

Støj fra vejbump

Seniorforsker Hans Bendtsen, Ingeniør Lars Ellebjerg Larsen og Økonom Karen Reif
Vejdirektoratet, Afdelingen for trafikikkerhed og miljø
Niels Juels Gade 13, 1020 København K
Tel: 33 93 33 38, Fax: 33 93 07 12
E-mail: Bendtsen: hbe@vd.dk, Larsen: ll5@vd.dk, Reif: kr@vd.dk

Abstract

Bump anvendes i stor udstrækning som hastighedsdæmpende foranstaltning på vejnettet. Gennem tiden er der fremkommet klager fra vejenes naboer over at støjpåvirkningen stiger i nærheden af bump. I dette projekt undersøges denne problemstilling for bump, der er dimensioneret til forskellige hastigheder mellem 30 og 60 km/t. Til projektet er udvalgt cirkelbump, som er en af de typer, der primært anvendes i disse år. Bumpene til 30 km/t er dog kombibump, dvs. cirkelbump med længere ramper i siderne til tunge køretøjer.

Der er foretaget detaljerede støjmålinger af både gennemsnitlige støjniveauer og maksimalniveauer. Trafikkens køremønstre er registreret, og der er foretaget interviewundersøgelser af beboernes oplevelse af støjen langs en række vejstrækninger, hvor der er anlagt bump. Der foretages analyser af sammenhængen mellem støjen og trafikens køremønstre. De foreløbige resultater tyder på, at det kun er i forbindelse med 30 km/t bumpene, at der kan være tale om øgede støjniveauer. Det skyldes ikke selve passagen af bumpet men derimod accelerationer efter bumpene. Ved 50 og 60 km/t bump falder støjniveauet som følge af lavere hastigheder.

1. Baggrund

Som led i arbejdet med at forbedre trafikikkerheden og miljøforholdene i byområder er der gennem en årrække anvendt forskellige former for hastighedsdæmpende foranstaltninger. Der er foretaget trafiksaneringer og etableret miljøprioriterede gennemfarter, hvor en vejstrækning er ombygget ved anvendelse af foranstaltninger af forskellig art. Bump er et af de virkemidler, der ofte anvendes til at opnå hastighedsreduktioner. Dette skyldes blandt andet, at bump har en god hastighedsdæmpende effekt, samtidig med at anlægsomkostningerne er forholdsvis lave.

Bump kan anvendes i to forskellige typer af trafiksaneringer:

1. På lokalveje, hvor målsætningen både er at opnå en hastighedsreduktion og at få den uvedkommende gennemkørende trafik til at vælge andre ruter. I disse tilfælde er den dimensionerende og skilte hastighed 30 eller 40 km/t, og den samlede trafikmængde er lille, typisk under 2.000 køretøjer i døgnet.
2. På trafikveje, hvor målsætningen udelukkende er at opnå en hastighedsreduktion. I disse tilfælde er hastigheden 40, 50 eller måske 60 km/t, og den samlede trafikmængde er typisk på 3.000 - 10.000 køretøjer i døgnet.

Ifølge *Byernes trafikarealer* (1) kan bump anvendes på veje med en referencehastighed på 50 km/t eller derunder. Bumpets udformning tilpasses til den ønskede hastighed. Der angives tre typer bump: cirkelformede, kugleformede og trapezformede. Den konkrete udformning af et bump kan beskrives ved bumpets maksimale højde (pilhøjden), dets længde (kordelængden) og dets geometriske form.

Ved planlægning af vejstrækninger, hvor der skal opnås en hastighedsreduktion, er det ofte en målsætning at opnå et jævnt kørselsmønster med en gennemsnitsfart, der svarer til den dimensionerende ha-

stighed. Ud over at udforme de enkelte foranstaltninger (fx. bumpene) således, at de kan passeres komfortabelt ved den ønskede hastighed, anvendes en indbyrdes afstand mellem foranstaltningerne, der sikrer, at der ikke foretages store og kraftige accelerationer og opbremsninger mellem foranstaltningerne. Hvis et anlæg dimensioneres til personbiler, betyder det, at lastbiler og busser er nødt til at anvende en lavere hastighed for at kunne passere komfortabelt.

2. Problemformulering

Når en bil passerer et bump, sker det typisk ved, at der foretages en nedbremsning inden bumpet og en acceleration efter passagen af bumpet. Som det fremgår af ovenstående, er størrelsen af nedbremsningen og accelerationen afhængig af den samlede udformning af den trafiksanerede strækning.

De mulige trafikale effekter af bump kan sammenfattes således:

- Lavere hastighed.
- Ujævn hastighedsprofil på strækningen med nedbremsninger og accelerationer.
- Mindre trafik, hvis folk vælger ruter, der er mindre "besværlige" at gennemkøre.

Når en bil passerer et bump, kan det beskrives som et "sammenstød" mellem bil og bump, under hvilket bilen løftes lidt op i en kortere periode. Styrken af dette "sammenstød" afhænger af bumpets geometriske udformning. Køretøjers passage af bump kan tænkes at have effekt på støj, luftforurening, energiforbrug og vibrationer.

I denne sammenhæng skal der ses nærmere på, hvilken effekt bump har på støjen fra trafik. Der er eksempler på, at der i forbindelse med anlæg af bump har været klager over forøgede støjgener. Det skal vurderes, om der sker ændringer i støjniveauet langs en vej ved anlæg af bump, og der søges givet en mere præcis forklaring på, hvad eventuelle ændringer skyldes. Projektet, som dette paper refererer, forventes først afsluttet i efteråret '98, og det er derfor de foreløbige resultater, der præsenteres.

3. Hypoteser

Der kan på grundlag af ovenstående opstilles følgende hypoteser om støjpåvirkningen ved anvendelse af bump:

- Mindre støj pga. hastighedsdæmpning.
- Mere støj pga. "sammenstød" mellem bil og bump.
- Øget støjgene, fordi støjen fra "sammenstødet" har en impulsagtig karakter. Det kunne udløse et genetillæg på 5 dB(A).
- Mere støj pga. acceleration efter bump (måske især for tunge køretøjer).

I forbindelse med projektet er der foretaget en besigtigelse af en række cirkelbump (40, 50 og 60 km/t) i Frederiksborg Amt samt Gentofte og Gladsaxe kommuner, et kombibump i Frederikssund (30 km/t) og et trapezbump i Lyngby (30 km/t). De intuitive indtryk var blandt andet, at:

- Der er normalt ikke tale om ekstra støj fra "sammenstød" mellem bil og bump. For lastbiler kan der dog opstå støj fra løse materialer på lad og fra slag i anhængertræk.
- Bumpene, der var 5-7 år gamle, var noget slidte med revner og forsætninger. Ligeledes var de hvide kvadratiske termoplastmarkeringer af opkørslerne til bumpene afslidte. Dette medførte lidt ekstra støj ved bilers passage af revner og kanter.
- Der forekommer støj fra accelerationer efter hvert bump.
- Nogle lastbiler støjer, når de bremses op inden bump.

4. Tidligere undersøgelser

Den nordiske beregningsmodel for støj (2), som netop er revideret, angiver, at støjniveauet for personbiler falder med 2,5 dB(A) fra 50 til 40 km/t og er konstant mellem 30 og 40 km/t. For lastbiler er støjniveauet konstant i hele intervallet mellem 30 og 50 km/t. Den nordiske model angiver ikke korrektioner for ujævn kørsel med accelerationer og opbremsninger, og den indeholder ikke noget om eventuelle støjmæssige effekter af "sammenstød" mellem køretøjer og bump.

Vejdirektoratet har i 1990 foretaget støjmålinger på forskellige former for rumlefelter (4), der er anvendt henholdsvis som forvarsel til trafiksanerede strækninger eller som hastighedsdæmpende foranstaltninger. Her måles ved rumlefelterne (profilerede striber og brosten) forøgede støjniveauer på 1,6 til 3,7 dB(A). I rapportens konklusion skrives der følgende: "Et forhold der gør sig gældende i alle 5 byer er støjens impulsagtige karakter. Dette medfører en yderligere forøgelse af støjens genevirkning. Denne genevirkning kvantificeres til en stigning i ækvivalentniveauet på 5 dB(A)." (4)

I *Transportation Noise Reference Book* (5) angives sammenhængen mellem hastighed, acceleration og støj for henholdsvis personbiler og lastbiler. Det fremgår, at for en given hastighed i intervallet 10 til 50 km/t stiger støjniveauet jo hårdere der accelereres. Stigningen er størst for personbiler. Undersøgelsen er publiceret i 1980 og må derfor være gældende for bilparken, som den var i 1970'erne. Siden da har EU skærpet kravene til køretøjernes støjudsendelse med ca. 10 dB(A) målt under hård acceleration. Accelerationsstøjen fra dagens bilpark må derfor forventes at være lavere.

I 1990 har Vejdirektoratet i et projekt om kørselsmønster og støj (6) foretaget 2 støjmålinger på en bygade, henholdsvis ved et lysreguleret kryds, hvor bilerne accelererede, og ved et sted med jævn glide trafik (ca. 40 km/t). Det blev forsigtigt konkluderet, at accelerationerne medførte en stigning i støjniveauet på 1 dB(A).

I 1993 blev der foretaget en lang række støjmålinger langs veje med hastigheder mellem 30 og 50 km/t (7). I projektet blev der anvendt en subjektiv vurdering til beskrivelse af, om der ved målestederne var tale om jævn eller aggressiv kørsel. På dette grundlag var det ikke muligt at sige noget om accelerationers betydning for støjen.

På to af målestrækningerne med skiltet hastighed på 30 km/t var der etableret bump. Der blev målt støj for personbiler lige før/efter et bump og på strækningen midt mellem 2 bump. Resultaterne viste, at støjen er 1-2 dB(A) lavere mellem bumpene end nær disse, samtidig med at hastigheden er større mellem bumpene. Da støjen normalt stiger med øget hastighed, indikerer dette, at de højere støjniveauer ved bumpene skyldes accelerationer.

I en engelsk undersøgelse (8) er der anlagt en række små bump, der nærmest svarer til cirkelbump, på en vejstrækning i et byområde. Der er foretaget støj- og hastighedsmålinger før og efter etablering af bump. Målingerne er gennemført både ved bumpene og mellem bumpene. Resultaterne viste en generel støjreduktion efter anlæg af bump på 4 dB(A) ved alle målepunkter samtidig med en hastighedsreduktion fra 52 til 30 km/t. Støjreduktionen er større, end hvad der ud fra den nordiske støjberegningsmodel kunne forventes for en sådan hastighedsænkning.

I et internationalt litteraturstudium om *The use of road humps for moderating speeds on urban streets* fra 1992 (9) konkluderes det, at bump generelt reducerer støj og vibrationer, da de medfører lavere hastigheder og mindre trafik. Det bemærkes, at der kan være problemer med støj og vibrationer lige ved de enkelte bump. På den baggrund foreslår forfatteren, at bump placeres mindst 30 meter fra boliger.

Nordjyllands Amt har først i 1990'erne gennemført et større forsøg med bump i 10 byer. Resultaterne er sammenfattet i en evalueringsrapport fra 1994 (10). Som gennemsnit er hastighederne faldet fra 61 til 45 km/t. Ifølge interviewundersøgelser er langt den største del af både beboere og bilister glade for bumpene. I en by blev beboerne blandt andet spurgt, hvad der var sket med støjen efter etablering af bump. Af 34 beboere svarede 64%, at støjen var uforandret, 13% at der var blevet mindre støj, og 23% at der var blevet mere støj. Der er ikke i interviewundersøgelsen skelnet mellem, hvor folk bor i forhold til bumpene. Det kunne således tænkes, at de, der angiver stigende støj, bor tæt ved bumpene, mens de, som angiver mindre støj, bor mellem bumpene.

De anvendte metoder i ovennævnte undersøgelser er ikke umiddelbart sammenlignelige. Den engelske undersøgelse indeholder de mest omfattende og systematiske støjmålinger, men der er målt på en speciel type bump, som ikke anvendes i Danmark. Med stor forsigtighed kan det på baggrund af ovenstående litteraturstudium sammenfattes, at bump medfører en støjdemping afhængig af hastighedsreduktionen, men at der er særlige problemer lige ved bumpene.

5. Den anvendte metode

Det er ikke projektets mål at undersøge de specifikke lokaliteter, hvor der er blevet målt støj. Det er derfor vigtigt, at bumpene er i overensstemmelse med retningslinierne for udformning af bump. Af samme årsag er støjmålingerne foretaget på enkeltkøretøjer, hvorefter resultaterne regnes sammen til en standardiseret trafik på 4000 ÅDT med en fordeling på køretøjstyperne personbil, varebil, lastbil med to aksler og lastbil med flere aksler på 80, 10, 9 og 1 procent. I forbindelse med støjmålingerne måles køretøjernes hastighed i støjmålepunkterne.

For at give en bedre baggrund for at analysere støjmålingerne registreres køremønstre for køretøjer inden for hver kategori på strækningerne med bump. Desuden uddeles der spørgeskemaer til beboerne langs undersøgelsens vejstrækninger for at afdække deres opfattelse af eventuelle støjgener.

Valg af strækninger

30 km/t	Færgevej, Frederikssund (strækning på 200 m med 2 bump)
40 km/t	Ermelundsvej, Gentofte (350 m, 3 bump) Kildeskovsvej, Gentofte (600 m, 4 bump) Gammelmosevej, Gladsaxe (300 m, 3 bump)
50 km/t	Rute 233, Lyngby (850 m, 4 bump) Tinghusvej, Mårup (1550 m, 6 bump) Rute 227, Nødebo (2200 m, 9 bump)
60 km/t	Møllevvej, Jægerspris (1000 m, 4 bump)

Ved valg af strækninger til undersøgelsen er det tilstræbt, at disse er i overensstemmelse med retningslinierne i *Byernes trafikarealer* (1) og med Trafikministeriets cirkulære fra 1997 om udformning af vejbumpe (11). Der er ikke foretaget egentlige målinger af bumpene i denne henseende; udvælgelsen er sket på baggrund af egne skøn over, om bumpene er korrekt udformet.

Ved valg af vejstrækninger er der ud over bumpets udformning lagt vægt på, at afstanden mellem bumpene ikke er så stor, at disse fremstår som enkelt tiltag men derimod som en samlet strækning med hastighedsdemping. Der skal til både bump og strækning være benyttet asfalt, der støjmæssigt svarer til en tæt asfaltbeton med maksimal stenstørrelse på 12 mm (AB12t), som er referencen i den nordiske beregningsmodel for vejtrafikstøj. Asfalten skal være mindst 3 år gammel, så den støjmæssigt er faldet til, og den må ikke være nedslidt med revner og forsætninger.

Der skal langs strækningerne være brugbare støjmålepunkter såvel ved bump som mellem bump. Det betyder, at der ikke tæt ved vejen må være væsentlige kilder til baggrundsstøj eller reflekterende bygninger eller lignende, som kan påvirke målingerne. Der skal være 2.000 - 5.000 ÅDT, således at der er tilstrækkelig trafik til at foretage målinger af støj og køremønstre inden for en rimelig tid. Desuden skal der så vidt muligt være alle typer køretøjer, så effekten af de forskellige typer kan bestemmes.

Støjmålinger

Støjmålingerne foretages af DELTA Akustik og Vibration. Støjen fra enkeltkøretøjer måles i 3 positioner med samtidig radarregistrering af farten. En position er midt på et bump med henblik på at bestemme ændringen af støjen ved selve passagen. Position 2 er 10 m fra enden af bumpet med henblik på at måle forventede ændringer i støjniveauet som følge af køretøjernes opbremsning og acceleration.

Da der ikke er foretaget før-målinger på de udvalgte lokaliteter, estimeres støjen fra bilerne før etableringen af vejbumpene ved at måle midt mellem to bump, hvor bilerne forventes at køre med jævn fart. Ved hjælp af den fælles nordiske beregningsmodel for vejtrafikstøj omregnes støjen til trafikens fart før trafiksaneringen. Desuden korrigeres alle målingerne til en hastighed på 50 km/t, således at resultaterne for de enkelte målepunkter og strækninger er sammenlignelige. Dette skulle gøre det muligt at vurdere den støjmessige effekt af bumpet ud over den effekt, som en hastighedsændring medfører.

Støjen optages på bånd og analyseres senere i laboratoriet. Ved analysen i laboratoriet fastlægges L_{AE} for enkeltkøretøjer, dels for den faktisk talte årsdøgntrafik, dels for en tænkt trafik som beskrevet ovenfor. Endvidere fastlægges maksimalværdier for enkeltkøretøjer og støjens frekvensmæssige sammensætning analyseres i 1/1 oktaver. Frekvensanalysen er endnu ikke gennemført.

Køremønstermålinger

Køremønstrene indsamles for enkeltkøretøjer ved, at en målebil forfølger et antal køretøjer fra hver af de fire kategorier. Chaufføren i målebilen søger at efterligne køremåden hos den forankørende. Ved hjælp af køremønstrene for de enkelte køretøjer søges det ud fra hastighed og acceleration at beskrive de forskellige køretøjskategoriers køremåde på strækningerne.

For hver strækning gennemføres som udgangspunkt 20 målinger i hver retning for hver køretøjskategori. Da det imidlertid kan blive svært at få tilstrækkeligt med vare- og lastbiler inden for måletidsrummet, bliver der i disse kategorier indsamlet, hvad der umiddelbart kan lade sig gøre.

Kvaliteten af de køremønstre, der indsamles med denne metode, er afhængig af evnen hos målebilens chauffør til at følge den forankørende. Denne undersøgelse er gennemført af en chauffør med stor erfaring i denne type målinger. Alligevel kan det ikke forventes, at de registrerede køremønstre er helt nøjagtige gengivelser af den forfulgte bils køremåde. Spørgsmålet er, om afvigelserne er tilfældige, eller om der kan forventes systematiske afvigelser.

Eva Ericsson fra Lunds Tekniska Högskola har undersøgt følgebil-metoden (12). Ericsson konkluderer: "The results show that the chase-car method significantly underestimates high acceleration-/deceleration-levels. It is also shown that high speeds are underestimated while low speeds are overestimated....It appeared that vehicles free of accompanying traffic run the risk of being over-represented, whereas vehicles trapped in a queue, vehicles at the head of a queue and speeding vehicles run the risk of being under-represented."

Ericssons resultater peger på problemer i forhold til såvel præcisionen af de registrerede køremønstre som repræsentationen af forskellige køretøjs- og/eller chaufførtyper blandt de registrerede mønstre. Det er svært at se, at der skulle være en bedre måde end brug af følgebil til at registrere køremønstre

over en længere strækning. Metoden kan sandsynligvis gøres mere præcis ved - gennem lasermåling eller lignende - at inddrage afstanden mellem følgebilen og den forfulgte bil i registreringen af køremønstre. Det ville medføre en mere direkte registrering af den forfulgte bils køremønster. Denne type forbedring har ikke været på tale i forbindelse med dette projekt, hvorfor der må tages hensyn til den manglende præcision ved vurderingen af resultaterne.

Uanset kvaliteten af de enkelte køremønstre vil der stadig være problemer med repræsentationen af forskellige køretøjstyper og køremåder. Det er vanskeligt at gøre andet end at tage hensyn til det efter bedste evne ved analyseringen af køremønstrene.

Spørgeskemaundersøgelse

Spørgeskemaundersøgelsen er foretaget blandt beboerne langs hele strækningen med bump, ikke kun hvor der måles støj. Spørgeskemaerne er udformet, så der kan skelnes mellem besvarelser fra beboere ved bump (inden for 20 meter fra bumpet) og mellem bump, uden at det fremgår for beboerne, hvilken kategori de hører til. Dette skulle gøre det muligt at finde eventuelle støjmæssige effekter, der er direkte relaterede til bumpene.

Beboerne spørges dels generelt, om de føler sig generet af støj, dels mere direkte, om de i forskellige situationer er generet. Der spørges om gener ved ophold i og udenfor boligen, og om gener i forbindelse med passage af forskellige typer køretøjer.

Der vil komme et forholdsvist lille antal besvarelser fra de enkelte strækninger, idet der ikke er ret mange boliger langs de enkelte strækninger. Det kan give problemer med at opnå signifikante resultater. I så tilfælde må det overvejes, om der kan opnås resultater ved at betragte besvarelser fra flere strækninger samlet. Der er i alt uddelt 3-400 spørgeskemaer.

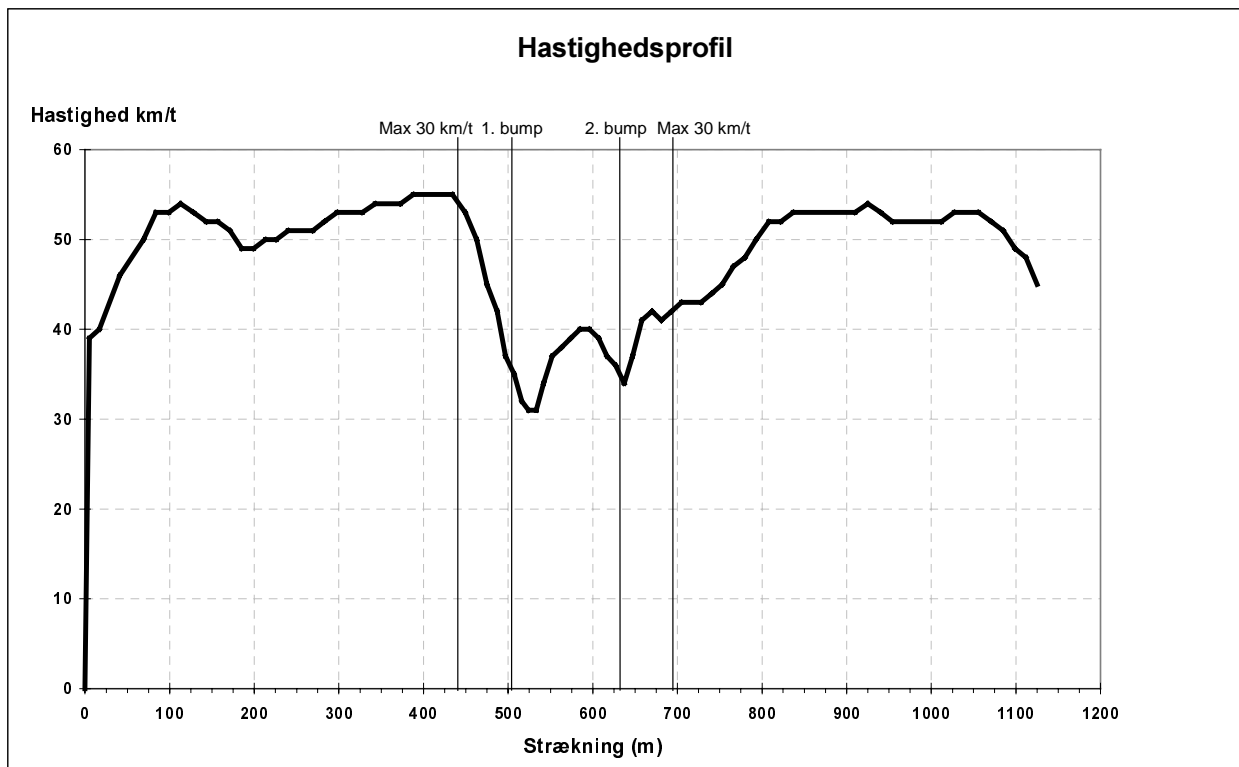
6. Resultater

Projektet er endnu ikke afsluttet, og der foreligger derfor ikke data for alle undersøgelsens dele. 40 km/t bumpene er blevet tilføjet til projektet sent, og der er derfor ingen resultater for disse strækninger endnu. For de øvrige strækninger er analyserne af støjmålingerne ikke afsluttet. Der er beregnet L_{AE} - og $L_{A_{maks}}$ -værdier for de enkelte køretøjstyper, og disse er vægtet til værdier for 80, 10, 9, 1 fordelingen af køretøjstyper både med den målte hastighed i støjmålepunktet og med korrektion til 50 km/t.

Der er heller ikke beregnet ækvivalente støjniveauer, men der er direkte sammenhæng mellem L_{AE} - og $L_{A_{eq}}$ -niveauerne. Forskellen mellem to $L_{A_{eq}}$ -niveauer er den samme som mellem de tilsvarende L_{AE} -niveauer, og L_{AE} -niveauerne er noget højere end $L_{A_{eq}}$ -niveauerne.

Køremønstrene er målt og analyseret for 30, 50 og 60 km/t strækningerne. Et eksempel på et køremønster kan ses i figur 1. For alle strækningerne gælder det, at spørgeskemaerne er kommet tilbage fra beboerne, men at disse endnu ikke er analyseret.

Der er målt støj på 100-200 personbiler, 25-75 varebiler, 15-50 lastbiler med to aksler, og 2-15 lastbiler med flere aksler for hver måleposition. Der er meget få målinger for de store lastbiler, og i Mårum og Frederikssund er der også få for to-akslede lastbiler. Dette kunne forventes, da der typisk er få lastbiler på strækninger med bump, men det betyder, at ubestemtheden af disse køretøjstypers støjudsendelse for de forskellige bumptyper bliver stor (op mod 4 dB). Figur 2 viser de vægtede resultater uden hastighedskorrektion for strækningerne, samt ubestemtheden for disse resultater. Desuden vises støjniveauerne før anlæggelse af bump. Disse er beregnet ud fra midtmålingerne på grundlag af hastighedsændringerne som følge af anlæggelsen af bumpene.



Figur 1. Hastighedsprofil for personbil i Frederikssund.

	Førniv.	Midtmåling		10 m fra bump		Ud for bump	
	L _{AE} (dB)	L _{AE} (dB)	Ubestemt	L _{AE} (dB)	Ubestemt	L _{AE} (dB)	Ubestemt
Frederikssund (30 km/t)		73,4	0,48	75,0	0,59	71,3	0,57
Lyngø (50 km/t)	75,6	74,8	0,41	72,6	0,43	72,0	0,36
Mårum (50 km/t)	78,5	76,2	0,41	74,3	0,41	75,0	0,36
Nødebo (50 km/t)	76,7	75,2	0,25	73,5	0,29	72,8	0,28
Jægerspris (60 km/t)	79,5	77,4	0,23	76,7	0,31	76,5	0,26

Figur 2. Støjniveauer og ubestemthed på niveauerne for strækningerne vægtet til en trafik med henholdsvis 80, 10, 9 og 1 procent personbiler, varebiler, lastbiler med to aksler og lastbiler med flere end to aksler. Førniveauerne er beregnet med den nordiske beregningsmodel for vejtrafikstøj (2) ud fra midtmålingerne. Beregningerne er baseret på hastighedsændringerne efter anlæggelse af bump (13).

Som det fremgår, er støjniveauet i Frederikssund højest 10 meter fra bumpet. På de tre 50 km/t strækninger og i Jægerspris er det midtmålingerne, der er højest. Bortset fra i Mårum er de laveste niveauer registreret ud for bumpene. I Mårum er det ved målepunktet 10 meter fra bumpet, at der er registreret de laveste støjniveauer. Forskellen til målingen ved bump er dog kun på 0,7 dB, hvilket ligger inden for ubestemtheden.

At det i Frederikssund er 10 meter fra bumpet, at niveauet er højest, kan skyldes, at den lave hastighed på 30 km/t betyder, at bilisterne accelererer kraftigt i et lavt gear efter bumpet, således at motoren støjer mere end normalt. Hastighedsmålingerne, der er foretaget samtidig med støjmålingerne (figur 3), viser imidlertid, at hastighederne for de fire køretøjstyper er de samme ti meter fra bumpet som ved bumpet, og at stigningen frem til midtmålingen er begrænset. Køremønstermålingerne viser, at accelerationerne efter bumpene i Frederikssund er en smule hårdere end efter bumpene på strækningerne med 50 km/t, men der er ikke tale om kraftige accelerationer. Dette underbygges af den forholdsvis

lille forskel i hastigheder mellem de forskellige målepunkter. At støjniveauerne for de øvrige strækninger er højest for midtmålingerne kan forklares med, at hastigheden er højere.

	Midtmåling				10 meter fra bump				Ud for bump			
	Pers.	Vare	2aks.	Flere	Pers.	Vare	2aks.	Flere	Pers.	Vare	2aks.	Flere
Frederikssund	36	37	32	28	33	29	25	25	33	30	26	25
Lynge	54	53	45	41	46	46	37	35	46	46	37	35
Mårum	54	55	49	49	52	53	45	40	51	52	42	38
Nødebo	54	54	48	41	51	51	41	38	51	50	41	38
Jægerspris	61	60	55	52	56	55	45	47	56	55	46	47

Figur 3. Hastigheder målt med radar i forbindelse med støjmålinger.

Der kan også være en forskel i asfalttype på bumpet og på vejen i øvrigt. Ud fra besigtigelsen af strækningerne vurderes det, at den asfalt, der er anvendt til bumpene, har en mere jævn overflade og kan medføre op til 1 dB mindre støj. Endelig kan det tænkes, at bilisterne kobler ud og triller over bumpene, hvilket vil dæmpe motorstøjen. Dette kan også have en effekt 10 meter fra bumpene, hvis bilisterne triller frem mod dem.

De vægtede støjniveauer er korrigeret til et hastighedsniveau på 50 km/t. Resultatet fremgår af figur 4. Noget overraskende har korrektionen ikke større betydning for billedet af, hvor der er de højeste og laveste støjniveauer. Forskellene mellem niveauerne i de tre målepunkter bliver dog generelt små. I Frederikssund er den på 3,7 dB, men ellers er den mellem 0,3 til 2,1 dB. I Jægerspris er det nu 10 meter fra bumpet, at niveauet er højest, men forskellen til de to øvrige målepunkter er mindre end ubestemtheden på resultatet. I Lynge betyder ubestemtheden, at det kan være 10 meter fra bumpet, at der er mest støj, og i Mårum gør det samme sig gældende for målingerne ud for bumpet, men umiddelbart er det på midtstrækningen, at niveauet er højest.

	Midtmåling		10 meter fra bump		Ud for bump	
	L _{AE} (dB)	Ubestemt	L _{AE} (dB)	Ubestemt	L _{AE} (dB)	Ubestemt
Frederikssund (30 km/t)	74,6	0,40	76,2	0,47	72,5	0,46
Lynge (50 km/t)	74,3	0,43	73,5	0,36	72,9	0,30
Mårum (50 km/t)	75,4	0,44	73,9	0,42	74,8	0,35
Nødebo (50 km/t)	74,7	0,26	73,5	0,27	72,8	0,27
Jægerspris (60 km/t)	75,5	0,26	75,8	0,33	75,5	0,24

Figur 4. Støjniveauerne fra figur 1 korrigeret til en hastighed på 50 km/t.

Dette resultat kan muligvis forklares med ovenstående overvejelser omkring betydningen af køremåde omkring bumpene og asfalttype på bumpene, men forklaringen kan også skulle findes i den nordiske støjmodel, som er benyttet til korrektionen. Formlen til hastighedskorrektion i modellen er ved de lave hastigheder, som der er tale om i dette tilfælde, baseret på måledata med stor spredning. Da modellen ikke tager hensyn til køremønstret, er det ikke usandsynligt, at det er modellens korrektion, der er årsagen til det overraskende resultat.

Mønsteret i fordelingen af høje og lave L_{AE}-værdier går igen i fordelingen af maksimumsværdierne. Maksimumsværdierne er beregnet som de værdier, der kun vil blive overskredet af fem procent af køretøjerne. De maksimale støjniveauer fremgår af figur 5.

	Midtmåling	10 m fra bump	Ud for bump
	L _{Amaks} (dB)	L _{Amaks} (dB)	L _{Amaks} (dB)
Frederikssund (30 km/t)	73,2	73,7	69,8
Lynge (50 km/t)	75,1	72,4	71,9
Mårum (50 km/t)	77,1	73,7	74,0
Nødebo (50 km/t)	75,2	72,8	72,5
Jægerspris (60 km/t)	78,0	77,7	77,6

Figur 5. Maksimale støjniveauer (5%-niveau) for strækningerne vægtet til en trafik med henholdsvis 80, 10, 9 og 1 procent personbiler, varebiler, lastbiler med to aksler og lastbiler med flere end to aksler.

7. Konklusion

Med de begrænsede resultater, som foreligger på nuværende tidspunkt, er det ikke muligt at drage klare konklusioner i forhold til alle de hypoteser, som er opstillet omkring støj ved bump.

Den første hypotese går på, at der bliver mindre støj som følge af den hastighedsdæmpning, som er målet med bumpene. Dette er tilfældet for 50 og 60 km/t bumpene, hvor det er midtmålingerne, der giver de højeste støjniveauer (1-2 dB mere støj end ved bumpene). Når støjniveauerne fra midtmålingerne korrigeres for den hastighedssænkning, som var en følge af anlæggelsen af bumpene, så viser resultatet op til 4 dB mindre støj ud for bumpene. Anderledes er det med 30 km/t bumpet, hvor målingerne 10 meter fra bumpet giver det højeste støjniveau. Dette indikerer, at der her kan være problemer med støj fra accelererende biler. Dette passer med resultatet fra den tidligere undersøgelse *Kørselsmønster i byer og vejtrafikstøj* (6), som er refereret i afsnit 4.

Der er ikke noget i de foreløbige resultater, der indikerer, at der skulle være særlige problemer med støj i forbindelse med sammenstød mellem bil og bump, idet L_{Amaks} viser samme tendens som L_{AE}. Det er stadig muligt, at frekvensanalyserne vil vise, at støjen ændrer karakter, og at spørgeskemaerne vil vise, at der faktisk er et problem. Det er også muligt, at der er høje maksimumsniveauer fra enkelte køretøjer, som ikke kommer med i en undersøgelse af denne art, hvor der måles mindre end en dag i hvert punkt. Det kan for eksempel være nogle få lastbiler, der støjer meget ved passage af bumpene.

Litteratur

1. *Byernes trafikarealer. Hæfte 7. Fartdæmpere*, Vejdirektoratet - Vejreguludvalget, 1991.
2. *Road Traffic Noise. Prediction Method*, TemaNord 1996:525 Environment, Nordic Council of Ministers, 1996. (Udkommer på dansk i efteråret 1998)
3. *Effekt af miljøprioriteret gennemfart. Forureningseffekterne. Støj, luftforurening, vibrationer og energiforbrug. Vinderup*, Rapport nr. 49, Vejdirektoratet, Vejdatalaboratoriet, 1987.
4. *Rumlefter og støj*, Rapport nr. 89, Vejdirektoratet, Vejdatalaboratoriet, 1987.
5. *Transportation Noise Reference Book*, Edited by Paul Nelson, Butterworth & Co. (Publishers) Ltd., 1987.
6. *Kørselsmønster i byer og vejtrafikstøj*, Notat 4, Vejdirektoratet, Vejdatalaboratoriet, 1990.
7. *Lav fart i bygader. Revision af den nordiske beregningsmetode for vejtrafikstøj*, Rapport AV 948/93, DELTA Akustik & Vibration, 1993.
8. *Vehicle and traffic noise surveys alongside speed control cushions in York*, Projekt Report 103 UG24, Transport Research Laboratory, 1995.
9. *The use of road humps for moderating speeds on urban streets*, D. Zaidel m.fl., Transportation Research Institute, Israel, Accid. Anal & Prev. Vol. 24 No.1, 1992.

10. *Forsøg med bump i Nordjyllands Amt. Evaluering*, Forvaltningen for teknik og miljø, Amtsvejvæsnet, 1994.
11. *Cirkulære om udformning af hastighedsdæmpende bump*, Trafikministeriets cirkulære nr. 99 af 1. juli 1997.
12. *How to measure driving patterns? - a study of methodology*, Eva Ericsson, 4th International Symposium "Transport and Air Pollution", Avignon, 9-13 June 1997, poster proceedings, p. 125-130.
13. *Fartdæmpning med cirkelbump i Frederiksborg Amt*, Svend Jensen, Dansk Vejtidskrift nr. 6/7 1995.