



Måling af trafikstøj fra vejbelægninger på M10 ved Solrød



Vejteknisk Institut
Eksternt notat 21
2004

Vejdirektoratet
Guldalderen 12
Postboks 235
2640 Hedehusene
Tlf.: 4630 7000
Fax.: 4630 7105

Titel	Måling af trafikstøj fra vejbelægninger på M10 ved Solrød
Dato	22. december 2004
Forfattere	Bent Andersen, Hans Bendtsen, Bjarne Schmidt, Carsten Bredahl Nielsen
Udgiver	Vejdirektoratet, Vejteknisk Institut
ISSN net	1395-5530
ISBN net	87-91177-51-0
Foto	Hans Bendtsen

Eftertryk i uddrag er tilladt med kildeangivelse.

Trykte publikationer kan købes hos:

Schultz Information

Herstedvang 4

2620 Albertslund

schultz@schultz.dk

Telefon 4322 7300

Fax 4363 1969



Måling af trafikstøj fra vejbelægninger på M10 ved Solrød

Bent Andersen
Hans Bendtsen
Bjarne Schmidt
Carsten Bredahl Nielsen

Vejteknisk Institut
Eksternt notat 21
2004

Indholdsfortegnelse

1. Sammenfatning.....	3
2. Indledning	4
3. Forsøgsbelæggningerne	6
4. Måleudstyr og procedure	11
4.1 Udstyr	11
4.2 Procedure.....	11
5. Målebetingelser	14
6. Resultater af støjmålinger (SPB)	19
7. Resultater af støjmålinger (CPX)	25
8. Resultater af tekstur- og friktionmålinger	28
9. Konklusion	30
10. Referencer	32

1. Sammenfatning

Vejdirektoratet gennemfører et forsøg med støjdæmpende tyndlagsbelægninger på en strækning på Køge Bugt Motorvejen (M10) ved Solrød. Formålet med forsøget er at dokumentere den støjdæmpende virkning og på længere sigt belægningernes levetid. I sommeren 2004 blev der udlagt 5 strækninger med forskellige belægninger, herunder en referencebelægning. Vejdirektoratet/Vejteknisk Institut har i sidste del af 2004 foretaget en serie detaljerede støjmålinger, da disse belægninger var nogle måneder gamle. Målingerne er udført efter af den såkaldte "SPB" målemetode (Statistical Pass-By method), som er den internationale standard for måling af trafikstøj på vejbelægninger. Desuden har Vejteknisk Institut fået foretaget en serie målinger med anvendelse af den såkaldte "CPX" målemetode (Close Proximity method). For også at beskrive belægningernes overfladetekstur har Vejteknisk Institut foretaget detaljerede teksturmålinger med laserudstyr på de 5 forsøgsbelægninger. Endelig er belægningernes friktion målt.

De gennemførte SPB støjmålinger anvendes til at vurdere støjdæmpningen for de 4 forsøgsbelægninger i forhold til referencebelægningen, da disse giver detaljerede og pålidelige resultater. Benyttes den faktiske fordeling af trafikken, som den indgik i støjkortlægningen for M10 ved Solrød med 90 % personbiler, 5 % toakslede og 5 % flerakslede lastbiler, fås for forsøgsbelægningerne de i tabellen herunder angivne værdier af det modificerede SPB indeks ($SPBI_{M10}$).

	AB11t	SMA8ln	Microville 8	TB8k	SMA6+
$SPBI_{M10}$	84,0	83,2	81,2	81,8	82,6
Forskel re. AB11t [dB]	0	-0,8	-2,8	-2,2	-1,4

Modificeret SPB indeks og forskel i forhold til referencebelægningen for hver belægningstype for den aktuelle trafikfordeling ($SPBI_{M10}$ i dB re 20 μ Pa).

I tabellen er dæmpningen af støjen fra forsøgsbelægningerne i forhold til støjen fra referencebelægningen også angivet. Det ses, at der i forhold til referencebelægningen er målt en dæmpning af SBP indekset for forsøgsbelægningerne på 1 til knap 3 dB. På de to skærvemastiksbelægninger var dæmpningen ca. 1 dB, mens den på de andre to tyndlagsbelægninger (TB8k og Microville 8) var 2 – 3 dB.

Målingerne af belægningernes tekstur, repræsenteret ved MPD, viser at MPD tallet for strækningerne med SMA LN8, Microville 8 og TB8k alle ligger på et niveau omkring 0,9 mm, og at disse værdier er væsentligt større end MPD tallene for referencebelægningen og for SMA 6+ på 0,4 – 0,5 mm. For alle belægningerne opfylder friktionsværdierne kravene i vejreglerne og både teksturen (udtrykt ved MPD tallene) og friktionsværdierne er ensartede i belægningernes længderetning.

2. Indledning

Vejdirektoratet gennemfører et forsøg med støjdæmpende tyndlagsbelægninger på en strækning på Køge Bugt Motorvejen (M10) ved Solrød. Formålet med forsøget er at dokumentere den støjdæmpende virkning og på længere sigt belægningernes levetid og støjdæmpningens varighed. I sommeren 2004 blev der udlagt 5 strækninger med forskellige belægninger herunder en referencebelægning.

Vejdirektoratet/Vejteknisk Institut har i sidste del af 2004 gennemført et tværfagligt måleprogram med det formål at beskrive vejtrafikstøjen fra belægningerne og belægningernes fysiske struktur i overfladen, som er bestemmende for støjen. For at undersøge belægningerne i et trafiksikkerhedsperspektiv er friktionen ligeledes målt. Målingerne er gennemført da belægningerne var 2 til 5 måneder gamle og repræsenterer således en beskrivelse af belægningerne i år 0.

Følgende målinger er gennemført:

- Der er foretaget en serie detaljerede støjmålinger i vejsiden med anvendelse af den såkaldte ”SPB” målemetode (Statistical Pass-By method) [2], som er den internationale standardiserede metode til at bestemme forskellige vejbelægningers indflydelse på trafikstøjen. Da målingerne foretages i en afstand på kun 7,5 m fra midten af højre vognbane påvirkes lydudbredelsen ikke af vejret.
- Der er foretaget en serie målinger med anvendelse af den såkaldte ”CPX” målemetode (Close Proximity method) [6], hvor en måletrailer kører over belægningerne. Disse målinger blev gennemført af det hollandske firma DGMR.
- Belægningernes overfladetekstur er målt med Vejteknisk Instituts laserudstyr.
- Belægningernes friktion er målt med Vejteknisk Institut friktionsmåler (ROAR).

I dette måletekniske notat dokumenteres SPB målingerne og resultaterne præsenteres. Desuden foretages der en kortfattet præsentation af resultaterne af CPX målingerne samt af målingerne af belægningernes tekstur og friktion.

Vejdirektoratet har ligeledes rekvireret firmaet Delta til at foretage akkrediterede målinger af støjen ved 6 udvalgte målepositioner inde i de nærliggende boligområder. Målingerne er gennemført efter ”Vejledning i måling af støj fra vejtrafik” fra Miljøstyrelsen og Vejdirektoratet, [5]. Disse målinger er foretaget i afstande på omkring 100 til 300 m fra motorvejen. På så store afstande er måleresultaterne meget afhængige af vejrforholdene, især af vindens hastighed og retning. Vejtrafikstøjen inde i bebyggelsen er påvirket af støjudsendelsen fra en lang strækning af vejen, og disse resultater er således ikke egnet til at vurdere støjen fra de enkelte forsøgsbelægninger. Resultaterne af målinger før ombygningen er rapporteret i en selvstændig rapport fra DELTA [4] og behandles derfor ikke i nærværende notat.

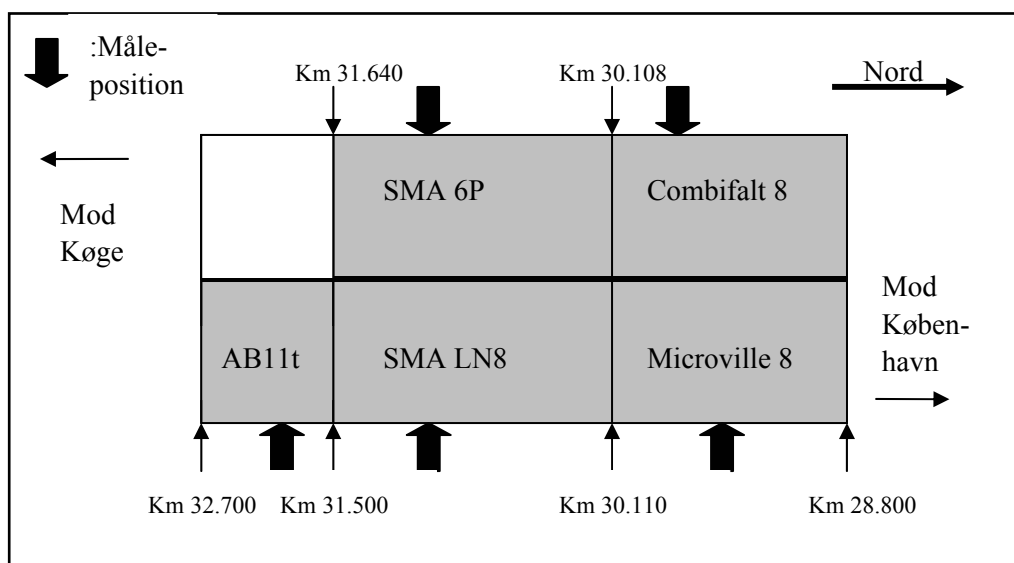
Det er planen at undersøge om belægningernes egenskaber ændres med tiden. Vejteknisk Institut vil således også i 2006 og 2007 foretage SPB målinger af vejtrafikstøjen

fra belægningerne, detaljerede teksturmålinger og målinger af friktionen. Disse målinger planlægges udført som led i Vejteknisk Instituts samarbejde med det hollandske vejdirektorat DWW.

Dette eksterne notat er udarbejdet af Bent Andersen, Hans Bendtsen, Bjarne Schmidt og Carsten Bredal Nielsen fra Vejdirektoratet/Vejteknisk Institut.

3. Forsøgsbelæggningerne

Forsøgsbelæggningerne er udlagt på Køge Bugt Motorvejen (M10) ved Solrød på strækningen fra km 28.800 til km 32.700. Placeringen af forsøgsbelæggningerne fremgår af *figur 1*. På denne strækning har motorvejen 3 spor i hver retning. Desuden er der nødspor i begge vejsider – se også *figur 2*. Årsdøgntrafikken er omkring 80.000 og den maksimalt tilladte hastighed er for personbiler 110 km/h.



Figur 1. Skitse over placeringen af forsøgsbelæggningerne på Køge Bugt motorvejen (M10) ved Solrød. Den præcise placering af målepositionerne fremgår af tabel 3.

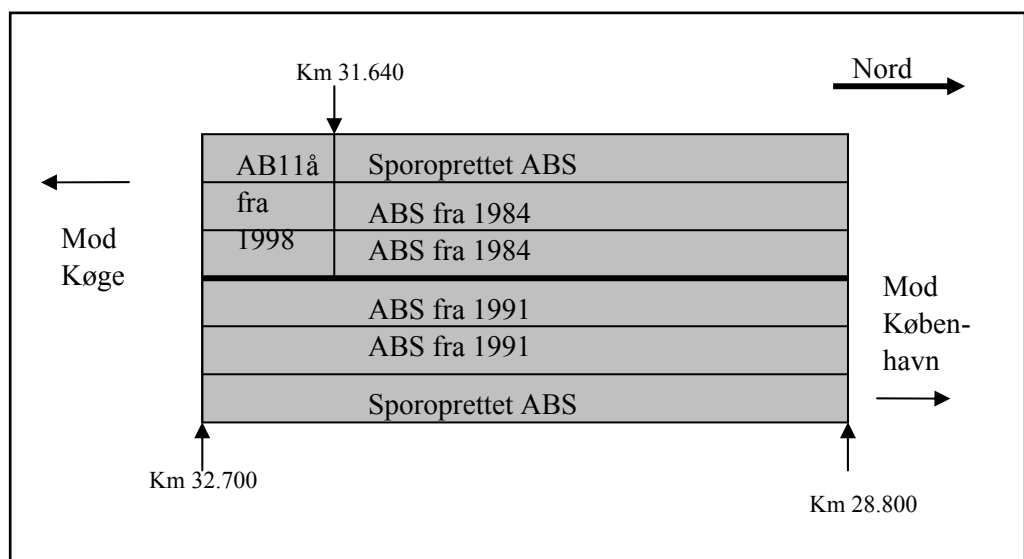


Figur 2. Foto fra forsøgsstrækningen ved Solrød.

Forsøgsbelægningerne blev udlagt i perioden 24. juli - 2. aug. 2004. Oprindeligt lå der på denne strækning ældre asfaltbeton med nedtromlede skærver (ABS) formodentlig med 12 - 16 mm friktionsskærver. Dette var en belægning med en forholdsvis grov overfladetekstur. I de højre vognbaner med tung trafik var hjulsporene på nogle strækninger oprettet med koldasfalt, som er et finkornet materiale med en forholdsvis jævn overfladetekstur (se figur 3 og 4). Dette betyder formodentlig, at støjudsendelsen fra vognbanerne med oprettede hjulspor en mindre end fra vognbanerne med gammel ABS belægning. Desuden lå der fra km 31,640 til km 32,700 mod Køge en åben asfaltbeton (AB11å), som er bibeholdt efter etableringen af forsøgsstrækningerne.



Figur 3. Forsøgsstrækningen med den oprindelige ABS belægning. Oprettningen med koldasfalt af hjulsporene i den højre vognbane ses som mørke striber.



Figur 4. Skitse der viser hvilke belægninger der lå på forsøgsstrækningen før udlægningen af de nye forsøgsbelægninger i juli 2004.

Teststrækning	Maksimal stenstørrelse	Bitumen	Tykkelse	Vægt
AB11t (reference)	11 mm	Tunge spor 50/100-75 (SBS) Andre spor 50/70-53 (SBS)	33 mm	80 kg/m ²
SMA LN 8 (SMA8)	8 mm	Tunge spor 50/100-75 (SBS) Andre spor 50/70-53 (SBS)	29 mm	60 kg/m ²
Microville 8 (AB8å)	8 mm	Tunge spor 50/100-75 (SBS) Andre spor 50/70-53 (SBS)	28 mm	60 kg/m ²
Combifalt 8 (TB8k)	8 mm	Tunge spor 50/100-75 (SBS) Andre spor 50/70-53 (SBS)	22 mm	45 kg/m ²
SMA 6+ (SMA6)	6 mm + 5/8 mm	Tunge spor 50/100-75 (SBS) Andre spor 50/70-53 (SBS)	26 mm	60 kg/m ²

Tabel 1. Data for forsøgsbelægningerne [3].

Som referencebelægning er der anvendt en tæt asfaltbeton med en maksimal skærvestørrelse på 11 mm (AB11t). Desuden er der udlagt fire forskellige tyndlagsbelægninger (se også fotos i figur 7):

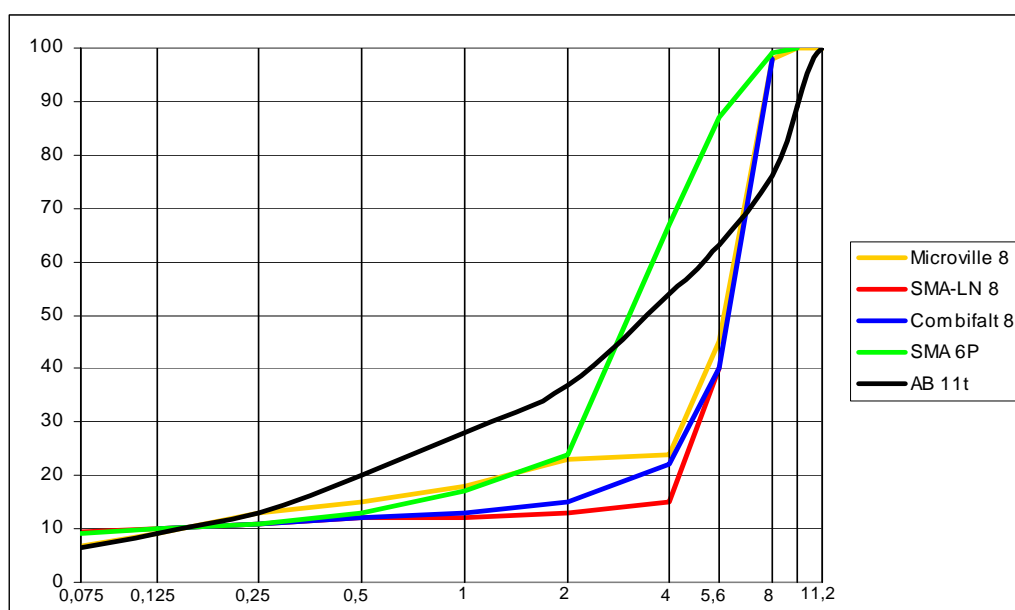
- **SMA LN 8:** En skærvemastiks med en maksimal skærvestørrelse på 8 mm opbygget som en drænasfalt, hvor en del af hulrummet er opfyldt med bitumen og filler, således at belægningen får en åben overfladestruktur (hulrummet er fordelt igennem hele belægningen). Belægningen kan efter de eksisterende typer i Vejreglerne bedst karakteriseres som SMA8.
- **Microville 8:** En meget åbengraderet asfaltbeton med en maksimal skærvestørrelse på 8 mm, udlagt i et tykt klæbelag. Belægningen kan efter de eksisterende typer i Vejreglerne bedst karakteriseres som AB8å.
- **Combifalt 8:** En kombinationsbelægning med en maksimal skærvestørrelse på 8 mm. Først udlægges et tykt lag bitumenemulsion, hvorefter der udlægges en meget åben asfaltbeton. Emulsionen trænger op i belægningen og lukker hulrummene fra neden. Belægningen kan efter de eksisterende typer i Vejreglerne bedst karakteriseres som TB8k.
- **SMA 6+:** En skærvemastiks med en maksimal skærvestørrelse på 6 mm, hvor der er tilsat en vis mængde 5/8 mm skærver. Belægningen kan efter de eksisterende typer i Vejreglerne bedst karakteriseres som SMA 6.

Teststrækning	Indbygget hulrum
AB11t (reference)	2,8 %
SMA LN 8 (SMA8)	12,4 %
Microville 8 (AB8å)	15,3 %
Combifalt 8 (TB8k)	14,4 %
SMA 6+ (SMA6)	3,0 %

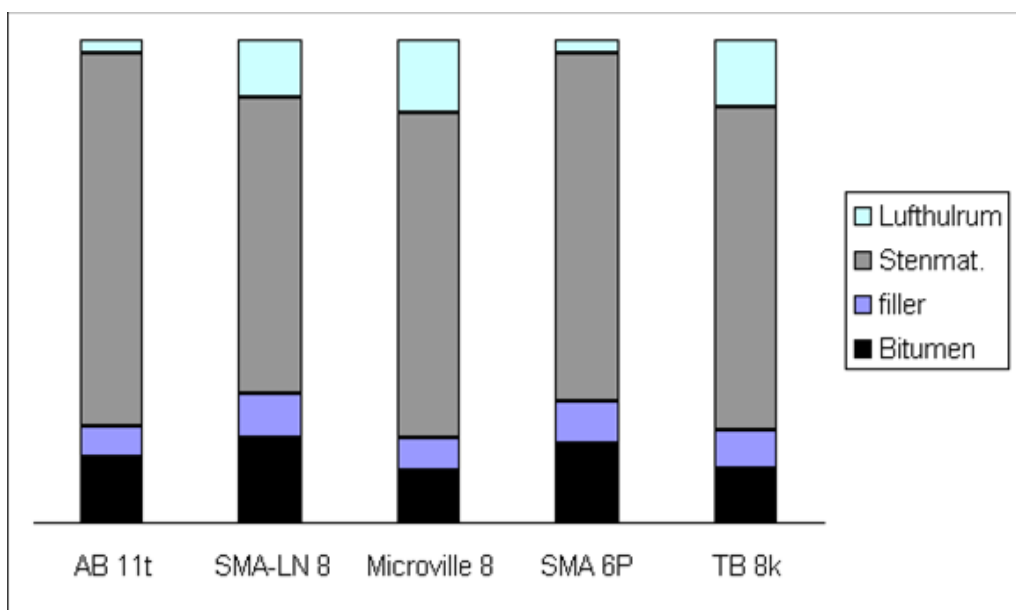
Tabel 2. Indbygget hulrum i forsøgsbelægningerne.

Generelt har belægningerne en åben overfladestruktur og en lille maksimal stenstørrelse. Nærbilleder af belægningernes overflade kan ses på *figur 7*. Det indbyggede hulrum fremgår af *tabel 2*. Der er anvendt et forholdsvis højt indhold af bindemiddel, og desuden er der foretaget modificering af bindemidlet. Før udlægningen af SMA LN 8 og SMA 6+ er der på underlaget udlagt 300 g/m² bitumenemulsion. Før udlægningen af Microville 8 og Combifalt 8 er der udlagt henholdsvis 850 g/m² og 1.100 g/m² bitumenemulsion.

Data om forsøgsbelægningerne fremgår af *tabel 1* og *figur 5*, som viser kornkurverne, samt *figur 6*, som viser belægningernes relative volumenforhold.



Figur 5. Kornkurver for forsøgsbelægningerne [3].



Figur 6. Belægningernes volumenforhold [3].



AB11t (reference)



Microville 8 (AB8å)



SMA 6+ (SMA6)



Combifalt 8 (TB8k)

Figur 7. Nærbilleder af fire af forsøgsbelægningerne.

4. Måleudstyr og procedure

4.1 Udstyr

Støjen måles med et Brüel & Kjær ”Pulse” målesystem. Der anvendes en Brüel & Kjær mikrofon type 4189 med forforstærker type 2669. Målesystemet kalibreres før og efter målingerne ved hver enkelt belægning med en akustisk kalibrator type 4231.



Figur 8. Støjmålingerne styres af en pc, som ligeledes opsamler alle måledata.

Bilernes fart måles med en Falcon radar fra Kustom Electronics Inc. Radarens visning kontrolleres før målingerne ved hver enkelt belægning. Hastigheden måles i en vinkel i forhold til kørselsretningen (se figur 10). Før analyserne af måledata gennemføres foretages der en korrektion af de målte hastigheder i forhold til denne vinkel.

Lufttemperaturen måles ca. hver halve time med det termometer, der er indbygget i bilen, der anvendes under målingerne. Vejoverfladens temperatur måles ligeledes samtidig med et infrarødt termometer af typen Quicktemp 824-2 fra firmaet TESTO. De meteorologiske forhold under målingerne registreres desuden samtidig med temperaturmålingerne af målepersonalet.

4.2 Procedure

Målingerne er udført efter den standardiserede SPB måleprocedure [2]. Det maksimale støjniveau i frit felt ($L_{pA, \text{fast, max}}$ - uden refleksioner fra nærliggende facader, skilte eller lignende) er blevet målt i 7,5 m afstand for enkelte biler, som har passeret mikrofonen. Der er på forsøgsstrækningen opsat et autoværn i midterrabatten (se figur 2), men da det står ca. 13 m fra midten af den højre vognbane er standardens betingelser opfyldt,

[2]. Der er intet autoværn bag mikrofonen. Køretøjernes fart måles samtidig med det maksimale støjniveau.

Forsøgsstrækningerne er stærkt trafikeret med en årsdøgntrafik på omkring 80.000. Det er derfor vanskeligt at måle den maksimale støj fra et enkelt køretøj uden at målingen er påvirket af andre køretøjer i nærheden. Alle målingerne er foretaget på køretøjer, der kører i den højre vognbane. Det viste sig, pga. af afstanden til de modgående vognbaner, at målingerne normalt ikke blev påvirket af biler, som kørte der. Kun særligt støjende lastbiler kunne påvirke målingerne. Derimod blev støjen fra personbiler i den højre vognbane påvirket af støjen fra biler i anden eller tredje vognbane i samme retning, og af biler i højre vognbane, som kørte tæt på det ønskede måleobjekt. Det var således nødvendigt kun at medtage målinger på personbiler i højre vognbane, som ikke var påvirket af støj fra biler i de øvrige vognbaner i samme retning. For lastbiler var støjniveauet derimod så kraftigt, at dette normalt ikke blev påvirket af støj fra personbiler, men kun fra andre lastbiler i anden og tredje vognbane eller som kørte tæt på. Der var ikke andre væsentlige kilder til baggrundsstøj som forstyrrede målingerne.

Ifølge [2] skal det maksimale støjniveau for et køretøj ligge mindst 6 dB over det aktuelle baggrundsstøjniveau (forårsaget af foran og bagved kørende biler eller modgående trafik), for at støjen for et køretøj kan anses som upåvirket af støjen fra andre køretøjer. Pga. den tætte trafik på forsøgsstrækningerne var det ikke muligt i alle tilfælde at opfylde dette krav fuldt ud. Der er derfor i målingerne medtaget enkelte køretøjer, hvor støjniveauet før eller efter passagen kun lå 5 dB over baggrunds niveauet.

I overensstemmelse med standarden [2] blev følgende køretøjstyper (der kørte med jævn fart) medtaget i målingerne:

- Personbiler (P).
- Lastbiler og busser med to aksler (L)
- Lastbiler og busser med tre eller flere aksler (F).

Varebiler ol. medtages ikke i SPB målinger, da dette er en støjmessigt meget inhomogen køretøjskategori.

For hvert køretøj blev følgende data registreret:

- Det maksimale støjniveau ($L_{pA, fast, max, 7,5m}$).
- Frekvensspektret i 1/3 oktavbånd.
- Farten.
- Køretøjstypen.

Alle måledata blev behandlet og opsamlet på en pc med henblik på yderligere analyser i laboratoriet.

Kun køretøjer med en ”normal” støjemission blev inkluderet i målingerne. Dette betyder, at følgende typer af køretøjer ikke blev medtaget:

- Køretøjer der bremsede eller accelererede markant.
- Køretøjer med defekt lydpotte.
- Køretøjer med pigdæk.

- Køretøjer med unormalt støjende dæk (for eksempel “syngende” dæk).
- Køretøjer med en last, der støjede.
- Traktorer og andre specielle arbejdskøretøjer.
- Personbiler med trailer.
- Firehjulstrækkere (jeeps).
- Køretøjer, der kørte på rumlestribene i vejsiden (se figur 9).

Alle målingerne blev foretaget, mens vejbelægningerne var tørre.

I følge SPB metoden [2] bestemmes et Statistical Pass-By Index, der er givet som:

$$SPBI = 10 \cdot \log\left(\sum W_x \cdot (v_l/v_x) \cdot 10^{L_{veh,x}/10}\right)$$

hvor $L_{veh,x}$ er støjniveauet ved referencehastigheden fra køretøjer af kategori x , W_x er vægtningen for den pågældende køretøjskategori og v_x er kategoriens referencehastighed, som det fremgår af tabel 3.

Kategori	Personbil	Toakslet lastbil eller bus	Flerakslet lastbil eller bus
Referencehastighed, v_x	110 km/h	85 km/h	85 km/h
Vægtfaktor, W_x	0,700	0,075	0,225

Tabel 3. Referencehastighed samt vægtfaktor for hver køretøjskategori ved beregning af SPBI.

Vægtfaktorerne, der indgår i beregningen af SPB indekset, svarer til fordelingen af trafikken på køretøjskategorier. Da andelen af tunge køretøjer på strækningen kun udgør ca. 10 % beregnes også et modificeret SPB indeks ($SPBI_{M10}$) baseret på den faktiske fordeling af trafikken. Her benyttes som ved støjkortlægningen for M10 ved Solrød vægtfaktorerne: 0,90 for personbiler og 0,05 for såvel to- som flerakslede lastbiler.

5. Målebetingelser

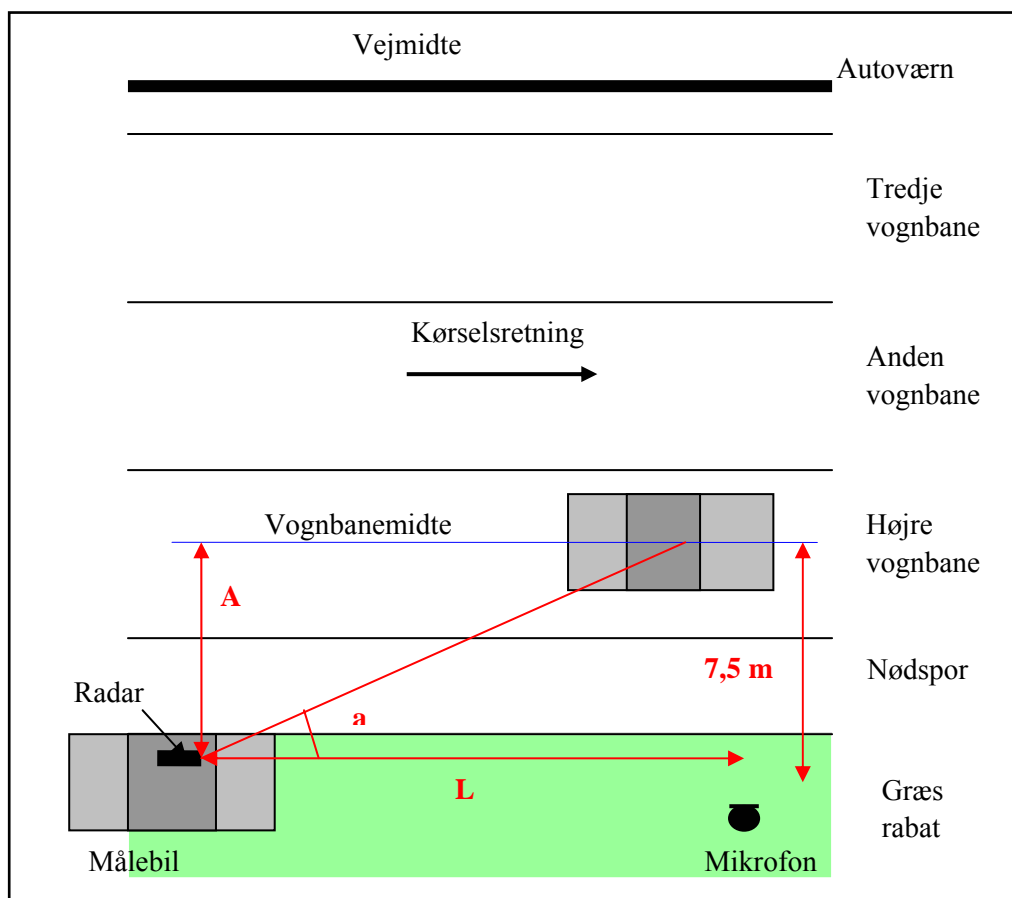
Mikrofonen var placeret 7,5 m fra midterlinjen af køretøjernes gennemsnitlige placering i den højre vognbane, som det fremgår af *figur 10*. Køretøjernes gennemsnitlige centerlinje blev fastlagt på baggrund af en visuel vurdering foretaget af målepersonalet. Mikrofonen var placeret i en højde på 1,20 m over vejplanet. Mikrofonen stod i græsrabatten ved siden af nødsporet. Omkring 6 m af arealet mellem mikrofon og vognbanens midte er belagt med asfalt (vejbane og nødspor) og kun omkring 1½ m består af porøst terræn (græs).



Figur 9. Typisk mikrofonopstilling.

Radar, måleudstyr og pc var placeret i en målebil, som var parkeret i græsrabatten 30-45 m fra mikrofonen. Måleopstillingen fremgår af *figur 10*. Med den anvendte måleopstilling var det vanskeligt for bilisterne på motorvejen at se målepersonalet og radaren på forhånd. Det blev derfor vurderet, at de fleste bilister kørte normalt uden at bremse eller ændre køremåde pga. målebilen og måleudstyrets placering.

Placeringen af de enkelte målepositioner samt tidspunktet for målingerne og de meteorologiske forhold under målingerne fremgår af *tabel 4*. Alle målingerne på tør vejbelægning er foretaget ved en lufttemperatur på 7 - 9 °C og ved belægningstemperaturer på 0 - 4 °C. Disse temperaturforskelle er så små, at de ikke har betydning for indbyrdes sammenligning af måleresultaterne, der derfor er umiddelbart sammenlignelige. Målinger udført efter SPB målemetoden er generelt ikke påvirket af variationer i de meteorologiske forhold fordi målingerne foretages tæt på vejen.



Figur 10. Skitse af måleopstillingen.

Teststrækning	Måleposition	Kørselsretning
AB11t (reference)	km 31,900	Mod København
SMA8 LN (SMA8)	km 31,100	Mod København
Microville 8 (AB8å)	km 29,800	Mod København
Combifalt 8 (TB8k)	km 30,000	Mod Køge
SMA6+ (SMA6)	km 31,100	Mod Køge

Tabel 4. Placeringen af de enkelte målepositioner.

Teststrækning	Dato	Tidspunkt	Belægnings-temperatur	Lufttemperatur	Vejrforhold
AB11t (reference)	3. dec. 2004	10:30 til 15:33	0 °C	7 °C	75-100 % skyet
SMA LN 8 (SMA8)	6. dec. 2004	14:00 til 16:30	1 °C	8 °C	10-25 % skyet
Microville 8 (AB8å)	7. dec. 2004	11:53 til 14:00	4 °C	9 °C	80-90 % skyet
Combifalt 8 (TB8k)	8. dec. 2004	9:52 til 12:22	0 °C	7 °C	10-30 % skyet
SMA 6P (SMA6)	6. dec. 2004	10:13 til 13:25	2 °C	7 °C	50-80 % skyet

Tabel 5. Tidspunkt for målingerne og de meteorologiske forhold under målingerne.

Målestandarden [2] angiver hvor mange køretøjer der mindst skal inkluderes i en måleserie for at resultaterne kan anses for repræsentative. Disse krav er følgende:

- Mindst 100 personbiler (P).
- Mindst 30 toakslede lastbiler/busser (L).
- Mindst 30 flerakslede lastbiler/busser (F).
- Mindst 80 lastbiler/busser i alt (L+F).

Som det fremgår af *tabel 6* var disse krav stort set opfyldt under alle målingerne.

Teststrækning	Personbiler (P)	Toakslede lastbiler/busser (L)	Flerakslede lastbiler/busser (F)
AB11t (reference)	96	50	92
SMA LN 8 (SMA8)	92	32	67
Microville 8 (AB8å)	96	36	61
Combifalt 8 (TB8k)	108	35	51
SMA 6P (SMA6)	87	35	77

Tabel 6. Antal køretøjer medtaget i de enkelte måleserier.

Det ses af skitsen af måleopstillingen i *figur 10*, at det er hastighedskomponenten under en vinkel (α) i forhold til køretøjernes kørselsretning, der måles med radaren. Det er derfor nødvendigt at foretage en korrektion af de målte værdier for at bestemme hastigheden i kørselsretningen. De aktuelle korrektioner er vist i *tabel 7*.

Test sektion	Afstand (A) mellem radar og centerlinje for biler	Afstand (L) mellem radar og mikrofon	Vinkel (a)	Hastigheds- korrektions- faktor
AB11t (reference)	5,80 m	39,00 m	8,5°	1,0109
SMA LN 8 (SMA8)	5,70 m	32,50 m	9,9°	1,0153
Microville 8 (AB8å)	5,75 m	32,70 m	10,0°	1,0153
Combifalt 8 (TB8k)	6,40 m	32,50 m	11,1°	1,0192
SMA 6P (SMA6)	6,00 m	43,00 m	7,9°	1,0097

Tabel 7. Korrektionsfaktor til fartmåling pga. vinkel mellem radarens måleretning og kørselsretningen (se figur 10).

For hver køretøjskategori er maksimum, minimum, gennemsnit og standardafvigelse af de målte køretøjers fart angivet i tabel 8 – 10 herunder. I ISO 11819-1 stilles krav til den aktuelle fordeling af farten i forhold til referencefarten for hver køretøjskategori. Disse krav er alle fint opfyldt.

	AB11t	SMA8ln	Microville8	TB8k	SMA6+
Minimum	83,9	90,4	88,3	89,7	86,8
Maksimum	135,5	130,0	127,9	134,5	138,3
Gennemsnit	109,5	109,9	110,7	110,0	108,1
Standardafvigelse	9,28	8,06	8,17	8,68	9,47

Tabel 8. Fartstatistik for personbiler bestemt for hver belægningstype (km/h).

	AB11t	SMA8ln	Microville8	TB8k	SMA6+
Minimum	71,8	76,1	78,2	76,4	77,7
Maksimum	105,1	96,5	96,5	94,8	94,9
Gennemsnit	86,7	86,5	87,4	86,3	86,9
Standardafvigelse	5,75	4,56	4,05	4,71	4,41

Tabel 9. Fartstatistik for toakslede lastbiler bestemt for hver belægningstype (km/h).

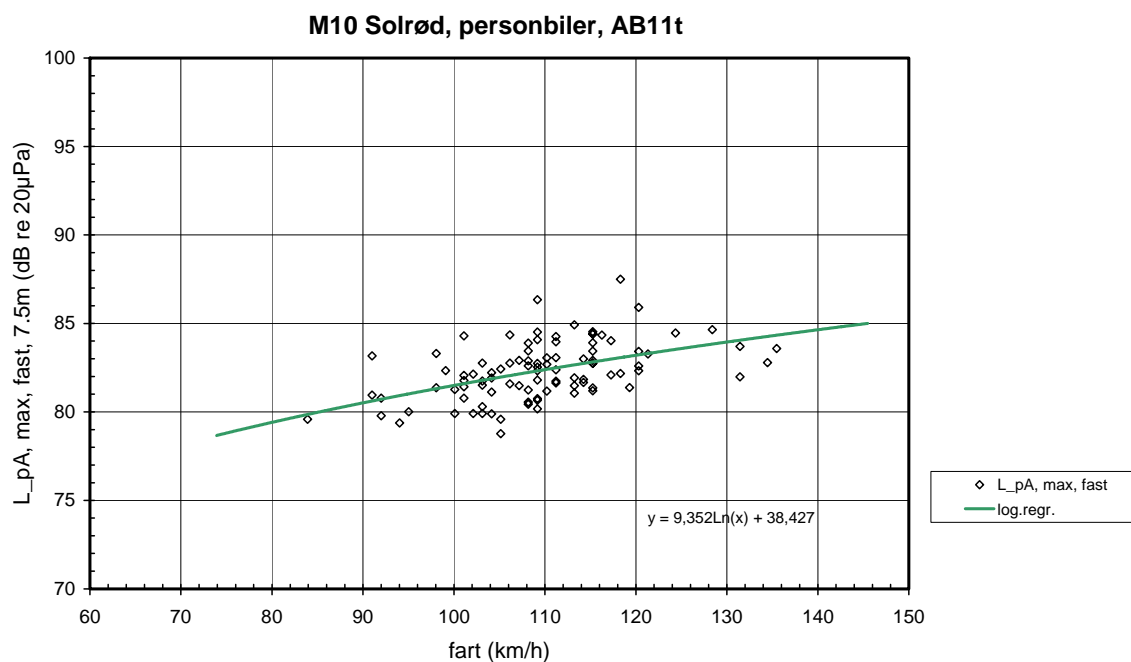
	AB11t	SMA8ln	Microville8	TB8k	SMA6+
Minimum	69,8	74,1	75,1	77,5	80,8
Maksimum	102,1	102,5	95,4	92,7	93,9
Gennemsnit	86,4	86,9	86,8	87,3	87,6
Standardafvigelse	4,64	4,20	4,18	3,48	2,50

Tabel 10. Fartstatistik for flerakslede lastbiler bestemt for hver belægningstype (km/h).

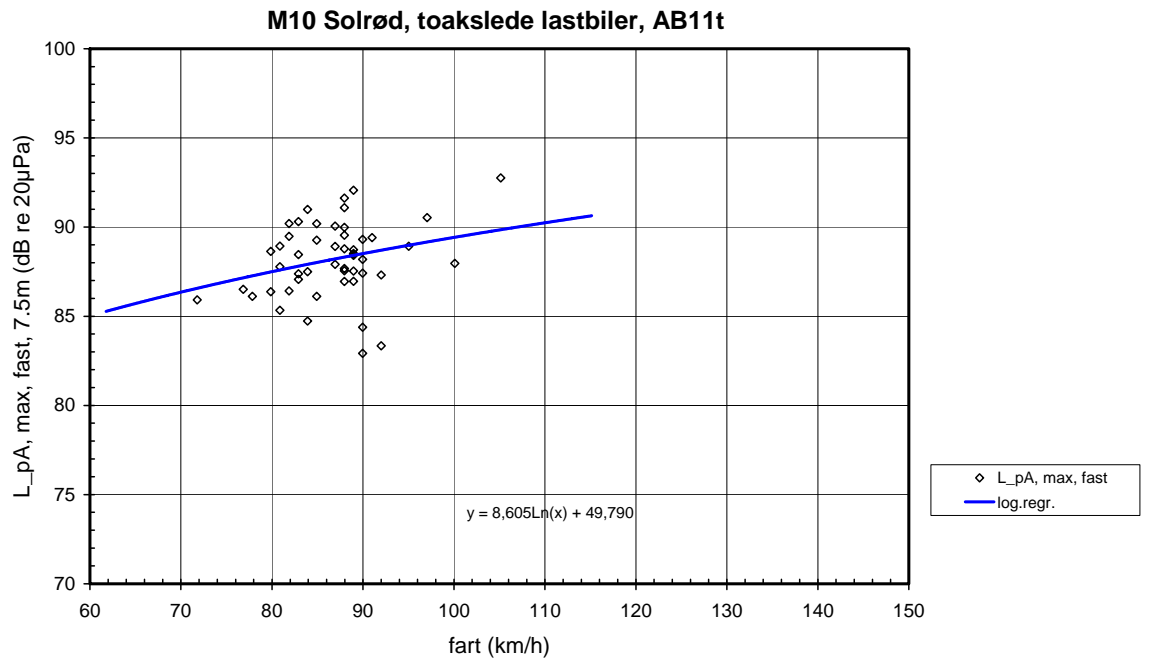
6. Resultater af støjmålinger (SPB)

Som beskrevet i kapitlet måleudstyr og procedure måles sammenhørende værdier af støjniveau og fart for et stort antal uforstyrrede passager af enkeltkøretøjer.

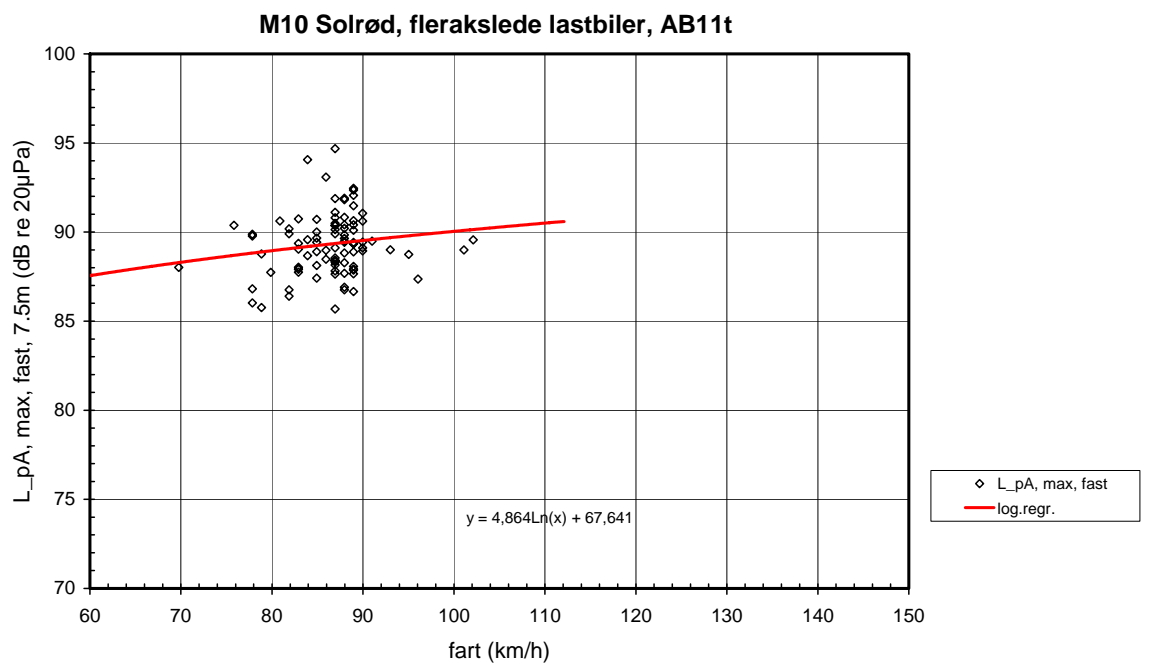
For hvert målested er der udført en logaritmisk regressionsanalyse af sammenhængen mellem de målte værdier af det maksimale A-vægtede lydtrykniveau i 7,5 m afstand ($L_{pA, \max, \text{fast}, 7,5\text{m}}$) og den korrigerede fart for hvert køretøj i hver køretøjskategori. Som et eksempel på typiske resultater viser *figur 11, 12 og 13* resultater af sammenhørende værdier af køretøjets fart og $L_{pA, \text{fast}, \max, 7,5\text{m}}$ for hver bilpassage målt på referencebelægningen.



Figur 11. $L_{pA, \max, \text{fast}}$ i 7,5 m afstand som funktion af farten samt en logaritmisk regressionskurve for personbiler på referencebelægningen AB11t.



Figur 12. $L_{pA, \max, \text{fast}}$ i 7,5 m afstand som funktion af farten samt en logaritmsk regressionskurve for toakslede lastbiler på referencebelægningen AB11t.

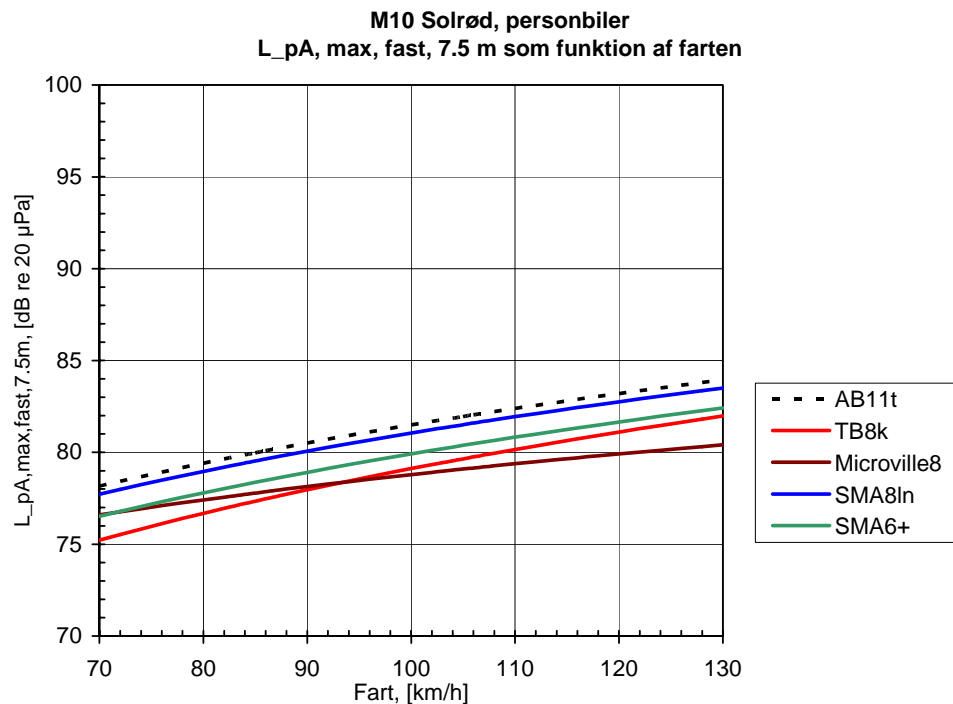


Figur 13. $L_{pA, \max, \text{fast}}$ i 7,5 m afstand som funktion af farten samt en logaritmsk regressionskurve for flerakslede lastbiler på referencebelægningen AB11t.

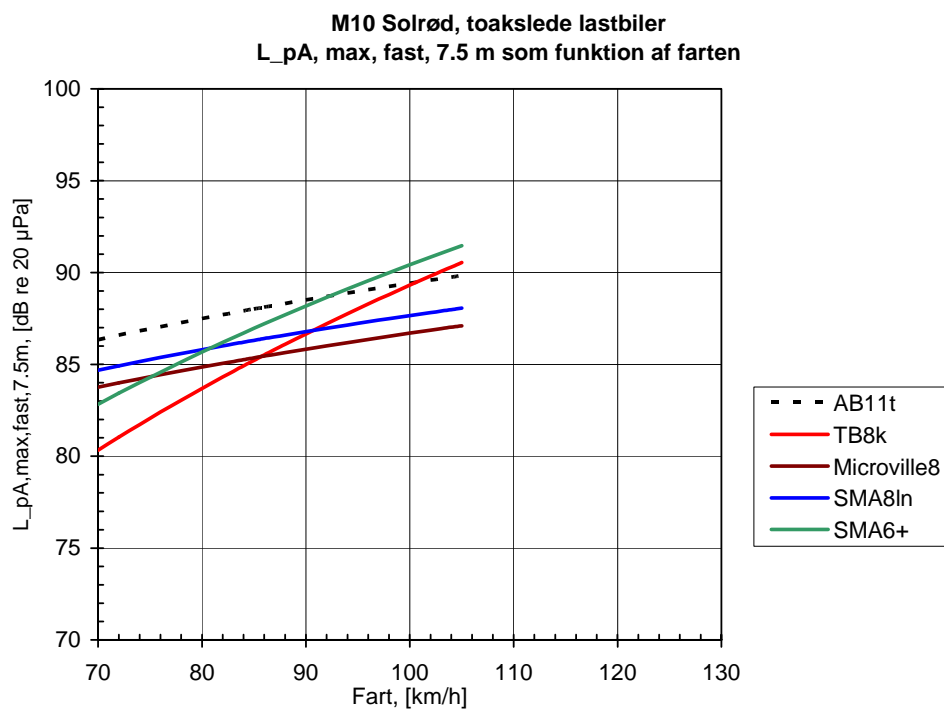
Erfaringsmæssigt vides, at støjniveauet ($L_{pA, \text{fast, max, 7.5m}}$) vokser med logaritmen til farten. I figur 11 – 13 er ligningerne for de logaritmiske regressionslinjer derfor også angivet – her baseret på den naturlige logaritme. Disse ligninger omskrives til 10-tals logaritmen, således at sammenhængen bliver:

$$L_{pA, \text{fast, max, 7.5m}} = B + C \cdot \log(v)$$

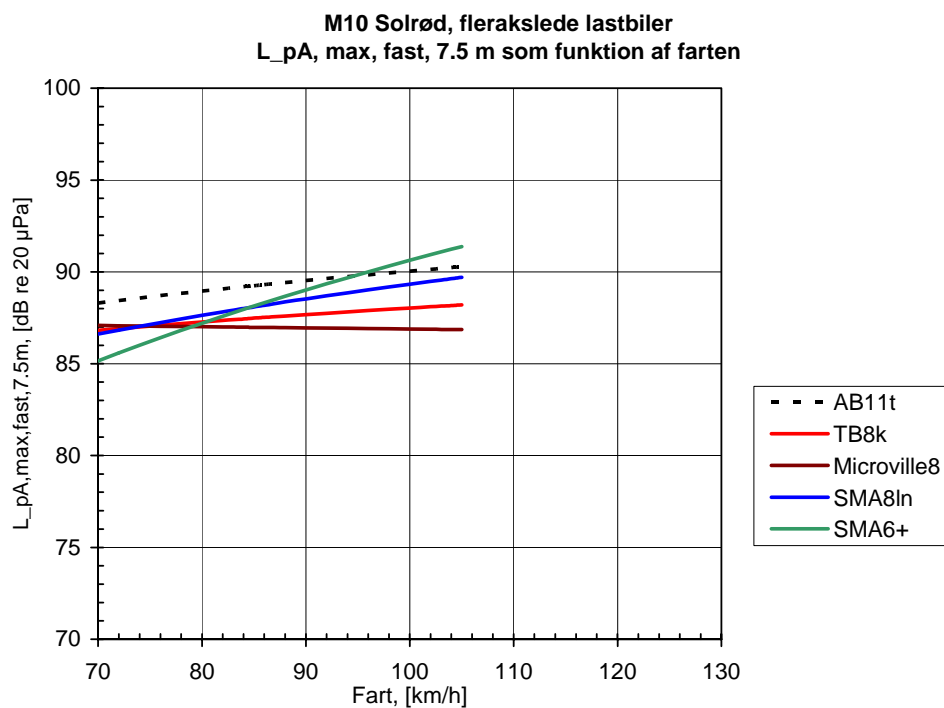
hvor v er køretøjets fart, og B og C er konstanter. De således fundne regressionskurver er for hver køretøjskategori vist i figur 14 – 16. Hvis man ønsker at beregne støjniveauerne ved andre hastigheder må konstanterne for regressionskurverne benyttes. Disse konstanter er derfor angivet i tabel 11 – 13 for hver køretøjskategori.



Figur 14. Maksimale A-vægtede støjniveau med tidsvægtning 'fast' i 7,5 m afstand som funktion af farten for personbiler på de forskellige belægningstyper.



Figur 15. Maksimale A-vægtede støjniveauer med tidsvægtning 'fast' i 7,5 m afstand som funktion af farten for toakslede lastbiler på de forskellige belægningstyper.



Figur 16. Maksimale A-vægtede støjniveauer med tidsvægtning 'fast' i 7,5 m afstand som funktion af farten for flerakslede lastbiler på de forskellige belægningstyper.

Konstant	AB11t	SMA8ln	Microville 8	TB8k	SMA6+
B	21,5	38,0	50,4	28,9	36,1
C	38,43	21,51	14,21	25,13	21,91

Tabel 11. Konstanter for regressionskurverne for personbiler bestemt for hver belægningstype.

Konstant	AB11t	SMA8ln	Microville 8	TB8k	SMA6+
B	49,8	49,3	48,6	-26,7	-7,6
C	19,81	19,17	19,03	58,01	49,03

Tabel 12. Konstanter for regressionskurverne for toakslede lastbiler bestemt for hver belægningstype.

Konstant	AB11t	SMA8ln	Microville 8	TB8k	SMA6+
B	67,6	54,2	89,4	72,3	19,9
C	11,20	17,57	-1,25	7,86	35,36

Tabel 13. Konstanter for regressionskurverne for flerakslede lastbiler bestemt for hver belægningstype.

Som nævnt i et tidligere kapitel beregnes et samlet Statistical Pass-By indeks, idet værdierne af støjniveauet ved referencehastigheden for hver køretøjskategori vægtes som angivet i *tabel 3*. I *tabel 14* herunder er værdierne af vægtfaktorerne, referencefarten og støjniveauerne $L_{pA, \text{fast, max, } 7,5m}$ ved denne fart angivet for hver belægningstype. Desuden er det resulterende SPB indeks efter ISO 11819-1 angivet.

	Vægtfaktor, W_x	Ref.fart, v_x	AB11t	SMA8ln	Microville8	TB8k	SMA6+
Personbiler	0,700	110	82,4	81,9	79,4	80,2	80,8
Toakslede lastbiler	0,075	85	88,0	86,3	85,4	85,2	87,0
Flerakslede lastbiler	0,225	85	89,3	88,1	87,0	87,5	88,1
SPBI	-	-	86,3	85,3	83,8	84,3	85,1
Forskel re. AB11t [dB]			0	-1,0	-2,5	-2,0	-1,2

Tabel 14. Vægtfaktorer, referencefart og værdier af $L_{pA, \text{fast, max, } 7,5m}$ samt SPB indeks for hver belægningstype (i dB re 20 μ Pa).

Vægtfaktorerne, der indgår i beregningen af SPB indekset, svarer til fordelingen af trafikken på køretøjskategorier. Benyttes i stedet den faktiske fordeling af trafikken, der indgik i støjkortlægningen for M10 ved Solrød, fås vægtfaktorerne: 0,90 for personbiler og 0,05 for såvel to- som flerakslede lastbiler. Herved fås et modificeret SPB indeks ($SPBI_{M10}$) som angivet i *tabel 15* herunder. Støjdæmpningen i forhold til referencebelægningen er generelt lidt større i dette tilfælde med vægtfaktorer svarende til den faktiske trafikfordeling end med de standardiserede vægtfaktorer.

	Vægtfaktor, W_x	Ref.fart v_x	AB11t	SMA8ln	Microville8	TB8k	SMA6+
SPBI_{M10}	0,9/ 0,05	110/ 85	84,0	83,2	81,2	81,8	82,6
Forskel re. AB11t [dB]			0	-0,8	-2,8	-2,2	-1,4

Tabel 15. Vægtfaktorer, referencefart (ens for to- og flerakslede lastbiler) samt det modificerede SPB indeks for hver belægningstype for den aktuelle trafikfordeling ($SPBI_{M10}$ i dB re 20 μ Pa).

Det ses af *tabel 14* og *15*, at der i forhold til referencebelægningen AB11t er målt en dæmpning af SBP indekset for forsøgsbelægningerne på 1 til knap 3 dB. På de to skærvemastiksbelægninger var dæmpningen ca. 1 dB, mens den på de andre to tyndlagsbelægninger (TB8k (Combifalt 8) og Microville 8 (AB8å)) var 2 – 3 dB.

Det fremgår klart af *figur 11 – 13*, at støjen fra de enkelte biler i hver kategori kan variere relativt meget. I ISO 11819-2 er de forventede værdier af ubestemtheden på støjniveauet ved referencefarten for hver køretøjskategori angivet ved et 95 % konfidensinterval omkring støjniveauet. For personbiler angives intervallet til 0,3 dB og for begge lastbilskategorier til 0,7 dB. Regnes der med en standardafvigelse på instrumentkalibreringen på 0,5 dB skal forskellen mellem to SPB indeks derfor være større end ca. 0,7 dB for at være signifikant.

7. Resultater af støjmålinger (CPX)

Det hollandske firma DGMR har i slutningen af september 2004 foretaget støjmålinger med anvendelse af CPX målemetoden, hvor en trailer med mikrofoner monteret meget tæt på dækkene kører over de belægninger, der skal undersøges (se figur 17). Målingerne gentages med brug af 4 forskellige standardiserede testdæk [1]. Tre af dækkene (A, B og C) repræsenterer personbildek og det fjerde (et vinterdæk, D) repræsenterer lastbildek. Resultaterne angives for henholdsvis personbiler, lastbiler samt for en normal trafikstrøm som et vægtet CPX indeks og beregnes på følgende vis:

$$CPX_{\text{personbiler}} = (L_A + L_B + L_C + L_D)/4$$

$$CPX_{\text{lastbiler}} = L_D$$

$$CPXI = 0,2 \cdot (L_A + L_B + L_C) + 0,4 \cdot L_D$$

hvor L står for det målte CPX-støjniveau for det pågældende dæk. CPX værdier angives som lydtryk i dB relativt til referencelydtrykket 20 μPa (dB re 20 μPa).

Resultatet af CPX målinger påvirkes ikke af motorstøjens bidrag, og målingerne foretages kun på fire standardiserede repræsentative dæk. Disse dæk er ikke nødvendigvis repræsentative for de dæk, der aktuelt findes på danske biler på M10. Dette betyder, at der er en vis usikkerhed om, hvor repræsentative resultaterne er. De kan derfor kun med forbehold anvendes til en første støjmæssig rangordning af forskellige vejbelægninger. Hovedanvendelsen af disse resultater er til vurdering af en vejbelægnings støjegenskaber langs vejen (homogenitet).



Figur 17. Trailer der blev anvendt til CPX målingerne på M10 ved Solrød.

Det følgende er en præsentation af de foreløbige resultater, som p.t. er under kvalitetskontrol hos målefirmaet. Målingerne er foretaget på forsøgsbelægningerne på M10 ved Solrød ved 80 km/h i den højre vognbane og ved 110 km/h i den anden vognbane. Desuden er der medtaget målinger på nogle tilstødende strækninger, som repræsenterer henholdsvis den gamle ABS belægning (kun ved 110 km/h) samt den sporoprettede ABS belægning (kun ved 80 km/h). Resultaterne fremgår af *tabel 16 – 18*.

Teststrækning	CPX _{personbiler}	CPX _{lastbiler}	CPXI
AB11t (reference)	99,1	100,7	99,4
SMA LN 8 (SMA8)	99,0	100,8	99,4
Microville 8 (AB8å)	98,7	101,1	99,2
Combifalt 8 (TB8k)	99,5	101,3	99,9
SMA 6P (SMA6)	98,1	100,5	98,6
Sporoprettet ABS	101,0	100,5	100,9

Tabel 16. Resultater af CPX målingerne angivet for personbiler, lastbiler og som et indeks for en blandet trafik målt ved en fart på **80 km/h** [1]. Målingerne er foretaget i første vognbane (se figur 10). (CPX i dB re 20 µPa).

Teststrækning	CPX _{personbiler}	CPX _{lastbiler}	CPXI
AB11t (reference)	103,7	107,6	104,5
SMA LN 8 (SMA8)	102,2	105,1	102,8
Microville 8 (AB8å)	102,1	105,7	102,9
Combifalt 8 (TB8k)	103,1	107,3	103,9
SMA 6P (SMA6)	102,6	107,8	103,6
Gammel ABS	106,6	106,0	106,5

Tabel 17. Resultater af CPX målingerne angivet for personbiler, lastbiler og som et indeks for en blandet trafik målt ved en fart på **110 km/h** [1]. Målingerne er foretaget i anden vognbane (se figur 10). (CPX i dB re 20 µPa).

Teststrækning	CPXI relativt til AB11t ved 80 km/h	CPXI relativt til AB11t ved 110 km/h
SMA LN 8 (SMA8)	0,0	-1,7
Microville 8 (AB8å)	-0,2	-1,6
Combifalt 8 (TB8k)	+0,5	-0,6
SMA 6P (SMA6)	-0,8	-0,9
Sporoprettet ABS	+1,5	-
Gammel ABS	-	+ 2,0

Tabel 18. Relativ støjdæmpning i dB udtrykt som CPX indeks i forhold til den nye AB11t referencebelægning målt i første og anden vognbane ved 80 og 110 km/h [1].

Ved en hastighed på 110 km/h er der ved CPX målinger fundet en dæmpning på 1 til 2 dB i forhold til referencebelægningen, hvilket er mere markant end ved 80 km/h, hvor der stort set ikke er nogen dæmpning målt med CPX metoden.

Støjen udtrykt ved CPX indeks fra den gamle ABS belægning ligger derimod 2 dB over referencebelægningen (ved 110 km/h) mens den sporoprettede ABS ligger 1,5 dB over referencebelægningen (ved 80 km/h).

8. Resultater af tekstur- og friktionsmålinger

Vejteknisk Institut (VI) har allerede i slutningen af august 2004, udført målinger af belægningernes friktion og tekstur. Derudover er der den 30. september 2004 udført yderligere detaljerede målinger af tekturen i forbindelse med de udførte CPX målinger.

Friktionsmålingerne er udført med Vejteknisk Instituts friktionsmåler ROAR og tekturen er målt med teksturlasere monteret på ROAR's trækbil.

Friktionen er målt i henhold til vejregel "Konstruktion og vedligehold af veje og stier", hæfte 4, Vedligehold af færdselsarealet, [7].

Belægningernes tekstur er beregnet ud fra Mean Profile Depth, MPD i henhold til standarden DS/ISO 13473-1:2004, [8].

Tabel 19 viser de enkelte strækningers MPD tal repræsenteret ved et gennemsnitligt MPD af en strækning på ± 20 meter omkring SPB målingernes stationering.

	Måling 25/8 – 27/8 2004				Måling 30/9 2004			
	Middel Venstre hjulspor	Spredning Venstre hjulspor	Middel Højre hjulspor	Spredning Højre hjulspor	Middel venstre hjulspor	Spredning venstre hjulspor	Middel højre hjulspor	Spredning højre hjulspor
AB11t (reference)	0,39	0,03	0,47	0,02	0,39	0,03	0,46	0,06
SMA LN 8 (SMA8)	0,90	0,04	0,96	0,05	0,88	0,04	0,90	0,03
Microville 8 (AB8å)	0,91	0,04	0,97	0,07	0,95	0,04	0,90	0,04
Combifalt 8 (TB8k)	0,92	0,05	0,87	0,07	0,93	0,02	0,98	0,05
SMA 6P (SMA6)	0,51	0,03	0,62	0,03	0,55	0,03	0,50	0,03

Tabel 19. Målte MPD tal i mm målt ved hvert støjmålepunkt. MPD er middel af ± 20 m omkring målepunktet.

Generelt ses der ingen signifikant forskel af MPD tallet imellem de to måleserier. Dette viser at tekturen, repræsenteret ved MPD, ikke har ændret sig i dette tidsrum. Ligeledes ses, at MPD tallet for strækningerne med SMA LN8, Microville 8 og TB8k alle ligger på et niveau omkring 0,9 mm, og at disse er væsentligt større end MPD tallene for SMA 6P på 0,51 mm og referencetrækningen AB11t på 0,39 mm.

For alle strækninger viser de i *tabel 19* beregnede spredninger på MPD tallene, at strækningerne har en ensartet tekstur i længderetningen.

Tabel 20 viser de målte friktionsværdier for ± 20 m omkring hvert støjmålepunkt. Sammenlignes de enkelte strækninger ses, at både AB11t og SMA 6P har friktionsværdier som er mindre end de øvrige strækninger. Belægningerne har dog alle friktionsværdier som opfylder kravene i ”Konstruktion og vedligehold af veje og stier, hæfte 4, Vedligehold af færdselsarealet, Vejdirektoratet 2004”

Som for MPD tallene viser spredningen på friktionsværdierne at strækningernes friktion er ensartet i længderetningen.

	Måling 25/8 – 27/8 2004			
	Middel Venstre hjulspor	Spredning Venstre hjulspor	Middel Højre hjulspor	Spredning Højre hjulspor
AB11t (reference)	0,65	0,04	0,63	0,03
SMA LN 8 (SMA8)	0,70	0,03	0,72	0,03
Microville 8 (AB8å)	0,76	0,02	0,73	0,02
Combifalt 8 (TB8k)	0,77	0,03	0,74	0,02
SMA 6P (SMA6)	0,66	0,02	0,72	0,02

Tabel 20. Målte friktionsværdier for ± 20 meter omkring hvert støjmålepunkt.

9. Konklusion

De gennemførte SPB støjmålinger anvendes til at vurdere støjdemningen for de 4 forsøgsbelægninger i forhold til referencebelægningen, da disse giver detaljerede og pålidelige resultater.

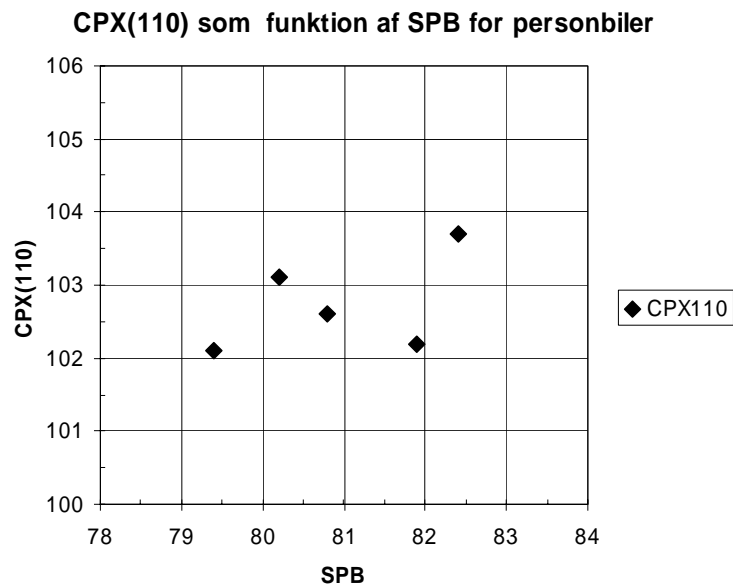
Benyttes den faktiske fordeling af trafikken, som den indgik i støjkortlægningen for M10 ved Solrød, med 90 % personbiler, 5 % toakslede og 5 % flerakslede lastbiler, fås for forsøgsbelægningerne de i *tabel 21* herunder angivne værdier af det modificerede SPB indeks (SPB_{M10}).

	AB11t	SMA8ln	Microville 8	TB8k	SMA6+
SPB_{M10}	84,0	83,2	81,2	81,8	82,6
Forskel re. AB11t [dB]	0	-0,8	-2,8	-2,2	-1,4

Tabel 21. Modificeret SPB indeks og forskel i forhold til referencebelægningen for hver belægnings-type for den aktuelle trafikfordeling (SPB_{M10} i dB re 20 μ Pa).

Det ses af *tabel 21*, at der i forhold til referencebelægningen AB11t er målt en dæmpning af SBP indekset for forsøgsbelægningerne på 1 til knap 3 dB. På de to skærvemastiksbelægninger var dæmpningen ca. 1 dB, mens den på de andre to tyndlagsbelægninger (TB8k og Microville 8) var 2 – 3 dB.

Der er ligeledes foretaget støjmålinger efter CPX metoden. Det fremgår af kapitlerne om resultaterne af SPB- og CPX-støjmålingerne, at resultaterne angives på lidt forskellig måde – specielt for de samlede indekser. Imidlertid kan resultaterne for personbilerne sammenlignes direkte, idet referencefarten for disse er den samme ved begge metoder. Det ses af *figur 18*, at de to indeks viser samme tendens, men at der ikke er en entydig lineær sammenhæng. Det er planen, at denne sammenhæng mellem resultater af de to målemetoder vil blive analyseret nøjere i et efterfølgende projekt på Vejteknisk Institut.




Figur 18. Sammenhæng mellem SPB- og CPX-indeks ved 110 km/h for personbiler.

Målingerne af belægningernes tekstur, repræsenteret ved MPD, viser at MPD tallet for strækningerne med SMA LN8, Microville 8 og TB8k alle ligger på et niveau omkring 0,9 mm, og at disse værdier er væsentligt større end MPD tallene for referencebelægningen AB11t og for SMA 6+ på 0,4 – 0,5 mm. For alle belægningerne opfylder friktionsværdierne kravene i vejreglerne og både teksturen (udtrykt ved MPD tallene) og friktionsværdierne er ensartede i belægningernes længderetning.

10. Referencer

1. "CPX-measurements on different Road Sections in and around Copenhagen and Århus in Denmark". DGMR rapport V.2004.1278.00.R001.
2. DS/ISO 11819-1 :1997. "Acoustics – Method for measuring the influence of road surfaces on road traffic noise – Part 1 : The statistical pass-by method". 1997-09-15.
3. "Støjdæmpende belægninger. Forsøg på M10, Solrød". Foredrag af Lars Ladehoff, Colas Danmark A/S på Vejforum 1. dec. 2004.
4. "Måling af trafikstøj ved forsøgsstrækninger på motorvej E20/E47/E55 ved Solrød Strand. Førmålinger 2004". Testrapport AV 1478/04. DELTA.
5. "Vejledning i måling af støj fra vejtrafik". Rapport 238, 2002 fra Miljøstyrelsen og Vejledning i måling af støj fra vejtrafik" fra Vejdirektoratet og Miljøstyrelsen.
6. ISO/CD 11819-2. "Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The close-proximity method". 2000-12-13.
7. Vejregler, "Konstruktion og vedligehold af veje og stier", hæfte 4: Vedligehold af færdselsarealet, Vejdirektoratet, juni 2004.
8. DS/ISO 13473-1:2004. "Characterization of pavement texture by use of surface profiles – Part 1: Determination of Mean Profile Depth".

Eksternt notat / Technical notes		
Nr. No.	Titel/Title/Shortcut	Forfatter/Author
3/96	Blistring i membraner til broisolering. Laboratorieprojekt	Finn Thøgersen
4/96	Slagge fra affaldsforbrænding kan anvendes i anlægs-sektoren	Knud A. Pihl Jens Ludvig Sørensen
5/96	Ringanalyse for gyrokompaktor	Anders Kargo
6/97	Vejteknisk Instituts Handlingsplan for 1997	Ledergruppen
7/97	Vejsektorens forbrug af råstoffer	Per Ahrentzen Flemming Berg)
8/98	Fællesafprøvning af diverse asfalttyper i forbindelse med revision af vejregel for varmblandet asfalt	Jørn Raaberg Ole Grann Andersson Jan-Ole Nielsen, Asfaltindustrien
9/99	Måling af asfaltbelægningsers tekstur i relation til friktion	Bjarne Schmidt
10/00	Tilstandsvurdering af udvalgte kunststofbelægninger www.vd.dk/pdf/Eksternt_notat_10.pdf	Jeanne Rosenberg
11/00	Temperaturer i vejbefæstelser www.vd.dk/pdf/notat11.pdf	Susanne Baltzer Brian Henriksen Ole Fog
12/01	Vejens egenskaber - fra måleure og regnestok til sensorer og pc'ere (Ikke i elektronisk udgave)	Jørgen Banke
13/02	The Danish Road Testing Machine 1995 - 2000 www.vd.dk/pdf/eksnot13.pdf	Wei Zhang Robin Macdonald
14/02	Sammenligning mellem Viagraf og viagrafækvivalent beregnet ud fra profilografmålinger www.vd.dk/pdf/eksnot14.pdf	Bjarne Schmidt
15/02	Rensning af overfladevand og husholdningsspildevand http://www.vd.dk/pdf/eksnot15.pdf	Gitte Falstrup Knud A. Pihl
16/03	Statisk pladebelastning, faldlod og minifaldlod Resultater af sammenlignende målinger www.vd.dk/pdf/eksnot16.pdf	Gregers Hildebrand Susanne Baltzer
17/03	Stenfyldte fuger www.vd.dk/pdf/eksnot17.pdf	Vibeke Wegan
18/03	Vejens jævnhed og bilers hastighed - er oplevelsen af en vejs jævnhed afhængig af bilens hastighed? www.vd.dk/pdf/eksnot18.pdf	Bjarne Schmidt
19/04	Støjdæpende vejbelægninger på Motorring 3 Teknisk og samfundsøkonomisk analyse http://www.vd.dk/eksnot19.pdf	Carsten Bredahl Nielsen
20/04	Vejstøj på Inter-Noise konferencen i Prag - rejserapport august 2004 www.vejdirektoratet.dk/publikationer/eksnot20/index.htm	Hans Bendtsen Bent Andersen
21/04	Måling af trafikstøj fra vejbelægninger på M10 ved Solrød www.vejdirektoratet.dk/publikationer/eksnot21/index.htm	Bent Andersen, Hans Bendtsen, Bjarne Schmidt Carsten Bredahl Nielsen



Vejdirektoratet
Niels Juels Gade 13
Postboks 9018
1022 København K
Telefon 3341 3333
Telefax 3315 6335

Vejdirektoratet
Guldalderen 12
Postboks 235
2640 Hedehusene
Telefon 4630 7000
Telefax 4630 7105

Vejdirektoratet
Thomas Helsteds Vej 11
Postboks 529
8660 Skanderborg
Telefon 8993 2200
Telefax 8652 2013

vd@vd.dk
Vejdirektoratet.dk