



BEDRE BYLYD

FAGSEMINAR OM STØY

Oslo, Scandic Helsfyr

20. september 2023



Statens vegvesen

Sigmund Olafsen (so@brekkestrand.no, 91 58 38 18)

Svein Are Brekke (sab@brekkestrand.no, 98 62 10 20)

Brekke & Strand akustikk AS

Agenda

DEL 1: Beregninger

- Beregninger av vegtrafikkstøy
- Eksempel på beregning av fasadeisolasjon
- Støyspekter og beregningsområde – Innvirkning på fasadeisolasjon
- Hvordan detaljerte utredninger av støy inne i bygninger praktisk utføres.

DEL 2: Videreutvikling og supplering av beregningsmodeller:

- Støy fra elektriske biler vs. Fossildrevne
- Måling av fasadeisolasjon
- Atmosfærisk avstandsdemping og skjermingstiltak på stor avstand fra støykilde
- Viktigheten av å ha vært på stedet og hørt støyen selv
- Om opplevelsen av støy

DEL I – Beregninger av støy-Standard metode

Utendørs



Innendørs

Metode: Nordisk beregningsmetode
(1996)
Verktøy: CadnaA/Soundplan

Produkt:

Støysonekart
Støyskjerming ved kilde
Støyskjerming uteplass
Støy på fasade

Metode: Håndbok 47
Verktøy: Støybygg III

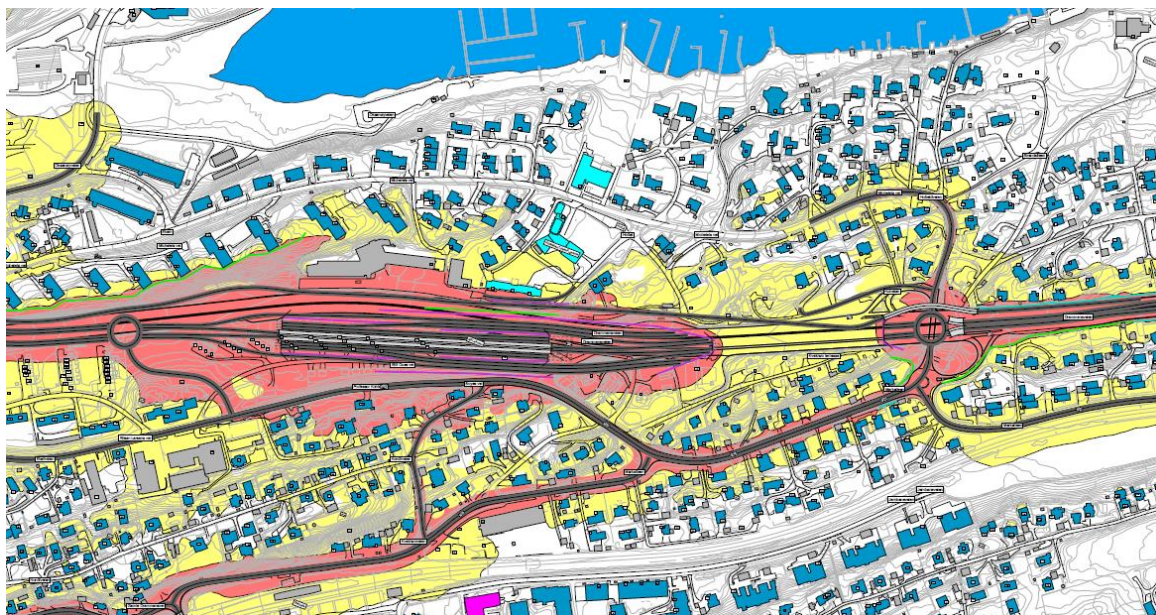
Produkt:

Lydkrav bygningsdeler nye bygg
Tiltaksvurderinger eksisterende bygg

Utendørs støyberegninger nye veganlegg

Hvorfor beregnes utendørs støynivå?

- Det nye veganlegget finnes ikke enda
- Trafikken skal fremskrives (10-20 år iht. T-1442)
- Likebehandling (Målinger kan påvirkes av sesong, vær/vind o.l.)



Utendørs støyberegninger

Nordisk beregningsmetode (1996)

$$L_{Aekv} = L_{1ekv} + \Delta L_{2ekv} + \Delta L_{3ekv} + \Delta L_{4ekv} + \Delta L_{5ekv}$$

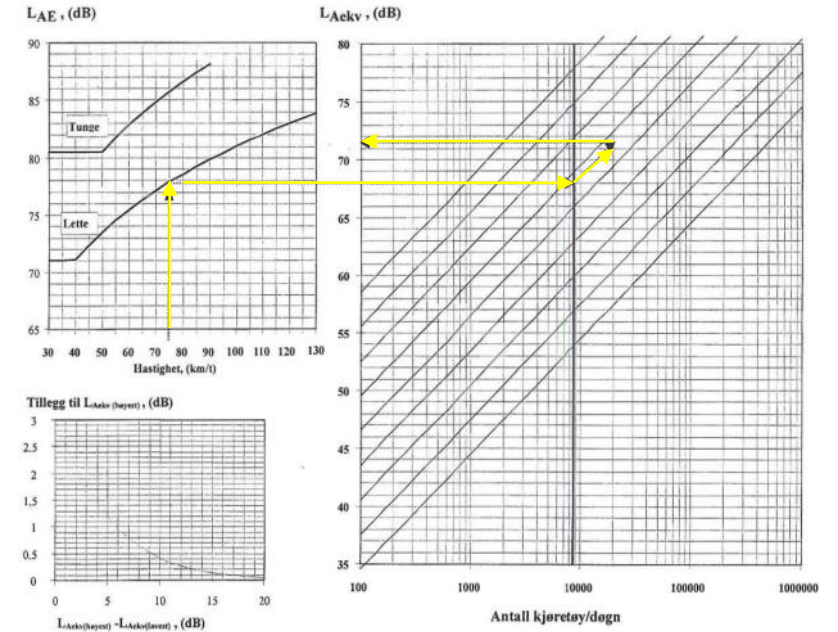
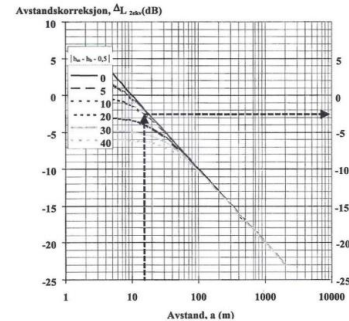
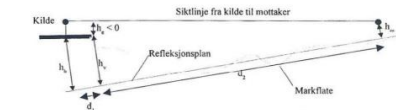
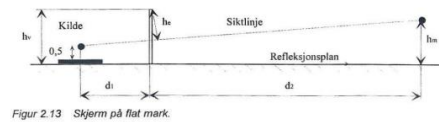
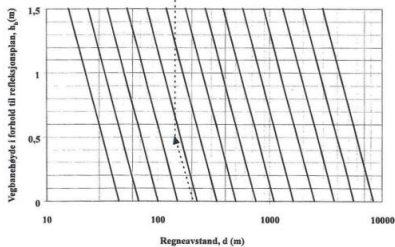
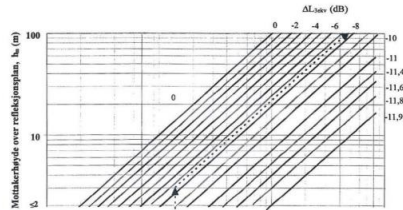
Referansenivå:
-Antall kjøretøy
-Hastighet

Avstandskorreksjon

Mark- og skjermkorreksjon

Lydisolasjon i bygningsfasade

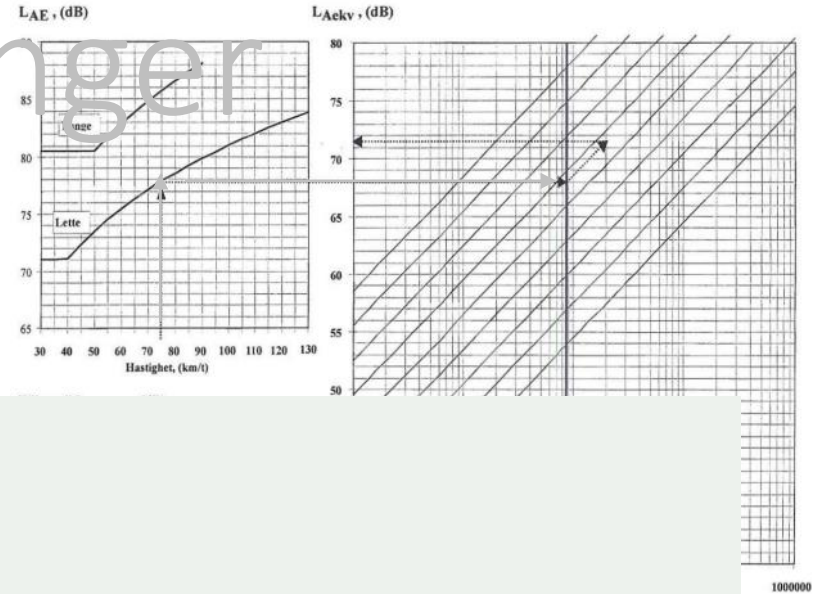
Andre korreksjoner:
12 forskjellige bl.a.
-Siktinkel
-Vegstigning
-Kort avstand til veg
++



Eksempel: Følg pilene i figur 2.3. som viser at hastighet 75 km/t for lette kjøretøy gir $L_{Aekv} = 71,5$ dB ved 20.000 kjøretøy/døgn. Hvis trafikkforutsetningene for tunge kjøretøy så gir 73 dB, blir differansen 1,5 dB, og tallet som skal legges til den høyeste verdien = 2,3 dB. Resulterende referansenivå blir i dette tilfellet, $L_{1ekv} = 73 + 2,3 = 75,3$ dB.

Utendørs støyberegninger

Nordisk beregningsmetode (1996)



L_{Aekv} : Metoden benyttes i beregningsverktøy
 -CadnaA
 -Soundplan

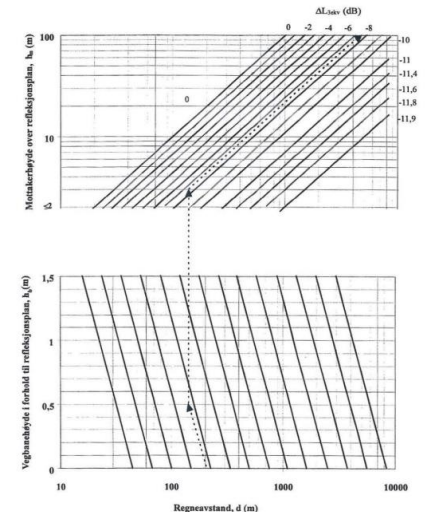
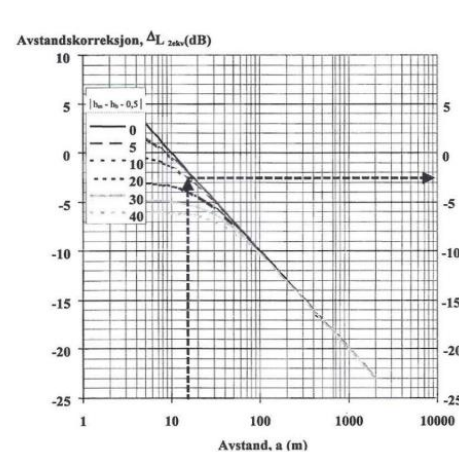
Referansenivå:
 -Antall kjøretøy
 -Hastighet

Avstandskorreksjon

skjermkorreksjon

bygningfasade

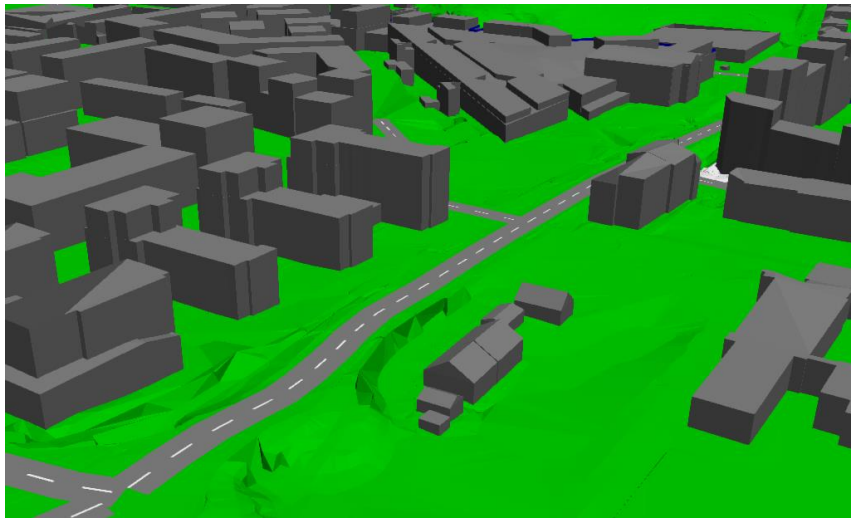
Andre korreksjoner:
 12 forskjellige bl.a.
 -Siktinkel
 -Vegstigning
 -Kort avstand til veg
 ++



Utendørs støyberegninger

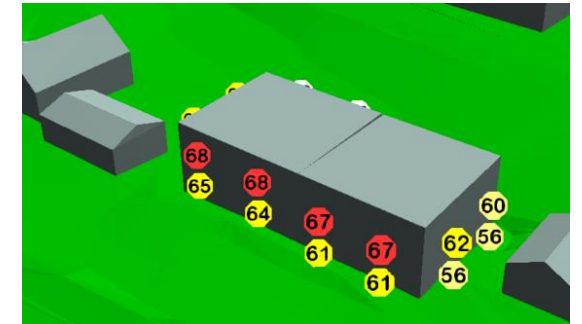
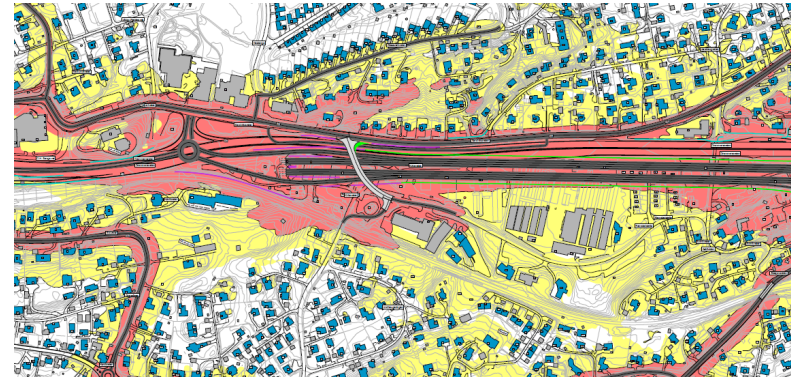
Inngangsdata:

- 3D-modell: Terreng, bygninger, støyskjermer, veier (m/gradient)
- Innstilling for hard/myk mark
- Trafikktall (Skrives frem 10-20 år iht. T-1442)



Resultater/leveranser:

- Støysonekart (4 meter over terreng)
- Differansekart (F.eks. differanse før og etter utbygging)
- Støy på uteplass
- Støy på fasade (I flere etasjer)



Utendørs støyberegninger

Eksempel innstillinger for en vei i CadnaA

The image shows a 3D city model with a road highlighted in cyan. A dialog box titled "Road (Nordic Prediction Method)" is open, displaying various settings. Blue arrows point from text labels to specific fields in the dialog box.

Annotations:

- Hastighet** points to the "Speed Limit (km/h):" field, which is set to 50.
- ÅDT** points to the "Counts, MDTD:" field, which is set to 16200.
- Døgnfordeling (Dag/Kveld/Natt)** points to the "Exact Count Data:" section, specifically to the "D:" field (1134.00).
- Tungtrafikkandel (%)** points to the "Percentage heavy vehicles p (%):" section, specifically to the "D:" field (7.0).
- Gradient (stiging)** points to the "Road Gradient auto ↓↑ (VA)" field, which is set to -3.3.

Dialog Box Fields:

- Name: Gamleveien vest for Tunveien
- ID: [Empty]
- SCS/Dist (m): RQ 12
- Emission: Counts, MDTD: 16200
- Road Type: GR2
- Exact Count Data: D: 1134.00, E: 405.00, N: 121.50
- Percentage heavy vehicles p (%): D: 7.0, E: 7.0, N: 7.0
- Laeq*.10m dB(A): D: 69.6, E: 65.1, N: 59.9
- Speed Limit (km/h): Auto: 50, Truck: 50
- Road Surface: 1a Asph.concr. (12-16mm)
- Road Gradient auto ↓↑ (VA): -3.3
- Multiple Reflection: dLmg dB(A): 0.0
- Average Height (m): 0.0
- Distance (m): 0.0
- reflecting

Usikkerhet i støyberegninger utendørs støynivå

Nordisk beregningsmetode for vegtrafikk (Nord96)

- Gyldig ut til 300 m
- 3D-modeller og resultatene ser «proffe» ut – Beregningsresultatene er gitt av en enkel metode
- Markabsorpsjon: «Hard» eller «myk» mark – I virkeligheten alltid et sted i mellom?
- Markdemping er «av eller på» - Kan medføre for høye beregnede verdier for hus som ligger høyere enn veien.
- Vegetasjon ikke inkludert – Ev. en sikkerhetsfaktor?

Nordisk beregningsmetode (1996)

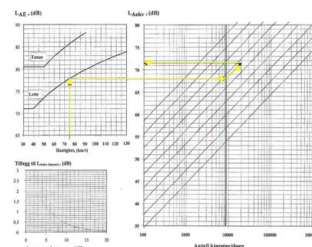
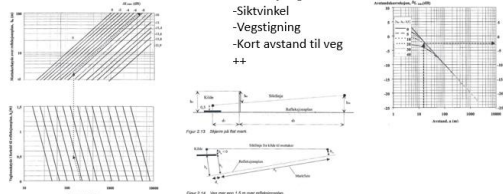
$$L_{Aekv} = L_{1ekv} + \Delta L_{2ekv} + \Delta L_{3ekv} + \Delta L_{4ekv} + \Delta L_{5ekv}$$

Referansenivå:
-Antall kjøretøy
-Hastighet

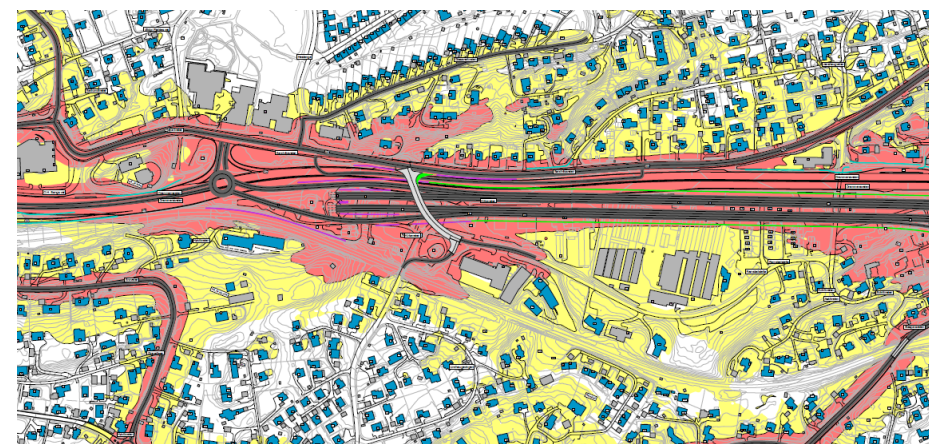
Avstandskorreksjon

Mark- og skjermkorreksjon

Lydisolasjon i bygningsfasade



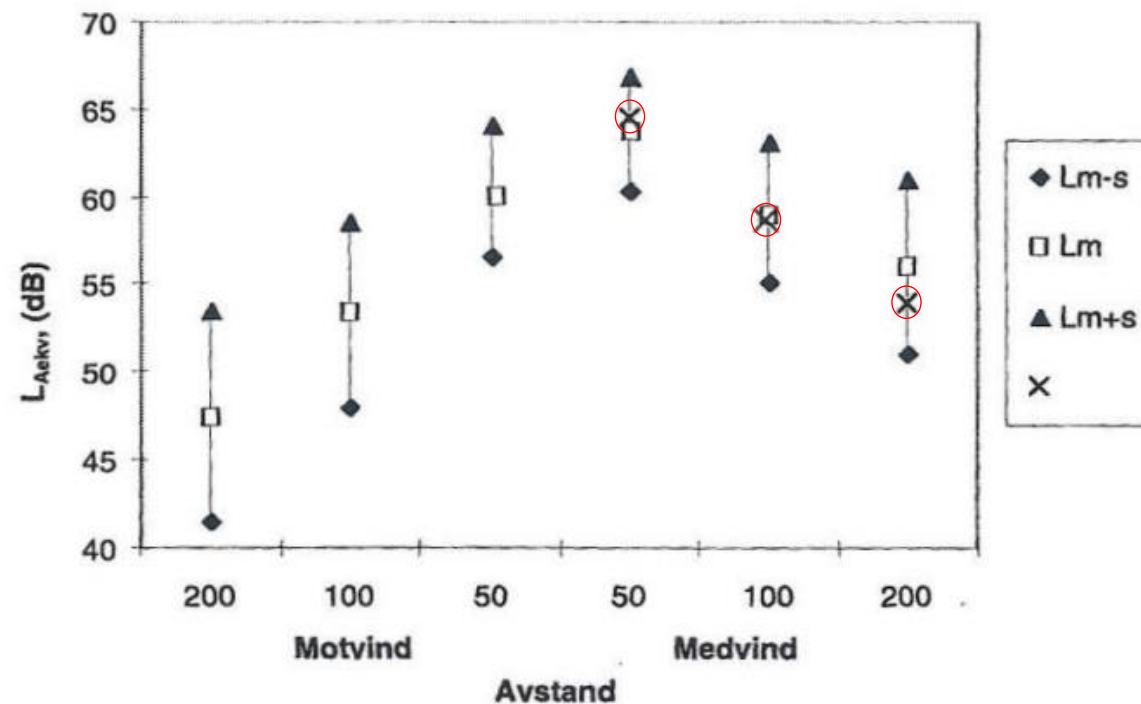
Eksempel: Følg pilene i figur 2.3, som viser at hastighet 75 km/h for lette kjøretøy gir $L_{Aekv} = 71,5$ dB ved 20.000 kjøretøy/døgn. Hvis trafikktetningsforholdene for tunge kjøretøy så gir 73 dB, blir differansen 1,5 dB, og tallet som skal legges til den høyeste verdien = 2,3 dB. Resulterende referansenivå blir i dette tilfellet, $L_{1ekv} = 73 + 2,3 = 75,3$ dB.



Usikkerhet i støyberegninger utendørs st

Nordisk beregningsmetode for vegtrafikk (Nord96)

- Kontrollmålinger utført 1979
- Usikkerhet øker med større avstand til kilden
- Treffer greit på middelverdi
- Har støyen endret seg?



Aritmetisk middelverdi, L_m , og standardavvik, s , for L_{Aekv} ved 90 km/t korrigeret for trafikkmengde (1000 personbilekvivalenter pr. time) ved 3 avstander fra hovedveg med høy trafikk og uhindret trafikkflyt. (X) representerer beregnede verdier. Vindhastighet varierte fra $1,5 \pm 1,5$ m/s. Måleperiode 77 dager, og lyd-utbredelse over myk mark.

Innendørs støyberegninger

Håndbok 47 (Byggforsk, 1999)

- Beregningsmetode
- Samling lydreduksjon for fasadelementer

Vanlig verktøy: Støybygg III



Byggforsk	Isolering mot utendørs støy	Yttervegger	Bilag nr.
Konstruksjon: 233 [10]	Ref: [10]		62
Yttervegger			
Bestikthet: 2x13 mm gips, PE-folie, 240 mm tykk mineralull, 2x6 mm utvendig gips			
Rw + Ctr = 46 dB	Spektr. korr. 100-3150 Hz	Støytypekorreksjon	C1 C2 C3 C4 C5 C6
C = -1 Ctr = -4	VEG		-3 -4 -2 -6 -7 -8
Rw = 50 dB	Spektr. korr. 50 - 5000 Hz	FLY	-8 -5 -4 -3 -5 -3
	C = -2 Ctr = -12	TOG / BANE	-2 0 -2 0 -2 -3
Konstruksjon: 234 [31]	Ref: [31]		
Yttervegger			
Bestikthet: 13 mm gips, PE-folie, 48 mm tett mineralull, 13 mm gips, 98 mm ekspanderende mineralull, 9 mm utvendig gips, Luftfylling, tannemanslåsning			
Rw + Ctr = 41 dB	Spektr. korr. 100-3150 Hz	Støytypekorreksjon	C1 C2 C3 C4 C5 C6
C = -3 Ctr = -9	VEG		-2 -9 -4 -12 -14 -9
Rw = 50 dB	Spektr. korr. 50 - 5000 Hz	FLY	-11 -6 -6 -6 -6 -6
	C = - Ctr = -	TOG / BANE	-2 2 -1 3 -3 -3
Konstruksjon: 235 [32]	Ref: [32]		
Yttervegger			
Bestikthet: 100-150 mm glassen tannervegg uten panel			
Rw + Ctr = 25 dB	Spektr. korr. 100-3150 Hz	Støytypekorreksjon	C1 C2 C3 C4 C5 C6
C = -1 Ctr = -2	VEG		-2 -2 -2 -2 -3 -3
Rw = 27 dB	Spektr. korr. 50 - 5000 Hz	FLY	-3 -3 -3 -2 -3 -2
	C = - Ctr = -	TOG / BANE	-2 -1 -2 -2 -2 -2
Konstruksjon: 236 [32]	Ref: [32]		
Yttervegger			
Bestikthet: 150-200 mm (8"-6") luftfylling med panel			
Rw + Ctr = 33 dB	Spektr. korr. 100-3150 Hz	Støytypekorreksjon	C1 C2 C3 C4 C5 C6
C = -1 Ctr = -4	VEG		-3 -4 -3 -5 -7 -5
Rw = 37 dB	Spektr. korr. 50 - 5000 Hz	FLY	-7 -6 -6 -5 -6 -6
	C = - Ctr = -	TOG / BANE	-4 0 -3 0 -4 -4

Byggforsk	Isolering mot utendørs støy	Yttervegger	Bilag nr.
Konstruksjon: 237 [24]	Ref: [24]		63
Yttervegger			
Bestikthet: 125-150 mm (5"-6") luftfylling med panel med bordskredning begge sider			
Rw + Ctr = 31 dB	Spektr. korr. 100-3150 Hz	Støytypekorreksjon	C1 C2 C3 C4 C5 C6
C = -1 Ctr = -5	VEG		-4 -5 -2 -7 -9 -4
Rw = 36 dB	Spektr. korr. 50 - 5000 Hz	FLY	-9 -8 -6 -4 -8 -5
	C = - Ctr = -	TOG / BANE	-2 1 -2 1 -3 -3
Konstruksjon: 238 [32]	Ref: [32]		
Yttervegger			
Bestikthet: 75 mm (F3) luftfylling, dobbelstyk panel med panel på begge sider			
Rw + Ctr = 34 dB	Spektr. korr. 100-3150 Hz	Støytypekorreksjon	C1 C2 C3 C4 C5 C6
C = -3 Ctr = -10	VEG		-7 -10 -4 -12 -16 -10
Rw = 44 dB	Spektr. korr. 50 - 5000 Hz	FLY	-13 -12 -7 -8 -12 -6
	C = - Ctr = -	TOG / BANE	0 4 0 4 -2 -3
Konstruksjon: 239 [24]	Ref: [24]		
Yttervegger			
Bestikthet: 125-150 mm (5"-6") luftfylling med 19 mm (3/4") utvendig + 19 mm (3/4") panel innover og 9 mm utvendig side			
Rw + Ctr = 35 dB	Spektr. korr. 100-3150 Hz	Støytypekorreksjon	C1 C2 C3 C4 C5 C6
C = -1 Ctr = -5	VEG		-4 -5 -3 -7 -9 -6
Rw = 40 dB	Spektr. korr. 50 - 5000 Hz	FLY	-9 -7 -6 -4 -7 -4
	C = - Ctr = -	TOG / BANE	-2 0 -2 -1 -3 -3
Konstruksjon: 240 [24]	Ref: [24]		
Yttervegger			
Bestikthet: 125-150 mm (5"-6") luftfylling med 19 mm (3/4") utvendig + 19 mm (3/4") panel med net og 9 mm utvendig side, 22 mm (7/8") panel innover og 9 mm utvendig side			
Rw + Ctr = 37 dB	Spektr. korr. 100-3150 Hz	Støytypekorreksjon	C1 C2 C3 C4 C5 C6
C = -1 Ctr = -5	VEG		-3 -5 -2 -7 -9 -6
Rw = 42 dB	Spektr. korr. 50 - 5000 Hz	FLY	-9 -8 -6 -4 -8 -4
	C = - Ctr = -	TOG / BANE	-2 1 -1 1 -2 -3

Innendørs støyberegninger

Hvilken informasjon trenger vi for å beregne innendørs støynivå?

$$L_{\text{inne}} = L_{\text{ute}} - R + 10 \cdot \log(S \cdot T / V \cdot 0,16)$$

L_{ute} : Støynivå ved fasade, fra beregningsprogram (CadnaA/Soundplan)

R: Lydreduksjonstallet til de konstruksjonene fasaden er bygget opp av

S: Areal på alle forskjellige skilleflater i fasaden (Vegg, vindu, tak)

V: Rommets volum

T: Settes normalt til 0,5 sekunder. (*Standard møblert rom*)

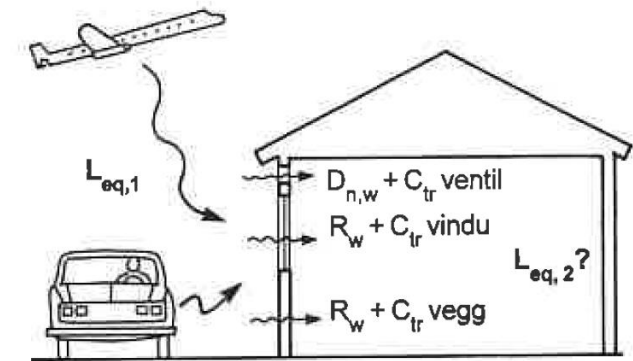


Fig. 3.1 a
Innenivået skal beregnes når delflatene i fasaden er kjent.

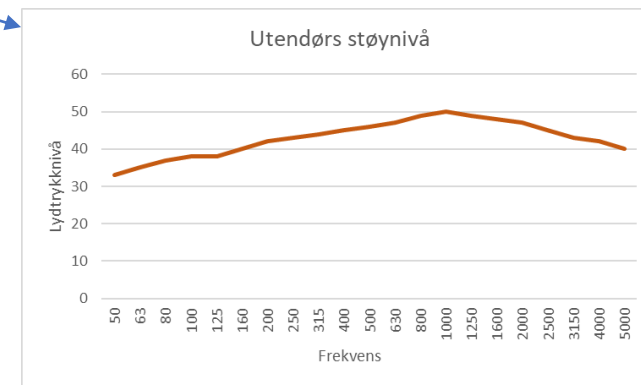
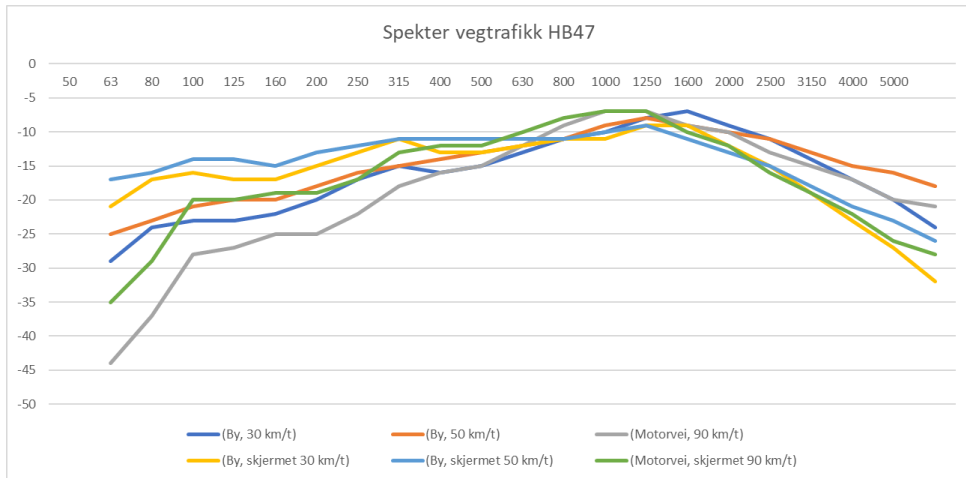
Innendørs støyberegninger

Støynivå ved fasade (L_{ute})

Støynivået får man fra beregningsprogrammet (CadnaA/Soundplan) →
Dette er beregnede entallsverdier (L_{den} eller **L_{Aeq}**)

Håndbok 47 angir spekter til støyen knyttet til hastighet og skjermingsforhold
Beregnet entallsverdi tillegges spekterform

SINTEF har lansert nytt spekter for 30-50 km/t



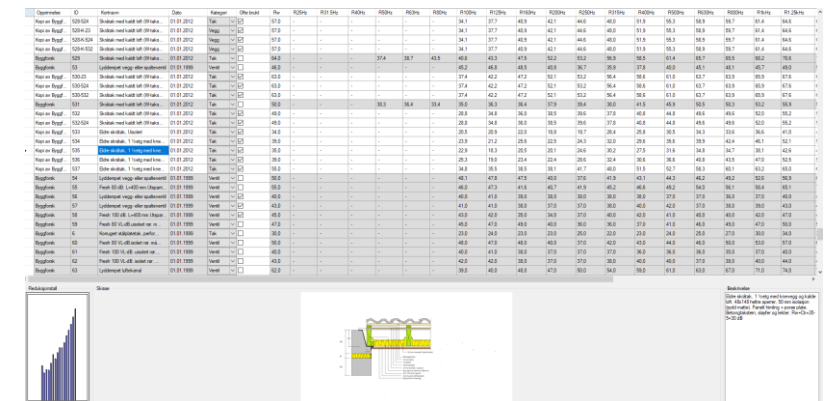
Eksempel: 50 km/t (C2), $L_{Aeq} = 58$ dB

Innendørs støyberegninger

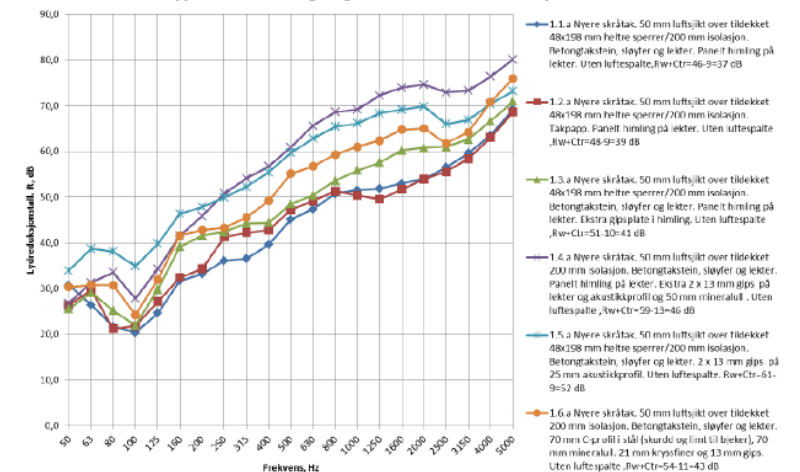
Lydreduksjonstallet (R)

Håndbok 47 og Prosjektrapport 102 har datasamling med laboratoriemålte verdier for mange forskjellige konstruksjoner for vegger, vinduer, tak og ventiler

Disse dataene følger databasen til Støybygg III og er allment tilgjengelig
De fleste konstruksjonene har data fra 50-5000 Hz



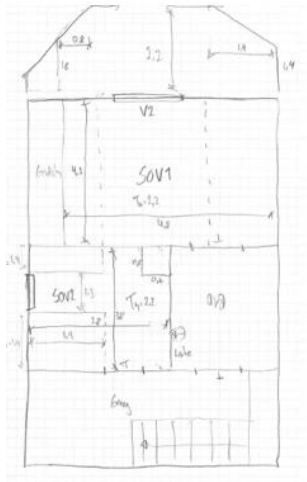
Taktype 1. Sammenligning av varianter uten luftspalte ved "raft"



Innendørs støyberegninger

Hver bygningsdel kartlegges

Konstruksjon i HB47 eller
Prosjektrapport 102 velges



Kategori: tak	Konstruksjonsnr: 328	Ref.: [20]							
Beskrivelse Eldre skråtak med kaldt loft og isolert himling med sagflis og tillegg av 150 mm mineralull. Skrå del: takbord, papp, lekter og tegltakstein. Horizontal del: 5" bjelkelag med sagflis fylling + mineralull. Panelt himling, bord									
Rw + Ctr = 40 dB	Spektr. korr. 100-3150 Hz C = -2 Ctr = -5		Støytype/korreksj	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Lydreduksjonstall, NS-EN ISO 717- Rw = 45 dB	Spektr. korr. 50 - 5000 Hz C= Ctr =		VEG	-4	-5	-2	-8	-9	-6
			FLY	-10	-7	-6	-4	-8	-5
			TOG / BANE	-2	1	-1	2	-3	-4

Kategori: Vinduer	Konstruksjonsnr: 83	Ref.: [32]							
Beskrivelse 2-lags isolerrute. 4-12-4 (mm) Luft i hulrom. Åpningsbart. Rammekam i tre									
Rw + Ctr = 29 dB	Spektr. korr. 100-3150 Hz C = -1 Ctr = -4		Støytype/korreksj	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Lydreduksjonstall, NS-EN ISO 717- Rw = 33 dB	Spektr. korr. 50 - 5000 Hz C= Ctr =		VEG	-3	-4	-1	-7	-8	-5
			FLY	-8	-5	-4	-2	-6	-4
			TOG / BANE	-1	2	0	2	-2	-2

Kategori: Yttervegger	Konstruksjonsnr: 243	Ref.: [24]							
Beskrivelse 125 mm (5") laftet tømmervegg. Innvendig panel. Utvendig 25 mm bord, 48 mm lekt med min.ull, 9 mm utvendig gips og 25 mm stående panel*									
Rw + Ctr = 39 dB	Spektr. korr. 100-3150 Hz C = -3 Ctr = -11		Støytype/korreksj	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Lydreduksjonstall, NS-EN ISO 717- Rw = 50 dB	Spektr. korr. 50 - 5000 Hz C= -3 Ctr = -12		VEG	-8	-11	-5	-14	-16	-11
			FLY	-13	-10	-6	-8	-10	-6
			TOG / BANE	-1	3	0	3	-2	-3

Innendørs støyberegninger

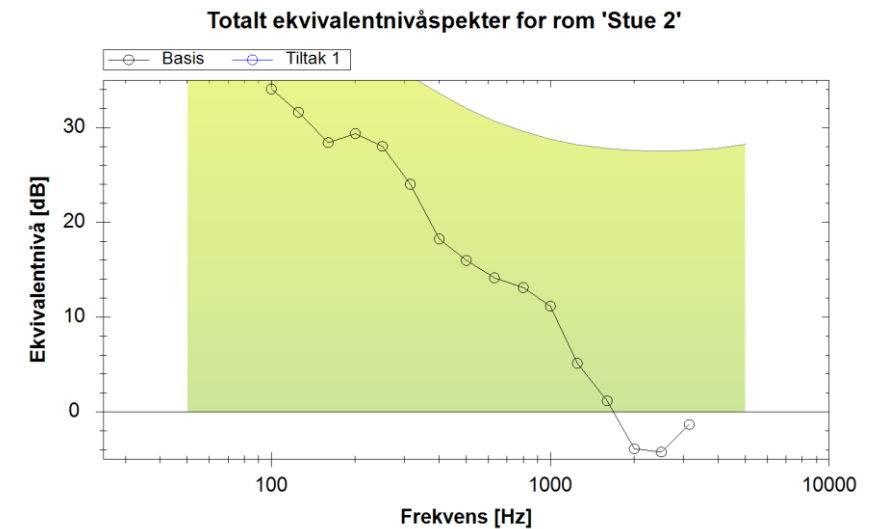
Hver bygningsdel vil bidra med et støynivå i rommet, innendørs støynivå er summen av disse.

Beskrivelse av situasjon 'Basis'

Totalt støynivå i rommet | Støy i rommet (per kilde) | Bidrag fra Veg

Bidrag til innendørs ekvivalentnivå (Leq) for situasjon 'Basis'

Nr	Bidrag	Kategori	Element
1	6,3	Vegg	257: 43 dB (Reisverksvegg. Innvendig 25 mm...)
2	6,8	Vindu	166: 33 dB (Trelags isolerruter)
3	6,8	Vindu	166: 33 dB (Trelags isolerruter)
4	12,8	Vegg	257: 43 dB (Reisverksvegg. Innvendig 25 mm...)
5	18,9	Dør	83-dør: 33 dB (Tolags isolerruter)
6	15,7	Vegg	257: 43 dB (Reisverksvegg. Innvendig 25 mm...)
7	16,8	Vindu	166: 33 dB (Trelags isolerruter)
8	20,9	Dør	83-dør: 33 dB (Tolags isolerruter)
9	19,1	Tak	524: 45 dB (Tak med kaldt loft, isolert)
SUM:	26,0		

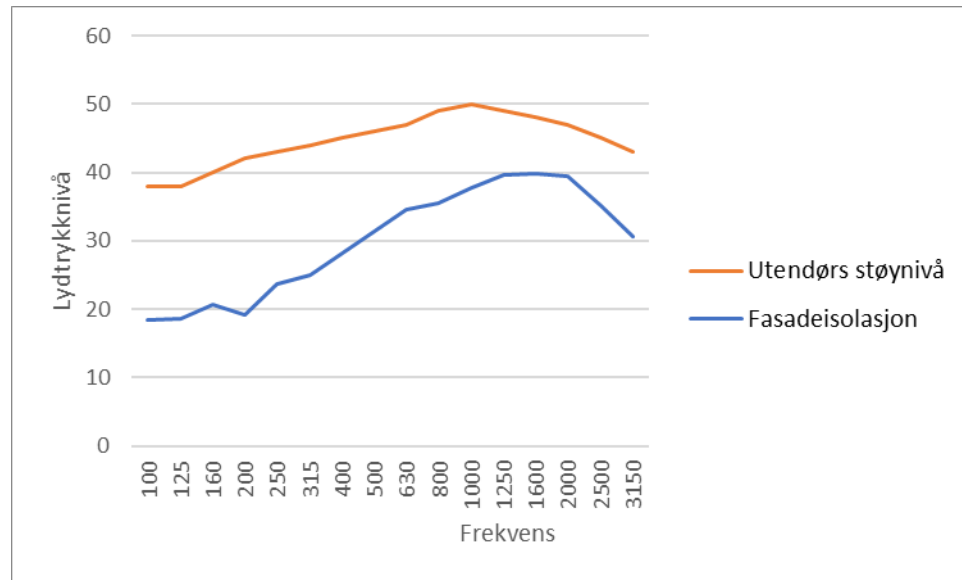


Innendørs støyberegninger

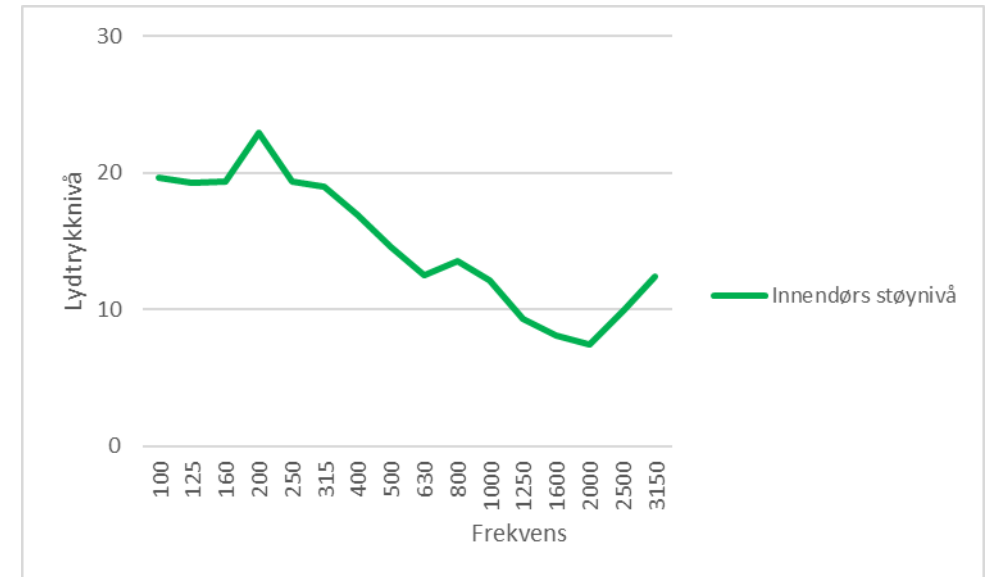
Utendørs støynivå (1/3-oktav) – Fasadeisolasjon (1/3-oktav) = Innendørs støynivå (1/3-oktav)
Hver bygningsdel vil bidra med et støynivå i rommet, innendørs støynivå er summen av disse.

Spekter HB47: By, 50 km/t (C2)

Utendørs støynivå: LpA = 58 dB



Innendørs støynivå: LpA = 29 dB



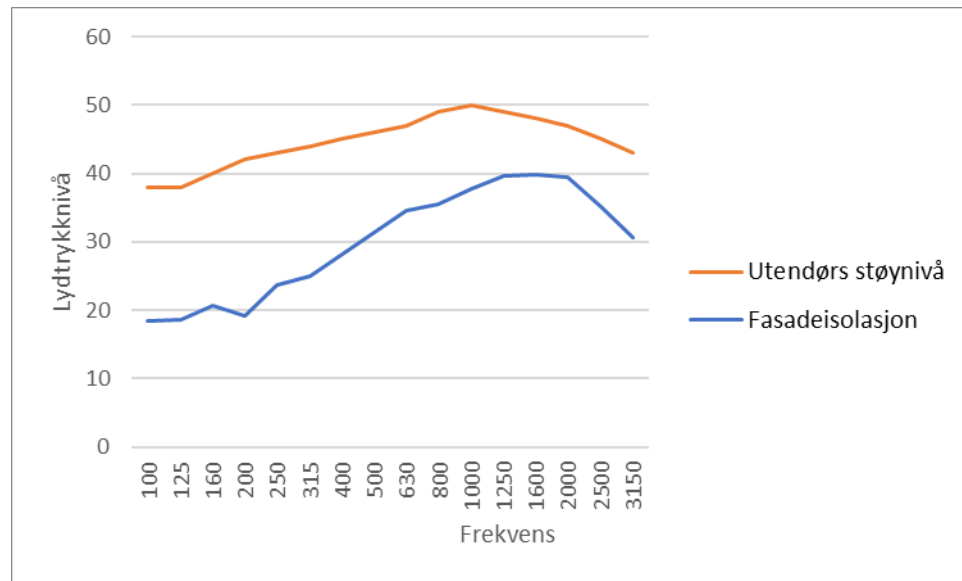
Innendørs støyberegninger

Utendørs støynivå (1/3-oktav) – Fasadeisolasjon (1/3-oktav) = Innendørs støynivå (1/3-oktav)

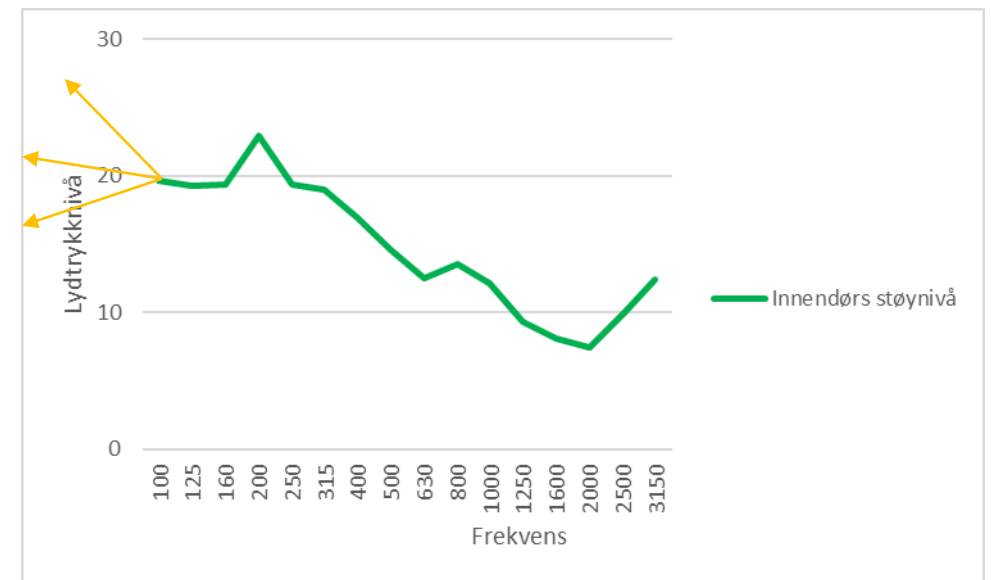
Spekter HB47: By, 50 km/t (C2)

Stopper støyen ved 100 Hz?

Utendørs støynivå: LpA = 58 dB



Innendørs støynivå: LpA = 29 dB



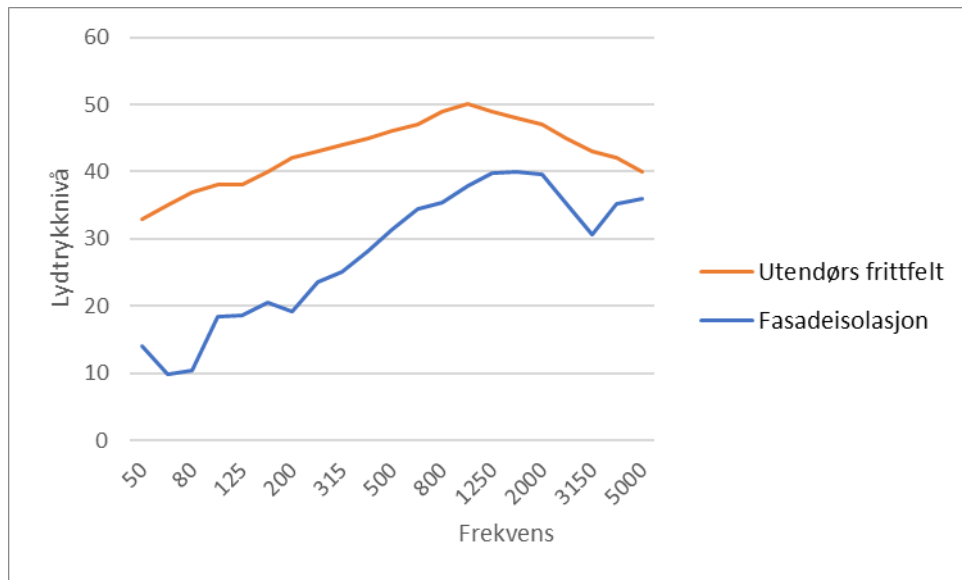
Innendørs støyberegninger

Utendørs støynivå (1/3-oktav) – Fasadeisolasjon (1/3-oktav) = Innendørs støynivå (1/3-oktav)

Spekter HB47: By, 50 km/t (C2)

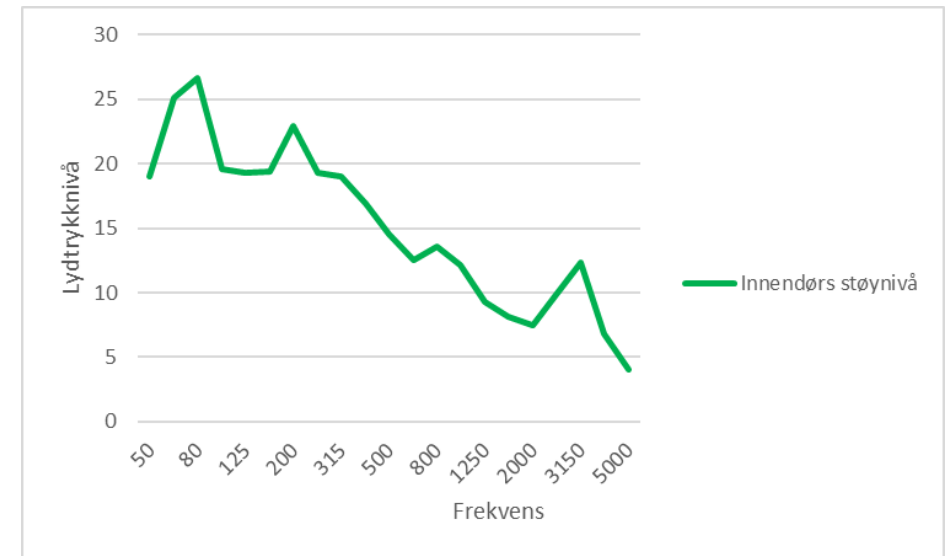
Beregning 50-5000 Hz

LpA = 58 dB



~~LpA = 29 dB~~

LpA = 32 dB



Innendørs støyberegninger

Utendørs støynivå (1/3-oktav) – Fasadeisolasjon (1/3-oktav) = Innendørs støynivå (1/3-oktav)

Spekter SINTEF: **30-50 km/t**

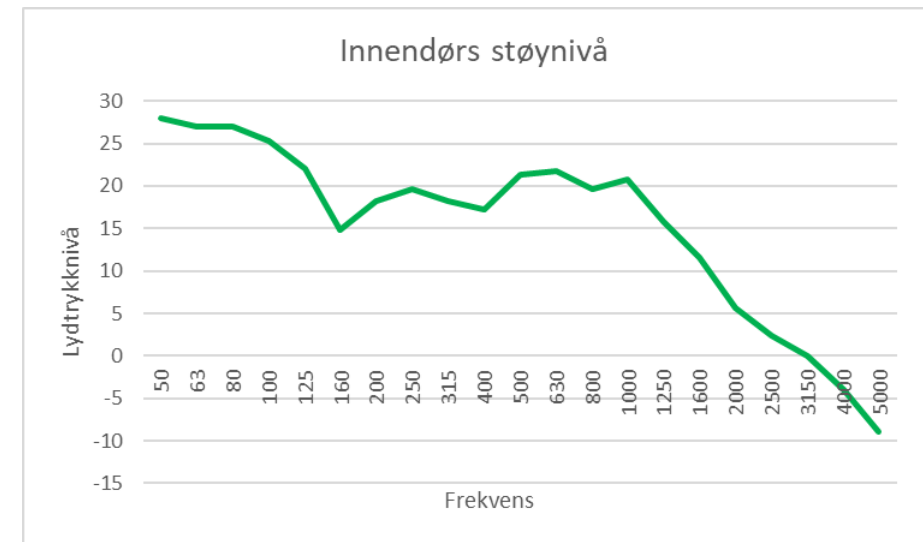
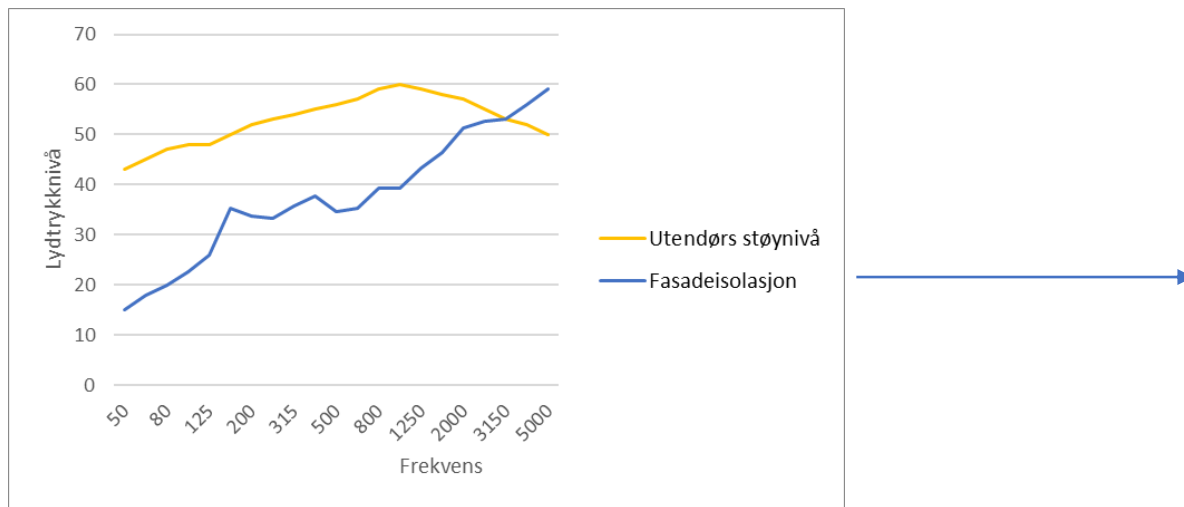
Beregning 50-5000 Hz

LpA = 68 dB

~~LpA = 31 dB~~

~~LpA = 35 dB~~

LpA = 31 dB

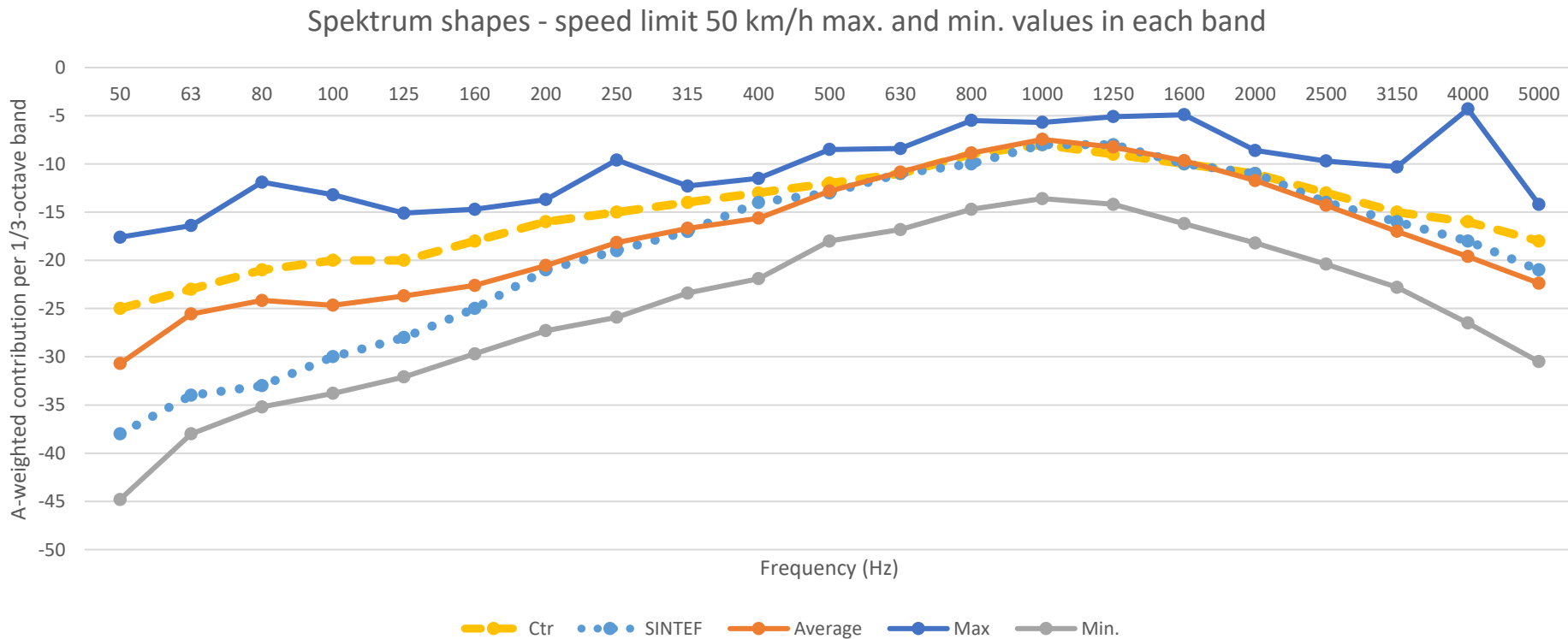


Usikkerheter - Innendørs støyberegninger

- Er utendørs **støyspekter** riktig for den aktuelle eiendommen?
- Skal vi regne ned til 50 Hz eller skal vi stoppe på 100 Hz?
 - Krav til innendørs støy i NS 8175 inkluderer trafikkstøy ved alle frekvenser.
 - Stor usikkerhet for målinger under 100 Hz. (Både i laboratorier og i rom i boliger)

DEL II – Spektrumsformer ved 50 km/t

Målinger av spekter fra veier med 50 km/t
240 målinger med totalt 50000 passeringer:



Måling av innendørs støynivå: NS-8174

To mulige prinsipper:

- Direkte måling innendørs
- Måling av utenivå og differanse for å avlede innendørs støynivå

Måling av innendørs støynivå: NS-8174

Vi anbefaler å måle fasadeisolasjon og utendørs støynivå for å avlede innendørs støynivå.

Utfordringer med direkte måling av innendørs støynivå:

- Lydnivå varierer over rommet, noen steder for mye
- Det er store problemer med bakgrunnsstøy, normalt kan du ikke selv være i rommet
- Tillater kun 3 målepunkter innendørs og 500 kjøretøy

Måling av innendørs støynivå -Fasadeisolasjon

NS-EN ISO 16283-3

NS-8174

PÅ – brukes på fasader (plan innenfor $\pm 0,015\text{m}$) på relevant fasadedel
-5 til 10 punkter for hver høyttalerposisjon

FORAN – enkeltpunkter 2 m foran fasade,
-5 til 10 punkter per høyttalerposisjon

Minimum 2 høyttalerposisjoner

Nye metoder som utforskes

SVEIP FORAN – 25 cm foran fasade, 1 minutt anbefalt tid

Måling av innendørs støynivå - Fasadeisolasjon

Mikrofon inne

NS-8174

Mål sveip over rommet eller minst 5 punkter – for hver høyttalerposisjon (ekvivalent støynivå)

Måling av innendørs støynivå - Fasadeisolasjon

Måling av trafikkstøy ved fasade

NS-8174:

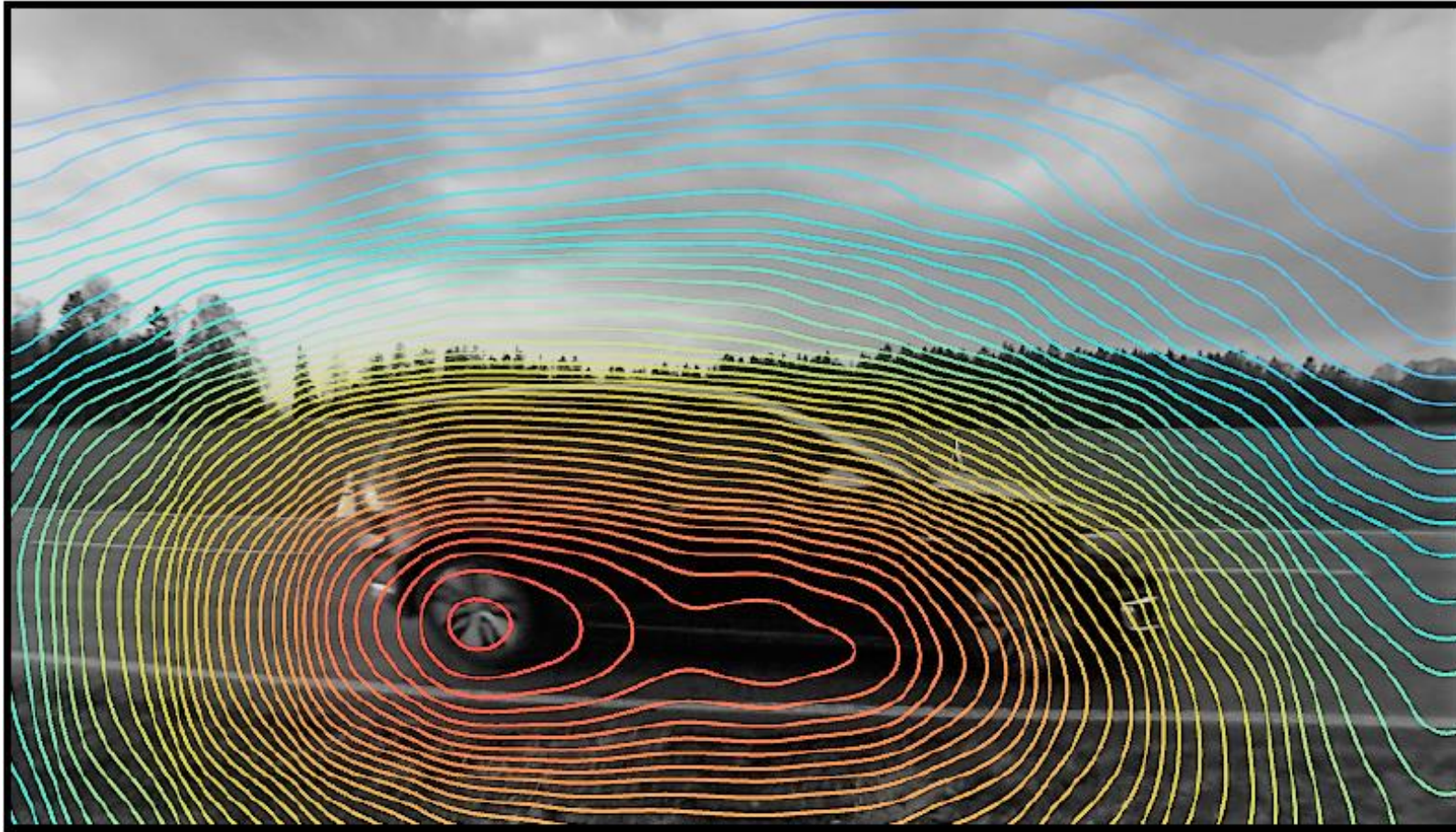
Måling pågår til tilstrekkelig antall kjøretøy har passert iht. standarden.

Bruk gjerne måler som settes igjen om det foreligger trafikkdata

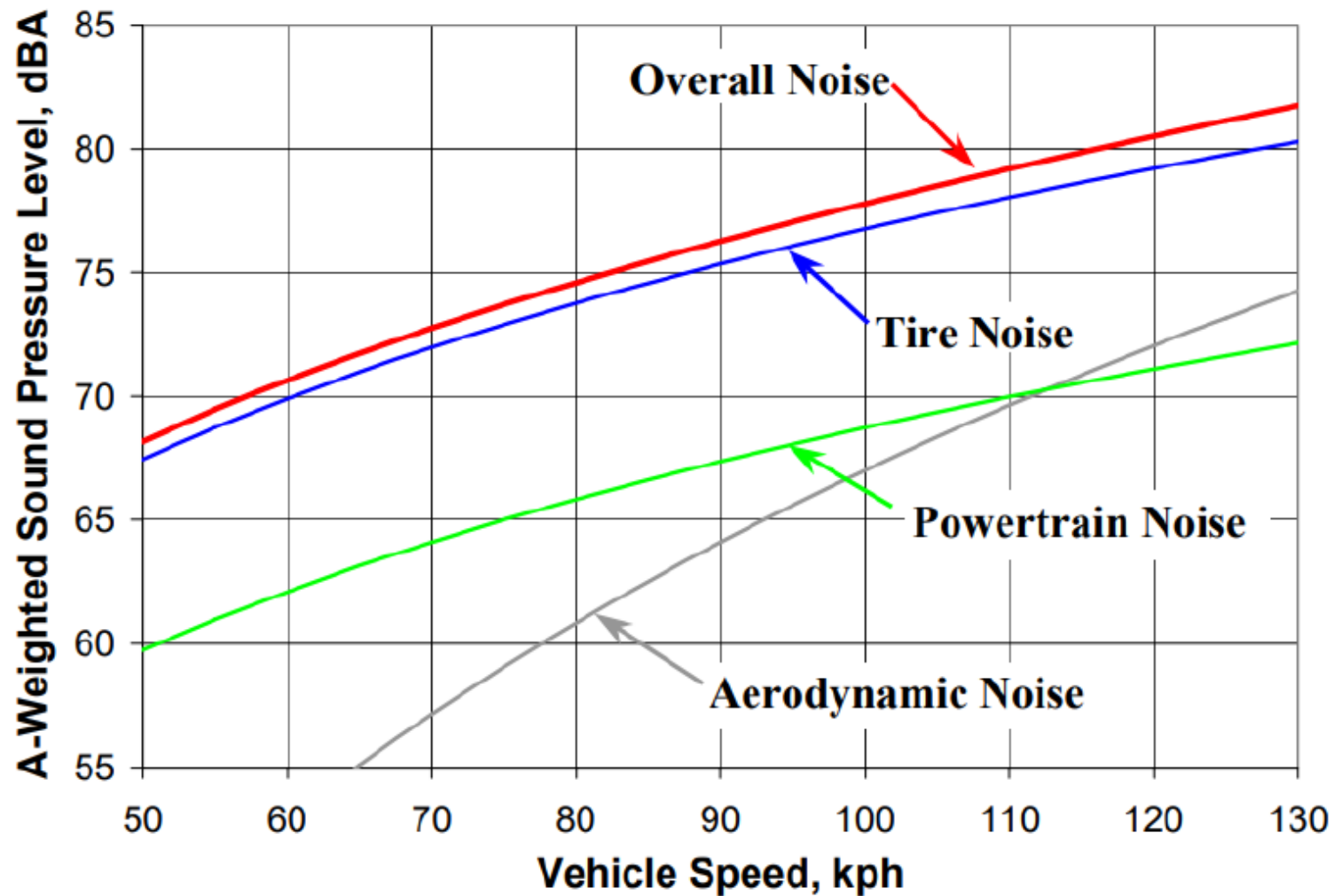
Vi anbefaler:

Måling utendørs av trafikkstøy bør gjøres i samme avstand fra fasade som måling med høyttaler

DEL II – Videreutvikling og supplering av beregningsmodeller



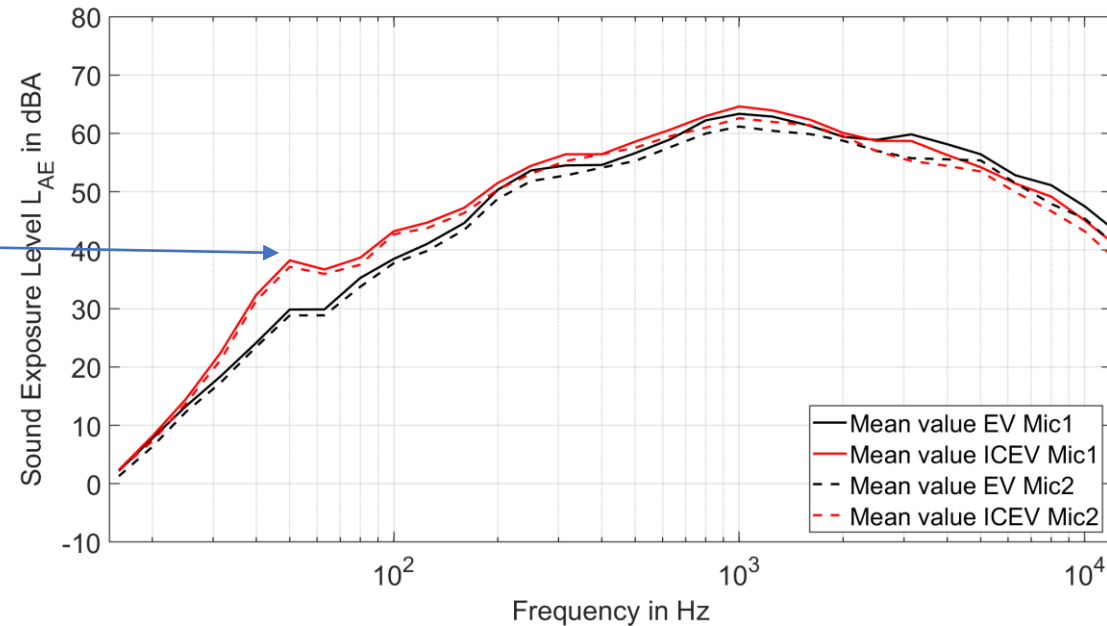
DEL II – Støy fra elektriske kjøretøy og kjøretøy med forbrenningsmotor



Elektriske biler

Konklusjon fra Filip Wadman sin masteroppgave (Chalmers, 2023):

Turtall
forbrenningsmotor?
50 Hz

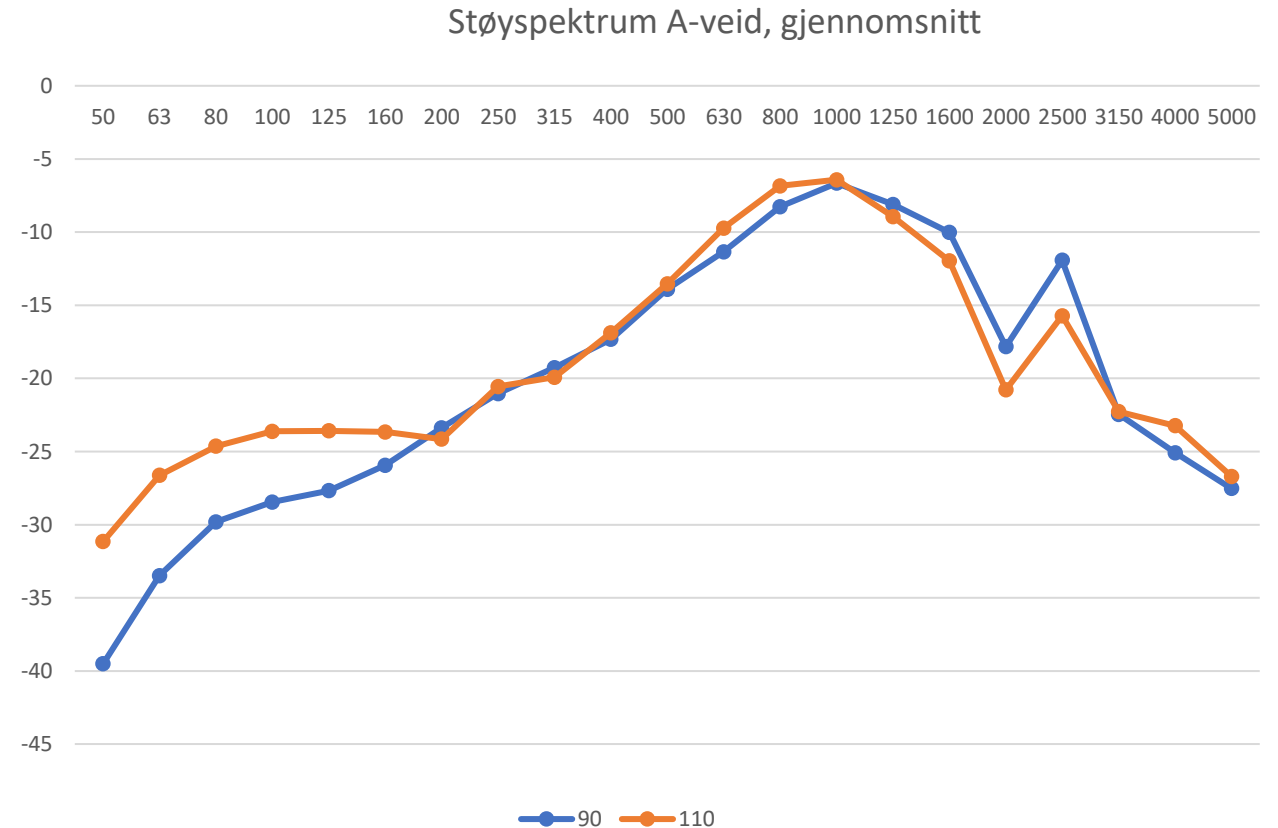


EV (sort) – Elektrisk motor

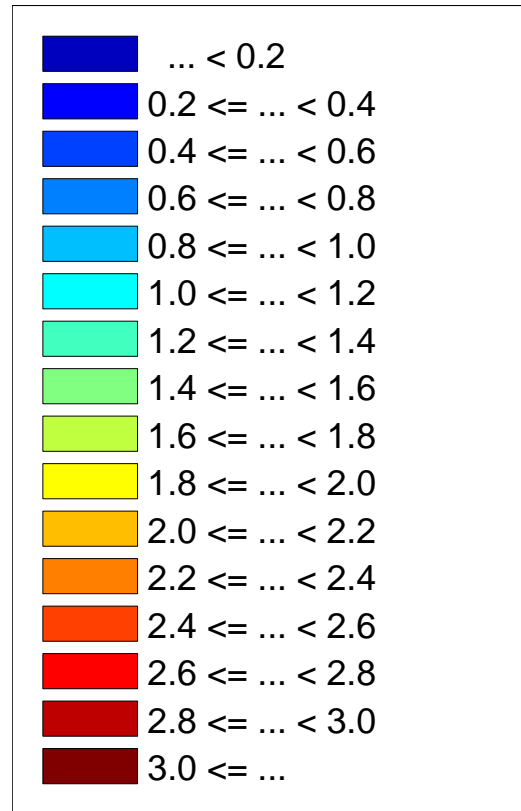
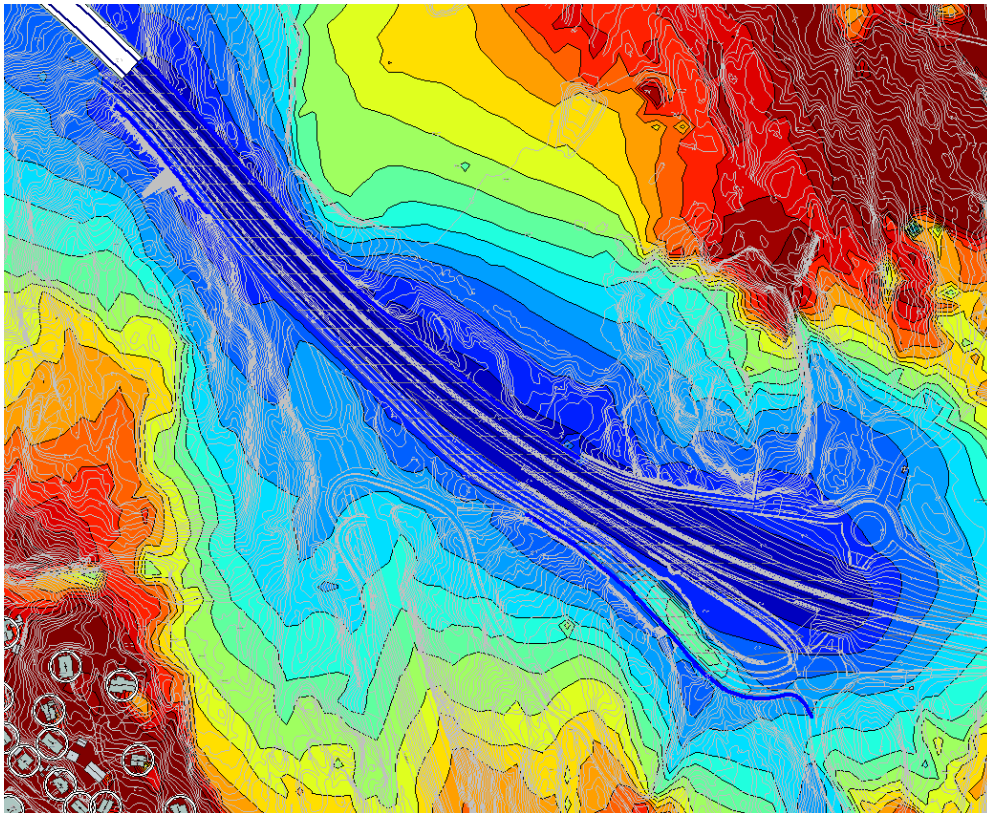
ICEV (rød) - Forbrenningsmotor

Har støyen endret seg?

- Automatgir holder motoren omkring 1500 omdr/min
- Elektriske biler
- Men dette forklarer ikke en topp ved 50 Hz med fartsgrense 110 km/t
- Det er lite som tyder på at biler er mer stillegående



Beregninger på stor afstand- atmosfærisk afstandsdempning



0,5 dBA/100m

1994

0,4 dBA/100 m

2023