

AARHUS LETBANE

AARHUS LETBANE

STØJHANDLINGSPLAN

ADRESSE COWI A/S
Vestre Stationsvej 7
5000 Odense C

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

INDHOLD

1	Indledning og baggrund	2
2	Definitioner og fakta om støj	2
2.1	Støjindikatorer	2
3	Støjhandlingsplanen	3
3.1	De vigtigste punkter i støjhandlingsplanen	3
3.2	Beskrivelse af den kortlagte jernbanestrækning	3
3.3	Ansvarlige myndigheder og det retlige grundlag	6
3.4	Alle gældende grænseværdier	6
3.5	Resumé af støjkortene	7
3.6	Personer og boliger der udsættes for støj	7
3.7	Beskrivelse af udført støjbeskyttelse	19
3.8	Planlagte foranstaltninger	19
3.9	Forventet reduktion af støjbelastningen	21
3.10	Strategi på langt sigt	22
3.11	Finansielle oplysninger	22
3.12	Evalueringsplan af støjhandlingsplanen	23
3.13	Referat af den offentlige høring	23

BILAG

Bilag A Støjkortlægning, SWECO 2023

PROJEKTNR.

A282840

DOKUMENTNR.

VERSION

2

UDGIVELSESDATO

06.08.2025

BESKRIVELSE

Støjhandlingsplan

UDARBEJDET

CJRA/LFL

KONTROLLERET

OLWI

GODKENDT

TAM

1 Indledning og baggrund

Aarhus Letbane I/S er myndighed for letbanen i Aarhus og letbanestrækningerne til Odder og Grenaa. Letbanen har en samlet længde på ca. 110 km og 47 stationer. Strækningen mellem Mårslet og Lystrup er omfattet af EU-direktiv 2002/49/EF om vurdering og styring af ekstern støj.

EU-direktivet er i Danmark udmøntet i den seneste udgave af "Bekendtgørelse om kortlægning af ekstern støj og udarbejdning af støjhandlingsplaner" (støjbekendtgørelsen) BEK nr. 2092 af 18. november 2021.

Nærværende støjhandlingsplan omfatter hele letbanebanestrækningen i kommunerne Norddjurs Syddjurs, Odder og Aarhus.

2 Definitioner og fakta om støj

Støj defineres normalt som uønsket lyd. Lyd måles i enheden decibel, forkortet dB. Støj fra togtrafik er sammensat af dybe og høje toner, som det menneskelige øre ikke er lige følsomt overfor. Der tages ved opgørelse af støjen hensyn hertil ved at vægte de forskellige frekvenser svarende til, hvordan det menneskelige øre opfatter støjen - kaldet A-vægtning. I denne rapport er anvendt enheden dB, selvom der er tale om det A-vægtede lydtrykniveau.

Decibel er en logaritmisk enhed. Dette indebærer, at hvis man adderer to lige store lydtryk, vil det give et resulterende lydtryk som er 3 dB højere. Dette betyder i praksis, at en fordobling af trafikmængden giver en forøgelse af støjniveauet på 3 dB. En ændring af trafikmængden med 10 % vil medføre en ændring af støjniveauet på ca. 0,4 dB, mens en ændring af trafikmængden med 25 % vil medføre en ændring af støjniveauet på ca. 1 dB.

Den mindste ændring i lydtrykniveauet som det menneskelige øre kan opfatte, er en ændring på 1 dB når de to lydtrykniveauer sammenlignes umiddelbart efter hinanden. En ændring i lydtrykniveauet på 3 dB opfattes som tydeligt hørbar også efter længere tid. En reduktion af lydtrykniveauet på 8-10 dB opfattes som en halvering af støjen.

I denne rapport anvendes følgende definitioner og benævnelser:

Støjpåvirkning: Når støjen vurderes i forhold til boliger eller andre støjfølsomme områder

Støjniveau: En konkret beregnet værdi af L_{den}/L_{night} angivet med enheden dB

Støjbelastet: Hvis en bolig og/eller dens udendørs opholdsarealer udsættes for støj, der overstiger støjgrænseværdien L_{den} 64 dB, betragtes den som støjbelastet.

2.1 Støjindikatorer

Ved støjkortlægningen bestemmes støjniveauet med støjindikatorerne L_{den} og L_{night} .

L_{den} er årsmiddelværdien for en sammenvejning af støjen i tidsperioderne dag, aften og nat, idet der bruges et genetillæg på 5 dB til støjen i aftenperioden (kl. 19-22) og 10 dB til støjen i natperioden (kl. 22-07). Formålet er at tage højde for menneskers særlige følsomhed for påvirkning af støj om aftenen og natten. Når støjen bestemmes som L_{den} , vurderes det, at det beregnede støjniveau bedre svarer til befolkningens opfattelse af en given støjpåvirkning. Støjen i hver af perioderne bestemmes som det A-vægtede gennemsnit (L_{Aeq}) i de pågældende perioder over et meteorologisk referenceår, og betegnes henholdsvis L_{day} , $L_{evening}$ og L_{night} .

L_{night} er gennemsnittet af støjniveauet i natperioden kl. 22-07 beregnet over et meteorologisk referenceår.

3 Støjhandlingsplanen

Støjhandlingsplanen er disponeret jf. støjbekendtgørelsens kapitel 4, som fastlægger krav til indhold og struktur af en støjhandlingsplan. Nogle overskrifter er dog omformuleret eller forkortet.

3.1 De vigtigste punkter i støjhandlingsplanen

Støjhandlingsplanen er baseret på resultater fra den seneste kortlægning af støjen fra Aarhus Letbane. Støjkortlægningen er udført af SWECO i juni 2023 jf. retningslinjer i BEK nr. 2092.

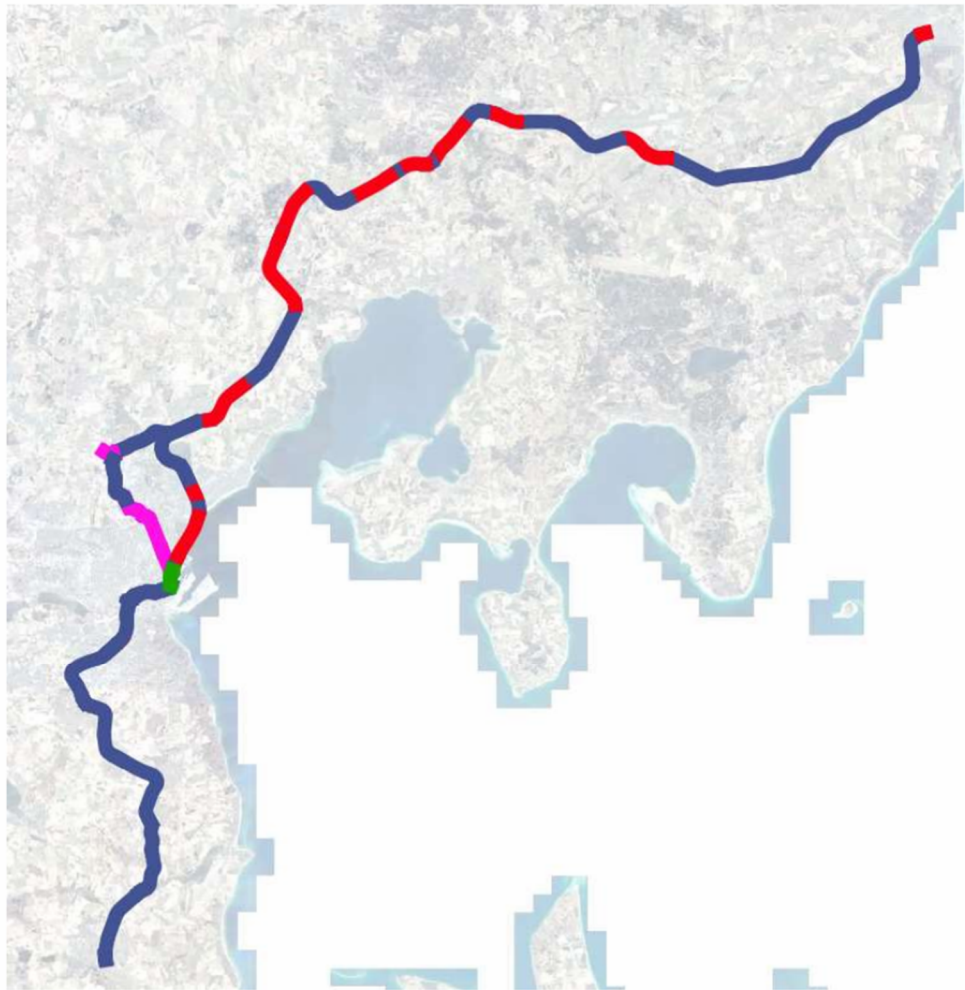
Støjhandlingsplanen giver et resume af støjkortlægningens resultater med beskrivelse af omfang og opgørelse af antallet af støjpåvirkede boliger og personer samt en vurdering og beskrivelse af mulige tiltag for støjbeskyttelse af områderne langs letbanen.

Formålet med støjhandlingsplanen er at give et overblik over støjniveauet fra letbanen korigeret i forhold til de udførte målinger af skinnernes ruhed, sammen med en vurdering af hvor der kan opnås den bedste støjfysiske effekt ved vedligeholdelse af skinnerne.

3.2 Beskrivelse af den kortlagte jernbanestrækning

Aarhus Letbane består af Odderbanen, Grenaa-banen og Indre Strækning, som sammenlagt har en længde på ca. 110 km.

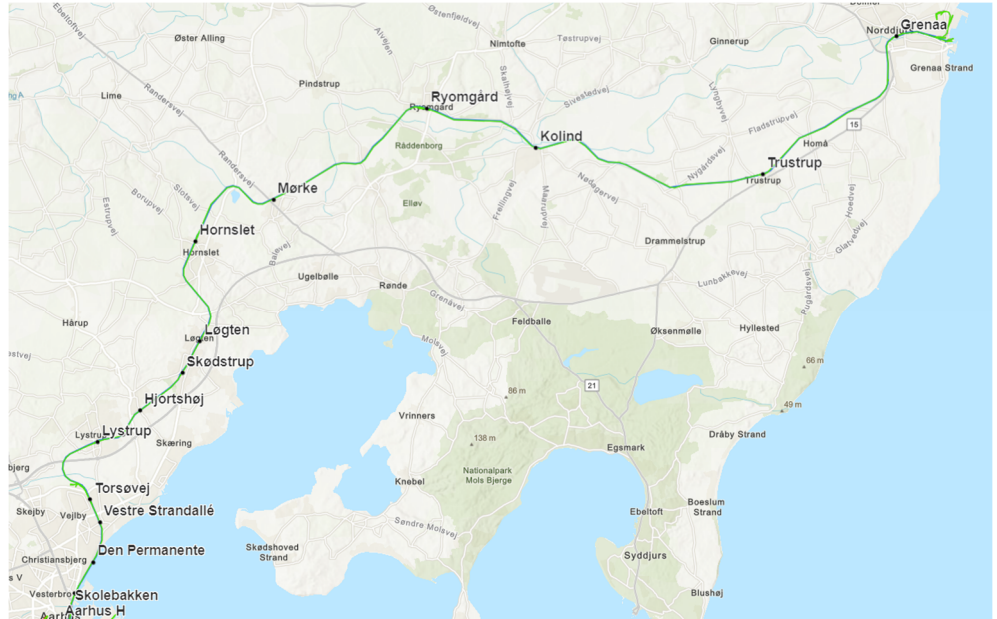
Sporene på Odderbanen er monobloksveller med UIC60-skiner og på Grenaa-banen er der ligeledes monobloksveller og strækninger vekslede med skinnetyperne UIC60 og DSB45. Indre Strækning består både af monobloksveller med E54-skiner og rilleskiner, som enten ligger i beton eller med en overflade af grus/græs mellem sporene. I Figur 1 er der vist et kort med angivelse af de forskellige spor- og skinnetyper hos Aarhus Letbane.



Figur 1 Skinne- og sportyper på Aarhus Letbane. Rød: DSB45 i ballast, mørkeblå: UIC60 i ballast (dog E54 skinner på Indre Strækning), grøn: Rilleskinner i beton, lyserød: Rilleskinner i grus/græs. Kilde: Sweco.

3.2.1 Grenaabanen

Grenaabanen er en ca. 70 km enkeltsporet bane fra Aarhus til Grenaa hvor der køres med Tango-tog. Banen ejes af Banedanmark og forvaltes af Aarhus Letbane.

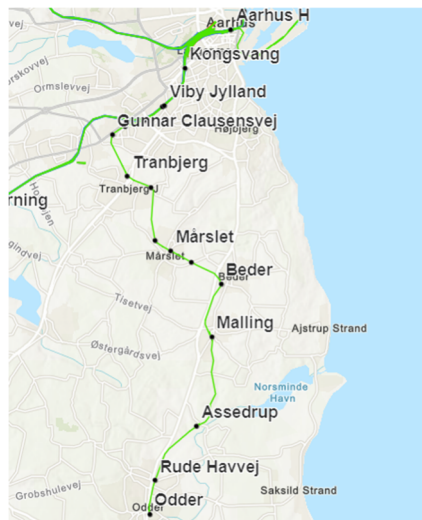


Figur 2 Grenaabanen

I 2016 blev der udvekslet 15 km skinner på strækningen fra Aarhus til Ryomgård, og i 2017 blev der udvekslet 26 km skinner fra Ryomgård til Grenaa – ref. "BDK fornyelsesplan 2016-2018".

3.2.2 Odderbanen

Odderbanen er en ca. 20 km enkeltsporet bane fra Aarhus til Odder, hvor der køres med Tango- og Variobahn-tog. Banen ejes og forvaltes af Aarhus Letbane.

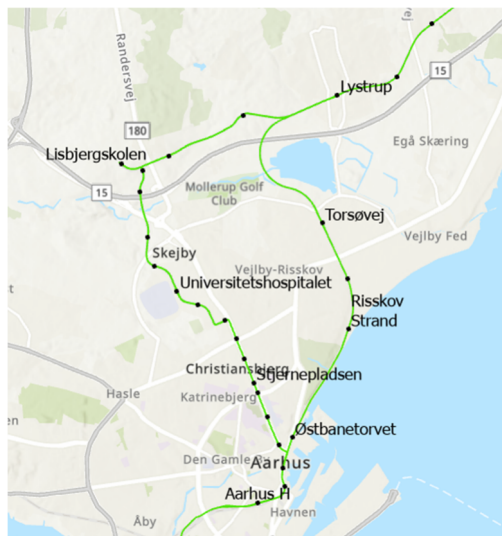


Figur 3 Odderbanen

3.2.3 Indre strækning

Den indre strækning er ca. 12 km dobbeltsporet bane fra Aarhus til Lystrup via Lisbjerg, samt Lisbjerg til Lisbjerg skole. Der køres med Tango- og Variobahn

tog på strækningen. Banen ejes og forvaltes af Aarhus Letbane og ligger på Aarhus kommunes arealer. Banen er anlagt frem mod åbningen i 2017.



Figur 4 Indre strækning

3.3 Ansvarlige myndigheder og det retlige grundlag

Den ansvarlige myndighed for støjhandlingsplanen er Aarhus Letbane:

Aarhus Letbane I/S
Thomas Koppels Gade 311
8000 Aarhus C

Det retlige grundlag udgøres af bekendtgørelse nr. 2092 af 18. november 2021 "Bekendtgørelse om kortlægning af ekstern støj og udarbejdelse af støjhandlingsplaner". Med denne bekendtgørelse er Europa-Parlamentets og Rådets Direktiv 2002/49/EF om vurdering og styring af ekstern støj implementeret i Danmark.

De danske retningslinjer fremgår yderligere af Miljøstyrelsens vejledning nr. 4/2006 "Støjkortlægning og støjhandlingsplaner" og tillæg til vejledning nr. 1/1997 "Støj og vibrationer fra jernbaner" fra juli 2007.

3.4 Alle gældende grænseværdier

De vejledende grænseværdier for støj fra jernbaner fremgår af Miljøstyrelsens tillæg fra juli 2007 til vejledningen "Støj og vibrationer fra jernbaner", nr. 1/1997.

De vejledende grænseværdier udtrykker en støjbelastning, der efter Miljøstyrelsens vurdering er miljømæssigt og sundhedsmæssigt acceptabel. Hvis støjen er lavere end den vejledende grænseværdi, vil kun en mindre del af befolkningen opleve støjen som generende, og den forventes ikke at have negative helbreds-effekter.

Grænseværdierne anvendes i forbindelse med planlægning, når der skal udlægges arealer til nye boliger og anden støjfølsom anvendelse langs eksisterende jernbaner, men lægges også til grund når støjgener ved eksisterende boliger langs eksisterende jernbaner skal vurderes.

De vejledende grænseværdier for støj fra jernbaner er:

- > Rekreative områder i det åbne land, sommerhusområder, campingpladser ol. $L_{den} = 59$ dB
- > Boligområder, børnehaver, vuggestuer, skoler og undervisningsbygninger, plejehjem, hospitaler ol. Desuden kolonihaver, udendørs opholdsarealer og bydelsparker $L_{den} = 64$ dB
- > Hoteller, kontorer mv. $L_{den} = 69$ dB

Miljøstyrelsen har ikke fastsat danske vejledende grænseværdier for støj i natperioden (L_{night}).

3.5 Resumé af støjkortene

Støjkortlægningen er udført i juni 2023 jf. retningslinjer i BEK nr. 2092, bilag 2 og bilag 3 og er nærmere beskrevet i rapport "T4.001.23", SWECO, august 2023.

Støjkortlægningen er baseret på beregninger af støjniveauet, udtrykt med støjindikatorerne L_{den} og L_{night} .

Støjberegningerne er udført med SoundPLAN version 9.0/20-06-2023 med beregningsmetoden NORD2000. SWECO har udført målinger af skinneruheden og kildestyrke for Aarhus Letbane.

Der er udført facadestøjberegninger ved hver etage af beboelsesbygninger til opgørelse af antal støjpåvirkede boliger samt støjberegninger i et net (grid) med en maskestørrelse på 10 meter med støjniveauer beregnet 1,5 m over terræn til optegning af støjkonturer.

Opgørelse af støjpåvirkede boliger og personer samt beregnede støjkonturer for den oprindelige støjkortlægning fremgår af SWECO's rapport, der er vedlagt som bilag A.

3.6 Personer og boliger der udsættes for støj

(Støjbekendtgørelsens overskrift: *En vurdering af det anslåede antal personer og boliger, der udsættes for støj i de støjkortlagte intervaller, og en indkredsning af de problemer og situationer, der skal forbedres, samt en prioritering heraf*)

Da formålet med støjhandlingsplanen er at udpege særligt støjpåvirkede områder for at vurdere relevante støjreducerende tiltag og den støjmessige effekt af

disse, er det valgt kun at foretage analyser af antal støjbelastede boliger ($L_{den} > 64$ dB) og SBT.

COWI har anvendt beregningsresultater udarbejdet af SWECO, som reference-scenarie.

SWECO har udført støjmålinger på udvalgte letbanestrækninger og bestemmelse af kildestyrken med den specifikke skinneruhed for de valgte strækninger.

SWECOs støjberegning er udført med antagelse af middelværdien for høj skinneruhed målt for alle strækninger af Aarhus Letbane ($L_{\lambda CA,90} = 24,5$ dB for ballasteret spor og $L_{\lambda CA,90} = 15,6$ dB for rillespor). $L_{\lambda CA,90}$ udtrykker skinneruheden ved et enkelt tal, som er tilnærmelsesvis proportional med støjen der udsendes fra sporet.

SWECO har efter udarbejdelse af støjberegningerne udført måling af skinneruheden¹ på hele letbanenettet fra Odder til Grenaa via Aarhus.

COWI har supplerende udført en genberegning af hele letbanestrækningen, hvor der er foretaget en sporkorrektion (Correction for track condition, dLc) svarende til de faktisk målte værdier af skinneruhed pr. meter spor i forhold til middelværdien for skinneruheden:

- > Aarhus Letbane – ballasteret spor: $dLc = L_{\lambda CA,90} - 24,5$ dB
- > Aarhus Letbane - rilleskiner: $dLc = L_{\lambda CA,90} - 15,6$ dB
- > Strækninger uden målt skinneruhed: $dLc = 0$ dB

Der er udført en ny kortlægning med opgørelse af antal støjpåvirkede boliger og beregning af SBT.

Opgørelse af antal støjpåvirkede boliger er foretaget via en database med beregningsresultater eksporteret fra SoundPLAN, som knyttes til adressepunkter med BBR-oplysninger. Via en række forespørgsler udvælges det højeste beregnede facadestøjniveau, som ligger nærmest det enkelte adressepunkt ved den aktuelle etage. Antallet af støjpåvirkede boliger summeres og grupperes i relevante 5 dB intervaller. Som supplement er der foretaget beregning af Støjbelastningstallet (SBT) baseret på støjniveauet beregnet for det enkelte adressepunkt.

Den samlede støjbelastning - og dermed støjgene - ved en bolig eller i et udvalgt område kan beskrives ved det såkaldte støjbelastningstal (SBT). SBT vil som sådan give en vægtet sum af antallet af boliger, der udsættes for støj over den vejledende grænseværdi, hvor de mest støjbelastede boliger vejer tungest. Til vægtningen benyttes en genfaktor, som afhænger af støjniveauet (L_{den}) og er et udtryk for, hvor generende et givet støjniveau opleves af naboerne.

¹ Aarhus Letbane, Måling af skinneruhed og kildestyrke for togtyperne Tango og Variobahn, rapport T2.030.23, SWECO 12-06-2023

SBT kan bruges til at sammenligne støjgenen ved forskellige alternativer baseret på genevirkningen i stedet for kun at opgøre antallet af støjbelastede boliger. F.eks. kan mange boliger med et støjniveau lige over grænseværdien have samme SBT som nogle få boliger med et meget højt støjniveau. SBT kan således bruges til objektivt at vurdere, i hvilke områder boligerne er mest generet af støj.

SBT kan ligeledes bruges til at vurdere effekten af forskellige støjreducerende foranstaltninger og sætte effekten i forhold til de økonomiske omkostninger forbundet med etablering af disse (Δ SBT/mio.kr.).

COWIs opgørelse for beregning med middelværdien for skinneruhed (reference-scenariet) viser, at der i alt er 1.268 støjbelastede boliger langs letbanen, dvs. boliger som har en støjpåvirkning (L_{den}) over 64 dB. SBT er beregnet til 141.

Tabel 1 Antal støjbelastede boliger opgjort for L_{den} i interval fra 64 til over 79 dB langs letbanestrækningerne, opgjort for referencescenarie uden korrektion for skinneruhed.

Kommune	Antal boliger pr. støjinterval (L_{den})					SBT
	64-69 dB	69-74 dB	74-79 dB	>79 dB	Sum>64 dB	
Syddjurs	124	13	1	0	138	16
Norddjurs	66	7	0	0	73	8
Odder	68	8	0	0	76	8
Aarhus	899	81	1	0	981	108
Sum	1157	109	2	0	1268	141

Opgørelse af antal støjbelastede boliger og beregning af SBT baseret på COWIs støjberegning med sporkorrektion baseret på de faktiske målte værdier af skinneruhed, fremgår af nedenstående Tabel 2.

Tabel 2 Antal støjbelastede boliger opgjort for L_{den} i interval fra 64 til over 79 dB langs letbanestrækningerne, opgjort for støjberegning med korrektion for målt skinneruhed.

Kommune	Antal boliger pr. støjinterval (L_{den})					SBT
	64-69 dB	69-74 dB	74-79 dB	>79 dB	Sum>64 dB	
Syddjurs	170	51	15	2	238	37
Norddjurs	30	11	4	0	45	7
Odder	52	14	2	0	68	9
Aarhus	1705	392	42	21	2160	300
Sum	1957	468	63	23	2511	354

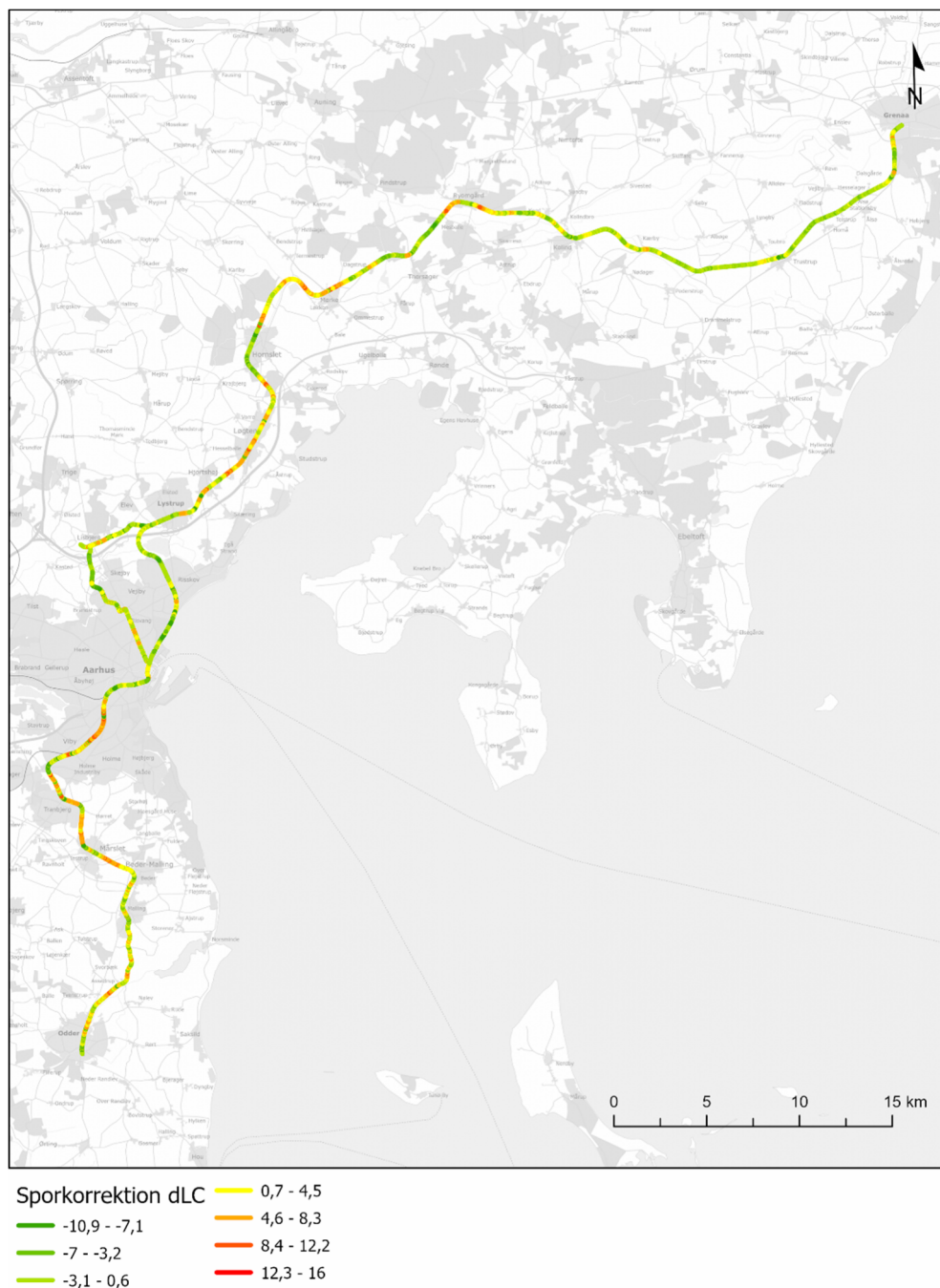
Det samlede antal af støjbelastede boliger er opgjort til 2511 svarende til 98 % flere end i den oprindelige støjberegning (1268). SBT er beregnet til 354, hvilket er 152 % højere end for den oprindelige støjberegning (141).

Den største forskel ses i Aarhus Kommune, hvor antallet af støjbelastede boliger er 2160, hvor det tidligere var 981. SBT er beregnet til en værdi på 300 i forhold til den tidligere værdi på 108.

Som det fremgår af ovenstående opgørelser, så viser resultat af støjberegning med sporkorrektion baseret på den målte skinneruhed, at der mange steder vil være en større støjpåvirkning af naboerne omkring letbanen, hvilket skyldes en skinneskvalitet som er dårligere end de værdier der blev antaget som grundlag for den oprindelige støjberegning (referencescenariet).

For at visualisere og udpege de områder, hvor flest boliger får en høj støjbelastning som følge af dårlig skinneskvalitet (høj skinneruhed) er der udført en række analyser og præsentationer i GIS.

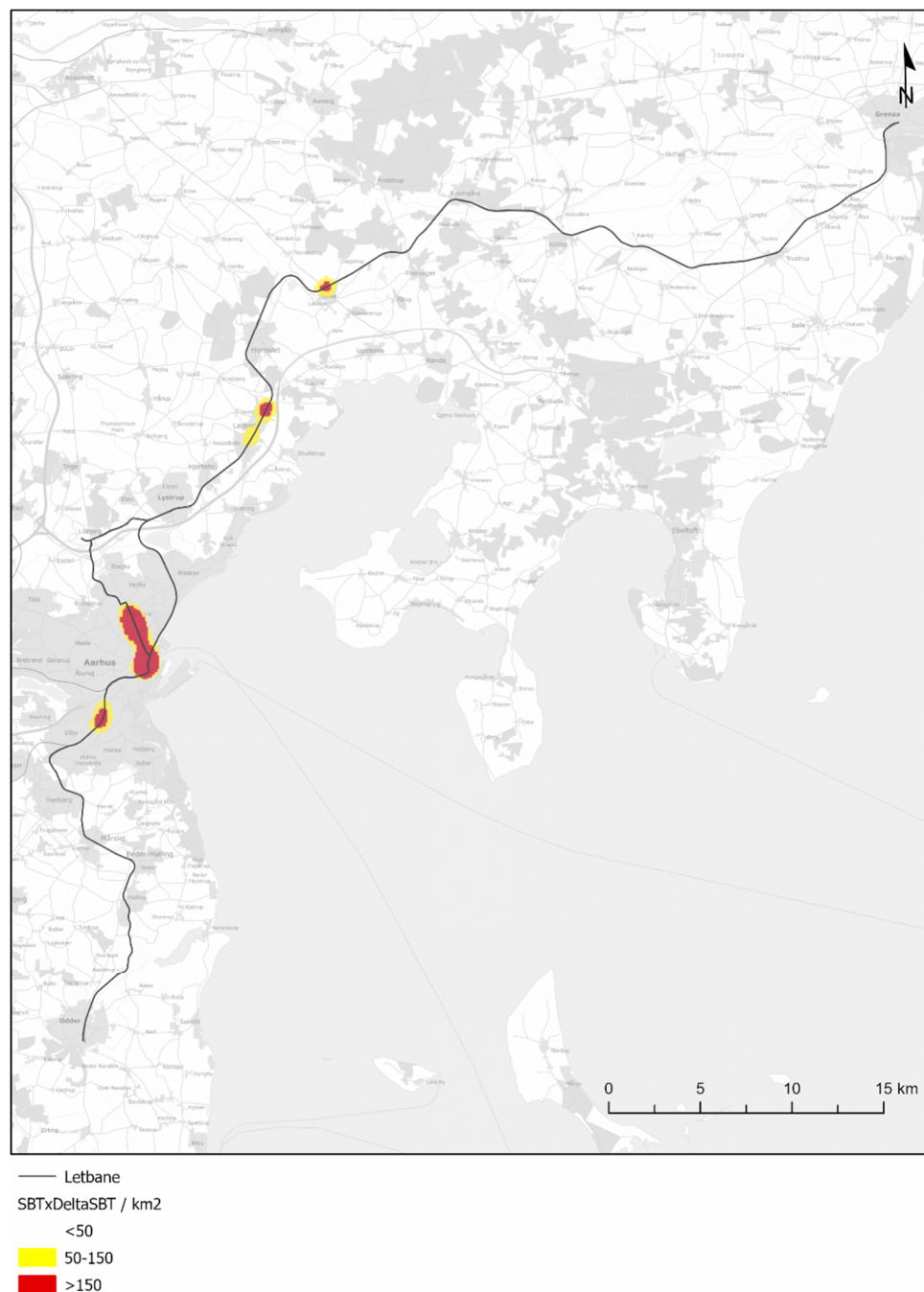
Nedenstående figur viser resultatet af den beregnede sporkorrektion (dLc) for hver 1 m sporsektion.



Figur 5 *Beregnet sporkorrektion i dB pr. meter spor for Aarhus Letbane (Odderbanen, Grenaabanen og Indre Strækning).*

Ovenstående figur viser således, hvor den målte skinneruhed medfører en ændret sporkorrektion i forhold til oprindelige støjberegning (referencescenariet) med en antaget middelværdi af skinneruheden. Den målte skinneruhed, og dermed den beregnede sporkorrektion, er tilnærmelsesvis proportional med støjen der udsendes fra sporet - og derfor kan der for de strækninger, som har en høj sporkorrektion, potentielt opnås en reduktion af støjpåvirkningen ved naboerne til letbanen ved at udføre en bedre vedligeholdelse af sporet.

For at anskueliggøre dette, er der ud fra de udførte støjberegninger og beregning af SBT for den enkelte adresse, foretaget geografiske analyser af SBT. I nedenstående Figur 6 er vist et kort med den beregnede forskel i SBT relateret til SBT/km². De områder hvor forskellen imellem den antagne ruhed og den reelle målte ruhed medfører den største forskel i støjbelastningen kan således udpeges.



Figur 6 Forskel i SBT i relation til SBT/km² dvs. områder med høj SBT og hvor forskellen imellem den antagne ruhed og den reelle målte ruhed medfører en øget støjbelastning.

Baseret på ovennævnte analyser af SBT er der udpeget de nedenfor beskrevne områder med forskel i støjbelastning af boliger langs letbanen. Der er for hver af de udpegede områder oprettet et korteksempel, som foruden den beregnede

sporkorrektion (dLc) viser forskellen i støjniveauet ved de boliger som er/bliver støjbelastede ($L_{den} > 64$ dB) og får en signifikant forøgelse af støjen (> 1 dB).

Den beregnede forøgelse af støjniveauet kan således betragtes som den støjreduktion der potentielt kan opnås ved letbanens naboer, hvis der udføres en bedre vedligeholdelse af sporet.

3.6.1 Mørke

I Mørke vil der være i alt 72 boliger, hvor forskellen i støjniveauet er større end 1 dB og mere end 60 boliger have en forskel på over 6 dB. Dette betyder at ca. 40 boliger vil få øget støjniveauet til over 64 dB og dermed betragtes som støjbelastede.

I nedenstående Figur 7 er vist adressepunkter med farvesignatur for ændret støjniveau sammen med den beregnede sporkorrektion pr. m letbanestrækning.

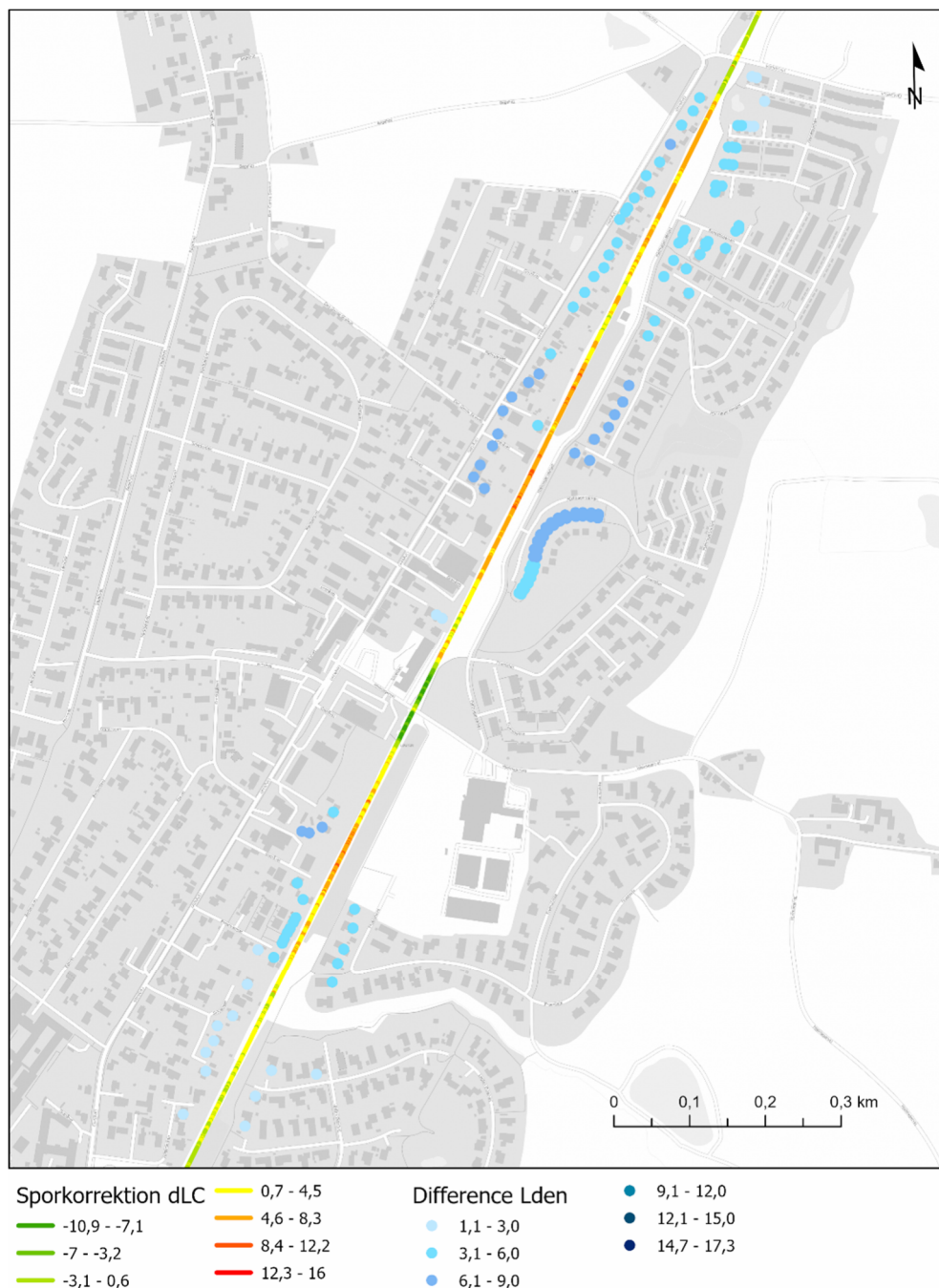


Figur 7 Mørke, adressepunkter med ændret støjniveau og beregnet sporkorrektion pr. m letbanestrækning.

3.6.2 Løgten

I Løgten vil der i det udpegede område være i alt 237 boliger, hvor forskellen i støjniveauet er større end 1 dB og mere end 80 boliger have en forskel på over 6 dB. Dette betyder at ca. 130 boliger vil få øget støjniveauet til over 64 dB og dermed betragtes som støjbelastede.

I nedenstående Figur 8 er vist adressepunkter med farvesignatur for ændret støjniveau sammen med den beregnede sporkorrektion pr. m letbanestrækning.



Figur 8 Nordlige del af Løgten, adressepunkter med ændret støjniveau og beregnet sporkorrektion pr. m letbanestrækning.

3.6.3 Randersvej/Nørrebrogade i Aarhus

For letbanestrækningen ved Randersvej/Nørrebrogade vil der i det udpegede område være i alt 750 boliger, hvor forskellen i støjniveauet er større end 1 dB og mere end 250 boliger have en forskel på over 4 dB. Dette betyder at mere end 550 boliger vil få øget støjniveauet til over 64 dB og dermed betragtes som støjbelastede.

I nedenstående Figur 9 er vist adressepunkter med farvesignatur for ændret støjniveau sammen med den beregnede sporkorrektion pr. m letbanestrækning for en del af Randersvej.



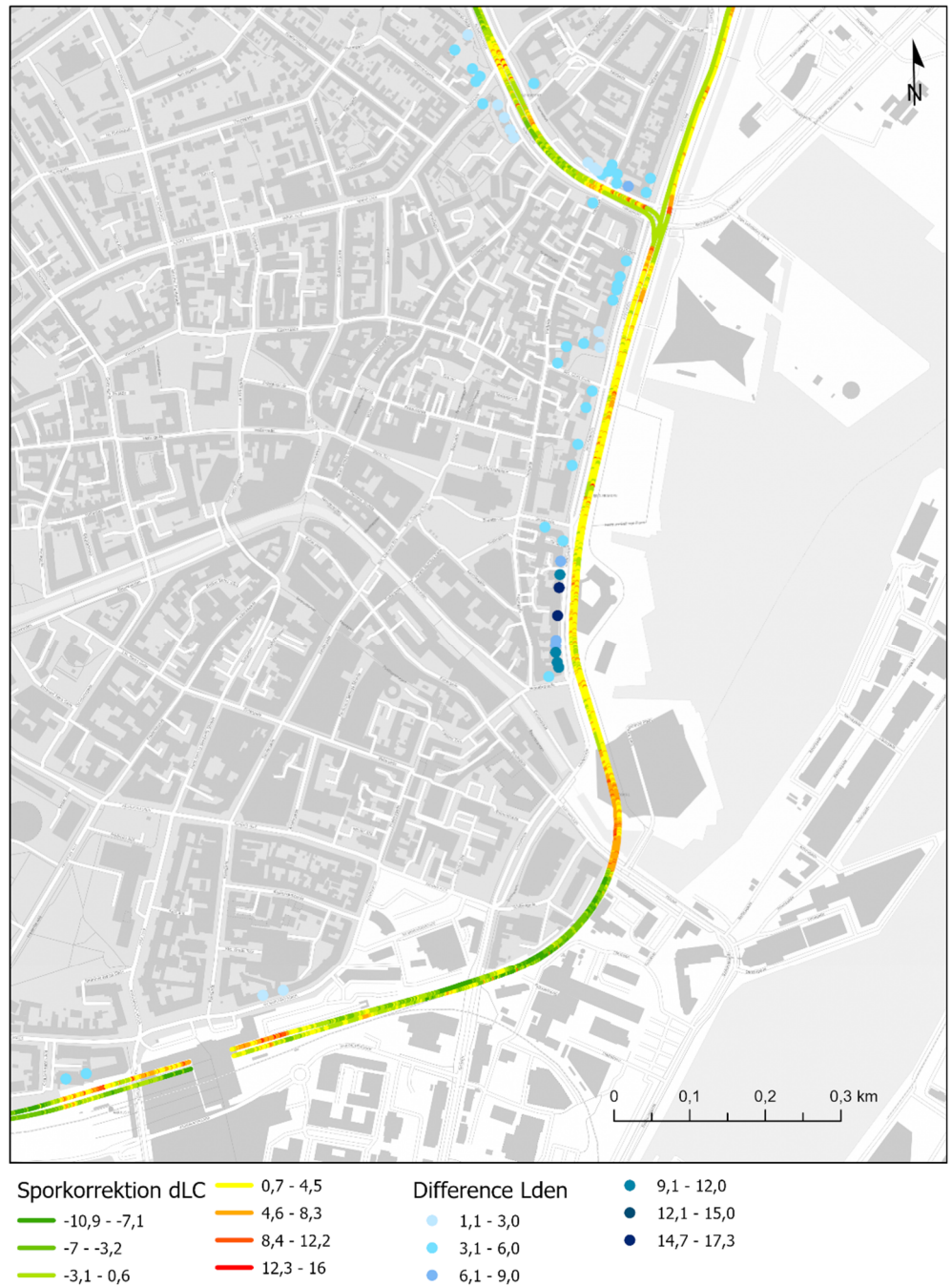
Figur 9 Del af Randersvej, adressepunkter med ændret støjniveau og beregnet sporkorrektion pr. m letbanestrækning.

3.6.4 Havnegade/Skolebakken i Aarhus

For letbanestrækningen ved Havnegade/Skolebakken vil der i det udpegede område være i alt 158 boliger, hvor forskellen i støjniveauet er større end 1 dB og

stort set alle boliger vil have en forskel på over 4 dB. Dette betyder at 65 boliger vil få øget støjniveauet til over 64 dB og dermed betragtes som støjbelastede.

I nedenstående Figur 10 er vist adressepunkter med farvesignatur for ændret støjniveau sammen med den beregnede sporkorrektion pr. m letbanestrækning for Havnegade/Skolebakken.

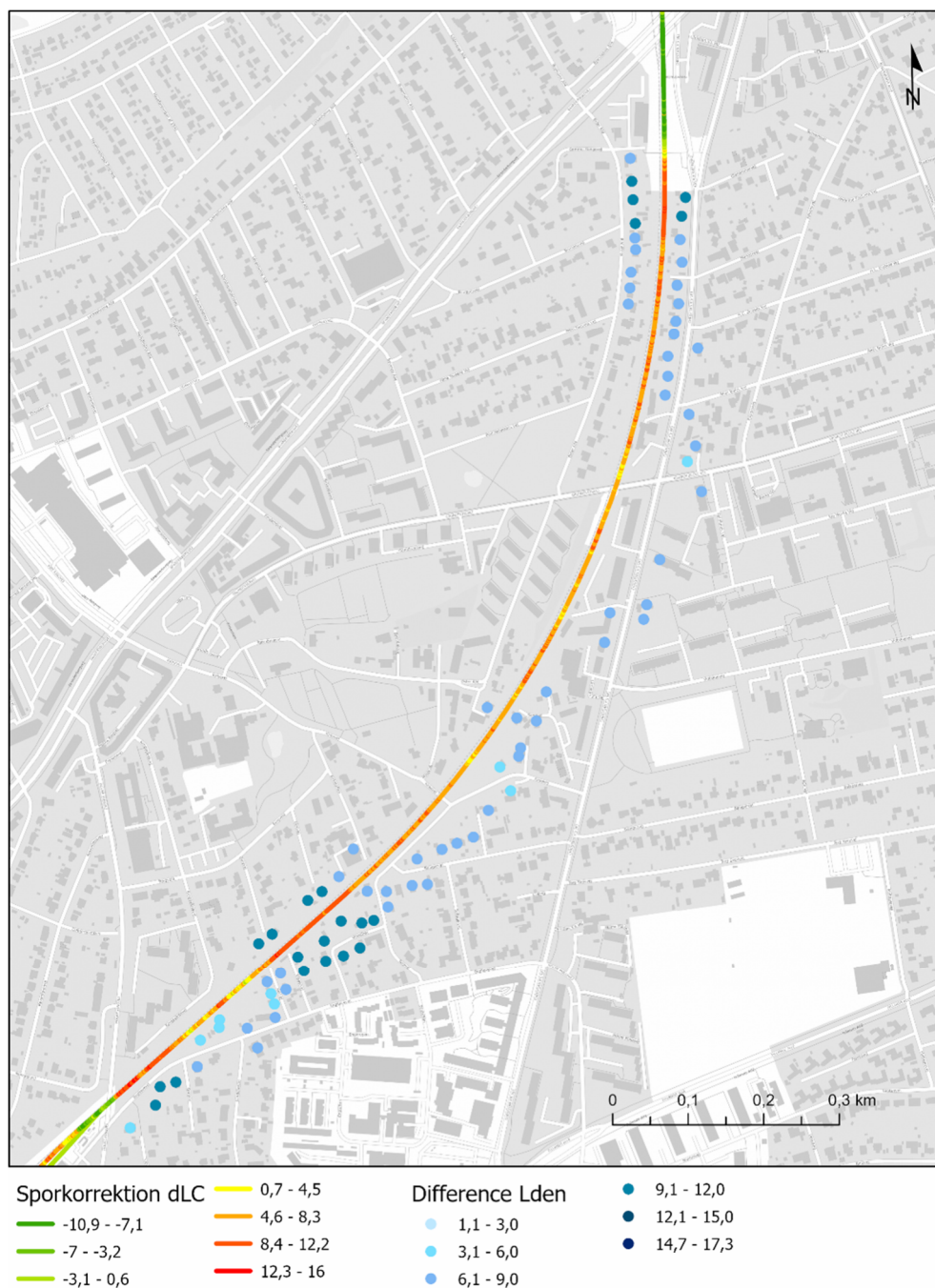


Figur 10 Havnegade/Skolebakken, adressepunkter med ændret støjniveau og beregnet sporkorrektion pr. m letbanestrækning.

3.6.5 Viby

For letbanestrækningen i Viby vil der i det udpegede område være i alt 190 boliger, hvor forskellen i støjniveauet er større end 1 dB og 150 boliger have en forskel på over 6 dB. Dette betyder at mere end 135 boliger vil få øget støjniveauet til over 64 dB og dermed betragtes som støjbelastede.

I nedenstående Figur 11 er vist adressepunkter med farvesignatur for ændret støjniveau sammen med den beregnede sporkorrektion pr. m letbanestrækning for en del af letbanestrækningen i Viby.



Figur 11 Del af område i Viby, adressepunkter med ændret støjniveau og beregnet sporkorrektion pr. m letbanestrækning.

Samlet set er der for de udpegede områder opgjort ca. 1400 boliger, som med den beregnede sporkorrektion baseret på de målte værdier af skinneruheden, vil have en signifikant øget støjpåvirkning. Dette medfører at godt 900 boliger ekstra vil få et støjniveau over 64 dB og dermed betragtes som støjbelastede.

Det kan baseret på de udførte analyser konkluderes, at 74 % af de i alt godt 1200 flere støjbelastede boliger, der har en øget støjpåvirkning som følge af den målte skinneruhed, ligger indenfor de udpegede områder.

3.7 Beskrivelse af udført støjbeskyttelse

(Støjbekendtgørelsens overskrift: *En beskrivelse af allerede indførte støjbekæmpelsesforanstaltninger og alle projekter, som forberedes*)

I 2023 fik Aarhus Letbane udført måling af skinnernes ruhed for at få et overblik over støjniveauet fra banerne, som kommer fra hjul/skinne-kontakt.

Med udgangspunkt i ruhedsmålingerne fik Aarhus Letbane udført skinneslibning i 2023 på både Grenaa- og Odderbanen for at reducere støjniveauet. Der blev udført slibning af ca. 5 km spor på hver af banerne. Slibningen blev udført i tættere befolkede områder langs banerne i og nær Aarhus by.

Togenes hjul afdrejes forebyggende for hver 25.000-30.000 km.

Kurveskrig minimeres dels ved hjulflangesmøring on-board på letbanetogene og dels ved skinnesmøring stationært udvalgte steder i sporet.

3.8 Planlagte foranstaltninger

(Støjbekendtgørelsens overskrift: *Foranstaltninger, som de ansvarlige myndigheder agter at træffe i de følgende fem år, herunder alle foranstaltninger til beskyttelse af stilleområder*)

Støj fra jernbaner forekommer især fra hjul/skinne-kontakt. Specielt defekter i enten skinner/sporskifter eller hjul, kan forårsage forøgede slagpåvirkninger mellem de 2 stålkomponenter og deraf forøget støj til omgivelserne.

I især skarpe kurver kan der opstå forøget støj pga. såkaldt "kurveskrig".

Planlagte foranstaltninger og tiltag i vedligeholdelsen vil være afhængig af typen af støjilden.

3.8.1 Støjkilder

I det følgende er der listet nogle eksempler på typiske støjkilder på letbanen.

- > **Defekter i skinner**
 - > Rifler/bølger
 - > Lave thermitsvejsninger
 - > Skinnepletter
 - > Hjulspin

- > Kørekantsrevner i kurver
- > "Studs" i hovedhærdede skinner i kurver
- > **Defekter i sporskifter**
Sporskifter er typisk udsat for ekstra store kræfter og påvirkninger og deraf initiering af støjende fejl.
- > **Defekter ved overkørsler**
Ved krydsning af veje via overkørsler er der ligeledes risiko for defekter i skinnerne, hvilket kan give anledning til forøget støj.
- > **Defekter i hjul**
Afhængig af et hjuls diameter kan én defekt i et hjul forårsage slagpåvirkninger ned i skinnen for hver ca. 2 m, hvilket afhænger af hjulets omkreds. Frekvensen af den forøgede støj fra én hjuldefekt vil afhænge af hjulets diameter og togets hastighed.
- > **Kurveskrig**
Kurveskrig fra jernbaner er et kendt og udbredt fænomen – især på letbaner, hvor der typisk er relativ skarpe kurver. Det forekommer som højfrekvente hyletoner, pga. sidevers mikroskridninger mellem hjul og skinner – især i de skarpere kurver og især ved høj friktion mellem hjul og skinner – dvs. især ved høj tørhed.

Det er derudover konstateret at spor- og skinnetyper har indflydelse på støjniveauet såvel som på muligheder for udbedring og vedligeholdelse.

3.8.2 Planlagte tiltag

Aarhus Letbane planlægger en række forskellige tiltag – både eksisterende og nye - der kan reducere støjniveauet fra banerne og samtidig effektivisere vedligeholdelsen af skinner og hjul.

Følgende tiltag indgår i planerne:

- > **Tiltag for skinner, sporskifter og overkørsler:**
 - > **Overvågning.** Aarhus Letbanes planlægger at overvåge skinnekvaliteten mere regelmæssigt igennem støjmålinger i sporene (ruhedsmålinger). Typisk vil et forøget støjniveau betyde, at der er sporkomponenter under nedbrydning, og dermed at der er et behov for vedligeholdelse. Større indre fejl i skinner og sporskifter bliver overvåget ved ultralydsmålinger og udbedret iht. banenormskrav. Derudover er der fast frekvente visuel gennemgang af sporene, hvor sporkomponenter under forøget nedbrydning registreres.
 - > **Vedligeholdelse.** Skinner og sporskifter bliver vedligeholdt på baggrund af indmeldinger fra ovennævnte overvågning. I vedligeholdelsen udføres der bl.a. slibning af både skinner og sporskifter efter behov. Ved større fejl i skinner udskæres det nedbrudte stykke skinne og er-

stattes med et nyt stykke skinne. I sporskifter er der efter behov mulighed for reprofilerings med såkaldt pålægsvejsning. Med vedligeholdelsesaktiviteterne kan der ud over at reducere støjniveauet forventes en forlængelse af skinner og sporskifters levetid og deraf økonomiske besparelser. Aarhus letbane vil udarbejde strategi for skinneslibning, hvori støjmålinger i sporene (ruhedsmålinger) indgår som input.

> **Tiltag for hjul:**

- > **Forebyggende afdrejning af hjul:** Som forebyggende indsats udfører Aarhus Letbane i dag afdrejning af hjul for hver ca. 25.000-30.000 km på deres egen afdrejningsbænk.
- > **Tilstandsbaseret afdrejning af hjul:** Hjulenes tilstand overvåges via Letbaneførernes indmeldinger om støj og vibrationer fra defekter i hjulene. Ved konstatering af defekter i hjulene, afdrejes disse efter behov.

> **Tiltag for kurveskrig**

- > **On-board hjulflangesmøring.** På letbanetogene hos Aarhus Letbane er der installeret on-board smøring af hjulflangerne, hvilket først og fremmest skal reducere hjul/skinne-slid, men som også bidrager til at reducere støj i kurver
- > **Stationære skinnesmøring.** I sporet hos Aarhus Letbane er der installeret stationære smøringssystemer ved udvalgte skarpere kurver for smøring af toppen af skinnen, hvilket har til formål at minimere såkaldt kurveskrig.

3.9 Forventet reduktion af støjbelastningen

(Støjbekendtgørelsens overskrift: *Skøn over den forventede nedbringelse af antallet af støjbelastede personer og boliger*)

I denne rapportes beregninger af støj fra jernbaner indgår der målinger af skinnernes ruhed, hvilket er anvendt til at kortlægge antallet og beliggenheden af støjbelastede boliger og personer i forhold til skinne kvaliteten. Når der foretages vedligehold af skinner pga. skinnedefekter (udveksling/reparation/slibning/fræsning), afdrejninger af hjul pga. hjuldefekter eller smøring af hjul og skinner forventes en reduktion af støjniveauet og deraf antallet af støjpåvirkede boliger.

Ved at minimere omfanget af overfladefejl i både skinner og hjul samt at udføre en effektiv smøring af hjul og skinner forventes det, at støjbelastningen kan reduceres til et normalt forventeligt niveau ved hjul og skinner i god tilstand.

Selv med en mere optimeret overvågning og vedligeholdelse kan det dog ikke garanteres, at skinner og hjul altid vil være helt fri for støjende defekter eftersom, at defekter i så vel hjul som skinner kan opstå momentant ved enten hjulskridning under bremsning, hjulspin under acceleration eller andre hændelser.

Den forventede støjreduktion er opgjort i form af antal støjpåvirkede boliger henholdsvis med en sporkorrektion svarende til de faktisk målte værdier af skinneruheden (Tabel 2) og med antagelse af gennemsnitsværdien for høj skinneruhed (Tabel 1). Det samlede antal af støjbelastede boliger vil forventeligt kunne reduceres fra 2.511 til 1.268.

Den opgjorte støjreduktion må derfor betragtes som et umiddelbart opnåeligt resultat ved vedligeholdelse af skinnerne. Der vil givetvis kunne opnås en øget støjreduktion dvs. et mindre antal af støjbelastede boliger og personer, ved en prioriteret, øget vedligeholdelse af skinner og hjul.

Der er i forhold til støjbekendtgørelsens § 26 pkt. 9 udført vurdering af helbreds-effekter ved brug af Miljøstyrelsens helbredseffekt regneark². Det skal bemærkes, at der for jernbaner ikke opgøres antal tilfælde af "Iskæmisk hjertesygdom (IHD)".

Det samlede antal af personer med "Høj grad af gener (HA)" vil forventeligt kunne reduceres fra 890 til 578 og det samlede antal af personer med "Søvnforstyrrelser (HSD)" vil forventeligt kunne reduceres fra 1914 til 1324.

3.10 Strategi på langt sigt

I forhold til vedligeholdelsesstrategien for skinner, sporskifter og hjul på længere sigt planlægger Aarhus Letbane i højere grad at udføre forebyggende vedligeholdelse med cykliske frekvenser.

I forhold til hjuls tilstand vil Aarhus Letbane udføre forebyggende afdrejning af hjul for hver ca. 25.000-30.000 km, hvilket har til formål at minimere støj og vibrationer fra defekter i hjulene. Det er ligeledes planen at forøge forebyggende slibeaktiviteter af skinner og sporskifter.

Kurveskrig afhjælpes fortsat på længere sigt igennem de nuværende installerede smøringssystemer – dvs. hjulflangesmøring on-board på letbanetogene og skinner-smøring stationært i sporet.

Aarhus Letbane vil undersøge muligheder for installering af supplerende smøringssystem til smøring af hjuls trædeflade og dermed toppen af skinnehovedet for at reducere kurveskrig i flere kurver. Resultatet af undersøgelsen skal bruges som beslutningsgrundlag om eventuel anskaffelse og installering af et sådant system.

3.11 Finansielle oplysninger

(Støjbekendtgørelsens overskrift: *Finansielle oplysninger (hvis de er tilgængelige): budgetter, omkostningseffektivitetsanalyse og cost-benefit-analyse*)

² Helbredseffekt-regneark_TC-101750 version 1.0 af 07-09-2021

De planlagte fremtidige overvågning og forebyggende vedligeholdelsesaktiviteter vil være forbundet med væsentlig forøgede udgifter. Ud over et reduceret støjni-veau er det dog forventningen, at de forebyggende aktiviteter på sigt samlet set vil være økonomisk fordelagtigt for Aarhus Letbane i form af færre udgifter på vedligeholdelse af skinner, sporskifter og hjul samt en forlænget levetid af disse komponenter.

Et generelt forbedret kvalitetsniveau for hjul, skinner og sporskifter forventes derudover at medføre en række andre væsentlige fordele:

- > Det forventes at være økonomisk fordelagtigt i forhold til mindre behov for sporjustering i de ballasterede spor, hvilket dog er svært at kvantificere.
- > En forbedring af kvaliteten af hjul og skinner vil medføre færre dynamiske belastninger og vibrationer i togene og deres boogie-systemer, hvilket forventes at være fordelagtigt i forhold til levetiden og vedligeholdelsen af disse.
- > Forbedret kørekomfort for passagererne.
- > Derudover forventes færre alvorlige fejl og nedbrud og deraf en bedre punktlighed.
- > Samlet set gør det letbanen mere attraktiv med mulighed for at tiltrække flere passagerer.

De ovennævnte forskellige former for fordele forventes at være forbundet med økonomiske gevinster for både Aarhus Letbanen og Aarhus kommune, men hvor store disse vil blive, er svært at kvantificere økonomisk.

3.12 Evaluering af støjhandlingsplanen

(Støjbekendtgørelsens overskrift: *Påtænkte tiltag til evaluering af gennemførelsen og resultaterne af støjhandlingsplanen*)

Der påtænkes ikke evaluering af støjhandlingsplanens gennemførelse og resultater.

3.13 Referat af den offentlige høring

(Støjbekendtgørelsens overskrift: *Referat af den offentlige høring af forslag til støjhandlingsplanen*)

Der er i løbet af høringsperioden indkommet et høringssvar:

Hermed høringssvar vedrørende støjhandlingsplanen for Aarhus Letbane. Som beboer ved letbanestrækningen (eller i nærheden af) på Strandvænget-Vestre Strandalle i Risskov oplever jeg og mine naboer væsentlige støjgener fra letbanen, som i flere tilfælde overstiger de vejledende grænseværdier.

Særligt oplever vi følgende problemer:

1. *Højfrekvent støj fra letbanen: Det tidligere dieseltog havde en dybere lyd, mens letbanen producerer en skinger, højfrekvent lyd, som er meget generende. Dette står i kontrast til de tidligere løfter om en mere støjsvag letbane.*

2. *Bankelyde og vibrationer: Når letbanetogene passerer skinnesamlinger/sammensvejsninger, opstår der høje bankelyde og kraftige jordbårne vibrationer. Dette problem er tidligere forsøgt afhjulpnet ved skinneslibning i 2019, men støjen vendte hurtigt tilbage.*

3. *Manglende støjreducerende tiltag: Støjkortlægningen viser, at mange boliger udsættes for støjniveauer, der overstiger de vejledende grænseværdier. På trods af dette er der ingen planer om støjhegn eller andre støjdæmpende foranstaltninger, hvilket er stærkt utilfredsstillende.*

4. *Utilstrækkelig løbende vedligeholdelse: Den løbende vedligeholdelse, der hidtil er blevet foretaget (slibning af skinnerne) hjælper ikke meget, og effekten af vedligeholdelsen er kortvarig, dvs. problemerne med generende støj vender hurtigt tilbage. Der mangler en systematisk strategi for løbende vedligeholdelse af skinnerne (eller udskiftning af skinner) for at minimere støjgenerne, særligt i tætbebyggede områder.*

På baggrund af ovenstående opfordrer jeg Aarhus Letbane og relevante myndigheder til at overveje følgende

- Etablering af støjværn i boligområder, hvor støjen overstiger grænseværdierne. Det er den eneste langsigtede strategi for støjdæmpning, idet problemet med f.eks. slibning af skinnerne er kortvarig og ineffektiv.*
- Skift af skinner eller på anden måde fjerne sammensvejsninger for at fjerne bankelyde, der altid vil forekomme på gamle sammensvejsede skinner.*
- Udføre konkrete støjmålinger ved boliger tæt på banen for at sikre en retvisende vurdering af støjpåvirkningen.*

Jeg håber, at disse forhold bliver taget alvorligt, og at der bliver handlet på de dokumenterede støjgener, så vi som naboer til letbanen kan bo i et acceptabelt lydmiljø.

Aarhus Letbanes svar herpå:

Aarhus Letbane planlægger jf. afsnit 3.10 i højere grad at udføre forebyggende vedligeholdelse med cykliske frekvenser, herunder bl.a. forebyggende hjulafdrejning og slibeaktiviteter. Citeret fra afsnit 3.9: "Når der foretages vedligehold af skinner pga. skinnedefekter (udveksling/reparation/slibning/fræsning), afdrejninger af hjul pga. hjuldefekter eller smøring af hjul og skinner forventes en reduktion af støjniveauet og deraf antallet af støjpåvirkede boliger"

Bilag A Støjkortlægning, SWECO 2023

TEKNISK RAPPORT

AARHUS LETBANE STØJKORTLÆGNING 2023, NORD2000

PROJEKTNAVN: AARHUS LETBANE, STØJKORTLÆGNING

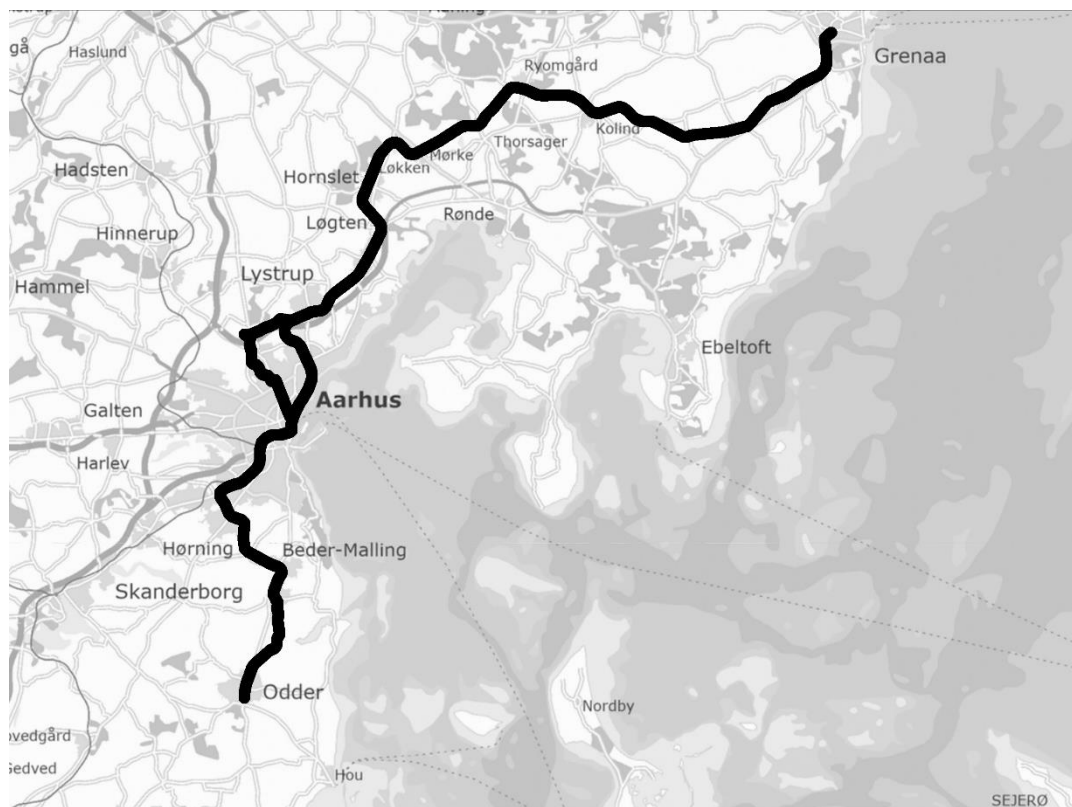
PROJEKTNUMMER: 41007833

PROJEKT UDFØRT FOR: AARHUS LETBANE

RAPPORTNUMMER: T4.001.23

RAPPORTEN OMFATTER 15 SIDER EKSKL. 1 BILAG

DATO 11. AUGUST 2023



UDFØRT AF: HANS BJERGEGAARD

KONTROLLERET AF: THOMAS H. OLSEN

TEKNISK ANSVARLIG: HANS BJERGEGAARD

1 (15)

Sweco Ørestads Boulevard 41 DK 2300 København Telefon +45 72 20 72 07 www.sweco.dk	Sweco Danmark A/S Reg. nr. 48233511 Reg. kontor København Member of the Sweco Group	Hans Bjerregaard Telefon direkte +45 89 28 81 55 Mobil +45 27 23 81 55 hans.bjerregaard@sweco.dk
---	--	---

Resumé

Sweco Danmark A/S har for Aarhus Letbane I/S udført en strategisk støj kortlægning af Aarhus Letbane i henhold til Støj bekendtgørelsen (Bekendtgørelse nr. 2092 af 18/11 2021). Nærværende rapport dokumenterer den udførte Nord2000 kortlægning. Kortlægningen er udført efter retningslinjerne i Miljøstyrelsens Vejledning 4/2006: Støj kortlægning og Støj handlingsplaner samt tillæg til vejledning nr.1/1997: "Støj og vibrationer fra jernbaner".

Aarhus Letbane går gennem kommunerne Odder, Aarhus, Syddjurs og Norddjurs kommuner. Letbanen har en samlet længde på ca. 110 km og 48 stationer.

Kortlægningen dokumenterer jernbanestøjen for strækningen Odder - Grenå pr. juni 2023. Beregningerne er baseret på kildedata målt på strækningen maj 2023.

Resultaterne er summeret herunder:

L _{DEN} > 59 dB			L _{NIGHT} > 45 dB		
L _{DEN}	Boliger	Personer	L _{NIGHT}	Boliger	Personer
54 – 59 dB	3.984	6.780	45 – 50 dB	4.303	7.419
59 – 64 dB	2.989	4.773	50 – 55 dB	2.834	4.637
64 – 69 dB	1.481	2.369	55 – 60 dB	1.777	2.821
69 – 74 dB	173	220	60 – 65 dB	155	254
>74 dB	2	2	>65 dB	8	13
Sum > 54 dB	8.629	14.144	Sum >45 dB	9.077	15.144
Sum > 64 dB	1.656	2.591	Sum >50 dB	4.774	7.725

Herudover der er beregnet 1.534 boliger og 2.404 personer, der har en maksimalværdi, der er højere end støjgrænseværdien på 85 dB(A)

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	4
1.1	Beregningsobjekt - Aarhus Letbane	4
2	Grundlag	4
2.1	Datagrundlag	5
3	Opbygning af støjberegningsmodel	6
3.1	Jernbaner	6
3.2	Bygninger	9
3.3	Afskærmninger	10
3.4	Højdedata	11
3.5	Terrænoverflade	12
3.6	Modellering	12
4	Beregninger	12
4.1	Støjudbredelseskort	12
4.2	Facadestøj	13
4.3	Optællinger	13
5	Resultater	13
6	Resultater til Miljøstyrelsen	15

Bilag

Bilag 1: støjkonturer, L_{den} og L_n , 1,5 meter over terræn

Bilag 2: Resultater til Miljøstyrelsen

1 Indledning

Europa-Parlamentets og Rådets Direktiv 2002/49/EF af 25. juni 2002 om vurdering og styring af ekstern støj foreskriver, at ekstern støj fra veje, jernbaner, fly og industri skal kortlægges med 5 årige intervaller og at der efterfølgende skal udarbejdes en støjhandlingsplan.

Seneste krav til EU støjkortlægningerne fremgår af Støjbekendtgørelsen (Bek. nr. 2092 af 18. november 2021), hvor der ud over kravene fra EU også er stillet krav om støjkortlægning efter den gældende metode i Danmark (NORD2000).

Nærværende rapport beskriver den gennemførte støjkortlægning af Aarhus Letbane år 2023 vha. NORD2000 metoden. Rapporten beskriver baggrund, metoder, grundlag, databearbejdning, beregninger og resultater.

Projektet er gennemført i perioden 31. januar 2023 til 30. juni 2023.

1.1 Beregningsobjekt - Aarhus Letbane

Aarhus Letbane består overordnet set af strækningerne: Odder – Aarhus H, Aarhus H – Lystrup (over universitetshospitalet) og Aarhus H – Grenå. Banen blev taget i brug i slutningen af 2017.

Aarhus Letbane går gennem kommunerne Odder, Aarhus, Syddjurs og Norddjurs kommuner. Letbanen har en samlet længde på ca. 110 km og 48 stationer hvoraf ca. 38 km er omfattet af Støjbekendtgørelsen.

2 Grundlag

Beregningerne er udført i henhold til Støjbekendtgørelsen, Bek. nr. 2092 af 18. november 2021 og udarbejdet efter retningslinjer angivet i:

- Miljøstyrelsens vejledning nr. 1/1997 "Støj og vibrationer fra jernbaner"
- Tillæg til Miljøstyrelsens vejledning nr. 1/1997 "Støjkortlægning og støjhandlingsplaner"
- Miljøstyrelsens vejledning nr. 4/2006: "Støjkortlægning og Støjhandlingsplaner"

2.1 Datagrundlag

Der er indhentet data fra Aarhus Letbane, Dataforsyningen, Datafordeleren, Vejdirektoratet, Banedanmark og Danmarks Statistik. Herunder listes det datasæt, der benyttes til kortlægningen.

Data fra Aarhus Letbane

- "Oversigt togpassager på strækninger_EU støjmåling_KPL 2023_2024_v.12.06.2023.xlsx"

Data fra Dataforsyningen (<https://dataforsyningen.dk>)

- GeoDanmark grundkort indeholdende bygninger, jernbaner, vejkanter, søer mv., dateret 01.06.2022
- Laserscanning med terrænvariationer (topografi), dateret 01.06.2022
- Luftfoto

Data fra Datafordeler

- BBR udtræk, dateret 10.06.2022

Data fra CPR

- Antal personer pr. bolig i Aarhus Kommune (leveret i forbindelse med Banedanmark projektet)

Data fra Vejdirektoratet

- Skærmtema med Vejdirektoratets opsatte støjskærme (SoundPLAN geo-filer), dateret 08.06.2022

Data fra Banedanmark

- Skærmtema med Banedanmarks opsatte støjskærme (SoundPLAN geo-filer), dateret 27.05.2022

Til beregningerne er der anvendt støjberegningsprogrammet SoundPLAN ver. 9.0 med opdatering 20.06.2023.

Kortlægningen er udført i projektionen: UTM32 euref89.

3 Opbygning af støjberegningsmodel

Beregningsmodellen er opbygget af følgende 5 elementer:

- Jernbaner
- Bygninger
- Afskærmninger
- Højdedata
- Overfladebeskaffenhed (hårde/bløde)

De 5 elementer beskrives nedenfor.

3.1 Jernbaner

Til opbygning af togtrafiktemaet er følgende baggrundsdata anvendt:

GIS-baseret jernbanetema (Dataforsyningen)

Oplysninger om daglig trafik på strækningerne (regneark fra Aarhus Letbane)

Målinger af skinneruheden og kildestyrke for Aarhus Letbane (foretaget af Sweco). Herfra er gennemsnitshastighederne brugt til at fastlægge hastigheder på strækningen tæt på stationer.

Trafikken på strækningen er opgjort af Aarhus Letbane. I tabel 1 herunder fremgår de angivne trafikmængder:

Tabel 1: Angivne trafikmængder (antal togsæt fordelt hhv. dag-, aften- og natperiode)

Strækning	Stræknings-hastighed	Antal / Dag	Antal / Aften	Antal / Nat
Odder - Mårslet	75 km/t	43	6	8
Mårslet - Aarhus H	75 km/t	72	6	8
Aarhus H - Knudepunkt Nørreport	45 km/t	217	30	55
Knudepunkt Nørreport - Universitetshospitalet	60 km/t	159	24	44
Universitetshospitalet - Lisbjerg bygade	70 km/t	96	24	39
Lisbjerg Bygade - Lisbjergskolen	70 km/t	48	12	19
Knudepunkt Lisbjerg - Lystrup	70 km/t	48	12	19
Knudepunkt Nørreport - Lystrup (via Torsøvej)	100 km/t	56	7	12
Lystrup - Hornslet	100 km/t	12	56	8
Hornslet - Ryomgård	100 km/t	10	43	8
Ryomgård - Grenå	100 km/t	10	32	6

Aarhus Letbane betjenes af 2 togtyper. Togtypen Tango er 40 meter lang og kører på strækningen fra Odder – Aarhus H og Aarhus H til Grenå (via Torsøvej). Den indre strækning samt strækningen til Grenå betjenes af togtypen Variobahn, der er 32,5 meter langt.

Ud fra gennemsnitshastigheder målt i forbindelse med et måleprojekt om skinneruhed og kildestyrker benyttes en lokal hastighedsnedsættelse omkring stationerne. 300 meter før og efter en station regnes med en hastighed på 45 km/t, fra 300 m – 600 m før/efter stationen regnes med en hastighed på 75 km/t og i afstande større end 600 m fra stationen regnes med fuld strækningshastighed. Togene er selvfølgelig begrænset af den maksimale strækningshastighed angivet i tabel 1.

Undtagelsen herfor er den indre strækning, hvor hastigheden er sat til 45 km/t for hele strækningen. Der er en række skarpe sving og mange stationer, der nedsætter den generelle hastighed. Støjen vil ved denne simplificering overestimeres en smule i den indre by og underestimeres en smule fra Lisbjerg til Lystrup.

Der er nyligt udført en skinneruhedsmåling på hele Aarhus Letbane, der har resulteret i en kildestyrke (støjudsendelse) for et letbanetog på hhv. ballasteret spor og på rillespor. Kildestyrken for kørsel på ballasteret spor er højere end ved kørsel på rillespor. De kildespecifikke A og B værdier til NORD2000 beregningsmetoden i SoundPLAN er vist i tabel 2:

Tabel 2: A og B værdier for letbanetogets kildestyrke i SoundPLAN (Nord2000)

Frekvens (Hz)	Ballasteret spor (L_w / m [dB])		Rilleskiner (L_w / m [dB])	
	a	b	a	b
50	0,00	73,16	0,00	72,90
63	3,81	77,45	0,00	78,30
80	0,00	81,40	0,00	91,48
100	0,00	81,57	0,00	91,17
125	0,00	80,56	4,15	89,73
160	0,00	83,03	12,44	95,31
200	0,00	81,89	10,02	103,83
250	0,00	84,51	4,73	97,21
315	0,00	90,39	4,00	93,66
400	0,00	91,09	3,67	93,29
500	0,00	93,61	5,00	92,41
630	6,04	104,04	8,10	94,87
800	18,07	104,96	13,21	94,17
1000	29,10	101,84	20,04	95,76
1250	35,86	95,51	26,96	84,72
1600	37,83	99,17	25,58	84,78
2000	33,49	97,33	16,28	78,91
2500	26,34	92,99	8,48	80,85
3150	24,05	91,60	11,25	80,93
4000	25,25	89,28	19,47	82,65
5000	27,10	88,46	22,81	81,29
6300	41,58	87,05	25,86	83,73
8000	42,58	80,23	11,30	80,54
10000	44,15	67,96	10,42	66,95

Kildestyrkerne er ens for de to togtyper (Tango og Variobahn) og afhænger af, hvilke spor, der køres på. Herunder ses en oversigt over, hvor der ligger rilleskinner og hvor der er ballasteret spor på strækningen.

Figur 1: placering af ballasteret spor (sort) og rilleskinner (blå).



3.2 Bygninger

Formålet med kortlægningen er dels at beregne støjdbredelsen som konturer 1,5 meter over terræn dels at estimere antallet af støjbelastede boliger og personer. For at kunne estimere antallet af støjbelastede boliger og personer, er det nødvendigt dels at identificere boligers placering samt hvor mange personer der er knyttet til boligen. Grundlaget for identificering af bygninger til boligformål er foretaget via BBR, hvor en given bygnings anvendelseskode er udtrykt tillige med oplysninger om antal etager mv. Anvendelseskoden siger endvidere noget om hvilken boligtype, der er tale om. I Aarhus Kommune er antallet af personer pr. bolig baseret på oplysninger fra CPR og for Odder, Syddjurs og Norddjurs Kommuner er der benyttet et gennemsnitstal på 2

personer pr. bolig (I Aarhus er der brugt samme grundlag som til Banedanmarks kortlægning).

Til opbygning af bygningstemaerne er der anvendt Geodatastyrelsens bygningslag samt BBR oplysninger. Bygningerne er opdelt i 2 forskellige kategorier:

Bygninger med boliger
Bygninger uden boliger

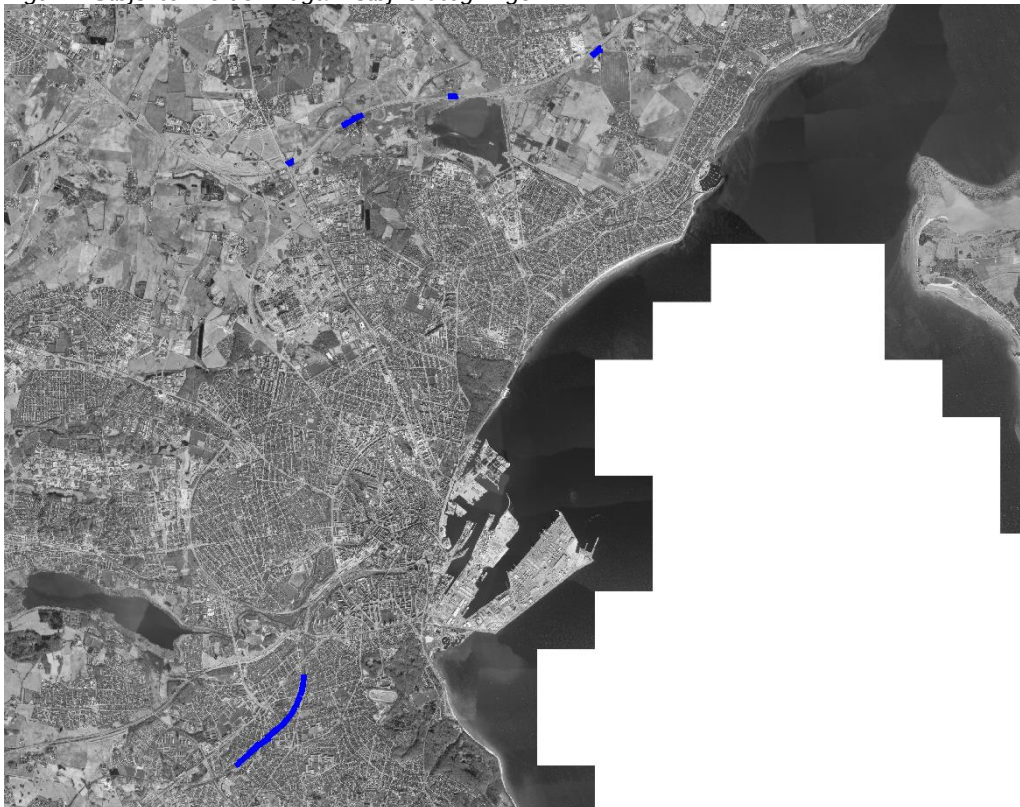
Opdelingen er foretaget på baggrund af oplysninger fra BBR-registret. Højderne på bygninger med boliger er fastlagt ud fra oplysninger om antal etager i BBR-registret. For de bygninger, der ikke indgår i BBR-registret, er bygningshøjden taget fra koteoplysningen givet i datagrundlaget (dog er bygninger med højde mindre end 2 m ændret til 2 m).

Erfaringen viser, at nogle BBR-data ligger forkert, hvorved de ikke umiddelbart kan sammensættes med en bygning. Ligeledes vil nogle BBR-data være inddateret før bygningslaget er opdateret og dermed kan BBR-data eksistere uden et tilhørende bygningspolygon. På et overordnet plan er data korrigeret for større områder, hvor data er mangelfuldt eller hvor det er vurderet, at manglerne kan have betydning for støj kortlægningens resultat.

3.3 Afskærmninger

Der regnes med nedenstående støjskærme leveret af hhv. Vejdirektoratet og Banedanmark.

Figur 2: Støjskærme der indgår i støjkortlægningen



Skærmenes placering og højde er angivet af hhv. Vejdirektoratet og Banedanmark.

Der regnes både med den afskærmende og den reflekterende virkning af bygninger. I beregningerne anvendes et refleksionstab på 1 dB på bygningsfacader (svarende til en refleksionskoefficient på 0,8).

3.4 Højdedata

For at beskrive terrænvariationerne langs jernbanestrækningen er der benyttet Dataforsynings laserscanning, der er baseret på en scanning af Danmark vha. overflyvninger. Overflyvningen giver en overflademodel (DHM), der filtreres således, at der kun medtages punkter, der er klassificeret som beliggende på terræn. Punkter klassificeret som bygning, vegetation og andre objekter er fjernet fra overflademodellen. Dette giver en terrænmodel (DTM), der omregnes til et grid med en størrelse på 0,4 meter og har en vertikal nøjagtighed på 5 cm. Datamængden i et 0,4 meter grid er uhåndterbart for store arealer og derfor er

terrændata filtreret yderligere. Filtreringen i dette projekt er sat variabelt fra 0,4 meter til 0,2 meter vertikalt (mest nøjagtigt tættest på sporet), hvilket betyder, at terrænpunkterne reduceres væsentligt dog uden at dette forringer detaljeringsgraden i nævneværdig betydning.

3.5 Terrænoverflade

Kortlægningen tager højde for terrænets akustiske overfladeegenskaber. Der skelnes mellem reflekterende (hårdt) terræn og absorberende (blødt) terræn.

Der er anvendt luftfoto og GeoDanmarks tema for søer til at udpege, hvor terrænet er hhv. hårdt og blødt.

3.6 Modellering

Det beskrevne datagrundlag danner grundlag for en 3D støjmodel af strækningerne opbygget i beregningsprogrammet SoundPlan ver. 9.0 (opdatering 20.06.2023). Modellen indeholder alle de elementer, der påvirker lydens udbredelse herunder terræn, bygninger, skærmning, og refleksioner.

Modellen er gennemgået i 3D, justeret i forhold til luftfoto og eventuelle fejl i modellen er rettet. Modellen er herefter gennemgået en betydelig kvalitetssikring inden beregningerne er igangsat.

Modellen tager endvidere hensyn til meteorologiske parametre, der påvirker lydudbredelsen.

4 Beregninger

Beregningerne er udført iht. Bekendtgørelse 2092 af 18. november 2021. Der er foretaget beregninger af støjudbredelsen langs Aarhus Letbane (støjkonturer) samt beregning af støj ved facaden af boligbebyggelse. Facadestøjberegningerne danner efterfølgende grundlag for opgørelse af antallet af støjbelastede boliger og personer.

4.1 Støjudbredelseskort

Støjens udbredelse er beregnet i et 10x10 meter maskenet i beregningshøjden 1,5 meter over terræn og konturerne fremkommer ved at interpolere mellem beregningspunkterne. Støjkonturerne repræsenterer ikke fritfelt-niveauer og er således af orienterende karakter og bør ikke aflæses ukritisk. Idet der er tale om konturer af orienterende karakter er det valgt at gennemføre beregningerne

med 1. ordens refleksioner. De mere præcise facadestøjniveauer er gennemført med 2. ordens refleksioner.

Støjudbredelseskort fremgår af bilag 1 og de medleverede GIS temaer.

4.2 Facadestøj

Beregning af facadestøjen er foretaget i højder svarende til den enkelte boligs placering. Beregningshøjden for stueplan er generelt 1,5 m over terræn og for øvrige etager i spring af 2,8 m. For hver etage på en given boligbygning er støjen regnet i punkter på facaden med 3 m indbyrdes afstand. Højeste facadeniveau ved en given bolig definerer boligens støjbelastning.

4.3 Optællinger

Optælling af antal støjbelastede boliger er gennemført i GIS.

For boligbygninger med én bolig pr. bygningspolygon, hvilket hovedsagelig er parcelhuse og boliger i åbent land, identificeres det højeste facadestøjniveau pr. bygning, hvilket sikrer, at støjen på udnyttede tagetager samt boliger i 2 eller flere plan, får det rigtige støjniveau.

For etageboliger, rækkehuse mv. hvor der er flere end én bolig i et givent bygningspolygon, er der anvendt en metode / algoritme i GIS, som ud fra adressepunktets geografiske placering vælger det højeste støjniveau på facaden nærmest adressepunktets placering. Afgørende for denne optællingsmetode er således, at adressepunkternes geokodning er rimelig retvisende. I enkelte tilfælde er der konstateret mange adressepunkter tilfældigt placeret i store etageejendomme eller klumpet sammen i den ene ende. I de tilfælde har det været nødvendigt at gøre en manuel fordeling af antallet af boliger pr. etage over bygningens udstrækning.

5 Resultater

Resultaterne består dels af støjkort for L_{DEN} og L_{NIGHT} beregnet 1,5 meter over terræn samt optællinger af antallet af støjbelastede boliger og personer.

Støjkort for L_{DEN} og L_{NIGHT} ses i bilag 1. Der henvises til de medleverede støjkonturer på GIS form.

Tabel 3: Optællinger for L_{DEN}

Kommune	54 – 59 dB		59-64 dB		64-69 dB		69-74 dB		>74 dB	
	Boliger	Personer	Boliger	Personer	Boliger	Personer	Boliger	Personer	Boliger	Personer
Syddjurs	487	974	276	552	179	358	29	58	1	2
Norddjurs	140	280	94	188	76	152	8	16	0	0
Odder	141	282	137	274	78	156	11	22	0	0
Aarhus	3.216	5.244	2.482	3.759	1.148	1.703	125	124	1	0
Sum	3.984	6.780	2.989	4.773	1.481	2.369	173	220	2	2

Tabel 4: Optællinger for L_{NIGHT}

Kommune	45 – 50 dB		50-55 dB		55-60 dB		60-65 dB		>65 dB	
	Boliger	Personer	Boliger	Personer	Boliger	Personer	Boliger	Personer	Boliger	Personer
Syddjurs	428	856	232	464	137	274	13	26	1	2
Norddjurs	123	246	119	238	32	64	6	12	0	0
Odder	162	324	125	250	92	184	18	36	0	0
Aarhus	3.590	5.993	2.358	3.685	1.516	2.299	118	180	7	11
Sum	4.303	7.419	2.834	4.637	1.777	2.821	155	254	8	13

Tabel 5: Optællinger for L_{max}

Kommune	>85 dB	
	Boliger	Personer
Syddjurs	222	444
Norddjurs	101	202
Odder	133	266
Aarhus	1.078	1.492
Sum	1.534	2.404

Resultaterne viser, at 1.656 boliger og 2.591 personer har en støjbelastning på mere end Miljøstyrelsens vejledende grænseværdi på $L_{DEN} = 64$ dB. I forhold til støjens maksimalværdi, så er 1.534 boliger og 2.404 personer udsat for en maksimal støjbelastning på mere end $L_{max} = 85$ dB(A). Hovedparten af disse boliger findes i Aarhus Kommune.

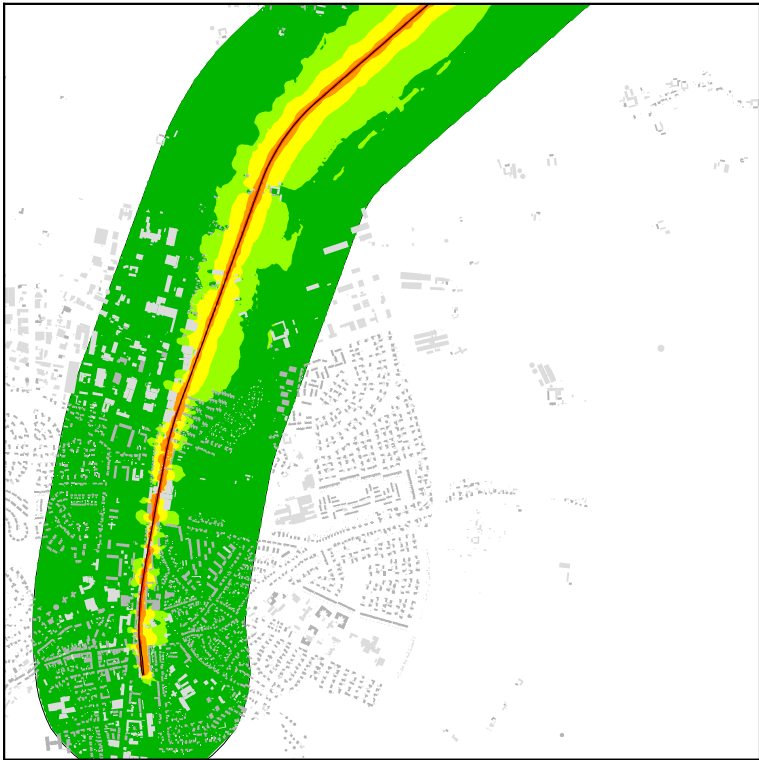
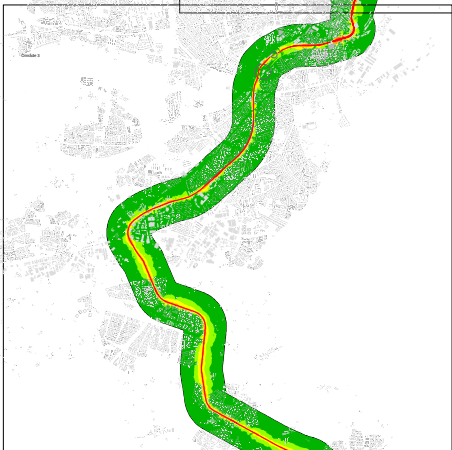
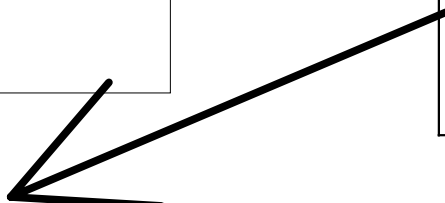
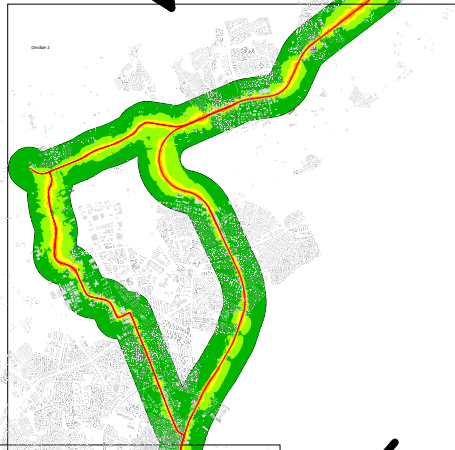
6 Resultater til Miljøstyrelsen

En delmængde af ovenstående resultater indleveres til Miljøstyrelsen. Det drejer sig om resultaterne for L_{DEN} og L_{Night} for strækningen mellem Mårslet og Lystrup (Aarhus Kommune).

Resultaterne til Miljøstyrelsens summeres i nedenstående tabel 6. I Bilag 2 ses indrapporteringen til Miljøstyrelsen (ekskl. klippede støjkonturer).

Tabel 6: Optællinger til Miljøstyrelsen

	54 – 59 dB		59-64 dB		64-69 dB		69-74 dB		>74 dB	
	Boliger	Personer	Boliger	Personer	Boliger	Personer	Boliger	Personer	Boliger	Personer
L_{DEN}	2.669	4.710	2.149	3.444	955	1.580	47	86	0	0
Kommune	45 – 50 dB		50-55 dB		55-60 dB		60-65 dB		>65 dB	
	Boliger	Personer	Boliger	Personer	Boliger	Personer	Boliger	Personer	Boliger	Personer
L_{Night}	3.115	5.472	2.040	3.356	1.371	2.197	78	154	6	11



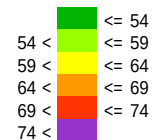
Vævervej 7
8800 Viborg
Telefon: 82 28 14 00

Rapportnummer	Beregningsfil	Uarb./Tegn.	Dato
Aarhus Letbane	10	DKH/ANB	09-08-2023

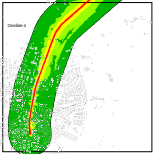
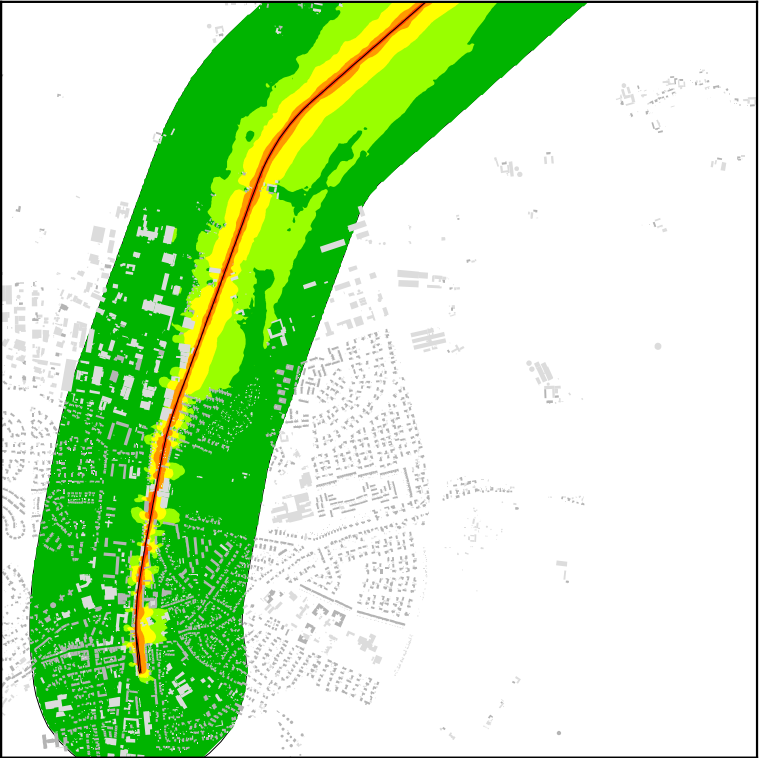
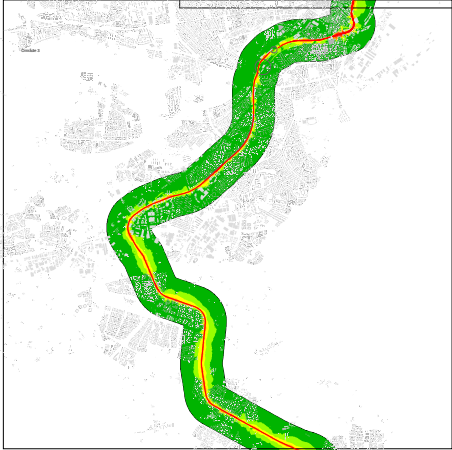
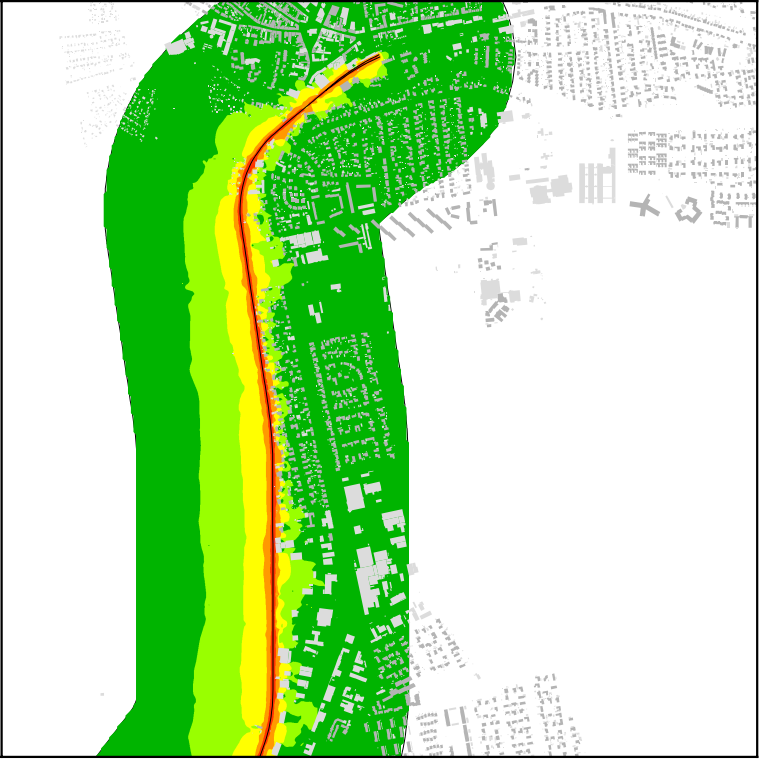
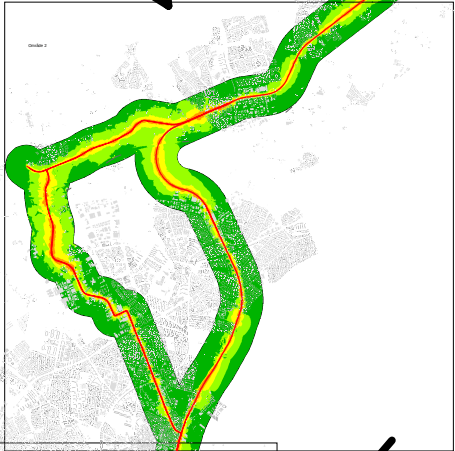
Sag	Sag nr.
Aarhus Letbane - Nord2000 kortlægning Beregning af støjdbredelse	41007833

Emne	Bilag
Beregnet støjdbredelse 1,5 meter over terræn	1A

Støjniveau,
 L_{DEN} i dB(A)



Målforhold



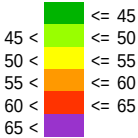
Vævervej 7
8800 Viborg
Telefon: 82 28 14 00

Rapportnummer	Beregningsfil	Uarb./Tegn.	Dato
Aarhus Letbane	10	DKH/ANB	09-08-2023

Sag	Sag nr.
Aarhus Letbane - Nord2000 kortlægning Beregning af støjdbredelse	41007833

Emne	Bilag
Beregnet støjdbredelse 1,5 meter over terræn	1B

Støjniveau,
 L_{NIGHT} i dB(A)



Kortlægning af støj i henhold til BEK. 2092 af 18/11/2021

Ansvarlig myndighed	Aarhus Letbane I/S P. Hiort Lorenzens Vej 71-95 8000 Aarhus C Mail. info@aarhusletbane.dk																											
Kortlægningstype	Større jernbane																											
Beregnings-program	SoundPlan vers. 9.0 opdatering 20/6 2023																											
Beskrivelse af jernbane	Aarhus Letbane forløber fra Odder i syd til Grenå i nord. Dog er trafikken på størstedelen af strækningen under 30.000 passager pr. år. Aarhus Letbane er kortlagt fra Mårslet station til Lystrup station. Området ses herunder.  <table><tr><th>Strækning</th><th>strækningshastighed</th><th>Passager pr. år</th></tr><tr><td>Mårslet - Aarhus H</td><td>75 km/t</td><td>32.846</td></tr><tr><td>Aarhus H - Nørreport</td><td>45 km/t</td><td>108.866</td></tr><tr><td>Knudepunkt Nørreport - Universitetshospitalet</td><td>60 km/t</td><td>84.308</td></tr><tr><td>Universitetshospitalet - Lisbjerg Bygade</td><td>70 km/t</td><td>57.948</td></tr><tr><td>Lisbjerg Bygade - Lisbjergskolen</td><td>70 km/t</td><td>28.974</td></tr><tr><td>Lisbjerg - Lystrup</td><td>70 km/t</td><td>28.974</td></tr><tr><td>Nørreport -Lystrup (via Torsøvej)</td><td>100 km/t</td><td>24.558</td></tr><tr><td>Lystrup</td><td>70 km/t</td><td>53.532</td></tr></table>	Strækning	strækningshastighed	Passager pr. år	Mårslet - Aarhus H	75 km/t	32.846	Aarhus H - Nørreport	45 km/t	108.866	Knudepunkt Nørreport - Universitetshospitalet	60 km/t	84.308	Universitetshospitalet - Lisbjerg Bygade	70 km/t	57.948	Lisbjerg Bygade - Lisbjergskolen	70 km/t	28.974	Lisbjerg - Lystrup	70 km/t	28.974	Nørreport -Lystrup (via Torsøvej)	100 km/t	24.558	Lystrup	70 km/t	53.532
Strækning	strækningshastighed	Passager pr. år																										
Mårslet - Aarhus H	75 km/t	32.846																										
Aarhus H - Nørreport	45 km/t	108.866																										
Knudepunkt Nørreport - Universitetshospitalet	60 km/t	84.308																										
Universitetshospitalet - Lisbjerg Bygade	70 km/t	57.948																										
Lisbjerg Bygade - Lisbjergskolen	70 km/t	28.974																										
Lisbjerg - Lystrup	70 km/t	28.974																										
Nørreport -Lystrup (via Torsøvej)	100 km/t	24.558																										
Lystrup	70 km/t	53.532																										

Beskrivelse af omgivelser	Strækningen ligger i Aarhus Kommune, der indbyggermæssigt er landets næststørste kommune med 355.238 indbyggere. Aarhus Letbane forløber hovedsageligt i tæt bymidte inde i Aarhus centrum. I sydlig ende, mellem Nørrevænget og Mårslet, forløber jernbanen i åbent land. Dette er også tilfældet i den nordlige ende vest for Lystrup. Den samlede kortlagte strækningslængde er 36,8 km. I Aarhus kommune består den øvrige støj hovedsageligt fra vejtrafikken.												
Beregningsmetode	Optælling af støjbelastede boliger og personer er foretaget efter retningslinjerne angivet i bekendtgørelse 2092. Der er foretaget en kortlægning af støjdbredelsen 1,5 meter over terræn og en kortlægning af antallet af støjbelastede boliger og personer. Beregningerne er foretaget på facaderne af de enkelte etager, hvor boligen er placeret. Beregningerne er udført iht. Nord2000 metoden og der benyttes følgende beregningsparametre: Refleksioner: 1. / 2. ordens refleksion (for hhv. støj kort og facadestøj) Søgeradius: 1500 meter Søgeradius refleksioner (modtager): 100 meter Søgeradius refleksioner (kilde): 50 meter Tolerance: 0,3dB For facadestøj benyttes punkter pr. 3 meter rundt langs facaden og beregningspunkter sættes 1,5 meter over det pågældende etageniveau. Der er regnet med 4 vejrklasser.												
Resultater	Resultatet af optællingerne af støjbelastede boliger/personer er vist herunder: <table border="1"> <thead> <tr> <th>L_{DEN}: boliger/personer</th><th>L_{NIGHT}: boliger/personer</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>54-58: 2.669 / 4.710</td><td>45-49: 3.115 / 5.472</td></tr> <tr> <td>59-63: 2.149 / 3.444</td><td>50-54: 2.040 / 3.356</td></tr> <tr> <td>64-68: 955 / 1.580</td><td>55-59: 1.371 / 2.197</td></tr> <tr> <td>69-73: 47 / 86</td><td>60-64: 78 / 154</td></tr> <tr> <td>>74: - / -</td><td>>65: 6 / 11</td></tr> </tbody> </table>	L _{DEN} : boliger/personer	L _{NIGHT} : boliger/personer	54-58: 2.669 / 4.710	45-49: 3.115 / 5.472	59-63: 2.149 / 3.444	50-54: 2.040 / 3.356	64-68: 955 / 1.580	55-59: 1.371 / 2.197	69-73: 47 / 86	60-64: 78 / 154	>74: - / -	>65: 6 / 11
L _{DEN} : boliger/personer	L _{NIGHT} : boliger/personer												
54-58: 2.669 / 4.710	45-49: 3.115 / 5.472												
59-63: 2.149 / 3.444	50-54: 2.040 / 3.356												
64-68: 955 / 1.580	55-59: 1.371 / 2.197												
69-73: 47 / 86	60-64: 78 / 154												
>74: - / -	>65: 6 / 11												
Stilleområder	Der er ikke udpeget stilleområder i forbindelse med projektet.												
Udfyldt	Hans Bjerregaard 10.08.2023												