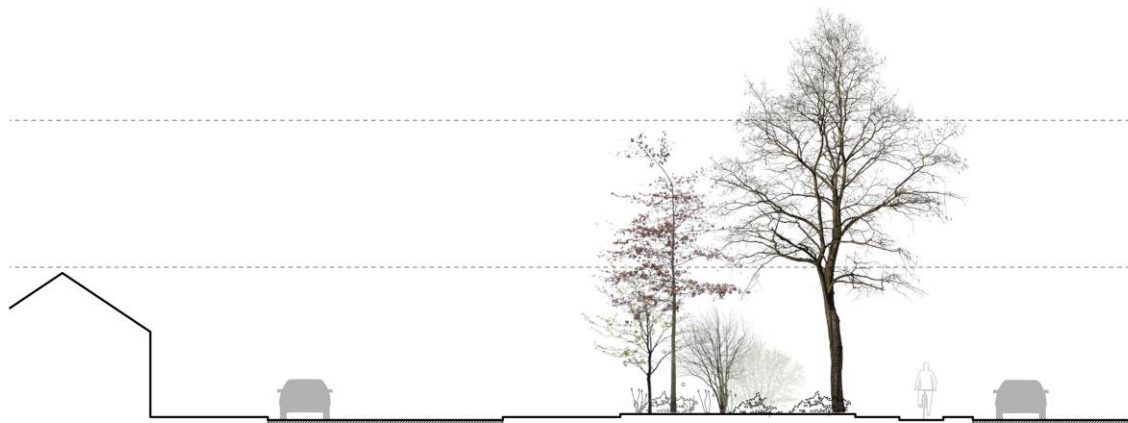


APPENDIKS TIL RAPPORT TC-102119



Kan træer, buske og græs mindske støjgene? Analyse af beplantningers effekt på trafikstøj

Udført for Gate 21 / Silent City

Liljens Kvt. 2

2620 Albertslund

Att.: Karoline Huss

Sagsnr.: 122-34572

TC-102120

{
Akustik, støj og vibrationer

Kvalitetssikret af

Udfærdiget af

INDHOLDSFORTEGNELSE

Forord 3

Bilag 1 Beplantningers støjdæmpning – nuancering af målinger.....	4
Bilag 2 Udvalgte eksempler på måling og beregning af støjreduktion.....	7
Bilag 3 FAMOS-undersøgelsen	11
Bilag 4 Beplantningselementer	19
Bilag 5 Metoder til beregning af støjreduktion.....	23
Referencer	25

Forord

Nærværende dokument TC-102120 er appendiks til Rapport TC-102119: "Kan træer, buske og græs mindske støjgene? – Analyse af beplantningers effekt på trafikstøj", der undersøger brugen af beplantning som en metode til at nedsætte støjgenen hos beboere tæt ved en vej.

Rapport TC-102119 og Appendiks TC-102120 er udført af FORCE Technology i samarbejde med Tegnestuen Vandkunsten for Gate 21 / Silent City, 2023.

Bilag 1 Beplantningers støjdæmpning – nuancering af målinger

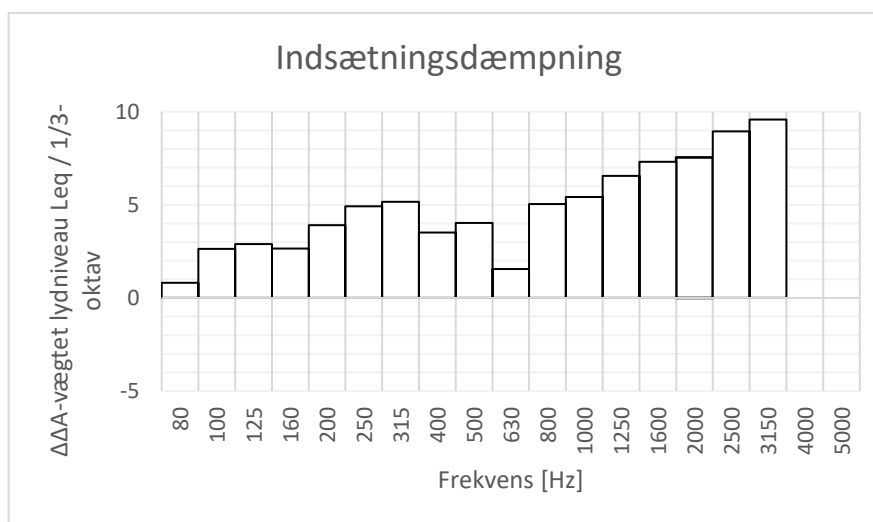
For at nuancere konklusionerne af måleresultaterne fra rapporter [8] og [9] vedr. bevoksningers støjdæmpning er der i denne undersøgelse foretaget en dybere analyse af målingerne i disse rapporter.

Målingerne er udført ved strækninger, hvor der er beplantningsbælter langs med veje, og ligeledes et referenceområde langs samme vej, hvor der er plant med græsbevoksning. At finde steder med både beplantningsbælte og referencestrækning viste sig dog vanskeligt, og der er derfor stor variation imellem referencestrækninger. Målingerne er udført med én mikrofon placeret langs vejen og én bag beplantningsbæltet samt med tilsvarende afstand fra vej og mellem mikrofonerne ved referencestrækningen. Afstandene mellem mikrofonpar var 6-29 meter, men samme afstand for beplantningsbælte og referencestrækning.

Resultaterne er udregnet som en forskel mellem lydtrykniveauerne i positionen nær vejen og den tilhørende mikrofon ved henholdsvis beplantningsbælte og referencestrækning. Disse kan skrives som $\Delta L_{\text{Beplantning}}$ og $\Delta L_{\text{Reference}}$. Den isolerede effekt af beplantningen beskrives som en indsætningsdæmpning, $\Delta\Delta L$. Hvor stor indsætningsdæmpningen er, afhænger af beplantningens type, men også hvor dyb beplantningen er og dermed, hvor meget organisk materiale som lyden skal passere igennem.

Typerne af beplantning, der er målt på og dybden af beplantningen, typen af referencestrækning samt indsætningsdæmpningen er illustreret i Tabel 2. Ligeledes er grafer af indsætningsdæmpningerne illustreret i tabellen for visuelt at vise den frekvensmæssige effekt af beplantningen.

I Figur 12 ses indsætningsdæmpningen for én af strækningerne. Frekvensområdet for alle graferne er i området 80-5.000 Hz, og størrelsen af indsætningsdæmpningen er fra 0 til +10 dB. På grafen ses en effekt af beplantningen i alle frekvenser, og det fremgår heraf, at effekten er mindst ved de laveste frekvenser (80-160 Hz) og størst ved de højeste frekvenser (1600-3150 Hz).



Figur 12 Indsætningsdæmpninger i frekvensområdet 80-3.150 Hz for Lokation:1, Asserbo. Indsætningsdæmpningen er $\Delta\Delta A$ -vægtet lydniveau L_{eq} . Se værdier i Tabel 2.

I Tabel 2 ses det, at både indsætningsdæmpningerne $\Delta\Delta_{L_{AEq}}$ og den frekvensmæssige effekt varierer betydeligt. $\Delta\Delta_{L_{AEq}}$ varierer fra 0 til 5,2 dB, og at nogle beplantninger kun har en effekt i det højfrekvente område, mens andre har en effekt i hele frekvensområdet. Den frekvensmæssige ændring vil medføre, at støjen bag beplantningen vil lyde anderledes end bag ved referencestrækningen. På trods af relativt begrænsede effekter i indsætningsdæmpningen ($\Delta\Delta_{L_{AEq}}$) vil støjen have ændret karakter og derfor opleves forskelligt.

Da det er kendt fra andre studier, at parameteren Loudness level (hørestyrkeniveau angivet i enheden Phon) kan have bedre korrelation med den oplevede gene, er indsætningsdæmpningen også beregnet som Loudness level. I Tabel 2 ses det, at indsætningsdæmpninger – beregnet som henholdsvis lydtrykniveau og Loudness level – generelt følges ad. Dog ses for eksempel, at for strækning 3, 4 og 7 er indsætningsdæmpningen beregnet som ændring i lydtrykniveau henholdsvis 0,5, 0,6 og 0,4 dB, mens ændring i Loudness level er beregnes som 1,7, 2,7 og 1,8 Phon. Det kan således antages, at effekten af beplantning 4 vil opfattes kraftigere end beplantning 3 og 7. Der skal dog bemærkes, at alle indsætningsdæmpningerne generelt er relativt små, og at effekten derfor vil være begrænset.

Loudness level (hørestyrke)

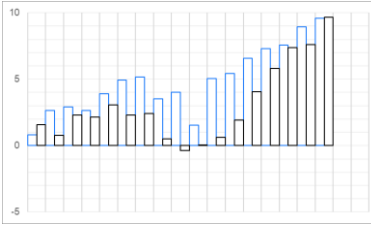
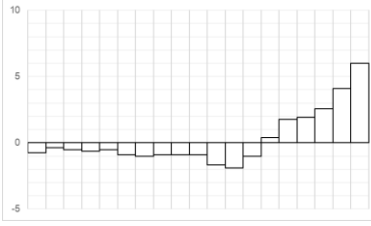
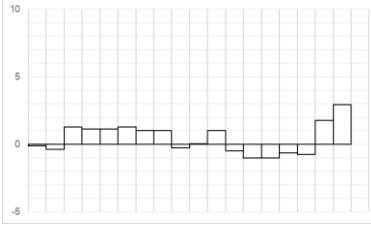
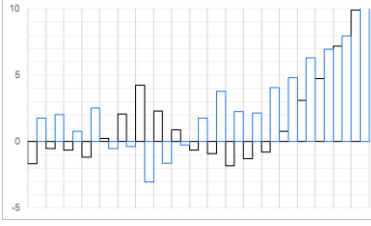
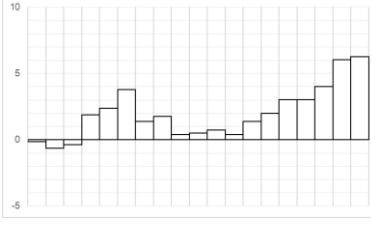
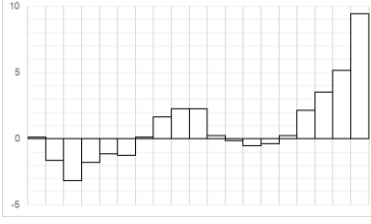
Subjektiv opfattelse af lydstyrke

Phon

Enhed for den subjektive opfattelse af lydstyrke

Ses der alene på indsætningsdæmpninger, da kan man fristes til at konkludere, at der er en betydelig støjreduktion af en særlig Tæt Hæk: $\Delta\Delta_{L_{AEq}} = 3,2-5,2$ dB (Lokation: 1, Asserbo), og til en vis grad fra Åben Højskov med skovbryn $\Delta\Delta_{L_{AEq}} = 1,3$ dB (Lokation: 5, Gundsø) og Tæt Højskov $\Delta\Delta_{L_{AEq}} = 0,6-2,6$ dB (Lokation: 4, Svansbjerg). Samtidig ses det, at en anden tæt højskov $\Delta\Delta_{L_{AEq}} = 0,4$ dB (Lokation: 7, Oppe Sundby) har en mere begrænset effekt. På baggrund af disse undersøgelser er der således ikke en entydig konklusion på, hvor stor en effekt der kan forventes af for eksempel en tæt højskov.

Det er vigtigt at holde for øje, at en af konklusionerne i undersøgelserne er, at *”en detaljeret analyse af indsætningsdæmpningens variation fra målested til målested er næppe berettiget set i lyset af undersøgelsens formål. Man skal være forsigtig med at drage konklusioner med hensyn til forskellene i beplantnings støjdæmpende virkning, fordi de konstaterede dæmpningsvirkninger er så små. Hovedkonklusionen må være, at de konstaterede dæmpningsvirkninger er så små, at støjbekæmpelse i praksis kan baseres på brug af beplantninger af den omhandlende bredde. Det skal dog bemærkes at tilstedeværelsen af selv en smal beplantning ved dens visuelt afskærmende virkning har en funktion, som formentlig for mange mennesker bevirker, at trafikstøjen bliver mindre påtrængende og generende”*.

Indsætningsdæmpning			
Parameter	Lydtryk-niveau	Loudness	
Betegnelse	$\Delta\Delta L_{Aeq}$	$\Delta\Delta Phon$	
Lokation: 1, Asserbo Beplantning: Hæk, særlig tæt Bredde: 2,5 m Referencestrækning: 20 cm højt græs	3,2-5,2	7,1-8,5	
Lokation: 2, Lejre Beplantning: Bredt hegn Bredde: 11 m Referencestrækning: 50 cm højt korn	0	1,3	
Lokation: 3, Darup Beplantning: Bredt hegn (én træække, én busk række) Bredde: 11 m Referencestrækning: 50 cm højt korn	0,5	1,7	
Lokation: 4, Svansbjerg Beplantning: Tæt højskov Bredde: 20 m Referencestrækning: Stubmark	0,6-2,6	2,7-4,6	
Lokation: 5, Gundsø Beplantning: Åben Højskov med skovbryn Bredde: 17 m Referencestrækning: 30-40 cm højt græs	1,3	3,2	
Lokation: 7, Oppe Sundby Beplantning: Tæt skov Bredde: 25 m Referencestrækning: løs, nyharvet jord	0,4	1,8	

Tabel 2 Oversigt over målesteder, målestedets type af beplantning, bredde og referencestrækning, samt indsætningsdæmpninger. De blå tal og kurver i lokation 1 og 4 skyldes at lokationens effekt er målt to gange.

Bilag 2 Udvalgte eksempler på måling og beregning af støjreduktion

Støjreduktion af en hæk og en støjskærm ved en bolig

Tyske undersøgelser, [15], af støjreduktionen fra en hæk viser, at indsætningsdæmpningen af en 2 m bred og 4 m høj nåletræshæk er cirka 1 dB.

Målingerne er udført som SPB-målinger¹, [17], i tre konfigurationer:

- Eksisterende 2 m bred og 4 m høj nåletræshæk, med 1,2 m høj muret væg. Se Figur 13.
- 1,2 m høj muret væg (hæk fjernet) (reference).
- Støjskærm med beplantning, etableret i stedet for hæk, med 1,2 m høj muret væg. Se Figur 14.

Måleopstillingen ses i Figur 15, hvor der er illustreret, at der måles i flere højder.

Resultaterne af indsætningsdæmpninger, hvor måleresultaterne ses i forhold til referencen (konfiguration b), hvor alene den 1,2 m høje mur er til stede). Indsætningsdæmpningen er 1,1-1,3 dB for hækken, hvorimod effekten for støjskærmen er 9-10,9 dB for de lave højder, hvor mikrofonerne skærmes. Den høje mikrofon skærmes kun begrænset af støjskærmen, og indsætningsdæmpningen er 1,5 dB.

Der er således en effekt af hækken, men en betydeligt større effekt af en skærm.

Billedet af skærmen er taget umiddelbart efter etablering. Den pågældende type skærm er udarbejdet af producenten Naturawall. Væggen vil afhængigt af plantetyperne med tiden kunne fremstå helt tæt, så den bagvedlæggende konstruktion ikke er synlig.

Målepunkt	Indsætningsdæmpning, ΔL , dB(A)	
	Hæk: $\Delta L = L_{ref} - L_{hæk}$	Støjskærm $\Delta L = L_{ref} - L_{skærm}$
Mp1	0,0	0,0
Mp2 0,8 m	1,1	9,0
Mp2 1,2 m	1,2	10,9
Mp2, 5,0 m	1,3	1,5

Tabel 3 Indsætningsdæmpning af hæk og støjskærm.

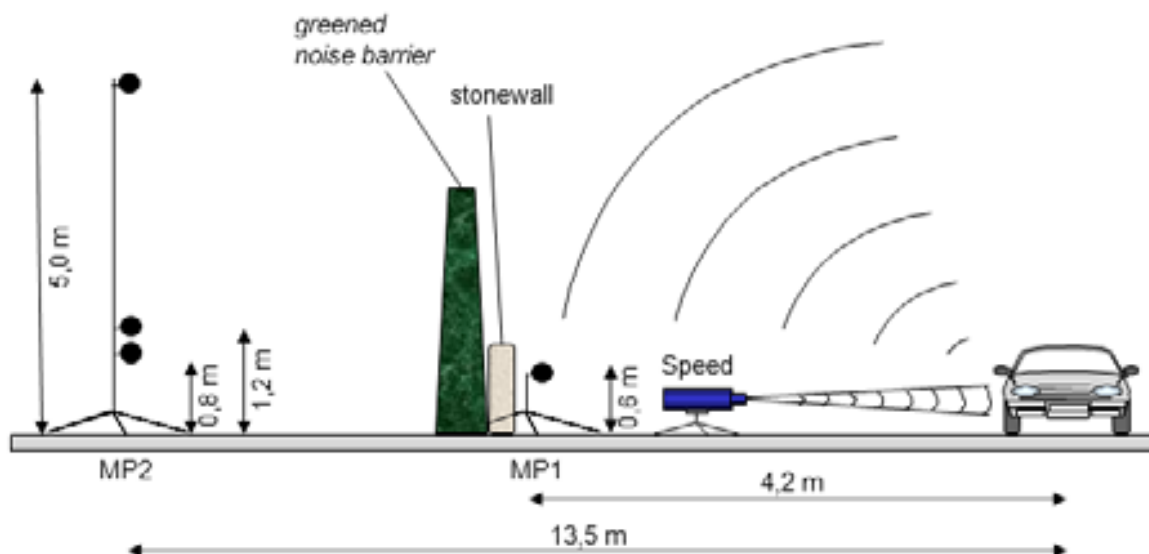
¹ SPB er en forkortelse af Statistical Pass-By. På dansk er metoden ofte kaldet vejsidemålinger. Metoden anvender biler, der kører på vejen, og disse bilers støjniveauer og hastigheder måles samtidigt, hvorved støjniveauerne kan bestemmes statistisk ved en specifik hastighed.



Figur 13 Eksisterende 2 m bred og 4 m høj nåletræshæk med 1,2 m høj muret væg. Kilde: [15].



Figur 14 Støjskærm med beplantning etableret i stedet for hæk på 1,2 m høj muret væg. Kilde: [15].



Figur 15 Måleopstilling ifm. måling af henholdsvis hæk og støjskærms indsætningsdæmpning. Kilde: [15].

Effekt af beplantning på støjvold

I EU-projektet HOSANNA² er foretaget beregning af effekten af at skabe stor ruhed på toppen af en støjvold, [12]. Effekten er undersøgt på baggrund af simuleringer. Den specifikke type simuleringer er 2D BEM-simuleringer (2 Dimensionel, Boundary Element Method). Simuleringerne er udført for en støjvold nær en fire-sporet vej. Støjvolden er en 15 m bred, 4 m høj og 3 m bred på toppen.

Her er effekten af at ændre overfladen af støjvolden fra komprimeret jord til forskellige grader af ruhed simuleret. Der skal bemærkes, at graden af ruhed i disse beregninger medfører, at overfladen af støjvolden akustisk set bliver blødere og dermed mere lydabsorberende.

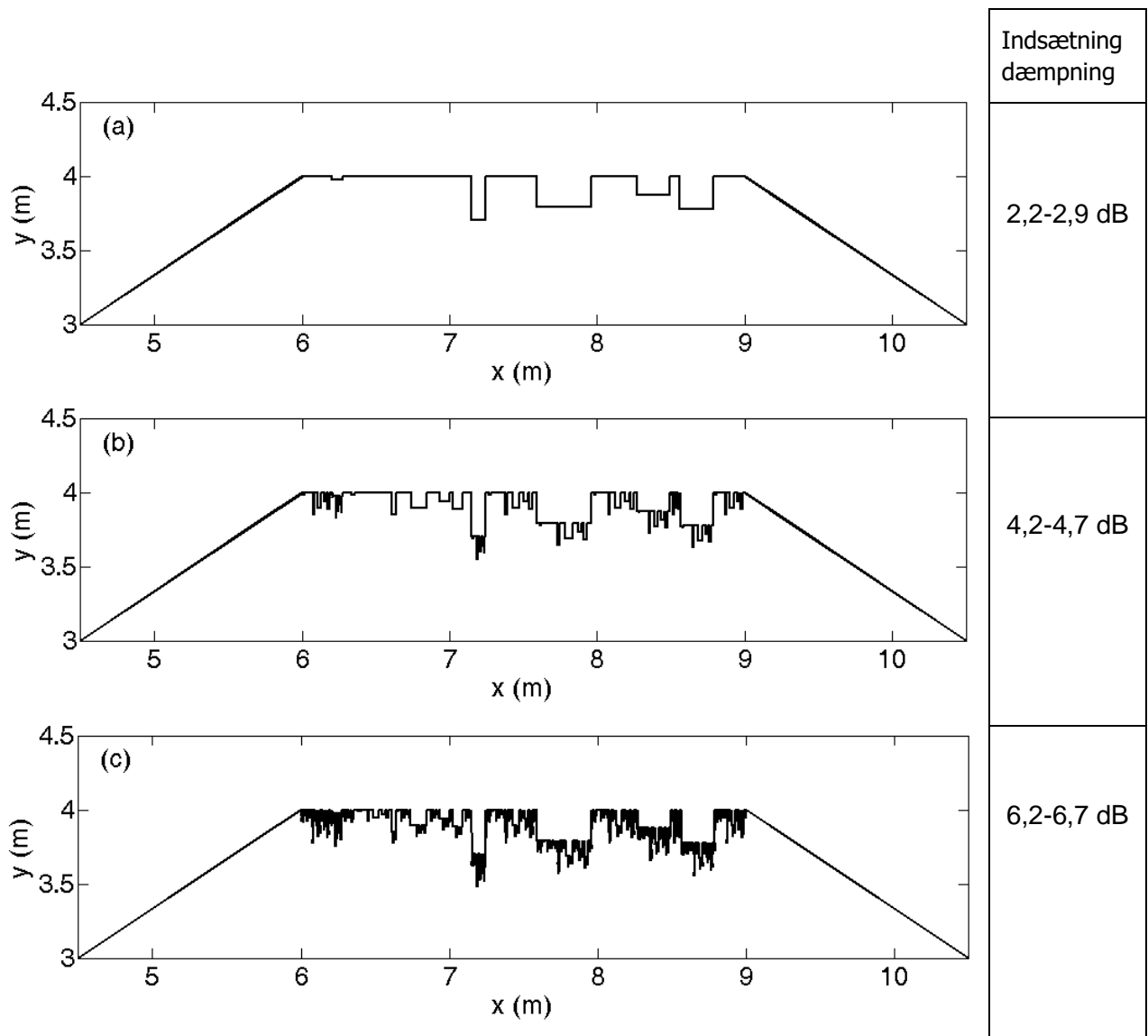
Simuleringerne viser, at der vil være en stor effekt af at skabe en stor ruhed i overfladen på toppen af en støjvold. Der ses generelt en større dæmpning, jo større ruhed at terrænet har. Fra andre undersøgelser ses den største ruhed i for eksempel skov, hvor ujævnheder, rødder og lav beplantning skaber denne ruhed. Derfor vil der sandsynligvis ses en øget effekt ved at skabe beplantning på toppen af en støjvold.

Specifikt konkluderer undersøgelsen, at effekten af at skabe en akustisk set blødere overflade har en positiv indflydelse. Ligeledes konkluderer undersøgelsen, at der er den største effekt ved at forøge ruheden på siden af jordvolden, der vender mod trafikken.

Princippet for forskellige grader af ruheder er illustreret i Figur 16. Den beregnede indsætningsdæmpning ved at forøge ruheden er illustreret i Tabel 4. Effekterne er i størrelsesordenen cirka 2-8 dB, så der er således en potentiel betydelig effekt ved at forøge ruheden.

Det skal bemærkes, at resultaterne er udarbejdet med 2D BEM-simulering, og at der derved kan forventes andre effekter, hvis der udføres beregninger med for eksempel Nord2000, beregningsmetoden der bruges til beregning af trafikstøj i Danmark. Det bemærkes yderligere, at 2D BEM typisk ikke tager højde for meteorologi, og det er heller ikke oplyst, hvor de viste indsætningsdæmpninger er beregnet (for eksempel afstand fra volden).

² HOSANNA (Holistic and Sustainable Abatement of Noise by optimized combinations of Natural and Artificial means).



Figur 16 Visuelle illustrationer af forskellige ruhedsgrader på toppen af en trapezformet støjvold. Ruhedsgraderne er 1. ordens (a), 2. ordens (b) og 3. ordens (c). Kilde: [12].

Ruhed	Beregnet indsætningsdæmpning (dB)
Top – 1. ordens ruhed (figur 2a)	2,2-2,9
Top – 2. ordens ruhed (figur 2bc)	4,2-4,7
Top – 3. ordens ruhed (figur 2c)	6,2-6,7
Sider og top – 1. ordens ruhed	4,2-4,7
Sider og top – 2. ordens ruhed	7,2-7,4
Sider – 2. ordens ruhed, Top – 3. ordens ruhed	8,0-8,4

Tabel 4 Beregnet ekstra støjrreduktion for forskellige ruheds-scenarier i forhold til en støjvold med plane overflader. De første 3 linjer svarer til de 3 former afbildet i Figur 16. Kilde: [12].

Bilag 3 FAMOS-undersøgelsen

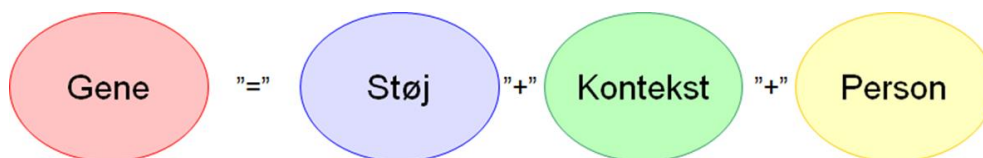
Oplevede støjgener – faktisk støjniveau kombineret med modererende forhold

Støjgene er et udtryk for, hvordan folk oplever støjen. Støjgenen er således en subjektiv vurdering af, hvordan en person oplever det faktiske støjniveau (angives i dB) i en given situation. Støjgenen angives normalt som den procentdel af beboerne, der føler sig stærkt generet ved et givent støjniveau. Støjgenen angives typisk i og ved folks bolig. Undersøgelser af oplevede støjgener foretages normalt med spørgeskemaer. Man beder folk tænke over det sidste års tid og spørger, hvor generet eller forstyrret de er af trafikstøjen, når de er hjemme. Jo flere besvarelser, der indgår i en undersøgelse, jo mere solidt må man normalt vurdere resultaterne.

Resultaterne præsenteres som dosis-responskurver, hvor x-aksen viser det faktiske støjniveau beregnet ved boligernes facade (L_{den}), og y-aksen repræsenterer, hvor stor en procentdel af respondenterne (beboerne i undersøgelsen) som er stærkt generet af støjen (se Figur 18). L_{den} anvendes i Danmark og i Europa ved beregninger af støj fra vejtrafik og er et udtryk for et vægtet "gennemsnit" af støjen i en given position over et helt år. L_{den} beregnes ved at tillægge støjen i aftenperioden 5 dB og støjen i natperioden 10 dB for på den måde at tage et hensyn til hvornår folk antages at være mest følsomme over for støj fra vejtrafik.

Den gene, som beboerne langs en vej oplever fra trafikstøjen, er en funktion af det faktiske støjniveau samt nogle modererende forhold (se Figur 17), som er:

- Den *kontekst* hvor støjen opleves. Det kan være de fysiske omgivelser, for eksempel om der er beplantning, om der er en stille side på boligen, og om vejen kan ses. Men også forhold som arbejde-/hjemmesituation, tidspunktet på døgnet/ugen/året, boligens art, ejerskab af boligen og boligens værdi betyder noget for genevirkningen.
- *Personlige* forhold som støjfølsomhed og tolerance overfor støjkilden, samt borgerens relationer til og opfattelse af myndighederne. Men også forhold som forventninger til områdets udvikling, frygt for støjkilden (ulykker/helbredseffekter) har betydning for geneopfattelsen af støjen.



Figur 17 Den oplevede støjgene er en funktion af tre modererende forhold, [19].

De lokale myndigheder har mulighed for at påvirke det faktiske støjniveau fra vejtrafikken ved anvendelse af forskellige virkemidler. Det kan eventuelt være ved brug af beplantning af forskellig art.

Den kontekst, hvor trafikstøjen opleves for eksempel de fysiske omgivelser, er et felt, hvor de lokale myndigheder har muligheder for at påvirke og ændre situationen for eksempel ved brug af beplantning. I det følgende præsenteres resultaterne fra det internationale projekt FAMOS, [19], [20], hvor det er undersøgt, hvordan ændringer af de fysiske omgivelser mv. kan påvirke den oplevede støjgene, vel at mærke uden at det faktiske støjniveau ændres!

I FAMOS-projektet blev det ligeledes undersøgt, hvad borgernes relationer til og opfattelse af myndighederne samt holdning til støjilden kan have af betydning for den oplevede støjgene. Det er forhold, som kan være ganske relevante for eksempel i et lokalt projekt beplantningsprojekt. Derfor er dette også medtaget i det følgende.

Menneskers støjfølsomhed og tolerance har myndighederne derimod ingen muligheder for at påvirke. Derfor er dette ikke medtaget i det følgende, selvom det kan have en markant betydning for den oplevede støjgene.

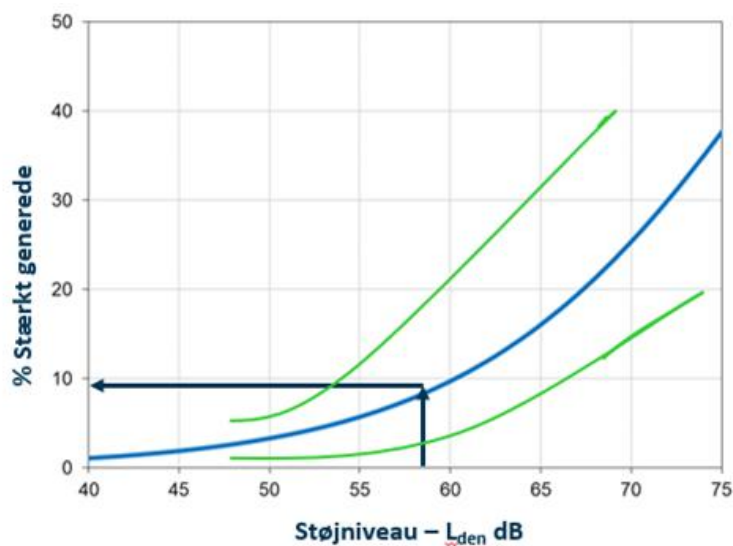
Som den sidste del af FAMOS-projektet blev der udarbejdet en håndbog for, hvordan vejmyndigheder kan arbejde med moderatorer. Det kan være i forbindelse med planlægning af nye veje samt ved vedligeholdelse og forbedring af de eksisterende veje. Håndbogen findes indtil videre i en engelsk version "Guidebook on how to reduce noise annoyance", som kan downloades via FAMOS' hjemmeside, [22], sammen med yderligere information og dokumentation.

Resultater fra FAMOS-projektet

EU offentliggjorde i 2002 en dosis-responskurve for støj fra vejtrafik, [21], (se den blå kurve i Figur 18). Det kan ses, at ved 58 dB (L_{den}) er lidt under 10 procent af beboerne stærkt generet af støj fra vejtrafik. 58 dB er Miljøstyrelsens vejledende grænseværdi for boligområder udsat for støj fra vejtrafik, [1].

Denne generelle EU-kurve er baseret på 26 forskellige spørgeskemaundersøgelser, primært udført i Europa. Der indgår samlet over 19.000 besvarelser i undersøgelserne, og kurven repræsenterer derfor et gennemsnit af mange forskellige situationer.

Vejdirektoratet har efterfølgende gennemført nogle store spørgeskemaundersøgelser i 2013, [10] og i 2016, [11], med 9.631 besvarelser langs byveje. Resultaterne viser blandt andet en "dansk" dosis-responskurve for byveje, som er stort set identisk med EU-kurven. Det kan derfor konkluderes, at EU-kurven er meget "robust" som en god generel dansk sammenhæng mellem støjgene og støjniveau.



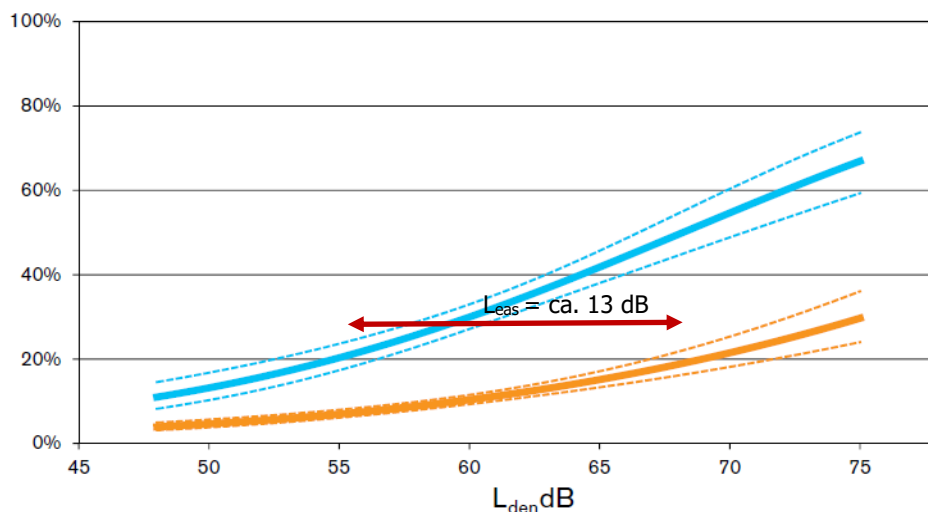
Figur 18 EU's dosis-responskurve (blå) for støj fra vejtrafik [21]. De to grønne kurver angiver at specielle forhold kan ændre den faktiske dosis-responskurve til den ene eller anden side.

Hvis man ser mere detaljeret på tingene, kan der godt forekomme tilfælde, hvor sammenhængen mellem støjniveau og andelen af stærkt generede er en anden, end EU-kurven viser. Det kan være i situationer, hvor de fysiske omgivelser eller borgernes relationer til og opfattelse af myndighederne er specielle. I sådanne tilfælde vil dosis-responskurverne være forskellige fra EU-kurven. De kan ligge inden for et interval, der på Figur 18 er angivet med de to grønne kurver på begge sider af EU-kurven. Her er der tale om, at nogle moderatører, som for eksempel forekomsten af grøn beplantning, kan påvirke den oplevede støjgene, uden at det faktiske støjniveau ændres.

På Figur 19 ses to dosis-respons kurver. Den blå kurve viser en situation, hvor beboerne langs en vej ikke har adgang til en stille facade. Den orange kurve repræsenterer en situation, hvor der er adgang til en stille facade. Hvis man sammenligner de to kurver, vil andelen af stærkt generede beboere ved for eksempel 68 dB være væsentligt reduceret, når der er en stille side. Derfor kan tilstedeværelsen af en stille side beskrives som en moderatør for den oplevede støjgene.

I FAMOS er effekten af en moderatør fastlagt som en ændring i oplevelsen af støjniveauet, for eksempel med og uden en stille facade i en bolig. For at kvantificere denne ændring er der introduceret begrebet: *Den geneækvivalente støjniveauændring (L_{eas})*. L_{eas} er det skift i støjniveau, der vil give samme ændring i støjgenererne som tilstedeværelsen af en moderatør, [19]. I eksemplet fra Figur 19 vil L_{eas} således være 12-13 dB.

L_{eas} er en dB-værdi, som svarer til virkningen af en moderatør som eksempelvis kan være beplantning.



Figur 19 Den blå kurve repræsenterer en situation, hvor beboerne langs en vej ikke har adgang til en stille facade (uden moderatør) og den orange kurve repræsenterer en situation, hvor der er adgang til en stille facade (med moderatør). L_{eas} er defineret i teksten [19].

Litteraturstudie i FAMOS-projektet

I FAMOS-projektet (FAMOS) er der gennemført et internationalt litteraturstudie for at finde frem til undersøgelser af støjgener, hvor det har været muligt at fastlægge, at der har været en moderator til stede som for eksempel tilstedeværelse af beplantning eller adgang til en stille facade i boligen. Der blev i alt fundet mere end 132 relevante undersøgelser, [19], og følgende kunne konkluderes:

- Graden af støjgene påvirkes af et sæt ikke-akustiske faktorer – moderatorer.
- Størrelsen af effekten L_{eas} varierer.
- Forskellige undersøgelser finder forskellige størrelser af effekterne.
- Brugen af og effekten af disse moderatorer afhænger af lokale forhold.

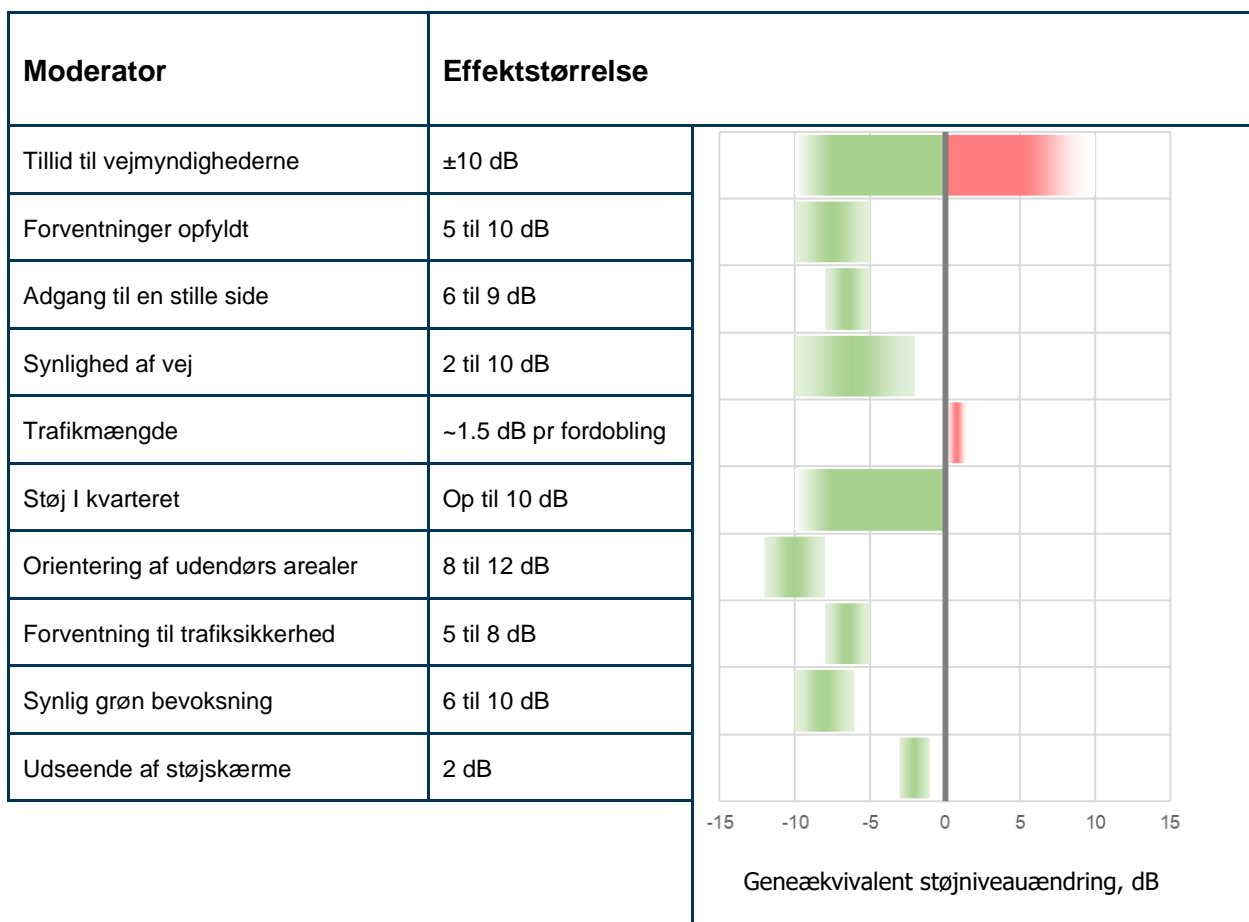
I litteraturstudiet blev der i alt fundet 7 studier primært fra Europa, hvor tilstedeværelsen af grøn beplantning blev analyseret og vurderet i forhold til den oplevede støjgene, [23] til [29]. Disse studier blev gennemført og publiceret i perioden fra 1974 til 2017.

Undersøgelser i FAMOS

For at supplere og underbygge effekten af de fundne moderatorer blev der i FAMOS gennemført en lille spørgeskemaundersøgelse i Hamborg, [19]. Der blev ligeledes foretaget nogle lydvandring i København i situationer med og uden udvalgte moderatorer herunder forekomsten af grøn beplantning, [19]. Endelig blev der gennemført en række lytteforsøg i FORCE Technology's laboratorium, hvor forsøgspersoner vurderede støjoplevelsen, ligeledes i situationer med og uden udvalgte moderatorer, [19]. Der blev udviklet en første statistisk model for, hvordan forekomsten af moderatorer påvirker dosis-responskurver og dermed L_{eas} [19]. Dette skete på baggrund af resultater fra Vejdirektoratets tidligere spørgeskemaundersøgelser, [10] og [11]. I alt indgik 6.316 besvarelser i modelarbejdet.

10 betydningsfulde moderatorer

Analyserne i FAMOS førte til, at der efterfølgende kunne opstilles en liste med 10 betydningsfulde moderatorer. På baggrund af litteraturstudiet og de ovennævnte undersøgelser kunne der udarbejdes et første estimat af moderatorernes effekt – den geneækvivalente støjniveauændring (L_{eas}) [19]. De 10 moderatorer og deres effekt fremgår af Figur 20. Moderatorernes effekt (L_{eas}) på den oplevede støjgene ligger typisk mellem 2 og 10 dB, hvilket er ganske markant. Det fremhæves i FAMOS [20], at resultaterne for de enkelte moderatorers effekt på den oplevede støjgene repræsenterer den bedste viden, som det var muligt at fremskaffe omkring år 2020. Resultaterne vil kunne forbedres, hvis der skaffes ny viden om moderatorer af de oplevede støjgener og disses effekt, udtrykt som L_{eas} .



Figur 20 10 moderatører og deres effekt på den oplevede støjgene udtrykt som den geneækvivalente støjniveauændring (L_{eas}) [15], [16]. En detaljeret beskrivelse af de enkelte moderatører kan findes i "Guidebook on how to reduce noise annoyance" [22], fra FAMOS-projektet.

Betydning af synlig grøn beplantning og tilknyttede moderatører for oplevet støjgene

Især fire moderatører har på hver sin vis en betydning i relation til planlægning og brug af beplantning og grønt som et led i arbejdet med at forbedre støjforholdene og lydlandskabet i boligområder mv:

1. **Et områdes visuelle udseende og tilstedeværelse af beplantning** har en reducerende virkning på den oplevede støjgene med en effekt udtrykt som L_{eas} på 6 til 10 dB (se Figur 21). Denne moderator kan bringes i anvendelse ved at etablere beplantning med træer, buske mv.
2. Hvis for eksempel en **motorvej kan ses direkte fra en boligbebyggelse**, har det en negativ indvirkning på den oplevede støjgene. Denne indvirkning på støjgenen kan ændres ved at "gemme" vejen bag beplantning, et levende hegn, en solfanger, en støjskærm, en bygning eller lignende. Det kan have en effekt udtrykt som L_{eas} på 6 til 10 dB.
3. **Beboernes tillid og accept af myndigheder og vejere** har stor betydning for den oplevede støjgene med et spænd i L_{eas} på op til 20 dB fra stor mistillid til stor tillid. Myndighederne kan arbejde med denne moderator ved at tilrettelægge en god, ærlig og inkluderende offentlighedsproces i forbindelse med planlægning af støjreducerende tiltag som for eksempel beplantning.

4. I **forbindelse** med anlæg af støjafskærmning betyder **beboernes forventninger** til den faktiske støjreduktion meget, svarende til en L_{eas} på 5-10 dB. Hvis folk forventer, at en ny støjskærm "slukker" for vejstøjen, vil de blive meget skuffede, fordi man stadig vil kunne høre trafikken – dog på et lavere niveau. Dette vil formodentlig også være gældende, når beplantning anvendes som et virkemiddel til at reducere vejstøj og forbedre lydmiljøet. Myndighederne kan arbejde med denne moderator ved at:
- Give god offentlig information til borgerne.
 - Involvere borgerne og give dem indflydelse på design og placering samt valg af beplantning.
 - Give beboerne et "ejerskab" til beplantningsprojektet.
 - Arrangere realistiske demonstrationer af effekterne på støjen. Det kan blandt andet gennemføres ved at arrangere lyd demonstrationer på borgermøder, workshops ol.



Figur 21 *Eksempler på det visuelle udtryk indflydelse på den oplevede støjgene. Til venstre ses en vej direkte fra en boligbebyggelse og til højre er en vej skjult bag et grønt bælte af træer og buske [16]. Den grønne beplantning kan have en effekt på den oplevede støjgene på 6 til 10 dB udtrykt som L_{eas} .*

I FAMOS fremhæves det, at **det ikke umiddelbart er muligt at lægge effekten af forskellige moderatorer sammen** [20]. Det anbefales, at hvis flere moderatorer er bragt i anvendelse i en given situation, så kan effekten af dette på den oplevede støjgene opgøres som den moderator, der har den højeste generækvivalente støjniveauændring (L_{eas}).

Eksisterende beplantning i planlægningsprojekter

I forbindelse med vej- og byudviklingsprojekter kan der forekomme situationer, hvor eksisterende træer fjernes og grøn beplantning fjernes. På baggrund af FAMOS-projektets resultater må dette antages at kunne have en negativ indvirkning på beboerens oplevede støjgene svarende til en negativ L_{eas} værdi på 6 til 10 dB. Konsekvensen kan være, at der vil komme protester over forringede støjforhold, og dårligere visuelt lokalmiljø vil kunne forekomme. For at modvirke en forøget oplevet støjgene kunne myndighederne for eksempel:

1. Informere borgerne om hvorfor træer og beplantning fjernes.
2. Fremlægge planer for hvordan beplantning indgår i det nye projekt.
3. Inddrage borgerne i planlægningen og udformningen af fremtidig beplantning.

Hvis projektet udløser lokalplanpligt, kunne sådanne aktiviteter for eksempel gennemføres i forbindelse med lokalplanens offentlighedsfase. Det må i det hele taget anbefales i en planlægningsfase at undersøge, i hvilket omfang eksisterende beplantning og træer kan indgå i det fremtidige projekt og derved helt eller delvist bevares.

Vedligeholdelse og beskæring af beplantning

Beplantning skal normalt løbende vedligeholdes og beskæres (se Figur 22). Hvis nogle beboere pludselig oplever, at deres beplantning ud mod en vej er skåret meget ned, kan det aktivere nogle af de fire ovenstående moderatorer i en negativ retning, hvilket kan umiddelbart forøge den oplevede støjgene:

1. Det grønne udtryk kan være markant reduceret.
2. Det er måske nu muligt at se vejen og trafikken direkte fra bebyggelsen.
3. Beboerne kan opleve beskæringen som et svigt fra myndighedernes side.



Figur 22 Eksempel fra Nordtyskland på et bælte af buske mellem en vej før (til venstre) og efter (til højre) en kraftig beskæring [20]. Den grønne beplantning kan have en effekt på den oplevede støjgene på 6 til 10 dB udtrykt som L_{eas} .

For at undgå eller reducere en negativ effekt på den oplevede støjgene kan det derfor være en god ide, at myndighederne i forvejen informerer beboerne om planlagte vedligeholdelses- og beskæringsaktiviteter på beplantninger.

Dette kunne indeholde:

- Information til beboerne om, hvorfor beskæring og vedligeholdelse planlægges gennemført.
- Dialog med beboerne om de planlagte aktiviteter og eventuelt tilpasning af disse i forhold til beboernes ønsker.
- Information om at beplantningen vokser ud igen.
- Beskrive de forskellige stadier af beplantningen inden der vokset helt ud igen.

Nye resultater fra Schweiz

Efter afslutningen på FAMOS-projektet er der i 2020 fra Schweiz offentliggjort nye resultater om grønne områder og beplantningens indflydelse på den oplevede. Resultaterne bygger på 5.592 besvarelser af spørgeskemaer om oplevede støjgener fra vej, bane og flytrafik gennemført i Schweiz i 2014 og 2015 i det såkaldte SIRENE-projekt.

Der er blandt andet anvendt satellitfotos samt kort over parker og grønne områder til at fastlægge placeringen og størrelsen af de grønne områder i forhold til boliger. Der er brugt GIS-værktøjer til at beregne, hvor meget beplantning der er udsigt til fra enkelte boliger, som indgik i spørgeskemaundersøgelsen. Desuden er der anvendt selvrapporeret udsyn til beplantning fra boliger.

Generelt viste undersøgelsen, at tilstedeværelsen af beplantning havde en modererende effekt på de oplevede støjgener på 6 dB, hvilket svarer til resultaterne fra FAMOS-projektet. Ligeledes blev det konkluderet, at jo mere beplantning og grønt, der er til stede, desto bedre er effekten af at reducere den oplevede støjgene.

Bilag 4 Beplantningselementer

Afhængigt af hvordan og hvor intensivt hegnet, skoven og engen påvirkes, fremkommer forskellige udtryk. De forskellige vegetationselementers artsmuligheder, etablering og opvækstpleje er nærmere beskrevet i dette bilag.

I denne rapport er der fokus på de beplantningselementer, som kan være med til at reducere de oplevede støjgener, der kan være forbundet med at bo tæt på en trafikeret vej. Det vil sige den type vegetation, som danner en visuel skærm, og som har hegnet og skoven som grundelement. De landskabstyper, som har den åbne eng som grundtype, er her undladt, da disse ikke kan skabe en visuel afskærmning.

Allé af træer

Vegetationskarakter: Det plantede

Elementform: Linje

Beplantningsbillede: To rækker af træer som lukker sig om vejen

Fordele: Areal-økonomisk. Kan give et stærkt æstetisk udtryk og give landskabet karakter.

Ulempe: Begrænset økologisk betydning. Sårbar over for sygdomme. Træer plantet i rækker er sårbare over for forandringer, som for eksempel misvækst eller påkørsel. Det er ressourcekrævende driftsmæssigt at bevare intentionen om den ensartede linje og den stramme form.

Arter: Lind

Plantning: Planter i blokforbandt. Træerne kan hjælpes i gang med en hurtigt voksende Poppelskærm.

Drift: Intensiv drift

Arealbehov: Min. 4 meter bredt

Tidsperspektiv: Afhænger af størrelsen der indkøbes. Hvis der plantes et stort træ, vil det have en effekt fra starten.

Afskærmende effekt: Middel

Enkeltrækkede læhegn med én art

Vegetationskarakter: Det plantede

Elementform: Linje

Beplantningsbillede: 'Stakit' med blade og kviste, beplantningen har kultur præg

Fordele: Areal-økonomisk. Kan give et stærkt æstetisk udtryk og give landskabet karakter.

Ulempe: Begrænset økologisk betydning. Sårbar over for sygdomme. Træer plantet i rækker er sårbare over for forandringer, som for eksempel misvækst eller påkørsel. Det er ressourcekrævende driftsmæssigt at bevare intentionen om den ensartede linje og den stramme form.

Arter: Seljerøn, Berliner Poppel, hvidtjørn, Lind og Elm

Plantning: 50-100 cm afstand

Drift: Klippes i siderne

Arealbehov: Min. 4 meter bredt

Tidsperspektiv: Afhænger af størrelsen der plantes. Hvis der plantes et stort træ, vil det have en effekt fra starten.

Afskærmende effekt: Middel

Tre-rækkede hegn med mange arter

Vegetationskarakter: Det groede

Elementform: Linje

Beplantningsbillede: Sammensat og naturpræget

Fordele: Planterne giver læ for hinanden under opvæksten. De mange arter gør beplantningen modstandsdygtig overfor sygdomme. Bredden på hegnet gør plantningen robust overfor 'huller' i beplantningen, som naturligt vil komme på grund af misvækst eller sygdom. Plantningen forbedrer miljøet for dyr, da hegnet kan fungere som spredningskorridorer.

Ulempe: Mere areal krævende end det enkeltrækkede læhegn. Det er vigtigt at have fokus på driften og fjernelse af ammetræer. Da ammetræerne er hurtige og robuste, vil de på længere sigt kunne ødelægge de varige arter.

Arter: Læhegn kan bestå af mange forskellige sammensætninger. Et eksempel på en kombination kunne være: Kronelag af Vintereg og Naur. Busklag af Benved, Hassel og mindre buske af Rød Kornel og Fjeldribs.

Plantning: Den første række skal afbøje vinden og skabe stabilt læ fra den dominerende vindretning. Den midterste række skal give hegnet højde, og den sidste række skal afrunde og stabilisere hegnet i læsiden.

Der indplantes ofte ammetræer, som hjælper andre blivende træer op og sikrer hurtig vækst og tæthed fra starten. De hurtigt voksende ammetræer presser beplantningens blivende træer og buske. Når beplantningen er 8 til 12 år, kan halvdelen af ammetræerne fjernes helt. Efter 10 til 15 år vil beplantningen i de fleste tilfælde kunne undvære de resterende ammetræer, som derfor kan fjernes helt. Efter nogle få år kan det være aktuelt at udtynde eller beskære de blivende træer. Udtyndingen skal give plads til de blivende træer og buske, der skal bære hegnet i hele dets levetid.

Drift: Undlad efterplantning og overlad området til spontan kolonisering. (Birkkjær, 2013)

Arealbehov: min. 8 meter bredt

Tidsperspektiv: Ved brug af ammetræer kan hegnet have en visuel afskærmende effekt efter 8-10 år.

Afskærmende effekt: Rigtig god

Fritvoksende buske beplantninger med mange arter

Vegetationskarakter: Det groede.

Elementform: Linje.

Beplantningsbillede: Malerisk udtryk - som et højt staudebed.

Fordele: God til at skabe rum og afgrænsning. Mange buske har en stor blomstring. De mange arter gør beplantningen modstandsdygtig overfor sygdomme. Grenstrukturen er med til at skabe levesteder for mange dyr. Kun få meter højt, så det skygger ikke i haver og terrasser.

Ulempe: Lyskrævende. Buskettet er ikke fuldt bunddækkende. Det vil derfor være nødvendigt med bunddække plantning eller intensiv drift, for at uønsket plantevækst ikke skal overtage plantningen.

Arter: Stedsegrøn gedebled, Ildtorn, Fjeldribs, Kranstop, Sargentæble, Forsytia, Kolkwitzia, Spirea og Syren.

Drift: Beskæring bør kun have til formål at regulere væksten i en retning af den naturlige vækstform.

Arealbehov: Min. 8 meter bredt.

Tidsperspektiv: Cirka 4 år.

Afskærmende effekt: Middel god, men kun op til cirka 2 meter

Hækken med én art

Vegetationskarakter: Det plantede

Elementform: Linje

Beplantningsbillede: Skærm, beplantningen har kultur præg

Fordele: God til at skabe rum og afgrænse. Mange arter er stedsegrønne og derfor gode til at skabe en visuel skærm hen over hele året. Kun få meter højt, så det skygger ikke i haver og terrasser.

Ulempe: Det er ressourcekrævende driftsmæssigt at bevare intentionen om den ensartede linje og den stramme form. Fremstår sjusket, hvis ikke den klippes.

Arter: Arter som er tætforgrenet ved basis. Avnbøg, Bøg, Lind, Navr, Tjørn og Liguster.

Plantning: Ønsker man hurtig vækst er det vigtigt at plante i en veldrænet, velbearbejdet og næringsrig jord. Derudover kan man plante tæt, da det fremmer planternes vækst. Planter der med større afstand bliver planterne til gengæld stærkere.

Drift: Fjernelse af konkurrerende ukrudt er vigtig for god etablering.

Arealbehov: min. 4 meter bredt.

Tidsperspektiv: Ved optimal dyrkning vil de fleste buskarter være mands høje efter 3-5 år.

Afskærmende effekt: Middel god, men kun op til cirka 2 meter.

Tæt højskov

Vegetationskarakter: Det plantede.

Elementform: Volumen.

Beplantningsbillede: Naturskov, med flere lag. S sammensat og naturpræget.

Fordele: Planterne giver læ for hinanden under opvæksten. De mange arter gør beplantningen modstandsdygtig overfor sygdomme. Størrelsen gør plantningen robust overfor 'huller' i beplantningen, som naturligt vil komme på grund af misvækst eller sygdom. Plantningen forbedrer miljøet for dyr og øger biodiversiteten, fordi den giver en mosaikagtig beplantningsstruktur med mange nicher i underskoven. Velegnet til små arealer. Kan bruges som rekreativt område.

Ulempe: Det forventes ofte, at udtrykket er naturpræget. Det kan derfor være et problem, at nyplantninger på agerjord i mange år virker så kulturprægede, både i kraft af de lige planterækker og den manglende skovbund. Det er vigtigt at have fokus på driften og fjernelse af ammetræer.

Da ammetræerne er hurtige og robuste, kan de på længere sigt ødelægge de varige arter.

Arter: Lystræer det vil sige arter som Eg, Ask, El, Birk og Skovfyr, der med 10-30 procent lysgennemslip i kronen giver mulighed for opvækst af underskov af mindre træer, buske og urter. Arterne i underskoven er afhængige af jordbunds- og næringsforholdene. (Olsen, 1999)

Plantning: Planter ofte på lige rækker maskinelt. Der indplantes ofte ammetræer, se afsnit: *tre-rækkede hegn med mange arter*.

Drift: Fornyes ved plukhugst. Det vil sige at modne enkelt træer eller trægrupper høstes, hvorved der kommer lys til ny opvækst. Den nye opvækst vil normalt være selvsået eller plantet. Her gælder det om at bevare plantningens artsrigdom og stabilitet ved at fjerne de enkelte arter ligeligt og jævnt.

Arealbehov/Bredde: Fra 20 meter.

Tidsperspektiv: Ved brug af ammetræer kan skovplantningen have en visuel afskærmende effekt efter 8-10 år, men den egentlige skov har en længere etableringsperiode.

Afskærmende effekt: Rigtig god.

Åben højskov

Vegetationskarakter: Det groede.

Elementform: Volumen.

Bepplantningsbillede: Søjlehal eller løvsal.

Fordele: Den manglende underskov giver mulighed for udsyn. På bakket terræn giver den åbne højskov mulighed for at, at man kan opleve terrænen under kronelaget.

Ulempe: Kedelig på fladt terræn. Mere gennemsyn. Mere sårbar. Mindre økologisk betydning.

Arter: Etableres lettest med skygetræer som Bøg, Ahorn, Kastanje, Elm, Lind og Gran, idet deres lave lysgennemslip på 1-10 procent hæmmer anden opvækst. (Olsen, 1999)

Drift: Fornyes med ren afdrift det vil sige en totalrydning med efterfølgende plantning.

Bredde: Fra 20 meter.

Tidsperspektiv: Ved brug af ammetræer kan skovplantningen have en visuel afskærmende effekt efter 8-10 år, men den egentlige skov har en længere etableringsperiode.

Afskærmende effekt: Dårlig.

Krattet

Vegetationskarakter: Det groede.

Elementform: Volumen.

Bepplantningsbillede: Naturpræget karakter, selvgroet og selvforynglende udtryk.

Fordele: Arealøkonomisk. Robust. Velegnet som legeområde. Kun få meter højt, så det skygger ikke i haver og terrasser. Driftsøkonomisk positivt. Mange af arterne er frugtbærende og fremmer biodiversiteten. Hurtig at etablere.

Arter: Kan være monokultur af Hassel, Pil, Tjørnekrat, men kan også have blandingskarakter. Egnede arter kan være: Bærmispel, Grønæl, Kornel, Benved, Seljepil, Dugpil, Båndpil, Hylde, Syren Ulfsrøn. (Olsen, 1999) side 95.

Drift: Fjern træopvækst.

Tidsperspektiv: Etablering efter 3 år.

Bredde: Min. 4 m.

Afskærmende effekt: God, men kun op til cirka 3 meter.

Bilag 5 Metoder til beregning af støjreduktion

Industristøj

I Danmark beregnes industristøj (fra virksomheder) efter Miljøstyrelsens vejledning nr. 5 fra 1993: "Beregning af ekstern støj fra virksomheder", [7] (værdierne i skemaet stammer fra ISO 9613-2). Her beskrives, hvordan der kan regnes med effekten af en skov. Her kan effekten af skoven medtages, hvis støjen breder sig gennem tæt beplantning. En gruppe træer og buske betragtes som tæt, når man ikke kan se gennem den. Dette gælder vel at mærke i lydens baner, som er krumme og derved ikke den direkte sigtelinje. Beplantningen skal være 1 m højere end lydbanen. Der beregnes effekten af skov for et antal grupper af beplantning. Der kan beregnes effekten fra 20-200 m beplantning i alt. 50 m skovbeplantning medregnes som én gruppe. Der må maksimalt beregnes effekten af fire grupper af beplantning.

Skovens dæmpning beregnes ud fra tabelværdier for standardiseret "tæt skov". Data for den aktuelle skov kan ikke anvendes.

Effekten beregnes som en korrektion ΔL_V :

$$\Delta L_V = -n_v \cdot \alpha_v$$

n_v er antallet af grupper beplantning

α_v er dæmpningskoefficienten pr. gruppe

1/1 oktav [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
α_v pr. gruppe [dB/gruppe]	0	0	1	1	1	1	2	3

(Absorptionsværdierne i skemaet stammer fra ISO 9613-2).

Absorptionsværdierne gælder både for sommer- og vinterforhold, hvis kravet om ugenomsigtighed er opfyldt. Hvis beplantningen er ugenomsigtig om sommeren, men ikke om vinteren, sættes α_v for vinterforholdene lig med det halve af tabelværdierne.

Af tabellen ses, at der ikke beregnes nogen effekt af beplantningen ved frekvenserne 63 og 125 Hz, mens der regnes med en lille effekt ved 250-2000 Hz og en lidt større ved 4000 og 8000 Hz.

Nord2000-trafikstøjberegninger

Beregning af trafikstøj i Danmark udføres efter beregningsmetoden Nord2000, [5] og [6]. I metoden er det beskrevet, hvordan effekten af vegetation i form af skov indgår i støjberegningerne. Skov betragtes som områder/bælter af skov, som har samme tæthed i hele området.

Som input til modellen er parametrene:

- R_{sc} : længde af udbredelse gennem skov
- h : skovens middelhøjde
- d_{tr} : middelstammediameter ($=2a$, hvor a er radius)
- n'' : tæthed af træer (træer pr. m^2)
- α : middelabsorptionskoefficient

Der skal således kendes en del parametre for skoven, for at det er muligt at udføre beregninger af skovens indflydelse, hvorved det kan være vanskeligt at beregne effekten af skoven. Der er ikke udført målinger af forskellige typer skov og eventuel anden type vegetation for at fastlægge, hvilke parametre der skal anvendes til beregninger.

På længere sigt er det hensigten, at inputværdier skal fastlægges for forskellige typer af skov og eventuelt anden vegetation, så de kan bruges til beregning af støjudbredelse. Det har i nærværende arbejde været overvejet, om et foreløbigt sæt af værdier kan anbefales baseret på eksisterende viden om dæmpning i bælter med skov. Metoden ISO 9613-2: "Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation" indeholder i Annex A (informativt) en angivelse af ekstradæmpningen pr. m fra skov med en længde fra 20 til 200 m, [18]. En række beregninger er udført med Nord2000 for at finde de inputværdier, som passer bedst med ISO-metoden i det anførte afstandsinterval, og det er fundet, at følgende værdier giver den bedste tilpasning til ISO-metoden ved oktavbåndsfrekvenserne 1, 2 og 4 kHz:

- $h = 10$ m
- $d_{tr} = 0,15$ m
- $n_Q = 0,03$ (svarende til $n'' = 0,2$ pr. m^2)
- $\alpha = 0,1$

Beplantningsfaglig kommentar vedr. inputparametre til beregning af skov

Input til modellen er nemmest at bruge på en tæt højskov. Dog har den tætte højskov den mindste effekt som visuel skærm, da den udvikler en udpræget horisontal strukturering og skygger underbeplantningen væk. Dette uddybes i nærværende rapports afsnit om højskov. Input til modellen er svære at fremskaffe, hvis det ønskes at beregne effekten af en tæt skovplantning, som består af flere lag. Den tætte skov er svær at fremskaffe data på, da oplysninger om buskenes stammediameter kan være svære at fremskaffe.

Referencer

- [1] Miljøstyrelsens vejledning nr. 4, 2007, "Støj fra veje".
- [2] Trafikstøj – Et overset samfundsproblem, En hvidbog om løsninger og udfordringer, maj 2016.
- [3] Hjemmeside: RoligBolig.dk
- [4] Vejdirektoratet rapport 429, 2013, "Effektiv planlægning af skærme mod trafikstøj - Støjskærms virkning på årsmiddelværdier".
- [5] DELTA / SINTEF, 2006, "User's Guide Nord2000 Road". Doc. ref.: AV 1171/06.
- [6] Vejdirektoratet, NORD2000 – HÅNDBOG Rapport 434, 2013, "Beregning af vejstøj i Danmark".
- [7] Miljøstyrelsens vejledning nr. 5, 1993, "Beregning af ekstern støj fra virksomheder.
- [8] Lydteknisk laboratorium, rapport 14, 1979, "Bevoksningers støj dæmpning".
- [9] Lydteknisk laboratorium, rapport 30, 1982, "Bevoksningers støj dæmpning III".
- [10] Vejdirektoratet Rapport 447, 2013, "Støjgener fra byveje og motorvej M3".
Se: <https://www.vejdirektoratet.dk/udgivelse/stoejgener-fra-byveje-og-motorvej-m3>
- [11] Vejdirektoratet, Rapport 551, 2016, "Støjgener fra byveje og motorveje"
Se: <https://www.vejdirektoratet.dk/udgivelse/stoejgener-fra-byveje-og-motorveje>
- [12] Van Renterghem, Timothy; Forss ´en, Jens; Attenborough, Keith; Jean, Philippe; Defrance, Jérôme; Hornikx, Maarten and Kang, Jian (2015). Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors. Applied Acoustics, 92 pp. 86–101.
- [13] Van Renterghem T, Botteldooren D, Verheyen K. Road traffic noise shielding by vegetation belts of limited depth. J Sound Vib 2012;331:2404–25.
- [14] M. Bakermans and A. Kok, "Geluidshinder A73-zuid (Beesel) Resultaten geluidsmetingen," 2013.
- [15] Euronoise 2012. "Insertion loss estimate for a hedge and a greened noise barrier" Beate Altreuther, Stefan Schubert and Manuel Maennel; Mueller-BBM GmbH, Robert-Koch-Strasse 11, 82152 Planegg, Germany.
- [16] ISO 10847: In-situ determination of insertion loss of outdoor noise barriers of all types, 1997.
- [17] DS/EN ISO 11 819-1: Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic. Part 1. Statistical Pass-By method. September 1997.
- [18] ISO 9613-2: "Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation", Annex A.1 Foliage, 1996.
- [19] FAMOS Project Report, "Factors MOderating people's Subjective reactions to noise"
Se: <https://famos-study.eu>
- [20] FAMOS - Factors MOderating people's Subjective reactions to noise, "Guidebook on how to reduce noise annoyance".
Se: <https://famos-study.eu>
- [21] European Commission: Position paper on dose-response relationships between transportation noise and annoyance, 2002.
- [22] FAMOS projektets hjemmeside: <https://famos-study.eu/>

- [23] Fricke, F. (1983). "Vegetation - attenuation for the birds?" Sydney, N S W.
- [24] Huddart, L. (1990). "The use of vegetation for traffic noise screening". Crowthorne, UK: Transport and Road Research Laboratory.
- [25] Kurze, U. (1974). Noise reduction by barriers. J Acoust Soc Am, 504-518.
- [26] Langdon, F. (1976). Noise nuisance caused by road traffic in residential areas. J Sound Vib, Vol 47, side 243-63.
- [27] Lercher, P. (1996). Environmental noise and health. Env. Int., Vol 22, side 117-29.
- [28] Leung, T. M., & al., e. (2017). The effects of neighborhood views on containing multiple environmental features on road traffic noise perception at dwellings. J Acoust Soc Am, vol 141, side 2399-2407.
- [29] van Renterghem, T., & Botteldooren, D. (2016). View on outdoor vegetation reduces noise annoyance for dwellers near busy roads. J Landscape and Urban Planning, vol 148, side 203-15.
- [30] Schäffer, B; Brink, M; Schlatter, F et al. Residential green is associated with reduced annoyance to road traffic and railway noise but increased annoyance to aircraft noise exposure. Environment International, 143 (2020), 105885.
Se: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020318407?via%3Dihub#b0025>
- [31] Brink, M. et al. A survey on exposure-response relationships for road, rail, and aircraft noise annoyance: differences between continuous and intermittent noise. Environment International, 125 (2019), side 277-290.
Se: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S016041201831897X?token=34F2C8C70A953B6407898ACD7F561882F21203202607507FCE5F2955546CA9A2F715732E1996E66036F71D08C25B7D83&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230313140157>
- [32] ISO DSF/ISO/DIS 12913-1. Acoustics – Soundscape-Part 1: Definition and conceptual framework – 2014.
- [33] DS/ISO/TS 12913-2:2018. Acoustics – Soundscape – Part 2: Data collection and reporting requirements.
- [34] FORCE Technology teknisk notat: Lydlandskabsmåling II i Storgården. Efter anlæggelse af gårdhaven. Udført for Københavns Kommune. Sagsnr.: 122-30560 TC-101987. Hørsholm, 17. oktober 2022.
Se: <https://forcetechnology.com/-/media/force-technology-media/pdf-files/unnumbered/senselab/122-30560---kbenhavn-kommune---lydlandskabsmling-ii-storgarden---tc-101987.pdf?la=en>
- [35] Schäffera, B; Brink, M; Schlattera, F ; Vienneauc, D; Wunderli, J. Residential green is associated with reduced annoyance to road traffic and railway noise but increased annoyance to aircraft noise exposure. Environment International 143, (2020).
- [36] Juul, Jens Ole et al. "Kvalitetsbeskrivelse for drift af grønne områder", Forskningscentret for Skov & Landskab, 1998.
- [37] Larsen, J. Bo Larsen: "Katalog over skovudviklingstyper i Danmark" 1. udg. Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen, (2005).
- [38] Olsen, Ib Asger: "Planter i Miljøet" 1. udg. Grønt Miljø, 1999.
- [39] Schantz, Petra et al. "Håndbog Beplantning vejudstyr", Vejdirektoratet, 2022.
- [40] Birkkjær, Kræn Ole et al.: "Levende hegn i landskabet", 2. udgave, Videnscenter for landbrug, 2013.