



Støjnotat til
Miljøkonsekvens-
rapport
Ekstern støj og
undervandsstøj fra
anlægsarbejde


ENERGINET

12. FEBRUAR 2019

Indhold

1	Ekstern Støj - Lillebælt	4
1.1	Indledning	4
1.2	Støjvilkår	4
1.2.1	Anlægsfase	4
1.3	Eksisterende forhold	4
1.3.1	Projektområdet	4
1.3.2	Beregningspunkter	6
1.3.3	Eksisterende støjforhold	6
1.4	Støjpåvirkninger i anlægsfasen	6
1.4.1	Støjpåvirkning på land	7
1.4.2	Støjpåvirkning på vand	8
1.4.3	Beregningsmetoder	8
1.4.3.1	Antagelser og usikkerheder i beregningerne	9
1.4.4	Lydudbredelsesforhold	10
1.4.5	Toner og impulser	10
1.4.6	Resultater	11
1.4.6.1	Scenarie 1	11
1.4.6.2	Scenarie 2	11
1.4.6.3	Scenarie 3	12
1.4.6.4	Scenarie 4	12
1.4.6.5	Scenarie 5	13
1.4.7	Støjkort	13
2	Undervandsstøj – Lillebælt	14
2.1	Indledning	14
2.1.1	Regler og retningslinjer for undervandsstøj	14
2.2	Metode og Resultater fra beregninger	16
2.2.1	Metode	16
2.2.1.1	Område	16
2.2.1.2	Kildestyrke	16
2.2.1.3	Model for spredning af undervandsstøj i Lillebælt	17
2.2.1.4	Retningslinjer for støjpåvirkning af havpattedyr	18
2.2.1.5	Boblegardiner	20
2.2.1.6	Resultater	20
3	Referencer	24
	Bilag 1 Situationsplan	26
	Bilag 2 Oversigtskort	27

Bilag 3 Oversigtskort 2	28
Bilag 4 Ekstern Støjkort – Scenarie 1	29
Bilag 5 Ekstern Støjkort – Scenarie 2	30
Bilag 6 Ekstern Støjkort – Scenarie 3	31
Bilag 7 Ekstern Støjkort – Scenarie 4	32
Bilag 8 Ekstern Støjkort – Scenarie 5	33



Projekt nr.: 230301
Dokument nr.: 1231388690
Version 3
Revision

Udarbejdet af AES
Kontrolleret af MAM
Godkendt af RHO

1 Ekstern Støj - Lillebælt

1.1 Indledning

Denne rapport er udarbejdet som baggrundsrapport i forbindelse med udarbejdelse af miljøkonsekvensrapporten for Baltic Pipe-projektet.

Nærværende rapport omhandler opførelsen af gasrørledningen, og indeholder en beregning af støj fra anlægsarbejdet samt nedramning af spuns og pæle.

1.2 Støjvilkår

1.2.1 Anlægsfase

Miljøstyrelsens vejledende støjgrænser gælder ikke for anlægsarbejder, da dette er en midlertidig aktivitet. I mange tilfælde gives et tillæg til grænseværdierne for virksomhedsstøj i dagperioden for boliger, mens man i aften- og natperioden fastholder de vejledende grænseværdier. Der er således ved anlægsarbejder praksis for at grænseværdier på op til 70 dB(A) i dagperioden (kl. 7.00-18.00), samt lørdag kl. 7.00-14.00, mens 40-45 dB(A) skal overholdes i resten af tiden. Grænseværdier for anlægsarbejde på 70 dB(A) i dagtimerne og 40 dB(A) i andre tidsrum, er således også gældende i Kolding kommune, i henhold til kommunens forskrift herom (Kolding Kommune, 2016). Tilsvarende grænseværdier vil derfor også blive antaget gældende for Middelfart Kommune.

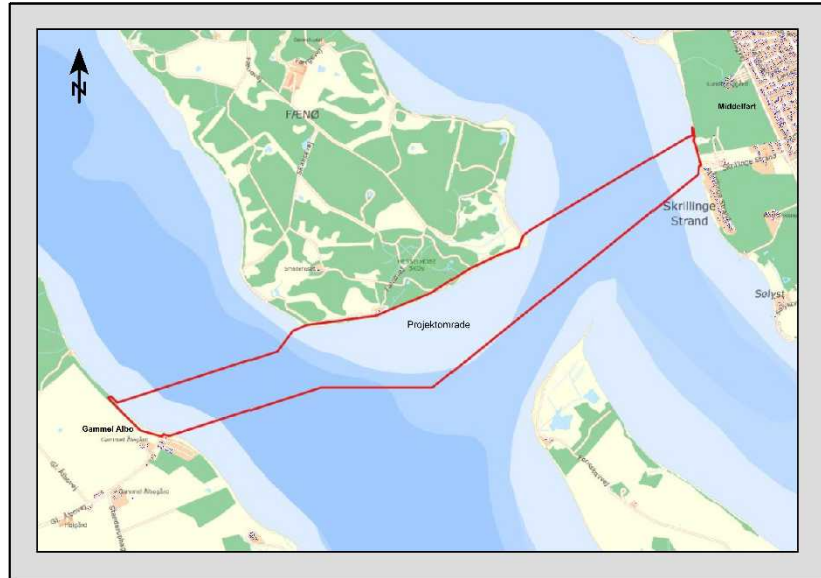
Der er udvalgt 9 referencepunkter, som repræsenterer de mest støjbelastede punkter på de omkringliggende ejendomme. Punkterne er placeret 1,5 m over terræn på udendørs opholdsarealer. Placeringen af de udvalgte referencepunkter er vist i bilag 2.

1.3 Eksisterende forhold

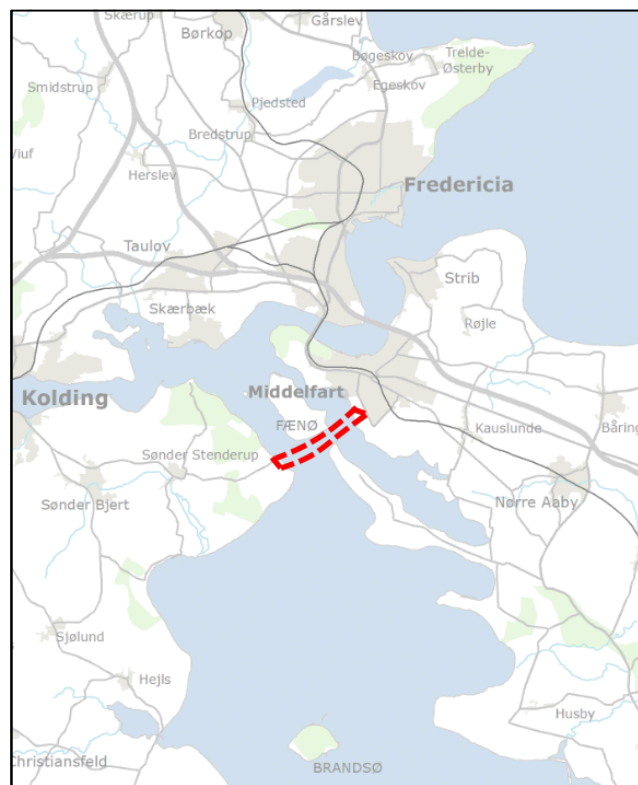
1.3.1 Projektområdet

Lillebælt er et meget forskelligartet område med en lang række forskellige naturtyper, områder med tæt befolkning og landområder (Figur 1.1). Projektområdet strækker sig fra landområdet Gammel Ålbo i Jylland, over Lillebælt imellem øen Fænø og Føns tange, umiddelbart nord for et Natura 2000-område og over til Fyn og Middelfart (Figur 1.2).

Figur 1.1: Viser projektområdet, indikeret med rød linje.



Figur 1.2: Projektområdet er indikeret med rød stiplet linje.



1.3.2 Beregningspunkter

Der er udvalgt 8 punkter ved de nærmeste nabobeboelser i det åbne land samt ved boliger i nærheden af Middelfart, hvor støjbidraget er beregnet. Beregningspunkterne er nummereret 1-9, og placeringen fremgår af oversigtsplan i bilag 2. Punkterne er placeret 1,5 m over lokalt terræn og 15 m fra beboelse ved boliger i åbent land.

1.3.3 Eksisterende støjforhold

Støjklender omkring projektområdet er meget forskelligartede. I Middelfart må støjforholdene beskrives som værende urbane med støj fra industri, erhverv og trafik. På Lillebælt er der en del skibstrafik, som bidrager med støj. I landområderne kan der forventes støj fra almen trafik samt kørsel af traktorer og andre landbrugsmaskiner.

1.4 Støjpåvirkninger i anlægsfasen

Støj- og vibrationsklender i anlægsfasen vil omfatte almindelige bygge- og anlægsaktiviteter, herunder kørsel med byggematerialer, jordkørsel, gravearbejde med videre. Der vil desuden blive nedpiloteret spunsvægge, trækpæle og ankre til trækspil, og disse aktiviteter vil være ekstraordinært støjende, og støjudbredelsen herfor vil derfor blive beregnet som et separat scenarie.

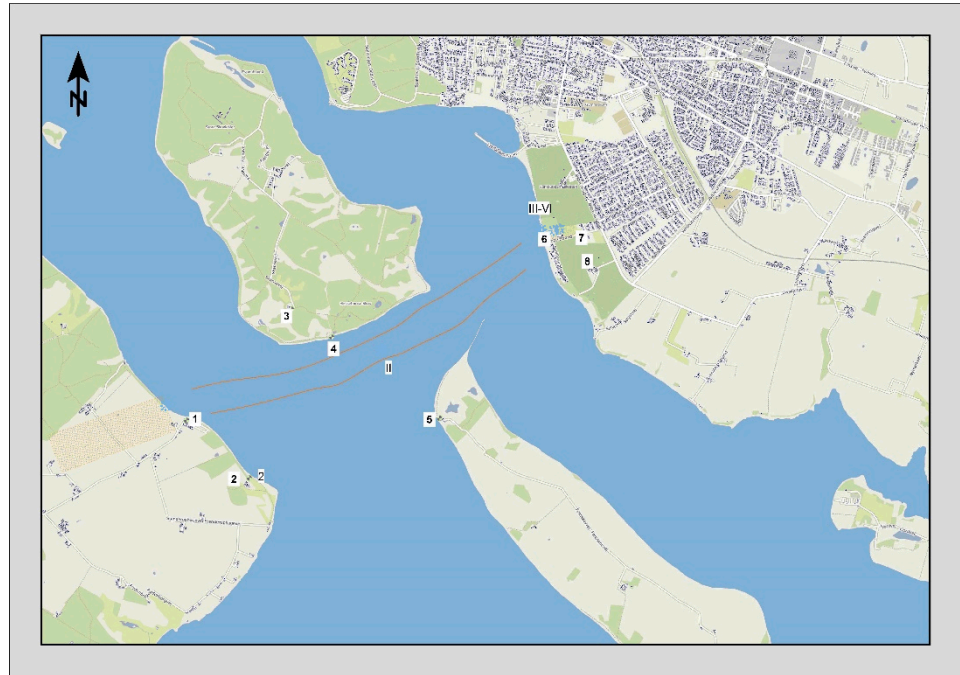
Der er anvendt følgende kildetyper ved beregningerne:

Tabel 1.1: Kildestyrker støjkilder

Støjkilde	Kildetype	Kildestyrke dB(A)	Højde (m)
Nedramning (6 lokaliteter.)	Punktkilde	125	1,5
Generel anlægsarbejde, støj fra entreprenørmaskiner m.v. (2 lokaliteter.)	Arealkilde	111	1,5
Referencefartøj (maks 2 stk.)	Linjekilder	116	2

I Figur 1.3, ses en oversigt over placeringen af punktkilder, nummereret I-VI, linjekilder og arealkilder. For et større oversigtskort, henvises til Bilag 2 Oversigtskort og Bilag 3 Oversigtskort 2.

Figur 1.3: Oversigt over placering af kilder og beregningspunkter, i modellen. Punktkilder er nummereret I-VI, imens punktomtagere er nummereret 1-8.



En situationsplan over den planlagte linjeføring kan ses i Figur 1.4.

Figur 1.4: Situationsplan for anlægsarbejdet.



1.4.1 Støjpåvirkning på land

Der er foretaget beregninger af støjbidraget med afsæt i projektområdets udstrækning og dermed også den forventede udstrækning af anlægsarbejdet. Kilden

i beregningerne er derfor sat som en arealkilde for det område på Jylland, der i Bilag 1 benævnes "Optrækningsplads" og en arealkilde for området ved trækspillet på Fyn. De to arealkilder har hver en kildestyrke på 111 dB(A) og ved 100 % drift i dagstimerne. I aften og nattetimerne, er aktiviteten sat, så der overholdes 40 dB(A), ved nærmeste bebyggelse. På baggrund af tidligere erfaringer, vurderes 111 dB, at være en realistisk tilnærmelse af den maksimale støjmæssige belastning fra anlægsarbejde.

Desuden vil der på land blive piloteret ankre og trækpæle, som skal hjælpe med at stabilisere trækspillet under udlægningen af gasrørledningen. Arbejdet med at banke disse pæle ned vil ikke stå på i hele anlægsperioden, og støjudbredelsen herfra vil derfor blive beregnet i et separat scenarie.

En oversigt over de forskellige scenarier kan ses i Tabel 1.2.

1.4.2 Støjpåvirkning på vand

Afhængigt af hvilken anlægsmetode, der anvendes vil en række forskellige maskiner kunne blive inddraget i processen både på land og på vand.

Af udstyr, som kan/vil indgå i anlægsarbejdet på vand, kan nævnes rendegraver på pram, grab på pram, survey fartøjer, slæbebåde, afværgefartøjer, MPV-fartøjer, steninstallationsfartøjer og rørledningsfartøjer.

Det vurderes, at den størst mulige støjkilde på vandet vil komme fra en type fartøj kaldet Backhoe Dredger (Figur 1.5), fremover kaldet referencefartøj. Denne type fartøj danner derfor grundlaget for støjberegningerne knyttet til anlægsarbejdet på vand.

Figur 1.5: Viser et eksempel på en backhoe dredger, som er typen af fartøj der er brugt til beregningerne på vandet.



1.4.3 Beregningsmetoder

De udførte beregninger er udført iht. Miljøstyrelsens vejledning 5/93.

Til beregningerne er anvendt programmet SoundPLAN v. 8.0, hvor kort med målestoksforhold, bygninger, skærme, reflekterende genstande, terræn, reference-

punkter og kildedata indlægges/digitaliseres, hvorefter SoundPLAN beregner støjen i de udvalgte punkter i henhold til den fælles nordiske beregningsmetode for industristøj.

Koteforhold m.v. for området er hentet i digital form fra Kortforsyningens hjemmeside og indlagt i SoundPLAN.

1.4.3.1 Antagelser og usikkerheder i beregningerne

For at kunne foretage beregninger over den forventede støj fra anlægsarbejdet, er der gjort nogle antagelser om aktivitet og kildetyper.

Det er under beregningerne antaget, at al nedramning på Fyn og Jylland sker samtidig, og at det kun sker i dagtimerne. På denne måde vil beregningerne være et udtryk for det værst tænkelige scenarie, hvor flere nærtliggende pæle nedrammes samtidigt.

Nedramning i vandet syd for Fænø foretages i døgndrift og der bankes på én pæl af gangen. Der er lavet en separat beregning.

Det er antaget, at al øvrig anlægsarbejde, herunder også Referencefartøjerne på vand, kan være aktive i døgndrift.

Der er antaget en maksimal samtidig aktivitet på vandet på 2 fartøjer som vist i Figur 1.5. De øvrige både negligeres, da de ikke vil have signifikant indflydelse på det overordnede støjbidrag.

Af usikkerheder kan nævnes, at placeringen af de stationære støjkluder kan ændre sig ved detailprojekteringen, og at Referencefartøjernes ruter er usikre.

Støjkludernes placering fremgår af bilag 2 og 3.

Følgende scenarier er opstillet i beregningerne.

Table 1.2: Oversigt over de forskellige scenarier der er beregnet på.

Scenarie #	Beskrivelse	Varighed	Kilder	Lokaliteter / Stk.	Bilag
1	Anlægsarbejde med pilotering på Jylland og Fyn	4-7 uger. Støj er beregnet i dagperioden	Referencefartøj	2	4
			Anlægsarbejde	2	
			Nedramning	5	
2	Anlægsarbejde med pilotering syd for Fænø	3 uger. Støj er beregnet i aften- og natperioden	Referencefartøj	1	5
			Nedramning	1	
3	Anlægsarbejde uden pilotering men med udgravning af rørledningsgrav	4 uger. Støj er beregnet i dagperioden	Referencefartøj	2	6
			Anlægsarbejde	2	
4	Anlægsarbejde uden pilotering men med udgravning af rørledningsgrav	4 uger. Støj er beregnet i aften- og natperiode.	Referencefartøj	2	7
5	Anlægsarbejde uden pilotering og uden udgravning af rørledningsgrav	Op til 10 måneder i døgn-drift. Referencefartøjer på Lillebælt dog kun op til 6 måneder i døgn-drift. Støj er beregnet i aften- og natperioden.	Referencefartøj	1	8

1.4.4 Lydudbredelsesforhold

Området på og uden for projektområdet er akustisk komplekst bestående af store dele vand, som anses for at være akustisk hårdt, men også skov og mark, som anses som akustisk blødt, og by som er en blanding af blødt og hårdt terræn.

1.4.5 Toner og impulser

Impulser vil kunne forekomme ved nedramning, men hvorvidt dette skal udløse et +5 dB genetillæg er svært at afgøre, før anlægsarbejdet er igangsat. Da nedramning kun foregår i dagperioden, gives der derfor ikke tillæg for tydeligt hørbare impulser i denne rapport.

Der er mulighed for benyttelse af sirener og alarmer under anlægsarbejdet. I givet fald vil dette kunne føre til tillæg til den beregnede støj. Men da det ikke er sikkert, at disse signaler vil være en del af arbejdsgangen, kan et eventuelt tillæg ikke gives på nuværende tidspunkt.

Om der skal gives genetillæg for impulser og toner afgøres rent subjektivt og hænger meget sammen med baggrundsstøjniveauet i omgivelserne under anlægsarbejdet.

1.4.6 Resultater

1.4.6.1 Scenarie 1

Der er beregnet følgende ækvivalente korrigerede støjbidrag fra scenarie 1:

Tabel 1.3: Beregnet støjbidrag i dB(A) for sideløbende anlægsarbejde og nedramning, på land.

Beregningspunkt	Adresse	Resulterende støjbidrag L _r Dag, dB(A)	Vilkår Dag dB(A)	Udvidet usikkerhed dB
1 (Campingplads)	Gl. Ålbovej 30	64,7	70 / 40 / 40	3
2	Stenderuphagevej 3	46,1	70 / 40 / 40	3
3	Skansevej 20	49,1	70 / 40 / 40	3
4	Skansevej 26	55,2	70 / 40 / 40	3
5	Fønsskovvej 49	48,4	70 / 40 / 40	3
6	Skrilling Strand 60	78,7	70 / 40 / 40	3
7	Skrilling Strand 7	66,8	70 / 40 / 40	3
8	Østre Hougvej 140	61,1	70 / 40 / 40	3

Der er ikke angivet støjbidrag for aften og nattetimer, da det forudsættes at nedramning kun sker i dagstimerne. Usikkerheden på beregningerne er vurderet til 3 dB.

1.4.6.2 Scenarie 2

Der er beregnet følgende ækvivalente korrigerede støjbidrag fra scenarie 2:

Tabel 1.4: Beregnet støjbidrag i dB(A) for anlægsarbejde syd for Fæneø

Beregningspunkt	Adresse	Resulterende støjbidrag L _r Dag, dB(A)	Vilkår Dag dB(A)	Udvidet usikkerhed dB
1 (Campingplads)	Gl. Ålbovej 30	47,6	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
2	Stenderuphagevej 3	46,5	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
3	Skansevej 20	51,9	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
4	Skansevej 26	62,9	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
5	Fønsskovvej 49	54,4	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
6	Skrilling Strand 60	46,6	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
7	Skrilling Strand 7	41,8	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
8	Østre Hougvej 140	42,2	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3

Støjbidraget vil være det samme på alle døgnets timer, da der er antaget lige stor aktivitet døgnet rundt. Usikkerheden på beregningerne er vurderet til 3 dB.

1.4.6.3 Scenarie 3

Der er beregnet følgende ækvivalente korrigerede støjbidrag fra scenarie 3:

Tabel 1.5: Beregnet støjbidrag i dB(A) for anlægsarbejde med to referencefartøjer og anlægsarbejde på land i dagperioden. Der er ingen nedramning.

Beregningspunkt	Adresse	Resulterende støjbidrag L_r Dag, dB(A)	Vilkår Dag dB(A)	Udvidet usikkerhed dB
1 (Campingplads)	Gl. Ålbovej 30	46,8	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
2	Stenderuphagevej 3	41,1	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
3	Skansevej 20	44,8	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
4	Skansevej 26	54,8	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
5	Fønsskovvej 49	44,1	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
6	Skrilling Strand 60	53,6	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
7	Skrilling Strand 7	47,8	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
8	Østre Hougvej 140	42,3	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3

Støjbidraget er beregnet i dagperioden. Usikkerheden på beregningerne er vurderet til 3 dB.

1.4.6.4 Scenarie 4

Der er beregnet følgende ækvivalente korrigerede støjbidrag fra scenarie 4:

Tabel 1.6: Beregnet støjbidrag i dB(A) for anlægsarbejde, med et referencefartøj og anlægsarbejde på land i aften- og natperioden. Der er ingen nedramning.

Beregningspunkt	Adresse	Resulterende støjbidrag L_r Dag, dB(A)	Vilkår Dag dB(A)	Udvidet usikkerhed dB
1 (Campingplads)	Gl. Ålbovej 30	46,3	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
2	Stenderuphagevej 3	44,1	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
3	Skansevej 20	44,7	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
4	Skansevej 26	54,8	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
5	Fønsskovvej 49	44,1	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
6	Skrilling Strand 60	48,7	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
7	Skrilling Strand 7	40,8	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
8	Østre Hougvej 140	40,6	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3

Støjbidraget er beregnet i natperioden. Usikkerheden på beregningerne er vurderet til 3 dB.

1.4.6.5 Scenarie 5

Der er beregnet følgende ækvivalente korrigerede støjbidrag fra scenarie 5:

Tabel 1.7: Beregnet støjbidrag i dB(A) for anlægsarbejde, med et referencefartøj og anlægsarbejde på land i aften- og natperioden. Der er ingen nedramning.

Beregningspunkt	Adresse	Resulterende støjbidrag L _r Dag, dB(A)	Vilkår Dag dB(A)	Udvidet usikkerhed dB
1 (Campingplads)	Gl. Ålbovej 30	46,2	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
2	Stenderuphagevej 3	40,9	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
3	Skansevej 20	41,6	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
4	Skansevej 26	50,9	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
5	Fønsskovvej 49	40,8	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
6	Skrilling Strand 60	44,0	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
7	Skrilling Strand 7	37,6	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3
8	Østre Hougvej 140	37,6	70 / 40 / 40	3 / 3 / 3

Støjbidraget er beregnet i natperioden. Usikkerheden på beregningerne er vurderet til 3 dB.

1.4.7 Støjkort

I bilag 4 - 8 er der vedlagt støjkort for anlægsarbejde med og uden samtidig nedramning.

2 Undervandsstøj – Lillebælt

2.1 Indledning

I forbindelse med anlægsarbejde relateret til gasrørledningen Baltic Pipe, i Lillebælt, skal der bankes forankringspæle og spunsplader ned, både syd for Fænø og ved den jyske og fynske kyst.

Udover støj fra anlæg af trækpæle og spunsplader kan havpattedyr potentielt påvirkes af støj og forstyrrelser fra andre anlægsaktiviteter og -fartøjer. I målinger fra anlæg af Nord Stream gasrørledningen er støjen fra anlægsfartøjer mål til at være sammenlignelig med almindelig trafikstøj fra større skibe. Dette ligger i omegnen af 178-184 dB re 1 μ Pa @ 1m (Johansson & Andersson, 2012). Dette omfatter bl.a. sandsugere, spandkæde maskine og operationer med pramme mv.

Støj fra eventuel udlæg af skærver og/eller sten (rock dumping) som beskyttelse af gasrørledningen er i forbindelse med Nord Stream 2 fundet at være en mindre støjpåvirkning end påvirkningen fra selve steninstallationsfartøjet (Sveegaard, Teilmann & Tougaard, 2017).

De ovennævnte aktiviteter er sammenlignelige med de forventede generelle anlægsoperationer udover ramning og vibrationsaktiviteter ved anlæg af Baltic Pipe i Lillebælt. Samlet set vurderes disse aktiviteter at være sammenlignelige med den generelle skibsstøj i området og disse aktiviteter indgår derfor ikke i modelleringer af udbredelsen af undervandsstøj, som alene relateres til den lagt mere omfattende støj fra ramning og vibrering af spuns og trækpæle.

Da området udformning giver anledning til komplekse spredningsmønstre, og dermed potentielt en langt højere dæmpning med afstanden, relativt til i åbent vand, vurderede man, at en mere nøjagtig model over spredningstab ville være nødvendig for at undgå en urealistisk overvurdering af støjens udbredelse. Disse beregninger blev foretaget i sommeren 2018, med udgangspunkt i de fastlagte lokaliteter for ilandføringen, og den følgende nedramning af spunsvægge. Beregningerne er revideret i vinteren 2018-2019.

Det vurderes, at de spredningskarakteristika, der blev fundet for beregningerne vedrørende nedramning af spuns, også kan bruges ved beregningerne for nedramning af ankerpæle, syd for øen Fænø (Figur 2.1). Dette skyldes, at aktiviteterne vil foregå meget nær hinanden både fysisk og temporalt, og forskelle i lagdeling, sedimentsammensætning og bathymetri bedømmes derfor ikke at være signifikante.

Herunder vil der først blive redegjort for de overordnede retningslinjer for undervandsstøj. Efterfølgende vil metodik og resultater for beregningerne, relateret til nedramning af spunsvæggene ved ilandføringsområderne, blive opsummeret. Slutteligt bliver der redegjort for de vurderede støjmæssige følger, på baggrund af de beregnede resultater.

2.1.1 Regler og retningslinjer for undervandsstøj

Beregningsmetoden for beregning af den kumulative (sammenlagte) støjpåvirkning, som resultat af en nedramningssekvens, bestående af flere enkeltslag, er standardiseret af energistyrelsen i Guideline for Underwater Noise - Installation of Impact-driven Piles (Energistyrelsen, 2016), og bliver udtrykt som:

$$SEL_C = 10 * \log_{10} \left(\sum_{i=1}^N \frac{S_i}{100\%} * 10^{\left(\frac{SEL_{Max} - X * \log_{10}(r_0 + v_f * \Delta t_i) - A * (r_0 + v_f * \Delta t_i)}{10} \right)} \right)$$

Hvor:

S_i er procenten af hammerenergi, i , i 's slag

N er det totale antal slag, under en hel nedramning

SEL_{Max} er kildestyrken, 1 m fra kilden, ved 100% hammerenergi

X og A beskriver lydudbredelsen

r_0 er afstanden imellem kilden og marine pattedyr, ved starten af nedramning

v_f er flughastigheden for havpattedyr, direkte væk fra støjilden

Δt_i er tiden imellem starten af nedramning, og det i 's slag

Retningslinjerne specificerer en standardafstand til havpattedyr på 1,3 km ved starten af nedramning, hvis der vel at mærke er brugt sælskræmmere før nedramning er påbegyndt. I dette anlægsprojekt erstattes sælskræmmere af pinger og softstart på ramningsoperationer. Flughastigheden er standardiseret til 1,5 m/s.

De område-specifikke spredningskarakteristika (A og X), skal nærmere specificeres for hvert projekt og er således, for Lillebælt, blevet udledt på baggrund af en model over området, indeholdende områdets dybdeforhold (bathymetri), saltholdighed (salinitet) samt temperatur og sedimentsammensætning.

Kildeparametrene, hammerenergi, nedramningsmetode, antal slag (N) og tid imellem slag (Δt_i), bliver alle fastlagt i et samarbejde imellem bygherre og Niras. En analyse af de område-specifikke bundforhold, afgør hvor meget energi der er påkrævet, for nedramning.

Sammenhængen imellem hammerenergi og slagnummer (i), vil blive benævnt som hammerkurven, i det efterfølgende.

De udregnede og modellerede spredningskarakteristika skal præsenteres, og skal bekræftes under selve installationen, via målinger i området, som beskrevet af Energistyrelsen (Energistyrelsen, 2016):

"If the actual accumulated SEL does not exceed the threshold value, installation work can proceed as planned. If, on the other hand, the actual accumulated SEL exceeds the threshold value, then the Concessionaire must take measures to identify the causes of this deviation and perform corrective measures, including adjusting the installation method. When this work has been carried out, the next piles can be installed. In this situation, control measurements of underwater noise must also be performed for this next pile, and so forth, until the threshold value is complied with or the final pile in the installation round has been installed."

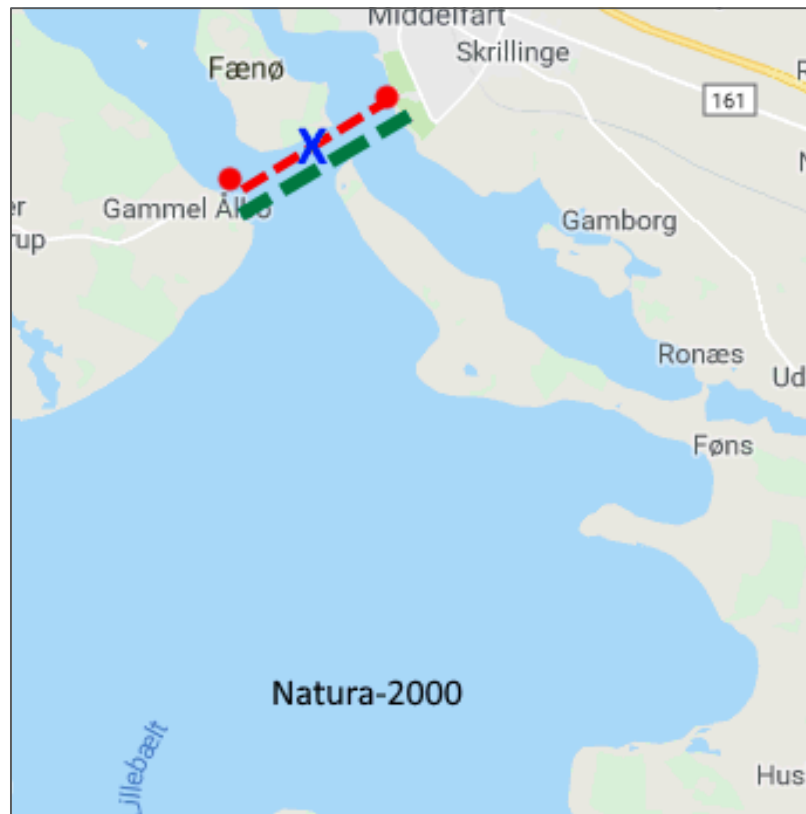
2.2 Metode og Resultater fra beregninger

2.2.1 Metode

2.2.1.1 Område

Energinet har foreslået en linjeføring, som vil kræve nedramning af spunsvægge som vist på Figur 2.1. Der vil blive nedrammet spunsvægge både ved den jyske og fynske kyst, men modelarbejdet for spredningen i området, har taget udgangspunkt i det jyske nedramningspunkt, da dette område vil resultere i den mest uhindrede spredning i området, og dermed vil repræsentere worst case. Som det ses på Figur 2.1, er der herfra, i højere grad muligheder for uhindret spredning af støjen mod Natura 2000-området, umiddelbart syd for projektområdet.

Figur 2.1 viser et udsnit af Lillebælt, med den omtrentlige planlagte linjeføring, indikeret med rød stiplede linje, de to ilandføringspunkter, indikeret med røde cirkler, mulig placering af ankerpæle, markeret med blå kryds og den nordlige grænse til Natura-2000 området i Lillebælt, indikeret med den grønne stiplede linje.



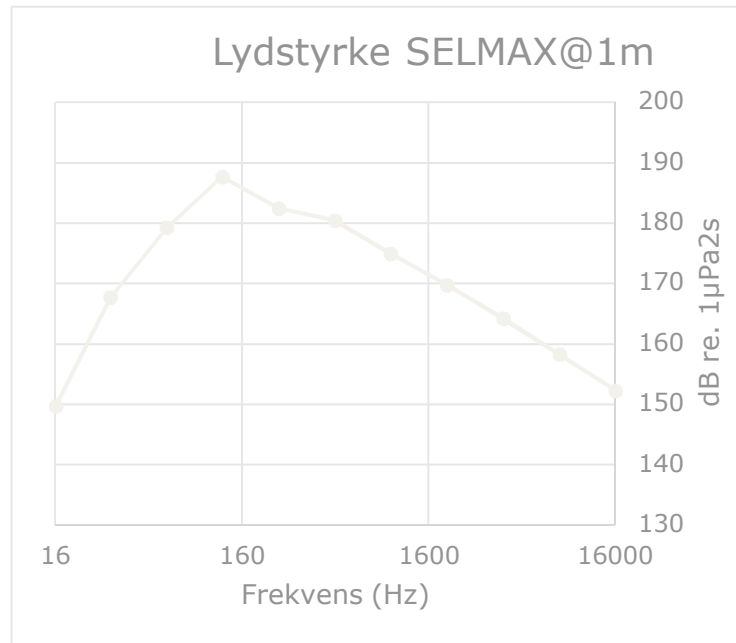
2.2.1.2 Kildestyrke

På baggrund af tidligere erfaring med lignende projekter, samt aftale imellem Energinet og Niras, blev kildeparametrene fastsat til følgende, for henholdsvis nedramning og vibrering:

- Generelt
 - Aktivitetsperiode: 8 timer dagligt
 - Aktivitetstid for hver installation af spuns: 15 min
 - Nedetid mellem hver enkelt installation: 15 min / 10 min / 5 min
 - Hastighed for flugtrespons, væk fra kilden, efter påbegyndt aktivitet: 1,5 m/s
 - Spektrum for kilde kan ses i Figur 2.2
- Nedramning
 - Kildestyrke, $SEL_{MAX@1m}$: 190 dB re $1\mu Pa^2s$, SPL_p : 222 dB re $1\mu Pa$.
 - Slagfrekvens: 45 slag/60 sek.

- Der antages 15 min soft start med 15% af maks. energi, før hver nedramnings-session.
- Nedvibrering
 - Kildestyrke, $SEL_{MAX@1m}$: 178 dB re $1\mu Pa^2s$, SPL_p : 194 dB re $1\mu Pa$.
 - Slagfrekvens: Kontinueret støj.

Figur 2.2 viser det anvendte spektrum for kilden i modellen. Spektret er taget fra målinger af lignende projekter.



Førnævnte antagelser resulterer i følgende ligning, for nedramning ved 100% hammerenergi, og for en aktivitetsperiode med 15 min. ramning pr. spuns og 15 min. nedetid mellem hver installation.

$$SEL_C(i) = 10 * \log_{10} \left(\sum_i^{10800} \frac{100\%}{100\%} * 10^{\left(\frac{190dB \text{ re } 1\mu Pa - X * \log_{10}(1000m + 1,5 \frac{m}{s} * \Delta t_i) - A * (1000m + 1,5 \frac{m}{s} * \Delta t_i)}{10} \right)} \right)$$

Tilsvarende kan beregningen udføres for de øvrige kombinationer af ramningstid og nedetid.

Værdierne for den områdespecifikke spredning, X og A, mangler dog, og er således blevet udledt på baggrund af modelarbejdet for området. Dette vil blive beskrevet i nærmere detaljer i det følgende.

2.2.1.3 Model for spredning af undervandsstøj i Lillebælt

For at oprette en model for lyds udbredelse i et hvilket som helst vandig miljø, skal en række forskellige parametre være på plads.

Den fysiske udformning af havbunden i området, altså bathymetrien, skal indhentes. Området omkring Lillebælt blev indhentet fra den offentligt tilgængelige database, Emodnet (<http://portal.emodnet-bathymetry.eu/>), som har data over havbundens udformning i hele Europa, ned til 0,125 gradminutter.

Sammensætningen af havbunden, og dermed dens spredningsegenskaber, skal indhentes. For nærværende model er informationer indhentet fra bogen Danmarks

Geologi, hvor data om sammensætningen af havbundens sedimenter i Lillebælt, er tilgængelige (Geologisk Institut, AU, 1995).

Tætheden af vandet, som er et produkt af dets temperatur og saltholdighed (salinitet), har indflydelse på lydets hastighed, og dermed også dens udbredelse. Tætheden kan i tilfælde med lagdeling i vandsøjlen, kaldet en pyknoklin, resultere i højere eller lavere tab af lyd med afstanden, relativt til det forventede. Da Lillebælt er et område med relativt meget gennemgående strøm, vil vandsøjlen på et givent tidspunkt, typisk være godt opblandet, og en pyknoklin vurderes derfor ikke at være signifikant. Der blev derfor i modellen regnet med en konstant densitet af vandet, som funktion af dybden. Til udregning af tætheden af vandet, og den resulterende lydhastighed, er informationer om salinitet og temperatur i Lillebælt, indhentet fra World Ocean Atlas (WOA), tilgængeligt i National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), <https://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa13/>. Saliniteten og temperaturen er så brugt til at udregne lydhastigheden, via Coppens ligningen (Coppens, 1981).

Ved hjælp af parametrene, blev en model over området, opbygget i programmet dBSea udviklet af Marshall Day Acoustics. Programmet bruger informationer om bathymetri, lydhastighed og sedimentsforhold, kombineret med nøjagtige modeller for spredning af lyd, som dBSeaPE, en parabolisk ligning for spredning, og dBSeaRay, en algoritme baseret på stråleteori. Disse modeller giver mulighed for nøjagtige forudsigelser om spredningstab i et konkret område.

Der blev indhentet data for området for henholdsvis Juli og November, så svingningerne i temperatur og salinitet i området, hen over året, kan tages med i betragtning, når spredningstab vurderes.

Da det sæsonspecifikke spredningstab var fundet, blev der beregnet på de forskellige arbejdsbelastninger, hvor 15/15 indikerer 15 min. arbejde og 15 min. pause, 15/10 er 15 min. arbejde og 10 min. pause, og 15/5 er 15 min. arbejde og 5 min. pause, svarende til en aktivitetskoefficient på henholdsvis 0,5, 0,6 og 0,75 ud af den sammenlagte 8 timers aktivitetsperiode.

2.2.1.4 *Retningslinjer for støjpåvirkning af havpattedyr*

Baseret på et ønske om at få nogle ensrettede retningslinjer for bedømmelse af støjpåvirkninger af havpattedyr ved etablering af offshore havmølleparker blev der i 2014 nedsat en arbejdsgruppe på opdrag fra Energistyrelsen, da der indtil da havde hersket nogen tvivl om hvilke parametre der kunne vurderes ud fra.

At fastsætte grænseværdier for specifikke støjinducerede påvirkningsgrader af havpattedyr er en kompleks udfordring. Foruden udfordringerne ved at spore og dokumentere reaktioner på kvantificerede støjpåvirkninger kommer artsspecifik variation i sensitivitet, etiske overvejelser ved potentiel skadelig påvirkning samt usikkerheder om hvorledes en påvirkning bedst kvantificeres.

I takt med at størrelsen på havvindmøllefundamenter stiger, stiger den resulterende støjpåvirkning af omgivelserne i forlængelse med anlægsarbejdet. Dette førte i 2014 til at Energinet nedsatte en arbejdsgruppe der havde til formål at estimere nogle grænseværdier for forskellige former for støjrelaterede påvirkninger af havpattedyr, mere specifikt grå sæl, spættet sæl og marsvin. Arbejdsgruppens formål var, på baggrund af eksisterende viden, at give estimater for hvilken støjpåvirkning, i dB, der ville resultere i henholdsvis adfærdsændringer, midlertidig nedsættelse af hørelse (TTS) og permanent nedsættelse af hørelse (PTS).

Desuden skulle gruppen komme med anbefalinger for en specifik beregningsmodel, som skulle danne grundlag for beregninger af den kumulative støjpåvirkning i lignende sager, og dermed ensarte grundlaget for de følgende miljøvurderinger. Modellen inddrager det områdespecifikke lydtab med afstanden (TL), karakteristika for nedramning (størrelse, pælytype, frekvensspektrum, ect.) og de artsspecifikke fysiologiske forskelle i høreelse sensitivitet.

Gruppen bestod af en række forskellige aktører inden for rådgivningsbranchen (Niras, Rambøll, Orbicon, DHI og Geocos) og den naturvidenskabelige verden (DCE og AU).

Arbejdsgruppen fastlagde følgende grænseværdier for forskellige støjinducerede påvirkning af marine pattedyr i 2015 (Tabel 2.1) (Skjellerup, et al., 2015).

Tabel 2.1: viser grænseværdierne som anbefalet fra arbejdsgruppen, for adfærdsændringer, midlertidig høretab (TTS) og permanent høretab (PTS). Alle værdierne er opgjort i uvægtet SEL. (Skjellerup, et al., 2015).

Art	Adfærdsændring (dB re 1 μ Pa SEL)	TTS (dB re 1 μ Pa SEL cum)	PTS (dB re 1 μ Pa SEL cum)
Gårsæl og spættet sæl	-	176	200
Marsvin	140 (ss)	≥ 164	≥ 183

I 2016 vurderede DCE (Tougaard, 2016), grænseværdier for henholdsvis TTS og PTS på marsvin i rapporten: *"Input to revision of guidelines regarding underwater noise from oil and gas activities - effects on marine mammals and mitigation measures"*. DCE præsenterer i rapporten en alternativ måde at anskue data rapporteret af Kastelein i 2015, (Kastelein, Gransier, Marijt, & Hoek, 2015), i beregningen af TTS, hvor den første kvartil udelukkende anvendes som input til beregningerne. Denne tilgang resulterer i en TTS værdi på 175 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$, SEL_{cum} , 11 dB højere end den værdi forslået af arbejdsgruppen et år tidligere (Skjellerup, et al., 2015). DCE argumenterer for at grundet Kasteleins forsøgsdesign, vil resultaterne føre til en overestimering af det modtagne SEL lydniveau (RL), og dermed en for lav grænseværdi for TTS. Denne problematik ville yderligere forstærkes i tilfælde hvor man ekstrapolerede Kasteleins grænseværdiværdi ud på høje afstande, ved høje kildestyrker (SL) (Tougaard, 2016).

DCE estimerer yderligere en grænseværdi for PTS, der ligger 15 dB højere end den fundet for TTS, altså 190 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$, SEL_{cum} (Tougaard, 2016).

Niras har taget udgangspunkt i DCEs anbefalinger for TTS og PTS fra 2016 (Tougaard, 2016), da disse værdier forsøger at tage højde for indbyggede usikkerheder i Kasteleins forsøg fra 2015 (Kastelein, Gransier, Marijt, & Hoek, 2015), og dermed vurderes at have en højere grad af sikkerhed på længere afstande, så som scenariet i Lillebælt, med relativt høje kildestyrker, ved nedramning af spuns og monopile.

Grænseværdien for adfærdsændringer sættes ved 140 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$, SEL_{ss} af arbejdsgruppen i 2015 (Skjellerup, et al., 2015). DCE vurderede i 2016 samme grænseværdi til at være 145 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$, SEL_{ss} , på baggrund af tilgængelige data. Niras har valgt at holde sig til anbefalingen fra arbejdsgruppen da denne anses for at repræsentere den mest konservative tilgang, og at den derfor kan betragtes som en worst case betragtning. Anvendte tålegrænser fremgår af Tabel 2.2.

Tabel 2.2: Vejledende tålegrænser for undervandsstøj for marsvin og sæler som angivet i Energistyrelsens vejledning (Energistyrelsen, 2016). PTS = Permanent høretab, TTS = midlertidigt høretab. SPL_p (Sound Pressure Level) er det maksimale lydtryk fra ét slag, SEL (Sound Exposure Level) er den samlede støjdosering ved et eller flere slag. Der findes ikke et bredt accepteret kriterium for, hvordan marsvins og sælers adfærd påvirkes af en kumulativ støjpåvirkning, det vil sige som følge af flere slag.

	Effekt	Tålegrænser
Marsvin	Skade/død	240 dB (maksimalt støjniveau (SPL_p) ved ét slag)
	PTS	190 dB (samlet støjdosering (SEL_{cum}) ved flere slag)
	TTS	175 dB (samlet støjdosering (SEL_{cum}) ved flere slag)
	Adfærd	140 dB (samlet støjdosering (SEL_{ss}) ved ét slag)
Sæler	Skade/død	218 dB (maksimalt støjniveau (SPL_p) ved ét slag)
	PTS	200 dB (samlet støjdosering (SEL_{cum}) ved flere slag)
	TTS	176 dB (samlet støjdosering (SEL_{cum}) ved flere slag)
	Adfærd	145 dB (samlet støjdosering (SEL_{ss}) ved ét slag)

2.2.1.5 Boblegardiner

Idet der ifølge projektbeskrivelsen skal gennemføres ramning indenfor parrings- og kælvningsperioden, er det et krav, at der iværksættes foranstaltninger til at reducere det areal, hvor marsvinene skræmmes bort fra. En velafprøvet metode til dette er anvendelse af et boblegardin omkring støjilden, og der er derfor foretaget en beregning af den støjdæmpende effekt ved anvendelse af boblegardiner. Transmissionstab for undervandsstøj er via modelberegninger for Sound Exposure Level (SEL) for pæleramning i Lillebælt fundet udtrykt ved $TL = 13,69 * \log_{10}(r) + 0,00137 * r$, hvor r er afstand fra kilden i meter. Dette transmissionstab er beregnet til at være worst case for området. Dette medfører en gennemsnitlig reduktion af lydniveauet med cirka 4 dB hver gang afstanden til kilden fordobles. Ved etablering af et boblegardin (big bubble curtain, BBC) omkring pæleramningen, vurderes det meget konservativt, at en bredbåndsdæmpning af SEL kildestyrken på 8 dB kan opnås. Breddbåndsdæmpning betyder, at der er tale om en dæmpning af lydniveauet i hele frekvensområdet og ikke blot ved en enkelt frekvens. Vurderingen er foretaget med udgangspunkt i artiklen 'Overview of existing Noise Mitigation Systems for reducing Pile-Driving Noise' (Bellmann M., 2014), som angiver opnåede dæmpninger mellem 10 dB – 15 dB ved anvendelse af et boblegardin. En dæmpning af kildestyrken på 8 dB vil med det angivne worst case transmissionstab således bevirke, at påvirkningsafstandene reduceres med en faktor 4 i forhold til det udæmpede scenarie. Tilføjes yderligere et boblegardin, således et dobbelt BBC (DBBC) benyttes, vurderes det muligt at dæmpe kildestyrken yderligere 4 dB. Dette er igen vurderet med udgangspunkt i Bellmann (2014), hvor dæmpningen opnået med et DBBC er angivet til at være i størrelsesordenen 14 – 18 dB. De vurderede dæmpninger er yderligere understøttet af målinger i Nordsøen fra installering af vindmøllefundamenter (Dähne, Tougaard, Carstensen, Rose, & Nabe-Nielsen, 2017). I tilfælde af at et DBBC benyttes, vil påvirkningsafstandene derfor halveres endnu engang til en samlet faktor 8 reducering i forhold til det scenarie, hvor der ikke anvendes støjdæmpende foranstaltninger.

2.2.1.6 Resultater

Under beregningerne for udbredelsen af undervandsstøjen, som resultat af nedramning af spuns og pæle, blev følgende resultater fundet

Resultaterne for marsvin uden DBBC, med og uden flugt, kan ses i Tabel 2.3 og Tabel 2.5, hvor de indikerede afstande er beregnet på baggrund af den mindste grad af spredningstab, fundet for en specifik måned.

Resultaterne for marsvin med DBBC, med og uden flugt, kan ses i Tabel 2.4 og Tabel 2.6, hvor de indikerede afstande er beregnet på baggrund af den mindste grad af spredningstab, fundet for en specifik måned.

Resultaterne for sæler uden DBBC, med og uden flugt, kan ses i Tabel 2.7 og Tabel 2.9, hvor de indikerede afstande er beregnet på baggrund af den mindste grad af spredningstab, fundet for en specifik måned.

Resultaterne for sæler med DBBC, med og uden flugt, kan ses i Tabel 2.8 og Tabel 2.10, hvor de indikerede afstande er beregnet på baggrund af den mindste grad af spredningstab, fundet for en specifik måned.

Tabel 2.3 viser de udregnede afstande, inden for hvilke en given påvirkning af stationære marsvin må forventes. 240 dB re. 1 μ Pa SPL_p, indikerer en dødelig påvirkning, 190 dB re 1 μ Pa²s SEL_{cum} indikerer permanent høreskader (PTS), 175 dB re 1 μ Pa²s SEL_{cum} indikerer midlertidig høreskade (TTS) og 140 dB re. 1 μ Pa²s SEL_{ss} indikerer adfærdsændringer.

Stationære marsvin						
Metode	Md.	[Aktiv/Passiv] (min. Pr. spuns)	Kritisk Afstand			
			240 dB SPL _p	190 dB SEL _{cum}	175 dB SEL _{cum}	140 dB SEL _{ss}
Nedramning	Jul.	15 / 15	< 1 m	700 m	3750 m	2290 m
		15 / 10		790 m	4000 m	
		15 / 5		890 m	4300 m	
	Nov.	15 / 15		740 m	4200 m	2520 m
		15 / 10		830 m	4500 m	
		15 / 5		950 m	4850 m	
Vibrening	Jul.	15 / 15	< 1 m	135 m	1250 m	500 m
		15 / 10		155 m	1380 m	
		15 / 5		180 m	1550 m	
	Nov.	15 / 15		140 m	1330 m	530 m
		15 / 10		160 m	1470 m	
		15 / 5		190 m	1650 m	

Tabel 2.4 viser de udregnede afstande, inden for hvilke en given påvirkning af stationære marsvin må forventes når der benyttes DBBC. 240 dB re. 1 μ Pa SPL_p, indikerer en dødelig påvirkning, 190 dB re 1 μ Pa²s SEL_{cum} indikerer permanent høreskader (PTS), 175 dB re 1 μ Pa²s SEL_{cum} indikerer midlertidig høreskade (TTS) og 140 dB re. 1 μ Pa²s SEL_{ss} indikerer adfærdsændringer.

Stationære marsvin - DBBC						
Metode	Md.	[Aktiv/Passiv] (min. Pr. spuns)	Kritisk Afstand			
			240 dB SPL _p	190 dB SEL _{cum}	175 dB SEL _{cum}	140 dB SEL _{ss}
Nedramning	Jul.	15 / 15	< 1 m	115 m	1060 m	500 m
		15 / 10		130 m	1180 m	
		15 / 5		150 m	1320 m	
	Nov.	15 / 15		115 m	1140 m	530 m
		15 / 10		135 m	1260 m	
		15 / 5		155 m	1420 m	
Vibrening	Jul.	15 / 15	< 1 m	19 m	220 m	80 m
		15 / 10		22 m	250 m	
		15 / 5		26 m	290 m	
	Nov.	15 / 15		19 m	230 m	80 m
		15 / 10		22 m	260 m	
		15 / 5		26 m	300 m	

Tabel 2.5 viser de udregnede afstande, inden for hvilke en given påvirkning af marsvin i flugt må forventes. 240 dB re. 1µPa SPLp, indikerer en dødelig påvirkning, 190 dB re 1µPa²s SEL_{cum} indikerer permanente høreskader (PTS), 175 dB re 1µPa²s SEL_{cum} indikerer midlertidig høreskade (TTS) og 140 dB SEL_{ss} re. 1µPa²s indikerer adfærdsændringer.

Flugt – Marsvin						
Metode	Md.	Kritisk Afstand				
		240 dB SPL _p	190 dB SEL _{cum}	175 dB SEL _{cum}	140 dB SEL _{ss}	
Nedramning	Jul.	< 1 m	1 m	105m	2290 m	
	Nov.		1 m	150 m	2520 m	
Vibrering	Jul.	< 1 m	1 m	20 m	500 m	
	Nov.		1 m	25 m	530 m	

Tabel 2.6 viser de udregnede afstande, inden for hvilke en given påvirkning af marsvin i flugt må forventes når der benyttes DBBC. 240 dB re. 1µPa SPLp, indikerer en dødelig påvirkning, 190 dB re 1µPa²s SEL_{cum} indikerer permanente høreskader (PTS), 175 dB re 1µPa²s SEL_{cum} indikerer midlertidig høreskade (TTS) og 140 dB SEL_{ss} re. 1µPa²s indikerer adfærdsændringer.

Flugt – Marsvin - DBBC						
Metode	Md.	Kritisk Afstand				
		240 dB SPL _p	190 dB SEL _{cum}	175 dB SEL _{cum}	140 dB SEL _{ss}	
Nedramning	Jul.	< 1 m	1 m	1 m	500 m	
	Nov.		1 m	1 m	530 m	
Vibrering	Jul.	< 1 m	1 m	1 m	80 m	
	Nov.		1 m	1 m	80 m	

Tabel 2.7 viser de udregnede afstande, inden for hvilke en given påvirkning af stationære sæler må forventes. 218 dB re. 1µPa SPLp, indikerer en dødelig påvirkning, 200 dB re 1µPa²s SEL_{cum} indikerer permanente høreskader (PTS), 176 dB re 1µPa²s SEL_{cum} indikerer midlertidig høreskade (TTS) og 150 dB SEL_{ss} re. 1µPa²s indikerer adfærdsændringer.

Stationære - Sæler							
Metode	Md.	[Aktiv/Pas-siv] (min. Pr. spuns)	Kritisk Afstand				
			218 dB SPL _p	200 dB SEL _{cum}	176 dB SEL _{cum}	145 dB SEL _{ss}	150 dB SEL _{ss}
Nedramning	Jul.	15 / 15	< 5 m	155 m	3450 m		
		15 / 10		175 m	3700 m	1300 m	670 m
		15 / 5		205 m	4000 m		
	Nov.	15 / 15		160 m	3850 m		
		15 / 10		180 m	4150 m	1400 m	710 m
		15 / 5		210 m	4500 m		
Vibrering	Jul.	15 / 15	< 5 m	27 m	1100 m		
		15 / 10		30 m	1200 m	235 m	105 m
		15 / 5		35 m	1350 m		
	Nov.	15 / 15		27 m	1170 m		
		15 / 10		31 m	1300 m	245 m	110 m
		15 / 5		36 m	1460 m		

Tabel 2.8 viser de udregnede afstande, inden for hvilke en given påvirkning af stationære sæler må forventes når der benyttes DBBC. 218 dB re. 1µPa SPLp, indikerer en dødelig påvirkning, 200 dB re 1µPa²s SEL_{cum} indikerer permanente høreskader (PTS), 176 dB re 1µPa²s SEL_{cum} indikerer midlertidig høreskade (TTS) og 145 dB SEL_{ss} re. 1µPa²s indikerer adfærdsændringer.

Stationære – Sæler -DBBC							
Metode	Md.	[Aktiv/Pas-siv] (min. Pr. spuns)	Kritisk Afstand				
			218 dB SPL _p	200 dB SEL _{cum}	176 dB SEL _{cum}	145 dB SEL _{ss}	150 dB SEL _{ss}
Nedramning	Jul.	15 / 15	< 1 m	22 m	930 m		
		15 / 10		25 m	1030 m	235 m	105 m
		15 / 5		30 m	1160 m		
	Nov.	15 / 15		22 m	990 m		
		15 / 10		25 m	1100 m	245 m	110 m
		15 / 5		30 m	1250 m		
Vibrering	Jul.	15 / 15	< 1 m	< 5 m	190 m	35 m	15 m

		15 / 10		< 5 m	215 m	35 m	15 m
		15 / 5		< 5 m	250 m		
	Nov.	15 / 15		< 5 m	195 m		
		15 / 10		< 5 m	220 m		
		15 / 5		< 5 m	255 m		

Tabel 2.9 viser de udregnede afstande, inden for hvilke en given påvirkning af sæler, i flugt, må forventes. 218 dB re. $1\mu\text{Pa}$ SPLp, indikerer en dødelig påvirkning, 200 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$ SEL_{cum} indikerer permanent høreskader (PTS), 176 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$ SEL_{cum} indikerer midlertidig høreskade (TTS) og 145 dB re. $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$ SEL_{ss} indikerer adfærdsændringer.

Flugt - Sæler						
Metode	Md.	Kritisk Afstand				
		218 dB SPLp	200 dB SEL _{cum}	176 dB SEL _{cum}	145 dB SEL _{ss}	150 dB SEL _{ss}
Nedramning	Jul.	< 5 m	1 m	65 m	1300 m	670 m
	Nov.	< 5 m	1 m	85 m	1400 m	710 m
Vibrering	Jul.	< 5 m	1 m	10 m	235 m	105 m
	Nov.	< 5 m	1 m	15 m	245 m	110 m

Tabel 2.10 viser de udregnede afstande, inden for hvilke en given påvirkning af sæler, i flugt, må forventes når der benyttes DBBC. 218 dB re. $1\mu\text{Pa}$ SPLp, indikerer en dødelig påvirkning, 200 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$ SEL_{cum} indikerer permanent høreskader (PTS), 176 dB re $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$ SEL_{cum} indikerer midlertidig høreskade (TTS) og 145 dB re. $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$ SEL_{ss} indikerer adfærdsændringer.

Flugt - Sæler - DBBC						
Metode	Md.	Kritisk Afstand				
		218 dB SPLp	200 dB SEL _{cum}	176 dB SEL _{cum}	145 dB SEL _{ss}	150 dB SEL _{ss}
Nedramning	Jul.	< 1 m	1 m	1 m	235 m	105 m
	Nov.	< 1 m	1 m	1 m	245 m	110 m
Vibrering	Jul.	< 1 m	1 m	1 m	35 m	15 m
	Nov.	< 1 m	1 m	1 m	35 m	15 m

3 Referencer

- Andersson, M. A. (2016). *A framework for regulating underwater noise during pile driving*. Stockholm: Swedish Environmental Protection Agency.
- Bellmann, M. (2014). Overview of existing Noise Mitigation Systems for reducing Pile-Driving Noise. Institute for Technical and Applied Physics GmbH, Germany Inter.noise 2014 Melbourne Australia.
- Bellmann, M. A. (2014). Overview of existing Noise Mitigation Systems for reducing Pile-Driving Noise. *Internoise 2014*. Melbourne, Australia.
- Coppens, A. (1981). Simple equations for the speed of sound in Neptunian waters. *J. Acoust. Soc. Am.* 69(3), 862-863.
- Dähne, M., Tougaard, J., Carstensen, J., Rose, A., & Nabe-Nielsen, J. (2017). Bubble curtains attenuate noise from offshore wind farm construction and reduce temporary habitat loss for harbour porpoises. *Marine Ecology progress series vol. 580*.
- Energistyrelsen. (April 2016). *Guideline for underwater noise - installation of impact-driven piles*. København: ens.dk.
- Energistyrelsen. (2016). *Guideline for underwater noise - Installation of impact-driven piles*. April 2016.
- Geologisk Institut, AU. (1995). *Danmarks Geologi - Fra Kridt til i dag*. Aarhus: Aarhus Universitet.
- Johansson, A., & Andersson, M. (September 2012). Ambient underwater noise levels at Norra Midsjöbanken during construction of the Nord Stream pipeline. FOI-R—3469—SE.
- Kastelein, R. &. (2002). *Audiogram of a harbor porpoise (Phocoena phocoena) measured with narrow-band frequency-modulated sounds*. The Journal of the Acoustical Society of America.
- Kastelein, R., Gransier, R., Marijt, M., & Hoek, L. (2015). *Hearing frequency thresholds of harbor porpoises (Phocoena phocoena) temporarily affected by played back offshore pile driving sounds*. Journal of the Acoustical Society of America.
- Kolding Kommune. (2016). *Retningslinjer for Bygge- og Anlægsarbejde i Kolding Kommune*. Kolding Kommune.
- Lucke, K. &. -A. (2009). *Temporary shift in masked hearing thresholds in a harbor porpoise (Phocoena phocoena) after exposure to seismic airgun stimuli*. Acoustical Society of America.
- Mackenzie, K. (1981). Nine-term equation for the sound speed in the oceans. *J. Acoust. Soc. Am.* , 70(3), pp 807-812.

- Popov, V. &. (2011). *Noise-induced temporary threshold shift and recovery in Yangtze finless porpoises Neophocaena phocaenoides asiaorientalis*. The Journal of the Acoustical Society of America.
- Rodkin, I. &. (2007). *Compendium of Pile Driving Sound Data*. The California Department of Transportation.
- Skjellerup, P., McKenzie, C., Tarpgaard, E., Thomsen, F., Schack, H., Tougaard, J., . . . Heilskov, N. (2015). *Marine mammals and underwater noise in relation to pile driving – Working Group 2014*.
- Sveegaard, Teilmann & Tougaard. (2017). *Marine Mammals in the Swedish and Danish Baltic Sea in relation to the Nord Stream 2 project. Expert assessment. Marine Mammals in the Swedish and Danish Baltic Sea in relation to the Nord Stream 2 project. Expert assessment*. Aarhus University, DCE - Danish Center for Environment and Energy.
- Thomsen, F. &. (2009). *A generic investigation into noise profiles of marine dredging in relation to the acoustic sensitivity of the marine fauna in UK waters: PHASE 1 Scoping and review of key issues*. Marine Aggregate Levy Sustainability Fund (MALSF).
- Tougaard, J. (2016). *Input to revision of guidelines regarding underwater noise from oil and gas activities - effects on marine mammals and mitigation measures*. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy.

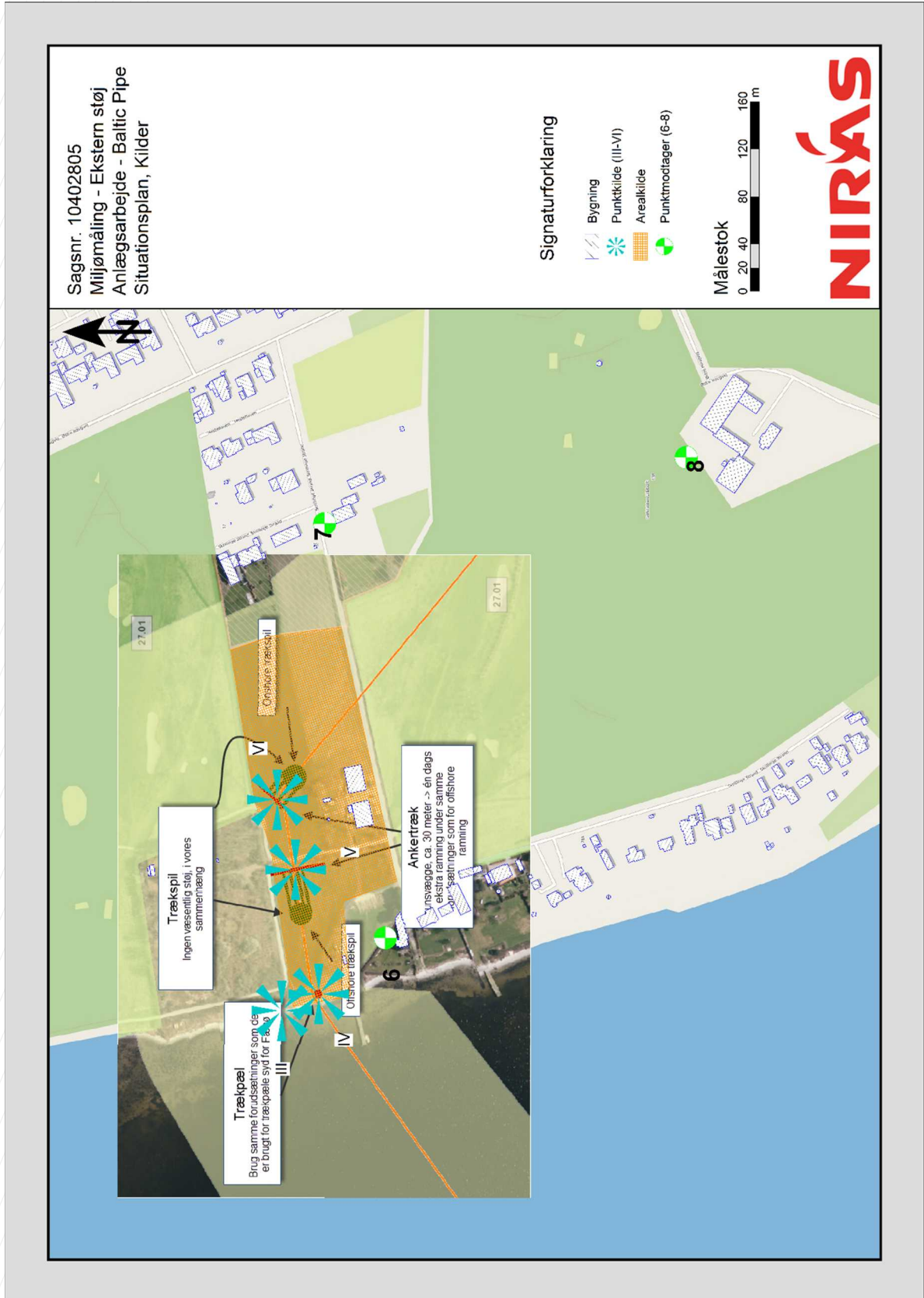
Bilag 1 Situationsplan



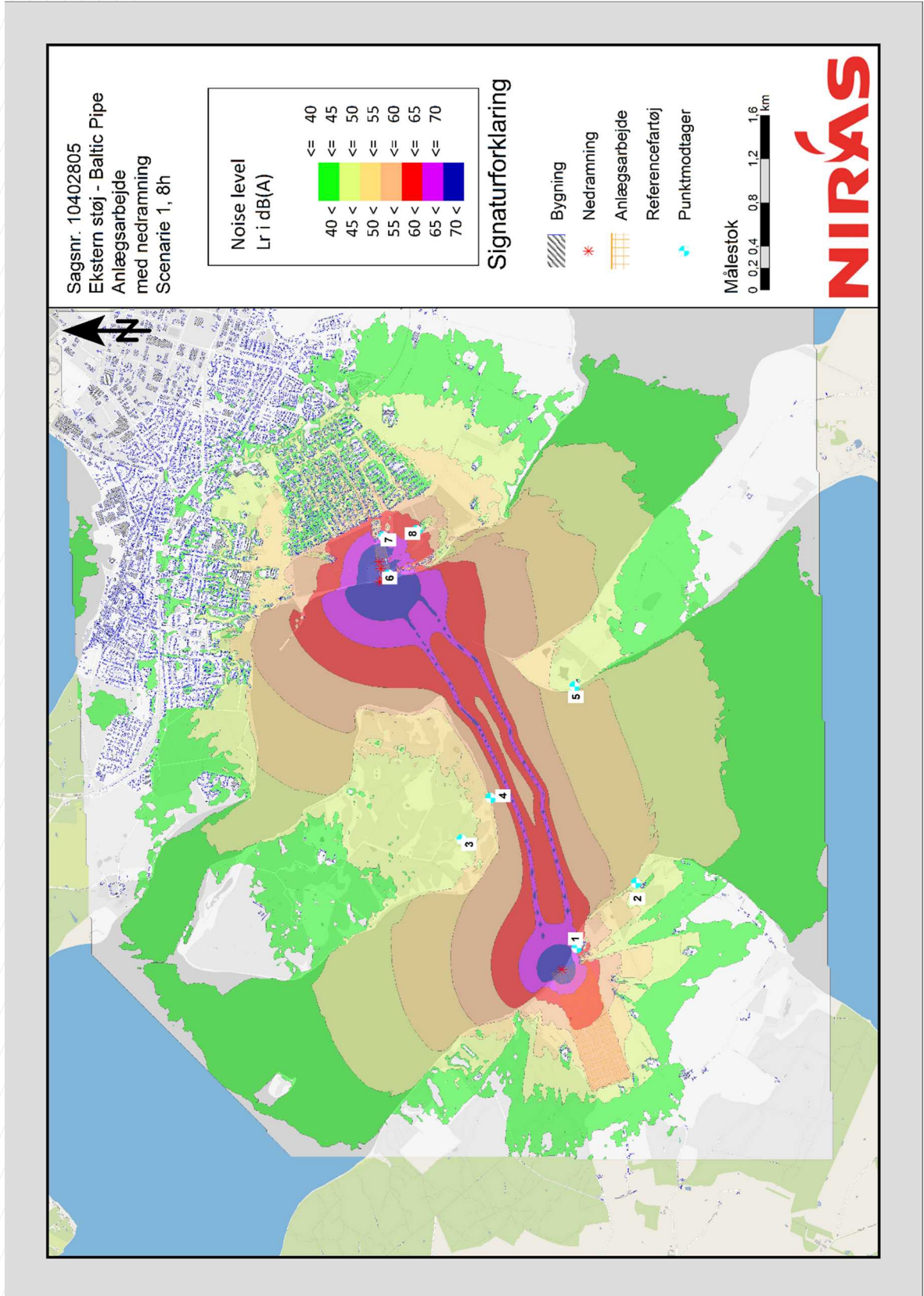
Bilag 2 Oversigtskort



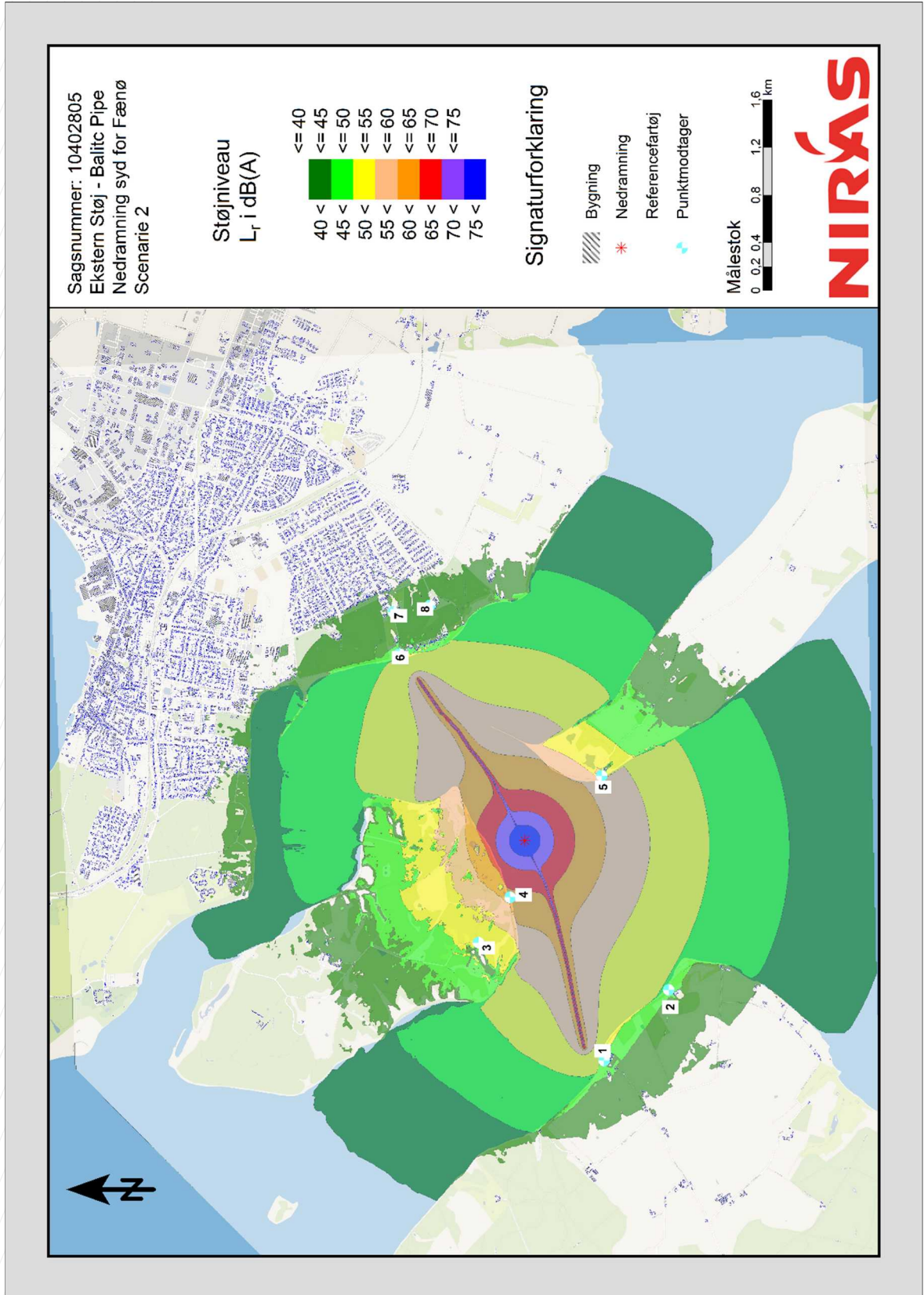
Bilag 3 Oversigtskort 2



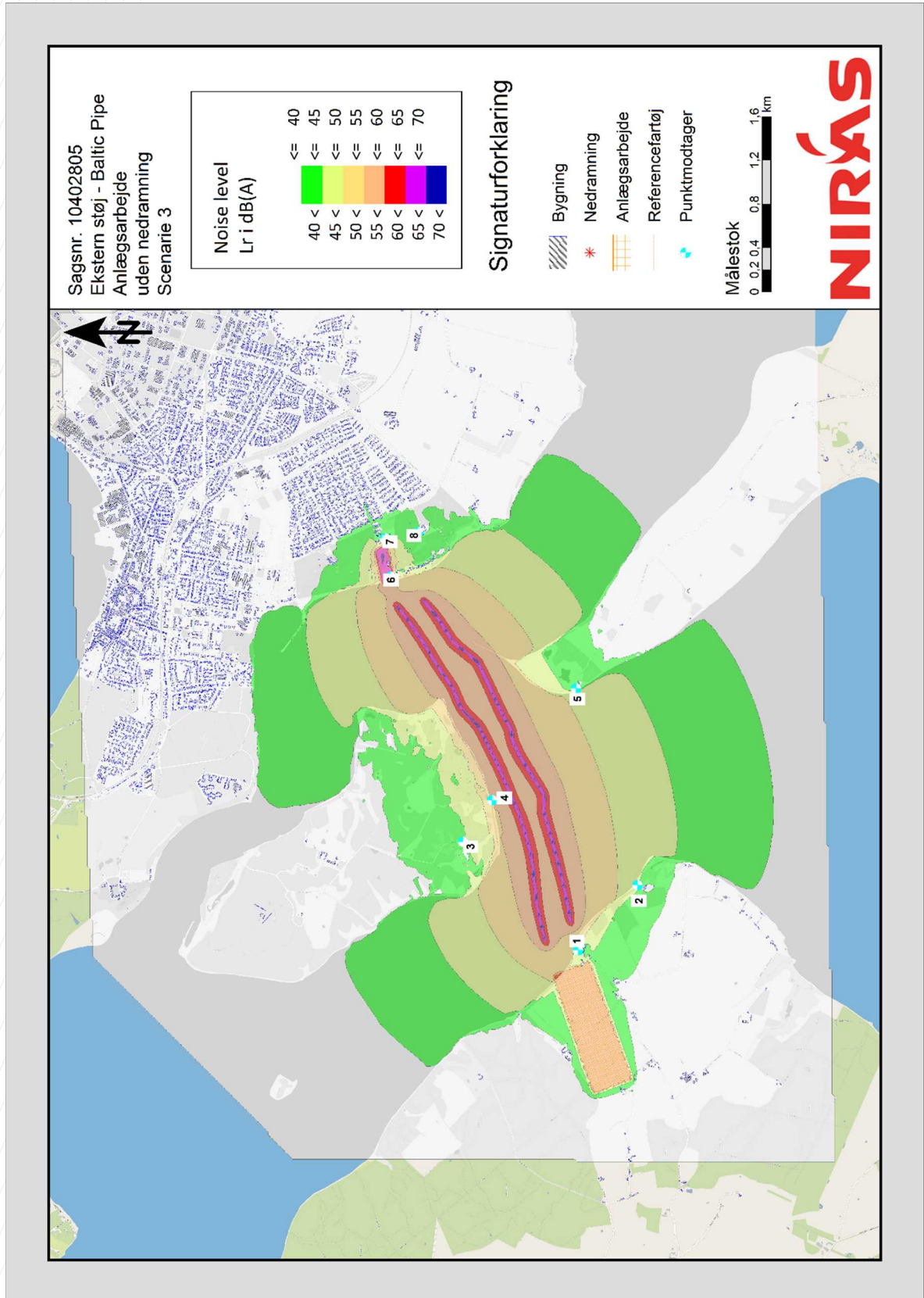
Bilag 4 Ekstern Støjkort – Scenarie 1



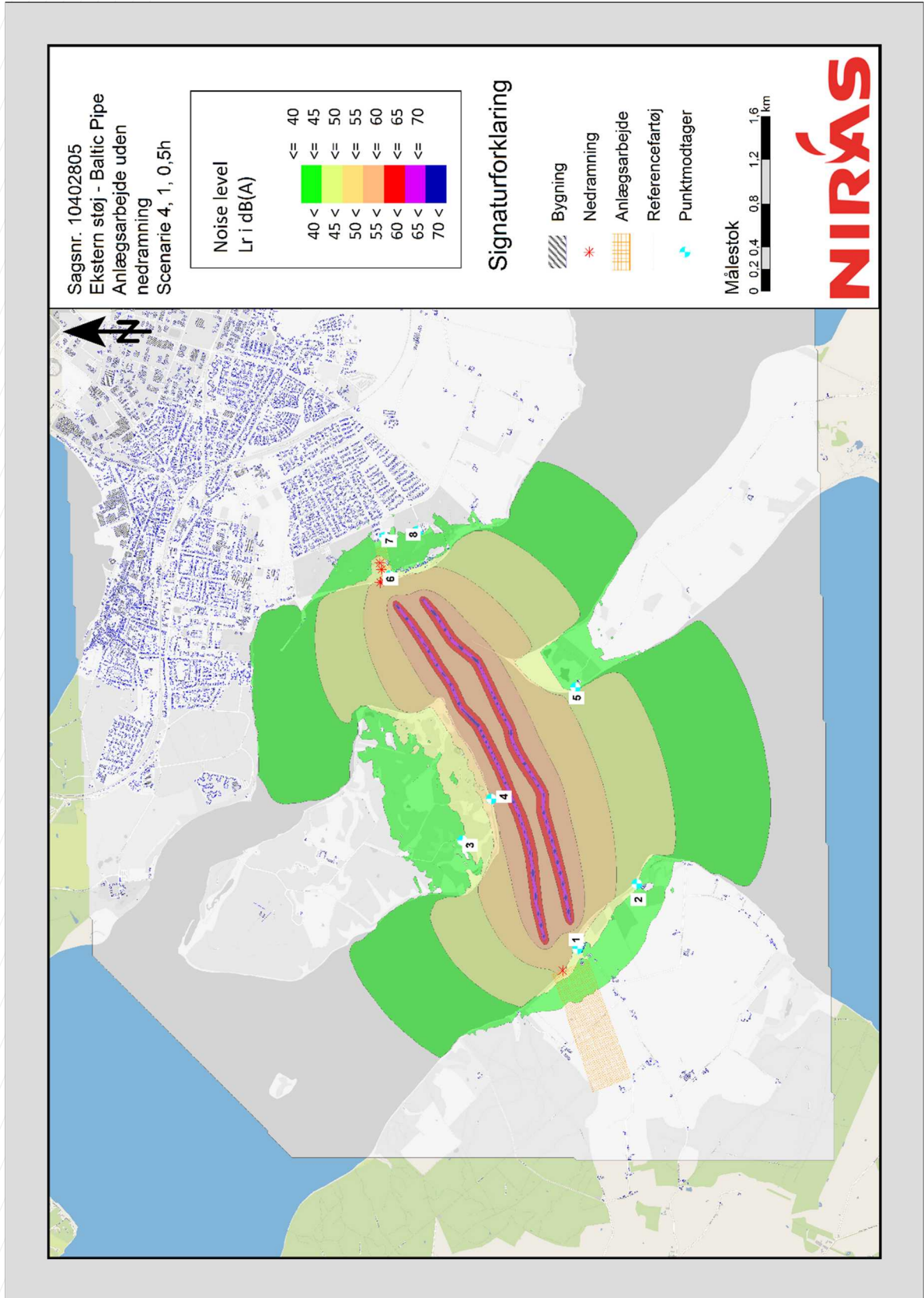
Bilag 5 Ekstern Støjkort – Scenarie 2



Bilag 6 Ekstern Støjkort – Scenarie 3



Bilag 7 Ekstern Støjkort – Scenarie 4



Bilag 8 Ekstern Støjkort – Scenarie 5

