DELTA Testrapport

TEST Reg. nr. 100

Støj fra starter og landinger med søfly i Københavns Havn

Udført for NORDIC Seaplanes Invest ApS

DANAK 100/2494
Sagsnr.: 119-23796

6. maj 2019

DELTA – a part of
FORCE Technology
Venlighedsvej 4
2970 Hørsholm
Danmark

Tlf. +45 43 25 14 00
www.delta.dk
CVR nr. 55117314

Denne rapport er udgivet under akkreditering udstedt af DANAK (Den Danske Akkrediterings- og Metrologifond) og ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) inklusive deres MRA (Mutual Recognition Arrangement). Yderligere information kan ses på www.danak.dk og www.ilac.org. Rapporten må kun gengives i sin helhed. Gengivelse i uddrag kræver skriftlig accept fra DELTA – a part of FORCE Technology.

Titel
Støj fra starter og landinger med søfly i Københavns Havn

Journal nr.	**Sagsnr.**	**Vores ref.**
DANAK 100/2494	119-23796	ERT/JEL/ilk

Rekvirent
NORDIC Seaplanes Invest ApS
Østhavnsvej 37
8000 Aarhus C

Rekvirentens ref.
Lasse Rungholm

Resumé
Der er udført beregning af støjbelastningen L_{DEN} iht. DENL-metoden for støj fra starter og landinger med søfly i Københavns havn.

Beregningerne viser, at der ikke er nogle steder, hvor boligområder er belastet med mere end 45 dB og derved heller ikke ved 55 dB, som er Miljøstyrelsens vejledende grænseværdi for boligområder for støj fra fly i forbindelse med starter og landinger ved en lufthavn.

DELTA – a part of FORCE Technology, 6. maj 2019

Erik Thysell
Akustik

Indholdsfortegnelse

1. Indledning 4

2. Beregningsmetoder 4

2.1 Beregning af L_{DEN} 4

2.2 Beregning af TDENL-værdien 4

3. Beregningsforudsætninger for starter og landinger 5

3.1 Trafikmæssige forudsætninger 5

3.2 Beflyvningsmæssige forudsætninger 5

3.2.1 Start- og landingsområder samt benyttelse deraf 5

3.2.2 Flyveveje og benyttelse deraf 6

3.3 Støjdata og flyveprofiler 6

3.4 Beregningstekniske forudsætninger for starter og landinger 7

4. Beregningsforudsætninger for taxikørsel 7

4.1 Taxiveje 7

4.2 Fordelingen af trafikken på de anvendte taxiveje 7

4.3 Støjdata for taxikørsel 7

4.4 Beregningstekniske forudsætninger for taxikørsel 8

5. Beregningsresultater 8

5.1 Støjbelastning L_{DEN} 8

5.2 TDENL 10

6. Ubestemthed 10

7. Vurderinger og fortolkninger 10

8. Referencer 10

Bilag A – Flyve- og taxiveje 11

Bilag B – Målt lydeffekt 12

1. Indledning

DELTA har for NORDIC Seaplanes Invest ApS udført beregninger af den fremtidige støjbelastning fra starter og landinger med en DHC6-300 Twin Otter, der starter og lander på vand i Københavns Havn.

Som grundlag for myndighedernes sagsbehandling skal de støjmæssige forhold i henhold til Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1994 [1] belyses på basis af følgende beregninger:

- Støjbelastningen L_{DEN} beregnet efter DENL-metoden fra starter og landinger samt taxikørsel i forbindelse med starter og landinger
- TDENL-værdi.

Der foretages ikke beregning af støjens maksimalværdi i natperioden L_{Amax}, da der forudsættes ikke at forekomme operationer med fly i natperioden (kl. 22-07).

Da der heller ikke er boligområder, der er belastet med støj over Miljøstyrelsens vejledende grænseværdi, skal der ikke foretages nogen boligoptællinger.

Der er i afsnit 2 kortfattet beskrevet de anvendte beregningsmetoder. I afsnit 3 er der vist beregningsforudsætninger for starter og landinger. I afsnit 4 er der beskrevet beregningsforudsætninger for taxikørsel (sejlads) i forbindelse med starter og landinger. Afsnit 5 indeholder beregningsresultater. Afsnit 7 indeholder kommentarer, som ikke er omfattet af DANAK-akkrediteringen.

2. Beregningsmetoder

2.1 Beregning af L_{DEN}

Den metode, der i Danmark anvendes til beskrivelse af støjbelastning udendørs fra flytrafik, kaldes DENL-metoden (Day-Evening-Night-Level). DENL-metoden er baseret på konstant ækvivalent, A-vægtet lydtrykniveau L_{Aeq}, kort kaldet ækvivalentniveauet, idet de enkelte støjbegivenheder vægtes afhængigt af det tidspunkt på døgnet, hvor de forekommer samt begivenhedens varighed. Støjbelastningen bestemmes for de tre mest trafikerede måneder i beregningsåret.

Metoden er nærmere beskrevet i [1].

2.2 Beregning af TDENL-værdien

TDENL-metoden anvendes til løbende kontrol af støjbelastningen omkring en lufthavn.

Metoden, der bygger på DENL-metoden, udtrykker den samlede lydenergi, der rammer arealet omkring lufthavnen, fra det gennemsnitlige antal flyoperationer pr. døgn. Denne lydenergi udtrykkes ved et enkelt tal i dB.

Metoden er beskrevet i [1].

3. Beregningsforudsætninger for starter og landinger

For at kunne beregne støjbelastningen fra starter og landinger må følgende fastlægges:

- Trafikmæssige forudsætninger
- Beflyvningsmæssige forudsætninger
- Forudsætninger om støj og flyveprofiler
- Beregningstekniske forudsætninger.

De trafik- og beflyvningsmæssige beregningsforudsætninger er baseret på oplysninger fra rekvirenten og er blandt andet baseret på de sidste par års trafik i Københavns Havn.

3.1 Trafikmæssige forudsætninger

De trafikmæssige forudsætninger, jf. afsnit 7.1 i [1] omhandler følgende dele:

- Hvilke fly der vil opereres med og fordeling af operationer på disse flytyper
- Trafikkens årsfordeling
- Trafikkens døgnfordeling.

Det forudsættes, at alle operationer udføres med flytypen DHC6-300 Twin Otter.

Det forudsættes, at der i de tre mest trafikerede måneder vil forekomme 14 starter og 14 landinger i dagperioden og 1 start og 1 landing i aftenperioden, i alt 30 operationer per døgn.

3.2 Beflyvningsmæssige forudsætninger

De beflyvningsmæssige forudsætninger, jf. afsnit 7.2 i [1] omhandler følgende dele:

- Banekonfiguration
- Banebenyttelse
- Flyveveje
- Forudsætninger om flyenes støj og præstationer.

3.2.1 Start- og landingsområder samt benyttelse deraf

Da der ikke er tale om start- og landingsbaner, som man har på en landbaseret lufthavn, er det valgt at omtale disse som et start- og landingsområde. Piloten må ved hver enkelt start eller landing vurdere, hvor og i hvilken retning der kan foretages start eller landing afhængigt af fx vejr, andre både og fartøjer etc.

Det normale start- og landingsområde i Københavns Havn er et område nord for Refshaleøen, øst for Trekroner, se Figur 2. 86,8 % af starterne og 83,6% af landingerne foregår i dette område. I tilfælde af svære vejrforhold, fx store bølger, foretages starter (6,7 %) og landinger (8,2 %) vest for Trekroner.

3.2.2 Flyveveje og benyttelse deraf

Der er i Figur 2 vist kort over flyvevejene i Københavns Havn. Her er også vist trafikkens fordeling på de forskellige flyveveje, som procenter af det totale antal operationer (starter og landinger). For de normale flyveveje (blå), der udgår fra de normale start- og landingsområder, er der givet en samlet fordeling. Andelen af trafik på de enkelte normale flyveveje er jævnt fordelt. For de ikke-normale flyveveje, lyserøde og orange i Københavns Havn, er fordelingen på de enkelte flyveveje specificeret i figuren. Der er foretaget en miljøtilpasning af fordelingen af operationer på de ikke-normale landingsflyveveje for at minimere støjbelastningen i boligområder i forhold til operationstallene for de sidste par år.

Starter regnes at foregå således, at der flyves ligeud i hvilken som helst retning til en højde på 50 fod, hvorfra der evt. foretages første drej. Heraf det store antal blå streger i området lige øst for Trekroner. En landing regnes ligeledes at kunne foregå i hvilken som helst kompasretning. Der regnes med, at landingerne foretages på samme måde som starterne, men i modsat retning.

Som anbefalet i Miljøstyrelsens vejledning [1] regnes trafikken at have en normalfordelt spredning omkring de angivne flyveje. For starter regnes spredningen påbegyndt fra letningspunktet, hvorfra standardafvigelsen stiger lineært med afstanden, indtil standardafvigelsen antager en konstant værdi på 1,5 km – 14,3 km fra startpositionen. For landinger regnes med en standardafvigelse på 1,5 km i afstande fra sætningspunktet større end 14,3 km. Herfra mindskes standardafvigelsen lineært med afstanden, således at den sidste strækning på 500 m før sætningspunktet regnes at være uden spredning.

3.3 Støjdata og flyveprofiler

Den støjbelastning, som et luftfartøj under start og landing påfører et givet område på jorden, afhænger af støjemissionen, flyvehastigheden, flyveprofilen og de meteorologiske forhold.

Støjemissionen afhænger af flytype, motortype, motorindstilling, flyets konfiguration og dets flyvehastighed. Flyveprofilen under start afhænger af flyets startvægt, de meteorologiske forhold og den anvendte startprocedure.

Ved beregning af støjbelastningen omkring start- og landingsområdet i Københavns Havn anvendes støj- og præstationsdata for DHC6-300 hentet fra INM Database 10 som anbefalet i [1]. Data i databasen indeholder alle nødvendige data såsom flyvehastighed, højde, afstand og motorindstilling.

Der regnes med, at flyet efter start stiger til højden 2500 fod. I forbindelse med landing regnes flyet at ankomme i højden 2500 fod og følge en anflyvningsvinkel på 4° til sætningspunktet, som ligeledes er specificeret i [1] for fly, der flyver VFR (Visuel Flight Rules) med MTOM over 2500 kg.

For beregning af TDENL-værdien benyttes, udover trafikmæssige oplysninger, også TSEL-værdien, som for DHC6-300 er 159,9 dB.

3.4 Beregningstekniske forudsætninger for starter og landinger

Beregningerne er udført i henhold til retningslinjerne i Miljøstyrelsens vejledning [1].

Til beregningerne anvendes beregningsprogrammet DANSIM version 7. Maskevidden, som anvendes ved beregning af flystøjen for starter og landinger, er 50 × 50 m.

4. Beregningsforudsætninger for taxikørsel

I henhold til Miljøstyrelsens vejledning [1] skal støj fra taxikørsel beregnes efter samme retningslinjer som støj fra starter og landinger, når taxikørslen foregår i forbindelse med en start eller landing.

De forudsætninger, der er nødvendige for beregning af støjbelastning fra taxikørsel, er:

- De anvendte taxiveje
- Fordelingen af trafikken på de anvendte taxiveje mellem kaj og start- og landingsområde
- Støjdata for taxikørsel
- Beregningstekniske forudsætninger.

4.1 Taxiveje

Taxivejene er vist med gul streg sammen med flyvevejene i Figur 2. Der er inkluderet en lille "sløjfe", ca. 90 m lang, ved bryggen for at simulere varigheden, når flyet lægger til eller tager af sted. Denne sløjfe varer i beregningerne ca. 30 s (der er forudsat, at taxikørsel sker med 6 knob).

4.2 Fordelingen af trafikken på de anvendte taxiveje

Fordelingen af taxikørsel til/fra de forskellige start- og landingsområder bestemmes af flyvevejsfordelingen beskrevet i afsnit 3.2.1.

4.3 Støjdata for taxikørsel

For taxikørsel (sejlads) er der benyttet støjdata fra en støjmåling af lydeffekten fra flyet under taxikørsel, jf. [2]. Disse målte støjdata er mere præcise end dem, som normalt anvendes i beregninger af taxistøj: En motorindstilling svarende til "flight-idle", jf. [1]. Rekvirenten har oplyst, at propellens omdrejningstal i forbindelse med målingerne af taxistøj var ca. 968 rpm. Den målte kildestyrke (lydeffektniveau) er totalt 109,3 dB(A) re 1 pW. 1/3-oktavbåndspektret er gengivet i Bilag B. Da propellens omdrejningstal ikke holdes helt konstant, men varierer afhængigt af blandt andet vindforhold, er lydeffekten korrigeret for dette. Den procentuelle fordeling af omdrejningstallet er vist i Tabel 1. Korrektionen er taget med udgangspunkt i de målte støjdata sammen med støjdata i INM 7.0, som skønsmæssigt svarer til 2000 rpm.

Der er regnet med, at støjen stiger/falder med ca. 2,5 dB pr. 100 rpm. Ved beregning af støjbelastningen fra taxikørsel er der taget hensyn til indflydelsen af, at vandoverfladen er akustisk hård i henhold til metoden beskrevet i [3].

RPM	Fordeling
968	90 %
1100	5 %
1200	3 %
1300	2 %

Tabel 1
Tidsmæssig fordeling af propellens omdrejningstal under taxakørsel (sejlads).

Sejlads mellem kaj og start- og landingsområde regnes at foregå med en hastighed på 6 knob.

4.4 Beregningstekniske forudsætninger for taxikørsel

Beregningerne udføres i henhold til retningslinjerne i Miljøstyrelsens vejledning [1].

Til beregningerne anvendes beregningsprogrammet DANSIM version 7. Maskevidden, der anvendes ved beregning af flystøjen for starter og landinger, er 50 × 50 m.

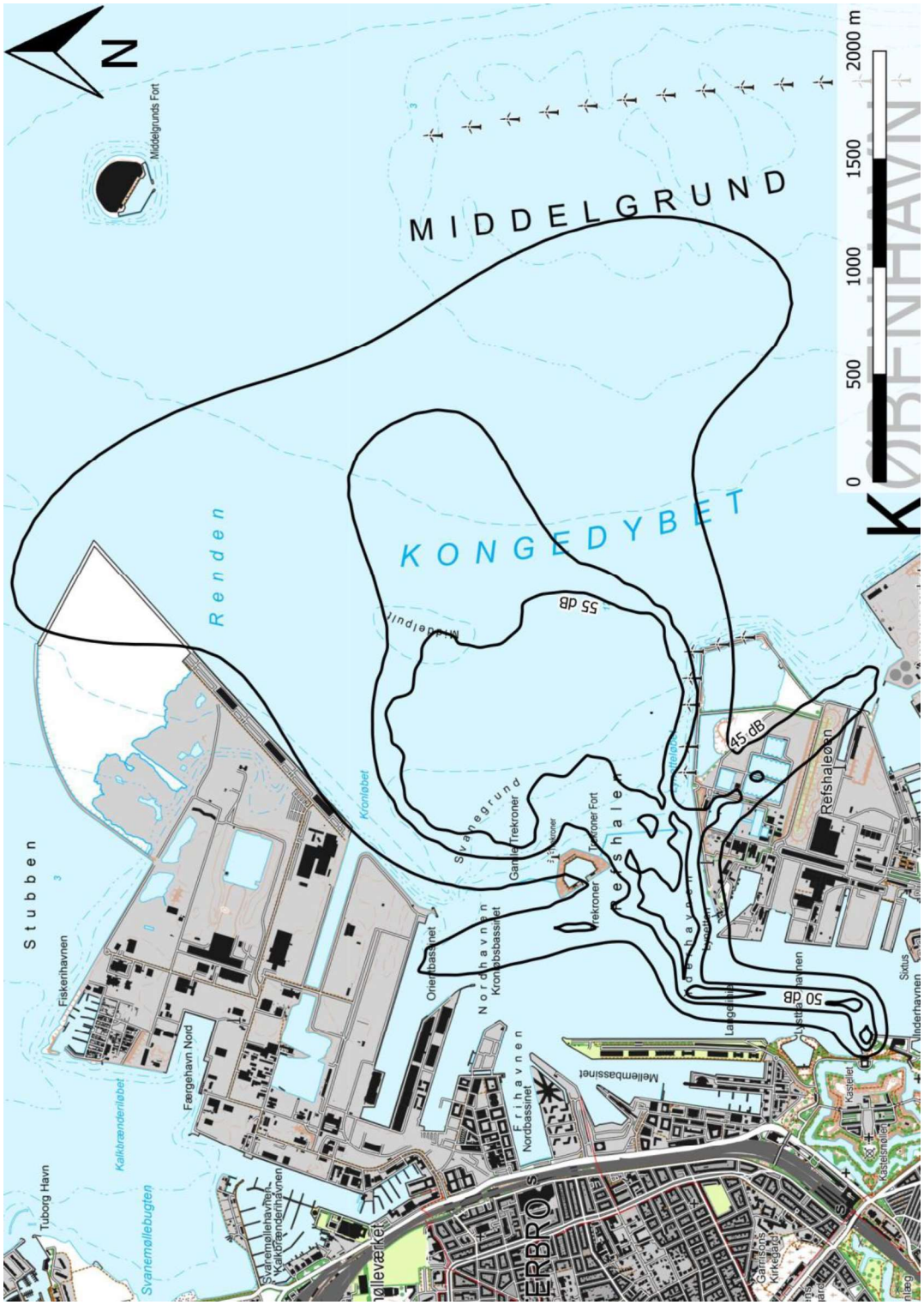
5. Beregningsresultater

5.1 Støjbelastning L_{DEN}

På grundlag af beregningsforudsætningerne anført i Afsnit 3 og 4 er støjbelastningen L_{DEN} i forbindelse med starter og landinger for en søflyveplads i Københavns Havn beregnet efter DENL-metoden.

Resultatet af beregningerne er vist i:

- Figur 1: Støjbelastning L_{DEN}, Københavns Havn.



Figur 1
Støjbelastning fra flytrafik i København Havn, L_{DEN} = 45-55 dB.

5.2 TDENL

På baggrund af oplysningerne i afsnit 3 er TDENL-værdien udregnet til 122,9 dB.

6. Ubestemthed

Beregning af støj fra flyvepladser og lufthavne skal udføres med et beregningsprogram, som opfylder kravene i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1994 [1]. Beregningerne baseres på kildedata (støj og flyveprofiler) fra eksisterende databaser som angivet i vejledningen. Kildedata baseret på målinger udført i forbindelse med en beregning anvendes stort set aldrig.

For støjen fra starter og landinger gælder, at da DELTA altid anvender beregningsprogrammet DANSIM 7, og da testrapporten henviser til de anvendte data i databaser, hidrører den eneste ubestemthed i beregningen af støjen fra starter og landinger fra den anvendte maskevidde i beregningsnetværket, som anvendes til bestemmelse af støjkurverne. Den anvendte maskevidde vælges, så den opfylder kravene i Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1994 [1], hvorved ubestemtheden bliver mindre end 0,5 dB.

For støjen fra taxikørsel er ubestemtheden en kombination af den ovenstående ubestemthed fra maskevidden og ubestemtheden fra kildestyrkemålingen, som var 3 dB, jf. [2].

Ved afgørelse af om grænseværdierne er overskredet, skal der i henhold til Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1994 [1] ikke tages hensyn til ubestemtheden. Størrelsen af ubestemtheden har derfor ingen indflydelse på en miljøafgørelse.

7. Vurderinger og fortolkninger

Beregningerne viser, at der ikke er nogen steder, hvor boligområder er belastet med mere end 45 dB, og der er derved en 10 dB-margin op til 55 dB, som er Miljøstyrelsens vejledende grænseværdi for boligområder for støj fra fly i forbindelse med starter og landinger ved en lufthavn. Støjbelastningen, L_{DEN}, på facaden af Langelinie Pavillonen er udlæst fra beregningerne til 44,4 dB.

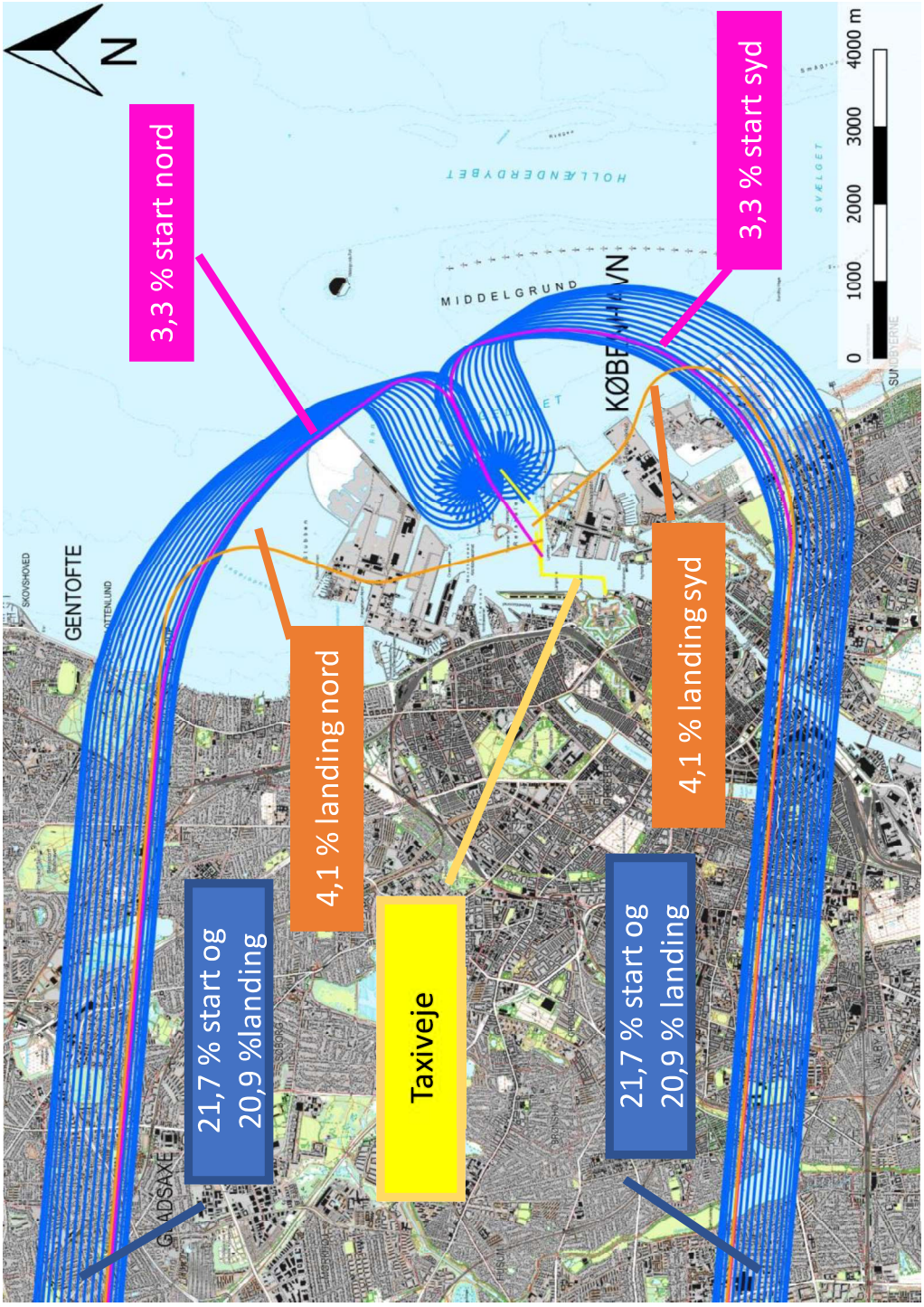
8. Referencer

[1] Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1994: *Støj fra flyvepladser*.

[2] SWECO Rapport nr. P6.002.18: *Nordic Seaplanes, Bestemmelse af kildestyrke af taxi-aktiviteter, "Miljømåling – ekstern støj"*, 23. januar 2018.

[3] DELTA Akustik & Vibration, Report AV 7/94: *Aircraft Sound Propagation over Non-Flat Terrain. Prediction Algorithms*, september 1995.

Bilag A – Flyve- og taxiveje



Figur 2
Flyveveje Københavns Havn. (Blå = normale flyveveje; Lyserød = ekstra startflyveveje; Orange = ekstra landingsflyveveje; Gul = taxiveje). De oplyste procenter er af det totale antal operationer (starter og landinger).

Bilag B – Målt lydeffekt

Lydeffekt hentet fra [2].

Frekvens [Hz]	Lydeffekt [dB(A) re 1 pW]
20	38,3
25	43,7
31,5	50,3
40	57,2
50	68,0
63	63,3
80	64,8
100	71,0
125	73,2
160	78,8
200	81,7
250	77,4
315	78,2
400	81,1
500	89,3
630	81,4
800	92,2
1000	92,7
1250	98,9
1600	97,0
2000	96,0
2500	99,0
3150	98,6
4000	97,9
5000	105,4
6300	97,2
8000	89,8
10000	86,7