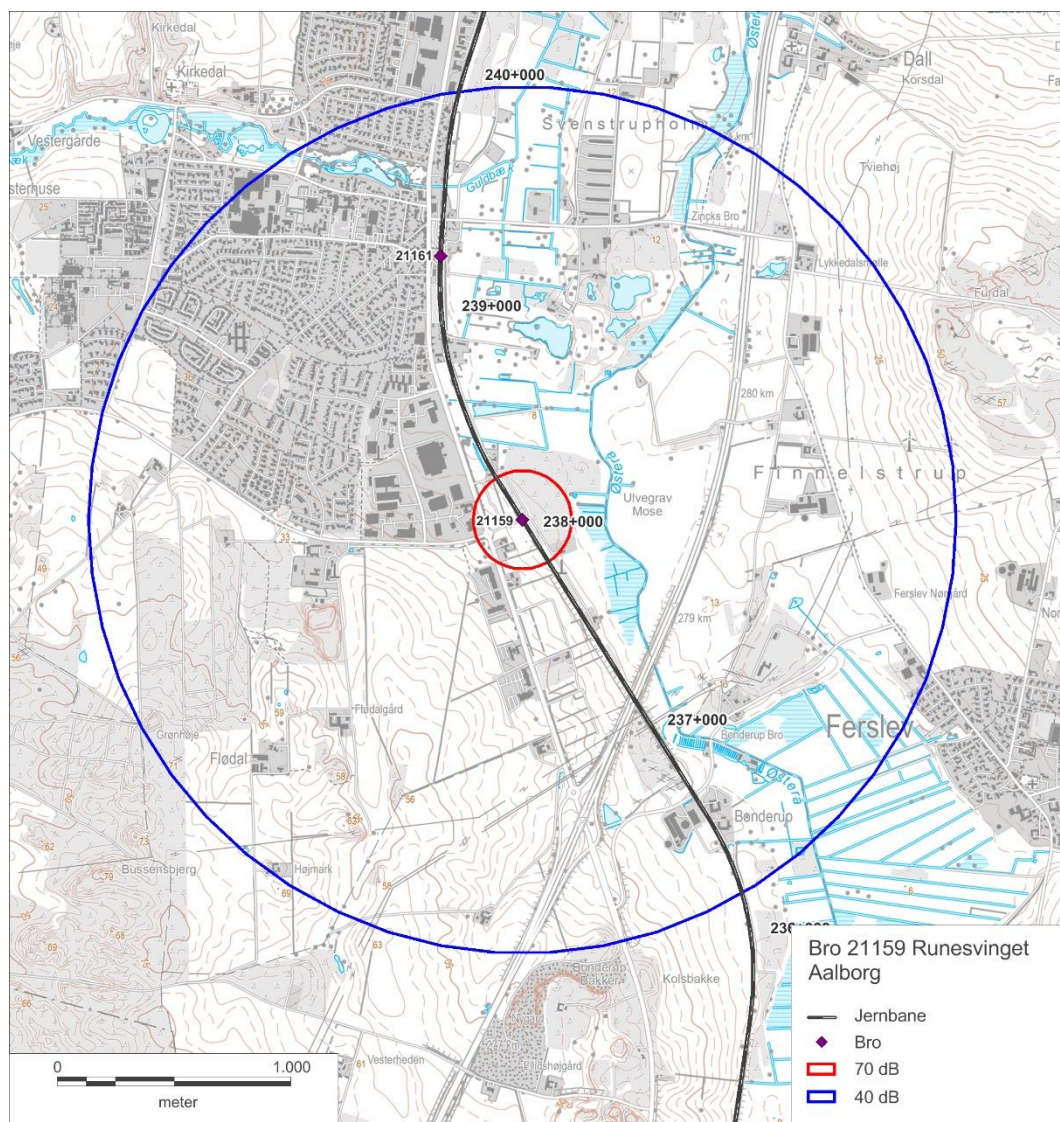
Der er anvendt følgende datagrundlag til undersøgelserne.

#	Data	Dato	Kilde
1	Grundkort, 4cm kort	23-04-2015	Geodanmark, kortforsyningen
2	Broer, CAD	08-01-2016 og 25-01-2016	Banedanmark
3	Arbejdsområder, GIS	08-01-2016	Teknisk projektering
4	Broer, alternativer	04-02-2016	Teknisk projektering
5	Broer, dækblade	02-02-2016	Teknisk projektering
6	BBR	02-02-2016	
7	Kildestyrker		Sweco
8	Bane og kilometrer	01-09-2015	Banedanmark

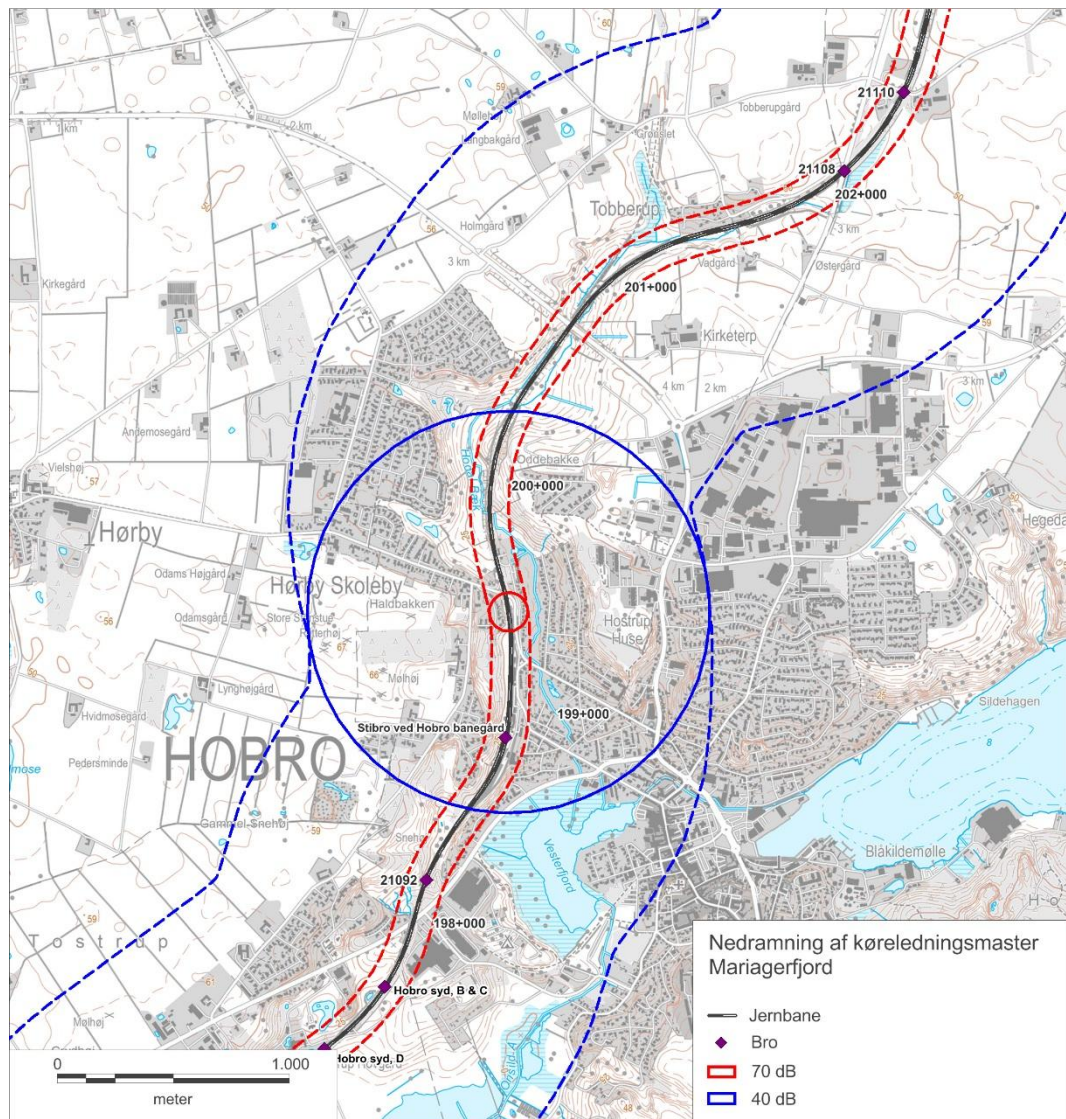
Bilag 2 Tegninger

- Tegning nr. 1: Støjudbredelse fra spunsramning i mindre byområde (Aalborg).
- Tegning nr. 2: Støjudbredelse fra ramning af mastefundamenter til kørestrømsmaster i tæt byområde (Hobro).
- Tegning nr. 3: Støjudbredelse fra nedrivning af bro i tæt byområde (Aalborg).
- Tegning nr. 4: Støjudbredelse fra jord- og konstruktionsarbejde i tæt byområde (Aarhus).
- Tegning nr. 5: Støjudbredelse fra jordarbejde i mindre byområde (Randers).
- Tegning nr. 6: Støjudbredelse fra sporopbygning i tæt byområde (Aalborg).
- Tegning nr. 7: Vibrationsudbredelse fra spunsramning.
- Tegning nr. 8: Vibrationsudbredelse fra ramning af fundamenter til kørestrømsmaster.

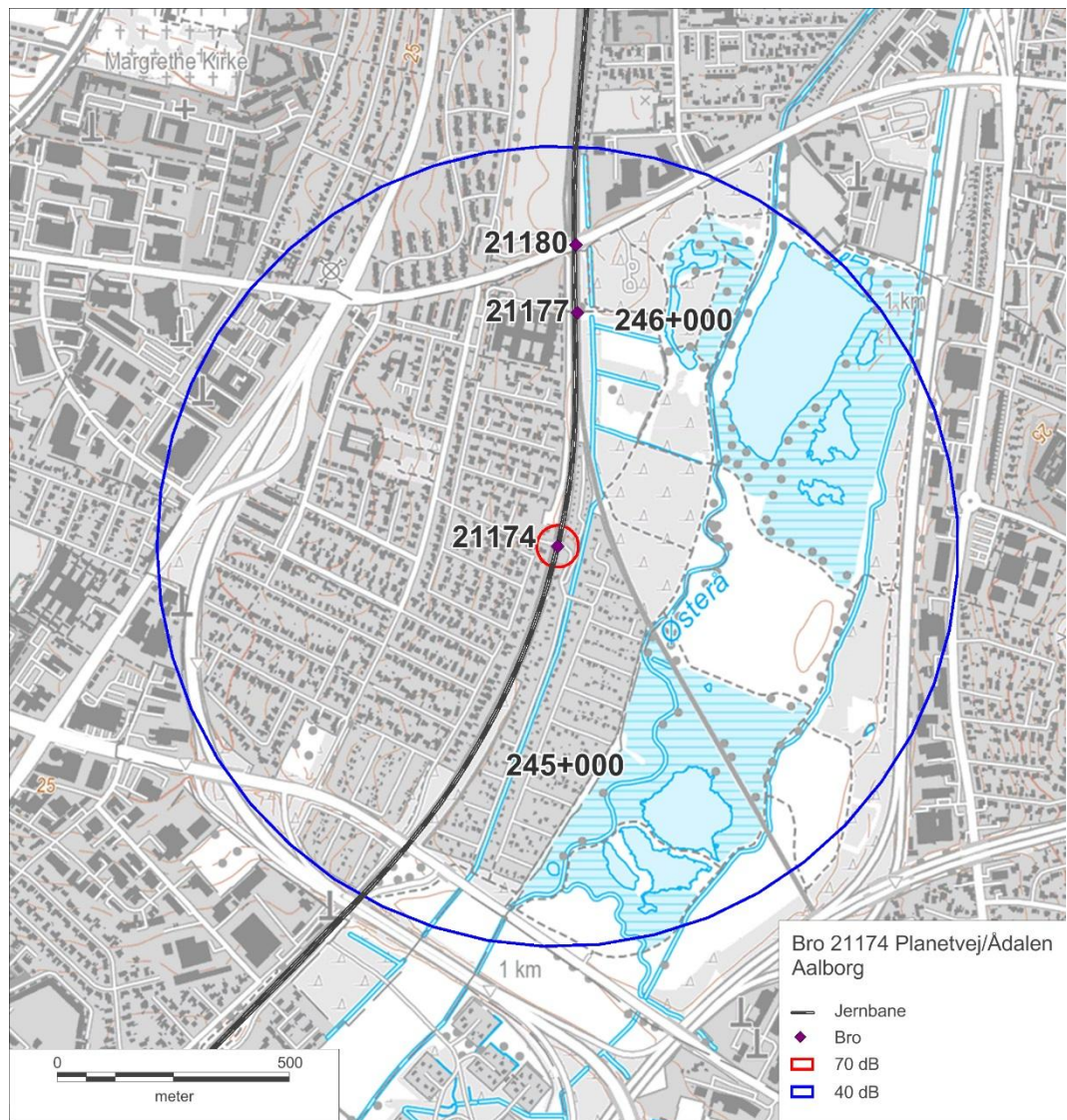
For alle tegninger gælder, at der er anvendt 4 cm Grundkort fra Geodatastyrelsen som underlag for de viste støjkonturer.



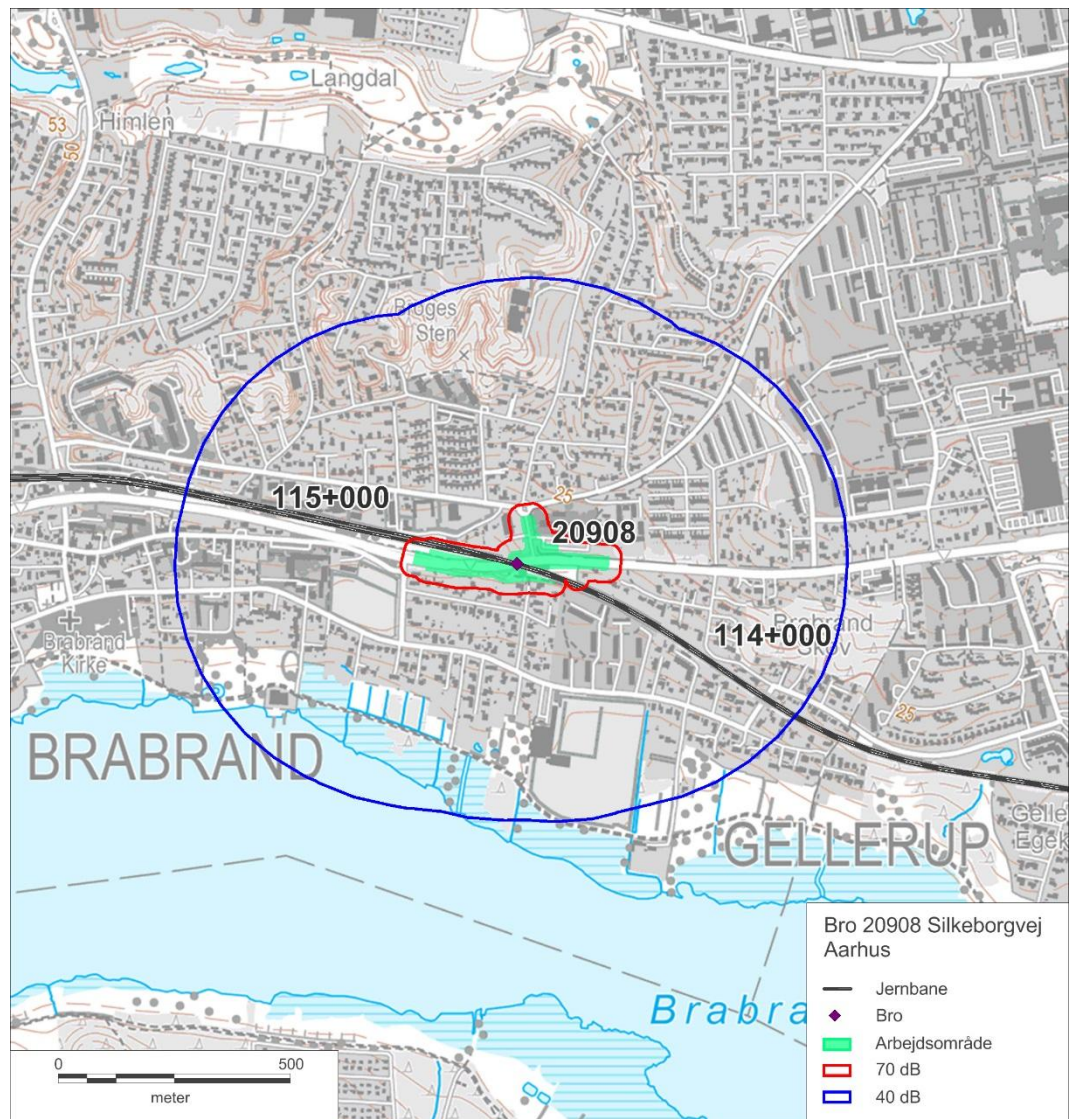
Tegning 1: Støjudbredelse fra spunsramning i mindre byområde (Aalborg). I det viste eksempel er der tre boliger inden for grænseværdiafstanden til 70 dB(A), rød cirkel, og 1639 boliger inden for grænseværdiafstanden til 40 dB(A), blå cirkel.



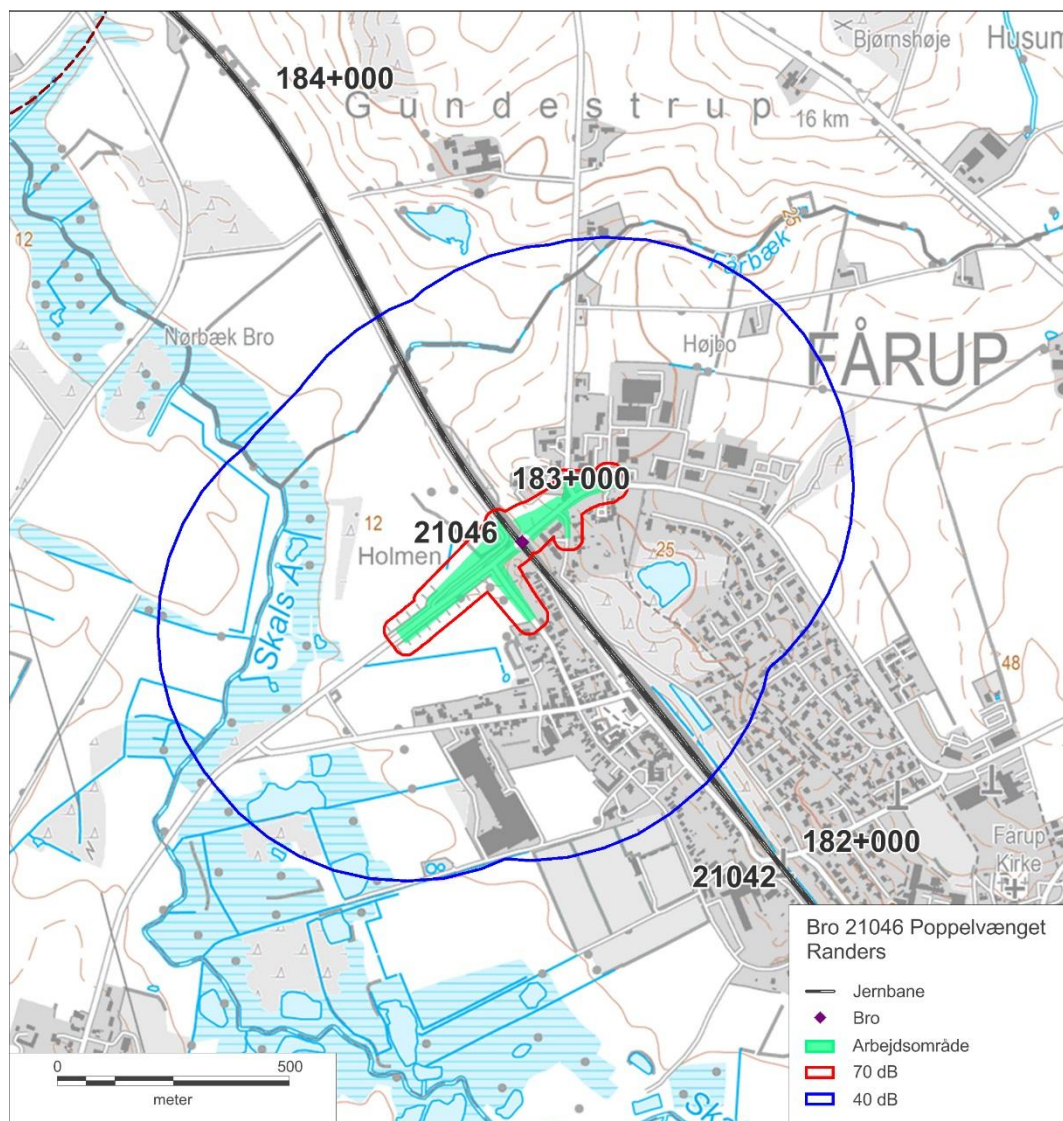
Tegning 2: Støjdbredelse fra ramning af mastefundamenter til kørestrømsmaster i tæt byområde (Hobro). De stiplede linjer angiver den korridor, hvori støjniveauet kan overstige miljømålsætningen på 70 dB(A). Det skal dog bemærkes, at støjgenerne vil afhænge af den endelige placering af masterne, og de vil være meget kortvarige for den enkelte ejendom, på grund af aktivitetens hurtige fremrykning. I det viste eksempel er der 26 boliger inden for grænseværdiafstanden til 70 dB(A), rød cirkel, og 1508 boliger inden for grænseværdiafstanden til 40 dB(A), blå cirkel.



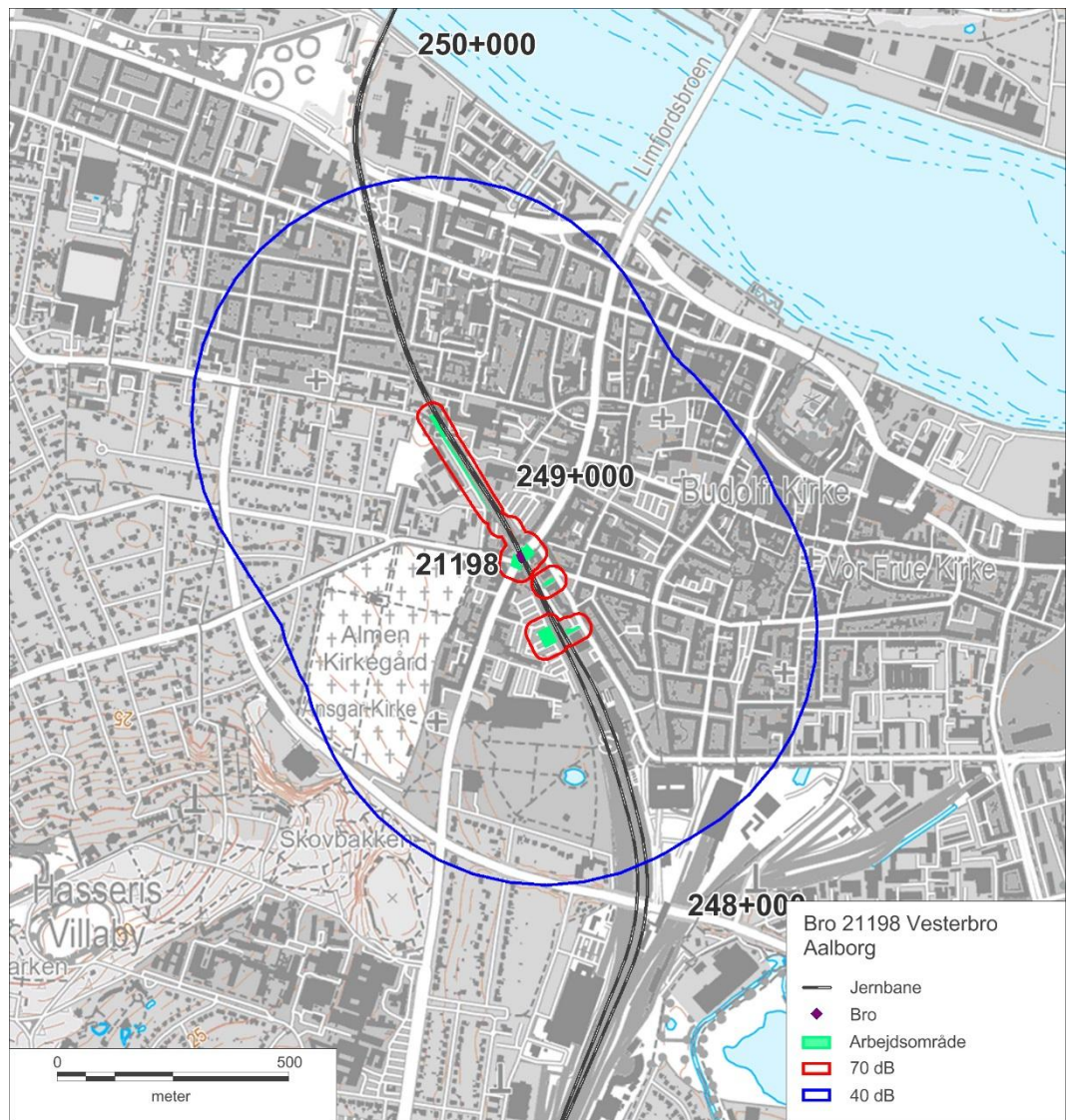
Tegning 3: Støjudbredelse fra nedrivning af bro i tæt byområde (Aalborg). I det viste eksempel er der én bolig inden for grænseværdiafstanden til 70 dB(A), rød cirkel, og 757 boliger inden for grænseværdiafstanden til 40 dB(A), blå cirkel.



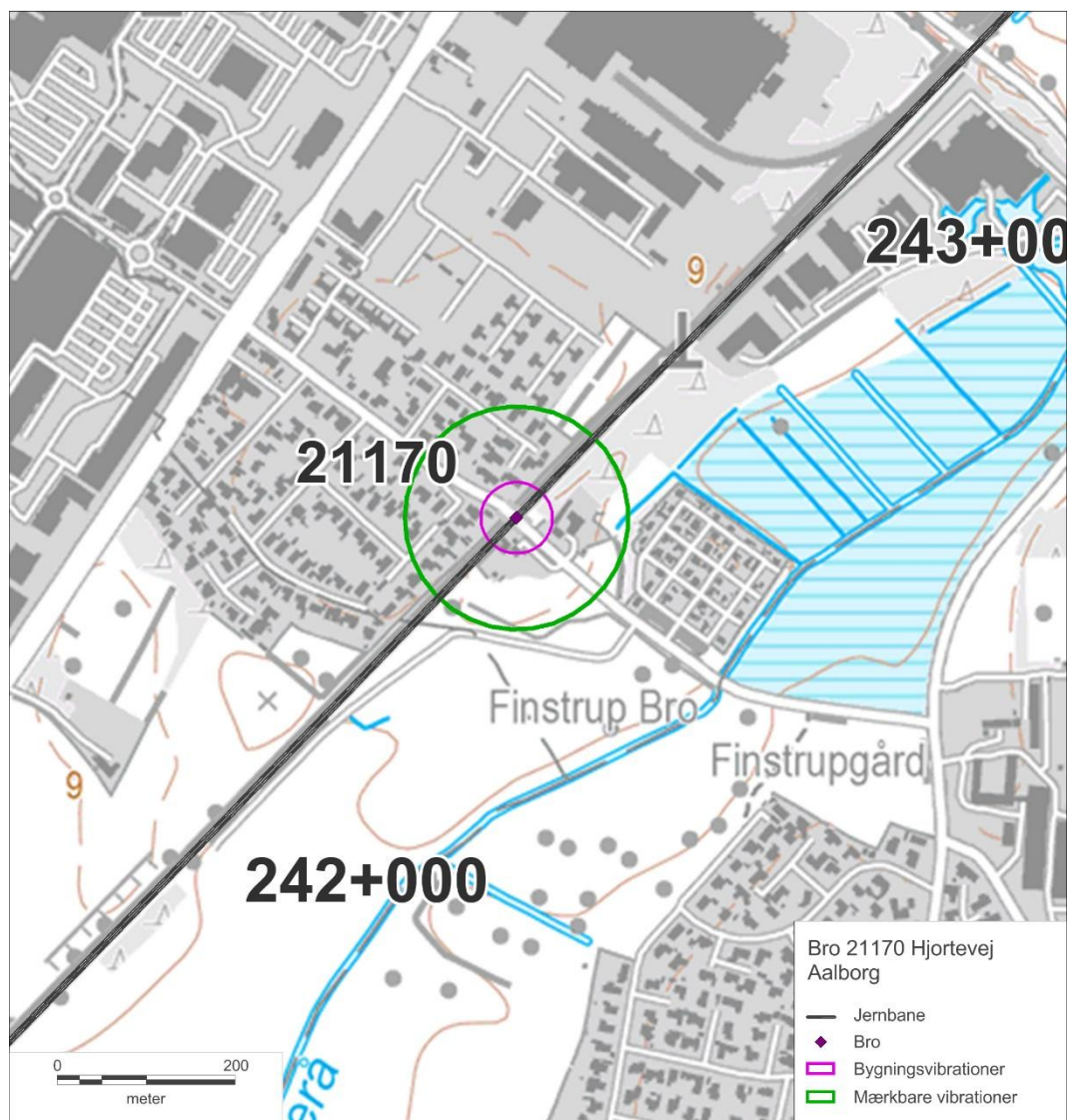
Tegning 4: Støjudbredelse fra jord- og konstruktionsarbejde i tæt byområde (Aarhus). I det viste eksempel er der 15 boliger inden for grænseværdiafstanden til 70 dB(A), rød cirkel, og 1258 boliger inden for grænseværdiafstanden til 40 dB(A), blå cirkel.



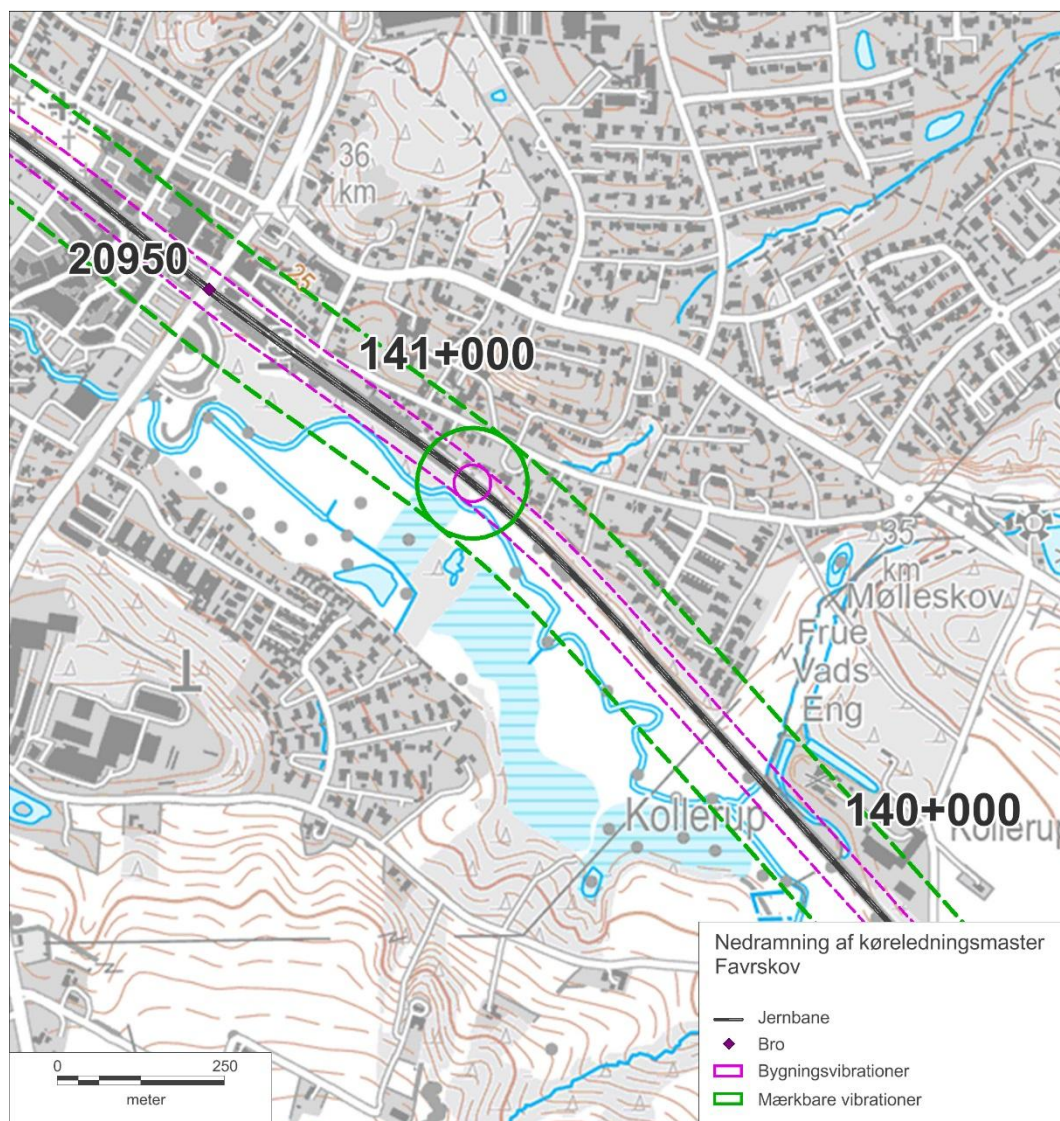
Tegning 5: Støjudbredelse fra jordarbejde i et mindre byområde. I det viste eksempel er der 14 boliger inden for grænseværdiafstanden til 70 dB(A), rød cirkel, og 248 boliger inden for grænseværdiafstanden til 40 dB(A), blå cirkel.



Tegning 6: Støjudbredelse fra sporopbygning i tæt byområde (Aalborg). I det viste eksempel er der 280 boliger inden for grænseværdiafstanden til 70 dB(A), rød cirkel, og 8933 boliger inden for grænseværdiafstanden til 40 dB(A), blå cirkel.



Tegning 7: Vibrationsudbredelse fra spunsramning. I det viste eksempel er der fire boliger inden for grænseværdiafstanden for bygningsvibrationer, lilla cirkel, og 21 boliger inden for grænseværdiafstanden for mærkbare vibrationer, grøn cirkel.



Tegning 8: Vibrationsudbredelse fra ramning af fundamenter til kørestrømsmaster. De stiplede linjer angiver de korridorer, hvor vibrationerne kan overstige miljømålsætningen for henholdsvis bygningsvibrationer (lilla) og mærkbare vibrationer (grøn). Det skal dog bemærkes, at vibrationerne vil afhænge af den endelige placering af masterne, og de vil være meget kortvarige for den enkelte ejendom, på grund af aktivitetens hurtige fremrykning. I det viste eksempel er der en bolig inden for grænseværdiafstanden for bygningsvibrationer, lilla cirkel, og syv boliger inden for grænseværdiafstanden for mærkbare vibrationer, grøn cirkel.