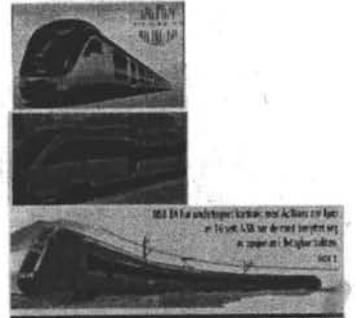




**Jernbaneverket**  
Hovedkontoret

## **STØY FRA JERNBANEVIRKSOMHET**



**Grunnlagsdata for beregninger av støy langs  
jernbanenettet i Norge.**

**Togtypekorreksjoner og trafikkdata.**

**Teknisk avdeling**  
**15. mars 1999**

Lks. 1

q656.2.053.7 JBV Stø

## Forord

Jernbaneverket settes stor fokus på miljøvennlighet og på forhold knyttet til støyreduksjon og reduksjon av rystelser som forårsaker strukturstøy og vibrasjoner.

Jernbaneverket foretar i denne anledning ulike kartlegginger av støyforhold langs jernbanen, både for dagens situasjon og i scenarier for ulike framtidige situasjoner. Dette er bl.a. arbeider knyttet til både NTP, til forskriften til forurensningsloven og til utredning av nasjonale mål for støy.

I denne rapporten er gitt en oversikt over grunnlagsdata i form av trafikk tall og såkalte togtypekorreksjoner som bør benyttes i beregninger og kartlegging av jernbanestøy. Det er i denne anledning også innhentet opplysninger om mulige utviklingstrekk for bl.a. nytt togmateriell og bruk av typekorreksjoner for disse.

Jernbaneverket  
Teknisk Avdeling

15. mars 1999

Jernbaneverket  
Biblioteket

Forord .....	2
0. Sammendrag .....	5
1.0 Innledning.....	7
1.1 Jernbanens innvirkning på luftlyd / støy .....	7
2.0 Kilder til luftlyd / støy.....	8
2.1 Generelt .....	8
2.2 Luftlyd fra jernbanevirksomhet / hovedstøykilder .....	9
2.2.1 Støyavstråling fra kontaktflate mellom skinne og hjul.....	9
2.2.2 Konstruksjoner som støykilde (bruer, kulverter etc.) .....	11
2.2.3 Høyhastighetstog og baner.....	12
2.2.4 Støy fra godstog .....	14
3.0 Støy fra ulikt togmateriell .....	15
3.1 Generelt om togtypekorreksjoner, støy .....	15
3.2 Støy fra eksisterende, eldre togmateriell.....	15
3.3 Støy fra eksisterende, nytt togmateriell.....	20
3.3.1 Støykrav til Di8.....	20
3.3.2 Støykrav El. 18 .....	20
3.3.3 Støy fra flytoget (type 71) - krav og støymålinger .....	21
3.5 Støykrav til nytt togmateriell .....	25
3.5.1 Nytt ekspress krengetog, type BM 73 .....	25
3.5.2 Nye lokaltog, type BM 72 .....	26
3.5.3 Nye dieselskrengetog, type BM 93 .....	27
3.5.4 Støy fra nye godstog.....	28
3.5.4.1 Europeisk rammeverk for støyreduksjon.....	29
3.6 Oppsummering togtypekorreksjoner nytt materiell.....	30
3.7 Oppsummering togtypekorreksjoner, alle tog .....	32
4.0 Andre grunnlagdata .....	33
4.1 Trafikktall, eksisterende situasjon (R 99.1) .....	33
4.2 Prognose - trafikkutvikling frem mot år 2010 .....	35
4.2.1 Persontrafikk.....	35
4.2.2 Godstrafikk .....	36
4.3 Kjøre hastighet .....	36
4.4 Sporkvalitet.....	36
5.0 Målemetoder og beregningsmodeller.....	37
5.1 Måling av støy og vibrasjoner .....	37
5.2 Beregningsmodeller for luftlyd (støy).....	38
5.2.1 Nordisk Metode for Togstøy, revidert 1996 .....	38
6.0 Tiltak mot jernbanestøy .....	41
6.1 Generelt om tiltak mot støy, samt strukturlyd og vibrasjoner.....	41
6.2 Tiltak mot luftlyd / støy, en oversikt.....	42
6.2.1 Nærmere beskrivelse av tiltakene .....	43
6.2.1.1 Arealplanlegging.....	43

---

6.2.1.2 Støyskjermer.....	43
6.2.1.3 Fasadeisolering mot støy .....	45
6.2.1.4 Støyskjermer kontra tiltak på materiell mv. ....	46
6.2.1.5 Eksempel på tiltak .....	46
6.2.2 Tiltak i banen / på sporet.....	48
6.2.2.1 Skinnejevnheter / skinnesliping .....	48
6.2.2.2 Utdrag fra Jernbanelverkets regelverk, rifler og bøler.....	50
6.2.2.3 Støysvake sporveksler .....	52
6.2.2.4 Skinnestegsdempning .....	52
6.2.2.5 Ballast- og svilletter.....	54
6.2.2.5 Bruer / konstruksjoner .....	54
6.2.3 Tiltak på materiell.....	55
6.2.3.1 Vedlikehold av togmateriell, sliping/dreining av hjul .....	55
6.2.3.2 Bremsesystemer.....	55
6.2.3.3 Støydempede hjul.....	55
6.2.3.4 Styrbare hjulsett.....	56
6.2.3.5 Krav til støy fra nye tog.....	56
<b>6.3 Oppsummering, effekt av støytiltak .....</b>	<b>57</b>
<b>Referanser.....</b>	<b>59</b>
<b>Vedlegg.....</b>	<b>60</b>
<b>Begreper støy, samt strukturlyd og vibrasjoner .....</b>	<b>61</b>
<b>Oversikt over togtyper i Norge .....</b>	<b>66</b>
<b>Trafikkdata, togmeter på det norske banenettet 1999 (basert på R99.1).....</b>	<b>68</b>
<b>Togtypekorreksjoner for noen svenske, danske og finske tog.....</b>	<b>71</b>

**0. Sammendrag**

Jernbaneverket foretar ulike kartlegginger av støyforhold langs jernbanen, både for dagens situasjon og i scenarier for ulike framtidige situasjoner. Dette er bl.a. arbeider knyttet til både NTP, til forskriften til forurensningsloven som i 1997 ble gjort gjeldende også for samferdselsektoren og til utredning av nasjonale mål for støy.

I denne rapporten er gitt en oversikt over trafikkdata og såkalte togtypekorreksjoner for støyemisjon for norske togtyper. Togtypekorreksjoner benyttes for å sammenligne støy generert fra de ulike togtyper.

Togtypekorreksjonene benyttes videre som supplement til måledata for de enkelte togtyper, hvor frekvensfordeling for de ulike hastigheter fremgår. Måledata for de fleste nordiske togtypene ligger inne i databasen i for eksempel edb-programmet NoMeT (Nordisk Beregningsmetode for Togstøy), et windowsprogram for beregning av støy basert på Nordisk beregningsmetode for jernbanestøy, utarbeidet av Nordisk Ministerråds støygruppe i 1996.

Hver togtype har sine karakteristiske lydavstrålingsegenskaper som varierer med kjørehastigheten. Lydavstrålingen er avhengig av hjul og banemessige forhold. Ved bruk av måledata og togtypekorreksjoner forutsettes normalt godt vedlikehold av skinner og rullende materiell.

En oppsummering av togtypekorreksjoner er vist i tabell under. Verdiene representerer en sammenligning mellom togtyper i SEL-nivå, dvs. støyegenskaper ved like forholds som kjørehastighet (80 km/t), lik tog lengde (100 m tog), avstand 10 m fra senter spor mv.. For variasjon av lydeffektnivå ved ulike hastigheter skal korreksjonsverdier gitt i denne rapporten benyttes (a og b - verdier).

Togtyper / togmateriell	Togtypekorreksjon, støyemisjon	
	Eksisterende baner	Nye baner
<b>Eksisterende, eldre tog :</b>		
Godstog	0 dB	0 dB
Fjertog (eldre lok.+ B3-vogner)	0 dB	0 dB
Lokaltog, type 69	- 3 dB	- 3 dB
ICE, type 70	- 3 dB	- 3 dB
Dieseltog, gods	0 dB	0 dB
Dieseltog, fjertog	0 dB	0 dB
BM92	0 dB	0 dB
<b>Nye eksisterende tog :</b>		
Di8 – godstog	0 dB	0 dB
Di8 – persontog (lok.+vogner)	0 dB	0 dB
El. 18 – godstogvogner	0 dB	0 dB
El. 18 + B7 – vogner (fjertog)	- 3 dB	- 3 dB
Flytoget, type 71	- 7 dB	- 10 dB*
<b>Nye fremtidige tog :</b>		
Ekspress krengetog, type 73	- 7 dB	- 10 dB*
Lokaltog, type 72	- 7 dB	- 10 dB*
Dieselkrengetog, type 93	- 5 dB*	- 5 dB*
Nye godstog	- 5 dB**	- 5 dB**

\* Basert på kravspesifikasjon fra NSB til nytt materiell.

\*\* Basert på oppfølging av deler av UIC-program innen støyreduksjon for godstog.

Verdiene for fremtidig togmateriell må inntil videre kun brukes som veiledende verdier. Virkelig støynivået fra disse togtypene vil først foreligge når typegodkjenning gjennom målinger er foretatt, og vil kun gjelde for de til enhver tid spesifiserte forhold, som for eksempel under gitte skinnkvalitetsforhold, værforhold, terrengforhold mv..

For eksisterende materiell baserer togtypekorreksjonene seg på en rekke målinger foretatt av bl.a. KILDE Akustikk i perioden 1992 - 1994. For nyere materiell er støymålinger ved typegodkjenninger lagt til grunn for vurdering av korreksjonene.

Dersom skinne- eller hjulkvalitet er noe mer ujevn enn vanlig skal korreksjoner foretas med verdier mellom + 1 - + 3 dB. For spesielt dårlig hul og/eller skinne skal + 4 - + 6 benyttes som korreksjon. Likeledes kan banestrekninger med spesielt godt vedlikehold gi korreksjoner i størrelsesorden -1 - - 3dB. Før et avvik kan aksepteres, er det imidlertid nødvendig å kontrollere at korreksjon for vedlikeholdsstandard ikke alt er medregnet i togtypekorreksjon for det enkelte tog.

Det er gitt opplysninger fra NSB Materiellfornyelse vedrørende kravspesifikasjoner og støykrav til nytt materiell, som nytt ekspress krengetog (Type BM 73), nytt lokaltog (Type BM 72) og dieselkrengetog (Type BM93) og de respektive planer for innføring / utskifting av dette materiellet.

Det er tatt kontakt med NSB GMB når det gjelder støymålinger av flytoget (Type 71), JDMS / Trafikksikkerhet vedr. støykrav til nytt togmateriell, samt tatt kontakt med Matias Ringheim i KILDE Akustikk for vurdering av togtypekorreksjoner knyttet til støyberegninger / beregningsmodell for jernbanestøy.

Det er også tatt kontakt med NSB Gods vedrørende støy fra godstogmateriell.

Det er videre i rapporten også gitt en oversikt over mulige tiltak for å redusere støy fra jernbaneverksamhet, både tiltak på materiell, på spor / banekonstruksjon og tiltak mot omgivelsene.

Jernbaneverket har også startet arbeidet med støykrav til operatører og nytt rullende materiell. Denne rapporten vil i tillegg til de nevnte kartleggingsoppgaver, gi grunnlagsinformasjon for de støykrav som bør settes til nytt rullende materiell, slik at disse kravene kan sees i sammenheng med de gjeldende forskrifter og grenseverdier for støy innen jernbanesektoren.

## 1.0 Innledning

Over det meste av Europa legges det nye jernbanespor hver dag. Det er flere årsaker til at jernbanen igjen er satt på dagsorden, men det ingen tvil om at togets miljøfortrinn er en viktig drahjelp for jernbanen. Forhold som energi- og arealbruk, kapasitet, trafiksikkerhet og minimal forurensning av luften er alle sterke miljøfordeler.

Selvom toget er anerkjent som et av de aller mest miljøvennlige transportmidler vi har, er heller ikke jernbanen fri for miljømessige ulemper. Den ulempen som er mest fremtredende i dagens debatt, er støy. Men også strukturlyd og vibrasjoner er forhold som kan generere sjenanse hos folk langs jernbanelinjene.

## 1.1 Jernbanens innvirkning på luftlyd / støy

Kontaktflaten mellom hjul og skinne er den dominerende kilden til lydavstråling fra jernbanetraffikk. Dette medfører luftoverført lyd, eller støy mot omgivelsene. Kontaktflaten mellom hjul og skinne skaper også krefter og bevegelser i bakken som overføres til nærliggende bygninger.

Økt trafikk fra veg og jernbane, kombinert med fortetting av bygninger i byer og tettsteder, medfører problemer med støy, vibrasjoner og rystelser. For jernbanen er økt hastighet også med på å øke støy og vibrasjonsforholdene. Tunneler og lokk over trafikkårer er aktuelle utbyggingsprosjekter. I alle disse tilfellene må det utføres særskilte vurderinger av støy og vibrasjoner.

I bygningene blir bevegelsene ofte forsterket ved resonans-effekter i gulv, vegger og tak, slik at de i noen tilfeller forårsaker ulemper. De kan forstyrre aktiviteter og kanskje gi helsemessige konsekvenser, eller de kan påvirke og evt. ødelegge instrumenter og presisjonsutstyr. Bevegelsene kan føles i kontaktflaten mellom menneskekropp og bygning eller møbler.

For mennesker er det ofte vanskelig å skille virkningen av vibrasjoner og virkning av den lyd som skapes innendørs av de samme vibrasjonene ("strukturlyd"). Dette lavfrekvente lydbidraget registreres primært av øret og opptrer samtidig med den lyden som avstråles direkte bl.a. fra skinne og hjul. Sistnevnte overføres primært via luft til menneskets øre ("luftlyd").

Disse tre potensielle sjenanse-komponentene må skilles og behandles enkeltvis, både i forhold til mulig forstyrrelse og behov for reduserende tiltak. Til slutt må de sees i sammenheng for å bedømme total ulempe og prioritere valg av tiltak.



## 2.0 Kilder til luftlyd / støy

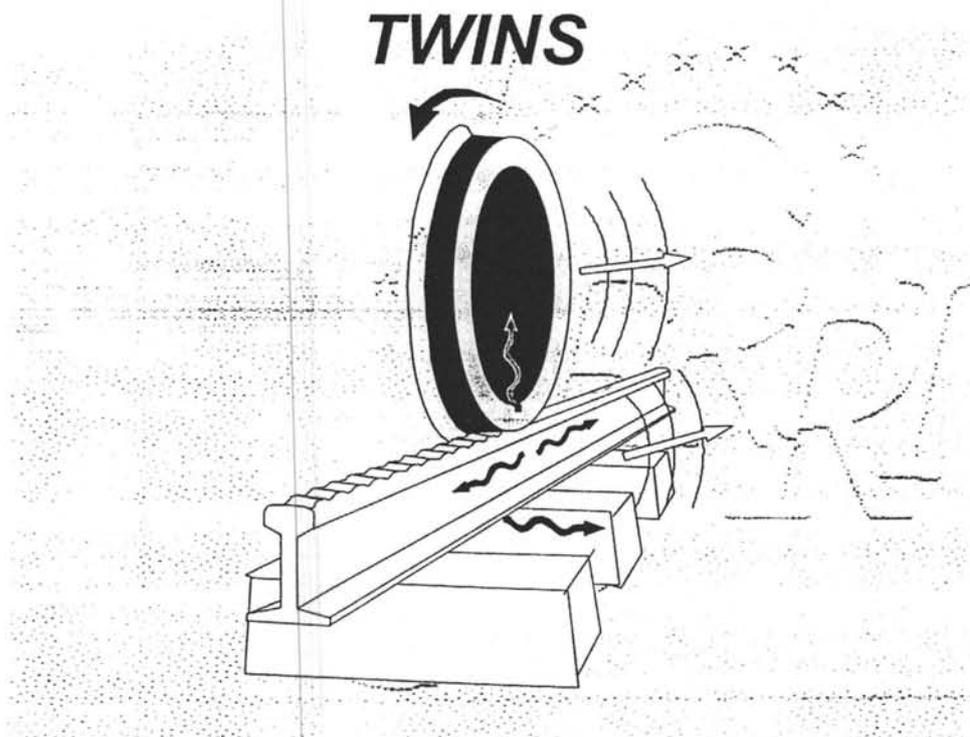
### 2.1 Generelt

Støy fra tog stammer i hovedsak fra kontakten mellom skinne og hjul. Utformingen av skinnegangen har derfor stor betydning for luftoverført støy.

I tillegg til denne støyen får man også overført strukturstøy, vibrasjonsoverført støy fra skinnegangen. Når togene passerer, vil det overføres vibrasjoner fra hjulene ned i skinnene, og videre via sviller og ballast til bakken. Vibrasjonene forplantes bort til kjelleryttervegg, kjellergulv og fundamenter, og videre inn i bygningen, der det avstråles støy.

Disse tre potensielle sjenanse-komponentene må skilles og behandles enkeltvis, både i forhold til mulig forstyrrelse og behov for reduserende tiltak. Til slutt må de sees i sammenheng for å bedømme total ulempe og prioritere valg av tiltak.

For å optimalisere forholdet mellom kontaktflaten mellom hjul og skinne er det av ERRI utviklet et simuleringsprogram kalt TWINS (Track Wheel Interaction Noise Software), som har til hensikt å utforme kontaktflaten optimalt med tanke på reduksjon av støy og vibrasjoner (og dermed også strukturlyd).



Figur 1 : Hovedkilden til støy, strukturlyd og vibrasjoner er kontaktflaten mellom hjul og skinne. For å optimalisere dette forholdet er det av ERRI utviklet et simuleringsprogram kalt TWINS (Track Wheel Interaction Noise Software).

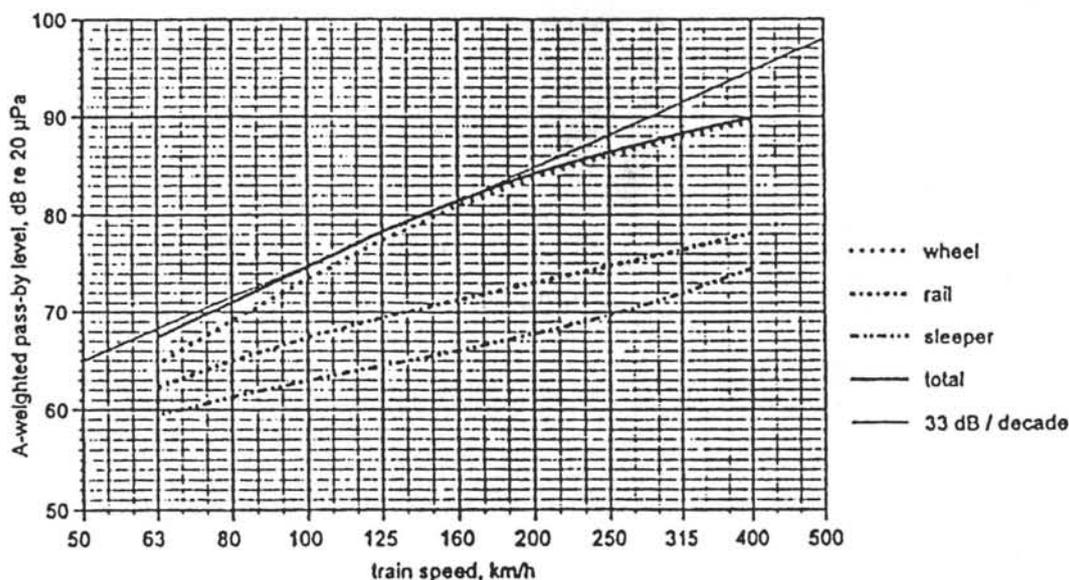
## 2.2 Luftlyd fra jernbanevirksomhet / hovedstøykilder

Luftlyd, støy, genereres i hovedsak ved følgende hendelser / aktiviteter :

- Dominerende er støy forårsaket fra berøringspunkt mellom hjul og skinner - rullestøy. Små ujevnheter skaper vibrasjoner i disse komponentene og kraftig lydavstråling.
- Ved passering av eller kjøring i avvik ved sporveksler.
- Jernbanebruer, spesielt stålbruer uten ballast.
- Motorer og vifter. Spesielt gjelder dette dieseldrevet materiell.
- Ved høye hastigheter (> 200 km/t) skapes sterke virvelstrømmer i luften, vi får aerodynamisk støy (vindstøy). Kontaktledningsanlegg er vanskelig å skjerme og kan gi betydelig bidrag.
- På godsområder og skiftestasjoner opptrer spesiell støy når last og jernbanevogner håndteres/flyttes (sammenstøt, bremsesystem i skinnegangen, hjulbremsing, kurvehyl, dieselmotorer, vifter / kompressorer mv.).

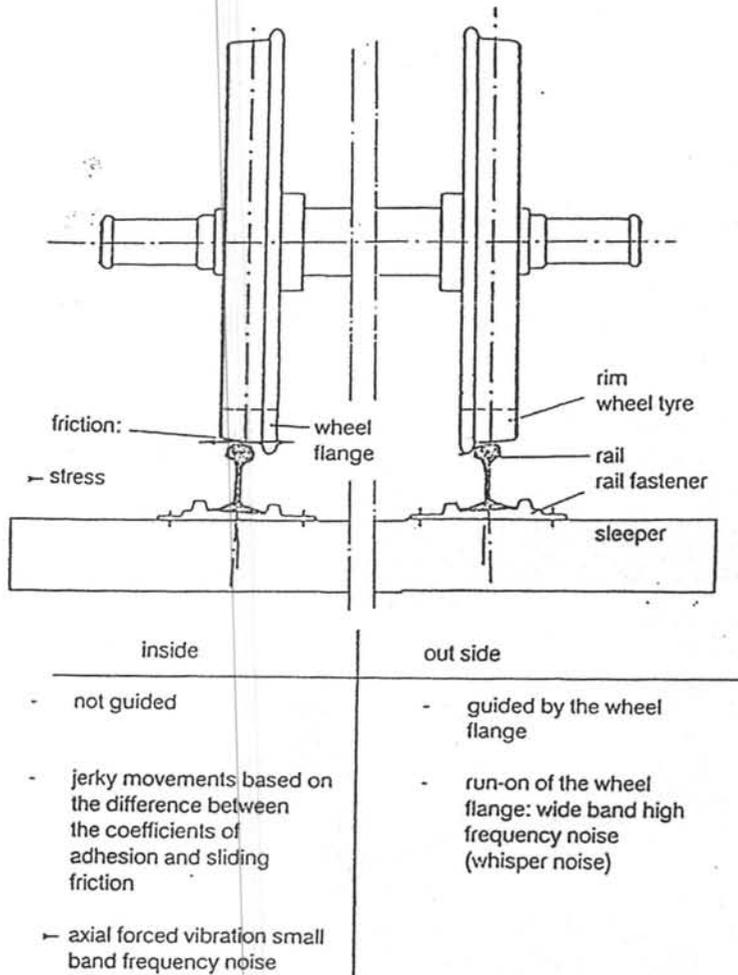
### 2.2.1 Støyavstråling fra kontaktflate mellom skinne og hjul

Hovedårsaken til støygenereringen fra skinnegående trafikk er at vibrasjoner som oppstår på grunn av ujevnheter i skinne og hjul gir støyavstråling. Det avstråles støy først og fremst fra hjul og skinne, men også avstråling fra svillene kan ha betydning. Støyen som genereres er relativt høyfrekvent. Man regner at støyavstråling fra skinnene har størst betydning i frekvensområdet i oktavene 250 til 1000 Hz, mens avstråling fra hjulene ligger noe høyere, i området 500 - 4000 Hz.



Figur 2 : Eksempel på støybidrag fra komponenter som hjul, skinne og sville ved togpassering av ordinære passasjertog.

Støy- og vibrasjonsnivå er avhengig flere forhold som togtyper, hastigheter, hjul- og skinne kvalitet, svilletter, undergrunn etc.. Når det gjelder hjul og skinne som støykilde er det lite som tyder på at hjul og skinne bør behandles ulikt. Jevnhet/ruhet på både hjul og skinne er komponenter som genererer støy. Kombinasjonen av "glatte skinner" og runde hjul kan redusere støyen betraktelig.



Figur 3 : Rullestøyen fra hjul og skinne/sville dominerer over andre støykilder fra gods- og passasjertog i vanlig togtrafikk. Kurvehyl kan opptre ved  $R < 500$  m.

### Bremsesystem / materialbruk

Type bremsesystem er av stor betydning når det gjelder slitasje på hjul (og skinne). Blokkbremsen har f.eks. stor innvirkning på slitasje og ruhet på hjul og skinne.

Bremsesystem som består av skivebremsen på alle hjul, samt "pusseklosser" på drivhjul / styrevogner (rensar/pusser hjulbanen for materiale og små ujevnheter, slik at god friksjon mellom hjulbane og skinnehode oppnås) reduserer ujevnheter i hjuloverflaten. Dette resulterer i en jevnere hjuloverflate på sikt, og som er mindre utsatt for utvikling av ujevnheter / ruhet i så vel hjul som for skinnen.

### Støy fra sporveksler

Sporveksler er ofte en støykilde for omgivelsene.

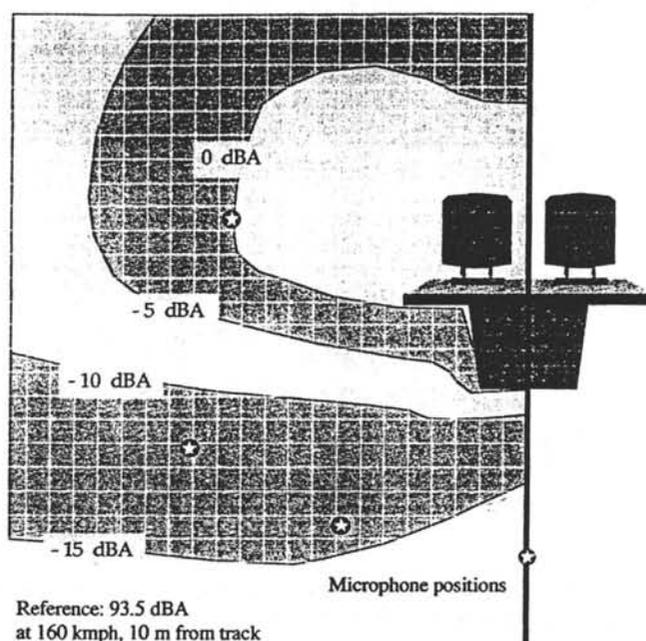
Skinnekrysset i sporvekslene bidrar til å øke støynivået, spesielt med tanke på maksimalt støynivå. Kjøring gjennom sporvekslene forårsaker også vibrasjoner i grunnen.

I en konvensjonell sporveksel må det ene vognhjulet kjøre over et "skinneløst" parti ved sporkrysset. Dette medfører støy og vibrasjoner. Mulig avbøtende tiltak vil være bytte av sporkryss til sporveksel med bevegelig kryss. Det "skinneløse" partiet unngås, slik at vognhjulet alltid kjører på skinne.

### 2.2.2 Konstruksjoner som støykilde (bruer, kulverter etc.)

Konstruksjoner som stålbruer, betongbruer, kulverter mv. er komponenter som endrer støyforholdene på det enkelte område. Spesielt generer stålbruer uten ballast mye støy.

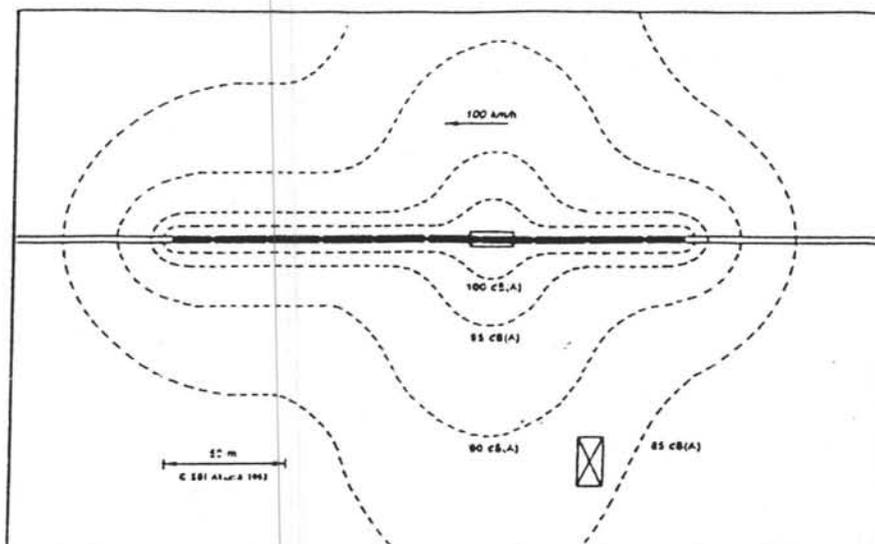
Det pågår i flere land undersøkelser av støy- og vibrasjonsforhold knyttet til stål- og betongkonstruksjoner. Undersøkelser i Sverige viser at f.eks. stålbruer uten ballast i gjennomsnitt har 6 dB høyere støynivå enn betongbruer.



Figur 4: Målt støyutstråling fra betongkonstruksjon i jernbaneanlegg i Sverige.

Eksempel på støy fra ulike brukonstruksjoner :

Type bru	Økning i støynivå i forhold til normalt banefundament
Betongbru	1 dB
Stålbru med ballast og ballastmatter	- 3 til 2 dB
Stålbru uten ballast	5 – 15 dB
Stålbru med ballast	Opptil 5 dB



Sound area from a passenger train at 100 km/h, and a bridge giving six decibels higher sound level.

Figur 5: Typisk støyutbredelse fra brukonstruksjon med 6 dB høyere utgangsnivå enn banen forøvrig (undersøkelse i Sverige).

### 2.2.3 Høyhastighetstog og baner

Høyhastighetstog genererer mindre støy enn konvensjonelle tog. Mye av årsaken til at høyhastighetstogene får en så betydelig støyreduksjon er bedre oppheng av akslinger og bedre kreggende boggiesystemer, samt rulle-egenskaper, aerodynamisk utforming, kombinert med hjuldempere mv.. Dette gir betydelig mindre dynamiske krefter til skinnegangen, og dermed også mindre støy og vibrasjoner.

Det er en forskjell på 8 dB mellom første og tredje generasjon høyhastighetstog i Frankrike, TGV. Man har oppnådd reduksjonen som følge av utvikling av hjulkonstruksjon og banefundament, og en videre reduksjon på 5 dB er oppnådd som følge av aerodynamisk utforming av materiellet.

Støyspekteret fra høyhastighetstogene er betydelig mer høyfrekvent enn fra vanlige tog, det er grunn til å tro at dette også vil gjelde strukturstøyspekteret. Dette kan innebære at strukturstøyen blir enklere å vibrasjonsisolere. Imidlertid kan kravene til stabil skinnegang bevirke at man må være konservativ når det gjelder vibrasjonsisoleringen av skinnegangen. Disse forhold kan oppveie hverandre.

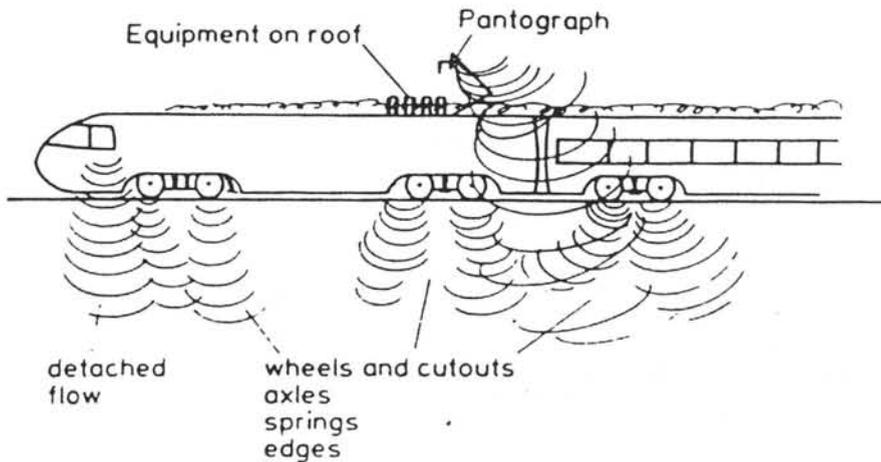


Fig. 2  
Aerodynamic sound sources  
on a typical high-  
speed train.

Figur 6: Typiske støykilder ved høyhastighetstog.

### Betydning av høyhastighetsbane

Ved baner med høyere hastigheter vil banekonstruksjon og sporvedlikehold være bedre enn for øvrige baner.

For høyhastighetsbaner (hastigheter > 200 km/t) bidrar i tillegg til kontaktflaten mellom hjul/skinne, også materiellets og kontaktledningsanleggets (pantografens) utforming til det totale støynivået. Aerodynamiske forhold gjør seg stort sett gjeldende for hastigheter over 200 km/t.

f [Hz]	source height [m]	t r a i n s p e e d		
		200 km/h	250 km/h	300 km/h
125	2,1	105	110	114
250	1,7	113	116	120
500	1,0	116	119	123
	4,4	108	110	116
1000	0,7	123	125	125
	2,6	-	116	123
	4,4	-	112	120
2000	-0,1	123	124	128
	1,8	119	119	123
	4,9	113	113	117

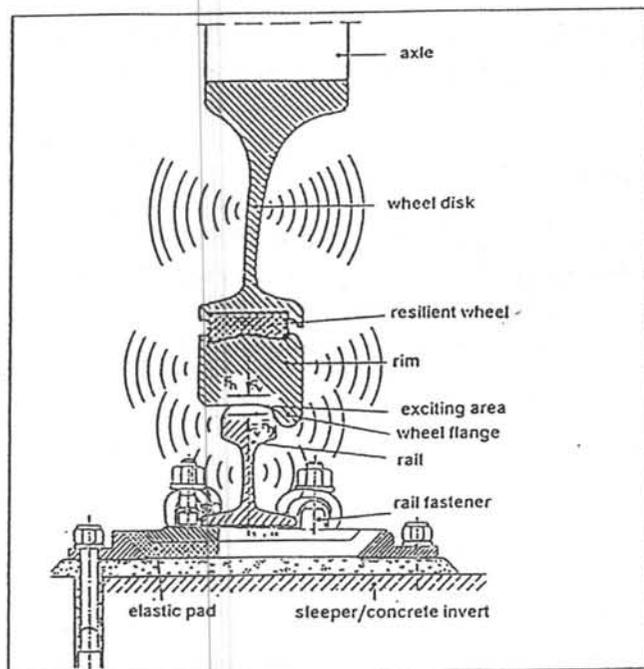
Tabell 1: Resultater fra målinger av støynivå (oktavgbånd) i ulike kildehøyder fra høyhastighetsbaner i Tyskland.

## 2.2.4 Støy fra godstog

Støy fra godstrafikk betraktes ofte som en separat støykilde. Dette skyldes i hovedsak forhold som ulik utforming av godsmateriell og persontogmateriell, togsammenkoblinger, bremsesystem, kjøremåter etc.. I mange europeiske land benyttes også egne banestrekninger til godstransport, bl.a. som følge av tonnasje / aksellast, kjørefart, frekvens og støyforhold og lignende.

Konkurransen innenfor godstransportsektoren er hard. Mye trafikk skjer om natten, i økende mengde og med større fart enn tidligere. Lavt støynivå er en viktig faktor i konkurransen mellom ulike transportformer. Støyen kan mest effektivt reduseres med tiltak på hjul og skinne. Rullestøyen fra hjul og skinne dominerer over andre støykilder på gods- og passasjertog i vanlig rutetrafikk. Støy- og vibrasjonshensyn, sammen med ønske om bedre drifts- og vedlikeholdsrutiner, gjør det aktuelt med en viss revurdering av utforming av vognkasse, hjul, boggi, bremsesystem, skinner og banefundament. Godsvogner bruker i hovedsak tre "hjulsystem", alle utstyrt med blokkbremses. Blokkbremses har driftsfordeler, men gir ujevn hjuloverflate og mye rullestøy i normal drift. Skivebremses har støymessige fordeler, men er mer kostbare og tyngre enn blokkbremses.

For kjørefart omkring 100 km/t er støybidraget fra hjul og skinne omtrent like. For lavere hastigheter er skinnebidraget marginalt høyere, for større fart dominerer hjulbidraget. Lydavstråling fra sville er bare viktig for frekvenser under ca. 400 Hz. Skinnebidraget dominerer for ca. 400 - 1200 Hz og hjul over ca. 1200 Hz. Lydbidraget fra vognkassen er normalt ikke viktig for godsvogner og skjermet spor.



Figur 7: Støyutstråling fra de ulike komponenter fra typiske togpasseringer.

### 3.0 Støy fra ulikt togmateriell

#### 3.1 Generelt om togtypekorreksjoner, støy

Togtypekorreksjoner benyttes for å sammenligne støy generert fra de ulike togtyper.

Togtypekorreksjonene benyttes videre som supplement til måledata for de enkelte togtyper, hvor frekvensfordeling for de ulike hastigheter fremgår. Måledata for de fleste nordiske togtypene ligger inne i databasen i for eksempel edb-programmet NoMeT (Nordisk Beregningsmetode for Togstøy), et windows-basert beregningsprogram basert på Nordisk beregningsmetode for jernbanestøy, utarbeidet av Nordisk Ministerråds støygruppe i 1996.

Hver togtype har sine karakteristiske lydavstrålingsegenskaper som varierer med kjørehastigheten. Lydavstrålingen er avhengig av hjul og banemessige forhold. Ved bruk av måledata og togtypekorreksjoner forutsettes normalt godt vedlikehold av skinner og rullende materiell.

Dersom skinne- eller hjulkvalitet er noe mer ujevn enn vanlig skal korreksjoner foretas med verdier mellom + 1 - + 3 dB. For spesielt dårlig hul og/eller skinne skal + 4 - + 6 benyttes som korreksjon. Likeledes kan banestrekninger med spesielt godt vedlikehold gi korreksjoner i størrelsesorden -1 - - 3dB. Før et avvik kan aksepteres, er det imidlertid nødvendig å kontrollere at korreksjon for vedlikeholdsstandard ikke alt er medregnet i togtypekorreksjon for det enkelte tog.

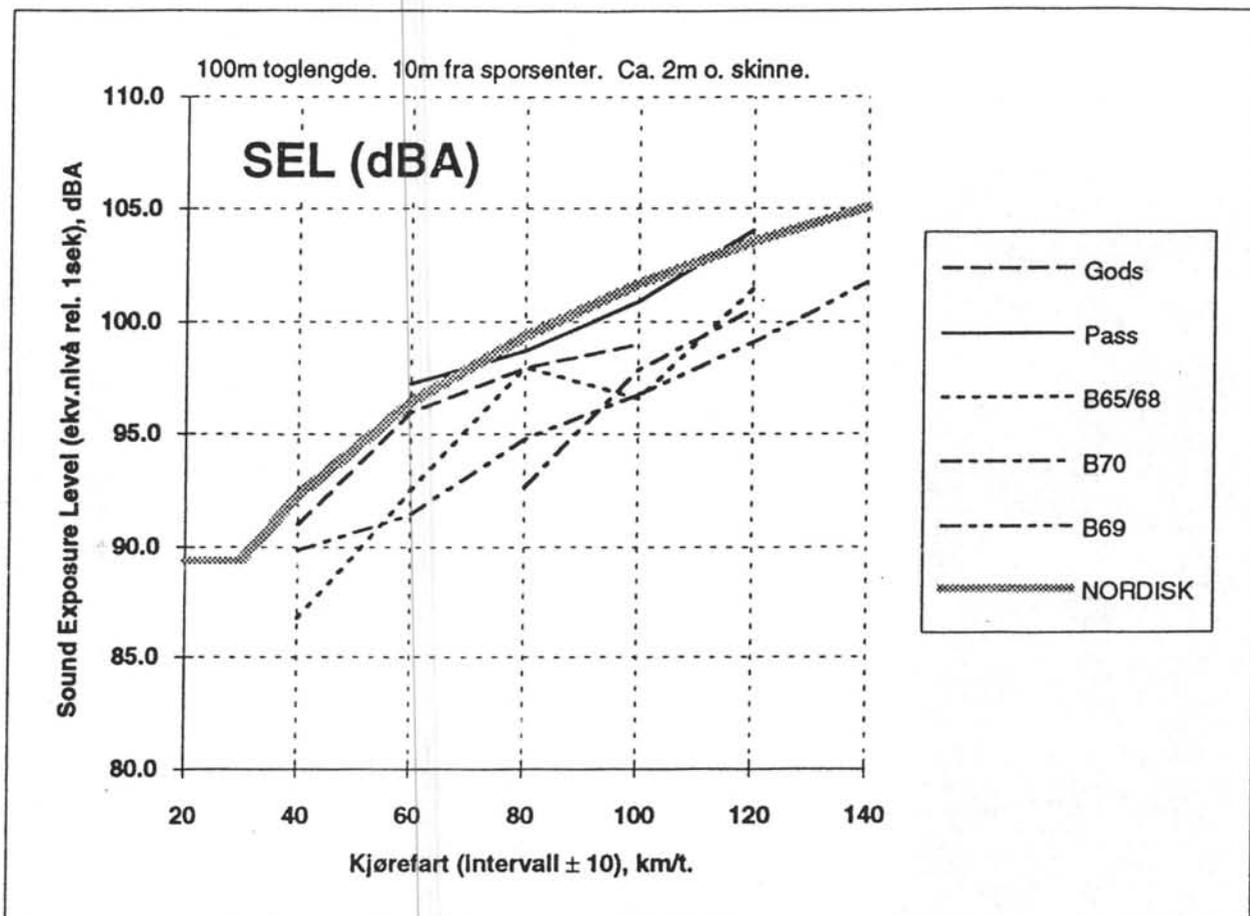
#### 3.2 Støy fra eksisterende, eldre togmateriell

For eksisterende togmateriell er det foretatt omfattende målinger av støy nivå. KILDE Akustikk har stort sett stått for målingene på eksisterende eldre materiell, målinger foretatt i hovedsak i perioden 1993 - 94.

##### Måling av støy fra eksisterende togmateriell

Måling av støy er foretatt i en avstand på 10 m fra senter spor. Middelveidien av normalisert SEL, dBA, for de ulike fartsintervallene vises som funksjon av kjørefart for hver togtype (se figur under). Måleresultatene er vist sammen med beregnet verdi fra Nordisk beregningsmetode for togtypekorreksjon lik 0 dB (referansverdi).





Figur 8: Ekvivalent støynivå (SEL) for togpassering, som funksjon av togets kjørefart. Sammenligning mellom målte verdier for ulike togtyper og 1983/84 utgaven av Nordisk beregningsmetode for jernbanestøy med togtypekorleksjon = 0 dB.

Etter at disse målingene er gjennomført (hovedsak i perioden 1993 - 94) har NSB foretatt en teknisk oppgradering av persontogmaterieil med fokus på driftsstabilitet og hjuldreining. Dette medfører en teknisk standardheving av materiellet, med bl.a. forbedring av hjulkvalitet. Oppgraderingen startet i 1996, med jevnlig kvalitetskontroll og hjuldreining av togmateriellet, både for motorvogner og lokomotiver.

Det er imidlertid ikke lagt inn togtypekorleksjoner knyttet til denne standardhevingen.

Rutiner for overvåking av hjulslitasjen på lokomotiver foregår nå etter følgende prosess:

- Ved hver 5000 km for EI 16/EI 17 og 7500 km for EI 18 blir hjulene målt, og dataene registrert inn i IRMA, Informasjon Rullende Materieil.
- Tallmaterieilet blir analysert og gått gjennom ukentlig i samhandlingsmøter mellom Teknisk sektor og Persontrafikk Togdrift, Materieilavdelingen. Prognoser for dreining og bytting av hjul til de enkelte lokomotiv settes opp.
- Ved unormal slitasje settes evt. tiltak i verk.

**Togtyper i Norge:**

**El.14** - Brukes i mindre og store person- og godstog  
Byggeår: 1968 - 73, Antall: 31  
Største hastighet: 120 km/t  
(El.13/El. 11 - Delvis utrangerte tog, brukes noe i mindre person- og godstog  
Byggeår: 1951-66, Største hast.: 100 km/t)



**El. 16 / El. 17** - Brukes i store person- og godstog  
Byggeår: 1977 - 84 (El.16), 1981 - 87 (El.17)  
Antall: 17 (El. 16), 12 (El.17)  
Største hastighet: 140 km/t / 150 km/t



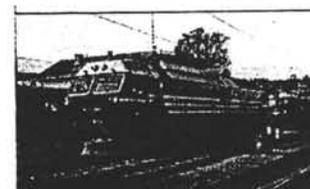
**BM-69** - Brukes i lokaltrafikken  
Byggeår: 1970 - 93  
Antall: 80  
Største hastighet: 130 km/t



**BM-70** - Brukes i Inter-City-trafikken  
Byggeår: 1992 - 93  
Antall: 9  
Største hastighet: 160 km/t



**Di3** - Dieselelektrisk lokomotiv, brukes i gods- og persontog  
Byggeår: 1954 - 69  
Antall: 34  
Største hastighet: 100 km/t



**Di4** - Dieselelektrisk lokomotiv, brukes i gods- og persontog  
Byggeår: 1980  
Antall: 5  
Største hastighet: 140 km/t



**BM-92** - Dieselelektrisk motorvognsett, brukes i mellomdistansetrafiikk, hovedsak på ikke-elektrifiserte baner  
Byggeår: 1984 - 85  
Antall: 15  
Største hastighet: 140 km/t

Bilde 1 : Togtyper i Norge, eldre materiell.

**Togtypekorreksjoner - referanseverdi**

Referanseverdi ved bruk av togtypekorreksjoner er elektrisk drevet tog i fartsintervallet 30 - 150 km/t. Denne verdien er basert på en rekke målinger, og brukt som grunnlag i den opprinnelige nordisk beregningsmetoden for skinnegående støy (1984).

Når togtypekorreksjon skal oppgis gjelder følgende: Det forutsettes generelt god vedlikeholdsstandard på hjul og skinner.

De målte resultatene representerer togtypekorreksjon :

Togtype, eksisterende / eldre togmateriell	Togtypekorreksjon	
	Eksisterende baner	Nye baner
Godstog	0 dB	0 dB
Fjertog (eldre lok.+ B3-vogner)	0 dB	0 dB
Lokaltog, type 69	- 3 dB	- 3 dB
ICE, type 70	- 3 dB	- 3 dB
Dieseltog, gods	0 dB	0 dB
Dieseltog, fjertog	0 dB	0 dB
BM92	0 dB	0 dB

Tabell 2 : Togtypekorreksjoner for eksisterende, eldre togmateriell.

Under er gitt en oversikt over støy nivå for de ulike togtyper avhengig av hastighet. Korreksjonstabell for a og b verdier er gitt for fastsettelse av togtypekorreksjon for ulike hastigheter for de enkelte togtyper.

**Eksisterende eldre togmateriell**

Lyseffektnivå pr. m bane:  $L_w = a \log (v / 100) + 10 \log (T) + b$  dB re  $10^{-12}$  W

der

V = kjørehastighet (km/t)

T = toglengde (m/døgn)

a og b = konstanter gitt i tabell under.

Verdier for konstanten b :

Oktavbånd	Togtype					
	Fjertog	Gods	Diesel (gods og fjertog)	Diesel, lokaltog, BM92	ICE (BM70)	Lokaltog (B69)
63	33	36	40	40	30	34
125	31	34	45	45	29	33
250	35	38	45	45	33	36
500	44	45	44	44	42	43
1000	44	42	44	44	41	40
2000	41	38	41	41	36	34
4000	37	36	37	37	31	29

Tabell 3 : Verdier for konstanten b for beregning av lydeffektnivå.

Verdier for a :

Togtype				
Oktavbånd	Andre tog	Dieseltog (gods og fjerntog)	Diesel, lokaltog, BM92	Lokaltog (B69)
63	10	0	0	0
125	14	0	0	0
250	9	0	0	-6
500	14	14	14	14
1000	28	28	28	28
2000	25	25	25	25
4000	24	24	24	24

Tabell 4 : Verdier for konstanten a for beregning av lydeffektnivå.

### 3.3 Støy fra eksisterende, nytt togmateriell

De siste togene NSB har satt i drift, er flytoget (type 71) og lokomotivene EI. 18 og Di8. Disse er nærmere beskrevet i det etterfølgende.

Støykravene som er satt til EI. 18 og Di8 er strengere enn de krav satt til det tidligere materiellet hos NSB. Begge inngår imidlertid i trafikken som trekk-kraft for person- og godstog, slik at virkningen av strengere støykrav til lokomotivene alene betyr noe mindre. Full effekt av nye støykrav får man først når man kombinerer krav satt til lokomotivene sammen med forbedret hjulkvalitet på fulle tog lengder (noe som inngår som en del av NSBs tekniske vedlikeholdsoppgradering) eller setter strenge støykrav til togsett, slik som beskrevet for flytoget, nytt ekspress krengetog (type 73), nytt lokaltog (type 72) og nytt dieselskrengetog (type 93), se avsnitt 3.3.3 – 3.6.

#### 3.3.1 Støykrav til Di8

Støykravene til Di8 følgende:

- 83 dB(A) ved 100 km/t, målt 25 m fra spormidt, 1,2 / 3,5 m over terreng, maksimalt pådrag
- 80 dB(A) ved 100 km/t, målt 25 m fra spormidt, 1,2 / 3,5 m over terreng, dieselmotor (idling)
- 77 dB(A) stillestående ved fullt pådrag, 25 m fra spormidt <sup>1)</sup>
- 70 dB(A) stillestående 5 min. etter stopp, 7,5 m fra spormidt <sup>1)</sup>
- 80 dB(A) stillestående ved fullt pådrag, 7,5 m fra spormidt <sup>1)</sup>

Di8 går i hovedsak på Rørosbanen, Raumabanen og Nordlandsbanen og trekker godsvogner eller personervogner type B3. Det er ikke lagt inn endringer i togtypekorreksjon for det nye lokomotivet.

#### 3.3.2 Støykrav EI. 18

- 85 dB(A) ved 160 km/t 25 m fra spormidt <sup>1)</sup>
- 80 dB(A) ved 100 km/t 25 m fra spormidt
- 75 dB(A) stillestående med full ventilasjonskraft, 7,5 m fra spormidt <sup>1)</sup>
- 70 dB(A) stillestående 5 min. etter stopp, 7,5 m fra spormidt <sup>1)</sup>
- 80 dB(A) stillestående ved fullt pådrag, 7,5 m fra spormidt <sup>1)</sup>

- 1) Målt 1,2 / 3,5 m over terreng på åpen linje, bakke fri for frost og snø. Skinnene må være uten ujevnheter.

EI. 18 går i hovedsak på Bergensbanen, Dovrebanen og Sørlandsbanen og trekker både godsvogner og personvogner, i hovedsak B7- vogner. Det er lagt inn en togtypekorreksjon der hvor EI.18 trafikkerer med de nyeste personvognene, B7- vognene.



**El.18** - Brukes i store person- og godstog  
Byggeår: 1994 - 96  
Antall: 22  
Største hastighet: 160 km/t

Bilde 2 : El. 18 på Bergensbanen med B7 – vogner.

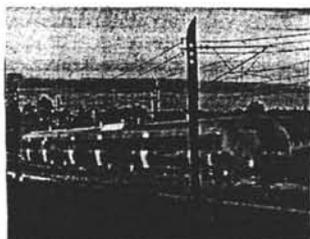
### 3.3.3 Støy fra flytoget (type 71) - krav og støymålinger

#### Beskrivelse

Leverandør av flytoget, type 71, er Adtranz. Vognkassene er bygget hos Adtranz i Kalmar og boggene i Helsingborg. Montering av all utrustning er gjort hos ABB på Strømmen.

Det er 16 stk. togsett, bestående av tre motorvogner, som alle har en motorboggi og en løpeboggi. Midtvognen har strømvogter og hovedtransformator. Den maksimale hastigheten er 210 km/t. Togene kan multikobles inntil 4 togsett. Settene er bygget i rustfritt stål, og fronten er støpt GRP (glassfiberforsterket plast). Togene er svært kollisjonssikre, med kraftig stålbejelker innenfor GRP-fronten. Vekten på togsettene er 158 tonn.

Settene har skinnebremser på alle løpeboggier. Alle akslinger har skivebremser og motorboggien har også pussebremser på hjulbanen.



**BM-71** - Flytoget, brukes i pendel Asker - Oslo - Gardermoen  
Byggeår: 1996 - 98  
Antall: 16  
Største hastighet: 210 km/t

Bilde 3 : Flytoget, type 71.

Støykrav satt til flytoget

Man skal benytte ISO 3095, 1993 (eller EN-standard) for å måle støynivå ved materiellet.

De aktuelle eksterne støykrav som er satt til flytoget (type 71) er følgende:

- 88 dB(A) ved 200 km/t 25 m fra spormidt <sup>1)</sup>
- Ved 80 km/t - 78 dB(A), ved 100 km/t - 80 dB(A), ved 120 km/t - 82 dB(A), ved 140 km/t - 83,5 dB(A) og 160 km/t - 85 dB(A)
- 75 dB(A) stillestående med full ventilasjonskraft, 7,5 m fra spormidt <sup>1)</sup>
- 70 dB(A) stillestående 5 min. etter stopp, 7,5 m fra spormidt <sup>1)</sup>
- 75 dB(A) stillestående ved fullt pådrag, 7,5 m fra spormidt <sup>1)</sup>

1) Målt 1,2 / 3,5 m over terreng på åpen linje, bakke fri for frost og snø.

Det er lagt inn absorpsjonsmateriale i hjulringene på alle hjul, samt "skjørt" på materialet som dekker hjulområdet og kontaktflaten hjul / skinne i større grad enn annet materiell.

Bremsesystemet består av skivebremser på alle hjul, samt "pusseklosser" på drivhjul / styrevogner (renser/pusser hjulbanen for materiale og små ujevnheter, slik at god friksjon mellom hjulbane og skinnhode oppnås). Dette resulterer i en jevnere hjuloverflate på sikt, mindre utsatt for utvikling av ujevnheter / ruhet i så vel hjul som for skinnen.

En oppsummering av støykravene representerer togtypekorreksjon som følger :

Togtype, eksisterende nytt togmateriell	Togtypekorreksjon	
	Eksisterende baner	Nye baner
Di8 – godstog	0 dB	0 dB
Di8 - persontog (lok.+vogner)	0 dB	0 dB
El.18 – godstogvogner	0 dB	0 dB
El. 18 + B7 – vogner	- 3 dB	- 3 dB
Flytog, type 71	- 7dB	- 10 dB*

Tabell 5 : Togtypekorreksjoner for eksisterende, nytt togmateriell.

\* Basert på kravspesifikasjon til flytoget.

Verifisering, støymålinger

Det er pr.dato foretatt 3 ulike målinger av ekstern støy fra flytoget. Dette er på strekningen Ski - Moss (dato, km, kjørehastighet 90 – 200 km/t), strekningen Skövde - Töreboda i Sverige (dato, km, kjørehastighet 90 – 200 km/t) og ved Gardermobanen (Lillestrøm - Kløfta, km-stolpe 33, 16.08.98) . Det er i tillegg til støymålinger i de ulike hastigheter også målt støy ved stillstand i de ulike situasjoner (se krav over).

Resultatene viser .....

Hvis man sammenligner måleresultatene fra X2 (SJs krengetog) med de krav som er satt til flytoget (type 71), så er kravene til flytoget noe strengere .....

Se graf under .....

## Målingene, konklusjoner:

- Kravene til flytoget er noe strengere enn for X2 ved ellers samme hastigheter
- Kravene satt til eksternt støynivå i ulike hastigheter for flytoget er oppnådd under forholdene målt ved Ski – Moss og Skövde - Töreboda, men ikke oppnådd ved målinger ved Gardermobanen. Dette kan skyldes ujevnheter ved de nye skinnene på Gardermobanen (målt før sliping ...), ulik innfestning (mykere ved GMB ?), utilstrekkelig stivhet i sporkonstruksjonen (sporet har ikke satt seg). Disse forhold undersøkes nærmere av GMB / Adtranz.



**Nye eksisterende togmateriell**

Lyseffektnivå pr. m bane:

$$L_w = a \log (v / 100) + 10 \log (T) + b \quad \text{dB re } 10^{-12} \text{ W}$$

der

V = kjørehastighet (km/t)

T = toglengde (m/døgn)

a og b = konstanter gitt i tabell under.

Verdier for konstanten **b** :

Togtype					
Oktavbånd	EI 18 (gods)	EI 18 (fjerntog)	Di8 (fjerntog og gods)	Flytog (BM71), eks. bane	Flytog (BM71), ny bane
63	33	30	40	29	Fylles inn etter målinger !
125	31	29	45	28	
250	35	33	45	33	
500	44	42	44	35	
1000	44	41	44	36	
2000	41	36	41	33	
4000	37	31	37	27	

Tabell 6 : Verdier for konstanten **b** for beregning av lydeffektnivå.Verdier for **a** :

Togtype				
Oktavbånd	EI 18	Di8 (fjerntog og gods)	Flytog (BM71), eks. bane	Flytog (BM71), ny bane
63	10	0	22	Fylles inn etter målinger !
125	14	0	25	
250	9	0	20	
500	14	14	12	
1000	28	28	16	
2000	25	25	29	
4000	24	24	30	

Tabell 7 : Verdier for konstanten **a** for beregning av lydeffektnivå.

### 3.5 Støykrav til nytt togmateriell

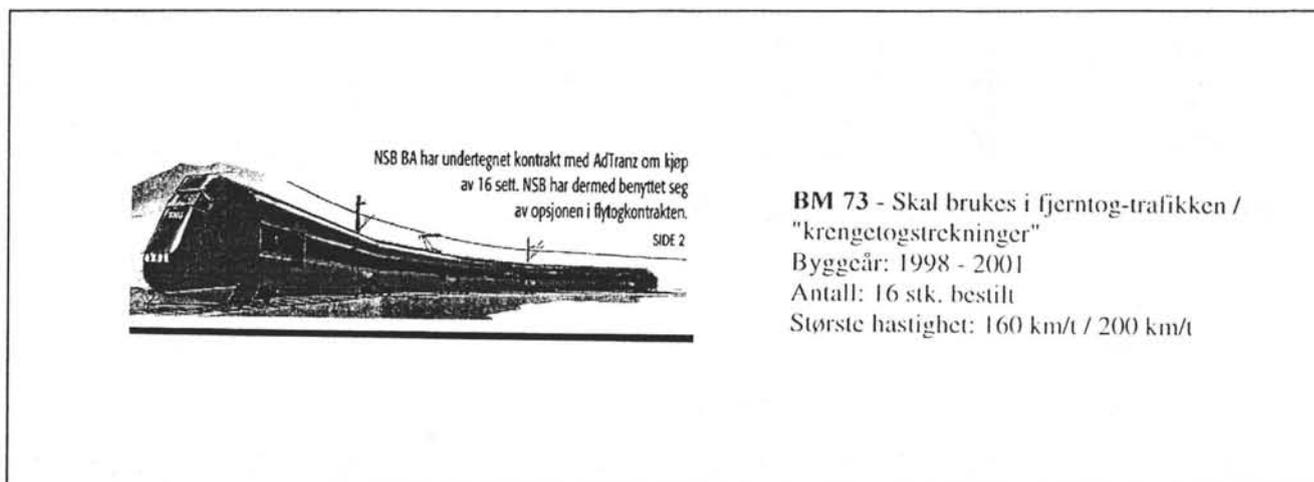
NSB har foretatt bestilling av flere typer nytt persontogmateriell. Det er satt støykrav til de ulike typene som beskrevet under. Dette er i første rekke nytt ekspress krengetog, nye lokaltog og nye dieselekrengetog.

Eventuelt bestilling av nye godstog og vogner er beskrevet i avsnitt 3.5.4.

#### 3.5.1 Nytt ekspress krengetog, type BM 73

NSB har foretatt bestilling av 16 stk. nye ekspress/krengetog, type 73. Leverandør av nytt ekspresstog er Adtranz. Togsettene er i første omgang tenkt trafikkert på Sørlandsbanen, Bergensbanen og Dovrebanen.

Toget er nærmest identisk med type 71 (flytoget), bortsett fra at hvert togsett vil bestå av 4 vogner (en ekstra mellomvogn i forhold til type 71). Støykravene satt til de nye krengetogene er tilsvarende som for flytoget, type 71.



Bilde 4 : Nytt ekspress krengetog, BM73.

Man skal benytte ISO 3095, 1993 (eller EN-standard) for å måle støy nivå ved materiellet.

De aktuelle eksterne støykrav som er satt til nytt ekspress krengetog (type 73) er følgende:

- 88 dB(A) ved 200 km/t 25 m fra spormidt <sup>1)</sup>
- Ved 80 km/t - 78 dB(A), ved 100 km/t - 80 dB(A), ved 120 km/ - 82 dB(A), ved 140 km/t -83,5 dB(A) og 160 km/t - 85 dB(A)
- 75 dB(A) stillestående med full ventilasjonskraft, 7,5 m fra spormidt <sup>1)</sup>
- 70 dB(A) stillestående 5 min. etter stopp, 7,5 m fra spormidt <sup>1)</sup>
- 75 dB(A) stillestående ved fullt pådrag, 7,5 m fra spormidt <sup>1)</sup>

1) Målt 1,2 / 3,5 m over terreng på åpen linje, bakke fri for frost og snø.

Maks. kjørehastighet vil være 160 km/t / 200 km/t.

Bremsesystem mv., se beskrivelse under flytoget (type 71).

Ekspress krengetogene, Type 73, vil prøvekjøres fra sommeren 1999 (3 stk.). Man har planer om å sette de første i drift i november 1999 (Sørlandsbanen). I år 2000 vil man starte med trafikk på Bergensbanen, og i år 2001 på Dovrebanen.

### 3.5.2 Nye lokaltog, type BM 72

NSB har foretatt bestilling av 36 stk. nye lokaltog, type 72. Leverandør av lokaltogene er italienske Ansaldo Trasporti. Disse er i første omgang tenkt satt inn i trafikk i Oslo (ca. 30 stk.) og Stavanger (6 stk.). Det er videre lagt inn en opsjon på kjøp av 20 x 2 stk. (totalt 40 stk.) ekstra togsett hvis togtypen blir en suksess.

Det er satt noe strengere krav til ekstern støy fra nytt lokaltoget enn flytoget (type 71) ved samme kjørehastighet.



**BM 72** - Skal brukes i lokaltrafikken  
Byggeår: 1998 - 2001  
Antall: 36 stk. bestilt (opsjon 2 x 20)  
Største hastighet: 160 km/t

Bilde 5 : Nytt lokaltog, type BM72.

Man skal benytte ISO 3095, 1993 (eller EN-standard) for å måle støynivå ved materiellet. De aktuelle eksterne støykrav som er satt til nytt lokaltog (type 72) er følgende:

- 84 dB(A) ved 160 km/t 25 m fra spormidt <sup>1)</sup>
- Ved 80 km/t - 78 dB(A), ved 100 km/t - 80 dB(A), ved 120 km/ - 81,5 dB(A) og ved 140 km/t - 83 dB(A)
- 75 dB(A) stillestående med full ventilasjonskraft, 7,5 m fra spormidt <sup>1)</sup>
- 70 dB(A) stillestående 5 min. etter stopp, 7,5 m fra spormidt <sup>1)</sup>
- 75 dB(A) stillestående ved fullt pådrag, 7,5 m fra spormidt <sup>1)</sup>

1) Målt 1,2 / 3,5 m over terreng på åpen linje, bakke fri for frost og snø.

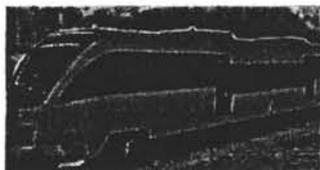
Maks. kjørehastighet vil være 160 km/t.

De nye lokaltogene er forventet startet levert fra sommeren år 2000. De siste settene leveres i år 2001. De nye lokaltogene vil gå inn i faste ruter, mens dagens type 69-sett vil supplere i rush-periodene. Det er forventet at det vil være noe sanering av de eldste type 69-settene.

### 3.5.3 Nye dieselekrengetog, type BM 93

NSB har foretatt bestilling av 11 stk. nye dieselekrengetog, type 93, Talbot Talent. Leverandør er Bombardier Talbot (Tyskland). Disse er i første omgang tenkt satt inn i trafikk på Rørosbanen, Raumabanen og Nordlandsbanen.

Krav til ekstern støy fra dieselekrengetog (type 93) er ikke så strenge som for flytoget ved ellers samme kjørehastighet.



**BM-93** - Dieselelektrisk motorvognsett, skal brukes i mellomdistansetraffic, hovedsak på ikke-elektrifiserte baner  
Byggeår: 1998 - 2000  
Antall: 11 stk. bestilt  
Største hastighet: 140 km/t

Bilde 6 : Nytt dieselelektrisk krengetog, BM 93.

Man skal benytte ISO 3095, 1993 (eller EN-standard) for å måle støy nivå ved materiellet. De aktuelle eksterne støykrav som er satt til nytt dieselekrengetog (type 93) er følgende:

- 88 dB(A) ved 140 km/t 25 m fra spormidt <sup>1)</sup>
- 75 dB(A) stillestående med full ventilasjonskraft, 7,5 m fra spormidt <sup>1)</sup>
- 70 dB(A) stillestående 5 min. etter stopp, 7,5 m fra spormidt <sup>1)</sup>
- 75 dB(A) stillestående ved fullt pådrag, 7,5 m fra spormidt <sup>1)</sup>

1) Målt 1,2 / 3,5 m over terreng på åpen linje, bakke fri for frost og snø.

De nye dieselekrengetogene er 2-vogns dieselmekaniske togsett. Det er motorbremses og skivebremses på settene. De 11 togsettene skal alle leveres i løpet av en tre månedersperiode i første halvdel av år 2000. Maks. kjørehastighet vil være 140 km/t.

### 3.5.4 Støy fra nye godstog

UIC har startet et program for reduksjon av støy fra godsmateriell. Programmet består bl.a. av utskifting av dagens støpejernmateriale i bremseklossene, til kunststoffmateriale (kompositt- eller sintermateriale eller lignende). Dette vil redusere sjenerende støy ved oppbremsing og hindre utvikling av ruhet/ujevnheter på hjuloverflatene, slik at kontaktflaten mellom hjul og skinne blir jevnere og bedre. Det er forventet at et slik tiltak vil gi en gjennomsnittlig reduksjon på 10 dB.

Skjørt / kjoler demper støy fra godstog, viser undersøkelser fra Tyskland, Østerrike og Italia. En demping på 20 dB er oppnådd i enkelte tilfeller.

Godstransport med bane. Som del av et felles-europeisk FOU-arbeid blir det utviklet et bremsesystem som med optimale forhold kan gi ca. 10 dB støyreduksjon. Tyskland og sveits patenterer nytt bremsekloss-materiale og vil ha rask utskifting av klossbremser på alle godstog. Det er noe skepsis i de andre landene til den tekniske løsningen og til tempoet i utskiftingen. Det er imidlertid stor enighet om støyreduksjonspotensialet, og om behovet for et felleseuropeisk utskiftingsprogram.

Det foretas imidlertid undersøkelser med tanke på driftsikkerhet knyttet til effekt av bremseklostypene ved varmeutvikling (sikre bremseeffekt/trafikksikkerheten) og materialenes egenskaper under vinterforhold/kulde. I Sverige pågår fortiden (1999) undersøkelser med tanke på bremseklossenes virkning under vinterforhold.

#### Sanering av eldre materiell

I Norge har NSB Gods i løpet av de seneste 5 - 10 årene redusert antall vogner fra ca. 8500 vogner til 2500 vogner. Det er i første rekke de eldste og dårligste vognene som gjennom dette er tatt ut av driften og sanert. NSB Gods har planer om en videre sanering ved å redusere antall vogner til om lag 2000 - 2100. Antall utenlandske voner som trafikkerer på det norske banenettet er forøvrig om lag 600 stk..

#### Faste togstammer

NSB Gods arbeider også med såkalte faste togstammer for containertrafikken, noe som bl.a. vil medføre behov for tiltak på færre vogner, et mindre antall vogner å ha vedlikeholdsmessig kontroll på, mindre skifteaktivitet ved terminalene mv..

NSB Gods har forøvrig foretatt nærmere kartlegging av støy fra godsterminaler, og da spesielt knyttet til mulige tiltak for å redusere støy fra aktiviteter knyttet til nye godsterminaler (Ganddal og Trondheim).

### 3.5.4.1 Europeisk rammeverk for støyreduksjon

EU-kommisjonen har i 1996 utarbeidet dokumentet "Future Noise Policy, European Commission Green Paper" og "A strategy for revitalising the Community's Railways", som er utgangspunktet for de videre forhandlinger og fastsettelsen av rammedirektiv. Utvidet forsknings- og utviklingsarbeid blir planlagt. Første planfase skal være avsluttet i år 2002, med utarbeiding av forslag til harmoniserte beregnings- og målemetoder og tiltaksmål. Metodene skal gradvis innføres som offisielle EU-metoder innen år 2006. I neste omgang er det aktuelt med felles videreutvikling av metodene og oppfølging av detaljerte støyreduksjonsmål.

EU utformer for tiden et støyreduksjonsprogram med både kortsiktige og langsiktige mål / tiltak. Jernbanestøy vil være et av innsatsområdene.

#### Samarbeidsprosjekter i UIC / ERRI

Dette er da også lansert av UIC (International Union of Railways). Videre er UIC/ERRI i gang med fire samarbeidsprosjekter for støy, som nevnt nedenfor. Primært formål er produktutvikling med sikte på kostnadseffektive støyreduksjonstiltak og videreutvikling av målemetoder. Det finnes fire sentrale samarbeidsprosjekter, alle med beregningsmetoden TWINS som en sentralt verktøy:

1. Banefundament (**Silent track**) - hvor målet er å finne frem til banefundament som gir ca. 2,5 dB støyreduksjon alene, og 10 dB i kombinasjon med tiltak på godsvogner. Prosjektet omfatter innvirkning av skinneoverflate (sliping), skinnedempning, svilleutforming, skinnefeste, fundamentering, TWINS viderutvikling og evaluering av skjermeffekt for lave skjermertett ved skinne. Tiltakene må ha en praktisk utforming, slik at de kan brukes på eksisterende spor.
2. Stillestående godstransport på bane (**Silent Freight**) - hvor målet er 10 dB støyreduksjon med godsvogner på optimal sporkonstruksjon. Løsningene må kunne brukes på eksisterende vogner og må være kostnadseffektive. Innvirkning av hjulkonstruksjon, materialbruk og kontaktflate mot skinne blir studert både i forhold til støy, vibrasjoner, termomekaniske forhold og drift. 5 dB er oppnådd med konstruksjonsendringer på hjul alene. I tillegg er hjulavskjerming ("skjørt") inkludert i prosjektet.
3. Bremsesystem (**Eurosabot**) - løsninger hvor blokkbremseser blir erstattet på eksisterende vogner, uten omfattende modifikasjoner. Eksisterende blokkbremseser bruker hjulet sin overflate som bremseflate. Dette gir ujevn hjuloverflate, og dermed mye rullestøy fra både hjul, skinne og svill. Utskifting til skivebremseser vil løse dette problemet, men dette er av flere andre grunner ikke så aktuelt for eksisterende godsvogner. Tre alternativ blir studert i detalj : bedre jernbremseblokk, sintermetall blokk, blokk i komposittmateriale (se utviklingsprosjekt Tyskland/Sveits som går parallelt).
4. Målemetoder (**Metarail**) - hvor et nytt sett med målemetoder blir utviklet, primært for måling av lydemisjon fra tog i konstant fart. De ulike metodene skal bl.a. benyttes til typetesting, innhenting av grunnlagsdata for beregningsmetoder og etterprøving av metodene, samt til identifisering av delkilder for støyreduksjon. Arbeidet blir koordinert med standardiseringsprosessen i ISO/CEN. I et delprosjekt ble det brukt ett enkelt testtog og en fast målegeometri, likevel ble det målt forskjeller i A-veid lydnivå på inntil 12 dB avhengig av skinnefundament, skinnetilstand og sporgeometri på ulike målesteder.

### 3.6 Oppsummering togtypekorreksjoner nytt materiell

En oppsummering av togtypekorreksjoner relatert til de støykravene som er satt til nytt materiell er gitt i tabell under.

Togtype, nytt togmateriell	Togtypekorreksjon	
	Eksisterende baner	Nye baner
Ekspress krengetog, type 73	- 7 dB	- 10 dB*
Lokaltog, type 72	- 7 dB	- 10 dB*
Dieselkrengetog, type 93	- 5 dB*	- 5 dB*
Nye godstog	- 5 dB**	- 5 dB**

Tabell 7 : Togtypekorreksjoner for nytt togmateriell.

\* Basert på kravspesifikasjon fra NSB til nytt materiell.

\*\* Basert på oppfølging av deler av UIC-program innen støyreduksjon for godstog.

### Nytt togmateriell

Lyseffektnivå pr. m bane:

$$L_w = a \log (v / 100) + 10 \log (T) + b \quad \text{dB re } 10^{-12} \text{ W}$$

der

V = kjørehastighet (km/t)

T = toglengde (m/døgn)

a og b = konstanter gitt i tabell under.

Verdier for konstanten **b** :

Oktavbånd	Togtype			
	Ekspress - krengetog, BM73	Lokaltog, type 72	Dieselkrengetog, type 93	Nye godstog
63	Fylles inn senere !	Fylles inn senere !	Fylles inn senere !	Fylles inn senere !
125				
250				
500				
1000				
2000				
4000				

Tabell 9 : Verdier for konstanten **b** for beregning av lydeffektnivå.

Verdier for  $a$  :

Togtype				
Oktavbånd	Ekspress krengetog, BM73	Lokaltog, type 72	Diesekrengetog, type 93	Nye godstog
63 125 250 500 1000 2000 4000	Fylles inn senere !	Fylles inn senere !	Fylles inn senere !	Fylles inn senere !

Tabell 10 : Verdier for konstanten  $a$  for beregning av lydeffektnivå.



### 3.7 Oppsummering togtypekorreksjoner, alle tog

Under er gitt i tabellform de togtypekorreksjoner som bør brukes ut fra de støymålinger og kravspesifikasjoner som er gitt for de enkelte norske togtyper. For eksisterende tog baserer korreksjonene seg som tidligere nevnt på omfattende målinger utført av KILDE Akustikk, 1993 - 94.

Der det er gitt togtypekorreksjoner for eksisterende togmateriell, er måledata lagt inn i togdatabasen i edb-programmet basert på Nordisk beregningsmetode for togstøy, Nordisk Ministerråd, 1996.

Togtype, nytt og eldre togmateriell	Togtypekorreksjon	
	Eksisterende baner	Nye baner
<b>Eksisterende, eldre tog :</b>		
Godstog	0 dB	0 dB
Fjerntog (eldre lok.+ B3-vogner)	0 dB	0 dB
Lokaltog, type 69	- 3 dB	- 3 dB
ICE, type 70	- 3 dB	- 3 dB
Dieseltog, gods	0 dB	0 dB
Dieseltog, fjerntog	0 dB	0 dB
BM92	0 dB	0 dB
<b>Nye eksisterende tog :</b>		
Di8 – godstog	0 dB	0 dB
Di8 - persontog (lok.+vogner)	0 dB	0 dB
El. 18 – godstogvogner	0 dB	0 dB
El. 18 + B7 – vogner	- 3 dB	- 3 dB
Flytoget, type 71	- 7 dB	- 10 dB*
<b>Nye fremtidige tog :</b>		
Ekspress krengetog, type 73	- 7 dB	- 10 dB*
Lokaltog, type 72	- 7 dB	- 10 dB*
Dieselkrengetog, type 93	- 5 dB*	- 5 dB*
Nye godstog	- 5 dB**	- 5 dB**

Tabell 11 : Oppsummering av togtypekorreksjoner for eksisterende og nytt togmateriell.

\* Basert på kravspesifikasjon fra NSB til nytt materiell.

\*\* Basert på oppfølging av deler av UIC-program innen støyreduksjon for godstog.

#### KILDER:

- "Støy fra elektrisk drevne tog, 1993", Rapport R671, KILDE Akustikk 15.03.94
- "NoMeT, Manuell metode", Rapport R883, KILDE Akustikk as, 1996.
- "Nordisk Beregningsmetode for Togstøy", Nordisk Ministerråd Støygruppe, 1996.
- NSBs kravspesifikasjon for nye tog.

4.0 Andre grunnlagdata

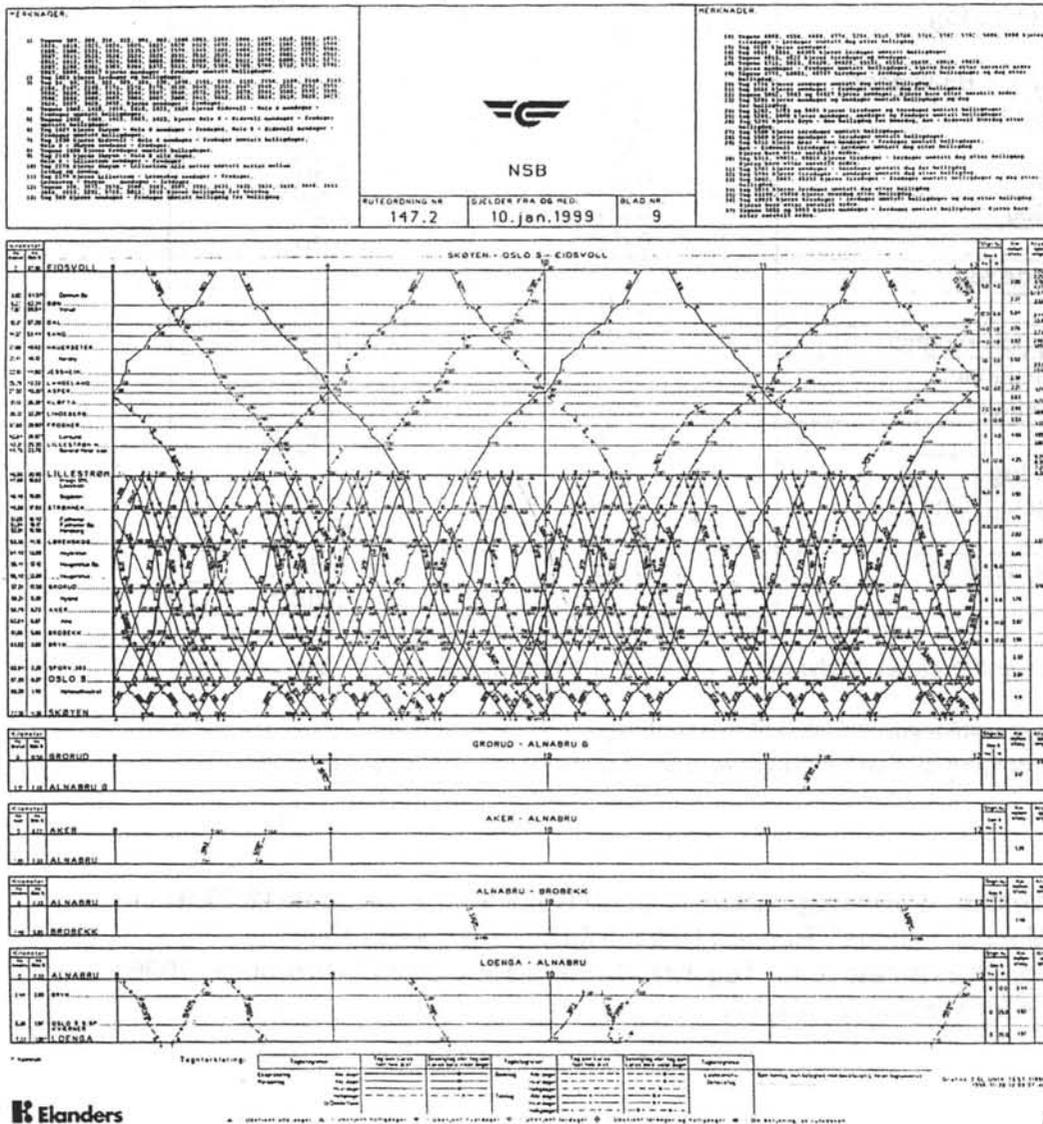
4.1 Trafikktall, eksisterende situasjon (R 99.1)

Som grunnlag for beregninger og kartlegging av støy skal bl.a. togmeter pr. døgn benyttes.

Dagens støyberegninger skal gjennomføres med grunnlag i antall togmeter pr. døgn fra R1999. Grunnlaget er en detaljert gjennomgang av ruteplan R99.1 / grafiske ruter (eksempel vist under) og trykk for togsammensetninger, med togdata/togmeter for de ulike togtyper på de enkelte banestrekninger.

På neste side er vist eksempel på togmeterfordeling. Fullstendig oversikt over togmeter for hele banenettet er gitt i vedlegg 3.

Eksempel på grafiske togruter (R99.1):



Tabell 12 : Eksempel på grafiske ruter, grunnlag for togmeterfordeling (togmeter pr. døgn) for ruteplan 1999 (R99.1). Her Skøyen - Oslo S - Eidsvoll, blad 9, ruteordning 147.2, gjeldende fra 10.jan. 1999.

Eksempel på togmeterfordeling:

TOGMETER PR. DØGN PR TOGTYPE								
STREKNING	PERSONTOG						GODSTOG	
	BM69	BM70	EL. LOK	DIESEL LOK	BM92	GMB	EL. LOK	DIESEL LOK
<b>Drammensbanen</b>								
Oslo S - Skøyen	26050	4450	6400			8580	7100	
Skøyen - Sandvika	14100	4450	6400			8580	8700	
Sandvika - Asker	14100	4450	6400			8580	8700	
Asker - Drammen	3300	4450	6400				8700	
<b>Vestfoldbanen</b>								
Drammen - Skoppum		4450	2230				1500	
Skoppum - Tønsberg		4450	2230				1000	
Tønsberg - Sandefjord		4450	2230				1000	
Sandefjord - Larvik		3280	1650				1000	
Larvik - Skien		3030	1520				1000	
<b>Sørlandsbanen</b>								
Drammen - Sundland	5360		3640				9500	
Sundland - Hokksund	2560		3640				8400	
Hokksund - Vestfossen	2270		2410				4300	
Vestfossen - Kongsberg	2270		2410				4300	
Kongsberg - Nordagutu	240		2410				4300	
Nordagutu - Bø	240		2410				4300	
Bø - Nelaug			2340				3700	
Nelaug - Dalane			2340				3700	
Dalane - Kr.sand			2340				3700	
Kr.sand - Sira			2340				3700	
Sira - Egersund			1830				3700	
Egersund - Vigrestad	2340		1830				3700	
Vigrestad - Bryne	2430		1830				3700	
Bryne - Sandnes	2650		1830				3700	
Sandnes - Stavanger	3480		1830				3700	
<b>Bratsbergbanen</b>								
Notodden - Hjuksebø			830				600	
Nordagutu - Skien			830				100	
<b>Randsfjordbanen</b>								
Hokksund - Vikersund	870		1800				4100	
Vikersund - Hønefoss	580		1800				4100	
Hønefoss - Hen							4100	
<b>Bergensbanen</b>								
Roa - Grindvoll	140		140				3400	
Grindvoll - Hønefoss	140		140				3400	
Hønefoss - Sokna			1940				4500	
Sokna - Ål			1940				4500	
Ål - Geilo			1940				4000	
Geilo - Myrdal			1940				4000	
Myrdal - Voss	360		1940				4000	
Voss - Arna	800		1940				4000	
Arna - Bergen	3340		1940				4000	
<b>Gjøvikbanen</b>								
Gamlebyen/bryn - Grefsen	3000		1800					
Alnabru-Grefsen(godsspor)			1800				3000	
Grefsen - Hakadal	3000		1800				3000	
Hakadal - Roa	2160		1800				3000	
Roa - Jaren	1360		1660				500	
Jaren - Gjøvik			1690				500	(Dokka)

Tabell 13 : Eksempel på togmeterfordeling (togmeter pr. døgn) for ruteplan 1999 (R99.1)

## 4. 2 Prognose - trafikkutvikling frem mot år 2010

Som bakgrunn for Nasjonal transportplan har Transportøkonomisk institutt utarbeidet prognoser for person- og godstrafikk for alle transportformer. Disse prognosene foreslås å danne grunnlag for framskrivning av trafikken til år 2010 som bl.a. er beregningsåret for kartlegging av nasjonale mål støy.

### 4.2.1 Persontrafikk

*Lokaltrafikk:* NSB har i dag ca. 80 lokaltogsett av typen BM 69. Det er i bestilling 36 nye sett av typen BM 72. BM 69 nærmer seg 40 år i 2010, men vil sannsynligvis ennå være i trafikk.

En materiellmix med 50 BM 72 og 70 BM 69 synes aktuell i 2010.

Geografisk fordeling av togsettene vil ha betydning for støynivå. Til grunn for beregningene ved Stavanger og Bergen bør benyttes BM 69 i basisberegning, mens utskifting til nytt materiell er et tiltak.

I Osloområdet bør benyttes en fordeling av togmeter i henhold til mengde togsett dvs. 50/70 i basis, mens utskifting av alt materiell er et tiltak.

*Fjerntrafikk:* Krengetog BM 73 settes i drift 2000-2001.

- Dovrebanen planlegges med 4 avganger hver veg med BM 73 + B7 sett som dagtog + nattog.
- Bergensbanen planlegges med 5 avganger hver veg med BM 73 + B7 sett som dagtog + nattog ( B7 + sovevogner ).
- Sørlandsbanen Oslo-Kristiansand planlegges med 7 avganger hver veg med BM 73 + B7 sett som dagtog + (nattog?).
- Kristiansand-Stavanger planlegges med 4 avganger hver veg med BM 73 + 4 avganger hver veg med lokaltog + (nattog?).

*Intercity:* Foreslår at beregningene utføres med utgangspunkt i at alt eldre materiell er borte og at trafikken skjer med BM 70 og nytt IC-materiell (støymessig som BM73 ).

*Infrastrukturiltak innen 2010 som har betydning for omlegging av trafikk:*

Ganddal godsterminal  
Nytt dobbeltspor Skøyen-Asker  
Nytt dobbeltspor Oslo-Ski (?)  
Østfoldbanen  
Vestfoldbanen

Fordeling av trafikk på ny og gammel bane eller endringer som følge av disse tiltakene, gjøres i henhold til de resultater som planleggingen av de enkelte tiltak har kommet fram til.

*Generell trafikkvekst.*

TØIs beregning viser 1,1 % årlig vekst for lange reiser med tog . Samme vekstrate legges til grunn for lokalreiser dersom det ikke finnes andre bedre prognoser for trafikken.

#### 4.2.2 Godstrafikk

TØI har beregnet en årlig vekst på 2,4 % for jernbanens godstrafikk. Dette betyr en økning på ca. 30 % fra R94 (tidligere grunnlagsdata benyttet for dette året) til 2010. Rapporten fra TØI viser at veksten (for dette beregningsformålet) kan betraktes som lik for alle banestrekninger.

I beregningene for støy benyttes togets lengde som parameter. Økt trafikk kan bety bedre utnyttelse av togene, samtidig som økte markedsandeler ut over prognosene (kun klimaavtale og CO-avgifter er forutsatt) vil øke tog lengdene. Som grunnlag for beregningene antas at økningen i tog lengde tilsvarer økningen i transportvolum.

Tallene benyttet i utredning om trafikk på Sørlandsbanen er en økning fra 4 til 6 togpar (henholdsvis i 99-01 og 06-08). For Dovrebanen er kapasitetsvurderinger basert på 5 containerekspressstog og 4 togpar vognlast. Disse tallene kan vel antas å være noe høye for å illustrere hvilken kapasitet banene bør bygges for.

#### 4.3 Kjøre hastighet

I forhold til den enkelte strekning, må togtypekorleksjon korrigeres med tanke på hastighet. Data for kjøre hastighet finnes hos den enkelte Baneregion.

#### 4.4 Sporkvalitet

Kontaktflaten mellom skinne og hjul den dominerende støykilden. Et av de viktigste tiltakene mot støy vil derfor være å bruke "runde hjul på flate skinner", dvs. godt vedlikehold ved skinner sliping.

Variable som kjøre hastighet, type materiell, hjultilstand og skinner ujevnheter vil i stor grad avgjøre størrelsen på støyreduksjonen ved skinner sliping.

Skinne ujevnheter har avgjørende betydning på jernbanestøyen, og ujevnheter med korte bølgelengder er viktigst (ca. 10 - 100 med mer). Amplituder ned til noen få mikrometer er av interesse, og målinger må utføres med spesialutstyr. Måleverdiene kan med enkelte utstyr digitaliseres, lagres og overføres til større enheter for frekvensanalyser. Effekten av arealet på kontaktflaten mellom skinne og hjul kan simuleres. (Andre måleopplegg er basert på bruk av aksellerometer montert på hjul, hjulaksling og girboks. Man håper å bestemme overføringsfunksjonen mellom hjul og girboks, slik at fremtidige målinger kan utføres direkte på sistnevnte.

Beregningsmetoden for jernbanestøy forutsetter normalt skinner vedlikehold. For Gardermobanen vil skinner vedlikeholdet være bedre. På den annen side vil støykrav til nytt materiell forutsette god kvalitet på skinner gangen.

## 5.0 Målemetoder og beregningsmodeller

### 5.1 Måling av støy og vibrasjoner

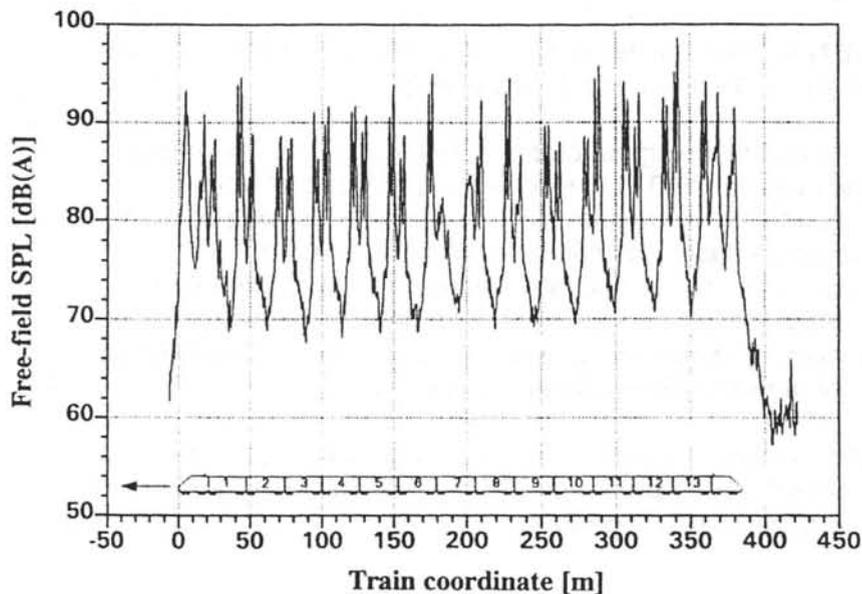
En oppsummering av forhold knyttet til måling av støy, strukturlyd og vibrasjoner vil være :

- målinger er kostbart
- målinger fanger ikke opp fremtidig situasjoner
- måleresultatene er avhengig av:
  - metoder (ulike metoder i mange land)
  - for luftlyd: temperatur- og vindforhold
  - for strukturlyd og vibrasjoner: grunnforhold, baneoppbygning
  - måleperiodens lengde
  - trafikkmengden passert i måleperioden

Det er derfor i de fleste situasjoner mer praktisk å foreta vurderinger av omfang av problematikken og behov for avbøtende tiltak ved beregninger.

#### Målemetode for jernbanestøy :

Det finnes en standard for måling av ekstern støy fra jernbane : ISO/DP 3095 : 1988-06 (revision of ISO 2095:1975) Measurement of noise emitted by railbound vehicles. Målinger skal ved bruk av denne metoden foretas på 25 m fra senterlinje spor, 3,5 m over skinnetopp), samt under gitte vær, vind og baneforhold. Dokumentet behandler typetesting av rullende materiell i konstant hastighet, stasjonær tilstand og under akselrasjon. Standarden er under revisjon (måleforhold, krav til banekvalitet mv.).



Figur 9 : Eksempel på resultat av støymåling av ICE-tog (200 km/t) fra Tyskland.

Strukturlyd opptrer i rom som følge av rystelser, og da ofte sammen med bidrag fra luftoverført lyd.

For måling av lydforhold i bygninger og rom brukes i Norge : NS 8171, Lydforhold i bygninger. Bestemmelse av lydisolasjon og trinnlydnivå og eventuelt NS 8175, Lydforhold i bygninger. Lydklasser for ulike bygningstyper, 1997.

## 5.2 Beregningmodeller for luftlyd (støy)

Internasjonalt finnes det mange ulike beregningsmetoder for jernbanestøy. Ved en gjennomgang/studie av disse finnes følgende:

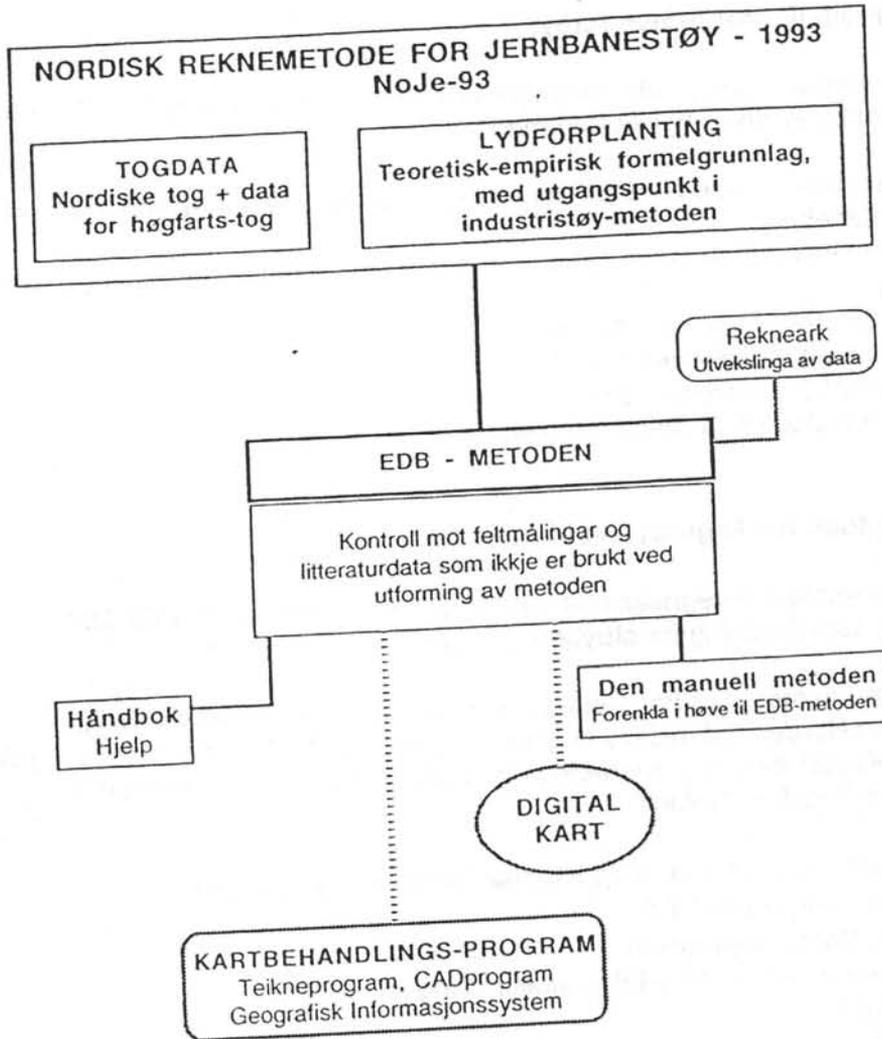
- hvert enkelt jernbaneselskap baserer sine beregningsmetoder på målinger for sitt nasjonale togmateriell
- kun de nordiske landene har felles metode. Enkelte land har flere beregningsmetoder for jernbanestøy
- alle metodene har samme basisgrunnlag
- de aller fleste beregner dBA-nivåer
- de fleste beregner fra nærmeste spor
- stor variasjon i resultatene av skjermeffekter.

### 5.2.1 Nordisk Metode for Togstøy, revidert 1996

I Norden benyttes revidert beregningsmetode for skinnegående trafikk (Nordisk Ministerråd 1996) som grunnlag for støyberegninger.

Med bakgrunn i denne metoden har Jernbaneverket i samarbeid med de øvrige jernbaneforvaltere i Norden tatt initiativ til utarbeidelse av en EDB-modell for beregning av jernbanestøy. KILDE Akustikk, Numerica og ViaNova har utviklet metoden, kalt Nordisk Metode for Togstøy, NoMeT) :

- EDB-modellen er i samsvar med Nordisk Ministerråds metodikk
- Modellen er godkjent av SFT
- Frittstående Windowsprogram
- Inndata baserer seg på betydelig antall målinger
- Enkelt å bruke
- Lett å få frem nøyaktige beregningsresultater når terreng- og trafikksituasjonen er enkel. Enkelt å endre viktige inndata
- Ekvivalent og maksimalt støynivå utendørs beregnes (dBA og oktavbånd)
- Det er mulig å lagre dataene for lesing i andre program (regneark, tekstbehandling etc.)
- Ingen direkte tilknytning til terrengmodell. Det arbeides med en modul integrert i NovaCad (dvs. terrengmodelltilknytning)
- Jernbaneverket er eier, ViaNova besørger markedsføring/salg/distribusjon
- Div. materiale utarbeidet på norsk og engelsk



Figur 10 : EDB-modellen utviklet for de nordiske jernbaneforvaltningene, NoMeT (Nordisk beregningsmetode for Togstøy) baserer seg på Nordisk Ministerråds revidert beregningsunderlag for togstøy (1996).



Korreksjoner for banemessige forhold i beregningsmetoden

Korreksjon for banemessige forhold og for delstrekninger kan følgende verdier brukes :

Banestrekninger med skinneskjøter	+ 3 dB
10 m banelengde for hver sporveksler	+ 6 dB
Banestrekning på bru uten ballast	+ 6 dB
Banestrekning på bru med pukkballast	+ 3 dB

Disse korreksjonene er lagt inn i edb-programmet beskrevet over.

Øvrige korreksjon av støynivå, slik som korreksjon for delstrekning, terreng/markforhold, fasadekorreksjon mv. er beskrevet i rapporten "Nordisk beregningsmetode for jernbanestøy", samt i den reviderte manuell beskrivelsen til edb-programmet, NoMeT.

## 6.0 Tiltak mot jernbanestøy

### 6.1 Generelt om tiltak mot støy, samt strukturlyd og vibrasjoner

Den viktigste støy- og vibrasjonskilden er kontaktpunktet mellom hjul og skinne. Det viktigste tiltaket mot støy vil være å bruke "runde hjul på flate skinner", dvs. godt vedlikehold av hjul og skinner. Her vil forhold som knytter seg til høyhastighetsbaner, uavhengig av støyforhold, kreve høy vedlikeholdsstandard av sikkerhetsmessige årsaker, og dette virker positivt inn på støy og rystelser, gjennom mindre krefter mellom banekomponentene.

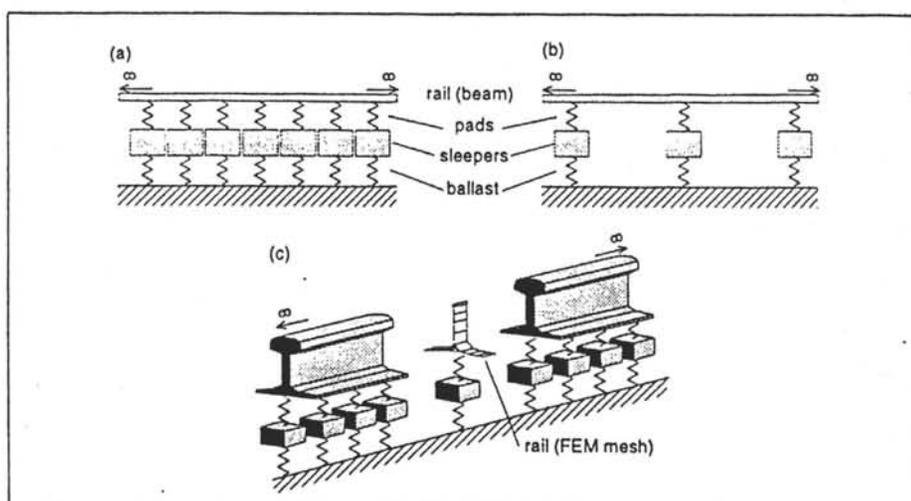


Figure 3 Models for track vibration; (a) continuously supported beam model, (b) periodically supported beam model, (c) rail model including cross-sectional deformation.

Figur 11 : Svingninger som oppstår mellom hjul- og skinne ved togpasseringer.

Videre vil gode planleggingsrutiner, beregningsmetoder, kriterier o.l. være med på å forbedre belastningen mot omgivelsene.

Lokale tiltak er ofte nødvendig for å redusere støy, strukturlyd og vibrasjoner. Ved tiltak på materiell vil man imidlertid kunne få større gevinst i form av reduksjon i støy og rystelsesnivåer, da dette vil tiltak på materiell vil ha innvirkning på "alle" strekninger som trafikkeres. Tiltak som for eksempel støyskjermmer har kun lokal effekt.

## 6.2 Tiltak mot luftlyd / støy, en oversikt

Støy mot omgivelsene må ofte avveies mot andre interesser, slik som en linjes integrering med eksisterende infrastruktur, linjeføring, visuelt miljø, reiseopplevelser, barrierevirkning mv.. Det er viktig at alle forholdene vurderes i for eksempel valg av utbyggingsalternativ.

### Tiltak for å redusere støy kan deles i tre hovedområder:

- Tiltak mot omgivelsene
- Tiltak på banen / i sporet
- Tiltak på materiell

#### Tiltak mot omgivelsene :

- Gode planleggingsrutiner / trasévalg, beregningsmetoder, kriterier o.l..
- Støyskjermmer (fokus på: høy akustisk effekt, redusere kostnader, sikkerhet og visuell effekt)
- Støyvoller / utforming av sideterreng
- Legge banen i tunnel
- Fasadetiltak (vinduer, fasadeutbedring, ventilasjon mv.)

#### Tiltak på bane / spor :

- skinnesliping
- støysvake sporveksler
- skinnestegsisolasjon
- forbedret vedlikehold (skinnesliping, ballastrensing, sporjusteringer)
- befestigelse
- sville- og ballasttyper
- brukonstruksjoner
- kurveradier over  $R > 300 - 500$  m
- kjemisk behandling (smøring) av skinnoverflaten
- ulik kombinasjon av hjul- / skinnemateriale

#### Tiltak på materiell :

- bedret vedlikehold av materiell (hjul kvalitet på person- og godsvogner)
- optimalisering av hjul
- absorbenter
- "skjørt" på vognmateriellet
- bremsesystemer
- ledende hjulkonstruksjoner
- støyreduksjon på godstogmateriell
- hastighetsreduksjon
- reduksjon i trafikkmengde

En rekke av de nevnte forhold må gjennomføres i forhold til de krav som settes til støy fra rullende materiell.

## 6.2.1 Nærmere beskrivelse av tiltakene

### 6.2.1.1 Arealplanlegging

Støyproblemer kan unngås ved gjennomtenkt arealplanlegging. Skifteområder/godsterminaler bør ikke plasseres i nærheten av boområder. Kan dette allikevel ikke unngås bør man ta hensyn til topografien i området, slik at man bestreber å legge skifteområdet utenfor syne for boligområdet.

Det er sjelden en aktuell problemstilling hvor man skal plassere et nytt skifteområde. Den vanlige situasjonen i dag er at et skifteområde ble plassert i omgivelser hvor aktivitetene ikke forstyrret noen, men etter noen år dukket det opp boliger, skoler e.l i nærheten.

Bygging av nye trasèer eller omfattende flyttinger vil normalt ikke være aktuelle tiltak utfra støyhensyn alene. Derimot kan det være aktuelt å regulere om aktiviteten på skifteområde, slik at visse sjenerende aktiviteter blir lagt lenger unna evt. mer skjermet fra boligbebyggelse.

### 6.2.1.2 Støyskjermer

Ved valg av støyskjermer er følgende forhold viktige å vurdere :

- tekniske krav til skjermer:
- akustiske krav
- støy / avstand fra støykilde
- plassering i terreng
- høyde
- bredde
- fundamentering
- estetikk (materialbruk, detaljer mv.)

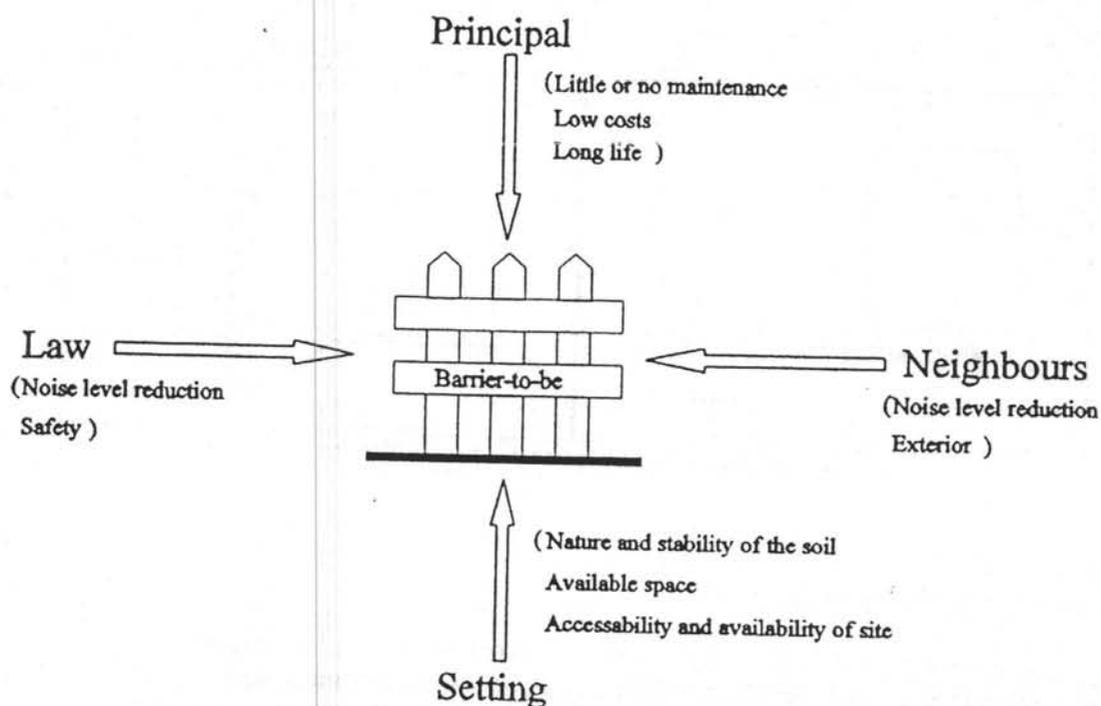
Man har ulike typer støyskjermer, slik som :

- områdeskjerm
- tett gjerde (hage- eller bygjerde)
- lokal skjerm

Andre forhold som bør vurderes ved valg av type støyskjermer er :

- nærmiljø
- barriere-effekt
- kulturhistorisk verdi
- materialer (tre, mur, glass, voller, grønne skjermer mv.)

Oppsetting av støyskjerm kan ha god effekt på støynivået. Man kan få dempet utendørs støynivå med 5 - 15 dBA (ved omfattende og velutformede skjermer). Skjermer demper best støyfrekvenser over 500 Hz. Skjermingseffekten ovenfor jernbanestøy er ofte bedre enn vegtrafikkstøy pga. frekvensfordelingen. Innendørs støynivå blir spesielt påvirket av de dempningseffektene som gjør seg gjeldene under ca 500 Hz. Skjermer vil derfor ha litt mindre effekt på innendørs støynivået enn på det utendørs.



Figur 12 : Forhold som må tas hensyn til ved vurdering av støyskjerming : Retningslinjer, fundamentering/plassering, støyforhold, vedlikehold mv..

Forsøk er også gjort med lave støyskjermer nær sporet. Disse har vist en støydempende effekt på 10 - 13 dBA. Et alternativ til treskjermer er støyvoller. Støyvoller kan i mange tilfeller tilpasses omgivelsene bedre enn en skjerm. Beplantning av sideterreng har en viss støyreduserende effekt men bør kombineres med andre tiltak som f.eks støyvoller.

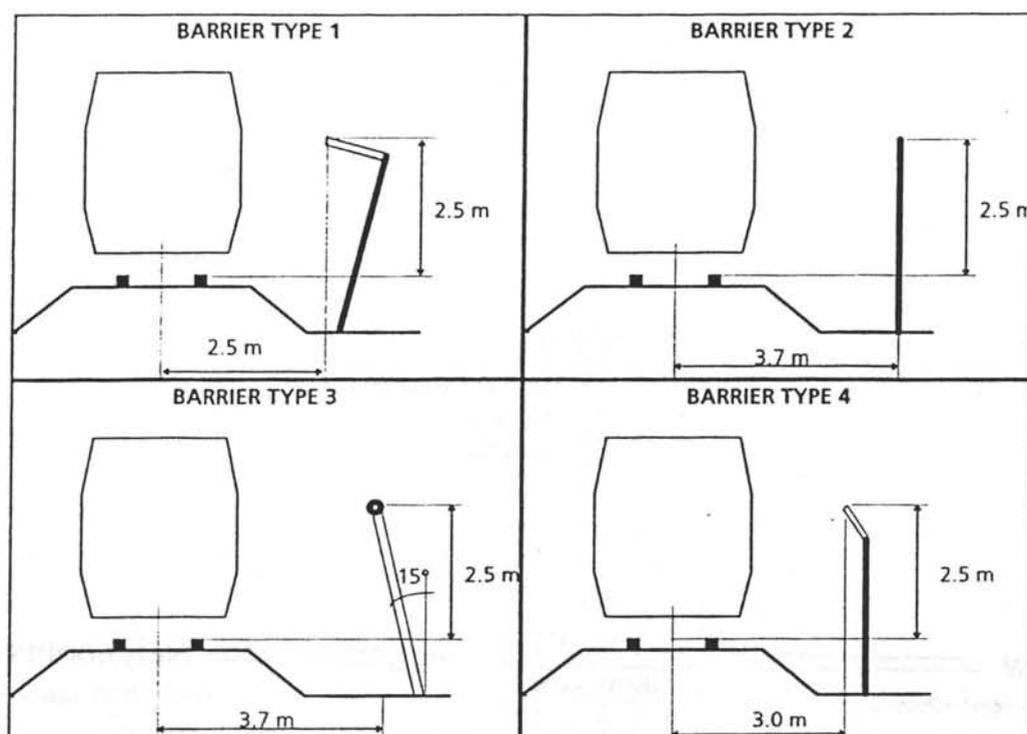


Figure 1 Types of barriers used for simulations.

Figur 13 : Eksempel på støyskjermutforming.

Støyskjermer har best effekt når de kan plasseres nærmest mulig støykilden. Skifteområder har som regel en stor utstrekning og er dermed vanskelig å skjerme effektivt. Derimot kan det ha god effekt å skjerme deler av skifteområdet med spesielt støyende aktiviteter, f.eks ved skifterygger o.l. Persontrafikksporene ligger som oftest i utkanten av skifteområdet og dermed nærmest bebyggelsen. Man kan derfor ha god effekt av å sette opp skjermer mellom persontrafikk-sporene og bebyggelsen. Disse skjermene vil også ha en positiv effekt på støyen fra skifteaktiviteten, enn om noe begrenset.

#### 6.2.1.3 Fasadeisolering mot støy

Fasadeisoleringstiltak er tiltak direkte på bygningen for å redusere innendørs støynivå. Tiltak kan være f.eks. vindustetting, fasadeforsterkning, mekanisk ventilasjon og ventilutskiftning. Tiltakene kan iverksettes trinnvis inntil ønsket innenivå (eller maksimal effekt), er oppnådd.

Effekten av fasadetiltak er ofte bedre ovenfor jernbanestøy enn overfor vegstøy på grunn av frekvensforskjeller. For boliger ved skifteområder er fasadeisolering et aktuelt tiltak der hvor skjermingstiltak er mindre effektivt.

Forhold som er viktige å vurdere i forhold til fasadetiltak vil være :

- arkitektur, estetikk / bygningsvern

- akustikk
- byggeteknikk
- ventilasjon

Eksempel på tiltak :

- Isolering av fasader – vinduer, vegger, tak
- Omdisponering / ombygging av rom
- Konstruksjoner for skjerming av uteplass i direkte tilknytning til bygning (vinterhaver, tilbygg, lévegger)
- Konstruksjoner adskilt fra bygning som gir le for støy: garasjer, uthus, gjerder mv.

Typisk støyreduksjon i vegg vil være:

- En trebygning med god standard har normalt  $\Delta L = 30$  dB med tette ventiler.
- Murbygning med gode vinduer har normalt  $\Delta L = 40 - 45$  dB med lydtett ventilasjon.

#### 6.2.1.4 Støyskjermer kontra tiltak på materiell mv.

I Sveits har man studert ulike scenarier av støyreduserende tiltak. Man har vurdert støyskjermer alene, opp mot kombinasjonen av støyskjermer og fasadetiltak, samt vurdert omfang opp mot investeringer på materiell og reduksjon av støy ved utskifting av materiell og bytte av for eksempel bremsesystemer på godstogmateriell.

Man har funnet et behov for investeringer som følger :

- 60 % av totalinvesteringen foretas på forbedret / nytt materiell
- 35 % av investeringen i støyskjermer og
- 5 % i fasadetiltak

#### 6.2.1.5 Eksempel på tiltak

#### Gardermobanen, bomiljøtiltak ved fasade- og utomhustiltak, oppsummering / stikkord :

##### Fasadetiltak

Lavhus :

- Tilleggisolering av vegger og yttertak
- Utskifting av vinduer og dører
- Ventilasjon - mekanisk ventilatorer og dempede ventiler
- Lokale skjerming for bonære uteoppholdsarealer

Blokker :

- Utskifting av vinduer og dører
- Ventilasjon
- Balansert mekanisk
- Mekaniske ventilatorer
- Nye innglassede støydempende balkonger

Utomhusarbeider :

- støyskjerming

- 
- reetablering av enkeltgarasjer og større anlegg
  - opprusting av utomhusarealer, hager
  - beplantning av blokker og parker
  - murer av naturstein
  - opparbeidelse av to parker i Lillestrøm

Eksempel Gamlebyen, Oslo, kort oppsummering / stikkord :

- Lave og høye støyskjermer
- Utskifting av vinduer og dører
- Ventilasjon
- Balansert mekanisk
- Mekaniske ventilatorer
- Reetablering av enkeltgarasjer og større anlegg
- Opprusting av utomhusarealer, hager



## 6.2.2 Tiltak i banen / på sporet

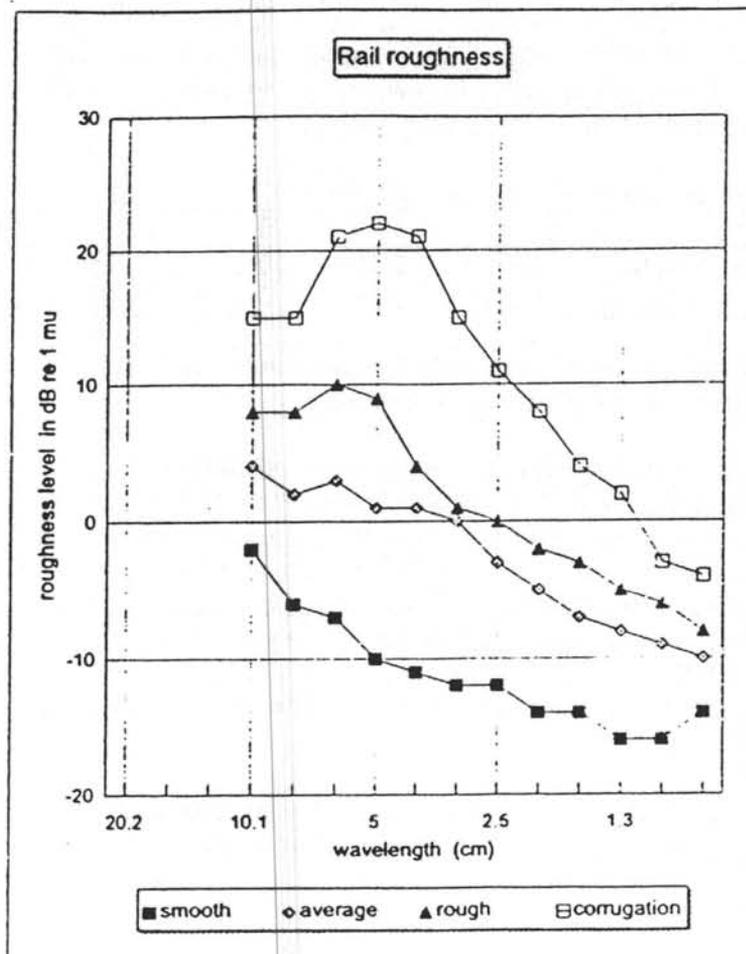
### 6.2.2.1 Skinnejevnheter / skinnesliping

Skinnesliping foretas i hovedsak for å forlenge levetid på skinner og andre spor-komponenter, samt på det rullende materiell. Sliping foretas også for å redusere støy og vibrasjoner, og for å forbedre komfort og gangegenskaper hos det rullende materiell. Spesielt ved høyere hastigheter er tilpasningen hjul/skinne viktig. Når det gjelder støy konkluderer flere undersøkelser med at en kan oppnå en reduksjon på opp til 10 dB ved sliping, hvilken oppleves som en halvering av støynivået, eller reduksjon tilsvarende en støyskjerm.

Verdien av redusert antall støyskjermer kan være betydelig, avhengig av skinnetilstand og mulig potensialet i støyreduksjon ved skinnesliping.

Sliping utføres for å forhindre eller forsinke utvikling av bølger og andre slitasjeskader på skinnene, som overflateutmatning og utvaling av tverrprofilen.

Bølgedannelse kan ha flere årsaker, men det vanligste er såkalte korte bølger på innerstrengen i skarpe kurver. Overflateutmatningsdefekter kan f.eks være «kjørkantsprekker» (head-checks), som etter en tids trafikkbelastning kan gi avskallinger og sprekkelivvekst i dypet, noe som øker risikoen for skinnebrudd.



Figur 14 : Sammenheng mellom støynivå og ruhet / ujevnheter i skinne.

Rifler og bølger (og andre ikke periodiske ujevnheter i sporet) gir kraftige påvirkninger av spor og materiell pga. økte dynamiske krefter og vibrasjoner. Dette fører bl.a. til kortere levetid på sporets komponenter og på sporjusteringen, slitasje på rullende materiell, dårligere komfort, økt støy og økt energiforbruk.

Impulslaster som skyldes rifler og bølger har tydelig innflytelse på nedbrytningen av hele overbygningen. Dette kan observeres på steder som har slike feil, der det sannsynligvis vil finnes stor slitasje på sviller/befestning og nedbrytning av ballasten som følge av de store kreftene som oppstår.

Vibrasjonslastene i sporet som følge av rifler og bølger kan også bli meget store og bidra sterkt til nedbrytning av sporets komponenter. Både skinner, befestning, sviller og ballast utsettes for store krefter. Dersom de angripende kreftene har en frekvens som er lik konstruksjonens egenfrekvens, kan det dessuten oppstå en risiko for resonans. Dette kan medføre sprekkdannelser i betongsviller. Vibrasjonslaster kan også gi «flyt» i ballasten. Dette betyr at ballasten flytter seg litt for hver togpassering og sporets justeringsstandard vil raskt nedbrytes.

Egne målevogn for registrering av rifler/bølger gjør målinger med en hastighet på 60 km/h og med en nøyaktighet på 0.01 mm for korte bølger og 0.1 mm for lange bølger. Disse målingene gir absolutte målinger av bølgedybder og bølgelengder for korte og lange bølger og gjennomsnittsmålinger av bølgedybden. Tverrprofilets form og dets avvik fra et gitt profil blir også målt. Dessuten skrives det ut en oversikt hvor den målte strekningen er gruppert i klasser (1-8) ut fra bølgedybde, dvs. at man får en oversikt over antall km innen de forskjellige klassene. Dette forenkler planleggingen vesentlig og betyr at man kan planlegge antall overfarter temmelig nøyaktig.

De forskjellige klassene fra Speno-diagram er gitt i tabellen under:

Klasse	1	2	3	4	5	6	7	8
Bølgedybde i med mer	0.02 - 0.04	0.04 - 0.06	0.06 - 0.08	0.08 - 0.10	0.10 - 0.15	0.15 - 0.20	0.20 - 0.25	0.25 -

Jernbaneverket har kjøpt inn en ny målevogn som trolig leveres innen 2000. Denne målevognen vil også måle tverrprofilen i tillegg til bølgedannelse.

I IC3-togets førerrom er det konstatert stigning i støynivået på 10 dB(A) fra skinnkvalitet (klasse) 1 til 5, dvs. fra bølgedybde 0.02-0.04 mm til 0.10-0.15 mm. En god skinnkvalitet oppleves altså som mer enn en halvering av støyen i førerrommet. Støyen ved kjøring på betongsviller ble målt til 8 - 10 dB(A) lavere enn kjøring på tresviller. I DSBs støytekniske analyseprosjekt ble det også vurdert om det ville være ytterligere å hente ved enda strengere inngrepskriterier. Men hoveddelen av støyen som skyldes skinner, opptrer først fra klasse 3 (bølgedybde 0.06 - 0.08 mm) og oppover, så effekten av enda hyppigere sliping ble i denne undersøkelsen ansett som lav.

Flere andre artikler / undersøkelser konkluderer også med at en kan oppnå en reduksjon på opptil 10 dB etter sliping, hvilket oppleves som halvering av støynivået, eller støyreduksjon tilsvarende en støyskjerm.

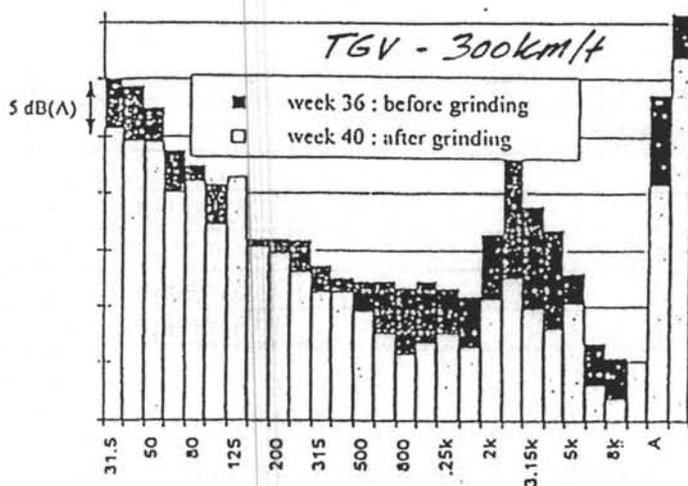
Høyhastighetsbaner

Med høyhastighetsbaner menes vanligvis jernbaner bygget for hastigheter over 200 km/t. I Norge, med vanskelig topografi og derav følgende krapp geometri, brukes denne betegnelsen også om baner med hastigheter på 160 - 200 km/t.

Ved høyere hastigheter vil kreftene mot sporet øke og dermed vil de negative virkningene av bølger/rifler nevnt tidligere, bli større. Ved høyere hastigheter vil det pga. kjøreegenskaper og sikkerhet være svært viktig med god tilpasning mellom hjul og skinne.

På baner med høye hastigheter er rifledannelse et vanlig fenomen. Dette kan skape svært mye støy og vibrasjoner. Økende hastighet medfører også økende støynivå.

Ved nye baner, og spesielt nye høyhastighetsbaner, settes det strenge krav til støymessige forhold. Tilsvarende settes det ved nytt materiell strenge krav til støyemission, noe som medfører en betydelig støyreduksjon for nytt materiell sammenlignet med eldre materiell.



Figur 15 : Eksempel på støyreduksjon ved skinnesliping (TGV - 300 km/t).

#### 6.2.2.2 Utdrag fra Jernbaneverkets regelverk, rifler og bølger

##### Definisjoner

Rifler og bølger er periodiske ujevnheter på skinnhodets overflate karakterisert ved bølgedannelser. Rifler og bølger er skadelige da de fremkaller vibrasjoner som virker nedbrytende på spor og rullende materiell, og senker komforten for passasjerene. Rifler og bølger medfører dessuten en økning i støynivået både i og utenfor tog.

Bølgedannelsene kan deles i 3 hovedgrupper:

- rifler
- korte bølger
- lange bølger

Rifler har bølgelengder på 30 - 80 mm og dybde opp til 0,5 mm. Forekommer hovedsaklig på rettlinje og i slake kurver.

Korte bølger har bølgelengder på 80 - 300 mm og dybde opp til 1,2 mm. Forekommer hovedsaklig på innerstreng i kurver med radius < 300 m.

Lange bølger har bølgelengder på 250 - 3000 mm og dybde opp til 5 mm.

#### Måling av rifler og bølger

Rifler og bølger skal måles ved hjelp av målevogn min. 1 gang i året på hovedstrekninger. Rifler og bølger kan også måles lokalt ved hjelp av linjal og målekile (spion) eller "elektronisk linjal".

#### Sliping og høvling

Sliping eller høvling av skinnene fjerner rifler og bølger, samtidig som skinnene reprofileres. Høvling skal bare anvendes på spor med sth < 120 km/h.

#### Vedlikeholdssliping

For å unngå nedbrytning av sporet bør det foretas sliping eller høvling av skinnene senest når bølgedybden er nådd grenseverdier som er gitt i tabell.

Tabell 14: Inngrepskriterier for sliping

Sth (km/h)	Trafikkbelastning (Mbrt/år)	Bølgedybde - korte bølger
> 160		0,06 med mer
130 ≤ v ≤ 160	≥ 4	0,06 med mer
	< 4	0,08 med mer
< 130	≥ 2	0,08 med mer
	< 2	0,15 med mer

#### Sliping av nye skinner

Ved å slipe bort glødeskall og andre ujevnheter på kjøreflaten til nye skinner forlenges initieringstiden for bølgedannelse og andre overflatedefekter.

På spor med sth > 130 km/h skal nye skinner slipes innen 1 år eller 5 Mbrt trafikkbelastning.

På spor med sth ≤ 130 km/h bør nye skinner slipes innen 1 år eller 5 Mbrt trafikkbelastning.

#### Tettbygde strøk/støyutsatte områder

Ved boligområder i tettbygd strøk med utendørs støynivå > 65 dB(A) skal sliping iverksettes når bølgedybden for korte bølger overstiger 0,05 mm.

### 6.2.2.3 Støysvake sporveksler

Sporveksler er ofte en støykilde for omgivelsene.

Skinnekrysset i sporvekslene bidrar til å øke støynivået, spesielt med tanke maksimalt støynivå. Kjøring gjennom sporvekslene forårsaker også vibrasjoner i grunnen.

I en konvensjonell sporveksel må det ene vognhullet kjøre over et "skinneløst" parti ved sporkrysset. Dette medfører støy og vibrasjoner. Mulig avbøtende tiltak vil være bytte av sporkryss til sporveksel med bevegelig kryss. Det "skinneløse" partiet unngås, slik at vognhullet alltid kjører på skinne.

Bevegelige kryss, hvor det "skinneløse" partiet unngås, reduserer støyen betydelig. Tiltaket medfører behov for innleggelse av nye drivmaskiner for de bevegelige kryssene i tillegg til endringer i det eksisterende styringssystemet.

### 6.2.2.4 Skinnestegsdempning

En vesentlig støykilde er lyavstråling fra skinner. Det er foretatt undersøkelser av ulike skinnetyper lydavstrålingsegenskaper, og det viser seg at UIC 60 skinner gjennomgående avstråler mer støy i forhold til f.eks UIC 54. Dette skyldes trolig størrelsen på skinnene. For å redusere støy fra skinnene er det foretatt forsøk med isolasjon i skinnesteg med strålingsminskende kledning. Dette er et tiltak som det er foretatt flere undersøkelser på i andre land/jernbanevirksomheter. Effekt av ulike materialtyper er noe usikker. JBV har foretatt undersøkelser og målinger på prøvestrekninger for å klarlegge effekt av et slikt tiltak, hvor bl.a. Magdamper, Edilon, RUB-line mv. ble testet.

Jernbaneverket har satt krav til om at funksjoner i forbindelse med fremføring av det rullende materiell og vedlikeholdsarbeider ikke skal forstyrres:

- Produktet skal lett kunne monteres på skinnene i sporet
- Komponentene må ha en utforming som tillater sporarbeider med pakkmaskiner uten at komponentene må demonteres
- Dynamisk belastning inkludert effekten av hjul/skinne ujevnheter, skinnefeste og fundamentering er avgjørende for lydavstrålingen.

De fleste typer skinnestegsisolasjon er effektive mot hylelyder i sporkurver.

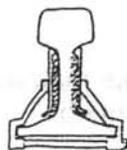


Figure 1

**System 1 Rub-line**

Heavy duty aluminum panels with rubber lining secured by aluminum clamps

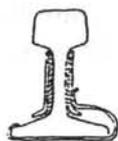


Figure 2

**System 2**

Light weight aluminum panels with rubber lining secured by steel springs

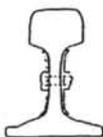


Figure 3

**System 3 by dBp**

Steel panels with visco-elastic lining bolted directly to the rail



Figure 5

**System 4, Magdamper**

Steel panels lined with magnetic rubber



Figure 6

**System 5, by Edilon**

Rail lined with polymer material

Figur 16 : Ulike skinnestegisolasjoner som er støytestet av SINTEF.

RUB-line viste seg å være lik støymessig, men noe rimeligere enn de øvrige typene isolasjoner. RUB-line består av følgende produkter :

- Gummiprofil som legges inn til skinnesteget på begge sider av skinnen
- Aluminiumsprofil som legges inn til gummibeleggene for beskyttelse på begge sider av skinnesteget
- Fjærende festeklemme i aluminium som trykker gummibelegget med aluminiumsprofilen mot skinnesteget
- Varmgalvanisert bolt som binder systemet sammen

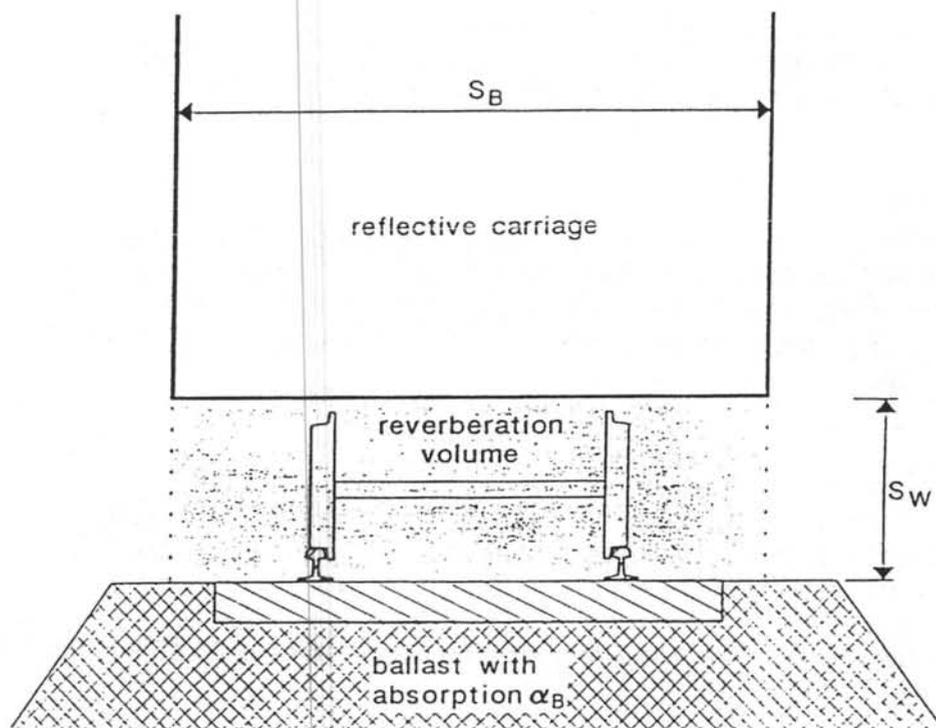
Priseksempel er oppgitt til:

RUB-line kr. 490 pr. spormeter  
Magdamper kr. 1700 pr. spormeter

## 6.2.2.5 Ballast- og svilletyper

Konvensjonell ballast regnes i beregningsammenheng som "myk" mark. Dette fordi overflaten i ballasten er ru og dermed virker spredende på lydavstråling. Det er foretatt forsøk med ulike ballastsammensetning, og funnet noe støyreduksjon ved ulike størrelse på sammensetningen av ballastmaterialet.

Det er også foretatt undersøkelser av støyavstråling fra ulike svilletyper. Enkelte målinger viser at betongsviller er noe mer støysvake enn tresviller.



Figur 17 : Ulik sammensetning av ballast, kornstørrelse mv., har vist seg å gi noe reduksjon i forhold til konvensjonell ballast.

## 6.2.2.5 Bruer / konstruksjoner

Støy fra jernbanebruer kan deles inn i to hovedstøybidrag:

- støy fra hjul/skinne og
- støy fra brukonstruksjonen

Brukonstruksjoner avgir støy i forbindelse med at konstruksjonene settes i svingninger ved togpasseringer. Støybildet fra hjul/skinne blir også annerledes enn på fri linje som følge av vibrasjoner i underlaget.

Målinger fra stålkonstruksjoner (merk: uten ballast) viser at støyen kan være 6 - 10 dBA høyere enn ved kjøring på ordinært spor.

Totalt er støybildet fra bruer mer lavfrekvent enn den "normale" togstøyen man opplever på fri linje. Det er også verdt å merke seg at lavfrekvent støy lettere går gjennom bygninger enn høyfrekvent støy. Lavfrekvent støy reduseres mest effektivt ved å øke massen i brukonstruksjonen. Bygging av en mere massiv konstruksjon, f.eks. betongtrau med pukkbullast vil kunne redusere støynivået.

### 6.2.3 Tiltak på materiell

#### 6.2.3.1 Vedlikehold av togmateriell, sliping/dreining av hjul

Det er store variasjoner i støynivået fra de ulike togtypene med de nye flyplasstogene i den ene enden av skalaen og godstog/eldre tog med lok i den andre enden. Nytt togmateriell vil i alle tilfeller være mer støysvakt enn dagens tog, her vil kravspesifikasjonene i forhold til støy være avgjørende. I lang tid framover vil imidlertid banen bli trafikkert av dagens tog. Det bør derfor vurderes om det er mulig å gjennomføre støydempende tiltak også på dette materialet. Det er viktig å huske at støyskjerming, fasadetiltak og tiltak i sporet bare kan ta sin del av støydempingen og at resultatet ikke blir optimalt før det gjennomføres tiltak på togmateriellet.

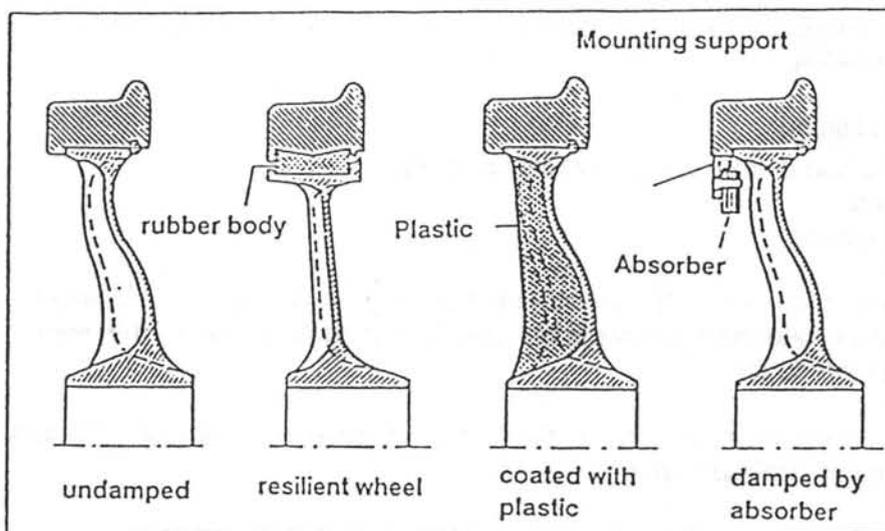
#### 6.2.3.2 Bremsesystemer

Utskifting av blokkbremses med skivebremses på passasjertog gir ca. 7 dB reduksjon i A-veid lydnivå når skinnetilstanden er god. Tilsvarende reduksjon kan oppnås med egnede klosser på klossbremses, bl.a. på godstog (materialtyper kompositt eller "sinter"), men disse kan gi andre problemer (endring i bremsekraft, kopperforurensning og overoppvarming av hjul).

#### 6.2.3.3 Støydempede hjul

Det er forsøkt med en del forskjellig materiale for å redusere støyen. F.eks elastiske hjul (gummi), skinne kledd i plastikk og hjul med absorbenter. Alle disse tre metodene har hatt gode støydempende effekter.

Kan være meget effektivt. Der hvor hvert hjul dempes med absorbenter vil 25 dB kunne oppnås.



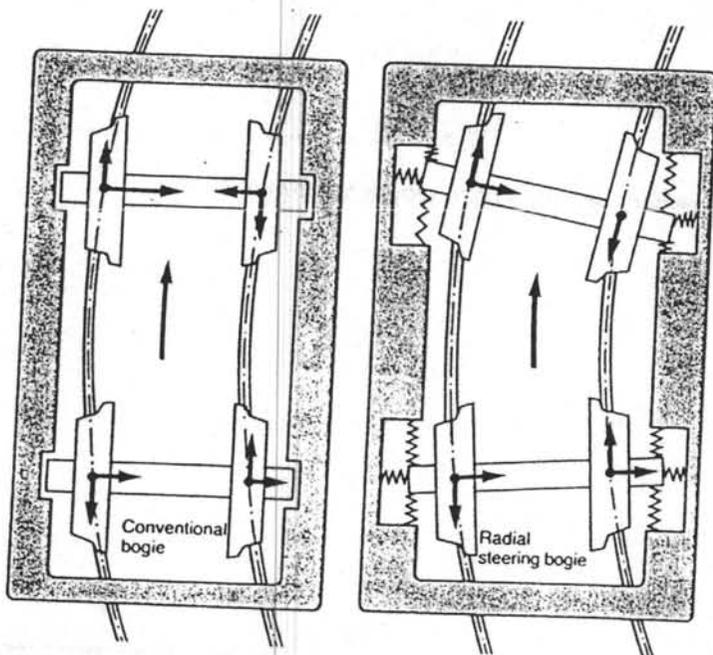
Figur 18 : Illustrasjon av ulike typer hjulabsorbenter.



## 6.2.3.4 Styrbare hjulsett:

Det er hjulenes gang gjennom kurven som forårsaker kurveskrik. Styrbare hjulsett, altså hjul som følger sporene bedre, har vist seg å være effektivt for å redusere kurveskrik.

Er effektivt både for slitasje på hjul og på skinne, og dermed også for støynivået.



Figur 19 : Styrbare hjulsett kontra konvensjonell boggie.

## 6.2.3.5 Krav til støy fra nye tog

Et viktig tiltak vil være å stille støykrav til de nye tog som skal trafikkere banene. Man opplever stadig strengere krav nye tog. Støyen fra de nye togene vil være lavere enn dagens tog til tross for at de nye togene vil holde en betydelig høyere hastighet.

Eksempel på krav til støy er beskrevet tidligere, se avsnitt 3.3.3 – 3.5.3.

## 6.3 Oppsummering, effekt av støytiltak

Tiltak	Fordeler	Ulemper	Effekt
Ledende hjulkonstruksjon	Effektivt		15
Kurveradier over R > 300 – 500 m	Målinger ikke nødvendig	Ikke alltid gjennomførbart	5 – 8
Vannbehandling	Effektivt, billig	Fryseproblemer vedlikeholdskrav	15
Kjemisk behandling (smøring) av skinneoverflaten	Effektivt, ikke fryseproblemer	Forurensning, spesialutstyr	15
Absorbent i hjul	Effektivt	Hvert hjul må behandles	25
Kombinasjon hjul-/skinnemateriale	Effektivt	Mangler erfaringer	5 – 10

Tabell 15 : Oppsummering av effekt (i støy nivå) av noen ulike støyreduserende tiltak.

Parameter	Parameter value for minimum noise level	Parameter value for maximum noise level	Level difference for min. and max. parameter value
Rail type	UIC 54 E	UIC 60	0.7 dB(A)
Static Pad Stiffness	$5 \cdot 10^9$ [N/m]	$10^8$ [N/m]	5.9 dB(A)
Pad Loss Factor	0.5	0.1	2.6 dB(A)
Sleeper type	Bi-bloc	Wooden	3.1 dB(A)
Sleeper distance	0.4 [m]	0.8 [m]	1.2 dB(A)
Ballast stiffness	$10^8$ [N/m]	$3 \cdot 10^7$ [N/m]	0.2 dB(A)
Ballast Loss Factor	2.0	0.5	0.2 dB(A)
Wheel offset	0 [m]	0.01 [m]	0.2 dB(A)
Rail offset	0 [m]	0.01 [m]	1.3 dB(A)
Wheel Roughness	Smoothest	Roughest	8.5 dB(A)
Roughness of uncorrugated rails	Smoothest	Roughest	0.7-3.9 dB(A)
Train Speed	80 [km/h]	160 [km/h]	9.4 dB(A)
Wheel load	125000 [kg]	5000 [kg]	1.1 dB(A)
Air temperature	10°C	30°C	0.2 dB(A)

Table I: Indicative parameter sensitivity on total rolling noise for conventional track systems.

Tabell 16 : Oppsummering av effekt (i støy nivå) av noen ulike støyreduserende tiltak.

Step	Technical solution	State of development		Noise reduction (dBA)			Effect on wheel squeal in curves
		Prototype	Industrial	Wheel emission	Rail emission	Overall emission	
1. Minimization of wheel/rail roughness	<b>Wheel :</b>	X	X			2 - 10	
	- appropriate material for brake-shoe, - removal of tread brakes, - appropriate slip-slide control system, - wheel grinding.		X X X			2 - 10 2 - 10 2 - 10	
	<b>Track :</b>						
	- rail grinding, - removal of rail joints.		X X			2 - 10 2 - 10	
2 - 3. Minimization of wheel and track acoustical radiation	<b>Wheel :</b>		X	1 - 6	-		
	- shape optimization,	X	X	1 - 6	-		
	- new wheel web material,	X	X	5 - 10	-		yes
	- addition of damping	X	X	4 - 6	0 - 3	0 - 6	yes
	- resilient wheel,	X	X	1 - 5	-		yes
	- screens on the web.	X	X				
	<b>Track :</b>						
- stiff and damped rail-pads,	X	X		1 - 6			
- addition of damping on the rail,	X			2 - 6			
- optimization of rail shape,	X			0 - 4			
- embedded rail,	X	X		0 - 4			
- sleeper optimization.	X			0 - 2			
4. Mitigation of sound propagation	<b>Wheel :</b>						
	- vehicle skirts,	X	X	2 - 6		0 - 4	
	- absorbing platform,	X	X			0 - 3	
	- rail screen,	X				0 - 3	
- rail screen + vehicle skirts	X				5 - 8		

Table 1 : solutions for rolling noise control and acoustical gain in dBA

Tabell 17 : Oppsummering av effekt (i støynivå) av noen ulike støyreducerende tiltak.

---

**Referanser**

SAVOIR COURSE, Noise and vibration from railway transport systems, Lecture notes 07.-11.10.96, Bilbao, Spain.

Lysisolering, støy og vibrasjoner, Temasett - Byggforskserien, Norges byggforskningsinstitutt, versjon 1998.

Journal of sound and vibration, Fifth international workshop on tracked transit system noise, 1995, Voss, Norway.

6. IWRN, International workshop on railway noise, 1998, Ile des Embiez, France 04.-06.11.98.

Helseeffekter av vegtrafikkstøy, Vegdirektoratet og Helsedirektoratet, 1991.

Vibrasjonsdempende tiltak under eksisterende bane, Norges Geotekniske Institutt, NGI, februar 1997.

Gardermobanen, Støyoverføring fra skinnegang til boliger over tunnel, Brekke & Strand akustikk as, 1993.

Støyhåndbok for saksbehandling i kommunene, SFT 1990.

Sammenfatning av støydata (SEL) fra norske tog med elektrisk drift, KILDE Akustikk, notat N459, 1994.

Railway Noise Research, summary of activities since 1990, ERRI oktober 1998.

Noise barriers: State of the art, Euroecran, NS november 1995.

Railway Traffic Noise, Nordic Prediction Method, TemaNord 1996:524, Nordic Council of Ministers.

Nordisk beregningsmetode for jernbanestøy, NoMeT, KILDE akustikk as, rapport 772, desember 1996.

Kravspesifikasjon til norske togtyper, NSB (El.18, Di8, BM71, BM72, BM73, BM93).

**Vedlegg**

- 1 **Begreper støy, strukturlyd og vibrasjoner**
- 2 **Oversikt over togtyper i Norge**
- 3 **Trafikkdata, togmeter på det norske banenettet 1999 (basert på R99.1)**
- 4 **Togtypekorreksjoner for svenske, danske og finske tog**

## Vedlegg 1

### Begreper støy, samt strukturlyd og vibrasjoner

#### Lyd

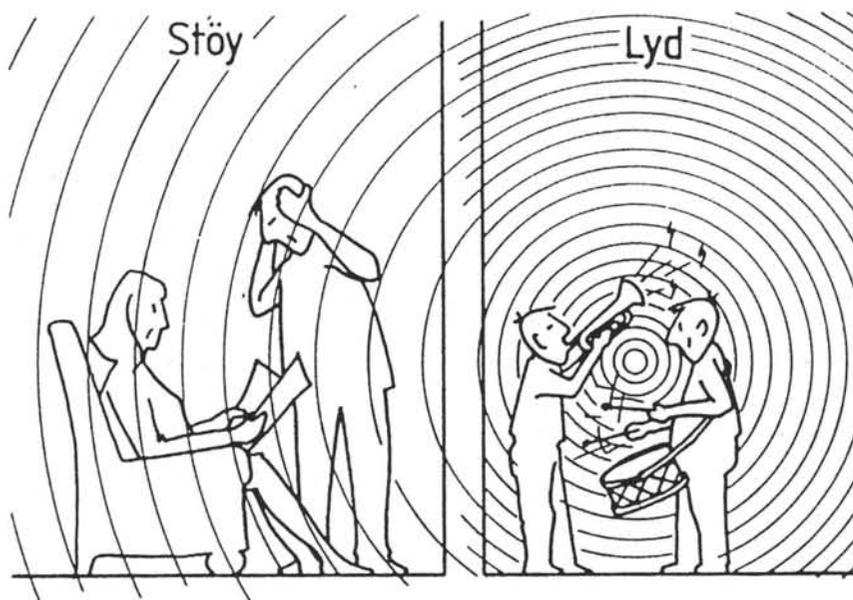
Lyd er trykkbølger / svingninger i luften som øret oppfatter (enhet:  $N/m^2$  eller Pa). Øret er følsomt og oppfatter lyd over et stort frekvensspekter. Frekvensen (antall svingninger pr. sekund = Hz) gir:

- lyd ved raske svingninger (diskant)
- lyd ved færre svingninger (bass)
- frekvensen måles i Hertz (Hz)
- øret oppfatter normalt svingninger mellom ca. 20 og 20.000 Hz

Lyd er den delen av hørselsinntrykket vi ønsker

#### Støy - uønsket lyd

Skillet på lyd og støy går på oppfatningen hos det enkelte menneske (forhold som innstilling, alder, jobbsituasjon, etc.). Støy er den delen av hørselsinntrykket vi ikke ønsker. Støy ønskes begrenset i størst mulig grad.



#### Vibrasjoner

Lavfrekvente svingninger kan ved gitte grunnforhold opptre som følbare vibrasjoner.

#### Strukturlyd

Vibrasjoner i golv, vegger og tak vil også avstråle lyd. Denne støyen kalles strukturoverført støy eller bare strukturlyd.

Både strukturlyd og vibrasjoner er mest utpreget ved lave frekvenser, dvs. under 100 Hz, mens luftlyd gjør seg gjeldende over hele spekteret mellom 20 og 20.000 Hz.

## Lydbegreper

Støykilder angis ved frekvensavhengige lydeffektnivåer i dB, eller A-veid lydeffektnivå i dB(A). Disse verdiene danner grunnlaget for å vurdere / sammenligne kilder, og grunnlaget for å beregne lydnivåer ute og inne i rom. Lydnivåene er avhengig av kildens lydeffektnivå, avstand til kilden, terreng, lydreduserende elementer, bygningskonstruksjoner, samt etterklangstid og volum i rom.

## Desibel

Lydtrykknivåer er frekvensavhengige verdier for støyens styrke målt i dB. En praktisk håndtering etter logaritmisk skala gir:

- laveste hørbare lyden satt til	0	dB
- smertegrensen satt til	120	"
- momentan varig hørselsskade og smerte,	150	"

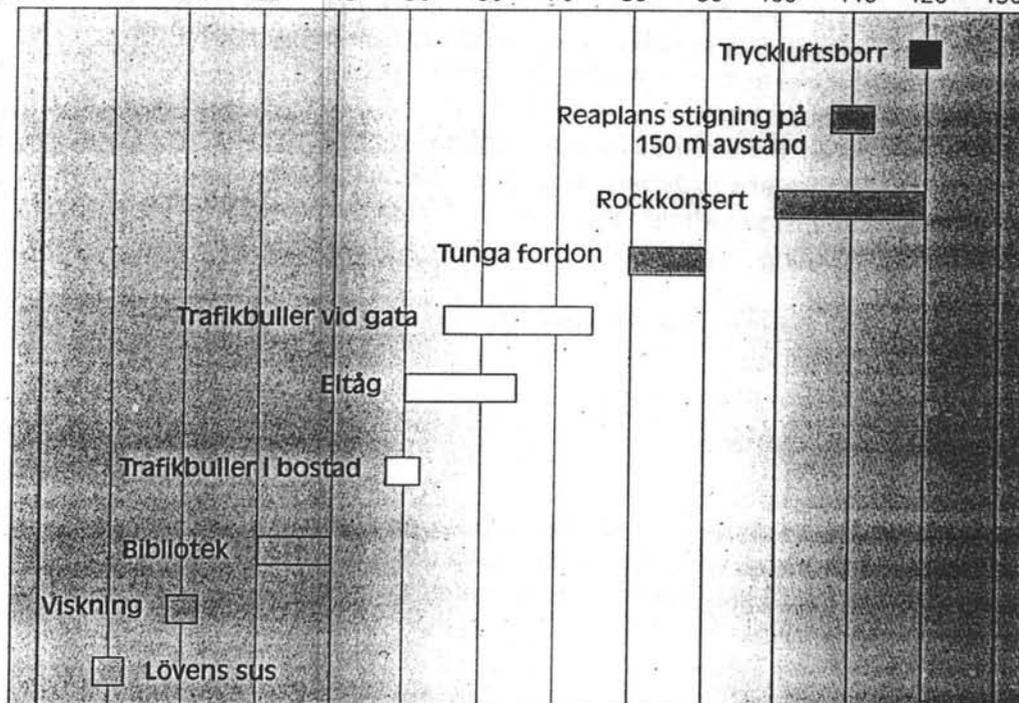
En økning i lydstyrken på 10 dB vil av mennesker bli oppfattet som en tilnærmet dobling. Forskjellen må være ca. 3 dB før øret vil registrere en klar forandring. En økning på 3 dB betyr ofte en fordobling av antall tog.

## dB(A)

Lydnivået i dB(A) er et mål for støyens styrke når lydtrykknivåene er tilpasset ørets følsomhet, såkalt veid etter A-veiekurve. A-veieing har sin bakgrunn i at øret er mest følsomt for lyd ved frekvenser omkring 1000 Hz.

Bullrets styrka

dBA 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130



Hørtröskel

Smärtröskel ca 130 dBA



## Støynivåer , ekvivalent- og maksimalnivå

I tillegg til frekvens og lydstyrke har det stor betydning når og hvor ofte støy forekommer. Ved fastsettelse av grenseverdier og kriterier for tiltak benyttes ofte ekvivalent støynivå over en periode som grunnlag. I tillegg kan maksimalt støynivå og antall støyhendelser inngå som grunnlag for bestemmelse av støyforholdene og omfang av de støyreducerende tiltak.

### Ekvivalent støynivå, $L_{ekv}$

Ekvivalent nivå er definert som det gjennomsnittlige støynivå over en gitt tid, f.eks. et døgn.

*Energiequivaleant støynivå, forkortes  $L_{ekv}$ .*

Døgnequivaleant nivå er i dag det mest brukte støymålet i forbindelse med støy fra veg- og jernbanetraffikk. Døgnequivaleant støynivå er mye brukt i internasjonale lover og forskrifter som regulerer støy.

Døgnequivaleant støynivå (A - veid) for jernbanetraffikk beregnes ved :

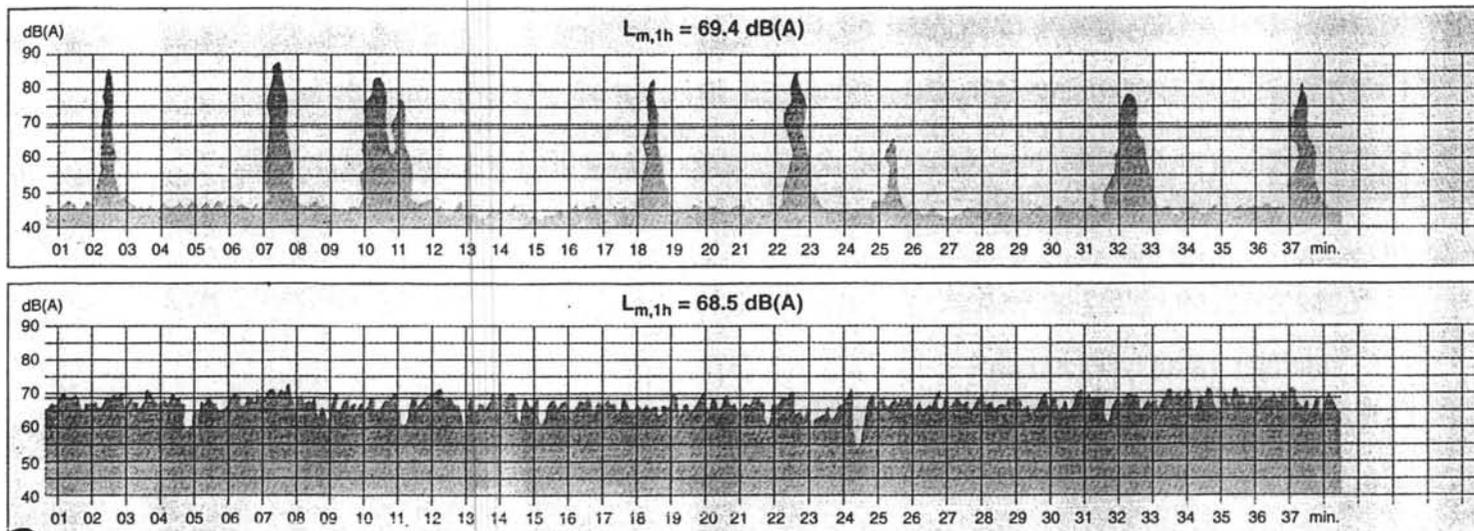
$$L_{Aekv24} = L_{ref} + \Delta L_c + \Delta L_\alpha + \Delta L_f + \Delta L \quad \text{dBA}$$

- Referanseverdi: a-veid døgnequivaleant støynivå i referanseposisjon 10 m fra spormidtd med togtypekorreksjon null,  $L_{ref0}$ .
- Verdien bestemmes når kjørefart og trafikkmengde er kjent, og gjelder for togtypekorreksjon = 0 dB. Det forutsettes helseveist spor på betongsviller og vanlig pukkballed (regnet som myk mark). Trafikkmengden uttrykkes som totalt passerende toglengthe pr. døgn.
- Togtype-korreksjon,  $\Delta L_t$ , bestemmes for hver togtype
- Summasjon av bidrag fra alle togtyper, og gir sum referanseverdi,  $L_{ref}$ .
- Korreksjon for banemessige forhold,  $\Delta L_c$ .
- Korreksjon for delstrekning,  $\Delta L_\alpha$ .
- Fasadekorreksjon,  $\Delta L_f$ .
- Lydnivåreduksjon,  $\Delta L$ , mellom referanseposisjon og regneposisjon bestemmes for relevant geometri.

### Maksimalt støynivå, $L_{max}$

Maksimalt støynivå er et mål på de høyeste støytoppene. Dette er uavhengig av trafikkmengden. Tilfeldige og lite representative topper kan ofte bli medregnet i støyberegningene ved maksimalt støynivå. Det er imidlertid ikke alltid like relevant, f.eks. for å vurdere virkning på søvn.





Figur: Det øverste diagrammet er et eksempel på støy ved en jernbanelinje. Det er høye støytopper hver gang et tog passerer, men i lange perioder er det forholdsvis stille.

Det nederste diagrammet viser støy fra en trafikkert vei med forholdsvis høy, nesten kontinuerlig støy. Gjennomsnittlig støynivå blir likevel lavere enn i jernbaneeksemplet.

### Summering av flere støykilder ved logaritmisk skala

Hvis man skal summere flere støykilder (for eksempel flere tog) brukes logaritmisk skala. Man finner først differansen mellom nivåene, og legger deretter til verdien gitt i tabell under til det største nivået. Skal man finne samlet nivå fra tre delbidrag, starter man med de to minste verdiene og summerer disse som angitt over.

Deretter tar man den nye verdien og summerer på tilsvarende måte med det tredje delbidraget.

Differanse mellom delbidrag	0 - 1	2 - 3	4 - 9	> 9
Tillegg til største bidrag	3	2	1	0

**Eks. 1**      Støykilde A + støykilde B  
 56 dB(A) + 58 dB(A)                      = 60 dB(A)

Forklaring: Vi skal summerer nivåene 56 dB og 58 dB. Differansen er 2 dB og tillegget blir 2 dB. Samlet støynivå blir da 58 + 2 dB = 60 dB.

Eks. 2 Støykilde A + støykilde B + støykilde C

$$56 \text{ dB(A)} + 58 \text{ dB(A)} + 59 \text{ dB(A)} = 63 \text{ dB(A)}$$

Forklaring: Vi skal summerer nivåene 56 dB, 58 dB og 59 dB. Vi starter med de to laveste verdiene: 56 dB og 58 dB. Differansen er 2 dB, tillegget og ny verdi blir 60 dB. Differansen mellom den nye verdien og den siste som er 59 dB, blir 1 dB. Tillegget blir 3 dB og samlet nivå blir 60 dB + 3 dB = 63 dB.

### Absorpsjon og refleksjon av lyd

Lydstråler fra en lydkilde kan:

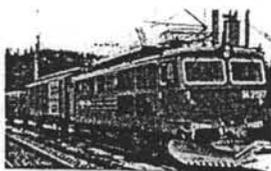
- Reflekteres (fra akustisk harde flater)
- Absorberes (av akustisk myke flater)
- Spre (av hjørner og skarpe kanter og ujevne flater)

Absorpsjonsfaktor,  $a$ , gir uttrykk for om et materiale er akustisk hardt eller mykt:

- Absorpsjon: når lydstråler treffer et akustisk mykt materiale,  $a = 1,0$  tilsvarer 100 % absorpsjon
- Refleksjon: når lydstråler treffer et akustisk hardt materiale,  $a = 0$  tilsvarer 0 % absorpsjon

## Vedlegg 2

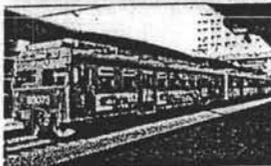
## Oversikt over togtyper i Norge



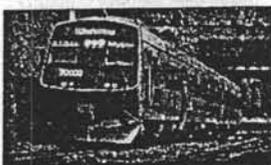
**El.14** - Brukes i mindre og store person- og godstog  
Byggeår: 1968 - 73, Antall: 31  
Største hastighet: 120 km/t  
(El.13/El. 11 - Delvis utrangerte tog, brukes noe i mindre person- og godstog  
Byggeår:1951-66, Største hast.:100 km/t)



**El. 16 / El. 17** - Brukes i store person- og godstog  
Byggeår: 1977 - 84 (El.16), 1981 - 87 (El.17)  
Antall: 17 (El. 16), 12 (El.17)  
Største hastighet: 140 km/t / 150 km/t



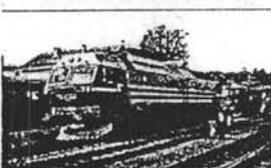
**BM-69** - Brukes i lokaltrafikken  
Byggeår: 1970 - 93  
Antall: 80  
Største hastighet: 130 km/t



**BM-70** - Brukes i Inter-City-trafikken  
Byggeår: 1992 - 93  
Antall: 9  
Største hastighet: 160 km/t



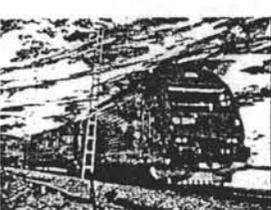
**Di3** - Dieselelektrisk lokomotiv, brukes i gods- og persontog  
Byggeår: 1954 - 69  
Antall: 34  
Største hastighet: 100 km/t



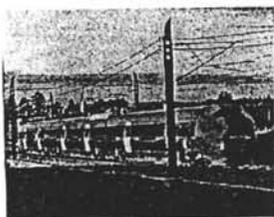
**Di4** - Dieselelektrisk lokomotiv, brukes i gods- og persontog  
Byggeår: 1980  
Antall: 5  
Største hastighet: 140 km/t



**BM-92** - Dieselelektrisk motorvognsett, brukes i mellomdistansetraffikk, hovedsak på ikke-elektrifiserte baner  
Byggeår: 1984 - 85  
Antall: 15  
Største hastighet: 140 km/t



**El.18** - Brukes i store person- og godstog  
Byggeår: 1994 - 96  
Antall: 22  
Største hastighet: 160 km/t



**BM-71** - Flytoget, brukes i pendel Asker - Oslo - Gardermoen  
Byggeår: 1996 - 98  
Antall: 16  
Største hastighet: 210 km/t



**BM 72** - Skal brukes i lokaltrafikken  
Byggeår: 1998 - 2001  
Antall: 36 stk. bestilt (opsjon 2 x 20)  
Største hastighet: 160 km/t



**BM-93** - Dieselelektrisk motorvognsett, skal brukes i mellomdistansetraffikk, hovedsak på ikke-elektrifiserte baner  
Byggeår: 1998 - 2000  
Antall: 11 stk. bestilt  
Største hastighet: 140 km/t



NSB BA har undertegnet kontrakt med AdTranz om kjøp av 16 sett. NSB har dermed benyttet seg av opsjonen i flytogkontrakten.

SIDE 2

**BM 73** - Skal brukes i fjerntog-trafikken / "krengetogstrekninger"  
Byggeår: 1998 - 2001  
Antall: 16 stk. bestilt  
Største hastighet: 160/210 km/t (?)

## Vedlegg 3

## Trafikkdata, togmeter på det norske banenettet 1999 (basert på R99.1)

TOGMETER PR. DØGN PR TOGTYPE								
STREKNING	PERSONTOG						GODSTOG	
	BM69	BM70	EL. LOK	DIESEL LOK	BM92	GMB	EL. LOK	DIESEL LOK
<b>Drammensbanen</b>								
Oslo S - Skøyen	26050	4450	6400			8580	7100	
Skøyen - Sandvika	14100	4450	6400			8580	8700	
Sandvika - Asker	14100	4450	6400			8580	8700	
Asker - Drammen	3300	4450	6400				8700	
<b>Vestfoldbanen</b>								
Drammen - Skoppum		4450	2230				1500	
Skoppum - Tønsberg		4450	2230				1000	
Tønsberg - Sandefjord		4450	2230				1000	
Sandefjord - Larvik		3280	1650				1000	
Larvik - Skien		3030	1520				1000	
<b>Sørlandsbanen</b>								
Drammen - Sundland	5360		3640				9500	
Sundland - Hokksund	2560		3640				8400	
Hokksund - Vestfossen	2270		2410				4300	
Vestfossen - Kongsberg	2270		2410				4300	
Kongsberg - Nordagutu	240		2410				4300	
Nordagutu - Bø	240		2410				4300	
Bø - Nelaug			2340				3700	
Nelaug - Dalane			2340				3700	
Dalane - Kr.sand			2340				3700	
Kr.sand - Sira			2340				3700	
Sira - Egersund			1830				3700	
Egersund - Vigrestad	2340		1830				3700	
Vigrestad - Bryne	2430		1830				3700	
Bryne - Sandnes	2650		1830				3700	
Sandnes - Stavanger	3480		1830				3700	
<b>Bratsbergbanen</b>								
Notodden - Hjuksebo			830				600	
Nordagutu - Skien			830				100	
<b>Randsfjordbanen</b>								
Hokksund - Vikersund	870		1800				4100	
Vikersund - Hønefoss	580		1800				4100	
Hønefoss - Hen							4100	
<b>Bergensbanen</b>								
Roa - Grindvoll	140		140				3400	
Grindvoll - Hønefoss	140		140				3400	
Hønefoss - Sokna			1940				4500	
Sokna - Ål			1940				4500	
Ål - Geilo			1940				4000	
Geilo - Myrdal			1940				4000	
Myrdal - Voss	360		1940				4000	
Voss - Arna	800		1940				4000	
Arna - Bergen	3340		1940				4000	
<b>Gjøvikbanen</b>								
Gamlebyen/bryn - Grefsen	3000		1800				3000	
Alnabru-Grefsen(godsspor)			1800				3000	
Grefsen - Hakadal	3000		1800				3000	
Hakadal - Roa	2160		1800				3000	
Roa - Jaren	1360		1660				500	
Jaren - Gjøvik			1690				500	(Dokka)

STREKNING	PERSONTOG						GODSTOG	
	BM69	BM70	EL. LOK	DIESEL LOK	BM92	GMB	EL. LOK	DIESEL LOK
<b>Hovedbanen (Dovrebanen)</b>								
Oslo S - Gamlebyen/bryn	14360	2940	3900			13990	7100	
Gamlebyen/bryn - Alnabru	14360	2940	3900			13990	7500	
Loenga-Alnabru(godsspor)							10250	
Alnabru - Lillestrøm	14360	2940	3900			13990	17500	
Lillestrøm - Eidsvoll	3060						9100	
Eidsvoll - Hamar		2940	2770				9100	
Hamar - Lillehamar		2430	2520				8000	
Lillehamar - Otta		800	1660				6900	
Otta - Dombås		600	1570				6900	
Dombås - Oppdal			1580				6200	
Oppdal - Støren			1580	210	200		6200	
Støren - Søberg			1580	210	390		6200	400
Søberg - Heimdal			1580	210	1000		6200	400
Heimdal - Marienborg			1580	210	1050		6200	400
Marienborg - Trondheim			1580		1160		6200	400
<b>Gardermobanen</b>								
Etterstad - Lillestrøm		2940	2770			13990		
Lillestrøm - Gardermoen		2940	2770			13990		
Gardermoen - Eidsvoll		2940	2770					
<b>Kongsvingerbanen</b>								
Lillestrøm - Årnes	3230		1140				6500	
Årnes - Kongsvinger	2240		1140				6500	
Kongsvinger - Riksgr.	660		1140				4500	
<b>Solørbanen</b>								
Kongsvinger - Elverum								1500
<b>Rørosbanen</b>								
Hamar - Elverum					730			700
Elverum - Rena					730			700
Rena - Koppang					440			400
Koppang - Røros					270			400
Røros - Støren				200	100			
<b>Nordlandsbanen</b>								
Trondheim - Hell				1680	2190			4800
Hell - Stjørdal				880	2000			4500
Stjørdal - Skatval				880	1320			4500
Skatval - Levanger				880	1100			4500
Levanger - Steinkjer				880	1100			3900
Steinkjer - Grong				880				3100
Grong - Mosjøen				880				2400
Mosjøen - Mo i Rana				940				2400
Mo i Rana - Ørtfjell				860				3600
Ørtfjell - Fauske				860				2100
Fauske - Bodø				860				2100
<b>Meråkerbanen</b>								
Hell - Storlien					200			1630
<b>Oftobanen</b>								
Narvik - Vassijaure			670				16000	

STREKNING	PERSONTOG						GODSTOG	
	BM69	BM70	EL. LOK	DIESEL LOK	BM92	GMB	EL. LOK	DIESEL LOK
<b><u>Østfoldbanen (v.l.)</u></b>								
Oslo S - Kolbotn	14360	2200	1740				10100	
Kolbotn - Ski	14360	2200	1740				10100	
Ski - Moss	4230	2200	1740				9800	
Moss - Rolføy	290	2200	1740				7600	
Rolføy - Sarpsborg	290	2200	1740				7300	
Sarpsborg - Halden		2200	1740				7000	
Halden - Kornsjø			640				5500	
<b><u>Østfoldbanen (ø.l.)</u></b>								
Ski - Mysen	2760						370	
Mysen - Sarpsborg	140						370	
<b><u>Spikkestadlinjen</u></b>								
Asker - Spikkestad	3890							
<b><u>Arendalslinjen</u></b>								
Nelaug - Arendal					730			
<b><u>Flåmsbanen</u></b>								
Myrdal - Flåm	510							
<b><u>Raumabanen</u></b>								
Dombås - Åndalsnes				800				1500

## Vedlegg 4

## IKKE FULLSTENDIG .....

## Togtypekorreksjoner for noen svenske, danske og finske tog

## Svenske tog

Under er gitt korreksjonsverdier for svenske tog basert på resultatene fra omfattende målinger som ble utført av SP 1993 ved ulike baner i Sverige. Bandeler med helsveist spor (SJ 50 / UIC 60) og betongsviller.

Der det er gitt togtypekorreksjoner for eksisterende togmateriell, er måledata lagt inn i togdatabasen i edb-programmet basert på Nordisk beregningsmetode for togstøy, Nordisk Ministerråd, 1996.

Togtype	Togtypekorreksjon LA <sub>eq</sub>
X2	- 8 dB
Motorvogner X10, X12	- 7 dB
Fjerntog med Rc-lok.	- 4 dB
Motorvogn Y2 (Diesel)	- 3 dB *
Godstog (el.)	0 dB
Godstog (diesel)	0 dB

\* På grunn av fåtall målinger med begrenset hastighetsområde tilskrives togtypen en mindre korreksjonsnivå.

## KILDE:

"Buller och vibrationer från spårburen linjetrafik", rapport BVPO 724.001, Banverket/Naturvårdsverket (1994).

"Nordisk Beregningsmetode for Togstøy", Nordisk Ministerråd Støygruppe, 1996.

## Danske tog

Under er gitt korreksjonsverdier for danske tog basert på resultatene fra omfattende målinger som ble utført av Banestyrelsen, Rådgivning - Måleteknik (1993 – 97). Det er gitt ulike togtypekorreksjoner for ulike banekvaliteter. Klasse 0 og 1 tilsvarer ..., mens klasse 2 og 3 tilsvarer ....

Togtype	Togtype- korreksjon, Klasse 0 og 1	Togtype- korreksjon, klasse 2 og 3
Godstog (100 km/t)	-4 dB	0 dB
Lok.+ Bn-vogner (140 km/t)	- 5 dB	0 dB
MR (100 km/t)	- 8 dB	- 1 dB
IC3 / ER (140 km/t)	- 12 dB	- 2 dB
Dieseltog, gods		



S-tog		

**KILDE:**

"Støy og vibrasjoner og vedlikehold", rapport nr. M009-98, 07.08.98, Banestyrelsen Rådgivning.

**Finske tog**

Under er gitt korreksjonsverdier for finske tog basert på resultatene fra målinger utført av VTT ved ulike baner i Danmark. Målingene er foretatt på både tresviller og betongsviller.

Der det er gitt togtypekorreksjoner for eksisterende togmateriell, er måledata lagt inn i togdatabasen i edb-programmet basert på Nordisk beregningsmetode for togstøy, Nordisk Ministerråd, 1996.

Togtype	Togtype- korreksjon, Klasse 0 og 1	Togtype- korreksjon, Klasse 2 og 3
F - godstog (finske vogner)		
R - godstog (russiske vogner)		
Sm (lokaltog Sm1/Sm2)		
Sr 1 + vogner		
Sr 2 (tilsv. El 18) + vogner		
Pendolino		
Dieseltog, gods		

KILDE: "Nordisk Beregningsmetode for Togstøy", Nordisk Ministerråd Støygruppe, 1996.

27. 11. 2000



Jernbaneverket  
Biblioteket

JBV



09TU08234

104124