



Beregning af vejtrafikstøj - en manual



Rapport 240
2002

Miljøstyrelsen
Miljøministeriet

 **Vejdirektoratet**

Vejdirektoratet
Niels Juels Gade 13
Postboks 1569
1020 København K
Tlf.: 33 41 33 33
Fax.: 33 15 63 35

Titel Beregning af vejtrafikstøj - en manual

Serie Rapport 240
Dato Marts 2002

Forfattere Bent Andersen (Danmarks TransportForskning)
 Hans Bendtsen (Danmarks TransportForskning)

Fotos Lars Bahl s. 13, Olsen Engineering s. 19,
 Steen Vedel s. 20 samt Vejdirektoratet

Layout Møller & Grønberg AS
Oplag 500
Pris Gratis og kan bestilles mod et ekspeditionsgebyr

Udgiver Miljøstyrelsen og Vejdirektoratet

ISSN 0909-4288
ISBN 87-7923-197-7

Netudgave
ISSN Internet ed. 1600-4396
ISBN Internet ed. 87-7923-198-5

Tryk Vejdirektoratets trykkeri

© Eftertryk tilladt med kildeangivelse

Denne og andre rapporter kan bestilles hos:

Vejdirektoratets boghandel
Tlf.: 46 74 01 07
Fax.: 46 74 01 05
e-mail: boghandel@vd.dk

Omslagsfoto: Motorringvejen ved Rødovre i København

Forord

Den nordiske beregningsmodel for vejtrafikstøj har i mange år (siden 1978) været den officielle metode til beregning af vejtrafikstøj i Danmark. Det har imidlertid vist sig, at modellen i flere tilfælde åbner mulighed for "fortolkning" ved valg af indgangsparametre. Dette kan resultere i en betydelig variation af beregningsresultater for bare lidt komplicerede tilfælde. Forskellige fortolkninger kan således i nogle tilfælde føre til en variation af størrelsesordenen ± 5 dB.

Dette var baggrunden for at Vejdirektoratet og Miljøstyrelsen igangsatte et projekt, der havde til formål at udvikle en manual for, hvorledes beregninger af vejtrafikstøj bør foretages ved hjælp af den nordiske beregningsmodel. Projektet er udført af Danmarks TransportForskning af Bent Andersen (projektleder) og Hans Bendtsen.

Marts 2002

Miljøstyrelsen
Hugo Lyse Nielsen

En gruppe brugere af beregningsmodellen har deltaget i interview om praktiske erfaringer med metoden. Projektet har desuden været fulgt af en følgegruppe, som ligeledes har ydet værdifuld bistand og takkes for råd og kommentarer:

- Hugo Lyse Nielsen, Miljøstyrelsen
- Peter Simonsen, Vejdirektoratet
- Lene Nøhr Michelsen, Vejdirektoratet
- Christian Sauer, Vejdirektoratet
- Jørgen Kragh, Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger
- Søren Rasmussen, COWI
- Ole Svendsen, Fyns Amt

Med henblik på at opnå større ensartethed i udførelse og rapportering af beregninger af vejtrafikstøj henstiller Miljøstyrelsen og Vejdirektoratet, at anbefalingerne i denne manual i videst muligt omfang følges.

Vejdirektoratet
Lene Nøhr Michelsen

ITRD Information

Title: Beregning af vejtrafikstøj – en manual
(Prediction of Road Traffic Noise – a Manual)

Language: Danish

Authors: Bent Andersen and Hans Bendtsen

SubjectClassification: Environment 15

Keywords: Mathematical model 6473, Environment 9018, Manual 8526,
Sound level 6747, Noise 6748

Abstract: This manual is a supplement to the description of the prediction method given in English in TemaNord 1996:525 or in Danish in report No. 178 (1998) from the Road Directorate. The main purpose is to give guidance in cases where different interpretations of the prediction method yields different results. Enhanced quality of road noise predictions resulting from greater uniformity in determination of input data is expected. Guidelines on documentation are also included and should further increase quality. Guidance is given on choice of position and period for the prediction and on the necessity of calculating separate contributions from different sections of the road or from different road lanes. Specific premises for traffic data dealt with are: prognostication of traffic intensity, classification, and speed (including typical data for different road types). Guidelines are also given on determination of the plane of reflection and its ground properties, and receiver heights are recommended for open space as well as for facades. Further recommendations are given on specific acoustical premises on road gradients, thick screens, reflections from vertical surfaces, short distances from the road, influence from vegetation and road surface, and on special inhomogeneous traffic conditions. Finally the maximum uncertainty for different input parameters is given corresponding to simple or more complicated cases. Guidelines on how to document predicted results are included as well as an example.

ISSN 0909-4288

ISBN 87-7923-197-7

ISSN Internet ed. 1600-4396

ISBN Internet ed. 87-7923-198-5

Indhold

1. Indledning	7
2. Udarbejdelse af manualen	8
3. Generelle beregningsforudsætninger	9
3.1 Formål med beregningerne	9
3.2 Valg af beregningspunkter	10
3.3 Valg af beregningstidsrum	10
3.4 Opdeling i delstrækninger	12
3.5 Opdeling i flere vognbaner	13
3.6 Specialtilfælde	14
3.6.1 Refleksioner	14
3.6.2 Kurver	14
3.6.3 Ramper	14
3.6.4 Kryds og rundkørsler	15
4. Specifikke beregningsforudsætninger	16
4.1 Trafikale forudsætninger	16
4.1.1 Referencetidsrum	16
4.1.2 Trafikintensitet og -sammensætning	16
4.1.3 Hastighed	17
4.2 Geometriske / topografiske forudsætninger	18
4.2.1 Afstande og højder	18
4.2.2 Refleksionsplan	18
4.2.3 Terrænegenskaber	19
4.2.4 Stigning	19
4.2.5 Tyk skærm	19
4.3 Akustiske forudsætninger	20
4.3.1 Refleksion i lodret flade	20
4.3.2 Skærmning	21
4.3.3 Kort afstand til vejen	21
4.4 Specifikke forudsætninger	21
4.4.1 Vegetation og vejbelægning	21
4.4.2 Spredt bebyggelse	22
4.4.3 Specielle trafikforhold	22
5. Nøjagtighed af indgangsdata	23
5.1 Basisværdier	23
5.2 Afstandskorrektion	24
5.3 Terrænkorrektion	24
5.4 Skærmkorrektion	25
5.5 Vinkelkorrektion	25
5.6 Stigning	25
5.7 Gentagne refleksioner i lukkede gårdrum	26

6. Computerprogrammer	27
6.1 Verifikation	27
6.2 Generelle forhold	27
7. Rapportering	29
7.1 Krav til dokumentation	29
7.2 Eksempel	30
7.2.1 Baggrund	30
7.2.2 Beregningspunkt	30
7.2.3 Vejene	31
7.2.4 Beregningsgrundlag	32
7.2.5 Trafikale forudsætninger	32
7.2.6 Topografiske / akustiske forudsætninger	32
7.2.7 Afvigelser fra NBV96	33
7.2.8 Resultater	33
7.2.9 Bilag (nedfotograferet udsnit af kort i 1:1000)	35
8. Referencer	36

1. Indledning

Formålet med denne manual er at vejlede om anvendelsen af den nordiske beregningsmodel for vejtrafikstøj (herefter kaldet NBV96) og derved forbedre kvaliteten af vejtrafikstøjsberegninger samt sikre at alle beregninger udføres så ensartet som muligt. For at sikre en kvalificeret dokumentation af hver enkelt beregningsopgave er der desuden angivet retningslinjer for rapportering af beregningsresultater.

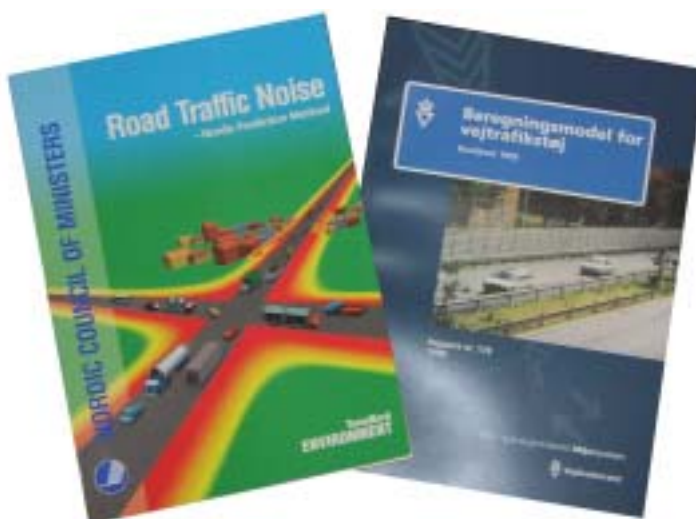
Det er således ikke meningen at beskrive beregningsmodellen på ny, men alene at uddybe og vejlede vedrørende valg af indgangsparametre og opstilling af beregningstilfælde (modellering). Der er derfor henvist til beregningsudtryk, formler og figurer, som de er angivet i den danske beskrivelse af beregningsmetoden [Vejdirektoratet, 1998], ligesom der benyttes samme nomenklatur og symboler.

Beregninger af vejtrafikstøj efter NBV96 kan udføres “manuelt” ved hjælp af nomogrammerne i [Vejdirektoratet, 1998] eller efter formlerne angivet i [TemaNord, 1996]. Alternativt kan der benyttes for-

skellige PC-programmer (for eksempel NBSTØJ p.t. version 5.4 som er et simpelt DOS-program med “halvofficiel” status). Denne manual omhandler alene den nordiske *metode* – og ikke eventuelle fortolkningsproblemer i tilknytning til anvendelsen af forskellige PC-programmer.

Målgruppen for manualen er teknikere i Vejdirektoratet og hos amter og kommuner, samt rådgivere, der arbejder med by- og trafikplanlægning samt akustik. Det er håbet, at også erfarne brugere og rådgivere (herunder støjrådgivere) vil læse og bruge manualen – specielt for at sikre, at der anvendes samme fortolkning ved fastsættelse af indgangsparametre og nogenlunde samme dokumentationsgrad ved rapportering.

Manualen forudsætter kendskab til selve beregningsmetoden [Vejdirektoratet, 1998] – både vedrørende beregningsgang og de indgående parametre. Desuden forudsættes en vis grundlæggende viden om støj – for eksempel svarende til et grundkursus om akustik eller støj.



2. Udarbejdelse af manualen

Forud for udarbejdelsen af denne manual er gået en grundig gennemgang af beregningsmetoden, som den er beskrevet på dansk i [Vejdirektoratet, 1998], på engelsk i [TemaNord, 1996], på norsk i [Vegvesenet, 2000] og på svensk i [Naturvårdsverket, 1999]. For at belyse hvordan metoden blev anvendt i praksis samt indsamle erfaringer fra brug af metoden, blev der udarbejdet et detaljeret spørgeskema og gennemført interview med erfarne brugere. Interviewene omfattede i alt ca. 20 brugere af beregningsmetoden i Danmark, 3 i Sverige og 3 i Norge. Ved sammensætning af interviewgruppen er en meget bred repræsentation af brugere tilstræbt:

- teknikere ved kommuner, amter og stat (vejdirektorater)
- trafik- og byplanlæggere
- rådgivende ingeniører (akustikere)

Omtrent halvdelen af interviewgruppen var offentligt ansat og repræsenterede vejafdelinger, planlægningsafdelinger og miljøafdelinger. Brugere var blandt andet udvalgt ud fra forfatterens og følgegruppens kontakter suppleret med personer fra distributionslisten for beregningsprogrammet NBSTØJ. Erfaringerne fra disse interview har sammen med forfatterens egen analyse været grundlaget for denne manual.

Enkelte mere “spidsfindige” tvivlsspørgsmål i beregningsmetoden har også været diskuteret med nogle af de akustikere, der oprindeligt har deltaget i udarbejdelsen af den nordiske beregningsmodel for vejtrafikstøj. Endelig har næsten alle interviewpersonerne leveret en kopi af et par typiske rapporter (for en “større” henholdsvis “mindre” sag) med henblik på forfatterens vurderinger i forbindelse med anvisningerne om rapportering af støj-beregninger.

De løsninger på problemer og uklarheder i NBV96, der er angivet i denne manual, har været drøftet med projektets følgegruppe, ligesom der har været afholdt en workshop, hvortil også danske brugere (blandt andet interviewpersonerne) var inviteret.

3. Generelle beregningsforudsætninger

3.1 Formål med beregningerne

Før støjberegninger påbegyndes må formålet defineres klart. Beregningsopgaver kan opdeles i følgende to typer:

A. beregning af støjniveauet i et givet punkt (for eksempel i forbindelse med dimensionering af støjreducerende tiltag (støjskærm, facadeisolation eller andet), ved en støjklage, ved kontrolberegning til dokumentation af støjbelastning eller lignende)

B. beregning af støjniveauet i et område (kortlægning – for eksempel i forbindelse med planlægning af et nyt vejanlæg eller boligbyggeri)

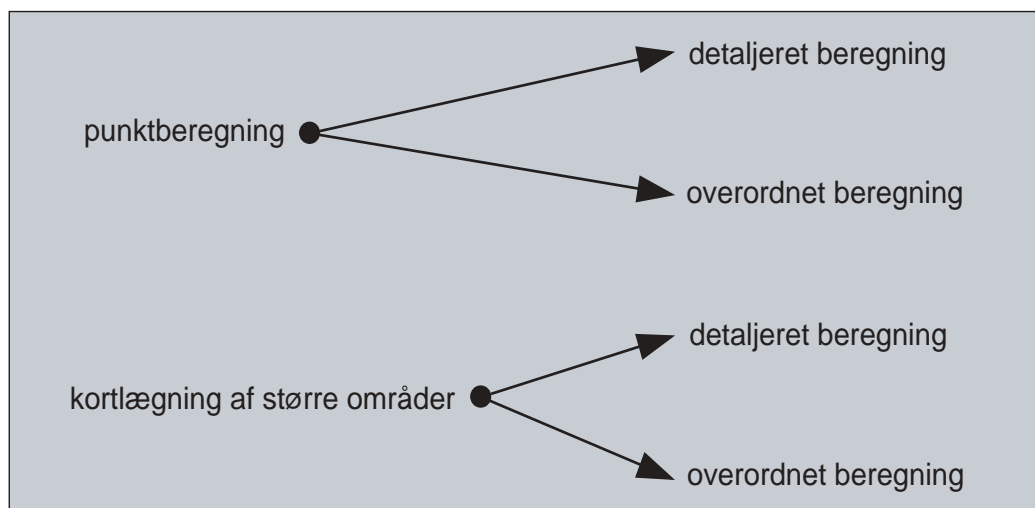
Det bør også klart fremgå af formålet, om beregningerne skal dække den nuværende situation eller en eventuel fremtidig situation baseret på en prognose. I forbindelse med nyanlæg af veje eller boliger anbefales en tidshorisont på 10 år frem i tiden, således at de trafikale para-

metre (trafikmængde, -sammensætning og hastigheder) fremskrives til 10 år fra det aktuelle år. Ved sådanne prognoser regnes med uændret støjudsendelse fra lette og tunge køretøjer (samme basisværdier).

Endelig skal det i denne indledende fase defineres, om beregningerne alene skal omfatte støjbidrag fra én given vej – eller om bidrag fra andre veje (for eksempel krydsende eller nærliggende veje) bør medregnes.

Begge de nævnte opgavetyper kan enten udføres som detaljerede beregninger med bedst mulig præcision eller som mere overordnede beregninger (for eksempel i forbindelse med kortlægning af støjforholdene i en by, ved vurdering af alternative vejforløb eller i en VVM redegørelse) – jævnfør *figur 1*.

Til begge opgavetyper kræves som grundlag for beregningerne et detaljeret kortmateriale over vejen(e) og omgivelserne. Ved detaljerede beregninger vil en kort-



Figur 1: Opgavetyper ved beregning af vejtrafikstøj.

målestok på 1:1000 – 1:2500 normalt være passende. Da højdeforholdene har stor betydning er det vigtigt, at kortet indeholder højdekurver med en ækvidistance på maksimalt ca. 1 m. Ved overordnede beregninger kan “dårligere” kortmateriale benyttes (for eksempel et målestoksforhold på op til 1:10000 og ækvidistance på 2.5 m – jævnfør dog kapitel 5).

3.2 Valg af beregningspunkter

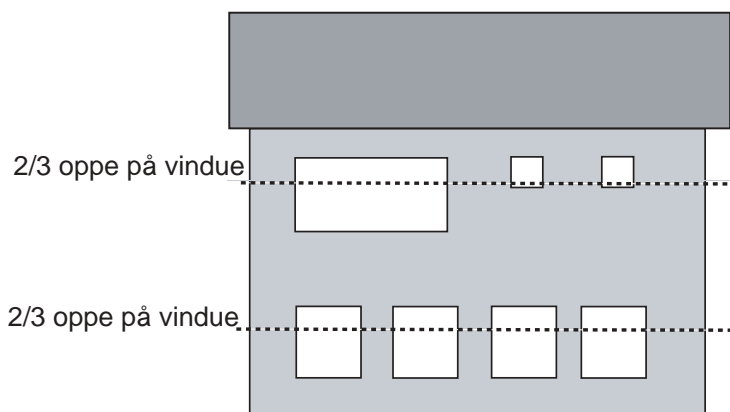
Før fastlæggelse af de øvrige indgangsparametre skal beregningspunktets placering lægges fast. Ved punkt-beregninger (type A – jævnfør afsnit 3.1) bør beregningspunkterne mindst omfatte den facade med den kraftigste støjbelastning samt det mest belastede punkt på opholdsarealet (i tvivlstilfælde vælges flere punkter). Ved beregninger af type B (kortlægning) vælges typisk beregningspunkter i en eller flere linjer vinkelret på vejen – eventuelt i et net.

Ved type A bør beregningspunkterne vælges ved det støjmæssigt “svageste” element i den aktuelle facade – normalt vinduet. Kun vinduer til egentlige beboelsesrum (stue, værelser, eventuelt spisekøkken) tages i betragtning (men altså ikke entré, badeværelser, køkkener, pul-

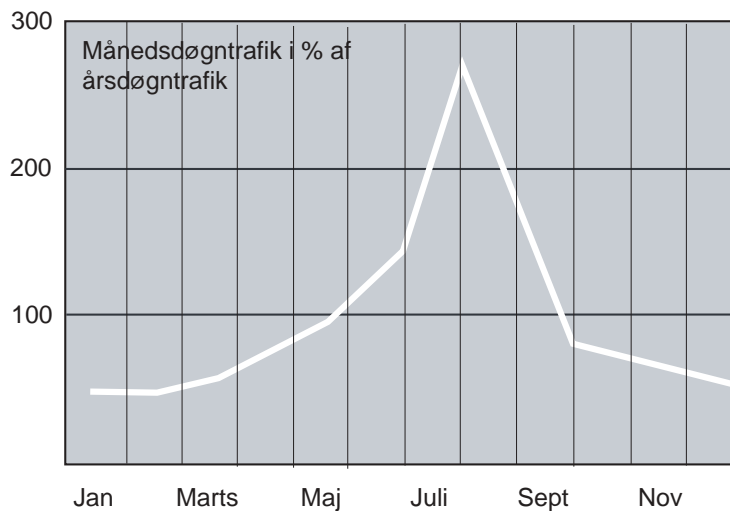
terrum og lignende). Støjen bør beregnes ved alle etager med beboelsesrum, således også ved udnyttede tagetager – se figur 2.

Ved beregning af støjen på opholdsarealer vælges beregningspunktets placering, hvor den kraftigste støjbelastning forventes. Hvis vejen er afskærmet, er det ikke sikkert, at det er de punkter, der er nærmest vejen. For landejendomme og etageboliger vælges punkterne på de egentlige opholdsarealer (have, område med bænke og lignende). Beregningen bør også omfatte beregning af refleksionsbidraget fra “egen” bygning, således at både fritfeltsniveauet og det faktisk forekommende støjniveau kan angives.

Ved beregninger af type B i forbindelse med planlægning af bygninger med flere etager beregnes støjniveauet både på opholdsarealer og som minimum med beregningspunkter ved øverste etage. Hvis bygningernes placering ikke er fastlagt, vælges beregningspunktets afstand for eksempel som fordoblinger af afstanden fra et punkt 10 m fra midten af vejen (10, 20, 40, 80 m). Ved beregninger i et net bør maskevidden normalt kun overstige 10 m ved overordnede kortlægninger (se i øvrigt afsnit 6.2).



Figur 2: Højde af modtagerpunkter ved beboelsesrum i hus i flere etager.



Figur 3: Eksempel på månedsdøgntrafik i procent af årsmiddeldøgntrafikken for hver måned. [Vejdirektoratet, 2001].

3.3 Valg af beregningstidsrum

I den ved udgangen af 2001 gældende vejledning om trafikstøj i boligområder [Miljøstyrelsen, 1984] er referencetidsrummet defineret som ét døgn (også i Bygningsreglementet fra 1995 er det angivet, at støjgrænserne indendørs i beboelsesrum gælder for $L_{Aeq, 24h}$ [BR, 1995]). Grænseværdierne, der gælder for støjniveauet i frit felt, er angivet i vejledningens bilag 3 [Miljøstyrelsen, 1984] som A-vægtede døgnækvivalentniveauer for et årsmiddeldøgn.

Hvad enten beregningerne skal gælde for den nuværende eller for en fremtidig situation, må det først defineres, om de skal gælde for et helt døgn eller for et kortere tidsrum. Hvis resultaterne skal gælde for et døgn, skal det gøres klart, om det skal være et årsmiddeldøgn, et hverdagsmiddeldøgn, et sommermiddeldøgn eller andet.

Som nævnt beregnes normalt for et årsmiddeldøgn, men hvis der er store variationer af de trafikale parametre over året,

bør der supplerende beregnes for andre "døgn". Figur 3 viser således døgntrafikken for en vej, hvor trafikintensiteten i et julimiddeldøgn er mere end dobbelt så stor som for årsmiddeldøgnet.

Begrundelser for at udføre supplerende beregninger for andre "døgn" end et årsmiddeldøgn kan for eksempel være:

- en døgntrafik, der er mere end dobbelt så stor som for et årsmiddeldøgn
- et døgn, hvor andelen af tunge køretøjer er mere end tre gange så stor som for et årsmiddeldøgn
- et døgn, for hvilket gennemsnitsfarten afviger mere end ca. 15 km/h fra værdien for et årsmiddeldøgn

Sådanne ændringer vil hver for sig give ændringer på ca. 3 dB af bidraget fra den aktuelle delstrækning.

Hvis der alternativt eller supplerende skal beregnes for kortere perioder, må de tilsvarende referencetidsrum defineres præcist (for eksempel dagperioden (kl. 06

- 18), aften (kl. 18 - 22), nat (kl. 22 - 06), værste halve time om natten, værste myldretidstidstunde eller lignende).

I et forslag til EU direktiv, som blandt andet omhandler kortlægning af støj i større byområder, benyttes for eksempel en vægtet døgnækvivalentværdi beregnet ud fra en opdeling af døgnet i en dag-, en aften- og en natperiode, [EU, 2001]. Principperne for sådanne beregninger er nærmere omtalt i afsnit 4.4.3.

Opdeling af døgnet i kortere tidsrum kan være en relevant, supplerende beskrivelse af støjforholdene på steder, hvor der forekommer store variationer over døgnet af de trafikale parametre – eksempelvis nær færger, større industrianlæg, sportsanlæg, forlystelser eller lignende. Analogt med opdelingen af vejen i delstrækninger kan døgnet opdeles i kortere tidsrum, inden for hvilke de trafikale parametre er nogenlunde konstante.

Der foreligger ingen vejledninger om hvor korte referencetidsrum, der kunne være relevante. Til beskrivelse af trafikstøj har der tidligere været arbejdet med middelværdier for en halv time (ligesom det gøres for industristøj i natperioden), men timemiddelværdier kunne også være en mulighed.

Begrundelserne for en sådan opdeling af døgnet kunne svare til ovenstående, idet der sammenlignes med middelværdier for den aktuelle "døgntype" (for eksempel timemiddelværdier for et årsmiddeldøgn). Jo kortere referencetidsrum, der vælges, jo større bliver afvigelse om midelværdien for døgnet. Der må derfor opereres med større afvigelser end angivet ovenfor (for eksempel en 3 gange så stor timetraffic som for en middeltid, 8 gange så stor andel tunge køretøjer eller ændring af gennemsnitshastigheden for

en time på mere end 30 km/h i forhold til en middeltid. Hver af disse ændringer vil alene give anledning til en ændring af støjens timemiddelværdi på ca. 5 dB i forhold til en middeltid).

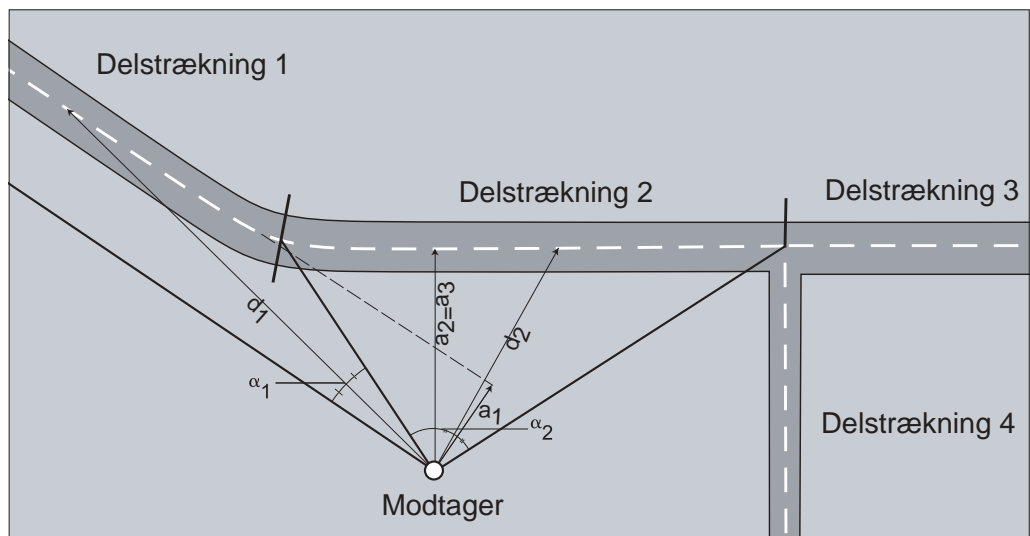
3.4 Opdeling i delstrækninger

Før de egentlige beregninger påbegyndes skal vejen opdeles i delstrækninger, som er homogene – både hvad angår de trafikale parametre, og hvad angår de akustiske og topografiske parametre – se *figur 4*. Beregningerne udføres på samme måde for hver delstrækning for sig – normalt langs vinkelhalveringslinjen for vinkelrummet mellem delstrækningens endepunkter ("synsvinklen"). Hvis dette vinkelrum omfatter normalen fra beregningspunktet til vejen, halveres i stedet den største af de to vinkler på hver side af normalen som vist på *figur 4*.

Det resulterende støjniveau findes ved at summere støjbidragene fra de enkelte delstrækninger ($L_{Aeq,T,i}$). Normalt vil et øget antal delstrækninger medføre en forbedret nøjagtighed af beregningsresultaterne. Hvis antallet af delstrækninger er n fås det resulterende støjniveau som:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left(10^{L_{Aeq,T,1}/10} + \dots + 10^{L_{Aeq,T,n}/10} \right)$$

De trafikale parametre skal især kontrolleres ved vejkryds, rundkørsler og sideveje, hvor hastigheden, trafikintensiteten eller –sammensætningen (andelen af tunge køretøjer) kan ændres væsentligt. Desuden kan der være steder, hvor hastigheden ændres, måske endda uden at det kan ses på et kort (for eksempel ved bygrænser, skarpe sving eller lignende). Endelig kan der forekomme ændringer i vejens stigning (i længderetningen), i vejbelægningen eller i vejens geometri (bredde, antal vognbaner).



Figur 4: Eksempel på opdeling i delstrækninger samt parametre for delstrækning 1 og 2.

Ændringer i de akustiske og topografiske parametre mellem beregningspunktet og delstrækningen omfatter for eksempel ændrede terrænforhold (fordeling af hårdt eller porøst/blødt terræn), ændrede skærmingsforhold (afstande eller højder for eventuelle skærme), ændrede bebyggelsesforhold, ændrede refleksionsforhold (for eksempel på den modsatte side af vejen – en støjskærm, en større bygningsfacade eller lignende), ændret vejbanehøjde eller ændrede terrænhøjder (vej i afgravning eller på dæmning, højdedrag eller lavninger mellem vejen og modtageren).

3.5 Opdeling i flere vognbaner

Ud over opdeling af vejens længdeforløb i delstrækninger kan det være nødvendigt eller fordelagtigt at opdele vejen i to kørebaner eller flere vognbaner. Det kan være nødvendigt for eksempel ved motorveje med en bred midterrabat, som er “blød“, eller hvor der måske endda er en skærm imellem de to kørebaner. Enkelte steder i landet forløber de to motorvejskørebaner med stor afstand eller i forskellig højde. I disse tilfælde betragtes vejen principielt som to veje og trafikken fordeles normalt ligeligt på hver køreretning.



Der kan også forekomme veje med betydende forskelle i de trafikale parametre for de to retninger – eksempelvis ved lange stigninger, hvor hastigheden “nedad” kan være væsentligt større end “opad”.

Det vil generelt være fordelagtigt at opdele trafikken i to eller flere vognbaner i de tilfælde, hvor beregningsmodellen er meget følsom for placeringen af støjkilden. Dette gælder for eksempel ved beregning i punkter nær skillelinjen mellem refleksion på vejbanen (hårdt terræn) og på rabatten (blødt terræn) som illustreret i figur 2.7 i [Vejdirektoratet, 1998]. En tilsvarende situation forekommer i skærmede tilfælde for beregningspunkter nær sigtelinjen fra støjkilden og gennem skærmtoppen som vist på figur 5 .

Ved opdeling af trafikken i to eller flere vognbaner vil de store ændringer af bidraget fra en delstrækning ved små ændringer af beregningspunktets placering ikke forekomme “samtidigt” for bidragene fra hver vognbane. Der vil derfor opnås større nøjagtighed ved at beregne bidragene fra hver vognbane for sig. Det vil ofte kunne forenkles beregningerne, hvis begge vognbaner opdeles i de samme delstrækninger (vinkelrum), men det er principielt ikke nødvendigt.

3.6 Specialtilfælde

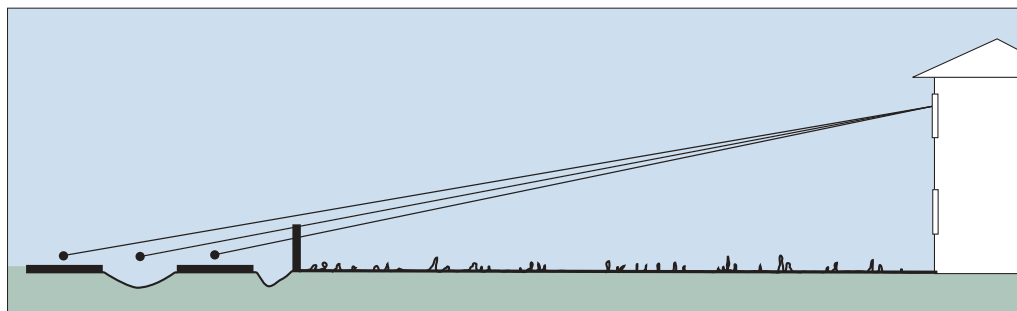
3.6.1 Refleksioner

I nogle situationer kan dele af vejen både “ses” direkte og via en refleksion fra en bygning bag eller ved siden af beregningspunktet. Bortset fra refleksionsbidrag fra bygninger på den anden side af vejen og fra egen facade anbefales det kun at medtage én refleksion (ikke flere gange gentagne refleksioner). Som vist på figur 6 er det særlig vigtigt at medtage refleksioner, der kan transmittere lyd ind bag en skærm.

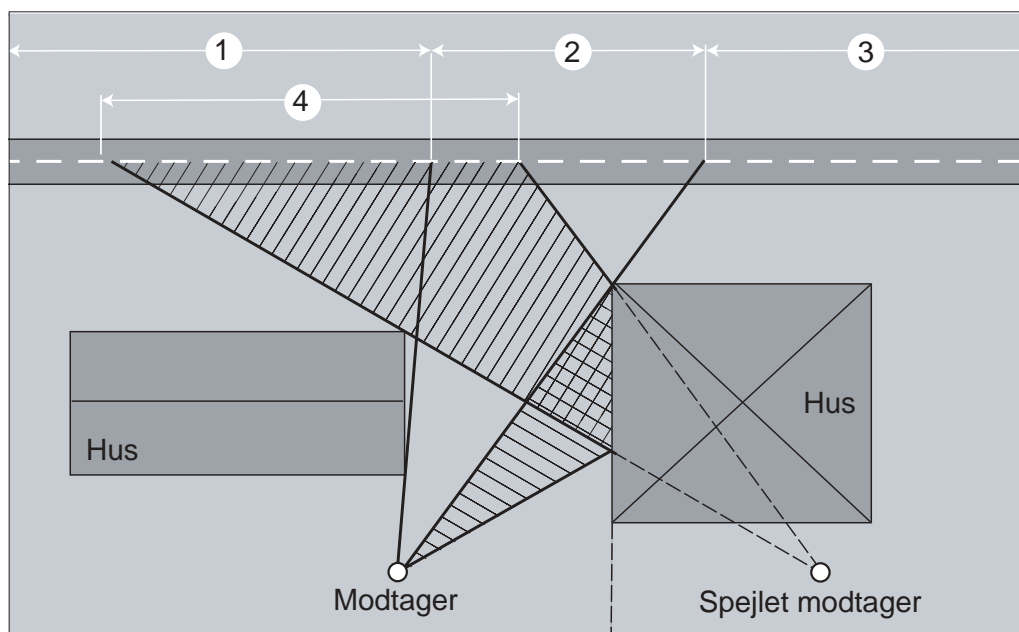
I sådanne tilfælde skal det reflekterede støjbidrag beregnes separat som et ekstra bidrag fra en spejlkilde (en ekstra delstrækning). Dette bidrag adderes til bidragene fra de øvrige delstrækninger som angivet i afsnit 3.4.

Kun når lydudbredelsesforholdene for det direkte transmitterede og det reflekterede støjbidrag er nogenlunde ens, kan beregningen udføres som angivet i NBV96, [Vejdirektoratet, 1998] ved addition af en refleksionskorrektur.

De akustiske krav til reflekterende flader omtales senere – se afsnit 4.3.1.



Figur 5: Opdeling af vej med støjskærm i to kørebaner (en skærmet og en uskærmet).



Figur 6: Ekstra delstrækning (nr. 4) med reflekteret, uskærmet lyd. Numrene angiver delstrækninger.

3.6.2 Kurver

Vejkurver opdeles i retlinjede delstrækninger som vist i figur 2.2 i [Vejdirektoratet, 1998]. Støjbidragene fra hver af disse delstrækninger beregnes ud fra den vinkelrette, vandrette afstand til dem (eller deres forlængelse), beregningsafstanden, vinkelrummet med mere - jævnfør også figur 4.

3.6.3 Ramper

Støjbidrag fra til- og frakørselsramper til motorveje eller fra ramper mellem veje må altid beregnes separat, hvis de har væsentlig betydning for det samlede støjniveau i et beregningspunkt. Dels er trafikmængden anderledes end på begge de tilsluttede veje, og dels forekommer der ofte store hastighedsændringer langs rampen. Som beskrevet i afsnit 3.4 må en rampe alene derfor opdeles i flere delstrækninger. Desuden er der normalt terrænforskelle og stigning langs ramper, som yderligere kan beskrive en kurve.

Hvis der ikke kan ses bort fra bidraget fra rampen (relativ lav trafikintensitet og hastighed), vil det sædvanligvis være nødvendigt med en opdeling i tre eller flere delstrækninger.

3.6.4 Kryds og rundkørsler

NBV96 angiver ikke, hvorledes støjen skal beregnes nær vejkryds eller rundkørsler. For vejkryds anbefales det, hvis der ikke foreligger hastighedsmålinger nær krydset, at beregne støjen som om trafikken på hvert af krydsets "ben" var frit flydende. Specielt nær T-kryds eller veje med "fuldt stop" kan der for en delstrækning tæt ved krydset regnes med lavere middelhastighed.

Rundkørsler vil i mange tilfælde kunne ækvivaleres med et vejkryds (idet vejene føres ind til rundkørselens centrum) og behandles som angivet ovenfor. Store rundkørsler bør dog i stedet ækvivaleres med retlinjede vejstrækninger mellem de tilslut-

tede veje (en rombe for en rundkørsel med fire veje).

Analogt med beregning i kort afstand fra en vej anbefales det at modellere en rundkørsel med en polygon, når afstanden til den nærmeste del af rundkørslen er mindre end dens største diameter. Hvis hastigheden på de delstrækninger, som rundkørslen er ækvivaleret med, ikke er målt, kan rundkørselns dimensionerings-hastighed benyttes i stedet for farten på de tilsluttende veje.



4. Specifikke beregningsforudsætninger

4.1 Trafikale forudsætninger

De trafikale parametre for hver delstrækning er grundlæggende antal lette og antal tunge køretøjer pr. referencetidsrum samt gennemsnitshastigheder over referencetidsrummet for hver køretøjskategori. Oplysninger herom kan ofte fås hos den aktuelle vejbestyrelse (stat, amt eller kommune), og mange generelle oplysninger kan findes via Vejdirektoratets hjemmeside (p.t. www.vd.dk).

4.1.1 Referencetidsrum

De trafikale data skal kendes for hvert af de referencetidsrum, man ønsker at beregne støjbidraget for. Ønskes døgnækvivaleniveauet skal trafikdata også være døgnmiddelværdier – normalt for et årsmiddeldøgn, men hvis det er relevant (jævnfør afsnit 3.3), kan der også beregnes for et hverdagsmiddeldøgn, et sommermiddeldøgn eller lignende.

For kortere referencetidsrum skal de trafikale data gøres op for de tilsvarende korte tidsrum af døgnet (for eksempel dag, aften, nat, værste time om dagen, værste halve time om natten eller lignende).

Referencetidsrummene kan være fastsat administrativt i regler og vejledninger. Hvis dette ikke er tilfældet bør man (jævnfør afsnit 3.3) vælge tidsrum, hvori de trafikale parametre er nogenlunde konstante.

4.1.2 Trafikintensitet og - sammensætning

Det bedste beregningsgrundlag vil normalt være en ny, detaljeret trafiktælling. Hvis en sådan ikke foreligger, eller hvis der ønskes beregnet for en fremtidig situation, må de trafikale parametre baseres på en prognose fra en trafikmodel eller på fremskrivning af data fra en ældre trafiktælling.

Som nævnt i afsnit 3.1 anbefales en fremskrivning til 10 år fra det aktuelle år, idet der også korrigeres for den forventede virkning af eventuelle nye anlæg (øget trafik til nye bolig-, erhvervs- eller indkøbsområder, ændrede trafikmønstre ved nye veje og lignende).

Trafikintensiteten (det vil sige antallet af biler pr. referencetidsrum) skal kendes for lette og tunge køretøjer hver for sig. For perioden 1997 – 2010 forventer Vejdirektoratet en generel, overordnet trafikstigning på 1,8 % pr. år for lette køretøjer og ca. 1,4 % pr. år for tunge køretøjer [Vejdirektoratet, 1998a]. Vejdirektoratet anbefaler en lineær fremskrivning, men de forventede stigningsprocenter revideres jævnlige. Vejdirektoratets trafiktællinger har vist, at den hidtidige vækst ikke er foregået jævnt over hele vejnettet. Den har således været stærkest på det overordnede vejnet, og trafikken er generelt steget mere uden for byerne end i byområderne. Ved konkrete anvendelser må det derfor vurderes, om der gælder særlige eller lokale forhold, som kan give anledning til andre vækstrater.

For trafiksamsetningen på de større veje anbefales det (hvis der ikke foreligger specifikke oplysninger) at benytte følgende erfaringsværdier for andelen af tunge køretøjer (oplyst af Vejdirektoratet for år 2000):

• Motorveje i hovedstadsområdet:	8 % tunge
• Motorveje i øvrigt:	15 % tunge
• Motortrafikveje og hovedlandeveje:	10 % tunge

På bygader ligger andelen af tunge køretøjer normalt i intervallet 5 – 15%, men afhænger stærkt af områdets karakter. På specielle veje (busgader, veje nær forbrændingsanlæg, fragtceneraler eller lignende) kan der dog forekomme en meget større andel tunge køretøjer. Det anbefales derfor at undersøge de lokale forhold bedst muligt – hvis der ikke findes pålidelige data anbefales følgende vejledende værdier [TetraPlan, 2001]:

• Fordelingsveje i boligområder:	5 % tunge
• Gennemfartsveje, hovedgader, trafikveje	8 % tunge
• Indfaldsveje:	10% tunge

4.1.3 Hastighed

Siden revisionen i 1996 har beregningsmodellen været baseret på de faktiske hastigheder som indgangsdata – separat for lette og tunge køretøjer. Ofte kan hastighederne fås fra målinger under de aktuelle forhold – der vil kun sjældent være prognoser eller trafikplaner, som forudser ændrede hastighedsforhold, medmindre for eksempel vejens karakter forventes ændret. Ved prognoser anbefales det derfor at regne med uændrede hastighedsforhold.

I flere tilfælde kendes hastighederne dog ikke – i bedste fald kendes måske en gennemsnitshastighed for den samlede trafik på den aktuelle delstrækning. Kendes hastighederne ikke fra målinger, anbefales det at benytte de i *tabel 1* angivne vejledende erfaringsværdier for forskellige typer større veje.

Vejtype \ Køretøjstype	lette køretøjer	tunge køretøjer
	hastighed (skiltet)	hastighed (skiltet)
Motorvej, åbent land	120 (110)	90 (80)
Motorvej, med kapacitetsproblem	107 (110)	86 (80)
Motortrafikvej	96 (90)	87 (70)
Hovedlandevej, 80 km/h	90 (80)	83 (70)
By, frit flydende, 60 km/h	57 (60)	57 (50)
By, frit flydende, 50 km/h	54 (50)	54 (50)

Tabel 1: Erfaringsværdier for hastigheder i km/time på forskellige vejtyper for henholdsvis lette og tunge køretøjer. I parentes er den skiltede hastighed angivet – for tunge køretøjer (lastbiler) dog den maksimale lovlige hastighed. [Vejdirektoratet, 2000].



Hvis der regnes med lavere hastighed end den skilte værdi, må det være dokumenteret med grundige målinger og overvejelser om de fremtidige forhold.

Specielt kan lavere hastigheder end den skilte forekomme på overbelastede veje, hvor vejens kapacitet aktuelt er og vil forblive fuldt udnyttet i en stor del af referencetidsrummet.

På mange veje vides hastigheden derimod at overskride den skilte hastighed. Dette gælder specielt for større veje i byerne, landeveje og motorveje. På byveje er de lokale forhold dog meget afgørende for gennemsnitshastigheden, og det anbefales derfor så vidt muligt at måle hastighederne.

4.2 Geometriske/topografiske forudsætninger

De geometriske forudsætninger for hver delstrækning fastlægges ved betragtning af forholdene langs vinkelhalveringslinjen for vinklen mellem delstrækningens endepunkter ("syns"vinklen – jævnfør afsnit 3.4).

4.2.1 Afstande og højder

Måling af afstande kan normalt foretages ud fra et kort i passende målestok (1:1000

– 1:5000) eventuelt suppleret med en opmåling af kørebanebredden, hvis afstanden til vejmidten er kort (mindre end vejbredden). I forbindelse med nye vejanlæg eller nybyggeri foreligger ofte tegningsmateriale eller digitale kort, som er velegnede til opmåling af de relevante størrelser. Den vandrette afstand til vejmidten (a) måles for hver delstrækning ved at forlænge vejen til \pm uendelig og måle vinkelret på denne (jævnfør figur 4).

Måling af højder foretages tilsvarende på optegnede tværsnit langs vinkelhalveringslinjen. Der bør foreligge højdekurver med en ækvidistance på højst 1 m, og specielt bør højdeforholdene nær vejbanen være vel oplyste – gerne ved mere detaljerede tegninger eller ud fra opmåling/vurdering ved en inspektion på stedet. Fotos kan også være et godt supplement. For en del veje findes fotoregistreringer langs vejen (for eksempel Vejdirektoratets VIMS) – en anden mulighed er at benytte tredimensionale ortofotos (for eksempel Danmarks digitale ortofoto, DDO-1999).

Digitale kort har ofte ikke tilstrækkelige eller ikke tilstrækkeligt nøjagtige højdeoplysninger. Kort- & Matrikelstyrelsens kort i 1:25.000 har højdekurver med 2,5 m ækvidistance. Dette er kun tilstrækkeligt, hvis det vides, at terrænet er næsten plant, og hvis det suppleres med oplysninger om vejens højdeforløb i forhold til terrænet. Disse kort kan dog også anvendes ved overordnede, orienterende støj kortlægninger.

På opholdsarealer anbefales det at sætte beregningshøjden til 1,5 m både ved punktregninger og ved kortlægninger. Med henblik på beregning af støjniveauet indendørs anbefales det at bruge højden til et punkt 2/3 oppe på vinduerne til beboelsesrum (jævnfør figur 2 side 10). For villaer i ét plan, 1½ plan og etageboliger



(til n 'te sal – det vil sige med $n+1$ etager), hvor der ikke foreligger bygnings-tegninger, anbefales beregningshøjderne 2 m, 4,8 m, ..., $(2 + n \cdot 2,8)$ m.

4.2.2 Refleksionsplan

Højder og afstande måles normalt i forhold til eller langs en refleksionsplan. For hver delstrækning kan der være to refleksionsplaner (før og efter en eventuel skærm) – se for eksempel figur 2.9 i [Vejdirektoratet, 1998]. Refleksionsplanen indlægges ved at betragte et tværsnit langs vinkelhalveringslinjen og nøje følge anvisningerne i [Vejdirektoratet, 1998] afsnit 2.4.1.4.

Højder måles generelt vinkelret på refleksionsplanen (undtagen den effektive skærmhøjde, h_e , der måles vinkelret på

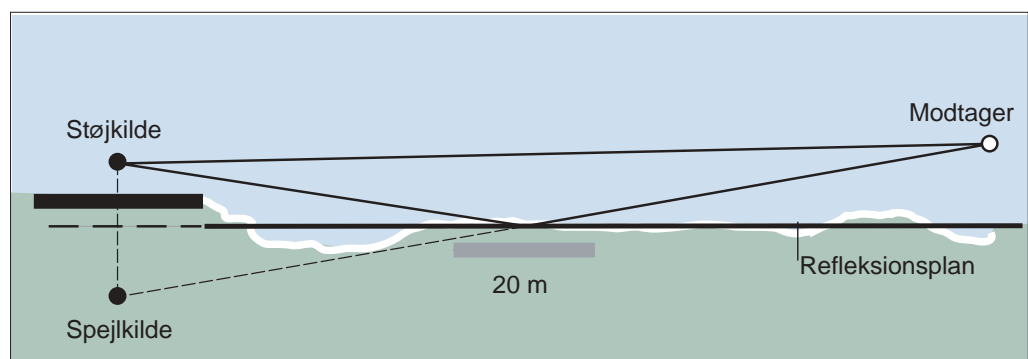
sigtelinjen mellem kilde og modtager), mens afstande måles langs refleksionsplanen (undtagen den vandrette afstand, a , fra modtageren, der måles vandret i en normalplan til vejmidten).

Som nævnt i NBV96 kan det ved ujævn terræn være vanskeligt at definere refleksionsplanen entydigt – flere muligheder bør da gennemregnes, og den, der giver det kraftigste støjniveau, vælges.

4.2.3 Terrænegenskaber

For hver delstrækning skal terrænets overflade mellem vejmidten og modtageren karakteriseres som enten akustisk hårdt eller blødt/porøst. Et konservativt estimat for støjbelastningen fås ved som udgangspunkt at betragte terrænet som hårdt, og dernæst indlægge bløde områder, hvor overfladen ikke består af asfalt, beton, vand eller andre lydreflekterende, hårde materialer (herunder grusbelagte arealer).

Den valgte terræntype gælder for hver refleksionsplan (før/efter en eventuel skærm), og bestemmes ved at vurdere egenskaberne i en "bane" langs vejen på ca. ± 10 m omkring det "optiske" refleksionspunkt. Dette punkt bestemmes ved at tegne en linje mellem spejlkilden og modtageren, hvor spejlkilden findes som projektionen af kilden (0,5 m over vej-



Figur 7: Bestemmelse af refleksionspunkt ud fra spejlkilde samt område til vurdering af terrænegenskaber.



midten) vinkelret på refleksionsplanen og med samme "højde" – blot under planen, se figur 7 herunder. Bemærk, at terrænegenskaberne ikke kun skal vurderes langs vinkelhalveringslinjen, men i hele vinkelområdet (synsvinklen). Egenskaberne skal være nogenlunde ens i hele den aktuelle "bane", ellers må delstrækningen opdeles yderligere (jævnfør afsnit 3.4).

4.2.4 Stigning

Denne korrektion er altid positiv, der må *ikke* indsættes negative værdier af stigningen langs vejens længdeprofil i formeludtrykket i [TemaNord, 1996]. Korrektion skal kompensere for den øgede støj, der forventes som følge af øget belastning af motor og dæk samt eventuelt ændret gearvalg (og dermed ændret motoromdrejningstal). Det angives i NBV96, at denne forøgelse blandt andet afhænger af længden af stigningen, men der gives ikke retningslinjer for, hvornår dette er tilfældet. Det anbefales altid at medregne stigningskorrektionen, når stigningen er større end 10 %.

Hvis beregningerne udføres for hver vognbane for sig (opad henholdsvis nedad), skal der således kun medregnes stigningskorrektion for opadgående vognbaner.

4.2.5 Tyk skærm

Den ekstra korrektion, der skal medregnes, hvis en støjskærm er særlig "tyk", er 0, når tykkelsen er mindre end 0,5 m. En virkelig skærm (for eksempel en jordvold) skal først ækvivaleres med en "kasseformet" tyk skærm, som vist i figur 2.21 i [Vejdirektoratet, 1998]. Tykkelsen (e) bestemmes dernæst for denne ækvivalente skærm i den lodrette plan, der indeholder "beregningsafstanden" (vinkelhalveringslinjen for delstrækningen). En jordvold med en supplerende tynd skærm på toppen vil derfor normalt skulle regnes som en tynd skærm.

Korrektionen er lille, hvis mindst én af vinklerne θ (se figur 2.22 i [Vejdirektoratet, 1998]) er nær 90° , og stor, hvis skærmen er meget høj både set fra kilden og fra modtageren. I øvrigt vokser korrektionen med logaritmen til skærmens tykkelse.

Det anbefales at medregne denne korrektion, når tykkelsen er større end 0,5 m.

4.3 Akustiske forudsætninger

4.3.1 Refleksion i lodret flade

Refleksioner fra lodrette flader skal medregnes, hvis fladens højde er større end 1,5 m, og hvis et krav til dens længde samtidigt er opfyldt (se [Vejdirektoratet, 1998] afsnit 2.5.8). Desuden skal fladens absorptionskoefficient være mindre end 0,6 – i modsat fald regnes den for fuldt absorberende og giver ikke anledning til refleksionskorrektion. Kravet til absorptionskoefficienten bør vurderes i frekvensområdet fra 630 Hz til 2000 Hz (som er bestemmende for det totale A-vægtede støjniveau for uskærmet vejtrafikstøj).

En flade bør kun regnes absorberende, såfremt der foreligger dokumentation for, at absorptionskoefficienten er større end 0,6 fra 630 Hz til 2000 Hz (eller heloktavværdier større end 0,5 for 500 Hz, 1 kHz og 2 kHz). Hvis der er en effektiv skærm mellem trafikken og den reflekterende flade, må denne kun regnes absorberende, hvis absorptionskoefficienten er større end 0,6 fra 200 Hz til 2000 Hz.

For egentlige støjskærme bør dokumentation af absorptionskoefficienterne kunne fås hos fabrikanten, alternativt må skærmen regnes reflekterende. Ved projektering kan man søge oplysninger om absorptionskoefficienter i akustiske opslagsværker eller lærebøger (for eksempel [SBI, 2000]).

De fleste støjskærme kan ikke regnes absorberende og vil derfor give anledning til et refleksionsbidrag på den modsatte side af vejen.

Refleksion fra næsten lodrette, skråtstillede skærme skal medregnes, hvis en konstruktion af spejlingen i fladen viser, at en sådan refleksion vil kunne nå modtageren – se *figur 8*.

4.3.2 Skærmning

Skærmkorrektionen skal beregnes i alle tilfælde, hvor vejens højde over reflek-

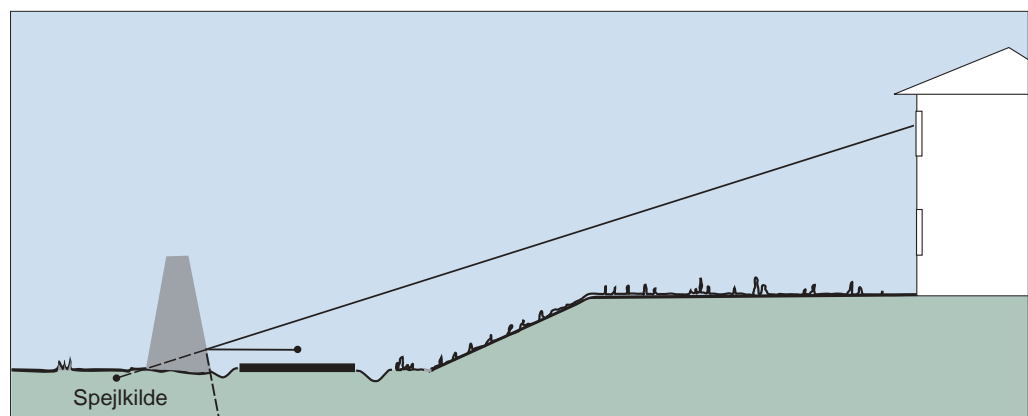
sionsplanen er større end 1,5 m (normalt med vejkannten som skærm), eller hvis vejbanens højde er mindre end 0 (normalt med kanten af afgravningen som skærm).

Desuden skal skærmkorrektionen beregnes, hvis sigtelinjen mellem kilde og modtager brydes af en “tæt” konstruktion som for eksempel et hus, en egentlig støjskærm, en støjvold eller terrænet. Kun skærme med en fladevægt, der er større end 15 kg/m², og som er helt tætte skal medregnes.

4.3.3 Kort afstand til vejen

Denne korrektion er positiv – det vil sige et tillæg til det beregnede støjniveau. Korrektionen skal medregnes, når den vandrette, vinkelrette afstand til vejmidten (a) er mindre end bredden af den trafikerede del af vejen (2b) – se figur 2.26 i [Vejdirektoratet, 1998]. Det er ikke hele vejbredden, der indgår i beregningen, men kun den benyttede bredde (fra det nærmeste hjulspor til det fjerneste). Ved beregning af støjen fra flere vognbaner hver for sig vil denne korrektion derfor normalt være ubetydelig.

Korrektionen er størst, når modtagerhøjden er lille og modtageren er tæt ved kanten af den trafikerede del af vejen. Når den trafikerede del af vejbanen ikke kendes, anbefales det at benytte den



Figur 8: Refleksion fra skråtstillet støjskærm



asfaltbelagte bredde minus 0,5 m (eller afstanden mellem kantlinjer minus 0,5 m).

4.4 Specifikke forudsætninger

4.4.1 Vegetation og vejbelægning

Beregningsmodellen indeholder også en række “øvrige” korrektioner samt to “valgfrie” korrektionsled, der er angivet i bilag til NBV96. Det ene af disse gælder virkningen af vegetation. Denne afhænger blandt andet af vegetationens type og grad af vedligeholdelse, der begge vil variere med tiden, og det anbefales *ikke* at anvende denne korrektion.

En anden korrektion gælder virkningen af vejens belægning. Også her gælder, at korrektionen afhænger af belægningens type og vedligeholdelse – samt af dens alder, og at det derfor kan være vanskeligt at argumentere for medregning af denne. Normalt stiger støjen lidt, når belægningen er mere end ét år gammel, derefter er den nogenlunde konstant i flere år, indtil belægningen begynder at degenerere (får stenafrivninger, revner og lignende).

NBV96 giver det støjniveau, der svarer til det “konstante” niveau efter 1 – 2 år

for en tæt, jævn asfaltbeton med en maksimal stenstørrelse på ca. 12 mm (AB12t) og en temperatur på 10-20°C.

Den danske korrektionstabel afviger fra tabellen i [TemaNord, 1996], og der er siden opnået mere sikker viden specielt om virkningen af drænasfalt [Bendtsen, 1998]. Der foreligger dog ikke i dag viden om virkningen af alle de i Danmark anvendte typer vejbelægning.

Ved planlægningsopgaver med en tids-horisont på 10 år, hvor belægningstypen kendes med sikkerhed, anbefales det at medregne korrektionen. Det samme gælder enkelte andre tilfælde:

1. Hvis der eksempelvis anvendes brostensbelægning, bør der regnes med +3 dB ved hastigheder under 60 km/h og +4 dB derover.
2. Ved anvendelse af cementbetonbelægning bør der tilsvarende korrigeres med +1 dB ved hastigheder under 60 km/h og +2 dB derover.

Ved anvendelse af ét-lags drænasfalt med en maksimal stenstørrelse på 8 mm vil støjen være upåvirket for hastigheder under 70 km/h, men 3 dB svagere ved hastigheder derover. Der er igangsat projekter med det formål at udvikle støjreducerende vejbelægninger til bygader med hastigheder omkring 50 km/h [Bendtsen et al., 2001].

4.4.2 Spredt bebyggelse

Ved overordnet kortlægning af støjniveauer i et område med spredt villabebyggelse angiver NBV96 en korrektion på -3 dB ud over korrektionen for blødt terræn, idet der ses bort fra bebyggelsen. Denne korrektion gælder i området fra bagsiden af den første række huse og indtil ca. 200 m fra vejen i 1,5 - 2 meters højde.

Ved beregning af støjniveauet i et givet punkt anbefales det at regne på sædvanlig måde med korrektion for skærmning og refleksion.

4.4.3 Specielle trafikforhold

Flere steder i landet er trafikintensiteten vokset så meget, at den nærmer sig vejenes kapacitet. Dette gælder for eksempel for indfaldsvejene til København, hvor hastigheden i myldretiderne er reduceret. Jævnfør betragtningerne om beregningstidsrum i afsnit 3.3 vil en ændring af hastigheden på bare 15 km/time medføre en ændring af støjbidraget på ca. 3 dB. Hvis døgnækvivalentniveauer for sådanne veje ønskes beregnet, vil et mere nøjagtigt resultat kunne opnås ved at summere bidragene for kortere tidsrum (hele eller halve timer). Hvis de trafikale data for eksempel foreligger som timeværdier, fås det resulterende døgnækvivalentniveau som:

$$L_{Aeq, 24h} = 10 \log \left(\frac{1}{24} \left(10^{L_{Aeq, h1}/10} + \dots + 10^{L_{Aeq, h24}/10} \right) \right)$$

hvor $L_{Aeq, hi}$ betegner $L_{Aeq, 1h}$ beregnet for time nr. i med de for denne time aktuelle trafiktal og hastigheder for lette og tunge køretøjer.

Hvis der ikke er store kapacitetsproblemer over døgnet, kan beregningerne i stedet baseres på et vægtet gennemsnit af hastighederne for den aktuelle køretøjskategori:

$$v_{avg, 24h} = \frac{N_{h1} \cdot v_{h1} + \dots + N_{h24} \cdot v_{h24}}{N_{h1} + \dots + N_{h24}}$$

hvor N_{hi} og v_{hi} betegner henholdsvis antallet af køretøjer og hastigheden for time nr. i.



5. Nøjagtighed af indgangsdata

Nøjagtigheden af beregningsresultater afhænger af en lang række faktorer – især af situationens kompleksitet (hvor godt den kan modelleres), men også af afstanden og af antallet af korrektionsled. Usikkerheden vokser med afstanden og er for eksempel større for skærmede tilfælde, end hvis lydudbredelsen sker over plant, hårdt terræn. Særlig stor usikkerhed fås for modtagerpunkter lige omkring sigtelinjen fra støjilden gennem en skærmtop samt i situationer, hvor refleksionspunktet skifter fra hårdt til blødt terræn – jævnfør dog afsnit 3.5.

I konkrete tilfælde, som kun vanskeligt kan modelleres, kan det være mere nøjagtigt at foretage samtidige målinger af støjen og de trafikale parametre. Støjmålingerne foretages efter [Vejdirektoratet, 2002].

Hvis bidraget fra en given delstrækning til støjniveauet i et beregningspunkt er meget mindre end bidraget fra andre delstrækninger (mindst 10 dB mindre), kan der accepteres dårligere nøjagtighed af det svage bidrag end af det kraftige.

Da visse indgangsparametre indgår i flere korrektionsled kan disse ikke betragtes som statistisk uafhængige, og det er blandt andet derfor vanskeligt at opstille generelle nøjagtighedskrav. Man kan dog få et godt indtryk af følsomheden for ændringer i indgangsparametrene ved at betragte nomogrammerne i NBV96 – også dette bliver imidlertid uoverskueligt for de mere komplicerede korrektionsled med mange indgangsparametre.

Følsomheden for små ændringer af de væsentligste indgangsparametre er angivet

herunder for udvalgte korrektionsled. De ændringer i indgangsparametrene, som hver for sig giver ændringer i korrektionsledene på henholdsvis 0,2 dB og 0,5 dB er bestemt. I simple tilfælde med få korrektionsled eller ved kortlægning kan usikkerhedsbidragene fra indgangsparametrene svarende til 0,5 dB bidrag fra hver parameter accepteres. I mere komplicerede tilfælde benyttes værdierne svarende til 0,2 dB pr. parameter.

5.1 Basisværdier

Basisværdien (i 10 m afstand) for beregning af det A-vægtede energiækvivalente lydtrykniveau over et referencetidsrum (T, sekunder) er summen af bidragene fra lette henholdsvis tunge køretøjer:

$$L_1 = 10 \log \left(10^{L_{Aeq,T,10m,let}/10} + \dots + 10^{L_{Aeq,T,10m,tung}/10} \right)$$

Bidragene til $L_{Aeq,10m}$ fra lette og tunge køretøjer afhænger af antallet af køretøjer af hver type i referencetidsrummet T og af deres hastighed. Det er de *relative* afvigelse på antallet af køretøjer (N) og på hastigheden (v), der er afgørende.

En maksimal usikkerhed på 0,2 dB svarer til, at antallet af køretøjer pr. referencetidsrum skal være bestemt med en maksimal usikkerhed på 5 %. Accepteres tilsvarende en maksimal usikkerhed på 0,2 dB på grund af usikkerhed på hastigheden, skal denne være bestemt med en maksimal usikkerhed på 2 % for lette køretøjer og 1,5 % for tunge køretøjer.

De tilsvarende værdier svarende til usikkerhedsbidrag på 0,5 dB fremgår af *tabel 2*.

maks. bidrag	usikkerhed på antal lette	usikkerhed på fart af lette	usikkerhed på antal tunge	usikkerhed på fart af tunge
0.2 dB	5 %	2 %	5 %	1.5 %
0.5 dB	12 %	5 %	12 %	4 %

Tabel 2: Usikkerhed for hver køretøjskategori på antallet af køretøjer pr. referencetidsrum (N) eller på hastigheden (v) svarende til usikkerhedsbidrag til basisværdien på 0,2 dB henholdsvis 0,5 dB.

5.2 Afstandskorrektion

Accepteres et maksimalt usikkerhedsbidrag på 0,2 dB, skal afstanden (a) være bestemt med en maksimal relativ usikkerhed på 5 %. Tilsvarende vil en relativ usikkerhed på afstanden a på maksimalt 12 % svare til et usikkerhedsbidrag til afstandskorrekturen på 0,5 dB – se tabel 3.

maks. bidrag	usikkerhed på afstand a
0.2 dB	5 %
0.5 dB	12 %

Tabel 3: Usikkerhed på den vandrette afstand a svarende til usikkerhedsbidrag til afstandskorrekturen på 0,2 dB henholdsvis 0,5 dB.

5.3 Terrænkorrektion

Selv i det forenklede tilfælde, hvor vejbanens højde over reflektionsplanen (h_b) er mindre end 1,5 m, afhænger terrænkorrekturen for blødt terræn på kompliceret måde af beregningsafstanden, vejbanens højde og modtagerhøjden. Usikkerhederne på dette korrektionsled er derfor vurderet “eksperimentelt” ved beregning af nogle typiske tilfælde (blødt, plant terræn, beregningsafstand 100 m, vejbanehøjde 0 – 0,2 m, modtagerhøjde 2 – 5 m).

Et maksimalt usikkerhedsbidrag på 0,2 dB svarer til en absolut usikkerhed på vejbanehøjden på 6 – 7 cm eller en relativ usikkerhed på modtagerhøjden eller beregningsafstanden på 4 – 5 %. På samme måde fås et usikkerhedsbidrag på 0,5 dB ved en ændring af vejbanehøjden på 14 – 17 cm eller ved en usikkerhed på modtagerhøjden eller beregningsafstanden på 10 – 12 %.

I et konkret tilfælde, hvor geometrien er væsentlig anderledes end i dette eksempel, anbefales det at udføre nogle kontrolberegninger med udgangspunkt i værdierne i tabel 4.

maks. bidrag	usikkerhed på vejbanehøjde h_b	usikkerhed på modtagerhøjde h_m	usikkerhed på beregningsafstand d
0,2 dB	6 – 7 cm	4 – 5 %	4 – 5 %
0,5 dB	14 – 17 cm	10 – 12 %	10 – 12 %

Tabel 4: Usikkerhed på vejbanehøjde h_b , modtagerhøjde h_m eller beregningsafstand d svarende til usikkerhedsbidrag til terrænkorrektionen på 0,2 dB henholdsvis 0,5 dB (typetilfælde - se afsnit 5.3).

5.4 Skærmmkorrektion

Skærmmkorrektionen afhænger ligeledes af mange parametre: af skærmtoppens, modtagerens og vejbanens højde i forhold til refleksionsplanen på modtagersiden (h_v , h_m og h_b), af beregningsafstandene fra vejmidte til skærm og fra skærm til modtager samt af terrænegenskaberne på hver side af skærmen.

Det bemærkes, at det er afstandene langs vinkelhalveringslinjen for delstrækningen, der indgår. Hvis forholdet d_2/d_1 er stort (svarende til at skærmen er relativt tæt på vejen), ses det af figur 2.16 i [Vejdirektoratet, 1998], at skærmmkorrektionen ændrer sig meget selv ved meget små ændringer af den effektive skærmmhøjde (h_e), når h_e er tæt på 0 (svarende til at sigtelinjen tangerer skærmtoppen). I sådanne tilfælde kan selv en lille usikkerhed på skærmmhøjden betyde ændringer af størrelsesordenen 1 dB. Det er derfor vigtigt, at højderne er bestemt med størst mulig nøjagtighed.

Særlig opmærksomhed bør udvises i tilfælde, hvor det er terrænet, der skærmer, idet højderne da ofte er relativt usikkert bestemt ud fra interpolerede højdekurver. Typisk vil skærmmhøjden skulle bestemmes med en usikkerhed på højst 10 cm, men i konkrete tilfælde anbefales det at vurdere usikkerheden på skærmmkorrektionen ud fra kontrolberegninger med lidt ændrede indgangsparametre.

5.5 Vinkelkorrektion

Accepteres et maksimalt usikkerhedsbidrag til vinkelkorrektionen på 0,2 dB, skal vinkelområdet (synsvinklen, α) være bestemt med en maksimal relativ usikkerhed på 5 %. Tilsvarende vil en relativ usikkerhed på synsvinklen på maksimalt 12 % svare til et usikkerhedsbidrag til vinkelkorrektionen på 0,5 dB – se tabel 5.

maks. bidrag	usikkerhed på synsvinkel α
0.2 dB	5 %
0.5 dB	12 %

Tabel 5: Usikkerhed på synsvinklen α svarende til usikkerhedsbidrag til vinkelkorrektionen på 0,2 dB henholdsvis 0,5 dB.

5.6 Stigning

Usikkerheden på stigningskorrektionen afhænger både af stigningens størrelse (i ‰), af den absolutte usikkerhed på denne samt af andelen af tunge køretøjer (p i %) og en slags “relativ“ usikkerhed på denne (relativ når $p \gg 1$ %). Usikkerheden på stigningens størrelse er vigtigst, når andelen af tunge køretøjer (p) er stor, ligesom usikkerheden på p er vigtigst, når stigningen er stor eller p er lille.

Et usikkerhedsbidrag på 0,2 dB svarer således til en absolut usikkerhed på stigningen på knap 5 ‰-point ved 5 % tunge og

maks. bidrag	usikkerhed på stigning	usikkerhed på andel tunge (stigning 100 ‰)	usikkerhed på andel tunge (stigning \leq 50 ‰)
0,2 dB	3 – 5 ‰-point	-15 % / +20 %	<-28% / >+38%
0,5 dB	8 – 11 ‰-point	-35 % / +52 %	<-56% / >+122%

Tabel 6: Usikkerhed på stigning eller andel tunge køretøjer svarende til usikkerhedsbidrag til stigningskorrektionen på 0,2 dB henholdsvis 0,5 dB.

godt 3 ‰-point ved 20 % tunge køretøjer. Tilsvarende vil en ændring af andelen af tunge køretøjer være mest væsentlig, når stigningen er stor. Ved en stigning på 100 ‰ fås således en ændring på 0,2 dB ved en relativ ændring af p med ca. +20 % af p (fra $p = 20\%$ til 23,5 % eller fra $p = 5\%$ til 6 %).

Usikkerhedsbidrag på 0,5 dB svarer tilsvarende til en ændring af stigningen på 8 – 11 ‰-point (for 5 – 20 % tunge). Når stigningen er stor (100 ‰) fås et usikkerhedsbidrag på 0,5 dB ved en relativ ændring af andelen af tunge køretøjer p med -35 % til +52 % af p (for eksempel fra $p = 5\%$ til 3% eller fra $p = 20\%$ til 30%). Når stigningen er 50 ‰ eller mindre, skal der en halvering eller fordobling af p til at give en ændring af størrelsesordenen 0,5 dB.

5.7 Gentagne refleksioner i lukkede gårdrum

For lukkede gårdrum uden port mod den trafikerede vej afhænger usikkerheden på

maks. bidrag	usikkerhed på b_h	usikkerhed på h_h
0,2 dB	0,8 m	0,3 m
0,5 dB	2,1 m	0,7 m

Tabel 7: Usikkerhed på afstanden mellem facade og vejmidte b_h eller forhusets højde h_h svarende til usikkerhedsbidrag til korrektionen for gentagne refleksioner i lukkede gårdrum på 0,2 dB henholdsvis 0,5 dB.

korrektionen af den *absolutte* usikkerhed på afstanden fra facaden mod hovedgaden til vejmidten (b_h) og af den *absolutte* usikkerhed på forhusets højde (h_h).

En usikkerhed på 0,2 dB svarer til en usikkerhed på b_h på henholdsvis 74 cm og 83 cm ved beregning i den forreste henholdsvis bageste halvdel af gårdrummet. Tilsvarende vil en usikkerhed på 0,2 dB fås ved en usikkerhed på forhusets højde h_h på henholdsvis kun 28 cm og 23 cm – denne højde bør derfor måles meget nøjagtigt.

Accepteres et maksimalt usikkerhedsbidrag til denne korrektion på 0,5 dB, skal b_h bestemmes med en usikkerhed på højst 1,85 m og 2,08 m ved beregning i den forreste henholdsvis bageste halvdel af gårdrummet. Tilsvarende skal forhusets højde være bedre bestemt end 0,69 m henholdsvis 0,58 m. I tabel 7 er afrundede værdier angivet.

6. Computerprogrammer

6.1 Verifikation

Der findes en lang række PC-programmer, som angiveligt beregner vejtrafikstøj efter den nordiske beregningsmetode. Nogle programmer er beregnet til punkt-beregninger, mens andre er særligt egnede til kortlægning af større områder.

En særstilling indtages af programmet NBSTØJ (p.t. version 5.4), der er udviklet af SINTEF i Trondheim. Det har "halvofficiel" karakter, idet det er udviklet for offentlige midler (fra vej- og miljømyndighederne) af akustikere, der har deltaget i udviklingen af den nordiske beregningsmetode for vejtrafikstøj. Programmet anerkendes af de nordiske vejdirektorater og har været anvendt til beregningen af de officielle danske testresultater udgivet af Miljøstyrelsen, [Delta, 1997]. Rapporten med testeksemplerne kan p.t. findes på Miljøstyrelsens hjemmeside med adressen:

<http://www.mst.dk/udgiv/Publikationer/2000/87-7944-237-4/html/default.htm>

Kun programmer, der giver resultater inden for de i rapporten angivne intervaller, må benyttes til beregninger i forbindelse med offentlig sagsbehandling. Aktuelt findes der ikke formelle krav fra myndighedernes side, om hvorledes denne overensstemmelse skal testes eller dokumenteres. Det anbefales derfor, at man beder programleverandøren om detaljeret, skriftlig og gerne uvildig dokumentation for overensstemmelsen. Programverifikation og -dokumentation kan eventuelt foretages efter en ny Nordtest metode, som er under udgivelse, [Nordtest, 2002].

Det er planen, at leverandører, som har dokumentation for at deres programmer opfylder ovennævnte krav, vil blive optaget på en liste, som offentliggøres på Vejdirektoratets eller Miljøstyrelsens referencelaboratorium for støjmålingers hjemmeside.

6.2 Generelle forhold

Programmerne adskiller sig naturligvis på en lang række punkter – specielt vedrørende brugervenlighed og mulighederne for at indlæse og printe kort.

Et hovedproblem i NBV96 er indlæggelse af refleksionsplan. Visse programmer er næsten "manuelle" – forstået på den måde, at brugeren selv skal definere de terrænkoter, der skal danne udgangspunkt for en regressionslinje. Eventuelt er denne regressionslinje blot vejledende, idet brugeren selv kan definere en anden refleksionsplan. De mere omfattende kortlægningsprogrammer er derimod ofte "automatiske", og brugeren kan normalt ikke få detaljerede oplysninger, om hvorledes refleksionsplanen bestemmes – og dens placering kan normalt heller ikke ændres.

Når refleksionsplanen bestemmes på basis af en regressionslinje gennem en række terrænpunkter, er udvælgelsen af disse punkter væsentlig. Regressionen bør principielt udføres over et område på ± 10 m omkring et muligt refleksionspunkt på terrænet. Det er vigtigt, at vejens nære omgivelser er særlig omhyggeligt angivet – eksempelvis "vejkanten" (det vil sige kanten af det hårde terræn – inklusive eventuel cykelsti og fortov) samt afstand

og kote for en eventuel dæmningskant. Generelt vil en regressionslinjes forløb påvirkes stærkt af enkelte punkter, der ligger langt fra tyngdepunktet af de øvrige punkter.

Resultater fra kortlægningsprogrammerne gives ofte i form af støjkonturer (iso-dB-kurver). Disse er fremkommet ved interpolation mellem en række værdier beregnet i et net af punkter omkring vejen. Det bemærkes, at nøjagtigheden af disse kurver ikke kan bedømmes uden kendskab til maskevidden af dette beregningsnet, idet programmerne ofte kan interpolere til en vilkårlig, ønsket forskel mellem kurverne (for eksempel 1 dB) uafhængigt af maskevidden.

Programmerne benytter sandsynligvis forskellige strategier for udlægning af beregningsnet, men generelt bør maskevidden være mindst nær punkter, hvor forskellen mellem de beregnede støjniveauer er stor (det vil sige tæt på vejen, nær

skærmes begrænsninger og lignende). Maskevidden bør også generelt være lille nær punkter, hvor man er særlig interesseret i at kende støjniveauet. Da beregningstiden er stærkt afhængig af maskevidden, ønskes denne ofte "stor". Hvis man imidlertid ønsker at kunne se virkningen af huse og lignende med en typisk dimension på ca. 15 m, bør maskevidden i hvert fald være mindre end dette. Normalt vil en maskevidde på 10 m dog være tilstrækkelig lille.

I visse af de automatiske kortlægningsprogrammer beregnes en eventuel skærmende virkning af terrænet forskelligt, afhængigt af hvorledes højdekurverne er indlæst i programmet: for eksempel som "terrænkurver" eller som "terrænspring". Dette bør fremgå helt klart af programmerleverandørens manual – og sådanne muligheder for fejlfortolkning bør være forhindret i programmet. Hvis man for eksempel for at spare beregningstid alligevel regner med "terrænkurver", bør dette fremgå af beregningsudskriften.

7. Rapportering

Beregninger af vejtrafikstøj kan have meget varierende omfang. Dette vil også afspejles i detaljeringsgraden af rapporteringen. Anvisningerne i dette kapitel gælder alene sager, der rapporteres særskilt, eller hvis resultater indgår i en sagsbehandling hos myndighederne, der skal kunne dokumenteres. Almindeligvis bør sager rapporteres, således at andre vil kunne gentage beregningerne med tilnærmelsesvis samme resultat. Mindre sager eller overslagsmæssige beregninger kan dog rapporteres mindre omfattende. Det skal fremgå af rapporten, hvad den kan anvendes til (støjkortlægning eller oversigt over støjforhold, dokumentation af støjforhold, myndighedsbehandling eller lignende).

Delresultater må ikke afrundes, og både støjbidrag fra delstrækninger og det samlede støjniveau skal opgives med én decimal. Dette niveau sammenlignes med eventuelle grænseværdier før afrunding, [MRLS, 2000] og [MEM, 1997]. I rapportens konklusion afrundes resultatet dog til hele dB.

Generelle krav til udformning og indhold af rapporter er beskrevet i bekendtgørelse nr. 637 af 30. juni 1997 fra Miljø- og Energiministeriet [MEM, 1997] og i udrødning RL 20/96 fra Miljøstyrelsens referencelaboratorium for støjmålinger [MRLS, 1998]. Kravene herunder skal opfattes som et supplement eller en udbygning af ovenstående med særlig henblik på rapportering af resultater af beregninger af vejtrafikstøj.

Rapporten skal være entydigt nummereret, dateret og pagineret samt underskrevet af den, der har udført beregningerne, og den, der har kontrolleret dem. Ved

kontrollen er det særlig vigtigt at kontrollere valget af beregningspunkter, baggrunden for indgangsparametrene, opdelingen i delstrækninger, samt at alle forhold er dokumenteret som angivet herunder.

7.1 Krav til dokumentation

En rapport over en detaljeret støjberegning bør indeholde følgende punkter:

1. Generel beskrivelse af opgaven – herunder:
 - opgavetype (dokumentation, klage, planlægning af vej/byggeri) med angivelse af hvilken vej eller veje, der beregnes for,
 - punktberegning eller kortlægning,
 - referencetidsrum (årsmiddeldøgn eller andet) og beregningsårstal (nu eller prognoseår),
 - oversigtskort med målestok og nordpil (samt gerne markering af terrænegenskaber),
 - beregningsmetode og –program (med versionsnummer og henvisning til certifikat for overensstemmelse med NBV96).
2. Beskrivelse af beregningspunkter – generelt samt højde over lokalt terræn. For punktberegninger desuden terrænkote (eventuelt relativt), vinkelret afstand til vejen og til de nærmeste facader eller facaders planer samt:
 - begrundelse for valg af hvert beregningspunkts placering,

- maskevidde for eventuelt beregningsnet (til støjkonturer).
3. Beskrivelse af vejen – generelt samt højde over lokalt terræn og terrænkote (eventuelt relativt) samt:
- beregningsmæssig opdeling i vognbaner,
 - opdeling i delstrækninger for hvert beregningspunkt.
4. Beregningsgrundlag (kildemateriale/referencer) for:
- trafikintensitet (antal lette/tunge pr. referencetidsrum samt prognose),
 - hastighed for lette/tunge (samt prognose),
 - topografiske/akustiske data (vejens geometri og stigning, højder og terrænegenskaber for omgivelserne, dimensioner og placering af skærme/reflektorer).
5. Fælles trafikale forudsætninger for alle/mange delstrækninger:
- antal og hastighed for lette køretøjer pr. referencetidsrum,
 - antal og hastighed for tunge køretøjer pr. referencetidsrum.
6. Forudsætninger for hvert beregningspunkt og hver delstrækning:
- trafikale (antal lette/tunge, hastighed for lette/tunge),
 - topografiske/akustiske (refleksionsplan: h_m , h_b , d , terrænegenskaber, skærm/tyk skærm dimensioner og placering, synsvinkel: α , stigning: G , med mere).
7. Eventuelle afvigelser fra NBV96.
8. Resultater i hvert beregningspunkt for hver delstrækning for hver vej/vognbane – og samlet resultat (med 1 decimal).
9. Sammenligning af det samlede støjniiveau med de vejledende grænseværdier (med 1 decimal og uden hensyn til ubestemtheden), afrundet resultat samt en vurdering af ubestemtheden på beregningsresultatet.

7.2 Eksempel

Herunder er vist et eksempel på en rapport om beregning af vejtrafikstøj. Bemærk at der *ikke* er tale om et testeksempel for beregning af vejtrafikstøj, idet de angivne resultater ikke er beregnet præcist, men blot er ca.-værdier. Hensigten er at illustrere detaljeringsgraden af dokumentationen. Rapportens forside er dog ikke eksemplificeret.

7.2.1 Baggrund

Efter åbning af Omfartsvej ønskes vejtrafikstøjen for den nuværende situation beregnet i et referencepunkt ved boligen på Gl. landevej 42. Støjbidrag fra trafikken på Omfartsvej, Gl. landevej og Forbindelsesvej skal medregnes.

Der forekommer ikke væsentlige ændringer i trafikken i løbet af året, og støjen ønskes beregnet for et årsmiddeldøgn for år 2002.

Udsnit af et detaljeret kort over boligen og dens nærmeste omgivelser er vist i *bilag 7.2.9* (nedfotograferet fra målestok 1:1000, ækvidistance 0,5 m).

Beregningerne er udført efter den nordiske beregningsmetode for vejtrafikstøj (NBV96) med tilhørende manual, [Vejdirektoratet, 1998 og 2002a], ved hjælp af programmet NBSTØJ i version 5.4 DK. Der foreligger p.t. ikke noget formelt certifikat for programmets overensstemmelse med NBV96.

7.2.2 Beregningspunkt

Referencepunktet (pos. 1) for beregningerne er valgt af amtet, og dets placering er vist på kortet i *bilag 7.2.9*. Pos. 1 er et referencepunkt og er ikke repræsentativt for opholdsarealet på Gl. landevej 42. Punktet ligger 2 m nord for gavlen og 2 m vest for den vestlige facade af bygning 1 (beboelsesbygningen).

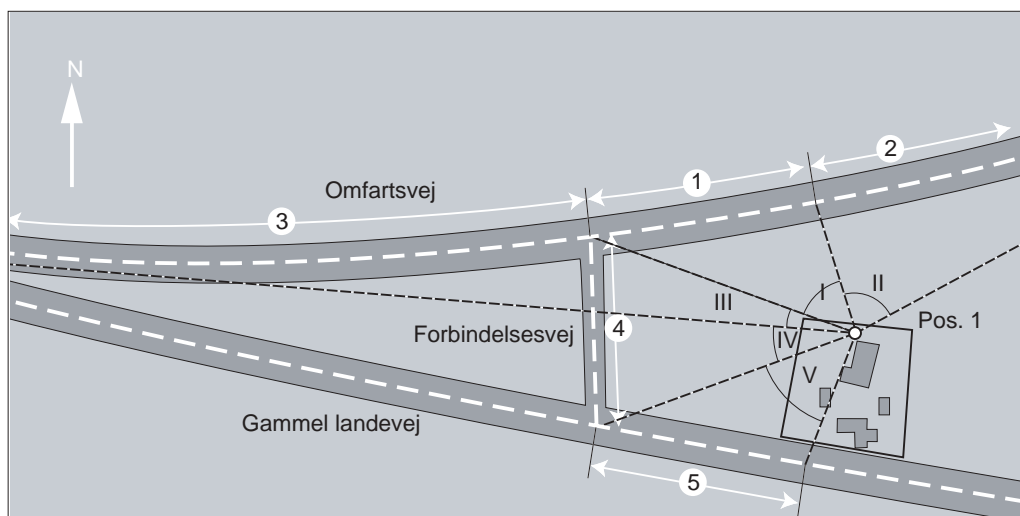
Beregningspunktets højde er 1,5 m over det lokale terræn, der ligger i kote 43,0 m. Fra pos. 1 skråner terrænet jævnt mod vest. Den vinkelrette, vandrette afstand fra pos. 1 til Omfartsvej er 62,0 m, til Forbindelsesvej 105,0 m og til Gl. landevej 59,0 m.

7.2.3 Vejene

Forløbet af de tre veje fremgår af kortet i *bilag 7.2.9*. Koter og dimensioner for de nye veje (Omfartsvej og Forbindelsesvej) og det regulerede terræn er oplyst af amtet ved alle de angivne stationer (det vil sige pr. 20 m). For Gl. landevej gælder de koter, der kan aflæses på kortet. Denne vej er 7,0 m bred.

Omfartsvej forløber vestfra og indtil lidt før Forbindelsesvej på en dæmning. Omkring krydset forløber den næsten i terræn indtil lidt før normalen fra pos. 1, hvorefter den forløber østpå i afgravning. Forbindelsesvej forløber på en lav dæmning, mens Gl. landevej forløber i terræn. Alle tre veje er belagt med tæt asfaltbeton med en maksimal stenstørrelse på 8 – 12 mm og er alle i god stand.

Ved beregningerne er trafikken tænkt samlet i vejenes midtlinjer. På grund af forskellige trafikmængder og på grund af terrænets højdeforhold er Omfartsvej opdelt i 3 delstrækninger (nr. 1, 2 og 3) som vist på skitsen i *figur 9*. Bidraget fra Forbindelsesvej er beregnet som del-



Figur 9: Skitse med numre for de delstrækninger der bidrager til støjen i pos. 1 (ikke målfast). Vinkelområder er angivet med romertal.

strækning nr. 4. For Gl. landevej er alene bidraget fra delstrækning nr. 5 medregnet som vist på *figur 9*. Trafikken er ubetydelig (i alt 100 biler pr. døgn) på den blinde del af vejen vest for Forbindelsesvej, og den del af vejen, der ligger øst for delstrækning 5, er så stærkt afskærmet af bygning 1, at også dette bidrag er ubetydeligt. Vejenes stigning er for delstrækningerne på Omfartsvej og Gl. landevej mindre end 10 %, mens den på Forbindelsesvej er 22 %.

7.2.4 Beregningsgrundlag

Trafikdata (mængde, sammensætning og hastigheder) for et årsmiddeldøgn i 2002 er oplyst af amtet (reference xx, dato yyyy-mm-dd) baseret på trafikmålinger i år 2000. Antallet af lette køretøjer er fremskrevet med 3,6 % (1,8 % pr. år) og antallet af tunge med 2,8 % (1,4 % pr. år). Der er regnet med uændrede hastigheder siden målingerne.

De topografiske data er især baseret på kort fra kommunen (reference xx, kort nr. yy, dato yyyy-mm-dd), hvoraf *bilag 7.2.9* viser et nedfotograferet udsnit. For Omfartsvej og Forbindelsesvej foreligger desuden detaljerede vejtværnsnit fra amtet (reference xx, tegning nr. yy og zz, dato

yyyy-mm-dd). For Gl. landevej er der foretaget supplerende vurderinger af vejens forløb i forhold til det omgivende terræn ved inspektion på stedet (dokumenteret i vort notat nr. xyz, 2001-mm-dd).

7.2.5 Trafikale forudsætninger

De beregnede trafikintensiteter for år 2002 er angivet i *tabel 8* herunder for hver delstrækning. I tabellen er hastighederne for lette og tunge køretøjer på hver delstrækning ligeledes angivet.

7.2.6 Topografiske / akustiske forudsætninger

For hver delstrækning fremgår beliggenheden af reflektionsplanen, skærme med mere af parametrene i *tabel 9*, idet der er anvendt de samme symboler som i den nordiske beregningsmetode for vejtrafikstøj NBV96, [Vejdirektoratet, 1998].

Bortset fra de asfalterede veje er terrænet overalt regnet som akustisk blødt (porøst).

Delstrækning	antal lette pr. årsmiddeldøgn	hastighed for lette [km/h]	antal tunge pr. årsmiddeldøgn	hastighed for tunge [km/h]
1 og 2	3384	85	216	75
3	4982	83	318	72
4	1598	40	102	30
5	1692	80	108	70

Tabel 8: Trafikale parametre for 2002 for hver delstrækning.

Delstrækning nr. Parameter	1	2	3	4	5
vejbanehøjde h_b , [m]	1.00	0.00	0.00	1.50	0.00
modtagerhøjde h_m , [m]	1.50	1.50	6.00	5.50	2.50
beregningsafstand d , [m]	72.0	79.0	156.0	108.0	71.0
afstand vej - skærm d_1 , [m]	-	35.0	-	-	-
afstand skærm - modt. d_2 , [m]	-	44.0	-	-	-
skærmhøjde h_v , [m]	-	4.10	-	-	-
effektiv skærmhøjde h_e , [m]	-	3.10	-	-	-
synsvinkel α	60°	70°	17°	40°	53°
stigning	<10 ‰	<10 ‰	<10 ‰	22 ‰	<10 ‰

Tabel 9: Topografiske indgangsparametre for hver delstrækning.

7.2.7 Afvigelser fra BV96

Som nævnt ovenfor er bidrag fra den vestligste del af Gl. landevej ikke medregnet, da trafikintensiteten er ubetydelig (ca. 100 køretøjer pr. årsmiddeldøgn). Tilsvarende er bidrag fra den østligste del af Gl. landevej heller ikke medregnet, da denne del af vejen overalt er stærkt afskærmet set fra pos. 1. Endelig er stigningskorrektionen ikke medregnet for delstrækningerne 1, 2, 3 og 5, da stigningen her er mindre end 10 ‰.

7.2.8 Resultater

Støjbidragene fra hver delstrækning er angivet i *tabel 10* herunder sammen med det samlede støjniveau fra vejtrafikstøj i pos. 1. Støjbidragene er angivet som A-vægtede energiækvivalente lydtrykniveauer for et årsmiddeldøgn (relativt til referencelydtrykket 20 μPa , $L_{Aeq,24h}$ i dB re 20 μPa)

Delstrækning	1	2	3	4	5	alle
bidrag $L_{Aeq, 24h}$	51.0	40.0	48.5	41.5	46.0	54.2

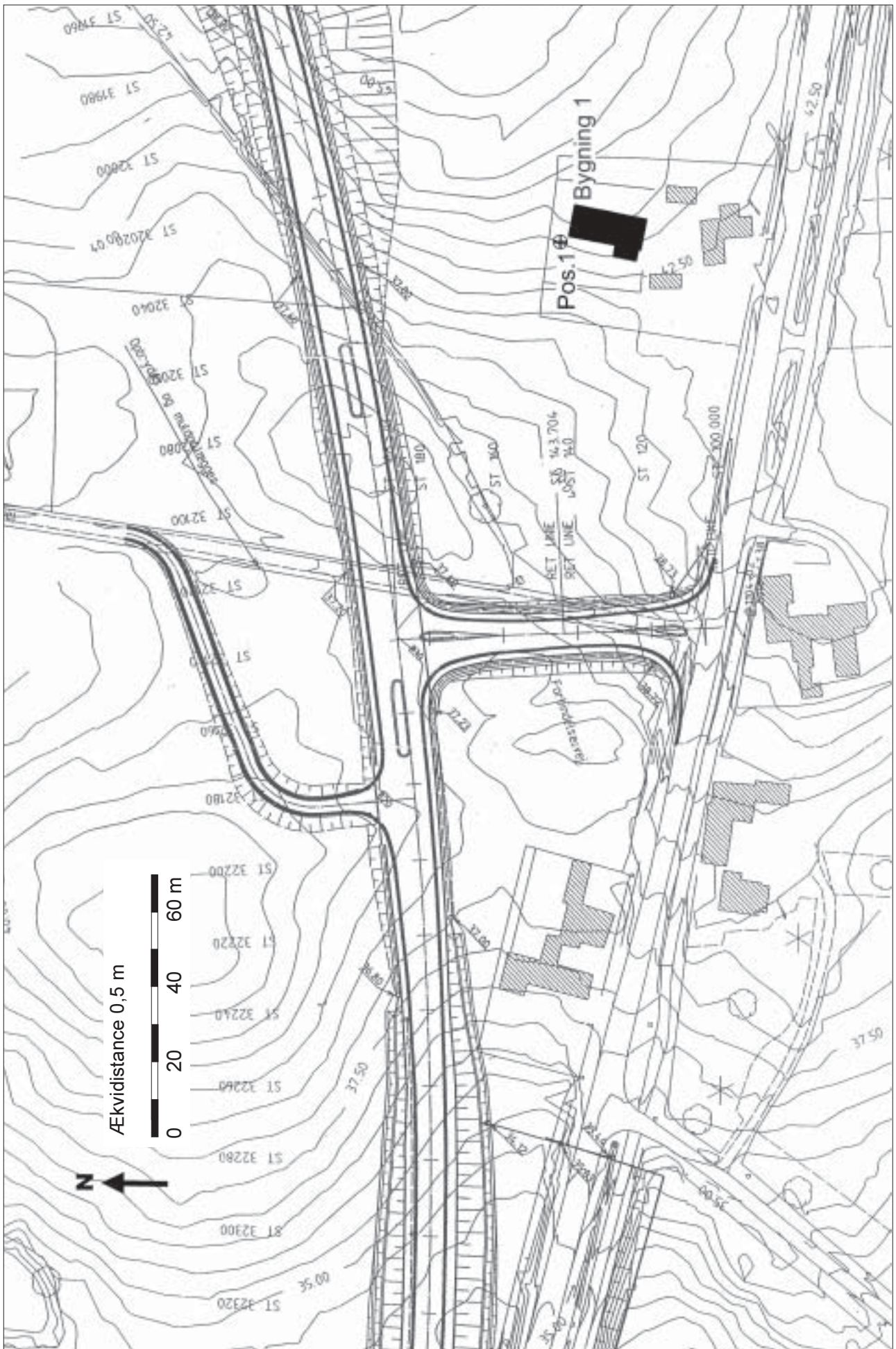
Tabel 10: Beregnede støjbidrag i pos. 1 i et årsmiddeldøgn i 2002 fra hver delstrækning og i alt, $L_{Aeq,24h}$ i dB re 20 μPa .

Det ses, at de kraftigste støjbidrag kommer fra den uskærmede del af Omfartsvej lige ud for pos. 1 (delstrækning 1) samt fra den vestlige del af Omfartsvej (delstrækning 3). Det samlede støjniveau fra trafikken på de tre veje er beregnet til 54,2 dB re 20 µPa og er således mindre end den vejledende støjgrænse på 55 dB re 20 µPa. Ubestemtheden er størst for delstrækning 2, men denne har ikke væsentlig betydning for det samlede resultat. På grund af de relativt enkle lydudbredelsesforhold og små afstande til de mest betydende delstrækninger skønnes ubestemtheden på det samlede støjniveau til ± 2 dB.

Det samlede støjniveau i pos. 1 ved boligen på Gl. landevej 42 fra vejtrafikstøjen på Omfartsvej, Forbindelsesvej og Gl. landevej er for et årsmiddeldøgn i 2002 beregnet til:

$$L_{Aeq, 24h} = 54 \text{ dB re } 20 \text{ } \mu\text{Pa}$$

7.2.9. Bilag (nedfotograferet udsnit af kort i 1:1000)



8. Referencer

- [Bendtsen, 1998] Hans Bendtsen: "Drainage asphalt and noise reduction over a long period", euro-noise 98, München 1998.
- [Bendtsen et al., 2001] Hans Bendtsen og Lars E. Larsen: "Støjreducerende vejbelægninger til bygader", cd-rom, Vejforum 2001.
- [BR, 1995] Bygningsreglement 1995, Bygge- og Boligstyrelsen 1995.
- [Delta, 1997] "Testresultater for beregning af vejtrafikstøj", Rapport AV 1059/97, DELTA Akustik & Vibration 1997-12-30, udgivet af Miljøstyrelsen.
- [EU, 2001] "Fælles holdning fastlagt af Rådet den 7. juni 2001 med henblik på vedtagelse af Europa-Parlamentets og Rådets direktiv om vurdering og styring af ekstern støj", dokument 6660/1/01, REV 1, ENV 99, CODEC 189, Rådet for den Europæiske Union 2001-06-08.
- [MEM, 1997] "Bekendtgørelse om kvalitetskrav til miljømålinger udført af akkrediterede laboratorier, certificerede personer m.v.", nr. 637 af 30. juni 1997, Miljø- og Energi ministeriet.
- [Miljøstyrelsen, 1984] "Trafikstøj i boligområder", vejledning nr. 3/1984 (2. oplag 1994), Miljøstyrelsen 1994.
- [MRLS, 1998] "Kvalitetskrav til Miljømåling – ekstern støj", udredning fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger RL20/96, 1998-09-01.
- [MRLS, 2000] "Vurdering og præsentation af måle- og beregningsresultater", orientering nr. 29, Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger, 2000-07-19.
- [Naturvårdsverket, 1999] "Vägtrafikbuller. Nordisk beräkningsmodell, reviderad 1996", rapport 4653, Naturvårdsverket 1999.
- [Nordtest, 2002] "Acoustics - Framework for the Verification of Environmental Noise Calculation Software", NT ACOU 107 (forventes udgivet 2002).
- [SBI, 2000] "Indeklimahåndbogen", SBI-anvisning 196, Statens Byggeforskningsinstitut 2000.

- [TemaNord, 1996] “Road Traffic Noise – Nordic Prediction Method“, TemaNord 1996:525, Nordisk Ministerråd 1996, Svensk-Norsk Bogimport.
- [TetraPlan, 2001] “Standardværdier for trafikdata til OSPM modellen“, dokument nr. 1200441.07, TetraPlan 2001.
- [Vegvesenet, 2000] “Nordisk beregningsmetode for vegtrafikkstøy, revidert 1996“, Håndbok 064, Statens vegvesen 2000.
- [Vejdirektoratet, 1998] “Beregningsmodel for vejtrafikstøj, revideret 1996“, Miljøstyrelsen og Vejdirektoratet, rapport nr. 178, Vejdirektoratet 1998.
- [Vejdirektoratet, 1998a] “Fremskrivning af vejtrafikken 1997 - 2016“, rapport nr. 164, Vejdirektoratet 1998.
- [Vejdirektoratet, 2000] “Hastighedsrapport. Hastighedsmålinger 1995 - 1998“, rapport nr. 202, Vejdirektoratet 2000.
- [Vejdirektoratet, 2001] Nye veje, nyhedsbrev nr. 6 juni 2001.
- [Vejdirektoratet, 2002] “Vejledning i måling af støj fra vejtrafik“, Miljøstyrelsen og Vejdirektoratet, rapport nr. 238, Vejdirektoratet 2002.
- [Vejdirektoratet, 2002a] “Beregning af vejtrafikstøj – en manual“, Miljøstyrelsen og Vejdirektoratet, rapport nr. 240, Vejdirektoratet 2002.

Vejdirektoratet
Niels Juels Gade 13
Postboks 1569
1020 København K
Telefon: 33 41 33 33
Telefax: 33 15 63 35

Vejdirektoratet
Elisagårdsvej 5
Postboks 235
4000 Roskilde
Telefon: 46 30 70 00
Telefax: 46 30 71 05

Vejdirektoratet
Thomas Helsteds Vej 11
Postboks 529
8660 Skanderborg
Telefon: 89 93 22 00
Telefax: 86 52 20 13

vd@vd.dk
www.vd.dk