

Denne artikel er publiceret i det elektroniske tidsskrift

Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet

(Proceedings from the Annual Transport Conference at Aalborg University)

ISSN 1603-9696

www.trafikdage.dk/artikelarkiv



Hvordan kommer den nye vej til at lyde?

Per Finne, pfi@delta.dk

DELTA Akustik, Venlighedsvej 4, 2970 Hørsholm

Jakob Fryd, jaf@vd.dk

Vejdirektoratet, Niels Juels Gade 13, 1022 København K

Abstrakt

Ved planlægning og anlæg af større vejprojekter mv. er der et stort behov for at forklare borgere, politikere, ekspropriationskommissioner, teknikere m.fl., hvordan støj optræder og opleves. Støj beskrives almindeligvis ved hjælp af støjkort og tabeller i en VVM-redegørelse eller en støjrapport. For både lægfolk og nogle teknikere kan det være vanskeligt at forholde sig til dB-skalaen på et kort eller i en tabel. Det er jo lyd eller støj det handler om.

Auralisering anvendes til at give en hørbar oplevelse af en ikkeeksisterende situation. Det kan være lyden fra en planlagt vej, virkningen ved at opsætte en støjskærm eller virkningen ved en ny støjreducerende asfaltbelægning. Dermed kan auraliseringen fungere som et supplement til støjkort, men på en mere direkte måde medvirke til at formidle støjproblematikken i forhold til beslutningstagere, naboer osv.

Auraliseringer kan også bruges til at illustrere, hvordan støjen fra en vej kan variere. Hvordan lyder vejen for eksempel i modvind eller medvind fra vejen eller med en øget trafikmængde eller en anden trafiksammensætning? Det kan auraliseringen give svar på.

Auraliseringerne i dette projekt bygger på lydoptagelser af bilpassager med kendt hastighed, optaget i en meget fin lyd kvalitet uden baggrundsstøj eller andre forstyrrende lyde. Afhængigt af den konkrete situation bliver lyden af bilpassagerne korrigeret til en given afstand fra vejen og desuden "klippet sammen" til en kortvarig lydfil på 1-2 minutter. Lydfilen indeholder et nøje afstemt antal bilpassager svarende til trafikallet for den relevante periode, der belyses.

Resultatet er altså en lydfil, som kan afspilles via hovedtelefoner. For at få en så korrekt gengivelse som muligt skal afspillekæden kalibreres, dvs. lyden skal have den rette lydstyrke.

Lydfilerne vil under mere kontrollerede forhold kunne anvendes ved borgermøder i forbindelse med VVM-undersøgelser eller linjebesigtigelser, som præsentation for beslutningstagere og i undervisningssituationer. Auraliseringer kan ikke erstatte støjkort og resultat tabeller, men de kan medvirke til at forbedre formidlingen af støjens betydning.

Hvad er en auralisering?

Auralisering findes ikke i den danske ordbog, men den engelske udgave af ordet (auralization/auralisation) har været benyttet flittigt, blandt andet inden for rumakustikken i forbindelse med opbygning af koncertsale og lignende. En vis analogi er der til begrebet visualisering, hvilket er meget benyttet i forbindelse med VVM-analyser og i anden planlægning. For hvem vil bygge et nyt supersygehus uden at kunne se det for sig, inden byggeriet igangsættes? Man vil gerne have et indtryk af, hvordan det nye byggeri eller anlæg kommer til at se ud, når det er bygget. Mere konkret betyder at visualisere: "at skabe et billede af"; "at omdanne til noget synligt". Analogt hertil kan man definere auralisering som "at skabe et lyd billede af"; "at omdanne til noget hørbart".

Auraliseringen gør det muligt at høre, hvordan planlagte udendørs lydkilder som fx veje, jernbaner og vindmøller vil komme til at lyde i forskellige landskaber - fuldstændigt analogt til visualiseringen.

En auralisering er ikke det samme som en lyd demonstration. Man skelner mellem auraliseringer og lyd demonstrationer ved:

- En lyd demonstration har til formål at demonstrere, hvordan noget lyder i almindelighed, eller hvordan noget lyder et helt specifikt sted. Lyd demonstrationer indeholder ofte mindre og måske kun principielle modifikationer af de originale lyd filer.
- En auralisering har til formål at skabe et realistisk lyd indtryk af et kommende eller tænkt scenarium i en vel specificeret lytte position. Auraliseringer indeholder ofte væsentlige og nøjagtige modifikationer af optagede originale lyd filer.

Forskellen mellem en lyd demonstration og en auralisering er altså, at en auralisering indeholder et væsentligt element af modifikation af en optaget lyd, hvilket gør, at kravene til nøjagtighed er meget høje, hvis auraliseringen skal indeholde en høj grad af troværdighed.

Vejdirektoratets motivation

I den offentlige debat er støj et af de emner, som oftest diskuteres, når der er planer om et nyt vejprojekt. Naturligt nok er naboerne til vejprojektet bekymrede for, hvordan den fremtidige støj kommer til at påvirke deres liv – og de er naturligt interesserede i at påvirke projektet, således at støjen minimeres mest muligt.

Vi har som planlæggere behov for at kunne give en så god information som muligt om støj, når vi skal forklare, hvilke konsekvenser et vejprojekt vil få for naboerne. Det gælder fx det fremtidige støjniveau, hvilke muligheder og begrænsninger der er for at reducere støjen mv. Det omfatter også information om effekten af de forskellige virkemidler, som fx en støjskærm eller støjreducerende asfalt samt ændringer af hastigheden og trafikmængden osv.

I dag findes der meget avancerede beregningsprogrammer, der med stor præcision kan beregne støjen fra vejen. De støjmæssige konsekvenser kan beskrives ved hjælp af støj kort med støj konturer i forskellige dB-intervaller, optælling af støj belastede boliger mv. Til at beskrive de støjmæssige konsekvenser anvendes termer som "væsentlig ændring af støjen", "en fordobling af trafikken vil medføre forøgelse af støjen på 3 dB", "anvendelse af støjreducerende asfalt vil reducere støjen 2 dB" osv. Spørgsmålet er, om de redskaber, vi bruger til formidlingen om støj, er indlysende og logiske for borgere uden en dyb teknisk baggrund. Udover at beskrive konsekvenserne i ord, billeder, grafik og tabeller har Vejdirektoratet et ønske om at forklare støjen ved hjælp af auraliseringer og lyd eksempler.

Hvilke krav er der til en auralisering?

Det er vanskeligt at opstille nogle helt generelle krav til auraliseringer. I sidste ende kommer det an på, hvad formålet er, og med hvilke forventninger man går til arbejdet. I projektet med auraliseringer af nye veje har der dog været en række mere eller mindre åbenlyse krav:

- Resultatet skal være troværdigt – og skal lyde troværdigt!
- Lydbilledet i en auraliseringsposition skal være korrekt, dvs. baseret på kalibrerede lydoptagelser
- Det skal også kunne bruges til at give en oplevelse af nogle generelle virkningsmidler som støjskærme, støjreducerende asfalt osv.

Troværdighed er altafgørende. Det er en af årsagerne til, at vi valgte at basere auraliseringerne på "rigtige" lydoptagelser af bilpassager. Det er uhyre vanskeligt at lave disse optagelser, for når lydfilerne efterfølgende korrigeres, så de svarer til en anden afstand eller en anden terrænoverflade, vil selv de mindste fejllyde på den originale optagelse, som fx fuglekvidder eller en fjern irrelevant støjkilde, kunne risikere at blive forstærket og forvrænget betydeligt, så det bliver generende hørbart i den endelige lydfil. Alternativet er at fremstille lyden af bilpassagerne syntetisk, men det er ikke på samme høje niveau som rigtige lydoptagelser i dag. Det kan simpelt hen høres, når der ikke er tale om rigtige bilpassager. Vi arbejder på at finde en troværdig model for syntetisk fremstilling af lyden og gøre auraliseringsprocessen mere fleksibel for derved at undgå omkostningerne til de vanskelige lydoptagelser.

Et andet troværdighedsaspekt er, at lyden skal tilsættes en "baggrundslid", som svarer til situationen i auraliseringspositionen. Skal auraliseringen repræsentere et sted ude på landet med omgivende marker, skal indlægges et "lydlandskab" svarende hertil. Er det i nærheden af en lufthavn med jævnlige overflyvninger, kan det være relevant at indlægge baggrundslid med fjerne flystarter og -landinger. Tæt ved et skovbryn kan der være ret dominerende lyd af blade, der rasler osv. Indtrykket er, at baggrundsliden eller lydlandskabet (eng: Soundscape) har meget stor betydning for troværdigheden af auraliseringen. Endelig er der koblingen til det visuelle. Kan vi præsentere billeder eller film i sammenhæng med auraliseringen, som viser bilerne konkret i landskabet, er det yderligere et trin op på troværdighedsskalaen.

At lyden skal have det rigtige lydniveau, er også et krav, når optagelsen korrigeres fra en optagesituation til en anden beregnet situation. Det er ganske enkelt, idet lydoptageudstyret kalibreres, før og efter lydoptagelserne er udført. Herefter er der alene tale om at justere optagelsens niveau ud fra de beregnede forskelle mellem optagesituationen og auraliseringspositionen.

En større udfordring ligger i afspillesituationen. Hvordan opnår man det korrekte lydniveau i lytterens hovedtelefoner, uden at det bliver meget omstændeligt at kalibrere afspillekæden? I almindelige kalibreringssituationer er det vores erfaring, at ved afspilning af en lille fil, der indeholder tale og justeres til "at lyde som normal tale i en meters afstand", fungerer ret godt. Det vil sige, at lytteren selv indstiller sin lydstyrke, så det "lyder som en der snakker i en meters afstand".

Auraliseringsprocessen

Selve opbygningen af en auralisering tager udgangspunkt i et lydbibliotek, der indeholder mange optagelser med lyden af forskellige biltyper kørende med forskellig hastighed. Indtil nu har hovedvægten været på biler optaget ved forbiørsel på landevej ved 80-90 km/t og på motorvej ved 110-130 km/t. Man kan sagtens tænke sig biblioteket udvidet til også at omfatte biler til bykørsel under forskellige former som fx kørsel i en rundkørsel, kørsel med kraftig acceleration osv.

Lydoptagelser foretages med en såkaldt Head and Torso Simulator (HATS). Det er en "dukke", som har indbyggede mikrofoner i de to ører og udstyret med et kunstigt ydre øre (øreflip og øregang). Optagelser på denne måde giver en tydelig retningsoplevelse og dermed en meget realistisk oplevelse af at "være der

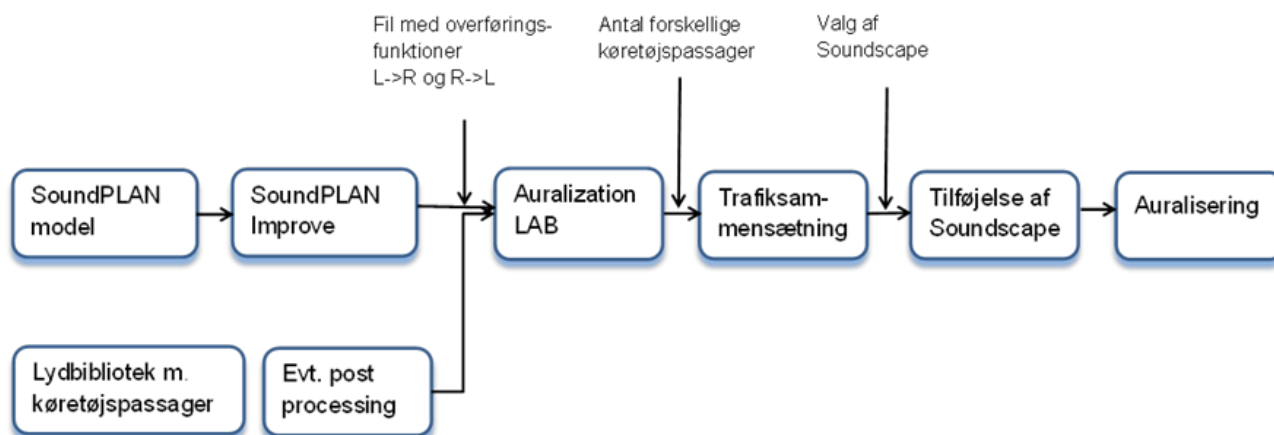
selv". En ulempe er, at lydoptagelserne efterfølgende bedst egner sig til afspilning via hovedtelefoner, men det er muligt at korrigere lydfilet til afspilning fx via PA-anlæg.



HATS på arbejde ved nordjysk motorvej. Lydoptagelser til auraliseringer foretages ved hjælp af HATS (Head And Torso Simulator).

Alle hidtidige optagelser er gjort på en såkaldt referenceasfaltbelægning. Såfremt der ønskes auraliseringer med andre asfaltbelægninger, er det muligt at korrigere lydfilet ud fra kendte lyd-mæssige sammenhænge mellem de forskellige asfaltbelægninger.

Processen fra lydbibliotek til færdig auralisering er vist skematisk i figuren:

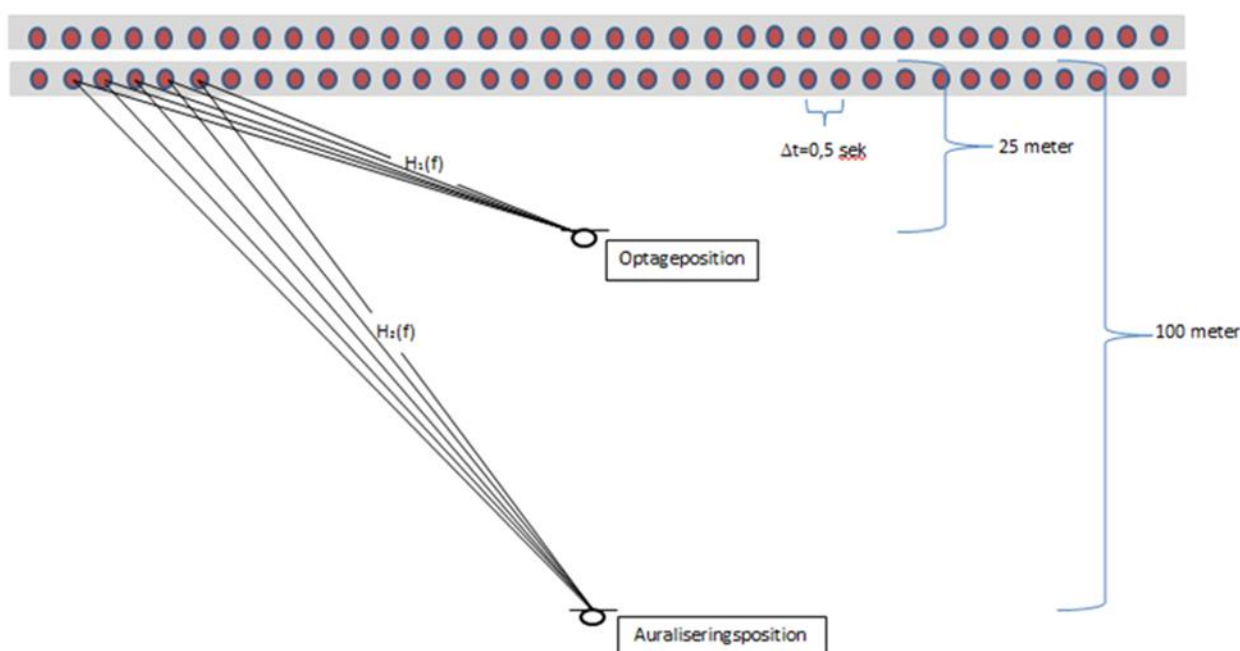


Auraliseringsprocessen vist skematisk.

Der opbygges en detaljeret 3D-model af vejen og omgivelserne. Her er valgt et kommercielt softwareprogram SoundPLAN, som er de facto standard ved støjeregninger i Danmark. Det betyder, at vi

til auraliseringerne ofte kan genanvende en 3D-model fra de støjberegninger, der typisk er udført i forbindelse med en VVM-undersøgelse eller lignende. Det primære er dog, at støjprogrammet har implementeret beregningsmodellen Nord2000, som benyttes til meteorologiske og udbredelsesmæssige korrektioner og til beregning af støjskærms virkning. Nord2000 er den fælles nordiske beregningsmetode for støj, som er udviklet over en lang årrække, og som er noget af det meste præcise, der findes til beregning af støjudbredelse.

Lydbiblioteket omfatter en lang række lydoptagelser af køretøjspassager ved forskellige hastigheder, køremønstre osv. Lydoptagelserne korrigeres beregningsmæssigt til "neutrale" omgivelsesforhold ved hjælp af SoundPLAN og repræsenterer således den rå lydkilde på en given vejtype og en given asfaltbelægning - ofte en referencebelægning. Vejbelægningens egenskaber kan enten indeholdes i lydbiblioteksfilen (optagelsen), eller den kan udføres ved en post-processering af lydbiblioteksfilen til den aktuelle situation. Der skal være en del lydoptagelser af hver enkelt køretøjstype (fx personbiler), således at en auralisering kan give et realistisk "billede" af en sammensat trafik med biler med forskellige karakteristika.



Eksempel på overføringsfunktioner mellem vej og optageposition $H_1(f)$ og mellem vej og auraliseringsposition $H_2(f)$ for en tosporet vejstrækning. De røde punkter er kildepositioner til auraliseringsberegningerne.

Til processeringen af auraliseringen opdeles hver vejbane i en lang række punkter - her vist med ca. 10 m afstand (Δt i figuren svarer til en hastighed på ca. 80 km/t). Udbredelseskorrektioner mellem vejbanepunktet og auraliseringspunktet beregnes med Nord2000. Det giver flere hundrede overføringsfunktioner, hver beskrevet pr. 1/3-oktav. SoundPLAN er i sig selv ikke egnet til at vise mellemresultater i beregningerne, så DELTA har udviklet et særligt program, SoundPLAN Improve, til at udtrække mellemresultater fra SoundPLAN's database. SoundPLAN Improve henter således de relevante overføringsfunktioner ud af SoundPLAN's databaser og placerer resultaterne i en tekstfil, som kan læses af auraliseringsprogrammet AuralizationLAB. Dette program korrigerer de enkelte "stumper" af lydfilen med de beregnede overføringsfunktioner, dvs. de afstandsmæssige, terrænmæssige og eventuelt afskærmningsmæssige forhold korrigeres ud fra beregningerne, så de svarer til den nye position - auraliseringspositionen.

Når der som oftest er mere end ét køretøj og køretøjstype i auraliseringen, skal ovenstående beregninger foretages for hvert køretøj i hver retning. Selve trafiksamsetningen i den endelige auralisering mikses sammen med et lydredigeringsprogram, fx Adobe Audition. Her sammensættes de enkelte auraliserede bilpassager til en samlet lydfil.

Ud fra kendskabet til omgivelserne vælges tillige et passende lydlandskab (Soundscape), dvs. hvilket lydmiljø der passer til den enkelte auralisering (byområde, åbent land, klokkeslæt på dagen, vegetation osv.). Lydlandskabet medvirker til at give en realisme og troværdighed, idet det repræsenterer lydbilledet i auraliseringspositionen uden bilpassager.

Hidtidige erfaringer

Auraliseringer har indtil nu været benyttet ved et enkelt vejprojekt i forbindelse med høringen om VVM-undersøgelsen om udbygning af rute 18 mellem Herning og Holstebro og efterfølgende i forbindelse med linjebesigtigelsen af vejprojektet. Her var der til borgermøder opstillet en lille stand med 8 hovedtelefoner, hvor borgerne kunne høre forskellen mellem den eksisterende landevej og den kommende motorvej. Lytteeksemplet svarede til et punkt 100 m fra henholdsvis landevejen og motorvejen. Der var også mulighed for at høre virkningen af en støjskærm og af en støjreducerende vejbelægning. Lyttestanden bestod samtidig af en skærmmonitor, hvor der til hvert af lytteeksemplerne blev vist et tilhørende billede af "lyttesituationen".

Vejdirektoratets erfaringer med anvendelse af lytteeksempler har været positive. Lyttestanden har været velbesøgt ved borgermøderne, og borgerne har udtrykt stor tilfredshed med at kunne høre lydeksempler som supplement til støjkort mv. Fx har auraliseringer af afværgeforanstaltninger som støjskærm og støjreducerende asfalt givet borgerne en bedre forståelse af disse foranstaltningers reelle virkning. Borgere, som bor i nærheden af en eksisterende landevej, der erstattes af en ny motorvej, har kunnet få et realistisk indtryk af de fremtidige lydforhold.

Efterfølgende er der arbejdet videre på projektet, og det forventes, at der på kortere sigt opbygges en webportal, hvor det vil være muligt at koble sig på og høre de hidtil udarbejdede auraliseringer. Denne del er under udvikling og afprøvning.

På lidt længere sigt er det håbet, at der som supplement til støjberegninger vil være mulighed for forholdsvis simpelt at tilknytte auraliseringer til alle vejprojekter, som har et væsentligt element af støj i sig. Auraliseringerne vil kunne supplere og kvalificere støjberegninger og konsekvensbeskrivelser og være en del af den information, som danner grundlaget for den offentlige debat og efterfølgende politiske beslutninger.