



Miljøministeriet  
Miljøstyrelsen

# Miljøgodkendelse Tillægsgodkendelse til havvandvarmepumper

For:

**Aalborg Forsyning, Nordjyllandsværket A/S**



# MILJØGODKENDELSE

## Tillægsgodkendelse til havvandsvarmepumper

### For:

### Aalborg Forsyning, Nordjyllandsværket A/S

Adresse: Nefovej 50, 9310 Vodskov  
Matrikel nr.: 1 a, m.fl, Vesterladen, Horsens og 2 a Østerladen,  
Vester Hassing  
CVR-nummer: 37189294  
P-nummer: 1016798785  
Listepunkt nummer: 1.1.a Forbrænding af brændsel i anlæg med en sam-  
let nominel indfyret termisk effekt på 50 MW eller  
derover, hvor brændslet er kul og/eller orimulsion  
J. nummer: 2022-40917

### Godkendelsen omfatter:

Havvandsvarmepumper.

Dato: 17. april 2023

Godkendt: Karsten Borg Jensen

Annonceres den 17. april 2023

Klagefristen udløber den 15. maj 2023

Søgsmålsfristen udløber den 17. oktober 2023



Godkendelsen bortfalder, hvis den ikke er udnyttet inden 5 år fra godkendelsens dato.

Efter ibrugtagning vil godkendelsen bortfalde, hvis den ikke har været udnyttet i 3 på hinanden følgende år, jf. miljøbeskyttelseslovens § 78 a.

Revurdering påbegyndes når EU-kommissionen har offentliggjort en BAT-konklusion i EU-tidende, der vedrører virksomhedens hovedlistepunkt.

# Indhold

## Indholdsfortegnelse

<b>1.</b>	<b>Indledning</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Afgørelse og vilkår</b>	<b>2</b>
2.1	Vilkår for miljøgodkendelsen	2
A	Generelle forhold	2
B	Indretning og drift	3
D	Udledning af vand mv.	3
F	Affald	4
G	Jord og grundvand	4
H	Indberetning/rapportering	4
K	Driftsforstyrrelser og uheld	5
L	Risiko/forebyggelse af større uheld	5
M	Ophør	5
<b>3.</b>	<b>Vurdering og begrundelse</b>	<b>7</b>
3.1	Begrundelse for afgørelse	7
3.2	Vurdering	7
A	Generelle forhold	8
B	Indretning og drift	8
C	Luftforurening	9
D	Udledning af vand m.v.	9
E	Støj	9
F	Affald	10
G	Jord og grundvand	10
H	Indberetning og rapportering	10
I	Til- og frakørsel	10
J	Sikkerhedsstillelse	10
K	Driftsforstyrrelser og uheld	11
L	Risiko/forebyggelse af større uheld	11
M	Ophør	11
3.3	Udtalelser/høringssvar	11
<b>4.</b>	<b>Forholdet til loven</b>	<b>13</b>
4.1	Lovgrundlag	13
4.2	Øvrige gældende godkendelser	14
4.3	Tilsyn med virksomheden	14
4.4	Offentliggørelse og klagevejledning	15
4.5	Liste over modtagere af kopi af afgørelsen	16



## **Bilag**

- Bilag A. Ansøgning om miljøgodkendelse/miljøteknisk beskrivelse
- Bilag B. Kort over virksomhedens beliggenhed i 1:25.000
- Bilag C. Virksomhedens omgivelser (temakort)
- Bilag D. Lovgrundlag – Referenceliste
- Bilag E. Liste over sagens akter
- Bilag F. Datablad for R1234zeC

# 1. Indledning

Som led i sin fossilfrie strategiplan og dermed den grønne omstilling af Aalborg varmforsynings varmeproduktion har Aalborg Forsyning igangsat et projekt for etablering af et havvandsvarmepumpeanlæg.

Det eksisterende kraftvarmewærk Blok 3 på Nefovej 50, Vodskov lukkes ned for såvel el- som varmeproduktion senest i 2028.

Der skal derfor etableres erstatningsproduktionsanlæg til forsyning med fjernvarme.

Aalborg Forsyning planlægger at lade havvandsvarmepumpeanlægget indgå som et centralt element i den fremtidige varmeproduktionsstruktur i Aalborg Forsyning. I varmepumpeanlægget afkøles havvand indirekte med kølevæske, der strømmer i rør.

Havvandsvarmepumpeanlægget består af en bygning med varmepumper, som med rør forbindes til et havvandsindtag. Varmepumpeanlægget drives af el og producerer fjernvarme ved at trække energi ud af havvandet og derved nedkøles havvandet lokalt ved udløbet i Limfjorden.

Projektet omfatter et havvandsvarmepumpeanlæg på 150 MW.

Havvandsvarmepumpeanlægget placeres ved Nordjyllandsværket på Nefovej og vil blive drevet af Aalborg Forsyning.

Havvandsvarmepumpeanlægget er tænkt ind som en del af et kommende udviklingsområde "Det grønne testcenter" ved Nordjyllandsværket, som er en del af Aalborg Forsynings strategi for at erstatte Nordjyllandsværket med bæredygtige energikilder.

Da havvandsvarmepumpeanlægget teknisk og driftsmæssigt er forbundet med Nordjyllandsværkets Blok 3 meddeles denne miljøgodkendelse som et tillæg til Nordjyllandsværkets revurdering af 23. juni 2022.

Havvandsvarmepumpeanlægget er i sig selv ikke omfattet af godkendelsespligt i henhold til miljøbeskyttelseslovens kapitel 5.

## 2. Afgørelse og vilkår

På grundlag af oplysningerne i afsnit 3, ansøgning om miljøgodkendelse, samt bilagene til godkendelsen godkender Miljøstyrelsen hermed havvandsvarmepumpeanlægget.

Miljøgodkendelsen meddeles i henhold til § 33, stk. 1, i miljøbeskyttelsesloven.

Godkendelsen gives på følgende vilkår, der som udgangspunkt er retsbeskyttede i en periode på 8 år fra godkendelsens dato.

Godkendelsen tages dog op til revurdering i overensstemmelse med reglerne i miljøbeskyttelseslovens § 41a, stk. 2 og 3, herunder når EU-Kommissionen har offentliggjort en BAT-konklusion i EU-Tidende, der vedrører virksomhedens hovedlistepunkt.

I afgørelsen er anvendt populærnavne for love og bekendtgørelser. En samlet oversigt fremgår af bilag D.

### 2.1 Vilkår for miljøgodkendelsen

#### A Generelle forhold

A1 Godkendelsen skal være tilgængelig på virksomheden. Alle relevante personer skal kende godkendelsens indhold.

A2 Tilsynsmyndigheden skal orienteres om følgende forhold:

- Ejerskifte af virksomhed
- Ejerskifte af ejendom
- Hel eller delvis udskiftning af driftsherre
- Indstilling af driften for en periode længere end 6 måneder.

Orienteringen skal være skriftlig og fremsendes senest fire uger efter offentliggørelse af ændringen (ejerskifte, driftsherreforhold) eller beslutningen om ændringen (indstilling).

A3 Tilsynsmyndigheden skal straks underrettes, såfremt vilkårene i denne godkendelse ikke overholdes.

Hvis overskridelser af vilkår eller andre driftsforstyrrelser eller uheld medfører umiddelbar fare for menneskers sundhed, eller i betydelig omfang truer med at påvirke miljøet negativt, skal driften af anlægget i relevant omfang indstilles.

Virksomheden skal straks træffe de fornødne foranstaltninger til sikring af, at vilkårene igen overholdes.

A3 Tilsynsmyndigheden skal have besked om opstartstidspunkt for anlægget senest én uge forud for dette.

## **B Indretning og drift**

B1 Havvandsvarmepumpeanlægget må være i drift alle dage i alle døgnets timer.

B2 På havvandsvarmepumpesystemets overflader må der ikke anvendes belægningstyper, der kan forårsage miljøpåvirkninger i vandområdet.

B3 Køleanlægget og beholdere til flydende kølemidler skal overholde følgende:

- Indendørs placering, tæt belægning og med effektiv sikring mod utilsigtet afløb
- Tilstrækkelig opsamlingskapacitet for spild ved tankkollaps, rørbrud m.v.
- Sikring mod oversvømmelse foranlediget af eksterne hændelser
- Sikring mod påkørsel

B4 Der må anvendes ét af følgende kølemidler i havvandskøleanlægget:

- Det syntetiske kølemiddel R1234zeC (se datablad i bilag X)
- Ammoniak – NH<sub>3</sub>
- Kuldioxid – CO<sub>2</sub>

## **E Udledning af vand mv.**

E1 Der må kun udledes afkølet havvand fra havvandsvarmepumpeanlægget. Udledningen skal ske via Nordjyllandsværkets kølevandskanal.

E2 Der må ikke tilsættes stoffer af nogen art til det cirkulerende havvand.

E3 Den maksimale afkøling af vandet, der passerer gennem havvandpumpeanlægget skal overholde nedenstående grænser, som er relateret til den maksimale vandføring gennem anlægget:

Maksimal afkøling	Maksimal vandføring
1,5 – 2,0 °C	17- 13 m <sup>3</sup> /s
2,0 – 3,0 °C	13 - 8 m <sup>3</sup> /s

3,0 – 4,0 °C	8 - 6 m <sup>3</sup> /s
4,0 – 5,0 °C	6- 5 m <sup>3</sup> /s
5,0 – 6,0 °C	5 - 4 m <sup>3</sup> /s

Den samlede køleeffekt af Limfjorden må ikke overstige 107 MW.

## **G Affald**

- G1 Der må maksimalt oplagres 500 kg brugt smørelolie stammende fra driften af havvandsvarmepumpeanlægget.

## **H Jord og grundvand**

- H1 Oplag af kemikalier skal ske på tæt, impermeabel belægning uden afløb til kloak.
- H2 Pladsen til opbevaring af kemikalier skal være indrettet, så indholdet af den største beholder kan tilbageholdes og opsamles.

## **I Indberetning/rapportering**

### **Eftersyn af anlæg**

- I1 Der skal føres journal over eftersyn, reparationer og udskiftninger samt oplysninger om eventuelt forekommende driftsforstyrrelser for anlægsdele af driftskritisk karakter.

### **Forbrug af råvarer og hjælpestoffer**

- I2 Der skal føres journal over vandføringen gennem anlægget. Data for vandføring skal være relateret til den maksimale afkøling, der finder sted på samme tidspunkt, så vilkår E3 kan dokumenteres overholdt.

## Opbevaring af journaler

- I3 Journalerne skal være tilgængelige for og på forlangende indberettes til tilsynsmyndigheden.

## L Driftsforstyrrelser og uheld

- L1 Der skal foreligge procedurer for nedenstående forhold, og virksomheden skal følge procedurerne i sin daglige drift:
- Eftersyn og rensning af indløbsfiltre for havvand
  - Mekanisk rengøring af varmevekslere og rør
  - Håndtering og registrering af utilsigtet kølemiddeludslip i bygning til havvandsvarmepumper
  - Håndtering af kølemiddeludslip til havvandleddning
  - Vedligeholdelse af måle- og alarmudstyr til måling af kølemidler i havvand samt rum til varmepumper.
  - Vedligeholdelse af rør, hvorigennem vandet fra Limfjorden føres
  - Kontrol og vedligehold af temperaturfølere ved havvandsindløb og -udløb
  - Reaktion i tilfælde af afvigende ændring i havvandstemperatur
  - Håndtering af isdannelse i varmeveksler
  - Håndtering af blokering af havvandsindløb.
  - Tømning af kølemiddel fra kølekreds til opbevaringstank i forbindelse med eftersyn

## M Risiko/forebyggelse af større uheld

- M1 Hvis der anvendes ammoniak (NH<sub>3</sub>) som kølemiddel skal der følges de samme procedurer for opbevaring og håndtering af ammoniak, som anvendes for Nordjyllandsværkets anlæg for ammoniak til kvælstofreduktion i røggasser.

## N Ophør

- N1 Ved ophør af aktiviteter, der er omfattet af bilag 1 til godkendelsesbekendtgørelsen, skal virksomheden senest **fire uger** efter helt eller delvist driftsophør anmelde dette til tilsynsmyndigheden med et oplæg til vurderingen af jorden og grundvandets forureningstilstand som følge af de pågældende

aktiviteter, jf. § 38 k, stk. 1, i lov om forurennet jord. Vurderingen skal opfylde kravene i bilag 7 til godkendelsesbekendtgørelsen.

N2 På ophørstidspunktet skal der træffes de nødvendige foranstaltninger for at undgå forureningsfare.

# 3. Vurdering og begrundelse

## 3.1 Begrundelse for afgørelse

Miljøgodkendelsen er meddelt som et tillæg til Nordjyllandsværkets miljøgodkendelse.

Der har i forbindelse med behandling af ansøgningen om miljøgodkendelsen været særligt fokus på eventuelle effekter på Limfjorden som følge af udledning af vand fra havvandsvarmepumpeanlægget, samt på valget af kølemiddel i anlægget.

## 3.2 Vurdering

Det er Miljøstyrelsens samlede vurdering, at havvandsvarmepumpeanlægget kan drives på stedet uden væsentlige påvirkninger af omgivelserne.

### 3.2.1 Planforhold og beliggenhed

Nordjyllandsværket er omfattet af kommuneplanramme 5.9.T1 Nordjyllandsværket og affaldsdepoter. Området forbeholdes miljøproblematiske anlæg som kraftværk og affaldsdeponering samt oplags- og industrivirksomhed, der for eksempel kan udnytte kraftværkets faciliteter eller restprodukter. Anvendelsen til teknisk anlæg omfatter alle bygninger, anlæg, tekniske installationer, havnefaciliteter, mv. til energiproduktion. Endvidere oplag af for eksempel forbrændings- og procesprodukter samt deponering af faste og flydende genbrugs-, rest- og affaldsprodukter, herunder havnesedimentdeponering og kontrolleret losseplads.

Desuden gælder lokalplan 5-9-101 Nordjyllandsværket, Landområde Nord af 14. november 2011.

Der er ca. 180 meter til strandeng og sø sydøst for kølekanalen. Strandeng og sø vil ikke påvirkes af udledning fra havvandsvarmepumpen.

Der ligger også et beskyttet vandløb, Stae Bæk, i tilknytning til den beskyttede strandeng og sø. Vandløbets nuværende økologiske tilstand er dårlig på baggrund af dårlig økologisk tilstand for fisk.

Der er ca. 320 meter mellem Nordjyllandsværkets udløb og Stae Bæks udløb via fjorden. Det vurderes, at udledning fra havvandsvarmpen ikke vil forårsage en væsentlig påvirkning på ørredens tilstedeværelse i Stae Bæk eller ørredens mulighed for at yngle i bækken, da udledningen af koldere vand udelukkende udgør en helt lokal påvirkning omkring kølevandskanalen. Dermed vurderes driften af havvandsvarmepumpen ikke at forhindre opnåelse af god økologisk tilstand i Stae Bæk.

Inden for en radius af ca. 500 meter er der registreret ilder og spættet sæl, der begge er beskyttet af habitatdirektivets bilag IV. Derudover er der registreret 13 fuglearter og ilder, der er rødlistede arter.



Via Limfjorden er nærmeste Natura 2000-områder N14 Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord, som ligger ca. 19 km mod øst, og N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, som ligger ca. 11 km mod vest.

Miljøstyrelsen vurderer på baggrund af en væsentlighedsvurdering, at projektet ikke i sig selv eller i forbindelse med andre planer og projekter kan påvirke et Natura 2000 område væsentligt og ikke vil forhindre opnåelse af gunstig bevaringsstatus for hverken naturtyper, arter eller fugle. Videre vurderes det, at projektet ikke kan beskadige eller ødelægge yngle- eller rasteområder i det naturlige udbredelsesområde for bilag IV dyrearter eller ødelægge bilag IV plantearter i alle livsstadier.

## **A Generelle forhold**

### **Vilkår A1**

Afgørelsen skal være tilgængelig på virksomheden og driftspersonalet skal være orienteret om godkendelsens indhold og vilkår, således at det sikres at ansvarlige for driften er bekendte med virksomhedens miljøgodkendelse og sikrer at denne overholdes til enhver tid.

### **Vilkår A2**

Der fastsættes vilkår om, at tilsynsmyndigheden skal orienteres, hvis der sker ejerskifte af virksomheden eller udskiftning af driftsherren. Dette er blandt andet for at fastlægge, om ejerskiftet eller udskiftning af driftsherre involverer personer eller selskaber, der er registreret af Miljøstyrelsen, jf. miljøbeskyttelseslovens § 40a og b. Hvis dette er tilfældet, kan tilsynsmyndigheden tilbagekalde godkendelsen eller fastsætte særlige vilkår, jf. miljøbeskyttelseslovens § 41d.

Baggrunden for at stille vilkår om, at virksomheden skal orientere tilsynsmyndigheden ved indstilling af driften i mere end 6 måneder skyldes, at det kan have betydning for planlægning af tilsyn og opkrævning af gebyrer.

### **Vilkår A3**

Vilkåret er fastsat med udgangspunkt i godkendelsesbekendtgørelsens § 22, stk. 1 nr. 6. Vilkåret er fastsat for bilag 1-virksomheder og skal sikre, at driftsherren straks indberetter til tilsynsmyndigheden, når vilkår ikke overholdes.

### **Vilkår A4**

Vilkåret er fastsat med henblik på, at tilsynsmyndigheden er bekendt med, hvornår havvandsvarmepumpeanlægget sættes i drift.

## **B Indretning og drift**

### **Vilkår B1**

Der er fastsat vilkår om tilladt driftstid for at sikre, at afgørelsen tydeligt definerer, hvad virksomheden har godkendelse til.

Der er således ingen begrænsninger i driftstiden for havvandsvarmepumpeanlægget.

#### Vilkår B2

Det er en forudsætning for miljøgodkendelsen, at der ikke udledes stoffer fra havvandsvarmepumpeanlægget. Der fastsættes derfor vilkår om, at der ikke må anvendes belægningstyper, der kan medføre udledning af stoffer til vandområdet.

#### Vilkår B3

Vilkåret er fastsat for at undgå spild af kølemidler til omgivelserne.

#### Vilkår B4

Der fastsættes vilkår, der sikrer, at der kun anvendes et kølemiddel, der har indgået i sagens behandling.

### **C Luftforurening**

Der fastsættes ikke særskilte vilkår om luftforurening.

### **E Udledning af vand m.v.**

#### Vilkår E1

Vilkåret fastsættes for at sikre, at havvandsvarmepumpeanlægget udelukkende udleder afkølet havvand via Nordjyllandsværkets kølevandskanal.

#### Vilkår E2

Vilkåret fastsættes for at sikre, at der ikke udledes anden end den samme slagsvand, som der er i indtaget.

#### Vilkår E3

Vilkåret fastsættes for at sikre, at temperaturpåvirkningen i vandområdet ikke adskiller sig fra de forudsætninger, der ligger til grund for godkendelsen.

### **F Støj**

Det er i ansøgningen oplyst, at anlægget ikke medvirker til, at støjgrænserne for Nordjyllandsværket ikke kan overholdes.

Der fastsættes derfor ikke særskilte støjgrænser for havvandsvarmepumpeanlægget.

## **G Affald**

### Vilkår G1

Der er stillet vilkår om det maksimale oplag af smøreolie.

## **H Jord og grundvand**

### Vilkår H1

Der er fastsat vilkår om, at oplag af kemikalier sker på areal, der ikke har afløb eller er gennemtrængeligt for de opbevarede kemikalier.

### Vilkår H2

Der er fastsat vilkår om, at eventuelt spild af kemikalier kan tilbageholdes på pladsen, hvor der sker opbevaring.

## **I Indberetning og rapportering**

### Vilkår I1

Der skal føres journal over eftersyn af anlæg og eventuelle driftsforstyrrelser

### Vilkår I2

Der er fastsat vilkår til dokumentation for overholdelse af vilkåret om maksimal vandføring og maksimal afkøling.

### Vilkår I3

Det skal være muligt for tilsynsmyndigheden at kontrollere virksomhedens driftsjournaler. Der fastsættes derfor vilkår om, at de skal opbevares i mindst 3 år.

## **J Til- og frakørsel**

Der fastsættes ikke vilkår om til- og frakørsel.

## **K Sikkerhedsstillelse**

Havvandsvarmepumpeanlægget er ikke omfattet af reglerne om sikkerhedsstillelse.

## **L Driftsforstyrrelser og uheld**

### Vilkår L1

Der er fastsat vilkår om, at virksomheden skal udarbejde og følge procedurer, der sikrer, at driften af havvandsvarmepumpeanlægget sker i overensstemmelse med oplysningerne i ansøgning om miljøgodkendelse samt i miljøgodkendelsen.

## **M Risiko/forebyggelse af større uheld**

### Vilkår M1

Der er mulighed for at anvendes ammoniak som kølemiddel. Der anvendes i forvejen ammoniak i Nordjyllandsværkets røggasrensprocesser. Der fastsættes vilkår om, at de samme procedurer, som i forvejen følges for ammoniak, også skal følges, hvis der anvendes ammoniak i havvandsvarmepumpeanlægget.

## **N Ophør**

### Vilkår N1

Vilkåret er fastsat med hjemmel i godkendelsesbekendtgørelsens § 22, nr. 12 og 13. Fristen på 4 uger følger af godkendelsesbekendtgørelsens § 55. Anmeldelsen har til formål at sikre, at processen efter jordforureningslovens kapitel 4b sættes i gang. Efter modtagelse af virksomhedens oplæg til vurdering, meddeler Miljøstyrelsen påbud om, hvordan vurderingen skal gennemføres, herunder om udførelse af undersøgelser m.m. Virksomheden gøres opmærksom på, at andre aktiviteter der er teknisk og forureningsmæssigt forbundet med bilag 1 også omfattes af dette.

Viser vurderingen, at forureningen udgør en væsentlig risiko for menneskers sundhed eller miljøet, meddeler Miljøstyrelsen påbud om at gennemføre de nødvendige foranstaltninger for at sikre at den ikke udgør en sådan risiko.

### Vilkår N2

Kravet er fastsat for at sikre, at oplag af råvarer, affald mv. ikke kan give anledning til forurening fremadrettet, og gælder fra tidspunktet for ophør. Vilkåret er fastsat med hjemmel i godkendelsesbekendtgørelsens § 21.

## **3.3 Udtalelser/høringssvar**

### **3.3.1 Udtalelse fra andre myndigheder**

Aalborg Kommune har 28. oktober 2021 udtalt:

- Ingen bemærkninger til Natura 2000 væsentlighedsvurdering inkl. bilag 4 eller beskyttet natur, men
- Der mangler i VVM-skema angivelse af størrelse (og varighed) af eventuel midlertidig grundvandssænkning – og dermed reel mulighed for at vurdere påvirkning herfra (pluk fra VVM-skema):

- *Er der behov for grundvands-senkning i forbindelse med projektet og i givet fald hvor meget i m<sup>3</sup>?* *Der kan være brug for midlertidig grundvandssenkning i anlægsfasen*
- Som minimum bør det bemærkes, enten at grundvandssenkningen skal screenes senere i forbindelse med ansøgning om midlertidig grundvands-senkning – eller (bedre), at der allerede nu tages stilling til om senkning under en vis størrelse og/eller varighed ikke vil medføre væsentlig påvirkning på omgivelserne. Dette kræver dog, at man tager stilling til en forventelig maksimal volumen og varighed. Principielt skal hele projektet jo screenes nu – og ikke i bidden af vejen. Hvis det senere viser sig, at budet på mængde og varighed var for lavt, kan man så lave en tillægs-screening.

### **3.3.2 Udtalelse fra borgere mv.**

Ansøgningen om miljøgodkendelse har været annonceret på Miljøstyrelsens hjemmeside [www.mst.dk](http://www.mst.dk) den 8. juni 2022. Der er ikke modtaget henvendelser vedrørende ansøgningen.

### **3.3.3 Udtalelse fra virksomheden**

Virksomheden har haft et udkast til afgørelse til udtalelse. Som følge deraf er enkelte redaktionelle ændringer blevet indarbejdet.

# 4. Forholdet til loven

## 4.1 Lovgrundlag

Der er i afgørelsen anvendt populærnavne for love og bekendtgørelser mv. En oversigt over det anvendte lovgrundlag findes i bilag D.

### 4.1.1 Miljøgodkendelsen

Miljøgodkendelse gives i henhold til § 33, stk. 1, i miljøbeskyttelsesloven. . . . .  
Godkendelsen gives som et tillæg til virksomhedens revurdering af 23. juni 2022 og gives under forudsætning af, at såvel de vilkår, der er anført i denne godkendelse som vilkår i førnævnte godkendelse overholdes.

### 4.1.2 Listepunkt

Nordjyllandsværket er omfattet af listepunkt 1.1.a Forbrænding af brændsel i anlæg med en samlet nominel indfyret termisk effekt på 50 MW eller derover, hvor brændslet er kul og/eller orimulsion

### 4.1.3 Basistilstandsrapport

Der er i februar 2019 udarbejdet en basistilstandsrapport for hele virksomheden.

Projektet ikke indfører stoffer eller produkter, der udgør en risiko i forhold til en længerevarende forurening af jord og grundvand. Miljøstyrelsen vurderer derfor på baggrund af virksomhedens redegørelse derom, at der ikke er behov for udarbejdelse af en supplerende basistilstandsrapport.

Der træffes derfor sammen med miljøgodkendelsen afgørelse om, at der ikke skal udføres supplerende basistilstandsrapport.

### 4.1.4 BAT

BAT-konklusionerne for store fyringsanlæg blev offentliggjort 17. august 2017. De blev fastlagt for Nordjyllandsværket i revurdering af 23. juni 2022.

### 4.1.5 Revurdering

Revurdering af Nordjyllandsværkets miljøgodkendelser påbegyndes når EU-kommissionen har offentliggjort en BAT-konklusion i EU-tidende, der vedrører virksomhedens hovedlistepunkt. eller senest inden 8-10 år.

#### **4.1.6 Risikobekendtgørelsen**

Nordjyllandsværket er omfattet af risikobekendtgørelsen som en kolonne 2 –virksomhed på grund af oplaget af ammoniak.

Virksomheden har udarbejdet et tillæg til sikkerhedsdokumentet, hvilket gør det muligt at anvende ammoniak i havvandspumpeanlægget. Tillægget er gennemgået af risikomyndighederne på en række møder med virksomheden. Myndighederne har på den baggrund vurderet, at virksomheden vil iværksætte de nødvendige tiltag for at anvende ammoniak som kølemiddel i havvandspumpeanlægget.

#### **4.1.7 Miljøvurderingsloven**

Projektet er opført på bilag 2, pkt. 3. A Energiindustrien – industrianlæg til fremstilling af elektricitet, damp og varmt vand (projekter, som ikke er omfattet af bilag 1) i miljøvurderingsloven. Miljøstyrelsen har foretaget en screening af anlæggets virkning på miljøet, jf. lovens bilag 6, og der er den 14. december 2021 truffet særskilt afgørelse herom. Projektet er ikke omfattet af krav om miljøvurdering.

#### **4.1.8 Habitatbekendtgørelsen**

Miljøstyrelsen har på baggrund af en væsentlighedsvurdering vurderet, at projektet ikke i sig selv eller i forbindelse med andre planer og projekter kan påvirke et Natura 2000 område væsentligt og ikke vil forhindre opnåelse af gunstig bevaringsstatus for hverken naturtyper, arter eller fugle. Videre vurderes det, at projektet ikke kan beskadige eller ødelægge yngle- eller rasteområder i det naturlige udbredelsesområde for bilag IV dyrearter eller ødelægge bilag IV plantearter i alle livsstadier.

### **4.2 Øvrige gældende godkendelser**

Nordjyllandsværket er omfattet af revurdering af 23. juni 2022.

### **4.3 Tilsyn med virksomheden**

Miljøstyrelsen er tilsynsmyndighed for virksomheden jf. miljøbeskyttelseslovens § 66, inklusive direkte udledning af spildevand.

## 4.4 Offentliggørelse og klagevejledning

Miljøstyrelsens afgørelse offentliggøres udelukkende digitalt. Materialet kan tilgås på [www.mst.dk](http://www.mst.dk).

Offentligheden har adgang til sagens øvrige oplysninger med de begrænsninger, der følger af lovgivningen.

Følgende kan klage over afgørelsen til Miljø- og Fødevareklagenævnet

- afgørelsens adressat
- enhver, der har en individuel, væsentlig interesse i sagens udfald
- kommunalbestyrelsen
- Styrelsen for Patientsikkerhed
- landsdækkende foreninger og organisationer i det omfang, de har klageret over den konkrete afgørelse, jf. miljøbeskyttelseslovens §§ 99 og 100,
- lokale foreninger og organisationer, der har beskyttelse af natur og miljø eller rekreative interesser som formål, og som har ønsket underretning om afgørelsen, jf. miljøbeskyttelseslovens § 100, stk 1.

Hvis du ønsker at klage over denne afgørelse, kan du klage til Miljø- og Fødevareklagenævnet. Du klager via Klageportalen, som du finder et link til på forsiden af [www.naevneneshus.dk](http://www.naevneneshus.dk). Klageportalen ligger på [www.borger.dk](http://www.borger.dk) og [www.virk.dk](http://www.virk.dk). Du logger på [www.borger.dk](http://www.borger.dk) eller [www.virk.dk](http://www.virk.dk), ligesom du plejer, typisk med NemID/MitID.

Klagen sendes gennem Klageportalen til Miljøstyrelsen. En klage er indgivet, når den er tilgængelig for Miljøstyrelsen i Klageportalen. Når du klager, skal du betale et gebyr på kr. 900 for private og kr. 1800 for virksomheder og organisationer. Du betaler gebyret med betalingskort i Klageportalen.

Du kan læse mere om gebyrordningen og klage på Miljø- og Fødevareklagenævnets hjemmeside (<https://naevneneshus.dk/start-din-klage/miljoe-og-foedevareklage-naevnet/>).

Miljø- og Fødevareklagenævnet skal som udgangspunkt afvise en klage, der kommer uden om Klageportalen, hvis der ikke er særlige grunde til det. Hvis du ønsker at blive fritaget for at bruge Klageportalen, skal du sende en begrundet anmodning til den myndighed, der har truffet afgørelse i sagen. Miljøstyrelsen videresender herefter anmodningen til Miljø- og Fødevareklagenævnet, som træffer afgørelse om, hvorvidt din anmodning kan imødekommes.

Klagen skal være modtaget senest den 17. maj 2023.

### *Klage over afgørelsen om basistilstandsrapport*

Miljøstyrelsens afgørelse om basistilstandsrapport kan påklages sammen med klage over afgørelsen om miljøgodkendelse.



Følgende har mulighed for at klage over afgørelsen om basistilstandsrapport til Miljø- og Fødevarerklagenævnet:

- afgørelsens adressat
- enhver, der har en individuel, væsentlig interesse i sagens udfald
- kommunalbestyrelsen
- Styrelsen for Patientsikkerhed

Fremgangsmåde og klagefrist fremgår ovenfor.

#### *Dette gælder mens en klage behandles*

Virksomheden vil kunne udnytte afgørelsen om miljøgodkendelse, mens Miljø- og Fødevarerklagenævnet behandler en eventuel klage, medmindre nævnet bestemmer noget andet. Udnyttes afgørelsen indebærer dette dog ingen begrænsning for Miljø- og Fødevarerklagenævnets mulighed for at ændre eller ophæve afgørelsen om miljøgodkendelse.

#### *Orientering om klage*

Hvis Miljøstyrelsen får besked fra Klageportalen om, at der er indgivet en klage over afgørelsen, orienterer Miljøstyrelsen virksomheden herom.

Miljøstyrelsen orienterer ligeledes virksomheden, hvis Miljøstyrelsen modtager en klage over afgørelsen fra en klager, som efter anmodning til Miljø- og Fødevarerklagenævnet er blevet fritaget for at klage via Klageportalen.

Herudover orienterer Miljøstyrelsen ikke virksomheden.

#### *Søgsmål*

Hvis man ønsker at anlægge et søgsmål om afgørelsen ved domstolene, skal det ske senest 6 måneder efter, at Miljøstyrelsen har meddelt afgørelsen, jf. miljøbeskyttelseslovens § 101. På [www.domstol.dk](http://www.domstol.dk) findes vejledning om at anlægge en retssag ved domstolene.

## **4.5 Liste over modtagere af kopi af afgørelsen**

Aalborg Kommune [aalborg@aalborg.dk](mailto:aalborg@aalborg.dk); [lone.pedersen@aalborg.dk](mailto:lone.pedersen@aalborg.dk)

Danmarks Naturfredningsforening [dn@dn.dk](mailto:dn@dn.dk)

Danmarks Sportsfiskerforbund [post@sportsfiskerforbundet.dk](mailto:post@sportsfiskerforbundet.dk)

Greenpeace [hoering.dk@greenpeace.org](mailto:hoering.dk@greenpeace.org)

Aktive Fritidsfiskere v. Leif Søndergård, Søvejen 6, 7860 Spøttrup

Friluftsrådet [fr@friluftsradet.dk](mailto:fr@friluftsradet.dk)

Danmarks Fiskeriforening [mail@dkfisk.dk](mailto:mail@dkfisk.dk)

Ferskvandsfiskeriforeningen for Danmark [formanden@ferskvandsfiskeriforeningen.dk](mailto:formanden@ferskvandsfiskeriforeningen.dk)

Styrelsen for Patientsikkerhed [trnord@stps.dk](mailto:trnord@stps.dk)

Arbejdstilsynet [at@at.dk](mailto:at@at.dk), [bto@at.dk](mailto:bto@at.dk), [ab@at.dk](mailto:ab@at.dk)

Aalborg Kommune [aalborg@aalborg.dk](mailto:aalborg@aalborg.dk)

Beredskabsstyrelsen [brs-ktp-bfo@brs.dk](mailto:brs-ktp-bfo@brs.dk)

Nordjyllands Beredskab [tbs@nober.dk](mailto:tbs@nober.dk)

Nordjyllands Politi [pre002@politi.dk](mailto:pre002@politi.dk)

# Bilag

**Bilag A. Ansøgning om miljøgodkendelse/miljøteknisk beskrivelse**

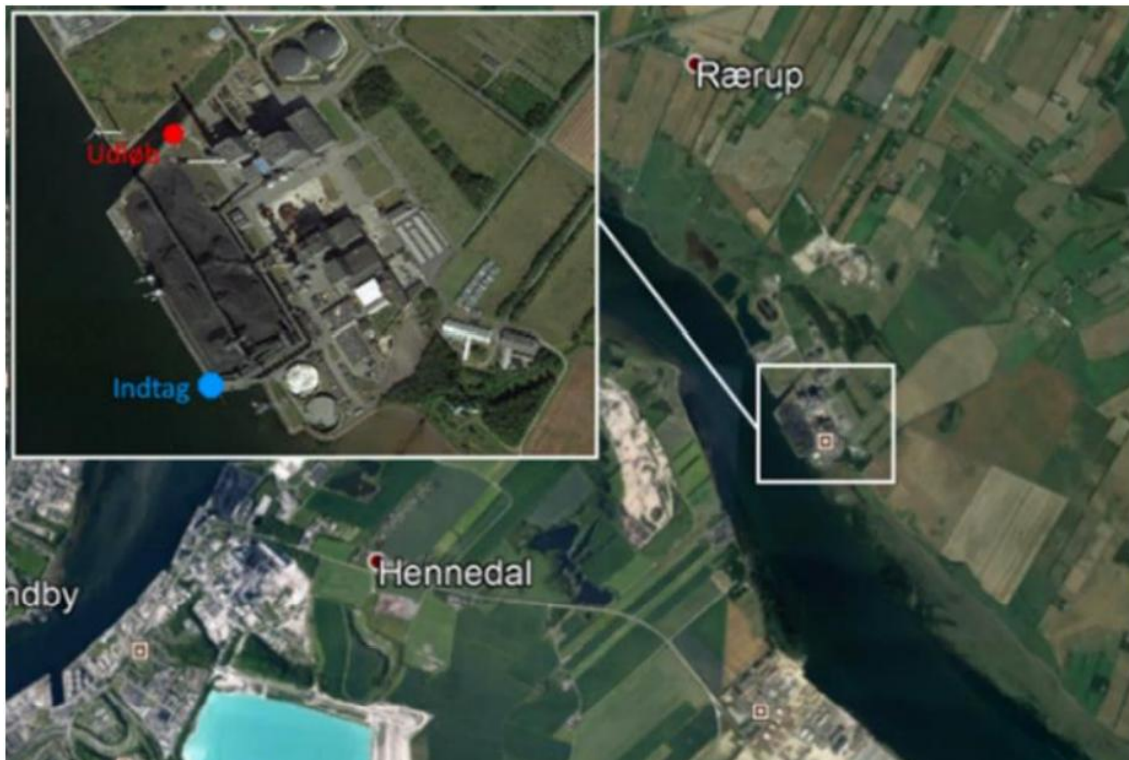
Til  
Miljøstyrelsen

Dokumenttype  
Ansøgning om miljøgodkendelse

Dato  
Maj 2022

Projekt  
I NDDHEAT

# NORDJYLLANDSVÆRKET A/S HAVVANDSVARMEPUMPE R



## NORDJYLLANDSVÆRKET A/S HAVVANDSVARMEPUMPER

Projekt navn AF-inddheat-Teknisk Rådgivning-Havvands VP  
Projektnr. 1100045210  
Modtager Miljøstyrelsen  
Dokumenttype Ansøgning om miljøgodkendelse  
Version 2  
Dato 31-05-2022  
Udarbejdet af HTS  
Kontrolleret af SUSR  
Godkendt af HTS  
Beskrivelse Ansøgning om miljøgodkendelse

Rambøll  
Lysholt Allé 6  
DK-7100 Vejle

T +45 5161 1000  
F +45 5161 1001  
<https://dk.ramboll.com>

## INDHOLD

1.	Indledning	4
2.	A. Oplysninger om ansøger og ejerforhold	5
3.	B. Oplysninger om virksomhedens art	6
3.1	Listebetegnelse	6
3.2	Det ansøgte projekt	6
3.3	Bekendtgørelse om kontrol med risikoen for større uheld med farlige stoffer.	9
4.	C. Oplysninger om etablering	12
4.1	Bygnings- eller anlægsmæssige udvidelser og/eller ændringer	12
4.2	Forventede tidspunkter for start og afslutning af bygge- og anlægsarbejder og for start af virksomhedens drift	13
5.	D. Oplysninger om virksomhedens placering og driftstid	14
5.1	Virksomhedens placering i forhold til tilstødende og omliggende grunde.	14
5.2	Oplysning om virksomhedens daglige driftstid.	15
5.3	Oplysninger om til- og frakørselsforhold.	16
6.	E. TEGNINGER OVER VIRKSOMHEDENS INDRETNING	17
6.1	Tegninger over virksomhedens indretning	17
7.	F. Beskrivelse af virksomhedens produktion	19
7.1	Oplysninger om samlet produktionskapacitet samt art og forbrug af råvarer, energi, vand og væsentlige hjælpestoffer	19
7.1.1	Produktionskapacitet	19
7.1.2	Råvarer, energi, vand og væsentlige hjælpestoffer	19
7.2	Beskrivelse af virksomhedens procesforløb, herunder materialestrømme, energiforbrug og væsentlig forureningsmæssige forhold	21
7.3	Oplysninger om mulige driftsforstyrrelser eller uheld	22
7.4	Oplysninger om særlige forhold i forbindelse med opstart/nedlukning af anlæg	22
8.	G. Oplysninger om valg af den bedste tilgængelige teknik (BAT)	23
8.1	Redegørelse om BAT	23
9.	H. Oplysninger om forurening og forureningsbegrænsende foranstaltninger	24
9.1	Luftforurening	24
9.1.1	Stofklasser, massestrøm og emissioner	24
9.1.2	Afvigende emissioner ved opstart/nedlukning af anlæg	24
9.1.3	Beregning af afkasthøjder	24
9.1.4	Lugt	24
9.2	Spildevand	24

9.2.1	Afledning til rensningsanlæg	25
9.2.2	Afledning af regnvand/overfladevand	25
9.2.3	Direkte udledning til recipient	25
9.3	Støj	26
9.4	Affald	26
9.5	Jord og grundvand	27
10.	I. Forslag til vilkår om egenkontrol	29
11.	J. Oplysninger om driftsforstyrrelser og uheld	30
12.	K. Oplysninger i forbindelse med virksomhedens ophør	32
13.	L. Ikke-teknisk resume	33

## BILAG

### Bilag 1

Tillæg til sikkerhedsdokumentation

### Bilag 2

Støjberegninger

### Bilag 3

Tegninger

### Bilag 4

Risikovurdering og forsvarsbarrierer mod lækager af kølemiddel til havvand

### Bilag 5

Teknisk baggrundsrapport - Hydrauliske forhold

### Bilag 6

Natura 2000-væsentlighedsvurdering og vurdering i henhold til Vandrammedirektivet

## 1. INDLEDNING

I dag køber Aalborg Forsyning godt 40 % af fjernvarmen af Reno-Nord og Aalborg Portland. Aalborg Forsyning producerer selv resten på Nordjyllandsværket (NJV) og på diverse spidslastanlæg. Aalborg Forsyning ønsker at udfase kul og dermed lukke NJV. Det er derfor nødvendigt for Aalborg Forsyning at etablere ny produktion af fjernvarme. Aalborg Forsynings mål er at etablere en ny fjernvarmeproduktion, der er økonomisk fordelagtig for varmemeforbrugerne i Aalborg, Nørresundby og omegn, som samtidig er grøn og fleksibel. Den nye fjernvarmeproduktion erstatter det eksisterende NJV, hvor fjernvarmen produceres ved kulbaseret kraftvarmeproduktion med deraf følgende stor CO<sub>2</sub>-udledning.

Nordjyllandsværket er et stort kraftvarmewærk beliggende ved Limfjordens nordlige bred i det sydlige Vendsyssel tre km sydvest for landsbyen Stae og 13 km øst for Aalborg. Nordjyllandsværket ejes af Aalborg Forsyning, som overtog det fra Vattenfall 31. december 2015. Der har været kraftværk på stedet siden 1967. Produktionen er el og fjernvarme.

Kraftværket har på sit højeste bestået af 3 enheder, hvoraf de to ældste blokanlæg, blok 1 og blok 2 pt. er nedrevet. Kraftvarmewærkets kulfyrede blok 3 på 410 MW elektrisk effekt og 420 MW termisk effekt blev idriftsat i 1998, med en forventet levetid på 30 år. Blok 3 planlægges kondemneret senest 2028.

Blok 3 er forsynet med et traditionelt gipsanlæg til fjernelsen af svovl, hvor gipsen afsættes til Aalborg Portland, hvor den indgår i fremstillingen af cement sammen med flyveasken.

Aalborg Kommunes byråd har, på basis af en af Miljø- og energiudvalget udarbejdet indstilling, i maj 2017 truffet beslutning om en strategiplan for fossilfri varmeproduktion i Aalborg varmes centrale forsyningsområde. Som led i den fossilfrie strategiplan og dermed den grønne omstilling af Aalborg varmemeforsynings varmeproduktion har Aalborg Forsyning igangsat et projekt for etablering af et stort havvandsvarmepumpeanlæg. I planlægningen for den grønne omstilling ligger, at det eksisterende kraftvarmewærk blok 3 på Nefovej skal lukkes ned for såvel el- som varmeproduktion senest 2028 – og gerne tidligere. Der skal derfor relativt hurtigt etableres erstatningsproduktionsanlæg til forsyning af områdets borgere med fjernvarme.

Aalborg Forsyning planlægger at lade havvandsvarmepumpeanlægget indgå som et centralt element i den fremtidige varmeproduktionsstruktur i Aalborg Forsyning.

Denne ansøgning omfatter ansøgning om miljøgodkendelse for et havvandsvarmepumpeanlæg på 150 MW.

Havvandsvarmepumpeanlæg skal placeres ved Nordjyllandsværket på Nefovej og vil blive drevet af Nordjyllandsværket, Aalborg Forsyning. Havvandsvarmepumpeanlægget er tænkt ind som en del af et kommende udviklingsområde "Det grønne testcenter" ved Nordjyllandsværket, som er en del af Aalborg Forsynings strategi for at erstatte Nordjyllandsværket med bæredygtige energikilder.



## 2. A. OPLYSNINGER OM ANSØGER OG EJERFORHOLD

1) *Ansøgerens navn, adresse, telefonnummer og e-mail.*

2) *Virksomhedens navn, adresse og CVR- og P-nummer.*

3) *Navn, adresse og e-mail på ejeren af ejendommen, hvorpå virksomheden er beliggende eller ønskes opført, hvis ejeren ikke er identisk med ansøgeren.*

4) *Oplysning om virksomhedens kontaktperson: Navn, adresse, telefonnummer og e-mail.*

*Ansøgerens navn, adresse, telefonnummer og e-mail:*

Navn: Aalborg Forsyning - Nordjyllandsværket  
Adresse: Nefovej 50, 9310 Vodskov  
Telefonnr.: 9954 5454  
E-mail: nordjyllandsvaerket@aalborg.dk

*Virksomhedens navn, adresse, matrikelnummer og CVR- og P-nummer:*

Navn: Aalborg Forsyning - Nordjyllandsværket  
Adresse: Nefovej 50, 9310 Vodskov  
Matrikelnr.: Vesterladen, Horsens - 8, BFE nummer: 100200121  
CVR: 37189294  
P-nummer: 1020851801

*Navn, adresse og telefonnummer på ejeren af ejendommen:*

Navn: Aalborg Energi Holding A/S  
Adresse: Stigsborg Brygge 5, 9400 Nørresundby  
Telefonnr.: 9931 9400

*Oplysning om virksomhedens kontaktperson: Navn, adresse, telefonnummer og e-mail.*

Navn: Jørgen Bornø Jensen, Arbejdsmiljø- & Miljøkoordinator  
Adresse: Nefovej 50, 9310 Vodskov  
Telefonnr.: 2787 5152  
E-mail: jorgen.jensen@aalborg.dk

### 3. B. OPLYSNINGER OM VIRKSOMHEDENS ART

5) Virksomhedens listebetegnelse, jf. bilag 1 og 2, for virksomhedens hovedaktivitet og alle biaktiviteter.

6) Kort beskrivelse af det ansøgte projekt. Angivelse af om der er tale om nyanlæg eller om driftsmæssige udvidelser og/eller ændringer af bestående virksomhed. Hvis der er tale om udvidelse af en ikke tidligere godkendt virksomhed, som bliver godkendelsespligtig på grund af udvidelsen, skal der gives oplysninger om hele virksomheden inkl. udvidelsen.

7) Vurdering af, om virksomheden er omfattet af bekendtgørelse om kontrol med risikoen for større uheld med farlige stoffer.

8) Hvis det ansøgte projekt er midlertidigt, skal det forventede ophørstidspunkt oplyses.

#### 3.1 Listebetegnelse

Det ansøgte projekt er tilknyttet driften af Nordjyllandsværket og er ikke omfattet af et selvstændigt listepunkt i godkendelsesbekendtgørelsen.

Nordjyllandsværket er omfattet af listepunkt:

- *1.1a Energianlæg, Forbrænding af brændsel i anlæg med en samlet nominal indfyret termisk effekt på 50 MW eller derover, hvor brændslet er kul og/eller orimulsion. (Hovedaktivitet)*

Herudover har Nordjyllandsværket som biaktivitet et deponeringsanlæg som er omfattet af listepunkt:

- *5.4. Deponeringsanlæg, som defineret i artikel 2, litra g) i Rådets direktiv 1999/31/EF om deponering af affald, som modtager over 10 tons affald om dagen eller har en samlet kapacitet på over 25.000 tons, undtagen deponeringsanlæg til inert affald. (s)*

#### 3.2 Det ansøgte projekt

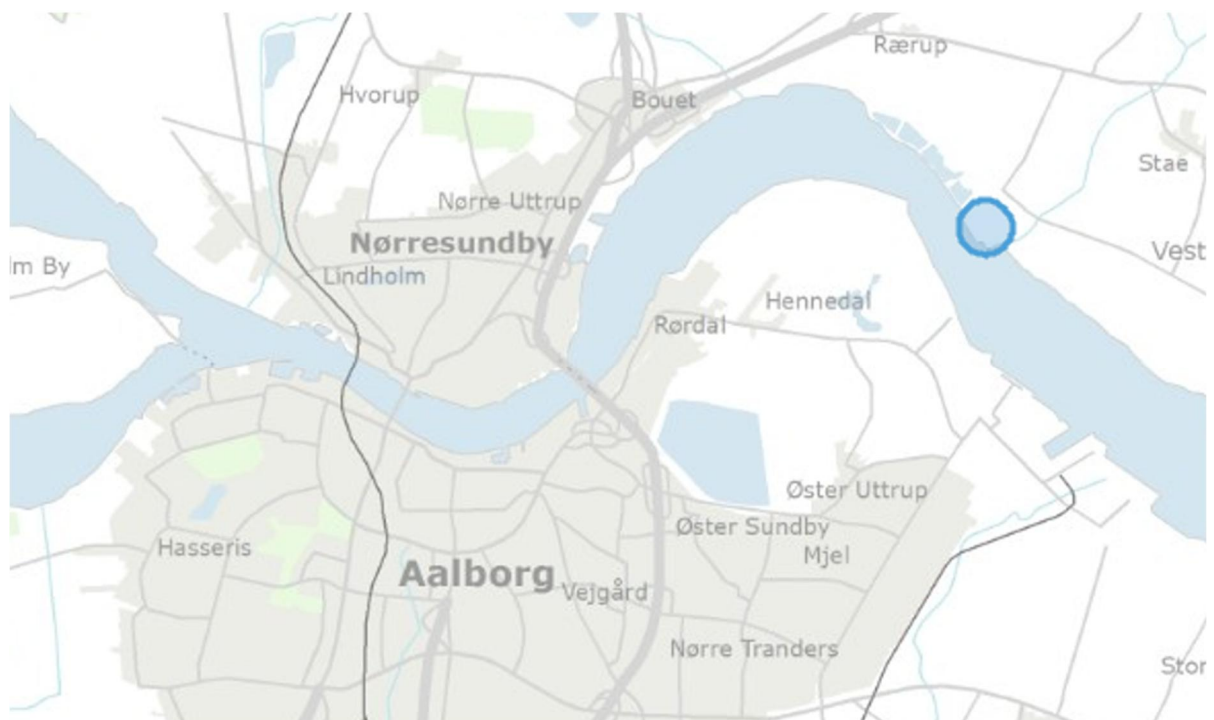
Aalborg Forsyning har et ønske om at placere et havvandsvarmepumpeanlæg ved Nordjyllandsværket. Den nye fjernvarmeproduktion erstatter det eksisterende blok 3, hvor fjernvarmen produceres ved kulbaseret kraftvarmeproduktion med deraf følgende stor CO<sub>2</sub>-udledning.

Projektet omfatter etablering af nye varmepumper med en produktionseffekt på op til i alt 150 MW.

Et varmepumpeanlæg består overordnet af en bygning med varmepumper, der via rør har forbindelse til havvands indtag og udløb. Varmepumpeanlægget drives af el og producerer fjernvarme ved at trække energi ud af havvandet og dermed nedkøle havvandet et antal grader lokalt ved udløbet. Varmepumpernes varmekilde er derved havvandet, som ved hjælp af el pumpes ind fra Limfjorden.

Projektet omfatter etablering af nye varmepumper med en produktionseffekt på op til i alt 150 MW estimeret ved havvandstemperatur på 5°C. I praksis vil varmepumpens producerede effekt variere afhængigt af havvandstemperatur og temperatursættet (frem/retur) i fjernvarmenettet. Varmepumpeanlægget forventes i drift året rundt med varierende varmeproduktion. Det forventes, at der etableres 2 rør i henholdsvis indløb og udløb, primært med henblik på at kunne rengøre den ene under fortsat drift. Under normal drift er begge rør i drift.

Havvandsvarmepumpeanlæg skal placeres ved Nordjyllandsværket på Nefovej og vil blive drevet af Nordjyllandsværket, Aalborg Forsyning, hvis placering afvist på Figur 1.



Figur 1 Placering af Nordjyllandsværket (blå markering).

Havvandsvarmepumpeanlægget er tænkt ind som en del af et kommende udviklingsområde "Det grønne testcenter" ved Nordjyllandsværket, som er en del af Aalborg Forsynings strategi for at erstatte Nordjyllandsværket med bæredygtige energikilder. Nordjyllandsværket skal nedlukkes senest i 2028, men der er politisk interesse i at nedlukke værket tidligere (muligvis i 2025).

Tidligere analyser peger på, at placering af en varmeproduktionsenhed ved Nordjyllandsværket med en kapacitet på 50-100 MW er optimalt i forhold til den fremtidige forsyningsstruktur. En havvandsvarmepumpe er i den sammenhæng et oplagt valg på grund af nærheden til Limfjorden og muligheden for at genbruge det eksisterende havvandsindtag og behandlingsanlæg for kølevand til blok 3. Havvandsindtag og vandbehandling udgør en væsentlig andel af investeringen for et anlæg af denne type, hvorfor det er en stor fordel, at der kan bygges videre på eksisterende infrastruktur.

Ved etablering af et havvandsvarmepumpeanlæg vil der i nogle år være samdrift med Nordjyllandsværkets nuværende blok 3, og anlægget etableres så dette er muligt. For at kunne udnytte en eksisterende kølevandskanal ved Nordjyllandsværket påtænkes anlægget placeres i umiddelbar tilknytning hertil. Den eksisterende kølevandskanal ved Nordjyllandsværket er vist på Figur 2.



Figur 2 Eksisterende kølevandsledning (blå stiptet linje).

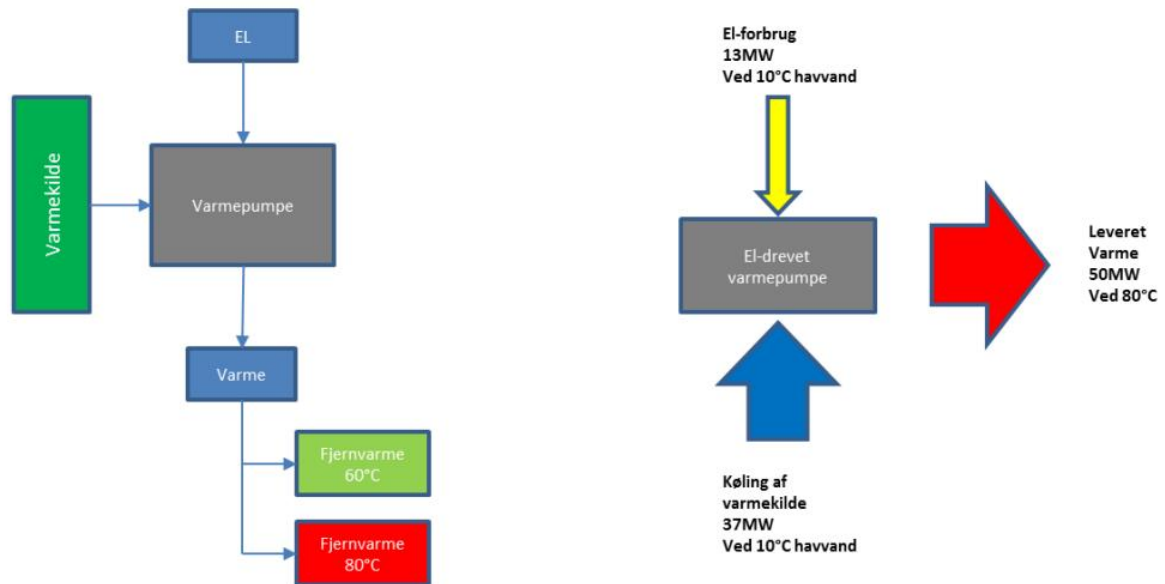
Der vil blive benyttet et godkendt kølemiddel til varmepumpeanlægget (syntetisk kølemiddel R1234ze(E), Ammoniak  $\text{NH}_3$  eller  $\text{CO}_2$ ).

Kølemidlet cirkulerer i lukkede kredse i varmevekslere og varmepumper samt mellem disse. Varmevekslere og varmepumper forventes placeret på land.

Havvandsindløbet forsynes med et grovfilter (ca. 10 mm hulstørrelse), som frasorterer drivtømmer, tang, fisk og andre fremmedlegemer. Et fint filter (ca. 5 mm hulstørrelse) er derudover placeret umiddelbart før vekslerne. Muslinge- og rurlarver vil passere igennem det fine filter. Begroning af muslinger og rurer i rørledningerne hindres eller minimeres ved at anvende rør med glat overflade (antagelig HDPE) og høj strømningshastighed ( $>2$  m/s). Ledningerne indrettet, så der umiddelbart kan indsendes en "gris", der manuelt renser røroverfladen.

Varmevekslerinstallationen vil bestå af flere vekslere i parallelforbindelse. De vil en ad gangen kunne renses for belægninger ved at gennemspule dem med varmt vand ( $50^\circ\text{C}$ ), som løsner muslinger mv. Der vil ikke blive anvendt kemisk rensning eller pesticider til at fjerne muslinger. Det forventes, at der etableres 2 rør i hhv. indløb og udløb, primært med henblik på at kunne rengøre den ene under fortsat drift. Under normal drift er begge rør i drift.

Figur 3 viser en principskitse af varmepumperne.



Figur 3 Principskitse af varmepumpe.

Det ansøgte projekt er ikke midlertidigt.

3.3 Bekendtgørelse om kontrol med risikoen for større uheld med farlige stoffer. Nordjyllandsværket er en eksisterende risikovirksomhed. Nordjyllandsværket er omfattet af risikobekendtgørelsen som en kolonne 2-virksomhed på grund af oplag af ammoniak til røggasrensning.

Havvandsvarmepumperne skal anvende vandfrit ammoniak, kølemidlet R-1234ze eller CO<sub>2</sub> som arbejdsmedie.

Hvis der vælges ammoniak som kølemiddel, vil oplaget af dette være omfattet af risikobekendtgørelsen. Evt. ammoniakfyldningen på havvandsvarmepumperne er ikke fastlagt på nuværende tidspunkt, men vil blive mindre end 50 ton, og derfor vil ammoniakfyldningen på havvandsvarmepumperne alene ikke overstige risikobekendtgørelsens tærskelværdier, idet der heller ikke er følsom anvendelse indenfor 200 m. R-1234ze og CO<sub>2</sub> er ikke omfattet af risikobekendtgørelsen.

Rambøll har for Nordjyllandsværket gennemført en risikoidentifikation relateret til etablering af et havvandsvarmepumpeanlæg med vandfri ammoniak som kølemiddel og udarbejdet et tillæg til den eksisterende sikkerhedsdokumentation for Nordjyllandsværket. Risikoidentifikation og tillæg til sikkerhedsdokumentation er vedlagt i bilag 1.

De foranstaltninger som tænkes gennemført med henblik på at sikre lav risiko ved brug af ammoniak fremgår af Tabel 1.

Barrierenavn	Beskrivelse
Materialevalg havvandsrør	Alle dele (rør) i direkte kontakt med havvand i varmeveksleren er konstrueret i materialecertificeret titanium. Titaniums rør er korrosionsbestandige overfor saltvand, hvilket reducerer sandsynligheden for korrosion. Alle rørdele er sammensvejst, dvs. ingen pakninger, flanger eller lignende.
Shutdownventiler	Havvandsrørene udstyres med shutdownventiler, der lukkes ved detektion af ammoniakudslip (samtidigt med trip af havvandspumperne). Ammoniak vil på denne måde blive tilbageholdt i havvandrørene. Aktivering af shutdownventilerne vil ske ved kølemiddelsdetektering (ned til 10-30 ppm) i havvandsrøret.
Sikring mod vandhammer	Rør dimensioneres for at reducere sandsynligheden for vandhammer (trykstød).
Sikring mod isdannelse	Powerdown proces (styret af temperaturforskelle på havvand). Relativt højt flow af havvand gennem rør.
Sikring mod tilgroning og tilstopning	Etablering af filter med grovfilter monteret i indløbskanalen samt indbygget selvrensende roterende filter. Opvarmning (varmesanitering) af en afspærret røresektion (på havvandssiden omkring varmeveksler) for at fjerne tilgroning. Rensesystem (for at rense indersiden af varmevekslerløberne).
Sikring mod højt tryk	Sikkerhedsventiler for at kunne udlufte/aflaste systemet. Systemet er opbygget iht. trykudstyrsdirektivet (PED). Designtryk er højere end forekommende driftstryk.
Periodisk vedligehold og inspektion	Forebyggende og periodisk vedligehold og inspektion. Dette vil fastholdes i procedurer og instruktioner.
Sikker opstart af havvandssystem	Fyldesekvens under opstart af pumpning. Dette vil fastholdes i procedurer og instruktioner.
Udluftning fra varmpumpehal	Udluftning (ventilation) fra varmpumpehallen er over tag (15 meter over terrænniveau). Ventilation er styret af ammoniakdetektion. Ved detektion skal der være forceret drift af ventilation (ifølge EN 378).
Ammoniakdetektion med alarm	Detektion af ammoniak (grænse for personskaade ifølge AT-grænseværdier) vil medføre alarm (lyd og lys) ved adgang til varmpumpehallen. I tilfælde af et ammoniakudslip, vil personer blive orienteret via en visuel/akustisk alarm, og anlægget vil lukkes ned (ved fastsat grænseværdi). Systemet skal afprøves regelmæssigt.
Væskedetektion på kompressor	Indbygget detektion af væske i tilgang til kompressor. Detektion tripper kompressor.
Personligt beskyttelsesudstyr	Det personlige beskyttelsesudstyr på Nordjyllandsværket inkluderer helmasker med filter, beskyttelsesdragter, briller og handsker, escapehoods samt personbårne gasdetektorer. Personale medbringer altid escapehood med påmonteret ammoniakfilter ved arbejde i varmpumpehallen.
Procedure for sikkert arbejde	Det findes arbejdstilladelser for sikkert arbejde, herunder formular for tilladelse til varmt arbejde.
Lav eksponering	I de fleste tilfælde vil der være mulighed for, at 3. part kan undgå skadeeffekter ved at søge bort eller på grund af, at 3. part befinder sig langt væk fra uheldet. Vindretningen har stor betydning for spredning af en gassky efter et udslip, og dermed det påvirkede område og antallet eksponerede personer (3.



Barrierenavn	Beskrivelse
	part). Et gasudslip vil kunne fortyndes i luft og vind (til under en koncentration under tærskelkoncentrationer/grænseværdier for giftighed).
Delvis lukket kanal	Kølekanalen er ca. 250 m og delvis lukket. Der vil være en stor vandmængde til at opblende et potentielt udslip af ammoniak til vand.
Certificerede medarbejdere	Vedligeholdelsesarbejde udføres af certificerede og sagkyndige medarbejdere.
Velventileret bygning	Varmepumpehallen er velventileret, hvilket reducerer sandsynligheden for havgus inde i bygningen.
Nødlukning af anlægget	Nødlukning af påfyldningsanlægget kan ske automatisk eller manuelt. Nedlukning indebærer, at kun mængden i slangen slipper ud.
Procedure for losning af ammoniak	Sikkerhedskultur med arbejdsinstruktion for losning af ammoniak, som bl.a. beskriver, at der altid skal være 2 personer med kendskab til proceduren til stede under påfyldning af ammoniakkredsen (dvs. chaufføren samt en person fra NJV).
Sikkerhedsudstyr tankbil	Slanger for tanktilkobling har "pull-away" koblinger, der lukker ved overrivning af slangerne. Lukning af rørbrudsventiler i tankbil.

Tabel 1 Foranstaltninger med henblik på at sikre lav risiko ved brug af ammoniak som kølemedie.

## 4. C. OPLYSNINGER OM ETABLERING

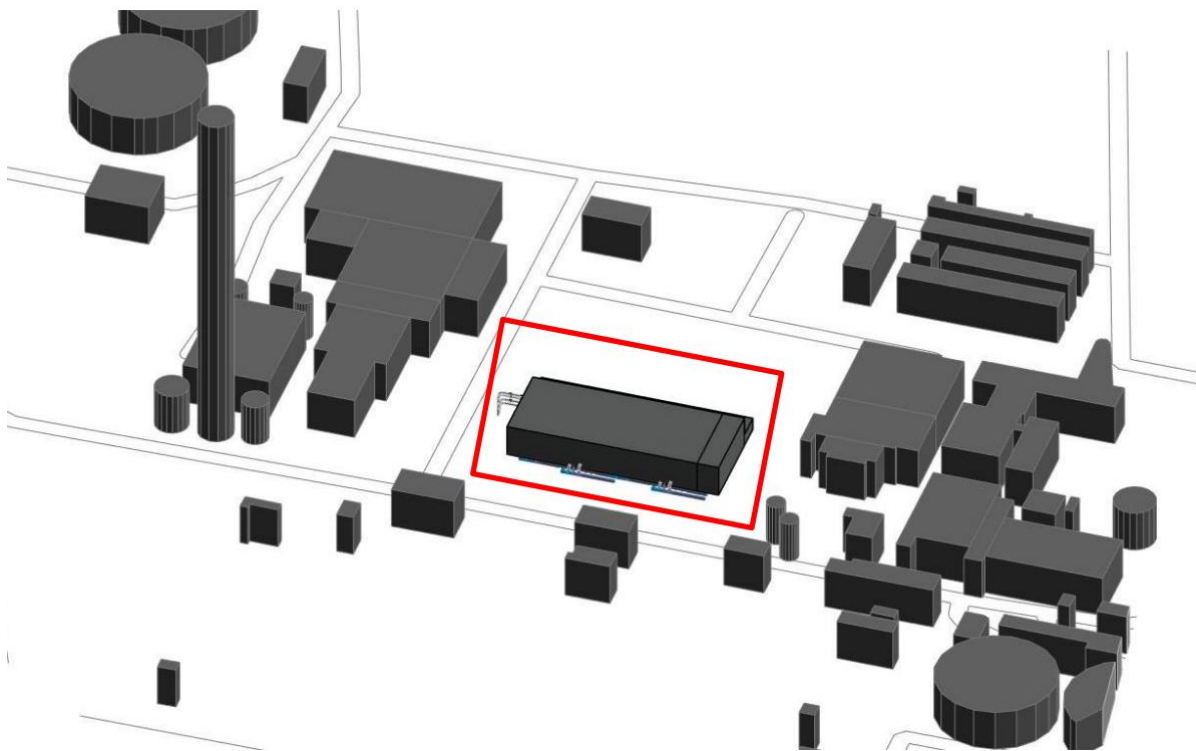
9) Oplysning om, hvorvidt det ansøgte kræver bygnings- eller anlægsmæssige udvidelser og/eller ændringer.

10) Forventede tidspunkter for start og afslutning af bygge- og anlægsarbejder og for start af virksomhedens drift. Hvis ansøgningen omfatter planlagte udvidelser eller ændringer, jf. miljøbeskyttelseslovens § 36, oplyses tillige den forventede tidshorizont for gennemførelse af disse.

### 4.1 Bygnings- eller anlægsmæssige udvidelser og/eller ændringer

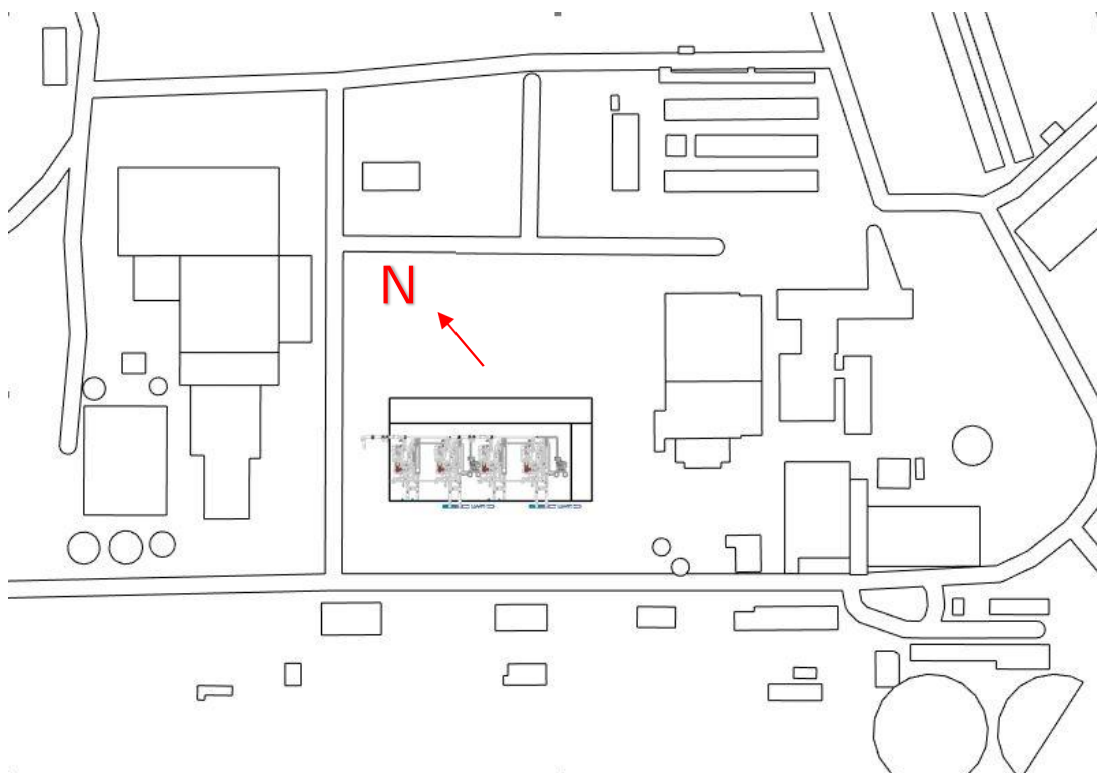
Der etableres en bygning (varmepumpebygning), der skal rumme de nye varmepumpesystemer inkl. alt sekundært udstyr.

Bygningen får et samlet areal på ca. 3.500 m<sup>2</sup> og en bygningshøjde på op til 15 meter, se placering på Figur 4 og Figur 5.



Figur 4 Afgrænsning og indretning af området med varmepumpeanlæg.





Figur 5 Situationsplan for placering af varmepumpebygning.

#### 4.2 Forventede tidspunkter for start og afslutning af bygge- og anlægsarbejder og for start af virksomhedens drift

Anlægsperioden er 2023 – 2026.

Idriftsættelse af varmepumpeanlægget resulterende i 1. varmeproduktion forventes at ske 21/2 2025. Der vil pågå anlægsindkøring frem til 1/5 2025.

## 5. D. OPLYSNINGER OM VIRKSOMHEDENS PLACERING OG DRIFTSTID

11) Oversigtsplan i passende målestok med angivelse af virksomhedens placering i forhold til tilstødende og omliggende grunde. Planen forsynes med en nordpil.

12) Oplysning om virksomhedens daglige driftstid. Der angives desuden driftstid og -tidspunkter for de enkelte forurenende anlæg og aktiviteter, herunder støjkluder, hvis de afviger fra den samlede virksomheds driftstid. Hvis virksomheden er i drift på lørdage eller søn- og helligdage, skal dette oplyses.

13) Oplysninger om til- og frakørselsforhold samt en vurdering af støjbelastningen i forbindelse hermed.

### 5.1 Virksomhedens placering i forhold til tilstødende og omliggende grunde.

Havvandsvarmepumpeanlæg skal placeres ved Nordjyllandsværket på Nefovej og vil blive drevet af Nordjyllandsværket, Aalborg Forsyning.

Havvandsvarmepumpeanlægget er tænkt ind som en del af et kommende udviklingsområde "Det grønne testcenter" ved Nordjyllandsværket, som er en del af Aalborg Forsynings strategi for at erstatte Nordjyllandsværket med bæredygtige energikilder. Nordjyllandsværket skal nedlukkes senest i 2028, men der er politisk interesse i at nedlukke værket tidligere (muligvis i 2025).

Havvandsvarmepumperne placeres på matr.nr. 5 og 8 Vesterladen, Horsens, som er omfattet af lokalplan 5-9-101: "Nordjyllandsværket, landområde Nord" fra november 2011. Havvands ind- og udtag er placeret på matr.nr. 8. Formålet med lokalplanen er at kraftværket kan udbygges, herunder med faciliteter, så der kan anvendes biomasse som del af brændslet og i øvrigt med hen blik på at reducere eller genanvende miljøproblematiske restprodukter og nedsætte CO<sub>2</sub>-udledningen.

Lokalplanen omfatter 3 delområder:

A Kraftværk mv.

B Havn og oplag

C Friluftstation og oplag

Varmepumpebygningen etableres i delområde A, mens indløb og udløb etableres i delområde B. Delområderne må anvendes til:

#### Delområde A

- Tekniske anlæg (kraftvarmeværk mv.)
- Oplagsvirksomhed o.l.
- Industri med særlige beliggenhedskrav

#### Delområde B

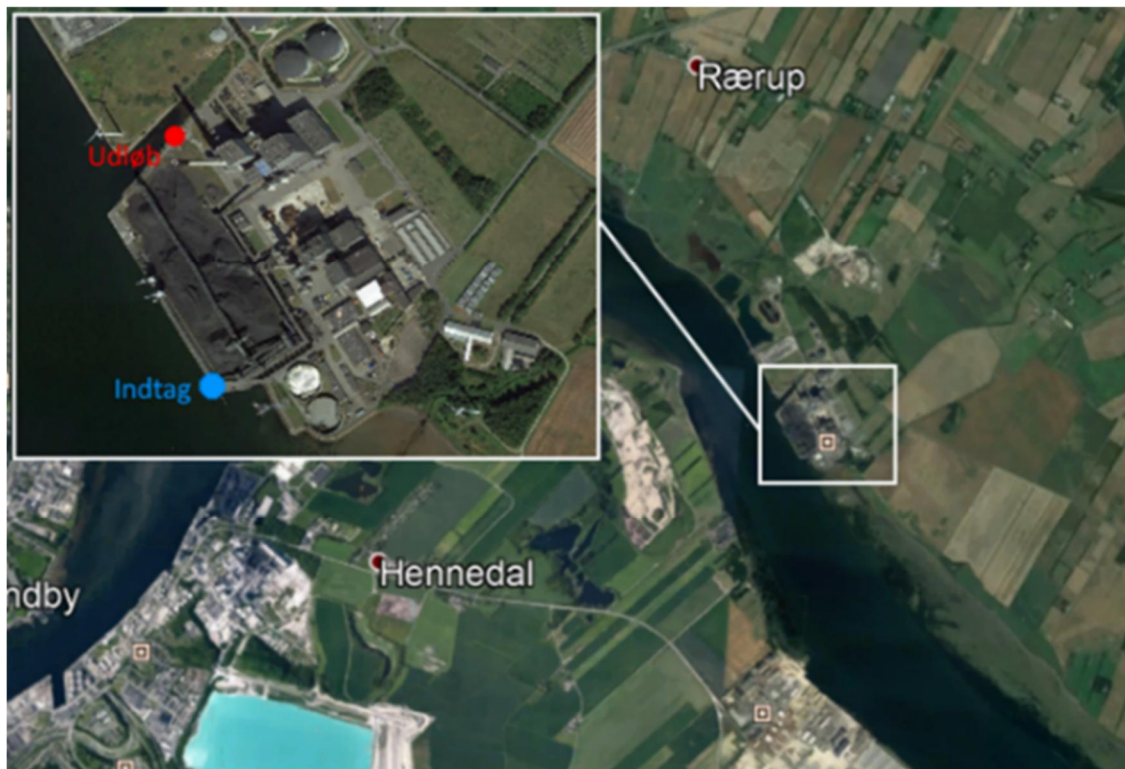
- Tekniske anlæg (kraftvarmeværk mv.)
- Oplagsvirksomhed o.l.
- Industri med særlige beliggenhedskrav
- Naturområder

Det vurderes derfor, at det søgte projekt ligger inden for rammerne af lokalplanen.

En ny lokalplan for området " LOKALPLAN 5-9-109, Erhvervspark og Grønt Testcenter, Norbis

Park, Landområde nord" er under udarbejdelse. Lokalplanen forventes at komme til politisk behandling og offentlig høring i sommer/efterår 2022. Den nye lokalplan vil rumme mulighed for etablering af havvandsvarmepumpe.

På Figur 6 er vist projektets placering i forhold til anden areal udnyttelse i omgivelserne.



Figur 6 Placering af det ansøgte projekt i forhold til omgivelserne.

## 5.2 Oplysning om virksomhedens daglige driftstid.

Varmepumpeanlægget forventes at være i drift året rundt med størst produktion i vintermånederne.

Tabel 2 viser havvandspumpesystemets driftsdata og årlige driftstimer.

Period	Months	Sea water Temperature	District heat Supply	District heat Return	Full load hours	
		°C	°C	°C	0-100 MW Hours per year	100-150 Hours per year
1	Dec, Jan, Feb	3	90	38	1600	1600
2	Mar, Apr, Nov	6	90	38	1200	600
3	May, Sep, Oct	9	90	40	800	300
4	Jun, Jul, Aug	15	75	40	400	-
Total per year					4000	2500

Tabel 2 Varmepumpesystems årlige driftstimer.

### 5.3 Oplysninger om til- og frakørselsforhold.

Til- og frakørsel sker af Nefovej via Halsvej. Fra Halsvej er der ca. 3,5 km til motorvej E45.

I forhold til havvandspumpeanlægget vil der kun være behov for til- og frakørsel i forbindelse med servicering af anlægget. Til- og frakørsel til og fra anlæggene vurderes ikke at give anledning til støjgener.

## 6. E. TEGNINGER OVER VIRKSOMHEDENS INDRETNING

14) Den tekniske beskrivelse, jf. punkt F og H, skal ledsages af tegninger, der i relevant omfang viser følgende:

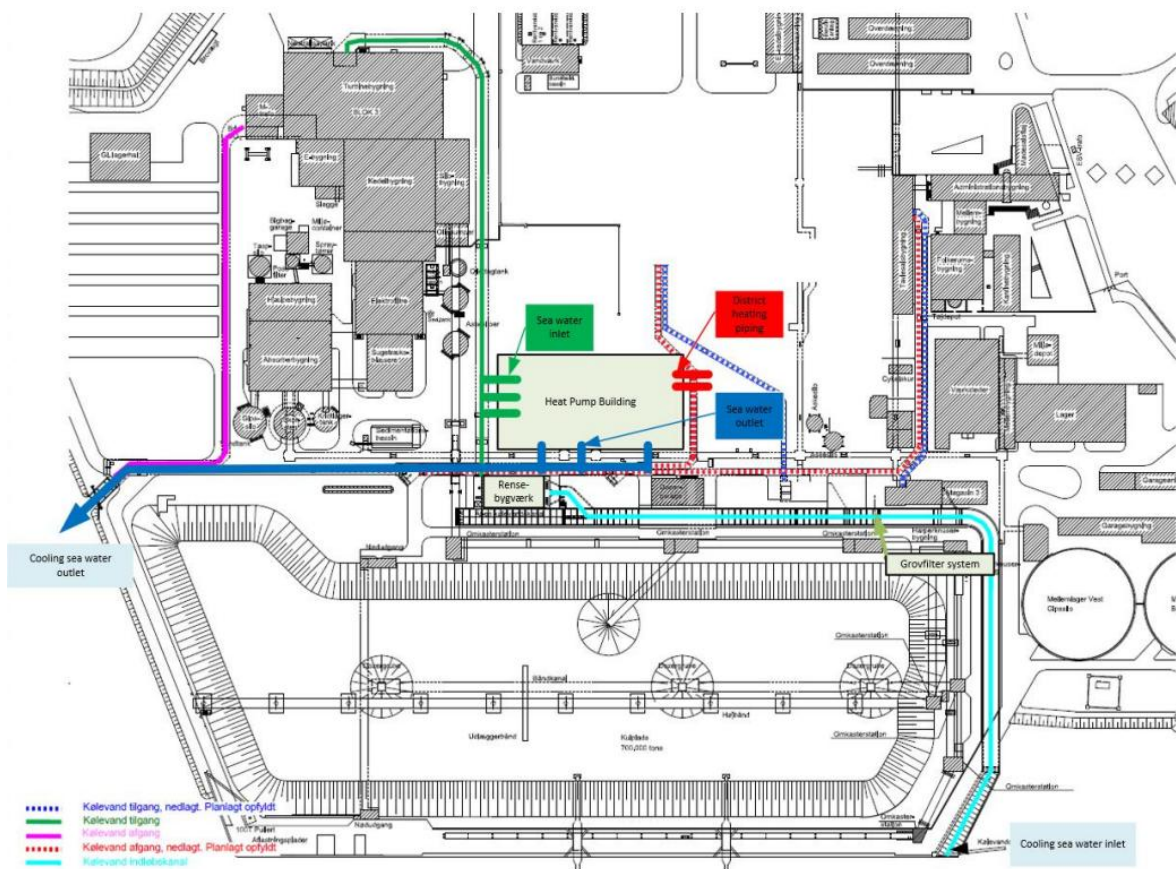
- Placering af alle bygninger og andre dele af virksomheden på ejendommen.
- Produktions- og lagerlokalers placering og indretning, herunder placering af produktionsanlæg m.v.
- Hvis der foretages arbejde udendørs, angives placeringen af dette.
- Placering af skorstene og andre luftafkast.
- Placering af støj- og vibrationskilder.
- Virksomhedens afløbsforhold, herunder kloakker, sandfang, olieudskillere, brønde og tilslutningssteder til spildevandsforsyningselskabet
- Befæstede arealer.
- Placering af oplag af råvarer, hjælpestoffer og affald, herunder overjordiske såvel som nedgravede tanke og beholdere til olie og kemikalier samt rørføring.
- Interne transportveje.

Tegningerne skal forsynes med målestok og nordpil.

### 6.1 Tegninger over virksomhedens indretning

Figur 7 viser det overordnede layout. Tegningsmateriale fra forprojektet er vedlagt i bilag 3.

Der er på nuværende tidspunkt ikke udarbejdet tegninger for indretningen af projektet, herunder placering af oplag af råvarer, hjælpestoffer og affald og evt. tanke mv. Dette gælder tillige virksomhedens afløbsforhold herunder kloakker, brønde og tilslutningssteder til spildevandsforsyningselskabet.



Figur 7 Placering af anlæggene på Nefovej.

Placering af indløb og udløb af havvand fra havvandspumperne fremgår af Figur 7.

Placering af væsentlige støjkloder er vist i vedlagte støjrapport (bilag 2).

Der etableres ikke skorstene eller andre luftafkast end rum-ventilation og nødventilation.

Endeligt tegningsmateriale eftersendes, når dette foreligger.

## 7. F. BESKRIVELSE AF VIRKSOMHEDENS PRODUKTION

15) Oplysninger om samlet produktionskapacitet samt art og forbrug af råvarer, energi, vand og væsentlige hjælpestoffer, herunder mikroorganismer.

16) Systematisk beskrivelse af virksomhedens procesforløb, herunder materialestrome, energiforbrug og - anvendelse, beskrivelse af de væsentligste luftforurenings- og spildevandsgenererende processer/aktiviteter samt affaldsproduktion. De enkelte forureningskilder angives på tegningsmaterialet.

17) Oplysning om energianlæg (brændselstype og maksimal indfyret effekt).

18) Oplysninger om mulige driftsforstyrrelser eller uheld, der kan medføre væsentlig forøget forurening i forhold til normal drift.

19) Oplysninger om særlige forhold i forbindelse med opstart/nedlukning af anlæg.

7.1 Oplysninger om samlet produktionskapacitet samt art og forbrug af råvarer, energi, vand og væsentlige hjælpestoffer

### 7.1.1 Produktionskapacitet

Projektet omfatter etablering af nye varmepumper med en produktionseffekt på op til i alt 150 MW.

Da anlægget er prioriteret efter Reno-Nord og Portland, forventes anlægget jævnfør Bygherres designkriterier årligt at producere 525.000 MWh varme, hvoraf ca. 325.000 MWh varme kommer fra afkøling af havvandet og ca. 200.000 MWh er tilført elektrisk energi. Da varmepumpeanlægget ikke kan producere ved lave havvandstemperaturer, forudsættes anlægget stoppet i 500 fuldlasttimer, hvilket betyder, at  $500 * 150 \text{ MW} = 75.000 \text{ MWh}$  varmeproduktion skal produceres på andre produktionsanlæg, f.eks. elkedler. Anlæggene har en årsmiddel virkningsgrad (COP) på omkring 300 %, og producerer dermed 3,0 MWh fjernvarme, hver gang de forbruger 1 MWh el.

### 7.1.2 Råvarer, energi, vand og væsentlige hjælpestoffer

Tabel 3 viser tekniske data for varmepumpeanlægget.



150 MW Havandsvarmepumpe		
El-forbrug	325.000	MWh
Type	Skrue- eller centrifugalkompressorer	
Smøreolie	500	kg/år
Kølemiddel - fyldning	NH <sub>3</sub> (R717) HFO (R1234ze(E)) CO <sub>2</sub> (R744)	Max. 50 ton Max. 88 ton Max. 60 ton
Havvandsflow Minimum drift Normal drift Maksimal drift	8,6 8,9 9,5	m <sup>3</sup> /s
<u>Havvandsflow, max</u> Normal drift	208.260.000	m <sup>3</sup> /år
Maksimal havvandskøling	6	K
Forventet årlig driftstid	6.500	Equivalent. fuldlasttimer

Tabel 3 Tekniske data for havvandsvarmepumpeanlægget herunder oplysninger om råvarer.

For en 150 MW havvandsvarmepumpe forventes nedkøling af returvandet på op mod 6 °C samt en vandføring på op mod ca. 13 m<sup>3</sup>/s (dog ikke samtidigt forekommende). Scenarier for vandføring samt tilhørende ΔT (nedkøling) for 150 MW havvandsvarmepumpe er vist i Figur 8.

### 150 MW

Q <sub>c</sub> - KW	COP	Q <sub>0</sub> - KW	dT - °C	V - m <sup>3</sup> /h	V - m <sup>3</sup> /s
150000	2,5	90000	2	39427	10,95
150000	3	100000	2	43807	12,17
150000	3,5	107143	2	46936	13,04
150000	2,5	90000	3	26284	7,30
150000	3	100000	3	29205	8,11
150000	3,5	107143	3	31291	8,69
150000	2,5	90000	4	19713	5,48
150000	3	100000	4	21904	6,08
150000	3,5	107143	4	23468	6,52
150000	2,5	90000	5	15771	4,38
150000	3	100000	5	17523	4,87
150000	3,5	107143	5	18775	5,22
150000	2,5	90000	6	13142	3,65
150000	3	100000	6	14602	4,06
150000	3,5	107143	6	15645	4,35

Figur 8 Scenarier for vandføring samt tilhørende nedkøling.



Ledningerne er indrettet, så der umiddelbart kan indsendes en "gris", der renser røroverfladen. Varmevexlerinstallationen vil bestå af flere vekslere i parallelforbindelse. De vil en ad gangen kunne renses for belægninger ved at gennemspule dem med varmt vand (50 °C), som løsner muslinger mv.

Der vil ikke blive anvendt kemisk rensning eller pesticider til at fjerne muslinger mm.

Kølemidlet R1234ze er en af de nye klimavenlige HFC-gasser (såkaldte HFO'er), der er undtaget forbud/begrænsninger i "Bekendtgørelse om regulering af visse industrielle drivhusgasser"<sup>1</sup>.

## 7.2 Beskrivelse af virksomhedens procesforløb, herunder materialestrømme, energiforbrug og væsentlig forureningsmæssige forhold

Varmepumpernes varmekilde er havvand, som ved hjælp af el pumpes ind fra havnebassinet. Havvandet føres direkte frem til havvandsvarmepumpen (VP), inden det returneres til havvandsudløbet.

Indtag og udløb er adskilte for at undgå termisk kortslutning, se bemærkning under afsnit om udledning af havvand.

Havvands-varmepumperne kommer til at producere nominelt 150 MW varme med et havvandsflow på max. 13 m<sup>3</sup>/s.

Projektet omfatter ikke yderligere energianlæg.

Anlægget vil være ubemandet, men der vil blive udført daglig rundring og vedligehold.

Havvandsindløbet forsynes med et grovfilter, som frasorterer fremmedlegemer, og et fint filter (maskestørrelse ca. 5 mm) umiddelbart før vekslerne, som også beskytter fisk og fiskeyngel mod at blive beskadiget. Filtrene er udstyret med automatisk returskyl. Figur 9 viser et eksempel på filter.



Figur 9 Havvandsfilter.

<sup>1</sup> Bekendtgørelse om regulering af visse industrielle drivhusgasser, BEK nr. 1013 af 13/05/2021

### 7.3 Oplysninger om mulige driftsforstyrrelser eller uheld

(18) Oplysninger om mulige driftsforstyrrelser eller uheld, der kan medføre væsentlig forøget forurening i forhold til normal drift.

I forbindelse med driften af det nye havvandsvarmepumpeanlæg er der identificeret følgende muligheder for driftsforstyrrelser:

1. Blokering af havvandslednings indløb med større komponenter/fragmenter
2. Udslip af kølemiddel fra varmepumpe til rørledning med havvand
3. Slidtage på rørsystem med havvand
4. Begroninger i rør og varmeveksler med havvandskontakt
5. Kølemiddel udslip til luft fra havvandsvarmepumpeanlæg
6. Is-dannelse i varmevekslere

Forebyggelse af kølemiddel udslip til omgivelserne (luft) og til havvandet er beskrevet under afsnit om risiko og udledning af havvand til recipient.

De resterende foranstaltninger til forebyggelse af uheld mm. er uddybet under afsnit 11.

### 7.4 Oplysninger om særlige forhold i forbindelse med opstart/nedlukning af anlæg

I forhold til påfyldning af kølemidler på de nye havvandsvarmepumper skal der tages særlige sikkerhedsmæssige/arbejds miljømæssige hensyn.

Ved evt. eftersyn eller nedlukning af anlægget skal kølemidler tappes af og enten opbevares i etableret ekstra tank eller afleveres på godkendt modtageanlæg under hensyn til overholdelse af miljø- og arbejdsmiljølovgivningen.

Der udarbejdes procedurer og instruktioner for sikker opstart af havvandssystem.

## 8. G. OPLYSNINGER OM VALG AF DEN BEDSTE TILGÆNGELIGE TEKNIK (BAT)

20) Redegørelse for, at der med de valgte teknikker med henblik på at begrænse råvare- og energiforbrug, affaldsfrembringelse og emissioner til luft, vand og jord er truffet de nødvendige foranstaltninger til at forebygge og begrænse forureningen ved anvendelse af BAT. Redegørelsen baseres på kriterierne i bilag 5.

I de tilfælde hvor der foreligger relevante BAT-konklusioner eller konklusioner i eksisterende BAT-referencedokumenter, jf. bilag 8, baseres redegørelsen på disse. En samlet oversigt over redegørelsens indhold findes på Miljøstyrelsens hjemmeside i form af BAT tjeklister.

Hvis der anvendes stoffer, som er optaget på "Listen over uønskede stoffer", skal der redegøres særskilt for, hvorfor disse ikke kan substitueres.

### 8.1 Redegørelse om BAT

Projektet bidrager positivt til energianlægs overholdelse af BAT 12, pkt. k, i EU Kommissionens gennemførelsesafgørelse offentliggjort 17. august 2017 C (2017) 5225, der fastsætter konklusionerne om den bedst tilgængelige teknik (BAT-konklusioner) for store fyringsanlæg.

Der benyttes ikke stoffer, som er på Listen Over Uønskede stoffer (LOUS). Visse HFC stoffer er på denne liste, men dette gælder ikke kølemidlet R-1234ze, som er en såkaldt HFO forbindelse med en GWP (Global Warming Potential) værdi på mindre end 1 og et ODP (Ozon Depletion Potential) på 0<sup>2</sup>, hvilket betragtes som BAT. Kølemidlet er derfor ikke omfattet af den danske bekendtgørelse om regulering af visse industrielle drivhusgasser.

BREF-dokumentet om Energieffektivisering fra juni 2008 er også relevant at betragte i relation til dette projekt<sup>3</sup>, idet dokumentet indeholder retningslinjer og konklusioner angående energi-effektivitetsteknikker, der anses for at være forenelige med den bedste tilgængelige teknik i generel forstand for alle anlæg, der er omfattet af IPPC-direktivet. Det vurderes at anvendelse af det nye varmpumpeanlæg sammen med de øvrige produktionsanlæg netop opfylder dette punkt.

Havvandsvarmpumpeanlægget er tænkt ind som en del af et kommende udviklingsområde "Det grønne testcenter" ved Nordjyllandsværket, som en del af Aalborg Forsynings strategi for at erstatte Nordjyllandsværkets med bæredygtige energikilder.

<sup>2</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/1,3,3,3-Tetrafluoropropene>

<sup>3</sup> BAT/BREF om Energieffektivitet: <https://mst.dk/erhverv/industri/bat-bref/liste-over-alle-brefer/energieffektivitet/>

## 9. H. OPLYSNINGER OM FORURENING OG FORURENINGSBEGRÆNSENDE FORANSTALTNINGER

### 9.1 Luftforurening

21) For hvert enkelt stof eller stofklasse angives massestrømmen for hele virksomheden og emissionskoncentrationen fra hvert afkast, som er nævnt under punkt 14. Der angives endvidere emissioner af lugt og mikroorganismer. For de enkelte afkast angives luftmængde og temperatur.

Stofklasser, massestrøm og emission angives som anført i Miljøstyrelsens gældende vejledninger om begrænsning af lugt- og luftforurening fra virksomheder.

For mikroorganismer oplyses det systematiske navn, generel biologi og økologi, herunder eventuel patogenicitet, samt muligheder for overlevelse/påvirkning af det ydre miljø. Koncentrationen af mikroorganismer i emissionen angives.

Beskrivelse af de valgte rensningsmetoder og rensningsgraden for de enkelte tilførte stoffer og mikroorganismer.

22) Oplysninger om virksomhedens emissioner fra diffuse kilder.

23) Oplysninger om afvigende emissioner i forbindelse med opstart/nedlukning af anlæg.

24) Beregning af afkasthøjder for hvert enkelt afkast med de beregningsmetoder, der er angivet i Miljøstyrelsens gældende vejledninger om begrænsning af lugt- og luftforurening fra virksomheder.

#### 9.1.1 Stofklasser, massestrøm og emissioner

Projektet omfatter ved normal drift ingen punktkilder for emissioner til luft udover rumventilation. Idet varmepumperne består af lukkede kredse, indfører projektet ingen emissioner fra diffuse kilder. Der etableres dog nødventilation, som kan aktiveres i tilfælde af kølemiddel udslip.

#### 9.1.2 Afvigende emissioner ved opstart/nedlukning af anlæg

Der forekommer ikke emissioner i forbindelse med korrekt start og stop af varmepumperne.

#### 9.1.3 Beregning af afkasthøjder

Ikke nødvendigt.

#### 9.1.4 Lugt

Der forventes ingen lugt emission fra havvandsvarmepumpeanlægget ved normal drift.

### 9.2 Spildevand

25) Hvis der søges om tilladelse til at aflede spildevand, skal virksomheden give følgende basisoplysninger for hver spildevandstype:

– Oplysning om oprindelse, herunder om der f.eks. er tale om produktionsspildevand, overfladevand, husspildevand, kølevand m.m.

– Oplysninger om maksimal mængde af spildevand afledt pr. døgn og pr. år samt variationen i afledningen over døgn, uge, måned eller år.

– Oplysning om, hvorvidt spildevandet ønsket afledt til spildevandsforsyningselskabets spildevandsanlæg eller udledt direkte til vandløb, søer eller havet eller andet.

– Oplysninger om temperatur, pH og koncentrationer af forurenende stoffer samt oplysning om eventuelle mikroorganismer.

– Oplysning om art og kapacitet af renseforanstaltninger, herunder sandfang og olieudskillere.

– Beskrivelse af de valgte rensningsmetoder og rensningsgraden for de enkelte tilførte stoffer og mikroorganismer.

26) Hvis der søges om tilladelse til direkte udledning af stoffer til vandløb, søer eller havet, kan miljømyndigheden kræve yderligere oplysninger, jf. den til enhver tid gældende bekendtgørelse om krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet samt bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4.

Hvis virksomheden ønsker at udlede 22 tons kvælstof eller 7,5 tons fosfor pr. år eller derover til vandløb, søer eller havet, skal ansøgningen tillige ledsages af de oplysninger, der fremgår af den til enhver tid gældende bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4.

#### 9.2.1 Afledning til rensningsanlæg

Projektet indfører ikke processer, hvorfra der frembringes processpildevand. Sanitært spildevand afledes til spildevandskloak.

#### 9.2.2 Afledning af regnvand/overfladevand

Regnvand håndteres lig eksisterende situation, hvor regnvand føres til eksisterende regnvands-system. Mængden forventes ikke at ændres i forhold til situationen i dag.

#### 9.2.3 Direkte udledning til recipient

Varmepumpernes varmekilde er havvand. Havvandet pumpes ind fra Limfjorden. Havvandet føres direkte frem til havvandsvarmepumpen, inden det returneres til havvandsudløbet.

Den planlagte havvandsvarmepumpeanlæg påtænkes at anvende de eksisterende kølevandskanaler og således vil beliggenhed af indtag og udløb som udgangspunkt forblive uændret fremover. Indtag og udløb adskilles for at undgå termisk kortslutning. Aalborg Forsyning fastsætter krav om at driften af havvands-varmepumpeanlægget højst må give anledning til at nedkøle havvandet lokalt med 6 °C ved udløbet. Havvandsmængden udgør op til 13 m<sup>3</sup>/s.

Under eksisterende forhold ledes der opvarmet kølevand ud, når blok 3 er i drift på Nordjyllandsværket. Ved drift af havvandsvarmepumpen vil det udledte havvand være ca. 2-6 °C koldere end det indpumpede vand. Det afkølede vand vil føre til sænkning af vandtemperaturen lokalt omkring havvandsudledningen ved Nordjyllandsværket. Der er udført modelberegninger for kuldespredning, jf. bilag 5.

Der er gennemført en Natura 2000-væsentlighedsvurdering og vurdering i forhold til Vandrammedirektivet. Denne er vedlagt som bilag 6. Effekten af udledning af nedkølet vand fra havvandsvarmepumpen vurderes at være meget begrænset.

Havvands-indløbstemperaturen vil blive målt ved flere punkter med henblik på at udtrykke den korrekte havvandstemperatur, og der vil blive benyttet frekvensstyring af havvandsvarmepumper og varmepumpers fordampning med henblik på nøjagtig temperaturregulering af havvandets udløbstemperatur.

Havvandsindløbet forsynes med et grovfilter, som frasorterer drivtømmer og andre fremmedlegemer, og et fint filter, som også beskytter fisk og fiskeyngel mod at blive beskadiget.

Begroning af muslinger i rørledningerne hindres eller minimeres ved at anvende rør med glat overflade og høj strømningshastighed (>2 m/s). For at modvirke begroninger vil der blive opretholdt et flow i rørledningerne, selvom der ikke produceres varme på havvandsvarmepumpen.

Ledningerne indrettet, så der umiddelbart kan indføres en "gris", der renser røroverfladen, dvs. ved hjælp af mekanisk rensning og gennemspuling af rør. Der vil ikke blive anvendt kemisk rensning eller pesticider.

Der vil blive stillet krav til design af havvandsvarmepumperne med henblik på at minimere (undgå) risiko for udslip af kølemiddel til havvandet. Der etableres lækagedetektion for NH<sub>3</sub> og (R1234ze(E)). Havvandsrørene udstyres med shutdown-ventiler, der lukkes ved detektion af udslip.

Havvandstemperaturer under 1 °C vil potentielt give anledning til isdannelse i varmevekslerne og dermed risiko for beskadigelse af udstyr. Dette vil dog blive forebygget ved hjælp af hensigtsmæssig styring af varmeveksler.

### 9.3 Støj

27) Beskrivelse af støj- og vibrationskilder (inkl. lavfrekvent støj og infralyd), herunder intern kørsel og transport samt udendørs arbejde og materialehåndtering.

28) Beskrivelse af de planlagte støj- og vibrationsdæmpende foranstaltninger både for de enkelte støj- eller vibrationsfremkaldende anlæg, maskiner og køretøjer til intern transport og for virksomheden som helhed.

29) Beregning af det samlede støjniveau i de mest støjbelastede punkter i naboområderne udført som »Miljømåling - ekstern støj« efter Miljøstyrelsens gældende vejledninger om støj.

Varmepumpebygningen vil huse tre havvandsvarmepumper, én varmepumpe i hvert af de tre rum.

Der er udført beregning og vurdering af ekstern støj for fremtidige scenarier for Nordjyllandsværket. For scenarie indtil 2028 er der forudsat at Blok 3, med tilhørende kulplads, fortsat vil være i drift og at der opføres nye byggefelter med støjkluder. For andet scenarie, efter 2028, er der forudsat at Blok 3, med kulpladsen, er udfaset samt at der er opført nye byggefelter med støjkluder. Med drift af Blok 3 indtil 2028 er der forudsat eksisterende lempelse ved Hesteskoen. Efter 2028, hvor Blok 3, udfases forudsættes at lempelsen bortfalder.

Støjberegningerne viser, at grænseværdier overholdes med drift af Blok 3 og nye byggefelter, samt at der er plads til støj fra nye byggefelter efter udfasning af Blok 3.

Kopi af støjberegninger er vedlagt i bilag 2.

### 9.4 Affald

30) Oplysninger om sammensætning og årlig mængde af virksomhedens affald, herunder farligt affald.

31) Oplysninger om, hvordan affaldet håndteres og opbevares på virksomheden (herunder affald der indgår i virksomhedens produktion) og om mængden af affald og restprodukter, som oplagres på virksomheden.

Projektet vil ikke frembringe andet affald end affald fra kontoraktiviteter samt brugt smøreolie fra kompressorer. Det er estimeret, at der frembringes 500 kg pr. år, som bortskaffes til godkendt modtageanlæg.

Det kan ikke udelukkes, at der bliver behov for bortkørsel af affald i container med grov og finfilter materiale fra rensning af havvandsrør/indløb i tilfælde af unormal drift. Mængde er ukendt.

## 9.5 Jord og grundvand

32) Beskrivelse af de foranstaltninger, der er truffet til beskyttelse af jord og grundvand i forbindelse med henholdsvis håndtering og transport af forurenende stoffer, oplagspladser for fast eller flydende affald samt nedgravede rør, tanke og beholdere. Der skal oplyses om typen af belægning (materialer og udførelse) for virksomhedens befæstede arealer.

33) Redegørelse for om virksomheden er omfattet af kravet om udarbejdelse af basistilstandsrapport, jf. bekendtgørelsens § 14, og den til enhver tid gældende vejledning om basistilstandsrapport og ophørsforanstaltninger.

Ifølge godkendelsesbekendtgørelsen<sup>4</sup> skal de bilag 1-virksomheder, som bruger, fremstiller eller frigiver relevante farlige stoffer, som stammer fra en aktivitet omfattet af bilag 1 i bekendtgørelsen, udarbejde en rapport med oplysninger om og dokumentation for jordens og grundvands tilstand med hensyn til forurening (basistilstandsrapport) i forbindelse med godkendelse.

Det er kun de stoffer, der indgår som en integreret del af en IED-aktivitet, der skal medtages i vurderingen.

Udgangspunktet, for at vurdere om der skal udarbejdes basistilstandsrapport, er således om der bruges, frigives eller fremstilles farlige relevante stoffer.

Der er i nærværende vurdering taget udgangspunkt til godkendelsesbekendtgørelsens bilag 7 og EU kommissionens vejledning om basistilstandsrapporter af 6. maj 2014.

Iflg. EU kommissionens vejledning er farlige stoffer, de stoffer, der er anført i artikel 3 i Europa-Parlamentets og Rådets forordning nr. 1272/2008 af 16. december 2008 om klassificering, mærkning og emballering af stoffer og blandinger.

Vurdering af om stoffet er relevant, skal baseres på stoffets kemiske egenskaber og mængder samt en vurdering af om stoffet udgør en risiko for en længerevarende påvirkning af jord og grundvand inden for virksomhedens areal.

Dette projekt indeholder kølemidlerne CO<sub>2</sub>, ammoniak (NH<sub>3</sub>) og/eller R-1234ze (HFO forbindelse) samt brug af smøreolie.

Ammoniak findes i varmepumperne, der er opstillet i et sikret rum i VP-bygningen. Kogepunktet for den rene vandfri NH<sub>3</sub> gas er – 33 °C.

HFO kølemidlet R-1234ze er ligeledes en gas, som opbevares som væske i trykbeholder. Kogepunktet for dette kølemiddel er – 19 °C. Ved evt. udslip vil dette produktet også fordampe.

<sup>4</sup> Bekendtgørelse om godkendelse af listevirksomhed, BEK nr. 2080 af 15/11/2021

CO<sub>2</sub> er også en mulig forbindelse, som evt. kan blive introduceret som kølemiddel. CO<sub>2</sub> er en gas og ved spild går det på gasfasen. Kogepunktet for dette kølemiddel er -79 °C. Ved udslip vil det fordampe

Ved service af et anlæg, vil det være muligt at "flytte" kølemiddel over på en lager/servicetank til kølemiddel.

Evt. smøreolie (ny såvel som affaldsfraktion) vil blive opbevaret indendørs på tæt belægning.

På den baggrund vurderes det, at projektet ikke indfører stoffer eller produkter, der udgør en risiko i forhold til en længerevarende forurening af jord og grundvand. Det vurderes derfor, at der ikke er behov for udarbejdelse af basistilstandsrapport.

Ved en evt. lækage af kølemiddel i væskeform vil der ske følgende:

#### Ammoniak

Ved et ammoniakudslip vil væsken falde på gulvet og 10-15 % af væsken vil momentant fordampe, resten af væske vil være kølet ned til -33 °C og vil derefter kun langsomt fordampe. Den fordampede ammoniak vil stige til vejrs og blive fjernet ved ventilation (nødventilation). Ammoniakvæsken kan oversprayeres med vand og bliver til ammoniakvand ("Salmiakspiritus"), hvorefter væsken kan oppumpes af slamsuger eller pumpes til tank, hvorefter væske senere kan sendes til godkendt modtager.

#### HFO

HFO kan kun i mindre grad optages i vand, og da HFO er tungere end luft, vil væsken blive ved gulvet. Normalt vil lækagen blive ventileret væk.

#### CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub> er ligeledes tungere end luft, og man vil anvende samme proces som HFO ved en eventuel lækage.



## 10. I. FORSLAG TIL VILKÅR OM EGENKONTROL

34) Virksomhedens forslag til vilkår og egenkontrolvilkår for virksomhedens drift, herunder vedrørende risikoforholdene.

Egenkontrolvilkår bør indeholde:

- Forslag til kontrolmålinger, herunder prøvetagningssteder samt monitoringsprogram for jord og grundvand.
- Forslag til rutiner for vedligeholdelse og kontrol af rensningsforanstaltninger.
- Forslag til metoder til identifikation og overvågning af de aktuelle mikroorganismer i produktionen og i omgivelserne.
- Forslag til overvågning af parametre, der har sikkerhedsmæssig betydning.

Hvis virksomheden har et miljøledelsessystem, opfordres til at koordinere forslag til egenkontrolvilkår med miljøledelsessystemets rutiner.

Det forslås at der stilles vilkår om udarbejdelse af en række procedure med henblik på at vedligeholde, overvåge driften og at forebygge uheld, f.eks.:

- Procedure for eftersyn og rensning af indløbsfiltre for havvand
- Procedure for mekanisk rengøring af varmevekslere og rør
- Procedure i forbindelse med håndtering og registrering af kølemiddel udslip i bygning til havvandsvarmepumper
- Procedure for håndtering af kølemiddel udslip til havvandleddning
- Procedure for vedligeholdelse af måle- og alarmudstyr til måling af kølemidler i havvand samt rum til varmepumper.
- Kontrol og vedligehold af temperaturfølere ved havvandsindløb og -udløb
- Procedure for reaktion i tilfælde af afvigende ændring i havvandstemperatur
- Procedure for håndtering af isdannelse i varmeveksler
- Procedure for håndtering af blokering af havvandsindløb.
- Procedure for tømning af kølemiddel fra kølekreds til opbevaringstank i forbindelse med eftersyn

## 11. J. OPLYSNINGER OM DRIFTSFORSTYRRELSER OG UHELD

35) Oplysninger om særlige emissioner ved de under punkt 18 nævnte driftsforstyrrelser eller uheld.

36) Beskrivelse af de foranstaltninger, der er truffet for at imødegå driftsforstyrrelser og uheld.

37) Beskrivelse af de foranstaltninger, der er truffet for at begrænse virkningerne for mennesker og miljø af de under punkt 18 nævnte driftsforstyrrelser eller uheld.

I forbindelse med driften af det nye havvandsvarmepumpeanlæg er der identificeret følgende muligheder for driftsforstyrrelser:

1.                Blokering af havvandslednings indløb med større komponenter/fragmenter
2.                Udslip af kølemiddel fra varmepumpe til rørledning med havvand
3.                Slidtage på rørsystem med havvand
4.                Begrøninger i rør og varmeveksler med havvand
5.                Kølemiddel udslip til luft fra havvandsvarmepumpe-anlæg
6.                Is-dannelse i varmevekslere

Anlægget er forsynet med automatisk overvågning, og der vil straks blive reageret, hvis der opstår driftsforstyrrelser. Nedenfor fremgår de foranstaltninger, der etableres for at imødegå driftsforstyrrelser og uheld. Der henvises desuden til bilag 4, hvor der er redegjort nærmere for forsvarsbarrierer.

**Ad 1 Blokering af havvandslednings indløb med større komponenter/fragmenter**  
Havvandsrørene bliver forsynet med filtre/gitter, så elementer i vandet, som potentielt kan blokere et varmevekslerør tilbageholdes.

Havvandssystemets indtag bliver pumpet gennem et grovfilter med en maskestørrelse på 10 cm, samt efterfølgende gennem et selvrensende roterende filtersystem med en maskestørrelse på ca. 5 mm.

**Ad 2 Udslip af kølemiddel fra varmepumpe til rørledning med havvand**  
For at overvåge om der sker udslip af kølemiddel fra havvandsvarmepumperne til havvandet, etableres måling for kølemiddel i havvandsudløbet.

**Ad 3 Slidtage på rørsystem med havvand**  
Varmevekslerne i berøring med havvandet bygges i titanium for at korrosionsbeskytte med saltvandet.

Alle rørdele er sammensvejst, dvs. ingen pakninger, flanger eller lignende.

**Ad 4 Begrøninger i rør og varmeveksler med havvand**  
Havvandsindtag designes med henblik på at undgå dannelse af biofilm. Dette gøres ved f.eks. at opretholde en høj havvandshastighed, som vil minimere tid og omkostninger til rengøring.

Der vil blive foretaget opvarmning (varmesanitering) af afspærrede rørsektioner (på havvands-siden omkring varmeveksler) for at fjerne tilgroning.

Der etableres rensesystem til at rense indersiden af varmevekslerrørene.

Ad 5 NH<sub>3</sub> udslip til luft fra havvandsvarmepumpe

Hvis kølemidlet ammoniak (NH<sub>3</sub>) vælges stilles krav om, at oplagsmængden ikke må give anledning til at varmepumpeanlægget bliver omfattet af "Risikobekendtgørelsen". For NH<sub>3</sub> er tærskelmængden 50 ton, hvorfor mængden i anlæggene ikke må over overstige 50 tons.

Der etableres ammoniakdetektion med alarm.

Ad 6 Is-dannelse i varmevekslere

Havvandstemperaturen kan være under 1 °C og kan potentielt føre til isdannelse i varmeveksleren.

Havvandsflowet gennem fordamperrørene er relativt højt bl.a for at undgå dannelse af is.

Havvandsvarmepumpen kan ved en forudbestemt grænse, defineret ved en temperaturforskel mellem havvandet og havvandsvarmepumpens fordampningstemperatur, begynde en powerdown proces, hvor kølekapaciteten på fordamperen nedsættes, og derved undgå en tilfrysning af fordampere, og for til sidst at stoppe helt.

Tiltag for at undgå at en isdannelse udvikler sig, kan være at varmgas eller varm kølevæske fra havvandsvarmepumpens kondensatorside ledes til fordamperen, hvorved isdannelse meget hurtigt vil smelte og fjernes.

## 12. K. OPLYSNINGER I FORBINDELSE MED VIRKSOMHEDENS OPHØR

38) Oplysninger om, hvilke foranstaltninger ansøgeren agter at træffe for at forebygge forurening i forbindelse med virksomhedens ophør.

I forbindelse med eventuelt ophør vil tanke og rørsystemer bliver tømt for indhold og alt affald vil blive bortskaffet til godkendte modtager anlæg.

Faste belægninger, bygningsdele m.v., som ikke kan genbruges andre steder, vil enten blive overdraget til den efterfølgende ejer eller bortskaffet i henhold til Aalborg Kommunes anvisninger.

Der vil senest fire uger efter helt eller delvist driftsophør blive indsendt en anmeldelse om dette til tilsynsmyndigheden med et oplæg til vurderingen efter § 38 k, stk. 1, i lov om forurennet jord. Dette jf. § 50 stk. 3 og bilag 7 i godkendelsesbekendtgørelsen<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Bekendtgørelse om godkendelse af listevirksomhed, BEK nr. 2080 af 15/11/2021

## 13. L. IKKE-TEKNISK RESUME

39) Oplysningerne i ansøgningen skal sammenfattes i et ikke-teknisk resume.

Aalborg Forsyning A/S ønsker at etablere et 150 MW havvandsbaseret varmepumpeanlæg. Havvandsvarmepumpeanlæg skal placeres ved Nordjyllandsværket på Nefovej og vil blive drevet af Nordjyllandsværket, Aalborg Forsyning. Havvandsvarmepumpeanlægget er tænkt ind som en del af et kommende udviklingsområde "Det grønne testcenter" ved Nordjyllandsværket, som er en del af Aalborg Forsynings strategi for at erstatte Nordjyllandsværket med bæredygtige energikilder.

Varmepumpernes varmekilde er havvand, som ved hjælp af el pumpes ind fra Limfjorden. Havvandet føres direkte frem til havvandsvarmepumperne, inden det returneres til havvandsudløbet. Der fastsættes krav om at driften af havvands-varmepumpeanlægget højest må give anledning til at nedkøle havvandet lokalt med 6°C ved udløbet.

Havvandsvarmepumperne etableres i en ny varmepumpebygning bestykket med kølemiddeldetektorer og alarmer. Varmepumperne består af lukkede kredsløb overvåget for eventuel lækage af kølemiddel til havvand.

Havvandsindløbet forsynes med et grovfilter, som frasorterer drivtømmer og andre fremmedlegemer, og et fint filter, som også beskytter fisk og fiskeyngel mod at blive beskadiget. Havvandsindtag designes med henblik på at undgå dannelse af biofilm. Dette gøres ved f.eks. at opretholde en høj havvandshastighed, som vil minimere tid og omkostninger til rengøring. Der vil ikke blive anvendt kemisk rensning eller pesticider.

Der er lavet støjberegninger, som viser, at grænseværdier overholdes efter etablering af varmepumpeanlægget.

BILAG 1  
TILLÆG TIL SIKKERHEDSDOKUMENTATION

Til

**Risikomyndighederne**

Dokumenttype

**Tillæg til entation**

Dato

**Maj 2022**

# **NORDJYLLANDSVÆRKET**

## **TILLÆG TIL**

## **SIKKERHEDSDOKUMENTATION**

# NORDJYLLANDSVÆRKET

## TILLÆG TIL SIKKERHEDSDOKUMENTATION

Projekt navn **AAF – Tillæg til sikkerhedsrapport**  
Projektnr. **1100031193-023**  
Modtager **Risikomyndighederne**  
Dokumenttype **Rapport**  
Version **1.0**  
Dato **19-05-2022**  
Udarbejdet af **KRM (Rambøll)**  
Kontrolleret af **KRHL/JAG (Rambøll)**  
Godkendt af **KRHL (Rambøll)**  
Beskrivelse **Tillæg til sikkerhedsdokumentation for Nordjyllandsværket**

Rambøll  
Hannemanns Allé 53  
DK-2300 København S

T +45 5161 1000  
<https://dk.ramboll.com>



## INDHOLD

<b>Indledning</b>	<b>3</b>
<b>I. Oplysninger om virksomhedens ledelsessystem og organisation med henblik på forebyggelse af større uheld</b>	<b>4</b>
I.A. Organisation og personale	4
I.B. Identifikation og vurdering af risiko for større uheld (med farlige stoffer)	4
I.C. Driftskontrol	4
I.D. Kontrol af ændringer	5
I.E. Beredskabsplanlægning	5
I.F. Løbende overvågning	5
I.G. Gennemgang og vurdering	5
<b>II. Redegørelse for virksomhedens omgivelser</b>	<b>6</b>
II.A. Beskrivelse af virksomhedens beliggenhed og omgivelser, samt øvrige oplysninger, som er nødvendige for at bedømme virksomhedens risikomæssige forhold	6
II.B. Identificering af anlæg og aktiviteter på virksomheden, som kan udgøre en fare for et større uheld	6
II.C. Identificering af naborisikovirksomheder samt anlæg, der kan udgøre en kilde til risiko	7
II.D. Beskrivelse af de områder, som må påregnes at kunne blive berørt af et større uheld	7
<b>III. Beskrivelse af virksomheden</b>	<b>8</b>
III.A. Beskrivelse af de vigtigste aktiviteter og produktioner	8
III.B. Beskrivelse af processer, navnlig driftsbetingelserne	8
III.C. Beskrivelse af farlige stoffer	10
III.C.1. Ammoniak	10
<b>IV. Identifikation og analyse af uheldsrisici og forebyggelsesforanstaltninger</b>	<b>15</b>
IV.A. Beskrivelse af de mulige scenarier for større uheld	15
IV.A.1. Havvandsvarmepumpeanlæg, ammoniak	15
IV.B. Vurdering af omfanget og alvoren af større uheld	17
IV.B.1. Konsekvensberegninger for udvalgte uheldsscenarier	18
IV.B.2. Dominoeffekter	26
IV.B.3. Kvantificering af risikobilledet omkring risikovirksomheden (risiko for 3.part)	27
IV.B.4. Vurdering af risiko via barrieremetoden	28

IV.B.5.	Vurdering af risiko for ansatte	28
IV.C.	Redegørelse for tidligere uheld	29
IV.D.	Specifikation af udstyr og konkrete foranstaltninger	29
<b>V.</b>	<b>Beskyttelses- og sikringsforanstaltninger med henblik på at begrænse følgerne af et uheld</b>	<b>31</b>
V.A.	Beskrivelse af det udstyr, der er opstillet i forbindelse med anlægget, for at begrænse følgerne af større uheld	31
V.B.	Beskrivelse af håndtering af nødsituationer	31
V.C.	Beskrivelse af ressourcer, der kan mobiliseres internt og eksternt	31
V.D.	Beskrivelse af tekniske og ikke-tekniske foranstaltninger, der har betydning for begrænsning af følgerne af større uheld	32
<b>VI.</b>	<b>Ikke-teknisk resume</b>	<b>33</b>
<b>Referencer</b>		<b>34</b>

**Bilag:**

Bilag A: Tillæg til bilag D (Risikoidentifikation), maj 2022

## INDLEDNING

Nordjyllandsværket er et kraftvarmeværk beliggende nordøst for Aalborg ved Limfjordens nordlige bred. Produktionen er el og fjernvarme. Nordjyllandsværket er efter udskillelse af olieoplaget til Aalborg Havn en kolonne 2-risikovirksomhed. Nordjyllandsværket har en godkendt sikkerhedsrapport fra juni 2020, som er under opdatering til et sikkerhedsdokument.

Nordjyllandsværket ejes nu af Aalborg Forsyning, som overtog det fra Vattenfall 31. december 2015. Kraftværket har på sit højeste bestået af 3 enheder, hvoraf de to ældste blokanlæg, blok 1 & 2 pt. er under nedrivning, mens kraftvarmeværkets blok 3 er i drift.

Aalborg Kommunes byråd har, på basis af en af Miljø- og energiudvalget udarbejdet indstilling, i maj 2017 truffet beslutning om en strategiplan for fossilfri varmeproduktion i Aalborg varmes centrale forsyningsområde.

I planlægningen for den grønne omstilling ligger, at det eksisterende kraftvarmeværk blok 3 skal lukkes ned for såvel el- som varmeproduktion senest 2028.

Som led i strategiplanen og den grønne omstilling af Aalborg varmeforsynings varmeproduktion, har Aalborg Forsyning ønsket at igangsætte et forprojekt for etablering af et stort havvandvarmepumpeanlæg.

I projektet forventes det, at havvandsvarmepumperne skal anvende et af følgende kølemidler som arbejdsmedie:

- Vandfri ammoniak, NH<sub>3</sub> (R717)
- HFO, (R-1234ze(E))
- Kuldioxid, CO<sub>2</sub> (R744)

Hvis der vælges ammoniak som kølemiddel, vil oplaget af dette være omfattet af Risiko-bekendtgørelsen som farligt stof. HFO (R-1234ze(E)) og CO<sub>2</sub> er ikke omfattet af risikobekendtgørelsen.

Med dette tillæg til sikkerhedsdokumentationen dokumenteres:

- At faren for større uheld med farlige stoffer (vandfri ammoniak) relateret til havvandsvarmepumpeanlægget, er klarlagt.
- At der er truffet nødvendige og effektive forholdsregler til at forebygge og bedst muligt begrænse følgerne af sådanne uheld.

## I. OPLYSNINGER OM VIRKSOMHEDENS LEDELSESSYSTEM OG ORGANISATION MED HENBLIK PÅ FOREBYGGELSE AF STØRRE UHELD

Sikkerhedsledelsessystemet vil bygge på Nordjyllandsværkets eksisterende miljø- og kvalitetsledelsessystem og vil anvende de procedurer og instruktioner, der findes i dette system, hvor det findes relevant.

Derudover vil der blive udarbejdet specifikke procedurer og instruktioner for det nye havvandsvarmepumpeanlæg, hvor de generelle procedurer eller øvrige anlægsspecifikke instrukser ikke er dækkende.

### I.A. Organisation og personale

*Der er ingen risikomæssige ændringer i dette afsnit gældende organisation og personale i forhold til beskrivelserne i sikkerhedsrapporten fra juni 2020.*

### I.B. Identifikation og vurdering af risiko for større uheld (med farlige stoffer)

Der er af Rambøll i samarbejde med Nordjyllandsværket gennemført en risikoidentifikation og vurdering for havvandsvarmepumpeanlægget med fokus på farlige stoffer (dvs. vandfri ammoniak som kølemiddel).

Resultatet fra den gennemførte risikoidentifikation præsenteres i *Tillæg til bilag D (Risikoidentifikation)*, vedlagt som bilag A til dette tillæg til sikkerhedsdokumentation.

De nærmere forhold omkring gennemførelse af risikoidentifikationen og -vurderingen samt anvendte skadekriterier og tærskelværdier (for vurdering af konsekvenser og konsekvensafstand) er beskrevet i *PLAN-06EP-P03 Procedure for identifikation og vurdering af risiko med dokument nr. 1058*, vedlagt i bilag V til sikkerhedsrapporten fra juni 2020.

Risikoidentifikationen- og vurderingen beskæftiger sig udelukkende med farlige stoffer i henhold til Risikobekendtgørelsen og potentielle store uheld, der kan medføre skade på personer (ansatte/eksterne på virksomheden og på 3. part udenfor hegnet), samt udslip til miljøet.

*Der er ellers ingen risikomæssige ændringer i dette afsnit i forhold til beskrivelserne i sikkerhedsrapporten fra juni 2020.*

### I.C. Driftskontrol

Nye procedurer der er specifikke for anlægget, vil blive beskrevet her, når de er udarbejdet.

*Der er ellers ingen risikomæssige ændringer i dette afsnit gældende procedurer for vedligeholdelses- og reparationsarbejde eller gældende eksisterende driftsprocedurer for øvrige anlæg, som beskrevet i sikkerhedsrapporten fra juni 2020.*

**I.D. Kontrol af ændringer**

*Der er ingen risikomæssige ændringer i dette afsnit i forhold til sikkerhedsrapporten fra juni 2020.*

**I.E. Beredskabsplanlægning**

*Der er ingen ændringer til Procedure for beredskabsplanlægning med dokument nr. 2016-059562-20 (vedlagt som bilag E1 til sikkerhedsrapporten fra juni 2020).*

Håndteringen af nødsituationer følger de anvisninger, der er givet i dels anlægsleverandørens dokumentation og dels i Nordjyllandsværkets Beredskabsplan. *Inden idriftsættelse af havvandsvarmepumpeanlægget vil beredskabsplanen blive gennemgået og om nødvendigt opdateret.*

**I.F. Løbende overvågning**

*Der er ingen risikomæssige ændringer i dette afsnit i forhold til sikkerhedsrapporten fra juni 2020.*

**I.G. Gennemgang og vurdering**

*Der er ingen risikomæssige ændringer i dette afsnit i forhold til sikkerhedsrapporten fra juni 2020.*

## II. REDEGØRELSE FOR VIRKSOMHEDENS OMGIVELSER

### II.A. Beskrivelse af virksomhedens beliggenhed og omgivelser, samt øvrige oplysninger, som er nødvendige for at bedømme virksomhedens risikomæssige forhold

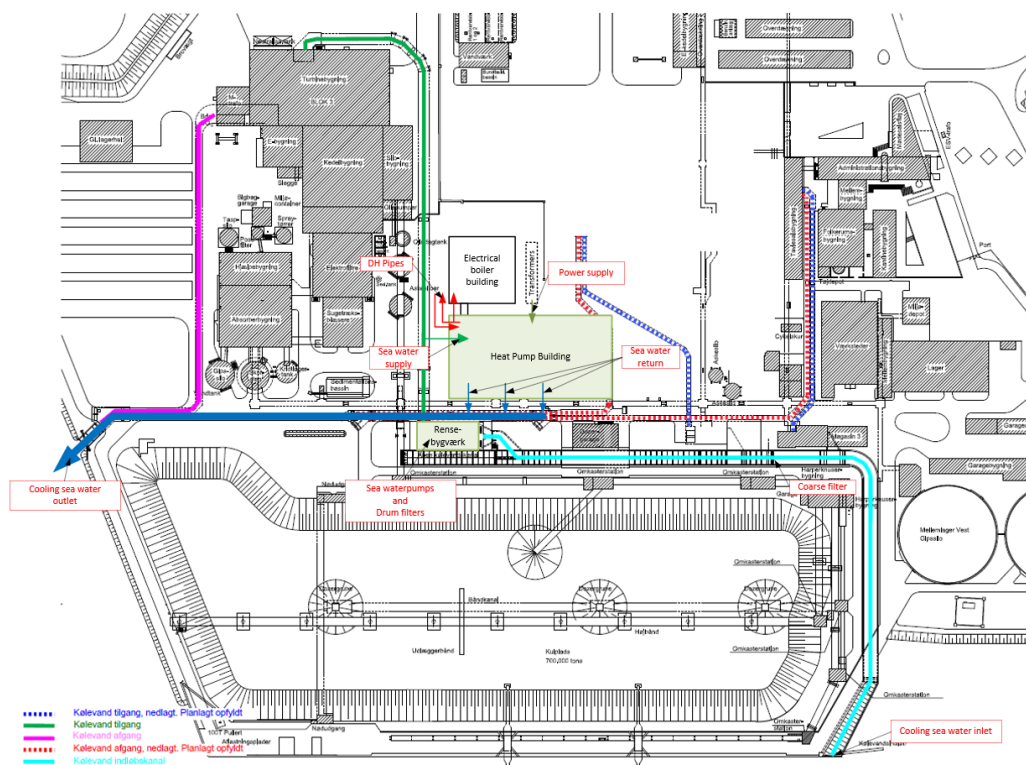
Der er ingen ændringer i dette afsnit gældende virksomhedens beliggenhed samt omgivelser i forhold til beskrivelserne i sikkerhedsrapporten fra juni 2020.

Det daglige medarbejderantal for havvandsvarmepumpeanlægget (inkl. håndværkere og administrativt personale) vil blive beskrevet, når design og drift af anlægget er på plads.

### II.B. Identificering af anlæg og aktiviteter på virksomheden, som kan udgøre en fare for et større uheld

Det planlagte havvandsvarmepumpeanlæg er baseret på, at energi optages fra havvandet i Limfjorden ved at afkøle havvandet. Derved overføres energien til Aalborg Forsynings fjernvarmenet.

Hele havvandsvarmepumpeanlægget placeres i en ny varmepumpebygning, der skal placeres nordvest for Rensebygværket på Nordjyllandsværkets område, se situationsplan nedenfor i Figur III-1.



Figur II-1 Situationsplan for placering af varmepumpehallen (markeret med lysegrøn farve) på virksomhedens eksisterende areal.

Havvandsvarmepumpeanlægget omfattes af følgende større delsystemer:

- Havvandssystem, inklusive havvandsindtag, grovfilter-system, roterende filtre og havvandsindtagspumper
- Varmepumpesystem, inklusive havvandsvarmepumpe/varmeveksler
- Fjernvarmetilslutning
- Kølevandstilslutning

Det eneste delsystem tilhørende havvandsvarmepumpeanlægget, som kan udgøre en fare for et større uheld (iht. farlige stoffer), er varmepumpesystemet om ammoniak, NH<sub>3</sub> (R717) anvendes som kølemiddel.

Selve varmepumpeanlægget placeres i en varmepumpehal (maskinhal) i varmepumpebygningen.

#### II.C. **Identificering af naborisikovirkninger samt anlæg, der kan udgøre en kilde til risiko**

*Der er ingen ændringer i dette afsnit gældende naborisikovirkninger samt andre anlæg i forhold til beskrivelserne i sikkerhedsrapporten fra juni 2020.*

#### II.D. **Beskrivelse af de områder, som må påregnes at kunne blive berørt af et større uheld**

Konsekvensberegningerne præsenteres i kapitel IV.B i dette tillæg til sikkerhedsdokumentation.

De største identificerede uheld vil ske indendørs, og disse uheld vil med meget stor sandsynlighed blive tilbageholdt i varmepumpehallen. Beregninger for uheldsscenario 2 (indendørs udslip af ammoniak fra læk eller brud på ammoniak kredsen i varmepumpehallen) indikerer, at et nedslag af gasskyen til terrænniveauet er muligt få sekunder efter et større udslip. I nedslagsområdet er der en AEGL-3 koncentration i en meget kort periode (mens udslippet foregår), hvorefter koncentrationen i området vil være lavere end AEGL-3.

Det identificerede uheldsscenario, der har beregnede konsekvensafstande, som potentielt kan medføre effekter på 3. part, er et to-faset udslip af vandfri ammoniak til området omkring påfyldningspladsen efter et større læk eller brud på slange (ved påfyldning af ammoniak kredsen).

Påfyldning af ammoniak kredsen fra tankbil vurderes at indtræffe en gang under anlæggets levetid (før idriftsættelse), og sandsynligheden for et uheld vurderes at være så lav, at uheldet ikke medtages i evt. beregning af stedbunden risiko.

Efterfyldning af ammoniak kredsen fra flaske, vurderes at have en større udslipssandsynlighed, men indeholder en meget mindre mængde (i forhold til udslip fra tankbil). Da LC1 koncentration ikke forekommer ved denne beregning, skal dette scenarie ikke medregnes i evt. beregning af stedbunden risiko.

Det vurderes dermed, at virksomhedens risikopåvirkning af omgivelserne udenfor skel er acceptabel, og der beregnes ikke stedbunden risiko (og dermed ikke samfundsmæssig risiko).

## III. BESKRIVELSE AF VIRKSOMHEDEN

### III.A. Beskrivelse af de vigtigste aktiviteter og produktioner

I dette afsnit beskrives de aspekter for havvandsvarmepumpeanlægget, som er vigtige ud fra et sikkerhedsmæssigt synspunkt.

Havvandsvarmepumpeanlægget udføres med minimum 3 individuelle varmepumper (dvs. 3 linjer) i varmepumpehallen.

Det er af Aalborg Forsyning besluttet, at havvandsvarmepumpeanlæg med tilhørende installationer designs som et 100-125 MW anlæg, dvs. med varmekapacitet på 100-125 MW og et temperatursæt på 3°C /40°C /90°C – havvand/fjernvarmevand retur/fjernvarme fremløb.

Efter at havvandskølevandet er blevet nedkølet i varmepumpesystemet, ledes kølevandet retur til Limfjorden gennem den eksisterende kølekanal, som har været anvendt til Blok 2.

Havvandsindtag og -udtag vil være lige store, og dermed udledes den samme mængde havvand, som der indtages. Højeste vandføring fra varmepumpe er ved 2 graders nedkøling, hvor flowet er ca. 13 m<sup>3</sup>/s, hvilket er en mindre andel af nettovandføringen på ca. 200 m<sup>3</sup>/s.

På baggrund af den ovennævnte anlægs- og aktivitetsbeskrivelse (se afsnit II.B) er det oplaget af ammoniak i varmepumpesystemet, der rent risikomæssigt fylder, og som kan udgøre en fare for et større uheld.

Ammoniaksystemet skal etableres efter EN 378 og CE-mærkes. Alt udstyr indeholdende ammoniak er placeret indendørs i varmepumpehallen.

Varmepumpehallen (maskinhallen) måler ca. 32,5·62,5·15 m, dvs. 30.500 m<sup>3</sup>.

Der forudsættes, at der ikke er sprinkling i varmepumpehallen (da sprinkling øger afdampning af et potentielt væskeformigt ammoniakudslip og dermed øger risikoen).

Der er normalventilation af varmepumpehallen. Forceret ventilation aktiveres, såfremt der forekommer en ammoniaklækage i varmepumpehallen.

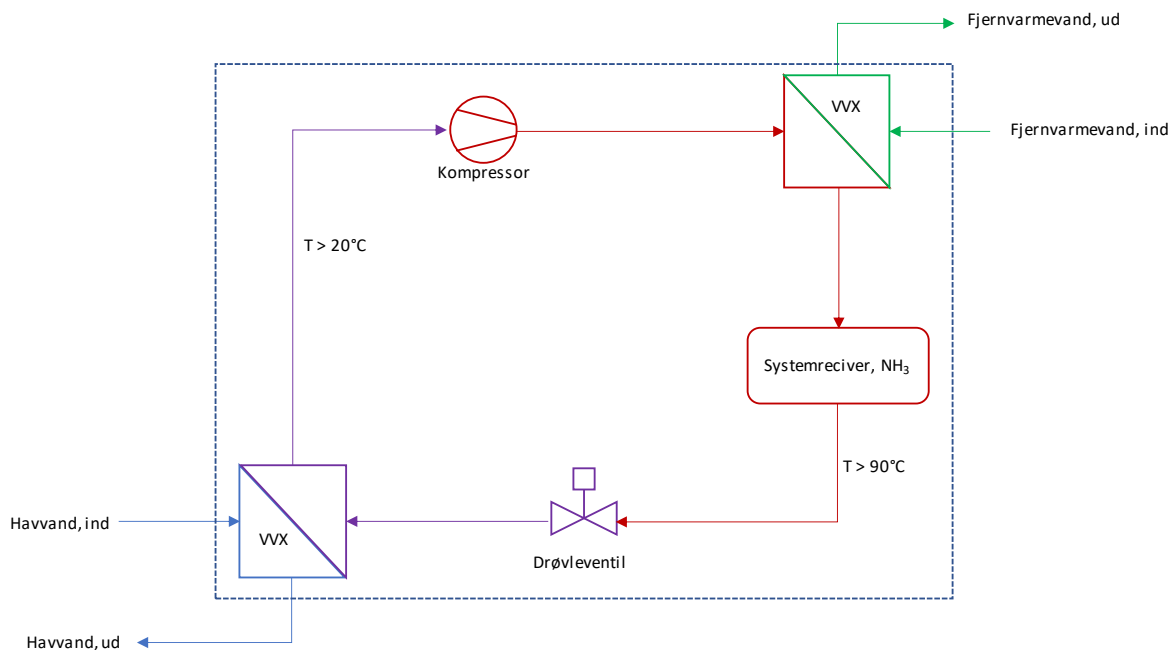
### III.B. Beskrivelse af processer, navnlig driftsbetingelserne

Da detaljeret design p.t. ikke er fastlagt for havvandsvarmepumpeanlægget, er der forudsat et tænkeligt anlæg i forhold til vurdering af risiko for potentielle større uheld med farlige stoffer, dvs. vandfri ammoniak som kølemiddel (i henhold til Risikobekendtgørelsen).

Ammoniakfyldningen for varmepumpesystemet er ikke fastlagt på nuværende tidspunkt, men forudsættes at blive mindre end 50 ton, og derfor vil ammoniakfyldningen alene ikke overstige Risikobekendtgørelsens tærskelværdier.

I denne analyse betragtes et system hvor energien trækkes ud af havvandet og afleveres direkte i fjernvarmesystemet, se konceptskitse på Figur III-1.





**Figur III-1 Konceptskitse for ammoniaksystemet (markeret med lilla hhv. rød farve).**

Det bør bemærkes, at konceptskitsen ikke udgør et forslag til anlægsdesign, men giver forudsætningerne for risikoidentifikationen (se bilag A til dette tillæg) samt for konsekvensvurderingerne.

Ammoniaksystemet (som vist på Figur III-1) forudsættes at bestå af følgende komponenter:

- 1 havvandsvarmeveksler (VWX) med ca. 13 tons ammoniakindhold.
- 1 fjernvarmeveksler (VWX) med ca. 3 tons ammoniakindhold.
- 1 systemreciever med ca. 5 tons ammoniakindhold.

De procesbetingede forudsætninger for ammoniaksystemet for analysen er:

- Havvandstemperaturtrinet ligger mellem havvandets frysepunkt og 25°C.
- I havvandsvarmeveksler føres havvandet i rør.
- Havvandstemperaturtrinet er sikret mod højt tryk med sikkerhedsventiler med afkast til sikkert sted.
- Fjernvarmetemperaturtrinet (på ammoniak kredsen) er >90°C.
- I fjernvarmeveksler føres ammoniak i rør.

Den eneste komponent, der både indeholder havvand og kølemiddel (vandfri ammoniak), er havvandsvarmeveksleren, da havvandet løber inde i et større antal rør, der vil være omsluttet af kølemidlet enten i væske- eller dampform.

### III.C. **Beskrivelse af farlige stoffer**

I projektet forventes det, at havvandsvarmepumper skal anvende et af følgende kølemiddel som arbejdsmedie:

- Vandfri ammoniak, NH<sub>3</sub> (R717)
- HFO, (R-1234ze(E))
- Kuldioxid, CO<sub>2</sub> (R744)

Hvis der vælges ammoniak som kølemiddel, vil oplaget af dette være omfattet af risiko-bekendtgørelsen. HFO (R-1234ze(E)) og CO<sub>2</sub> (R744) er ikke omfattet af Risikobekendtgørelsen.

Ammoniakfyldningen på havvandsvarmepumperne er ikke fastlagt på nuværende tidspunkt. Ammoniakfyldningen forudsættes at blive mindre end 50 ton, og derfor vil ammoniakfyldningen på havvandsvarmepumperne alene ikke overstige Risikobekendtgørelsens tærskelværdier.

#### III.C.1. **Ammoniak**

Vandfri ammoniak med CAS-nr. 7664-41-7 er en farveløs gas med skarp stikkende lugt.

Vandfri ammoniak er omfattet af Risikobekendtgørelsen som et navngivet stof angivet i Risikobekendtgørelsens bilag 1, del 2, nr. 35.

Vandfri ammoniak er klassificeret i farekategorierne *P2 -Brandfarlige gasser, kategori 2, H2 -Akut toksisk, Kategori 3, eksponering via indånding samt E1 -Farlig for vandmiljøet, Kategori Akut 1*, med følgende CLP-risikosætninger<sup>1</sup> i sikkerhedsdatabladet (vedlagt som bilag L til sikkerhedsrapporten fra juni 2020):

#### **H221 – Brandfarlige gasser, farekategori 2**

H280 – Gasser under tryk: komprimeret gas, flydende gas, opløst gas

H314 – Hudætsning/hudirritation, farekategori 1B

#### **H331 – Akut toksicitet (indånding), farekategori 3**

#### **H400 – Meget giftigt for vandlevende organismer (farlig for vandmiljøet - akut, farekategori 1)**

Stofegenskaber for ren (vandfri) ammoniak er vist i Tabel III-1.

<sup>1</sup> Risikosætninger, der relaterer sig til Risikobekendtgørelsen, er markeret med "fed".

Stofegenskab	Værdi
Molekylvægt	17 g/mol
Startkogepunkt	-33 °C
Smeltepunkt	-78 °C (nedbrydes)
Damptryk	8,611 hPa (ved 20 °C)
Relativ massefylde	0,682 (ved -33,4 °C)
Dampmassefylde	0,6 (luft =1)
Opløselighed	531 g/l (ved 20 °C)
pH-værdi	Påvirker pH-værdien ved opløsning i vand
pK <sub>a</sub> -værdi	9,25 (ved 25 °C)

**Tabel III-1 Fysiske og kemiske egenskaber for vandfri ammoniak (på baggrund af sikkerhedsdatabladet for ammoniak, vedlagt som bilag L til sikkerhedsrapporten fra juni 2020), ref. /2/ samt ref. /3/.**

Ammoniakgas er lettere end luft og kan gøres flydende under tryk. Ved frigivelse fra oplag under tryk vil ammoniakken nedkøles kraftigt pga. fordampningsvarmen. De afkølede ammoniakdampe er tungere end luft, indtil dampene er opvarmet af omgivende luft samt overflader.

Vandfri ammoniak er også klassificeret som brandfarlig (med faresætning H221), men den anses kun at udgøre en sådan fare under ekstreme brandforhold i lukkede områder.

Brandtekniske data for vandfri ammoniak er angivet i Tabel III-2.

Stofegenskab	Værdi
Antændelsestemperatur	651 °C
Nedre eksplosionsgrænse, LEL	14 vol/vol- %
Øvre eksplosionsgrænse, UEL	32,5 vol/vol- %
Mindste antændelsesenergi (20 °C)	40-90 mJ

**Tabel III-2 Brandtekniske egenskaber for vandfri ammoniak, ref. /2/ samt ref./3/.**

Ammoniak på væskeform er ikke brandbar. Antændelse af ammoniakdampe sker kun sjældent, fordi antændelsesenergien er høj, og det interval, hvori ammoniakdampene kan antændes (mellem omkring 14-32,5 vol./vol.- % ved 20 °C), er snævert.

Ren ammoniak (på gasform) er normalt ikke brændbar i koncentrationer under 15 % (vol./vol.), mens der ved koncentrationer mellem 14 % og 32,5 % (vol./vol.), ref. /2/, er risiko for brand eller eksplosion ved antændelse af gassen. Eksplosioner af ammoniak forekommer meget sjældent og oftest som resultat af et sivende udslip i uventilerede rum. Vandfri ammoniak er giftigt i koncentrationer langt lavere end antændelsesgrænsen.

Ammoniak har en antændelsestemperatur på 651 °C. Ved brand vil der dannes meget giftige nitroser gasser. Ved ammoniakudslip i forbindelse med brand vil ammoniakken opvarmes og stige til vejrs eller afbrændes.

**Påvirkning ved personeksponering**

Vandfri ammoniak er giftigt og ubeskyttet ophold i koncentrerede dampe kan være dødelig. Indånding af ammoniakdampe virker irriterende på de øvre luftveje, medfører hoste og påvirker vejrtrækningen.

Hyppig/langvarig indånding kan give kroniske luftvejsskader, og indånding af meget høje koncentrationer kan i løbet af nogle timer medføre døden på grund af væskeudsivning i lungerne (lungeødem). Dødsårsagen kan også være kemisk lungebetændelse eller kvælning. Ammoniak trækker væske ud af vævet samtidig med, at der optages ammoniak i vævet. Den samlede effekt er, at pH i cellerne stiger, og vandaktiviteten falder.

Konsekvensen af personpåvirkningen afhænger meget af koncentrationen og eksponeringstiden, i.e. tidsrummet hvori påvirkningen sker. Når samme skadesniveau for ammoniakpåvirkning ønskes sammenlignet for forskellige tidsrum med påvirkninger gælder:

$$\text{konstant skadesniveau} = \text{koncentration} \cdot \text{tidsforhold}^{1/2}$$

Udslipsperioden, altså varigheden af udslippet, er derfor væsentlig for påvirkningen.

Ved tidsbegrænsede udslip, f.eks. udslip fra rørbrud, der stoppes af ESD (Emergency Shut Down) ventiler, vil der dannes en begrænset ammoniaksky, som vil opnå samme bredde som et udslip af lang varighed, men skyen vil ikke have den samme fysiske udstrækning i længden. Koncentrationen omkring udslipstedet mindskes hurtigt, og dette sker inden den forreste del af skyen er nået ud til den maksimale afstand fra udslipstedet.

Der tages hensyn til dette forhold ved at korrigere for, hvor lang tid påvirkning af det enkelte sted forekommer. Hastigheden på udbredelsen af skyen afhænger af den vindhastighed, som er til stede ved og omkring udslippet.

Påvirkningen bør ikke tidsskaleres til en tid på under 5-10 min., da beregningen for værdier herunder er behæftet med stor usikkerhed.

Kriterier for toksicitetsvurdering er bl.a. vurderet iht. tærskelværdier og skadekriterier for toksisk gas som beskrevet i *PLAN-06EP-P03 Procedure for identifikation og vurdering af risiko med dokument nr. 1058*, vedlagt i bilag V til sikkerhedsrapporten fra juni 2020.

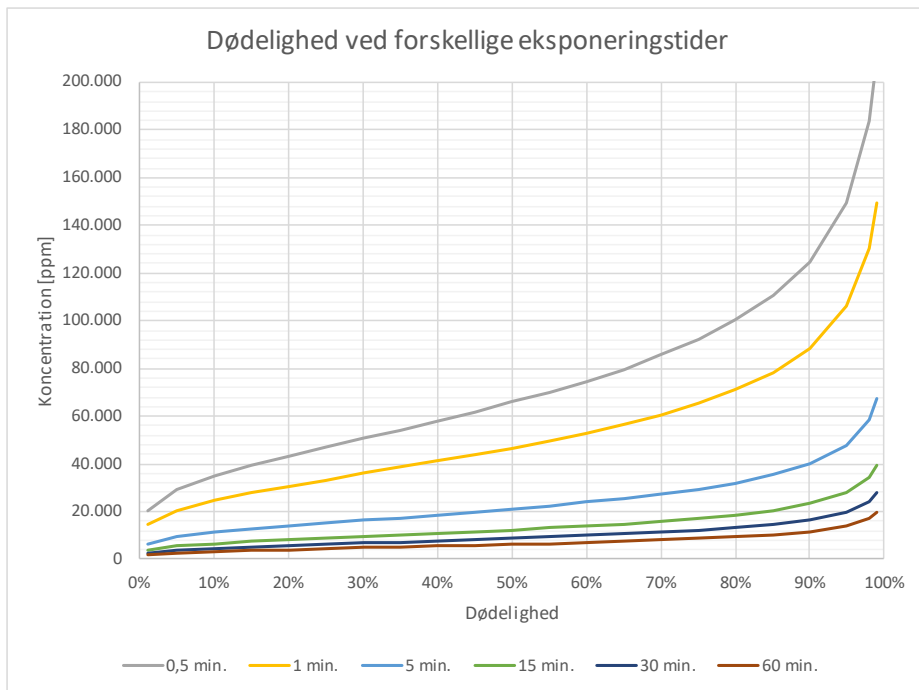
AEGL-værdier for ammoniak er givet i Tabel III-3.

<b>Eksponeringstid</b>	<b>10 min</b>	<b>30 min</b>	<b>60 min</b>
AEGL 1	30	30	30
AEGL 2	220	220	160
AEGL 3	2.700	1.600	1.100

**Tabel III-3 AEGL-værdier for ammoniak med CAS nr. 7664-41-7, ref. /1/.**

Probit parametre (i ppm) for ammoniak; a = -17,22, b = 0,99 og n = 2,02, ref. /4/.

Figur III-2 viser kurver med dødelig koncentration som funktion af sandsynligheden for dødsfald for forskellige eksponeringstider. Det fremgår af figuren, at der skal meget høje koncentrationer til, for at ammoniak har en dødelig effekt ved kort tids eksponering.



**Figur III-2 Dødelig koncentration (lethal concentration, LC i ppm) af ammoniak som funktion af sandsynligheden for forskellige eksponeringstider.**

### **Påvirkning på havmiljøet**

I forhold til vurdering af udslip til havvand og vandmiljøet er vandfri ammoniak klassificeret som meget giftigt for vandlevende organismer, specielt overfor fisk. Desuden vil et udslip af vandfri ammoniak kunne give anledning til en vis kvælstofbelastning af havmiljøet.

Ammoniak har en stor opløselighed i vand og ved en evt. lækage, vil udslippet kunne påvirke havvandets pH. I det vandige miljø vil vandfri ammoniak forekomme som fri ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) eller på ammoniumform ( $\text{NH}_4^+$ ). Fri ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) er meget giftigt for fisk, mens ammoniumformen ( $\text{NH}_4^+$ ) er mindre giftig.

Fordelingen mellem disse forbindelser er primært afhængigt pH (men også af temperaturen).

$\text{pK}_a$ -værdien for et stof udtrykker en syres eller bases styrke i vandig opløsning.  $\text{pK}_a$ -værdien for ammoniak er 9,25 (ved 25°C).

Ved øgende pH frigøres den ioniserede ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) til fri ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), og ved en højere pH (>9,25) vil ammoniak til største del forekomme som fri ammoniak ( $\text{NH}_3$ ). I verdenshavene ligger pH omkring 8,1. Ved udslip til havmiljøet vil ammoniumformen ( $\text{NH}_4^+$ ) derfor være dominerende.

De koncentrationer af ammoniak i vand, der kan forårsage dødsfald (50% af den testede population) i vandigt miljø, angives som LC50-værdier. For vandfri ammoniak er oplyst følgende LC50 værdier for fisk og krebsdyr i ref. /2/:

- LC50, fisk (96 timers): 27 mg/l (median)
- LC50, krebsdyr (48 timers): 22,8 mg/l (median)

## IV. IDENTIFIKATION OG ANALYSE AF UHELDSRISICI OG FOREBYGGELSESFORANSTALTNINGER

For et konkret uheldsscenario, f.eks. med udslip af ammoniak, kan risikoen beskrives ved:

$$\text{Risiko} = \text{Sandsynlighed} \cdot \text{Konsekvens}$$

Sandsynligheden for, at et uheldsscenario indtræffer, er afhængig af anlæggets konstruktion samt driften og vedligeholdelsen af anlægget, herunder ikke mindst personalets evne til at følge de opstillede driftsinstruktioner og i almindelighed medvirke til en ansvarlig drift.

Anlæggets konstruktion er baseret på de gældende normer på tidspunktet for opførelsen og eventuelle senere ændringer.

Som beskrevet tidligere i dette tillæg, er det kun anvendelse af ammoniak som kølemiddel i havvandsvarmepumpeanlægget, der rent risikomæssigt fylder, og som kan udgøre en fare for et større uheld ifølge Risikobekendtgørelsen.

### IV.A. Beskrivelse af de mulige scenarier for større uheld

*Der er ingen ændringer i beskrivelsen af fremgangsmåden for systematisk identifikation og vurdering af risiko for større uheld med farlige stoffer på Nordjyllandsværket i forhold til sikkerhedsrapporten fra juni 2020.*

*De nærmere forhold omkring gennemførelse af risikoidentifikationen og risikovurderingen er beskrevet i PLAN\_06EP-P03 Procedure for identifikation og vurdering af risiko, vedlagt som bilag V til sikkerhedsrapporten fra juni 2020.*

#### IV.A.1. Havvandsvarmepumpeanlæg, ammoniak

Ammoniak er klassificeret som sundhedsfarligt, miljøfarligt samt brandfarligt. Der er dog i risikoidentifikationen lagt vægt på at få identificeret farer, der kan lede til betydelige udslip af ammoniak og skade på personer og miljøet, da grænseværdierne for ammoniaks giftighed og genevirkning er betydeligt lavere end antændelsesgrænserne (koncentrationsområde på ca. 14-32,5 vol. %), se også beskrivelse af stofegenskaber for ammoniak i kapitel III.C.1 i dette tillæg.

Risikoidentifikationen relateret til havvandsvarmepumpeanlægget gennemføres som en "What-if?"-analyse og er udført specifikt for anlægget ved at gennemgå konceptbeskrivelser for havvandsvarmepumpeanlægget, sikkerhedsdatablade for ammoniak, inddrage erfaringer fra lignende anlæg samt ved at inkludere virksomhedens generelle vedligeholdelsesprocedurer samt beredskabsprocedurer.

I Tillæg til Bilag D (Risikoidentifikation) præsenteres den systematiske identifikation af hvilke farer, der kan være i forbindelse med ammoniak relateret til havvandsvarmepumpeanlægget på Nordjyllandsværket, herunder beskrivelser og vurdering af de sikkerhedsforanstaltninger (barrierer), der vil kunne forebygge eller begrænse følgerne af en fare relateret til ammoniak.

Udvælgelsen af større scenarier for vurdering af omfanget og alvoren af mulige større uheld med farlige stoffer på Nordjyllandsværket foregår som udgangspunkt ved at medtage samtlige identificerede "What-if"-scenarier med risikoindeks  $R_p \geq 5$  og/eller  $R_m \geq 7$ . Samtlige "What-if"-scenarier med sammenlignelige konsekvenser grupperes efterfølgende.

På baggrund af de identificerede "What-if"-scenarier med sammenlignelige konsekvensbeskrivelser og skadeeffekter, er følgende betydelige uheldsscenarioer blevet identificeret, se Tabel IV-1.

<b>"What-if" scenarie (nr. samt farebeskrivelse)</b>		<b>Uheldsscenario</b>
1.1.2	Rørbrud eller lækage fra rør i varmeveksler efter frostsprængning ved kold havvandstemperatur	Udslip af ammoniakvand til recipient (Limfjorden)
1.1.6	Dominoeffekt ved rørbrud og efterfølgende flere samtidige rørbrud i veksler	
1.1.7	Lækage fra rør i varmeveksler ved driftstop og vedligeholdelsesarbejde	
1.2.1	Lækage af ammoniak ved revne i svejsning mellem materialer i varmeveksler som følge af forskellige materialevalg i	Indendørs udslip af ammoniak fra læk eller brud på ammoniakkredsen i varmepumpehallen
1.2.2	Brud eller lækage af ammoniak efter fysisk påvirkning af anlæg	
1.2.3	Brud eller lækage af ammoniak ved for højt tryk	
1.2.4	Brud eller lækage af ammoniak efter udvendig tæring	
1.3.1	Brud eller lækage af ammoniak efter fysisk påvirkning af anlæg	
1.3.2	Brud eller lækage af ammoniak ved kompressorhaveri	
1.3.3	Brud eller lækage af ammoniak efter udvendig tæring	
1.3.4	Lækage eller brud fra slange ved påfyldning af ammoniakkredsen	Udendørs udslip af ammoniak fra læk eller brud på slange ved påfyldning af ammoniakkredsen

**Tabel IV-1 Udvalgte uheldsscenarioer relateret til ammoniak, for vurdering af omfanget og alvoren af følgerne på baggrund af identificerede "What-if" scenarier.**



I forbindelse med risikoidentifikationen er følgende 3 uheldsscenarioer blevet udvalgt:

- 1) Udslip af ammoniakvand til recipient (Limfjorden)
- 2) Indendørs udslip af ammoniak fra læk eller brud på ammoniakkredsen i varmepumpehallen
- 3) Udendørs udslip af ammoniak fra læk eller brud på slange (ved påfyldning af ammoniakkredsen)

Grænseværdierne for ammoniaks giftighed og genevirkning er betydeligt lavere end antændelsesgrænserne, og antændelsestemperaturen for ammoniak er meget høj. Derfor vil konsekvenserne for personer ved et udslip af ammoniak hovedsageligt være mulig forgiftning eller skade på vandmiljøet.

Derudover viser erfaringer fra tidligere uheld i litteratur og statistikker meget få uheld med antændt ammoniak og da kun under specifikke forhold, f.eks. sivende mindre udslip i uventilerede rum.

Der er blevet identificeret potentielle udslip af ammoniak i varmepumpehallen, men bygningen er velventileret. Udluftning fra varmepumpehallen er over tag (15 meter over terrænniveau). Ventilation er styret af ammoniakdetektion. Ved detektion skal der være forceret drift af ventilation (ifølge EN 378).

På baggrund af ovenstående er der ikke identificeret nogle udvalgte scenarier med brand og eksplosion i ammoniak.

Uheld i forbindelse med køleanlæg kan skyldes manglende tilsyn og/eller manglende vedligeholdelse eller forglemmelser og undladelsessynder i forbindelse med driftssituationer. Tekniske fejl vil typisk være utætte rør eller samlinger, eller andet defekt udstyr.

Sandsynligheden for, at der sker udslip, er således afhængigt af:

- anlæggets konstruktion - at gældende normer lægges til grund for konstruktionen
- driften - at relevante procedurer overholdes
- vedligeholdelsen - at inspektioner og reparationer gennemføres ud fra det planlagte forløb

Havvandsvarmepumpeanlægget vil etableres efter Best Available Technology (BAT) på baggrund af gældende direktiver, regler og standarder, herunder trykudstyrsdirektivet (PED). Designet bygges og driftes efter EN 378 (Kølenormen). Der vil være krav til tryktest og kontrol af konstruktion før ibrugtagning af anlægget.

#### IV.B. **Vurdering af omfanget og alvoren af større uheld**

I det følgende præsenteres en vurdering af omfanget og alvoren af de identificerede uheldsscenarioer for ammoniak samt en samlet vurdering af risikoniveauet iht. acceptkriterierne, herunder kvantificering af risikobilledet omkring virksomheden (risiko for 3. part), risiko for ansatte samt en vurdering af risiko via barrieremetoden.

#### IV.B.1. **Konsekvensberegninger for udvalgte uheldsscenarioer**

Der er for alle 3 uheldsscenarioer, som beskrevet i afsnit IV.A.1, blevet foretaget kvantitative og/eller kvalitative vurderinger af omfanget og alvoren af følgerne af de identificerede uheldsscenarioer.

For uheldsscenario 1 (*Udslip af ammoniakvand til recipient*) kan et udslip medføre mulig skade på vandlevende organismer i recipient (Limfjorden). I afsnit IV.B.1.1 præsenteres en kvalitativ vurdering af konsekvenser for miljøet.

For uheldsscenario 2 (*Indendørs udslip af ammoniak fra læk eller brud på ammoniak kredsen i varmepumpehallen*) er der vurderet på konsekvenser for personer (forgiftning) i varmepumpehal samt for personer i omgivelserne efter et udslip ved aflastning gennem tag eller efter udluftning via ventilationen. I afsnit IV.B.1.2 præsenteres resultaterne af den kvantitative vurdering.

For uheldsscenario 3 (*Udendørs udslip af ammoniak fra læk eller brud på slange (ved påfyldning af ammoniak kredsen)*). Der vurderes både på et scenarie med påfyldning fra tankbil (ved idriftsættelse) samt et scenarie med efterfyldning af mængden i ammoniaksystemet fra ammoniaktrykflasker. Resultaterne fra den kvantitative vurdering præsenteres i afsnit IV.B.1.3.

Konsekvenserne for de kvantitative vurderinger er beregnet med SAFETI 8.4 fra DNV. SAFETI anvender forskellige koblede empiriske modeller til modellering af forskellige typer af udslip, dvs. der eksisterer en model for beregning af betingelserne (temperatur af gas og væske, dråbedannelse, udslipshastighed m.m.) omkring selve tabet af indeslutning af stoffet (i dette tilfælde vandfri ammoniak).

Ud over de specifikke forudsætninger for anlægget, er der anvendt følgende som basis for konsekvensberegningerne:

- Lufttemperatur: 9,85 °C.
- Der beregnes faner for udslip ved 2 forskellige vindhastigheder: 1,5 m/s og stabil stabilitetsklasse samt 5 m/s og neutral (D) stabilitetsklasse.

I det følgende præsenteres forudsætningerne for samt resultaterne konsekvensvurderingerne.

##### **IV.B.1.1 Udslip af ammoniakvand til recipient (kølekanal)**

For uheldsscenario 1, er der blevet identificeret to konsekvenser ved et udslip:

- 1) Ammoniakvand med lavere koncentration, dvs. efter udslip fra 1 rørdiameter (ved et rørbrud).
- 2) Ammoniakvand med højere koncentration, dvs. efter udslip fra flere rørdiameter (ingeniørmæssig antagelse at 10 rør brister samtidigt).

Havvandsrørene udstyres med shutdown-ventiler, der lukkes ved detektion af ammoniakudslip (samtidigt med trip af havvandspumperne). Aktivering af shutdown-ventilerne vil ske ved kølemiddelsdetektering (ned til 10-30 ppm) i havvandsrøret.

Et udslip af ammoniakvand efter et rørbrud forudsættes at have en mindste udsliprate på ca. 0,6 kg/s ammoniak (per brud på et rør *ved to frie rør-ender*) i havvandsvarmeveksleren. Rørdiameter indvendigt for havvandsrør i havvandsvarmeveksler er antaget til 17 mm. Forudsætningen for udsliprate er baseret på en beregning af en generisk varmeveksler mellem ammoniak og havvand.

Baseret på den mindste udsliprate af ammoniak samt den højeste vandføring fra varmepumpe (på 13 m<sup>3</sup>/s), beregnes middelkoncentrationen efter fortynding i hele rørets diameter til 46,2 mg/l, dvs. 46,2 ppm.

Dette betyder, at et udslip ved et rørbrud i havvandsvarmeveksler forventes at kunne detekteres ved de givne forudsætninger med opblanding i havvandet, dvs. der sker lukning af systemet (via shut-downventiler og stop af havvandspumper).

Det bør observeres, at den samlede responstid (detektionstid samt sikker lukketid af shutdown-ventiler og stop af pumpe) ikke er fastlagt.

Med et havvandsflow på 13 m<sup>3</sup>/s i røret giver det følgende teoretiske NH<sub>3</sub>-koncentrationer ved et mindste udsliprate på ca. 0,6 kg/s ammoniak (per brud på et rør *ved to frie rør-ender*), der her sammenlignes med maksimal opløselighed:

- Rørbrud på et rør (to frie rør-ender): 0,046 g/l
- Rørbrud på flere rørdiameter (10 rør brister samtidig): 0,46 g/l

Vandfri ammoniak er meget vandopløselig og opløses nemt i koldt vand. Der er angivet en opløselighed på omkring 531 g/l (ved 20°C).

På baggrund af de vurderede teoretiske NH<sub>3</sub>-koncentrationer vurderes det, at alt ammoniak vil blive opløst i havvandet ved det analyserede udslip.

#### **IV.B.1.2 Indendørs udslip af ammoniak fra læk eller brud på ammoniakkredsen i varmepumpehallen**

For uheldsscenario 2, er der blevet identificeret tre mulige konsekvenser ved et udslip:

- 1) To-faset udslip af vandfri ammoniak til varmepumpehallen og mulig forgiftning af personer (ansatte) der befinder sig inde i varmepumpehallen
- 2) Aflastning ("puff") gennem taget (f.eks. ovenlysvinduer eller via ventilationsafkast) i varmepumpehallen af gas fra flashing af tryksat ammoniak opblandet med varmepumpehallens luft
- 3) Udluftning af ammoniakgas via ventilationsafkast (over tag) og mulig spredning til omgivelserne

For konsekvensvurderingen antages en stor lækage (50 mm) fra rør på afgang fra en systemreciever. Mængden ammoniak er vurderet til ca. 5 tons ammoniak ved 90°C og mættede forhold (beregnet tryk på 50,1 barg).

Beregningerne for udslip, er foretaget ved anvendelse af hhv. "Leak" modellen i SAFETI 8.4.

I tabellen nedenfor ses beregnet udslipsrate samt varighed af udslip, fra et 2" (ca. 50 mm) hul på rør i forbindelse med en systemreceiver.

Hulstørrelse	Rørlængde (m)	Udslipsrate (kg/s)	Varighed af udslip (s)	Væskefraktion
50 mm	-	97,5 (væskeudslip)	51	0,62

**Tabel IV-2 Beregnet udslipsrate, varighed samt væskefraktion for et to-faset ammoniakudslip fra rørbrud på væskerør på afgang fra en systemreceiver. For lækagemodellen indgår rørlængden ikke i beregningen.**

Gasdensitet er beregnet til 0,87 kg/m<sup>3</sup> ved kogepunktet.

Dette betyder en volumen på 5720 m<sup>3</sup> ammoniakgas, der kan frigives i bygningen. Det overtryk som dannes ved frigivelsen (via flashing af ammoniakvæske), vil medføre at den tilsvarende andel af atmosfæren i varmpumpehallen, bliver trykket ud via ventilationskanaler og andre åbninger (f.eks. ovenlys). Den atmosfære som trykkes ud, består af både ammoniak og luft i et ikke-nærmere definerbart forhold.

Ved det indendørs udslip, vil ventilationen (inkl. forceret ventilation ved detektion af høje ammoniakkoncentrationer), fjerne ammoniakgassen fra varmpumpehallen med kontinuerlig fortynding inde i hallen. Ventilation (udluftning) fra varmpumpehallen føres over tag (15 meter over terrænniveau).

Ammoniakkoncentration i hallen kan være potentielt dødelig ved større udslip. Endvidere vil temperaturen i varmpumpehallen kunne være betydeligt sænket af den kolde ammoniakgas.

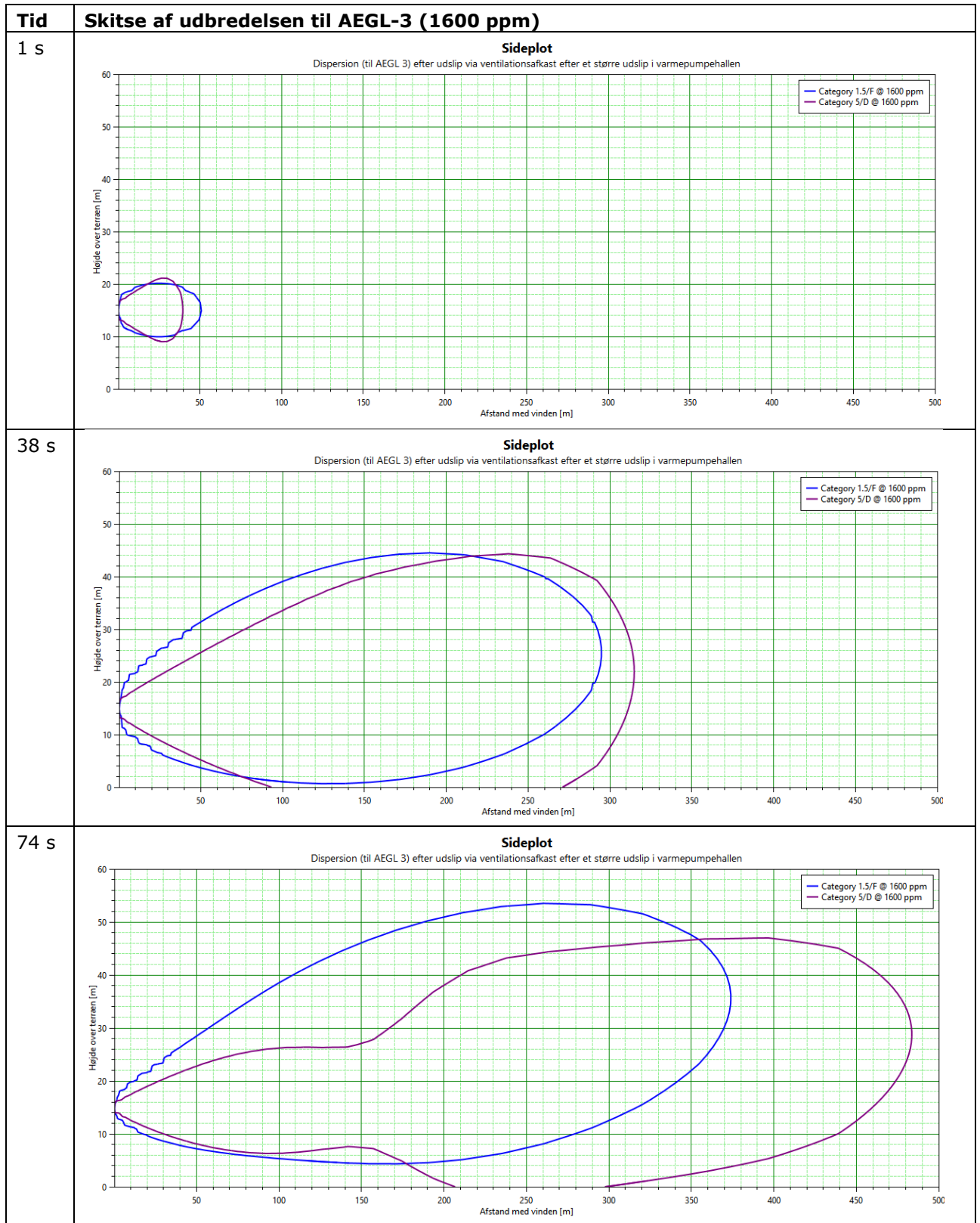
Ammoniakgassen tilbageholdes i varmpumpehallen og der forventes i praksis ikke at være ammoniakgas udenfor varmpumpehallen, undtagen fra ventilationsafkast.

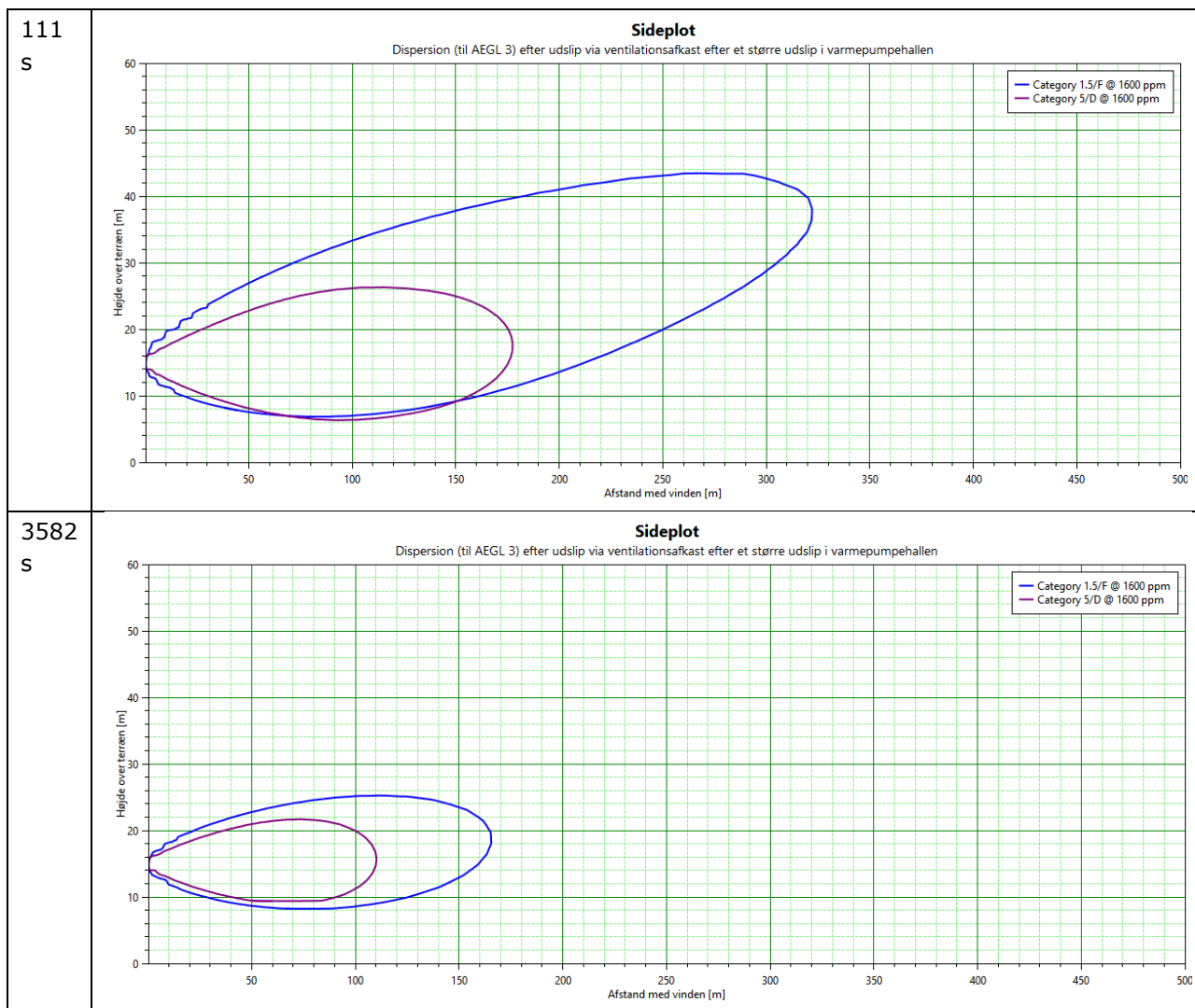
I de følgende figurer er der skitseret et udslip via ventilationsafkastet (15 meter over terræn) efter et større udslip (se forudsætninger ovenfor) i varmpumpehallen.

Beregningen er foretaget i SAFETI 8.4 som en "user-defined source", med formålet at skitsere et udslip der varierer over tiden. Den første del af udslippet er den del af atmosfæren i varmpumpehallen, der bliver trykket ud via ventilationsafkastet ved frigivelsen (via flashing af ammoniakvæske). Den anden del af udslippet er fjernelsen af ammoniakgassen via ventilationsafkastet med kontinuerlig fortynding inde i hallen.

For beregningerne er antaget 5 luftskifte per time og en afkasthastighed på 100 m/s.

Figureerne viser beregnet konsekvensafstand til AEGL-3 koncentration (1600 ppm) ved forskellige tidspunkter og ved vindhastigheder på henholdsvis 1,5 m/s og 5 m/s. AEGL-koncentration (i ppm) udvælges efter vurderet eksponeringstid, her konservativt valgt til 30 min, dvs. AEGL-3 (30 min) på 1600 ppm.





**Figur IV-1** Skitseret udslip via ventilationsafkastet (15 meter over terræn) efter et større udslip i varmepumphallen med beregnede konsekvensafstande til AEGL-3 (1600 ppm) for vindhastigheder på 1,5 m/s samt 5 m/s.

Beregningerne indikerer et nedslag af gasskyen i terrænniveauet få sekunder efter udslippet, dette nedslag er et resultat af den atmosfære som er trykket ud af varmepumphallen, mens at ammoniakgas/luft blandingen i ventilationsafkast er lettere end luft og stiger til vejrs efter den første del af udslippet.

I nedslagsområdet er en AEGL-3 koncentration i en kort periode (mens udslippet foregår), hvorefter koncentrationen i området vil være lavere end AEGL-3. Hvis udslippet er mindre, vil atmosfæren, som trykkes ud af varmepumphallen være mindre, og den forventes ikke at resultere i en AEGL-3 koncentration ved terræn. Dette betyder, at kun store udslip (med en kort varighed og dermed kort eksponering) kan have en AEGL-3 påvirkning ved terræn.

#### IV.B.1.3 Udendørs udslip af ammoniak fra læk eller brud på slange (ved påfyldning af ammoniakkredsen)

For uheldsscenario 1, er der blevet identificeret følgende konsekvens ved et udslip:

- 1) To-faset udslip af vandfri ammoniak til området omkring påfyldningspladsen og spredning af gassky til omgivelserne

Ammoniaksystemet fyldes ved at en leverandør overfører ammoniak fra lastbil (inden idriftsættelse) eller fra flaske (efterfyldning) gennem en fleksibel slange.

Det forventes at leverandøren selv medbringer påfyldningsslange og dermed sikrer ordentlige opbevaringsforhold samt kontrolleret og periodisk inspektion af slangen før påfyldning.

##### **Påfyldning fra lastbil**

Udslip fra denne slange kan ske som konsekvens af følgende scenarier:

1. Udslip som følge af lækage på den fleksible slange
2. Udslip fra koblingen mellem slange og lastbil/flaske
3. Udslip ved overrivning af slange

Det antages at en tankbil kan indeholde op til 24 tons ammoniak ved 15 °C samt 6,25 barg (mættet temperatur ved 15 °C).

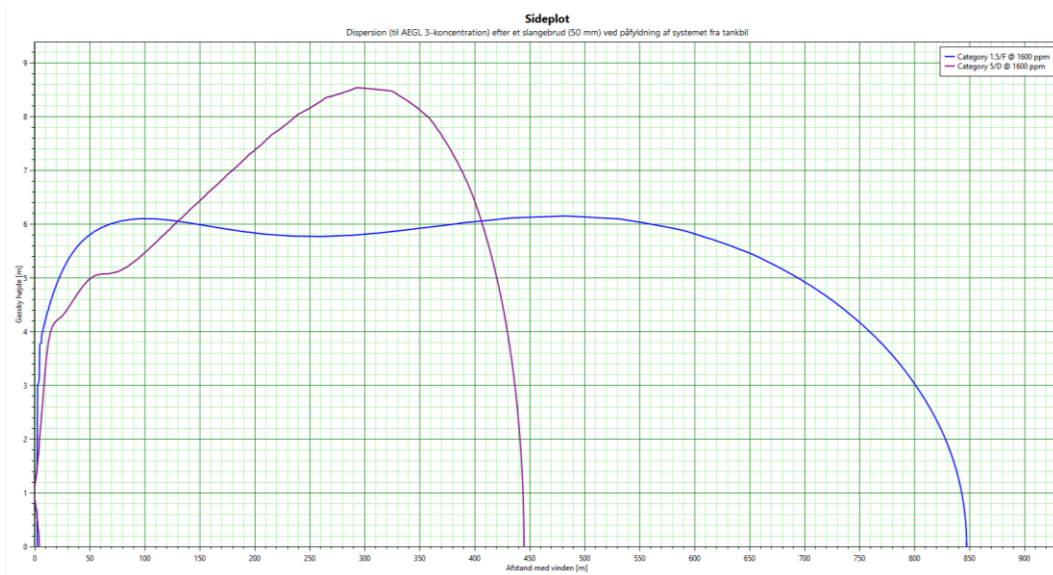
I tabellen nedenfor ses beregnet udsliprate, varighed af udslip samt væskefraktion for et simuleret slangebrud (50 mm) på et afstand 1 m fra tanken.

Hulstørrelse	Rørlængde (m)	Udsliprate (kg/s)	Varighed af udslip (s)	Væskefraktion
Rørbrud (50 mm), tankbil	1	9,7	2481	0,85

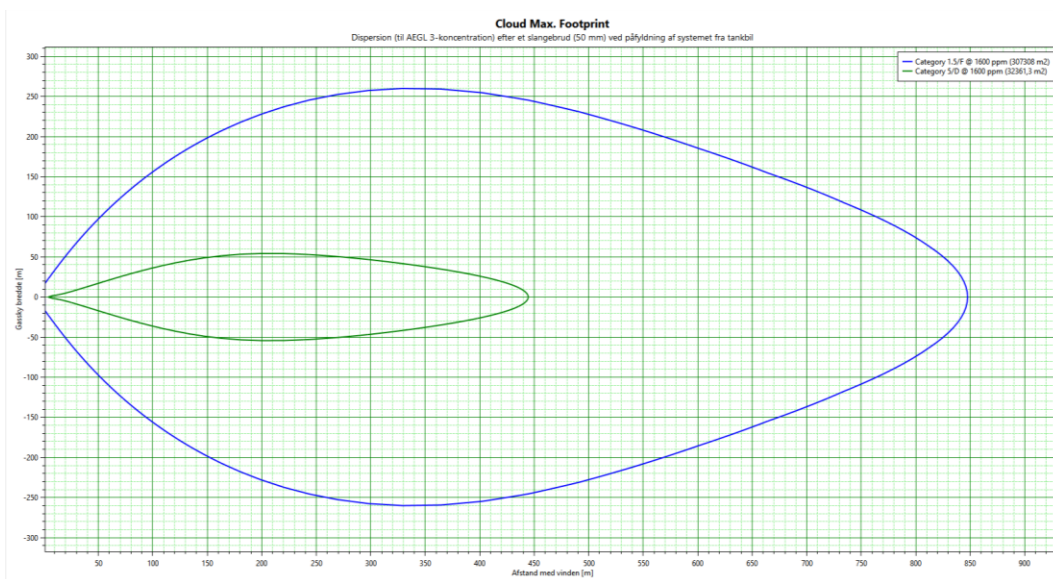
**Tabel IV-3 Beregnet udsliprate, varighed samt væskefraktion for ammoniakudslip ved slangebrud.**

I det følgende præsenteres plots med beregnede konsekvensafstande, der er vurderet i forhold til AEGL-koncentrationer (AEGL-3) samt ved anvendelse af probit-funktionen for 1 % dødsfaldsrisiko (LC1 = probit 2,67) samt 10 % dødsfaldsrisiko (LC10 = probit 3,72).

Beregnet konsekvensafstand til AEGL-3 koncentration (1600 ppm) ved vindhastigheder på henholdsvis 1,5 m/s og 5 m/s er illustreret i Figur IV-2 og Figur IV-3. AEGL-koncentration (i ppm) udvælges efter vurderet eksponeringstid, her valgt til 30 min, dvs. AEGL-3 (30 min) på 1600 ppm.



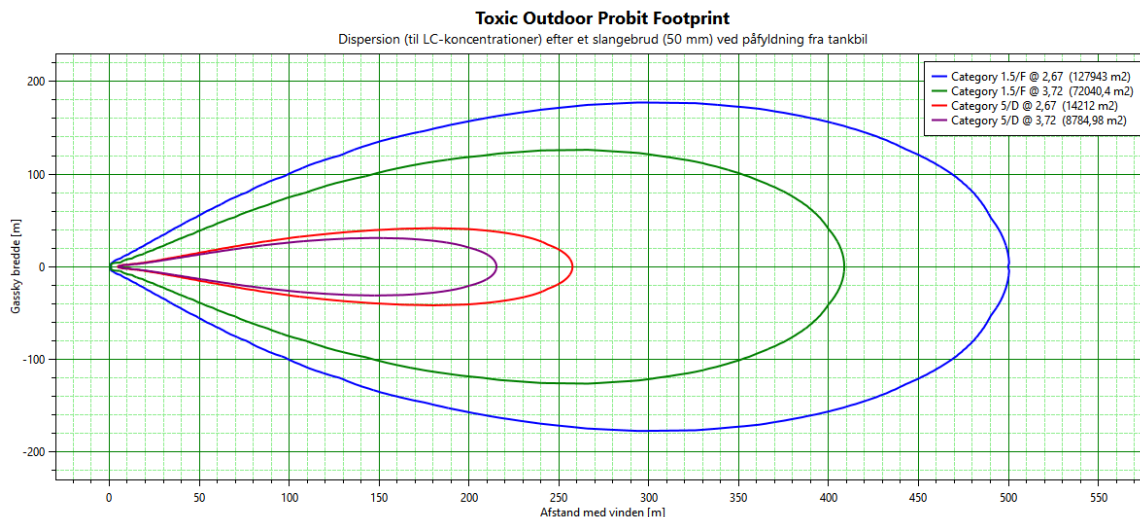
Figur IV-2 "Sideplot" der viser beregnede konsekvensafstande til AEGL-3 (1600 ppm) for vindhastigheder på 1,5 m/s samt 5 m/s efter et ammoniakudslip ved slangebrud (påfyldning fra tankbil).



Figur IV-3 "Cloud max. footprint" der viser beregnede konsekvensafstande til AEGL-3 (1600 ppm) for vindhastigheder på 1,5 m/s samt 5 m/s efter et ammoniakudslip ved slangebrud (påfyldning fra tankbil).

Nedenfor ses plot med beregnet konsekvensafstand i terrænhøjde for probit-funktion ("Toxic outdoor probit footprint") ved henholdsvis 1,5 m/s, og 5 m/s. Probit-værdien på 2,67 (som giver en sandsynlighed for dødsfald på 1 %) samt probit-værdien på 3,72 (som giver en sandsynlighed for dødsfald på 10 %) er illustreret i Figur IV-4





**Figur IV-4 "Toxic outdoor probit footprint" der viser beregnede konsekvensafstande ved probit-funktionen (LC1 = probit 2,67 samt LC10 = probit 3,72) for vindhastigheder på 1,5 m/s samt 5 m/s efter et ammoniakudslip ved slangebrud (påfyldning fra tankbil).**

Basissandsynligheder for udslip fra fast udstyr (f.eks. tank og rørføring) samt ved losningsaktiviteter, er hentet fra ref. /4/. Basissandsynligheden for et slangebrud er  $4,00 \cdot 10^{-6}$  per time.

Påfyldning af systemet fra tankbil vurderes at indtræffe en gang under anlæggets levetid.

Der er blevet identificeret følgende sikkerhedsforanstaltninger under "what-if?"-analysen, se også *Tillæg til bilag D (Risikoidentifikation)*:

- Sikkerhedskultur med arbejdsinstruktion for losning af ammoniak, som bl.a. beskriver, at der altid skal være 2 personer med kendskab til proceduren til stede under påfyldning af ammoniak kredsen (dvs. chaufføren samt en person fra NJV).
- Nødlukning af påfyldningsanlægget kan ske automatisk eller manuelt. Nedlukning indebærer, at kun mængden i slangen slipper ud
- Slangere for tanktilkobling har "pull-away" koblinger, der lukker ved overrivning af slangerne. Lukning af rørbrudsventiler i tankbil.

Ved at korrigere for tidsperspektiv (anvendelse af udstyr) samt identificerede sikkerhedsforanstaltninger, vurderes at et større udslip efter et slangebrud ved påfyldning fra tankbil er mindre end  $10^{-9}$  per år.

### **Påfyldning fra flaske**

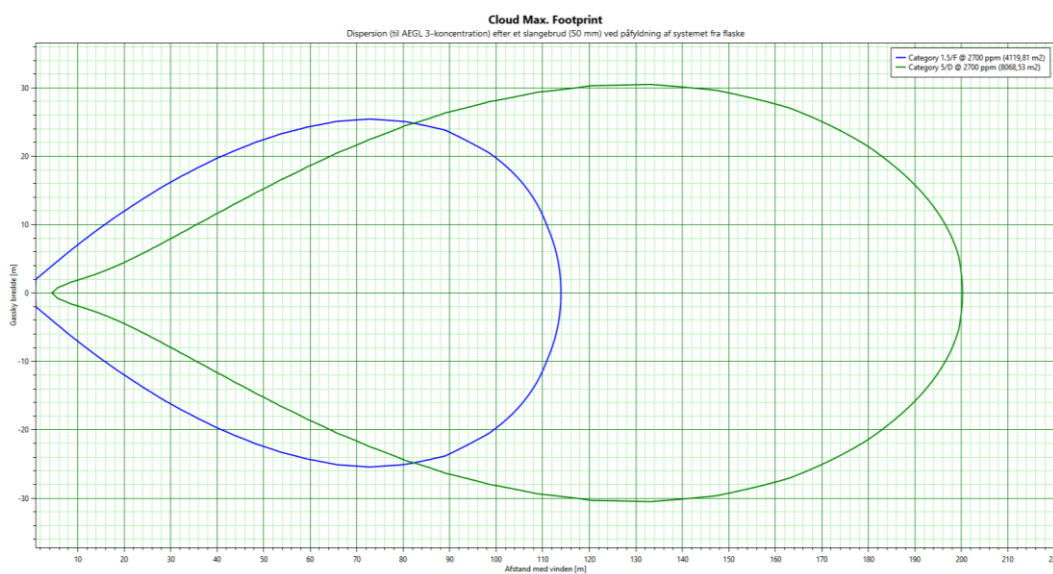
Det antages at flaskerne er max. 80 kg (svarende til 54 kg ammoniak) ved 15 °C samt 6,25 barg (mættet temperatur ved 15 °C).

I tabellen nedenfor ses beregnet udslipsrate, varighed af udslip samt væskefraktion for et simuleret slangebrud (50 mm) på et afstand 1 m fra flasken.

Hulstørrelse	Rørlængde (m)	Udslipstrate (kg/s)	Varighed af udslip (s)	Væskefraktion
Rørbrud (50 mm), flaske	1	9,7	5,7	0,85

Tabel IV-4 Beregnet udslipstrate, varighed samt væskefraktion for ammoniakudslip ved slangebrud ved påfyldning fra flaske.

Beregnet konsekvensafstand til AEGL-3 koncentration (2700 ppm) ved vindhastigheder på henholdsvis 1,5 m/s og 5 m/s er illustreret i Figur IV-5. AEGL-koncentration (i ppm) udvælges efter vurderet eksponeringstid, her valgt til 10 min, dvs. AEGL-3 (10 min) på 2700 ppm.



Figur IV-5 "Cloud max. footprint" der viser beregnede konsekvensafstande til AEGL-3 (2700 ppm) for vindhastigheder på 1,5 m/s samt 5 m/s efter et ammoniakudslip ved slangebrud (påfyldning fra flaske).

Beregningerne viser at det pågældende udslip ikke medfører konsekvensafstand ("Toxic outdoor probit footprint") til LC1- samt LC10 koncentrationer. Da LC1 ikke forekommer ved beregningen, vil dette scenarie ikke blive medregnet i stedbunden risikoberegning i SAFETI.

#### IV.B.2. Dominoeffekter

På baggrund af konsekvensberegninger er det vurderet, at der vil kunne opstå dominoeffekter som følge af et ammoniakudslip, hvis de personer, som bliver ramt af ammoniakudslippet, forsager yderligere uheld.

Ammoniak er giftig ved indånding, samt meget farligt ved kontakt med hud eller øjne. Tegn på overeksponering af ammoniak ved indånding er hosten, åndedrætsbesvær eller astmasymptomer, og symptomer på overeksponering ved hud- eller øjenkontakt er smerte og irritation, rødmen samt forfrysning.

En person på anlægget, der eksponeres for et eventuelt ammoniakudslip og påvirkes med akutte symptomer, kan ved igangværende aktivitet, miste kontrollen over for eksempel et køretøj, og derved være årsag til yderligere uheld (eventuelt på samme eller andet risikoanlæg).

#### IV.B.3. **Kvantificering af risikobilledet omkring risikovirkksomheden (risiko for 3.part)**

Beregningerne for uheldsscenario 3 (udendørs udslip af ammoniak fra læk eller brud på slange ved påfyldning af ammoniakkredsen), indikerer at der indenfor den maksimale beregnede konsekvensafstand, findes eller er planlagt nabovirkksomheder, boliger eller anden følsom arealanvendelse i form af kontorer eller forretninger.

Påfyldning af ammoniakkredsen fra tankbil vurderes at indtræffe en gang under anlæggets levetid (før idriftsættelse) og sandsynligheden for et uheld, der kan medføre de beregnede maksimale konsekvensafstande, vurderes dermed at være så lav, at uheldet ikke medtages i evt. beregning af stedbunden risiko.

Efterfyldning af ammoniakkredsen fra flaske, vurderes at have en større udslipssandsynlighed, men indeholder en meget mindre mængde (i forhold til udslip fra tankbil). Da LC1 koncentration ikke forekommer ved denne beregning, skal dette scenarie ikke medregnes i evt. beregning af stedbunden risiko.

Det vurderes dermed, at virksomhedens risikopåvirkning af omgivelserne udenfor skel er acceptabel, og der beregnes ikke stedbunden risiko (og dermed ikke samfundsmæssig risiko).

De største identificerede uheld, vil ske indendørs, og disse uheld vil med meget stor sandsynlighed blive tilbageholdt i varmepumpehallen. Beregninger for uheldsscenario 2 (indendørs udslip af ammoniak fra læk eller brud på ammoniakkredsen i varmepumpehallen) indikerer, at et nedslag af gasskyen i terrænniveauet er muligt få sekunder efter et større udslip. I nedslagsområdet er der en AEGL-3 koncentration i en meget kort periode (mens udslippet foregår), hvorefter koncentrationen i området vil være lavere end AEGL-3. Hvis udslippet er mindre, vil atmosfæren (bestående af ammoniakgas og luft), som trykkes ud af varmepumpehallen, være mindre, og den forventes ikke at resultere i en AEGL-3 koncentration ved terrænet. Dette betyder, at kun store udslip (med en kort varighed og dermed kort eksponering) kan have en AEGL-3 påvirkning ved terrænniveau.

I de fleste tilfælde vil der være mulighed for, at 3. part kan undgå skadeeffekter ved at søge bort eller på grund af, at 3. part befinder sig langt væk fra uheldet.

Vindretningen har stor betydning for spredning af en gassky efter et udslip, og dermed det påvirkede område og antallet eksponerede personer (3. part).

#### IV.B.4. **Vurdering af risiko via barrieremetoden**

Der er gennemført en "What-if"-analyse af havvandsvarmepumpeanlægget. De identificerede "What-if"-scenarier bør have et risikoindeks på 8 eller derunder for de scenarier, der involverer risiko for personer og på 10 eller derunder for de scenarier, der involverer risiko for miljøet jf. acceptkriterierne i *PLAN\_06EP-P03 Procedure for identifikation og vurdering af risiko*, vedlagt til bilag V i sikkerhedsrapporten fra juni 2020.

Hvis risikoen for et "What-if"-scenarie overstiger disse acceptable niveauer, bør den reduceres, hvis dette er praktisk muligt og økonomisk fornuftigt. Der gives på dette grundlag en samlet vurdering af tilstrækkeligheden af de eksisterende sikkerhedsbarrierer mod større uheld, samt en vurdering af behovet for yderligere risikoreduktion.

For miljørisiko er der ikke identificeret "what-if"-scenarier, der har et risikoindeks på 10 eller højere. Dermed er det vurderet via den semi-kvantitative risikovurdering analyse med barrieremetoden, at risikoen for miljøet ved udslip af ammoniak/ammoniakvand fra Nordjyllandsværkets havvandsvarmepumpeanlæg er acceptabelt, og at der er et tilstrækkeligt antal sikkerhedsbarrierer.

For personrisiko er der ikke identificeret "what-if"-scenarier, der har et risikoindeks på 8 (eller højere). Dermed er det vurderet via den semi-kvantitative risikovurdering analyse med barrieremetoden, at risikoen for personer (ansatte samt 3. part) ved udslip af ammoniak fra Nordjyllandsværkets havvandsvarmepumpeanlæg er acceptabelt, og at der er et tilstrækkeligt antal sikkerhedsbarrierer.

#### IV.B.5. **Vurdering af risiko for ansatte**

Ved et potentielt udslip af ammoniak i varmepumpehallen, vil ventilationen (inkl. forceret ventilation ved detektion af høje ammoniakkoncentrationer) fjerne ammoniakgassen fra bygningen.

Ventilationen vil ikke kunne fjerne al ammoniakgas fra varmepumpehallen, og den tilbageværende koncentration kan være betydelige og potentielt dødelig ved større udslip. Endvidere vil temperaturen i varmepumpehallen kunne være betydeligt sænket af den kolde ammoniakgas.

Hvis en person befinder sig i varmepumpehallen, når udslippet starter, er der en betydelig risiko for personskade eller dødsfald.

Hvis en person åbner døren til varmepumpehallen, mens et udslip er i gang, har personen muligheden for at lukke døren ved ammoniaklugten og derigennem redde sig selv (og slå alarm).

Den primære sikkerhed for medarbejdere i forbindelse med håndtering og drift af havvandsvarmepumpeanlægget opnås ved at sikre, at de relevante normer og standarder er overholdt, samt at der er et tilstrækkeligt antal barrierer (sikkerhedsforanstaltninger), og at disse barrierer har høj pålidelighed iht. drift og tekniske aspekter.

Både nuværende og kommende medarbejdere på Nordjyllandsværkets område er underlagt adgangskontrol og deltager i beredskabsøvelser.

Der er via den semi-kvantitative risikovurdering (barrieremetoden) ikke blevet identificeret "What-if"-scenarier med for højt risikoindeks for personer.

#### IV.C. **Redegørelse for tidligere uheld**

*Der er ingen ændringer i dette afsnit i forhold til afsnit IV.C.1 i sikkerhedsrapporten fra juni 2020.*

#### IV.D. **Specifikation af udstyr og konkrete foranstaltninger**

En oversigt over samtlige identificerede sikkerhedsforanstaltninger relateret til havvandsvarmepumpeanlægget præsenteres i *Tillæg til bilag D (Risikoidentifikation)*, vedlagt som bilag A til dette tillæg.

Havvandsvarmepumpeanlægget vil etableres efter *Best Available Technology* (BAT) på baggrund af gældende direktiver, regler og standarder, herunder trykudstyrsdirektivet (PED). Designet bygges og driftes efter EN 378 (Kølenormen). Der vil være krav til tryktest og kontrol af konstruktion før ibrugtagning af anlægget.

I det følgende beskrives nogle af de vigtigste forebyggelses- og sikkerhedsforanstaltninger på virksomheden med henblik på at reducere sandsynligheden eller betingelserne for, at større uheld med ammoniak fra havvandsvarmepumpeanlægget kan indtræffe.

Forebyggende og periodisk vedligehold og inspektion vil fastholdes i procedurer og instruktioner. Vedligeholdelsesarbejde udføres af certificerede og sagkyndige medarbejdere.

##### **Havvandssystem**

For at reducere sandsynligheden for tilgroning eller tilstopning i indløbskanalen, etableres filter med grov-filter samt monteres der indbygget selvrensende roterende filter.

For at fjerne tilgroning er der opvarmning (varmesanitering) af en afspærret rørsektion (på havvandssiden omkring varmeveksler).

Derudover etableres et rensesystem (for at rense indersiden af varmevekslerrørene).

##### **Varmepumpesystem**

Alle dele (rør) i direkte kontakt med havvand i havvandsvarmeveksleren er konstrueret i materialecertificeret titanium. Titaniums rør er korrosionsbestandige overfor saltvand, hvilket reducerer sandsynligheden for korrosion. Alle rørdele er sammensvejst, dvs. ingen pakninger, flanger eller lignende.

Havvandsrørene udstyres med shutdown-ventiler, der lukkes ved detektion af ammoniakudslip (samtidigt med trip af havvandspumperne). Aktivering af shutdown-ventilerne vil ske ved kølemiddeldetektering (ned til 10-30 ppm) i havvandsrøret. Detekteringssystemet skal med præcision hurtigt kunne aktivere shutdown-ventilerne i kølevandsflowet, hvorved lækagen kan minimeres og inddæmmes i rørsystemet, før det når Limfjorden.

Al lækagedetektionsudstyr vil blive vedligeholdt og løbende kalibreret iht. krav fra leverandører samt testet regelmæssigt.

Det forudsættes, at selve shutdown-systemet består af shutdown-ventilerne, samt af en bypass ventil, der samtidig med at shutdown-ventilerne lukkes, åbnes og derved kan undgå at der opstår vandhammer (trykstød). Derudover forudsættes at rør dimensioneres for at reducere sandsynligheden for vandhammer.

Systemet forudsættes også være udstyret med sikkerhedsventiler for at kunne udlufte/aflaste systemet i tilfælde af højt tryk.

Der forudsættes at være væskedetektion på kompressor med indbygget detektion af væske i tilgang til kompressor. Detektion tripper kompressor.

## V. BESKYTTELSES- OG SIKRINGSFORANSTALTNINGER MED HENBLIK PÅ AT BEGRÆNSE FØLGERNE AF ET UHELD

### V.A. **Beskrivelse af det udstyr, der er opstillet i forbindelse med anlægget, for at begrænse følgerne af større uheld**

Ventilation i varmpumpehal er styret af ammoniakdetektion. Ved detektion skal der være forceret drift af ventilation (ifølge EN 378). Udluftning (ventilation) fra varmpumpehallen er over tag (15 meter over terrænniveau).

Detektion af ammoniak (grænse for personskade ifølge AT-grænseværdier) vil medføre alarm (lyd og lys) ved adgang til varmpumpehallen. I tilfælde af et ammoniakudslip vil personer blive orienteret via en visuel/akustisk alarm, og anlægget vil lukkes ned (ved fastsat grænseværdi). Systemet skal afprøves regelmæssigt.

Personale medbringer altid escapehood med påmonteret ammoniakfilter ved arbejde i varmpumpehallen.

Det personlige beskyttelsesudstyr på Nordjyllandsværket inkluderer helmasker med filter, beskyttelsesdragter, briller og handsker, escapehoods samt personbårne gasdetektorer.

*Inden idriftsættelse af havvandsvarmpumpeanlægget vil de vigtigste beskyttelses- og sikkerhedsforanstaltningerne på virksomheden, med henblik på at begrænse følgerne af større uheld for mennesker og miljø blive gennemgået og beskrevet i dette afsnit.*

### V.B. **Beskrivelse af håndtering af nødsituationer**

Der er udarbejdet en beredskabsplan for Nordjyllandsværket. Formålet med beredskabsplanen er at forebygge uheld, og såfremt uheldet alligevel sker at sikre fornødne afhjælpende foranstaltninger, således at skaden begrænses mest muligt og afhjælpes effektivt.

Beredskabsplanen dækker det nuværende anlæg med ammoniak, og det forventes at store dele af beredskabsplanen også kan bruges for havvandsvarmpumpeanlægget med ammoniak.

Ved et eventuelt udslip af ammoniak vil personer blive orienteret via en visuel/akustisk alarm med roterende orange blink og horn, der aktiveres på områderne med ammoniak.

I tilfælde af ammoniakudslip sker der en sirenealarmering, som dækker hele området for Nordjyllandsværket. Systemet afprøves ugentligt.

*Inden idriftsættelse af havvandsvarmpumpeanlægget vil beredskabsplanen blive gennemgået og om nødvendigt opdateret.*

### V.C. **Beskrivelse af ressourcer, der kan mobiliseres internt og eksternt**

*I tilfælde af et udslip, skal det indelukkede kontaminerede havvand efterfølgende tømmes og sendes til godkendt modtager.*

*Inden idriftsættelse af havvandsvarmepumpeanlægget vil ressourcer, der kan mobiliseres internt og eksternt i forhold til havvandsvarmepumpeanlægget, blive gennemgået og beskrevet i dette afsnit.*

V.D. **Beskrivelse af tekniske og ikke-tekniske foranstaltninger, der har betydning for begrænsning af følgerne af større uheld**

Foranstaltninger, der har betydning for begrænsning af følgende af større uheld (afhjælpende foranstaltninger) er beskrevet i *Tillæg til bilag D (Risikoidentifikation)*, vedlagt som bilag A til dette tillæg, sammen med de forebyggende foranstaltninger. Derudover beskrives nogle af de vigtigste foranstaltninger yderligere i kapitel IV.D.

*Når designet af havvandsvarmepumpeanlægget er mere fastlagt, vil beskrivelserne af de afhjælpende foranstaltninger blive flyttet til dette kapitel.*



## VI. IKKE-TEKNISK RESUME

*Det ikke-tekniske resume vil blive udarbejdet, når designet af havvandsvarmepumpeanlægget er mere fastlagt, samt når godkendelsesprocessen er ved at være tilendebragt.*

## REFERENCER

- /1/. EPA, United States Environmental Protection Agency. Acute Exposure Guideline Levels for airborne chemicals. <https://www.epa.gov/aegl/ammonia-results-aegl-program>. Senest opdateret d. 11. Maj 2021.
- /2/. GESTIS Substance database (det tyske arbejdstilsynets stofdatabase). Stofegenskaber for vandfri ammoniak. <https://gestis-database.dguv.de>. Hentet d. 16. Maj 2022.
- /3/. Beredskabsstyrelsen, Kemisk beredskab. Informationssystemet om Farlige stoffer – app v.2.1.6. Indsatskort for ammoniak med CAS-nr. 7664-41-7
- /4/. RIVM -Reference Manual Bevi Risk Assessments, Version 3.2, 01-07-2009, Module C, National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), the Netherlands.

Til  
**Risikomyndighederne**

Dokumenttype  
**Risikoidentifikation**

Dato  
**Maj 2022**

# **NORDJYLLANDSVÆRKET**

## **TILLÆG TIL BILAG D**

### **(RISIKOIDENTIFIKATION)**

# NORDJYLLANDSVÆRKET

## TILLÆG TIL BILAG D (RISIKOIDENTIFIKATION)

Projekt navn **AAF – Tillæg til sikkerhedsrapport**  
Projektnr. **1100031193-023**  
Modtager **Nordjyllandsværket**  
Dokumenttype **Risikomyndighederne**  
Version **1.0**  
Dato **19-05-2022**  
Udarbejdet af **KRM (Rambøll)**  
Kontrolleret af **KRHL (Rambøll)**  
Godkendt af **KRHL (Rambøll)**  
Beskrivelse **Tillæg til sikkerhedsdokumentationens bilag D med en risikoidentifikation og -vurdering relateret til farlige stoffer i forbindelse med havvandsvarmepumpeanlægget på Nordjyllandsværket**

Rambøll  
Hannemanns Allé 53  
DK-2300 København S

T +45 5161 1000  
<https://dk.ramboll.com>

## INDHOLD

<b>1.</b>	<b>Indledning</b>	<b>2</b>
1.1	Formål	3
1.2	Omfang	3
1.3	Metode	3
1.4	Dokumentation	4
<b>2.</b>	<b>Forudsætninger for risikovurderingen</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Risikoidentifikation og -vurdering</b>	<b>7</b>
3.1	Havvandssystemet (inklusive varmeveksler på vandsiden)	8
3.2	Havvandstemperaturdelen af ammoniakskredsen (inklusive varmeveksler på ammoniak-siden)	11
3.3	Fjernvarmetemperaturdelen af ammoniakskredsen (inklusive varmeveksler på ammoniak-siden)	13
3.4	Fjernvarmesystemet (inklusive varmeveksler på vandsiden)	15
<b>4.</b>	<b>Sikkerhedsforanstaltninger</b>	<b>16</b>
<b>5.</b>	<b>Vurdering af risiko og udvælgelse af uheldsscenerier</b>	<b>21</b>
5.1	Identificerede "what-if?"-scenerier	21
5.1.1	Udvælgelse af uheldsscenerier	22

## 1. INDLEDNING

I denne rapport dokumenteres det tillæg til Bilag D (Risikoidentifikation) for Nordjyllandsværket, der er blevet udarbejdet i april og maj 2022. Risikoidentifikationen omfatter en ændring på virksomheden relateret til etablering af et havvandsvarmepumpeanlæg med vandfri ammoniak som kølemiddel på Nordjyllandsværket.

Ændringen vedrører følgende ændringer i forhold til den godkendte sikkerhedsrapport for Nordjyllandsværket (fra juni 2020):

- Etablering af havvandsvarmepumpeanlæg med enten ammoniak (NH<sub>3</sub>), kuldioxid (CO<sub>2</sub>) eller R1234ze(E) som kølemiddel.

Jf. sikkerhedsdatablade for stofferne, er det kun NH<sub>3</sub>, der er omfattet af Risikobekendtgørelsen.

Der er derfor blevet gennemført en indledende risikoidentifikations-workshop af Rambøll d. 20/4-2020 og en fælles risikoidentifikations-workshop sammen med NJV d. 27/4-2022. Ved begge workshops er der anvendt "what-if?"-analyse som identifikationsmetode.

I Tabel 1-1 er vist de personer, der har deltaget ved "what-if?"-analyserne og risikovurderingen.

Navn	20/4	27/4	Fagområde	Firma
Kristina Hoffmann	X	X	Risiko og Sikkerhed	Rambøll Danmark
Kristina Melchild	X	X	Risiko og Sikkerhed	Rambøll Danmark
Jan Gramkov	X		Risiko og Sikkerhed Teknik	Rambøll Danmark
Jørgen Bornø Jensen		X	Miljø og arbejdsmiljø	Aalborg Forsyning, Nordjyllandsværket
Lars Boye Mortensen		x	Teknik	Aalborg Forsyning, Nordjyllandsværket
Hanne Dalgaard		X	Miljørådgiver	COWI

**Tabel 1-1 Deltagere ved "what-if?"-analyserne, foretaget d. 20/04-2022 samt d. 27/04-2022.**

Metoder for risikoidentifikation samt vurdering af risiko ifølge fastlagte risikoacceptkriterier er beskrevet i *PLAN\_06EP-P03 Procedure for identifikation og vurdering af risiko*, vedlagt til bilag V til sikkerhedsrapporten fra juni 2020.

### 1.1 Formål

Formålet med dette tillæg til sikkerhedsrapportens Bilag D (Risikoidentifikation), er at præsentere en systematisk identifikation og vurdering af hvilke farer med farlige stoffer (vandfri ammoniak), der kan være i forbindelse med havvandsvarmepumpeanlægget på Nordjyllandsværket. I analysen indgår derudover en vurdering af de sikkerhedsforanstaltninger (barrierer), der vil kunne forebygge eller begrænse følgerne af en fare.

Formålet med dette tillæg til risikoidentifikationen er desuden at beskrive systematikken og udvælgelsen af uheldsscenarier (større uheld med farlige stoffer) for den videre konsekvensvurdering samt vurdering af risiko for 3. part.

### 1.2 Omfang

Dette tillæg til Bilag D (Risikoidentifikation) beskæftiger sig kun med potentielle større uheld med farlige stoffer (i henhold til Risikobekendtgørelsen) relateret til havvandsvarmepumpeanlægget på Nordjyllandsværket, der kan lede til skade på personer (medarbejder/eksterne på området samt på 3. part udenfor hegnet), udslip til vandmiljøet samt eventuelle dominoeffekter, der inkluderer farlige stoffer.

Ammoniak er klassificeret som sundhedsfarligt, miljøfarligt samt brandfarligt i forhold til sikkerhedsdatabladet. Der er i denne risikoidentifikation lagt vægt på at få identificeret de uheld, der kan lede til betydelige udslip af ammoniak og skade på personer (forgiftning) samt miljøet, da grænseværdierne for ammoniaks giftighed og genevirkning er betydeligt lavere end antændelsesgrænserne.

Ifølge EN 378-2 skal køleanlæg ATEX-zoneklassificeres efter EN 60079-10-1 (for sikring af medarbejdere mod gasekspllosion). Dette betyder, at der vil være tændkildekontrol i ATEX-zoneklassificerede områder, hvor disse områder er udlagt iht. ammoniaks brandfarlige egenskaber mitigeret af ventilation.

### 1.3 Metode

Identifikationen af farer er i denne analyse foretaget som en **"what-if"-analyse**. Fremgangsmåden for den foreliggende "what-if"-analyse og risikovurdering ifølge barrieremetoden, er beskrevet i *PLAN\_06EP-P03 Procedure for identifikation og vurdering af risiko*, vedlagt til bilag V til sikkerhedsrapporten fra juni 2020.

Analysen udarbejdes ved at opdele anlægget (en sektion) i mindre dele (noder). Hver node gennemgås enkeltvis, hvor der laves en systematisk vurdering af hvilke farer ("what-if"-spørgsmål), der vil være i forbindelse med den pågældende node. Hvis en fare er relevant, noteres dette, og der identificeres årsager til samt konsekvenser og skadeeffekter af faren. Det identificeres derefter hvilke sikkerhedsforanstaltninger (barrierer), der er imod faren.

Der vurderes på risikoniveauet ved anvendelse af logaritmisk risikovurderingsskala for semi-kvantitativ risikovurdering (barrieremetoden). Resultatet af risikovurderingen præsenteres i tabeller for respektive node.

Risikoindeks (**R**) for et "what-if"-scenarie beregnes som  $R = F + K - B$ , hvor

**F** = *Frekvensindeks* for den initierende hændelse (årsag). Hvis der er angivet flere årsager til scenariet, anvendes det frekvensindeks, der giver det højeste risikoindeks, efter der er taget højde for effekten af de forebyggende sikkerhedsforanstaltninger.

**K** = *Konsekvensindeks* for mulig skadeeffekt på personer (Kp) eller miljøet (Km) på virksomheden.

**B** = *Samlet effektivitet* (summen af barriereindeks) af de identificerede sikkerhedsforanstaltninger ("barrierer").

Et risikoindeks  $R_p \leq 8$  anses for acceptabelt for "what-if"-scenarier, der involverer risiko for personer på virksomheden. Dette under forudsætning af at de generelle kriterier for forebyggelse af større uheld (som beskrevet i PLAN\_06EP-P03 Procedure for identifikation og vurdering af risiko) er opfyldt.

Et risikoindeks  $R_m \leq 10$  anses for acceptabelt for "what-if"-scenarier, der involverer risiko for miljøet.

Er det beregnede risikoindeks  $R_m/R_p = 0$ , betyder det, at "what-if"-scenariet er at betegne som uden risiko, set i forhold til større uheld med farlige stoffer.

Metode for identifikation og udvælgelse af uheldsscenarier (større uheld med farlige stoffer) for den videre konsekvensvurdering for beregning af maksimale konsekvensafstande samt vurdering af risiko for 3. part, er beskrevet i *PLAN\_06EP-P03 Procedure for identifikation og vurdering af risiko*, vedlagt til bilag V til sikkerhedsrapporten fra juni 2020.

#### 1.4 Dokumentation

What-if"-analysen dokumenteres i form af udfyldte "what-if"-tabeller, som indeholder følgende kolonner:

- *Nr.:* Fortløbende identifikationsnummer for hver sektion/node.
- *"What-if spørgsmål":* Angivelse af det valgte "what-if"-spørgsmål for identifikation af hvilke farer, der kan være relateret til den pågældende node.
- *Fare:* Beskrivelse af den hændelse, der kan medføre et potentielt større uheld med farlige stoffer.
- *Årsag:* Angivelse af mulige årsager til den identificerede fare.
- *Konsekvens:* Beskrivelse af konsekvensen af faren, f.eks. udslip af farlige stoffer på virksomheden.
- *Skadeeffekt:* Beskrivelse af mulige konsekvenser af uheldet, f.eks. skade på personer, udslip til det marine miljø/terræn samt eventuelle dominoeffekter.
- *Foranstaltninger:* Beskrivelse af de barrierer, der vil kunne reducere sandsynligheden for at en fare indtræffer (forebyggende sikkerhedsforanstaltninger), eller som vil kunne reducere effekten af konsekvensen (af den identificerede faren), f.eks. efter udslip af farlige stoffer på Nordjyllandsværket (afhjælpende sikkerhedsforanstaltninger). Sikkerhedsforanstaltningerne angives med referencenummer [x] iht. tabellerne i kapitel 0 i dette dokument.



## 2. FORUDSÆTNINGER FOR RISIKOVURDERINGEN

Da detaljeret design p.t. ikke er fastlagt for havvandsvarmepumpeanlægget, forudsættes et tænkeligt worst-case anlæg i forhold vurdering af risiko for potentielle større uheld med farlige stoffer, dvs. vandfri ammoniak som kølemiddel (i henhold til Risikobekendtgørelsen).

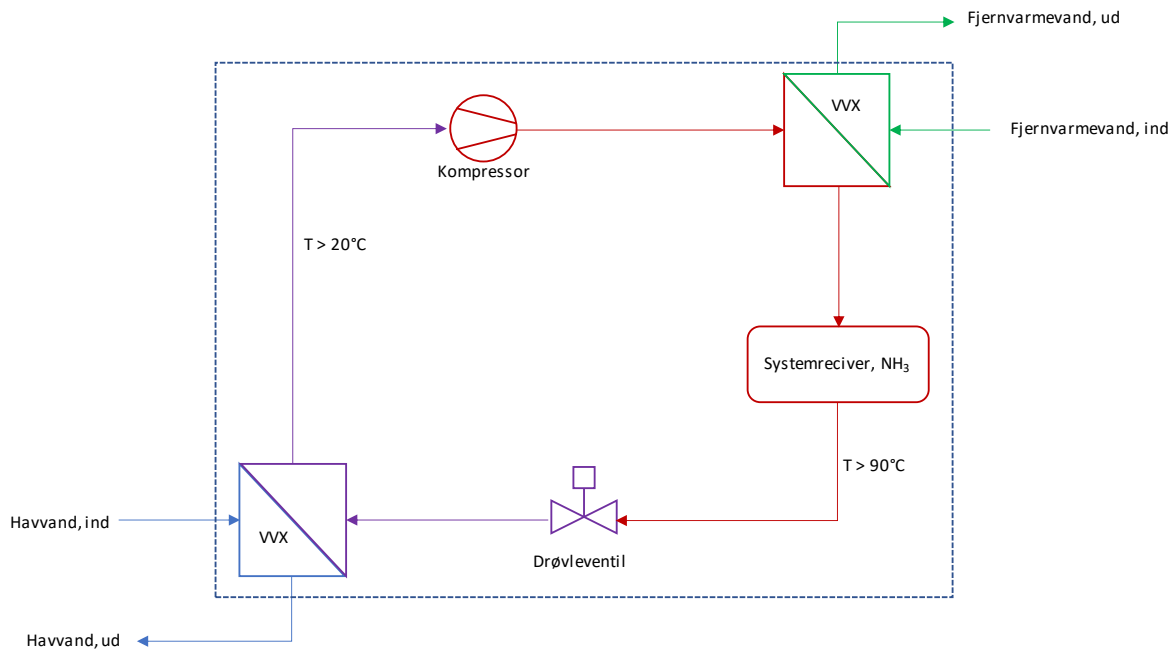
Grænsen for det samlede ammoniakoplag relateret til havvandsvarmepumpeanlægget, er sat til mindre end 50 tons.

Havvandsvarmepumpeanlægget udføres med minimum 3 havvandsvarmevekslere (dvs. 3 linjer).

I denne analyse betragtes et worst-case anlæg iht. ammoniaksystemet (dvs. et system hvor energien trækkes ud af havvandet og afleveres direkte i fjernvarmesystemet), se konceptskitse på Figur 2-1.

De overordnede forudsætninger for identifikation og vurdering af hvilke farer med farlige stoffer (vandfri ammoniak), der kan være i forbindelse med havvandsvarmepumpeanlægget er:

- Ammoniaksystem (se konceptskitse på Figur 2-1):
  - 1 havvandsvarmeveksler (VVX) med ca. 13 tons ammoniakindhold.
  - 1 fjernvarmeveksler (VVX) med ca. 3 tons ammoniakindhold.
  - 1 systemreciever med ca. 5 tons ammoniakindhold.
- Alt udstyr indeholdende ammoniak er placeret indendørs i en varmepumpehal (maskinhal), der måler 30·60·15 m, dvs. 27.000 m<sup>3</sup>.
- Ingen sprinkling i varmepumpehallen (da sprinkling øger afdampning af et potentielt ammoniakudslip og dermed øger risikoen).
- Overtryk fra et ammoniakudslip i varmepumpehallen aflastes opad (gennem taget).
- Ventilation (udluftning) fra varmepumpehallen føres over tag (15 meter over terrænniveau).
- Design bygges og driftes efter EN 378 (Kølenormen).



**Figur 2-1 Konceptskitse for ammoniaksystemet.**

Det bør bemærkes, at konceptskitsen ikke udgør et forslag til anlægsdesign, men giver forudsætningerne for risikoidentifikationen.

De procesbetingede forudsætninger for ammoniaksystemet for analysen er:

- Havvandstemperaturtrinet ligger mellem havvandets frysepunkt og 25°C.
- I havvandsvarmeveksler føres havvandet i rør.
- Havvandstemperaturtrinet er sikret mod højt tryk med sikkerhedsventiler med afkast til sikkert sted.
- Fjernvarmetemperaturtrinet (på ammoniak kredsen) er >90°C.
- I fjernvarmeveksler føres ammoniak i rør.

Havvandsvarmepumpeanlægget vil etableres efter Best Available Technology (BAT) på baggrund af gældende direktiver, regler og standarder, herunder trykudstyrsdirektivet (PED). Der vil være krav til tryktest og kontrol af konstruktion før ibrugtagning af anlægget.

Varmepumpehallen med havvandsvarmepumpeanlægget bygges efter offentlige højvandskrav (højvandskoter). Anlægget betragtes derfor for at være klimasikret mod oversvømmelse ved høj vandstand.

### 3. RISIKOIDENTIFIKATION OG -VURDERING

I dette afsnit dokumenteres de "what-if"-scenarier, der er blevet identificeret relateret til *Havvandvarmepumpeanlæg, ammoniak*.

I Tabel 3-1 nedenfor præsenteres samtlige sektioner og noder for den pågældende analyse.

Sektion		Node	
Nr.	Beskrivelse	Nr.	Beskrivelse
1	<i>Havvandvarmepumpeanlæg, ammoniak</i>	1	Havvandssystemet (inklusive varmeveksler på vand-siden). Noden er markeret med <b>blå farve</b> på Figur 2-1.
		2	Havvandstemperaturdelen af ammoniakskredsen (inklusive varmeveksler på ammoniak-siden), dvs. den del af systemet med det lave tryk. Noden er markeret med <b>lilla farve</b> på Figur 2-1.
		3	Fjernvarmetemperaturdelen af ammoniakskredsen (inklusive varmeveksler på ammoniak-siden), dvs. den del af systemet med det høje tryk. Noden er markeret med <b>rød farve</b> på Figur 2-1.
		4	Fjernvarmesystemet (inklusive varmeveksler på vand-siden). Noden er markeret med <b>grøn farve</b> på Figur 2-1.

**Tabel 3-1** Inddelingen i noder for den pågældende "what-if"-analyse.

I det følgende præsenteres "what-if"-tabeller for samtlige noder relateret til *havvandvarmepumpeanlæg, ammoniak*.

I tabellerne beskrives sikkerhedsforanstaltningerne/barriererne med et fortløbende nummer [1], [2], etc., samt navn. En oversigt over samtlige identificerede sikkerhedsforanstaltninger, der er relateret til *Havvandvarmepumpeanlæg, ammoniak*, er givet i Tabel 4-1.

### 3.1 Havvandssystemet (inklusive varmeveksler på vandsiden)

Nr.	"What-if"-spørgsmål	Fare	Årsager	Forebyggende foranstaltninger	Konsekvenser	Afhjælpende foranstaltninger	Skadeeffekter
1.1.1	Ældning af rør	Rørbrud eller lækager fra rør i varmeveksler	a) Korrosion b) Erosion (f.eks. ved sand i havvand)	[1] Materialevalg havvandsrør [7] Periodisk vedligehold og inspektion	Lækage af ammoniak til havvand i rør  Ammoniakvand føres til recipient (kølekanal og Limfjorden)*	[2] Shutdown-ventiler [15] Delvis lukket kanal	Skade på miljøet (skade på vandlevende organismer)
1.1.2	Kold havvands-temperatur	Rørbrud eller lækage fra rør i varmeveksler efter frostsprængning	Tilfrysning af fordampere ved indtag af vand tæt på frysepunktet (evt. pga. lavt saltindhold)	[4] Sikring mod isdannelse	Lækage af ammoniak til havvand i rør  Ammoniakvand føres til recipient (kølekanal og Limfjorden)*	[2] Shutdown-ventiler [15] Delvis lukket kanal	Skade på miljøet (vandlevende organismer)
1.1.3	Tilgroning eller tilstopning	Manglende flow af havvand	a) Vækst af organisk materiale (f.eks. muslinger) b) Indtag af organisk materiale (f.eks. vandmand)	[5] Sikring mod tilgroning og tilstopning [7] Periodisk vedligehold og inspektion	Kun driftsmæssige konsekvenser (stillestående havvandspumpe)	-	-
1.1.4	Højt tryk	Rørbrud eller lækager fra rør i varmeveksler	Fejl på drøvleventil	[6] Sikring mod for højt tryk [7] Periodisk vedligehold og inspektion	Lækage af ammoniak til havvand i rør  Ammoniakvand føres til recipient (kølekanal og Limfjorden)*	[2] Shutdown-ventiler [15] Delvis lukket kanal	Skade på miljøet (vandlevende organismer)
1.1.5	Trykstød	Rørbrud eller lækager fra rør i varmeveksler	Luftlommer ved pumpning af havvand	[3] Sikring mod vandhammer [8] Sikker opstart af havvandssystem	Lækage af ammoniak til havvand i rør.  Ammoniakvand føres	[2] Shutdown-ventiler [15] Delvis lukket kanal	Skade på miljøet (vandlevende organismer)

Nr.	"What-if"-spørgsmål	Fare	Årsager	Forebyggende foranstaltninger	Konsekvenser	Afhjælpende foranstaltninger	Skadeeffekter
					til recipient (kølekanal og Limfjorden)*		
1.1.6	Dominoeffekt ved rørbrud	Flere samtidige rørbrud i veksler	Rystelser pga. kollaps af bobler af ammoniakgas efter udslip i varmeveksler		Lækage af ammoniak til havvand i rør  Mere koncentreret ammoniakvand føres til recipient (kølekanal og Limfjorden)	[15] Delvis lukket kanal [14] Lav eksponering	Skade på miljøet (vandlevende organismer)  Potentiel personskaade pga forgiftning efter indånding eller eksponering af stoffet (ved afdampning fra ammoniakvand og spredning til omgivelserne)
1.1.7	Driftstop og vedligehold-arbejde	Rørbrud eller lækager fra rør i varmeveksler	Fejl ved vedligehold	[16] Certificerede medarbejdere	Lækage af ammoniak til havvand i rør.  Ammoniakvand føres til recipient (kølekanal og Limfjorden)*	[15] Delvis lukket kanal	Skade på miljøet (vandlevende organismer)

*\*Det forudsættes, at alt ammoniak ved udslip til væske (havvand og fjernvarmevand) kan optages i væsken.*

*For kølekanalen betyder dette, at der ikke vil være et direkte udslip af vandfri ammoniak til recipient (Limfjorden gennem den eksisterende kølekanal). Vurderingen er betinget af, at returvands-flowet (havvand, ud fra varmevekslerne) til Limfjorden er ca. 13.500 kg/s.*

I tabellen nedenfor præsenteres beregnet risikoindeks, R, for samtlige "what-if"-scenarier relateret til node 1 – Havvandssystemet (inklusive varmeveksler på vandsiden).

Risikoindeks,  $R (=F+K-B)$ , er beregnet ifølge barrieremetoden ved anvendelse af en logaritmisk risikovurderingsskala for semi-kvantitative risikovurdering, se *PLAN\_06EP-P03 Procedure for identifikation og vurdering af risiko*, vedlagt til bilag V i sikkerhedsrapporten fra juni 2020.

Nr.	"What-if"-spørgsmål	F	K <sub>m</sub>	B <sub>m</sub>	R <sub>m</sub>	K <sub>p</sub>	B <sub>p</sub>	R <sub>p</sub>
1.1.1	Ældning af rør	8	6	8	<b>6</b>	-	-	-
1.1.2	Kold havvands-temperatur	9	6	7	<b>8</b>	-	-	-
1.1.3	Tilgroning eller tilstopning	9	-	4	-	-	-	-
1.1.4	Højt tryk	5	6	8	<b>3</b>	-	-	-
1.1.5	Trykstød	5	6	7	<b>4</b>	-	-	-
1.1.6	Dominoeffekt ved rørbrud	5	6	3	<b>8</b>	5	4	<b>6</b>
1.1.7	Driftstop og vedligehold-arbejde	6		4	<b>8</b>	-	-	-

**Tablet 3-2 Beregnet risikoindeks, R, for samtlige "what-if"-scenarier relateret til node 1.**

### 3.2 Havvandstemperaturdelen af ammoniakskredsen (inklusive varmeveksler på ammoniak-siden)

Nr.	"What-if"-spørgsmål	Fare	Årsager	Forebyggende foranstaltninger	Konsekvenser	Afhjælpende foranstaltninger	Skadeeffekter
1.2.1	Materiale stress	Lækage af ammoniak ved revne i svejsning i tilslutning af rør til varmeveksler	Stress pga. forskellige materiale-egenskaber (f.eks. titanium vs. stål)	[7] Periodisk vedligehold og inspektion	Udslip af ammoniak i varmpumpehal	[9] Udluftning fra varmpumpehal [10] Ammoniakdetektion med alarm [12] Personligt beskyttelsesudstyr [14] Lav eksponering	Personskade eller potentielt dødsfald af ansatte (i bygning) eller 3. part (i omgivelserne) pga. forgiftning efter indånding eller eksponering af stoffet
1.2.2	Fysisk påvirkning af anlæg	Brud eller lækage af ammoniak	a) Påkørsel (f.eks. trucks og køretøjer) b) Kranarbejde	[13] Procedurer for sikkert arbejde	Udslip af ammoniak i varmpumpehal	[9] Udluftning fra varmpumpehal [10] Ammoniakdetektion med alarm [12] Personligt beskyttelsesudstyr [14] Lav eksponering	Personskade eller potentielt dødsfald af ansatte (i bygning) eller 3. part (i omgivelserne) pga. forgiftning efter indånding eller eksponering af stoffet
1.2.3	Højt tryk	Brud eller lækage af ammoniak	Fejl på drøvleventil	[6] Sikring mod for højt tryk	Udslip af ammoniak i varmpumpehal	[9] Udluftning fra varmpumpehal [10] Ammoniakdetektion med alarm [12] Personligt beskyttelsesudstyr [14] Lav eksponering	Personskade eller potentielt dødsfald af ansatte (i bygning) eller 3. part (i omgivelserne) pga. forgiftning efter indånding eller eksponering af stoffet

Nr.	"What-if"-spørgsmål	Fare	Årsager	Forebyggende foranstaltninger	Konsekvenser	Afhjælpende foranstaltninger	Skadeeffekter
1.2.4	Udvendig tæring	Brud eller lækage af ammoniak	Korrosion pga. havgus inde i varmepumpehallen	[7] Periodisk vedligehold og inspektion [17] Velventileret bygning	Udslip af ammoniak i varmepumpehal	[9] Udluftning fra varmepumpehal [10] Ammoniakdetektion med alarm [12] Personligt beskyttelsesudstyr [14] Lav eksponering	Personskade eller potentielt dødsfald af ansatte (i bygning) eller 3. part (i omgivelserne) pga. forgiftning efter indånding eller eksponering af stoffet

I tabellen nedenfor præsenteres beregnet risikoindeks, R, for samtlige "what-if"-scenarier relateret til node 2 – *Havvandstemperaturdelen af ammoniakskredsen (inklusive varmeveksler på ammoniak-siden)*.

Risikoindeks, R (=F+K-B), er beregnet ifølge barrieremetoden ved anvendelse af en logaritmisk risikovurderingsskala for semi-kvantitative risikovurdering, se *PLAN\_06EP-P03 Procedure for identifikation og vurdering af risiko*, vedlagt til bilag V i sikkerhedsrapporten fra juni 2020.

Nr.	"What-if"-spørgsmål	F	K <sub>m</sub>	B <sub>m</sub>	R <sub>m</sub>	K <sub>p</sub>	B <sub>p</sub>	R <sub>p</sub>
1.2.1	Materiale stress	5	-	-	-	7	Ansatte: 6 3. part: 6	Ansatte: <b>6</b> 3. part: <b>6</b>
1.2.2	Fysisk påvirkning af anlæg	6	-	-	-	7	Ansatte: 6 3. part: 6	Ansatte: <b>7</b> 3. part: <b>7</b>
1.2.3	Højt tryk	6	-	-	-	7	Ansatte: 6 3. part: 6	Ansatte: <b>7</b> 3. part: <b>7</b>
1.2.4	Udvendig tæring	6	-	-	-	7	Ansatte: 8 3. part: 8	Ansatte: <b>5</b> 3. part: <b>5</b>

**Tablet 3-3 Beregnet risikoindeks, R, for samtlige "what-if"-scenarier relateret til node 2.**



### 3.3 Fjernvarmetemperaturdelen af ammoniakkredsen (inklusive varmeveksler på ammoniak-siden)

Nr.	"What-if"-spørgsmål	Fare	Årsager	Forebyggende foranstaltninger	Konsekvenser	Afhjælpende foranstaltninger	Skadeeffekter
1.3.1	Fysisk påvirkning af anlæg	Brud eller lækage af ammoniak	a) Påkørsel (f.eks. trucks og køretøjer) b) Kranarbejde	[13] Procedurer for sikkert arbejde	Udslip af ammoniak i varmpumpehal	[9] Udluftning fra varmpumpehal [10] Ammoniakdetektion med alarm [12] Personligt beskyttelsesudstyr [14] Lav eksponering	Personskade eller potentielt dødsfald af ansatte (i bygning) eller 3. part (i omgivelserne) pga. forgiftning efter indånding eller eksponering af stoffet
1.3.2	Kompressor-haveri	Brud eller lækage af ammoniak	Væske i kompressor	[11] Væskedetektion på kompressor	Udslip af ammoniak i varmpumpehal	[9] Udluftning fra varmpumpehal [10] Ammoniakdetektion med alarm [12] Personligt beskyttelsesudstyr [14] Lav eksponering	Personskade eller potentielt dødsfald af ansatte (i bygning) eller 3. part (i omgivelserne) pga. forgiftning efter indånding eller eksponering af stoffet
1.3.3	Udvendig tæring	Brud eller lækage af ammoniak	Korrosion pga. havgus inde i varmpumpehallen	[7] Periodisk vedligehold og inspektion [17] Velventileret bygning	Udslip af ammoniak i varmpumpehal	[9] Udluftning fra varmpumpehal [10] Ammoniakdetektion med alarm [12] Personligt beskyttelsesudstyr [14] Lav eksponering	Personskade eller potentielt dødsfald af ansatte (i bygning) eller 3. part (i omgivelserne) pga. forgiftning efter indånding eller eksponering af stoffet

Nr.	"What-if"-spørgsmål	Fare	Årsager	Forebyggende foranstaltninger	Konsekvenser	Afhjælpende foranstaltninger	Skadeeffekter
1.3.4	Påfyldning af system-reciever	Lækage eller brud fra slange ved påfyldning	Fejl ved påfyldning, f.eks. defekter i udstyr eller at tankbil ruller væk under påfyldning af systemreciever	[19] Procedure for losning af ammoniak [20] Sikkerhedsudstyr tankbil	Udendørs udslip af ammoniak (udenfor varmepumpehal)	[18] Nødlukning af anlægget [12] Personligt beskyttelsesudstyr [14] Lav eksponering	Personskade eller potentielt dødsfald af ansatte eller 3. part (i omgivelserne) pga. forgiftning efter indånding eller eksponering af stoffet

I tabellen nedenfor præsenteres beregnet risikoindeks, R, for samtlige "what-if"-scenarier relateret til node 3 – Fjernvarmetemperaturdelen af ammoniakskredsen (inklusive varmeveksler på ammoniak-siden).

Risikoindeks, R (=F+K-B), er beregnet ifølge barrieremetoden ved anvendelse af en logaritmisk risikovurderingsskala for semi-kvantitative risikovurdering, se *PLAN\_06EP-P03 Procedure for identifikation og vurdering af risiko*, vedlagt til bilag V i sikkerhedsrapporten fra juni 2020.

Nr.	"What-if"-spørgsmål	F	K <sub>m</sub>	B <sub>m</sub>	R <sub>m</sub>	K <sub>p</sub>	B <sub>p</sub>	R <sub>p</sub>
1.3.1	Fysisk påvirkning af anlæg	6	-	-	-	7	Ansatte: 6 3. part: 6	Ansatte: <b>7</b> 3. part: <b>7</b>
1.3.2	Kompressor-haveri	6	-	-	-	7	Ansatte: 6 3. part: 6	Ansatte: <b>7</b> 3. part: <b>7</b>
1.3.3	Udvendig tæring	6	-	-	-	7	Ansatte: 8 3. part: 8	Ansatte: <b>5</b> 3. part: <b>5</b>
1.3.4	Påfyldning af system-reciever	7	-	-	-	7	Ansatte: 7 3. part: 8	Ansatte: <b>7</b> 3. part: <b>6</b>

**Table 3-4** Beregnet risikoindeks, R, for samtlige "what-if"-scenarier relateret til node 3.

### 3.4 Fjernvarmesystemet (inklusive varmeveksler på vandsiden)

Nr.	"What-if"-spørgsmål	Fare	Årsager	Forebyggende foranstaltninger	Konsekvenser	Afhjælpende foranstaltninger	Skadeeffekter
1.4.1	Ældning af rør	Rørbrud eller lækager fra rør i varmeveksler	a) Korrosion b) Erosion (f.eks. ved sand i fjernvand)	[7] Periodisk vedligehold og inspektion	Lækage af ammoniak til fjernvarmevand i rør  Ammoniakvand (fortyndet) føres til recipient (fjernvarmesystem)		Kvalitetsmæssige konsekvenser (påvirkning af fjernvarmevand-kvaliteten)
1.4.2	Trykstød	Rørbrud eller lækager fra rør i varmeveksler	Luftlommer ved pumpning af fjernvarme		Lækage af ammoniak til fjernvarmevand i rør  Ammoniakvand (fortyndet) føres til recipient (fjernvarmesystem)		Kvalitetsmæssige konsekvenser (påvirkning af fjernvarmevand-kvaliteten)

Der præsenteres ikke tabeller for "Wwhat-if"-scenarierne relateret til node 4 – *Fjernvarmesystemet (inklusive varmeveksler vandsiden)*, da der ikke er blevet identificeret nogen konsekvenser for personer eller miljøet.

## 4. SIKKERHEDSFORANSTALTNINGER

En oversigt over samtlige identificerede sikkerhedsforanstaltninger relateret til *Havvandsvarmepumpeanlæg, ammoniak* er givet i Tabel 4-1 nedenfor.

Sikkerhedsforanstaltningerne beskrives med et fortløbende nummer [1], [2], etc., navn, angivelse af om foranstaltningen er forebyggende (F) eller afhjælpende (A), beskrivelse af barrieretype samt barriereindeks.

*Havvandsvarmepumpeanlægget medfører ingen opdatering af værdisætning (af barriereindeks) for de tidligere identificerede sikkerhedsforanstaltninger (barrierer) i Bilag D - Risikoidentifikation og barrierediagrammer for Nordjyllandsværket, dateret maj 2020.*

Nr.	Barrierenavn	Beskrivelse	Kategori	Barriertype	Barriereindeks (B)
[1]	Materialevalg havvandsrør	<p>Alle dele (rør) i direkte kontakt med havvand i varmeveksleren er konstrueret i materialecertificeret titanium.</p> <p>Titaniums rør er korrosionsbestandige overfor saltvand, hvilket reducerer sandsynligheden for korrosion.</p> <p>Alle rørdele er sammensvejst, dvs. ingen pakninger, flanger eller lignende.</p>	F	Fysisk barriere	2
[2]	Shutdownventiler	<p>Havvandsrørene udstyres med shutdownventiler, der lukkes ved detektion af ammoniakudslip (samtidigt med trip af havvandspumperne). Ammoniak vil på denne måde blive tilbageholdt i havvandrørene.</p> <p>Aktivering af shutdownventilerne vil ske ved kølemiddeldetektering (ned til 10-30 ppm) i havvandsrøret.</p>	A	Funktionel (høj-kvalitets sikkerhedssystem) barriere	2
[3]	Sikring mod vandhammer	Rør dimensioneres for at reducere sandsynligheden for vandhammer (trykstød).	F	Fysisk barriere	2
[4]	Sikring mod isdannelse	<p>Powerdown proces (styret af temperaturforskel på havvand).</p> <p>Relativt højt flow af havvand gennem rør.</p>	F	Fysisk/Funktionel barriere	3
[5]	Sikring mod tilgroning og tilstopning	<p>Etablering af filter med grovfilter monteret i indløbskanalen samt indbygget selvrensende roterende filter.</p> <p>Opvarmning (varmesanitering) af en afspærret rørsektion (på havvandssiden omkring varmeveksler) for at fjerne tilgroning.</p> <p>Rensesystem (for at rense indersiden af varmevekslerrørene).</p>	F	Fysisk/Administrativ barriere	2

Nr.	Barrierenavn	Beskrivelse	Kategori	Barriertype	Barriereindeks (B)
[6]	Sikring mod højt tryk	Sikkerhedsventiler for at kunne udlufte/aflaste systemet.  Systemet er opbygget iht. trykudstyringsdirektivet (PED).  Designtryk er højere end forekommende driftstryk.	F	Fysisk barriere	2
[7]	Periodisk vedligehold og inspektion	Forebyggende og periodisk vedligehold og inspektion.  Dette vil fastholdes i procedurer og instruktioner.	F	Administrativ barriere	2
[8]	Sikker opstart af havvandssystem	Fyldesekvens under opstart af pumpning.  Dette vil fastholdes i procedurer og instruktioner.	F	Administrativ barriere	1
[9]	Udluftning fra varmpumpehal	Udluftning (ventilation) fra varmpumpehallen er over tag (15 meter over terrænniveau).  Ventilation er styret af ammoniakdetektion. Ved detektion skal der være forceret drift af ventilation (ifølge EN 378).	A	Fysisk barriere	2
[10]	Ammoniakdetektion med alarm	Detektion af ammoniak (grænse for personskaade ifølge AT-grænseværdier) vil medføre alarm (lyd og lys) ved adgang til varmpumpehallen.  I tilfælde af et ammoniakudslip, vil personer blive orienteret via en visuel/akustisk alarm, og anlægget vil lukkes ned (ved fastsat grænseværdi).  Systemet skal afprøves regelmæssigt.	A	Administrativ barriere	1
[11]	Væskedetektion på kompressor	Indbygget detektion af væske i tilgang til kompressor. Detektion tripper kompressor.	F	Funktionel (høj-kvalitets sikkerhedssystem) barriere	2

Nr.	Barrierenavn	Beskrivelse	Kategori	Barriertype	Barriereindeks (B)
[12]	Personligt beskyttelsesudstyr	Det personlige beskyttelsesudstyr på Nordjyllandsværket inkluderer hjelmasker med filter, beskyttelsesdragter, briller og handsker, escapehoods samt personbårne gasetektorer.  Personale medbringer altid escapehood med påmonteret ammoniakfilter ved arbejde i varmepumpehallen.	A	Barrierer iht. beredskabsplanlægning, beskyttelses- samt sikkerhedsudstyr	1
[13]	Procedure for sikkert arbejde	Det findes arbejdstilladelser for sikkert arbejde, herunder formular for tilladelse til varmt arbejde.	A	Administrativ barriere	2
[14]	Lav eksponering	I de fleste tilfælde vil der være mulighed for, at 3. part kan undgå skadeeffekter ved at søge bort eller på grund af, at 3. part befinder sig langt væk fra uheldet. Vindretningen har stor betydning for spredning af en gassky efter et udslip, og dermed det påvirkede område og antallet eksponerede personer (3. part). Et gasudslip vil kunne fortyndes i luft og vind (til under en koncentration under tærskelkoncentrationer/grænseværdier for giftighed).	A	Sandsynlighedsrelateret barriere	2
[15]	Delvis lukket kanal	Kølekanalen er ca. 250 m og delvis lukket. Der vil være en stor vandmængde til at opblande et potentielt udslip af ammoniak til vand.	A	Fysisk barriere	2
[16]	Certificerede medarbejdere	Vedligeholdelsesarbejde udføres af certificerede og sagkyndige medarbejdere.	F	Administrativ barriere	1
[17]	Velventileret bygning	Varmepumpehallen er velventileret, hvilket reducerer sandsynligheden for havgus inde i bygningen.	F	Fysisk barriere	2
[18]	Nødlukning af anlægget	Nødlukning af påfyldningsanlægget kan ske automatisk eller manuelt. Nedlukning indebærer, at kun mængden i slangen slipper ud.	A	Funktionel (høj-kvalitets sikkerhedssystem) barriere	2
[19]	Procedure for losning af ammoniak	Sikkerhedskultur med arbejdsinstruktion for losning af ammoniak, som bl.a. beskriver, at der altid skal være 2 personer med kendskab til proceduren til stede under påfyldning af ammoniak kredsen (dvs. chaufføren samt en person fra NJV).	F	Administrativ barriere	2

Nr.	Barrierenavn	Beskrivelse	Kategori	Barrieretype	Barriereindeks (B)
[20]	Sikkerhedsudstyr tankbil	Slangere for tanktilkobling har "pull-away" koblinger, der lukker ved overrivning af slangerne. Lukning af rørbrudsventiler i tankbil.	F	Funktionel (høj-kvalitets sikkerhedssystem) barriere	2

**Tabel 4-1 Beskrivelse af samt værdisætning (af barriereindeks) for samtlige identificerede sikkerhedsforanstaltninger (barrierer) relateret til Havvandvarmepumpeanlæg, ammoniak på Nordjyllandsværket.**



## 5. VURDERING AF RISIKO OG UDVÆLGELSE AF UHELDSSCENARIER

I det følgende konkluderes på den semi-kvantitative risikovurdering med barrieremetoden, der er foretaget for samtlige identificerede "what-if"-scenarier, jf. acceptkriterierne i *PLAN\_06EP-P03 Procedure for identifikation og vurdering af risiko*, vedlagt til bilag V i sikkerhedsrapporten fra juni 2020.

Kriterier for identifikation og udvælgelse af uheldsscenarier til den videre vurdering er beskrevet i *PLAN\_06EP-P03 Procedure for identifikation og vurdering af risiko*, vedlagt til bilag V i sikkerhedsrapporten fra juni 2020.

### 5.1 Identificerede "what-if"-scenarier

I Tabel 5-1 præsenteres samtlige identificerede "what-if"-scenarier for *Havvandsvarmepumpeanlæg, ammoniak* med angivelse af beregnet af risikoindeks.

Node	"What-if" scenarie (nr. og beskrivelse)	Risikoindeks	
		R <sub>p</sub>	R <sub>m</sub>
1. Havvandssystemet (inklusive varmeveksler på vandsiden)	1.1.1 Rørbrud eller lækager fra rør i varmeveksler efter ældning af rør (korrosion eller erosion)	-	6
	1.1.2 Rørbrud eller lækage fra rør i varmeveksler efter frostsprængning ved kold havvandstemperatur	-	8
	1.1.3 Manglende flow af havvand efter tilgroning eller tilstopning i havvandsrør	-	-
	1.1.4 Rørbrud eller lækager fra rør i varmeveksler ved for højt tryk	-	3
	1.1.5 Rørbrud eller lækager fra rør i varmeveksler efter trykstød	-	4
	1.1.6 Dominoeffekt ved rørbrud og efterfølgende flere samtidige rørbrud i veksler	6	8
	1.1.7 Lækage fra rør i varmeveksler ved driftstop og vedligeholdelsesarbejde	-	8
2. Havvandstemperaturdelen af ammoniakredsen (inklusive varmeveksler på ammoniaksiden)	1.2.1 Lækage af ammoniak ved revne i svejsning mellem materialer i varmeveksler som følge af forskellige materialevalg i	6	-
	1.2.2 Brud eller lækage af ammoniak efter fysisk påvirkning af anlæg	7	-
	1.2.3 Brud eller lækage af ammoniak ved for højt tryk	7	-
	1.2.4 Brud eller lækage af ammoniak efter udvendig tæring	5	-

Node	"What-if" scenarie (nr. og beskrivelse)	Risikoindeks	
		R <sub>p</sub>	R <sub>m</sub>
3. Fjernvarmetemperaturdelen af ammoniak kredsen (inklusive varmeveksler på ammoniak siden)	1.3.1 Brud eller lækage af ammoniak efter fysisk påvirkning af anlæg	7	-
	1.3.2 Brud eller lækage af ammoniak ved kompressorhaveri	7	-
	1.3.3 Brud eller lækage af ammoniak efter udvendig tæring	5	-
	1.3.4 Lækage eller brud fra slange ved påfyldning af systemreciever	7	-
4. Fjernvarmesystemet (inklusive varmeveksler på vandsiden)	1.4.1 Rørbrud eller lækager fra rør i varmeveksler efter ældning af rør (korrosion eller erosion)	-	-
	1.4.2 Rørbrud eller lækager fra rør i varmeveksler efter trykstød	-	-

**Tabel 5-1 Beregnet risikoindeks for samtlige identificerede "what-if"-scenarier relateret til Havvandvarmepumpeanlæg, ammoniak.**

For miljørisiko er der ikke identificeret "what-if"-scenarier, der har et risikoindeks på 10 eller højere. Dermed er det vurderet via den semi-kvantitative risikovurdering analyse med barrieremetoden, at risikoen for miljøet ved udslip af ammoniak/ammoniakvand fra Nordjyllandsværkets havvandvarmepumpeanlæg er acceptabelt, og at der er et tilstrækkeligt antal sikkerhedsbarrierer.

For personrisiko er der ikke identificeret "what-if"-scenarier, der har et risikoindeks på 8 (eller højere). Dermed er det vurderet via den semi-kvantitative risikovurdering analyse med barrieremetoden, at risikoen for personer (ansatte samt 3. part) ved udslip af ammoniak fra Nordjyllandsværkets havvandvarmepumpeanlæg er acceptabelt, og at der er et tilstrækkeligt antal sikkerhedsbarrierer.

Dog stræbes der løbende efter at sænke risikoen på Nordjyllandsværket, selvom risikoindekset er 8/10 eller derunder.

### 5.1.1 Udvalgelse af uheldsscenarier

Udvalgelsen af større scenarier for vurdering af omfanget og alvoren af mulige større uheld med farlige stoffer på Nordjyllandsværket foregår som udgangspunkt ved at medtage samtlige identificerede "what-if"-scenarier med risikoindeks  $R_p \geq 5$  samt  $R_m \geq 7$ .

Samtlige "what-if"-scenarier med sammenlignelige konsekvenser grupperes efterfølgende. Formålet med grupperingen er at skabe en sammenhæng mellem identificerede "what-if"-scenarier med sammenlignelige konsekvenser, for den videre udvælgelse af uheldsscenarier.

Grupperingen kan medføre, at et uheldsscenario inkluderer flere forskellige "what-if"-scenarier, hvis konsekvenserne og skadeeffekterne af disse "what-if"-scenarier er identiske.

På baggrund af de identificerede "what-if"-scenarier med sammenlignelige konsekvensbeskrivelser og skadeeffekter, er følgende betydelige uheldsscenarioer for vurdering af omfanget og alvoren af følgerne af større uheld med farlige stoffer blevet udvalgt, se Tabel 5-2.

<b>Uheldsscenarioer</b>		<b>"What-if"-scenarie (nr.)</b>
1	Udslip af ammoniakvand til recipient (Limfjorden)	1.1.2, 1.1.6, 1.1.7
2	Indendørs udslip af ammoniak fra læk eller brud på ammoniakkredsen i varmepumpehallen	1.2.1, 1.2.2, 1.2.3, 1.2.4, 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3
3	Udendørs udslip af ammoniak fra læk eller brud på slange ved påfyldning af ammoniakkredsen	1.3.4

**Tabel 5-2 Udvalgte uheldsscenarioer relateret til ammoniak, for vurdering af omfanget og alvoren af følgerne i kapitel IV.B i tillægget til sikkerhedsrapporten for Nordjyllandsværket.**

BILAG 2  
STØJBEREGNINGER

Til  
**Nordjyllandsværket**

Dokumenttype  
**Rapport**

Dato  
**Januar 2022**

# **NORDJYLLANDSVÆRKET**

## **BEREGNING AF**

## **EKSTERN STØJ FOR**

## **FREMTIDSCENARIER**

# NORDJYLLANDSVÆRKET

## BEREGNING AF EKSTERN STØJ FOR FREMTIDSCENARIER

Projekt navn **Beregning og vurdering af virksomhedsstøj fra Nordjyllandsværket**  
Projekt nr. **1100050220**  
Modtager **Flemming Eskehave Larsen**  
**Eva Lyngbe Bejlegaard**  
**Jørgen Bornø Jensen**  
Version **1**  
Dato **23-01-2022**  
Udarbejdet af **Rói Hansen**  
Kontrolleret af **Ole Funk Knudsen**  
Godkendt af **Rói Hansen**  
Beskrivelse **Beregning og vurdering af virksomhedsstøj fra Nordjyllandsværket i forbindelse med fremtidige scenarier med/uden blok 3 samt nye byggeplaner.**

Rambøll  
Englandsvej 25  
DK-5000 Odense C

T +45 5161 1000  
<https://dk.ramboll.com>

## INDHOLD

<b>1.</b>	<b>Indledning</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>Støjmodel og grænseværdier i området</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>Beregninger</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>Scenarier og Støjkilder</b>	<b>4</b>
<b>5.</b>	<b>Beregningsresultater</b>	<b>7</b>
<b>6.</b>	<b>Konklusion</b>	<b>9</b>

## 1. INDLEDNING

Rambøll har, på vegne af Nordjyllandsværket, beregnet og vurderet ekstern støj for fremtidige driftsscenarier for området ved Nefovej 50, 9310 Vodskov.

Planerne for området er under udvikling og den endelige udformning af byggefelter med aktiviteter osv. er derfor ikke fastlagt. Den aktuelle støjmodel anvendes som redskab i forbindelse med den fremtidige planlægning for området ved Nordjyllandsværket.

Der er udført støjberegninger for to fremtidige scenarier: ét scenarie med Blok 3 i drift samt nye byggefelter, og ét scenarie med nye byggefelter men hvor Blok 3 og tilhørende anlæg, inkl. kulpladsen, er afviklet. Der er endnu ikke taget stilling til hvad der skal opføres på de nye byggefelterne. Der forudsættes derfor et samlet støjbidrag, i form af kildestyrke, for hvert byggefelt.

Der forudsættes, at den eksisterende lempelse for støj til Hesteskoen vil udgå efter forventet afvikling af Blok 3 og tilhørende kulplads i 2028.

Støjberegningerne viser, på baggrund af de beskrevne forudsætninger, at Nordjyllandsværket vil overholde grænseværdier for ekstern støj i omgivelserne for begge scenarier, det vil sige drift med Blok 3 og nye byggefelter, samt for drift når Blok 3 udgår og lempelserne for Hesteskoen bortfalder.

Støjberegningerne viser således, at der er, uanset udfasning af Blok 3, et støjmæssigt råderum for udvikling af området med nye byggefelter og aktiviteter.

## 2. STØJMODEL OG GRÆNSEVÆRDIER I OMRÅDET

Den eksisterende støjmodel for området, udarbejdet af Rambøll og beskrevet i støjrapport fra 2012<sup>1</sup>, anvendes som grundlag til beregning og vurdering af støjbidrag til omgivelserne.

Den eksisterende revurderede miljøgodkendelse fra 2006<sup>2</sup>, samt den revurderede miljøgodkendelse der er undervejs, indeholder en lempelse i forhold til grænseværdi ved Hesteskoen, som er klassificeret som rekreativt område. Der forventes at lempelsen bortfalder ved udfasning af Blok 3

Der forudsættes følgende grænseværdier for de udvalgte beregningspunkter.

<sup>1</sup> "Nordjyllandsværket – Beregning af ekstern støj ved udvidelse af biopiller med olielager", Beregningsrapport 2021.pdf, dateret 17.06.2021

<sup>2</sup> "Revision af miljøgodkendelsen af Nordjyllandsværket", Nordjyllands amt, dateret d.06.02.2006



**Tabel 1 Forudsatte grænseværdier for ekstern støj til omgivelser, med/uden Blok 3.**

Kontrol punkt	Adresse	Områdetype	Grænseværdi		
			Hverdage 7-18 Lørdage 7-14	Hverdage 18-22 Lørdag 14-22 Helligdage 7-18	Alle dage 22-7
1	Elsamvej nr. 95	Åbent land	55	45	40
2	Vesterladenvej 21	Åbent land	55	45	40
3	Sømærkevej 15	Åbent land	55	45	40
4	I-S Hennedal 70	Rekreativt område	40	35	35
5	Vejrholm	Åbent land	55	45	40
6	Overvejen	Rekreativt område	40	35	35
<b>Med Blok 3</b>					
7	Hestekoer	Rekreativt område	55	55	50
<b>Uden Blok 3</b>					
7	Hestekoer	Rekreativt område	40	35	35

Desuden må der i perioden 22.00-07.00 ikke forekomme spidsværdier i støjen, der overstiger det for perioden anførte maksimalniveau med mere end 15 dB(A).



**Figur 1 Beregningspunkter.**

### 3. BEREGNINGER

Den eksisterende støjmodel fra 2012 er opgraderet til den nyeste version, Soundplan 8.2. Beregningerne er udført i henhold til Miljøstyrelsens vejledning, "Beregning af ekstern støj fra virksomheder", nr. 5, 1993, også kendt som "Fælles nordisk beregningsmetode". Støjberegningerne udføres i Soundplan med "General Prediction Method 2019", som er den nyeste digitalt implementerede beregningsmetode. Der udføres punktberegninger samt beregning af støjubredelse. Disse beregnes 1,5 meter højde over terræn i henhold Miljøstyrelsens vejledninger.

### 4. SCENARIER OG STØJKILDER

Nedenfor ses de overordnede forudsætninger for de fremtidige scenarier. Der forudsættes, at der stadig vil være en del intern transport efter udfasning Blok 3, men den præcise mængde kendes ikke. Som bedste skøn forudsættes der samme mængde transport på området som med Blok 3 i drift.

**Tabel 2 Forudsætninger for områder med drift før/efter 2028.**

Scenarier	Med Blok 3 (frem til 2028)	Uden Blok 3 (fra 2028)
Blok 3	JA	NEJ
Kulplads med transportbånd osv.	JA	NEJ
Nye byggefelter	JA	JA
Havvandsvarmepumpe (HVVP)	JA	JA
Intern transport (lastbiler, trucks, osv.)	JA	JA

For scenarie med Blok 3 i drift forudsættes der, at Blok 3, kulplads og tilhørende støjklider, samt intern transport, støjer som beskrevet i støjrapporten fra 2012<sup>3</sup>. Der henvises til ovenstående støjrapport for detaljerede oplysninger for kildestyrker, drift osv.

Der bemærkes, at havneområdet ikke længere er en del af Nordjyllandsværket og varetages af separat virksomhed. Derfor indgår støj fra dette område ikke længere i støjmodellen.

For detaljeret information om støj fra ny havvandsvarmepumpebygning henvises til støjnotat udarbejdet af Rambøll<sup>4</sup>.

Den præcise anvendelse af de nye byggefelter er endnu ikke fastlagt. Til beregning af støj fra det fremtidige område med disse nye byggefelter forudsættes en samlet støjkilde i form af kildestyrke for hvert byggefelt. Kildestyrken for byggefelterne forudsættes således at grænseværdi for ekstern støj overholdes i beregningspunkter, før og efter udfasning af Blok 3.

Der forventes at lempelsen for støjgrænse ved Hesteskoen vil bortfalde ved udfasning af Blok 3. Det medfører at den samlede støj fra Nordjyllandsværket, og dermed de nye byggefelter, skal overholde strengere støjkrav end tidligere, jf. Tabel 1.

Nordjyllandsværket har oplyst, at der er planer om at opføre 100 MW varmepumpeanlæg på området. Den endelige lokation kendes endnu ikke, men der forudsættes en lokation så støjkliden er inkluderet i beregningerne, selvom den endelige placering ikke er på plads. Det er Rambølls

<sup>3</sup> "Nordjyllandsværket – Beregning af ekstern støj ved udvidelse af biopiller med olielager", Beregningsrapport 2021.pdf, dateret 17.06.2021

<sup>4</sup> "Aalborg Forsyning - Støj fra havvandsvarmepumpebygning, HVVP", støjnotat, dateret d.08.12.2021

erfaring at energioptagere er den primære støjkilde hos varmepumpeanlæg og at et 100 MW energianlæg typisk kan støje med  $L_{WA} = 105$  dB, afhængig af det valgte anlæg, støjdemplingsforanstaltninger osv. Beregningerne forudsætter at energioptageranlægget vil have en samlet kildestyrke på  $L_{WA} = 105$  dB.

Byggefelt med energioptagere, med en forventet kildestyrke på  $L_{WA} = 105$  dB, vil lægge beslag på en forholdsvis stor del af det fremtidige støjmæssige råderum for støj fra området. Det medfører at det resterende støjmæssige råderum skal fordeles mellem de andre byggefelter.

I forbindelse med ovenstående oplyses der, at skalaen for støj er logaritmisk, hvilket f.eks. betyder at fordobling af støjkilder medfører en stigning på +3 dB og tidobling medfører en stigning på +10 dB. Det vil sige, at to støjkilder med  $L_{WA} = 90$  dB samlet set giver  $L_{WA} = 93$  dB, og at 10 støjkilder med  $L_{WA} = 90$  dB samlet set giver  $L_{WA} = 100$  dB.

Den forudsatte samlede kildestyrke for hvert byggefelt bør ses som et indledende estimat på hvor meget byggefelterne må afgive af støj til omgivelserne, og disse kan justeres indbyrdes på et senere tidspunkt, så den samlede støj til omgivelserne er den samme og fortsat vil overholde grænseværdier for støj.

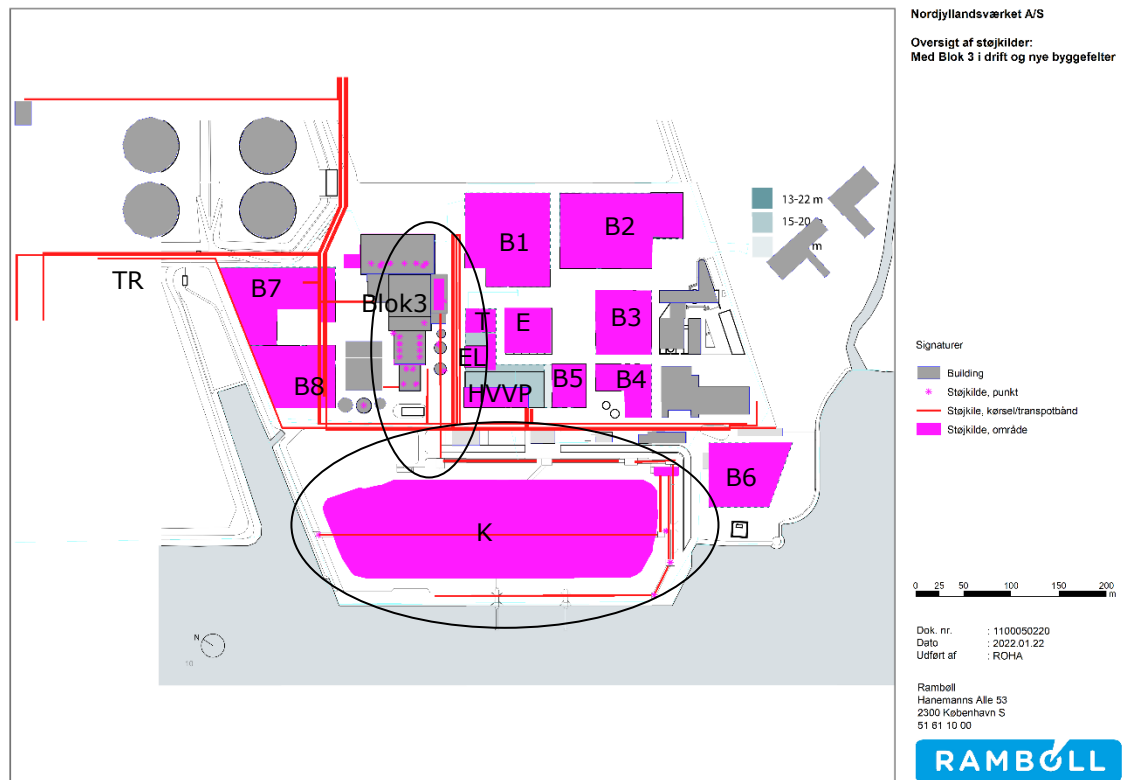
De forudsatte kildestyrker for de andre byggefelter end energioptagere, mellem  $L_{WA} = 90$  og 93 dB, er i nogen grad restriktive, men der vurderes at der stadig vil være mulighed for udvikling af området med nye virksomhedsaktiviteter.

Nedenfor ses oversigt af de forudsatte støjkilder. For de nye byggefelter, 100 MW energioptagere, transformere og elkedelbygning forudsættes nedenstående kildestyrker for hvert delområde. For Blok 3, kulplads, HVVP, og intern transport henvises der til støjrapporter.

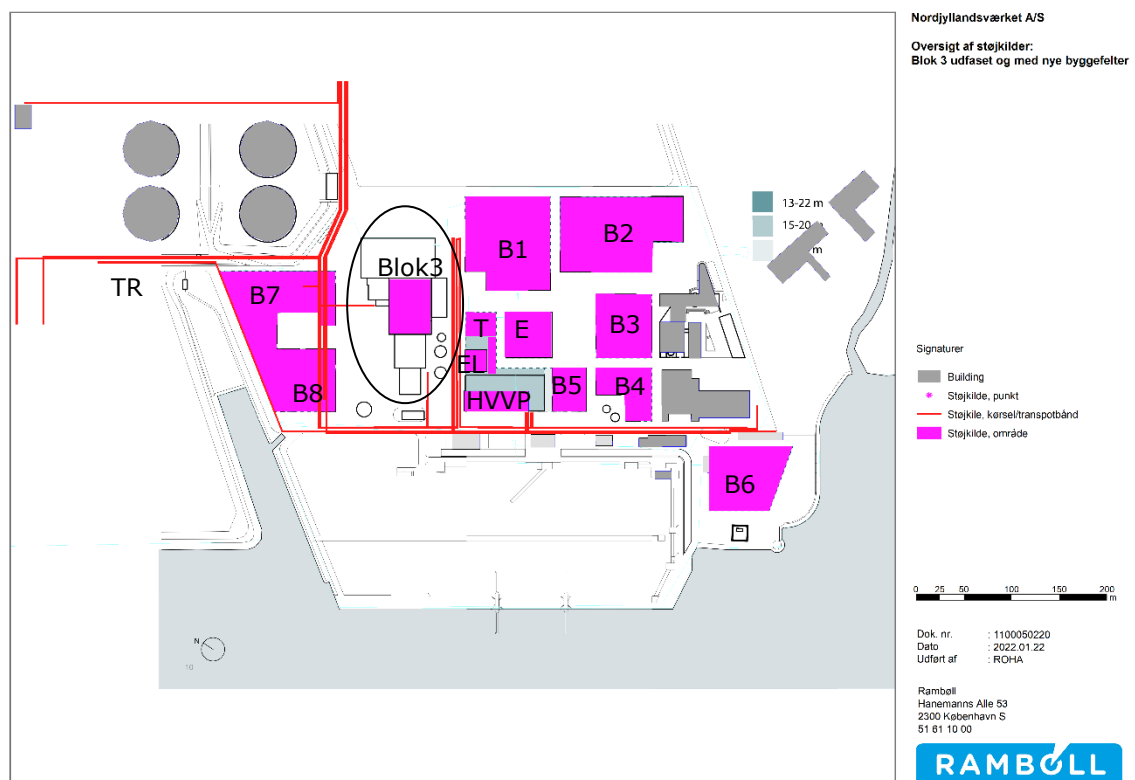
**Tabel 3 Oversigt af støjkilder.**

Figurbetegnelse	Støjkilde	Forudsat kildestyrke, $L_{WA}$
Blok 3, K	Blok 3, kulplads	Jf. støjrapport fra 2012
TR	Intern transport med lastbiler, trucks osv.	Jf. støjrapport fra 2012
HVVP	Havvandsvarmepumpebygning	Jf. støjnotat fra 2021
B1 til B8	Byggefelt B1 til B8	90 dB(A) for hvert byggefelt
E	Energioptagere, 100 MW	105 dB(A)
T	Transformere	93 dB(A)
El	Elkedel bygning	90 dB(A)
Blok 3 udfaset	Ny anvendelse	90 dB(A)

Beregningsmæssigt er støjkilderne B1-B8, E, T, El og Blok 3 udfaset er indlagt i støjmodellen som fladestøjkilder. Kilderne er indlagt i følgende højder over terræn: B1-B8 10 m, E 3 m, T 5 m, El 10 m og Blok 3 udfaset 30 m. De forudsatte højder er et skøn ud fra foreløbige planer for området. Der er brugt generaliseret industristøjfrekvensspektrum for kilderne, på nær E, hvor der er brugt et frekvensspektrum for en tilsvarende støjkilde (energioptagere) i et andet projekt.



Figur 2 Oversigt af støjkilder for scenarie med Blok 3 og nye byggefelter, indtil 2028.



Figur 3 Oversigt af støjkilder for scenarie hvor Blok 3 er udfaset og med nye byggefelter, efter 2028.

## 5. BEREGNINGSRISULTATER

Nedenfor ses de beregnede støjbidrag for scenarier med og uden drift af Blok 3.

**Tabel 4 Med Blok 3 og nye byggefelter. Grænseværdier og beregnet støjbidrag til omgivelser.**

Kontrol punkt	Adresse	Grænseværdi			Beregnet støjbidrag		
		Hverdage 7-18 Lørdage 7-14	Hverdage 18-22 Lørdag 14-22 Helligdage 7-18	Alle dage 22-7	Hverdage 7-18 Lørdage 7-14	Hverdage 18-22 Lørdag 14-22 Helligdage 7-18	Alle dage 22-7
1	Elsamvej nr. 95	55	45	40	33	33	32
2	Vesterladenvej 21	55	45	40	35	35	34
3	Sømærkevej 15	55	45	40	35	35	34
4	I-S Hennedal 70	40	35	35	31	31	30
5	Vejrholm	55	45	40	35	35	33
6	Overvejen	40	35	35	30	30	28
7	Hesteskoen	55	55	50	49	49	48

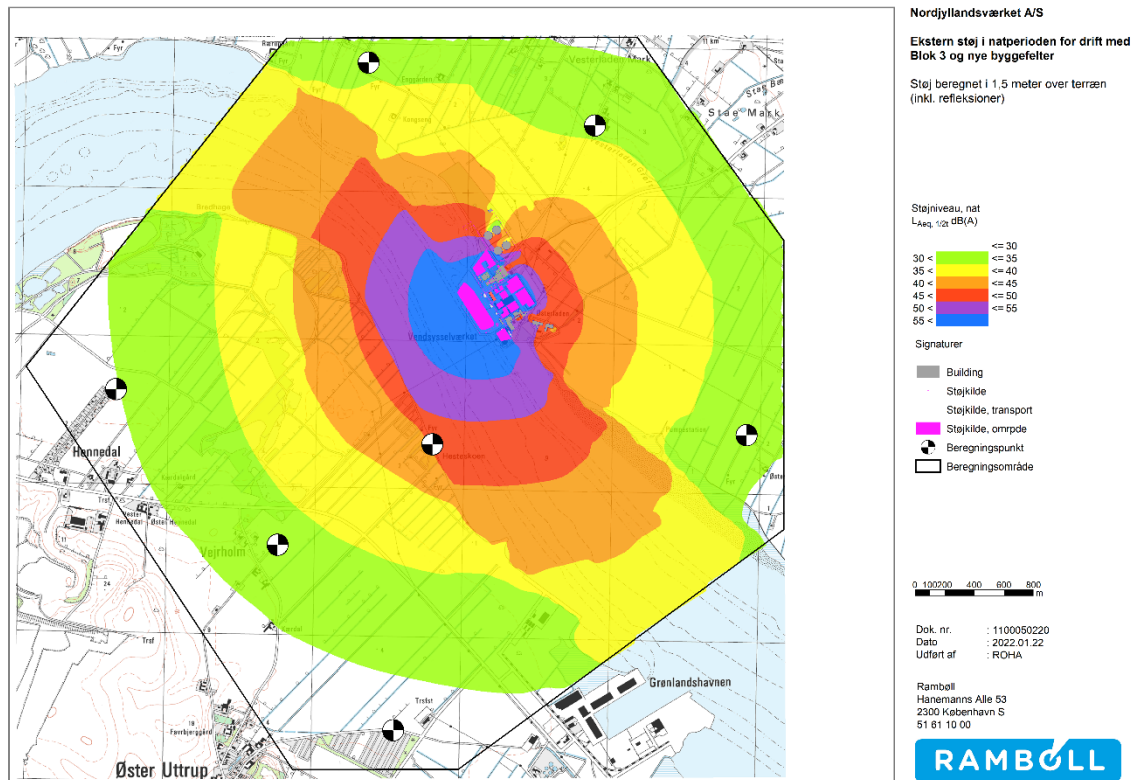
**Tabel 5 Uden Blok 3 og med nye byggefelter. Grænseværdier og beregnet støjbidrag til omgivelser.**

Kontrol punkt	Adresse	Grænseværdi			Beregnet støjbidrag		
		Hverdage 7-18 Lørdage 7-14	Hverdage 18-22 Lørdag 14-22 Helligdage 7-18	Alle dage 22-7	Hverdage 7-18 Lørdage 7-14	Hverdage 18-22 Lørdag 14-22 Helligdage 7-18	Alle dage 22-7
1	Elsamvej nr. 95	55	45	40	23	23	23
2	Vesterladenvej 21	55	45	40	30	30	30
3	Sømærkevej 15	55	45	40	25	25	25
4	I-S Hennedal 70	40	35	35	15	14	14
5	Vejrholm	55	45	40	21	21	21
6	Overvejen	40	35	35	16	16	16
7	Hesteskoen	40	35	35	34	34	34

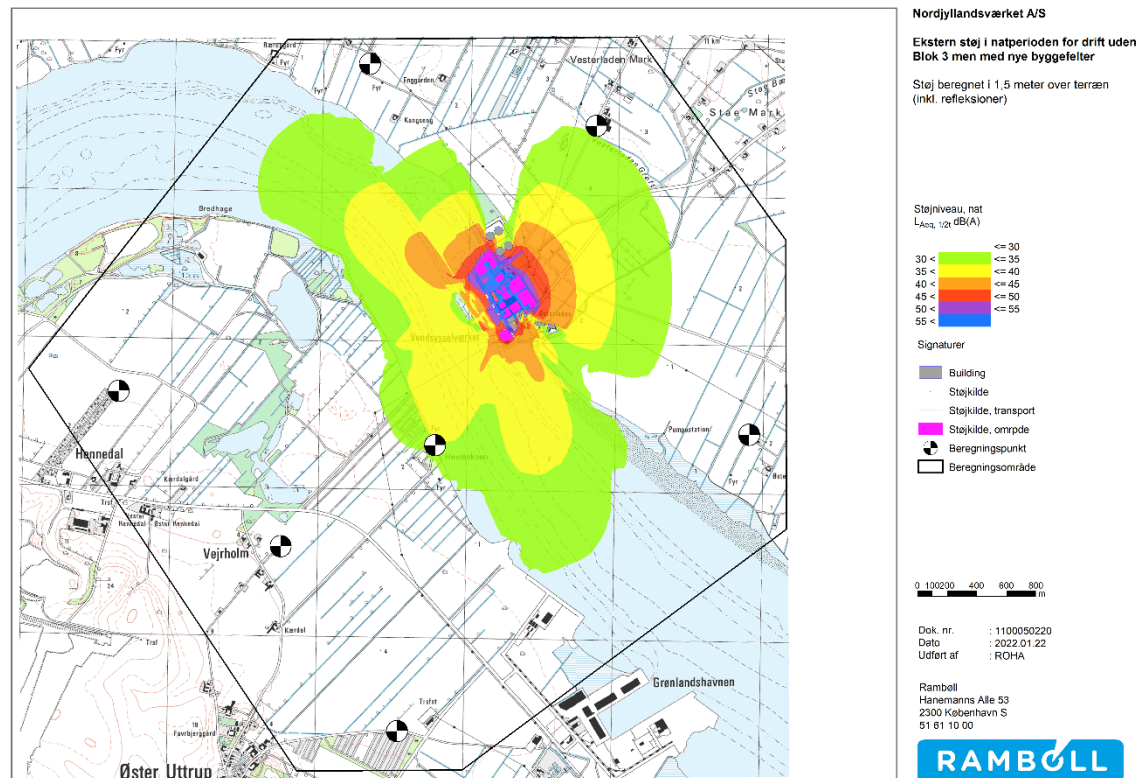
Der forudsættes, henhold til støjrapport fra 2012, at beregnede ovenstående støjbidrag er lig med støjbelastningen, som grænseværdier gælder for. Der ses, at grænseværdier overholdes i alle beregningspunkter og for begge scenarier.

Nedenfor ses også støjdbredelseskort for natperioden for de to scenarier.





Figur 4 Støjudbredelseskort for natperioden med drift med Blok 3 og nye byggefelter, indtil 2028.



Figur 5 Støjudbredelseskort for natperioden med drift uden Blok 3 men med nye byggefelter, fra 2028.

## 6. KONKLUSION

Der er udført beregning og vurdering af ekstern støj for fremtidige scenarier for Nordjyllandsværket. For scenarie indtil 2028 er der forudsat at Blok 3, med tilhørende kulplads, fortsat vil være i drift og at der opføres nye byggefelter med støjkluder. For andet scenarie, efter 2028, er der forudsat at Blok 3, med kulpladsen, er udfaset samt at der er opført nye byggefelter med støjkluder. Med drift Blok 3 af indtil 2028 er der forudsat eksisterende lempelse ved Hesteskoen. Efter 2028, hvor Blok 3, udfases forudsættes at lempelsen bortfalder.

Støjberegningerne viser, at grænseværdier overholdes med drift af Blok 3 og nye byggefelter, samt at der er plads til støj fra nye byggefelter efter udfasning af Blok 3.

# NOTAT

Projekt navn **Akustik**  
 Projektnr. **1100048736-004**  
 Kunde **Aalborg Forsyning**  
 Notatnr. **1**  
 Til **Aalborg Forsyning**  
 Fra **Rói Hansen**  
 Kopi til **Peder V. Rasmussen**  
**Lasse Petersen**

Udarbejdet af **Rói Hansen**  
 Kontrolleret af **Ole Funk Knudsen**  
 Godkendt af **Rói Hansen**

## 1 Aalborg Forsyning - Støj fra havvandsvarmepumpebygning, HVVP

Dato 08-12-2021

Rambøll har, på vegne af Aalborg Forsyning, vurderet støj fra den kommende havvands-varmepumpebygning (HVVP) der vil blive opført på det eksisterende område ved Nordjyllandsværket, Nefovej 50, 9310 Vodskov.

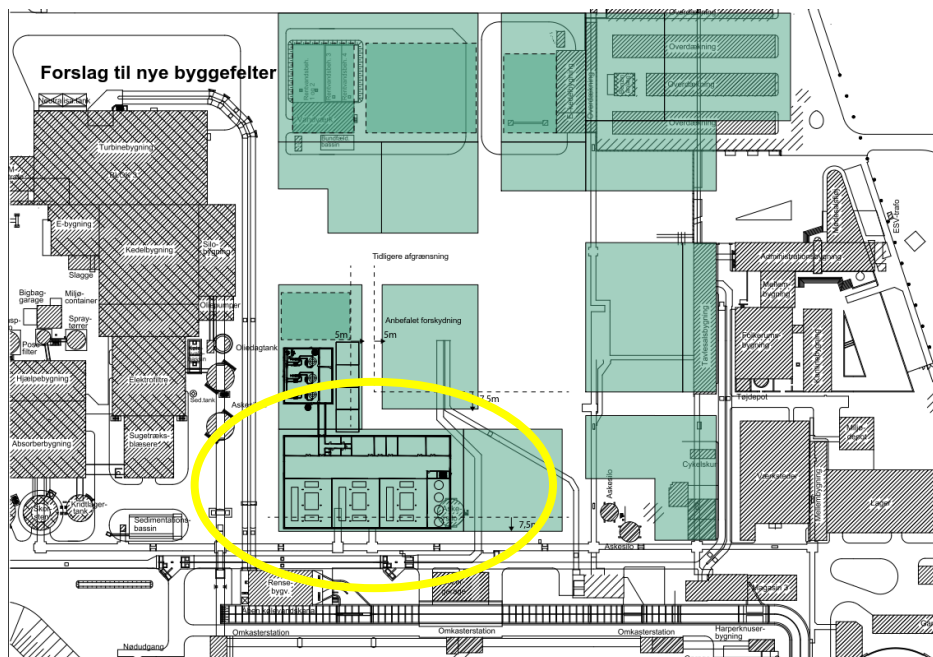
Det eksisterende område vil undergå store forandringer med adskillige andre nye bygninger og støjkloder, hvor den aktuelle bygning er én af de planlagte delprojekter.

Nærværende notat beskæftiger sig med HVVP bygningen og fremsætter løsningsforslag for at reducere støj til omgivelserne i et passende omfang.

Rambøll  
 Englandsgade 25  
 DK-5100 Odense C

T +45 5161 1000  
<https://dk.ramboll.com>

Nedenfor ses oversigt af område og placering af HVVP bygning.



**Figur 1** Oversigt af område og placering af HVVP bygning.



HVVP bygningen vil huse tre havvandsvarmepumper, én varmepumpe i hvert af de tre rum. Der er ikke valgt leverandør endnu og dermed kendes den endelige støj fra varmepumperne ikke på nuværende tidspunkt. I stedet anvendes støjdata fra lignende varmepumpe fra et andet projekt.

## 2 Støjmodel og grænseværdier i området

Den eksisterende støjmodel for området, beskrevet i støjrapport fra 2012<sup>1</sup>, anvendes som grundlag til beregning og vurdering af HVVP bygningens støjbidrag til omgivelserne.

Der forudsættes følgende grænseværdier for de udvalgte beregningspunkter, som fremgår af ovenstående rapport, med den forskel at lempelse i beregningspunkt for rekreative områder ikke tages med. Det vil sige, grænseværdi for rekreative områder forudsættes som 40/35/35 dB for henholdsvis dag, aften og nat.

**Tabel 1 Forudsatte grænseværdier for ekstern støj til omgivelser.**

Kontrol punkt	Adresse	Områdetype	Grænseværdi		
			Hverdage 7-18 Lørdage 7-14	Hverdage 18-22 Lørdag 14-22 Helligdage 7-18	Alle dage 22-7
1	Elsamvej nr. 95	Åbent land	55	45	40
2	Vesterladenvej 21	Åbent land	55	45	40
3	Sømærkevej 15	Åbent land	55	45	40
4	I-S Hennedal 70	Rekreativt område	40	35	35
5	Vejrholm	Åbent land	55	45	40
6	Overvejen	Rekreativt område	40	35	35
7	Hesteskoen	Rekreativt område	40	35	35

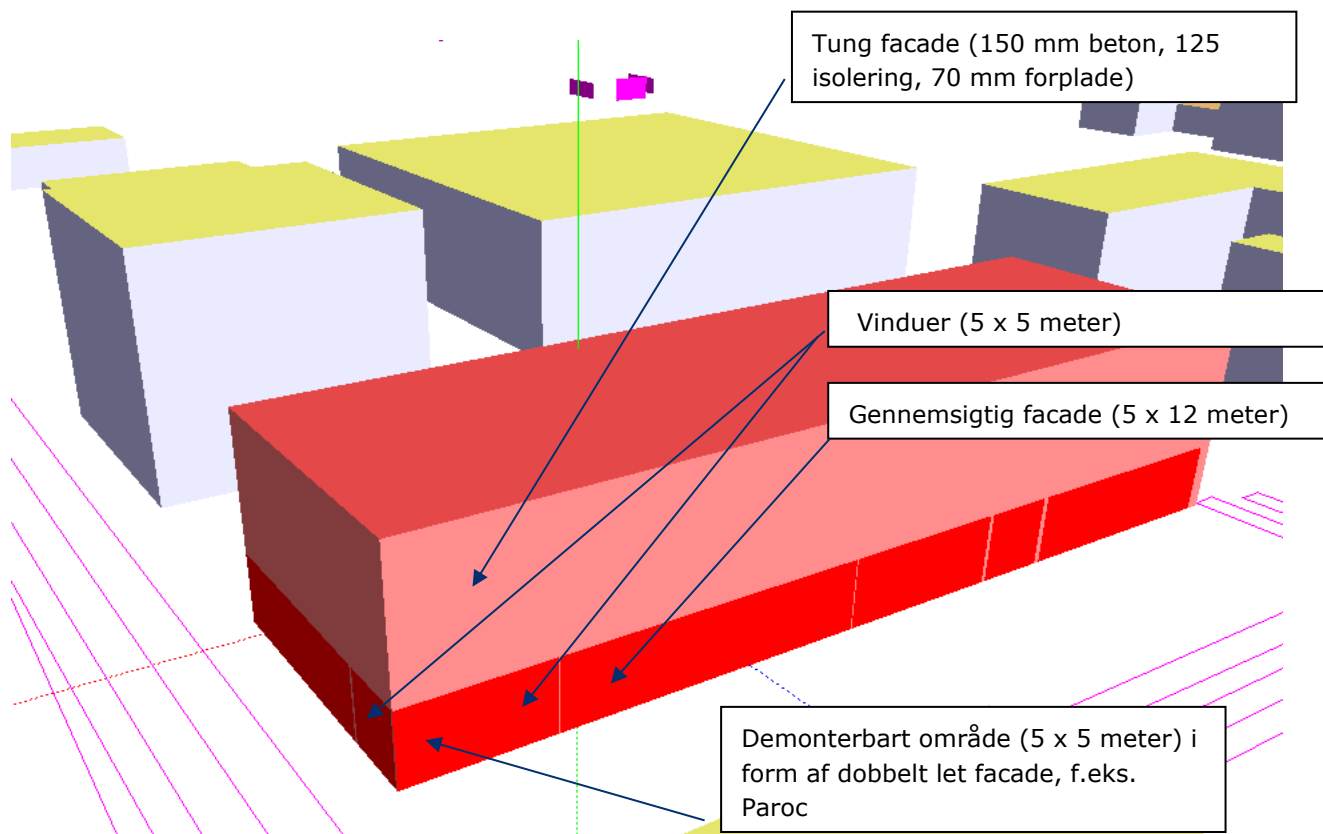


**Figur 2 Beregningspunkter.**

<sup>1</sup> "Nordjyllandsværket – Beregning af ekstern støj ved udvidelse af biopiller med olielager", Beregningsrapport 2021.pdf, dateret 17.06.2021

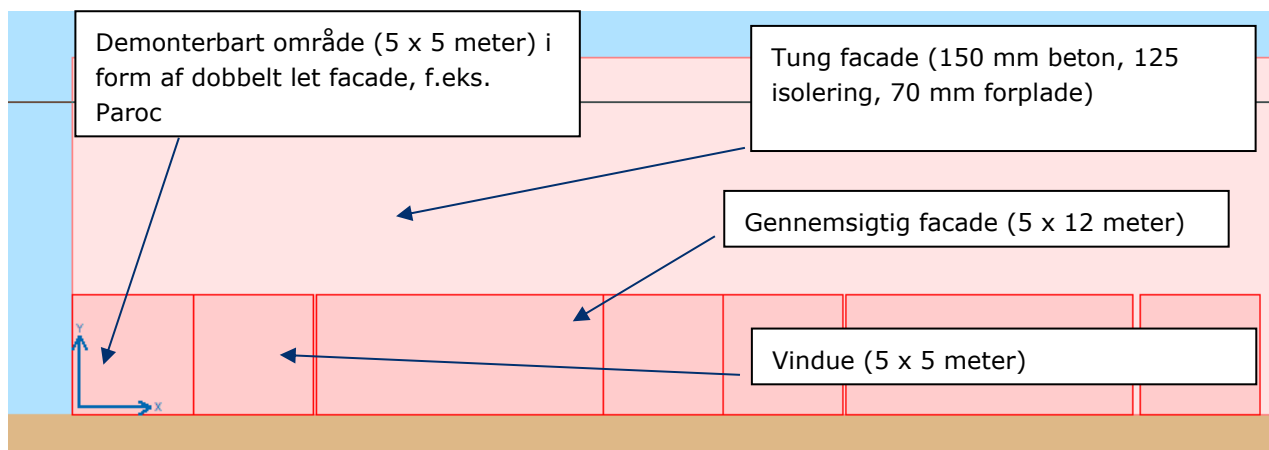
### 3 Bygning

Hvert af de tre rum forudsættes til at have dimensionerne: 21,5 x 21 x 14,75 meter (længde, bredde og højde). De nederste 5 meter på facaderne mod syd og vest forudsættes at bestå af vinduer, gennemsigtig facade samt demonterbart felt. Nedenfor ses skærbillede af bygning i støjmodel med angivelse af forudsatte konstruktioner. Beskrivelse af forudsatte konstruktioner findes på næste sider.



**Figur 3 Bygning i 3D til beregning af ekstern stil omgivelser. Bygningsdele angives for ét rum ud af tre.**

Nedenfor ses ovenstående bygning fra syd.



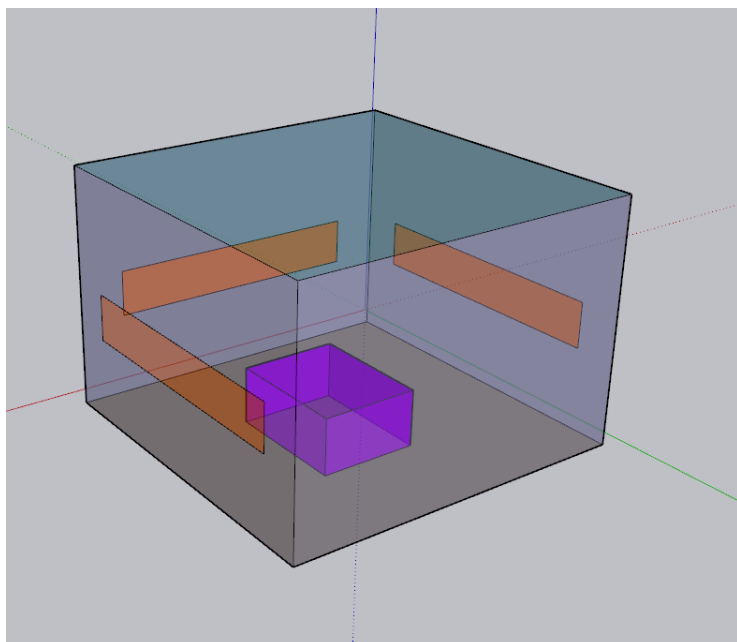
**Figur 4** Bygning i 3D til beregning af ekstern støj til omgivelser, set fra syd. Bygningsdele angives for ét rum ud af tre.

### 3.1 Rumakustik og indendørsstøjniveau

Såfremt rum med havvandsvarmepumper defineres som et arbejdsrum, så skal Arbejdstilsynets vejledning vedr. akustik i arbejdsrum, At-Vejledning A.1.16, samt vejledning for støj, At-vejledning D.6.1-4, overholdes.

#### Rumakustik og støjniveau i rum

Der forudsættes perforeret trapezloft med lydabsorberende egenskaber samt 140 m<sup>2</sup> vægabsorbenter i form af 100 mm mineraluld. Vægabsorbenter forudsættes placeret i bånd fra 5 meters højde. Alternative placeringer, og evt. anden type vægabsorbent, er mulige og skal i så fald skal vurderes af akustiker.



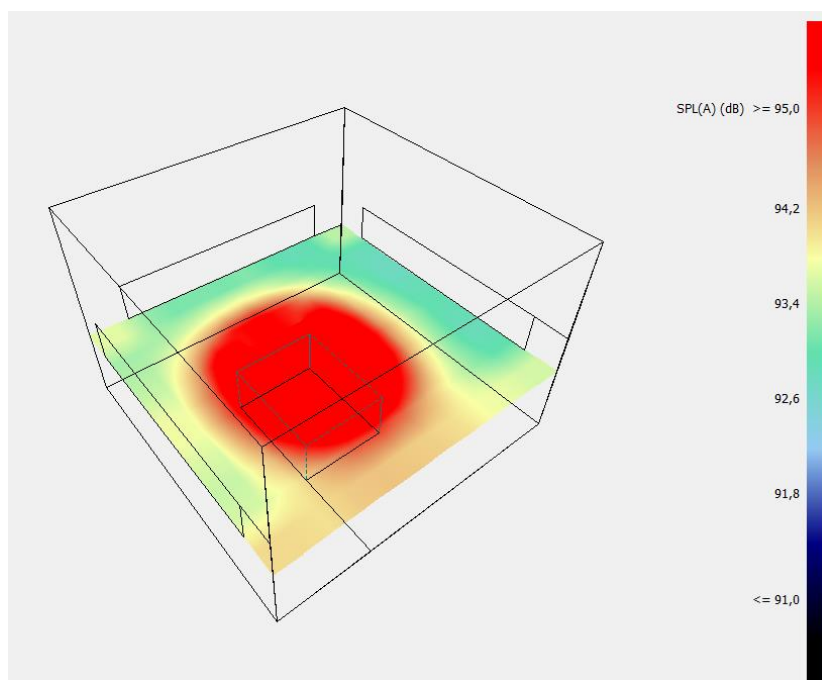
**Figur 5** Skærmbillede af forudsat placering af vægabsorbenter (orange farve). Bemærk, alternative placeringer skal vurderes af akustiker.

**Tabel 2 Forudsatte lydabsorptionskoefficienter, alpha, for lydabsorberende overflader i rum.**

Frekvensbånd	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Lydabsorptions klasse
Perforeret lydabsorberende trapez loft, Rockwool løsning 1	0,18	0,34	0,88	1,00	0,67	0,32	0,35	0,35	D
Vægabsorbent, 100 mm mineraluld monteret direkte på væg	0,40	0,65	0,85	1,0	1,0	0,95	0,95	0,95	A

På baggrund af ovenstående beregnes efterklangtid og støjniveau i rum, udført med rumakustisk simuleringssoftware Odeon, se figur nedenfor. Til beregning af forventet støjniveau i rum anvendes kildestyrkedata for lignende varmepumpe som ses nedenfor. Den A-vægtede kildestyrke for varmepumpen i hvert rum er  $L_{WA} = 116$  dB.

Nedenfor ses den beregnede efterklangtid og forventet indendørsstøjniveau som følge af den forudsatte støjkilde. Samlet støjniveau i rum er  $L_{Aeq} = 94$  dB.



**Figur 6 Skærbillede af Odeon simuleringssoftware. Beregnet støjniveau,  $L_{Aeq}$ , i 5 meters højde vises.**

**Tabel 3 Beregnet efterklangtid og indendørsstøjniveau med forudsat støjkilde.**

Frekvensbånd	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Sum
Efterklangtid, T i sekunder	7,4	4,6	3,1	2,5	2,7	2,9	2,1	1,0	3,2 (125 -2k Hz)
Kildestyrke af varmepumpe i rum, $L_W$ i dB (bemærk lineær vægtning)	93	109	116	112	113	105	99	96	119 ( $L_{WA} = 116$ )
Resulterende støjniveau i rum, $L_{Aeq}$ i dB(A)	48	72	82	84	89	83	76	70	94 (Samlet støjniveau i rum)

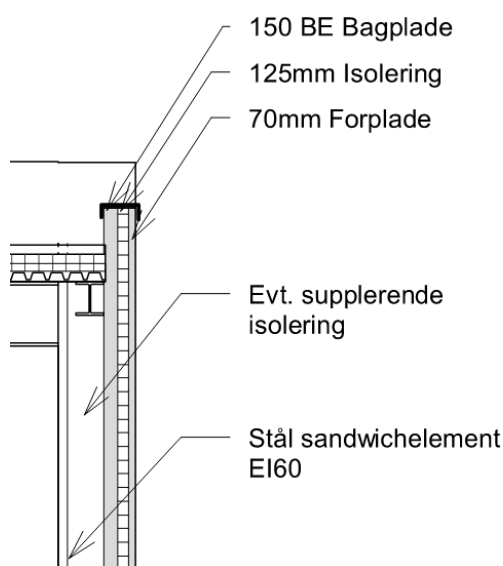
På baggrund af det forudsatte dæmpede rum, med absorberende perforeret trapez loft og absorberende perforeret let facade, vurderes Arbejdstilsynets minimum krav for rumakustik (minimum ækvivalent absorptionsareal = 0.7 x gulvareal) at være overholdt.

Der bemærkes, at der ikke forventes at personale vil opholde sig i rum mens varmepumperne kører, men kun i forbindelse med eftersyn, reparation og lignende. For disse tilfælde, mens der foregår arbejde, vil rummet overholde arbejdstilsynets krav for rumakustik i arbejdsrum.

### Lydisolering og konstruktioner

Der forudsættes følgende konstruktioner med delvis tung facade og let tag:

- Tag/loft: Perforeret absorberende trapezloft med  $R_w = 41$  dB
- Facade (fra 5 meter højde): 150 mm betonvæg, 125 mm isolering, 70 mm forplade (beton). Nedenfor ses skitse af forudsat opbygning af facade. Vurderet  $R_w = 64$  dB.



**Figur 7 Opbygning af tung facade, fra 5 meter højde og opad.**

- Demonterbar væg (5 x 5 meter) med dobbelt let facade, evt. Paroc og isolering, vurderet  $R_w = 53$  dB
- Vindue (5 x 5 meter) med standard termoruder,  $R_w = 29$  dB
- Gennemsigtig facade (5 x 12 meter pr. rum) med glasbyggesten,  $R_w = 47$  dB.

Der bemærkes, at de forudsatte glasbyggesten som arkitekterne har foreslået, har en høj lydisolation, primært pga. den høje vægt, og at de derfor er gode til at holde støjen inde i bygningen. Såfremt den gennemsigtige facade ændres til en anden løsning der er lettere, vil lydisolationen blive markant lavere. En ændring af denne art skal vurderes af akustiker.

Samlet set vil bygningens facader, grundet sin tunge opbygning og glasbyggesten samt dobbelt let facade, have en høj lydisolation og vil være effektiv til at holde støjen inde i bygningen.

Vinduerne, med deres relativt lave lydisolation, udgør en mindre del af bygningen og derfor har de ikke så stor betydning for det samlede støjbidrag i beregningspunkterne hvor grænseværdierne gælder. Tæt på bygningen vil vinduerne afgive mere støj end de andre bygningsdele (ca. 55 dB(A) i 5 meters afstand).

Forudsat reduktionstal for alle bygningsdele ses nedenfor. Der fratrækkes 3 dB fra laboratorieværdier,  $R_w$ , som sikkerhed for at få den forventede lydreduktion i praksis ("in situ"), nemlig  $R'_w$  for lydreduktion pr. frekvensbånd og samlet vægtet lydreduktionstal,  $R'_w$ .

**Tabel 4 Forudsatte reduktionstal,  $R'$  i dB, og vægtet samlet reduktionstal,  $R'_w$  i dB, for bygningsdele i støjberegning. Bemærk tal er "in situ" og der er fratrukket 3 dB som sikkerhed fra laboratorieværdier  $R$  og  $R_w$ . Bemærk, alle tal er i dB.**

Frekvensbånd	$R'$ , 63 Hz	$R'$ , 125 Hz	$R'$ , 250 Hz	$R'$ , 500 Hz	$R'$ , 1k Hz	$R'$ , 2k Hz	$R'$ , 4k Hz	$R'$ , 8k Hz	$R'_w$
Tung facade (150 mm beton, 125 mm isolering, 70 mm forplade)	40	45	50	54	65	75	85	85	<b>60</b>
Vinduer (standard termorude)	15	23	18	25	30	35	35	35	<b>29</b>
Demonterbart felt (dobbelt let facade)	16	27	40	52	61	52	68	65	<b>50</b>
Gennemsigtig facade, glasbyggesten	37	35	37	40	44	49	43	45	<b>44</b>
Tag, perforeret trapez	17	23	24	37	46	54	54	54	<b>39</b>

Der bemærkes, at der kun regnes med støjstråling fra facader mod syd og vest, samt tag. De andre facader, mod nord og øst, er for andre rum uden varmepumper og der ses bort fra disse facaders støjbidrag i denne sammenhæng.

Se bilag for datablad for perforeret trapezloft og glasbyggesten.

#### 4 Beregnet af ekstern støj til omgivelser med fokus på HVVP

Nedenfor ses det beregnede støjbidrag fra HVVP bygningen alene.

**Tabel 5 Beregnet støjbidrag fra HVVP bygning alene samt strengeste grænseværdi (nat perioden)**

Kontrol punkt	Adresse	Strengeste grænseværdi, natperioden 22:00-7:00, dB(A)	Beregnet støjbidrag fra HVVP bygning, dB(A)
1	Elsamvej nr. 95	40	1
2	Vesterladenvej 21	40	0
3	Sømærkevej 15	40	3
4	I-S Hennedal 70	35	-1
5	Vejrholm	40	2
6	Overvejen	35	-2
7	Hesteskoen	35	15

Det beregnede højeste støjbidrag fra HVVP bygningen er 15 dB(A) i kontrolpunkt 7 (Hesteskoen), hvoraf taget alene bidrager med 14 dB(A). Det samlede støjbidrag fra HVVP bygningen er 20 dB lavere end den strengeste grænseværdi for det samlede støjbidrag fra hele Nordjyllandsværket på 35 dB(A). Det svarer til at støjbidrag fra HVVP er mindre end en 1/100 del af det tilladelige samlede støjbidrag på 35 dB(A). Det samlede støjbidrag fra opførsel af ny HVVP bygning er derfor næsten ubetydeligt i forhold hvad Nordjyllandsværket må støje.

Støjbidrag tæt på bygningen, ca. 5 meters afstand, vil primært være gennem vinduerne, med deres forholdsvis lave lydisolations på  $R_w = 29$  dB og støjniveau kan forventes at være ca. 55 dB(A) i ca. 5 meters afstand. Det vil høres men vil ikke opleves som værende generende. Såfremt man gerne vil reducere støjen i nærheden af bygningen yderligere, kan man montere særligt lydreducerende vinduer.

#### 5 Konklusion og vurdering af bygningens støjbidrag til omgivelser

Rambøll har beregnet og vurderet støj fra den planlagte havvandsvarmepumpebygning (HVVP). Der er taget udgangspunkt i den eksisterende støjmodel for Nordjyllandsværket fra 2012. Der fokuseres på støjbidraget af den nye bygning i forhold til den samlede tilladelige støj fra Nordjyllandsværket. Der forudsættes en bygning med primært tunge facade og delvis lette bygningsdele, bestående af let tag i form af lydabsorberende perforeret trapez, tung dobbelt facade fra 5 meter højde og nederste del af facade, op til 5 meter højde, med delvis glas og gennemsigtigt facade. Rummet forudsættes dæmpet (lav efterklangstid) med absorberende trapez loft og absorberende vægabsorbenter. Rummet vil overholde Arbejdstilsynets krav for rumakustik i arbejdsrum for produktionslokaler. Som støjkilde i hvert af de tre rum forudsættes en lignende varmepumpe med kildestyrke på 116 dB(A).

Tæt på bygningen kan der forventes ca. 55 dB(A) støjniveau på 5 meters afstand foran vinduerne, hvilket vil kunne høres, men vurderes passende og ikke generende. Såfremt det der ønskes lavere støjniveau, kan der monteres særligt lydreducerende vinduer.

Det beregnede støjbidrag fra HVVP bygningen er meget lavt, mindst 20 dB lavere end strengeste grænseværdi på 35 dB(A). Opførsel af HVVP bygningen bidrager derfor i praksis med meget lidt støj til omgivelserne og er i praksis ubetydeligt i forhold til den samlede tilladelige støj fra Nordjyllandsværket for den mest støjfølsomme periode i døgnet, nemlig natperioden hvor strengeste grænseværdi i omkringliggende områder er 35 dB(A).

## 6 Bilag

Forudsat kildestyrke for varmepumper for hvert af tre rum:

<b>Johnson Controls Denmark</b>				2017.11.01 /KBM
PROJECT:	<b>Fjv Fyn</b>			
NOISE SOURCE:	<b>1) 3 x SAB233S, 3000 RPM</b> <b>2) 3 x SAB233S, 3000 RPM</b> <b>3) 3 x SAB233S, 3000 RPM</b>			
<b>Calculated SOUND POWER LEVEL:</b>				
	3 x SAB233S	3 x SAB233S	3 x SAB233S	Total
	Unit	Unit	Unit	dB
Hz	dB	dB	dB	dB
63	88.1	88.1	88.1	92.9
125	104.3	104.3	104.3	109.1
250	110.9	110.9	110.9	115.7
500	106.8	106.8	106.8	111.6
1000	108.2	108.2	108.2	113.0
2000	100.4	100.4	100.4	105.2
4000	94.0	94.0	94.0	98.8
8000	91.5	91.5	91.5	96.3
Total dBL	114.5	114.5	114.5	119.3
Total dBA	<b>111.0</b>	111.0	<b>111.0</b>	<b>115.8</b>

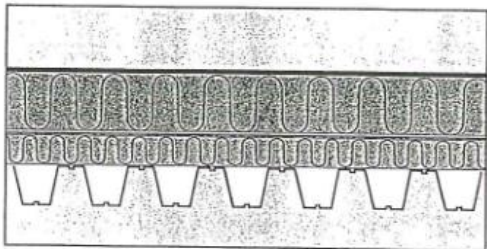


Datablad for forudsat tag:

**Lyd**  
**Rockwool Lydtage**

3.3.6

**Løsning 1**  
med kombination af  
Rockwool  
Lydunderlagsplade  
og Hardrock tagisolering.



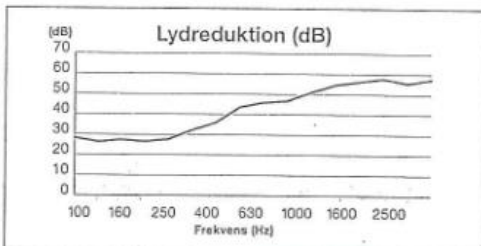
**Konstruktionsbeskrivelse:**

- Tagpap eller tagfolie – mekanisk fastgjort
- Rockwool Hardrock 126 eller Hardrock 90 mm. (Måling med HR 90)
- Tilbagetrukket dampspærre – PE-folie.
- Rockwool Lydunderlagsplade 50 mm med vlies på undersiden.
- Perforeret stålpladetag – måling udført med 8% livsperforering.

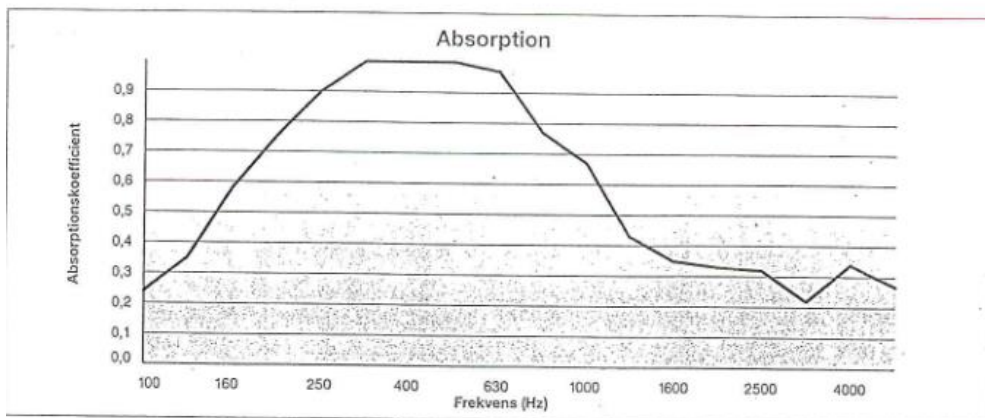
Note: Konstruktionen er godkendt løsning som beklædning, hvor der stilles klasse 1 overflade-brandkrav til den indvendige loftsoverflade.

**Lydreduktionskurver RI - prøvningsrapport GA-97-115**

Retning inde/ud Vægtet lydreduktionstal  $R_{w}$  = 41,9 dB.



**Lydabsorptionskurve RI - prøvningsrapport GA-97-057**



Datablad for forudsatte glasbyggesten:

**Prüfbericht**

Nr. 163 19633/3

Fenster  
Türen  
Fassaden  
Werkstoffe  
Zubehör



**ROSENHEIM**

<b>Berichtsdatum</b>	29. Juni 1998
<b>Auftraggeber</b>	Oberland Glas AG Postfach 1120 56418 Wirges
<b>Auftrag</b>	Bestimmung der Luftschalldämmung von Glasbausteinelementen nach DIN 52210 und DIN EN ISO 717-1 (Eignungsprüfung I)
<b>Gegenstand</b>	Glasbausteinelement mit der Produktbezeichnung „SOLARIS Glasstein F 1930“
<b>Inhalt</b>	1 Problemstellung 2 Gegenstand 3 Durchführung 4 Ergebnis 5 Hinweise zur Benutzung von i.f.t.-Prüfberichten  Meßblatt (1 Seite) Anlage (2 Seiten)

Blatt 2 von 4  
 Prüfbericht 163 19633/3 vom 29. Juni 1998  
 Firma Oberland Glas AG, 56418 Wirges



## 1 Problemstellung

Die Firma Oberland Glas AG, 56418 Wirges, beauftragte das i.f.t. Rosenheim, die Luftschalldämmung nach DIN 52210 und DIN EN ISO 717-1 eines Glasbausteinelementes mit der Produktbezeichnung „SOLARIS Glasstein F 1930“ zu bestimmen.

Diese Prüfung dient zum Nachweis der Eignung für die in DIN 4109 genannten Anforderungen (Eignungsprüfung I).

## 2 Gegenstand

Probekörper	1 Glassteinelement aus 42 Glassteinen, hergestellt nach DIN 4242 „Glasbaustein-Wände, Ausführung und Bemessung
Produktbezeichnung	SOLARIS Glasstein F 1930
Aufbau	80 mm Glassteinelemente, mit 5 mm Floatglas verklebt
Abmessung des Glassteines	190 mm × 190 mm, Glaswandung ca. 20 mm
Gesamtdicke	85 mm
Fugenbreite	12 mm, hergestellt mit Wärmedämmörtel LM 21
Außenabmessung	1220 mm × 1460 mm
Flächengewicht	123 kg/m <sup>2</sup>

Das Glasbausteinelement ist im Meßblatt und in der Anlage im Schnitt dargestellt.

Art der Probennahme	Anfertigung der Probekörper in den erforderlichen Abmessungen durch den Auftraggeber.
Probekörperanlieferung	12. Januar 1998
Prüfdatum	25. Juni 1998

## 3 Durchführung

Die Durchführung der Messungen erfolgte nach DIN 52210 - 1 (08.84); das Schalldämmmaß wird aus der Schallpegeldifferenz zwischen den beiden Räumen wie folgt bestimmt:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A} \quad \text{dB}$$



**Blatt** 3 von 4  
**Prüfbericht** 163 19633/3 vom 29. Juni 1998  
**Firma** Oberland Glas AG, 56418 Wirges



*Hierin bedeuten:*

- R* Schalldämmmaß des Probekörpers
- L<sub>1</sub>* Schallpegel im Senderraum
- L<sub>2</sub>* Schallpegel im Empfangsraum
- S* Fläche des Probekörpers einschließlich Rahmen
- A* Äquivalente Schallabsorptionsfläche im Empfangsraum, bestimmt aus Messungen der Nachhallzeit und dem Empfangsraumvolumen

Für die Messung wurden folgende Geräte verwendet:

<b>Gerät</b>	<b>Typ</b>	<b>Hersteller</b>
Integrierende Meßanlage	Typ Nortronic 840	Fa. Norsonic-Tippkemper
Mikrofon-Vorverstärker	Typ 1201	Fa. Norsonic-Tippkemper
Mikrofonkapseln	Typ 1220	Fa. Norsonic-Tippkemper
Kalibrator	Typ 4220	Fa. Brüel & Kjær
Lautsprecher Dodekaeder	Typ 229, 96 Ohm	Fa. Norsonic-Tippkemper
Verstärker	Typ 235, 100 W	Fa. Norsonic-Tippkemper
Mikrofon-Schwenkanlage	Typ 231-N-360	Fa. Norsonic-Tippkemper

Das i.f.t. Rosenheim nimmt im Abstand von 3 Jahren an Vergleichsmessungen bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig teil. Der Schallpegelmessers des Akustikmeßsystems wird regelmäßig beim Eichamt Dortmund geeicht. Zu Beginn einer Schallpegelmessung wird die gesamte Meßkette kalibriert.

## 4 Ergebnis

### 4.1 Prüf- und Rechenwerte

Die Werte des gemessenen Luftschalldämmmaßes des untersuchten Glasbausteinelementes sind in ein Diagramm des beigefügten Meßblattes in Abhängigkeit von der Frequenz eingezeichnet und in der nachfolgenden Tabelle wiedergegeben.

f in Hz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
R in dB	39,0	40,4	39,8	35,8	41,4	38,9	38,8	39,6	41,4	42,4	43,5	44,4
f in Hz	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000			
R in dB	45,9	45,6	47,8	49,6	53,3	54,3	46,0	44,8	47,9			

Blatt 4 von 4  
 Prüfbericht 163 19633/3 vom 29. Juni 1998  
 Firma Oberland Glas AG, 56418 Wirges



Daraus errechnen sich für den Frequenzbereich 100 Hz bis 3150 Hz die bewerteten Schalldämmmaße  $R_{w,R}$  nach DIN EN ISO 717-1 : 1997-01 zu:

**Prüfwert**  $R_{w,P}(C;C_{tr}) = 47 (-1;-3)$  dB und **Rechenwert**  $R_{w,R}(C;C_{tr}) = 45 (-1;-3)$  dB

Kennzeichnende Größen  $R_{w,P}$  und  $R_{w,R}$  sowie Vorhaltemaß (2 dB) entsprechen DIN 4109 (11.89).

Nach DIN EN ISO 717-1 : 1997-01 ergeben sich folgende weitere Spektrum-Anpassungswerte

$C_{50-3150} = -1$ dB	$C_{100-5000} = -1$ dB	$C_{50-5000} = -1$ dB
$C_{tr,50-3150} = -3$ dB	$C_{tr,100-5000} = -3$ dB	$C_{tr,50-5000} = -3$ dB

**4.2 Gültigkeit der Prüfergebnisse**

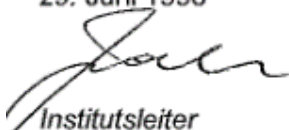
Die in diesem Prüfbericht genannten Werte beziehen sich ausschließlich auf den unter Punkt 2 beschriebenen und geprüften Gegenstand.


Eine Gesamtbeurteilung der Konstruktion und anderer Funktionen kann aus diesem Prüfbericht nicht abgeleitet werden.

**5 Hinweise zur Benutzung von i.f.t.-Prüfberichten**

Im beiliegenden Merkblatt „Hinweise zur Benutzung von i.f.t.-Prüfberichten zu Werbezwecken und für die Veröffentlichung deren Inhaltes“ sind die Regelungen zur Benutzung der Prüfberichte festgeschrieben.

**i.f.t. Rosenheim**  
 29. Juni 1998

  
 Institutsleiter  
 i. V. Hans Froelich

  
 Bereich Schallschutz  
 Dr. Rolf Schumacher

**Schalldämm-Maß nach DIN 52210 – 3**

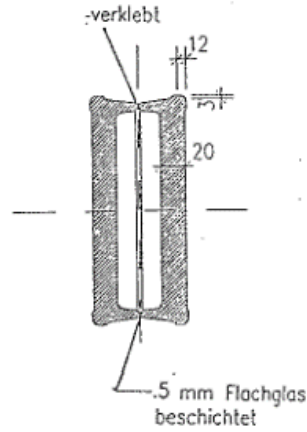
**Eignungsprüfung I**

Auftraggeber: Oberland Glas AG, 56418 Wirges

**Aufbau des Probekörpers**

Glasbausteinelement

System SOLARIS Glasstein F 1930  
 Außenabmessung 1220 mm x 1460 mm  
 Gesamtdicke 85 (mm)  
 Flächengewicht 123 kg/m<sup>2</sup>



Prüfung DIN 52210-03-E1-L-P-F  
 Prüfdatum 25. Juni 1998  
 Prüföffnung 1,25 m x 1,50 m = 1,88 m<sup>2</sup>

Prüfstandtrennwand  
 Beton-Doppelwand, DIN 52210 – 2 (1984)

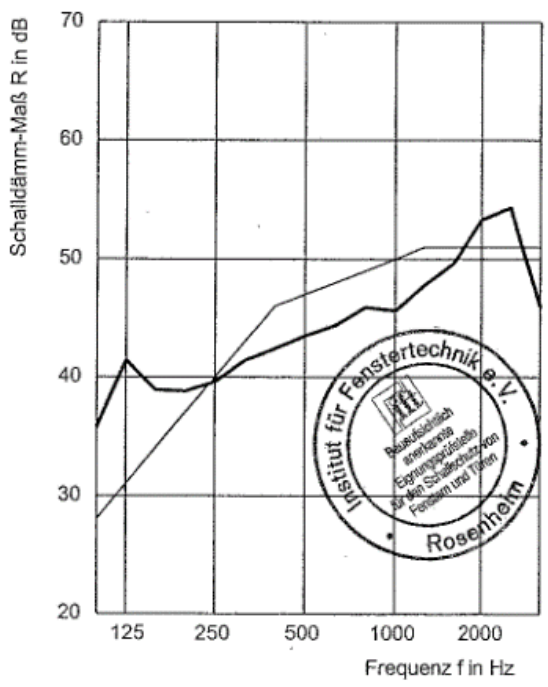
Prüfschall Rosa Rauschen

Volumina der Prüfräume  
 $V_S = 109,9 \text{ m}^3$   
 $V_E = 101,3 \text{ m}^3$

Maximales Schalldämmmaß  
 $R_{w,max} = 62 \text{ dB}$  (bezogen auf die Prüffläche)

Einbaubedingungen  
 Glas in die Prüföffnung eingesetzt. Anschlußfuge mit Schaumstoff ausgestopft und beidseitig mit plastischem Dichtstoff gedichtet.

— verschobene Bezugscurve  
 — Meßkurve



**$R_{w,P}$  aus Diagramm R(f)**  
 $R_{w,R} = R_{w,P} - 2 \text{ dB}$   
 Bewertete Schalldämmmaße  $R_w$   
 Prüfwert  $R_{w,P} = 47 \text{ dB}$   
 Rechenwert  $R_{w,R} = 45 \text{ dB}$



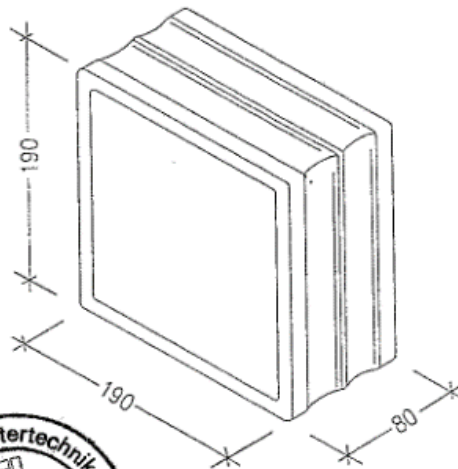
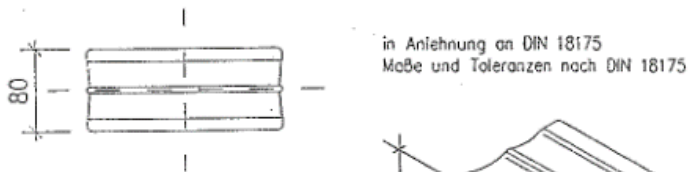
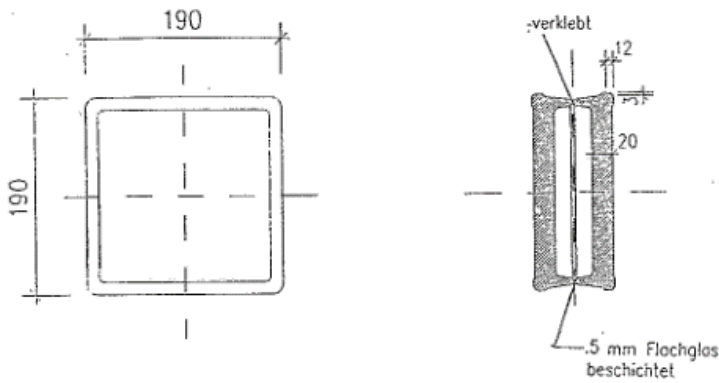
Prüfbericht-Nr.: 163 19633/1

I.f.t. Rosenheim, 29. Juni 1998

*Rolf Schumacher*  
 Prüfstellenleiter  
 Dr. Rolf Schumacher



Anlage Blatt 1 von 2  
 Prüfbericht 163 19633/3 vom 29. Juni 1998  
 Firma Oberland Glas AG, 56418 Wirges



alle Maße in mm

**SOLARIS**  
GLASSTEIN

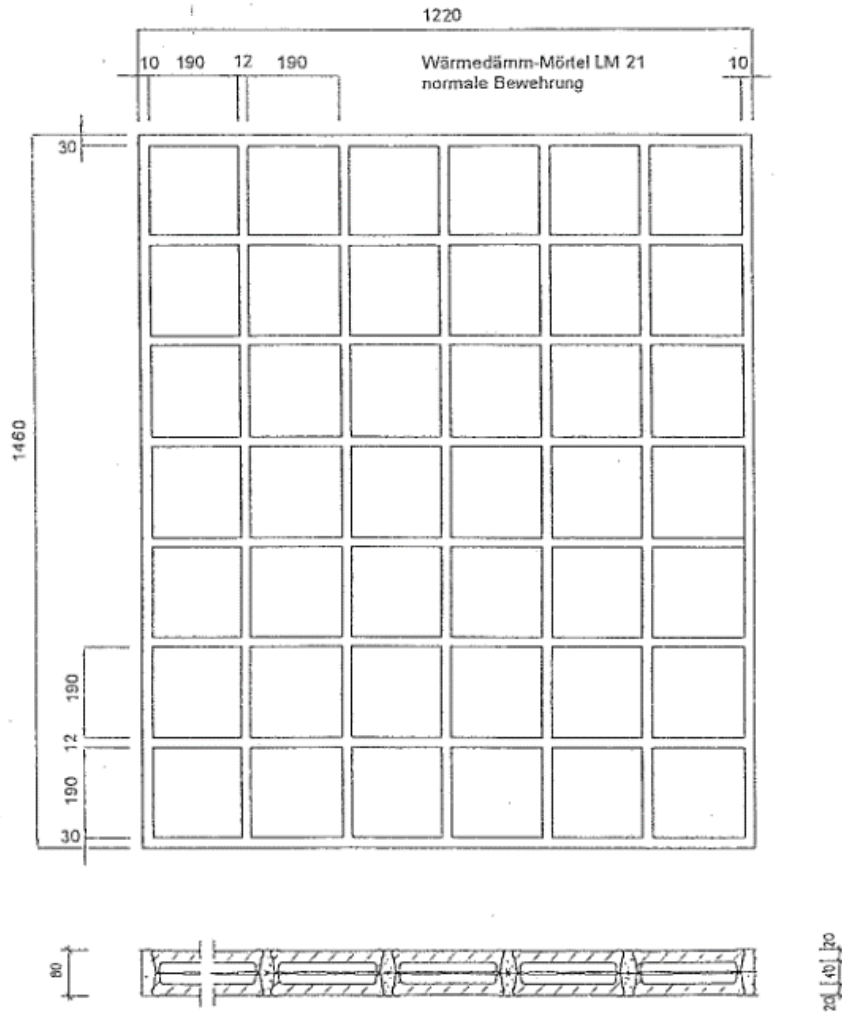
Oberland Glas AG  
Division Bauglas

**SOLARIS Glasstein F1930**  
Darstellung Glasstein

**Hinweis**  
 Die Darstellung basiert auf Unterlagen des Auftraggebers.  
 Eine unabhängige Prüfung auf sachliche Richtigkeit wurde nicht vorgenommen.

Q:\SCHALL\PROJEKTE\163\19633\P83.DOC

Anlage Blatt 2 von 2  
 Prüfbericht 163 19633/3 vom 29. Juni 1998  
 Firma Oberland Glas AG, 56418 Wirges



alle Maße in mm



Oberland Glas AG  
 Division Bauglas

SOLARIS Glasstein F1930

Darstellung des Probekörpers

**Hinweis**

Die Darstellung basiert auf Unterlagen des Auftraggebers.  
 Eine vollständige Prüfung auf sachliche Richtigkeit wurde nicht vorgenommen.

Q:\SCHALL\PROJEKTE\163\19633\PB3.DOC



BILAG 3  
TEGNINGER

## Tegningsliste - K09\_STR

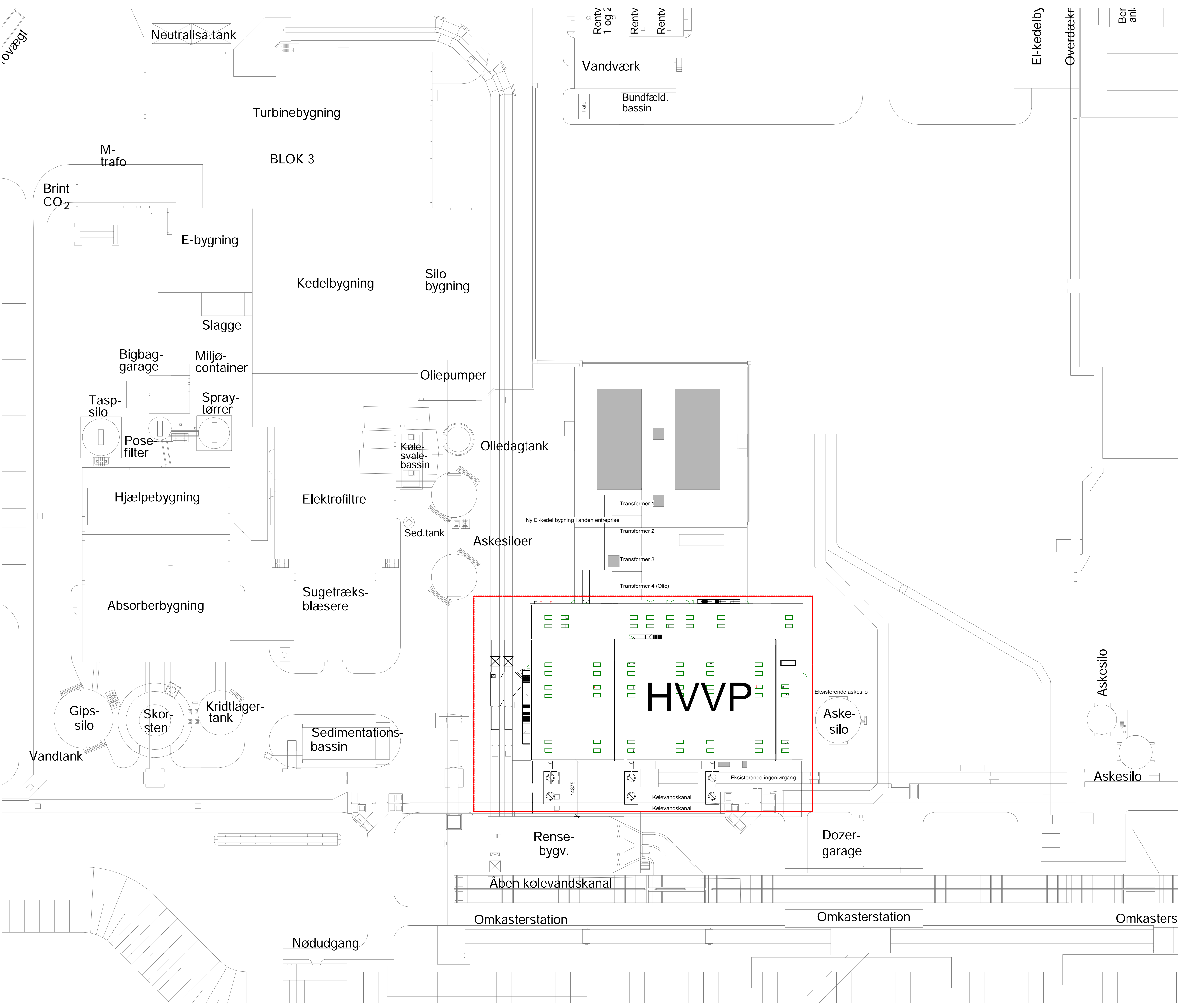
Tegnings nr. K09\_L-\_T-\_H6\_E-\_S1\_N01

Projektnr.: 1100045210  
Dato: 2022-04-20  
Rev.:  
Rev. Dato:  
Side: 1 af 1

Tegningsnummer	Titel	Målestok	1. udgave	Rev.	Rev. dato	Godkendt
A101	Situationsplan	1:500	2022-04-20			THT
A102	Facader	1:200	2022-04-20			THT
A103	Stueplan	1:200	2022-04-20			THT
A104	1.sal	1:200	2022-04-20			THT
A105	Snit A-A	1:100	2022-04-20			THT
A106	Snit B-B	1:100	2022-04-20			THT
A107	Isometri	1:300	2022-04-20			THT
A108	Flugtvej & brandsektioner_stue	1:200	2022-04-20			THT
A109	Flugtvejsplan_1.sal	1:200	2022-04-20			THT
A110	Tagplan	1:200	2022-04-20			THT
A111	Dækplan	1:200	2022-04-20			THT
A112	Fjernvarme	1:200	2022-04-20			THT
A113	Trykkammer/indløbsbygværk	1:50	2022-04-20			THT
A114	Eksisterende ledninger i terræn		10/01/22			THT
A115	Byggepladsplan	1:500	2022-04-20			THT
A116	Kælderplan	1:200	2022-04-20			THT

Grand total: 16

Overvegt



A101

**NOTE:**  
 - LOT2 omfatter de skraverede bygninger og dele.  
 ⊗ angiver ændringer på eksisterende ingeniørkanal og kølevandskanal.  
 — Entreprisegrænse

**RAMBOLL**  
 1100045210

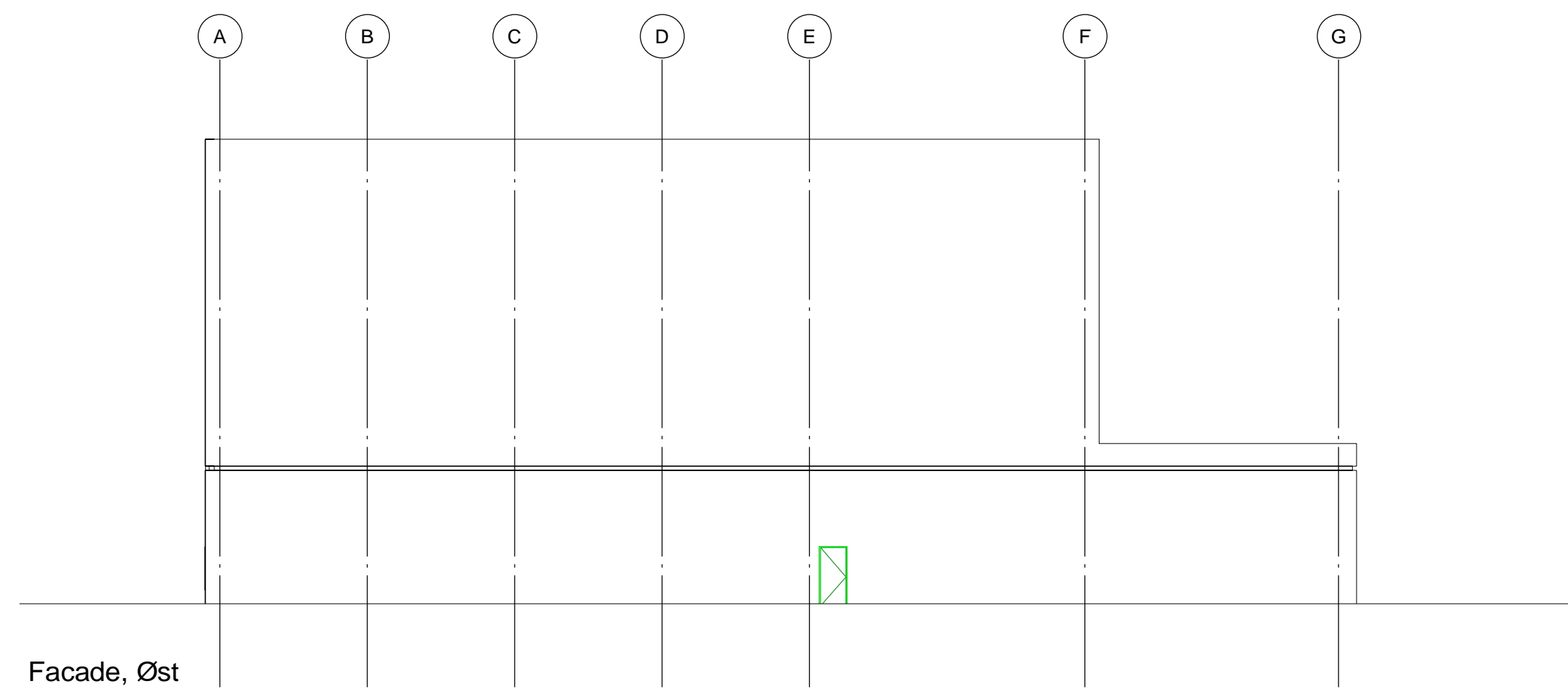
Aalborg Varme A/S Nefovej 50 9310 Vodskov Tlf. 9931 4800

**Aalborg Forsyning**

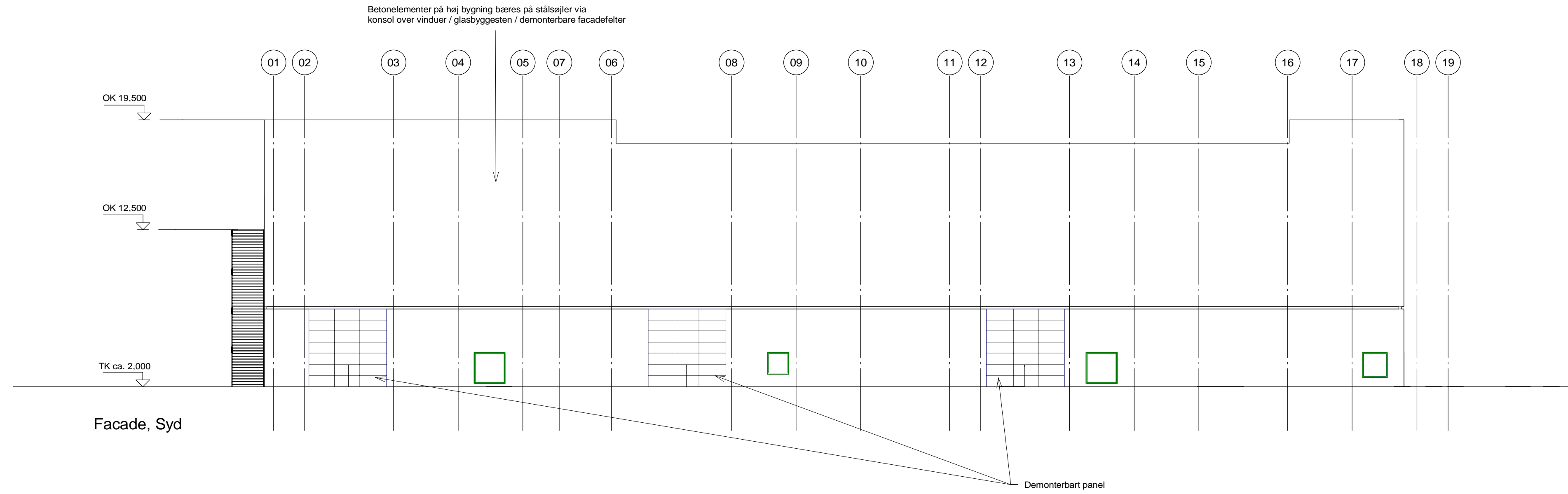
**HVVP**  
 Situationsplan  
 Bygning for varmepumper

TEGN. NR.:  
 A101

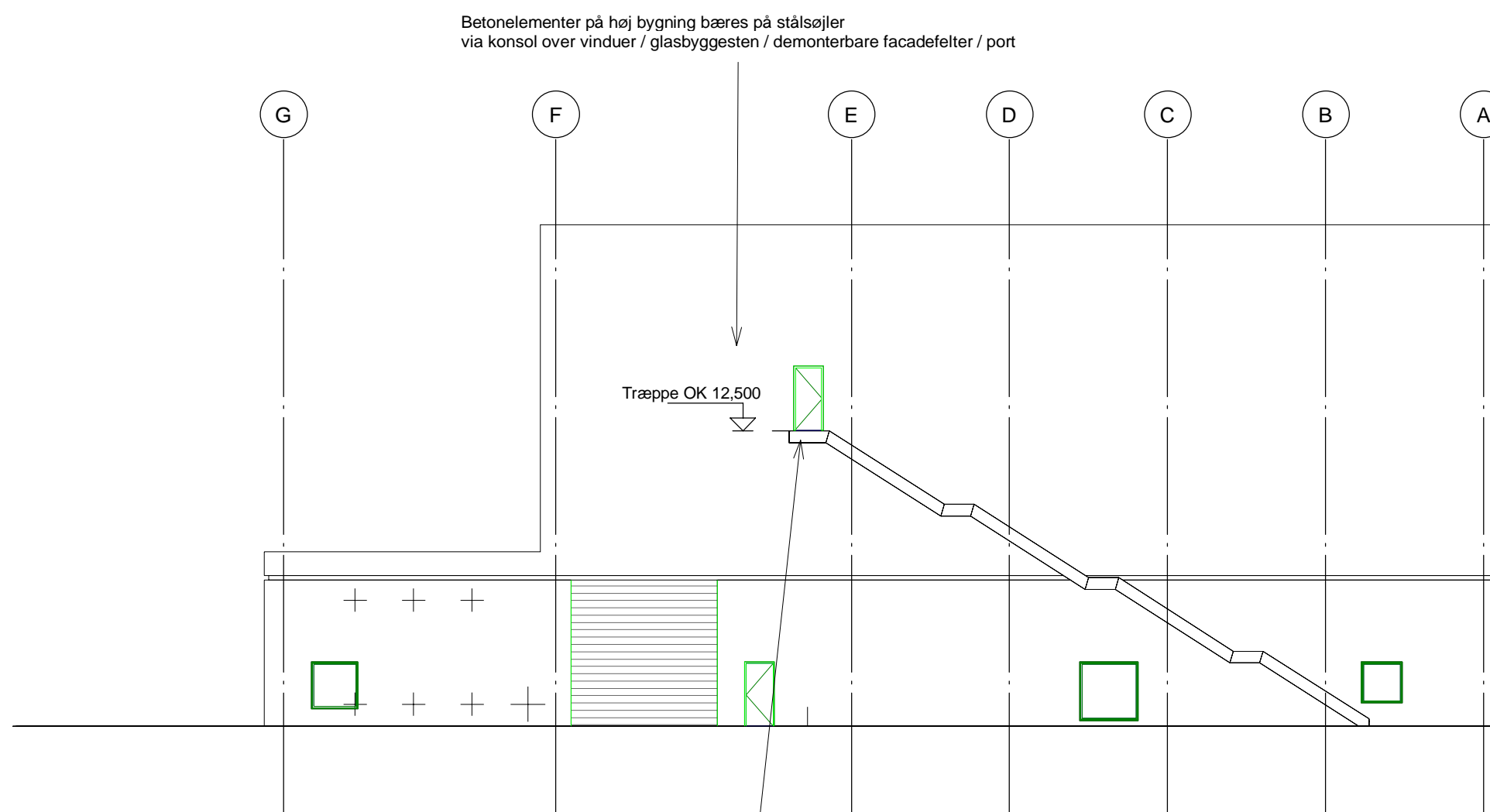
Dato 2022-04-20 Tegner af: NSAL Projekt af: LASP/MHO Mål 1:500 Sagsnr.: 230130180



Facade, Øst

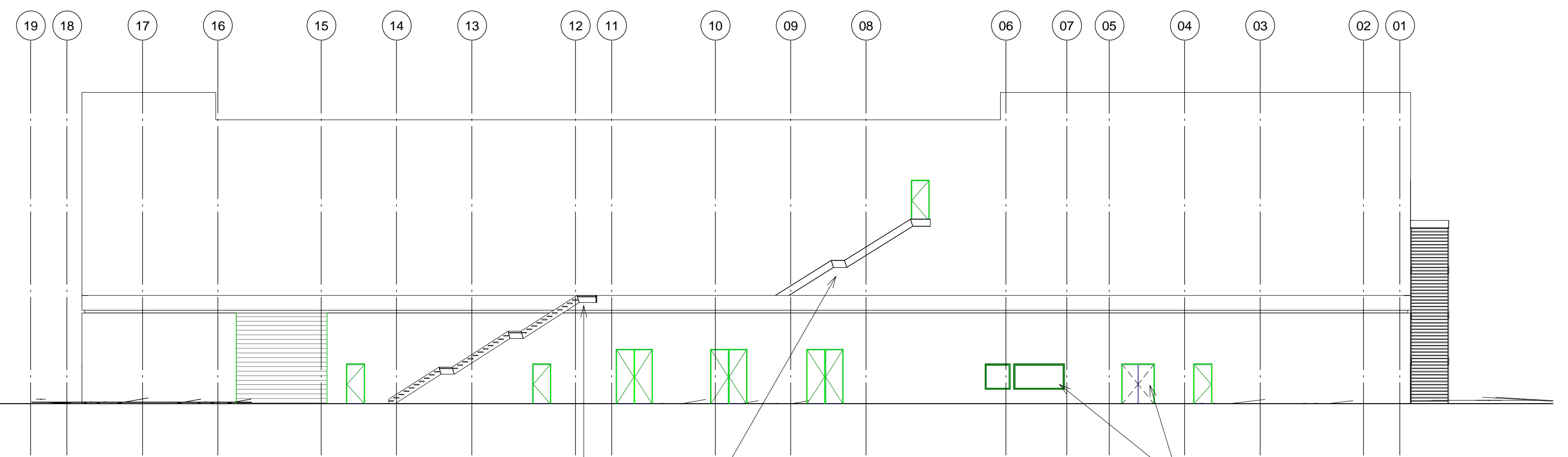


Facade, Syd



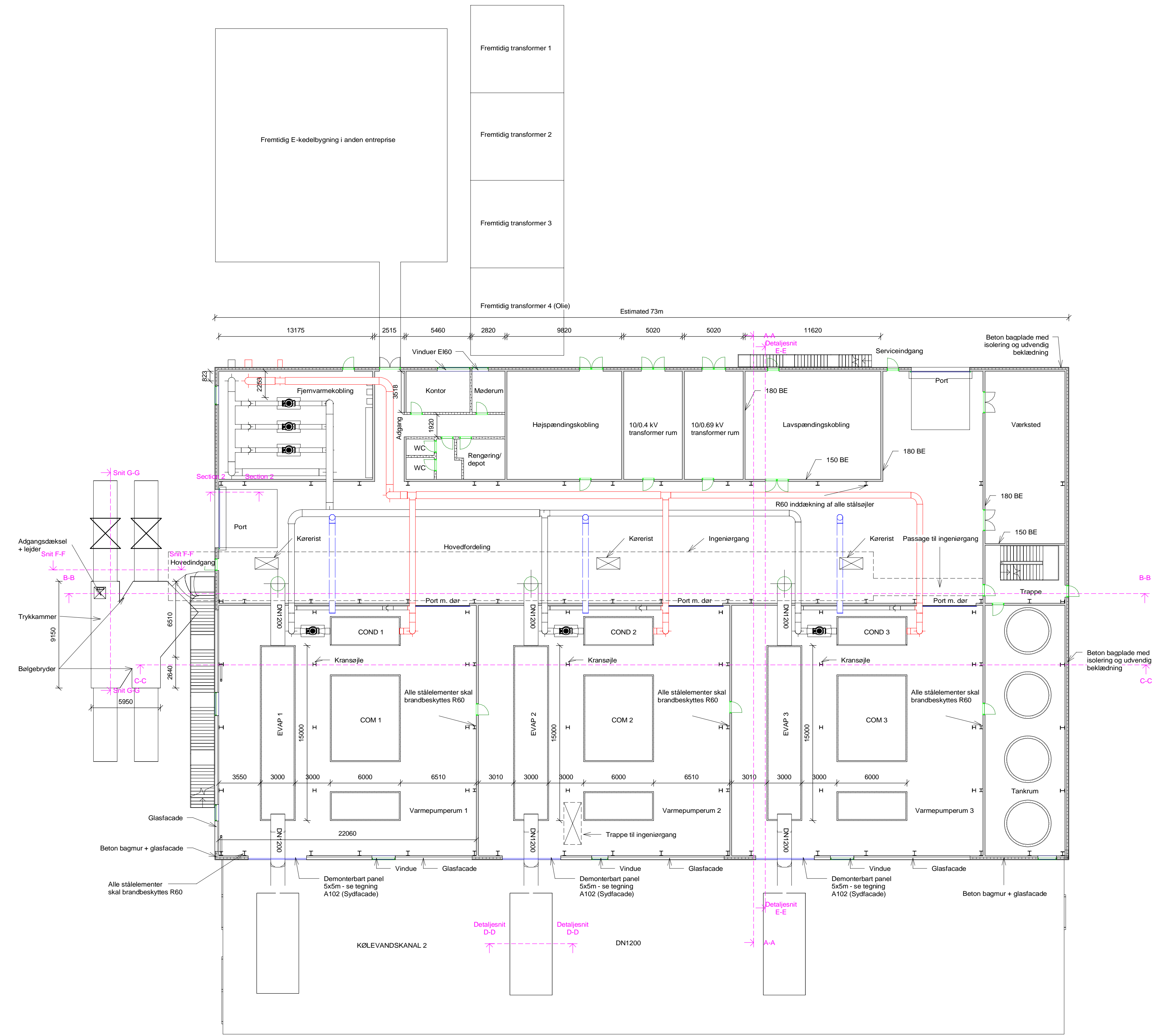
Facade, Vest

Trappen er i kote 12,5 - hvilket er ca. 10m over terræn (over 5,1m) - dette betyder følgende: 1) Trappen skal over overdækket / inddækkes ift. vejrliget. 2) Trappen skal være i sin egen brandsektion. 3) selve trappen + repos + vanger skal mindst være R30 / A2-s1,d0



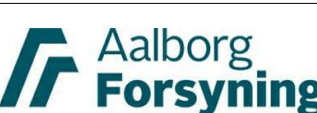
Facade, Nord

Hvis højden op til OK. tag er >5,1m skal denne udføres som en brandsektion mv. som anvendt for den lange trappe. Selve trappen + repos + vanger skal mindst være R30 / A2-s1,d0



A103

**NOTE:**  
 - Se 3.18  
 - Opmærksomheden henledes på at der på nordfacaden nærmest olietransformer skal udføres en beklædning som mindst k1 10 / R s1,00 og den adskillende konstruktion skal mindst være EI60 / A2 s1,00 samt at evt. udvendige døre skal mindst være EI2 B-C / A2-s1,00  
 - Generelt skal al stål brandbeskyttes til R60 / Ac-s1,00

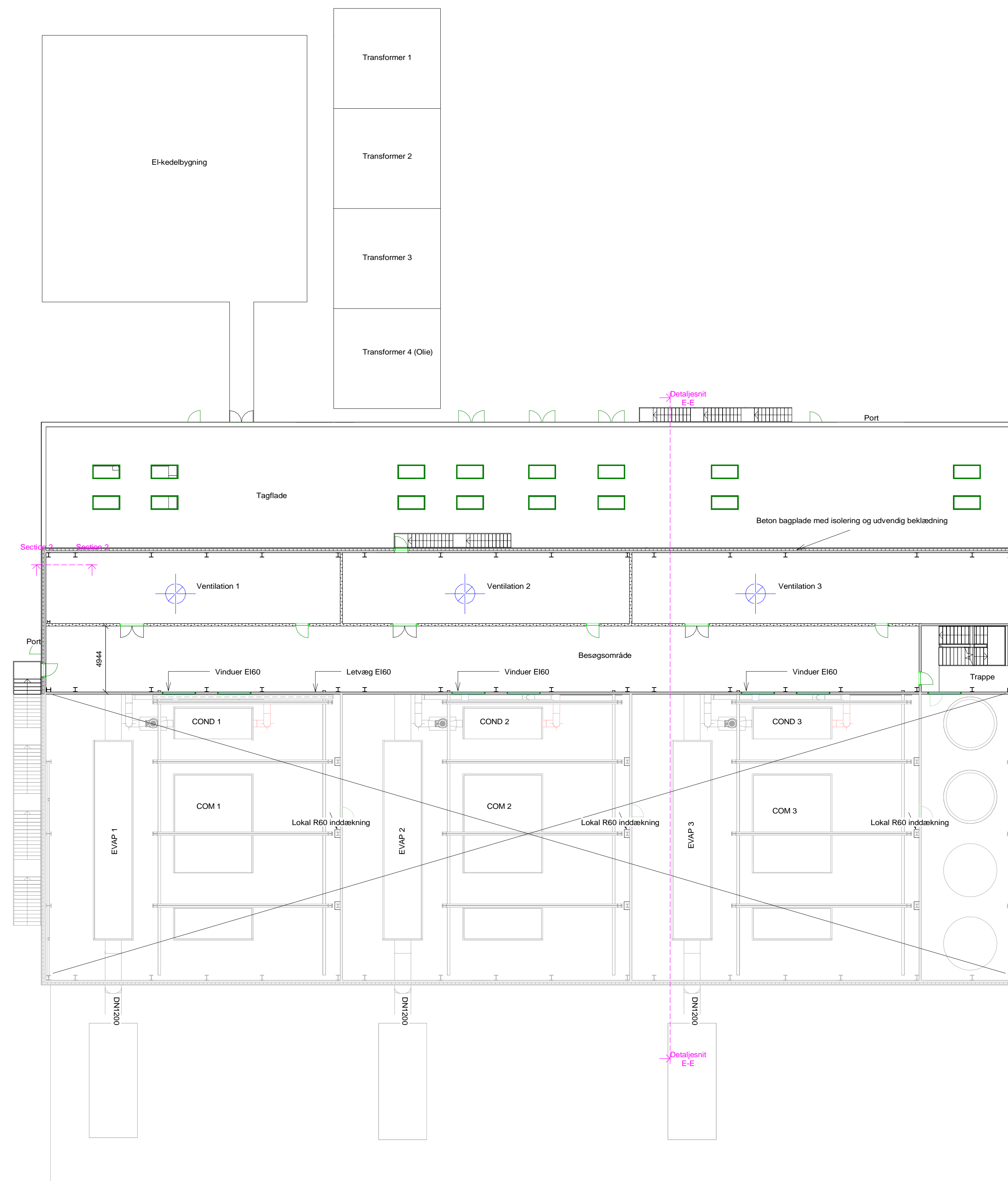


Aalborg Varme A/S Nefovej 50 9310 Vodskov Tlf. 9931 4800

**HVVP**  
 Stueplan  
 Bygning for varmepumper

TEGN. NR.:  
 A103

Dato 2022-04-20 Tegnr. af: NSAL Proj. af: LASP/MHO Mål: 1:200 Sagsnr.: 230130180



A104

**NOTE:**

- Se 3.18
- Opmærksomheden henledes på at der på nordfacaden nærmest oliertransformer skal udføres en beklædning som mindst k1 10 / k-s1,d0 og den adskillelse konstruktionen skal mindst være EI60 / A2-s1,d0 samt at evt. udvendige døre skal mindst være EI2 6-C / A2-s1,d0

- Generelt skal al stål brandbeskyttes til R60 / A-s1,d0



1100045210

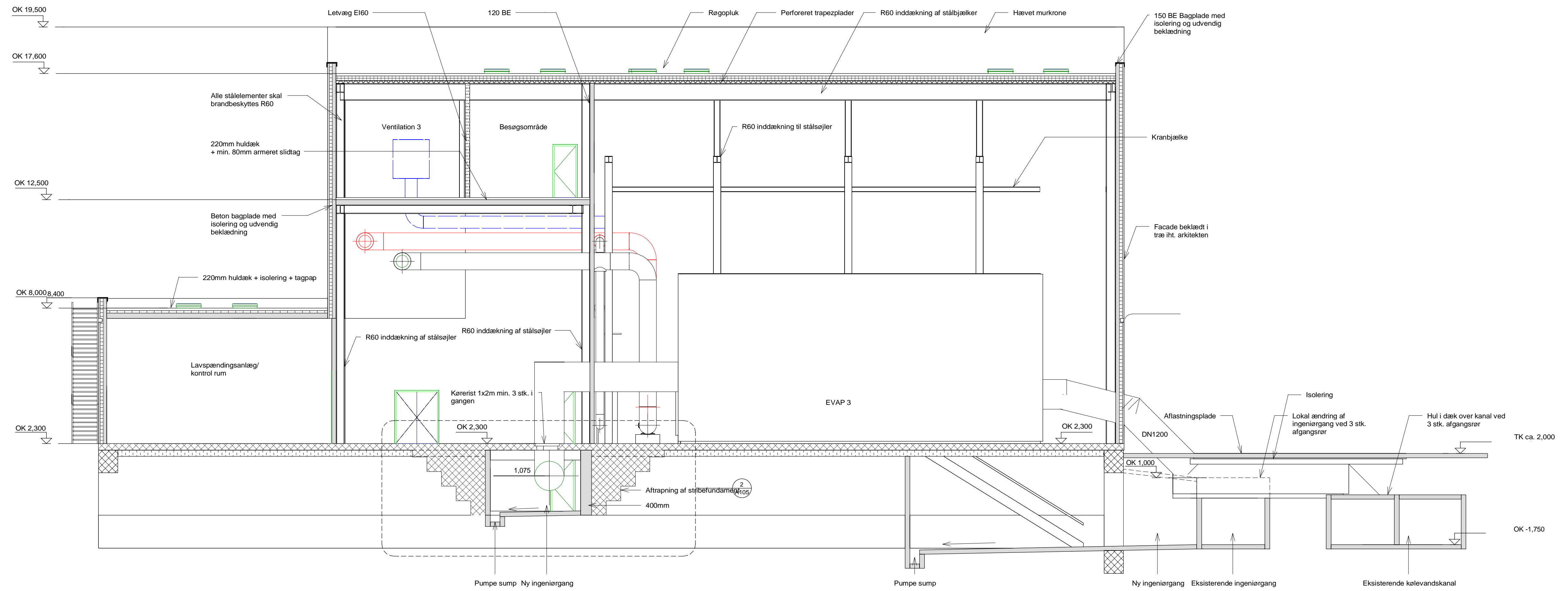
Aalborg Varme A/S Nefovej 50 9310 Vodskov Tlf. 9931 4800



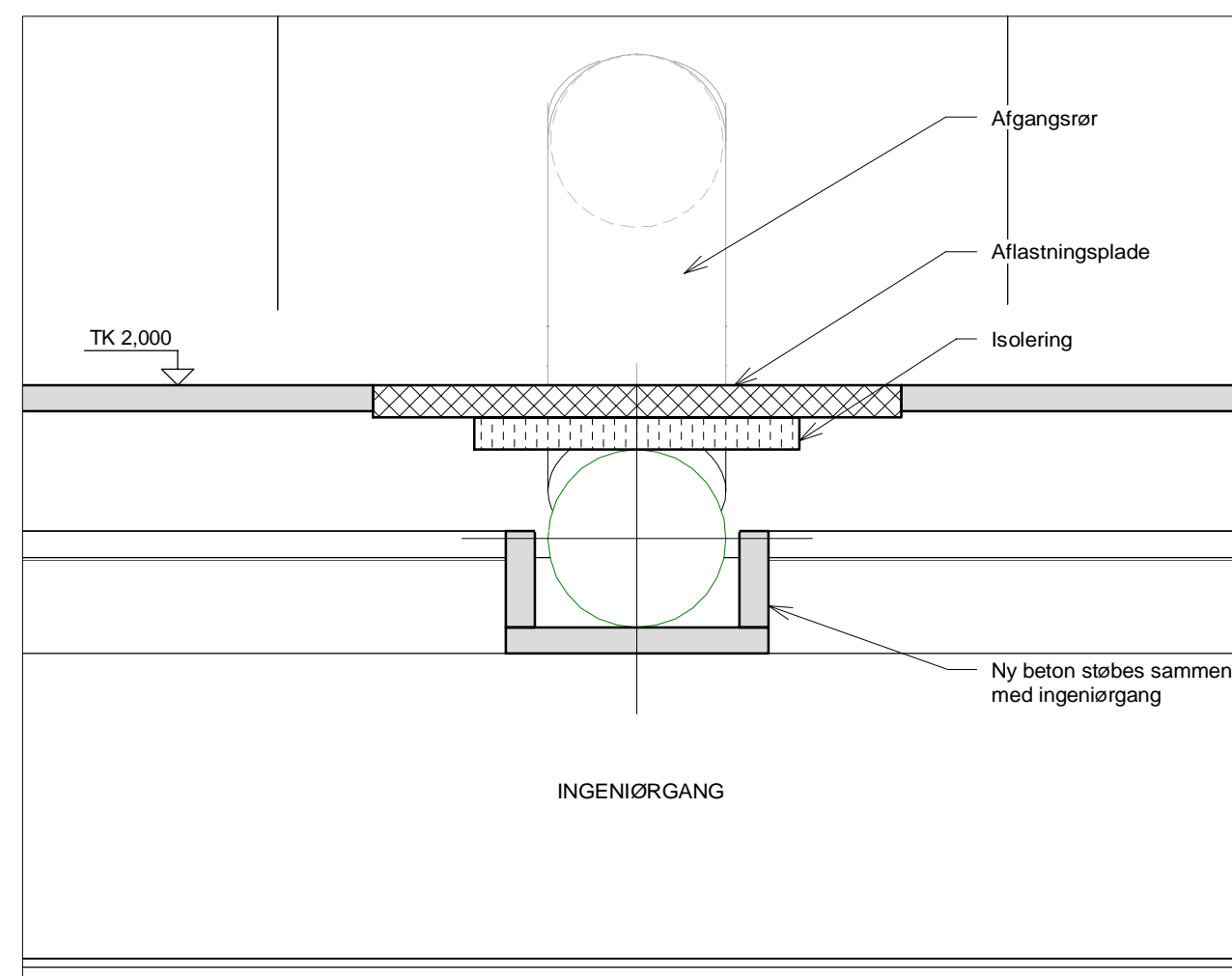
**HVVP**  
1.sal  
Bygning for varmpumper

TEGN. NR.:  
A104

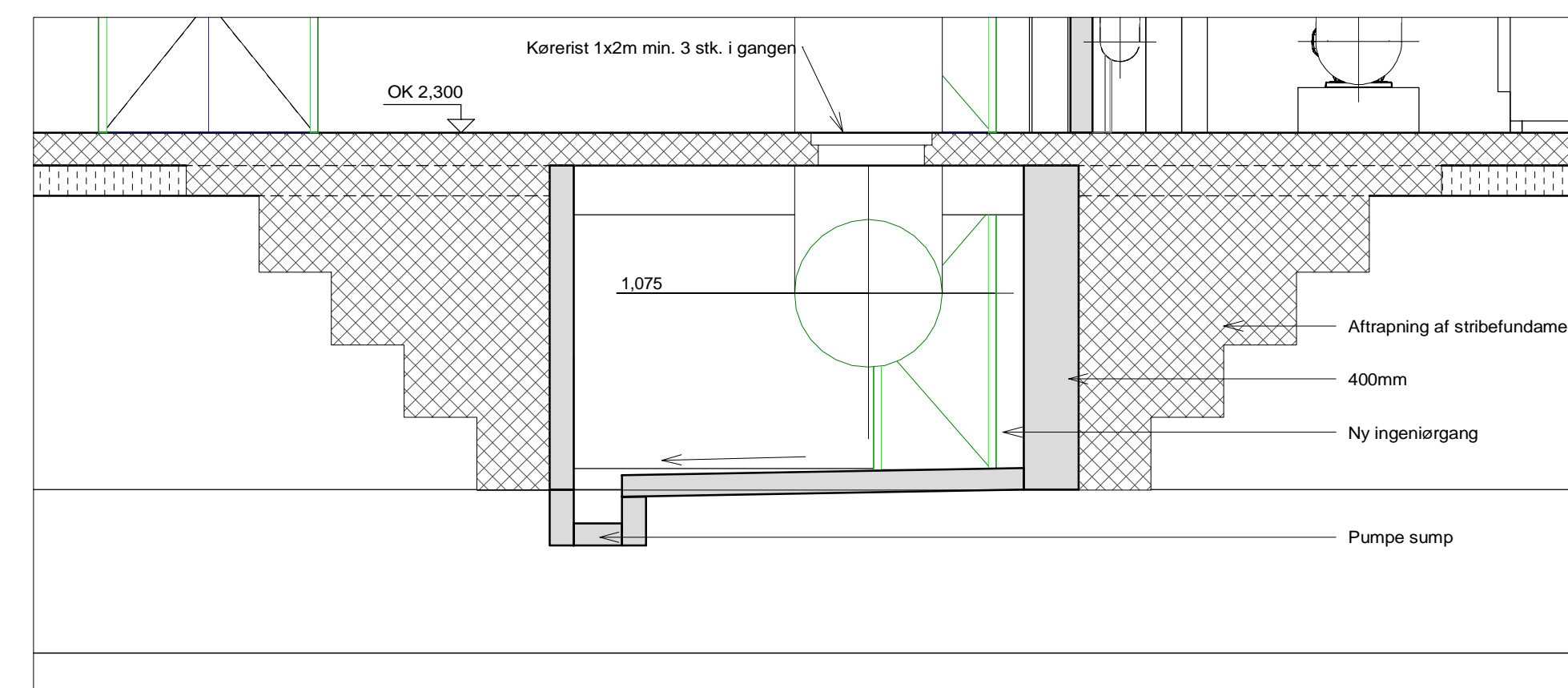




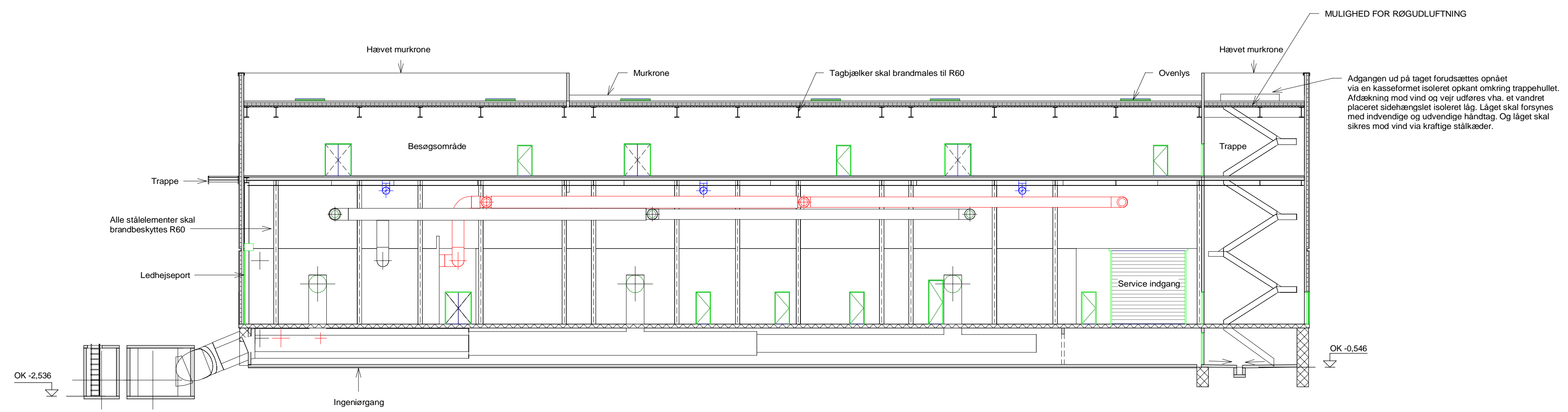
A105



Detaljesnit D-D  
1 : 50



Detaljesnit E-E  
1 : 50



A106

RAMBOLL  
1100045210

Aalborg Varme A/S Nefovej 50 9310 Vodskov Tlf. 9931 4800

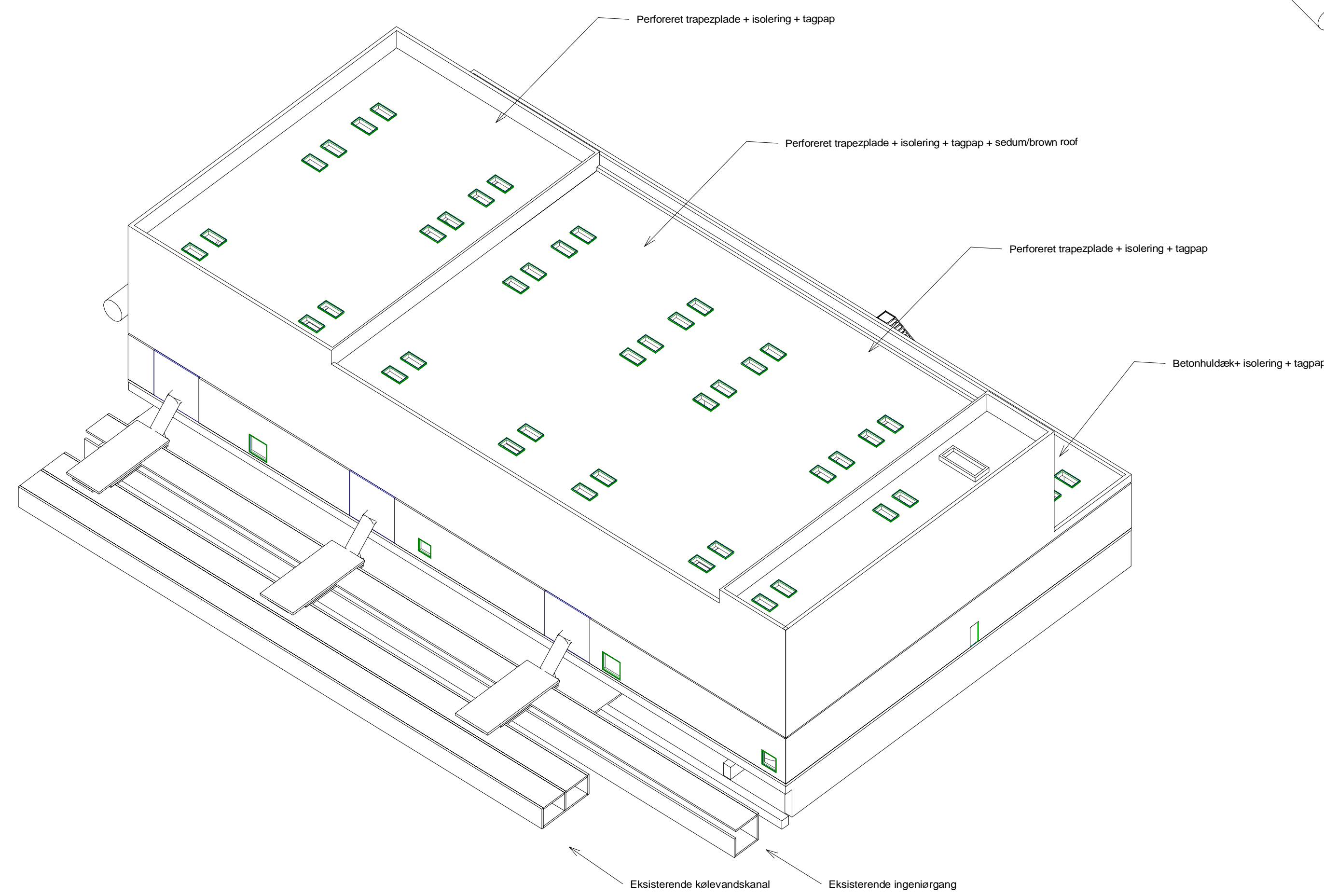
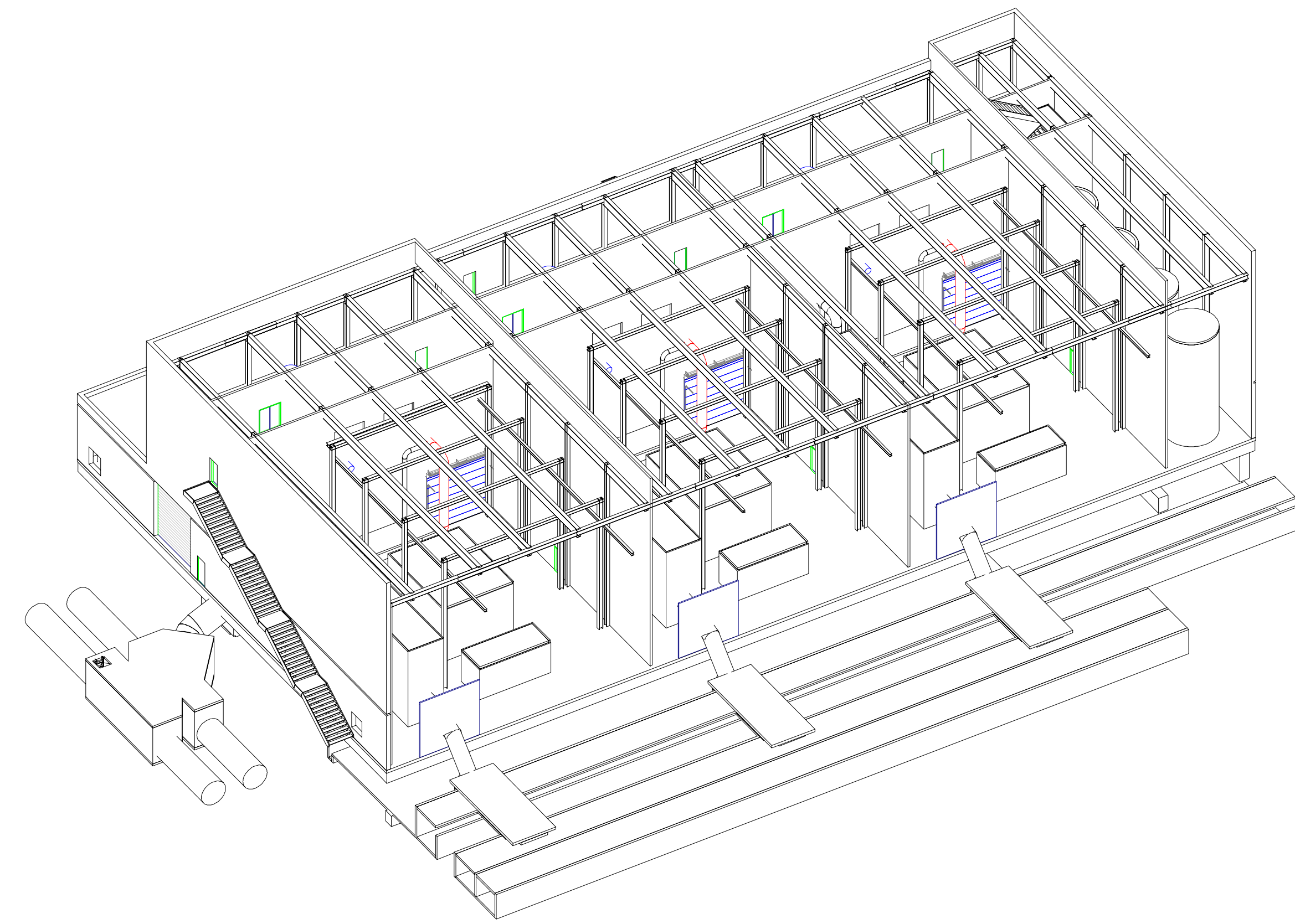
Aalborg  
Forsyning

HVVP  
Snit B-B  
Bygning for varmepumper

TEGN. NR.:  
A106

Dato 2022-04-20 Tegn. af: NSAL Proj. af: THT Mål: 1:100 Sagsnr.: 230130180





A107

RAMBOLL  
1100045210

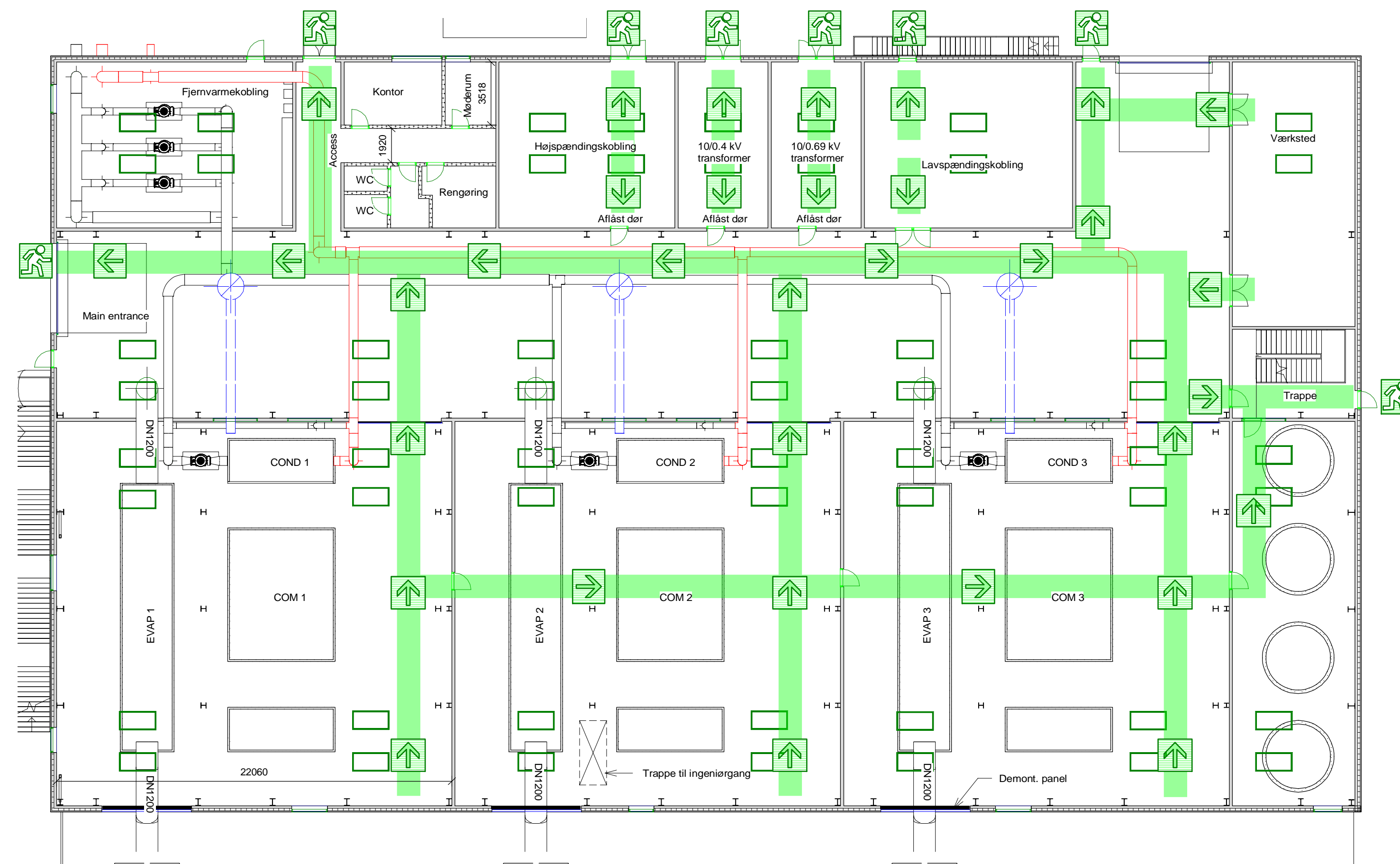
Aalborg Varme A/S Nefovej 50 9310 Vodskov Tlf. 9931 4800

Aalborg  
Forsyning

HVVP  
Isometri  
Bygning for varmepumper

TEGN. NR.:  
A107

Dato 2022-04-20 Tegn. af: NSAL Proj. af: THT Mål: 1:300 Sagsnr.: 230130180





A108

**NOTE:**  
 - Se 3.18  
 - Opmærksomheden henledes på at der på nordfacaden nærmest olietransformer skal udføres en beklædning som mindst k1 10 / H / s1,d0 og den adskillelse konstruktionen skal mindst være EI60 / A2-s1,d0 samt at evt. udvendige døre skal mindst være EI2 E-C / A2-s1,d0

- Generelt skal al stål brandbeskyttes til R60 / A-s1,d0

**SIGNATUR:**

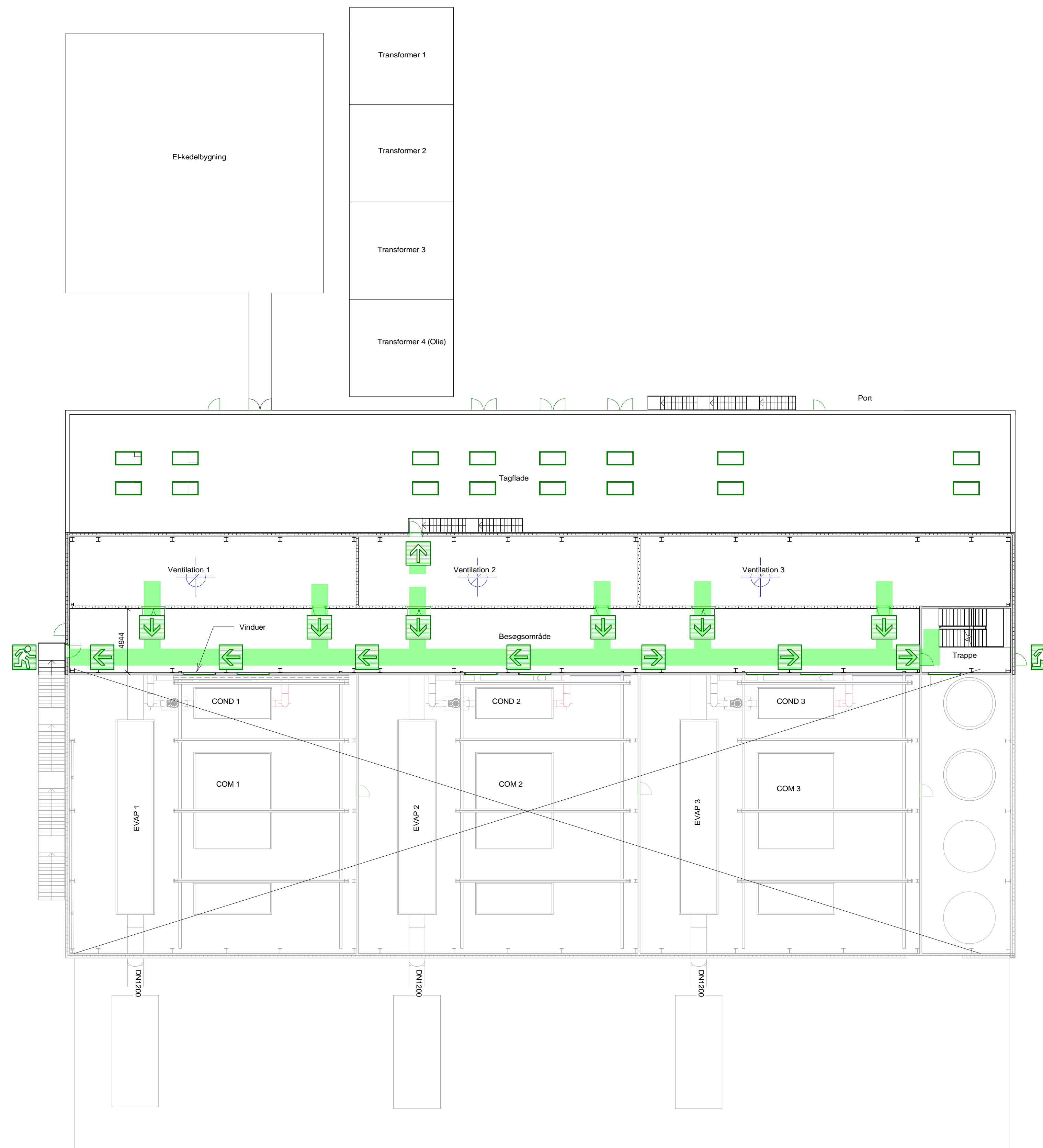
-  NØDUDGANG
-  FLUGTVEJ



Aalborg Varme A/S Nefovej 50 9310 Vodskov Tlf. 9931 4800

**HVVP**  
 Flugtvej & brandsektioner\_stue  
 Bygning for varmpumper

TEGN. NR.:  
 A108





A109

**NOTE:**

- Se 3.18
- Opmærksomheden henledes på at der på nordfacaden nærmest olietransformer skal udføres en beklædning som mindst k1 +0 / F1 s1,d0 og den adskillelse konstruktionen skal mindst være EI60 / A2-s1,d0 samt at evt. udvendige døre skal mindst være EI2 E-C / A2-s1,d0

- Generelt skal al stål brandbeskyttes til R60 / A-s1,d0

**SIGNATUR:**

-  NØDUDGANG
-  FLUGTVEJ

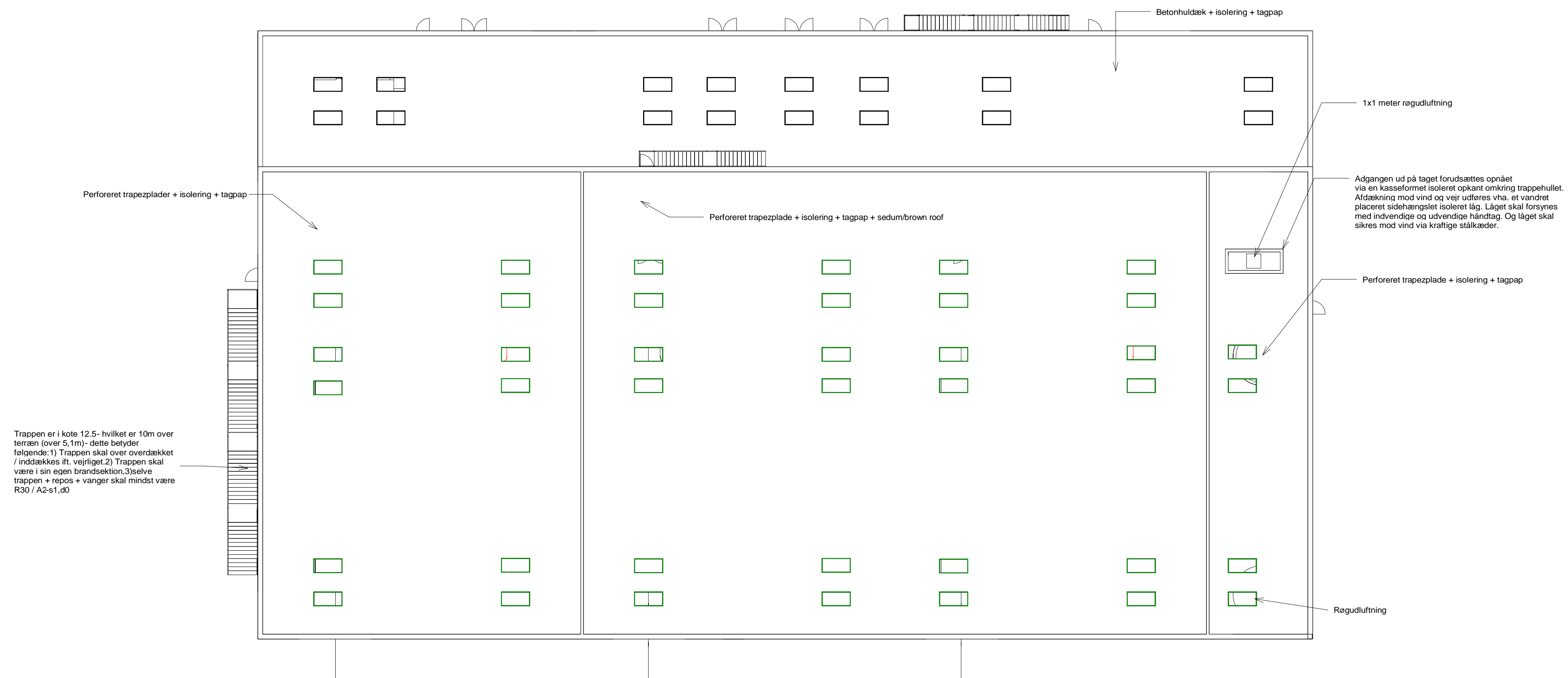
**RAMBOLL**  
1100045210

Aalborg Varme A/S Nefovej 50 9310 Vodskov Tlf. 9931 4800

**Aalborg Forsyning**

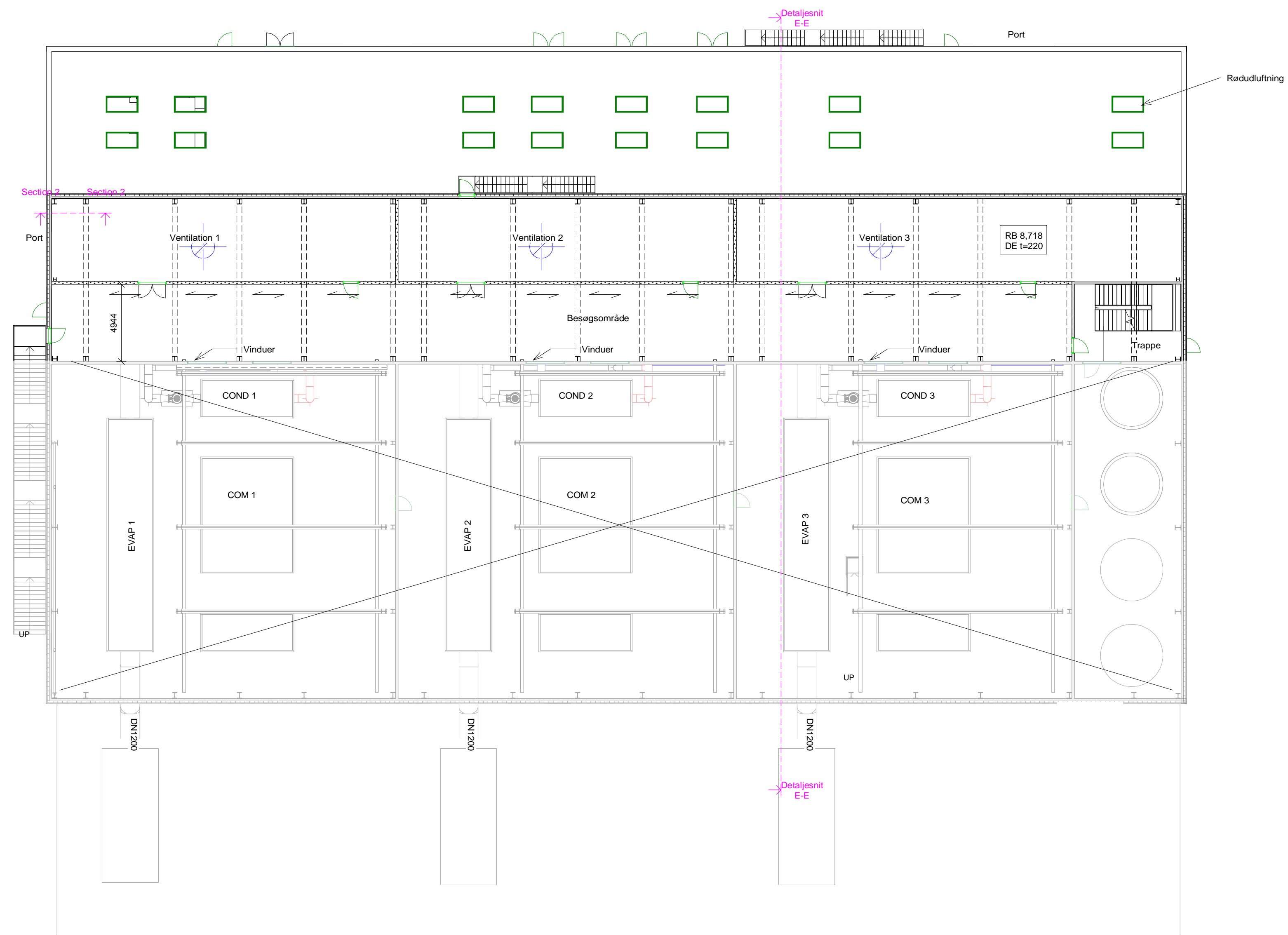
**HVVP**  
Flugtvejsplan\_1.sal  
Bygning for varmepumper

TEGN. NR.:  
A109



A110






A111



DN1200

**NOTE:**  
- Alle fjernvarmerør understøttes på dæk.

**SIGNATUR:**  
 Frem  
 Retur

**RAMBOLL**  
1100045210

**Aalborg Varme A/S** Nefovej 50 9310 Vodskov Tlf. 9931 4800

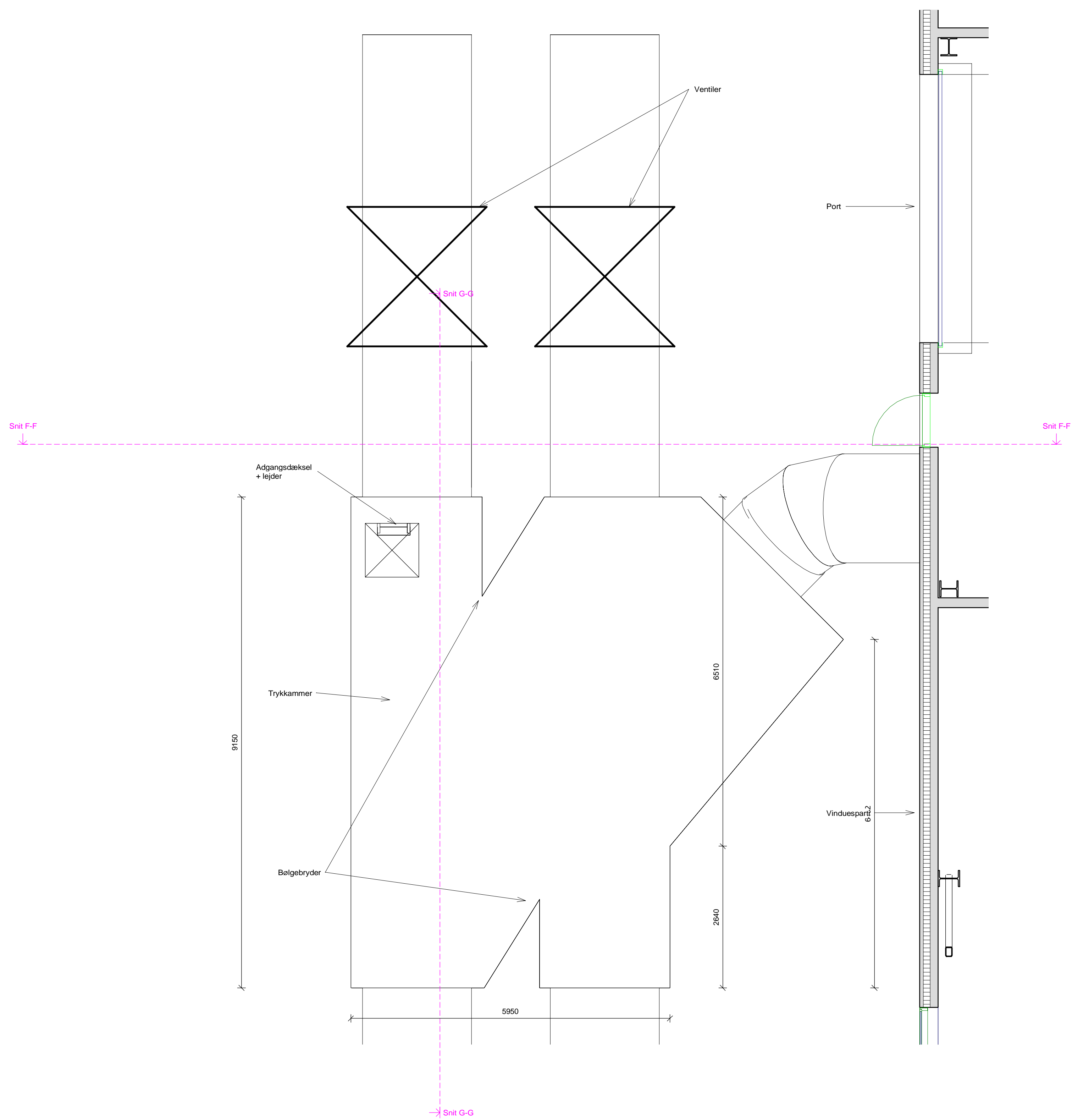
**HVVP**  
Fjernvarme  
Bygning for varmepumper

**Aalborg Forsyning**

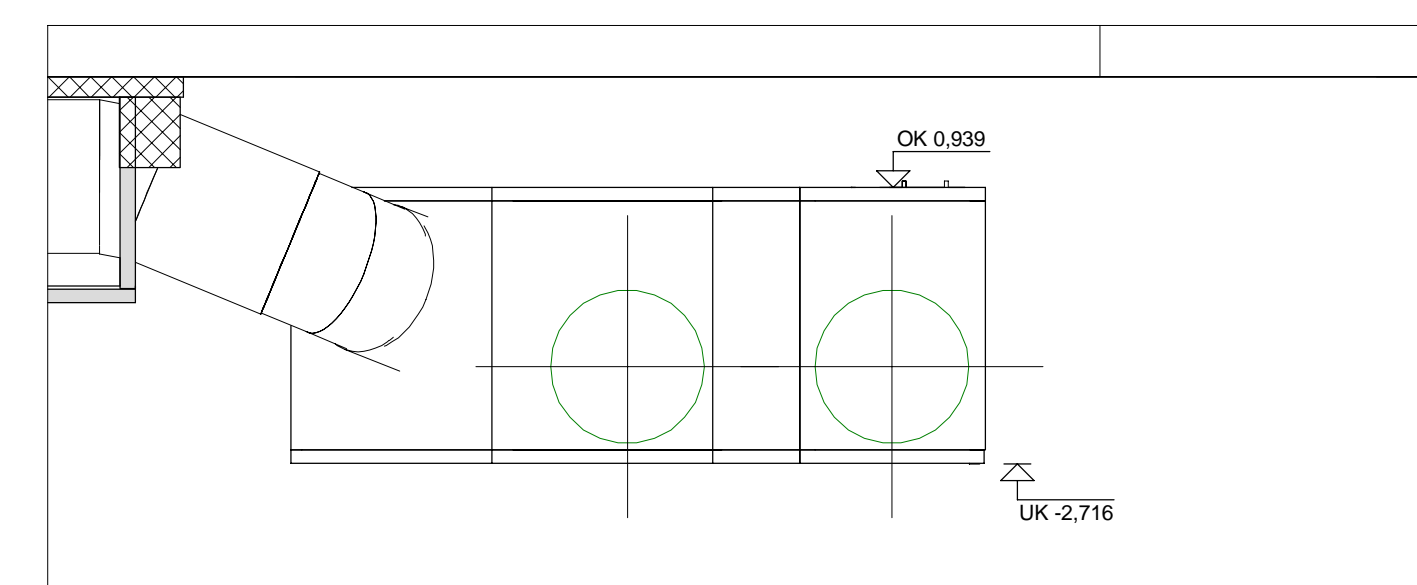
TEGN. NR.:  
A112

Dato 2022-04-20 Teg. af: NSAL Proj. af: THT Mål: 1:200 Sagsnr.: 230130180

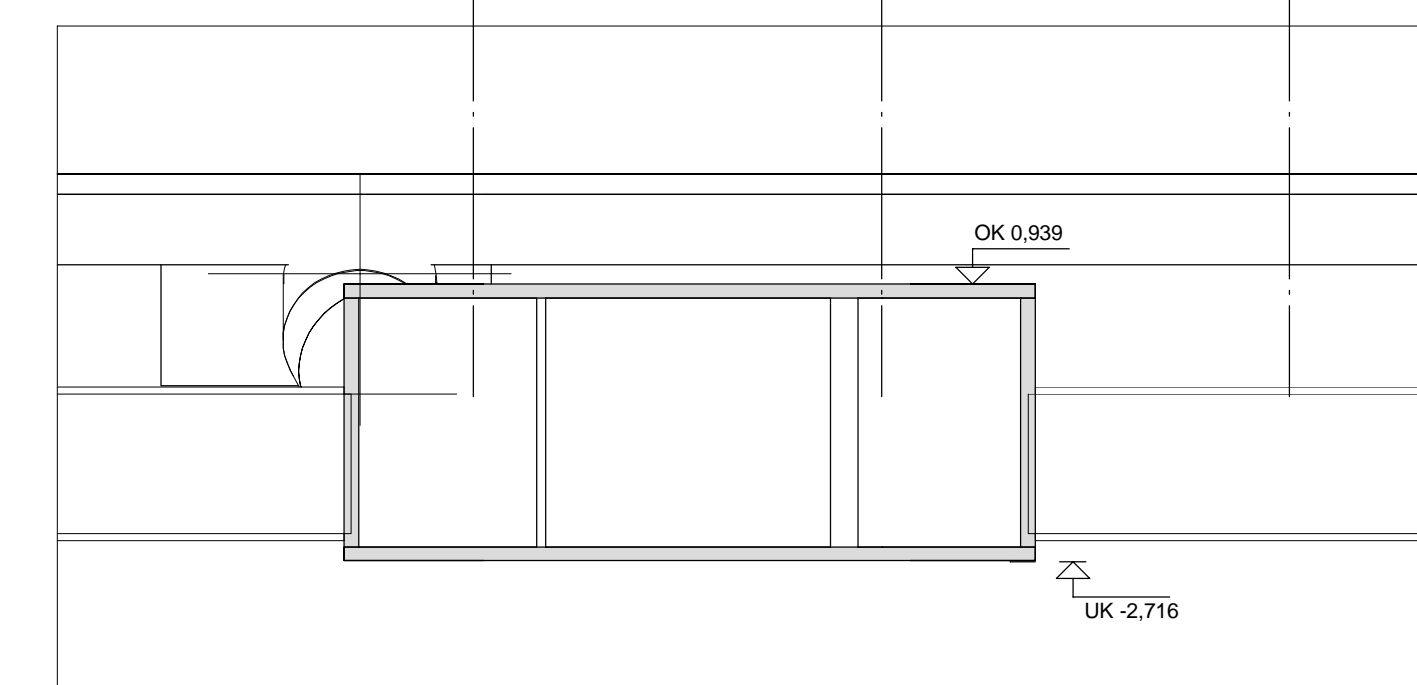
A112



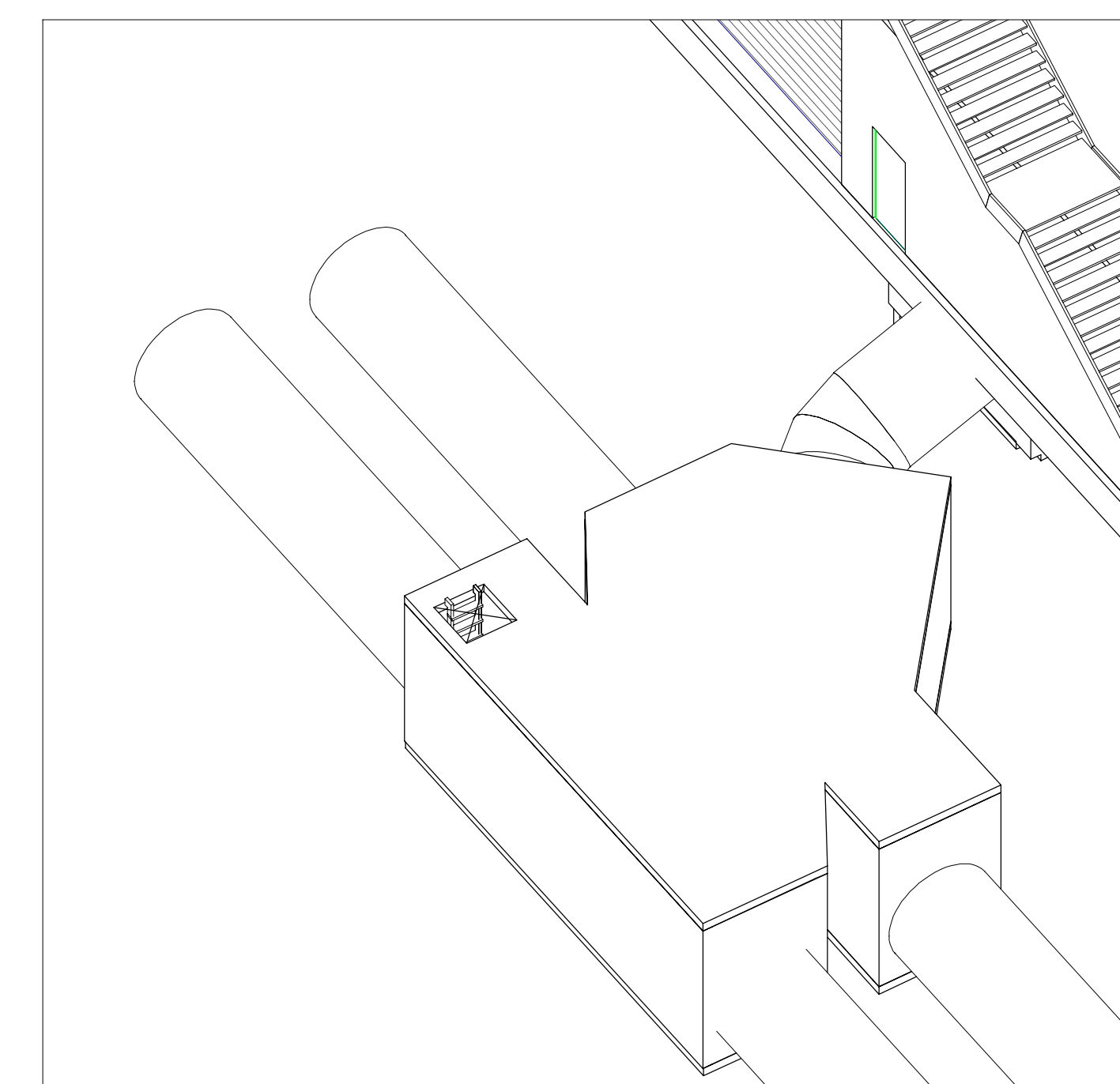
Trykkammer/indløbsbygværk  
1:50



Snit F-F  
1:100



Snit G-G  
1:100



3D Trykkammer/indløbsbygværk

A113

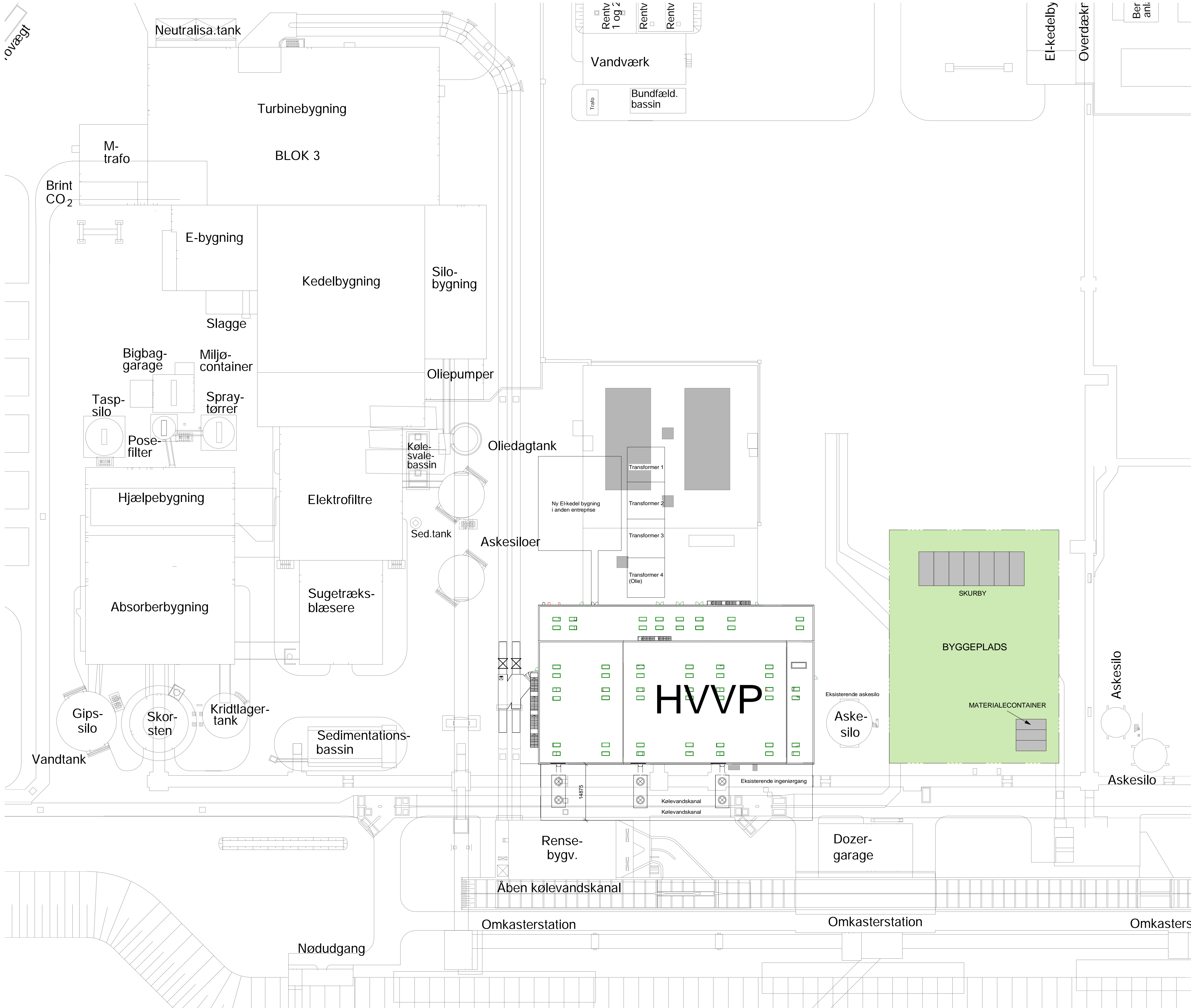


Aalborg Varme A/S Nefovej 50 9310 Vodskov Tlf. 9931 4800

HVVP  
Trykkammer/indløbsbygværk  
Bygning for varmepumper

TEGN. NR.:  
A113

Dato 2022-04-20 Tegn. af: NSAL Proj. af: THT Mål: 1:50 Sagsnr.: 230130180



A115

SIGNATURER:  
 — Arbejdsareal  
 - - - Byggepladshegn

**RAMBOLL**  
1100045210

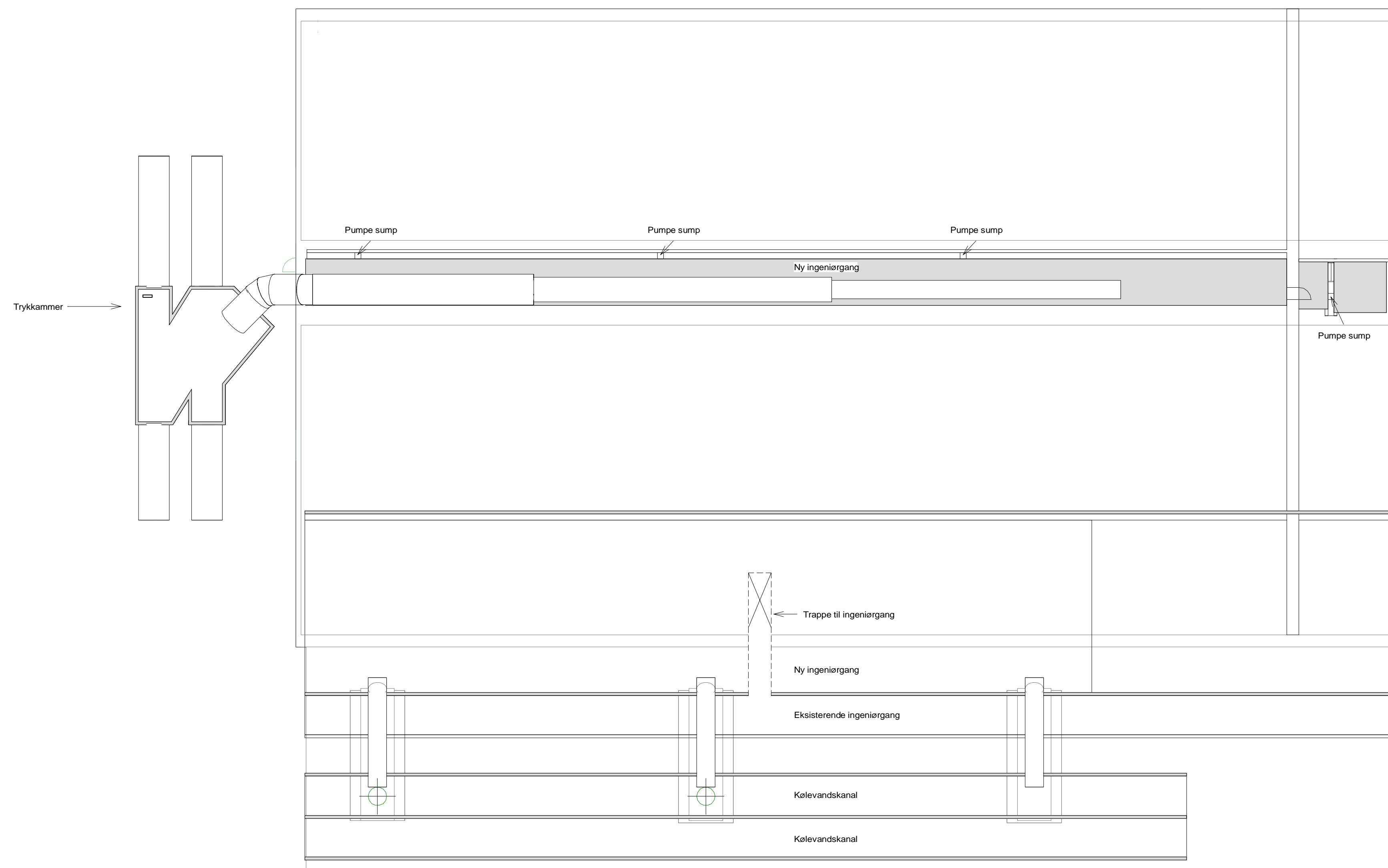
**Aalborg Varme A/S** Nefovej 50 9310 Vodskov Tlf. 9931 4800

**HVVP**  
Byggepladsplan  
Bygning for varmepumper

TEGN. NR.:  
A115

Dato: 2022-04-20 Tegner: NSAL Projekt: LASP Mål: 1:500 Sagsnr.: 230130180





A116

BILAG 4  
RISIKOVURDERING OG FORSVARSBARRIERER MOD LÆKAGER AF  
KØLEMIDDEL TIL HAVVAND

# NOTAT

Projektnavn **AF-inddheat-Teknisk Rådgivning-Havvands VP**  
Projektnr. **1100045210**  
Modtager **Aalborg Forsyning**  
Dokumenttype **Notat**  
Version **1**  
Dato **2021-06-28**  
Udarbejdet af **PROREF\_OLEL**  
Kontrolleret af **SLA**

## Risikovurdering og forsvarsbarrierer mod lækager af kølemiddel til havvand

### 1. Indledning

Baggrunden for dette notat er, at Aalborg Forsyning (AF) ønsker at etablere en 100 til max. 150 MW havvandsvarmepumpeanlæg på Nordjyllandsværkets areal.

Det er AF's holdning, at det samlede havvandsvarmepumpeanlæg skal være baseret på overvejende vedvarende energi, og at miljøbelastningen skal minimeres til et absolut minimum.

I forbindelse med ansøgning af projektet, jf. miljøvurderingsloven, udarbejdes der en væsentlighedsvurdering, der forholder sig til om nærliggende Natura 2000-områder og bilag IV-arter påvirkes væsentlig af projektet. Herudover foretages vurderinger af projektets potentielle påvirkninger af målsatte vandområder i fh.t. vandrammedirektivet.

Projektet skal forholde sig til de internationale beskyttelsesområder, Natura 2000 og bilag IV-arter. De nærmeste Natura 2000-områder ligger i fugleflugtslinje ca. 11 km mod vest og knap 19 km mod øst.

Havvandspumpeanlæggets funktion er at levere varme til fjernvarmen ved at afkøle havvandet. Derved overføres energi til fjernvarmen.

Det fremtidige havvandsvarmepumpeanlæg kan designes og opbygges med forskellige kølemidler.

De kølemidler der kan tænkes i spil, er:

- Ammoniak, NH<sub>3</sub>, R717
- HFO, R1234ze(E)
- CO<sub>2</sub>, R744

I alle tilfælde skal havvandsvarmepumpeanlægget opbygges på en måde, der tilsikrer den størst mulige sikkerhed i forbindelse med et eventuelt kølemiddeludslip.

Her lægges der vægt på, at selve havvandsvarmepumpeanlægget opbygges med komponenter og valg af materialer, der giver mindst mulig risiko for lækage.

Dernæst at havvandsvarmepumpeanlægget kontrolsystem kan overvåge alle parametre, der kan indikere et forekommet udslip, og straks stopper en yderlig udvikling af lækagen.

I de følgende afsnit vil vi derfor behandle de risici og forsvarsbarrierer der måtte være nødvendige for dette projekt.

I dette notat behandles 2 forskellige varmeveksler type, som vil være relevante for dette projekt:

- Shell and Tube varmeveksler / fordamper
- Falling Film varmeveksler / fordamper

## 2. Risikovurdering

Havvandsvarmepumpeanlægget som planlægges placeret på Nordjyllandsværkets område, har meget stor lighed med det igangværende projekt hos DIN Forsyning Varme A/S i Esbjerg.

Selv om havvandsvarmepumpeanlægget på Nordjyllandsværket bliver dobbelt så stort som havvandsvarmepumpeanlægget hos DIN Forsyning i Esbjerg, vil havvandsvarmepumpeanlægget hos Nordjyllandsværket bestå af de samme typer enheder med samme mængder af kølemiddel, blot flere enheder.

Risikovurderingen bygger på årsager, konsekvenser og sikkerhedsbarrierer for udslip af ammoniak og R1234ze(E) til havmiljøet ved et totalt brud på rør. Uddraget fra risikoidentifikationen findes i Appendiks A.

### 2.1 Ammoniak – Shell and Tube varmeveksler

Et rørbrud i varmeveksleren vil være årsagen til udslip af ammoniak til havvandet. Ved et rørbrud på 4 rør vil der slippe ca. 2,4 kg/s ammoniak på gasform ud. Brud på mere end 4 samtidige rør anses ikke for at være sandsynligt.

Grundet ammoniaks store opløselighed i vand alt ammoniakken optages i havvandet.

#### 2.1.1 Årsag

Årsagen til et rørbrud i varmeveksleren kan findes i designfejl, forkert materialevalg, korrosion, trykfejl, erosion, frostsprængning og vedligeholdelsesfejl (Se afsnit 5.2).

En fejl på varmevekslerne som leder til et rørbrud har en frekvens på  $5 \times 10^{-5}$ /år, ref. /1/.

#### 2.1.2 Sikkerhedsbarrierer

For at sikre at risikoen for et ammoniakudslip ved totalt rørbrud mindskes findes der en række sikkerhedsbarrierer.

I varmeveksleren er der valgt titaniums rør, hvilket gør risikoen for korrosion mindskes, dermed mindskes risikoen for et totalt brud på røret. Titaniums rør vurderes at have enrisikoreduktionsfaktor på 10. (RFF=10).

Havvandsrørene er udstyret med shutdownventiler (Se Appendiks 8), disse vil ved detektion af ammoniakudslip blive lukket samtidig med trip af havvandspumperne. På denne måde vil ammoniak fra en eventuel lækage blive tilbage holdt i havvandsrørene og ikke have mulighed for at forsætte ud i havmiljøet. Selve shutdownventilerne bliver aktiveret fra enten af kølemiddeldetektering, niveaumåler

på et faldrør på ammoniakken eller fra en kontinuerlig måling af ammoniakniveauet i havvandsrøret. Ammoniakken i havvandssiden vil blive målt ned til 10 – 30 ppm.

Risikoreduktionsfaktoren for shutdownventilerne vil være påvirket af selve ventilens sandsynlighed for fejl, som vurderes at have en risikoreduktionsfaktor på 100 (RFF=100).

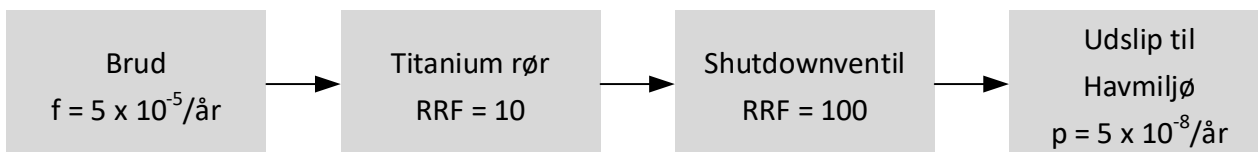
I henhold til gældende lovgivning skal beholderen, svøbet på Shell and Tube fordamperen, trykprøves hver 4. år.

Ved trykprøvning så sjældent vil det ikke på længere sigt bidrage væsentligt til de risiko reducerende tiltag, da samtidigheden mellem en lækage og en trykprøvning ikke anses som værende stor.

### 2.1.3 LOPA

Risikoen for et udslip af ammoniak til havmiljøet opgøres af risikoen for uheldet, hvor de risikoreducerende tiltag medregnes. Ved brug af titaniums rør reduceres risikoen med en faktor 10, mens der ved samtidig brug af shutdownventilerne sker en reduktion med en faktor 100, hvilket fremgår af Figur 1. Hvilket vil give en risiko for udslip af ammoniak til havmiljøet efter et rørbrud som følger:

$$P_{\text{udslip til havvand}} = \frac{5 \times 10^{-5}/\text{år}}{10 \times 100} = 5 \times 10^{-8}/\text{år}$$



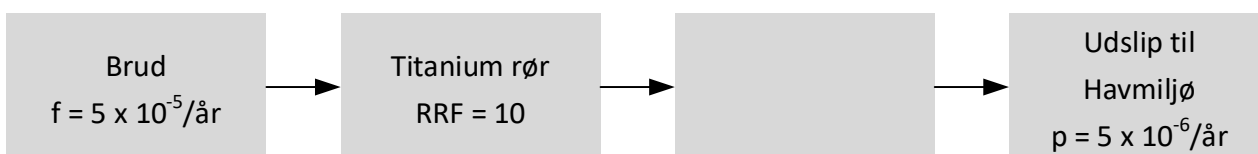
Figur 1: Viser LOPA for ammoniakudslip til havmiljø med shutdownventil aktiveret.

Det ses dermed at risikoen for et udslip af ammoniak til havmiljøet ligger på  $5 \times 10^{-8}/\text{år}$ .

Dette svarer til en retur periode på 20.000.000 år, som følge af en lang række forsvarsbarrierer, som er indbygget i systemet, dels for at beskytte miljøet og dels for at sikre driften af varmepumpen og undgå skader på systemet.

Såfremt lækagemålingen ikke træder i funktion, som følge af en lavere koncentration end den målbare koncentration (10 - 30 ppm) vil risikoen for et udslip af ammoniak til havmiljøet ligger på  $5 \times 10^{-6}/\text{år}$ , hvilket svarer til en retur periode på 5.000.000 år, som følge af en lang række forsvarsbarrierer, som er indbygget i systemet, dels for at beskytte miljøet og dels for at sikre driften af varmepumpen og undgå skader på systemet. Dette fremgår af figur 2.

$$P_{\text{udslip til havvand}} = \frac{5 \times 10^{-5}/\text{år}}{10} = 5 \times 10^{-6}/\text{år}$$



Figur 2: Viser LOPA for ammoniakudslip til havmiljø uden shutdownventil aktiveret.

## 2.2 R1234ze(E) – Shell and Tube varmeveksler

Et lækage/rørbrud vil være årsag til udslip af R1234ze(E) til havvandet. Ved en lækage/rørbrud vil der slippe ca. 30 kg/s R1234ze (ved 4 samtidige rørbrud) på væskeform ud i havvandsrørene. Brud på mere end 4 samtidige rør anses ikke for at være usandsynligt.

Grundet R1234ze(E)'s meget ringe opløselighed i vand, vil kun en meget lille mængde kølemiddel R1234ze(E) optages i havvandet.

### 2.2.1 Årsag

Årsagen til en lækage (lækage kan lede til rørbrud, se afsnit 3.2) i varmeveksleren kan findes i designfejl, forkert materialevalg, korrosion, trykfejl, erosion, frostsprængning og vedligeholdelsesfejl (Se afsnit 5.2).

Frekvensen for en lækage i en varmeveksler ligger på  $1 \times 10^{-3}$ /år, ref. /1/.

### 2.2.2 Sikkerhedsbarrierer

For at sikre at risikoen for et udslip af R1234ze(E) ved en lækage mindskes, findes der en række sikkerhedsbarrierer.

I varmeveksleren er der valgt titaniums rør, hvilket gør sandsynligheden for korrosion mindre dermed mindskes risikoen for en lækage. Hvilket har en risikoreduktionsfaktor på 10 (RFF=10). Havvandsrørene er udstyret med shutdownventiler (Se Appendiks 8), disse vil ved detektion af R1234ze(E)-udslip blive lukket samtidig med trip af havvandspumperne. På denne måde vil R1234ze(E) fra en eventuel lækage/rørbrud blive tilbage holdt i havvandsrørene og vil ikke have mulighed for at forsætte ud i havmiljøet. Selve shutdownventilerne bliver aktiveret fra enten niveaumåler f.eks. på et faldrør på R1234ze(E) eller trykdetektion.

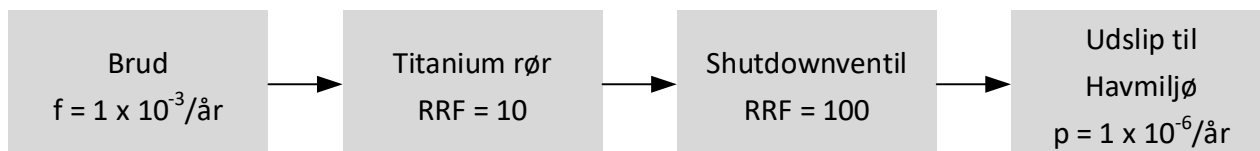
Risikoreduktionsfaktoren for shutdownventilerne vil være påvirket af selv shutdownventilernes sandsynlighed for fejl og har derfor en risikoreduktionsfaktor på 100 (RFF=100).

Ved trykprøvning af rørene ved nedlukning vil der være tale om op mod 2 trykprøvninger om året. Ved trykprøvning så sjældent vil det ikke på længere sigt bidrage væsentligt til de risiko reducerende tiltag, da samtidigheden mellem en lækage og en trykprøvning ikke anses som værende stor.

### 2.2.3 LOPA

Risikoen for et udslip af R1234ze(E) til havmiljøet grundet et rørbrud opgøres af risikoen for uheldet, hvor de risikoreducerende tiltag medregnes. Ved brug af titaniums rør reduceresrisikoen med en faktor 10, mens der ved samtidig brug af shutdownventiler sker en reduktion med en faktor 100, hvilket fremgår af Figur 3. Hvilket vil give en risiko for spild af R1234ze(E) til havvandsmiljøet efter et rørbrud som følger:

$$P_{\text{udslip til havvand}} = \frac{1 \times 10^{-3}/\text{år}}{10 \times 100} = 1 \times 10^{-6}/\text{år}$$

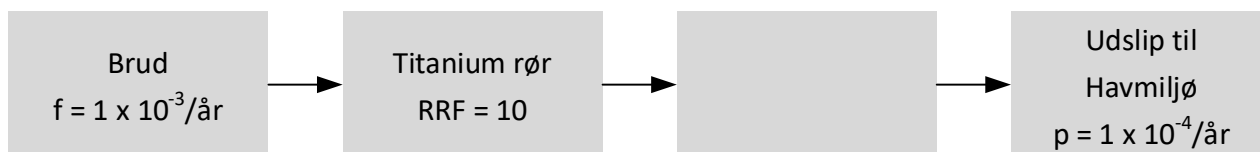


Figur 3: Viser LOPA for R1234ze(E)-udslip til havmiljø med shutdownventil aktiveret.

Det ses dermed at risikoen for et udslip af R1234ze(E) til havmiljøet ligger på  $1 \times 10^{-6}/\text{år}$ , hvilket svarer til en retur periode på 1.000.000 år.

Såfremt lækagemålingen ikke træder i funktion, som følge af en lavere koncentration end den målbare koncentration (100-300 ppm) vil risikoen for et udslip af R1234ze(E) til havmiljøet ligger på  $1 \times 10^{-4}/\text{år}$ , hvilket svarer til en retur periode på 10.000 år, som følge af en lang række forsvarsbarrierer, som er indbygget i systemet, dels for at beskytte miljøet og dels for at sikre driften af varmepumpen og undgå skader på systemet. Dette fremgår af figur 4.

$$P_{\text{udslip til havvand}} = \frac{1 \times 10^{-3}/\text{år}}{10} = 1 \times 10^{-4}/\text{år}$$



Figur 4: Viser LOPA for R1234ze(E)-udslip til havmiljø uden shutdownventil aktiveret.

## 2.3 R1234ze(E) – Falling Film varmeveksler

En lækage på en Falling Film varmeveksler vil ikke resultere i en stor mængde kølemiddel R1234ze(E) til havvandet grundet R1234ze(E)'s meget ringe opløselighed i vand. Derved vil kun en meget lille mængde kølemiddel R1234ze(E) optages i havvandet (Se afsnit **Error! Reference source not found.**)

### 2.3.1 Årsag

Årsagen til en lækage i varmeveksleren kan findes i designfejl, forkert materialevalg, korrosion, trykfejl, erosion, og vedligeholdelsesfejl.

En Falling Film varmeveksler er i princippet 2 stålplader der er svejst sammen langs kant. Der rullesvejses derefter i de 2 stålplader hvorved et antal kanaler opstår.

Kølemidlet er indvendigt i kanalerne, og havvandet risles ned udvendigt på kanalpladernes overflade.

En tilfrysning af havvand vil ikke have nogen indvirkning på varmeveksleren

### 2.3.2 Sikkerhedsbarrierer

For at sikre at risikoen for et udslip af R1234ze(E) ved en lækage mindskes, findes der en række sikkerhedsbarrierer.

Ved en lækage på en kanalplade regnes der med samme mængde som ved en lækage på en Shell and Tube varmeveksler, vil det meste af lækagen afdampe til omgivelserne, og kun ringe grad optages i havvandet.

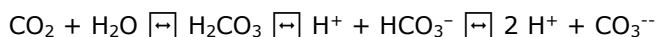
Havvandsrørene er udstyret med shutdownventiler (Se Appendiks 8), disse vil ved detektion af R1234ze(E)-udslip blive lukket samtidig med trip af havvandspumperne. På denne måde vil R1234ze(E) fra en eventuel lækage blive tilbageholdt i havvandsrørene, og vil ikke have mulighed for at forsætte ud i havmiljøet. Selve shutdownventilerne bliver aktiveret fra kølemiddel detektering på R1234ze(E) eller trykdetektion.

### 3. CO<sub>2</sub> – Kuldioxid

Der forventes ingen påvisningskrav for CO<sub>2</sub>. Det skyldes at havvand er kendetegnet ved at være et godt buffersystem, som kan optage store mængder CO<sub>2</sub>.

Ved lækage af CO<sub>2</sub> til havvand vil der teoretisk ske en forsuring, dvs. at pH teoretisk set vil falde.

Følgende ligevægtssystem vil opstå – reaktion vil blive forskudt mod højre:



På grund af tilstedeværelsen af bicarbonationen (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) og carbonationen CO<sub>3</sub><sup>-</sup> i havvandet, vil pH holdes konstant.

### 4. Konklusion på risikovurdering

Fra analyserne ovenfor fremgår det at risikoen for at der sker et udslip af ammoniak ud i havvandsmiljøet fra et rørbrud i varmeveksleren er beregnet til 5×10<sup>-8</sup>/år, hvilket svarer til en retur periode på 20.000.000 år.

Risikoen for at der sker et udslip af R1234ze(E) fra et rørbrud er beregnet til 1×10<sup>-6</sup>/år, hvilket svarer til en retur periode på 1.000.000 år.

Med den meget lave risiko for udslip af kølemidler til havmiljøet vurderes et potentielt udslip som usandsynligt.

### 5. Forsvarsbarrierer mod lækager

Afsnittet omhandler de mulige forsvarsbarrierer, der kan forhindre at kølemiddel lækager ender i havvandet.



## 5.1 Lækage muligheder

Havvandsvarmepumpens varmeveksler/fordamperen er den eneste komponent, som både indeholder/er i berøring med kølemiddel og havvand.

I dette afsnit behandles både Shell and Tube og Falling Film varmevekslernes lækageforhold.

Ved fordampere af Shell and Tube typen, hvor havvandet løber inde i et større antal rør, er disse rør omsluttet af kølemidlet. Hele konstruktionen er omsluttet af et svøb og endedæksler.

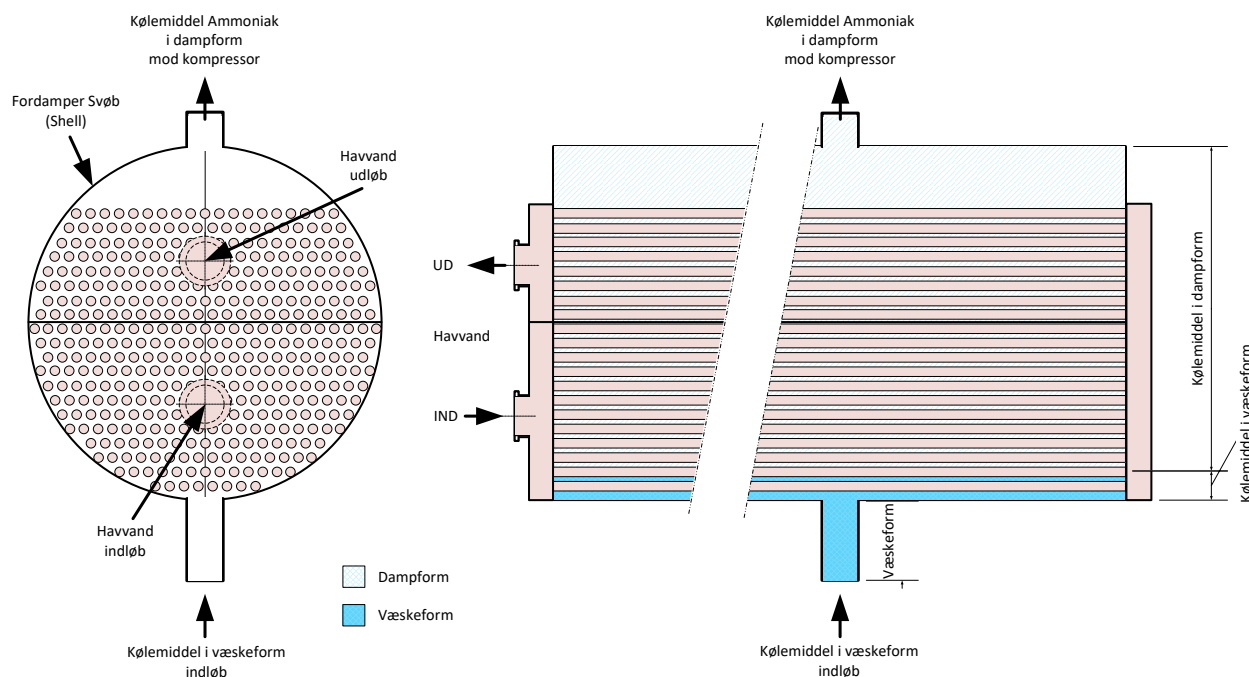
Eneste mulighed for lækage mellem kølemiddel og havvandet vil typisk være ved brud på et eller flere af de indvendige havvandsførende rør, eller ved utæthed ved havvandsrørens gennemføring ved fordampers vendekamre i enderne.

Ved fordampere af Falling Film typen vil kølemidlet være indeholdt i et større antal kanalplader. Eneste mulighed for lækage vil typisk være ved revne i kanalplade eller ved svejsningerne.

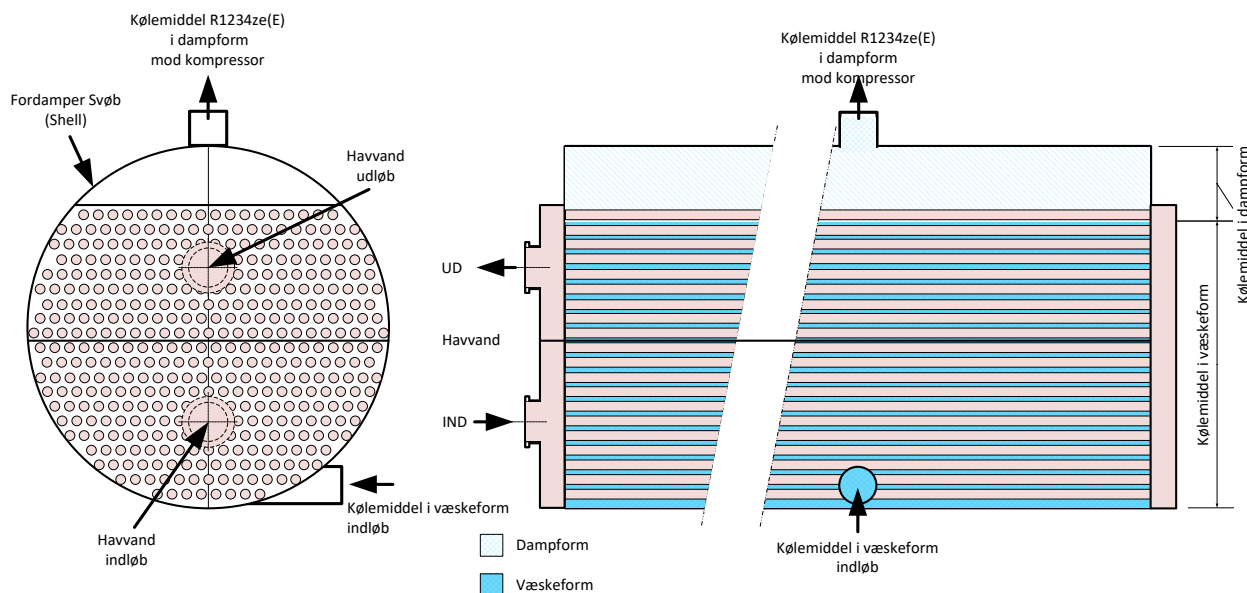
Til 150 MW fjernvarmekapacitet skal anvendes under 50 tons ammoniak eller ca. 120 tons R1234ze(E). Den store forskel i mængde skyldes primært kølemidlernes varmetekniske (termodynamiske) egenskaber, samt forskellen i opbygning af fordampere.

### 5.1.1 Fordamper systemerne

#### 5.1.1.1 Shell and Tube varmeveksler



Figur 5: Skematisk visning af Ammoniak fordamper/rørveksler (Shell and Tube), hvor havvandet løber inde i rørene (rød) og kølemidlet Ammoniak i svøbet omslutter havvandsrørene. Der er kun kølemiddel i væskeform i det nederste lodrette rør, mens hele resten af fordampers svøb kun indeholder kølemiddel i dampform. En fordamper med en meget lille kølemiddelfyldning.



Figur 6: Skematisk visning af R1234ze(E) fordampersystem (Shell and Tube), hvor havvandet løber inde i rørene (rød) og kølemidlet R1234ze(E) i svøbet omslutter havvandsrørene. Der er kølemiddel i væskeform i næsten hele svøbet. Væskeniiveauet ligger højt, således stort set alle rør er nedsænket i kølemiddel i væskeform. En fordampersvøb med en relativ stor kølemiddelfyldning.

Figur 5 og Figur 6 viser principskitser for mulige veksler til ammoniak og til kølemiddel R1234ze(E). De to veksler er konstruktionsmæssigt meget lig hinanden, dog med den helt afgørende forskel, at kølemiddelfyldningen er markant forskellige. Fyldningen i ammoniakfordampersystemet er markant mindst.

Figurerne (5 og 6) viser mulige veksler for ammoniak og for kølemidlet R1234ze(E).

Ved ammoniak som kølemiddel er vist et fordampersystem (Figur 5), som har en meget reduceret kølemiddelfyldning (Spray-chiller løsning), da kun den nederste del af fordampersvøbet indeholder ammoniak i væskeform, og resten af fordampersvøbet er dampfyldt.

Ved R1234ze(E) (Figur 6) vil det meste af fordampersvøbet være væskefyldt, og kun den øverste del af svøbet vil være dampfyldt.

På ammoniak-fordampersystemet er alle havvandsrør over selve væskeniiveauet i fordampersystemet kun omgivet af ammoniak i dampform, og rørene er placeret så flydende ammoniak sprøjtes på rørene og fordampersystemet til gasform.

Ved en lækage på en ammoniakfordampersystem vil der strømme ammoniak på dampform (ikke væskeform) ud til havvandsiden, og ved en lækage vil den udstrømmende ammoniakmængde være markant minimeret, da massefylden af ammoniakdamp er ca. en faktor 600 – 700 lavere end for ammoniakvæske.

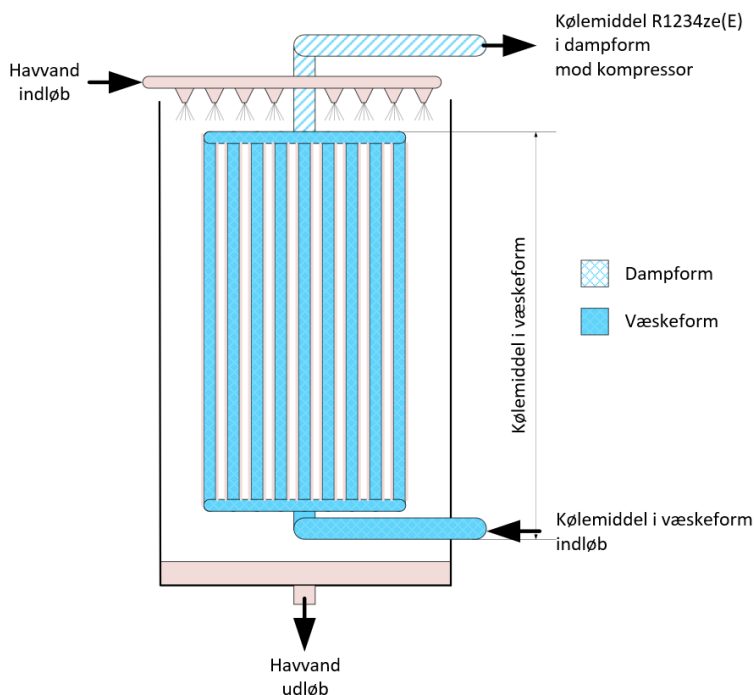
Ved begge løsninger, ammoniak eller R1234ze(E), er der opbygget en række lækage- forsvarsbarrierer, som alle bidrager til et opnå et sikkert system.

### 5.1.1.2 Falling Film varmeveksler

Nedenstående Figur 7 viser en principskitse for en Falling Film fordamper. Kølemidlet R1234ze(E) er indvendig i kanalpladerne og fungerer som en Flooded Evaporator, helt fyldt med kølemiddel i væskeform.

Havvandet sprayeres ned over den udvendige side af kanalpladerne, hvorved havvandet nedkøles.

Havvandet opsamles i en bundbakke, hvorfra det returneres til udløbskanalen.



Figur 7: Skematisk visning af R1234ze(E) Falling Film fordamper, hvor havvandet løber udvendig på kanalpladerne (rød) og kølemidlet R1234ze(E) (blå) indvendig i kanalpladerne.

En fordamper med en relativ stor kølemiddelfyldning.

Ved en lækage på en kanalplade, vil det meste af lækagen straks afdampe til omgivelserne, og kun i ringe grad optages i havvandet.

Havvandsrørene er udstyret med shutdownventiler (Se Appendiks 8), disse vil ved detektion af R1234ze(E)-udslip blive lukket samtidig med trip af havvandspumperne. På denne måde vil R1234ze(E) fra en eventuel lækage blive tilbageholdt i havvandsrørene, og vil ikke have mulighed for at forsætte ud i havmiljøet. Selve shutdownventilerne bliver aktiveret fra kølemiddel detektering på R1234ze(E) eller trykdetektion.

R1234ze(E) optages ikke nemt i havvandet, da havvandet kun kan indeholde 373 mg/l (ved 20 °C). Ved en reaktions- og lukketid på 5 minutter på systemets shutdownventiler, vil der fra et lækkende Falling Film system nå at lække 261 kg R1234ze(E) til havvandet hvorfra kølemidlet vil afdampe til luften.

## 5.2 Risiko og mitigering

Mange års driftserfaring fra kraftværksbranchen, hvor saltvand er et integreret medie i systemet, har medført nogle meget restriktive instrukser for en korrekt drift af systemerne og endvidere opstillet ganske detaljerede instrukser for service og vedligehold.

Risikoområderne og de respektive tiltag for at minimere eller eliminere (mitigering), samt de tilknyttede design og driftsmæssige forhold, er beskrevet i de følgende afsnit.

### 5.2.1 Sikring mod korrosion

Havvandvarmepumpens design og tekniske løsning er baseret på årtiers erfaringer fra kraftværker bygget i Danmark og udland. Her skal nævnes væsentlige sikkerhedssystemer/-foranstaltninger:

- Alle dele i fordamperen i direkte kontakt med havvand er konstrueret i materialecertificeret titanium med en materialekvalitet, som standardmæssig anvendes i kraftværker, hvor lækage er kritisk.
- Titanium er særdeles korrosionsbestandigt overfor saltvand, og baseret på erfaringen fra kraftværker forventes der ikke gennemtæring i anlæggets levetid. Desuden vil der blive foretaget regelmæssige inspektioner af konstruktionen.

### 5.2.2 Sikring mod rørbrud fra mekaniske påvirkninger og lækager i endeplader

Havvandvarmepumpesystemet er opbygget efter Best Available Technology (BAT) og er underlagt adskillige direktiver, regler og standarder, hvor der lægges meget stor vægt på systemets tæthed.

- Alle dele fremstillet i titanium er svejst sammen, således de udgør én samlet enhed uden pakninger, flanger eller lignende, som ellers kunne føre til lækage. Der stilles skærpede krav til kvalitetssikring, derunder udføres NDT på udvalgte svejsninger.
- Fordamperen er før ibrugtagning tryktestet og konstruktions kontrolleret. Dette indebærer bl.a. tryktest ved tryk væsentlig over det højeste tilladte driftstryk, og med omhyggelig lækagekontrol under tryktesten.
- Rørkonstruktionen er opbygget og fysisk beskyttet, således der ikke kan opstå rørvibrationer, som evt. ellers efter mange års drift evt. kunne føre til revnedannelse.
- Desuden har den enkelte varmepumpeleverandør individuelle produktionstests samt lækagetest før hver enkelt opstart af anlæg.
- Trykudstyrsdirektivet (PED) beskriver periodevis inspektion og test, som vil blive indføjet i havvandpumpeanlæggets drifts- og vedligeholdelsesplaner

### 5.2.3 Sikring mod frostsprængning

Når vi nærmer os en vintertilstand, hvor havvandstemperaturen nærmer sig frysepunktet, vil havvandsvarmepumpens køle/varmekapacitet være reduceret, og på et tidspunkt vil havvandstemperaturen være så lav, at havvandsvarmepumpen må stoppes for at undgå en tilfrysning af fordamperen.

- Ved drift ved lave havvandstemperaturer (vinterdrift) kan der være risiko for, at der kan dannes is i havvandsvarmepumpen fordamperrør. En tiltagende dannelse af is kan medføre en blokering af fordamperrørene, hvilket kan medføre en risiko for lækage.

- Havvandsflowet gennem fordamperrørene er relativt højt, netop for at undgå begroning og dannelse af is.
- Ved en eventuel kontinuerlig salinitetsmåling, kan havvandets frysepunkt bestemmes, og havvandsvarmepumpen kan ved en forudbestemt grænse, defineret ved en temperaturforskel mellem havvandet og havvandsvarmepumpens fordampningstemperatur, begynde en powerdown proces, hvor kølekapaciteten på fordamperen nedsættes, og derved undgå en tilfrysning af fordampere, og for til sidst at stoppe helt.
- Tiltag for at undgå at en isdannelse udvikler sig, kan være at varmgas eller varm kølevæske fra havvandsvarmepumpens kondensatorside ledes til fordamperen, hvorved isdannelse meget hurtigt vil smelte og fjernes. Denne teknologi er meget anvendt indenfor fødevarerbranchen, hvor tilrimning (is) af fordamperen, hurtigt kan afsmeltes med varmgas.
- Skulle der være en formodet risiko for frostsprængning af fordamperrør eller utætheder imellem rør og endeplader, kan fordamperen hurtigt tomsuges, hvorved kølemidler fjernes fra fordamperen.

#### **5.2.4 Sikring mod tilstopning**

For at sikre mod tilstopning af fordamperrør, er der i havvandsindtaget monteret filtre, der skal opfange partikler, der kan være årsag til tilstopning.

- Erfaringerne fra Nordjyllandsværkets blok 3 viser, at muslinge- og rurerlarver til en vis grad sætter sig på ru vægge og begynder at leve/vokse her. Store muslingeskaller kan dernæst, når de løsner sig, evt. føre til tilstopning af rørene i fordamperne. For at modvirke dette, er der dels et grovfilter (mesh 100 mm) monteret i indløbskanalen, der automatisk holdes rent.

Der er endvidere indbygget et selvrensende roterende filter med mesh 5mm. Processystemet er opbygget således, at en rørsektion på havvandssiden omkring fordamperne kan afspærres og opvarmes til en temperatur, der vil destruere begroningen, som derefter vil bortledes til havvandsudløbet. Denne proces er almindelig brugt til netop havvandsindtag i forbindelse med køleanlæg og lignende industrielle systemer.

På Nordjyllandsværket er sand ikke et stort problem, men der kan over tid ophobes slam, som vil reducere varmeoverførslen i fordamperen.

Havvandsflowet gennem fordamperen har et loop fra indløb til udløb og retur, hvorigennem et rensesystem (Tapperokk system) kan sende rensbolde igennem fordamperrørene, og renser indersiden af rørene. Dette system bruges allerede på Nordjyllandsværket kondensator systemer med succes.

#### **5.2.5 Sikring mod for højt tryk**

Havvandsvarmepumpens tryk på kølemiddelsiden af fordamperen, er noget større end trykket i havvandssystemet gennem havvandsvarmepumpens fordamper.

- Fordamperen er derfor beregnet og konstrueret til at modstå dette højere tryk (trykforskel) på kølemiddelsiden. Havvandvarmepumpesystemet er opbygget i henhold til trykudstyringsdirektivet,

samt andre regler og standarder, hvor der lægges meget stor vægt på systemets tryk.

- Kølesystemet beregnes for et tryk langt højere end det i kølesystemet forekommende driftstryk.
- Der er endvidere indbygget sikkerhedsventiler på de strategiske korrekte steder, for at kunne udlufte/aflaste systemet ved en uforholdsmæssig stor stigning i tryk.
- Trykudstyringsdirektivet (PED), samt andre direktiver, regler og standarder beskriver hvordan disse tryksatte kølesystemer skal konstrueres, herunder hvilke sikkerhedsforanstaltninger der skal etableres på kølesystemet, samt endvidere hvordan periodevis inspektion og test skal udføres, som vil blive indføjet i havvandpumpeanlæggets drifts- og vedligeholdelsesplaner.

### 5.2.6 Lækagedetektion og præventive funktioner

Såfremt en lækage skulle forekomme, er havvandssystemet udstyret med et antal kølemiddeldetektorer der vil detektere kølemiddelmængder som tidligere beskrevet, og lækagesignal sendes til shutdownventilerne i havvandssystemet indløb og udløb fra varmepumpebygningen.

- Shutdownventilerne vil inddæmme det kølemiddelblandede havvand, og derved undgå en kontamineret havvandsmængde at nå Limfjorden.
- Samtidig vil den respektive havvandsvarmepumpe powerdown, og havvands cirkulationspumper vil stoppe.
- Det kontaminerede havvand kan derefter efterfølgende sendes til godkendt modtager.

### 5.2.7 Selve lækagedetektionen baseres på forskellige målemetoder

Lækagedetektionens nøjagtighed og reaktionshastighed afhænger af måleudstyret.

En pludselig stor lækage vil let kunne detekteres, og systemet vil hurtigt lukkes og stoppe den videre lækage at udbrede sig.

- Store pludselige lækager er lettest at opdage og vil hurtigt blive detekteret på to måder
- Kølemiddel lækagen vil hurtig blive registeret af lækagedetekteringen, systemet vil stoppe og lukke ned.
- En stor lækage vil endvidere blive registreret i havvandsvarmepumpens kontrolsystem som løbende måler temperaturer, tryk og væskniveau (kølemiddel)
- Samtidig lukkes shutdownventilerne på havvandssystemet indløb og udløb af den berørte fordamper.

Små sivende lækager er noget vanskeligere at detektere, hvorfor der her må vælges detektionsudstyr med stor præcision. Her findes en række avancerede online-detektionssystemer, der vil være nødvendig for at undgå, at kontamineret havvand sendes tilbage til Limfjorden.

- Anvendes ammoniak som kølemiddel er en standard målemetode at måle havvandets ledningsevne.

Der er dog mange parametre, der kan have indvirkning på havvandets ledningsevne. Her skal nævnes den almindelige ændring af Limfjordens ledningsevne som følge af ydre påvirkninger. Det kan derfor være nødvendigt at udføre kontinuerlige målinger før og efter, for at kunne bestemme den tilførte lækagemængde gennem fordampere.

- Det forventes at anvende udstyr der kan måle en tilført koncentration på 10 – 30 ppm.  
Denne koncentration skal endvidere ses i lyset af, hvor lille lækage risikoen egentlig er.
- Anvendes HFO kølemidlet R1234ze(E) findes der udstyr der kan måle kølemiddelkoncentrationen direkte. Da opløseligheden af R1234ze(E) har en ganske lille opløselighed, vil der kunne etableres en målefælde i havvandsflowet efter fordampere, hvor kølemidlet i gasform måles i henhold til tidligere nævnte koncentration 100-300 ppm.

### **5.2.8 Vedligehold af udstyr til lækagedetektion**

Al lækagedetektionsudstyr vil blive vedligeholdt og løbende kalibreret i henhold til leverandørens krav. Hele sikkerhedssystemet vil blive testet med en rimelig frekvens.

## **6. Referencer**

/1/ National Institute of Public Health and the Environment, (2009), Reference Manual Bevi Risk Assessments version 3.2

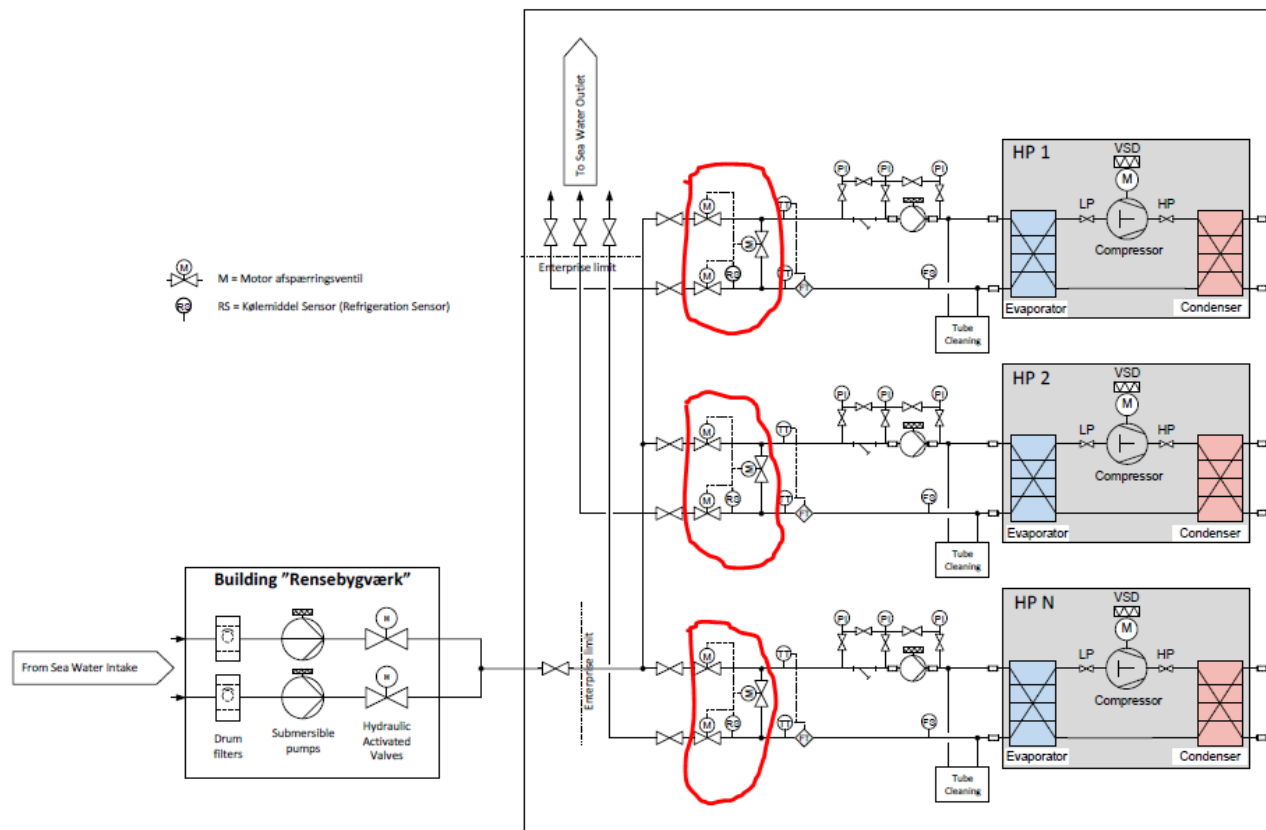
## 7. Appendiks A

Ref.	What-If	Årsag	Hændelse	Konsekvens	Sikkerhedsbarrierer	LOPA
1.3b	Lækage ud i havet?	Rørbrud (D19) -Designfejl -Materialefejl -Korrosion -Trykfejl -Vedligeholdelsesfejl	Ammoniak i begge retninger af havvandsrørene (gasform)	Forurening af Natura2000, med fredet fisk.  Fisk lige udenfor røret vil dø, men ingen konsekvens for større område.  Ekstra kvælstof kan ikke tillades i området (grundet højt nuværende niveau)	Titaniums rør i veksleren  Fuldsvejsning  Trykprøvning ved nedlukning  Shutdownventil:  -Niveaumåling af ammoniak i faldrørene -Der skal måles 10-30 ppm kontinuerligt -Lækagestopventil (vil give måske 100 m <sup>3</sup> vand som skal renses, kan dette sendes til Godkendt modtager)	Rørbrud – titaniums rør – Shutdownventil: 5×10 <sup>-8</sup> /år
2.4	Hvis der er udslip til vand siden i varmepumpen ved rørbrud.	Rørbrud/ Lækage -Designfejl -Materialefejl -Korrosion -Trykfejl -Vedligeholdelsesfejl -Isdannelse	Udslip i en væske/væske fordampner  Der er udslip på ca. 30 kg/s ved 4 rørbrud  Stødkogning i vandet, hvilket giver vibrationer  Kan give vandhammer (grundet gas i væsken)  Kan danne is	Totalt havari af veksleren (ved vandhammer)  Flere rør vil brudes    Der er ingen umildbar konsekvens ved udløb af R1234ze i havmiljøet.	Titaniums rør i veksleren  Fuldsvejsning  Trykprøvning ved nedlukning (ca. 2 gange årligt)  Shutdownventil  -Detektion af niveau. -Tryk detektion. -Lækagestopventil (vil give måske 100 m <sup>3</sup> vand/R1234ze, som kan adskilles)  Butterflyventiler i stedet for kontraventiler	Rørbrud – titaniums rør – Shutdownventil: 1×10 <sup>-6</sup> /år

Figur 5:



## 8. Appendiks B



Figur 6: Udsnit af Havvandsvarmepumpeanlægget – shutdown ventilerne indkredset med rødt.

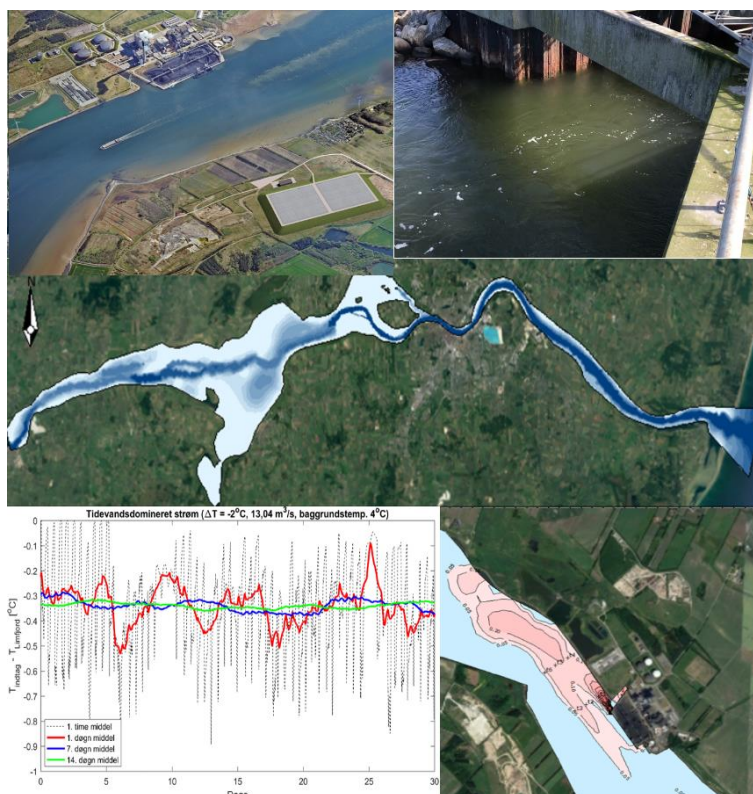
BILAG 5  
TEKNISK BAGGRUNDSRAPPORT - HYDRAULISKE FORHOLD

Til  
Aalborg Forsyning og INDDHEAT sekretariatet – Aalborg Kommune

Dokumenttype  
Teknisk baggrundsrapport - Hydrauliske forhold

Dato  
December 2021

# HAVVANDSVARMEPUMPE TEKNISK BAGGRUNDSRAPPORT - HYDRAULISKE FORHOLD



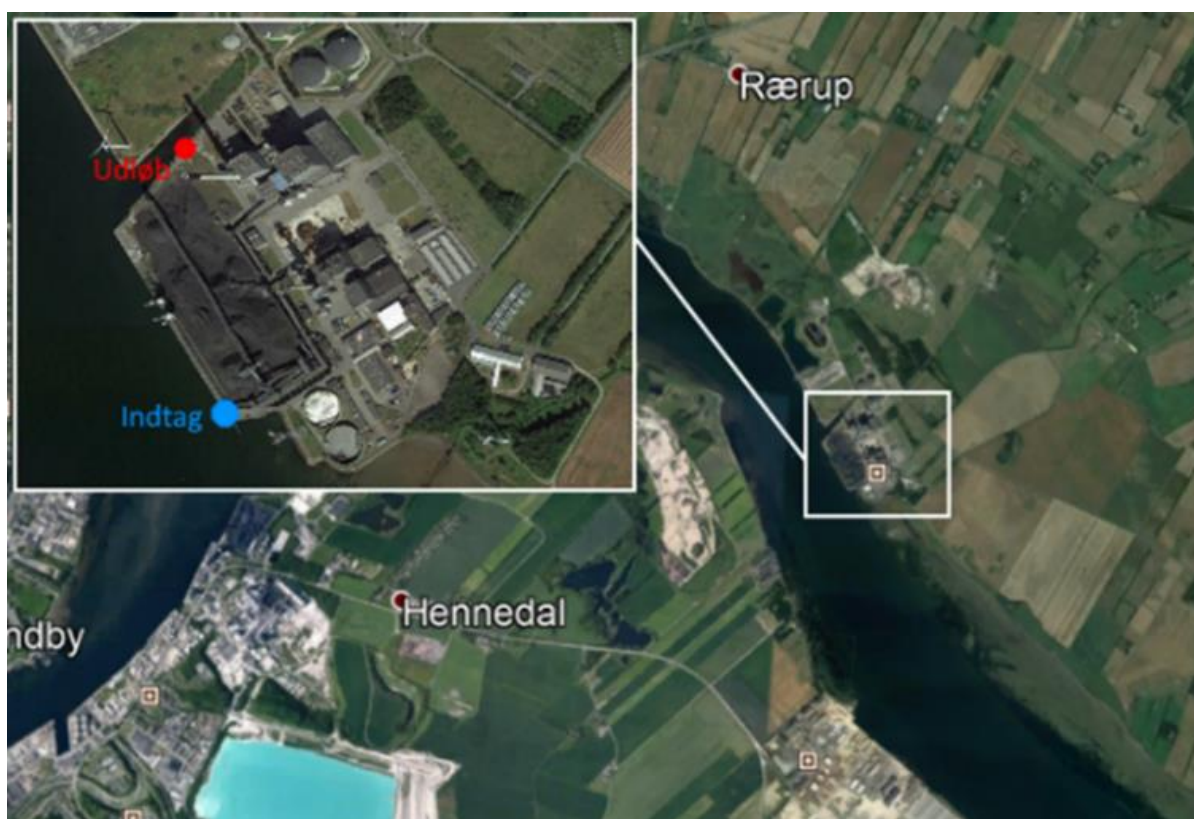
<b>2.</b>	<b>Kanaler, temperaturforhold samt vandføring for returvand ved blok 3</b>	<b>6</b>
2.1	Temperaturforhold ved udløb og vandføring under eksisterende forhold	7
<b>3.</b>	<b>Temperaturforhold og vandføring for den planlagte havvandsvarmepumpe</b>	<b>9</b>
<b>4.</b>	<b>Hydrodynamiske forhold samt temperatur-forhold i Limfjorden</b>	<b>11</b>
4.1	Vandstandsforhold i Limfjorden	11
4.1.1	Lokal ekstremvandstand ved Nordjyllandsværket	12
4.2	Dybdeforhold i Limfjorden	13
4.3	Lokale strømforhold og vandudskiftning i Langerak	14
4.3.1	Projektspecifikke målinger af strøm ved Nordjyllandsværket	14
4.4	Vandtemperaturforhold ved Aalborg Havn	17
4.4.1	Projektspecifikke målinger af vandtemperatur ved Nordjyllandsværket	20
4.5	Lokale salinitets- og densitetsforhold i Langerak	23
4.5.1	Statistik - salinitetsforhold	24
4.5.2	Statistik - densitetsforhold	26
4.5.3	Projektspecifikke målinger af salinitet og densitet ved Nordjyllandsværket	27
4.6	Lokale vandføring i Stae bæk	27
<b>5</b>	<b>Opsætning og kalibrering/validering af hydraulisk model</b>	<b>29</b>
5.1	Modelscenarier til analyse af udbredelse af returvand samt termisk kortslutning	31
5.1.1	Scenarier til analyse af udbredelse af returvand	31
5.1.2	Scenarier til analyse af termisk kortslutning fra havvandsvarmepumpe	33
5.2	Randbetingelser i model	33
5.3	Modelkalibrering/validering	34
5.3.1	Kalibrering/validering af vandstande i modellen	34
5.3.2	Kalibrering/validering af vandføring og strømforhold i modellen	35
5.3.3	Kalibrering/validering af lokale vandtemperaturforhold	40
5.3.4	Opsummering: Modelkalibrering	45
<b>6</b>	<b>Vandtemperaturpåvirkning fra drift af hhv. blok 3 og havvandsvarmepumpen</b>	<b>46</b>
6.1	Temperaturpåvirkning fra drift af blok 3	46
6.2	Temperaturpåvirkning fra havvandsvarmepumpen	52
6.3	Opsummering: Regional temperaturpåvirkning fra drift af Nordjyllandsværket	57
<b>7</b>	<b>Analyse af risiko for termisk Kortslutning</b>	<b>59</b>
7.1	Indledende vurdering af hydrauliske og termiske forhold lokalt ved havvandsvarmepumpen	59
7.2	Følsomhedsvurderinger ifm. kortslutningsanalyse	60
7.2.1	Konklusioner fra følsomhedsanalyser	61
7.3	Temperaturreduktion ved havvandsindtag	62
7.3.1	Temperaturreduktion ved havvandsindtag for tilfældet uden salinitets- og temperaturlagdeling i Langerak	62
7.3.2	Temperaturreduktion ved havvandsindtag for tilfældet med salinitets- og temperaturlagdeling i Langerak	68
7.3.2	Sammenligning af scenarier inkl. og ekskl. densitetsvariation	73

7.4	Opsummering: termisk kortslutning	74
<b>8</b>	<b>Opsummering og diskussion/perspektivering af modelresultater og resultaternes videre anvendelse</b>	<b>75</b>
8.1	Vurdering af videns- og datagrundlag for beskrivelse af udbredelse af returvand fra drift af hhv. blok 3 samt den nye planlagte havvandsvarmepumpe	75
8.2	Diskussion af usikkerheder ifm. analyser af den regionale udbredelse af returvand ( <i>Delformål 1</i> )	76
8.3	Diskussion af usikkerheder ifm. analyser for lokale termiske forhold samt anbefalinger til yderligere analyser ( <i>Delformål 2</i> )	76
<b>9</b>	<b>Referencer</b>	<b>78</b>
	<b>Bilag 1 – Sammenligning imellem målte og modellerede strømhastigheder</b>	<b>79</b>
	<b>Bilag 2 – Sammenligning imellem målte og modellerede temperaturer</b>	<b>91</b>
	Marts – målt og modelleret temperatur opdelt i hhv. N, M og S.	91
	Marts – målt og modelleret temperatur opdelt pr. transekt.	94
	<b>Bilag 3 – Tidsserier af temperaturændringen i udvalgte punkter</b>	<b>96</b>
	<b>Bilag 4 – Følsomheds- /robustheds-analyser ifm. termisk kortslutning</b>	<b>104</b>
9.1	Følsomhed af temperaturreduktion ved havvandsindtag overfor forskellige strømforhold	104
9.2	Følsomhed af temperaturforholdene ved havvandsindtag overfor den termiske dispersion	108
9.2.1	Vertikal dispersion	108
9.2.2	Horisontal dispersion	109
9.3	Følsomhed overfor model-diskretisering	111
9.4	Følsomhed overfor vertikal turbulensmodel	113

## 1. BAGGRUND

Nordjyllandsværket udleder i dag opvarmet kølevand til Limfjorden fra varmeproduktion i blok 3, mens den nye planlagte havvandsvarmepumpe skal udlede nedkølet vand fra varmeproduktion (i det følgende anvendes betegnelsen "returvand" for det udledte enten opvarmede eller nedkølede vand). Dette medfører at der, sammenlignet med den eksisterende situation, vil ske en reduktion af vandtemperaturen i det omkringliggende vandområde, hvilket er relevant ifm. driften af varmepumpen (lokalt) samt den potentielle miljøpåvirkning (regionalt).

Placering af indtag og udløb for Nordjyllandsværket er illustreret i figur 1-1. Den planlagte havvandsvarmepumpe påtænkes at anvende de eksisterende kølevandskanaler og således vil beliggenhed af indtag og udløb som udgangspunkt forblive uændret fremover.



Figur 1-1: Placering af indtag og udløb ved Nordjyllandsværket. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).

### 1.1 Formål

Ift. at vurdere hhv. blok 3's og havvandsvarmepumpens påvirkning af vandtemperaturen regionalt og lokalt gennemføres modelsimuleringer med de to følgende delformål:

- **Delformål 1:** Estimering af den regionale relative temperaturpåvirkning fra drift af blok 3 (eksisterende forhold) og fra drift af den nye planlagte havvandsvarmepumpe (fremtidige forhold). Resultaterne fra analysen anvendes videre ifm. miljøvurderinger. De specifikke miljøvurderinger er ikke indeholdt i nærværende baggrundsrapport.
- **Delformål 2:** Indikativ analyse af risiko for termisk kortslutning ifm. drift af havvandsvarmepumpen. Formålet er at gennemføre indledende indikative vurderinger af hvorvidt der kan forventes reduceret vandtemperatur ved indtaget til

havvandsvarmepumpen og herunder akkumuleret temperaturreduktion (kortslutning), samt give anbefalinger til potentielle konstruktionsmæssige ændringer eller anbefalede videre undersøgelser heraf.

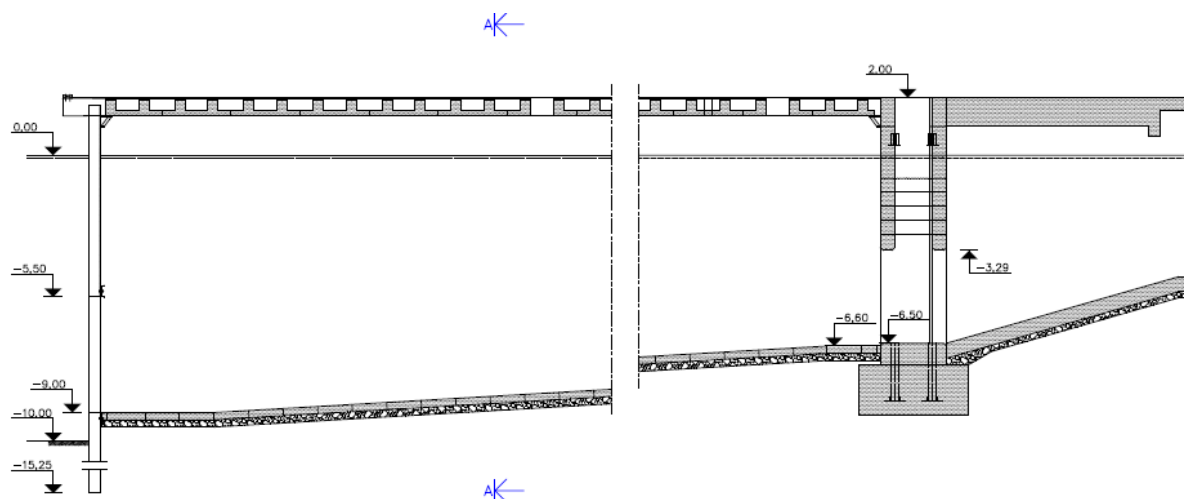
## 1.2 Indhold i nærværende rapport

- Afsnit 2 – *“Kanaler, temperaturforhold samt vandføring for returvand ved blok 3”*: Indledningsvist præsenteres de eksisterende forhold ved Nordjyllandsværket vedr. kølekanaler, temperaturforhold (opvarmning af returvand) samt vandføring.
- Afsnit 3 – *“Temperaturforhold og vandføring for den planlagte havvandsvarmepumpe”*: Temperaturforhold samt vandføring præsenteres for den nye planlagte havvandsvarmepumpe, dvs. driftsforhold (nedkøling af returvand samt vandføring).
- Afsnit 4 – *“Hydrodynamiske forhold samt temperatur-forhold i Limfjorden”*: De hydrodynamiske forhold samt temperatur- og salinitetsforhold præsenteres for Limfjorden. Formålet er at etablere et overblik over de drivende processer for temperaturspredning samt den potentielle kortslutning ved havvandsvarmepumpen. Desuden danner beskrivelsen et videre grundlag for opsætning af den hydrauliske model til analyse af temperaturpåvirkninger fra havvandsvarmepumpen.
- Afsnit 5 – *“Opsætning og kalibrering/validering af hydraulisk model”*: Den anvendte hydrauliske model beskrives (dvs. beskrivelse af anvendte randbetingelser samt kalibrering/validering). Desuden præsenteres de anvendte scenarier til den efterfølgende analyse af kølevandsspredning samt termisk kortslutning.
- Afsnit 6 – *“Vandtemperaturpåvirkning fra drift af hhv. blok 3 og havvandsvarmepumpe”*: Der foretages analyse af den lokale- samt regionale temperaturpåvirkning i området nær Nordjyllandsværket som følge af etableringen af den planlagte havvandsvarmepumpe, samt nedlukningen af eksisterende blok 3.
- Afsnit 7 – *“Analyse af risiko for termisk Kortslutning”*: Der gennemføres en analyse af omfanget af temperaturreduktionen lokalt ved indtaget til havvandsvarmepumpen under drift.
- Afsnit 8 – *“Opsummering og diskussion/perspektivering af modelresultater og resultaternes videre anvendelse”*: Væsentlige konklusioner opsummeres, og der gives anbefalinger til potentielle videre detailanalyser vedr. termisk kortslutning.



## 2. KANALER, TEMPERATURFORHOLD SAMT VANDFØRING FOR RETURVAND VED BLOK 3

Et længdesnit af den eksisterende kølevandskanal ved indtaget ved Nordjyllandsværket er illustreret i figur 2-1. Som det fremgår af længdesnittet, er vandindtaget fra Limfjorden beliggende i den nedre del af kanalen (fra kote -5,5 til kote -9). Kølevandskanalen har en bredde på ca. 7,4 m.



*Længdesnit i kølevandstilgangskanal*

**Figur 2-1: Længdesnit af kanal ved indtag. (Udsnit fra tegn. BH003a, Aalborg Forsyning)**

Et foto af udløbet ved Nordjyllandsværket er vist i figur 2-2. Som det fremgår af fotoet, foregår udløbet til hele vandsøjlen.

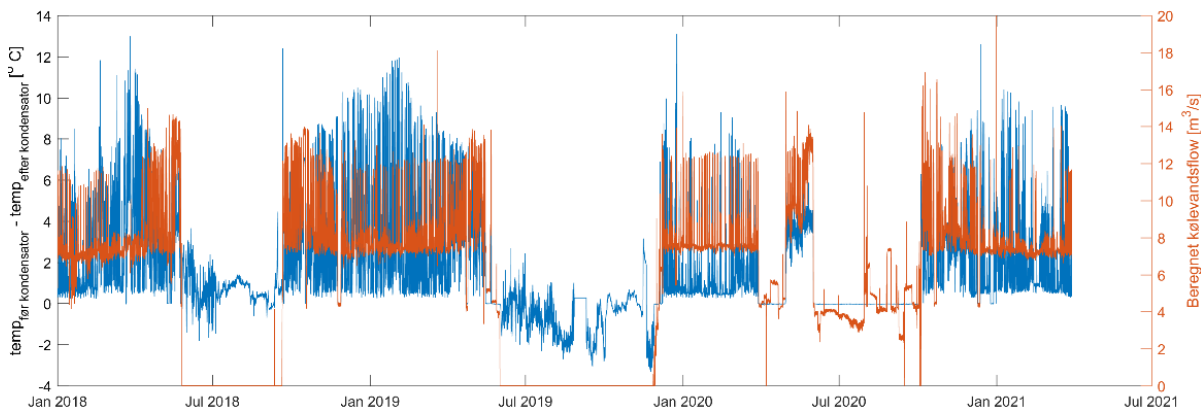


**Figur 2-2: Foto taget ved udløbet for Nordjyllandsværkets blok 3. (Foto: Rambøll, 2021)**



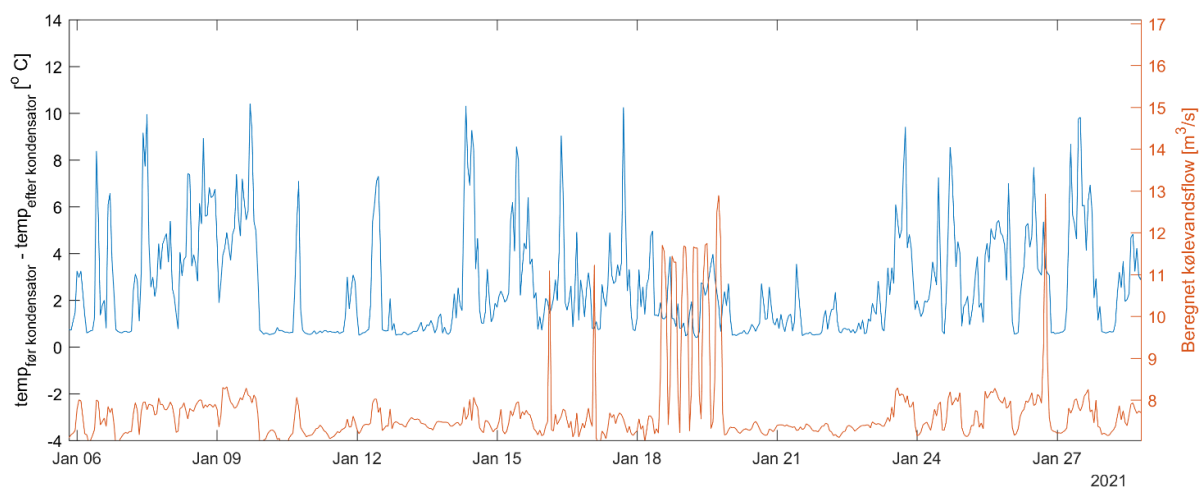
## 2.1 Temperaturforhold ved udløb og vandføring under eksisterende forhold

Forholdene for returvandet fra blok 3 (hhv.  $\Delta T$  samt vandføringen) for de seneste ca. 3 år er vist i figur 2-3.



**Figur 2-3: Historiske data for opvarmningen,  $\Delta T$  (blå), samt vandføring (orange), af returvand fra blok 3 i perioden 2018 - 2021. (Data fremsendt af Aalborg Forsyning, 2021)**

Figur 2-4 viser et zoom af data for returvandet fra blok 3 for januar 2021. Som det fremgår af figuren, og som det i øvrigt fremgår af figur 2-3, er både temperaturen for returvandet samt vandføringen forholdsvis vekslende (vekslende med  $\Delta T$  op til ca. 10°C i og et flow på mellem ca. 7 - 13 m<sup>3</sup>/s for perioden januar 2021). Variationen sker indenfor få timer.



**Figur 2-4: Zoom af  $\Delta T$  samt kølevandsmængde for januar 2021. (Data fremsendt af Aalborg Forsyning, 2021)**

Størst udledning af opvarmet returvand sker ved overlast i fuld kondens op til ca. 425 MJ/s, hvor der forekommer en  $\Delta T$  på ca. 7,0 - 8,5 °C afhængigt af returvands-flowet, som da er ca. 13.500 kg/s. Jf. figur 2-3 kan der dog i sjældne tilfælde forekommet opvarmning af returvandet på op til ca. +12°C, men med lavere flow i de perioder.

Tabel 1 viser den procentvise fordeling af opvarmningen af returvandet fra driften af blok 3 i perioden 2018 - 2021. Som det fremgår af tabellen, har der f.eks. i 2% af perioden (2018 - 2021) forekommet en opvarmning på mere end 8°C.

Forekomst [%]		
Temperaturdifferens	Hele perioden	Vinterhalvår (oktober - maj)
$\Delta t > 3^{\circ}\text{C}$	24.2	34.3
$\Delta t > 4^{\circ}\text{C}$	15.5	22.3
$\Delta t > 5^{\circ}\text{C}$	9.9	14.3
$\Delta t > 6^{\circ}\text{C}$	6.6	9.5
$\Delta t > 7^{\circ}\text{C}$	4.1	5.9
$\Delta t > 8^{\circ}\text{C}$	2.0	3.0
$\Delta t > 9^{\circ}\text{C}$	0.9	1.4
$\Delta t > 10^{\circ}\text{C}$	0.3	0.5
$\Delta t > 11^{\circ}\text{C}$	0.1	0.2
$\Delta t > 12^{\circ}\text{C}$	0.0	0.0

**Tabel 1: Forekomster af absolutte temperaturforskelle imellem indtag og udløb for blok 3 i perioden 2018 - 2021.**

Tabel 2 viser udvalgte fraktiler for temperaturforøgelsen af returvandet for blok 3 i perioden 2018 - 2021. Som det f.eks. fremgår af tabellen, er 99%-fraktilen  $8,9^{\circ}\text{C}$  og  $9,3^{\circ}\text{C}$  for hhv. hele perioden (2018 - 2021) og for perioden oktober - maj.

Periode	$\Delta t$ [ $^{\circ}\text{C}$ ] (temperaturforøgelse)				
	99,9%-fraktil	99%-fraktil	95%-fraktil	90%-fraktil	50%-fraktil
Hele perioden	11,13	8,9	6,7	5,0	0,9
Oktober - maj	11,22	9,3	7,2	5,9	1,4

**Tabel 2: Statistiske fraktiler for temperaturforøgelse for blok 3, baseret på data fra perioden 2018 - 2021.**

### 3. TEMPERATURFORHOLD OG VANDFØRING FOR DEN PLANLAGTE HAVVANDSVARMEPUMPE

Effekten af den planlagte havvandsvarmepumpe er ikke endeligt fastlagt, men forventningerne/ønskerne er, at den skal ligge i spændet 100 – 150 MW. Scenarier for vandføring samt tilhørende  $\Delta T$  (nedkøling) for både 100 MW og 150 MW havvandsvarmepumpen er således angivet i hhv. tabel 3 og tabel 4.

Som det fremgår af tabel 4, kan der for en 150 MW havvandsvarmepumpe forventes nedkøling af returvandet på op mod  $6^{\circ}\text{C}$ , samt en vandføring på op mod ca.  $13,04 \text{ m}^3/\text{s}$  (dog ikke samtidigt forekommende – da højere vandføring og lavere  $\Delta T$  giver samme effekt for varmepumpen som ved lavere vandføring og højere  $\Delta T$ ).

#### 100 MW

$Q_c$ - KW	COP	$Q_0$ - KW	dT - $^{\circ}\text{C}$	V - $\text{m}^3/\text{h}$	V - $\text{m}^3/\text{s}$
100000	2,5	60000	2	26284	7,30
100000	3	66667	2	29205	8,11
100000	3,5	71429	2	31291	8,69
100000	2,5	60000	3	17523	4,87
100000	3	66667	3	19470	5,41
100000	3,5	71429	3	20861	5,79
100000	2,5	60000	4	13142	3,65
100000	3	66667	4	14602	4,06
100000	3,5	71429	4	15645	4,35
100000	2,5	60000	5	10514	2,92
100000	3	66667	5	11682	3,24
100000	3,5	71429	5	12516	3,48
100000	2,5	60000	6	8761	2,43
100000	3	66667	6	9735	2,70
100000	3,5	71429	6	10430	2,90

Tabel 3: Vandføring og  $\Delta T$  (nedkøling) for 100 MW havvandsvarmepumpe.

#### 150 MW

$Q_c$ - KW	COP	$Q_0$ - KW	dT - $^{\circ}\text{C}$	V - $\text{m}^3/\text{h}$	V - $\text{m}^3/\text{s}$
150000	2,5	90000	2	39427	10,95
150000	3	100000	2	43807	12,17
150000	3,5	107143	2	46936	13,04
150000	2,5	90000	3	26284	7,30
150000	3	100000	3	29205	8,11
150000	3,5	107143	3	31291	8,69
150000	2,5	90000	4	19713	5,48
150000	3	100000	4	21904	6,08
150000	3,5	107143	4	23468	6,52
150000	2,5	90000	5	15771	4,38
150000	3	100000	5	17523	4,87
150000	3,5	107143	5	18775	5,22
150000	2,5	90000	6	13142	3,65
150000	3	100000	6	14602	4,06
150000	3,5	107143	6	15645	4,35

Tabel 4: Vandføring og  $\Delta T$  (nedkøling) for 150 MW havvandsvarmepumpe.

Som tidligere nævnt forventes det, at den nye havvandsvarmepumpe kan anvende samme kanaler som blok 3. Dette er dog under forudsætning af at der ikke opstår en signifikant temperaturreduktion af vandet ved indtaget eller en egentlig termisk kortslutning.

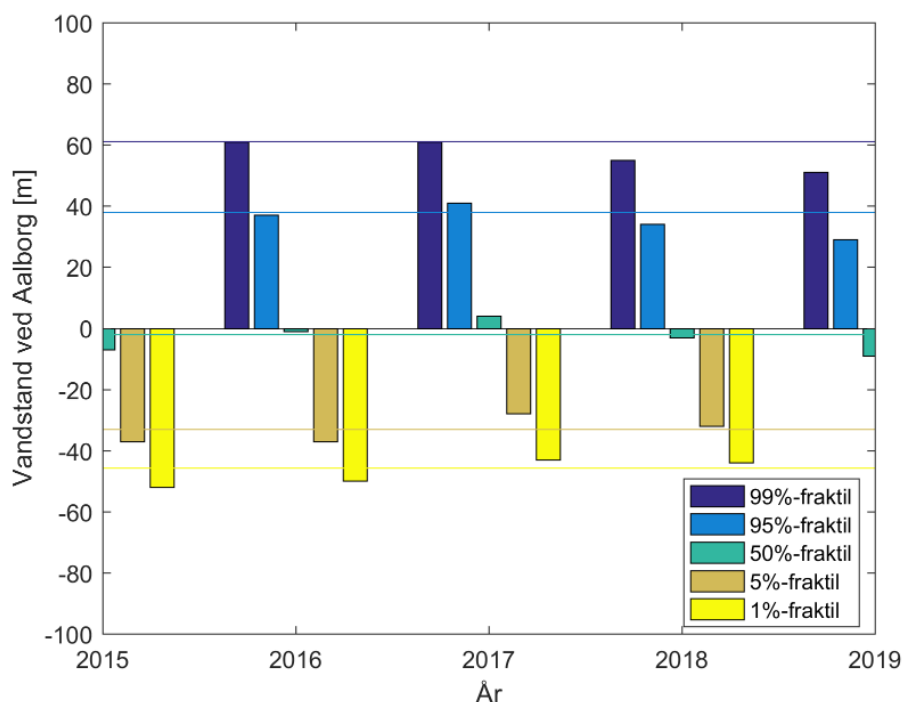
## 4. HYDRODYNAMISKE FORHOLD SAMT TEMPERATUR-FORHOLD I LIMFJORDEN

Ift. design og drift af den planlagte havvandsvarmepumpe er det væsentligt at have et overblik over de styrende hydrodynamiske processer i Limfjorden - både regionalt i Langerak, mellem Aalborg og Hals, samt lokalt ved indtag og udløb til Nordjyllandsværket.

Overordnet set er vandstand og strømforhold i Limfjorden styret af tidevand samt vandstands-differens imellem Thyborøn og Hals. Herudover kan vindforholdene bidrage til lokal vindstuvning i fjorden, hvilket i perioder med kraftig vind kan give anledning til forholdsvis høje lokale vandstande og kraftige strømhastigheder på vekslende lokaliteter i fjorden, afhængig af vindretning, vanddybde, og gennemstrømningsareal. Dette beskrives nærmere i det følgende.

### 4.1 Vandstandsforhold i Limfjorden

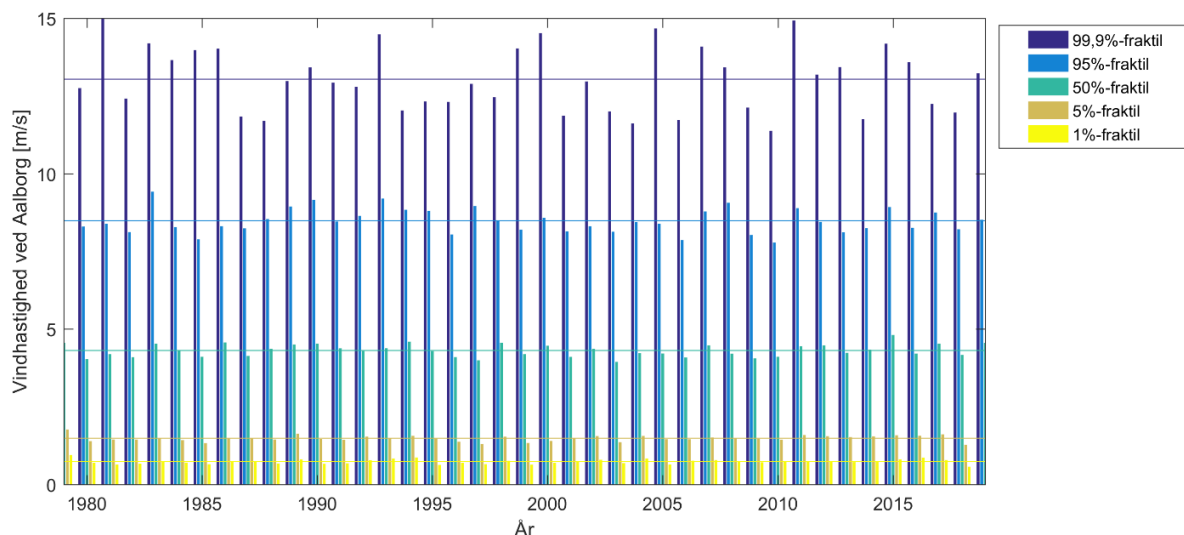
Vandstanden i Langerak er generelt domineret af tidevand. Årlig statistik for vandstandsmålinger fra Grønlandshavnen (Aalborg Havn, 2021), for perioden 2015 - 2019, er vist i figur 4-1. Som det fremgår af figuren, forekommer der en vis årlig variation i højeste- og laveste vandstande, hhv. 99%-fraktil og 1%-fraktil. Variationen af de lavere statistiske fraktiler (lavvande) er dog mere reduceret.



Figur 4-1: Årlig statistik for vandstandsmålinger ved Aalborg Havn i perioden 2015 - 2019. Vandrette streger viser gennemsnitlige hhv. 1%, 5%, 50%, 95%, 99%-fraktiler for hele perioden. (Aalborg Havn 2021)

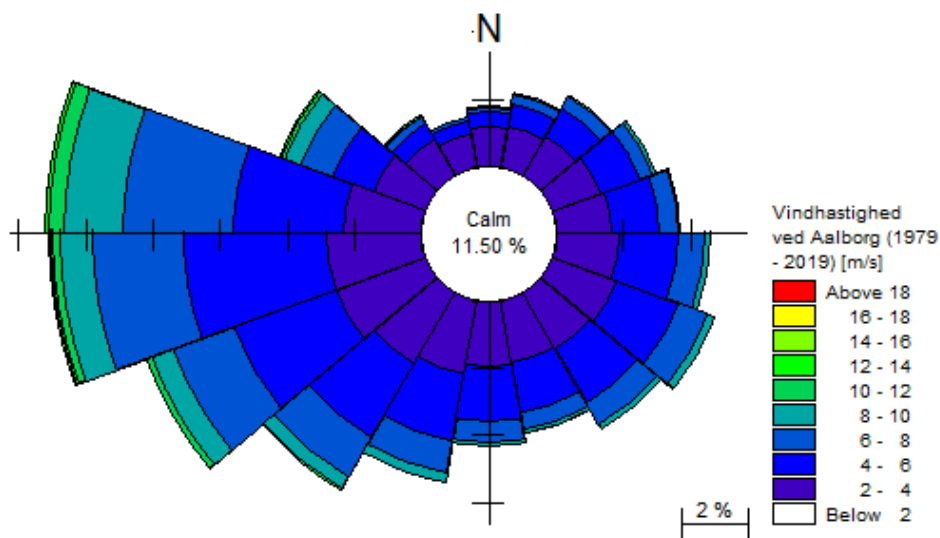
Som nævnt kan vindforholdene have indflydelse på de lokale vandstandsforhold i Limfjorden. Årlig statistik for vindhastighed ved Aalborg i perioden 1979 - 2019 er vist i figur 4-2, baseret på såkaldte hindcast data fra NOAA. Pga. den relativt grove geografiske diskretisering af hindcast-modellen i området, er dataene repræsentative for middelvindforhold over et større areal ved Aalborg.

Som det fremgår af figur 4-2, forekommer der, ligesom for vandstandsforholdene, en vis årlig variation i vindforholdene – specielt for de høje fraktiler (dvs. høje vindhastigheder) – hvilket er naturligt.



**Figur 4-2: Årlig statistik for vindhastighed (1 times middel i 10 m højde) ved Aalborg, i perioden 1979 - 2019, baseret på data fra NOAA. Vandrette streger viser gennemsnitlige hhv. 1%, 5%, 50%, 95%, 99%-fraktiler for hele perioden. (NOAA, 2021)**

En såkaldt vindrose, som viser retningsafhængige vindforekomster og -hastigheder for samme vinddata som anvendt i figur 4-2, er vist i figur 4-3. Som det fremgår af figuren, er den dominerende vindretning fra vestlige retninger, hvorfra også de højeste vindhastigheder forekommer.

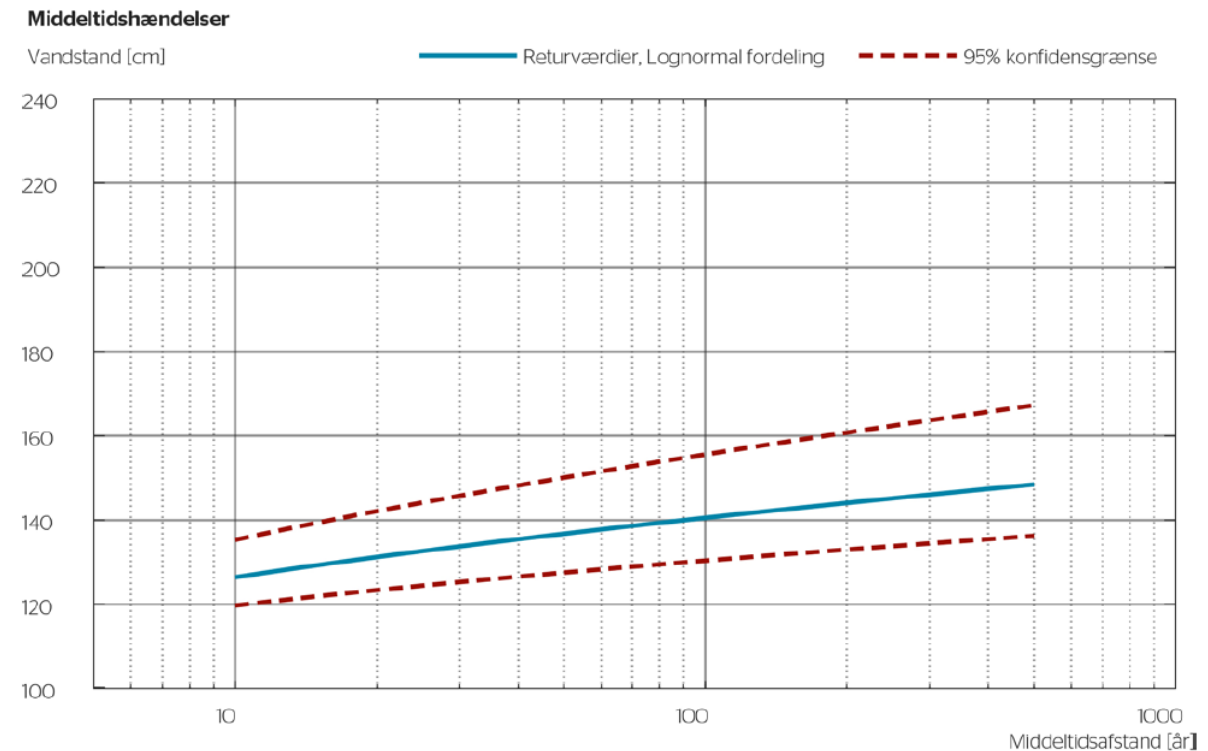


**Figur 4-3: Vindrose for vindforhold ved Aalborg i perioden 1979 – 2019, baseret på hindcast-data fra NOAA. (NOAA, 2021)**

#### 4.1.1 Lokal ekstremvandstand ved Nordjyllandsværket

Ekstremvandstande i Limfjorden opstår typisk under vinterstorme, hvor vandstanden i Limfjorden i forvejen er høj (typisk som følge af en længerevarende blæsende periode), og hvor storme (typisk med vind fra vestlige retninger) i løbet af kort tid giver anledning til vindstuvning.

Jf. Kystdirektoratets højvandstatistik (Kystdirektoratet, Højvandstatistik, 2017) er 100-års vandstanden ved Nørresundby 141 cm DVR90 (figur 4-4).



**Figur 4-4: Højvandstatistik for Nørresundby (pos. 57,1° nord, 9,9° øst). (Kystdirektoratet, Højvandstatistik, 2017)**

Klimaændringer kan give anledning til en fremtidig forhøjet middel- og ekstremvandstand (som følge af en generel havvandsstigning). Jf. (DMI, 2021) kan der i år 2100 forventes en forøgelse i 100-års vandstanden i den østlige Limfjord på ca. 49 cm – som følge af en generel ændring af middelvandstanden på 49 cm (ved antagelse af det konservative klimascenarie RCP8.5). Klimatiske ændringer af ekstreme stormhændelser med øget vindstyrke og deraf forhøjet lokale vandstandsforhold kan desuden give anledning til en yderligere forhøjelse af den ekstreme vandstand.

Udover indflydelse fra klimaændringer må der jf. (Kystdirektoratet, 2012) forventes en potentiel yderligere forøgelse af højvandstanden under storm, pga. den naturlige udvidelse af Thyborøn kanal, medmindre der kompenseres herfor.

Det anbefales at der ifm. projektering af højvandsbeskyttelse for tekniske installationer til den nye planlagte havvandsvarmepumpe inkluderes et væsentligt sikkerhedstillæg til design-højvandstanden, medmindre der gennemføres mere detaljeret modellering til klarlægning af denne (dvs. klarlægning af specifik indflydelse fra klimaændringer samt morfologiske ændringer i Thyborøn kanal).

## 4.2 Dybdeforhold i Limfjorden

De relativt smalle indsnævninger i Limfjorden medfører forholdsvis høje lokale strømhastigheder, og har naturligt medført forholdsvis dybe render lokalt igennem Limfjorden.

Hydrodynamikken i Limfjorden er kompleks, da vandbevægelserne, som nævnt, drives af vandstandsændringer i Thyborøn og Hals samt vindpåvirkning af vandoverfladen i hele

Limfjorden. Bevægelserne påvirkes/bremses dog af forhold som bundfriktionen, indsnævring ved bl.a. Thyborøn kanal, Oddesund, Sallingsund og Aggersund samt energitab i den naturlige rende imellem Løgstør og Hals.

Lokalt ved Nordjyllandsværket haves vanddybder på op mod ca. 9 - 10 m lokalt ved kajen til Nordjyllandsværket, dvs. ved kølevandsindtaget, hvorimod udløbet i renden nord for værket forekommer på relativt lav vanddybde (ca. 1 - 2 m vanddybde).

#### **4.3 Lokale strømforhold og vandudskiftning i Langerak**

Strømforholdene samt vandføringen i Langerak er tidevandsdomineret. Således varierer vandføringen i Limfjorden ved Aalborg efter en sinusfunktion med en periode på ca. 12,5 timer og med en amplitude på ca.  $1.100 \text{ m}^3/\text{s}$ . Den dominerende vestenvind samt den højere tidevandsvariation i Thyborøn, sammenlignet med Hals, medfører dog, at der i Limfjorden generelt forekommer en netto-vandføring mod øst på ca.  $100 - 200 \text{ m}^3/\text{s}$  (årligt gennemsnit). (Burcharth & Larsen, 1977).

Netto-vandføringen er højere i vinterperioden sammenlignet med sommerperioden. I tilfælde af lange perioder med østenvind kan der være dele af Limfjorden hvor der stort set ikke forekommer vandudskiftning, da østenvinden modvirker den tidevandsgenererede vestgående strøm.

##### **4.3.1 Projektspecifikke målinger af strøm ved Nordjyllandsværket**

Der er gennemført lokale målinger af bl.a. strømforhold (ADCP) samt vandtemperaturforhold og salinitet (CTD) ifm. nærværende projekt. Målingerne er gennemført i vertikale profiler langs seks transekter, vist i figur 4-5, og er bl.a. anvendt til kalibrering/validering af den hydrauliske model.

Vanddybderne varierer langs de seks måletransekter, hvilket også fremgår af figur 4-5. De specifikke vanddybder er nærmere angivet i målerapporten samt bilag hertil (Nielsen, 2021).

En kort beskrivelse af strømmålinger fra måleprogrammet er givet i det følgende. Herudover evalueres data yderligere i afsnit 5 ifm. kalibrering af den hydrauliske model. En nærmere beskrivelse af måleudstyr mv. er givet i målerapporten (Nielsen, 2021).





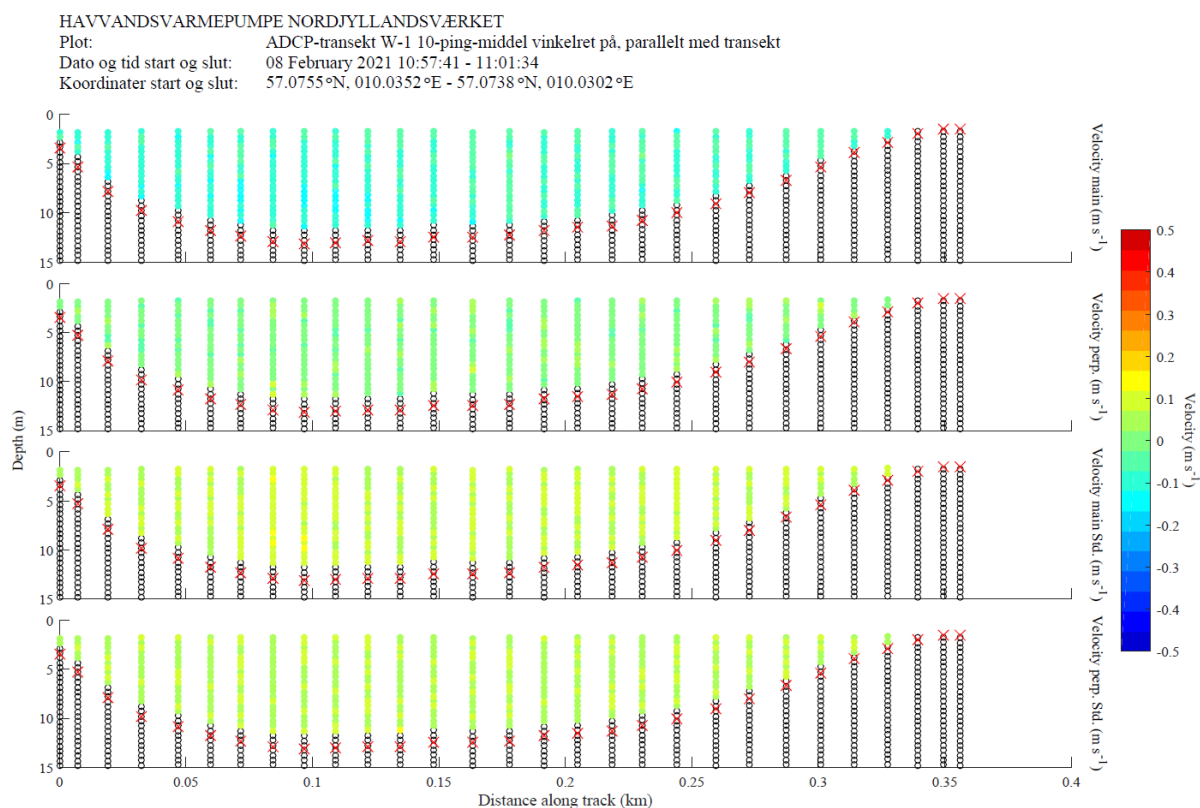
**Figur 4-5: Transekter, hvor der er gennemført målinger af strøm- og temperaturforhold ifm. nærværende projekt. (Nielsen, 2021)**

Feltarbejdet blev foretaget i to perioder, d. 8.-9. februar og d. 15.-17. marts 2021. I den første periode var det blæsende fra nordøst og koldt med lufttemperaturer på omkring -5 °C begge dage. Desuden var der kraftigt tiltagende isdannelse i området. I den anden periode var der primært fokus på måling af den opvarmede returvandsfane ifm. kondensdrift på blok 3. Feltmålingerne blev udført som tidsmæssige punktmålinger med op til to transekt-målinger pr. måledag. I begge perioder, dvs. både d. 8.-9. februar og d. 15.-17. marts, var strømningsforholdene præget af et tydeligt tidevandssignal. I den første periode var der ingen målbare tegn på ud-strømmende returvand som følge af drift af blok 3, mens der i løbet af perioden 15. – 17. marts blev registreret vertikal lagdeling. (Nielsen, 2021)

ADCP-data blev indsamlet som single pings, dvs. en water ping og en bottom ping pr. måling. Efter omregning til hastigheds-komponenter mod øst, nord og op vha. pitch, roll og heading samt fratrækning af bådens hastighed blev der beregnet middelværdi og standardafvigelse over 10 pings.

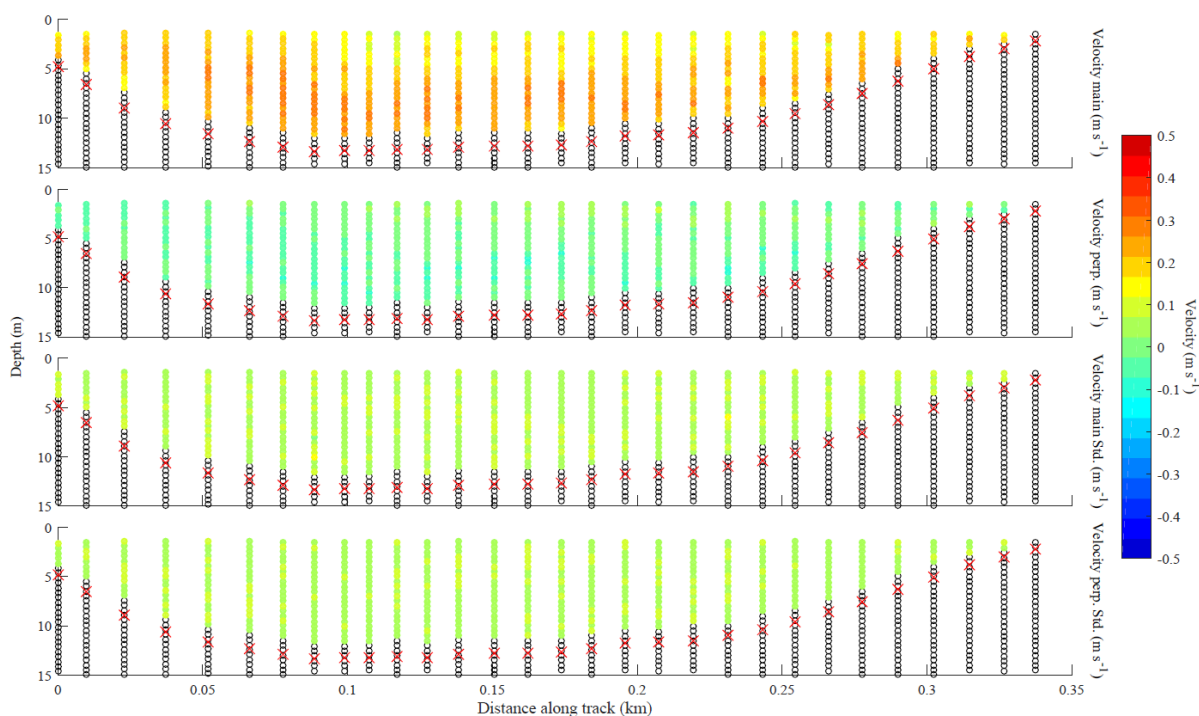
Isdannelsen d. 8.-9. februar vanskeliggjorde temperatur- og salinitetsmålingerne i denne periode, og har medført at data for enkelte profiler nær overfladen har været upålidelige. Derfor er disse data fra denne periode frasorteret. Strømmålinger fra d. 8.-9. februar vurderes ikke at være påvirket af isdannelsen, pga. de dominerende tidevandsforhold.

Figur 4-6 og figur 4-7 viser målte middelstrømhastigheder vinkelret og parallelt med ADCP-transekt W-1 (jf. figur 4-5) hhv. d. 8. februar samt d. 17. marts. Som det fremgår af figurerne, er der stort set ingen vertikal lagdeling d. 8. februar mens der d. 17. marts kan der spores en vis vertikal variation af strømmen. Således blev der d. 17. marts observeret højere strømshastigheder i den øvre del af vandsøjlen end i den nedre del i forbindelse med udadgående strømning (i retning mod Kattegat). Efter ændring af tidevandets retning ses større indadgående hastigheder i den nedre del af vandsøjlen end i den øvre del. (Nielsen, 2021)



**Figur 4-6: Målte strømshastigheder vinkelret ("main") og parallelt ("perp.") med ADCP-transekt W-1 d. 8. februar 2021 ca. kl. 11:00. (Nielsen, 2021)**

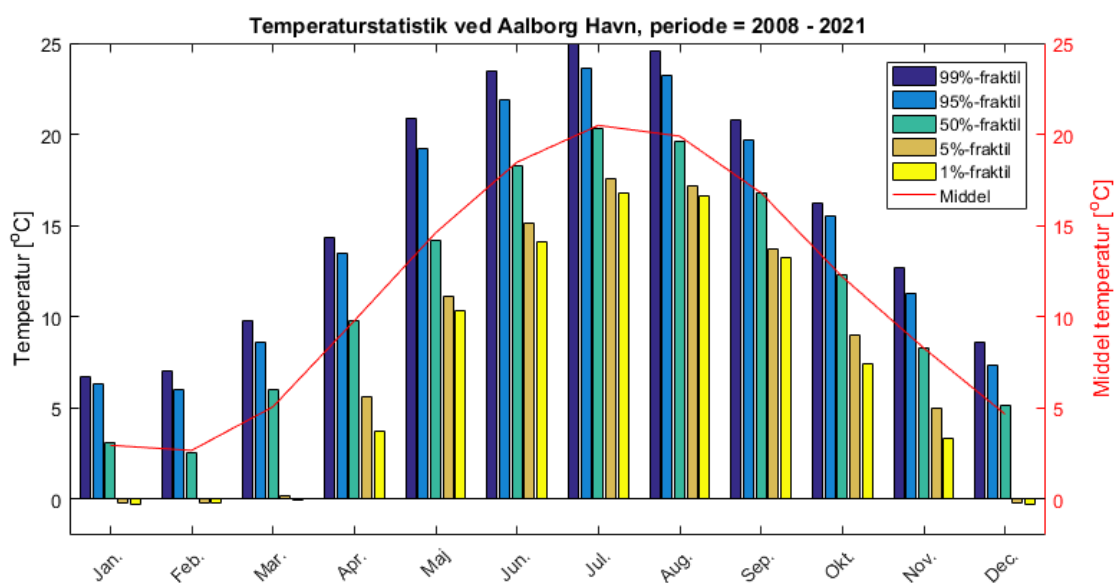
HAVVANDSVARMEPUMPE NORDJYLLANDSVÆRKET  
 Plot: ADCP-transekt W-1 10-ping-middel vinkelret på, parallelt med transekt  
 Dato og tid start og slut: 17 March 2021 11:12:28 - 11:16:30  
 Koordinater start og slut: 57.0756°N, 010.0350°E - 57.0739°N, 010.0304°E



Figur 4-7: Målte strømhastigheder vinkelret ("main") og parallelt ("perp.") med ADCP-transekt W-1 d. 17. marts 2021 ca. kl. 11:15. (Nielsen, 2021)

#### 4.4 Vandtemperaturforhold ved Aalborg Havn

Statistik for årsvariationer for målte vandtemperaturer i perioden 2008 - 2021 ved Aalborg havn, stations nr. 20302, er vist i figur 4-8 samt angivet i tabel 5. Måleren er placeret på ca. 5 m vanddybde. Af statistikken fremgår det, at der i vinterhalvåret kan forekomme vandtemperaturer på ned til omkring  $-0,3^{\circ}\text{C}$  (1%-fraktile for måleperioden i månederne december, januar, februar).



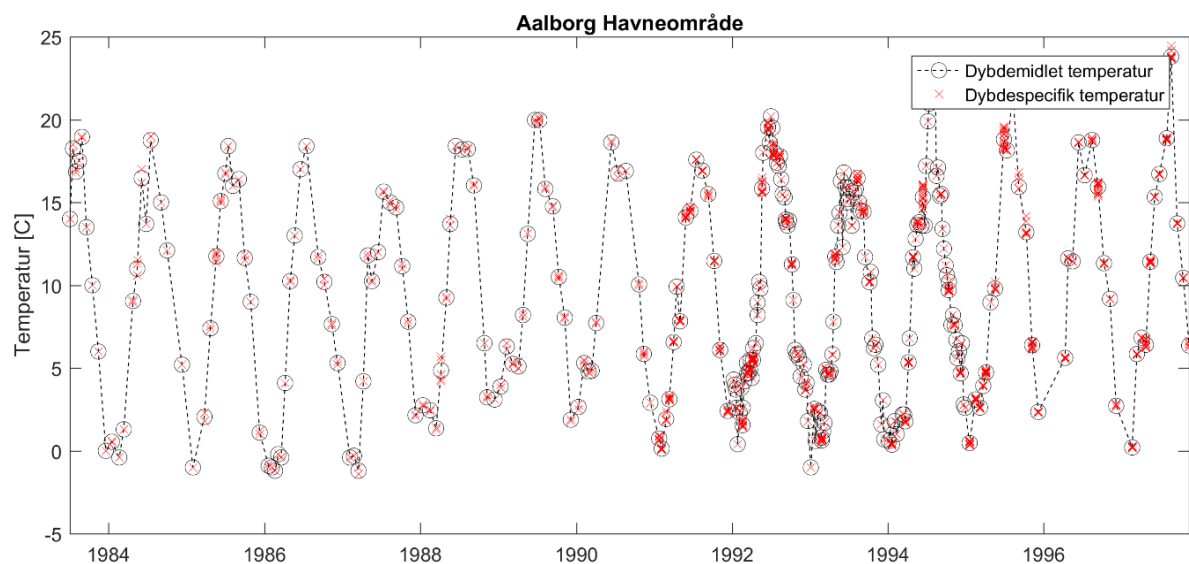
Figur 4-8: Årsvariation for vandtemperatur ved Aalborg Havn i perioden 2008 – 2021, stations nr. 20302. (Aalborg Havn, 2021)

Måned\Fraktiler	99 %	95 %	50 %	5 %	1 %	Middel
Jan.	6.7	6.3	3.1	-0.2	-0.3	2.9
Feb.	7.0	6.0	2.5	-0.2	-0.2	2.7
Mar.	9.8	8.6	6.0	0.2	-0.1	5.0
Apr.	14.3	13.5	9.8	5.6	3.7	9.8
Maj	20.9	19.2	14.2	11.1	10.3	14.6
Jun.	23.5	21.9	18.3	15.1	14.1	18.5
Jul.	25.1	23.6	20.3	17.6	16.8	20.5
Aug.	24.6	23.2	19.6	17.2	16.6	19.9
Sep.	20.8	19.7	16.8	13.7	13.2	16.8
Okt.	16.2	15.5	12.3	9.0	7.4	12.2
Nov.	12.7	11.3	8.3	5.0	3.3	8.3
Dec.	8.6	7.3	5.1	-0.2	-0.3	4.6

**Tabel 5: Årsvariation for vandtemperatur ved Aalborg Havn i perioden 2008 – 2021, stations nr. 20302.**

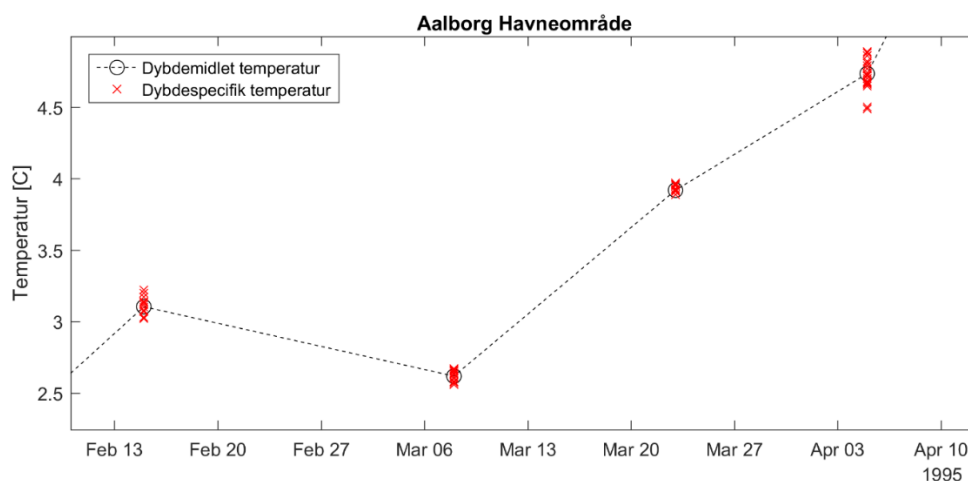
Dybdespecifikke- samt dybdemidlede temperaturmålinger ved Aalborg havn fra (Danmarks Miljøportal, 2020) i perioden fra 1983 – 1997 er vist i figur 4-9. I perioden 1983 – 1991 er der kun foretaget få årlige målinger i relativt få dybder af temperaturen, hvorimod der i den sidste halvdel af perioden, 1991 – 1997, er foretaget flere årlige temperaturmålinger i flere dybder ned igennem vandsøjlen.

Af dataene fremgår det generelt, at der kun forekommer en mindre forskel i vandtemperaturen ved bund og overflade, og stort set ingen temperaturlagdeling, hvilket formentlig skyldes den forholdsvis høje vandføring, og dermed store vertikale opblanding, i Langerak.



**Figur 4-9: Tidsserie for temperaturmålinger ved Aalborg Havn fra Danmarks Miljøportal i perioden 1983 - 1997. (Danmarks Miljøportal, 2020)**

Figur 4-10 viser et zoom af dybdespecifikke målinger af vandtemperaturer samt dybdemidlede temperaturer.



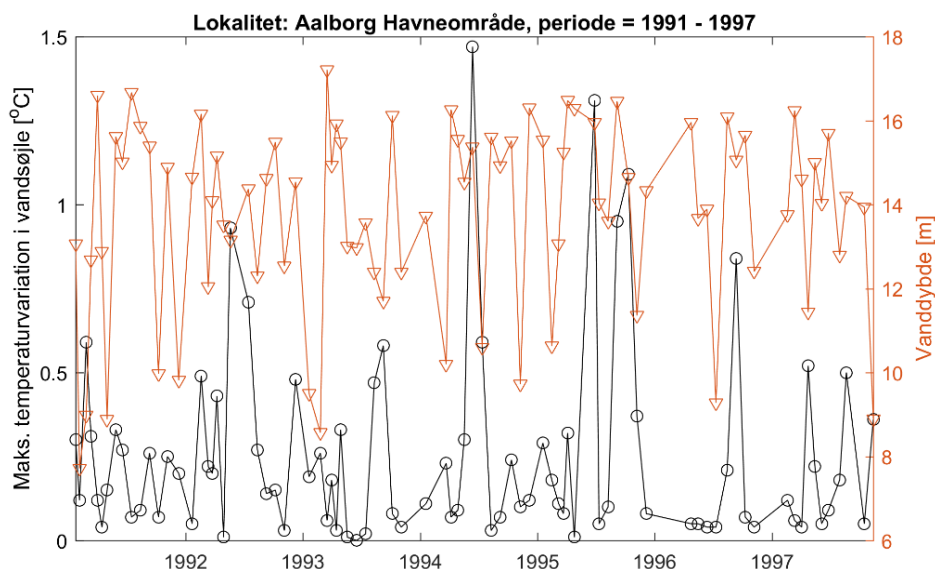
**Figur 4-10: Zoom af tidsserie for temperaturmålinger ved Aalborg Havn fra Danmarks Miljøportal i perioden 1983 - 1997. (Danmarks Miljøportal, 2020)**

Tabel 6 viser 0,1 – 99,9% percentiler for maks. vertikale temperaturforskelle i vandsøjlen, for perioden 1991 – 1997, baseret på data fra Aalborg havn fra (Danmarks Miljøportal, 2020). Som det fremgår af tabellen, er der i perioden målt en temperaturforskel imellem den øvre- og nedre del af vandsøjlen på op til 1,46 °C, svarende til en 99,9%-fraktile. Gennemsnitligt er temperaturvariationen ca. 0,15 °C (50% percentil).

Percentil [%]	0,1	1	5	10	50	90	95	99	99,9
Temperaturvariation i vandsøjle [°C]	0,00	0,01	0,02	0,04	0,15	0,59	0,91	1,34	1,46

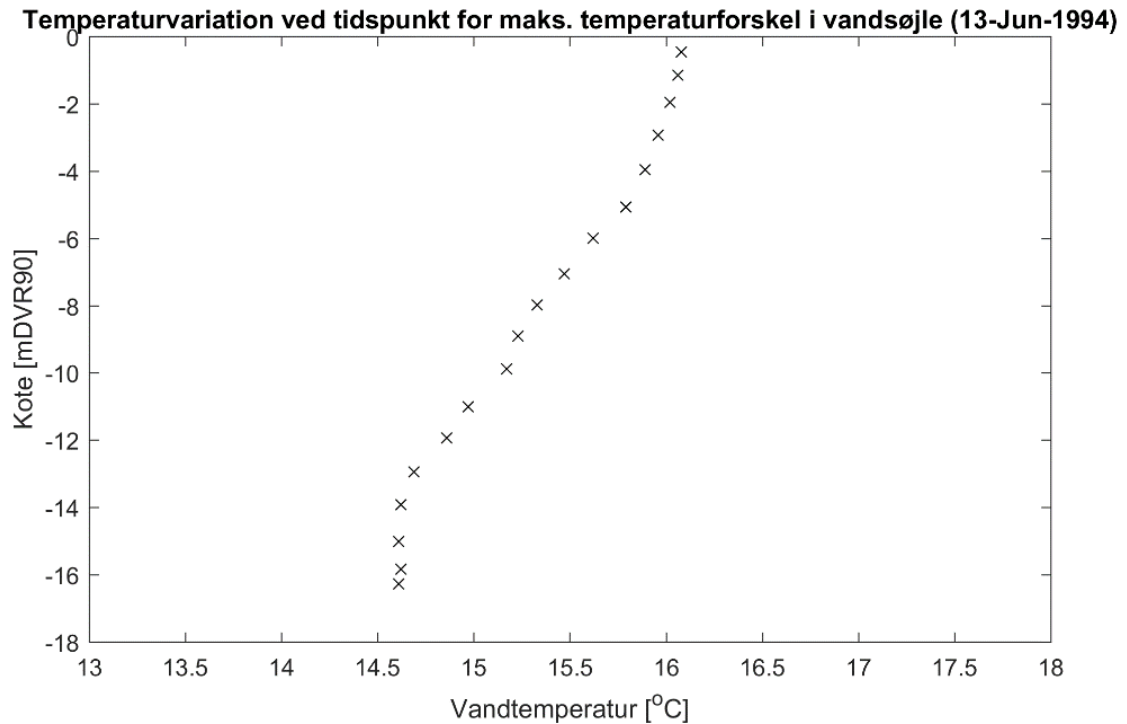
**Tabel 6: Maks. vertikale temperaturvariationer i vandsøjlen, baseret på temperaturmålinger ved Aalborg Havn fra Danmarks Miljøportal i perioden 1991 - 1997. (Danmarks Miljøportal, 2020)**

Tidsserie af den maksimale vertikale temperaturforskel målt i vandsøjlen, på de specifikke måletidspunkter, er vist i figur 4-11. Af figuren fremgår desuden vanddybden på de aktuelle målelokaliteter, som varierer imellem ca. 7 m og op til 17 m.



**Figur 4-11: Tidsserie af målte maksimale vertikale temperaturforskelle i vandsøjlen ved Aalborg Havn, på de specifikke måletidspunkter, baseret på temperaturmålinger fra Danmarks Miljøportal i perioden 1991 - 1997. (Danmarks Miljøportal, 2020)**

Den største temperaturvariation i vandsøjlen i perioden 1991 – 1997 er målt d. 13. juni 1994. Temperaturvariationen igennem vandsøjlen for dette tidspunkt er vist i figur 4-12 – målt over ca. 16 m vanddybde. Den specifikke målelokalitet for temperaturprofilet, vist i figur 4-12, kendes ikke med sikkerhed – udover at der er tale om området nær Aalborg Havn, men det forventes, at der er tale om en lokalitet umiddelbart midt i sejlrenden pga. den relativt store vanddybde.



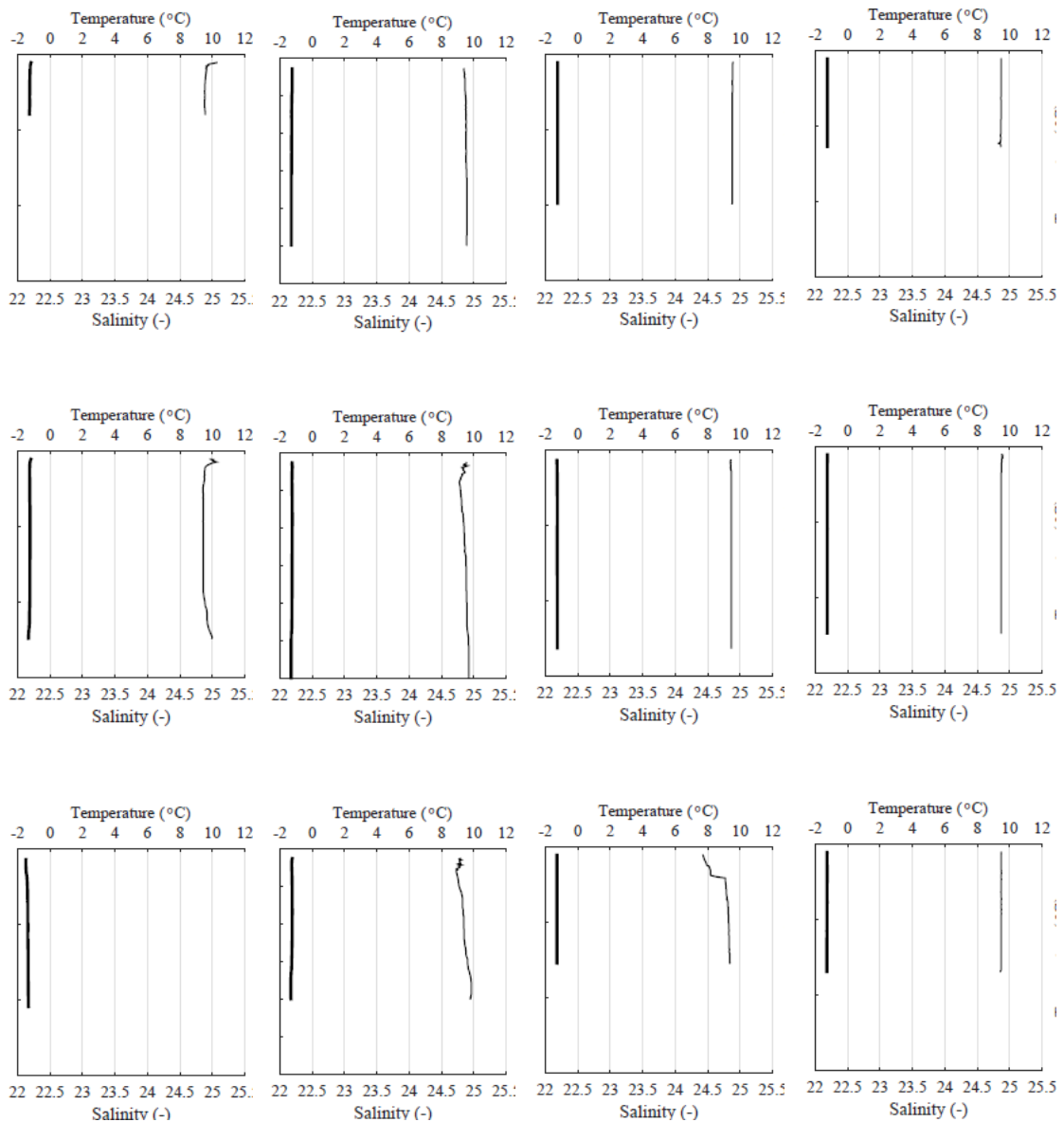
**Figur 4-12: Temperaturmåling ned gennem vandsøjlen ved Aalborg Havn, for den 13. juni 1994, hvor der er målt den største temperaturdifferens. (Danmarks Miljøportal, 2020)**

#### **4.4.1 Projektspecifikke målinger af vandtemperatur ved Nordjyllandsværket**

Vertikale temperaturmålinger i tre punkter langs de udvalgte transekter understøtter, at der kun er minimale forskelle i vandtemperaturen ned igennem vandsøjlen, se målinger fra udvalgte tidspunkter og transekter i figur 4-13 og figur 4-14. Bemærk at vanddybden varierer i de tre målepunkter langs transekterne. De specifikke dybder er angivet i målerapporten (Nielsen, 2021). Generelt er vanddybden ca. 10 – 12 m midt i transektet, hvorimod vanddybden reduceres til ca. 4 – 6 m nærmere kysterne.

Transekt E2 og E1 d. 09.02.21 kl. ca. 8

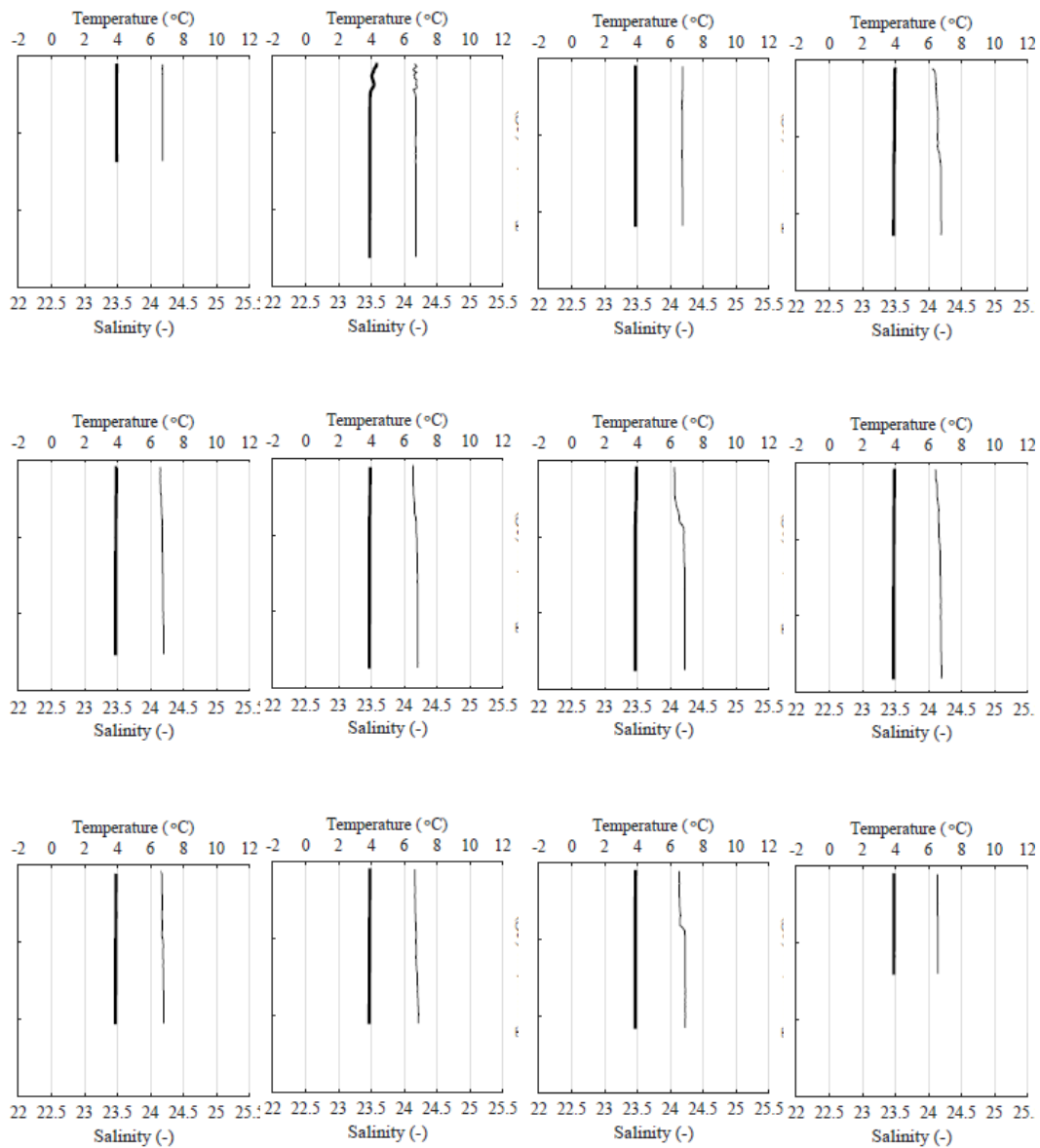
Transekt W1 og W2 d. 09.02.21 kl. ca. 12



**Figur 4-13: Vertikale temperatur- og salinitetsmålinger fra tre punkter, N (øverst), M (midten) og S (nederst) på udvalgte transekter fra 9. februar 2021. Den tykke streg er temperaturmålinger og den tynde er salinitetsmålinger. (Nielsen, 2021)**



Transekt E2 og E1 d. 15.03.21 kl ca. 9:30    Transekt W1 og W3 d. 15.03.21 kl ca. 8:30



**Figur 4-14: Vertikale temperatur- og salinitetsmålinger fra tre punkter N (øverst), M (midten) og S (nederst) på udvalgte transekter fra 15. marts 2021. Den tykke streg er temperaturmålinger og den tynde er salinitetsmålinger. (Nielsen, 2021)**

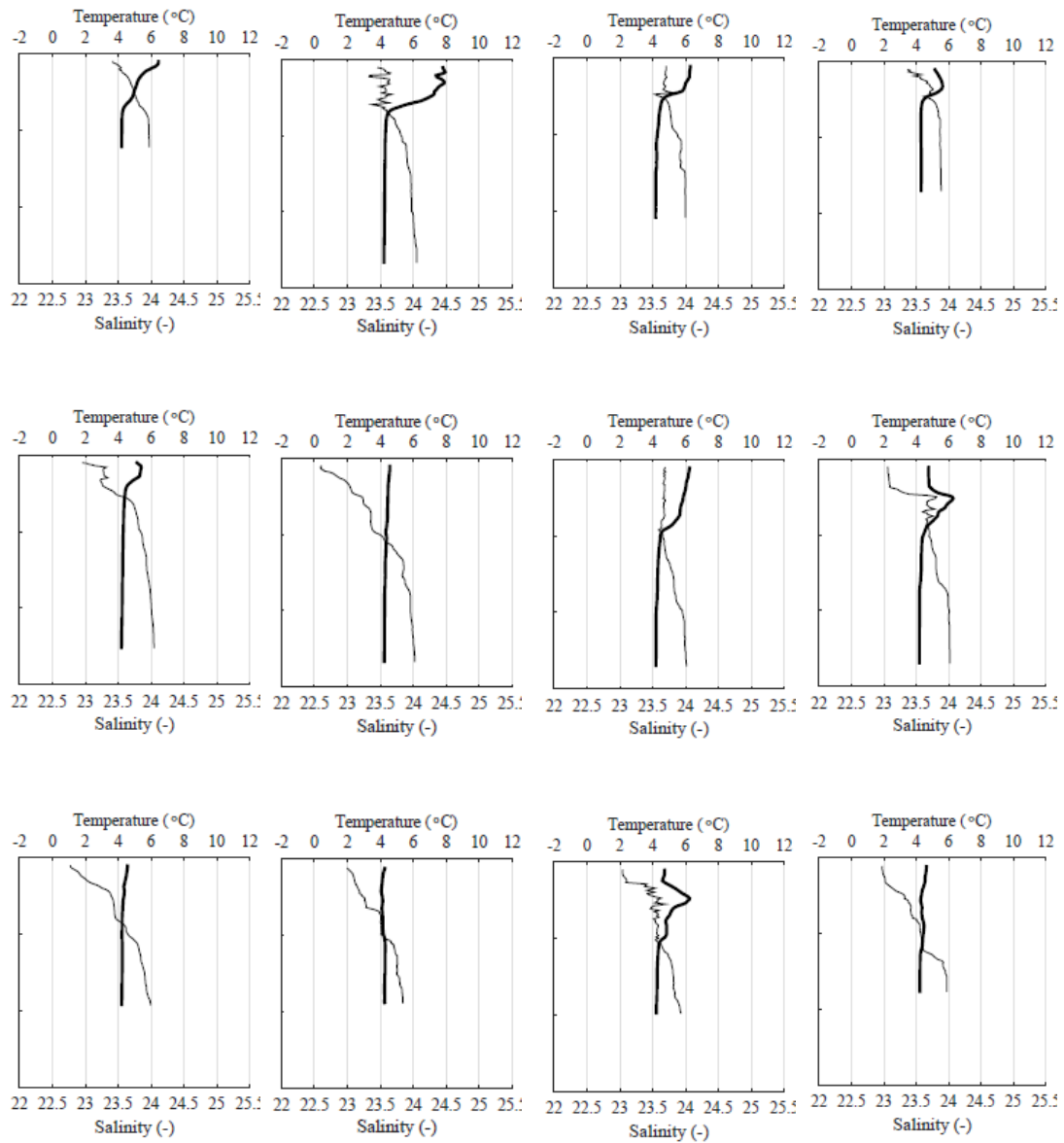
D. 16. - 17. marts blev der foretaget målinger med det specifikke formål at identificere temperaturpåvirkningen i Limfjorden som følge af kondensdrift af blok 3.

D. 16. marts blev der observeret svage tegn på udstrømmende opvarmet returvand fra kraftværket i nogle af transekterne, bl.a. i E-1 kl. 09:09-09:15 og W-1 kl. 11:17-11:24. D. 17. marts, i perioden mellem kl. 7 og kl. 11 lokal tid, blev der udledt store mængder opvarmet returvand fra Nordjyllandsværket. Således blev der opnået tydelige observationer af returvand i flere af transekterne. (Nielsen, 2021).

Udvalgte målinger fra 17. marts fremgår af figur 4-15, hvoraf det kan ses, at der forekommer en højere temperatur i den øvre del af vandsøjlen, mest udtalt i de nordlige målepunkter.



Transekt E2 og E1 d. 17.03.21 kl. ca. 8:45    Transekt W1 og W2 d. 17.03.21 kl. ca. 11:30

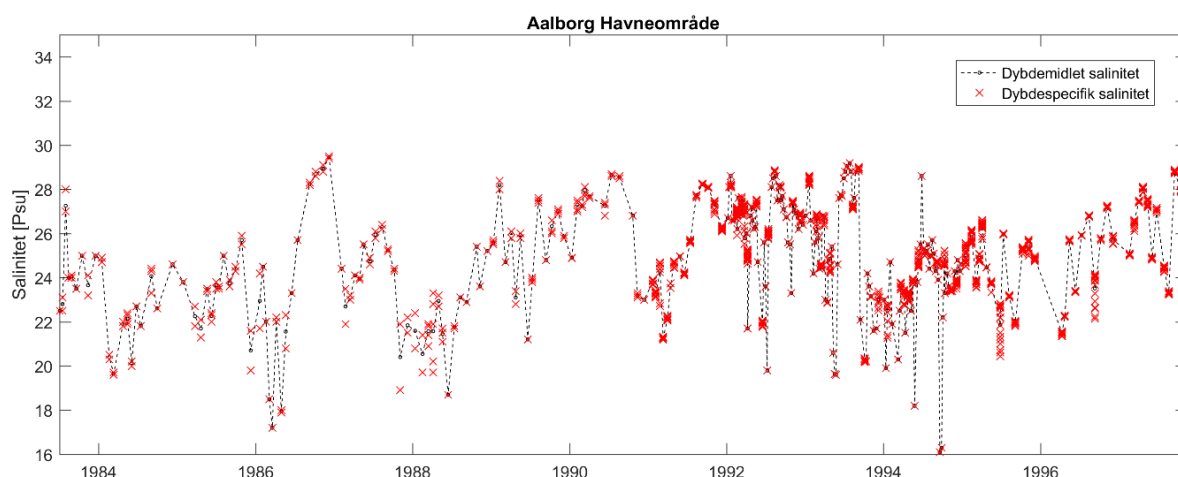


**Figur 4-15: Vertikale temperatur- og salinitetsmålinger fra tre punkter N (øverst), M (midten) og S (nederst) på udvalgte transekter fra 17. marts 2021. Den tykke streg er temperaturmålinger og den tynde er salinitetsmålinger. (Nielsen, 2021)**

#### 4.5 Lokale salinitets- og densitetsforhold i Langerak

Dybdespecifikke samt dybdemidlede salinitetsmålinger<sup>1</sup> ved Aalborg havn fra (Danmarks Miljøportal, 2020) i perioden fra 1983 – 1997 er vist i figur 4-16.

<sup>1</sup> Salinitetsmålinger fra Danmarks Miljøportal er umiddelbart angivet som målt i mg/l. Værdier indikerer dog at der er tale om g/l – hvilket antages ifm. anvendelse i nærværende rapport. Det forudsættes at 1 g/l = 1 PSU.



Figur 4-16: Tidsserie for salinitetsmålinger fra (Danmarks Miljøportal, 2020) i perioden 1983 - 1997.

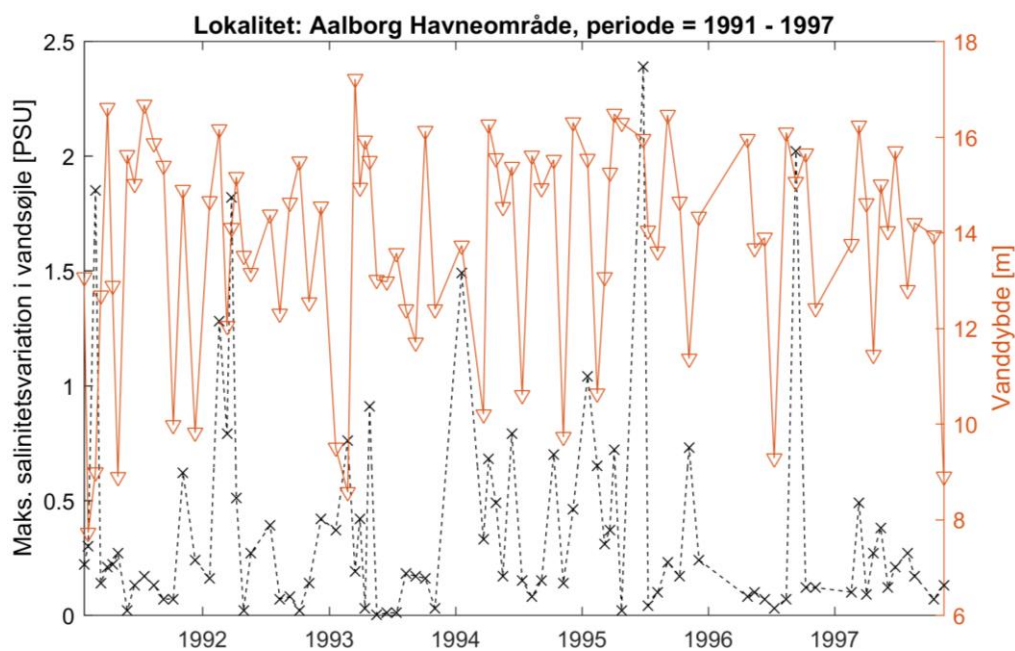
#### 4.5.1 Statistik - salinitetsforhold

Tabel 6 viser 0,1 – 99,9% percentiler for den maksimale vertikale salinitetsforskelle i vandsøjlen, for perioden 1991 – 1997, baseret på måledata fra Aalborg havn fra (Danmarks Miljøportal, 2020). Som det fremgår af tabellen, er der i perioden målt en salinitetsvariation på op til 2,36 PSU, svarende til en 99,9%-fraktile. Gennemsnitligt er salinitetsvariationen ca. 0,18 PSU.

Percentil [%]	0,1	1	5	10	50	90	95	99	99,9
Salinitetsvariation i vandsøjle [PSU]	0,00	0,01	0,02	0,03	0,18	0,79	1,45	2,08	2,36

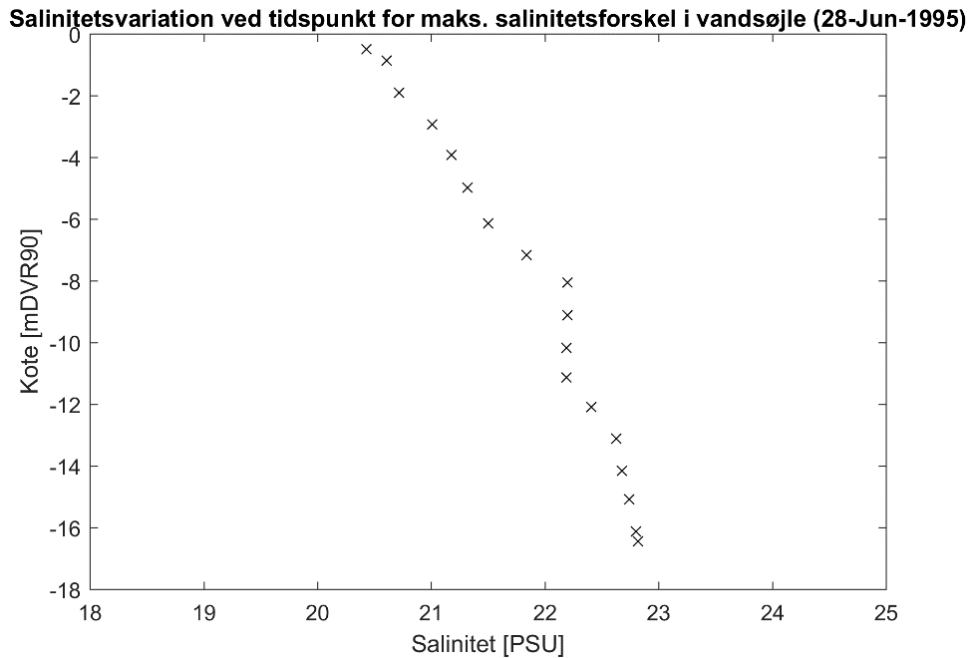
Tabel 7: Maksimale vertikale salinitetsvariationer i vandsøjlen, baseret på salinitetsmålinger ved Aalborg Havn fra Danmarks Miljøportal i perioden 1991 - 1997. (Danmarks Miljøportal, 2020)

Tidsserie af den maksimale vertikale salinitetsforskel målt i vandsøjlen er vist i figur 4-17.



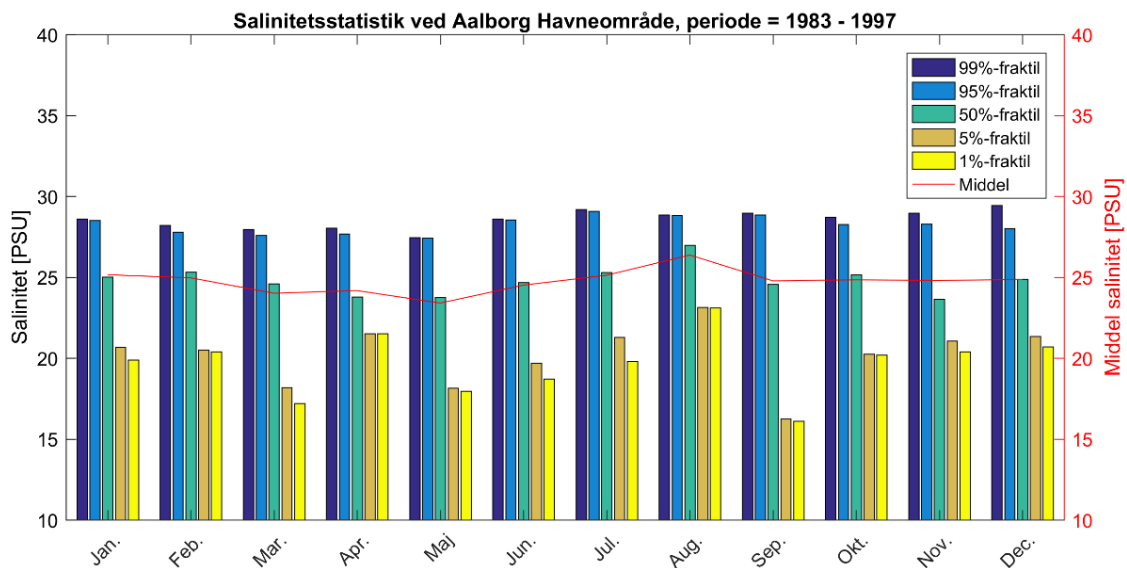
Figur 4-17: Tidsserie af målte maksimale vertikale salinitetsvariationen i vandsøjlen ved Aalborg Havn, på de specifikke måletidspunkter, baseret på salinitetsmålinger fra Danmarks Miljøportal i perioden 1991 - 1997. (Danmarks Miljøportal, 2020)

Den største forskel i saliniteten i vandsøjlen i perioden 1991 – 1997 er målt d. 28. juni 1995. Salinitets-variationen igennem vandsøjlen for dette tidspunkt er vist i figur 4-18– målt over en vanddybde på ca. 17 m.



**Figur 4-18: Salinitetsmålinger ned gennem vandsøjlen for den 28. juni 1995, hvor der er målt den største forskel. Baseret på salinitetsmålinger fra Danmarks Miljøportal i perioden 1991 - 1997. (Danmarks Miljøportal, 2020)**

Statistik for årsvariationer for målte dybdemidlede salinitetsniveauer i perioden 1983 - 1997 ved Aalborg havn er vist i figur 4-19. Som det fremgår af figuren, forekommer der stort set ingen sæsonvariation af saliniteten. Til gengæld kan der for hele året forventes en variation i saliniteten på imellem ca. 20 PSU (1%-fraktil) – ca. 29 PSU (99%-fraktil).



**Figur 4-19: Årsvariation for dybdemidlet salinitet ved Aalborg Havn i perioden 1983 – 1997 baseret på data fra (Danmarks Miljøportal, 2020).**

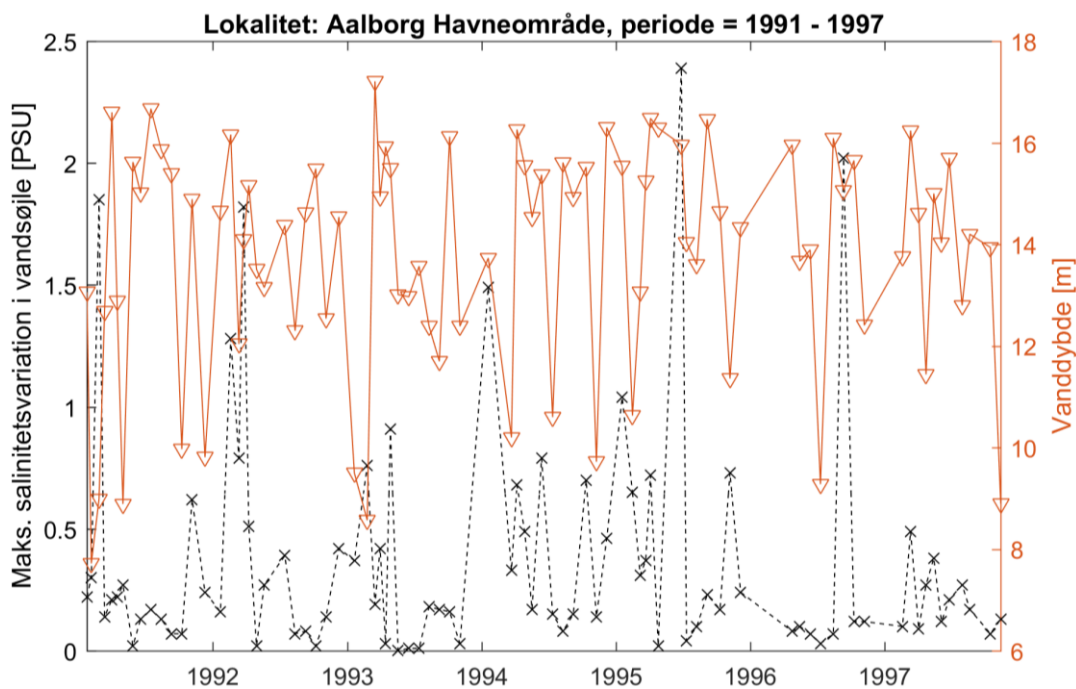
#### 4.5.2 Statistik - densitetsforhold

Tabel 8 viser 0,1 – 99,9% percentiler for den maksimale vertikale densitetsforskel i vandsøjlen, for perioden 1991 – 1997, baseret på målte temperatur- og salinitetsdata fra Aalborg havn fra (Danmarks Miljøportal, 2020). Densiteten af vandet er estimeret baseret på metoden i (UNESCO, 1983). Som det fremgår af tabellen, har der i perioden forekommet en densitetsvariation på op til 2,08 kg/m<sup>3</sup>, svarende til en 99,9%-fraktil. Gennemsnitligt er densitetsvariationen ca. 0,18 kg/m<sup>3</sup>.

Percentil [%]	0,1	1	5	10	50	90	95	99	99,9
Densitetsvariation i vandsøjle [kg/m <sup>3</sup> ]	0,00	0,01	0,02	0,03	0,18	0,61	1,04	1,59	2,08

**Tabel 8: Maksimale vertikale densitetsvariationer i vandsøjlen, baseret på temperatur- og salinitetsmålinger ved Aalborg Havn fra Danmarks Miljøportal i perioden 1991 – 1997, samt estimering af densitet via metoden i (UNESCO, 1983). (Danmarks Miljøportal, 2020)**

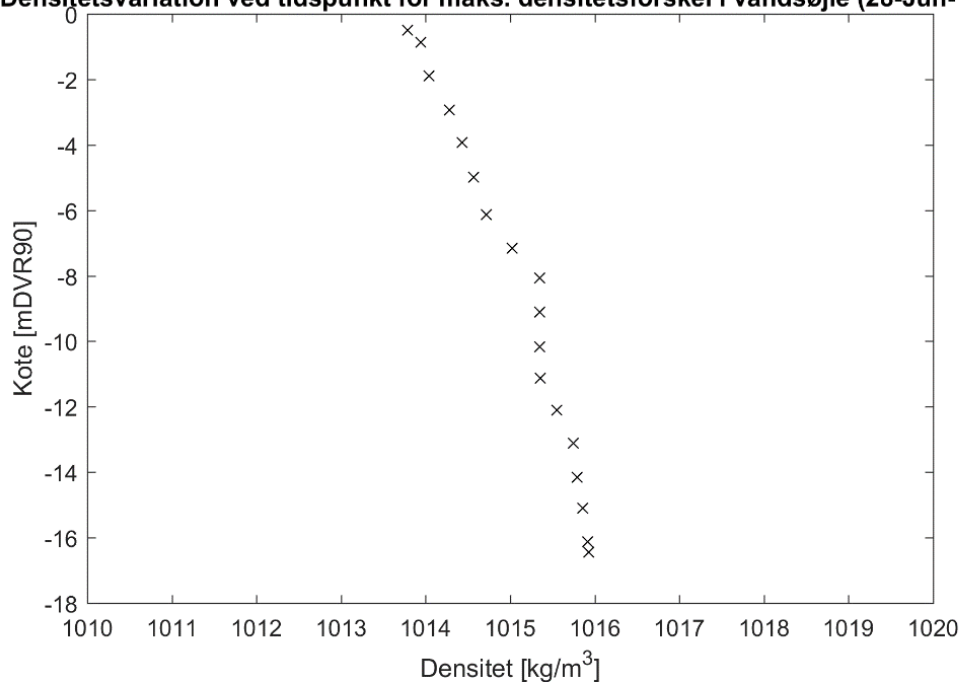
Tidsserie af maksimale vertikale densitetsforskelle i vandsøjlen, baseret på temperatur- og salinitetsmålinger fra Danmarks Miljøportal i perioden 1991 – 1997, samt estimering af densitet via metoden i (UNESCO, 1983), er vist i figur 4-20.



**Figur 4-20: Tidsserie af densitetsvariationer i vandsøjlen, baseret på temperatur- og salinitetsmålinger ved Aalborg Havn, samt estimering af densitet via metoden i (UNESCO, 1983). (Danmarks Miljøportal, 2020)**

Den største densitetsvariation i vandsøjlen i perioden 1991 – 1997 er målt d. 28. juni 1995, og variationen igennem vandsøjlen til dette tidspunkt er vist i figur 4-21.

Densitetsvariation ved tidspunkt for maks. densitetsforskel i vandsøjle (28-Jun-1995)



Figur 4-21: Variation af densitet i vandsøjlen ved Aalborg Havn den 28. juni 1995, baseret på temperatur- og salinitetsmålinger fra Danmarks Miljøportal i perioden 1991 – 1997, samt estimering af densitet via metoden i (UNESCO, 1983). (Danmarks Miljøportal, 2020)

#### 4.5.3 Projektspecifikke målinger af salinitet og densitet ved Nordjyllandsværket

Feltundersøgelserne understøtter, at der ikke forekommer en signifikant forskel i saliniteten mellem den øvre og nedre del af vandsøjlen. Dette fremgår af figur 4-13 og figur 4-14, der viser dybdevarierende salinitetsmålinger i udvalgte transekter for perioden 9. februar og 15. marts. I figurene ses tendens til lidt lavere salinitet i toppen af vandsøjlen men variationen mellem top og bund af vandsøjlen ligger indenfor ca. 0,5 PSU.

I perioden med kondensdrift fra blok 3, hvor der udledes store mængder af opvarmet returvand, ses det, at salinitetsniveauet i den øvre del af vandsøjlen er lavere end i de omgivende vandmasser. Her ses generelt en dybdevariation på 0,5 – 1 PSU og enkelte op til ca. 1.5 PSU.

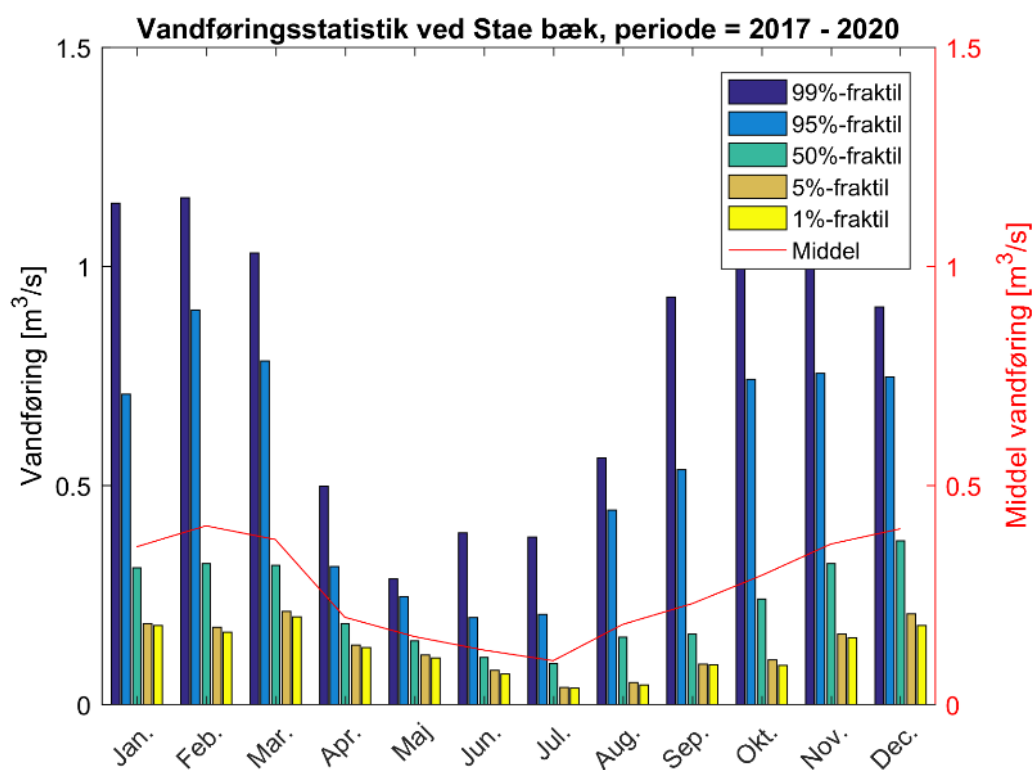
#### 4.6 Lokale vandføring i Stae bæk

Lokalt, øst for Nordjyllandsværket, forekommer der et udløb fra Stae Bæk, som potentielt kan påvirke de lokale strømforhold. Se placeringen af Stae Bæk i figur 4-22.



Figur 4-22: Placering af udløbet fra Stae bæk. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021)

Statistik for årsvariationer for målte tilgængelige målte vandføringer fra Stae Bæk er vist i figur 4-23. Som det fremgår af figuren, haves den største vandføring fra bækken i vinterhalvåret, hvilket er naturligt. Vandføringen er dog meget begrænset.



Figur 4-23: Årsvariation for vandføring fra Stae Bæk i perioden 2017 – 2020 baseret på data fra (Danmarks Miljøportal, 2020).

## 5 OPSÆTNING OG KALIBRERING/VALIDERING AF HYDRAULISK MODEL

Vurderinger af påvirkningen af vandtemperaturen, både lokalt og regionalt, er baseret på numeriske simuleringer med state-of-art modellen; MIKE3-FM, udviklet af DHI. Samme model er anvendt til simulering af risiko for termisk kortslutning mellem indtag og udløb af havvandsvarmepumpeanlægget.

MIKE3-FM er et tredimensionelt (3D) modulbaseret modelleringsværktøj udviklet til at simulere f.eks. hydrodynamiske forhold (strøm og vandstand), vandtemperatur og salinitet, sedimenttransport og -spredning, spredning af partikler eller opløst stof, afhængig af hvilke moduler, der anvendes eller kobles. I dette projekt anvendes det hydrodynamiske modul MIKE3 HD FM til simulering af strømforhold, vandstandsvariationer samt temperaturudbredelse.

Det hydrodynamiske modul, MIKE3 HD FM, er udviklet til anvendelse ved offshore og kystnære områder, hvor der hersker en fri overfladestrømning. Strømmen i modellen genereres af de påførte forceringsdata, herunder randbetingelser. I beregningerne tages der højde for effekten fra:

- Vindpåvirkning
- Dybdeforhold
- Bundruheder
- Udtørring og/eller oversvømmelse af områder
- Havvandsind- og udtag fra eksisterende og fremtidige varmeforsyning samt å-udløb.
- Densiteten af fjordvandet simuleres som en funktion af salinitet og vandtemperatur.

Som tidligere nævnt er de overordnede hydrodynamiske forhold i Langerak generelt domineret af de tidevandsgenererede strømninger, og der er dermed ikke inkluderet bidrag fra bølgegenereret strøm. Herudover er der i modellen ikke inkluderet temperaturudveksling med atmosfæren, pga. den relativt høje naturlige vandudskiftning i Langerak.

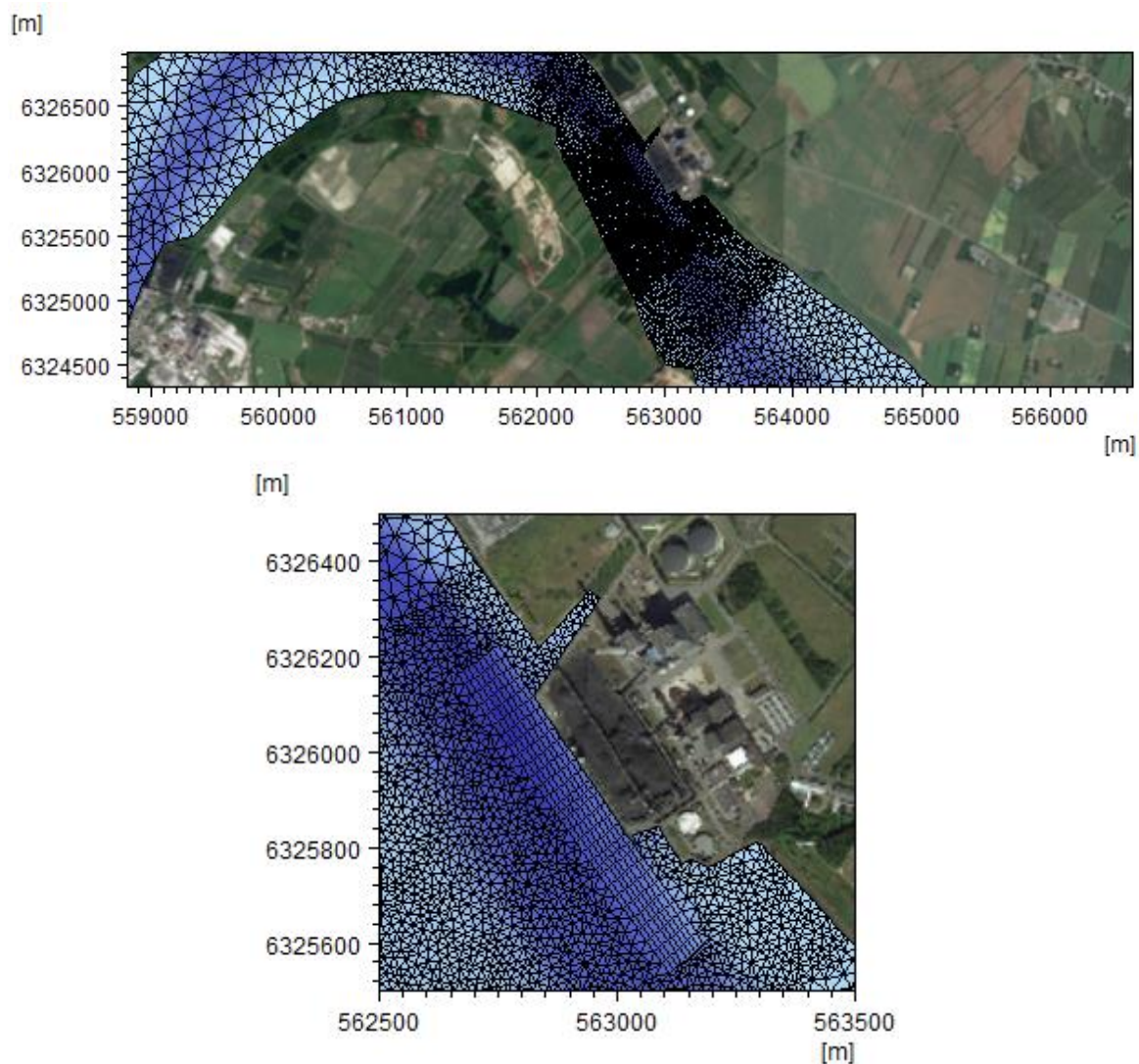
I forbindelse med dette projekt er der opstillet to numeriske modeller:

- Model af *eksisterende forhold*, dvs. situationen hvor blok 3 er i drift
- Model af *fremtidige forhold*, dvs. situationen hvor havvandsvarmepumpen er i drift

Modellerne af eksisterende- og fremtidige forhold er identiske på alle områder - med undtagelse af de implementerede temperaturforhold samt vandføringer ved indtag og udløb.

Der anvendes forskellige model-diskretiseringer til hhv. de regionale- og de lokale modelberegninger og et udsnit af én af de anvendte varianter samt vanddybder (bathymetri) er vist figur 5-1.





**Figur 5-1: Illustration af udsnit af beregningsnettet (øverst) samt lokalt ved Nordjyllandsværet (nederst) i modellen anvendt til de lokale temperaturanalyser. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).**

I forbindelse med opsætningen er forskellige diskretiseringer (både horisontalt og vertikalt) af beregningsnettet undersøgt. Generelt anvendes et finere beregningsnet lokalt omkring Nordjyllandsværet, hvor højere detailgrad for strøm/temperatur er ønsket. Ift. at simulere potentiel lagdeling af strøm og temperatur er der inkluderet op til 15 lag i modellen hvor de to øverste lag er såkaldte sigma-lag, og de nederste op til 13 lag er såkaldte z-lag med 1 m tykkelse.

Som nævnt er der anvendt forskellige model-diskretiseringer ifm. regionale analyser af temperaturudbredelse (*Delformål 1*) og lokale analyser af termisk kortslutning (*Delformål 2*). Fremgangsmåden har været, at der til den anvendte model ifm. *Delformål 1* er gennemført kalibrering/validering i det omfang det har været muligt – baseret på det tilgængelige datagrundlag (se afsnit 5.3). Denne model er opbygget med 2 vertikale sigma-lag, da det hovedsageligt er den horisontale temperaturudbredelse i en afstand til Nordjyllandsværet, der har været i fokus i denne forbindelse.

Ifm. gennemførelsen af *Delformål 2* er der taget udgangspunkt i samme model som anvendt til *Delformål 1*. Dog har blandt andet model-diskretiseringen i denne forbindelse været en del af



følsomhedsanalyserne, og der er således vurderet på følsomheden for specielt den vertikale diskretisering overfor lokale termiske forhold. Dette er yderligere diskuteret i bilag 4.

## **5.1 Modelscenarier til analyse af udbredelse af returvand samt termisk kortslutning**

Som nævnt i afsnit 1.1 er der to delformål for de numeriske modelberegninger; hhv. udbredelse af returvandet, samt undersøgelse af risiko for termisk kortslutning og/eller risiko for ikke-optimale driftsforhold. Modelanalyserne er derfor opdelt i to dele, med specifikke hydrodynamiske forhold og driftsscenarier til undersøgelse af hvert delformål.

Anvendte scenarier til hver af de to delformålsanalyser beskrives i det følgende.

### **5.1.1 Scenarier til analyse af udbredelse af returvand**

Analysen ift. udbredelse af returvandet er gennemført for hhv. drift af blok 3 eller drift af havvandsvarmepumpen. Den samlede påvirkning som følge af kombinationen af nedlukning af blok 3 og drift af havvandsvarmepumpeanlægget vil således være virkningen fra nedlukningen af blok 3 og driften af havvandsvarmepumpen.

#### **5.1.1.1 Hydrodynamiske modelscenarier til kølespredningsanalyser**

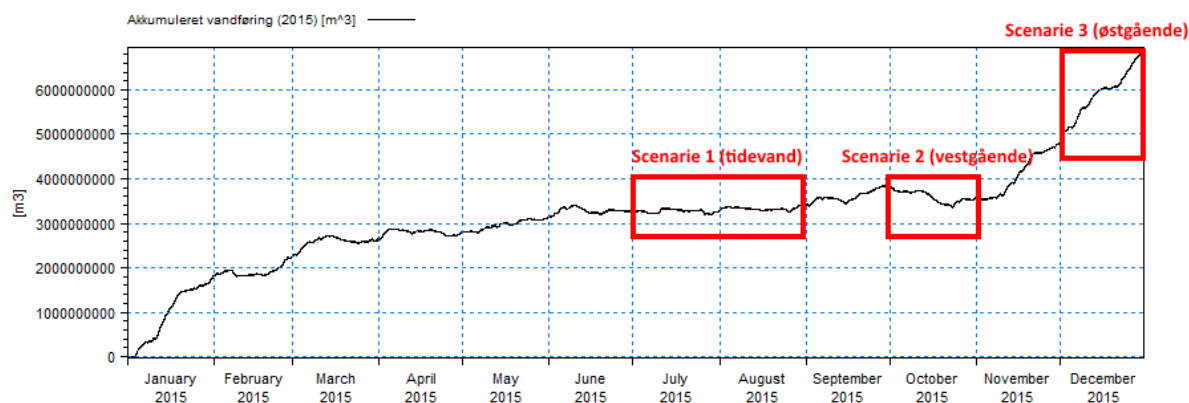
Udbredelsen af returvandsfanen fra drift af Nordjyllandsværket afhænger af de faktiske hydrodynamiske forhold på udledningstidspunktet. F.eks. medfører høj strømhastighed i Limfjorden en større udbredelse af returvandsfanen, hvorimod mere stillestående vand medfører mindre udbredelse, men højere lokal temperaturpåvirkning.

Til modelleringen af udbredelsen af returvandet (påvirkningsområdet) er der i modelanalyserne taget udgangspunkt i de tre nedenstående hydrodynamiske scenarier:

- Hydrodynamisk scenarie 1: Periode med tidevandsdomineret strøm (repræsentativt for stor temperaturpåvirkning lokalt ved Nordjyllandsværket)
- Hydrodynamisk scenarie 2: Periode med dominerende vestgående strøm (repræsentativt for maks. udbredelse af kølevandsfanen i Langerak til området vest for Nordjyllandsværket)
- Hydrodynamisk scenarie 3: Periode med dominerende østgående strøm (repræsentativt for maks. udbredelse af kølevandsfanen i Langerak til området øst for Nordjyllandsværket)

Til udvælgelse af de specifikke perioder, som repræsenterer de tre ovenfor nævnte scenarier, er der taget udgangspunkt i år 2015 idet dette år inkluderer vekslende perioder med repræsentative strøm- og vandstandsforhold i Limfjorden i området omkring Nordjyllandsværket. Det bør bemærkes, at der ikke anvendes ekstreme perioder i modelberegningerne, men perioder, der er repræsentative for normalt forekommende hydrodynamiske forhold med hhv. tidevandsdomineret strøm, dominerende øst eller vestgående strøm.

Figur 5-2 viser den modellerede netto-vandføring for år 2015 i Limfjorden igennem et snit, umiddelbart ved Nordjyllandsværket, hvor østgående vandføring præsenteres med positivt fortegn. Positiv hældning i figuren repræsenterer perioder med netto-østgående strøm/vandføring, og negativ hældning repræsenterer perioder med netto-vestgående strøm/vandføring. Perioder med dominerende tidevand er repræsenteret ved en flad kurve (dvs. netto-vandføring er ca. 0 m<sup>3</sup>/t). Som det fremgår af figuren, baseres de tre ovenfor nævnte scenarier på modellering af månederne; juli/august (scenarie 1), oktober (scenarie 2), og december (scenarie 3).



Figur 5-2: Modelleret netto-vandføring i Limfjorden for år 2015. Vandføring med positivt fortegn er østgående.

Hvert af de tre hydrodynamiske scenarier har i modellen en varighed på en måned (tidevandsdomineret strømning er gennemført for juli måned). Således medtages også den naturlige hydrodynamiske variation hen over måneden.

#### 5.1.1.2 Driftsscenarioer for Nordjyllandsværket til simulering af udbredelse af returvand

I en overgangsperiode vil der sandsynligvis forekomme kombineret drift af blok 3 og havvandsvarmepumpeanlægget. I denne periode kan der således opstå vekslende temperaturpåvirkninger, idet blok 3 udleder opvarmet vand, mens havvandsvarmepumpeanlægget udleder afkølet vand. Således kan den højeste absolutte temperaturpåvirkning i denne periode være præget af differensen imellem maks. opvarmning fra eksisterende blok 3 og maks. nedkøling fra havvandsvarmepumpen.

Ift. driftsscenarioer for blok 3 antages det konservativt, at opvarmningen af returvandet er  $\Delta t = +8,5$  °C samt en vandføring på 13.500 kg/s. Jf. figur 2-3 har der i sjældne tilfælde forekommet temperaturopvarmning på op til ca.  $\Delta t = +12$  °C, men her har vandføringen været signifikant lavere end det forudsatte 13.500 kg/s, hvormed effekten under disse forhold har været den samme, eller lavere end det forudsatte i modellen.  $\Delta t = +8,5$  °C svarer jf. afsnit 2.1 til mellem 95% - 99% fraktilen for temperaturforøgelsen fra Nordjyllandsværket, baseret på data fra 2018 - 2021. Det samlede termiske input per sekund kan således beregnes til  $4,18 \text{ kJ kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 8,5 \text{ k} \cdot 13.500 \text{ kg/s} = 480 \text{ GJ}$

Desuden gennemføres udvalgte modelberegninger for et driftsscenario for blok 3 der repræsenterer mere normale driftsforhold, med en opvarmning af returvandet på  $\Delta t = +2,72$  °C samt en vandføring på 8.984 kg/s (svarende til gennemsnit for 2020).

Ift. driftsscenarioer for havvandsvarmepumpen er der taget udgangspunkt i 150 MW pumpen. Indledende følsomhedsstudier viser, at temperaturpåvirkningen fra returvandet fra havvandsvarmepumpen stort set er uafhængig af hvorvidt der forudsættes høj vandføring og lav  $\Delta t$  eller vice versa, da effekten for de analyserede kombinationer er uændret. Derfor vises blot udbredelsen af returvandet for det driftsscenario, der har COP=3,5, hvilket medfører en afkøling af returvandet på  $\Delta t = -2$  °C samt en vandføring på 13,04 m<sup>3</sup>/s jf. afsnit 3. for 150 MW havvandsvarmepumpen. Det samlede termiske input per sekund kan således beregnes til  $4,18 \text{ kJ kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot -2 \text{ k} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 13,04 \text{ m}^3/\text{s} = -109 \text{ GJ}$ .

Ift. at inkludere konservatisme i modelresultaterne, er det forudsat, at ovenfornævnte  $\Delta t$  samt vandføringer er konstant forekommende i hele simuleringsperioden for hver af de hydrodynamiske scenarier (hhv. netto- vestgående og østgående strøm samt tidevandsdominans).

### **5.1.2 Scenarier til analyse af termisk kortslutning fra havvandsvarmepumpe**

Til analyse af risiko for termisk kortslutning tages der på samme vis som for udbredelsen af returvandet udgangspunkt i repræsentative scenarier for de lokale hydrodynamiske forhold samt for driften.

#### **5.1.2.1 Hydrodynamiske modelscenarier til analyse af termisk kortslutning**

Da havvandsindtaget er beliggende øst for udløbet, er der til analysen af termisk kortslutning ikke fokuseret på hydrodynamiske forhold med netto-vestgående strøm. I stedet er det hydrodynamiske scenarie 1 (*tidevand*) og scenarie 3 (*østgående nettostrøm*) anvendt. Disse scenarier er de samme som beskrevet ved udbredelsen af returvandet, jf. afsnit 5.1.1.

Det er generelt antaget, at der sker en fuld opblanding af vandet i Limfjorden, således at der ikke forekommer en naturlig signifikant temperatur, salinitets- eller densitets-lagdeling, jf. afsnit 4. Dog er der inkluderet et ekstra scenarie for det specialtilfælde, hvor der forekommer en væsentlig temperatur- og salinitetslagdeling (densitetslagdeling). Dette er gjort for at vurdere, om dette giver øget risiko for kortslutning. Scenariet baseres på statistikker præsenteret i afsnit 4.4 og 4.5.

#### **5.1.2.2 Driftsscenarioer til analyse af termisk kortslutning**

Ift. driftsscenarioer til analyse af termisk kortslutning under drift af havvandsvarmepumpen er der taget udgangspunkt i 150 MW pumpen. Modelberegningerne er gennemført for 150 MW havvandsvarmepumpen, der f.eks. har en afkøling af returvandet på  $\Delta t = -2^\circ\text{C}$  samt en vandføring på  $13,04 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Ift. at inkludere konservatisme i modellerne, er det forudsat, at ovenfornævnte  $\Delta t$  samt vandføringer er konstant forekommende i hele simuleringsperioden (en hel måned) for hver af de hydrodynamiske scenarier (hhv. netto- vestgående og østgående strøm samt tidevandsdominans).

## **5.2 Randbetingelser i model**

Den hydrauliske model forceres med følgende randbetingelser:

- **Vandtemperatur:** Ift. baggrundsvandtemperaturen tages der udgangspunkt i lave vandtemperaturer på  $4^\circ\text{C}$ , som jf. afsnit 4.4 er forekommende i januar/februar måned. Følsomhedsanalyser har vist, at temperaturpåvirkningen er højere i tilfældet med lav temperatur af baggrundsvandet. Der er i modelberegningerne generelt taget udgangspunkt i konstant temperatur i hele vandsøjlen. Dog er der til undersøgelsen af termisk kortslutning inkluderet et ekstra scenarie med temperaturlagdeling på randene, baseret på statistik i afsnit 4.4.
- **Salinitet:** Der antages i modellen generelt 25 PSU, som er den gennemsnitlige salinitet i Langerak jf. afsnit 4.5. Til undersøgelsen af termisk kortslutning er der desuden inkluderet et scenarie med salinitetslagdeling på randene, baseret på statistik i afsnit 4.5.1.
- **Vind:** Modellen forceres med målte vinddata fra DMI (Tylstrup-måleren ved Aalborg).
- **Vandstand:** Modellen forceres med målte vandstande ved hhv. Thyborøn samt Hals.

- **Stae Bæk:** Vandføringen for Stae Bæk følger den opgjorte vandføring pr. måned som angivet i figur 4-23.
- **Temperatur og vandføring fra blok 3 og havvandsvarmepumpe:** Temperatur og vandføring fra drift af hhv. blok 3 og havvandsvarmepumpen angives på de specifikke vanddybder samt på de specifikke placeringer for hhv. indtag og udløb. Ifm. kalibreringen af modellen anvendes målt tidsserie for temperatur og vandføring for blok 3, og ift. scenariemodelleringen anvendes angivne scenarier i afsnit 5.1. Tidsserien indeholder dog beregnet vandføring (ikke målt) og er derfor behæftet med nogen usikkerhed.

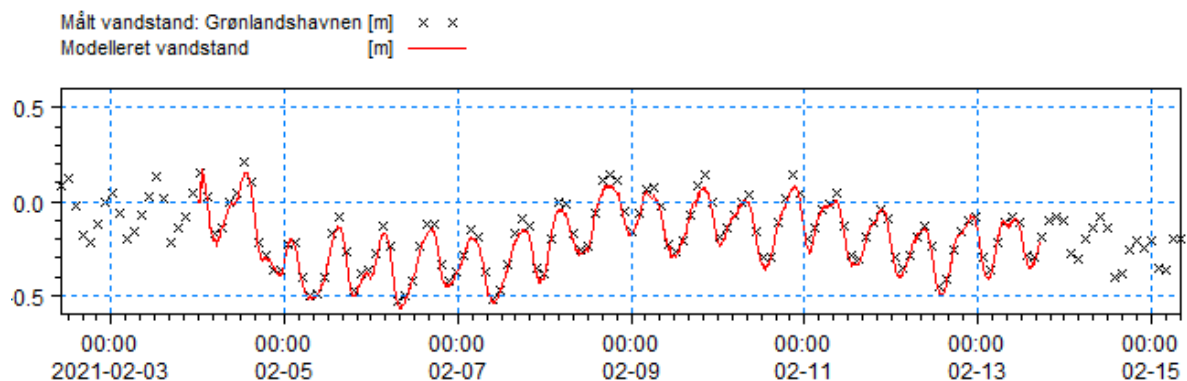
### 5.3 Modelkalibrering/validering

Kalibreringen og valideringen af den hydrodynamiske model er gennemført baseret på sammenligninger med vandstande, strømhastigheder samt målte vandtemperaturer.

Fremgangsmåden for justering af modellen er således, at kalibreringen/valideringen er gennemført til det niveau som vurderes muligt, baseret på de tilgængelige forceringsdata samt kalibreringsdata. Efterfølgende er der gennemført følsomheds-/robusthedsanalyser på udvalgte modelparametre med henblik på, til et vist niveau, at tage højde for eventuelle modelusikkerheder – og dermed tage højde for eventuelle variationer i modelresultater.

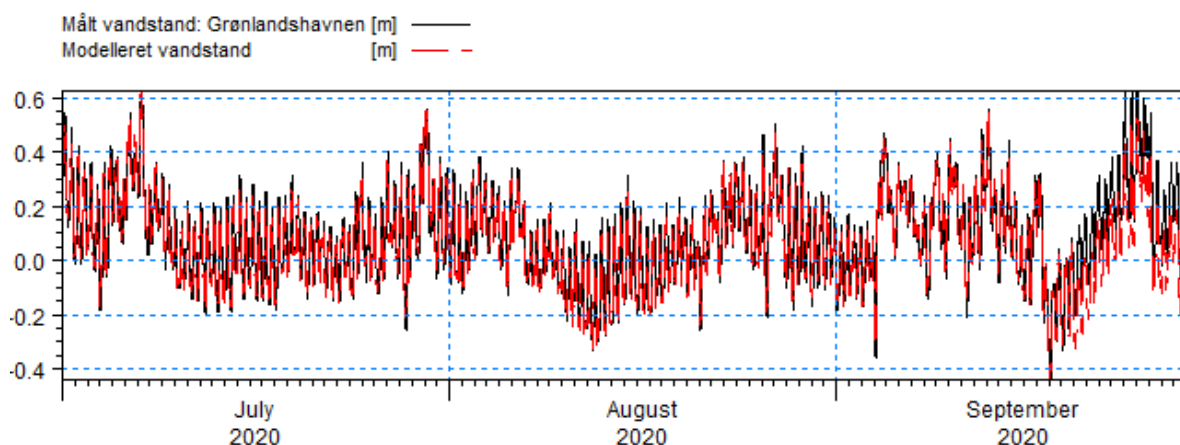
#### 5.3.1 Kalibrering/validering af vandstande i modellen

Indledningsvist foretages kalibrering af modellen ift. målte tidsserier af vandstande ved Grønlandshavnen i Aalborg for en periode med primært tidevandsdominerede forhold. Sammenligning imellem modellerede- og målte vandstande kan ses i figur 5-3.



**Figur 5-3: Modelleret og målt vandstand ved Grønlandshavnen i Aalborg for den første del af februar måned 2021. Måledata fra (Aalborg Havn, 2021)**

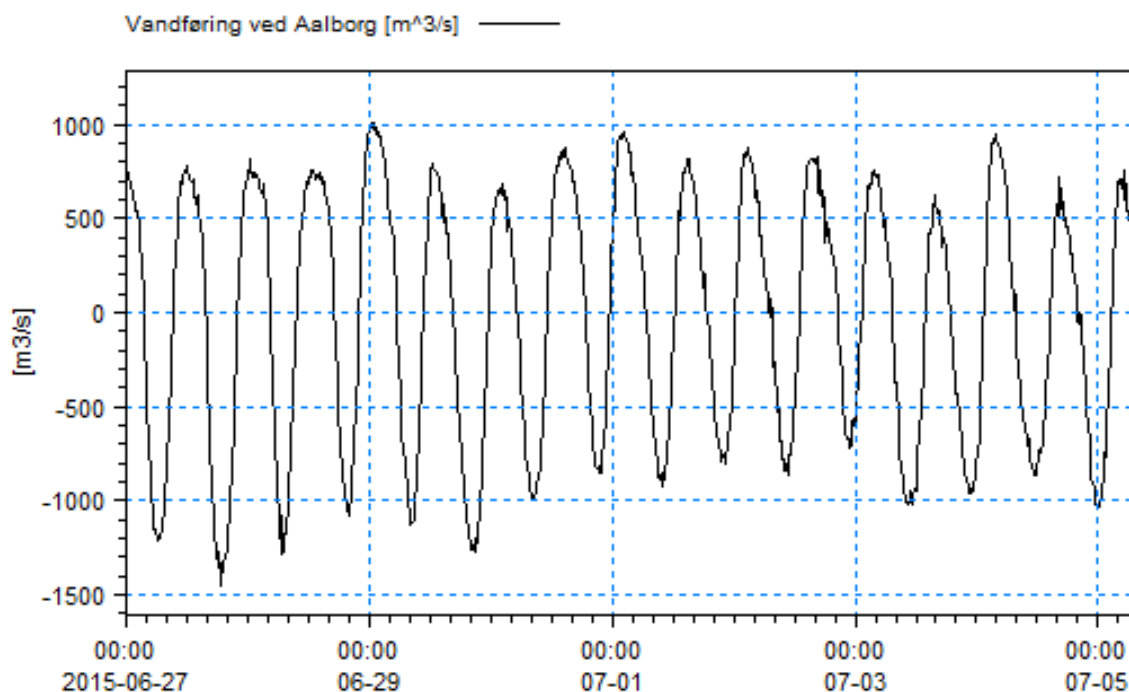
Modellen er efterfølgende valideret for en periode med både tidevands- (juli og august) samt vind-domineret (september) vandstandsforhold, se figur 5-4. Som det fremgår af figur 5-4, haves der en acceptabel overensstemmelse imellem målte- og modellerede vandstande.



Figur 5-4: Modelleret og målt vandstand ved Grønlandshavnen i Aalborg for juli, august, september 2020. Måledata fra (Aalborg Havn, 2021)

### 5.3.2 Kalibrering/validering af vandføring og strømforhold i modellen

Jf. afsnit 4 varierer vandføringen under rolige forhold i Limfjorden ved Aalborg efter en sinusfunktion med en amplitude på ca.  $1.100 \text{ m}^3/\text{s}$ , og som det fremgår af figur 5-5 er denne vandføring relativt godt gengivet i modellen.

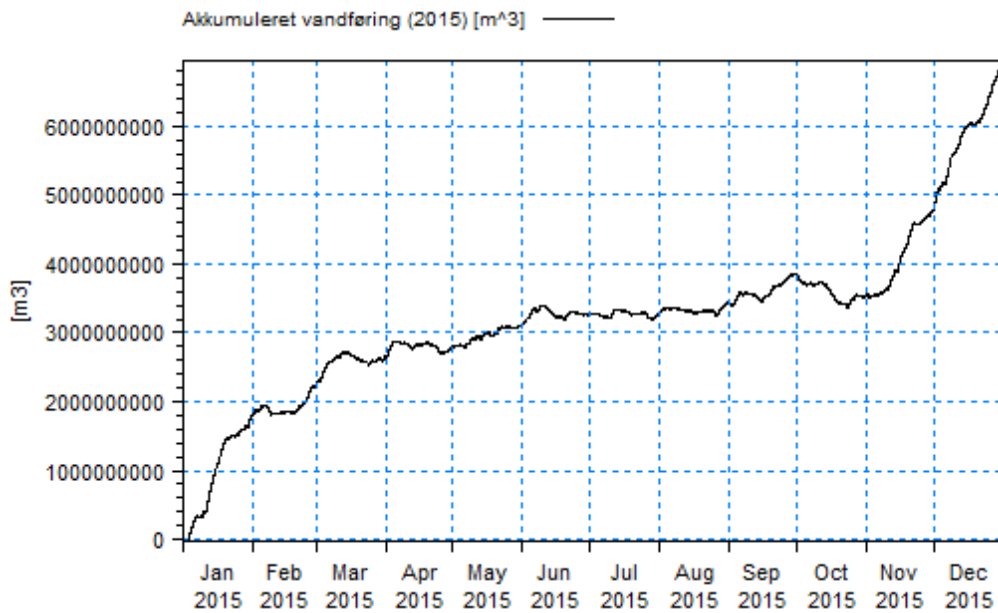


Figur 5-5: Modelleret vandføring under relativt rolige forhold, ved den tidligere planlagte Lindholmlinje ved Aalborg. Vandføring med positivt fortegn er østgående.

Desuden er det i afsnit 4 nævnt, at der i Limfjorden forekommer en netto-vandføring mod øst på ca.  $100 - 200 \text{ m}^3/\text{s}$  (årligt gennemsnit), som dog er størst i vinterperioden.

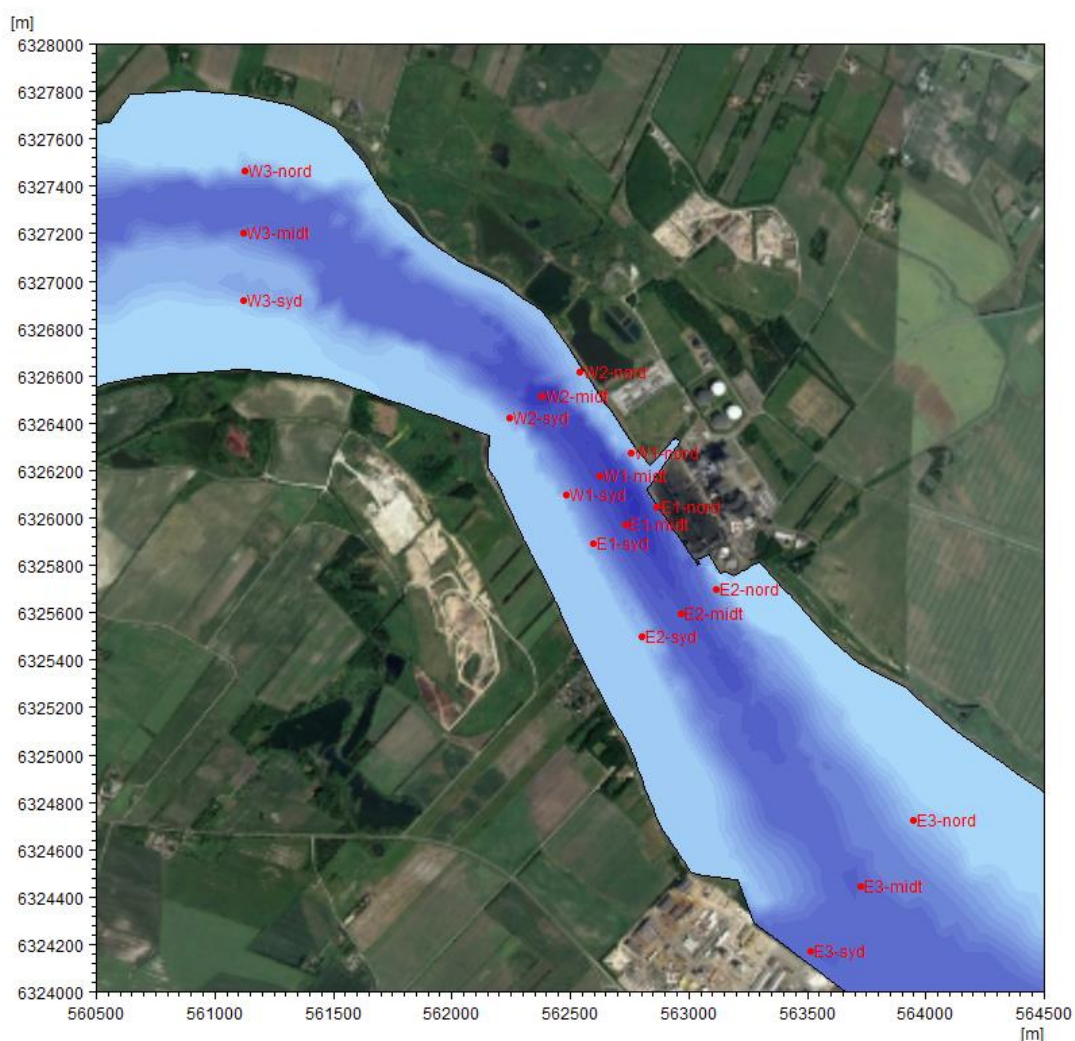
Den modellerede østgående netto-vandtransport i Limfjorden for år 2015 har været  $6.953.085.440 \text{ m}^3$  (se figur 5-6), hvilket betyder, at netto- vandføringen i perioden gennemsnitligt set har været ca.  $220 \text{ m}^3/\text{s}$ . Af figur 5-6 fremgår det, at netto-transporten er størst udenfor sommerperioden, hvilket er i overensstemmelse med forventningerne. Netto-

vandføringen er for 2015 ca. 60 m<sup>3</sup>/s om sommeren (apr-sep) og 380 m<sup>3</sup>/s om vinteren (jan-mar, okt-dec).



**Figur 5-6: Modelleret netto-vandtransport i Limfjorden for år 2015. Vandtransport med positivt fortegn er østgående.**

Kalibrering/validering af strømforhold i modellen er baseret på data fra feltundersøgelserne, hvor der blev målt strømhastigheder i punkter beliggende hhv. nord, midt og syd i hvert af seks måle-transekter (tre transekter på hver side af havvandsudløbet). En illustration af kalibrerings-/validerings-punkterne er illustreret i figur 5-7.

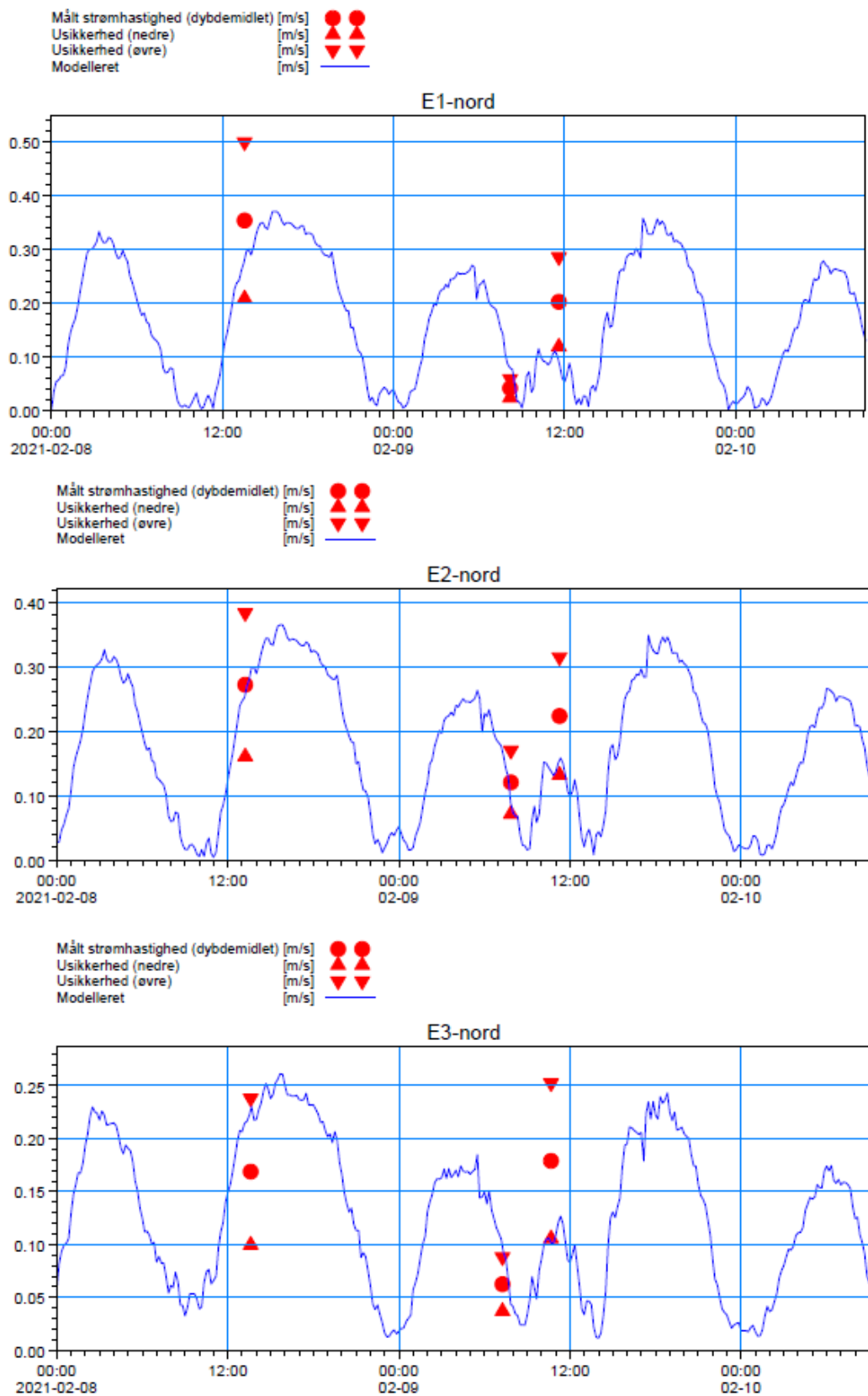


**Figur 5-7: Kalibrerings- og valideringspunkter for strømforhold i modellen. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).**

Pga. relativt høje usikkerheder i strømmålingerne, og relativt små forskelle i strømhastigheder ved top/bund af vandsøjlen, er strømforholdene i modellen kalibreret baseret på de dybde-midlede strømforhold, under hensyntagen til punkternes varierende vanddybde.

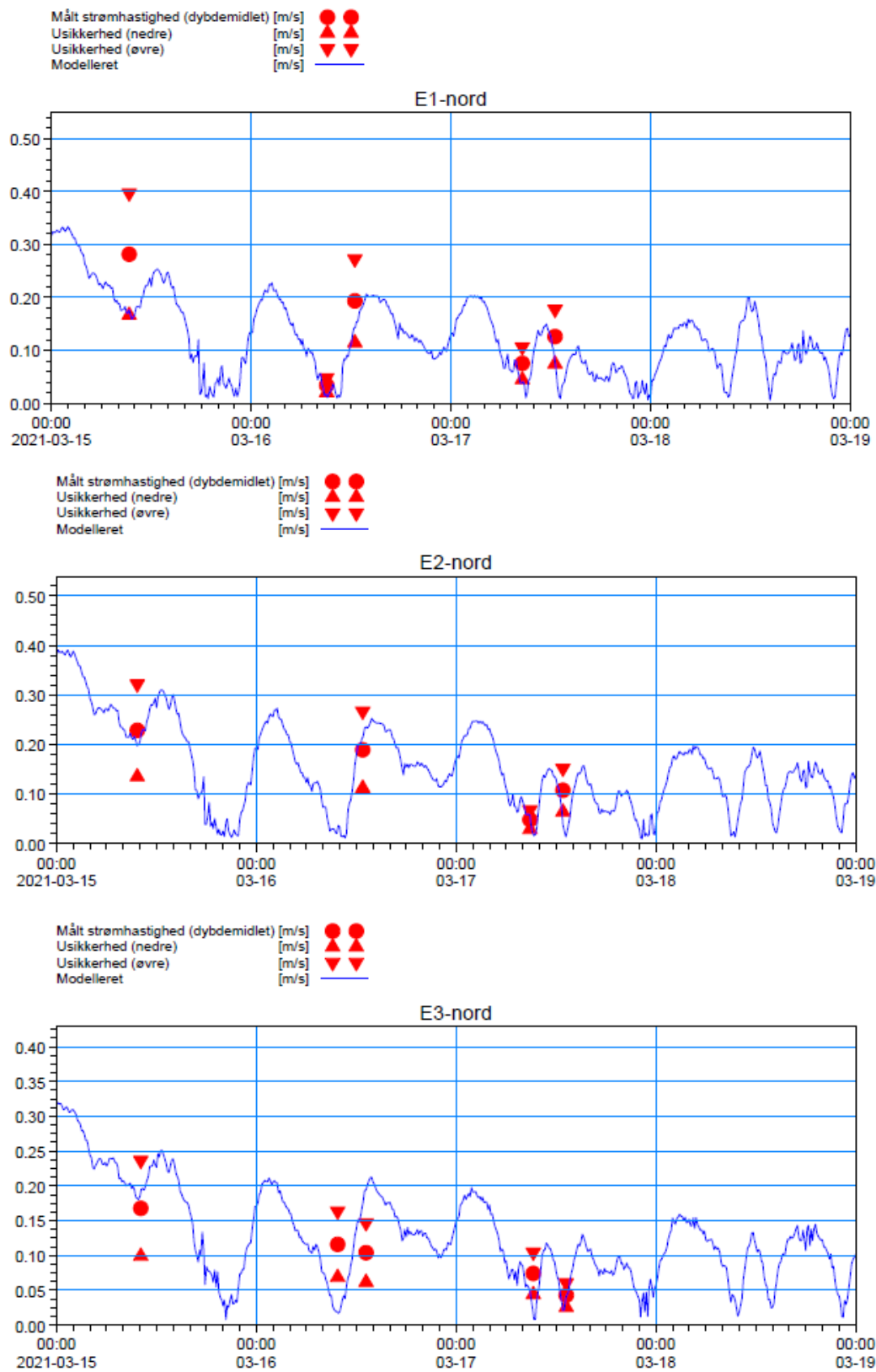
Kalibreringen er foretaget baseret på målte strømhastigheder i februar, og valideringen er foretaget baseret på målte strømhastigheder i marts. En sammenligning imellem målte- og modellerede strømhastigheder for hhv. kalibrerings- og valideringsperioden i transekt E1, E2, E3 (nord) er vist i figur 5-8 samt figur 5-9. Sammenligninger for de resterende målepunkter i figur 5-7 er vist i bilag 1. I figurerne fremgår de oplyste usikkerheder for målingerne, hvilket således definerer "øvre-/nedre-grænser" for målte strømhastigheder. Usikkerhederne svarer til gennemsnitlige måleusikkerheder for samtlige transekter (ca. 41%).





Figur 5-8: Sammenligning imellem målte- og modellerede dybde-midlede strømfastigheder i kalibreringsperioden (februar 2021).





Figur 5-9: Sammenligning imellem målte- og modellerede dybde-midlede strømshastigheder i valideringsperioden (marts).

Som det fremgår af figur 5-8 samt figur 5-9, samt sammenligningerne i bilag 1, ligger de modellerede strømhastigheder overordnet set indenfor øvre-/nedre måleusikkerheder, og desuden haves modellerede strømhastigheder som ligger relativt tæt på gennemsnitlige målte dybde-midlede strømhastigheder.

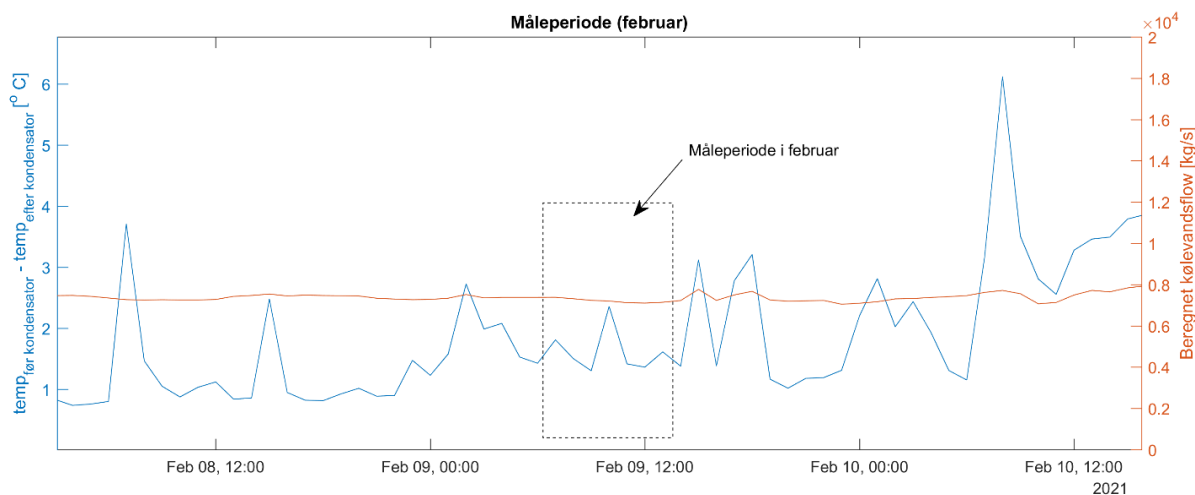
Med udgangspunkt i gengivelsen af vandstandsvariationer jf. afsnit 5.3.1, som bl.a. er styrende for strømforholdene, samt vandudskiftningen og strømforhold, vurderes det, at modellen er tilstrækkelig i stand til at estimere de lokale strømforhold ved Nordjyllandsværket.

### 5.3.3 Kalibrering/validering af lokale vandtemperaturforhold

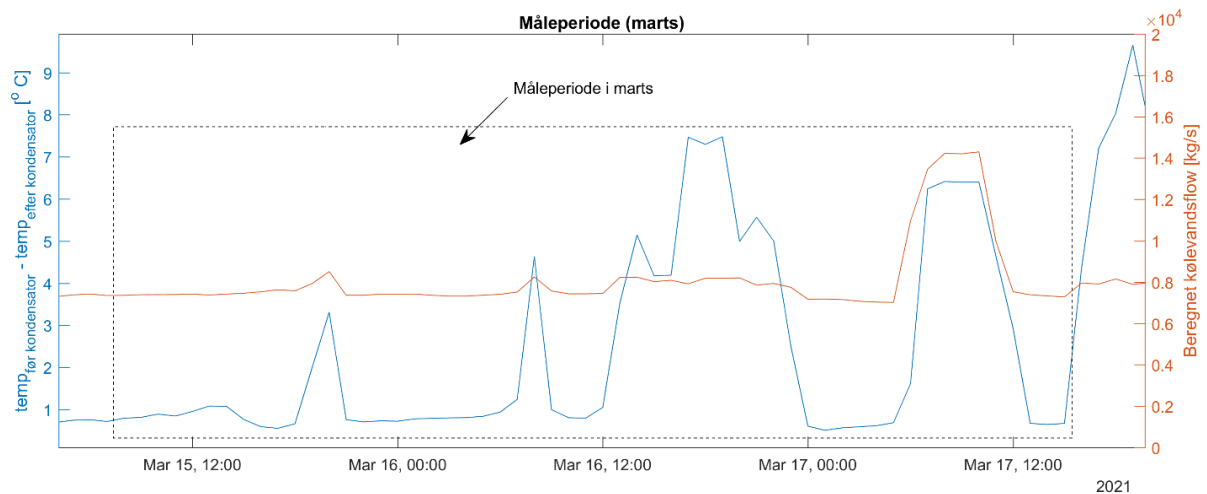
Der tages udgangspunkt i den hydrauliske model og modelopsætning, der er kalibreret og valideret ift. vandstand, vandføring og strømforhold jf. afsnit 5.3.1 og 5.3.2.

Der foreligger ikke et tilstrækkeligt datagrundlag til at gennemføre en egentlig modelkalibrering og -validering af de termiske forhold, hvor kalibreringen er baseret på en periode og valideringen for en anden. Modelberegningerne ift. kalibrering/validering af temperaturforholdene er generelt gennemført med en konstant baggrundstemperatur i hele Limfjorden, dvs. der er ikke inkluderet dybde- eller lokalitetsvarierende temperaturer i de anvendte rand-forceringsdata. Den eneste "kilde", der har en anden temperatur, er returvandet fra Nordjyllandsværket. Dette vurderes i overvejende grad at være i overensstemmelse med de faktiske forhold idet temperaturvariationen ned gennem vandsøjlen og mellem de to yder-transekter E3 og W3 er lille jf. afsnit 4.4. Lokalt omkring Nordjyllandsværket vil nogle driftsforhold dog kunne give anledning til lokale temperaturfaner, hvilket fremgår af afsnit 4.4.1 og specifikt figur 4-15.

Modelkalibreringen ift. at kunne gengive lokale temperaturforhold er gennemført for perioden, hvor der køres kondensdrift og hvor der forekommer projektspecifikke måledata, idet perioder uden kondensdrift ikke giver anledning til en signifikant påvirkning af temperaturfanen jf. de gennemførte målinger. Sammenhæng mellem driftsdata for blok 3 samt måleperioder er vist i figur 5-10 og figur 5-11.



**Figur 5-10: Driftsdata for blok 3 i perioden 08.02.2021 – 10.02.2021, hvor der den 9. februar 2021 blev gennemført målinger af temperaturen i hele vandsøjlen i udvalgte punkter. Målingerne er ikke gennemført som tidsseriemålinger, men blot punktmålinger indenfor det angivne tidsrum.**

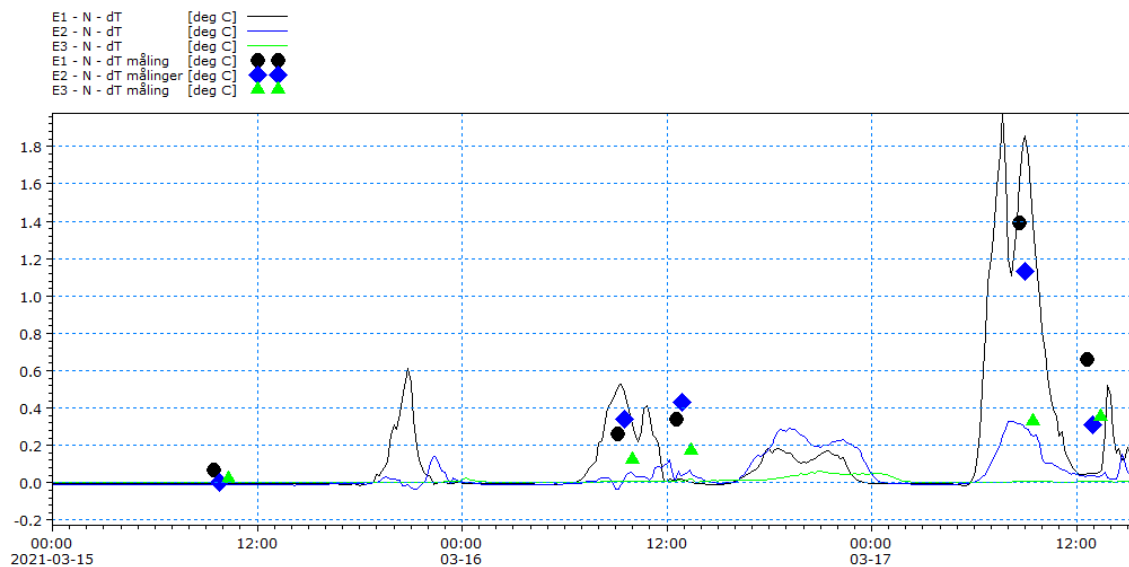


**Figur 5-11: Driftsdata for blok 3 i perioden 15.03.2021 – 18.03.2021, hvor der i perioden den 15. marts – 17. marts er gennemført 5 måleserier i udvalgte punkter langs transekterne. Målingerne er ikke gennemført som tidsseriemålinger, men blot punktmålinger indenfor det angivne tidsrum.**

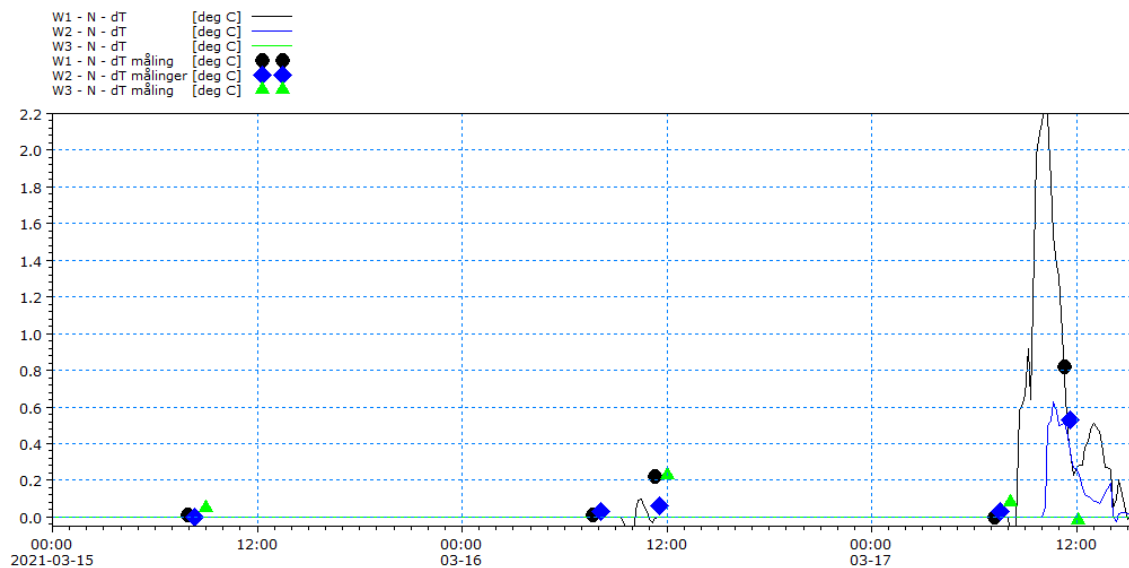
Kalibrering/validering af temperaturforhold i modellen er foretaget for punkter beliggende hhv. nord, midt, og syd i hvert af de seks måle-transekter (tre transekter på hver side af havvandsudløbet). En illustration af de omtrentlige kalibrerings-/validerings-punkter fremgår af figur 5-7. Temperaturmålingerne er overvejende gennemført for hele vandsøjlen, hvormed evt. dybdevariation kan detekteres. Idet måledata har vist, at der primært kan registreres temperaturforskel ned gennem vandsøjlen for perioden hvor blok 3 har kørt kondensdrift, er kalibrering/validering primært gennemført for denne periode.

Modellen ift. gengivelse af temperaturforholdene ned gennem vandsøjlen er kalibreret baseret på temperaturforskellen,  $dT$ , mellem den øvre og den nedre del af vandsøjlen. Hermed opnås grundlag for en relativ sammenligning af temperaturvariationen, uafhængig af baggrundstemperaturen, der ikke kendes med sikkerhed. De målte vandtemperaturer er dermed efterbehandlet således, at der er bestemt forskelle i vandtemperaturer imellem den øverste halvdel- og den nederste halvdel af vandsøjlen. Det samme er gjort for de modellerede data. Der er således ikke foretaget en "korrektion" af målte eller modellerede data ift. at tage hensyn til en evt. naturlig temperaturvariation jf. afsnit 4.4, idet der ikke haves tilstrækkeligt datagrundlag herfor.

Hhv. målte- og modellerede temperaturforskelle for transekt E1, E2, E3 (målepunkt nord) er vist i figur 5-12 og tilsvarende for de vestlige transekter i figur 5-13. Heraf fremgår det at der i perioden uden kondensdrift der stort set ikke forekommer temperaturforskel ned gennem vandsøjlen. Resterende sammenligninger er vist i bilag 2.



**Figur 5-12: Sammenligning imellem målte- og modellerede temperaturforskelle mellem øvre og nedre lag for det nordligste målepunkt i hver af de tre østlige transekter E1, E2 og E3.**



**Figur 5-13: Sammenligning imellem målte- og modellerede temperaturforskelle mellem øvre og nedre lag for det nordligste målepunkt i hver af de tre vestlige transekter W1, W2 og W3.**

Ved at sammenligne figur 5-11 med figur 5-12 fremgår det, at modellen generelt er i stand til, med relativ god nøjagtighed, at gengive udsving i temperaturforskelle i vandsøjlen tæt ved udløbet.

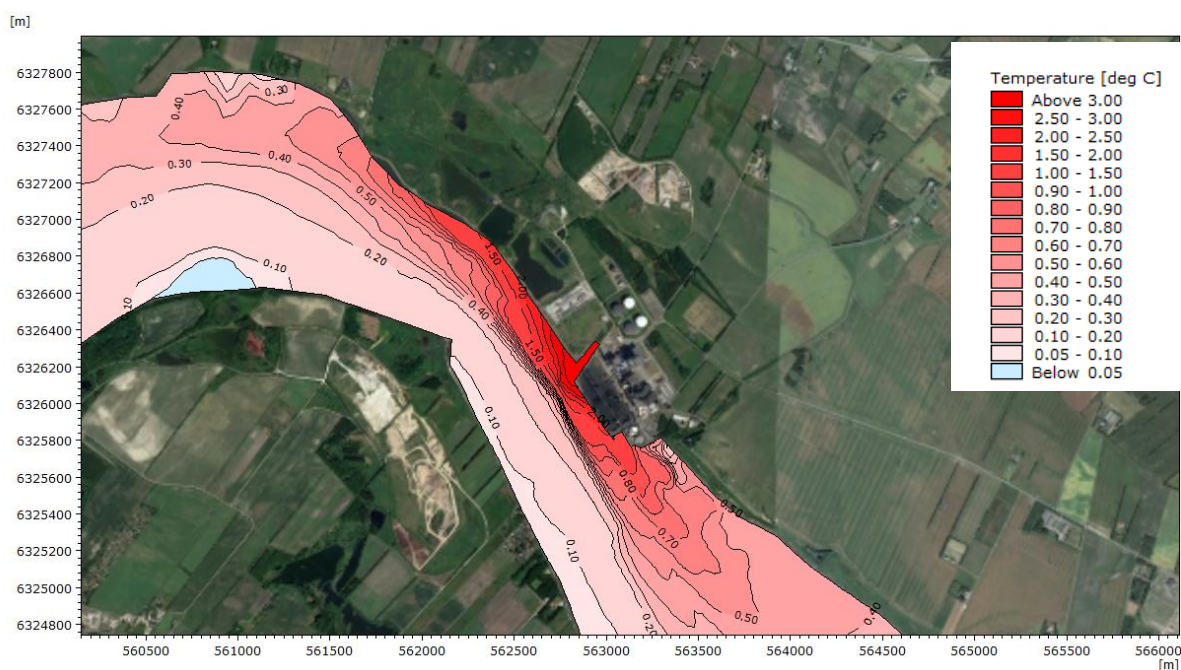
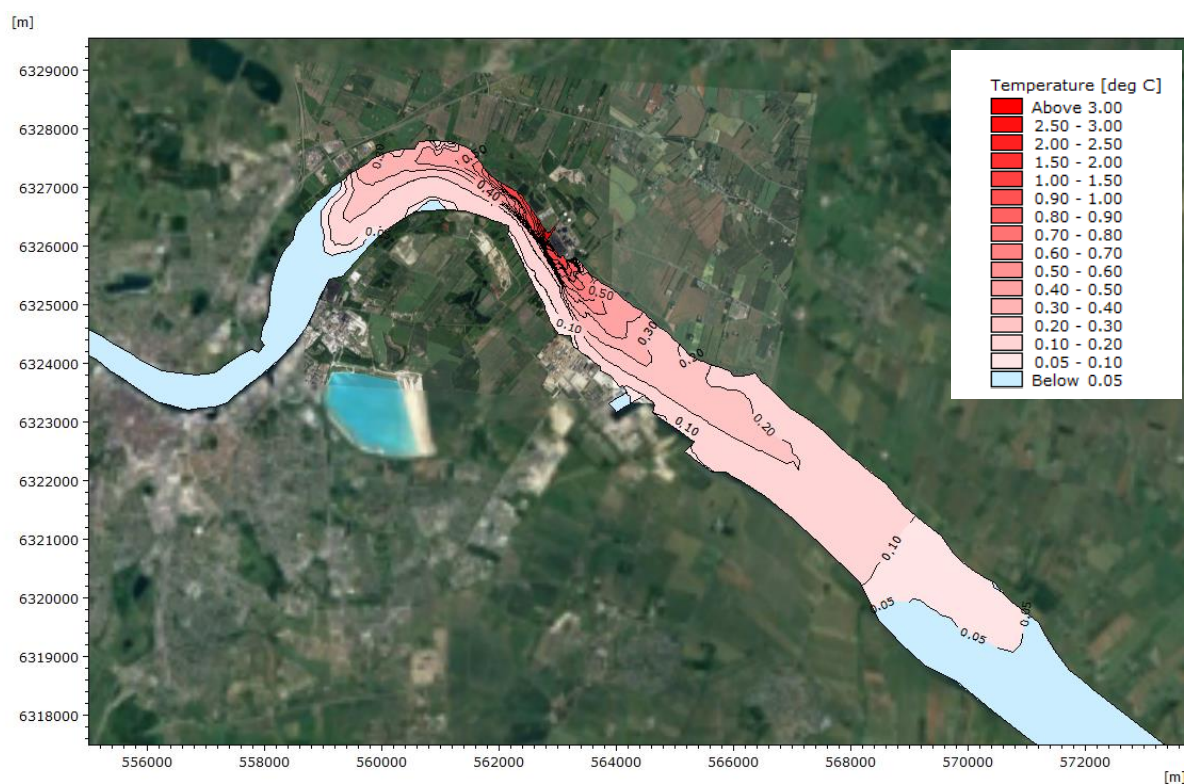
Ved sammenligning imellem målte- og modellerede temperaturforskelle mellem øvre- og nedre vandmasser, dT, (figur 5-12 og figur 5-13 samt tilsvarende figurer i bilag 2) fremgår det, at der i overvejende grad er overensstemmelse mellem modellerede og målte temperaturforskelle for de perioder, hvor der udledes store mængder opvarmet returvand (kondensdrift) og hvor der således opstår denne dybdeviation.

I perioder med normal drift og/eller i områder med større afstand til Nordjyllandsværket viser både modelresultater og målinger at temperaturen i overvejende grad svarer til den naturlige baggrundstemperatur, dvs. nogenlunde ensartet i hele vandsøjlen med  $dT \sim 0^{\circ}\text{C} - 0,3^{\circ}\text{C}$ , jf.

afsnit 4.4. F.eks. fremgår det af figur 5-12 at  $dT = 0,3^{\circ}\text{C}$  ved E3-N - hvorimod modelresultaterne viser  $dT=0^{\circ}\text{C}$ . Dette vurderes overvejende at skyldes forudsætningen om, at anvende konstant baggrundstemperatur i hele modelområdet.

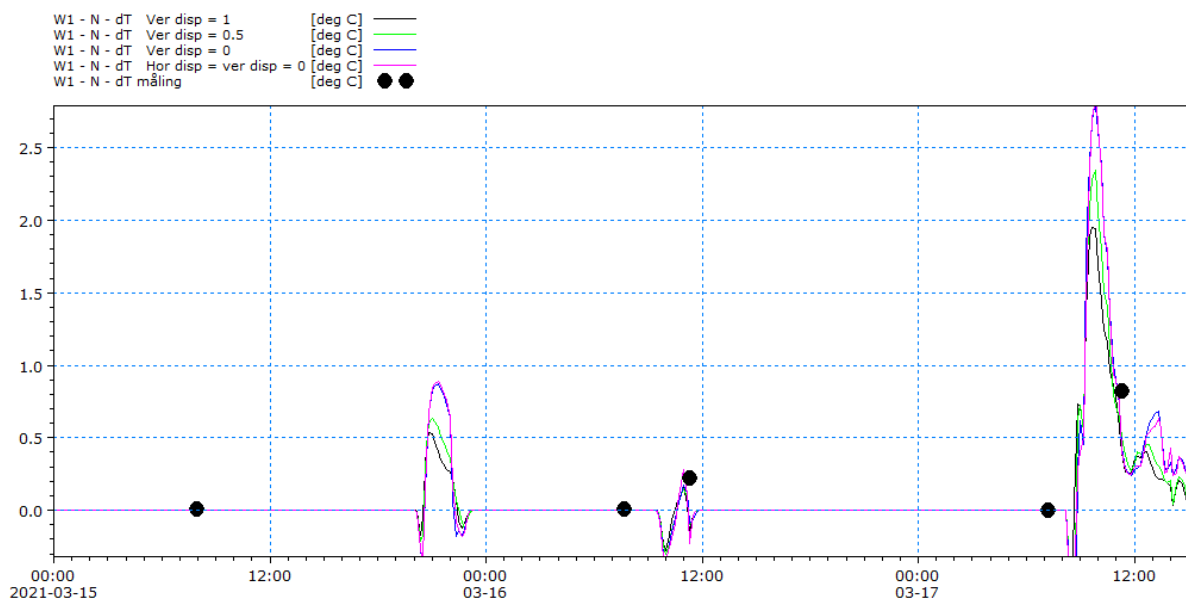
Det anbefales, til evt. videre analyser af temperaturforholdene, at der opnås yderligere temperaturmålinger meget lokalt i området imellem indtag og udløb ift. at sikre, at modellen ikke dæmper vandtemperaturen. Hvorvidt dette er tilfældet, er der med det tilgængelige data ikke grundlag for at analysere yderligere.

Figur 5-14 viser den modellerede maksimale udbredelse af det opvarmede returvand for perioden 10. marts – 18. marts, hvor blok 3 i dele af perioden kørte kondensdrift med udledning af store mængder ekstra opvarmet returvand. Som det fremgår af figuren, strækker påvirkningsområdet sig i hele Limfjordens bredde i området omkring Nordjyllandsværket, men den største temperaturpåvirkning forekommer dog i den nordlige del af Limfjorden lokalt omkring Nordjyllandsværket.



**Figur 5-14: Den maksimale udbredelse af det opvarmede returvand fra drift af blok 3 i simuleringsperioden 10.-18. marts 2021 (øverst) og zoom af området omkring Nordjyllandsværket (nederst). Temperaturpåvirkningen er for den øverste halvdel af vandsøjlen. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).**

Modelkalibreringen har vist, at de modellerede temperaturvariationer ikke er følsomme overfor den horisontale dispersion og kun i mindre grad overfor den vertikale dispersion, se figur 5-15. Det vurderes dermed at temperaturforholdene og -spredning hovedsageligt skyldes advektion (strømning) og ikke dispersion.



**Figur 5-15: Sammenligning imellem målte- og modellerede temperaturforskelle mellem øvre og nedre lag for det nordligste målepunkt i hver af de tre vestlige transekter W1, W2 og W3 for forskellige modelindstillinger af hhv. horisontal og vertikal dispersion.**

### 5.3.4 Opsummering: Modelkalibrering

Der er opstillet en numerisk MIKE 3 model til simulering af strøm-, vandstands- og temperaturforhold i Limfjorden generelt og regionalt/lokalt omkring Nordjyllandsværket specifikt. Det vurderes, at den kalibrerede/validerede model stadig kan være behæftet med nogen usikkerhed, men at modellen (inkl. anvendte scenarier) er tilstrækkelig repræsentativ ift. at opnå tendenser jf. de præsenterede formål i afsnit 1.

Modellens usikkerheder ift. formålet med at vurdere på påvirkningen af vandtemperaturen (lokalt og regionalt), som følge af driften af Nordjyllandsværket (blok 3/ havvandsvarmepumpen), imødekommes i høj grad ved at:

- Gennemføre modelberegningerne ved anvendelse af relativt konservative modelscenarier, med høje og langvarige temperaturdifferenser for både blok 3 og havvandsvarmepumpe.
- Gennemføre supplerende robusthedsmodelberegninger ift. udvalgte parametre.
- Anvende en relativt lav baggrundsvandtemperatur (svarende til vinterperioden), som vil give anledning til højere temperaturdifferenser i udbredelsen af returvandsfanen.

Estimerede temperaturpåvirkninger fra havvandsvarmepumpen og blok 3 bør desuden betragtes relativt ift. hinanden, og således vil sammenligningen være mindre følsom overfor modelusikkerheder, da disse potentielt er inkluderet i begge scenarier.

Der er i modellen ikke inkluderet temperaturudveksling med atmosfæren. Denne effekt er dog indledningsvist vurderet til at være af lille betydning, grundet den høje vandudskiftning i Langerak. Desuden er effekten ikke inkluderet i hverken eksisterende- og fremtidige situation, hvormed potentielle usikkerheder til en vis grad udlignes.



## 6 VANDTEMPERATURPÅVIRKNING FRA DRIFT AF HHV. BLOK 3 OG HAVVANDSVARMEPUMPEN

Formålet med analysen af udbredelse af returvand er, som tidligere nævnt, at undersøge den relative temperaturpåvirkning af Limfjorden både relativt lokalt omkring Nordjyllandsværket samt hhv. øst- og vest herfor, som følge af drift af blok 3 og/eller havvandsvarmepumpeanlægget. Output fra analysen anvendes videre som en del af grundlaget for efterfølgende miljøvurderinger.

I det følgende præsenteres temperaturpåvirkninger som følge af driften af Nordjyllandsværk for blok 3 (eksisterende forhold) og havvandsvarmepumpen (fremtidige forhold). Til analysen af spredning af returvand tages der udgangspunkt i de beskrevne hydrodynamiske forhold samt driftsscenerier beskrevet i afsnit 5.1.1.

Resultaterne fra analyserne af udbredelsen af returvandet vises som dybdemidlede arealplots for de udvalgte hydrodynamiske scenarier. Areal-plottene viser statistiske temperaturændringer i en given periode for:

1. Drift af blok 3
2. Drift af havvandsvarmepumpen

### 6.1 Temperaturpåvirkning fra drift af blok 3

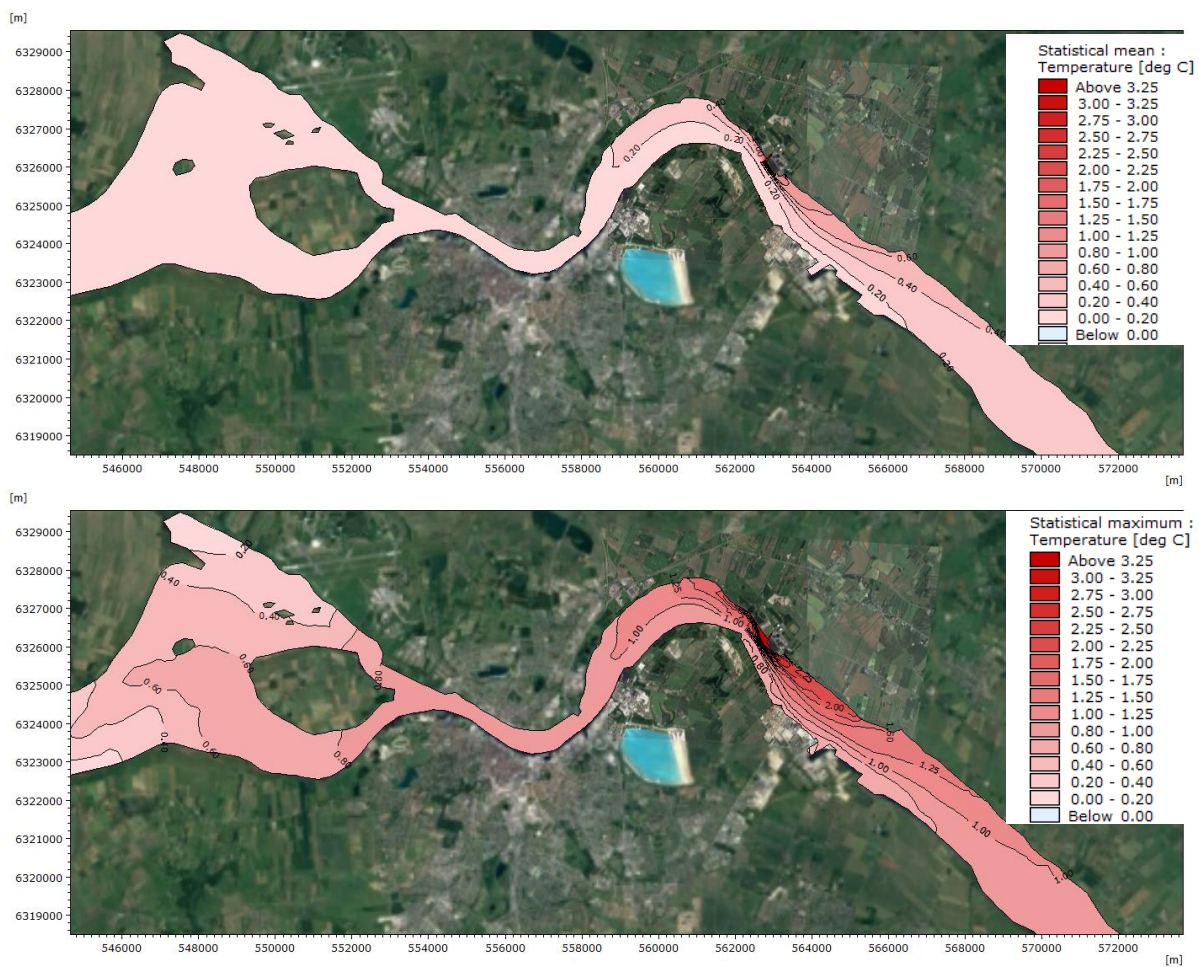
Figur 6-1 – figur 6-3 viser den estimerede temperaturpåvirkning fra drift af blok 3 under konservative driftsforhold (høj udledningstemperatur i en længere periode) og for hydrodynamiske scenarier med hhv. dominerende tidevandsforhold, samt forhold med netto-østgående strøm og netto-vestgående strøm. Hvert af de hydrodynamiske scenarier har en varighed på en måned. Det er vigtigt at forstå, at hverken middel- eller maksimum temperaturpåvirkningerne forekommer samtidigt i hele området, men er et udtryk for statistiske resultater i simuleringsperioden.

I figur 6-4 er vist tilsvarende estimater for det driftsscenarie der repræsenterer mere normal drift af blok 3.

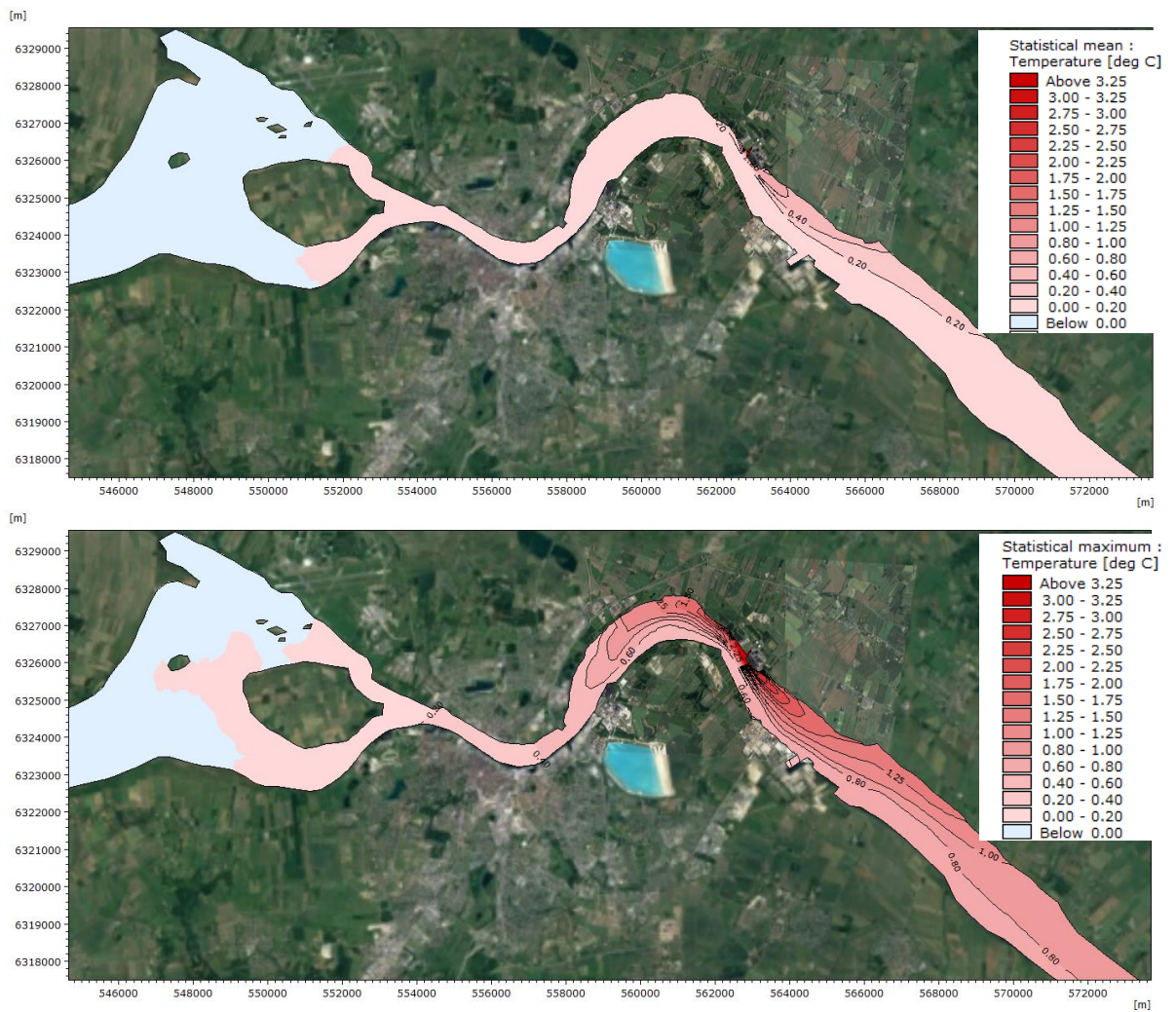
Scenarierne med hhv. dominerende tidevandsforhold og netto-østgående strøm giver anledning til, at temperaturpåvirkningen centrerer omkring Nordjyllandsværket, hvor en modelleret dybdemidlet temperaturpåvirkning på  $+1^{\circ}\text{C}$  (statistisk maksimum) strækker sig ca. 10 km mod øst og ca. 5 km mod vest, og en modelleret middelændring på  $+0,5^{\circ}\text{C}$  forekommer i området omkring Nordjyllandsværket og op til ca. 5 km mod øst. Temperaturpåvirkningen er dybdemidlet og relativt ift. til baggrundsvandtemperaturen, dvs. ændring ift. den "naturlige" baggrundstemperatur. Ved netto-vestgående strøm kan  $+1^{\circ}\text{C}$  (statistisk maksimum) forekomme i en afstand på mere end 10 km fra Nordjyllandsværket, mens en middelændring på op til ca.  $0,5^{\circ}\text{C}$  kun forekommer lokalt omkring Nordjyllandsværket.

For scenariet med netto-vestgående strøm og normale driftsforhold er påvirkningsområdet signifikant mindre, idet både en temperaturændring på  $1^{\circ}\text{C}$  (statistisk maksimum) og en estimeret middelændring af temperaturen på  $0,5^{\circ}\text{C}$  kun forekommer lokalt omkring Nordjyllandsværket.





**Figur 6-1: Modelleret middel (øvre) og modelleret statistisk maksimum (nedre) temperaturpåvirkning fra drift af blok 3 for tilfældet med tidevandsdominerede strømforhold. Simuleringsperioden har en varighed på en måned og mørkere røde farver indikerer varmere vand. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).**

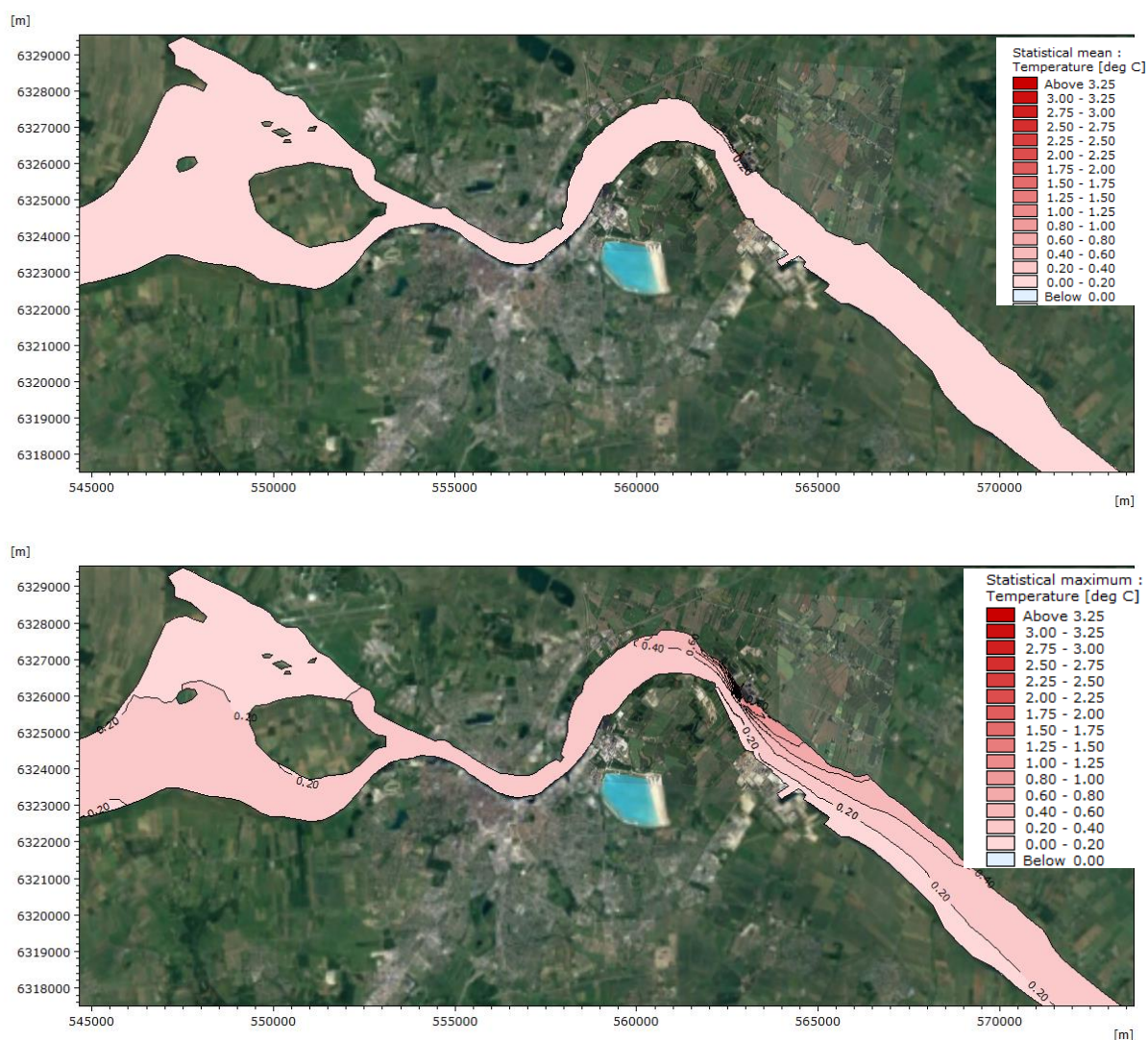


**Figur 6-2: Modelleret middel (øvre) og modelleret statistisk maksimum (nedre) temperaturpåvirkning fra drift af blok 3 for tilfældet med netto-østgående strømforhold. Simuleringsperioden har en varighed på en måned og mørkere røde farver indikerer varmere vand. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).**





**Figur 6-3: Modelleret middel (øvre) og modelleret statistisk maksimum (nedre) temperaturpåvirkning fra drift af blok 3 for tilfældet med netto-vestgående strømforhold. Simuleringsperioden har en varighed på en måned og mørkere røde farver indikerer varmere vand. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).**

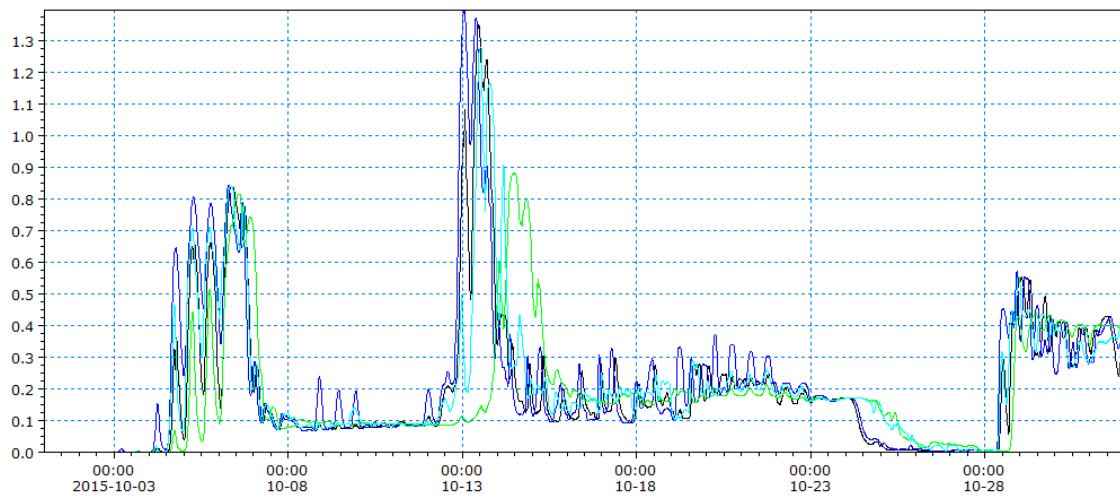


**Figur 6-4: Modelleret middel (øvre) og modelleret statistisk maksimum (nedre) temperaturpåvirkning fra drift af blok 3 for et scenarie der repræsenterer drift under normale forhold for et tilfælde med netto-vestgående strømforhold. Simuleringsperioden har en varighed på en måned og mørkere røde farver indikerer varmere vand. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).**

Som det fremgår af figur 6-1 - figur 6-4, er der forholdsvis stor forskel på gennemsnitlige- og maksimale estimerede temperaturpåvirkninger. Således er opvarmningen af returvandet relativt dynamisk, og maks.-opvarmningen er relativt momentan. Dette fremgår videre af figur 6-5 og figur 6-6, som viser et udtræk af estimerede temperaturpåvirkninger hhv. vest og øst for Nordjyllandsværket. Vær opmærksom på at inddelingen på y-akserne i figur 6-5 og figur 6-6 er forskellige. Af figurerne fremgår det, at den estimerede temperaturpåvirkning kun momentant er høj, hvorimod den gennemsnitlige påvirkning er langt mere reduceret. Tidsserier for de resterende hydrodynamiske scenarier fremgår af bilag 3.



Eksisterende - vestgående strøm - Pkt 6: Temperatur [deg C] —  
 Eksisterende - vestgående strøm - Pkt 7: Temperatur [deg C] —  
 Eksisterende - vestgående strøm - Pkt 8: Temperatur [deg C] —  
 Eksisterende - vestgående strøm - Pkt 9: Temperatur [deg C] —

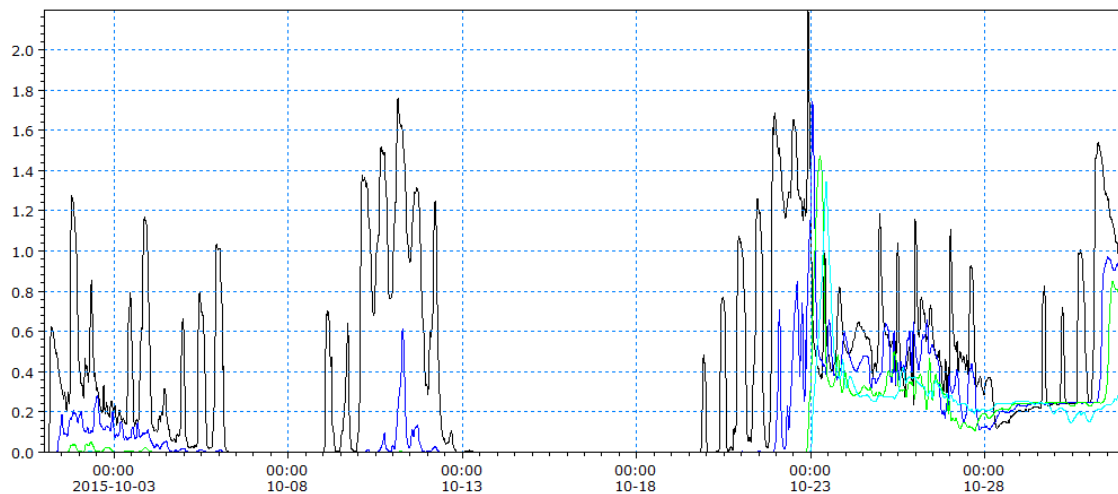


**Figur 6-5: Tidsserie af modellerede temperaturvariationer vest for Nordjyllandsværket (*nederst*) i de angivne udtrækspunkter (*øverst*) for det konservative driftsscenario kombineret med dominerende vestgående strøm. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).**





Eksisterende - vestgående strøm - Pkt. 2: Temperatur [deg C] —  
 Eksisterende - vestgående strøm - Pkt. 4: Temperatur [deg C] —  
 Eksisterende - vestgående strøm - Pkt. 6: Temperatur [deg C] —  
 Eksisterende - vestgående strøm - Pkt. 8: Temperatur [deg C] —



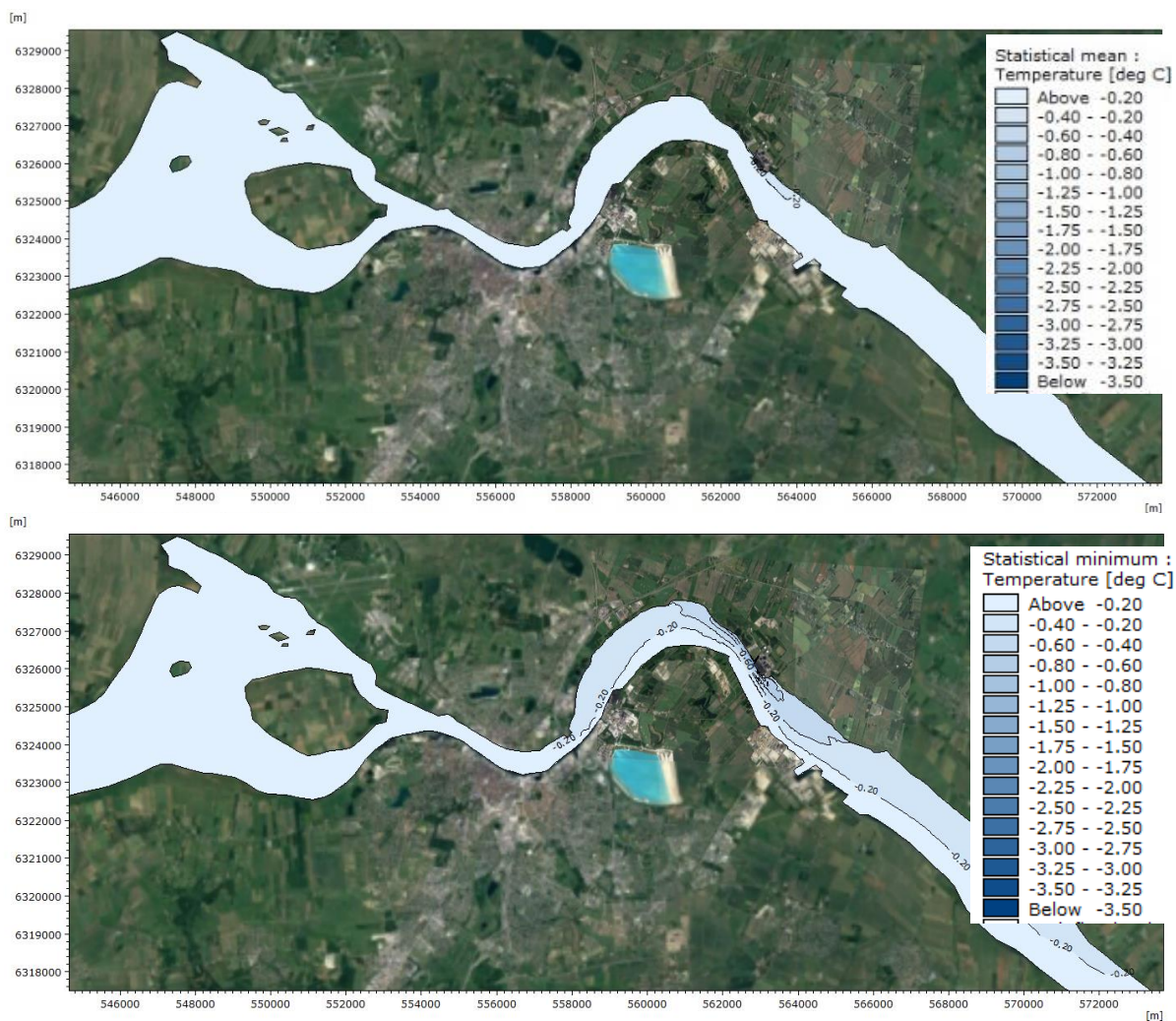
**Figur 6-6: Tidsserie af modellerede temperaturvariationer øst for Nordjyllandsværket (nederst) i angivne udtrækspunkter (øverst) for det konservative driftsscenario kombineret med dominerende vestgående strøm. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).**

## 6.2 Temperaturpåvirkning fra havvandsvarmepumpen

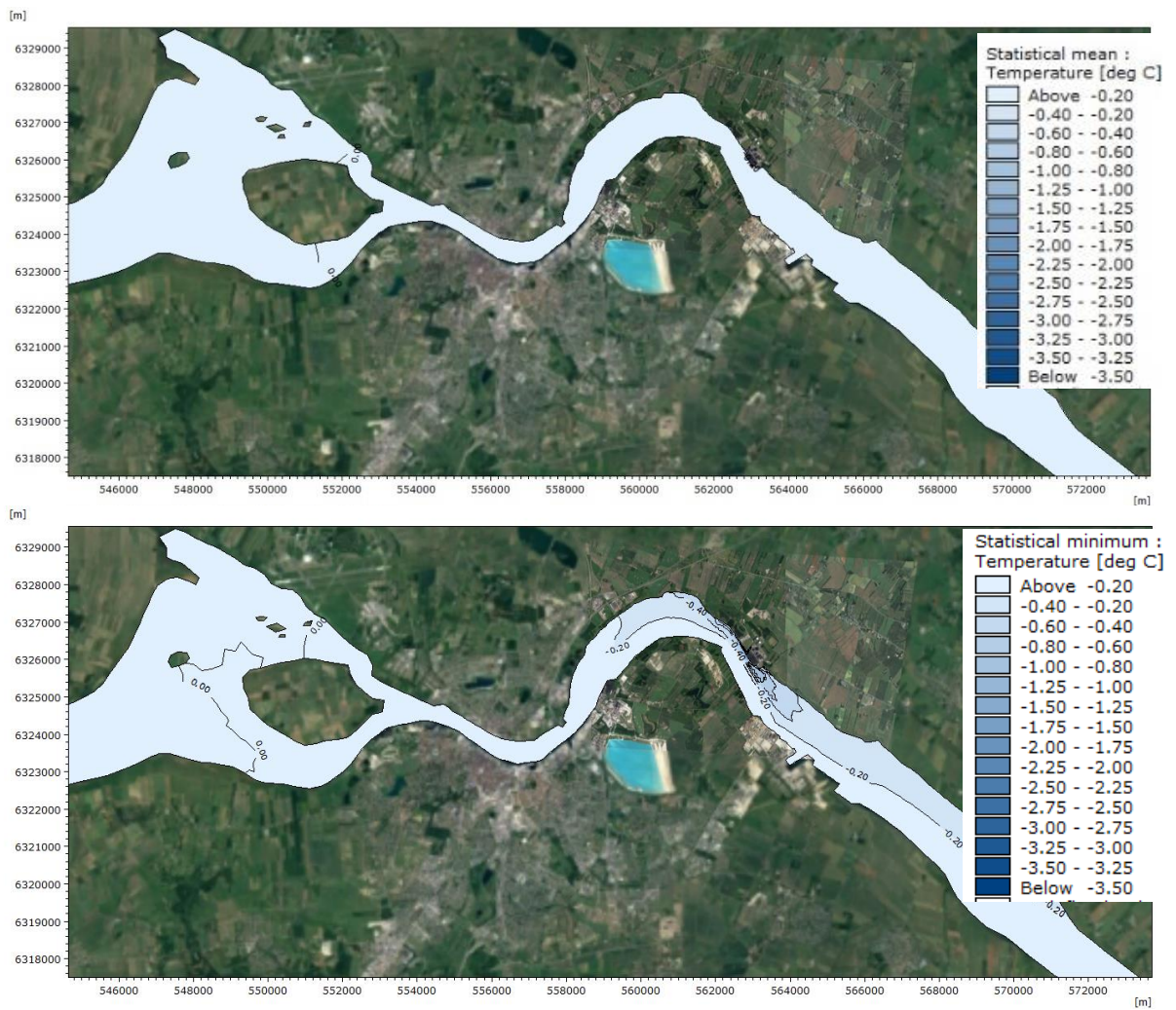
På samme vis som for analyserne af temperaturpåvirkningen for drift af blok 3 viser figur 6-7 – figur 6-9 den modellerede temperaturpåvirkning fra den planlagte havvandsvarmepumpe (150 MW) for de hydrodynamiske scenarier med hhv. dominerende tidevandsforhold, samt forhold med netto- østgående strøm og netto-vestgående strøm. Hvert af de hydrodynamiske scenarier har en varighed på en måned.

Det er vigtigt at forstå, at hverken middel- eller maksimum temperaturpåvirkningerne forekommer samtidigt i hele området, men derimod er et udtryk for statistiske resultater for den pågældende simuleringens periode, der har en varighed på en måned.

Som forventet, medfører driftsscenerierne for havvandsvarmepumpeanlægget, at temperaturpåvirkningen primært er lokal omkring Nordjyllandsværket, hvor en ændring af temperaturen på 1 °C (statistisk maksimum) er helt lokal og 0,2 °C (middel) ikke har en udstrækning på mere end 1,5 km fra Nordjyllandsværket. Temperaturpåvirkningen er relativt ift. til baggrundsvandtemperaturen, dvs. ændring ift. den "naturlige" vandtemperatur.

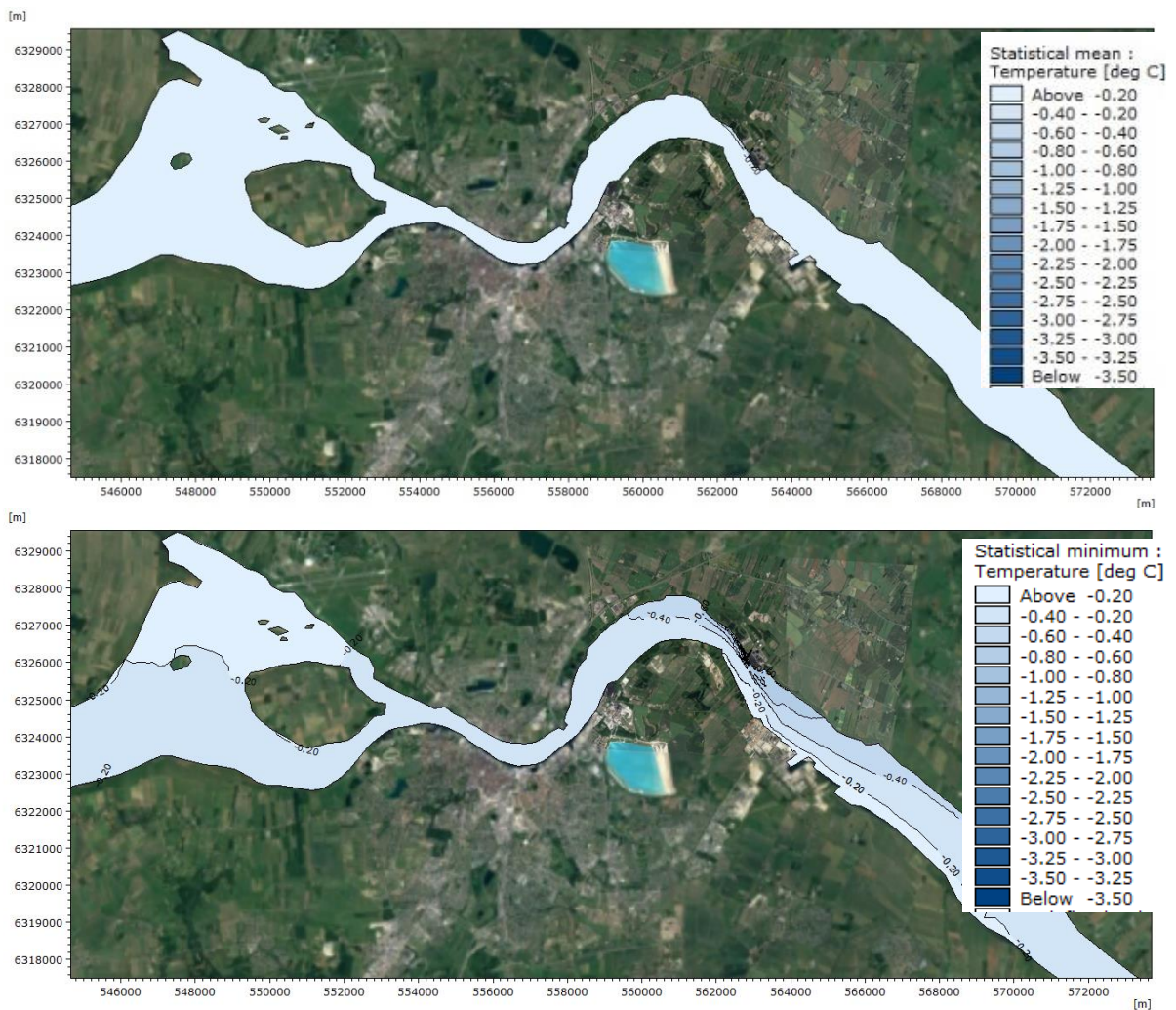


**Figur 6-7: Modelleret middel (øvre) og modelleret statistisk minimum (nedre) temperaturpåvirkning fra den fremtidige planlagte havvandsvarmepumpe (150 MW) for tilfældet med tidevandsdominerede strømforhold. Simuleringsperioden har en varighed på en måned og mørkere blå farver indikerer koldere vand. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).**



**Figur 6-8: Modelleret middel (øvre) og modelleret statistisk minimum (nedre) temperaturpåvirkning fra den fremtidige planlagte havvandsvarmepumpe (150 MW) for tilfældet med dominerende østgående strømforhold. Simuleringsperioden har en varighed på en måned og mørkere blå farver indikerer koldere vand. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).**





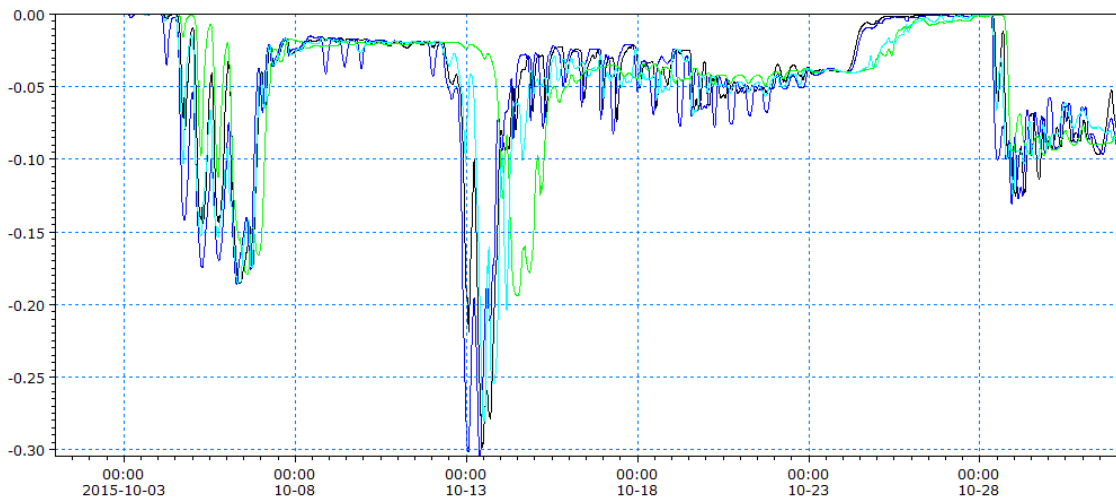
**Figur 6-9: Modelleret middel (øvre) og modelleret statistisk minimum (nedre) temperaturpåvirkning fra den fremtidige planlagte havvandsvarmepumpe (150 MW) for tilfældet med dominerende vestgående strømforhold. Simuleringsperioden har en varighed på en måned og mørkere blå farver indikerer koldere vand. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).**

Som det var gældende for drift af blok 3 og udledning af opvarmet returnvand fremgår det af figur 6-7 – figur 6-9, at der er forholdsvis stor forskel på gennemsnitlige- og maksimale temperaturpåvirkninger. Nedkølingen fra havvandsvarmepumpen er relativt dynamisk og maks.- nedkølingen fra havvandsvarmepumpen er relativt momentan. Dette fremgår af figur 6-10 og figur 6-11, som viser et udtræk af temperaturpåvirkninger hhv. øst og vest for Nordjyllandsværket. Af figurerne fremgår det, at temperaturpåvirkningen kun momentant er høje, hvorimod den gennemsnitlige påvirkning er langt mere reduceret.

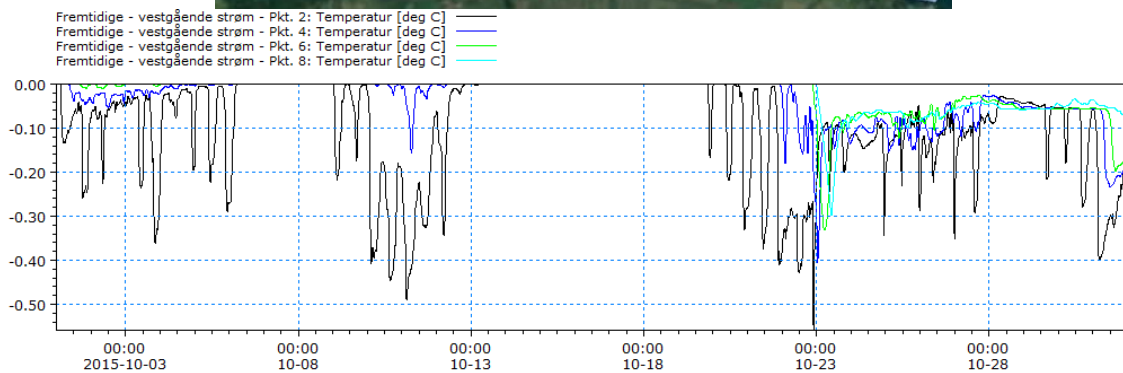
Tidsserier for de resterende undersøgte hydrodynamiske scenarier fremgår af bilag 3.



Fremtidige - vestgående strøm - Pkt. 6: Temperatur [deg C] —  
 Fremtidige - vestgående strøm - Pkt. 7: Temperatur [deg C] —  
 Fremtidige - vestgående strøm - Pkt. 8: Temperatur [deg C] —  
 Fremtidige - vestgående strøm - Pkt. 9: Temperatur [deg C] —



**Figur 6-10: Tidsserie af af modellerede temperaturvariationer vest for Nordjyllandsværket (*nederst*) i angivne udtrækspunkter (*øverst*) for scenariet med dominerende vestgående strøm. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).**



Figur 6-11: Tidsserie af modellerede temperaturvariationer øst for Nordjyllandsværket (nederst) i angivne udtrækspunkter (øverst) for scenariet med dominerende vestgående strøm. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).

### 6.3 Opsummering: Regional temperaturpåvirkning fra drift af Nordjyllandsværket

Den relative påvirkning fra drift af Nordjyllandsværket skal ses i relation til den naturlige temperaturvariation i Limfjorden hen over året, som jf. figur 4-8 gennemsnitligt er ca. 7 – 8 °C (forskel imellem 99%-fraktil og 1%-fraktil).

Påvirkningen som følge af etableringen af en havvandsvarmepumpe skal desuden ses i relation til den historiske variation i udledning af opvarmet returvand fra blok 3, som jf. figur 2 3 har været signifikant. Limfjorden er således generelt påvirket af store temperaturvariationer hen over året og området omkring Nordjyllandsværket specifikt er desuden påvirket af kortvarige og mere eller mindre momentane temperaturudsving, der ved drift af blok 3 har betydet en lokal opvarmning af vandet, men som ved drift af havvarmepumpeanlægget vil betyde lokale nedkølinger eller temperatursænkninger af vandet.

Beregningerne baserer sig på en numerisk model, der er kalibreret mod målte data under drift af blok 3 med en kendt tidsvarierende termisk påvirkning af omgivelserne med en positiv buoyancy (opstigende fane). Der er i dette kapitel gennemført beregninger for et konservativt driftsscenario af blok 3 med maksimalt påvirkning med et termisk input på 430 GJ/s. Beregningerne for havvandskøling er gennemført for forhold med et negativt termisk input på -109 GJ/s og altså negativ bouyncy (synkende fane). Numerisk (uden fortegn) er energiinputtet ved havvandskøling altså kun 23% af af energiinputtet ved det modellerede scenarie for drift af blok 3. Resultater for de to scenarier ses i henholdsvis figur 6-5 og figur 6-11. Sammenlignes de numeriske værdier af de modellerede temperaturvariationer i f.eks. pkt. 2 tæt på indtaget, ses det, at

temperaturpåvirkning ved drift af havvandspumpen er 20-30% af værdierne for driften af blok 3, hvilket virker plausibelt set i forhold til energiinputtet i de to scenarier.

## 7 ANALYSE AF RISIKO FOR TERMISK KORTSLUTNING

For at sikre optimal drift af havvandsvarmepumpen er det vigtigt, at indtag og udløb har en sådan placering, at der hverken sker en uhensigtsmæssig generel sænkning af temperaturen af vandet ved indtaget eller en decideret termisk kortslutning.

At vandet omkring havvandsindtaget har en signifikant lavere temperatur, kan opstå som følge af et af følgende to bidrag, samt potentielt kombinationen af disse, som således undersøges nærmere i det følgende:

### 1. Konstant strømning af afkølet returvand fra udløb mod indtag (direkte termisk kortslutning):

- Jf. afsnit 4 er nettostrømningen i Limfjorden østgående, og da vandindtaget er beliggende øst for udløbet, kan der være en betydende risiko for at det nedkølede returvand fra udløbet i en stor del af tiden løber direkte mod havvandsindtaget.
- Vandindtaget er nedsænket i vandsøjlen, som beskrevet i afsnit 2, hvilket potentielt kan være uhensigtsmæssigt pga. den højere densitet af det koldere vand fra udløbet.

### 2. Regional nedkøling af vand i området, hvilket medfører nedkølet vand ved havvandsindtag:

- Jf. afsnit 4 er vandstrømningen i Limfjorden, på trods af en generel netto-østgående strøm, styret af tidevand. Dvs. at det nedkølede vand fra udløbet af havvandsvarmepumpen periodisk strømmer både øst/vest. Således kan det nedkølede vand fra udløbet f.eks. indledningsvist strømme mod vest, hvor der sker en vis opblanding, hvorefter strømmen vender- og det afkølede vand føres mod øst og op mod indtaget.

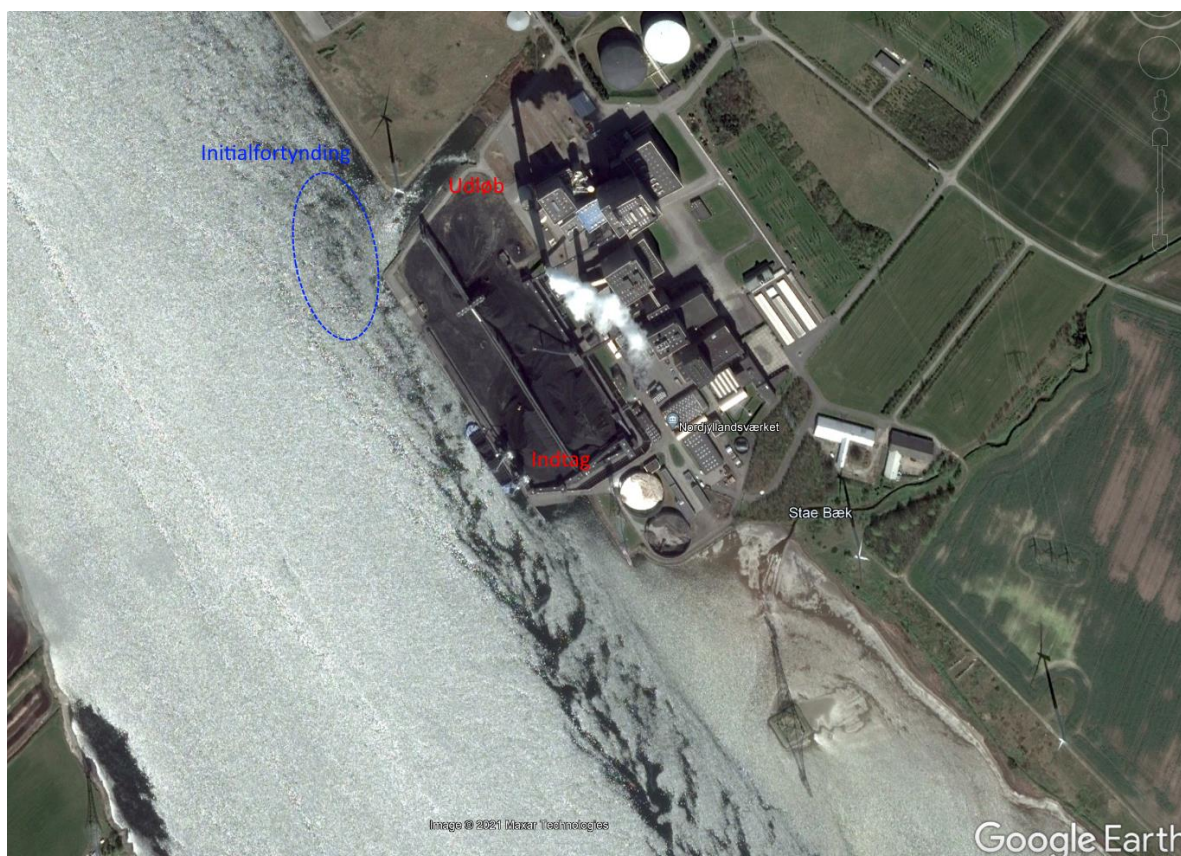
#### 7.1 Indledende vurdering af hydrauliske og termiske forhold lokalt ved havvandsvarmepumpen

Indledningsvist gives en kort beskrivelse og vurdering af de lokale hydrauliske og termiske forhold nær havvandsindtag og udløb ved Nordjyllandsværket.

De fysiske forhold er relativt komplicerede på strækningen fra udløb til indtaget. Vandet udledes fra kølekanalen til et bassin, der har udløb til Langerakvinkelret på hovedstrømmen i Langerak. Når vandet forlader bassinet, er der en ændring af vanddybden på ca. 8 m over en ca. 60 m strækning (forudsat ca. 2 m vanddybde i bassinet), svarende til en bundhældning på mere end 100 o/oo (hvilket giver anledning til en tung bundstrøm). Desuden er der en dybdevariation hen over tværsnittet af Langerak, som pga. densitetsforskelle medfører, at det kolde vand søger mod midten af Langerak, hvor vanddybden er større. Herefter transporteres vandet ca. 300 meter frem mod indtaget.

Figur 7-1 viser et øjebliksbillede for et tidspunkt med udledning fra Nordjyllandsværket under østgående strøm. Det er uvist hvor stor kølevandsudledningen er i situationen, men det ses, at der er en kraftig impuls fra fanen i bassinet (synlig på overfladen). Denne kraftige udledning vil drive en indledende meget lokal hvirvel i bassinet med rotation mod uret og efterfølgende en større hvirvel i overgangen fra bassinet til Langerak. Både den impulsdrevne strømning og strømhvirvlerne vil bidrage til en initial fortynding af det udledte returvand.





**Figur 7-1: Øjebliksbillede af et tidspunkt med signifikant kølevandsudledning fra Nordjyllandsværket samt østgående strøm. Dato for fotoet er d. 5/4/2016. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).**

Initialfortyndingen af kølevandet fra udløbskanalen er afhængig af vandføringen i Langerak. Under typiske tidevandsdominerede strømforhold i Langerak er vandføringen eksempelvis op til ca. 100 m<sup>3</sup>/s i et 50 m snit vinkelret fra kajen ved Nordjyllandsværket og ud i Langerak. 50 m svarer ca. til den vurderede bredde af kølevandsfanen (se figur 7-4). Til sammenligning er kølevandsudledningen op til ca. 13 m<sup>3</sup>/s, hvilket under de givne forudsætninger medfører en fortynding af kølevandet på op imod 87%. Det skal dog nævnes, at der ikke er taget højde for den dybdespecifikke forskel imellem vandføring i Langerak og udledningen fra kølevandskanalen.

Initialfortyndingen af kølevandet fra bassinet er afhængig af vandføringen i Langerak. Denne varierer dog noget over året så der er ca. 60 m<sup>3</sup>/s om sommeren og ca. 380 m<sup>3</sup>/s om vinteren. Den største termiske belastning forventes at være om vinteren, hvor der også er den største naturlige vandføring. På grund af denne østgående netto-strøm skal det udledte vand transporteres forbi indtaget. Ved en ideel opblanding over hele tværsnittet vil det udledte vand altså udgøre ca. 3-23% af den samlede vandmængde og med en kølevandsudledning på 13 m<sup>3</sup>/s med en undertemperatur på 2°C vil vandet i Langerak have en teoretisk undertemperatur på ca. 0.4°C når det passerer indtaget under forudsætning af at der ikke sker noget termisk udveksling med omgivelserne.

## **7.2 Følsomhedsvurderinger ifm. kortslutningsanalyse**

Til analyse af risikoen for termisk kortslutning er der taget udgangspunkt i den kalibrerede model jf. afsnit 5.3. Hertil er der desuden gennemført følsomheds-/robusthedsanalyser på udvalgte modelparametre, med henblik på, til et vist niveau, at tage højde for eventuelle modelusikkerheder – og dermed tage højde for eventuelle variationer i modelresultater. De endelige modelberegninger ift. kortslutningsanalyser tager derfor udgangspunkt i en opsætning

baseret på de mest konservative valg ift. at opnå den største temperaturreduktion ved havvandsindtaget.

Følsomhedsanalyserne er primært gennemført på modelparametre, som påvirker de termiske forhold og dermed risikoen for termisk kortslutning. For hver af de evaluerede følsomheder, er det dog kontrolleret, at de simulerede hydrodynamiske forhold (strøm/vandstand) er sammenlignelige med simuleringer baseret på den kalibrerede model.

Mere specifikt er der ifm. analyse af termisk kortslutning vurderet på følgende følsomheder:

- Vurdering af de mest kritiske strømforhold ift. potentiel termisk kortslutning.
- Betydningen af den vertikale og horisontale termiske dispersion.
- Betydning af turbulensmodel.
- Betydning af den vertikale- og den horisontale diskretisering.

### **7.2.1 Konklusioner fra følsomhedsanalyser**

Følsomhedsanalyser er beskrevet mere detaljeret i bilag 4, mens konklusionerne er præsenteret i det følgende.

#### **Vurdering af de mest kritiske strømforhold ift. potentiel termisk kortslutning**

Baseret på følsomhedsanalyser er det konkluderet, at de hydrodynamiske forhold (strøm) ud for Nordjyllandsværket har en vis påvirkning af de lokale temperaturforhold. For de undersøgte strømscenarier (jf. afsnit 5.1) kan det konstateres, at tidevandsdominerede strømforhold giver anledning lidt højere temperaturreduktion ved havvandsindtaget sammenlignet med scenariet med netto østgående strøm. Scenariet med netto vestgående strøm er ikke undersøgt ifm. kortslutningsanalyserne.

#### **Betydningen af den vertikale og horisontale termiske dispersion**

Simuleringer med forskellige vertikale- og horisontale termiske dispersionskoefficienter viser, at den modellerede temperaturreduktion ved havvandsindtaget kun er lidt følsom overfor den anvendte dispersionskoefficient. Som forventet opstår den højeste temperaturreduktion ved havvandsindtaget for tilfældet uden vertikal termisk opblanding, dvs. en dispersionskoefficient på 0, da dette medfører en mere koncentreret kølevandsfane ved havvandsindtaget.

#### **Betydning af model-diskretisering overfor termiske forhold**

Analyse af temperaturforholdene i tilfælde af forskellige model-diskretiseringer (horisontalt og vertikalt) viser generelt, at temperaturen ved indtaget kun er lidt følsom overfor diskretiseringen. Anvendelsen af blot to sigma-lag (vertikal inddeling) medfører, at det nedkølede vand fra udløbet "tvinges", via beregningsnettet, ned i vandsøjlen, hvor havvandsindtaget er beliggende. Derfor medfører denne vertikale diskretisering periodisk den største temperaturreduktion ved havandsindtaget.

Det kan desuden konstateres, at anvendelsen af et rektangulært beregningsnet imellem udløb og indtag medfører en lille forøgelse af temperaturreduktionen ved havvandsindtaget, sammenlignet med anvendelsen af et triangulært beregningsnet.

#### **Betydning af turbulensmodel**

Der er gennemført modelberegninger ift. at vurdere på følsomheden af temperaturen ved indtaget overfor den anvendte vertikale turbulensmodel. Følsomhedssimuleringerne er gennemført for hhv. log-law samt k-epsilon. Ved sammenligning kan det konstateres, at der kun forekommer en relativt begrænset følsomhed af temperaturforholdene ved havvandsindtaget overfor valg af turbulensmodel.

### 7.3 Temperaturreduktion ved havvandsindtag

I det følgende estimeres temperaturreduktionen ved havvandsindtaget for to scenarier; hhv. uden temperatur-/salinitetslagdeling i Langerak samt inkl. lagdeling. Der er taget udgangspunkt i driftsscenarioet med  $\Delta t = -2^\circ\text{C}$  (repræsentativt for vinterperioden) og en konstant vandføring på  $13,04 \text{ m}^3/\text{s}$  i hele perioden. Hertil evalueres de to hydrodynamiske scenarier 1 og 3, som er repræsentative for hhv. tidevandsdomineret strøm, samt netto-østgående strøm. Det er på forhånd vurderet, at scenariet med netto-vestgående strøm ikke er relevant ifm. analyser af termisk kortslutning.

Til analyserne anvendes en model med en diskretisering som vist i figur 9 (højre) i bilag 4, og med en vertikal diskretisering bestående af 2 vertikale sigma-lag og z-lag med 1 m tykkelse. Hertil anvendes en vertikal dispersion på 0, som jf. følsomhedsanalyser i bilag 4 medfører en øget temperaturreduktion ved indtaget sammenlignet med anvendelsen af en højere dispersionskoefficient.

I kortslutningsanalyserne er der anvendt en kobling af kilde/dræn ved hhv. udløb og indtag i 4 niveauer (dvs. i hhv. 0,25 m, 0,75 m, 1,25 m, 1,75 m over bunden ved udløb, og i kote - 8,5, - 7,5, -6,5, og -5,5 ved indtag). Resultater for temperaturreduktion er baseret på middel af modelleret vandtemperatur ved indtaget i de nævnte 4 koter. Vanddybden i udløbskanalen er forudsat til 2 m (baseret på tilgængelige søkort).

#### 7.3.1 Temperaturreduktion ved havvandsindtag for tilfældet uden salinitets- og temperaturlagdeling i Langerak

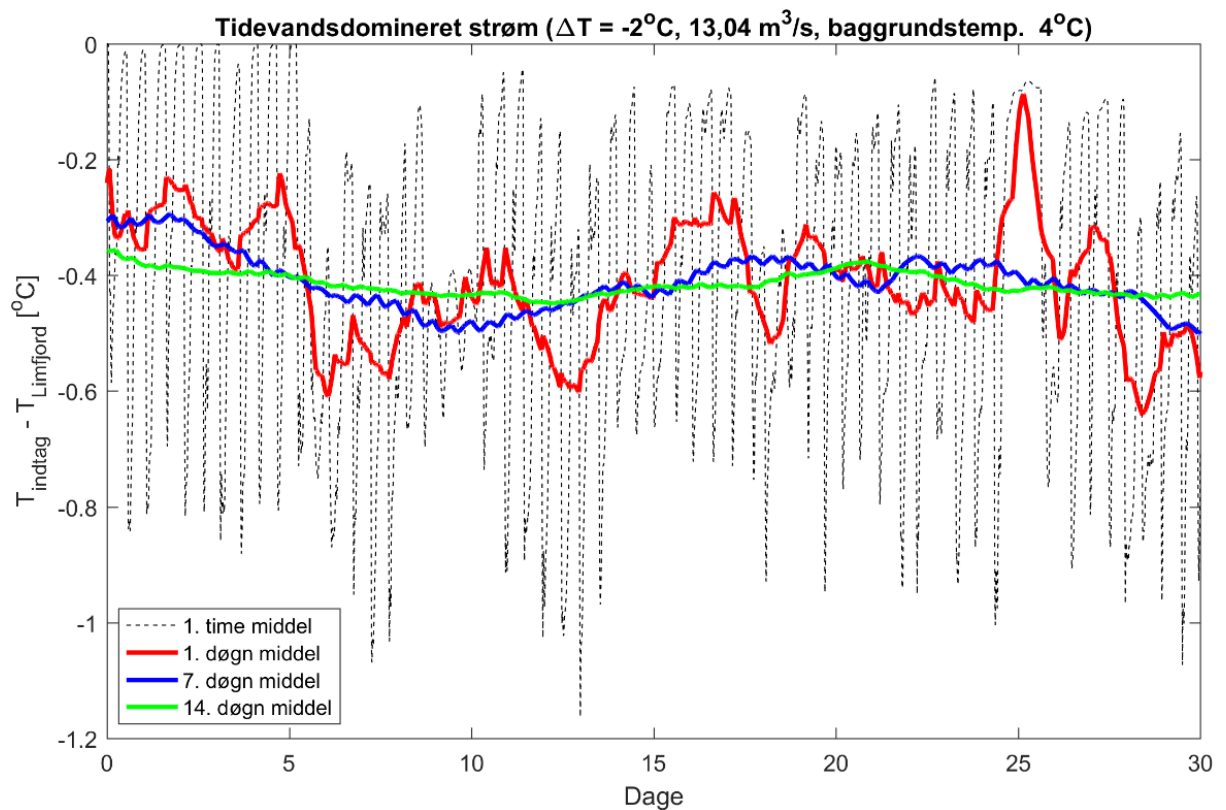
I det følgende præsenteres temperaturreduktionen ved havvandsindtaget for tilfældet uden lagdeling i Langerak, men for de hydrodynamiske scenarier med hhv. tidevandsdomineret strøm og netto- østgående strøm.

##### Tidevandsdomineret strøm

Figur 7-2 viser forskellen imellem havvandstemperaturen umiddelbart foran indtaget, sammenlignet med havvandstemperaturen i Langerak, for det hydrodynamiske scenarie med tidevandsdomineret strøm. I dette scenarie er der en konstant baggrundstemperatur i Langerak på  $4^\circ\text{C}$  (svarende til middeltemperaturen i vinterperioden) og en konstant salinitet på 25 PSU (svarende til den gennemsnitlige salinitet i Langerak). I figuren er temperaturændringen præsenteret ved løbende middel over hhv. 1. time, 1. døgn, 7. døgn, samt 14. døgn.

Som det fremgår af figur 7-2, kan der forventes momentane temperatur-reduktioner på ned til ca.  $-1,2^\circ\text{C}$ , hvorimod den gennemsnitlige reduktion ligger i spændet ca.  $-0,1^\circ\text{C}$  -  $-0,6^\circ\text{C}$  (svarende til 1 døgns løbende middel).

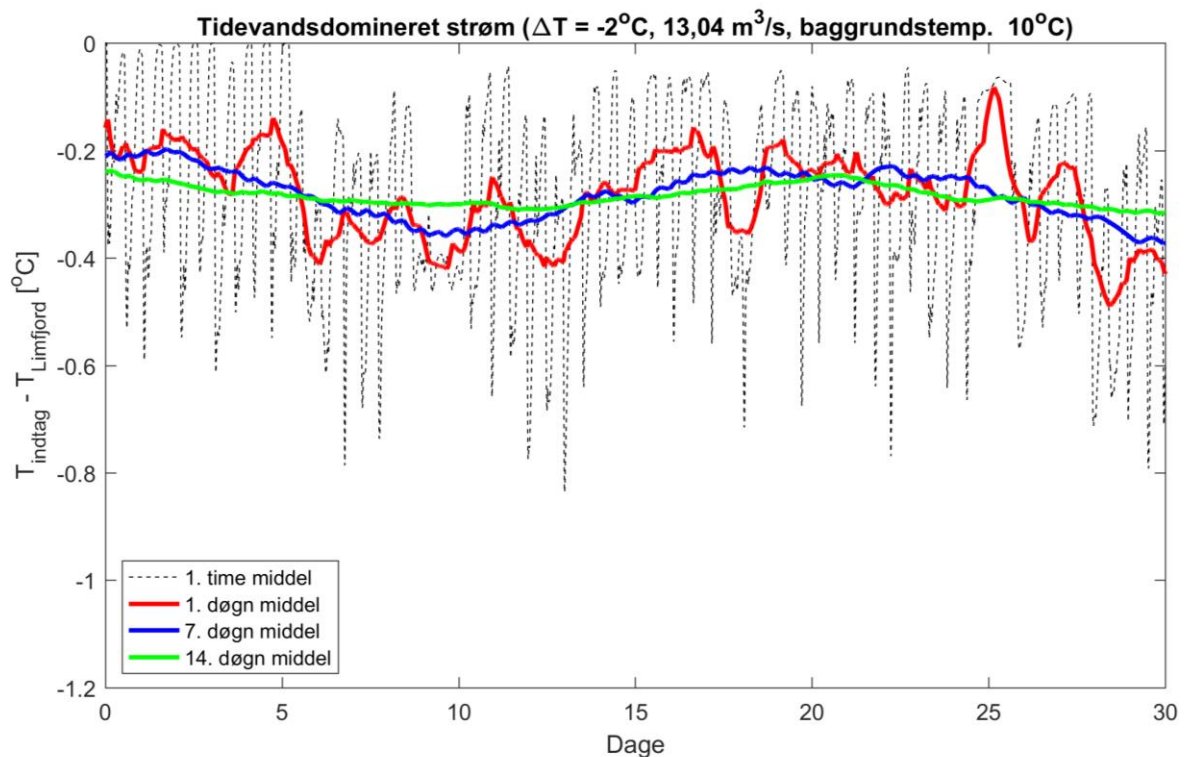




**Figur 7-2: Temperaturreduktion ved havvandsindtaget under forhold med dominerende tidevand og en baggrundstemperatur på  $4^\circ\text{C}$ .**

Figur 7-3 viser den estimerede temperaturreduktion ved havvandsindtaget for samme scenarie som i figur 7-2, men med en baggrundsvandtemperatur på  $10^\circ\text{C}$  i stedet for  $4^\circ\text{C}$ . En vandtemperatur på  $10^\circ\text{C}$  svarer ca. til den gennemsnitlige temperatur i forår- og efterårsmånederne.

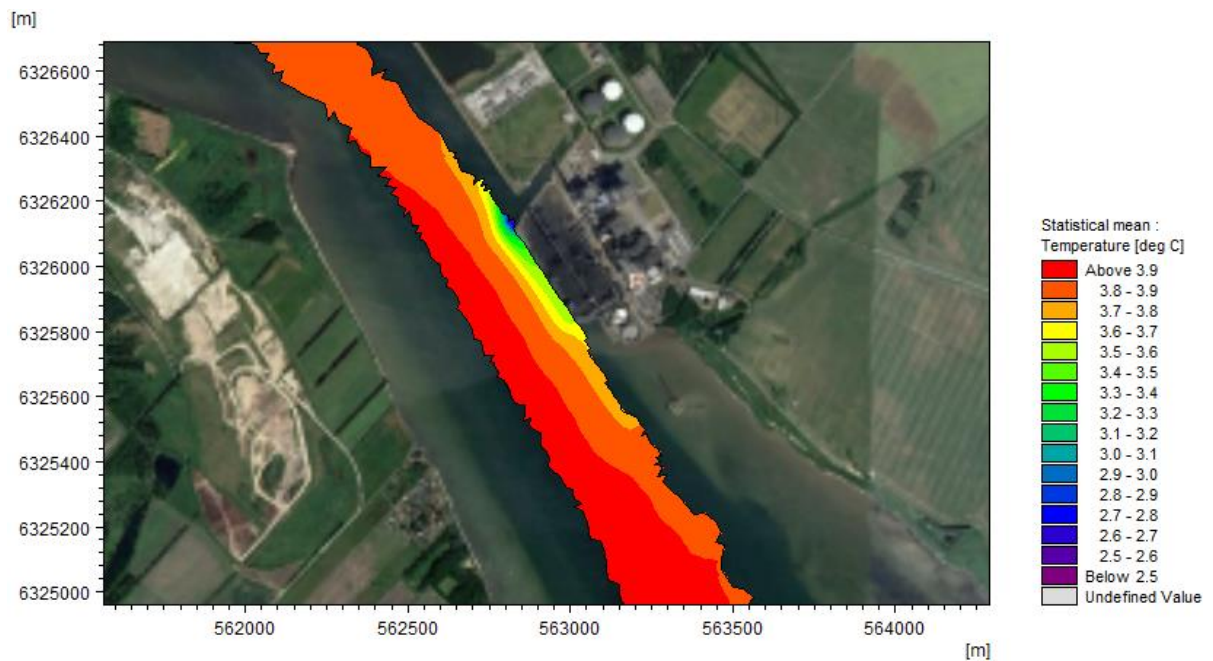
Ved sammenligning af figur 7-3 og figur 7-2 fremgår det, at temperaturreduktionen ved havvandsindtaget er større ved en baggrundstemperatur på  $4^\circ\text{C}$  sammenlignet med baggrundstemperatur på  $10^\circ\text{C}$ . Således kan der ved en baggrundstemperatur på  $10^\circ\text{C}$  forventes momentane temperatur-reduktioner på ned til ca.  $-0,8^\circ\text{C}$ , hvorimod den gennemsnitlige reduktion ligger i spændet ca.  $-0,1^\circ\text{C}$  -  $-0,4^\circ\text{C}$  (svarende til 1 døgn's løbende middel). Dette er ca.  $0,2^\circ\text{C}$  højere sammenlignet med situationen med baggrundstemperatur på  $4^\circ\text{C}$ .



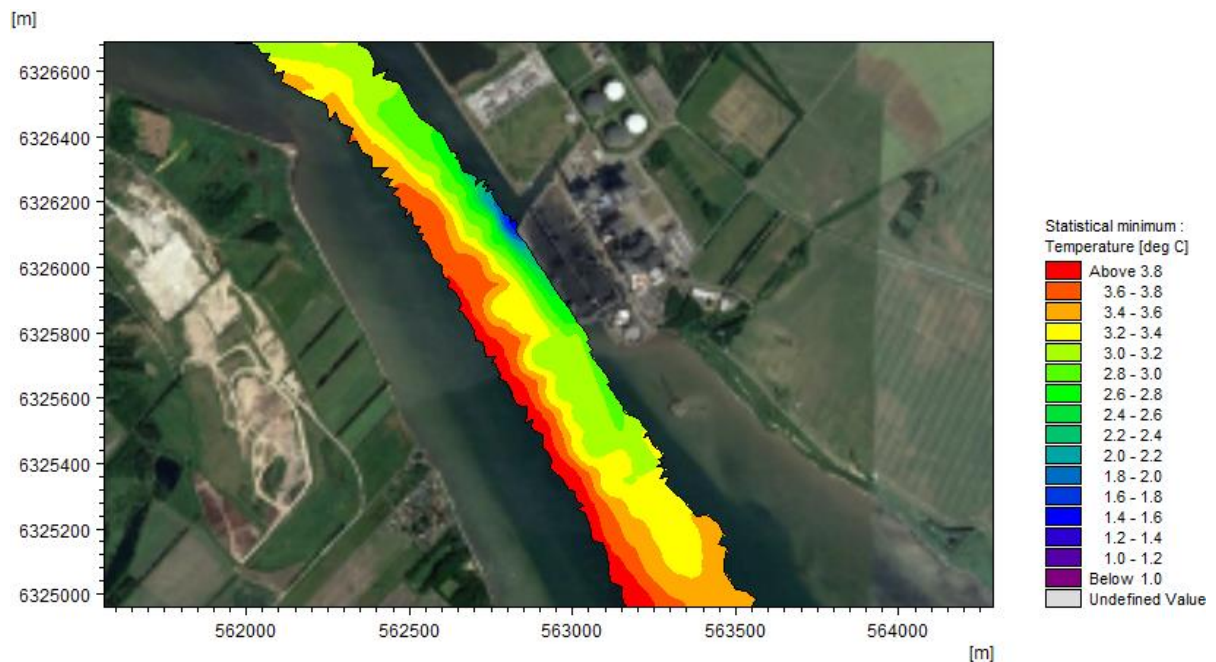
**Figur 7-3: Estimeret temperaturreduktion ved havvandsindtaget under forhold med dominerende tidevand og baggrundstemperatur på  $10^\circ\text{C}$ .**

Figur 7-4 og figur 7-5 viser hhv. minimum- og middeltemperaturer lokalt i området ved Nordjyllandsværket i en dybde svarende kote -7 til -8 (dvs. umiddelbart i midten af havvandsindtaget) for samme periode som præsenteret i figur 7-2, dvs. for scenariet med tidevandsdomineret strøm.

Af figur 7-5 kan det bl.a. konstateres, at temperaturfanen for en middeltemperaturreduktion på ca.  $0,4^\circ\text{C}$ , i den pågældende dybde, har en bredde på ca. 50 m ved havvandsindtaget (hvilket også var den anvendte bredde i eksemplet for initialfortyndingen i afsnit 7.1).



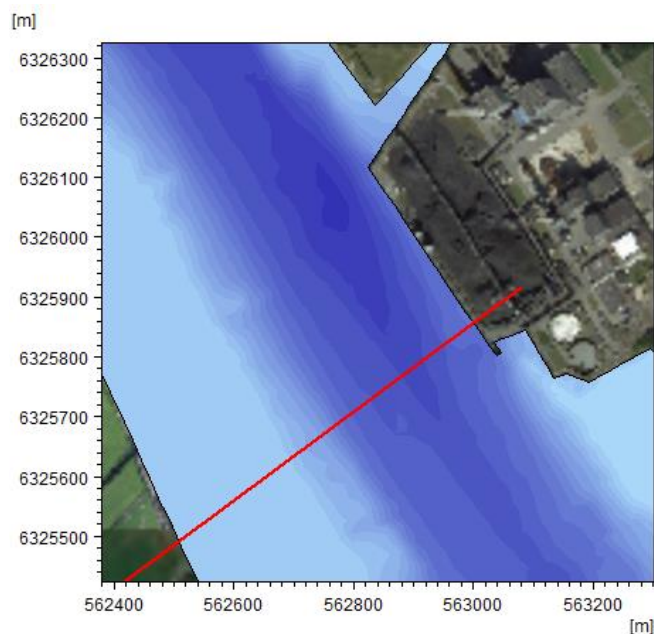
**Figur 7-4: Statistisk minimumtemperatur lokalt ved Nordjyllandsværket i en dybde svarende til kote -7 til -8 under forhold med dominerende tidevand og en baggrundstemperatur på 4 °C – samme forhold som præsenteret i figur 7-2. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).**



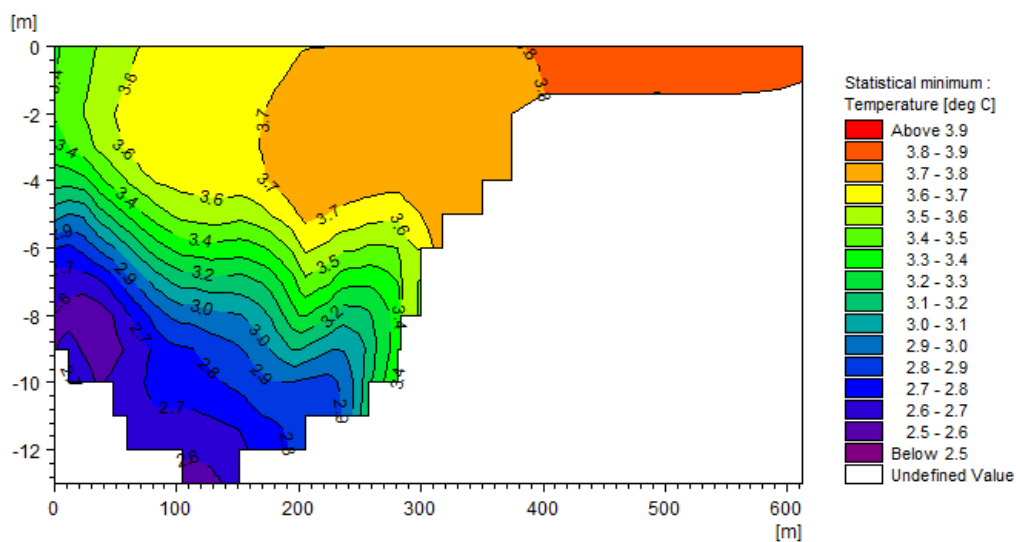
**Figur 7-5: Statistisk minimumtemperatur lokalt ved Nordjyllandsværket i en dybde svarende til kote -7 til -8 under forhold med dominerende tidevand og baggrundstemperatur på 4 °C – samme forhold som præsenteret i figur 7-2. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).**

Generelt må der, jf. figur 7-4 og figur 7-5, forventes en konstant betydelig temperaturreduktion i udløbsbassinet. For det pågældende scenarie er middeltemperaturreduktionen i bassinet ca. 2,5°C.

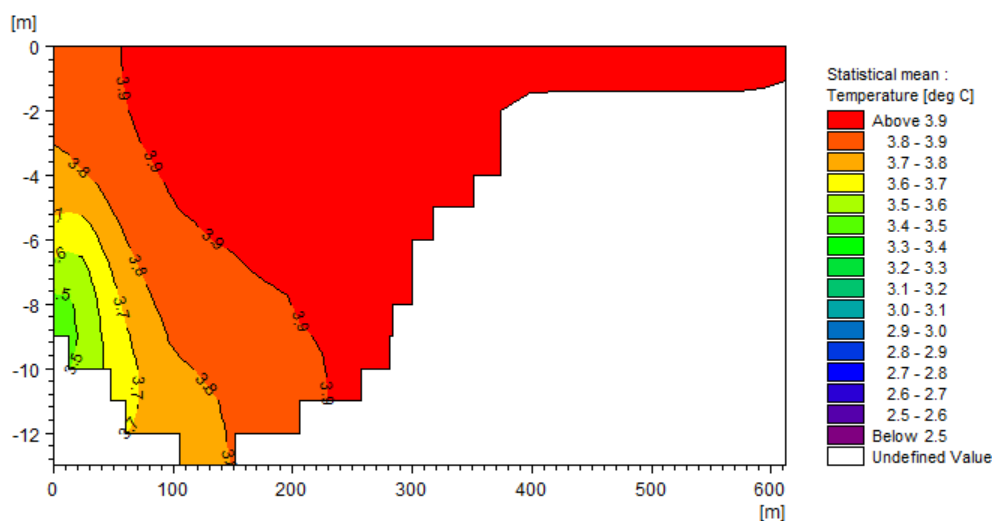
Figur 7-7 og figur 7-8 viser hhv. minimum- og middel-temperaturer i et vertikalt snit på tværs af Langerak umiddelbart ved havvandsindtaget (se figur 7-6) for scenariet med tidevandsdominerede strømforhold. Indtaget er beliggende i venstre side af figurerne.



Figur 7-6: Illustration af snit hvori der er udtrukket temperaturer.



Figur 7-7: Minimumtemperatur i et snit i Langerak, beliggende umiddelbart ved havvandsindtaget, for det hydrodynamiske scenarie med tidevandsdomineret strøm i Langerak. Baggrundstemperaturen i Langerak er 4 °C.



**Figur 7-8: Middeltemperatur hen over snit i Langerak, beliggende umiddelbart ved havvandsindtaget, for det hydrodynamiske scenarie med tidevandsdomineret strøm i Langerak. Baggrundstemperaturen i Langerak er 4 °C.**

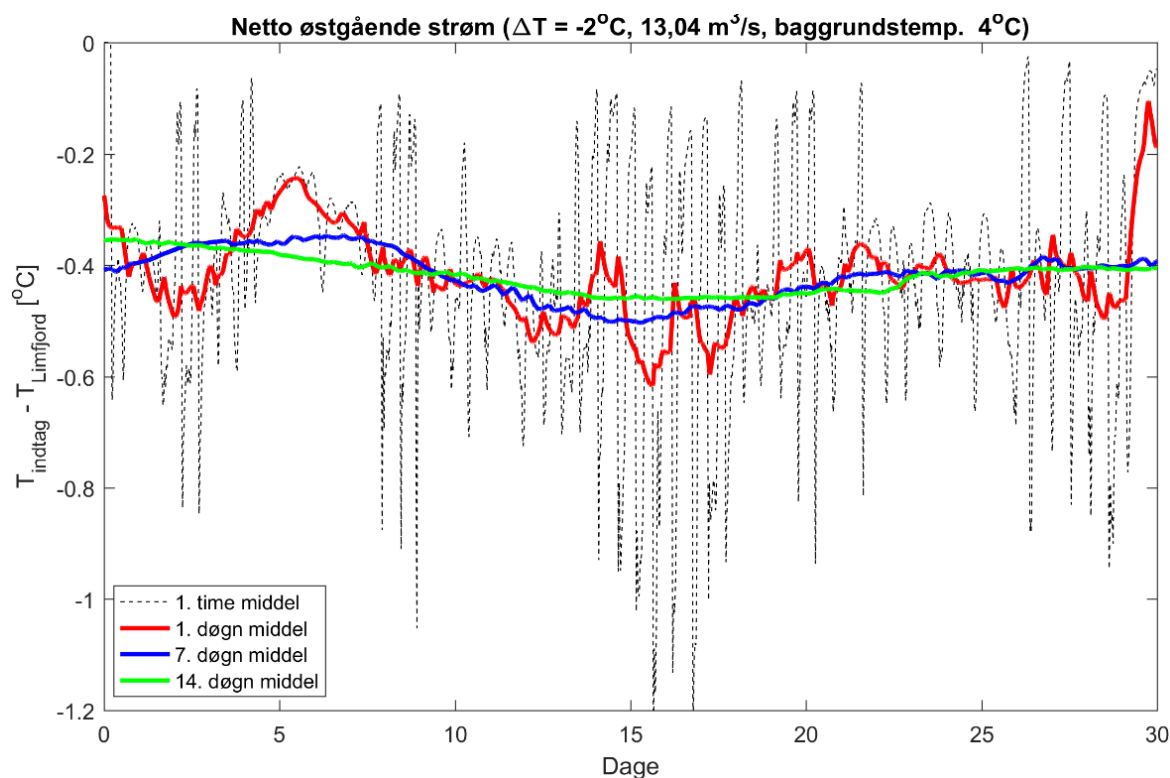
Som det fremgår af figur 7-7 og figur 7-8 løber det koldere og tungere nedkølede returnvand i den nedre del af vandsøjlen, fra kote -5 til kote -9 (dvs. umiddelbart i området ved havvandsindtaget). Herudover kan det ses, at det nedkølede- og dermed tungere returnvand søger mod midten af Langerak, pga. den større vanddybde i midten af sejlrenden.

Netop pga. den lavere vandtemperatur i den nedre del af vandsøjlen, kan en potentiel afhjælpningsforanstaltning mod termisk kortslutning være at etablere en fodspuns umiddelbart ved indtaget, med henblik på at lade det koldeste vand passere forbi indtaget. Alternativt kan havvandsindtaget eller havvandsudløbet rørlægges, således at disse parallelt forskydes vinkelret på strømretningen i Langerak.

### **Netto- østgående strøm**

Figur 7-9 viser forskellen imellem havvandstemperaturen umiddelbart foran indtaget, sammenlignet med havvandstemperaturen i Langerak (i dette tilfælde 4 °C), for det hydrodynamiske scenarie med netto- østgående strøm. Som det fremgår af figuren, kan der for dette scenarie forventes momentane temperatur-reduktioner på ned til ca. -1 - -1,2 °C, hvorimod den gennemsnitlige reduktion ligger i spændet ca. -0,1 °C - -0,6 °C (svarende til 1 døgn's løbende middel).



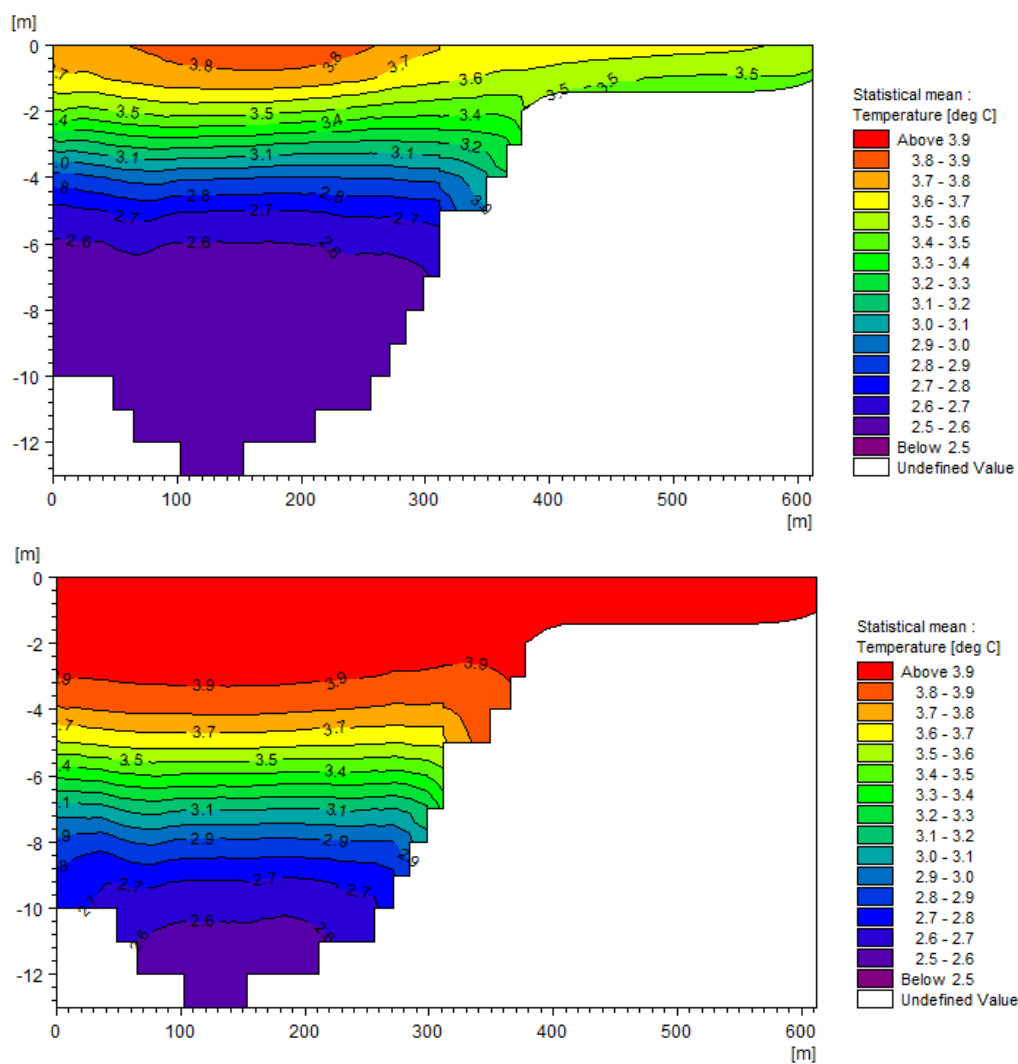


**Figur 7-9: Temperaturreduktion ved havvandsindtaget under forhold med netto østgående strøm.**

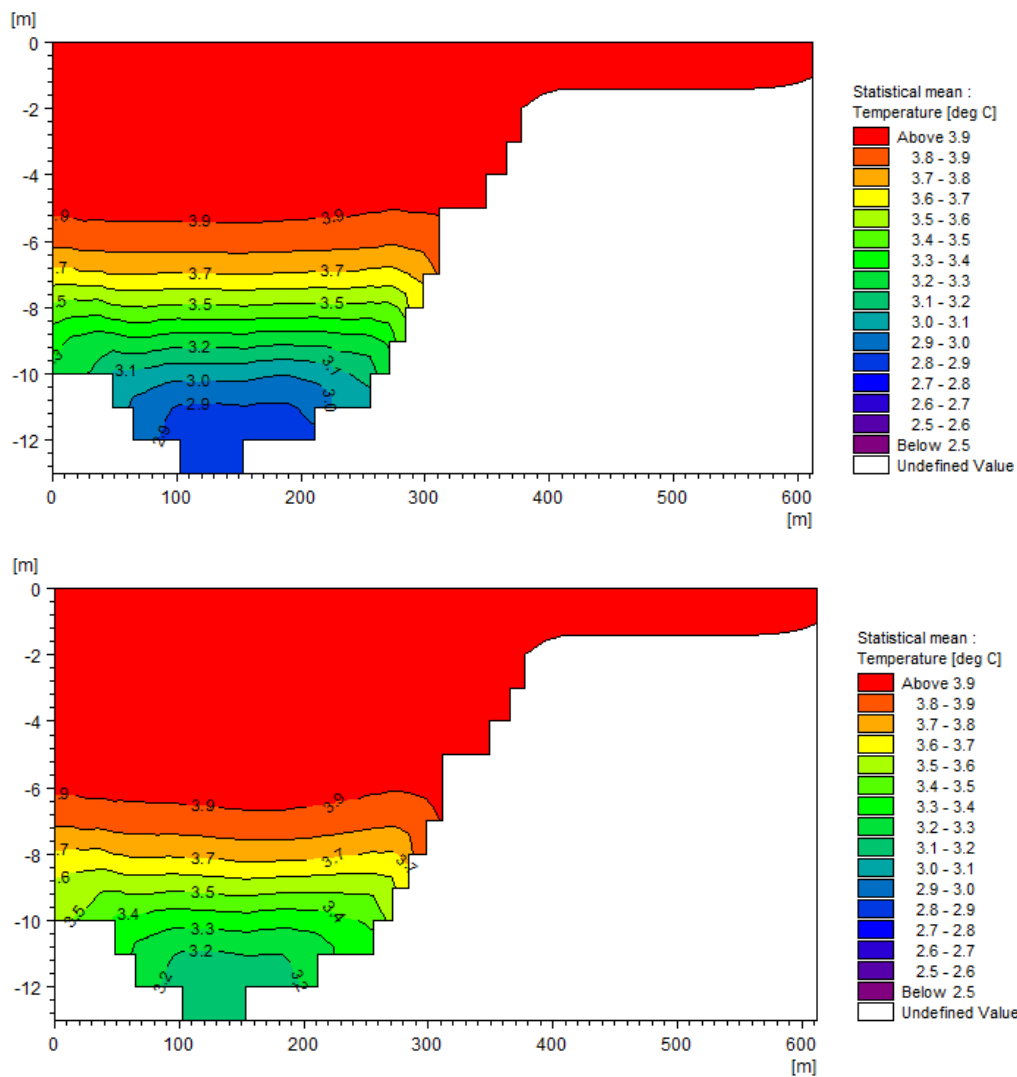
### 7.3.2 Temperaturreduktion ved havvandsindtag for tilfældet med salinitets- og temperaturlagdeling i Langerak

I det følgende analyseres temperaturreduktionen ved havvandsindtaget for scenariet inkl. salinitets- og temperaturlagdeling i Langerak. Der vurderes på et scenarie med en temperaturlagdeling i vandsøjlen på  $1,5^\circ\text{C}$ , hvilket ca. svarer til 99,9%-fraktil jf. historiske målinger (afsnit 4.4), samt en salinitetslagdeling på  $2,5 \text{ PSU}$ , hvilket ca. svarer til 99,9%-fraktil jf. historiske målinger (afsnit 4.5.1).

Til analyserne forudsættes en baggrundsvandtemperatur på  $4^\circ\text{C}$  og en baggrundssalinitet på  $25 \text{ PSU}$  i toppen af vandsøjlen. Lagdelingen introduceres ved at der, baseret på et initialt grænselag beliggende i hhv. kote  $-5$ ,  $-7$ ,  $-8$ , og  $-9$ , foretages reduktion af vandtemperaturen til  $2,5^\circ\text{C}$  samt forøgelse af saliniteten til  $27,5 \text{ PSU}$ , under grænselaget. Under simuleringen spredtes temperaturvariationen i vandsøjlen dog naturligt, hvilket medfører de viste undersøgte gennemsnitlige vertikale temperaturvariationer i figur 7-10 og figur 7-11 (temperaturvariationer efter 5 døgn).



**Figur 7-10: Middeltemperatur for et snit i Langerak, beliggende umiddelbart ved havvandsindtaget, for scenarierne med et initialt grænselag beliggende ca. i kote -5 (øverst) og kote -7 (nederst) – uden drift af havvandsvarmepumpen.**

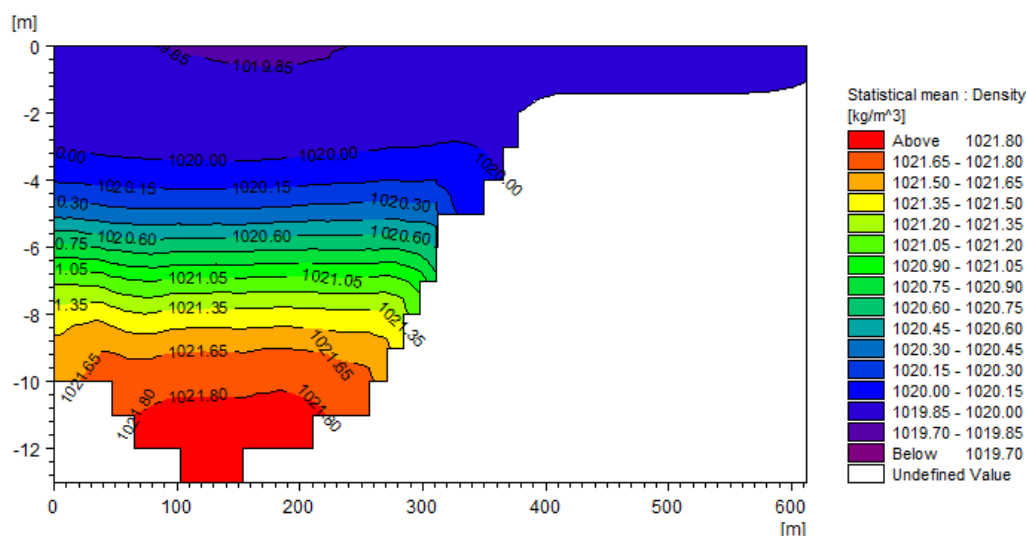


**Figur 7-11: Middeltemperatur for et snit i Langerak, beliggende umiddelbart ved havvandsindtaget, for scenarierne med et initialt grænselag beliggende i ca. kote -8 (øverst) og kote -9 (nederst) – uden drift af havvandsvarmepumpen.**

Som det fremgår af figur 7-10 og figur 7-11 er der lidt forskel på den vertikale temperaturvariation i de forskellige undersøgte scenarier af beliggenheden af grænselaget (imellem 0,9 °C - 1,5 °C forskel imellem top- og bund af vandsøjlen). Dog ligger alle undersøgte temperaturvariationer jf. afsnit 4.4 højere end 95%-fraktilen for temperaturlagdeling i vandsøjlen.

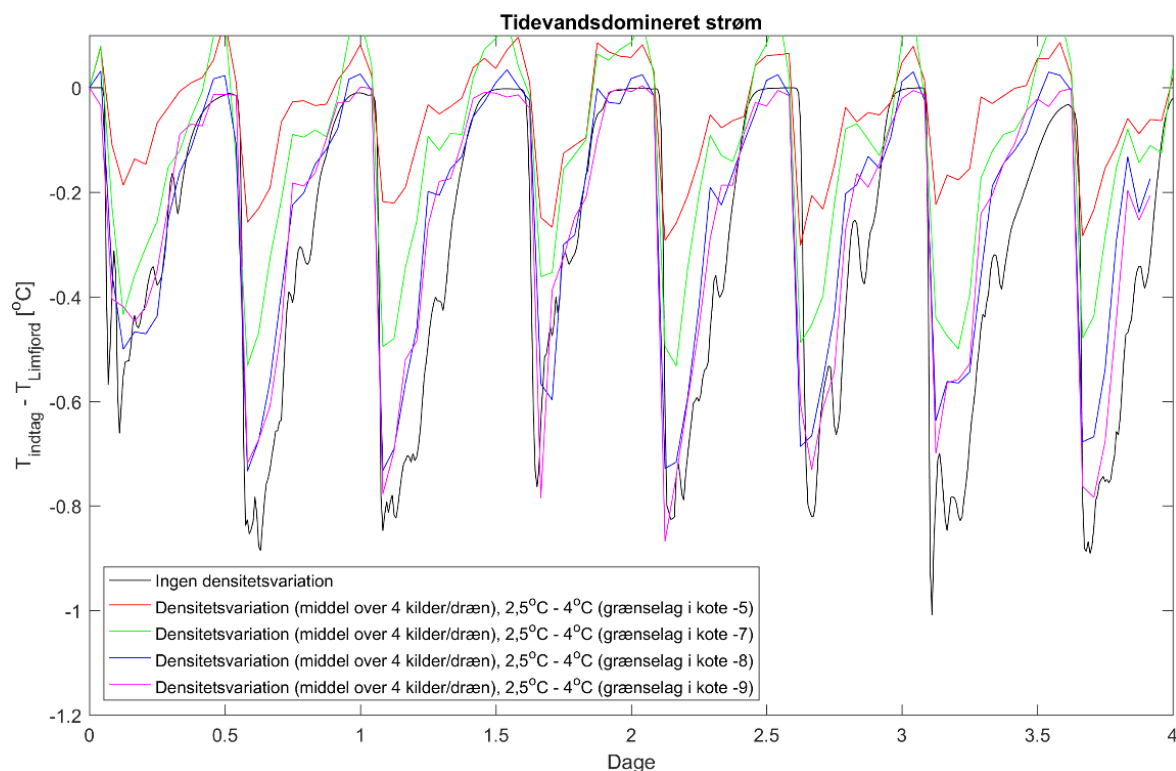
Salinitets-lagdelingen er foretaget på samme vis som beskrevet vedr. temperaturlagdelingen. Et eksempel på den resulterende densitetslagdeling (baseret på salinitets- og temperaturlagdelingen) i modellen, for tilfældet med et initialt grænselag beliggende i kote -7, er vist i figur 7-12. Som det fremgår af figuren, er densitetsvariationen i vandsøjlen for det viste eksempel ca. 2 kg/m<sup>3</sup>, hvilket jf. afsnit 4.5.2 svarer til ca. 99,9%-fraktilen - baseret på tilgængelige historiske målinger.





**Figur 7-12: Variation af densiteten for et snit i Langerak, beliggende umiddelbart ved havvandsindtaget, for scenariet med et initialt grænselag beliggende i ca. kote -7 – uden drift af havvandsvarmepumpeanlægget.**

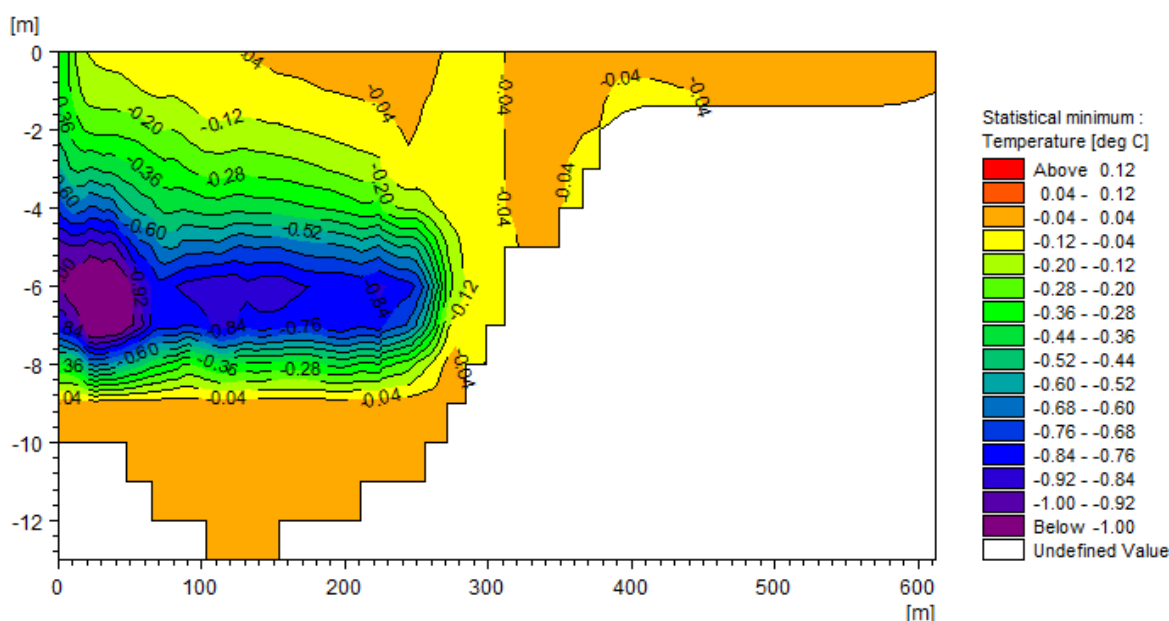
Figur 7-13 viser en tidsserie af temperaturreduktionen ved havvandsindtaget for scenariet med drift af havvandsvarmepumpeanlægget, tidevandsdomineret strøm samt temperatur-/salinitets- (densitets-) grænselag beliggende i hhv. kote -5, -7, -8, og -9. Temperaturreduktionen er baseret på differencen imellem modelresultater for scenariet hhv. inkl. og ekskl. drift af havvandsvarmepumpen. I figuren indgår desuden resultater for scenariet uden temperatur- og salinitetslagdeling.



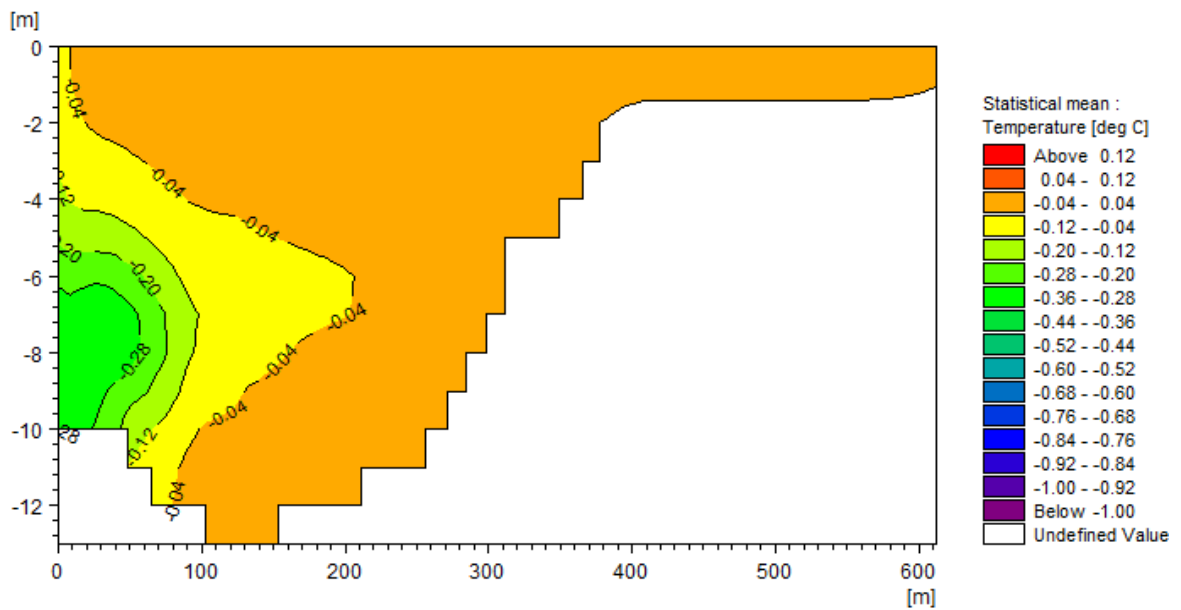
**Figur 7-13: Tidsserie af temperaturreduktion ved havvandsindtaget under forhold med dominerende tidevand samt temperatur- og salinitetslagdeling.**

Som det fremgår af figur 7-13, opstår den største temperaturreduktion ved havvandsindtaget for de undersøgte laggrænsescenarier, når der er et initialt grænselag i ca. kote -9. Dette scenarie giver anledning til en temperaturreduktion, som er af nogenlunde samme størrelsesorden som ved scenariet uden lagdeling. Hertil skal det nævnes, at den absolutte vandtemperatur ved havvandsindtaget er lavere for scenariet med temperaturlagdeling, pga. den lavere baggrundstemperatur ved koten for havvandsindtaget, men temperatur-reduktionen er af samme størrelsesorden som for scenariet uden lagdeling.

Figur 7-14 og figur 7-15 viser vertikalsnit af hhv. minimum- og middel-temperaturer for et snit beliggende umiddelbart ved havvandsindtaget (beliggenhed af snit er illustreret i figur 7-6) for scenariet med tidevandsdominerede strømforhold samt grænselag i ca. kote -9. Figurerne viser temperaturændringen dvs. differencen imellem modelresultater for tilfældene hhv. inkl. og ekskl. drift af havvandsvarmepumpen. Som det fremgår af figurerne, medfører den højere densitet i den nederste del af vandsøjlen, at den nedkølede temperaturfane indlejres lidt højere op i vandsøjlen sammenlignet med scenariet ekskl. densitetsvariation, jf.



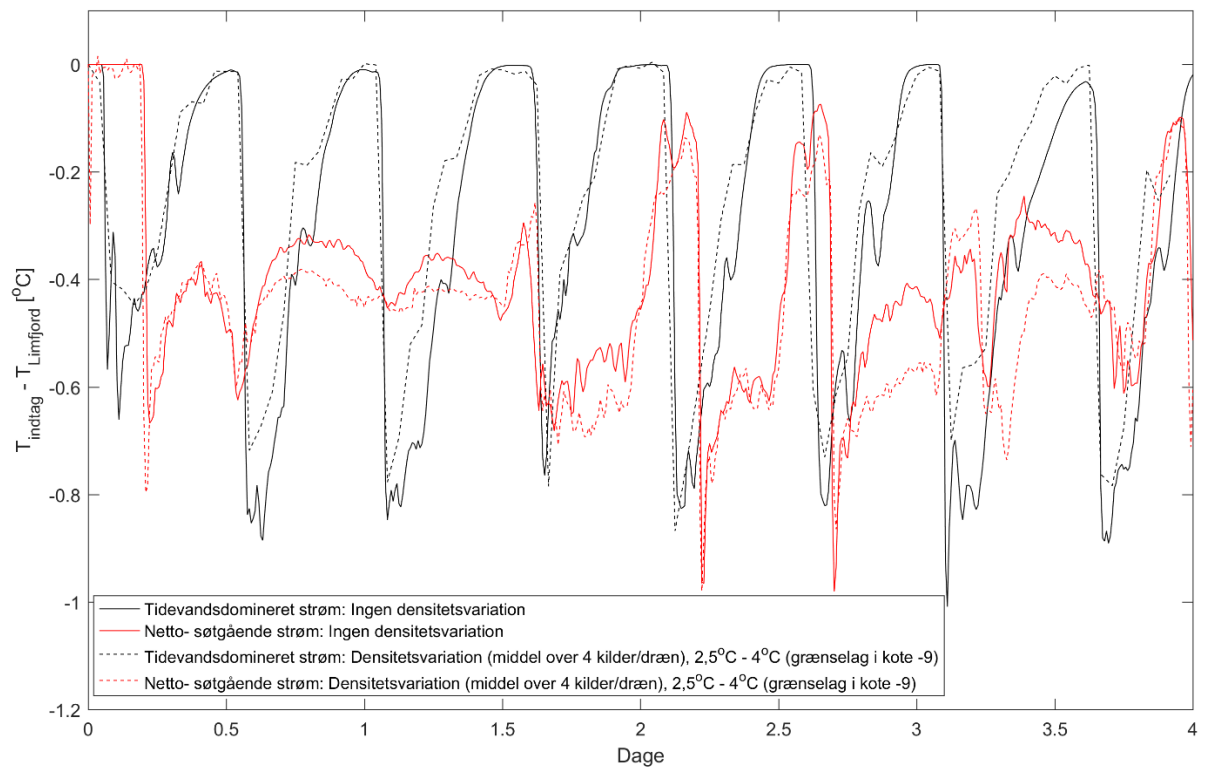
**Figur 7-14: Ændring af minimumtemperatur for et snit i Langerak, beliggende umiddelbart ved havvandsindtaget, for det hydrodynamiske scenarie med tidevandsdomineret strøm i Langerak (samme scenarie som vis i figur 7-13). For det viste tilfælde er der introduceret et grænselag i kote -9.**



Figur 7-15: Ændring af middeltemperatur for et snit i Langerak, beliggende umiddelbart ved havvandsindtaget, for det hydrodynamiske scenarie med tidevandsdomineret strøm i Langerak (samme scenarie som vis i figur 7-13). For det viste tilfælde er der introduceret et grænselag i kote -9.

### 7.3.2 Sammenligning af scenarier inkl. og ekskl. densitetsvariation

Figur 7-16 viser temperaturreduktionen ved havvandsindtaget for scenarierne hhv. ekskl. lagdeling og inkl. lagdeling (grænselag i kote -9) for de hydrodynamiske scenarier med tidevandsdomineret strøm og netto- østgående strøm.



Figur 7-16: Tidsserie af temperaturreduktionen ved havvandsindtaget for de hydrodynamiske scenarier med hhv. dominerende tidevand samt netto- østgående strøm, samt for scenarierne uden og med laggrænse.

Som det fremgår af figur 7-16, er temperaturreduktionen (for de undersøgte scenarier) ved havvandsindtaget af nogenlunde samme størrelsesorden uafhængigt af hvorvidt der forekommer en lagdeling eller ej. Temperaturreduktionen er umiddelbart lidt højere for tilfældet med en lagdeling ved scenariet med netto- østgående strøm, hvorimod der ved tidevands-domineret strøm haves en lidt højere temperaturreduktion for tilfældet uden lagdeling.

#### **7.4 Opsummering: termisk kortslutning**

De undersøgte scenarier viser, at der til et vist niveau må forventes en generel reduktion af vandtemperaturen ved havvandsindtaget, sammenlignet med den naturlige baggrundstemperatur i Langerak. Desuden må der generelt forventes en relativt signifikant reduktion af vandtemperaturen i bassinet ved udløbskanalen – afhængig af de givne driftsforhold.

Grundlæggende giver ingen af de undersøgte scenarier anledning til en decideret termisk kortslutning, hvor der over tid opstår en konstant nedadgående vandtemperatur ved indtaget. Derimod viser resultater, at den gennemsnitlige temperaturreduktion (gennemsnit over et døgn) relativt hurtigt stabiliserer sig på et niveau i størrelsesordenen  $-0,1^{\circ}\text{C}$  -  $-0,6^{\circ}\text{C}$  (afhængig af driftsforhold og afhængig af termiske- og hydrodynamiske forhold i Langerak). De største temperaturreduktioner forekommer ved tidevandsdominerede strømforhold, der typisk forekommer i stille perioder, mens temperaturreduktionen er lavere ved dominerende østgående strøm, der typisk forekommer i vintermånederne, hvor der forventes størst drift af havvandsvarmepumpeanlægget.

Undersøgte hydrodynamiske scenarier dækker relativt normale forhold (dvs. tidevandsdominerede strømforhold, som er dominerende i Limfjorden og Langerak). De termiske forhold imellem havvandsindtag og -udløb viser sig dog at være følsomme overfor driftsforhold og hydrodynamiske forhold i Langerak. Derfor kan det ikke udelukkes, at der kan opstå special-scenarier som kan give anledning større temperaturreduktion ved havvandsindtaget, sammenlignet med de undersøgte scenarier.

Udover visse usikkerheder relateret til scenarier, er der også en usikkerhed ifm. det tilgængelige kalibrerings- /valideringsgrundlag, samt lokale dybdeforhold. Dette diskuteres yderligere i afsnit 8.

## 8 OPSUMMERING OG DISKUSSION/PERSPEKTIVERING AF MODELRESULTATER OG RESULTATERNES VIDERE ANVENDELSE

Vurdering af påvirkninger fra etableringen af den nye planlagte havvandsvarmepumpe ved Nordjyllandsværket er i nærværende rapport baseret på modelberegninger for udvalgte repræsentative hydrodynamiske scenarier og driftsforhold. Indledningsvist er der lavet en gennemgang af de hydrauliske forhold i Limfjorden samt opstillet repræsentative (konservative) scenarier for driften af Nordjyllandsværket. Herefter er der gennemført modelberegninger af påvirkninger fra driften af blok 3 (eksisterende forhold) og disse danner således sammenligningsgrundlaget for den efterfølgende analyse og vurdering af påvirkninger fra driften den nye planlagte havvandsvarmepumpe.

Konservative driftsforhold skal ifm. *Delformål 1* forstås på den måde, at der sigtes mod højere regionale temperaturpåvirkning for både den eksisterende- og fremtidige situation, således at der ifm. miljøvurderingerne vurderes på konservative (høje) netto temperaturdifferenser i Limfjorden.

Konservative driftsforhold skal ifm. *Delformål 2* forstås på den måde at der sigtes mod størst temperaturreduktion i området omkring havvandsindtaget, hvilket potentielt kan give anledning til termisk kortslutning og/eller størst påvirkning af driftsøkonomien.

Det overordnede grundlag for de gennemførte analyser er baseret på foreliggende viden om hydrodynamikken i Limfjorden fra litteraturen, tilgængelige lokale vandstands- og vindmålinger samt ved modelberegninger med en hydraulisk model for Limfjorden. Herudover er der inddraget strømmålinger, som er gennemført ifm. nærværende projekt.

I det følgende diskuteres videns- og datagrundlaget for analyserne ifm. besvarelse af *Delformål 1* og *Delformål 2*. Den overordnede vurdering er, at den anvendte model inkl. forudsætninger er tilstrækkelig til besvarelse af *Delformål 1* og *Delformål 2*. Ønskes ift. *Delformål 2 (indikativ analyse af termisk kortslutning)* et mere detaljeret/præcist estimat af påvirkningen som følge af udledt returvand eller en mere præcis maksimal nedkøling af vandet ved indtag, bør der gennemføres supplerende modelberegninger samt målekampagner til validering, hvilket beskrives i det følgende.

### 8.1 Vurdering af videns- og datagrundlag for beskrivelse af udbredelse af returvand fra drift af hhv. blok 3 samt den nye planlagte havvandsvarmepumpe

Videns- samt datagrundlaget for beskrivelsen af de eksisterende hydrauliske forhold i Limfjorden vurderes generelt for værende tilstrækkeligt til at give et solidt fundament for vurdering af ændringen af temperaturforhold som følge af driften af hhv. blok 3 og/eller havvandsvarmepumpen. Herudover vurderes grundlaget for værende tilstrækkeligt til brug ved udvælgelse af eksempler for repræsentative hydrodynamiske scenarier.

Den hydrauliske model til analyse af udbredelse af returvandet er kalibreret baseret på hhv. lokale vandstandsmålinger, historiske strømmålinger, samt projektspecifikt gennemførte feltmålinger.

Kalibreringen viser relativt god overensstemmelse imellem målte- og modellerede vandstande, samt forholdsvis god overensstemmelse sammenlignet med oplyste strømmålinger/vandføringer i litteraturen. Feltmålinger ifm. nærværende projekt er gennemført i punkter langs seks transekter lokalt ved Nordjyllandsværket. Målingerne er gennemført på specifikke tidspunkter, og specielt

strømmålingerne viser forholdsvis høje usikkerheder. Overordnet set viser modellen dog relativt god overensstemmelse med målingerne i transekterne. Dvs. at de modellerede strømhastigheder ca. ligger indenfor usikkerhedsintervallerne for feltmålingerne. Pga. usikkerhederne i feltmålingerne er kalibreringen dog udelukkende gennemført baseret på dybdemidlede strømhastigheder.

Ift. temperaturforhold er modellen kalibreret baseret på de gennemførte feltmålinger. Pga. manglende tilstrækkeligt præcise målinger af baggrundsvandtemperaturen i Limfjorden er kalibreringen af temperaturforholdene i modellen gennemført baseret på dT (forskel imellem den målte vandtemperatur i hhv. øvre- og nedre del af vandsøjlen). Modeloutput viser relativt god overensstemmelse med målte vandtemperaturer lokalt ved Nordjyllandsværket (forskel imellem øvre og nedre del af vandsøjlen), hvorimod der haves lidt større forskelle imellem målte- og modellerede vandstande i større afstand til Nordjyllandsværket. Forskellene vurderes dog i høj grad at skyldes de anvendte randbetingelser i modellen, idet der i modellen antages konstante temperaturer ned igennem vandsøjlen. Historiske målinger viser, at der kan forventes en mindre temperaturforskel ned gennem vandsøjlen på ca. 0,2 °C om vinteren, hvilket i flere områder er forskellen imellem målte- og modelleret dT i større afstand til Nordjyllandsværket.

Simuleringer viser, at drift af Nordjyllandsværket kan give anledning til en påvirkning af temperaturen helt op mod Egholm, hvor der ikke haves temperaturmålinger til kalibrering af modellen, og modelpræcisionen i dette område kendes dermed ikke med sikkerhed.

## **8.2 Diskussion af usikkerheder ifm. analyser af den regionale udbredelse af returvand (Delformål 1)**

Til analyse af udbredelsen af returvandet er der forudsat repræsentative scenarier for hhv. netto-øst-/vestgående strøm samt tidsvandsdominerede forhold. Grundet den årlige variation i vandstands-, strøm- og vindforhold, skal modelresultaterne i den videre anvendelse betragtes som retningsvisende.

Den anvendte modeltype kan være dissipativ pga. f.eks. model-diskretiseringen, men idet der ikke foreligger et tilstrækkeligt valideringsdatagrundlag (f.eks. temperaturmålinger i stor afstand fra Nordjyllandsværket) til at vurdere på omfanget af dette, er det bl.a. valgt at "kompensere" for eventuelle dissipative effekter ved dels at gennemføre analyserne for udbredelse af returvand med en relativt lav baggrundsvandtemperatur. Dette giver et større påvirket område for havvands-varmepumpen, sammenlignet med tilsvarende simuleringer gennemført med en højere baggrundsvandtemperatur. Desuden er der anvendt relativt konservative driftsscenarioer både for eksisterende- og fremtidige forhold, hvormed der opnås en relativ høj temperaturpåvirkning i forbindelse med skiftet fra driften af blok 3 til driften af havvandsvarmepumpeanlægget.

Det anbefales, at der ifm. vurdering af miljøpåvirkninger tages udgangspunkt i statistiske maks.-påvirkninger af regionale temperaturforhold, hvilket vurderes for konservativt, men giver en vis robusthed overfor modelusikkerheder ift. miljøvurderingerne baseret på de anvendte resultater. Desuden anbefales det, at temperaturpåvirkninger fra havvandsvarmepumpen ses relativt ift. påvirkningerne fra blok 3. Således vil eventuelle modelusikkerheder delvist udlignes.

## **8.3 Diskussion af usikkerheder ifm. analyser for lokale termiske forhold samt anbefalinger til yderligere analyser (Delformål 2)**

Som nævnt ses der forholdsvis god overensstemmelse imellem målt dT (forskel imellem målte vandstandstemperaturer ved bund og overflade) og modellerede dT tæt ved Nordjyllandsværket. Dog forekommer der udelukkende målinger af temperaturen i specifikke punkter (et transekt mellem udløb og indtag) og for specifikke tidspunkter, hvilket giver et relativt sparsomt

kalibrerings-/valideringsgrundlag. Dette giver anledning til visse usikkerheder ift. viste modelresultater i nærværende rapport. Derfor anbefales det, at der, såfremt det ønskes at reducere modelusikkerheder, gennemføres et supplerende omfattende måleprogram som kan danne grundlag for yderligere kalibrering/valideringer af modellen. Supplerende målinger bør bestå af tidsserier (strøm, temperatur, salinitet) i udvalgte punkter evt. også som grundlag for bedre randbetingelser for modellen.

Ift. at imødekomme det relativt sparsomme kalibreringsgrundlag er der i nærværende rapport gennemført følsomhedsanalyser på modelparametre, som specielt relaterer sig til termiske forhold i modellen, med henblik på at undersøge potentielle påvirkninger fra modelkonstanter. Hertil er det vurderet, at modellen umiddelbart kun i mindre omfang er følsom overfor variationer i f.eks. den vertikale dispersion og turbulensmodeller, mens der ses en vis følsomhed overfor den anvendte model-diskretisering.

Der er sammenlignet resultater for forskellige repræsentative strømsscenerier (normalt forekommende) med henblik på at vurdere hvilke strømforhold der giver anledning til størst temperaturreduktion ved havvandsindtaget. Fra sammenligningerne er det vurderet, at tidevandsdominerede strømforhold umiddelbart giver anledning til den største temperaturreduktion ved havvandsindtaget. Der er generelt en god opblanding af vandet i Langerak/Limfjorden (lille forskel i temperaturen og saliniteten ned gennem vandsøjlen), men der er undersøgt et scenarie med en forholdsvis ekstrem temperatur- og salinitetslagdeling af Limfjorden lokalt omkring Nordjyllandsværket. Det anbefales, at der ifm. eventuelle yderligere detailanalyser foretages supplerende analyser af flere scenarier (både strøm- og driftsscenerier) såfremt der ønskes større vished overfor robustheden af resultaterne under mere ekstreme driftsforhold.

Resultater fra modelsimuleringer viser, at der må påregnes en vis reduktion af vandtemperaturen ved havvandsindtaget sammenlignet med baggrundstemperaturen i Langerak. Desuden må der påregnes en væsentlig reduktion af havvands-temperaturen svarende til  $\Delta t$  i hele kanalen ved udløbet. Reduktionen af vandtemperaturen ved indtaget opstår som følge af direkte kortslutning imellem udløb og indtag, samt som følge af, at nedkølet vand periodisk "vender tilbage" pga. ændret strømretning fra tidevand. Analyserne viser hertil, at påvirkningen af vandtemperaturen ved indtaget kan reduceres ved evt. rørlægning af indtaget (dvs. hvor udløb og indtag parallelforskydes vinkelret på strømretningen), eller ved at hæve havvandsindtaget, ved at etablere en fodspuns.

Analysen af temperaturreduktion ved indtaget skal som nævnt betragtes som indikativ, men de gennemførte analyser, med nævnte detailgrad og baseret på undersøgte scenarier, giver dog ikke foranledning til at konkludere, at der vil opstå en direkte termisk kortslutning. Denne konklusion er selvfølgelig behæftet med nogen usikkerhed grundet datagrundlag for modelsimuleringen samt antallet af undersøgte scenarier.

Såfremt konklusionen ønskes fastlagt med større sikkerhed, anbefales det at der gennemføres supplerende analyser som nævnt i ovenstående. Dette kan bl.a. være i form af "fuldskala målinger" i overgangsfasen med samtidig drift af både blok 3 samt havvands-varmepumpen, dvs. målinger hvor havvandsvarmepumpen er i drift. Alternativt kan der gennemføres supplerende målekampanjer til indhentning af yderligere kalibrerings-/valideringsdata, både lokalt mellem ind- og udløb og regionalt ift. kalibrering og validering af forholdene omkring Egholm. Desuden kan modelberegningerne udvides med flere modelscenarier (drift og strømforhold).

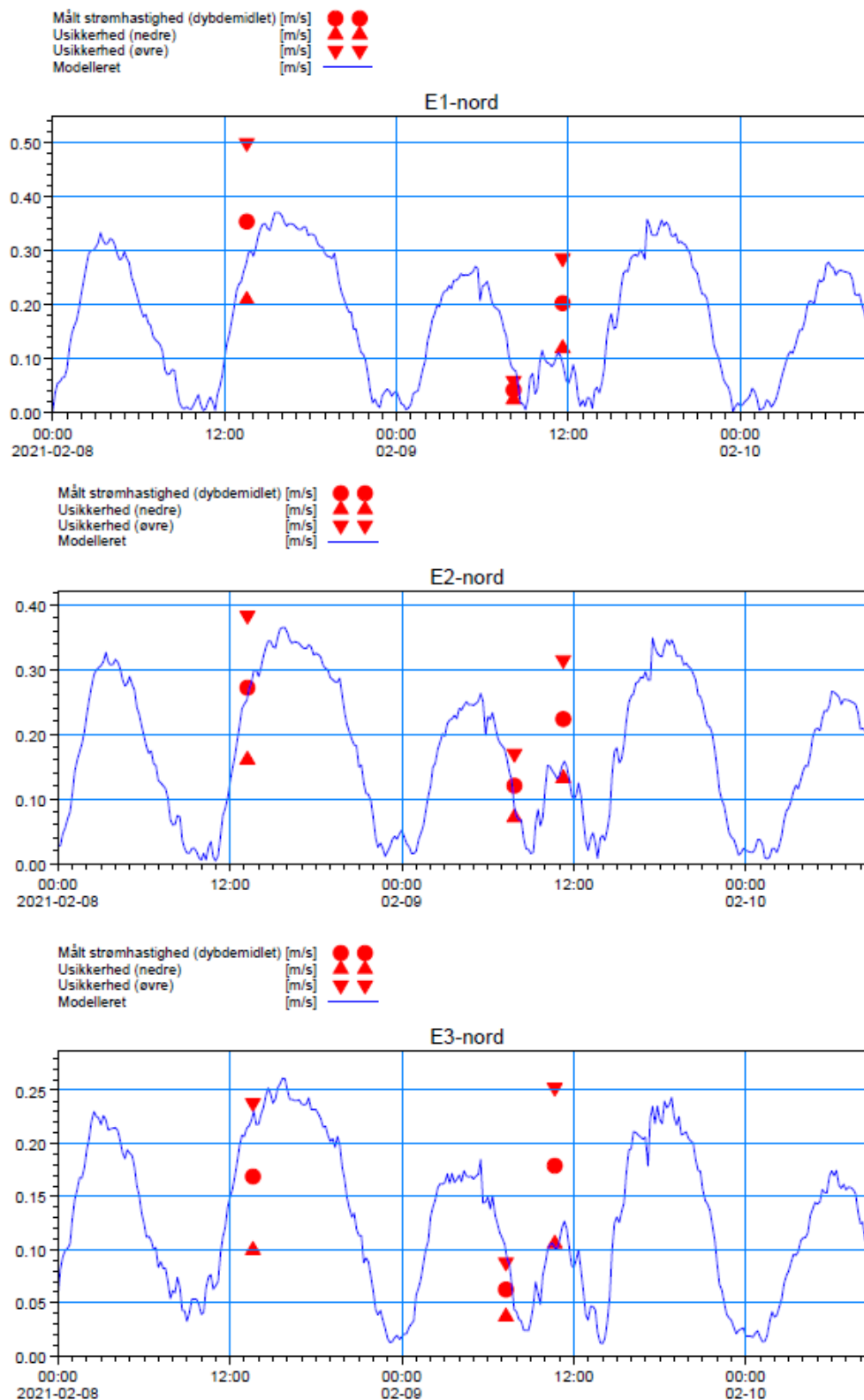
## 9 REFERENCER

- Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2. (2021). Hentet fra (Image ©2021 TerraMetrics, Data SIO, NOAA, U.S Navy, NGA, GEBCO, © Google).
- Burcharth, H. F., & Larsen, T. (1977). Strømmålinger for ny forbindelse over Limfjorden i Lindholmlinien ved Aalborg.
- Danmarks Miljøportal. (2020). <https://arealinformation.miljoportal.dk>.
- DMI. (2021). <https://www.dmi.dk/klima-atlas/>.
- Kystdirektoratet. (2012). *Thyborøn Kanal og Vestlige Limfjord*.
- Kystdirektoratet. (2017). *Højvandstatistik*.
- Nielsen, M. H. (2021). *Observationer af strømhastighed, salinitet og temperatur i Limfjorden omkring Nordjyllandsværket*. Marine Science & Consulting ApS.
- UNESCO. (1983). Algorithms for computation of fundamental property of sea water.

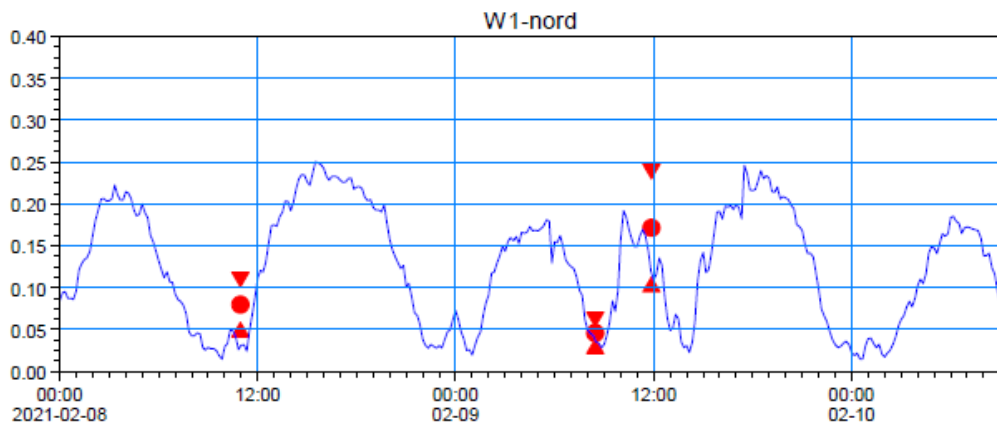


# BILAG 1 – SAMMENLIGNING IMELLEM MÅLTE OG MODELLEREDE STRØMHASTIGHEDER

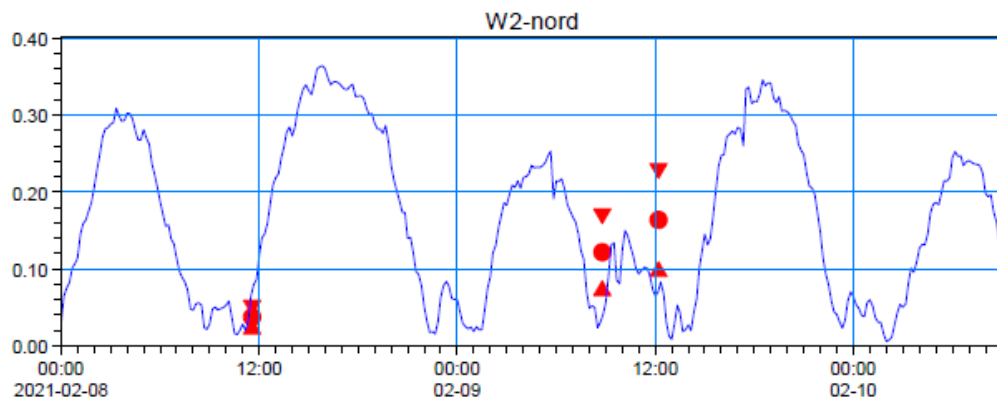
Februar 2021 - kalibrering:



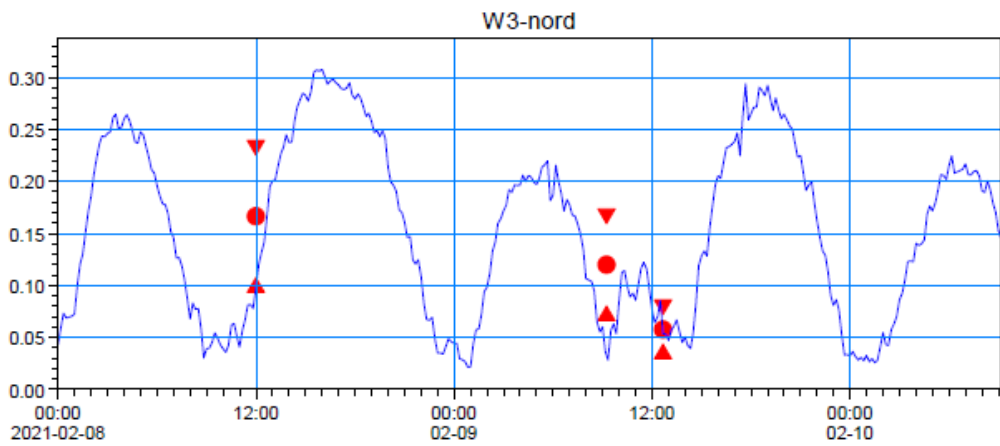
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —



Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

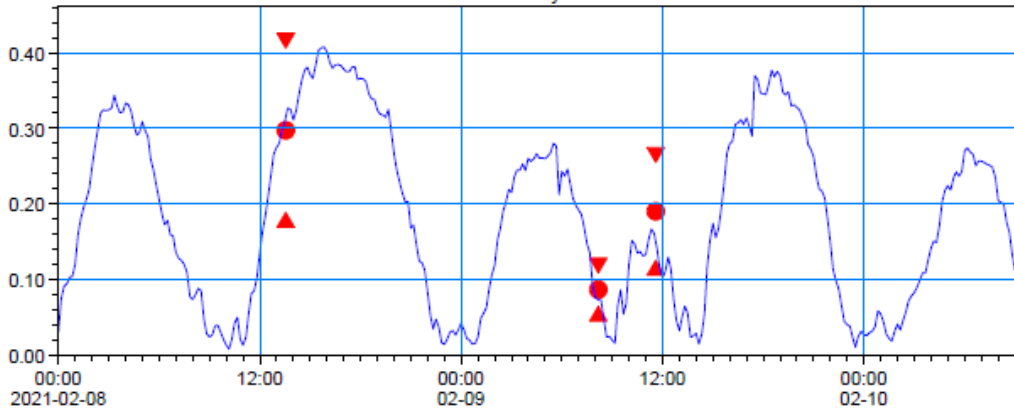


Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —



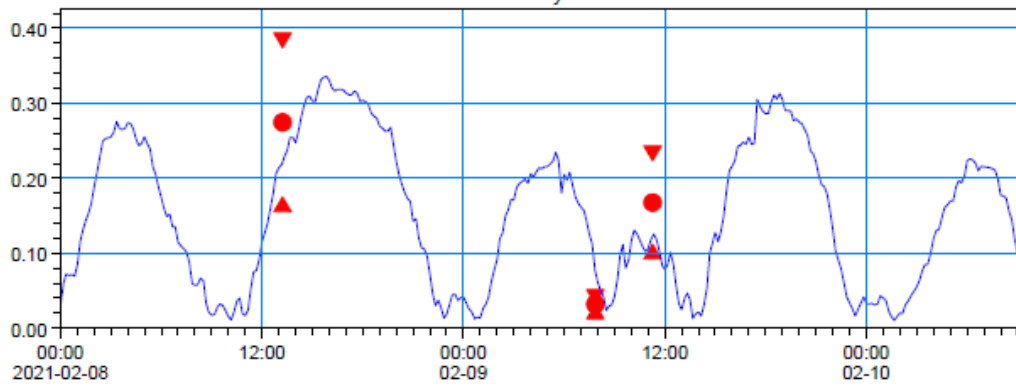
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

E1-syd



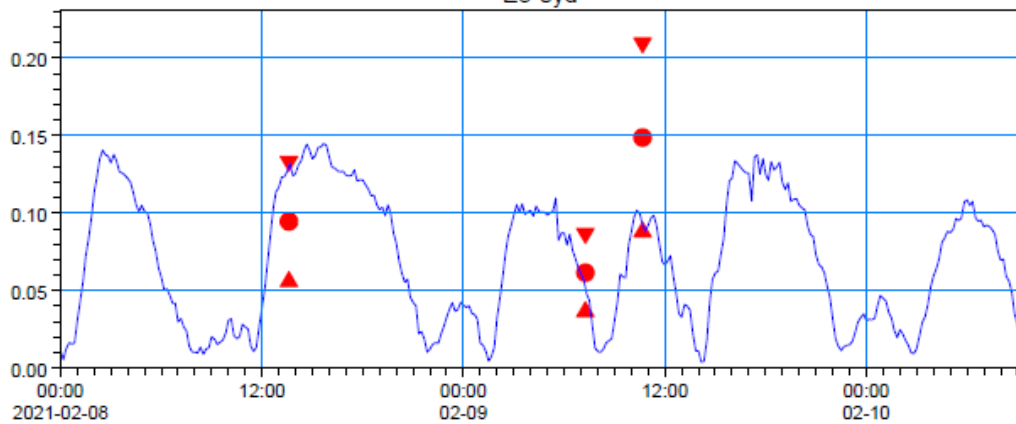
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

E2-syd



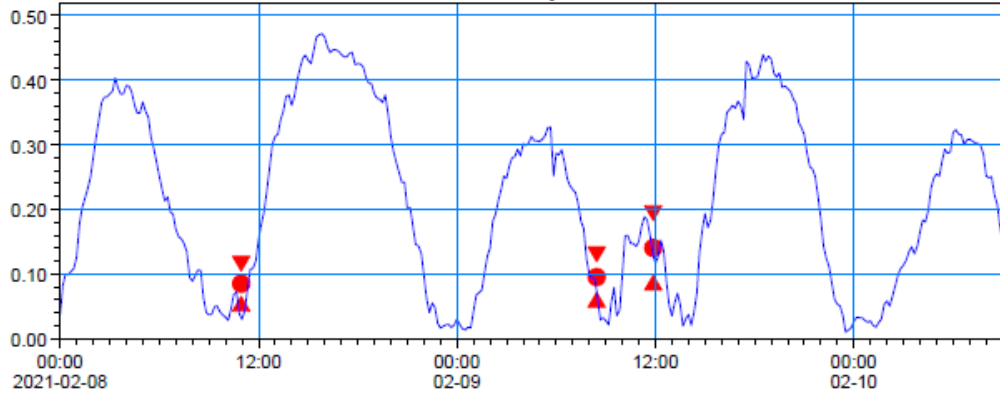
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

E3-syd



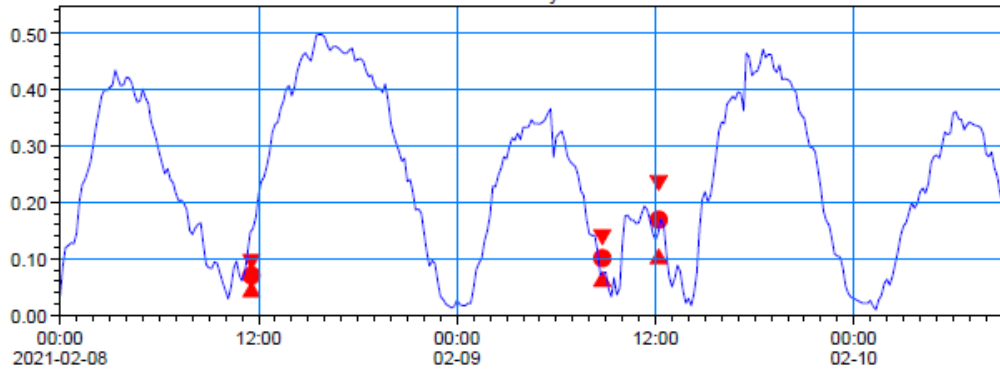
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

W1-syd



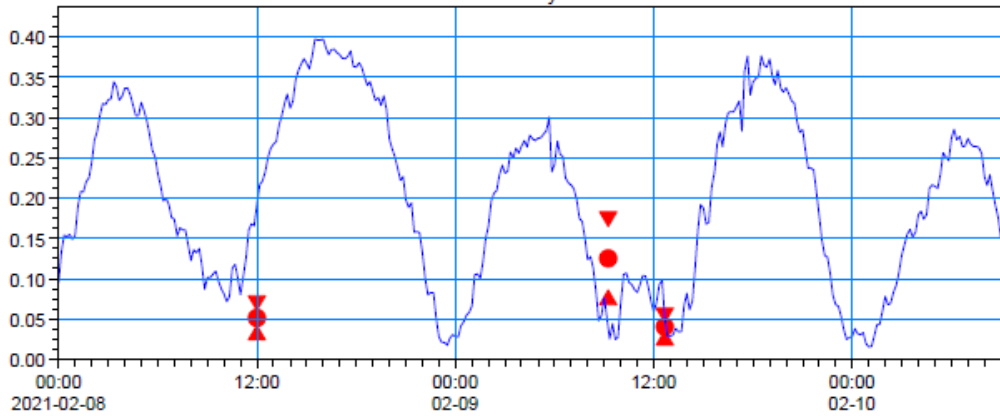
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

W2-syd



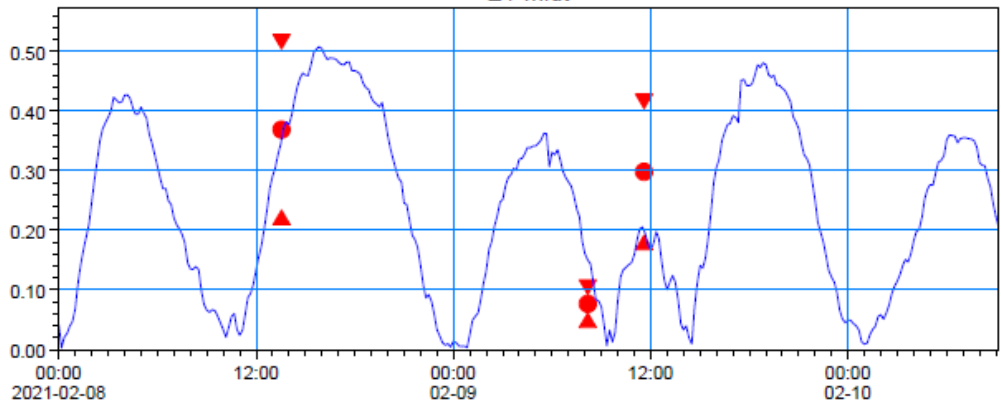
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

W3-syd



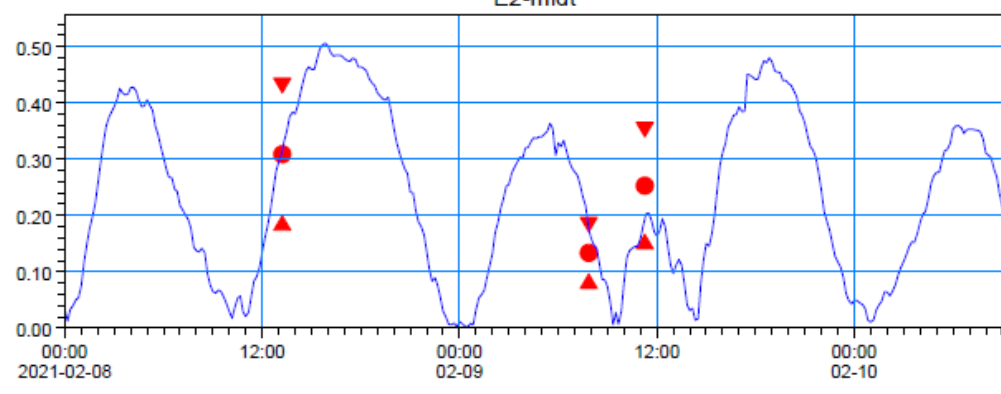
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

E1-midt



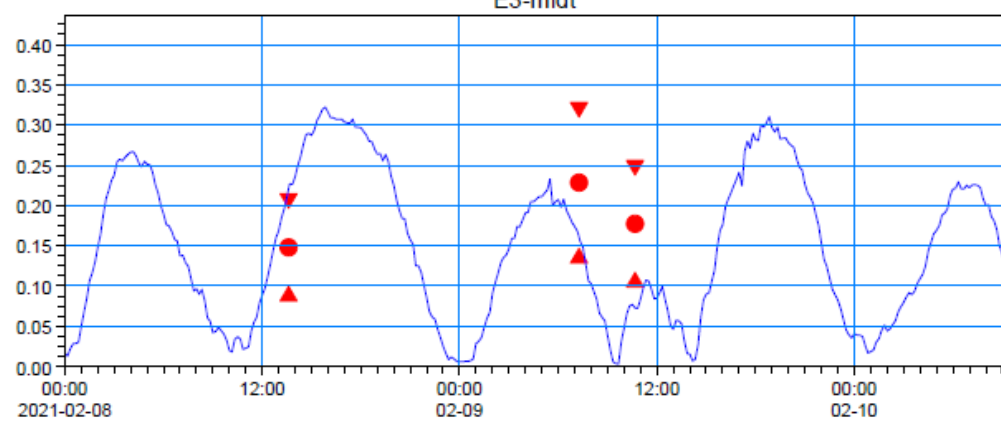
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

E2-midt



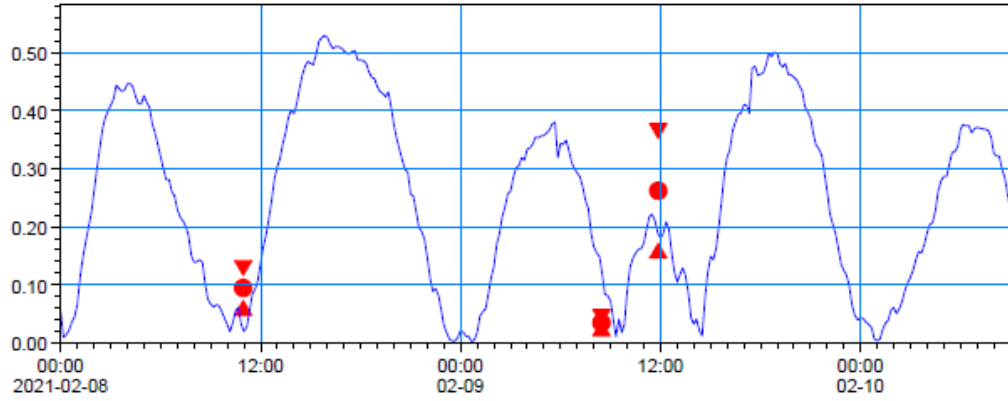
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

E3-midt



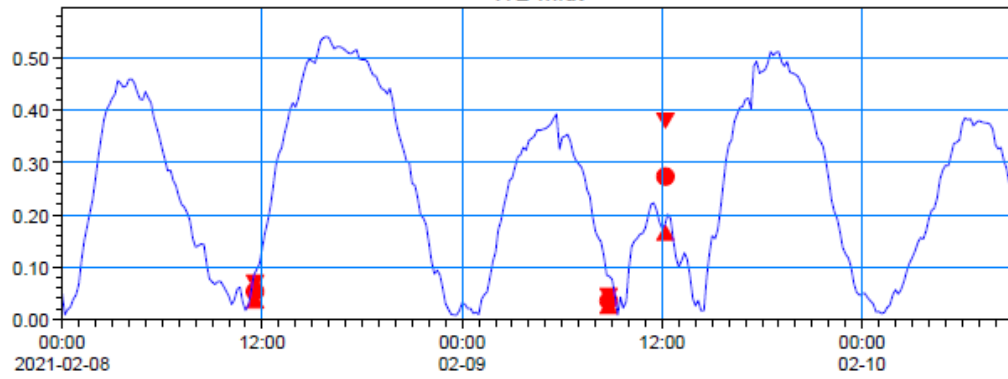
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

W1-midt



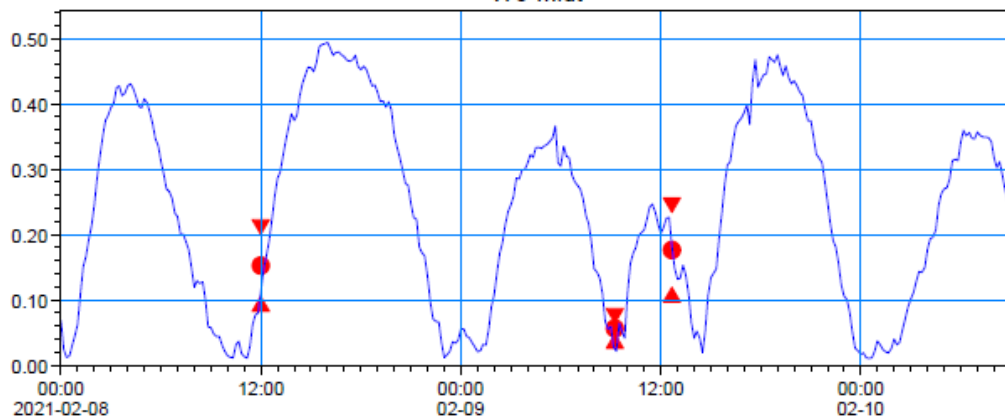
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

W2-midt

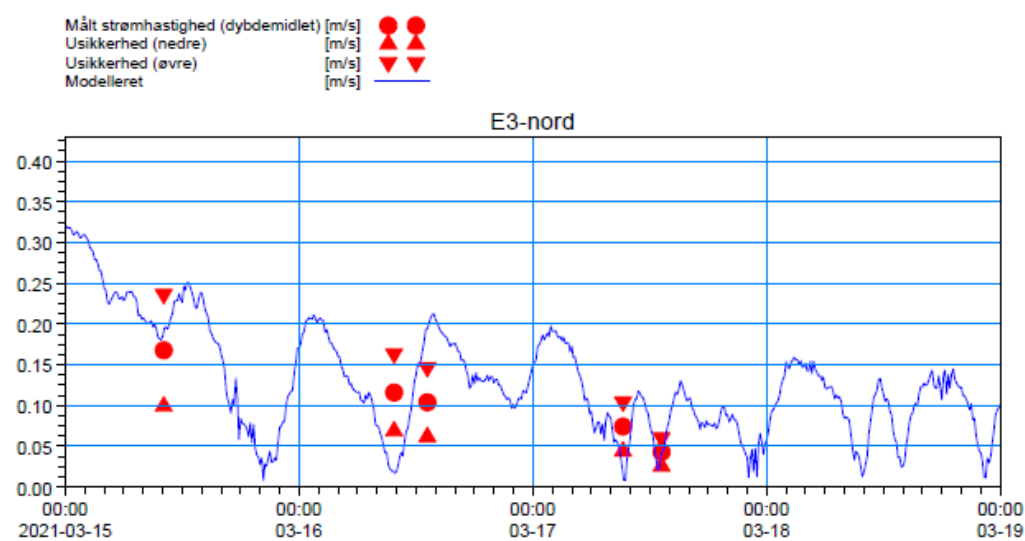
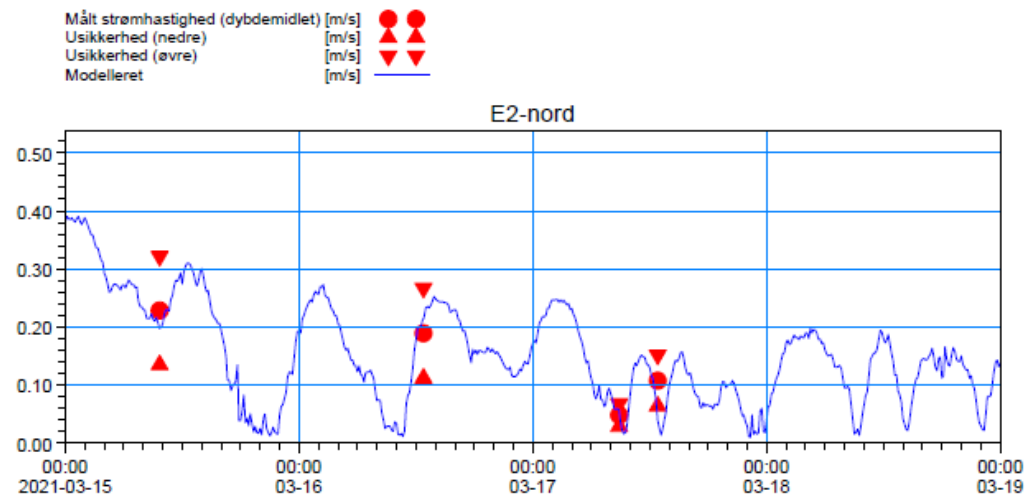
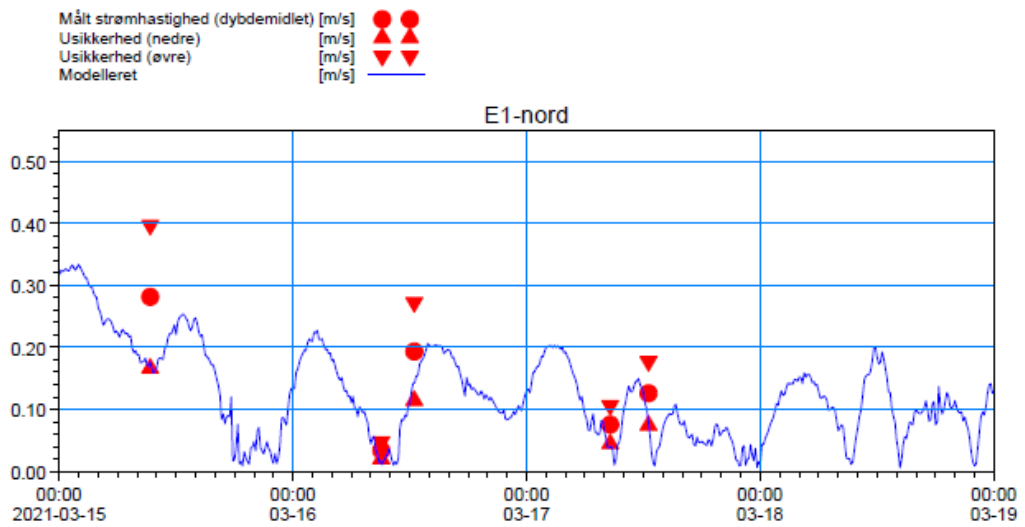


Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

W3-midt

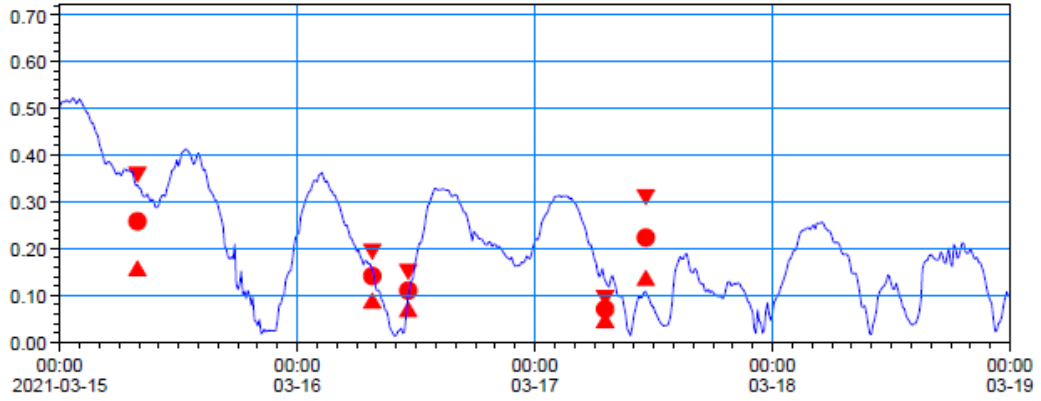


**Marts 2021 - validering:**



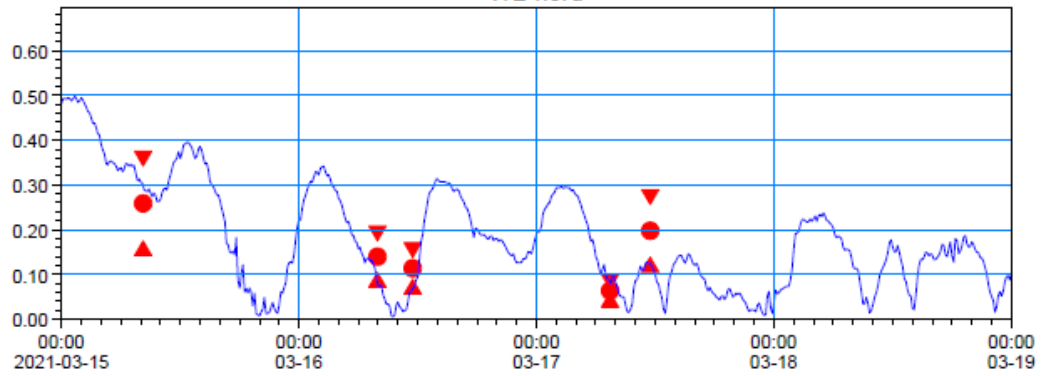
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s]	● ●
Min. fejl (nedre) [m/s]	▲ ▲
Min. fejl (øvre) [m/s]	▼ ▼
Modelleret [m/s]	—

W1-nord



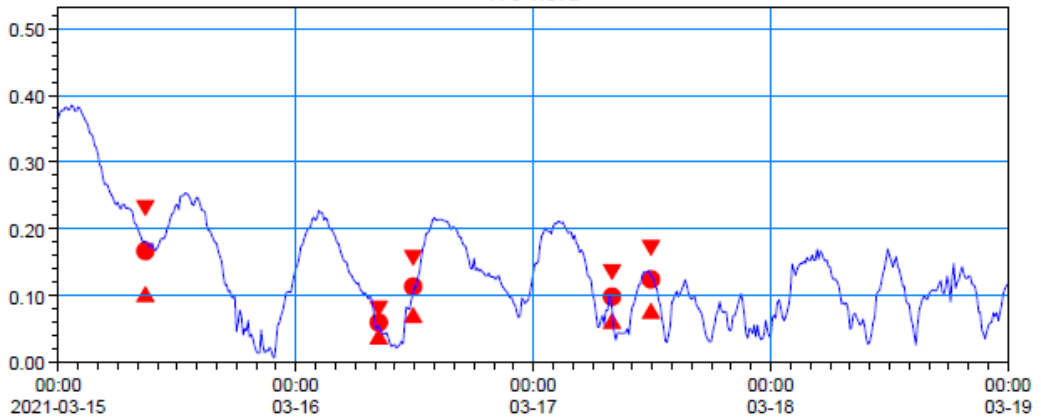
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s]	● ●
Min. fejl (nedre) [m/s]	▲ ▲
Min. fejl (øvre) [m/s]	▼ ▼
Modelleret [m/s]	—

W2-nord



Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s]	● ●
Min. fejl (nedre) [m/s]	▲ ▲
Min. fejl (øvre) [m/s]	▼ ▼
Modelleret [m/s]	—

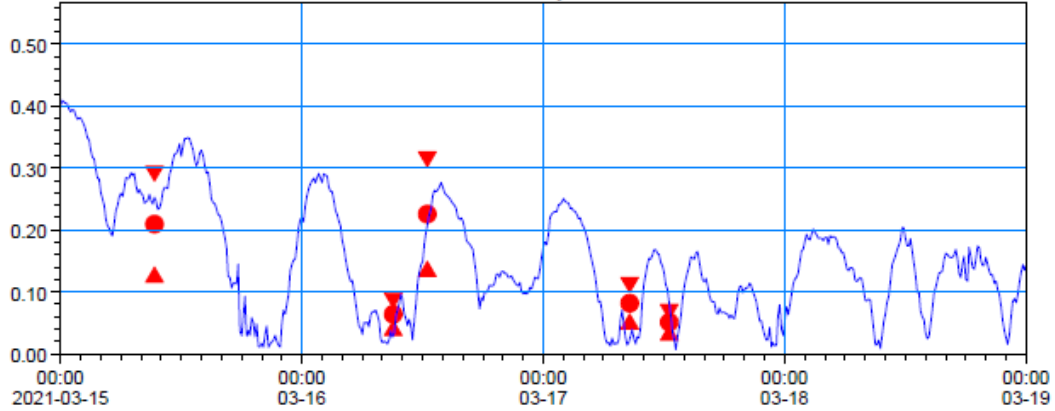
W3-nord





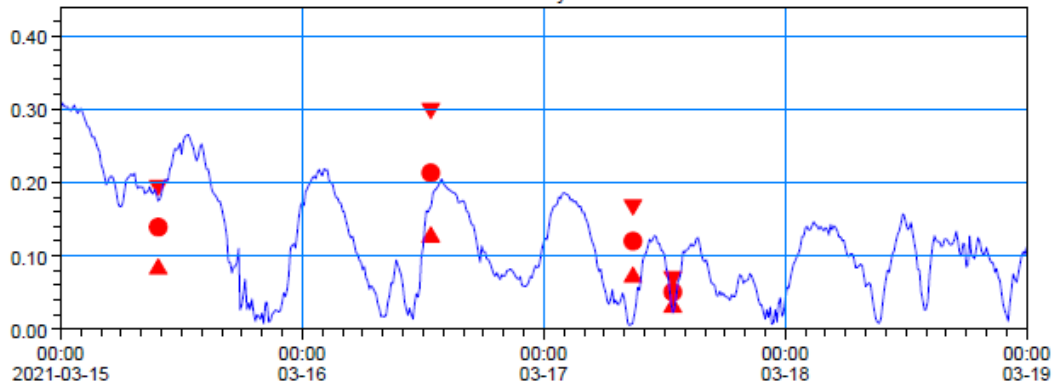
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▼▼  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▲▲  
 Modelleret [m/s] —

E1-syd



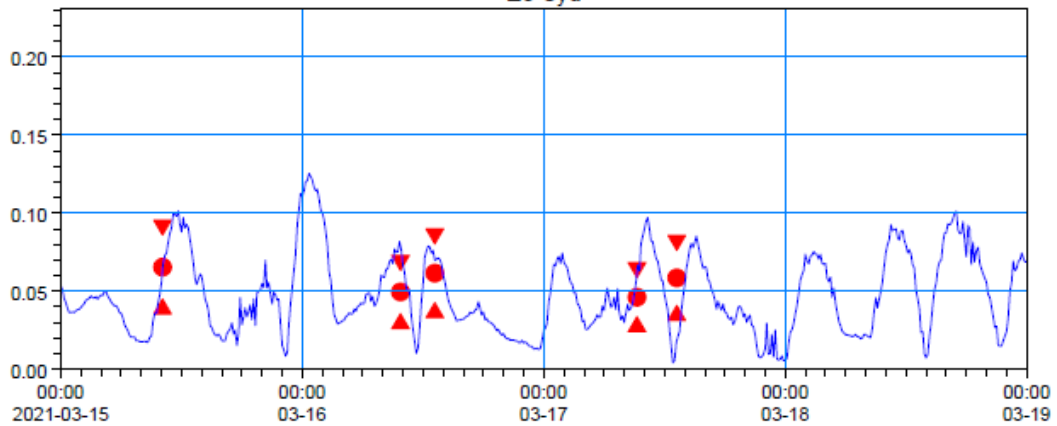
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▼▼  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▲▲  
 Modelleret [m/s] —

E2-syd



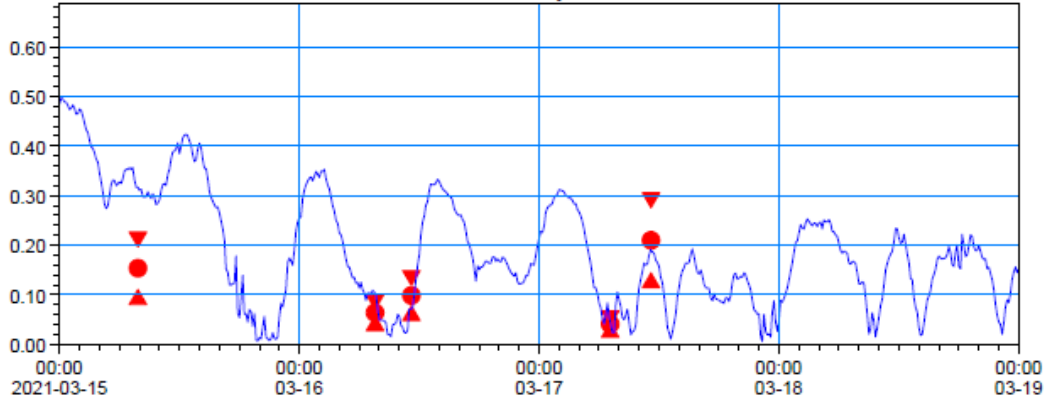
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▼▼  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▲▲  
 Modelleret [m/s] —

E3-syd



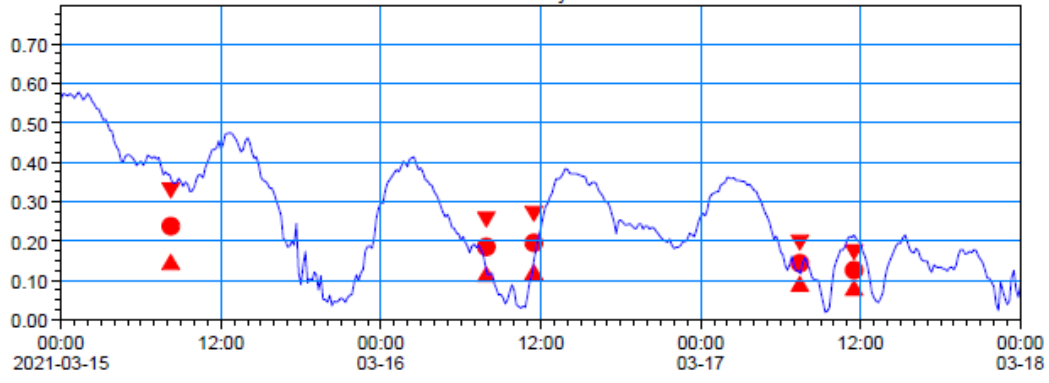
Målt strøm hastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▼▼  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▲▲  
 Modelleret [m/s] —

W1-syd



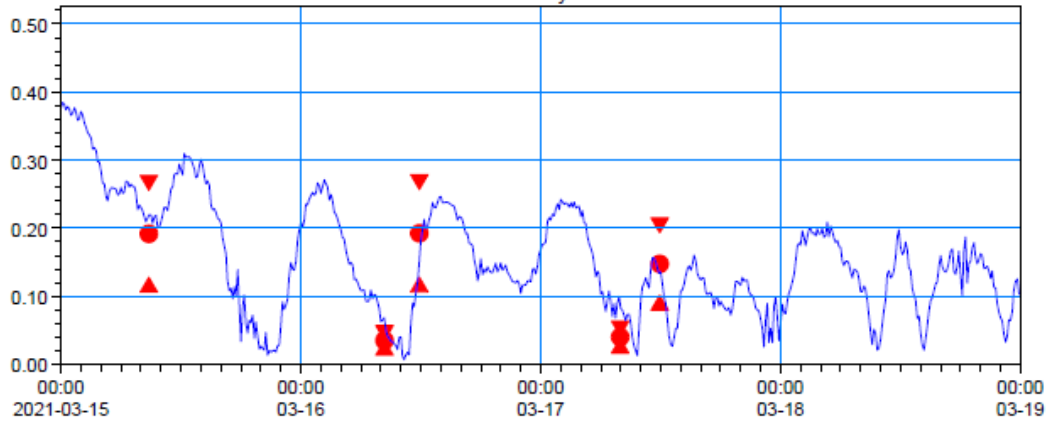
Målt strøm hastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▼▼  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▲▲  
 Modelleret [m/s] —

W2-syd



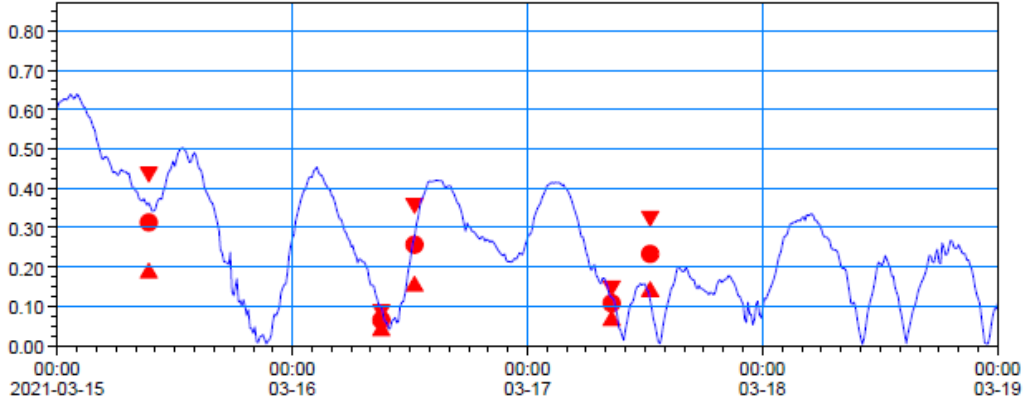
Målt strøm hastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▼▼  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▲▲  
 Modelleret [m/s] —

W3-syd



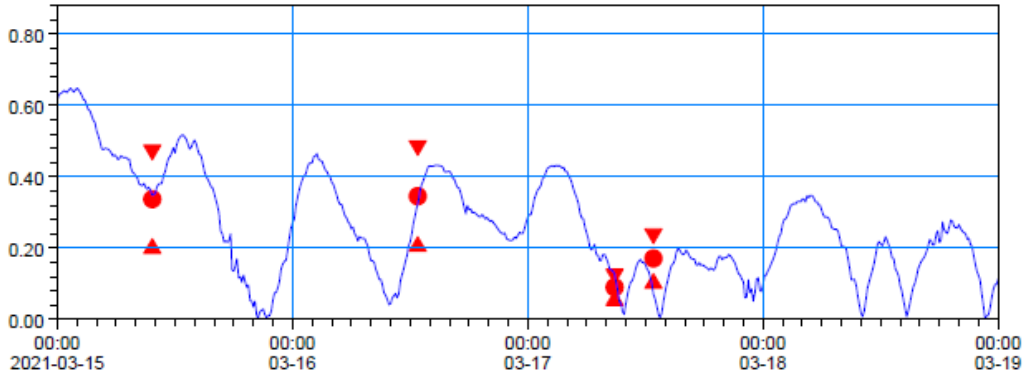
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

E1-midt



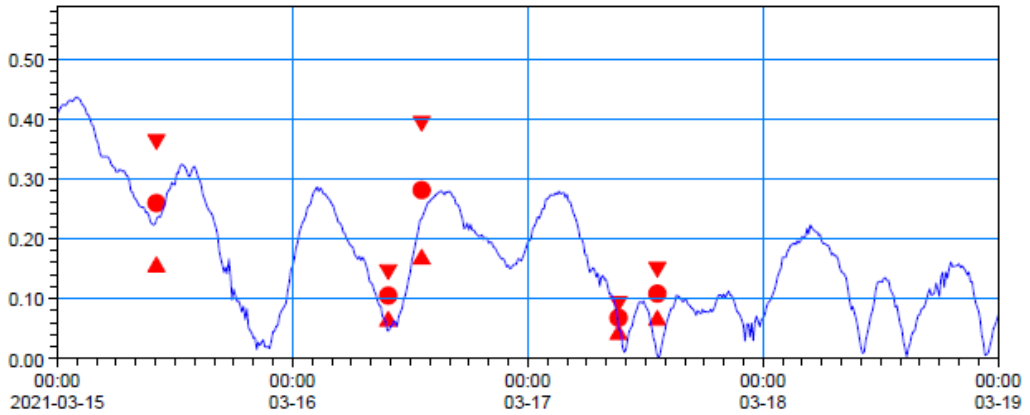
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

E2-midt



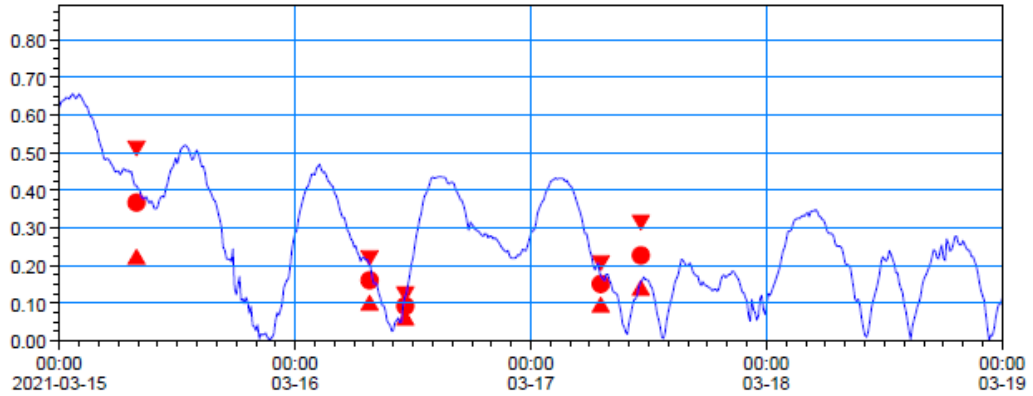
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

E3-midt



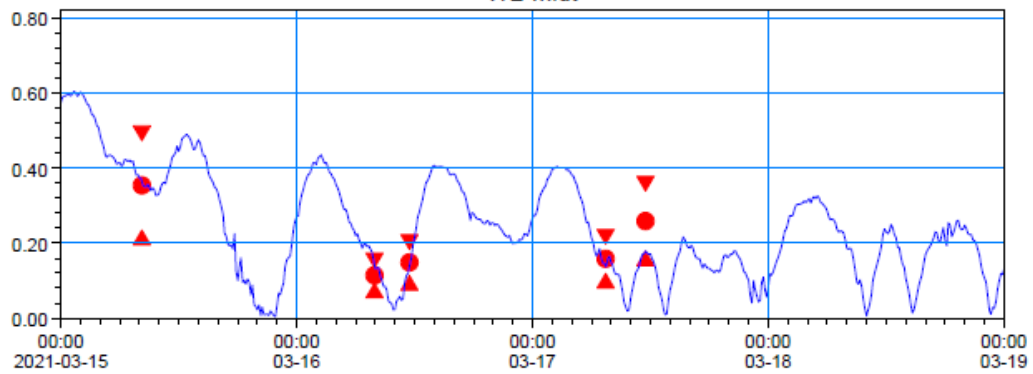
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

W1-midt



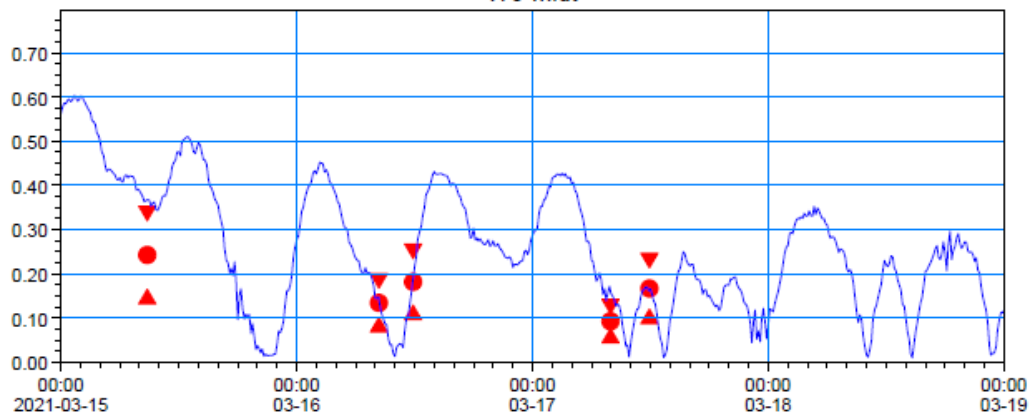
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

W2-midt



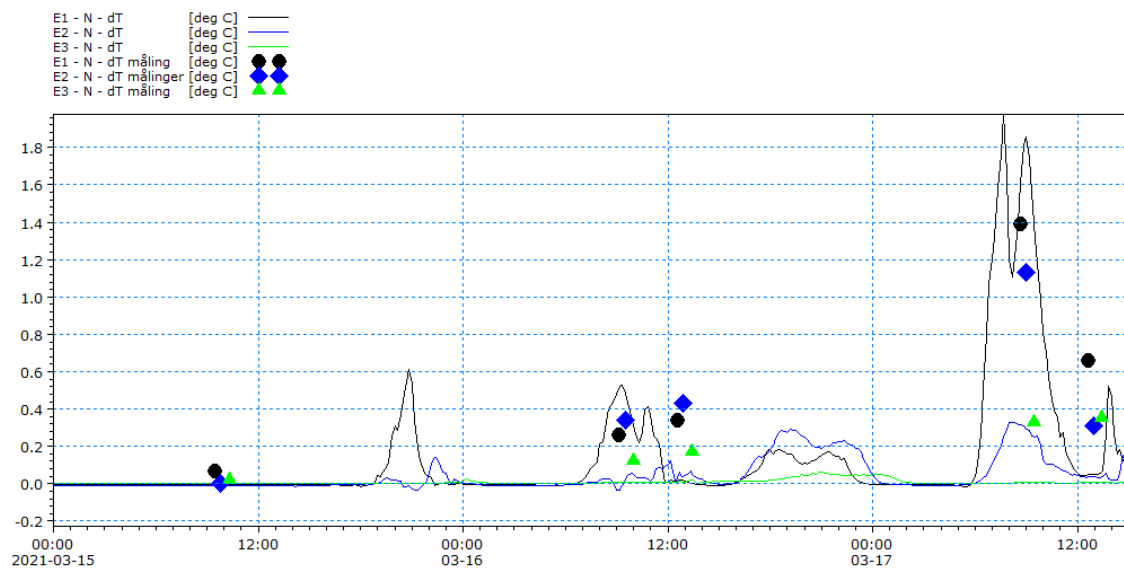
Målt strømshastighed (dybdemidlet) [m/s] ●●  
 Usikkerhed (nedre) [m/s] ▲▲  
 Usikkerhed (øvre) [m/s] ▼▼  
 Modelleret [m/s] —

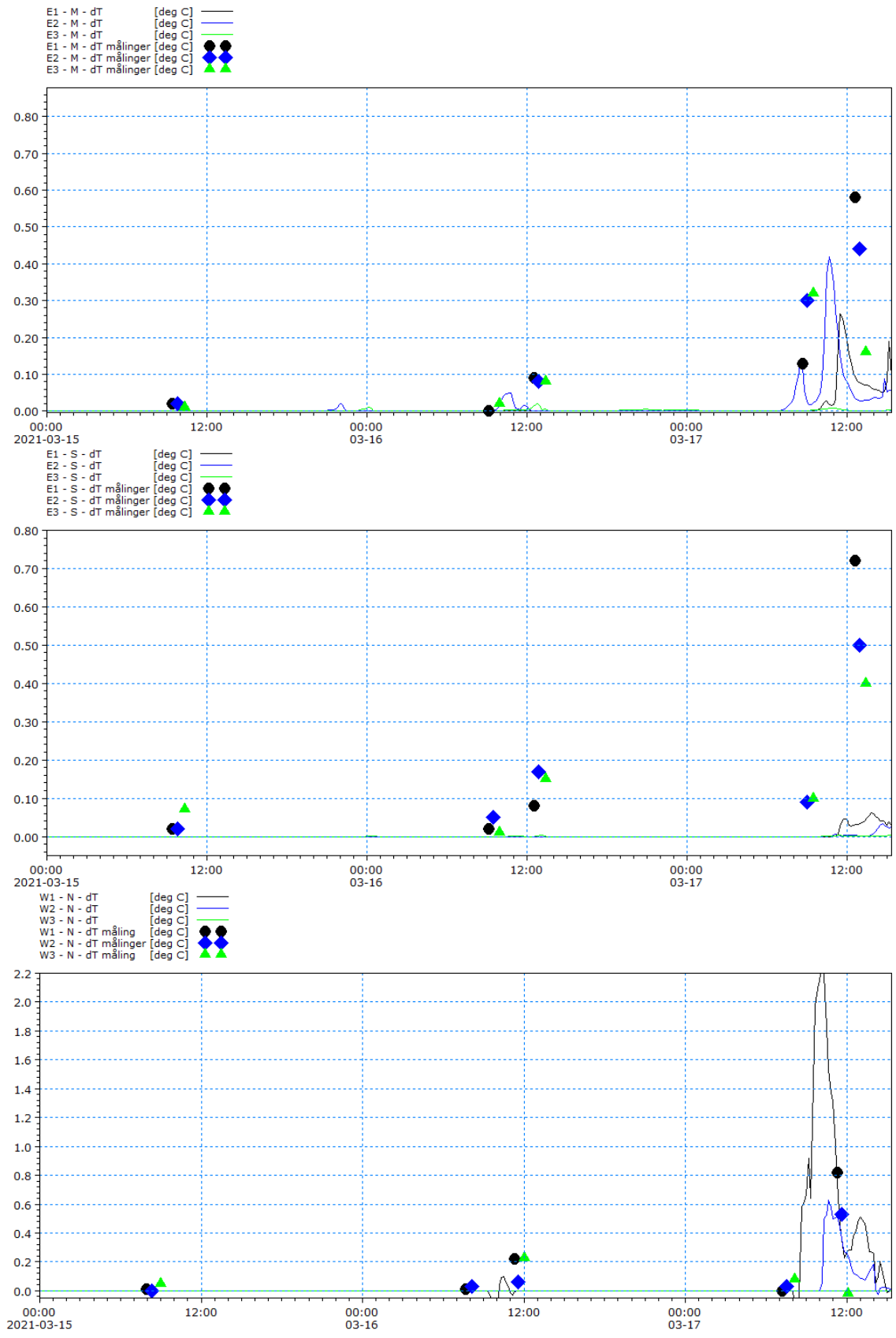
W3-midt

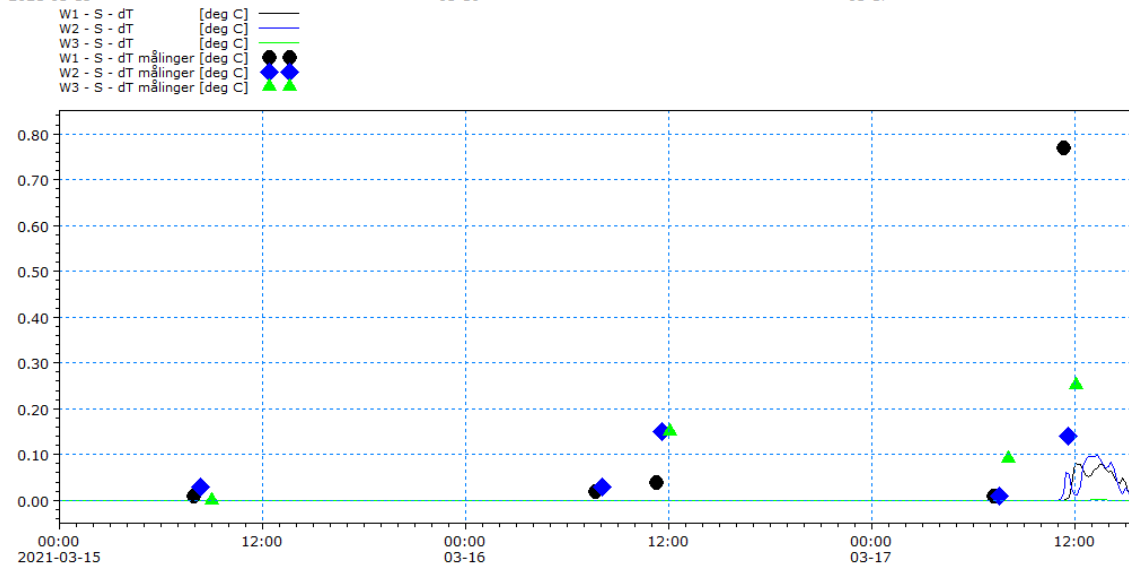
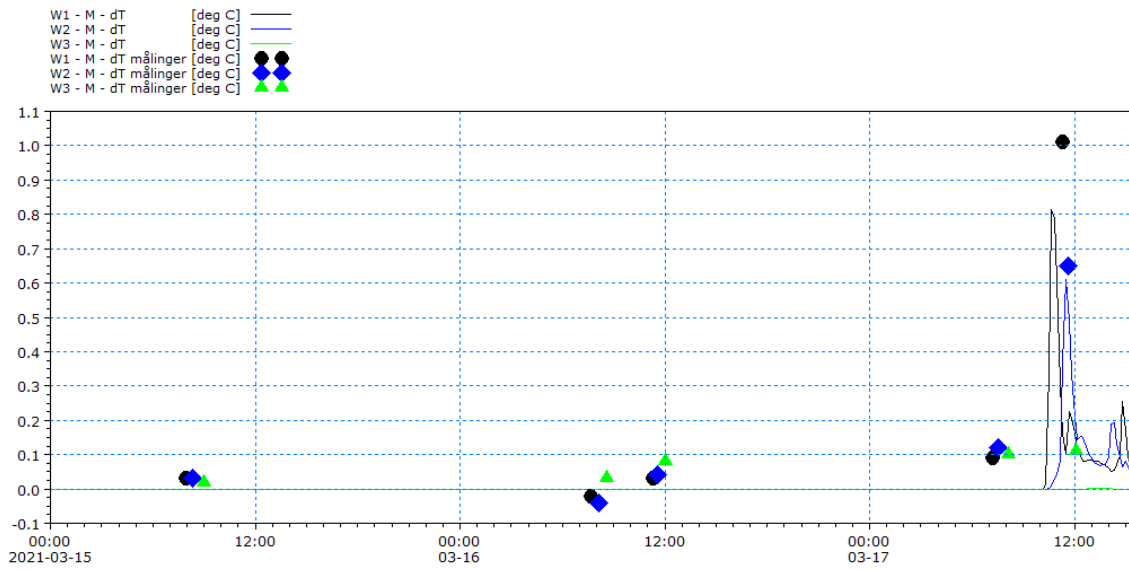


## BILAG 2 – SAMMENLIGNING IMELLEM MÅLTE OG MODELLEREDE TEMPERATURER

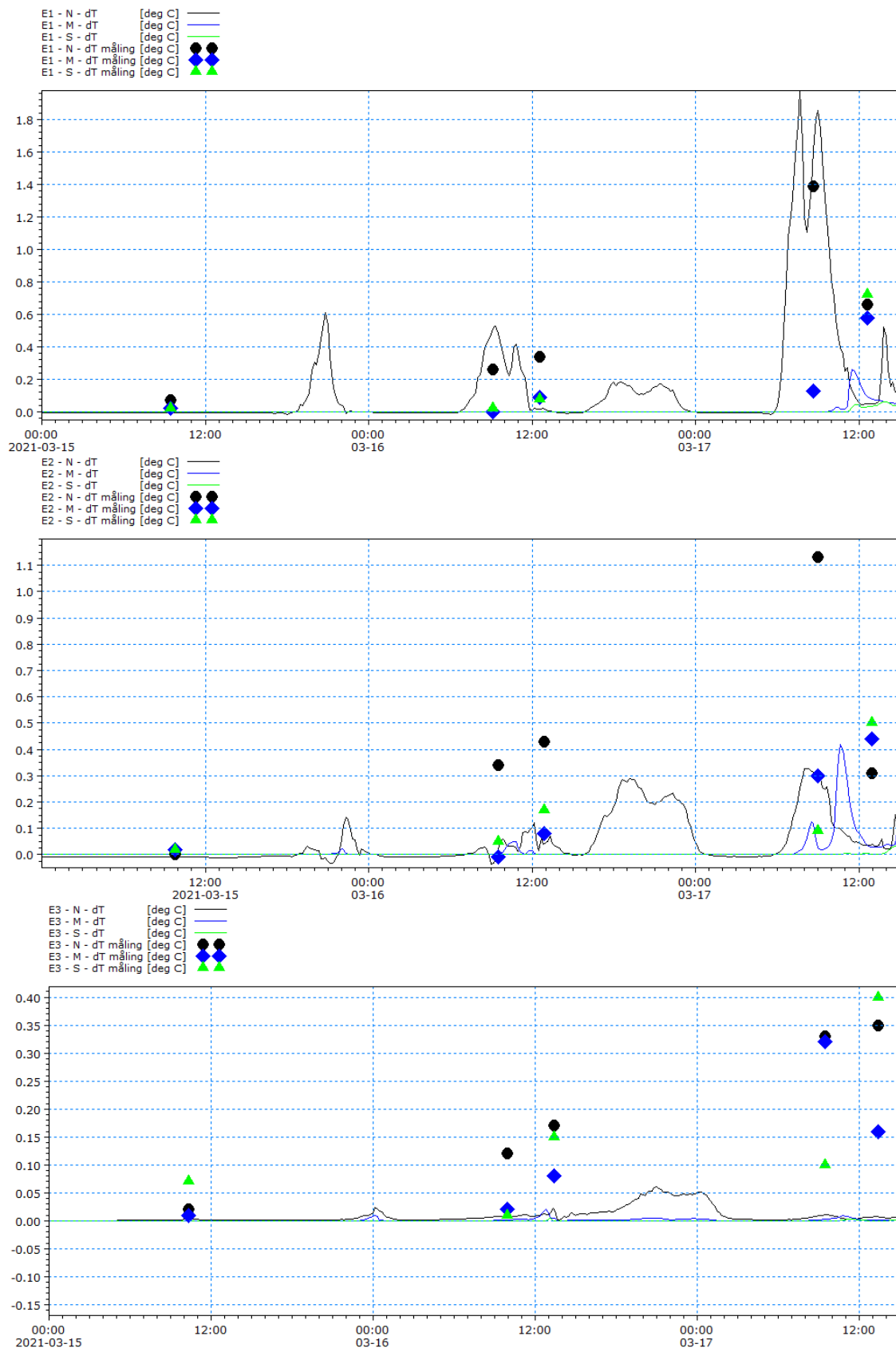
Marts – målt og modelleret temperatur opdelt i hhv. N, M og S.



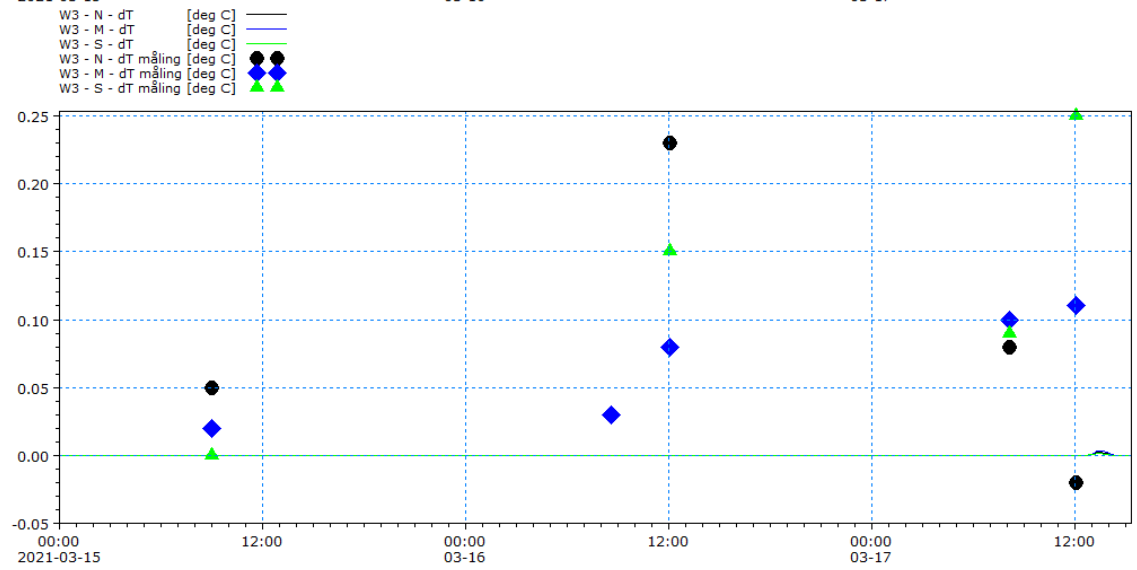
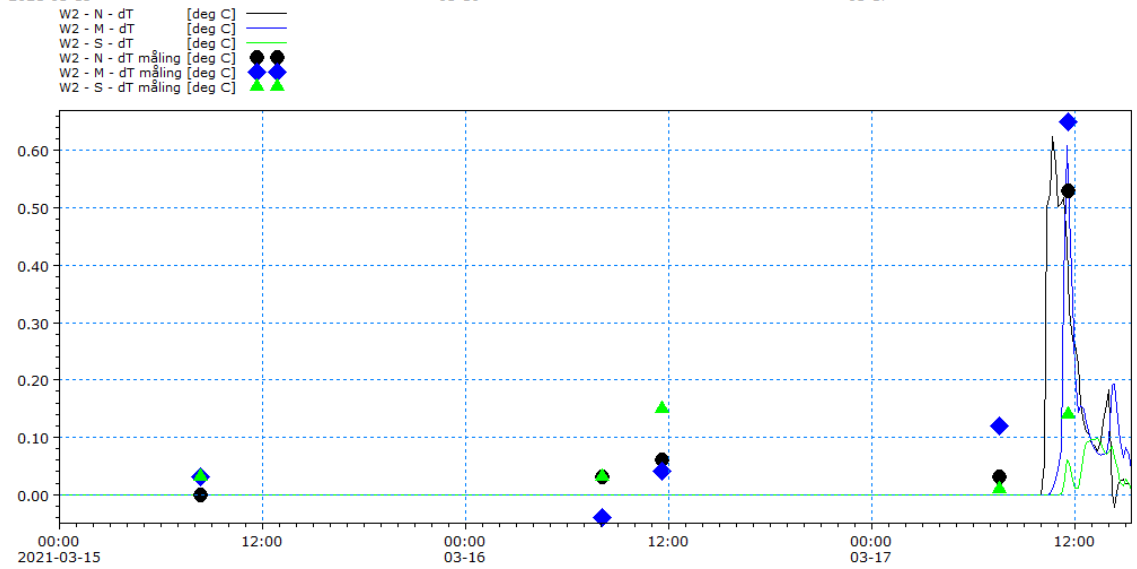
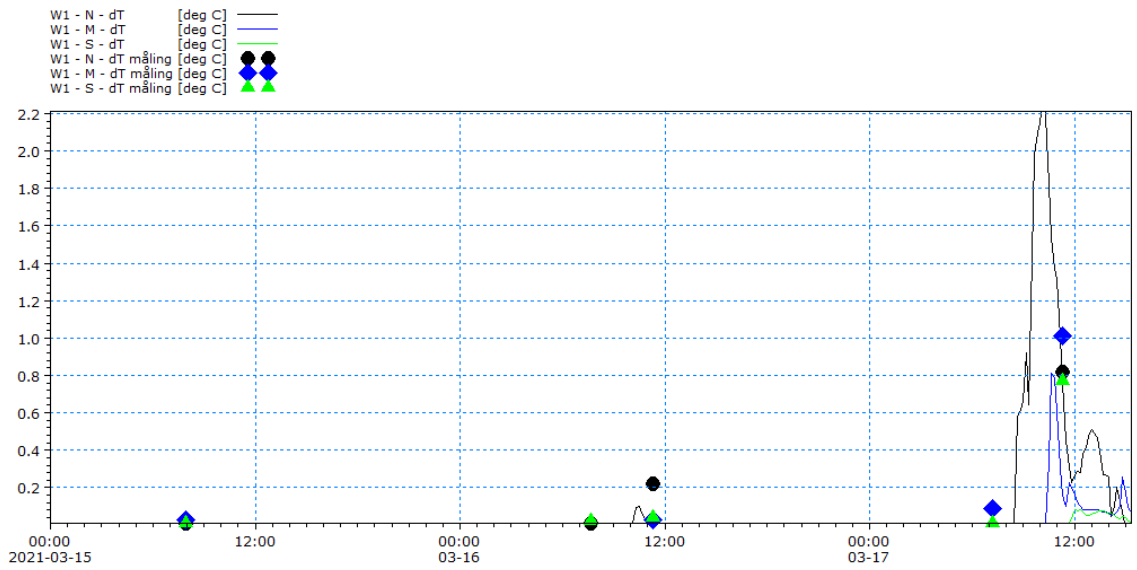




**Marts – målt og modelleret temperatur opdelt pr. transekt.**







## BILAG 3 – TIDSSERIER AF TEMPERATURÆNDRINGEN I UDVALGTE PUNKTER

I dette bilag præsenteres tidsserieplots af den regionale havvandstemperaturændring for de tre hydrodynamiske scenarier.

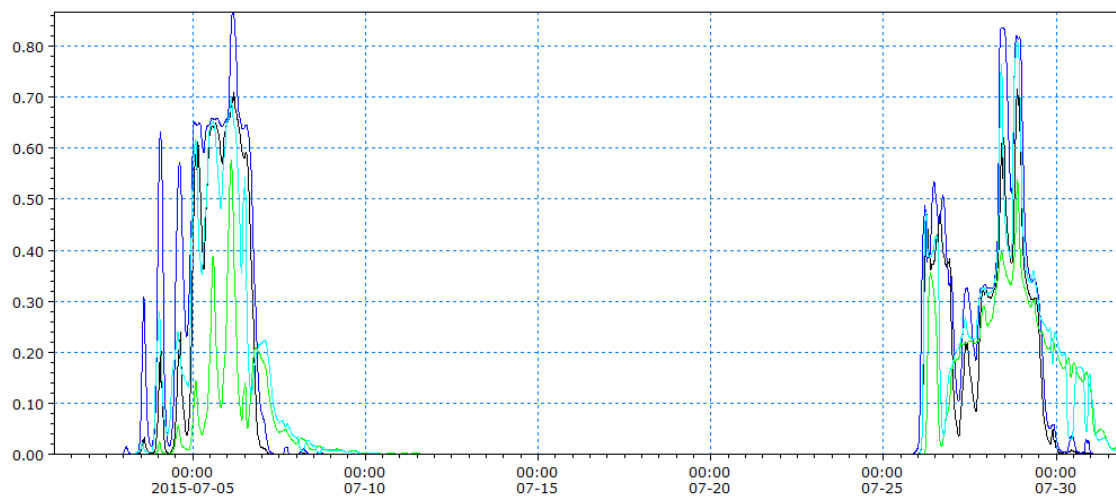
Tidsserier er udtrukket i udvalgte punkter hhv. vest og øst for Nordjyllandsværket, se placering af punkterne på nedenstående figur 1. Viste tidsserier er markeret med grøn cirkel.



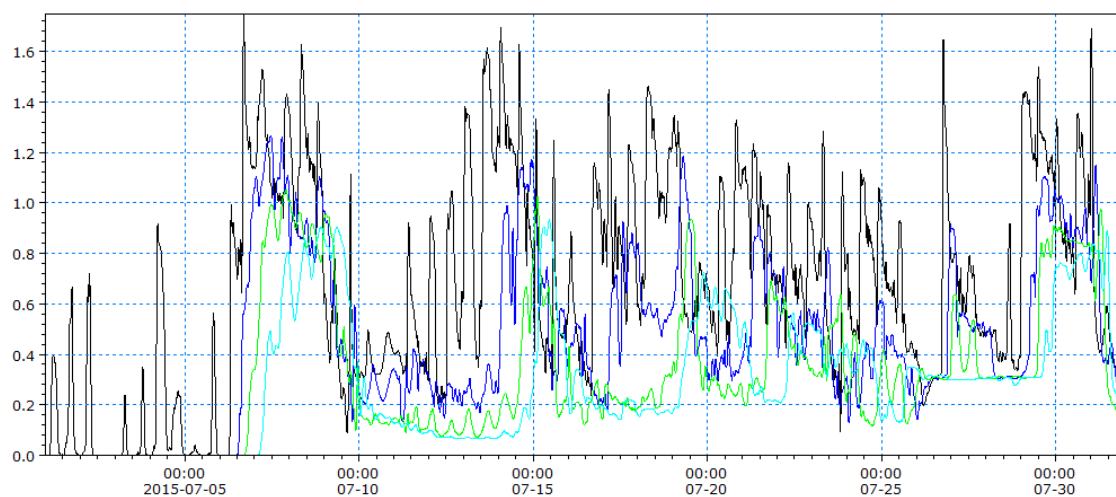
Figur 1: Illustration af udtrækningspunkter fra modellen til sammenligning af tidsserier for undersøgte simuleringsscenarier.

### Blok 3 – eksisterende forhold

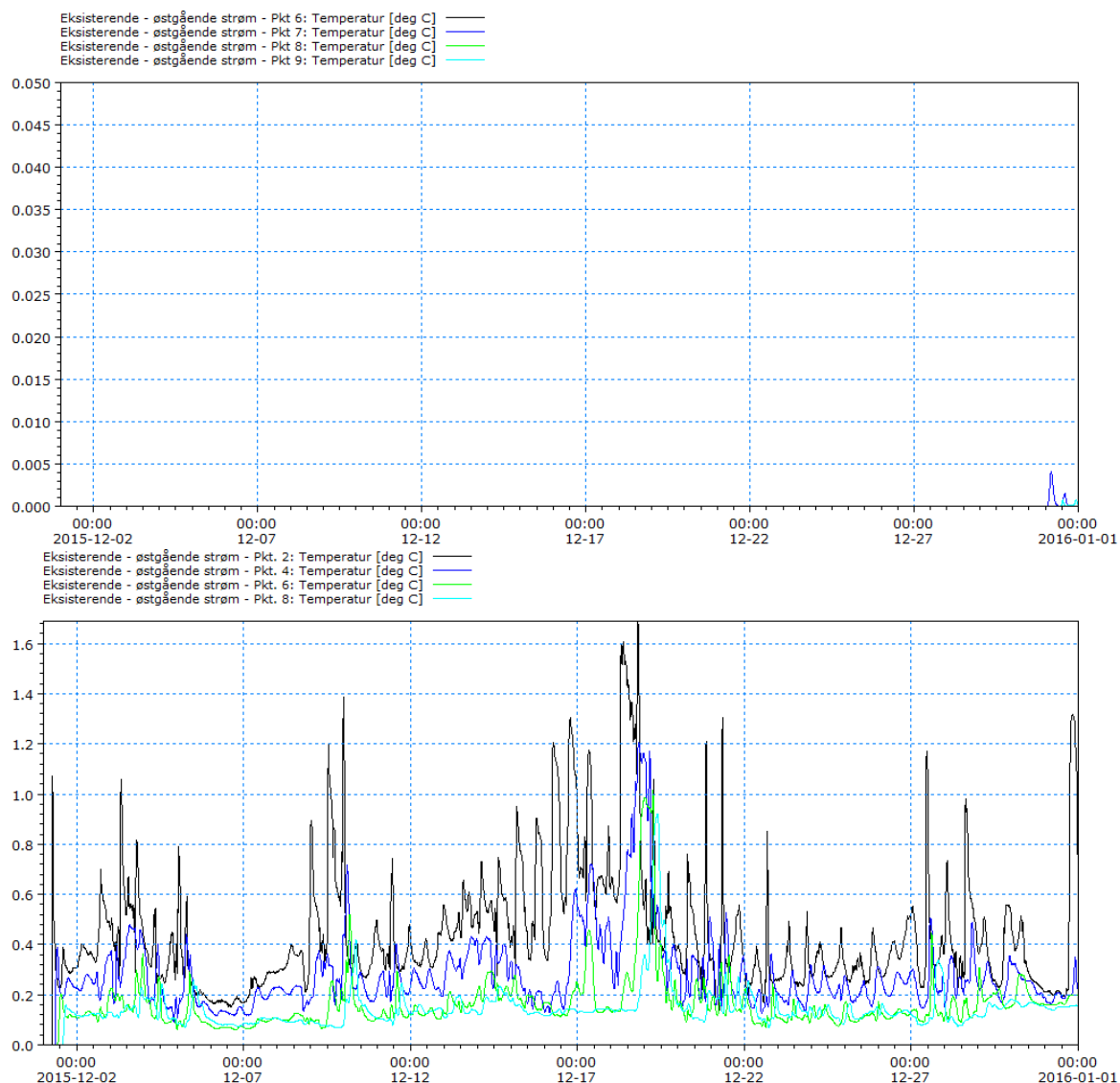
Eksisterende - tidevand (stille) - Pkt 6: Temperatur [deg C] —  
Eksisterende - tidevand (stille) - Pkt 7: Temperatur [deg C] —  
Eksisterende - tidevand (stille) - Pkt 8: Temperatur [deg C] —  
Eksisterende - tidevand (stille) - Pkt 9: Temperatur [deg C] —



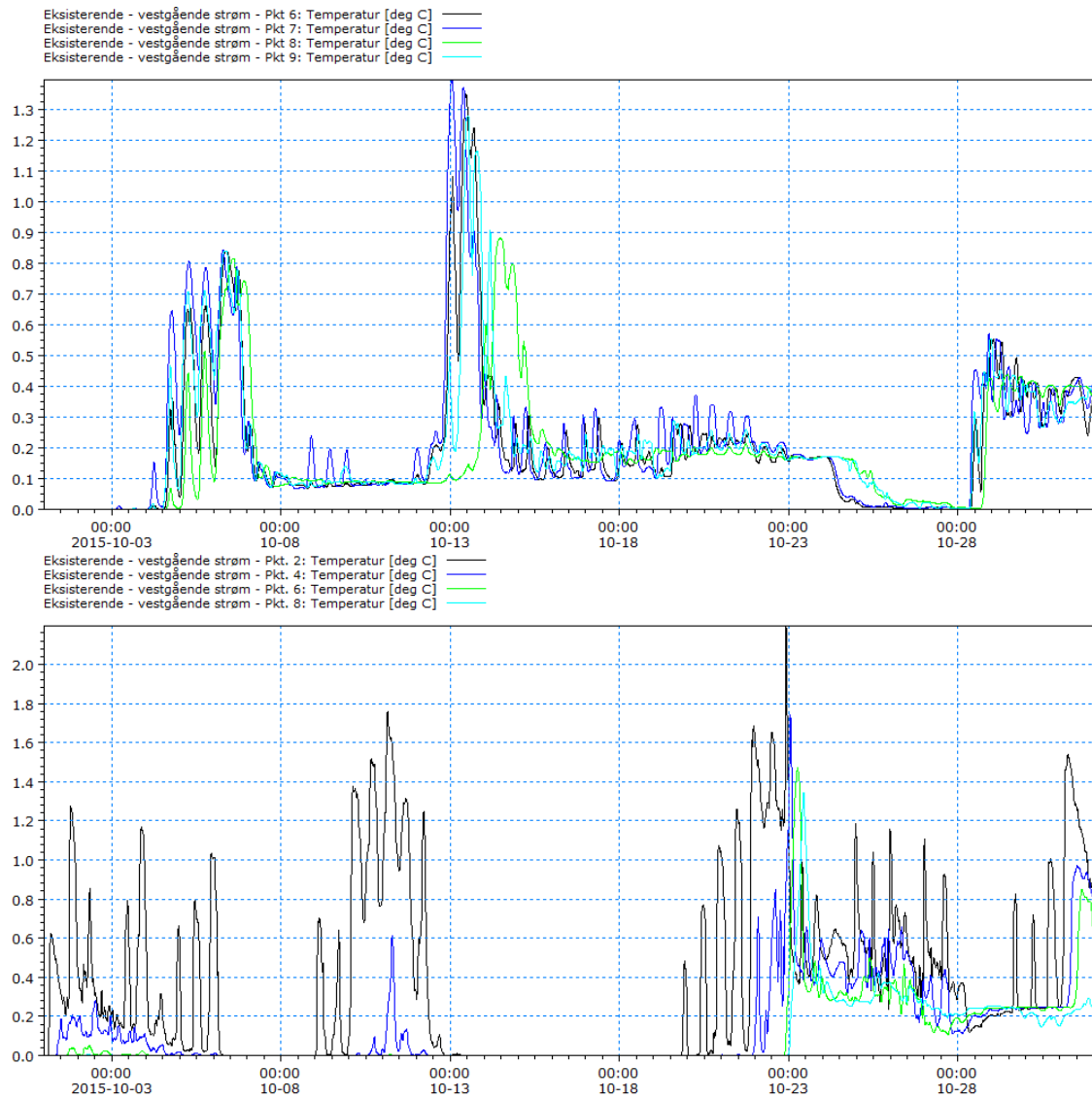
Eksisterende - tidevand (stille) - Pkt. 2: Temperatur [deg C] —  
Eksisterende - tidevand (stille) - Pkt. 4: Temperatur [deg C] —  
Eksisterende - tidevand (stille) - Pkt. 6: Temperatur [deg C] —  
Eksisterende - tidevand (stille) - Pkt. 8: Temperatur [deg C] —



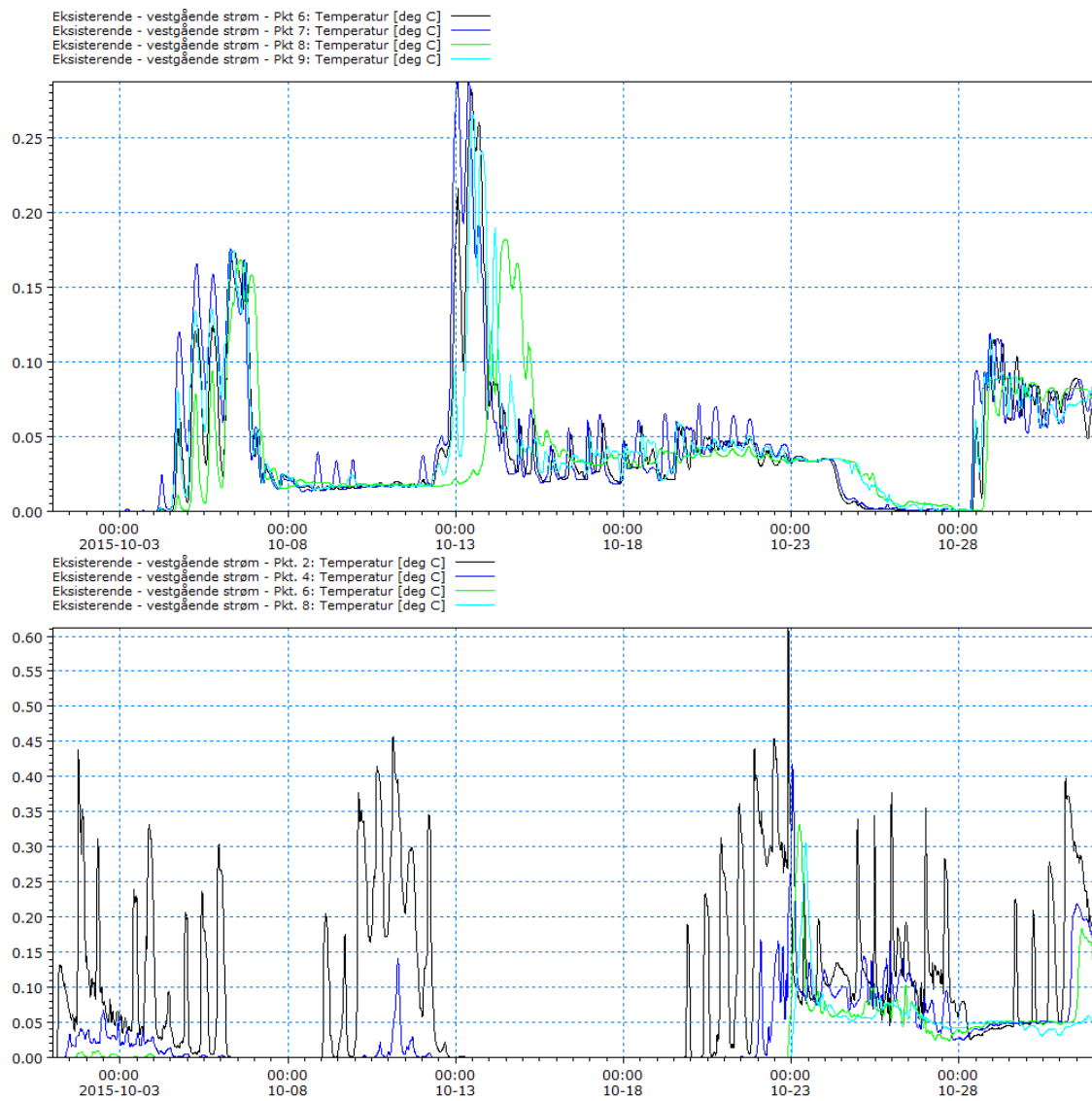
Figur 2: Tidsserier for temperaturændringen i udvalgte punkter vest for Nordjyllandsværket (*øverst*) og øst for Nordjyllandsværket (*nederst*).



**Figur 3: Tidsserier for temperaturændringen i udvalgte punkter vest for Nordjyllandsværket (øverst) og øst for Nordjyllandsværket (nederst).**

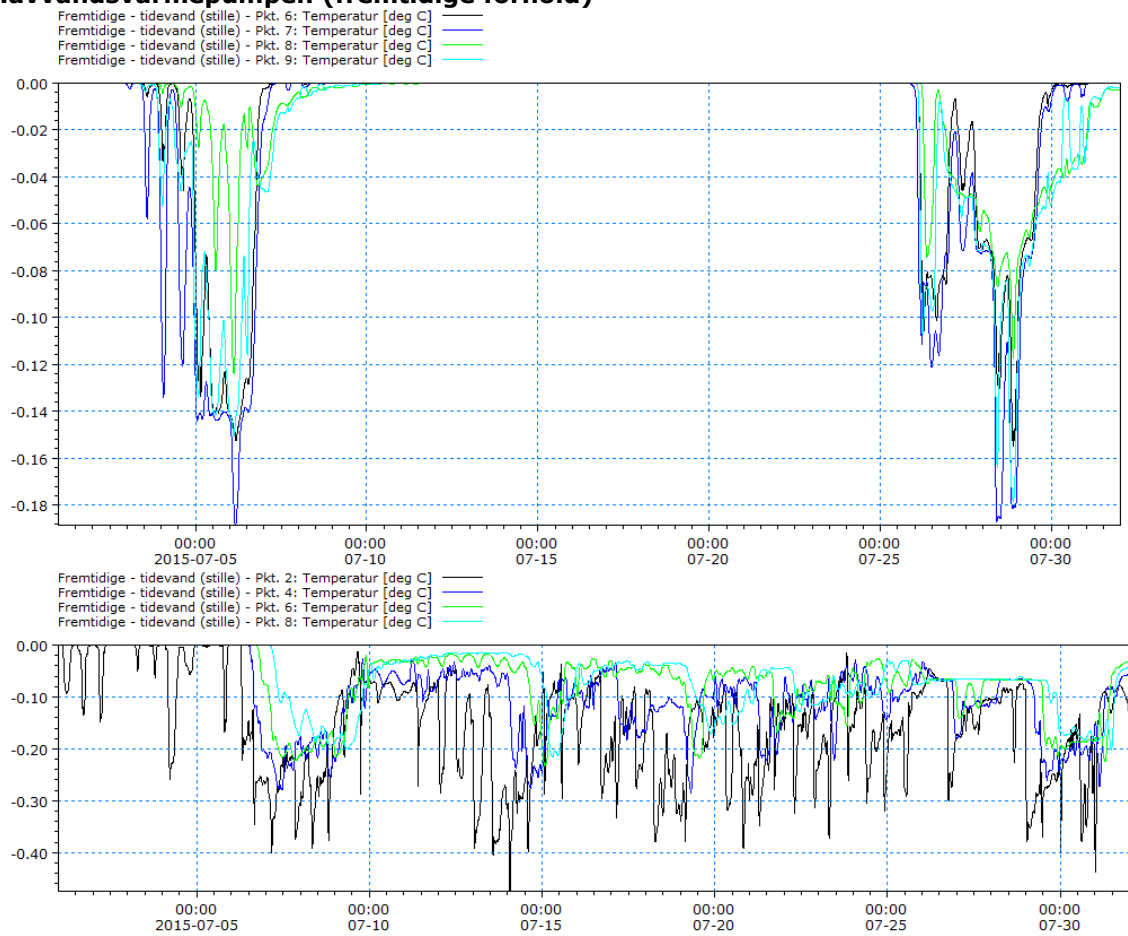


**Figur 4: Tidsserier for temperaturændringen i udvalgte punkter vest for Nordjyllandsværket (øverst) og øst for Nordjyllandsværket (nederst).**



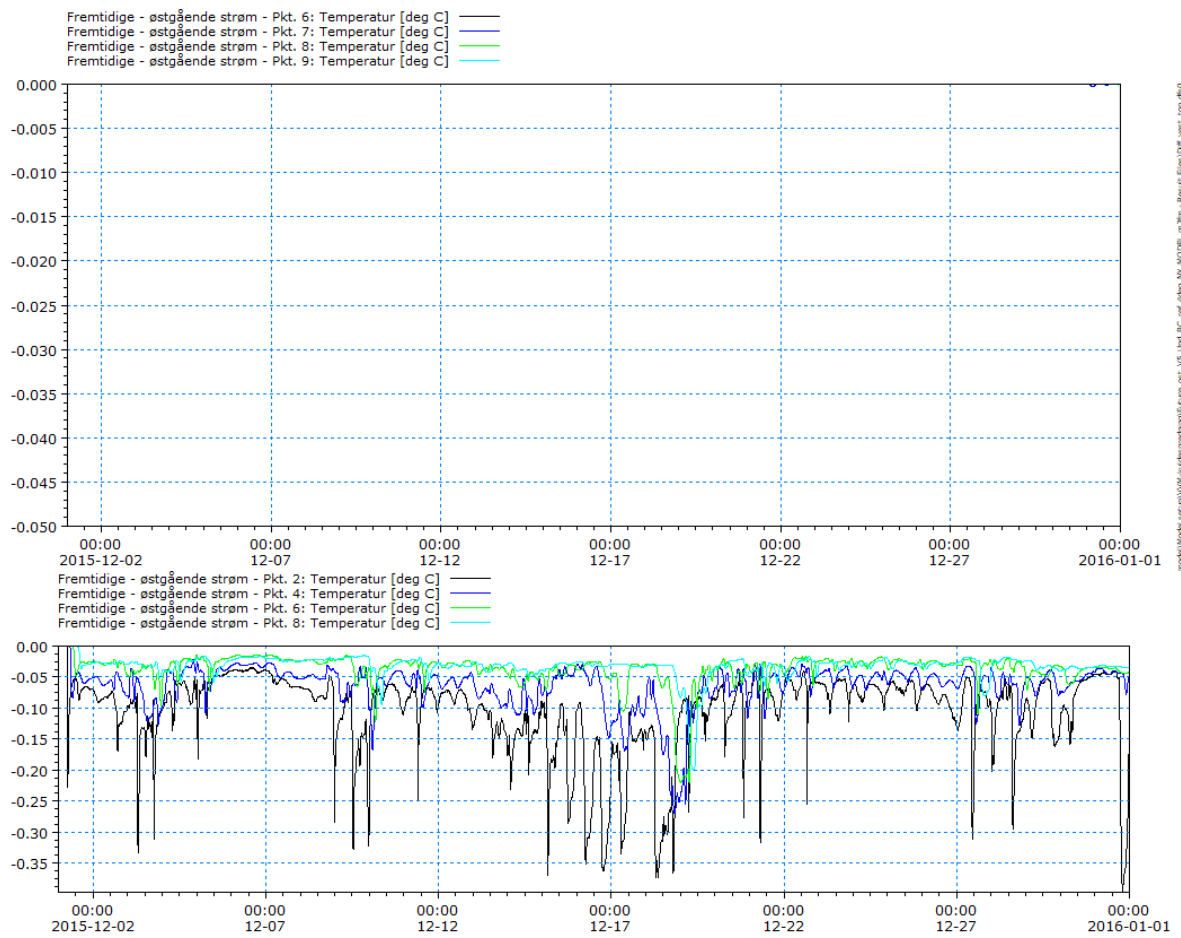
**Figur 5: Tidsserier for temperaturændringen i udvalgte punkter vest for Nordjyllandsværket (øverst) og øst for Nordjyllandsværket (nederst).**

## Havvandsvarmepumpen (fremtidige forhold)



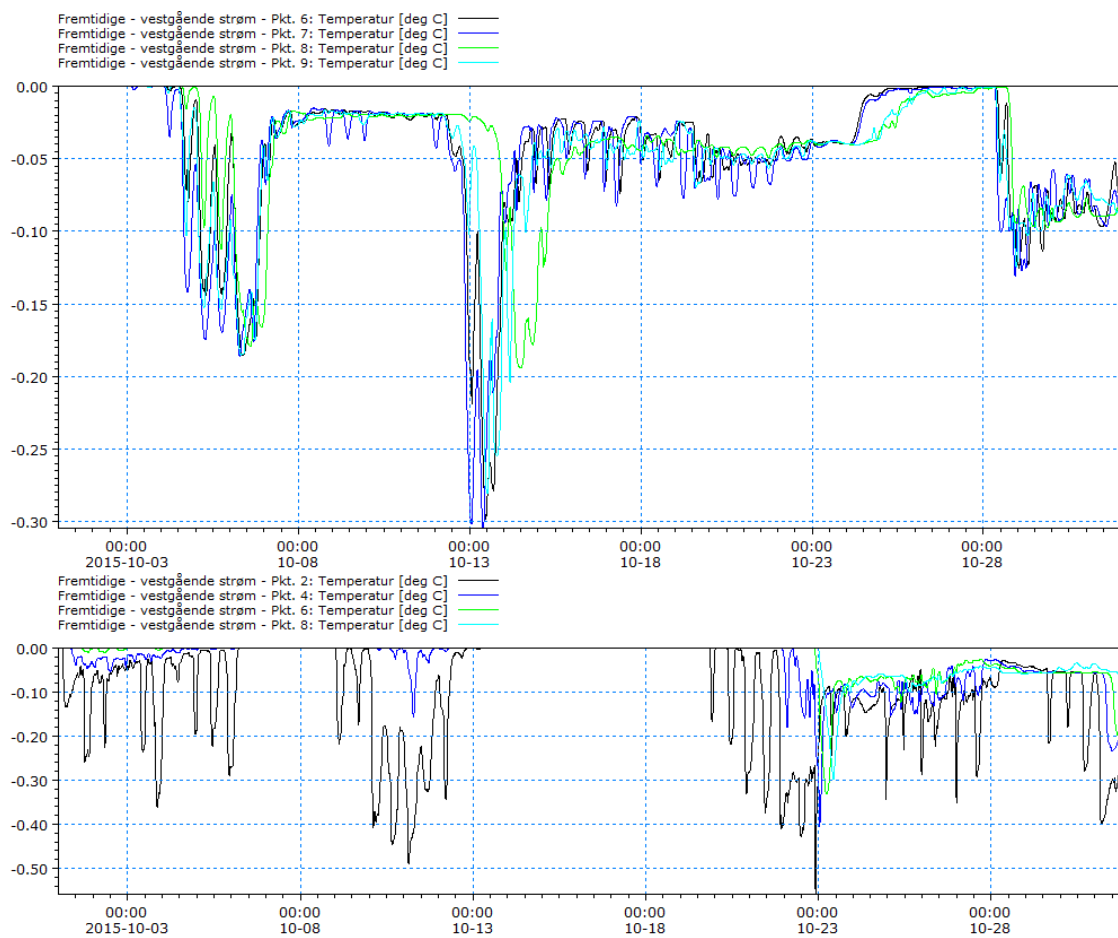
odel:\model\secan\Ww-tidevandshvorture stille VS Ljud BC ref odel Wt MODEL m 3m - Result File\DPF vest\_020.dbo

Figur 6: Tidsserier for temperaturændringen i udvalgte punkter vest for Nordjyllandsværket (øverst) og øst for Nordjyllandsværket (nederst).



**Figur 7: Tidsserier for temperaturændringen i udvalgte punkter vest for Nordjyllandsværket (øverst) og øst for Nordjyllandsværket (nederst).**





**Figur 8: Tidsserier for temperaturændringen i udvalgte punkter vest for Nordjyllandsværket (øverst) og øst for Nordjyllandsværket (nederst).**

## BILAG 4 – FØLSOMHEDS- /ROBUSTHEDS-ANALYSER IFM. TERMISK KORTSLUTNING

I dette bilag præsenteres gennemførte følsomhedsanalyser ift. temperaturpåvirkning ved havvandsindtaget. Analyserne er primært gennemført med henblik på, til et vist niveau, at tage højde for eventuelle modelusikkerheder – og dermed tage højde for eventuelle variationer i modelresultater. Følsomhedsanalyserne er primært gennemført på modelparametre som påvirker termiske forhold – dvs. ikke påvirker strøm-/vandstandsforhold. For hvert af de evaluerede følsomheder, er det dog kontrolleret, at simulerede hydrodynamiske forhold (strøm/vandstand) er sammenlignelige med simuleringer baseret på den kalibrerede model jf. afsnit 5.3.

### 9.1 Følsomhed af temperaturreduktion ved havvandsindtag overfor forskellige strømforhold

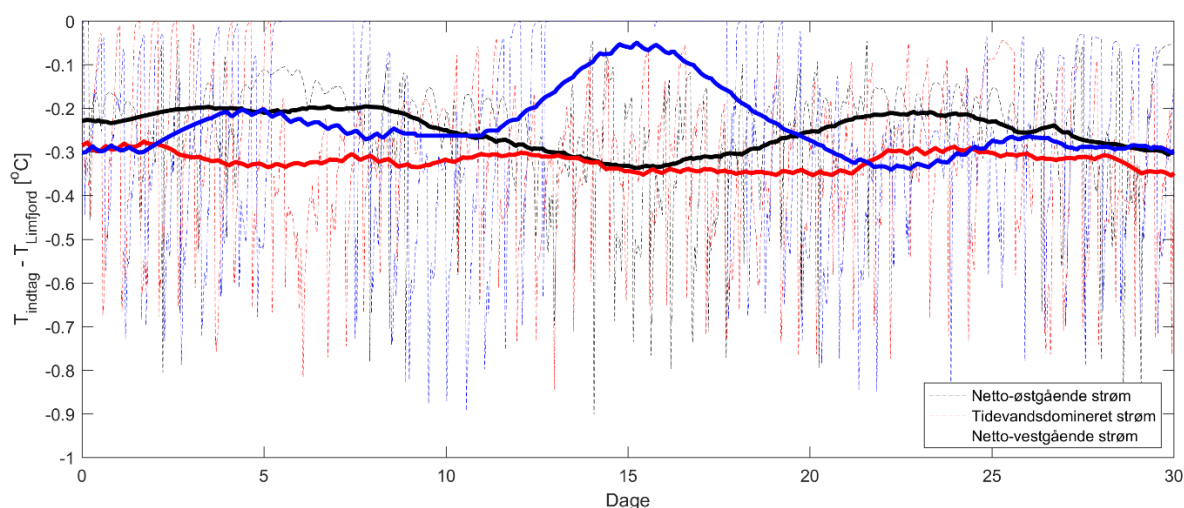
Indledningsvist analyseres, hvilken af de tre evaluerede strømscenarier, hhv. netto vestgående strøm, netto østgående strøm samt tidevandsdominerede strømforhold, der medfører den største temperaturreduktion ved havvandsindtaget. Ifm. videre følsomhedsanalyser tages der således udgangspunkt i det strømscenarie, som giver anledning til den største temperaturreduktion ved havvandsindtaget.

Følsomhedsanalysen sammenligner temperaturforhold ved havvandsindtaget (på en vanddybde svarende til koten for indtaget) for de tre strømscenarier, der er præsenteret i afsnit 5.1.1.

En sammenligning af havvandstemperaturen ved indtaget er illustreret i figur 1.

Følsomhedsanalysen er baseret på en indledende modelopsætning, og derfor kan resultater i figur 1 alene anvendes til relative sammenligninger af hydrodynamiske scenarier. Til simuleringerne forudsættes en baggrundstemperatur for vandet i Limfjorden på 4 °C (hvilket ca. svarer til den gennemsnitlige vandtemperatur i månederne december, januar, februar).

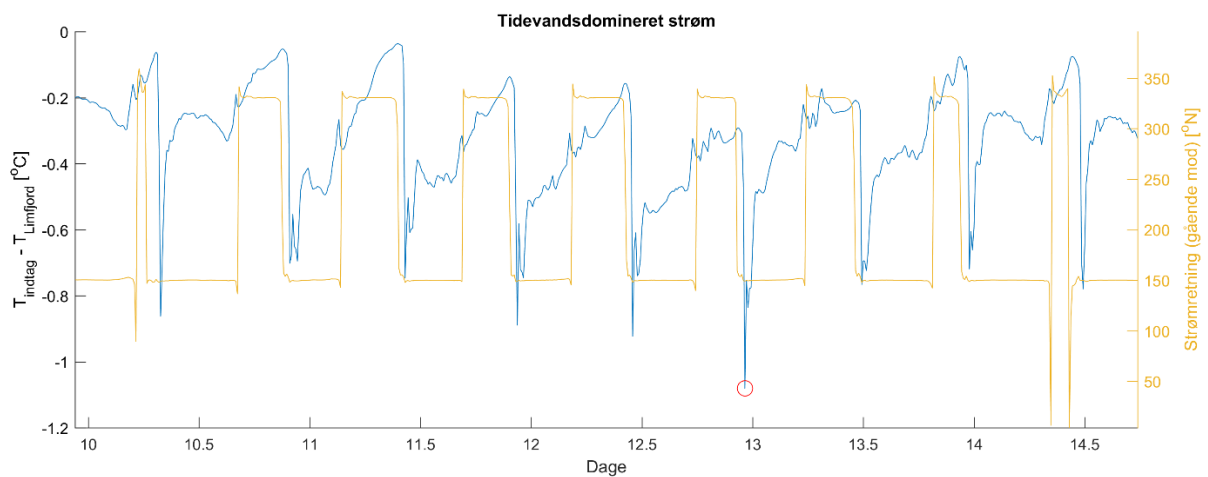
Som det fremgår af figur 1, medfører den tidevandsdominerede periode umiddelbart den største reduktion af vandtemperaturen ved indtaget.



**Figur 1: Indledende sammenligning af temperatur ved indtag (relativt ift. baggrundstemperaturen i Limfjorden) for vekslende strømscenarier. Stiplede linjer er med en løbende tidsmidling på en time, og fuldt optrukne linjer er med en løbende tidsmidling på en uge. Bemærk at temperaturreduktioner i figuren udelukkende kan betragtes relativt.**

Med henblik på at opnå en bedre forståelse af dynamikken ift. temperaturreduktionen ved vandindtaget er den relative temperaturreduktion samt strømretning for scenarierne med hhv. tidevandsdomineret strøm samt netto-østgående strøm vist i figur 2 samt figur 3. Simuleringerne er gennemført med samme forudsætninger som nævnt ovenfor dvs. en baggrundstemperatur for vandet i Limfjorden på 4°C og med en  $\Delta t = -2^\circ\text{C}$  og vandføring 13,04 m<sup>3</sup>/s, svarende til COP=3,5 for 150 MW havvandsvarmepumpen.

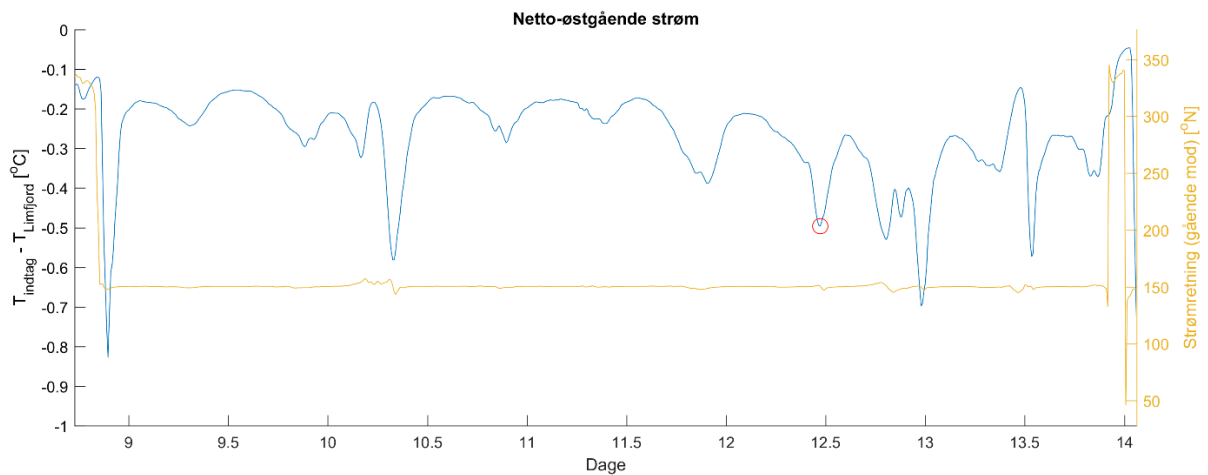
Som det fremgår af figur 2, sker der et dyk i vandtemperaturen ved havvandsindtaget, når strømmen vender fra vestgående til østgående, hvorefter den langsomt stiger. Dette indikerer, at det ikke er den østgående strøm, der i sig selv medfører den største temperaturreduktion ved indtaget, men derimod, at der er tale om en kombination af den forudgående nedkøling af havvandet, som tidligere er løbet mod vest, og som efterfølgende (når strømmen vender) returnerer mod havvandsindtaget og således nedkøler vandet her (dvs. kombination imellem lokal og regional nedkøling). I takt med at det nedkølede vand opstrøms (vest for indtaget) er løbet forbi havvandsindtaget, reduceres nedkølingen ved indtaget.



**Figur 2: Variation af relativ temperaturreduktion ved havvandsindtag, samt strømretning ved havvandsindtag, i tilfælde med tidevandsdomineret strøm.**

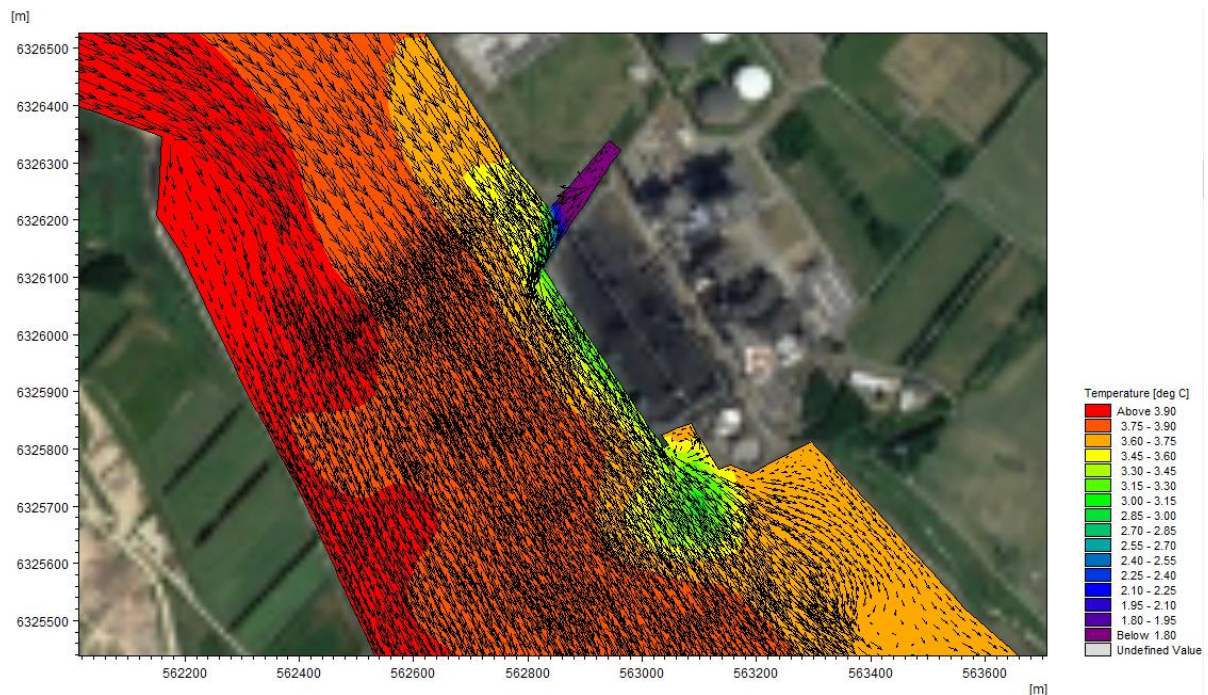
Som det fremgår af figur 3, er strømmen i den viste periode netto-set østgående, dvs. den normale periodiske vestgående strøm, som følge af tidevand, ophæves af effekten fra bl.a. vind samt højvandstand i den vestlige del af Limfjorden.

På trods af den længerevarende periode med østgående strøm, reduceres vandtemperaturen ved indtaget umiddelbart ikke til et lavere niveau, sammenlignet med de tidevandsdominerede forhold i figur 7-2, da der ikke haves den førnævnte effekt fra returnerende nedkølet vand opstrøms for indtaget. Der kan dog observeres variationer i vandtemperaturen med ca. 6 timers mellemrum, som vurderes at skyldes variationer i strømhastigheden, som følge af tidevand. På samme vis som i figur 2 kan det ses i Figur 3, at temperaturen reduceres når den tidevandsgenererede strøm vender.

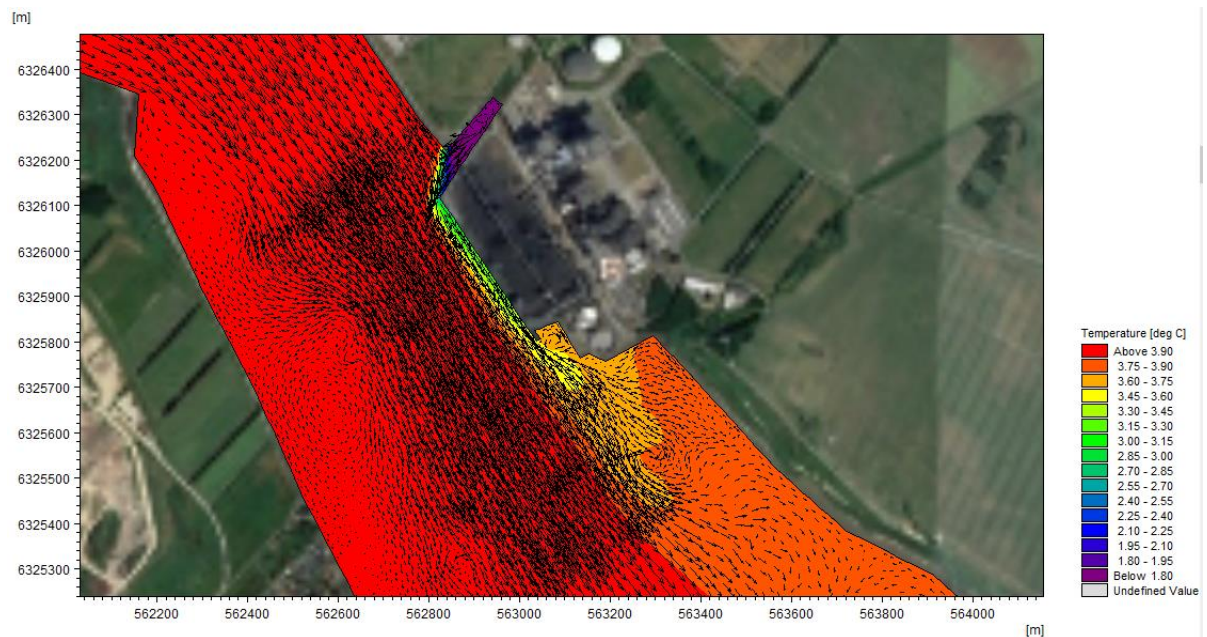


**Figur 3: Variation af relativ temperaturreduktion ved havvandsindtag, samt strømretning ved havvandsindtag, i tilfælde med dominerende østgående strøm.**

Figur 4 og figur 5 viser øjeblikbilleder af vandtemperaturen samt strømretninger i den nederste del af vandsøjlen, for scenarierne med hhv. tidevandsdominerede strømforhold (tidspunkt illustreret med rød cirkel i figur 7-2), samt netto-østgående strøm (tidspunkt illustreret med rød cirkel i figur 3). Som det fremgår af figurerne, varierer både temperaturreduktionen, samt udbredelsen af denne, over tid. Herudover kan det konstateres, at vandtemperaturen er kraftigt reduceret ved udløbet.



**Figur 4: Vandtemperatur i den nederste halvdel af vandsøjlen, samt strømretning, for scenariet med tidevandsdominerede strømforhold (tidspunkt illustreret i Figur 2). Til simuleringen forudsættes en baggrundstemperatur for vandet i Limfjorden på 4 °C (ca. svarende til den gennemsnitlige havvandstemperatur i månederne december, januar, februar) og der undersøges temperaturreduktion for tilfældet med  $\Delta t = -2$  °C (repræsentativt for vinterperioden) og vandføring 13,04 m<sup>3</sup>/s, svarende til COP=3,5 for 150 MW havvandsvarmepumpen. (Baggrundfoto er fra Google Earth, 2021).**



**Figur 5: Vandtemperatur i den nederste halvdel af vandsøjlen, samt strømretning, for scenariet med netto-østgående strøm (tidspunkt illustreret i figur 3). Til simuleringen forudsættes en baggrundstemperatur for vandet i Limfjorden på 4 °C (ca. svarende til den gennemsnitlige havvandstemperatur i månederne december, januar, februar) og der undersøges temperaturreduktion for tilfældet med  $\Delta t = -2^\circ\text{C}$  (repræsentativt for vinterperioden) og vandføring 13,04 m<sup>3</sup>/s, svarende til COP=3,5 for 150 MW havvandsvarmepumpen. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).**

Det kan umiddelbart konstateres, at der for de evaluerede scenarier med både øst-, vest- samt tidevandsdominerede strømforhold forekommer den største temperaturreduktion ved tilfældet med tidevandsdomineret strøm. Dette er på trods af, at indtaget er placeret øst for udløbet. Således baseres den videre følsomhedsanalyse og de endelige modelsimuleringer udelukkende på forhold med tidevandsdomineret strøm, som i øvrigt (jf. afsnit 4) er dominerende i Langerak.

Ifm. videre analyser af termisk kortslutning er der primært taget udgangspunkt i strømscenariet med tidevandsdominerede strømforhold.



## 9.2 Følsomhed af temperaturforholdene ved havvandsindtag overfor den termiske dispersion

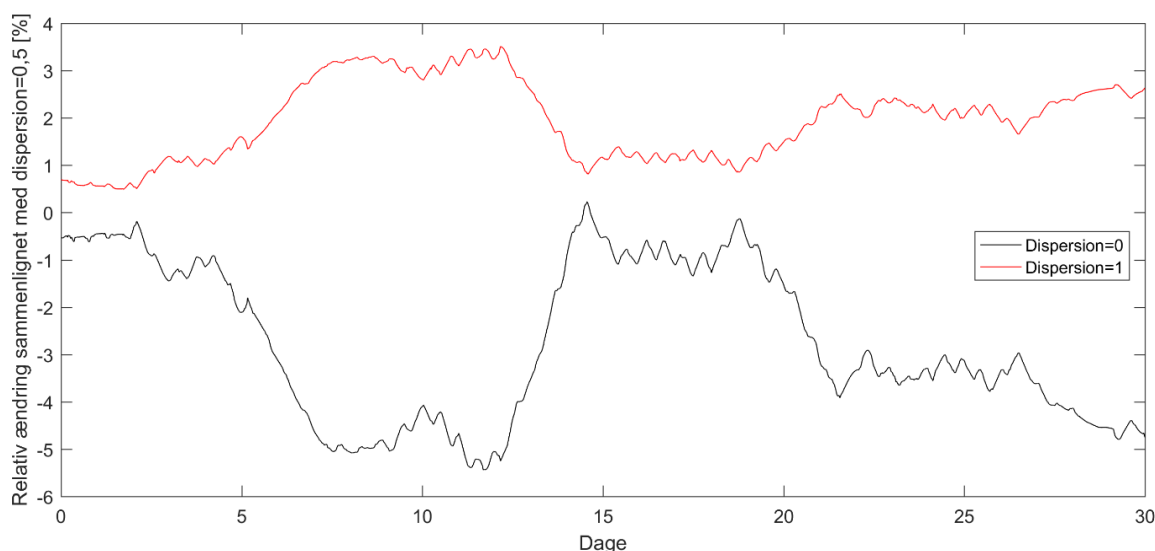
Udover følsomheden af temperaturreduktionen ved havvandsindtaget overfor strømforholdene i området, vurderes der i det følgende på følsomheden af vandtemperaturen ved havvandsindtaget overfor variation i modelkalibreringsparametre, sammenlignet med den kalibrerede model jf. afsnit 5.3. Der vurderes på indflydelsen fra både den vertikale- samt horisontale dispersionskoefficient overfor temperaturforholdene ved havvandsindtaget.

### 9.2.1 Vertikal dispersion

Figur 6 **Error! Reference source not found.** viser relative sammenligninger imellem temperaturreduktioner ved havvandsindtaget for scenarierne med hhv. fuld vertikal dispersion, dvs. fuld vertikal opblanding (vertikal dispersionskoefficient = 1) og ingen vertikal dispersion, dvs. 0 vertikal opblanding (vertikal dispersionskoefficient = 0). Der er til simuleringerne forudsat en baggrundstemperatur for vandet i Limfjorden på 4 °C (ca. svarende til den gennemsnitlige havvandstemperatur i månederne december, januar, februar) og der undersøges temperaturreduktion for driftstilfældet med  $\Delta t = -2\text{ °C}$  (repræsentativt for vinterperioden) og vandføring 13,04 m<sup>3</sup>/s, svarende til COP=3,5 for 150 MW havvandsvarmepumpen som beskrevet i afsnit 5.1.2. Herudover er der **Error! Reference source not found.** taget udgangspunkt i scenariet med tidevandsdomineret strøm.

Som det fremgår af figur 6 **Error! Reference source not found.**, opstår den største temperaturreduktion ved havvandsindtaget i tilfældet med en vertikal dispersion på 0, hvilket er forventeligt. Grunden hertil er, at det tungere kolde vand fra udløbet løber i den nedre del af vandsøjlen, hen imod havvandsindtaget, der ligger nede i samme niveau. Såfremt der ikke forekommer en vertikal opblanding, vil dette medføre en større nedkøling.

Overordnet set kan det dog konstateres, at følsomheden af modelresultater overfor variationer i den vertikale dispersion er forholdsvis begrænset – idet ændringen i afkølingen er i størrelsen ca.  $\pm 5\%$ . ift. resultater med en vertikal dispersion på 0,5

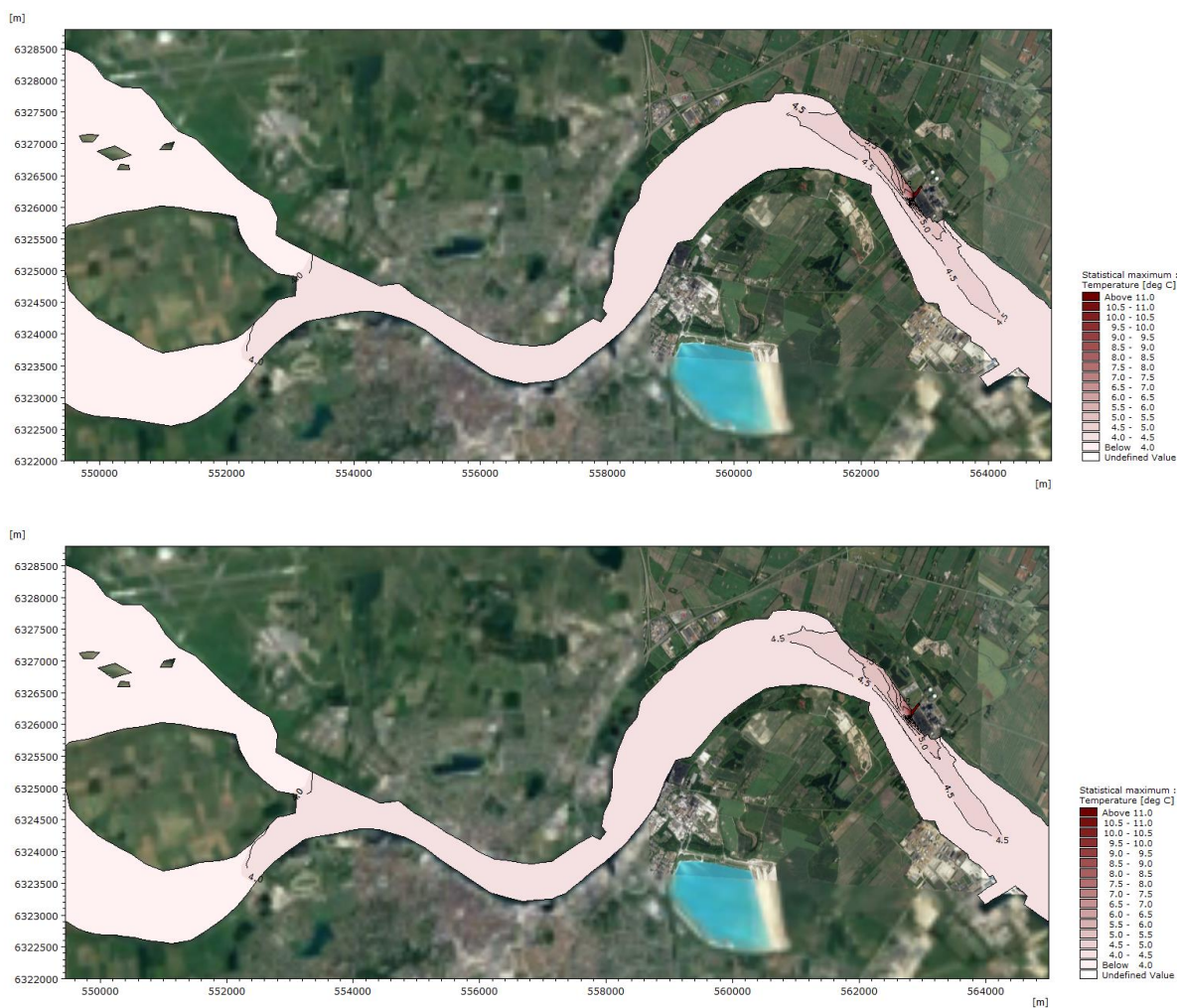


Figur 6: Relativ sammenligning imellem temperaturreduktion ved ydergrænser for den vertikale temperaturdispersion sammenlignet med vertikal dispersion=0,5.

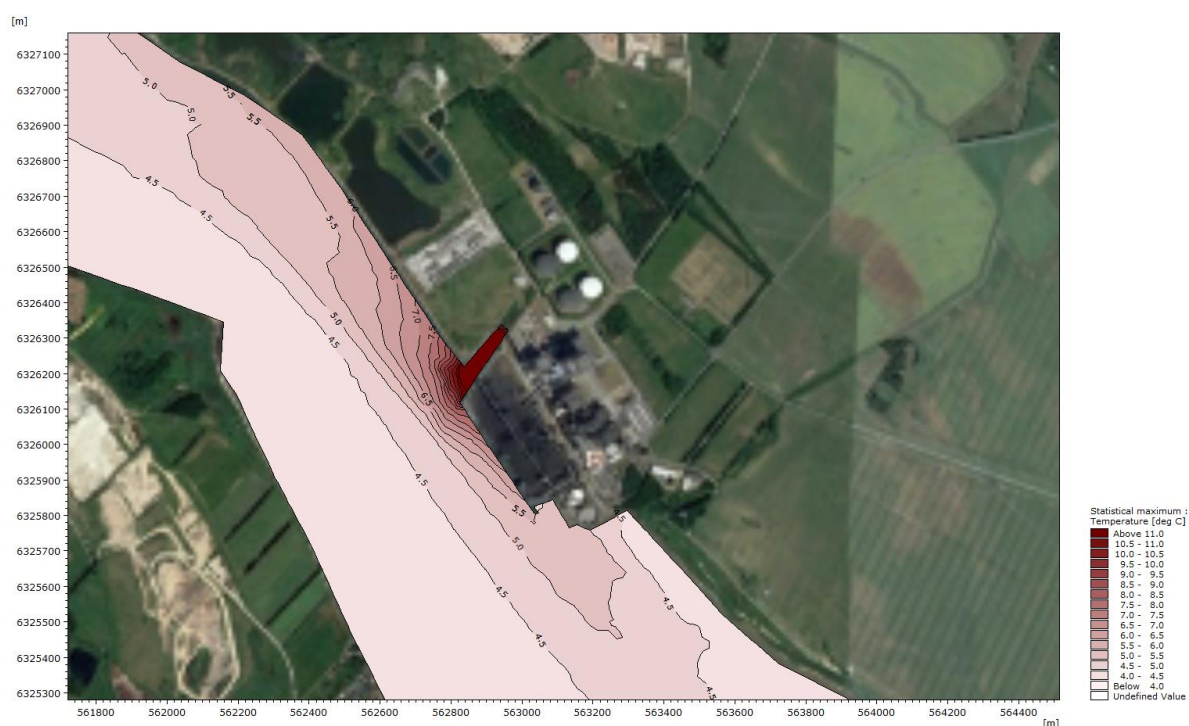
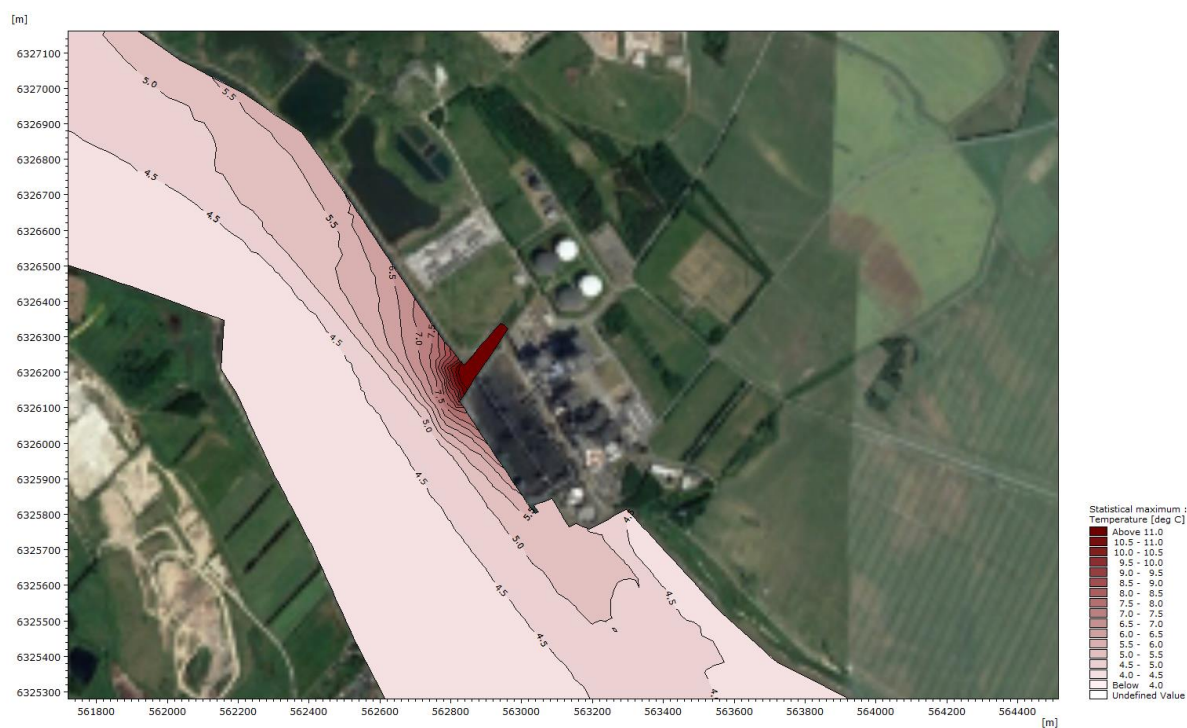
### 9.2.2 Horizontal dispersion

Der er gennemført modelberegninger med forskellige grader af horisontal dispersion. Modelberegningerne er gennemført for en periode i marts 2021, hvor Nordjyllandsværket periodevist kørte kondensdrift.

Resultaterne fra simuleringerne er vist som statistiske arealplots for maks. vandtemperatur i hver beregningscelle i modelområdet i simuleringsperioden. Der er således ikke tale om øjebliksplots af temperaturen i Limfjorden. Resultaterne er vist i figur 7 og figur 8 for tilfælde med en horisontal dispersion på hhv. 1 og 0.



**Figur 7: Statistiske maks. temperatur i modelområdet for kalibreringsmodelberegninger for en horisontal dispersion på 1 (øverst) og en horisontal dispersion på 0 (nederst).**



**Figur 8: Statistiske maks. temperatur i modelområdet for kalibreringsmodelberegninger for en horisontal dispersion på 1 (øverst) og en horisontal dispersion på 0 (nederst) i området omkring Nordjyllandsværket.**

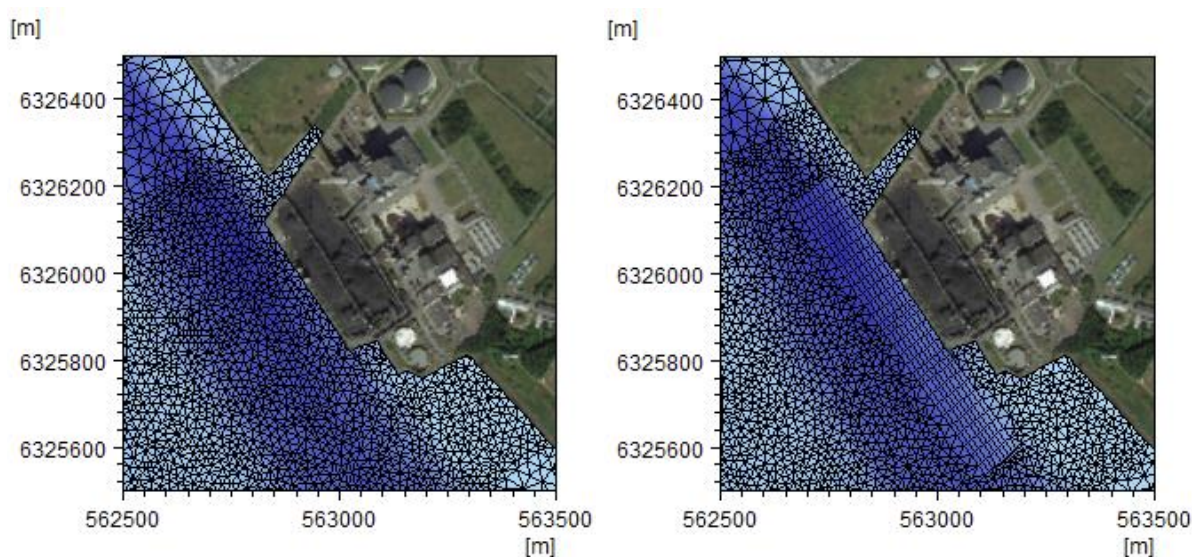
Som det fremgår figur 7 og figur 8, er temperaturudbredelsen ikke signifikant påvirket af den anvendte horisontale dispersionkoefficient, hvormed vurderingen er, at temperaturfanerne i højere grad afhænger af advektion (strøm) og resultaterne er således robuste ift. den implementerede dispersionkoefficient.



### 9.3 Følsomhed overfor model-diskretisering

Følsomheder af termiske forhold overfor modeldiskretiseringen analyseres i det følgende. Der analyseres på følsomheden af temperaturforhold overfor både den horisontale samt den vertikale modeldiskretisering.

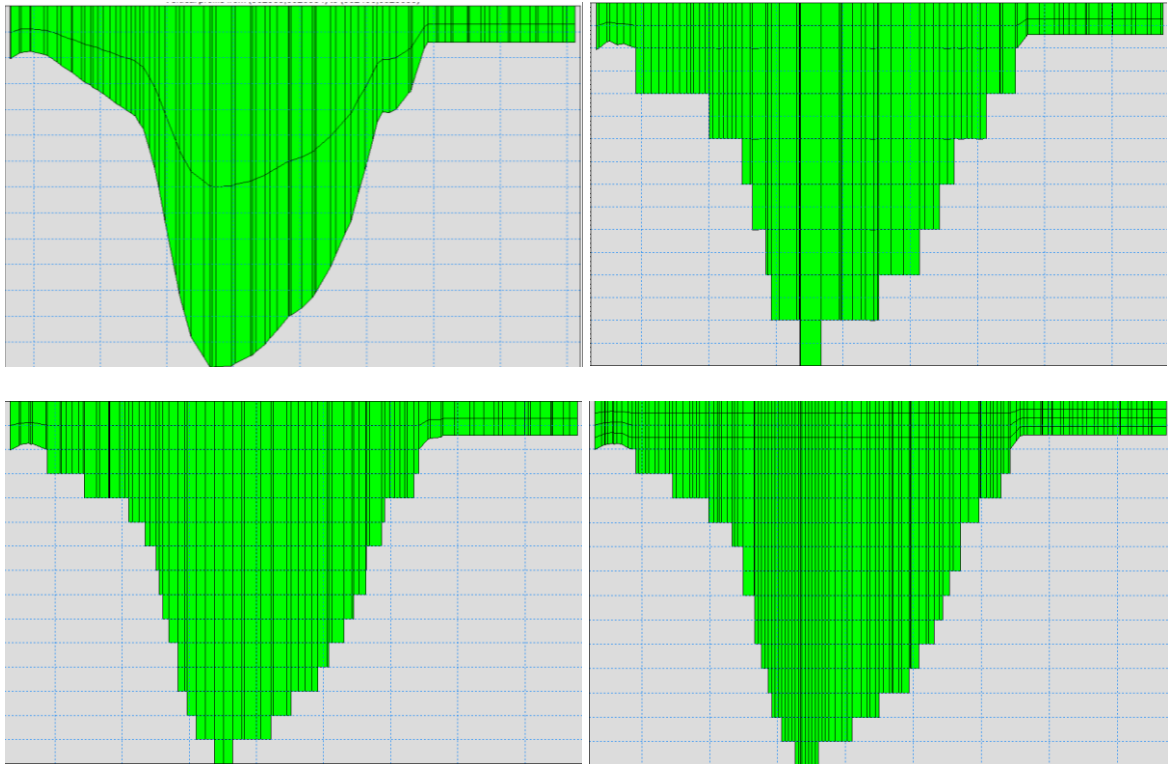
Ifm. den horisontale model-diskretisering tages der udgangspunkt i to versioner af det lokale horisontale beregningsnet, se illustrationer i figur 9 **Error! Reference source not found.**. Forskellen på de to betragtede beregningsnet er området foran forsyningen, hvor der i figur 9 **Error! Reference source not found.** (venstre) er triangulære beregningsceller, hvorimod der i figur 9 **Error! Reference source not found.** (højre) er rektangulære beregningsceller. Formålet med de rektangulære celler er at reducere på den potentielle numeriske dissipation af temperaturpåvirkningen i strømretningen - imellem udløb og indtag.



Figur 9: Evaluerede variationer af det lokale horisontale beregningsnet i modellen med hhv. "lokalt triangulært beregningsnet" (venstre) og "lokalt rektangulært beregningsnet" (højre).

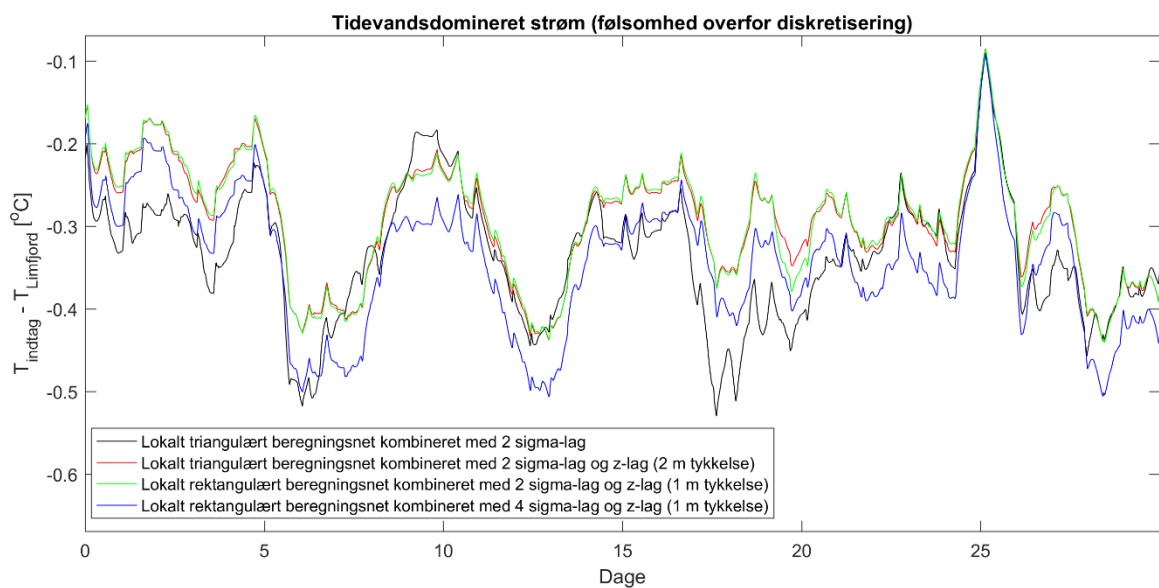
Udover de forskellige horisontale beregningsnet er der analyseret på indflydelsen fra det vertikale beregningsnet. Hertil er der betragtet følgende fire variationer af vertikale diskretiseringer i modellen (se illustration i figur 10):

- 2 vertikale sigma lag (med varierende tykkelse afhængig af vanddybden).
- Kombination af 2 vertikale sigma-lag og z-lag med 2 m tykkelse.
- Kombination af 2 vertikale sigma-lag og z-lag med 1 m tykkelse.
- Kombination af 4 vertikale sigma-lag og z-lag med 1 m tykkelse.



**Figur 10: Evaluerede vertikale model-diskretisering vist ud fra et snit igennem udløbskanalen ved Nordjyllandsværket (i højre side af figurerne) og tværs over Langerak mod sydvest (i venstre side af figurerne). Øverst tv.: "2 vertikale sigma lag". Øverst th.: "kombination af 2 vertikale sigma-lag og z-lag med 2 m tykkelse". Nederst tv.: "kombination af 2 vertikale sigma-lag og z-lag med 1 m tykkelse". Nederst th.: "kombination af 4 vertikale sigma-lag og z-lag med 1 m tykkelse".**

Temperaturreduktionen ved havvandsindtaget for forskellige kombinationer af horisontale- og vertikale model-diskretiseringer er vist i figur 11. De fire forskellige kombinationer er vist for scenariet med tidevandsdomineret strøm.



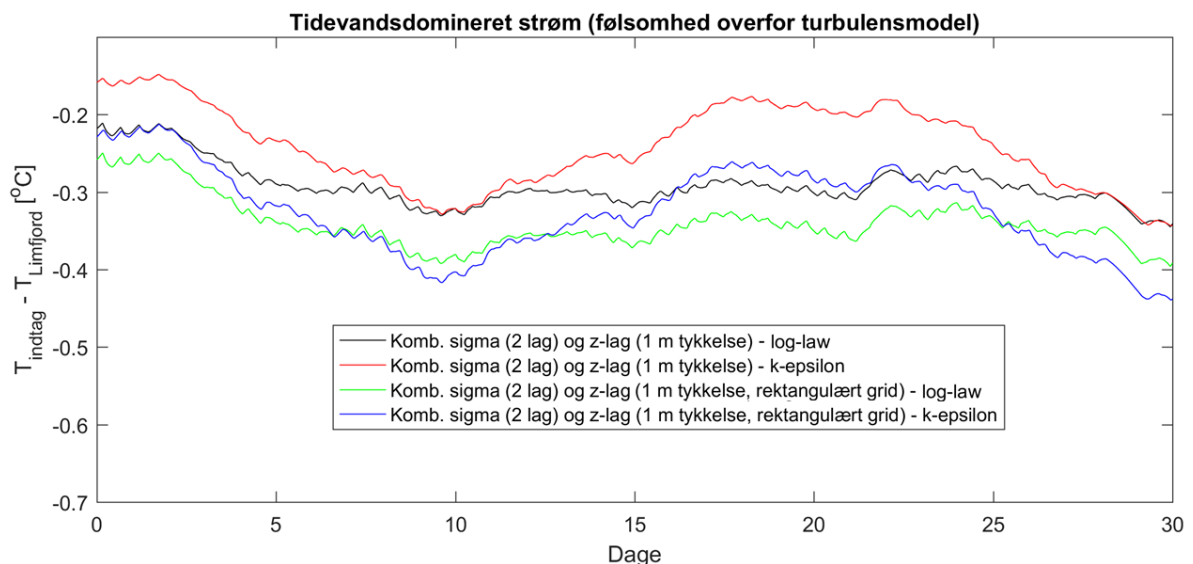
**Figur 11: Temperaturreduktion ved havvandsindtaget (dvs. difference imellem vandtemperatur udfor indtag og baggrundvandtemperaturen) ved forskellige horisontale- og vertikale model-diskretiseringer. Figuren viser temperaturreduktioner, som er midlet over 1 døgn.**

Som det fremgår af figur 11, er der generelt en relativt begrænset følsomhed af temperaturreduktionen overfor model-diskretiseringen. Kombinationen med "lokalt triangulært beregningsnet kombineret med 2 sigma-lag" medfører, at det nedkølede vand fra udløbet "tvinges", via beregningsnettet, ned i vandsøjlen, hvor havvandsindtaget er beliggende. Derfor medfører denne kombination periodevis den største temperaturreduktion ved havvandsindtaget.

Af figur 11 fremgår det desuden, at anvendelsen af det rektangulære beregningsnet imellem udløb og indtag medfører en lille forøgelse af temperaturreduktionen ved havvandsindtaget, sammenlignet med anvendelsen af det triangulære beregningsnet.

#### 9.4 Følsomhed overfor vertikal turbulensmodel

Følsomheden af temperaturreduktionen ved havvandsindtaget overfor variation i typer af turbulensmodeller er vist i figur 12. Der er undersøgt hhv. log-law samt k-epsilon turbulensmodeller i kombination med variationer i beregningsnettet. Der er ikke datagrundlag til at validere turbulensmodellen, derfor den gennemførte følsomhedsvurdering. I de viste resultater er der taget udgangspunkt i en vertikal dispersionskoefficient på 0,5 samt scenariet med tidevandsdomineret strøm.



Figur 12: Sammenligning af temperaturreduktion ved havvandsindtag for tilfælde med varierende turbulensmodeller.

Som det fremgår af figur 12 forekommer der kun en relativt begrænset følsomhed af temperaturforholdene ved havvandsindtaget (0,1°C) overfor valg af turbulensmodel.

BILAG 6  
NATURA 2000-VÆSENTLIGHEDSVURDERING OG VURDERING I  
HENHOLD TIL VANDRAMMEDI REKTIVET

Til  
Aalborg Forsyning - Nordjyllandsværket

Dokumenttype  
Rapport

Dato  
September 2021

# HAVVANDSVARMEPUMPE VED NORDJYLLANDSVÆRKET

NATURA 2000 VÆSENTLIGHEDSVURDERING OG VURDE-  
RING I FORHOLD TIL VANDRAMMEDIREKTIVET

Projekt navn AF-inddheat-Teknisk Rådgivning-Havvands VP  
Projekt nr. 1100045210  
Modtager Aalborg Forsyning - Nordjyllandsværket  
Dokumenttype Natura 2000 Væsentlighedsvurdering  
Version 4  
Dato 17-09-2021  
Udarbejdet af HFV  
Kontrolleret af MKMG  
Godkendt af SLA

## INDHOLD

1.	Indledning	1
1.1	Baggrund	1
1.2	Metode	2
2.	Projektbeskrivelse	5
2.1	Potentielle påvirkninger i anlægs- og driftsfase	7
3.	Indledende screening af nærliggende Natura 2000-områder	10
4.	N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal	12
4.1	Eksisterende forhold	12
4.2	Udpegningsgrundlaget og bevaringsmålsætninger	12
4.3	Potentiel påvirkning af marine naturtyper	21
4.4	Potentiel påvirkning af arter	27
4.5	Potentiel påvirkning af fugle	28
4.6	Sammenfattende vurdering af Natura 2000-område N15	28
5.	Vurdering af øvrige naturforhold	30
5.1	Bilag IV-arter	30
5.2	Vandområdeplan Jylland og Fyn	30

## 1. INDLEDNING

### 1.1 Baggrund

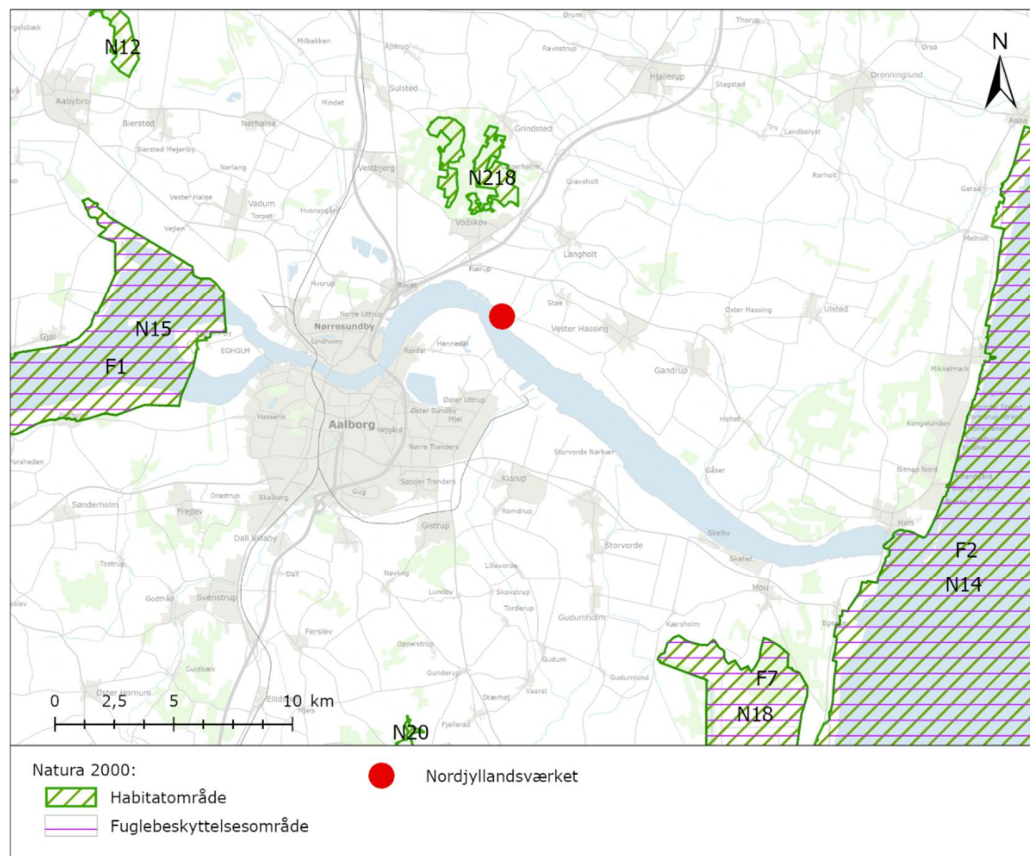
Aalborg Forsynings mål er at etablere en ny fjernvarmeproduktion, der er økonomisk fordelagtig for varmekunderne i Aalborg, Nørresundby, som samtidig er grøn og fleksibel. Derudover har Aalborg Forsyning et ønske om, at den nye fjernvarmeproduktion skal være baseret på et udvalg af modne teknologier med hensyn til høj forsyningsikkerhed og for at gøre forbrugernes varmepris robust overfor ændringer i markedsvilkår. Det er politisk besluttet at nedlægge Nordjyllandsværket senest i 2028. Aalborg Forsyning søger derfor at finde alternative varmeproduktions muligheder, heriblandt havvandsvarmepumpen.

Aalborg forsyning ønsker, at etablere et 150 MW havvandsbaseret varmepumpeanlæg placeret ved Nefovej med eksisterende havvandsindtag indbygget i Nordjyllandsværkets kølevandssystem. Placeringen på Nefovej er valgt, så den eksisterende infrastruktur for fjernvarme kan udnyttes, samtidig med at der er gunstig adgang til havnefaciliteter og havvand.

Varmepumpernes varmekilde er havvand, som pumpes ind fra eksisterende kølevandssystem og udledes igen til eksisterende kølevandssystemet. Da der vil ske en nedkøling af havvandet ved udvindning af varme skal det vurderes om etablering og drift af havvandsvarmepumperne potentielt kan udgøre en væsentlig påvirkning af nærliggende Natura 2000-områder.

Nærmeste Natura 2000-områder er N14 Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord, som ligger ca. 19 km mod øst, og N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, som ligger ca. 11 km mod vest (Figur 1-1). Natura 2000-områder som ligger på land (N218, N12 og N18), vurderes ikke at blive påvirket af projektet, da potentielle påvirkninger knytter sig til søterritoriet.





Figur 1-1. Natura 2000-områder nær havvandsvarmepumpen ved Nordjyllandsværket (markeret med rødt punkt). N14 Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord ligger øst for anlægget og N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal ligger vest for anlægget. Figur fra MiljøGIS for basisanalyser for Natura 2000-planer 2022-2027. De øvrige Natura 2000-områder (N218, N12 og N18) ligger på land og påvirkes derfor ikke af projektet.

## 1.2 Metode

Afsnittet beskriver anvendte metoder til beskrivelse af eksisterende forhold og vurdering af påvirkninger.

### 1.2.1 Metode til beskrivelse af den aktuelle miljøstatus

Natura 2000-områdernes tilstand beskrives på baggrund af eksisterende viden om områderne og de udpegede naturtyper og arter, som potentielt kan blive påvirket. Til kortlægning af nærliggende Natura 2000-områder er anvendt:

- MiljøGIS for Natura 2000-planer<sup>1</sup>
- MiljøGIS for Natura 2000-basisanalyser<sup>2</sup>
- MiljøGIS for vandområdeplanerne 2015-2021 for kystnære vandområder<sup>3</sup>

<sup>1</sup> MiljøGIS for Natura 2000-planer 2016, <http://miljoegis.mim.dk/spatialmap?&profile=natura2000planer2-2016>.

<sup>2</sup> MiljøGIS for Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, <http://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=natura2000planer3basis2020>.

<sup>3</sup> MiljøGIS for Vandområdeplanerne 2015-2021 <http://miljoegis.mim.dk/cbkort?&profile=vandrammedirektiv2-bek-2019>.

Til vurderingerne foretages først en overordnet beskrivelse af de Natura 2000-områder, der forekommer inden for en afstand, hvor potentielle påvirkninger fra projektet vurderes, at kunne forekomme. Herefter beskrives forekomst og udbredelse af udpegningsgrundlagets arter og naturtyper for relevante Natura 2000-områder. Data om udbredelse, bevaringsstatus og naturtilstand for naturtyper og arter på udpegningsgrundlaget tager udgangspunkt i følgende basisanalyser, naturplaner og NOVANA overvågning:

- Natura 2000-planer<sup>4 5</sup>
- Basisanalyser<sup>6 7</sup>
- NOVANA overvågning og rapporter<sup>8 9</sup>

I den efterfølgende vurdering gennemføres en trinvis screening. Første trin består i at vurdere hvilke Natura 2000-områder, der skal indgå i væsentlighedsvurderingen. Derefter foretages en væsentlighedsvurdering af de Natura 2000-områder, der er vurderet relevante. Væsentlighedsvurderingen gennemføres ved at det samlede udpegningsgrundlag først vurderes overordnet i forhold til de forventede potentielle påvirkninger fra projektet. Naturtyper og arter, der ikke forventes at kunne blive påvirket, behandles ikke yderligere. Naturtyper og arter, der potentielt er følsomme overfor de forventede påvirkninger, og som derfor kan blive påvirket, beskrives i forhold til deres karakter, udbredelse, tilstand og sårbarhed. Til sidst gives en vurdering af, om projektets mulige påvirkninger kan være af væsentlig karakter, for hver enkelt af disse naturtyper og arter.

### 1.2.2 Metode til vurdering af påvirkninger

For Natura 2000-områder og deres udpegningsgrundlag gælder en særlig procedure i forhold til at vurdere et projekts påvirkning. Vurderingen skal ifølge habitatdirektivet ske i form af en væsentlighedsvurdering, som har til formål at vurdere, om en væsentlig påvirkning af områdets udpegningsgrundlag kan afvises. Hvis det ikke er tilfældet, skal der gennemføres en uddybende Natura 2000-konsekvensvurdering, der har til formål at vurdere om projektet vil medføre en skadevirkning på områdets udpegningsgrundlag og dermed områdets integritet.

### 1.2.3 Lovgrundlag

Natura 2000-områder er et netværk af naturområder i hele EU, der indeholder særlig værdifuld natur set i et europæisk perspektiv. Natura 2000-områderne er udpeget jf. EU's habitatdirektiv<sup>10</sup> og fuglebeskyttelsesdirektiv<sup>11</sup> for at beskytte naturtyper og plante- og dyrearter, der er truede, sårbare eller sjældne i EU samt levesteder og rasteområder for fugle.

<sup>4</sup> Miljø- og Fødevareministeriet, Naturstyrelsen, 2016, Natura 2000-plan 2016-2021, Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1.

<sup>5</sup> Miljø- og Fødevareministeriet, Naturstyrelsen, 2016, Natura 2000-plan 2016-2021, Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord, Natura 2000-område nr. 14, Habitatområde nr. 14, Fuglebeskyttelsesområde nr. 2 og nr. 15.

<sup>6</sup> Miljøstyrelsen, 2020, Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1.

<sup>7</sup> Miljøstyrelsen, 2020, Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord, Natura 2000-område nr. 14, Habitatområde nr. 14, Fuglebeskyttelsesområde nr. 2 og nr. 15.

<sup>8</sup> Bevaringsstatus for naturtyper og arter 2019. Habitatdirektivets Artikel 17-rapportering. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 340 2019

<sup>9</sup> Hansen, J.W. (red.) 2018: Marine områder 2016, NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 140 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 253. <https://dce2.au.dk/pub/SR253.pdf>

<sup>10</sup> Habitatdirektivet, 1992: Rådets direktiv 92/43/EØF af 21. maj 1992 om bevaring af naturtyper samt vilde dyr og planter med senere ændringer

<sup>11</sup> Fuglebeskyttelsesdirektivet 1979: Rådets direktiv nr. 79/409 af 2. april 1979, om beskyttelse af vilde fugle.

Natura 2000-områder kan bestå af enten et habitatområde, et fuglebeskyttelsesområde eller begge dele. For hvert Natura 2000-område er der en liste med naturtyper, arter og/eller fugle, som det enkelte område er udpeget for at beskytte. Listen hedder udpegningsgrundlaget. Det overordnede mål for Natura 2000-områderne er at sikre eller genoprette gunstig bevaringsstatus for de arter og naturtyper, der indgår i områdernes udpegningsgrundlag. Habitatdirektivet og fuglebeskyttelsesdirektivet angiver en række kriterier, som skal være opfyldt, for at en naturtype eller art kan siges at have gunstig bevaringsstatus. For at nå det mål, er der for hvert Natura 2000-område udarbejdet en Natura 2000-plan, der sætter rammerne for, hvordan der skal arbejdes for at sikre gunstig bevaringsstatus. Områderne overvåges som led i den nationale DEVANO/NOVANA-overvågning, og der udgives jævnligt statusrapporter for gunstig bevaringsstatus for naturtyper og arter for hele landet samt basisanalyser, der beskriver tilstanden i hvert område forud for hver planperiode.

Habitatdirektivets hovedprincipper for administration af Natura 2000-områderne består af:

- Krav om væsentlighedsvurdering (jf. artikel, 6 stk. 3) af planer og projekter med henblik på at vurdere, om de kan påvirke et Natura 2000-område væsentligt.
- Krav om konsekvensvurdering (jf. artikel 6, stk. 3), hvis væsentlighedsvurderingen ikke kan afvise, at en plan eller projekt kan have en væsentlig påvirkning.
- Planer og projekter, der ikke kan afvises at ville skade et Natura 2000-område, kan ikke vedtages eller tillades.
- I særlige tilfælde er der mulighed for at fravige beskyttelsen (jf. artikel 6 stk. 4). Fravigelse af beskyttelsen kræver, at der som minimum er tale om et projekt, der er af bydende samfundsøkonomisk interesse, at der ikke findes alternative løsninger, og at der iværksættes kompensierende foranstaltninger.

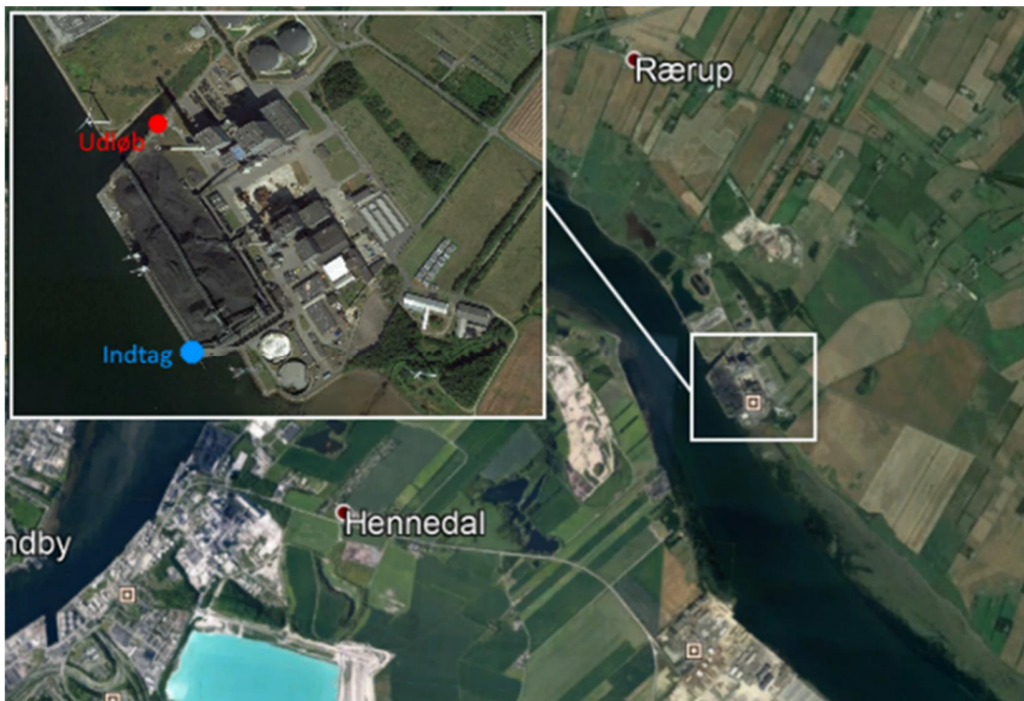
Habitatdirektivet og fuglebeskyttelsesdirektivet er indarbejdet i dansk lovgivning bl.a. via habitatbekendtgørelsen<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Bekendtgørelse om udpegning og administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter, nr. 1595 af 06/12/2018, <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=205996>.

## 2. PROJEKT BESKRIVELSE

Havvandsvarmepumpeanlægget skal drives af el og producere fjernvarme ved at nedkøle havvandet. Den maksimale temperaturpåvirkning vil være størst helt lokalt ved udløbet og resultere i en havvandsnedkøling på højst 2 – 6 °C. Varmepumpeanlægget forventes i drift fra september til maj (inklusive), forudsat at elpriser og temperaturforhold giver varmepumpen de laveste produktionsomkostninger. I tilfælde af manglende produktion på RenoNord kan varmepumpen levere al varmen i juni til august måned.

Varmepumpernes varmekilde er havvand, som pumpes ind fra eksisterende kølevandssystem og udledes til eksisterende kølevandssystemet (se Figur 2-1).



Figur 2-1. Placering af havvandsindtag og udløb for det eksisterende Nordjyllandsværk. [Baggrund Google Earth]

Nordjyllandsværkets eksisterende infrastruktur for fjernvarme udnyttes ved at placere havvandsvarmepumperne på Nefovej, hvor der samtidig er gunstig adgang til havnefaciliteter og havvand. I forbindelse med etableringen af havvandsvarmepumpen vil der ikke være behov for nedramning af spuns og pæle i havbunden, og anlægsfasen vil derfor ikke give anledning til undervandsstøj, der potentielt kan udgøre en væsentlig påvirkning af havpattedyr, herunder marsvin og sæler.

Kølevandskanalen vil i videst muligt omfang blive genanvendt, som det er (Figur 2-2).







Figur 2-3. Billede af havvandsfilter i Renseværkbygningen.

## 2.1 Potentielle påvirkninger i anlægs- og driftsfase

Nordjyllandsværket ligger ca. 11 km i luftlinje mod vest fra nærmeste Natura 2000-område N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, og dermed vil anlæggelse af havvandsvarmepumpen ikke direkte påvirke Natura 2000-området. Mod øst ligger N14 Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord i en afstand af 19 km. Der vil ikke være behov for spunsning i forbindelse med projektet, og spredning af undervandsstøj vil derfor ikke udgøre en risiko for hverken fisk eller marine pattedyr på udpegningsgrundlaget for de to Natura 2000-områder eller for marine bilag IV-arter, herunder marsvin.

I driftsfasen kan der være påvirkninger i form af kuldespredningsfaner eller risiko for lækage af kølemidler til havmiljøet, som potentielt kan påvirke marine naturtyper og arter på udpegningsgrundlaget. Naturtyper på land samt arter på land vurderes ikke at blive påvirket, og beskrives og vurderes derfor ikke nærmere.

I Tabel 2-1 er vist en oversigt over potentielle påvirkninger i driftsfasen. I de efterfølgende afsnit beskrives de enkelte potentielle påvirkninger nærmere.

Tabel 2-1. Potentielle påvirkninger på marine og naturtyper og arter i hhv. anlægs- og driftsfase.

Potentielle påvirkninger – marin natur og marine arter	Driftsfase
Kuldespredning	X
Risiko for lækage af kølemidler	X
Risiko for fisk ved indtag af havvand	X

### 2.1.1 Kuldespredning

Under eksisterende forhold ledes der opvarmet kølevand ud, når blok 3 er i drift på Nordjyllandsværket. Ved drift af havvandsvarmepumpen vil det udledte havvand være ca. 2-6 °C koldere end det indpumpede vand. Det afkølede vand vil føre til sænkning af vandtemperaturen lokalt om-

kring havvandsudledningen ved Nordjyllandsværket. Der er udført modelberegninger for kuldespredning<sup>14</sup> (se afsnit 4.3.1), som indgår i vurderingen af påvirkninger på naturtyper og arter på udpegningsgrundlaget.

### 2.1.2 Risiko for lækage af kølemidler

For at undgå lækage af kølemidler, hvilket vil give driftsproblemer for varmepumpen og udgøre en påvirkning af havmiljøet, er der en række forsvarsbarrierer indbygget i driften af anlægget. En nærmere beskrivelse fremgår af notat om risikovurdering og forsvarsbarrierer mod lækager af kølemiddel til havvand for havvandsvarmepumpen<sup>15</sup>.

Fordamperen, samt processerne omkring den, er opbygget med en række forskellige lækageforsvarsbarrierer, som alle bidrager til at opnå et sikkert system. Forsvarsbarriererne er baseret på mange års driftserfaringer fra kraftværker, hvor oprensning og reparation efter eventuelle lækager af saltvand ind i kraftværket er forbundet med særdeles høje reparationsomkostninger.

For at sikre at risikoen for et udslip af kølemidler mindskes er der som forudsætning for projektet indarbejdet en række sikkerhedsbarrierer. I varmeveksleren er der valgt titaniums rør, som gør at risikoen for korrosion og brud på røret mindskes. Titaniums rør vurderes, at have en risikoreduktions-faktor på 10. (RRF=10).

Havvandsrørene er udstyret med shutdown ventiler, som ved detektion af udslip af kølemiddel vil blive lukket samtidig med trip af havvandspumperne. På denne måde vil kølemiddel fra en eventuel lækage blive tilbageholdt i havvandsrørene og ikke have mulighed for at forsætte ud i havmiljøet. Selve shutdown ventilerne bliver aktiveret fra enten en niveaumåler på et faldrør på kølemidlet eller fra en kontinuerlig måling af kølemidlet i havvandsrøret.

Som worst case-scenarie er der foretaget en risikovurdering for brud på komponenter i veksleren, i tilfælde af at alle forsvarsbarrierer svigter. Risikovurderingen viser, at sandsynligheden for en stor lækage med kølemiddel vil være 1 gang per 20 millioner år ( $5 \times 10^{-8}$ ) for ammoniak ved en aktiv shutdown ventil og 1 gang per 5 millioner år ( $5 \times 10^{-6}$ ), hvis shutdown ventilen ikke er aktiveret. Sandsynligheden for en stor lækage med R1234ze(E) vil være 1 gang pr. en million år ( $10^{-6}$ ) for R1234ze(E). De meget lave sandsynligheder for en stor lækage af kølemidlerne ammoniak og R1234ze(E) betyder reelt set, at det er usandsynligt at det vil forekomme.

For kølemidlet CO<sub>2</sub> vurderes det, at der ikke er behov for en risikovurdering for udslip. Det skyldes at havvand er kendetegnet ved at være et godt buffersystem, som kan optage store mængder CO<sub>2</sub>. På baggrund af havvandets store bufferkapacitet og den begrænsede mængde havvand på 6,5 % der cirkulerer gennem varmepumpen, må det forventes at pH vil forblive uændret ved en potentiel CO<sub>2</sub>-lækage til havvandet i varmepumpen og videre ud i havet. Samtidig vil en større lækage blive detekteret og stoppet, så tab af kølemiddel undgås, da dette nedsætter varmepumpens effektivitet.

<sup>14</sup> Rambøll, juni 2021. Teknisk baggrundsrapport – Hydrauliske forhold.

<sup>15</sup> Rambøll 2021. Risikovurdering og forsvarsbarrierer mod lækager af kølemiddel til havvand. Notat.

For alle tre kølemidler vurderes det, at der med de beskrevne sikkerhedsforanstaltninger og på baggrund af risikovurderingen ikke er behov for yderligere beskrivelser eller vurderinger af eventuelle læk af kølemiddel til havmiljøet. Et udslip af kølemiddel til havmiljøet vurderes at være usandsynligt.

### 2.1.3 Risiko for fisk ved indtag af havvand

Risikoen for at fisk kommer ind i pumpesystemet er meget lille ved indtag af vand fra havnebasinet, da gittervidden i de fine filtre umiddelbart før vekslerne er maksimalt 5 mm. Filtrene er udstyret med automatisk returskyl.

I nærliggende Natura 2000-områder er der vandrende fisk på udpegningsgrundlaget, herunder stavsild. Yngelstørrelsen for larver af stavsild på ca. 4-9 mm når de klækkes. De udvikler sig efter 1 måned i vandløbene til juvenile fisk med en længde på 25-28 mm<sup>16</sup>. Når stavsild trækker fra vandløbene ud i Limfjorden, vil de dermed have nået en størrelse, som er væsentlig større end filtrenes gittervidde på maksimalt 5 mm. Yngel af øvrige fiskearter på udpegningsgrundlaget, herunder flodlampret og havlampret, opholder sig i vandløbene.

Det vurderes derfor som usandsynligt at yngel eller juvenile individer af stavsild vil blive suget ind i havvandsindtaget, når filtrenes gittervidde maksimalt er på 5 mm. Dermed beskrives og vurderes risikoen for, at der kan ske en påvirkning af fisk på udpegningsgrundlaget for nærliggende Natura 2000-områder i forbindelse med indtag af havvand ikke nærmere.

<sup>16</sup> [https://fiskeatlas.ku.dk/artstekster/Stavsild\\_Fiskeatlas.pdf](https://fiskeatlas.ku.dk/artstekster/Stavsild_Fiskeatlas.pdf)



### 3. INDLEDENDE SCREENING AF NÆRLIGGENDE NATURA 2000-OMRÅDER

I afsnittet gennemføres en indledende screening af, hvilke af de nærliggende Natura 2000-områder, det er nødvendigt at gennemføre en væsentlighedsvurdering for. Screeningen gennemføres med udgangspunkt i projektets potentielle påvirkninger af områderne, som beskrevet i afsnit 2.1.

Tabel 3-1 viser en oversigt over Natura 2000-områder, samt en indledende screening af, om der skal gennemføres en væsentlighedsvurdering af områderne.

Tabel 3-1. Indledende beskrivelse og screening af Natura 2000-områder, som vurderes potentielt at kunne påvirkes i forbindelse med etableringen af havvandsvarmepumper.

Nr.	Betegnelse	Beskrivelse	Afstand til projektområde	Screening ift. yderligere væsentligheds-vurdering
N15	Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal  Omfatter: Habitatområde H15 og fuglebeskyttelsesområder F1	Området dækker 19.840 ha, hvoraf 13.189 ha dækker marine områder og 756 ha udgøres af søer over 5 ha. Natura 2000-området er særligt vigtig for bl.a. lysbuget knortegås.	11 km	Vurderes yderligere ift. projektets forventede potentielle påvirkninger af udpegningsgrundlaget.
N14	Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord  Omfatter: Habitatområde H14 og fuglebeskyttelsesområde F2	Området dækker 71.096 ha. Området er landets længste Natura 2000-område, hvor ca. 90 % er hav, og de resterende ca. 10 % overvejende er det marine forland. Det store lavvandede havområde har både national og international betydning som yngle-, raste- og opholdssted for en lang række kyst- og havfugle.	19 km	Vurderes <u>ikke</u> yderligere, da afstanden til marine naturtyper og arter i Natura 2000-området vurderes at være for stor til at der kan ske en påvirkning. Dette vurderes på baggrund af projektets forventede potentielle påvirkninger (kaldespredning). For potentielle påvirkninger af stavsild, se uddybende tekst under tabellen.

Da modellering af kølespredning viser at spredning af koldere vand kan strække sig forbi Egholm vurderes det på baggrund af den indledende screening, at det er relevant at gennemføre en væsentlighedsvurdering for N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal. Naturtyper og arter i N14 Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord vurderes at ligge for langt væk fra projektet til at blive påvirkede.

Natura 2000-område N14, der er vist i Tabel 3-1, har stavsild på udpegningsgrundlaget. Stavsild foretager vandringer fra Nordsøen og ind i den vestlige Limfjord, samt sandsynligvis også fra Kattegat og ind i den østlige Limfjord<sup>17</sup>. Arten kan derfor potentielt blive påvirket af kaldespredning i driftsfasen, når arten trækker gennem Limfjorden. Området omkring Aalborg værket er under eksisterende forhold i perioder påvirket af udledning af varmt kølevand, som beskrevet i af-

<sup>17</sup> Krog, C. & Carl, H. 2019. Stavsild. I: Carl, H. & Møller, P.R. (red.). Atlas over danske saltvandsfisk. Statens Naturhistoriske Museum. Online-udgivelse, december 2019.

snit 2.1.1. Ved drift af havvandsvarmepumpen vurderes det at kuldespredning med temperaturændringer større end 1 °C vil knytte sig til det umiddelbare udledningspunkt for kølevandet. Dermed vurderes udledning af kølevand fra havvandsvarmepumperne ikke at føre til påvirkning af stavsilds muligheder for at vandre fra Kattegat og videre ind i Limfjorden. Derfor foretages der ikke yderligere vurderinger for Natura 2000-område N14 eller øvrige Natura 2000-områder i Limfjorden med stavsild på udpegningsgrundlaget.

I de næste afsnit er de eksisterende forhold for Natura 2000-område N15 uddybet, da der potentielt kan ske en påvirkning af marine naturtyper og marine arter i områderne.

## 4. N15 NIBE BREDNING, HALKÆR ÅDAL OG SØNDERUP ÅDAL

### 4.1 Eksisterende forhold

Natura 2000-område 15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal har et samlet areal på 19.840 ha, hvoraf 13.189 ha dækker marine områder og 756 ha udgøres af søer over 5 ha<sup>18</sup>. Området er udpeget som habitatområde H15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal samt fuglebeskyttelsesområde F1 Ulvedybet og Nibe Bredning. Natura 2000-området er specielt udpeget for at beskytte de store, sammenhængende strandengsarealer, og en række terrestriske og marine naturtyper samt de tilknyttede yngle- og trækfugle.

I Natura 2000-området er der flere naturtyper med nationalt væsentlige forekomster. Arealerne af den marine naturtype biogene rev/mulige biogene rev samt bugter og vige udgør mere end 5 % af naturtypernes samlede areal i den kontinentale biogeografiske region i Danmark.

Området rummer flere særdeles vigtige forekomster af træk- og ynglefugle. Det gælder ynglefuglene skestork og sangsvane samt trækfuglene kortnæbbet gås, skestork, klyde, pibesvane, toppet skallesluger og pipeand. De lavvandede marine områder i især Nibe og Gjøl Bredning er vigtige raste- og fourageringssteder for bl.a. lysbuget knortegås.

### 4.2 Udpegningsgrundlaget og bevaringsmålsætninger

Udpegningsgrundlaget for Natura-område N15 fremgår af Tabel 4-1. De marine naturtyper fremgår af Figur 4-1.

Som følge af de forventede, potentielle påvirkninger fra projektet vurderes det, at udelukkende marine naturtyper og marine arter potentielt kan blive påvirket af driftsfasen. Påvirkningen vurderes at ske i form af temperaturændringer ved drift af havvandsvarmepumpen. Naturtypen lagune vurderes ikke at blive påvirket, da naturtypen på Egholm ligger afskåret fra Limfjorden (Figur 4-1).

Arterne havlampret, flodlampret og spættet sæl optræder i det marine miljø og kan derfor potentielt blive påvirket af temperaturændringer ved drift af havvandsvarmepumpen. Fugle, som søger føde i tilknytning til de marine naturtyper, kan potentielt også påvirkes, hvis der sker ændringer i deres fødegrundlag.

I Tabel 4-1 er markeret med fed, hvilke naturtyper og arter på udpegningsgrundlaget, der vurderes potentielt at kunne blive påvirket af projektet.

<sup>18</sup> Miljøstyrelsen, 2020, Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1

Tabel 4-1. Udpegningsgrundlag for Natura 2000-område N15 baseret på gældende naturplan<sup>19</sup> og seneste basisanalyse<sup>20</sup>. Naturtyper og arter som vurderes potentielt at kunne blive påvirket af projektet er markeret med fed, og det er alene disse, der behandles i nærværende væsentlighedsvurdering. Ved fuglearter: "T" = trækfugl, "Y" = ynglefugl. \* indikerer prioriteret naturtype. \*\*naturtype/art er tilføjet udpegningsgrundlaget i seneste basisanalyse. \*\*\*art er fjernet fra udpegningsgrundlaget i seneste basisanalyse.

Naturtyper			
Kode	Naturtype/Art	Kode	Naturtype/Art
1110	Sandbanke	1140	Vadeflade
1150	Lagune*	1160	Bugt
1170	Rev	1220	Strandvold med flerårige planter**
1310	Enårig strandengsveg.	1330	Strandeng
1340	Indlandssalteng*	2110	Forklit
2130	Grå/grøn klit*	3140	Kransnålalge-sø
3150	Næringsrig sø	3160	Brunvandet sø
3260	Vandløb	4030	Tør hede
5130	Enekrat	6210	Kalkoverdrev*
6230	Surt overdrev*	6410	Tidvis våd eng
6430	Urtebræmme	7140	Hængesæk
7220	Kildevæld*	7230	Rigkær
9130	Bøg på muld**	9160	Egeblandskov
9190	Stilkeke-krat	91D0	Skovbevokset tørvemose*
91E0	Elle- og askeskov*		
Arter			
1013	Kildevældsvindelsnegl	1014	Skæv vindelsnegl**
1095	Havlampret	1065	Hedepletvinge
1099	Flodlampret	1096	Bæklampret
1364	Odder	1365	Spættet sæl
1528	Gul stenbræk		
Fugle			
A480	Blåhals Y**	A125	Blishøne T
A861	Brushane Y	A045-A	Bramgås T**
A466-B	Engryle Y	A043	Grågås T
A193	Fjordterne Y	A140	Hjejle T
A194	Havterne Y	A067	Hvinand T
A084	Hedehøg Y	A036	Knopsvane T
A132	Klyde Y/T**	A040-A	Kortnæbbet gås T
A021	Rørdrum Y**	A052	Krikand T
A081	Rørhøg Y**	A674-A	Lysbuget knortegås T
A034	Skestork Y/T**	A855	Pibeand T
A480	Splitterne Y	A037	Pibesvane T
A082	Blå kærhøg***	A038	Sangsvane T
A094	Fiskeørn***	A069	Toppet skallesluger T
A885	Dværgterne Y***		

<sup>19</sup> Miljø- og Fødevarerministeriet, Naturstyrelsen, 2016, Natura 2000-plan 2016-2021, Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1.

<sup>20</sup> Miljøstyrelsen, 2020, Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1

#### 4.2.1 Bevaringsmålsætninger

Det overordnede mål for Natura 2000-området, der er relevante i forhold til naturtyper og arter, som potentielt påvirkes er<sup>21</sup>:

- At naturtyper og arter på udpegningsgrundlaget opnår gunstig bevaringsstatus. Målet er, at områdets fjord- og kystnatur udgør et stort sammenhængende naturområde med fjorden, småøerne og strandene som vidtstrakte og sammenhængende forekomster, der rummer velegnede yngle- og rasteområder for eng-, hav- og kystfugle samt sæler. Områdets marine naturtyper sikres en god vandkvalitet og en rig bundflora og -fauna og disse sikres som levesteder for udpegningsgrundlagets trækfugle med særligt fokus på ansvars-arterne.

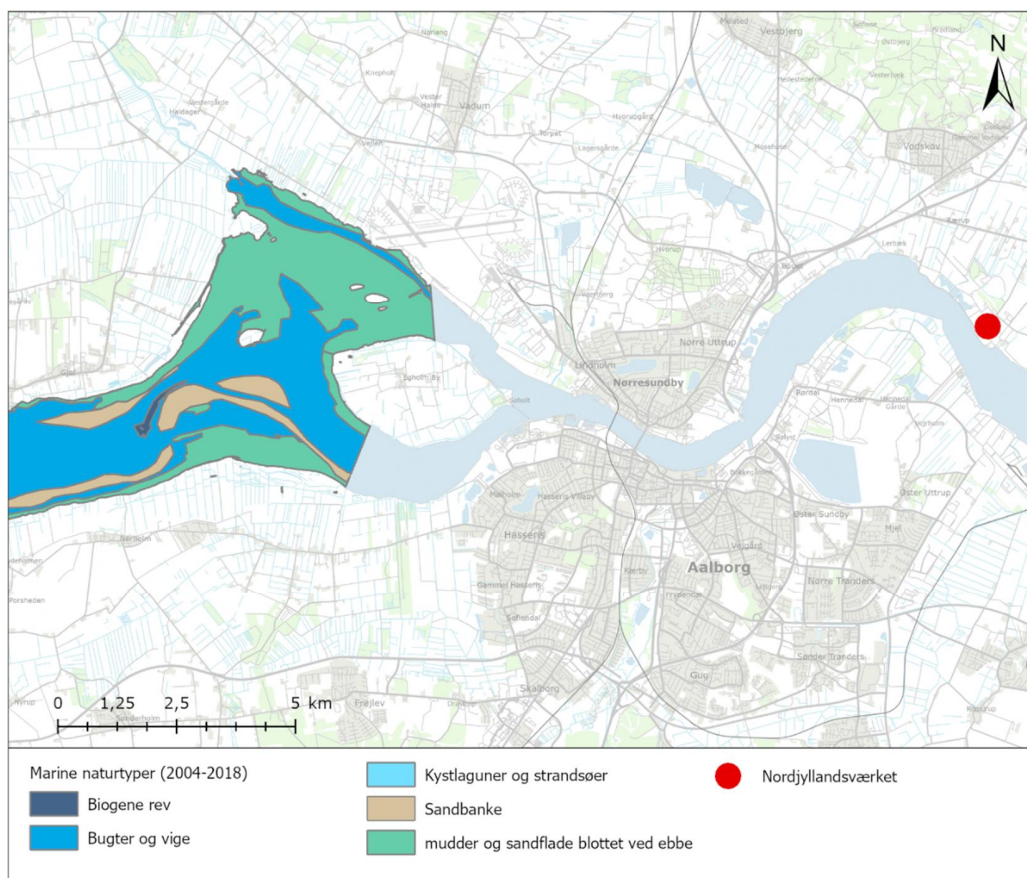
Områdets konkrete målsætninger for naturtyper og arter, som er relevante i forhold til projektets påvirkninger:

- For naturtyper og for arters levesteder, der er vurderet til natur/skovtilstandsklasse I eller II at udviklingen i deres areal og tilstand er stabil eller i fremgang. For naturtyper og arters levesteder, der er vurderet til natur/skovtilstandsklasse III-V at der på sigt opnås natur/skovtilstand I-II og gunstig bevaringsstatus.
- For naturtyper uden tilstandsvurderingssystem er målsætningen gunstig bevaringsstatus. Det betyder, at tilstanden og det samlede areal af naturtyperne stabiliseres eller øges.
- For arter uden tilstandsvurderingssystem er målsætningen gunstig bevaringsstatus. Det betyder, at tilstanden og det samlede areal af levestederne for de udpegede ynglefugle og øvrige arter stabiliseres eller øges, således at der er grundlag for tilstrækkelige egnede yngle- og fourageringsområder for arterne.
- Natura 2000-området bidrager til at sikre eller genoprette levesteder for en levedygtig bestand af de udpegede arter på nationalt og/eller internationalt niveau. Tilstanden og det samlede areal af levestederne for dværgterne, skestork og hedehøg sikres eller øges, så der er tilstrækkeligt med egnede ynglesteder for arten(erne) i området.
- Natura 2000-området skal bidrage til at sikre levesteder for en levedygtig bestand på nationalt og/eller internationalt niveau. Tilstanden og det samlede areal af levesteder for arterne kortnæbbet gås, krikand, sangsvane, grågåse og pibeand som trækfugl i området sikres eller øges. Det er også gældende for arterne pibesvane, lysbuget knortegås, toppet skallesluger, blishøne, hjejle, knopsvane, hvinand, blå kærhøg og fiskeørn som trækfugl i området sikres eller øges.

#### 4.2.2 Marine naturtyper

Følgende afsnit beskriver de marine naturtyper, hvis karakter og udbredelse potentielt kan påvirkes af projektet. På Figur 4-1 er vist udbredelsen af de marine naturtyper i N15.

<sup>21</sup> Miljø- og Fødevarerministeriet, Naturstyrelsen, 2016, Natura 2000-plan 2016-2021, , Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1



Figur 4-1. Udbredelsen af marine naturtyper i N15 kortlagt i 2004 og 2012<sup>22</sup>. Placering af udløb fra havvandsvarmepumper er angivet med rød markering.

De marine naturtyper sandbanke og rev, herunder biogene rev med blåmuslinger, er kortlagt i 2004 og i 2012 ved hjælp af sidescan sonar, sammenholdt med satellitfotos og anden ældre data<sup>23</sup>.

### Tilstand

Med vandområdeplanerne og de tilhørende indsatsprogrammer gennemføres indsatser til opfyldelse af vandplanlægningens mål om god økologisk tilstand i vandløb, søer og kystvande. Disse indsatser bidrager tillige til at opfylde bevaringsmålsætningerne for akvatiske arter og naturtyper i overensstemmelse med de bevaringsmålsætninger, der fremgår af Natura 2000-planen for området.

Bevaringsstatus for de marine naturtyper i dansk farvand er alle stærkt ugunstige på nær en havgrotte på Bornholm, der har gunstig bevaringsstatus<sup>24</sup>. De marine naturtyper er endnu ret

<sup>22</sup> MiljøGIS for Natura 2000-basisanalyse 2022-2027. <http://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=natura2000planer3basis2020>

<sup>23</sup> Miljøstyrelsen, 2020, Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1

<sup>24</sup> Bevaringsstatus for naturtyper og arter 2019. Habitatdirektivets Artikel 17-rapportering. Viden-skabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 340 2019

mangelfuldt kortlagt. Udviklingen for udbredelsen er ukendt for de marine naturtyper, da 2004 kortlægningen af metodemæssige forskelle ikke kan sammenlignes med 2012 kortlægningen. Der er fortsat for store udledninger af næringsalte til marine områder, og invasive arter er et problem, særligt i nogle områder.

Natura 2000-område N15 ligger i vandområde 235 Nibe Bredning og Langerak, som samlet set er i ringe økologisk tilstand på baggrund af ringe økologisk tilstand for indholdet af klorofyl i vand-søjlen og ringe økologisk tilstand for ålegræs<sup>25</sup>.

Herunder følger en beskrivelse af de marine naturtyper sandbanke, vadeflade, bugt og rev, som ligger tættest på Nordjyllandsværket, og som potentielt kan blive påvirket af projektet. Beskrivelserne tager udgangspunkt i den seneste basisanalyse for Natura 2000-område N15<sup>26</sup>, og i Naturstyrelsen Habitatbeskrivelse fra 2016<sup>27</sup>.

#### Sandbanke (1110)

Naturtypen er defineret som sandbanker, der konstant er dækket af vand på dybder ned til 20 meter. De er hævet over den omgivende bund, så der opstår en banke. De kan være uden bevoksning eller bevokset med samfund af ålegræs. Områder med mudder, grus eller større sten på en banke hører med til typen, så længe der hovedsagelig findes dyr og planter knyttet til sandbund på arealet, også selvom der kun er tale om et tyndt lag sand på et hårdere underlag af f.eks. ler. Der er kortlagt ca. 1.447 ha med naturtypen sandbanke i N15. Sandbankerne ligger meget lavvandet med en dybde på kun 1-6 m. Sandbankerne forekommer fortrinsvist i Nibe Bredning, samt i de kystnære revlesystemer.

#### Vadeflade (1140)

Vadeflader er mudder- og sandflader, som er dækket af havet ved højvande (flod), men tørlagt ved lavvande (ebbe). De kan forekomme i bugter, i laguner eller langs kysten i øvrigt. Naturtypen mangler landplanter, men er ofte dækket af mikroskopiske blågrønalger og kiselalger. Stedvis kan der forekomme havgræsser, dværgålegræs eller ålegræs. Fladerne rummer som regel rige samfund af bundfauna, og er derfor af stor betydning som fødesøgningsområde for ande- og vadefugle.

Vadeflader dækker 2.461 ha i N15 ved en kortlægning fra 2004. Vadeflader findes langs kysten i hele habitatområdet, hovedsageligt i den østlige del ved øen Egholm. På vadefladerne vokser bl.a. ålegræs og omkring Egholm er naturtypen især af betydning som fødesøgningsområde for lysbuget knortegæs.

#### Bugt (1160)

Bugt er lavvandede områder med begrænset fersk påvirkning, og udgør dermed størstedelen af fjordene i de indre farvande. Bugter og vige er den dominerende marine naturtype i habitatområdet og dækker 8.603 ha. Inden for denne naturtype er ålegræs meget udbredt, især ved Nibe Bredning.

<sup>25</sup> MiljøGIS for Vandområdeplanerne 2015-2021 <http://miljoegis.mim.dk/cbkort?&profile=vandrammedirektiv2-bek-2019>

<sup>26</sup> Miljøstyrelsen, 2020, Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1

<sup>27</sup> Naturstyrelsen, 2016. Habitatbeskrivelser årgang 2016, vers 1.05, maj 2016.

### Rev (1170)

Rev er områder, hvor havbunden rager op og har stenet bund eller anden hård bund. Revet kan eventuelt være blottet ved ebbe. Fra havbunden og opefter indeholder revene ofte en ubrudt lagdeling af forskellige dyre- og plantesamfund. Det giver de enkelte rev en stor rigdom af dyr og planter, som ofte er helt forskellig fra andre, selv nærliggende rev. Rev kan også være biogene og for eksempel være opbygget af blåmuslinger. I områder med mosaikker af forskellige naturtyper adskilles naturtypen rev ved at minimum 25 % af bundarealet skal være dækket af sten. Ifølge basisanalysen for N15 er der registreret to lokaliteter med biogene rev, dækket med 30-60 % blåmuslinger.

#### 4.2.3 Arter

Udpegningsgrundlaget omfatter tre arter, der er specifikt tilknyttet det marine miljø; spættet sæl, flodlampret og havlampret. Forekomst og biologien for de tre arter er beskrevet nedenfor med udgangspunkt i den seneste basisanalyse for N15.

#### Spættet sæl

Den nærmeste sælkoloni er Rønholm i Nibe Bredning, der ligger over 25 km i fugleflugt fra Nordjyllandsværket. Spættede sæler i Limfjorden udgør to forskellige genetisk adskilte enheder; en enhed i vestlige Limfjord og Nissum Bredning, der blander sig med individer fra Vadehavet og en enhed i den indre Limfjord, der sandsynligvis stammer fra den gang Limfjorden var lukket ud til Nordsøen fra år 1100 til 1825<sup>28</sup>. Bestanden i indre Limfjord fluktuerer, hvilket kan skyldes at de vandrer ind og ud af Limfjorden afhængig af tilgængeligheden af føde. Spættet sæl findes spredt fouragerende i hele habitatområdet marine del, hvor de bl.a. benytter Rønholm midt i Nibe Bredning som hvileplads året rundt. De sidste 10 år har bestanden varieret meget og er faldet de seneste år til under 20 individer.

Spættet sæl forekommer i kystnære farvande og går på land på uforstyrrede småøer, sandstrande og rev for at hvile, yngle eller skifte pels. Arten er meget stedfast, hvad angår hvilepladser, men kan i forbindelse med fødesøgning komme mange kilometer væk fra den faste hvileplads, men typisk under 25 km<sup>29</sup>. Spættet sæl kan blive over 1,5 meter og veje over 100 kg, hvor hannerne er større end hunnerne. Føden består især af fisk, men sælerne tilpasser sig de fiskearter, der er tilgængelige i fødesøgningsområdet. Spættet sæl jager primært ved hjælp af synet, men kan også anvende deres knurhår til at søge efter føde, og er dermed i stand til at søge føde i mørke<sup>30</sup>. Den spættede sæls vigtigste føde i den centrale og østlige Limfjord er sild, sort kutling, brisling, rødspætte og skrubbe, der udgør mere end 70 % af sælernes føde<sup>31</sup>. Der er de seneste år registreret en nedgang i antallet af spættet sæl i Limfjorden. Der er i perioden ikke fundet flere døde sæler, og man mener at nedgangen skyldes, at sælerne søger ud af Limfjorden på grund af fødemangel.

<sup>28</sup> Aarhus Universitet, 2020, NOVANA overvågning spættet sæl, <https://novana.au.dk/arter/arter-2016/pattedyr/spaettet-sael/>

<sup>29</sup> Galatius, A, 2017. Baggrund om spættet sæl og gråsæls biologi og levevis i Danmark. Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. [http://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater\\_2017/Baggrund\\_om\\_spættet\\_sael\\_og\\_graasael.pdf](http://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2017/Baggrund_om_spættet_sael_og_graasael.pdf)

<sup>30</sup> Carl Christian Kinze: Sælernes tilpasning til livet i vand i Naturen i Danmark, Fenchel, Larsen, Vestergaard, Friis Møller og Sand-Jensen (red.), 2006-13, Gyldendal. Hentet 1. december 2018 fra <http://denstordanske.dk/index.php?sideld=483403>

<sup>31</sup> Teilman J & R. Dietz 2006. Den spættede sæl. (www.dmu.dk)



Bevaringsstatus for spættet sæl vurderes at være gunstig i begge marine regioner i Danmark<sup>32</sup>. Mens bestandene i Vadehavet og Kattegat (delt med hhv. Holland/Tyskland og Sverige) er store og langsigtet levedygtige, er bestandene i Limfjorden og Østersøen mindre og mere sårbare. Arten er i fremgang i alle områder undtagen i Limfjorden.

Forstyrrelser fra menneskelige aktiviteter beskrives som en mulig trussel for spættet sæl i N15.

#### Havlampret

I Danmark er havlampret en sjældent forekommende art i vores danske vandløb, og der kan gå mange år mellem registreringer af arten i samme stryg. En undersøgelse fra 2009 registrerede dog tilstedeværelsen af 189 observationer af havlampretten fordelt i 39 vandsystemer, hvoraf der i 16 af vandsystemerne kun var tale om en enkelt registrering<sup>33</sup>. Havlampretten er mest hyppig i de nord- og vestjyske vandløb, hvor den i samme studie blev observeret i 26 vandsystemer. De fleste observationer stammer dog fra Ribe Å og dens tilløb, Hjortvad Å.

Havlampretten er en migrerende art, der gyder i vandløb, hvor larverne vokser op i fem til syv år inden de forvandler sig til voksne individer og vandrer til havet hvor de lever som parasitter på andre fisk. Efter to-tre år i havet søger havlampretterne tilbage til vandløbene for at gyde.

Det er endnu uvist om havlampretten gyder i Danmark og om registreringer alene stammer fra indvandrende fisk fra ikke-danske vandløb. I Danmark er larver udelukkende registreret i Skjern Å-systemet med 7 fundlokaliteter i Skjern Å i år 2000 og 2003 og 1 lokalitet i Omme Å fra 2003<sup>34</sup>  
<sup>35</sup>.

I basisanalysen for N15 Nissum Fjord er der ikke udført kortlægning af havlampret. Havlampret er fundet to gange i perioden 1995-2017 i N15, men der er ikke fundet tegn på gydesucces<sup>36</sup>. Den er ikke blevet observeret i Stæe Bæk, som ligger ved siden af Nordjyllandsværket, og heller ikke i nærliggende vandløb siden år 1950<sup>37</sup>.

#### Flodlampret

Flodlampretten er som havlampretten en migrerende art, der yngler i vandløb og vokser op i havet. De voksne fisk lever i 1-2 år af at parasitere på eller dræbe andre fisk, mens de opholder sig i havet. Flodlampret er registreret i N15 to gange i perioden 1995-2017, men der er ikke fundet tegn på at de gyder i Natura 2000-områdets vandløb<sup>38</sup>.

Der er i NOVANA-programmet ikke foretaget overvågning af hav- eller flodlampret i området. Det er derfor ikke muligt at give en nærmere beskrivelse af arternes bestand i området på nuværende tidspunkt. Bevaringsstatus for både hav- og flodlampret var tidligere ukendt, men med et

<sup>32</sup> Bevaringsstatus for naturtyper og arter 2019. Habitatdirektivets Artikel 17-rapportering. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 340 2019

<sup>33</sup> Olesen, T.M., Carl, H. & Aarestrup, K. (2009). Havlampret (Petromyzon marinus Linnaeus 1758) I danske vandløb 1869-2009, Flora og Fauna 115, , 45-59

<sup>34</sup> Olsen NØ, Ingerslev HC, Dam HC & Dieperink C 2002: Skjern Å's lampretter. Statusrapport fra naturovervågningen før restaureringen. - DFU-rapport 99-02.

<sup>35</sup> Olsen NØ & Koed A 2004: Skjern Å's lampretter. Statusrapport fra naturovervågningen efter restaureringen af Skjern Å. - DFU-rapport 134-04.

<sup>36</sup> Carl, H. & Møller, P.R., 2020, Udbredelse og forekomst af 8 fiskearter i de danske habitatområder, 1995-2017

<sup>37</sup> Olesen, T.M., Carl, H. & Aarestrup, K. (2009). Havlampret (Petromyzon marinus Linnaeus 1758) I danske vandløb 1869-2009, Flora og Fauna 115, , 45-59.

<sup>38</sup> Carl, H. & Møller, P.R., 2020, Udbredelse og forekomst af 8 fiskearter i de danske habitatområder, 1995-2017

forbedret datagrundlag er de nu vurderet stærkt ugunstigt, fordi den samlede bestand er faldet og meget lav<sup>39</sup>.

#### 4.2.4 Fugle

Da påvirkningen fra havvandsvarmepumpen sker i form af udbredelse af koldere vand, vurderes der ikke at være en direkte påvirkning af fugle på udpegningsgrundlaget, da fuglene ikke lever neddykkede i vandet, men i stedet raster på vandoverfladen eller dykker efter føde i vandet. Påvirkningen vil i stedet være indirekte i form af en potentiel påvirkning af fuglenes fødegrundlag.

Nedenfor er kort beskrevet fuglearter på udpegningsgrundlaget, som hovedsageligt søger føde på de marine naturtyper.

Art	Eksisterende forhold	Bevaringsstatus
Havterne	I F1 yngler havterne på holmene i Limfjorden samt i Ulvedybet, når vandstanden tillader det. Bestanden er meget fluktuerende fra få par til over 100 par i 2004, 2008 og 2017. Arten har store naturlige svingninger i lokale bestande, da kolonierne flytter meget rundt i området efter optimale ynglebetingelser.  Havterne lever af småfisk og krebsdyr, som den fanger langs kysterne.	Bestanden er nogenlunde stabil med en tendens til nedgang mellem perioderne 2004-2009 og 2010-2019, og det største antal ynglefugle i perioden 2004-2019 er registreret i 2008, hvor der blev observeret 254 ynglepar.  Trusler er bl.a. prædation fra rovdyr på fastlandslokaliteterne.
Fjordterne	Fjordterne yngler i kolonier på øer og holme langs kysten ofte i selskab med havterne eller hættemåge. Arten ses også ynglende på indlandslokaliteter, og også her ofte i selskab med hættemåge. Arten forekommer kun sporadisk i området, hvor få par typisk yngler med de andre kolonirugende fugle i området.  Fjordternen lever af småfisk, som den oftest fanger ved styrtdyk. I begrænset omfang tager den også vandinsekter og krebsdyr.	Levestederne for fjordterne er generelt vurderet til at være gode, da vegetationsstrukturen og isolationen fra fastlandet de fleste steder tilgodeser artens behov for en fast ynglebestand. Lokalt vurderes der ikke at være væsentlige, aktuelle trusler mod artens yngleforekomst.
Splitterne	Ved gennemførelsen af seneste overvågning i 2019 blev der ikke registreret ynglende splitterne inden for F1. Siden 2005 er der ikke registreret ynglende splitterne i området, og arten er således forsvundet fra F1. Der er kortlagt 3 levesteder for splitterne i området, der er beregnet til at være i god/høj tilstand, hvilket bl.a. skyldes at de er uforstyrrede og svært tilgængelige for rovdyr.  Splitternen lever overvejende af forskellige småfisk, men krebsdyr, bløddyr og orme indgår også i føden. Føden søges længere til havs end de øvrige terner.	På trods af at arten gennem en årrække ikke har ynglet i området, så findes det fortsat en række egnede ynglelokaliteter på øer og holme i Nibe Bredning, og lokalt vurderes der ikke at være væsentlige, aktuelle trusler mod artens yngleforekomst.
Lysbuget knortegås	Arten træffes som træk- og vintergæst ved kystnære, lavvandede områder med undervands-vegetation og på strandenge, de ses også på landbrugsjorden nær kysterne. Limfjorden er en af de vigtige områder i Danmark for lysbuget knortegås. Bestanden har gennem overvågningsperioden 2004-2017 været stabil og stigende som trækfugl i området. De ses ved holmene og langs hele kyststrækningen i Nibe og Gjøl Bredning.	Det vurderes, at der ikke er trusler for gæssenes fortsatte forekomst i området.

<sup>39</sup> Bevaringsstatus for naturtyper og arter 2019. Habitatdirektivets Artikel 17-rapportering. Viden-skabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 340 2019

Art	Eksisterende forhold	Bevaringsstatus
	Bestanden flytter rundt i de lavvandede dele af fjorden hvor den fouragerer på ålegræs og andre vandplanter. Arten søger også føde på strandenge og marker.	
Klyde	Klyden yngler hovedsageligt i kolonier primært langs lavvandede fjordkyster og i salte eller brakke kystlaguner, hvor der findes slikvader og åbne enge med kort vegetation. Vandstanden i Ulvedybet er altafgørende for bestandsdynamikken i hele området, hvor år til år svingningerne typisk afspejler, hvor gunstig vandstanden i Ulvedybet er i forhold til kolonietablering.  Klyde lever af insektlarver, små krebsdyr og bløddyr, som findes på lavt vand.	Med områdets mange isolerede øer og holme samt større velafgræssede strandenge vurderes der at være gode muligheder for fortsat at opretholde en fast, større ynglebestand i område, selvom der er mulige negative påvirkninger som følge af tilgængelighed for ræv på øerne og strandengene ved lavvande samt risiko for bortskylning af reder.
Skestork	Skestork er en fåtallig, men regelmæssig ynglefugl i Danmark, som helt overvejende findes i kolonier på rovdysfri mindre øer. De største ynglekolonier findes på øer i Ringkøbing Fjord og i Limfjorden, Vårholm/Kyøholm, Fruens Holm og Troldholmene, andre holme i Limfjorden.  Småfisk, insektlarver, snegle, muslinger og krebsdyr udgør hovedparten af føden.	Overordnet set har bestanden været i fremgang i hele perioden 2004-2019 inden for området.  Ynglebestanden vurderes dog at være negativt påvirket af prædation fra ræve og andre rovdyr, der i perioder med lavvande kan komme ud til holmene og æde æg og unger.
Hvinand	Antallet af hvinand har været stabil til stigende de senere år i perioden fra 2004 til 2017. De største forekomster med op til flere tusind fugle findes i områderne ved Halkær Bredning, Sebbler Sund og Ulvedybet, hvor arten raster og fouragerer.  Hvinand fouragerer i træk- og vintertiden på muslinger, snegle, krebsdyr og småfisk.	Fuglebeskyttelsesområdets karakter med store lavvandede fjordområder tilgodeser generelt artens krav til fouragering samt uforstyrrede raste- og overnatningslokaliteter. Det vurderes at der ikke er trusler for artens fortsatte forekomst i området
Knopsvane	Knopsvane er i vinterhalvåret primært knyttet til lavvandede fjorde eller beskyttede vige med udbredt undervandsvegetation, hvor fuglene ofte ses i store flokke. Der ses et stigende antal svaner de seneste år som følge af forbedringer i ålegræssets udbredelse. Knopsvanen har en noget fluktuerende forekomst som trækfugl i fuglebeskyttelsesområdet, men overordnet set har artens forekomst i området været stabil i overvågningsperioden 2004-2017.  Knopsvanen benytter i området primært Ulvedybet som fælde- og rastelokalitet, hvor den fouragerer på de store forekomster af undervandsvegetation på de lavvandede flader.	Områdets karakter med enge, marker og store lavvandede fjordområder tilgodeser generelt artens krav til fouragering samt uforstyrrede raste- og overnatningslokaliteter. Det vurderes at der ikke er trusler for artens fortsatte forekomst i området.
Krikand	De vigtigste danske områder for krikand er fjordområderne i Vest- og Nordjylland samt Ulvshale-Nyord og på fjordområder på Sydsjælland. Ulvedybet er artens primære raste- og fourageringsområde med periodevise forekomster på flere tusind individer, men også de mange enge langs Nibe og Gjøl Bredning er vigtige områder for arten.  Krikand især af insektlarver, muslinger og snegle om sommeren, og af planteføde om vinteren.	Vurderet både på kort og lang sigt ud fra oktober- og midvintertællingerne vurderes bestanden at være stigende. Krikand vurderes at have en overordnet set stabil - stigende forekomst som trækfugl i dette område.  Områdets karakter med fugtige enge og store lavvandede fjordområder tilgodeser generelt artens krav til fouragering samt uforstyrrede raste- og overnatningslokaliteter. Det vurderes at der ikke er trusler for artens fortsatte forekomst i området.
Pibeand	Pibeand er en almindelig og vidt udbredt trækfugl i Danmark fra ynglepladserne i det nordlige og nordøstlige Europa, Rusland og Si-	Overvågningsresultaterne indikerer en fluktuerende overvintrende bestand, men en overordnet set stabil til stigende bestand om efteråret. Pibeand har en stabil

Art	Eksisterende forhold	Bevaringsstatus
	<p>birien. I milde vintre bliver et større antal pibeænder i Danmark gennem hele vinteren. De vigtigste danske områder for arten er Vadehavet, de vestjyske fjorde, Vejlerne og Limfjordsområdet. Ulvedybet er artens primære raste- og fourageringsområde.</p> <p>Pibeand lever af plantemateriale der findes på lavt vand eller på strandenge.</p>	<p>og stigende forekomst som trækfugl i området i overvågningsperioden 2004-2017.</p> <p>Områdets karakter med fugtige enge og store lavvandede fjordområder tilgodeser generelt artens krav til fouragering samt uforstyrrede raste- og overnatningslokaliteter. Det vurderes at der ikke er trusler for artens fortsatte forekomst i området.</p>
Pibesvane	<p>Pibesvane trækker mellem ynglepladserne på den arktiske tundra til og fra overvintrings- pladserne især i Holland gennem Danmark. Set i det lange perspektiv er antallet af overvintrende fugle i Danmark stigende, pga. den hyppigere forekomst af milde vintre som har gjort, at bestanden er rykket mod øst om vinteren. Om foråret og efteråret er antallet af rastende pibesvaner mindre end forhen.</p> <p>Pibesvane lever af vandplanter, men spiser også græs og såsæd.</p>	<p>Områdets karakter med fugtige enge og store lavvandede fjordområder tilgodeser generelt artens krav til fouragering samt uforstyrrede raste- og overnatningslokaliteter. Det vurderes at der ikke er trusler for artens fortsatte forekomst i området</p>
Sangsvane	<p>Sangsvane overvintrer i Nord-vesteuropa med tyngdepunkt i Danmark. Sangsvanen har en fluktuerende forekomst som trækfugl i dette område og i overvågningsperioden 2004-2017 har bestanden en stigende tendens.</p> <p>Sangsvane lever af vandplanter, men spiser også græs og vinterafgrøder på marker.</p>	<p>Områdets karakter med store lavvandede fjordområder tilgodeser generelt artens krav til fouragering samt uforstyrrede raste- og overnatningslokaliteter. Det vurderes at der ikke er trusler for artens fortsatte forekomst i området.</p>
Toppet skallesluger	<p>Toppet skallesluger har en fluktuerende forekomst som trækfugl i området. Ulvedybet er en meget vigtig fouragerings- og overnatningslokalitet, hvor toppet skallesluger kan opleves i store antal trækkende til og fra overnatning. Toppet skallesluger opholder sig langs kysten i hele Nibe og Gjøl Bredning.</p> <p>Toppet skallesluger lever mest af fisk som hundestejler, kutlinger og ålekvabber. Krebsdyr og plantemateriale indgår også i føden.</p>	<p>Områdets karakter med store lavvandede fjordområder tilgodeser generelt artens krav til fouragering samt uforstyrrede raste- og overnatningslokaliteter. Det vurderes at der ikke er trusler for artens fortsatte forekomst i området.</p>

Tabel 4-2. Eksisterende forhold og bevaringsstatus for fuglearter på udpegningsgrundlaget, som hovedsageligt søger føde på de marine naturtyper. Oplysninger er baseret på seneste basisanalyse for N15<sup>40</sup> og rapport om NOVANA overvågning af fugle 2018-2019<sup>41</sup>.

### 4.3 Potentiel påvirkning af marine naturtyper

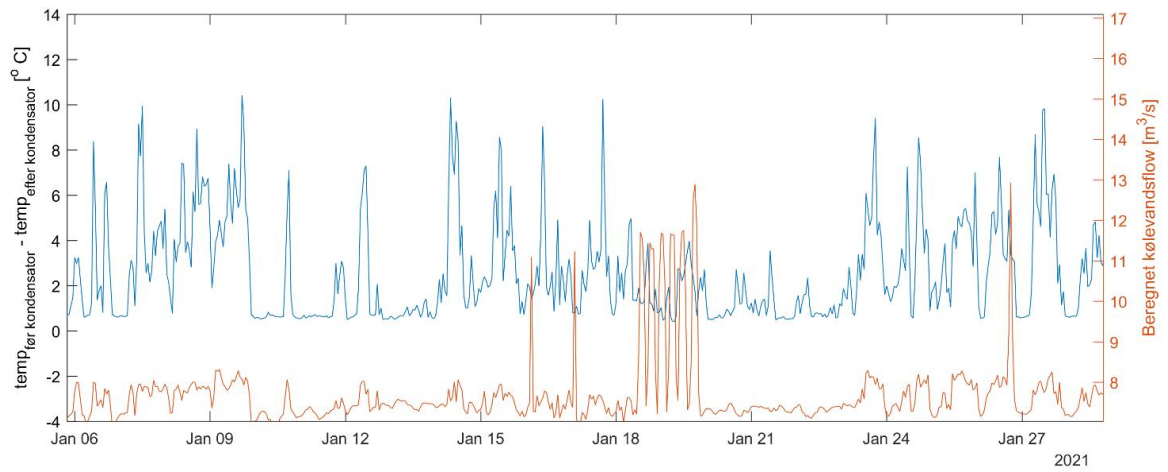
I det følgende beskrives de potentielle påvirkninger fra projektets driftsfase på de marine naturtyper, bestående af sandbanke, vadeflade, bugt og rev.

#### 4.3.1 Kuldespredning

Under eksisterende forhold ledes der opvarmet kølevand ud, når blok 3 er i drift på Nordjyllandsværket. Som det ses af Figur 4-2 ledes der i perioder kølevand ud, hvor temperaturforskellen før og efter kondensatoren kan være op til ca. 12 °C. Dog er vandføringen begrænset i tilfælde af denne vandtemperaturforøgelse.

<sup>40</sup> Miljøstyrelsen, 2020, Natura 2000-basisanalyse 2022-2027, Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, Natura 2000-område nr. 15, Habitatområde nr. 15, Fuglebeskyttelsesområde nr. 1

<sup>41</sup> Holm, T.E., Nielsen, R.D., Clausen, P., Bregnballe, T., Clausen, K.K., Petersen, I.K., Sterup, J., Balsby, T.J.S., Pedersen, C.L., Mikkelsen, P. & Bladt, J. 2021. Fugle 2018-2019. NOVANA. Aar-hus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 196 s. - Videnskabelig rapport nr. 420 <http://dce2.au.dk/pub/SR420.pdf>



Figur 4-2. Zoom af  $\Delta T$  samt kølevandsmængde for januar 2021. (Data fremsendt af Aalborg Forsyning, 2021).

Hvis det i modelscenariet antages, at opvarmningen af returvandet er  $\Delta t = +8,5$  °C samt at vandføring er på 13.500 kg/s (ca. svarende til mellem 99% - 95% fraktilen for temperaturforøgelsen fra Nordjyllandsværket), kan udledningen af varmt kølevand give anledning til temperaturændringer i havvandet, som strækker sig forbi Egholm (se Figur 4-3, Figur 4-4 og Figur 4-5). Se *Teknisk baggrundsrapport – Hydrauliske forhold* for en nærmere beskrivelse af valg af scenarier for kølespredningsberegninger, hvor der også vises temperaturforskel ved middel temperaturpåvirkning fra drift af blok 3.

Største temperaturændringer forbi Egholm, og ind i Natura 2000-område N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, ses ved vestgående strøm (Figur 4-4), hvor temperaturforskelle på ca. 1,25 °C ses vest for Egholm. Temperaturændringer strækker sig ikke ud til Natura 2000-område N14 Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord, som ligger ca. 19 km mod øst ved udmundningen af Limfjorden.



Figur 4-3. Temperaturforskel ved spredning af opvarmet kølevand (ca. 8,5 °C, svarende til estimeret statistisk maksimum temperaturpåvirkning fra drift af blok 3) fra Nordjyllandsværket under forhold med tidevandspåvirkning.





Figur 4-4. Temperaturforskel ved spredning af opvarmet kølevand (ca. 8,5 °C, svarende til estimeret statistisk maksimum temperaturpåvirkning fra drift af blok 3) fra Nordjyllandsværket under forhold med vestgående strøm. Simuleringsperioden har en varighed på en måned og mørkere røde farver indikerer varmere vand. (Baggrundsfoto er fra Google Earth, 2021).



Figur 4-5. Temperaturforskel ved spredning af opvarmet kølevand (ca. 8,5 °C, svarende til estimeret statistisk maksimum temperaturpåvirkning fra drift af blok 3) fra Nordjyllandsværket under forhold med østgående strøm.

Ved tidevandsdomineret (Figur 4-3) og ved vestgående strøm (Figur 4-4) ses der større påvirkninger af vandtemperaturen øst for Nordjyllandsværket end ved østgående strøm (Figur 4-5). Selve udbredelsen af temperaturfanen mod øst bliver større ved netto-østgående strøm, men temperaturpåvirkningen bliver større ifm. Tidevandsdominerede eller vestgående strømforhold (også øst for Nordjyllandsværket). Det skyldes, at det nedkølede vand ved østgående strøm "forsvinder" ud i Kattegat og vender ikke tilbage til Limfjorden igen, som ved tidevandsdomineret eller vestgående strøm.

Med de store udsving i temperatur og mængder af udledt kølevand fra Nordjyllandsværket under eksisterende forhold (se Figur 4-2) vil den tilstedeværende flora og fauna være tilpasset de fluktuerende temperaturforhold. Nordjyllandsværket har eksisteret i mange år, og der kan i lange perioder være en udledning af kølevand, som stort set ikke giver temperaturforskelle, efterfulgt af perioder med større temperaturforskelle. Herudover har der i løbet af 2018 og 2019 været et længere driftsstop på blok 3, hvilket ses af perioder uden kølevandsflow på Figur 4-2. Forekomst af temperaturforskelle i procent set over hele året og set over vinterhalvåret fremgår af Figur 4-6.

*Et eksempel: Temperaturopvarmningen fra Nordjyllandsværket har været højere end 10°C i hhv. 0,3% af året, og 0,5% af vinterhalvåret.*

	Forekomst [%]	
	Hele året	Vinterhalvår (oktober - maj)
abs(dt)>3 °C	24.2	34.3
abs(dt)>4 °C	15.5	22.3
abs(dt)>5 °C	9.9	14.3
abs(dt)>6 °C	6.6	9.5
abs(dt)>7 °C	4.1	5.9
abs(dt)>8 °C	2.0	3.0
abs(dt)>9 °C	0.9	1.4
abs(dt)>10 °C	0.3	0.5
abs(dt)>11 °C	0.1	0.2
abs(dt)>12 °C	0.0	0.0

Figur 4-6. Forekomst af temperaturopvarmning af kølevand fra Nordjyllandsværket i procent set over hele året og set over vinterhalvåret.

Ved drift af havvandsvarmepumpen vil det udledte havvand være 2 - 6 °C koldere end det indpumpede vand. Det afkølede vand vil føre til sænkning af vandtemperatur lokalt omkring havvandsudledningen ved Nordjyllandsværket. Effekten af varmepumpen holdes konstant på maksimalt 150 MW, hvilket betyder at flowet er mindre, når der trækkes mere varme ud af vandet.

Effekten af udledning af nedkølet vand fra havvandsvarmepumpen vil være meget begrænset, hvilket ses af Figur 4-7, Figur 4-8 og Figur 4-9. De største temperaturændringer forbi Egholm, og ind i Natura 2000-område N15 Nibe Bredning, Halkær Ådal og Sønderup Ådal, ses også her ved vestgående strøm (Figur 4-8), hvor temperaturforskelle på ca. -0,2 °C ses vest for Egholm. Som det ses af alle tre scenarier for havvandsvarmepumpen strækker temperaturændringerne sig ikke ud til Natura 2000-område N14 Ålborg Bugt, Randers Fjord og Mariager Fjord ved udmundingen af Limfjorden.



Figur 4-7. Temperaturforskel ved spredning af maksimalt nedkølet kølevand fra havvandsvarmepumpen under forhold med tidevandspåvirkning.



Figur 4-8. Temperaturforskel ved spredning af maksimalt nedkølet kølevand fra havvandsvarmepumpen under forhold med vestgående strøm.

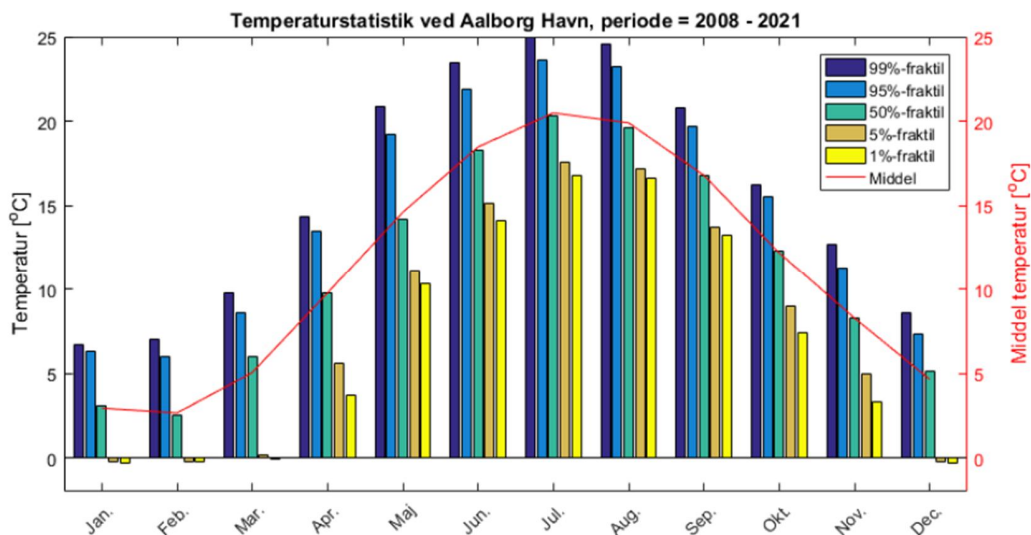




Figur 4-9. Temperaturforskel ved spredning af maksimalt nedkølet kølevand fra havvandsvarmepumpen under forhold med østgående strøm.

De marine naturtyper sandbanke, vadeflade, bugt og rev er ikke direkte fysisk sårbare overfor kuldespredning fra drift af havvandsvarmepumpen, men bevarelsesstatus kan potentielt påvirkes hvis den flora og fauna, der er tilknyttet naturtyperne ændres eller reduceres.

Igennem et år er der naturligt store temperaturudsving i Limfjorden. Målinger fra Aalborg Havn viser, at der også i de enkelte måneder kan være store udsving i temperaturen i forhold til gennemsnittet (Figur 4-10). I målingerne er indeholdt perioder, hvor Nordjyllandsværket udleder varmt kølevand.



Figur 4-10. Middeltemperatur og variation i temperatur målt i Aalborg Havn i perioden 2008-2021.

Som vist på Figur 4-8 vil driften af havvandsvarmepumpen føre til meget begrænsede ændringer i temperaturen i Natura 2000-område N15. Vest for Egholm vil der med en vestgående strøm kunne være et temperaturfald på ca.  $-0,2$  °C vest for Egholm.

En ændring på  $-0,2$  °C ligger indenfor den naturlige variation i temperaturforhold i Limfjorden, hvor der inden for hver enkelt måned kan være stor variation, som vist på Figur 4-10. Temperatursænkninger på ca.  $1$  °C eller mindre vurderes som udgangspunkt at være ubetydelige for naturtyper og arter på udpegningsgrundlaget og vil potentielt kunne opveje effekter af temperaturstigninger som følge af klimaforandringer. Dermed vurderes drift af havvandsvarmepumpen ikke at føre til temperaturændringer, som kan påvirke leveforholdene for flora og fauna i tilknytning til de marine naturtyper sandbanke, vadeflade, bugt og rev. Drift af havvandsvarmepumpen vurderes derfor ikke at udgøre en væsentlig påvirkning af naturtyperne og det vurderes, at havvandsvarmepumperne ikke vil forhindre opnåelse af gunstig bevaringsstatus for hverken sandbanke, vadeflade, bugt eller rev.

#### 4.4 Potentiel påvirkning af arter

I det følgende beskrives de potentielle påvirkninger fra projektets driftsfase på områdets marine arter, som spættet sæl, havlampret og flodlampret.

##### 4.4.1 Kuldespredning

Under eksisterende forhold er de arter, som forekommer i Limfjorden omkring Nordjyllandsværket, tilpasset udsving i temperaturen, hvilket fremgår af Figur 4-10.

##### Spættet sæl

En ændring på  $-0,2$  °C i Natura 2000-området vurderes at være helt ubetydelig i forhold til den naturlige variation af temperaturforhold i Limfjorden, hvor der inden for hver enkelt måned kan være stor forskel fra år til år, som vist på Figur 4-10. Drift af havvandsvarmepumpen vurderes ikke at føre til temperaturændringer, der kan påvirke leveforholdene for flora og fauna, som er tilknyttet de marine naturtyper sandbanke, vadeflade, bugt og rev, og dermed heller ikke fødegrundlaget for spættet sæl. Drift af havvandsvarmepumpen vurderes derfor ikke at udgøre en væsentlig påvirkning af spættet sæl, og det vurderes, at varmepumperne ikke vil forhindre opnåelse af gunstig bevaringsstatus for spættet sæl i N15.

##### Havlampret

Registreringer af havlampretten i Limfjorden er kun blevet gjort enkelte gange og i vandløb kun sket én gang i Hasseris Å tilbage i 1950<sup>42</sup>. I perioden fra 2004-2019 er havlampret ikke blevet registreret i N15. Natura 2000-området. Limfjorden regnes generelt ikke som et vigtigt område for havlampretten, men arten må på grund af dens tidligere registreringer antages sporadisk at kunne træffes.

Det er endnu uvist om havlampretten gyder i Danmark og om registreringer alene stammer fra indvandrende fisk fra ikke-danske vandløb. I Danmark er larver udelukkende registreret i Skjern

<sup>42</sup> Olesen, T.M., Carl, H. & Aarestrup, K. (2009). Havlampret (Petromyzon marinus Linnaeus 1758) I danske vandløb 1869-2009, Flora og Fauna 115, , 45-59.

Å-systemet med 7 fundlokaliteter i Skjern Å i år 2000 og 2003 og 1 lokalitet i Omme Å fra 2003<sup>43</sup>  
<sup>44</sup>. Voksne havlampretter er registreret i danske vandløb i perioden fra april til oktober, hvoraf langt størstedelen af registreringerne (82 %) stammer fra juni og juli måned<sup>45</sup>. Havlampretter søger som udgangspunkt ikke tilbage til samme vandløb hvor den stammer fra, men mod vandløb som bedst egner sig. I fiskens larvestadie vil larver udskille kemiske stoffer (feromoner) som opfanges af de gydemodne voksne individer, som derved ved at vandløbet er egnet for den efterfølgende yngel. Vandløbets vandføring må derfor antages at udfylde en vigtig rolle for havlamprettens evne til at finde passende gydehabitater.

Det vurderes at drift af havvandsvarmepumpen og udledning af nedkølet vand ikke vil forårsage en risiko for havlamprettens tilstedeværelse i N15 eller mulighed for at yngle i tilstødende vandløb, herunder Stae Bæk ved Nordjyllandsværket. Udledningen af koldere vand ved drift af havvandsvarmepumpen vurderes at udgøre en helt lokal påvirkning omkring kølevandskanalen, og som vist ved modellering (Figur 4-8) er temperaturændringen maksimalt -0,2 °C i N15. Det vurderes derfor, at drift af havvandsvarmepumper ikke vil udgøre en væsentlig påvirkning på havlampret, eller artens mulighed for opnåelse af gunstig bevaringsstatus.

#### Flodlampret

Som beskrevet i afsnit 4.2.3 er flodlampret registreret i N15 to gange i perioden 1995-2017, men der er ikke fundet tegn på at de gyder i områdets vandløb. Som for havlampret vurderes det, at drift af havvandsvarmepumpen og udledning af nedkølet vand ikke vil forårsage en risiko for flodlamprettens tilstedeværelse i N15 eller mulighed for at yngle i tilstødende vandløb, herunder Stae Bæk ved Nordjyllandsværket. Det vurderes derfor, at drift af havvandsvarmepumper ikke vil udgøre en væsentlig påvirkning på flodlampret, eller artens mulighed for opnåelse af gunstig bevaringsstatus.

#### 4.5 Potentiel påvirkning af fugle

Drift af havvandsvarmepumpen vurderes i afsnit 4.3.1 til ikke at udgøre en væsentlig påvirkning af de marine habitatnaturtyper sandbanke, vadeblade, bugt og rev. Ændringen af havvandstemperaturen på maksimalt -0,2 °C vurderes at være ubetydeligt for flora og fauna tilknyttet de marine habitatnaturtyper, og dermed også for de arter af fugle, som søger føde i det marine miljø.

Det vurderes derfor, at drift af havvandsvarmepumper ikke vil udgøre en væsentlig påvirkning på de omtalte fuglearter i Tabel 4-2, eller arternes mulighed for opnåelse af gunstig bevaringsstatus.

#### 4.6 Sammenfattende vurdering af Natura 2000-område N15

Samlet set vurderes påvirkningerne fra etablering og drift af havvandsvarmepumper ved Nordjyllandsværket ikke i sig selv, eller i forbindelse med andre planer eller projekter, at kunne påvirke væsentlig Natura 2000-områder væsentligt, herunder de naturtyper, arter eller fugle der findes på udpegningsgrundlaget. Det vurderes, at etablering og drift af havvandsvarmepumper

<sup>43</sup> Olsen NØ, Ingerslev HC, Dam HC & Dieperink C 2002: Skjern Å's lampretter. Statusrapport fra naturovervågningen før restaureringen. - DFU-rapport 99-02.

<sup>44</sup> Olsen NØ & Koed A 2004: Skjern Å's lampretter. Statusrapport fra naturovervågningen efter restaureringen af Skjern Å. - DFU-rapport 134-04.

<sup>45</sup> Olesen, T.M., Carl, H. & Aarestrup, K. (2009). Havlampret (*Petromyzon marinus* Linnaeus 1758) I danske vandløb 1869-2009, Flora og Fauna 115, , 45-59.

ikke vil forhindre opnåelse af gunstig bevaringsstatus for hverken naturtyper, arter eller fugle i N15.

## 5. VURDERING AF ØVRIGE NATURFORHOLD

### 5.1 Bilag IV-arter

Marsvinet, der er den eneste hval, der yngler i dansk farvand, er ret almindelig i Kattegat og Skagerrak, men forekommer sjældent i Limfjorden. I årene 2000-2002, hvor "Fokus på Hvaler" registrerede ca. 3.500 marsvineobservationer fra danske farvande var kun én af observationerne fra Limfjorden<sup>46</sup>. I perioden 2001-2017 er der sporadiske observationer af marsvin i den indre Limfjord<sup>47</sup>. Ifølge den seneste sammenfatning fra DCE ses marsvin i Limfjorden hovedsageligt ved Nissum Bredning (marsvin fra Nordsøen) og Langerak (marsvin fra Bælthavet)<sup>48</sup>. Området omkring Nordjyllandsværket vurderes derfor ikke at være vigtigt for marsvin, hverken som levested eller vandringsrute.

Marsvin vurderes, at være mest følsomme overfor forstyrrelser i yngle- og dieperioden samt i parringssæsonen, hvilket strækker sig over perioden fra maj-august. Bifangst af marsvin ved garnfiskeri udgør den største trussel mod marsvin, men herudover kan undervandsstøj, forstyrrelser fra bådtrafik, forurening samt mindsket fødemængde påvirke marsvinene negativt<sup>49</sup>.

Marsvin er opført på habitatdirektivets bilag IV og er således strengt beskyttet i hele dets udbredelsesområde. Marsvinet optræder som ikke truet (LC) på den danske Rødliste<sup>50</sup>.

Det er vurderet i væsentlighedsvurderingen ovenfor, at der ikke vil være en væsentlig påvirkning fra kuldespredning på det marine miljø, da effekten af kuldespredningen er begrænset. Kun helt lokalt omkring udløbet vil der ses temperaturforskelle på mere end -1 °C.

Det vurderes, at projektet ikke kan beskadige eller ødelægge yngle- eller rasteområder i det naturlige udbredelsesområde for marsvin. Dermed påvirkes muligheden for opretholdelse af den økologiske funktionalitet for marsvin ikke.

### 5.2 Vandområdeplan Jylland og Fyn

Nordjyllandsværket leder kølevand ud til vandområde 235 Nibe Bredning og Langerak i Limfjorden<sup>51</sup>.

Miljømålet for danske kystvande omfatter økologisk og kemisk tilstand. Området er målsat til opnåelse af god økologisk tilstand i 2027. Tilstanden vil være opnået, når både den økologiske og den kemiske tilstand vurderes som værende god.

Den økologiske tilstand beskrives ud fra tilstanden af følgende kvalitetselementer:

- Planteplankton (klorofyl som mål for algebiomasse)
- Ålegræs (dybdeudbredelse)

<sup>46</sup> Jensen T, 2006, Hjemmeside om observationer af sæler og hvaler i Danmark. Sæler og hvaler i Danmark" koordineres af Zoologisk Museum i København og Fiskeri- og Søfartsmuseet i Esbjerg og gennemføres i samarbejde med Skov- og Naturstyrelsen i henhold til Miljøministeriets "Beredskabsplan vedrørende Havpattedyr og Havfugle". [www.hvaler.dk](http://www.hvaler.dk)

<sup>47</sup> Hvaler.dk, besøgt 26. maj 2020, <http://hvaler.dk/nyheder.html>

<sup>48</sup> Sveegard, S., Nabe-Nielsen, J. & Teilmann, J. 2018. Marsvins udbredelse og status for de marine habitatområder i danske farvande. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 36 s. - Videnskabelig rapport nr. 284 <http://dce2.au.dk/pub/SR284.pdf>

<sup>49</sup> Søgaard, B., Asferg, T., 2007. Håndbog om dyrearter på Habitatdirektivets Bilag IV. – Faglig rapport fra DMU nr. 635.

<sup>50</sup> Aarhus Universitet, Institut for Bioscience. Rødlisterystemet. <http://bios.au.dk/raadgivning/natur/redlistframe/roedlistesystemet/>

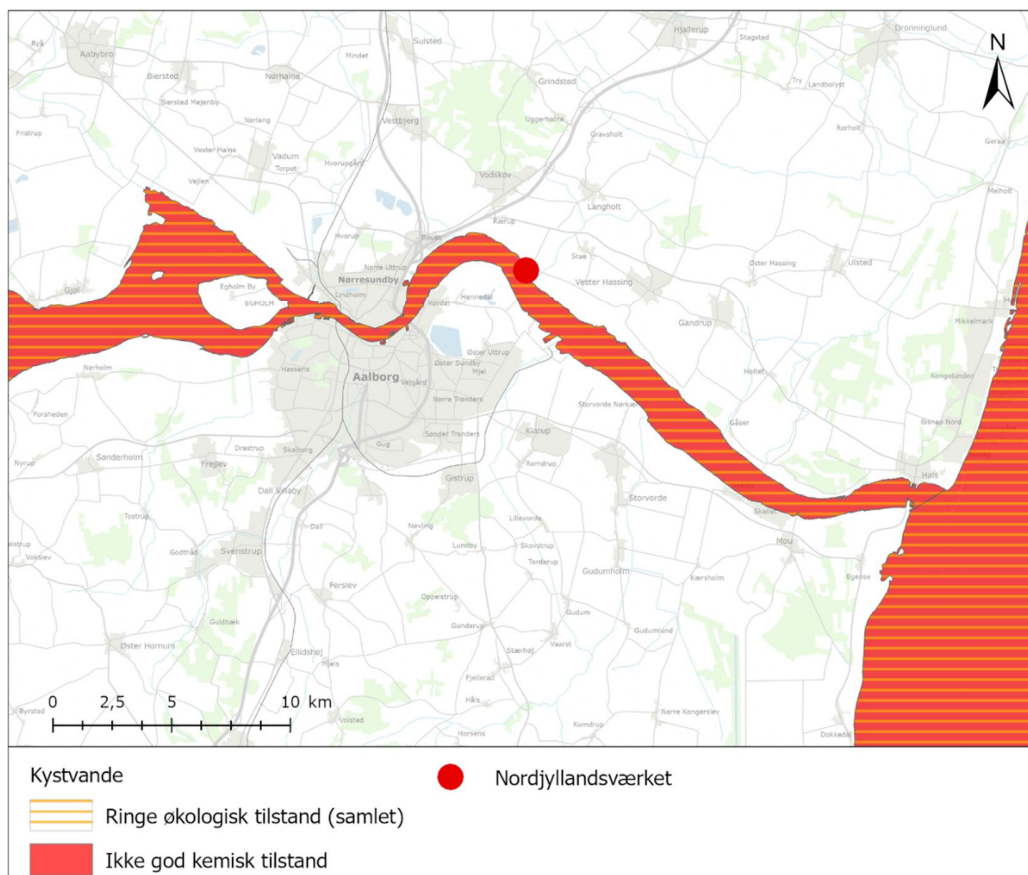
<sup>51</sup> MiljøGIS for basisanalyse for vandområdeplaner 2021-2027. <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3basis2019>

- Bundfauna (sammensætning og tæthed)
- Miljøfarlige forurenende stoffer (nationalt udvalgte stoffer).

Hvert kvalitetselement kan opnå enten høj, god, moderat, ringe eller dårlig økologisk tilstand, og den samlede økologiske tilstand er målt ud fra kvalitetselementet med den laveste tilstand. Den økologiske tilstand i projektområdet er for perioden 2015-2021<sup>52</sup> vurderet til følgende jf. MiljøGIS:

- Planteplankton (ringe økologisk tilstand)
- Ålegræs (ringe økologisk tilstand)
- Bundfauna (moderat økologisk tilstand)
- Miljøfarlige forurenende stoffer (ukendt økologisk tilstand).

Den samlede økologiske tilstand for vandområde 235 er vurderet at være "ringe" (Figur 5-1). For opnåelse af god økologisk tilstand skal klorofylindholdet være maksimalt 3,6 µg/l målt som sommerrmiddel fra maj-september, dybdegrænsen for hovedudbredelsen af ålegræs skal være mindst 4,1 meter og DKI indekset for bundfauna skal være mindst 0,68.



Figur 5-1. Samlet økologisk tilstand og kemisk tilstand i vandområde 235 ud for Nordjyllandsværket.

<sup>52</sup> MiljøGIS for Vandområdeplanerne 2015-2021. <http://miljoegis.mim.dk/cbkort?&profile=vandrammedirektiv2-bek-2019>

Som beskrevet i afsnit 4.3.1 og vist på Figur 4-7, Figur 4-8 og Figur 4-9 vil påvirkningerne fra udledning af kølevand fra driften af havvandsvarmepumpen være begrænsede. Kun helt lokalt omkring udløbet vil der ses temperaturforskelle på mere end -1 °C, hvilket skyldes det dynamiske vandmiljø ud for Nordjyllandsværket, hvor vandudskiftningen igennem Langerak giver en hurtig opblanding.

Temperatursænkninger på 1 °C eller mindre vurderes som udgangspunkt at være ubetydelige for det marine miljø, herunder plankton, bundfauna og ålegræs. En sådan temperatursænkning vil desuden potentielt kunne opveje effekter af temperaturstigninger som følge af klimaforandringer. Dermed vurderes drift af havvandsvarmepumpen ikke at føre til temperaturændringer, som kan påvirke leveforholdene for kystvandenes kvalitetselementer mht. fytoplankton, bundfauna og ålegræs. Drift af varmepumpen vurderes derfor ikke at udgøre en væsentlig påvirkning af vandområde 235 Nibe Bredning og Langerak eller at forhindre opfyldelse af god økologisk tilstand.

#### Vandløb

Vandløbet Stae Bæk ved siden af Nordjyllandsværket er udpeget som målsat vandløb<sup>53</sup>. Miljømålet for vandløb omfatter økologisk og kemisk tilstand. Vandløbet er målsat til opnåelse af god økologisk tilstand i 2027. Tilstanden vil være opnået, når både den økologiske og den kemiske tilstand er god.

Den økologiske tilstand beskrives ud fra tilstanden af kvalitetselementerne<sup>54</sup>:

- Smådyr (invertebratfaunaens sammensætning og tæthed)
- Fiskefauna (sammensætning, tæthed og aldersstruktur)
- Vandløbsplanter (sammensætning og tæthed)

Den kemiske tilstand for vandløb bestemmes i forhold til specifikke forurenende stoffer, herunder forurening med prioriterede stoffer og andre stoffer som udledes i signifikante mængder i overfladevandområdet<sup>55</sup>.

Den nuværende samlede økologiske tilstand for Stae Bæk er dårlig på baggrund af dårlig økologisk tilstand for fisk. I en rapport fra DTU Aqua<sup>56</sup> beskrives Stae Bæk som følgende: *Et lille vandløb som øverst kaldes Bløden. Her er dårlige faldforhold og vandløbet fremtræder som en relativt dyb, blødbundet afvandingskanal. Nord for omfartsvejen øges faldet og de fysiske forhold forbedres. Der blev nu (i modsætning til 2008) konstateret en lille bestand af ældre (udsatte) ørred på alle stationer. Der mangler i høj grad gydemuligheder for ørred i Stae bæk. Det anbefales, at der forsøges med grusudlægning i området nedstrøms Stae Bro.*"

<sup>53</sup> MiljøGIS for basisanalyse for vandområdeplaner 2021-2027. <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3basis2019>

<sup>54</sup> Søndergaard, M., Lauridsen, T.L., Kristensen, E.A, Baattrup-Pedersen, A., WibergLarsen, P., Bjerring, R. & Friberg, N. 2013. Biologiske indikatorer til vurdering af økologisk kvalitet i danske søer og vandløb. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 78 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 59 <http://www.dmu.dk/Pub/SR59.pdf>.

<sup>55</sup> Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand BEK nr. 1625 af 19/12/2017.

<sup>56</sup> Peter Geertz-Hansen, 2018. Plan for fiskepleje i mindre tilløb til den østlige del af Limfjorden. Faglig rapport fra DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer, Sektion for Ferskvandsfiskeri og -økologi, nr. 60.



Seneste ørredregistrering i Stae Bæk blev foretaget den 1. september 2017<sup>57</sup>, hvor punktregistreringer blev målt på tre steder i vandløbet. Fælles for alle stationer var, at der ingen ørredyngel blev registreret, og Stae Bæk blev derfor vurderet som værende i dårlig økologisk tilstand med hensyn til fisk. Stae Bæks samlede økologiske tilstand bygger på seneste planperiodes miljøregistreringer fra 2015-2021, med hensyn til vandløbets kemiske tilstand, tilstedeværelsen af makrofytter (vandplanter), bentiske invertebrater (hvirvelløse bunddyr) og fisk. Overordnet vurderes den samlede økologiske tilstand som dårlig, med risiko for manglende målopfyldelse i 2027<sup>58</sup>.

Overordnet er Stae Bæk et lille vandløb med en længde på 4,76 km og en gennemsnitsbredde på 2,3 m. Årligt udsættes 1.500 stk. smolt i april og 600 stk. ½-års ørreder i september/oktober måned. Manglende gydeområder og dårlige faldforhold i vandløbet har hidtil ført til manglende yngelregistreringer i vandløbet. Det vurderes desuden, at førend gydemulighederne forbedres, evt. med grusudlægning, forventes Stae Bæk økologiske tilstand for fisk ikke at forbedres<sup>59</sup>.

Som beskrevet i afsnit 2.1.3 er risikoen for fisk ved indtag af havvand meget lille. Det skyldes at gittervidden i de fine filtre umiddelbart før vekslerne er maksimalt 5 mm, og filtrene er udstyret med automatisk returskyl. Havørred fødes og vokser op i ferskvand, hvor de lever 1 - 6 år, indtil de med en størrelse på 8 - 25 cm<sup>60</sup>, som såkaldte smolt, vandrer ud i havet. Dermed vurderes indtag af havvand i driftsfasen for havvandsvarmepumpen ikke at påvirke udtrækkende smolt væsentligt. Det vurderes, at havvandsindtag ikke vil forhindre opnåelse af god økologisk tilstand for fisk i Stae Bæk.

Udledning af vand fra Nordjyllandsværket og/eller havvandsvarmepumpen vurderes ikke at påvirke Stae Bæks mulighed for gydende ørreder, eller deres vandring til og fra bækkens udmunding til Limfjorden. Udledning af afkølet vand fra havvandsvarmepumpen til Limfjorden vurderes ikke at påvirke Stae Bæks overordnede temperaturforhold, da udledning af vand ikke vil ske med direkte udløb til Stae Bæk. Korteste afstand mellem Nordjyllandsværkets punktudledningen til Stae Bæks udløb til Limfjorden er ca. 320 meter (Figur 5-2).

<sup>57</sup> Peter Geertz-Hansen, 2018. Plan for fiskepleje i mindre tilløb til den østlige del af Limfjorden. Faglig rapport fra DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer, Sektion for Ferskvandsfiskeri og -økologi, nr. 60.

<sup>58</sup> MiljøGIS for basisanalyse for vandområdeplaner 2021-2027. <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=vandrammedirektiv3basis2019>

<sup>59</sup> Peter Geertz-Hansen, 2018. Plan for fiskepleje i mindre tilløb til den østlige del af Limfjorden. Faglig rapport fra DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer, Sektion for Ferskvandsfiskeri og -økologi, nr. 60.

<sup>60</sup> Koed, A., Rasmussen, G. & Rasmussen, E. B. 1997. Havørredbestandene i Odense Å og Sta-vids Å systemerne i relation til Fynsværket. DFU-rapport nr. 29-97.





Figur 5-2. Afstand fra Nordjyllandsværkets kølekanal til Stae Bæks udløb til Limfjorden. Kilde: Google Maps

Vandtemperaturen i Limfjorden er naturligt fluktuerende gennem hele sæsonen, som vist i Figur 4-10. Da der på nuværende tidspunkt ikke er blevet registreret ørredyngel i Stae Bæk, sammenholdt med de manglende gydepladser og det manglende fald på vandløbet, vurderes Stae Bæk ikke som et vigtigt vandløb for hverken hav- og bækørred. Såfremt de alligevel skulle vandre op i vandløbet, vil den potentielle temperaturfluktuation forårsaget af Nordjyllandsværket og havvandsvarmepumpens vandudledning ligge indenfor ørredens temperaturgrænse fra 0 til 25 °C<sup>61</sup>. Det vurderes derfor, at drift af havvandsvarmepumpen ikke vil forårsage en væsentlig påvirkning på ørredens tilstedeværelse i Stae Bæk eller ørredens mulighed for at yngle i bækken. Dermed vurderes driften af havvandsvarmepumpen ikke at forhindre opnåelse af god økologisk tilstand i Stae Bæk.

<sup>61</sup> Rasmussen, G.R. & Carl, H. 2019. Ørred. I: Carl, H. & Møller, P.R. (red.). Atlas over danske saltvandsfisk. Statens Naturhistoriske Museum. Onlineudgivelse, december 2019.



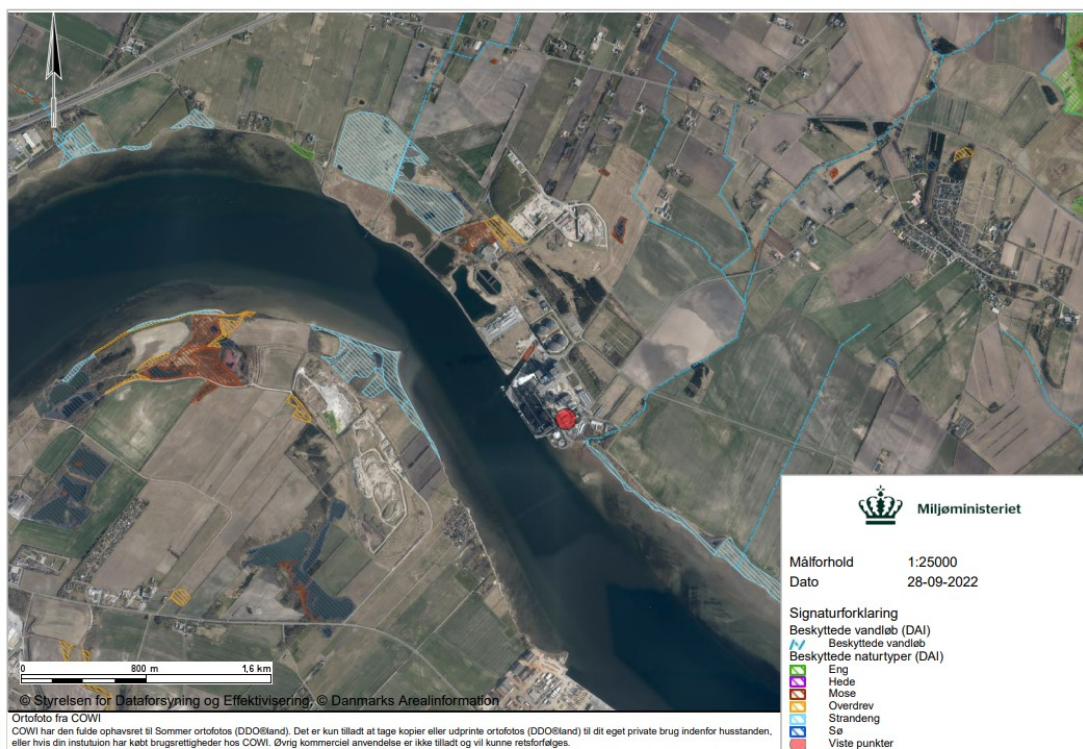
[Text]



**Bilag B. Kort over virksomhedens beliggenhed i 1:25.000**



## Bilag C. Virksomhedens omgivelser (temakort)



## Bilag D. Lovgrundlag – Referenceliste

### Love

*Miljøbeskyttelsesloven (MBL):*

Lovbekendtgørelse om miljøbeskyttelse, nr. 5 af 3. januar 2023.

*Jordforureningsloven (JFL):*

Lovbekendtgørelse om forurenede jord, nr. 282 af 27. marts 2017.

*Planloven (PL):*

Lovbekendtgørelse nr. 1157 af 1. juli 2020 om planlægning.

*Miljøvurderingsloven (MVL):*

Lovbekendtgørelse om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM), nr. 4 af 3. januar 2023.

*Naturbeskyttelsesloven:*

Lovbekendtgørelse om Naturbeskyttelse, nr. 1392 af 4. oktober 2022.

### Bekendtgørelser

*Godkendelsesbekendtgørelsen (GBK):*

Bekendtgørelse om godkendelse af listevirksomhed, nr. 2080 af 15. november 2021.

*Miljøvurderingsbekendtgørelsen:*

Bekendtgørelse om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM). Bekendtgørelse nr. 1376 af 21. juni 2021.

*Affaldsbekendtgørelsen:*

Bekendtgørelse om affald, nr. 2512 af 10. december 2021.

*Risikobekendtgørelsen (RK):*

Bekendtgørelse om kontrol med risikoen for større uheld med farlige stoffer, nr. 372 af 25. april 2016.

*Miljøtilsynsbekendtgørelsen:*

Bekendtgørelse om miljøtilsyn, nr. 1536 af 9. december 2019.

*Spildevandsbekendtgørelsen:*

Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4, nr. 1393 af 21. juni 2021.

*Habitatbekendtgørelsen:*

Bekendtgørelse om udpegning og administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter, nr. 2091 af 12. november 2021.

*Brugerbetalingsbekendtgørelsen:*

Bekendtgørelse om brugerbetaling for godkendelse m.v. og tilsyn efter lov om miljøbeskyttelse og anvendelse af gødning m.v., nr. 1519 af 29. juni 2021.

*Bekendtgørelse om udledning af visse forurenende stoffer*

Bekendtgørelse om krav til udledning af visse forurenende stoffer til vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og havområder, nr. 1433 af 21. november 2017.

## **Vejledninger fra Miljøstyrelsen**

*Miljøgodkendelsesvejledningen:*

<https://miljogodkendelsesvejledningen.dk/>

*Støjvejledningen:*

Nr. 5/1984, 1996 om ekstern støj fra virksomheder <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/1984/87-503-5287-4/pdf/87-503-5287-4.pdf>

*Supplement til støjvejledningen:*

Vejledning nr. 14003 af 1. juni 1996 om supplement til vejledning om ekstern støj fra virksomheder.

*Vejledning til bekendtgørelse om indsatsprogrammer*

Vejledning til bekendtgørelse om indsatsprogrammer for vandområdedistrikter <https://mst.dk/media/133301/bilag-1-vejledning-4-juli-2017.pdf>

*Spildevandsvejledning*

Spildevandsvejledningen til bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4

<https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2018/06/978-87-93710-38-2.pdf>

*Vejledning om beregning af ekstern støj fra virksomheder*

Vejledning nr. 60283 af 31. oktober 1993 om beregning af ekstern støj fra virksomheder.

*Vejledning om måling af ekstern støj fra virksomheder*

Vejledning nr. 60254 af 1. november 1984 om måling af ekstern støj fra virksomheder.

*Vejledning om klassificering af kemiske stoffer og produkter*

Vejledning nr. 9580 af 20. oktober 2004 om klassificering m.v. af kemiske stoffer og produkter.

*Habitatvejledningen*

Nr 9925 af 11/11/2020, Vejledning til bekendtgørelse nr. 1595 af 6. december 2018 om udpegning og administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter

<https://www.retsinformation.dk/eli/retsinfo/2020/9925>



## **Bilag E. Liste over sagens akter**

- Ansøgning af 18. august 2021 om miljøvurdering
- Udtalelse af 28. oktober 2021 fra Aalborg Kommune
- Screeningsafgørelse af 14. december 2021 om ingen miljøvurderingspligt
- Ansøgning af 1. juni 2022 om miljøgodkendelse
- Opdateret tillæg til sikkerhedsdokumentation, 11. november 2022
- Arbejdstilsynets accept af 2. december 2022
- Nordjyllands Beredskabs accept af 2. december 2022
- Nordjyllands Politis tilbagemelding af 1. december 2022

**Bilag F Datablad for R1234zeC**





SIKKERHEDSDATABLAD  
trans-1,3,3,3-Tetrafluoropropylene

Udgivelsesdato: 21.10.2013  
Sidste revisionsdato: 11.02.2020

Version: 1.2

SDB nr.: 000010022231  
2/15

2.2 Mærkningselementer



- Signalord: Advarsel
- Fareerklæringer: H280: Indeholder gas under tryk, kan eksplodere ved opvarmning.
- Erklæring om Forebyggelse
- Forebyggelse: Ingen.
- Nødhjælp: Ingen.
- Opbevaring: P403: Opbevares på et godt ventileret sted.
- Destruktion: Ingen.

Yderligere oplysninger på etiketten  
EIGA-As: Kvælende i høje koncentrationer.

2.3 Andre farer: Kontakt med fordampende væske kan forårsage kuldeskader eller forfrysninger af huden.

**PUNKT 3: Sammensætning af/oplysning om indholdsstoffer**

3.1 Stoffer

Kemisk betegnelse	1,3,3,3-tetrafluoroprop-1-ene
EU-identifikationsnummer:	-
CAS-nr.:	29118-24-9
EF-nummer:	471-480-0
REACH registreringsnummer:	01-0000019758-54
Renhed:	100%
	Renheden af stoffet i dette afsnit er udelukkende brugt til klassificering og repræsenterer ikke den faktiske renhed af stoffet som leveret og hvor anden dokumentation bør konsulteres.
Handelsnavn:	R1234ze, Solstice® 1234ze
Synonymer:	trans-1,3,3,3-Tetrafluoropropylene



**SIKKERHEDSDATABLAD**  
**trans-1,3,3,3-Tetrafluorpropylene**

Udgivelsesdato: 21.10.2013  
Sidste revisionsdato: 11.02.2020

Version: 1.2

SDB nr.: 000010022231  
3/15

**PUNKT 4: Førstehjælpsforanstaltninger**

**Generelt:** Høje koncentrationer kan forårsage kvælning. Symptomerne omfatter evt. svigtende lemmer/bevidsthed, uden at ofret bemærker det. Benyt luftforsynet åndedrætsværn og flyt ofret til et ikke-forurenede område. Hold ofret varmt og i ro. Tilkald læge. Giv kunstigt åndedræt ved ophørt vejtrækning.

**4.1 Beskrivelse af førstehjælpsforanstaltninger**

**Indånding:** Høje koncentrationer kan forårsage kvælning. Symptomerne omfatter evt. svigtende lemmer/bevidsthed, uden at ofret bemærker det. Benyt luftforsynet åndedrætsværn og flyt ofret til et ikke-forurenede område. Hold ofret varmt og i ro. Tilkald læge. Giv kunstigt åndedræt ved ophørt vejtrækning.

**Øjenkontakt:** Skyl straks øjet med rigelige mængder vand. Fjern eventuelle kontaktlinser, hvis dette kan gøres let. Fortsæt skylning. Skyl grundigt med vand i mindst 15 minutter. Søg omgående lægehjælp. Er det ikke muligt at få lægehjælp med det samme, skyl da i yderligere 15 minutter.

**Hudkontakt:** Kontakt med fordampende væske kan forårsage kuldeskader eller forfrysninger af huden.

**Indtagelse:** Indtagelse skønnes ikke relevant.

**4.2 Vigtigste symptomer og virkninger, både akutte og forsinkede:** Åndedrætsstop Kontakt med gas i væskeform kan forvolde skade (forfrysning) som følge af hurtig afkøling under fordampning.

**4.3 Angivelse af om øjeblikkelig lægehjælp og særlig behandling er nødvendig**

**Farer:** Åndedrætsstop Kontakt med gas i væskeform kan forvolde skade (forfrysning) som følge af hurtig afkøling under fordampning.

**Behandling:** Opvarm forsigtigt af frostskaadede legemsdele i lunkent vand. Gnid ikke det angrebne område. Søg omgående lægehjælp.

**PUNKT 5: Brandbekæmpelse**

**Almindelige Brandfarer:** Ved opvarmning kan beholderne eksplodere.

**5.1 Slukningsmidler**

**Egnede slukningsmidler:** Produktet kan ikke brænde. I tilfælde af brand i omgivelserne: anvend passende slukningsmiddel.

**Uegnede slukningsmidler:** Ingen.



**SIKKERHEDSDATABLAD**  
**trans-1,3,3,3-Tetrafluoropropylene**

Udgivelsesdato: 21.10.2013  
Sidste revisionsdato: 11.02.2020

Version: 1.2

SDB nr.: 000010022231  
4/15

**5.2 Særlige farer i forbindelse med stoffet eller blandingen:** Produktet er ikke brandfarligt i luft under omgivende temperatur- og trykforhold. Ved kompression med luft eller oxygen, kan blandingen blive brandfarlig. Visse blandinger af HCFC'er eller HFC'er med klor kan blive brandfarlige eller reaktive under visse forhold.

**Sundhedsskadelige forbrændingsprodukter:** Under brand kan følgende giftige og/eller korroderende røggasser dannes ved spaltning : hydrogenfluorid

**5.3 Anvisninger for brandmandskab**

**Særlige forholdsregler ved brandbekæmpelse:** Ved brand: Stands lækagen, hvis dette er sikkert. Fortsæt med at sprøjte vand fra dækning på flasken, indtil denne ikke længere bliver varm. Brug slukningsmidler til at inddæmme branden. Isolér brandkilden, og lad den brænde ud.

**Særlige beskyttelsesmidler for brandmandskab:** Brandslukningspersonalet skal benytte almindeligt beskyttelsesudstyr, herunder brandhæmmende frakke, hjelm med ansigtsskærm, handsker, gummistøvler og, på tillukkede steder, SCBA-udstyr.  
Retningslinje: EN 469 Beskyttelsesbeklædning til brandmænd. Ydeevnekrav til beskyttelsesbeklædning til brandbekæmpelse. EN 15090 Fodtøj til brandmænd. EN 659 Beskyttelseshandsker til brandmænd. EN 443 Brandmandshjelme til brandbekæmpelse i bygninger og andre bebyggelsesanlæg. EN 137 Åndedrætsværn — Trykflaskeapparat med helmaske — Krav, prøvning, mærkning.

**PUNKT 6: Forholdsregler over for udslip ved uheld**

**6.1 Personlige sikkerhedsforanstaltninger, personlige værnemidler og nødprocedurer:** Evakuer området. Der skal være effektiv ventilation. Bloker adgangen til kloakledninger, kældre og udgravninger m.v., hvor farlig ophobning kan forekomme. Benyt luftforsynet åndedrætsværn ved indtrængen, medmindre luften er konstateret ufarlig. EN 137 Åndedrætsværn — Trykflaskeapparat med helmaske — Krav, prøvning, mærkning.

**6.2 Miljøbeskyttelsesforanstaltning er:** Forhindre yderligere lækage eller udslip hvis det er sikkerhedsmæssigt muligt.

**6.3 Metoder og udstyr til inddæmning og oprensning:** Der skal være effektiv ventilation.

**6.4 Henvisning til andre punkter:** Se punkt 8 og 13.



**SIKKERHEDSDATABLAD**  
**trans-1,3,3,3-Tetrafluoropropylene**

Udgivelsesdato: 21.10.2013  
Sidste  
revisionsdato: 11.02.2020

Version: 1.2

SDB nr.: 000010022231  
5/15

**PUNKT 7: Håndtering og opbevaring:**

**7.1 Forholdsregler for sikker  
håndtering:**

Kun erfarent og korrekt uddannet personale bør håndtere gasser under tryk. Der må kun anvendes korrekt specificeret udstyr, som er egnet til dette produkt og dets forsyningstryk og -temperatur. Se leverandørens håndteringsanvisninger. Stoffet skal håndteres efter godkendte hygiejne - og sikkerhedsprocedurer. Beskyt beholderne mod fysiske skader; må ikke trækkes, rulles, skubbes eller tabes. Mærkater, der af påsat af leverandøren for at identificere beholderens indhold, må ikke fjernes eller gøres ulæselige. Ved flytning af beholdere, selv over korte afstande, skal der anvendes egnet udstyr, fx. vogn, sækkevogn, gaffeltruck osv. Beholdere skal altid stå oprejst. Alle ventiler lukkes, når de ikke er i brug. Der skal være effektiv ventilation. Undgå, at vand suges ind i flasken. Undgå returløb i flasken. Undgå tilbagesugning af vand, syre og base. Hold flasketemperatur under 50°C og opbevar flasken på et godt ventileret sted. Vurder relevante love og lokale forskrifter om oplag af beholdere. Der må ikke spises, drikkes eller ryges under brugen. Opbevares i overensstemmelse med ... . Anvend aldrig åben ild eller elektisk opvarmning for at øge trykket i en gasbeholder. Lad ventilhætten sidde indtil gasflasken er forsvarligt sikret mod at vælte ved en væg eller arbejdsbord og er klar til brug. Beskadigede ventiler skal omgående indberettes til leverandøren Luk beholderens ventil efter hver brug, og når den er tom, selvom beholderen stadig er tilkoblet udstyr. Forsøg aldrig selv at reparere eller modificere beholderens ventiler eller sikkerhedsafblæsningsudstyr. Så snart beholderen er frakoblet udstyret skal beskyttelseshætten sættes på, hvis en sådan medfølger. Hold beholderens udgangsventiler rene og fri for urenheder, især olie og vand. Hvis brugeren oplever problemer med betjening af beholderens ventil, skal brugen ophøre og leverandøren kontaktes. Forsøg aldrig at overføre gas fra en beholder til en anden. Ventilhætter og kapper bør være monteret.

**7.2 Betingelser for sikker  
opbevaring, herunder eventuel  
uforenelighed:**

Beholdere bør ikke opbevares under forhold som kan medføre korrosion. Beholdere under opbevaring skal kontrolleres periodisk for generel tilstand og lækager. Ventilhætter og kapper bør være monteret. Beholdere skal opbevares på områder, hvor der det ikke er brandfare og på afstand af varmekilder og tændkilder. Holdes væk fra brandbare stoffer. Adskil fra oxiderende gasser og andre oxidationsmidler, der opbevares.

**7.3 Særlige anvendelser:**

Ingen.

**PUNKT 8: Eksponeringskontrol/personlige værnemidler**

**8.1 Kontrolparametre**

**Grænseværdier for Erhvervsmæssig Eksponering**

Ingen af komponenterne har tildelte eksponeringsgrænser.



**SIKKERHEDSDATABLAD**  
**trans-1,3,3,3-Tetrafluoropropylene**

Udgivelsesdato: 21.10.2013  
 Sidste revisionsdato: 11.02.2020

Version: 1.2

SDB nr.: 000010022231  
 6/15

**DNEL-værdier**

Kritisk komponent	Type	Værdi	Bemærkninger
1,3,3,3-tetrafluoroprop-1-ene	Medarbejder - inhalativ, langvarig - systemisk	3902 mg/m <sup>3</sup>	-

**PNEC-værdier**

Kritisk komponent	Type	Værdi	Bemærkninger
1,3,3,3-tetrafluoroprop-1-ene	Vandmiljø (ferskvand)	0,1 mg/l	-
	Vandmiljø (periodiske udslip)	1 mg/l	-

**8.2 Eksponeringskontrol**

**Passende tekniske sikkerhedsforanstaltninger:**

Overvej et arbejdstilladelsessystem, fx til vedligeholdelsesaktiviteter. Sørg for tilstrækkelig luftventilation. Ilddetektorer bør anvendes når kvælende gasser kan udslippe. Der skal være tilstrækkelig ventilation, inklusive passende lokal udsugning, så de fastsatte grænseværdier ikke overstiges. Systemer under tryk skal kontrolleres regelmæssigt for utætheder. Anvend fortrinsvis permanent lækagesikre samlinger (fx svejsede rør). Der må ikke spises, drikkes eller ryges under brugen.

**Individuelle beskyttelsesforanstaltninger som f.eks. personlige værnemidler**

**Generelle oplysninger:**

En risikovurdering skal foretages og dokumenteres i alle arbejdsområder for at vurdere, hvilke risici der er forbundet med anvendelse af produktet, og for at vælge de PV, der passer til den relevante risiko. Følgende anbefalinger skal tages i betragtning. Hold luftforsynet åndedrætsværn klar i en nødsituation. Personlige værnemidler for kroppen skal vælges ud fra den opgave, der skal udføres, og den risiko, den indebærer.

**Beskyttelse af øjne/ansigt:**

Der skal anvendes sikkerhedsbriller eller ansigtsskærm, der opfylder EN 166, for at undgå eksponering for væskesprøjt. Anvend øjenværn, der opfylder EN 166, under anvendelse af gasser.  
 Retningslinie: EN 166 Øjenværn.

**Beskyttelse af hud**

**Beskyttelse af Hænder:**

Anvend arbejdshandsker ved håndtering af beholdere  
 Retningslinie: EN 388 Beskyttelsesbeklædning - Handsker mod mekaniske risici

**Legemsbeskyttelse:**

Ingen særlige krav.

**Andet:**

Anvend sikkerhedssko ved håndtering af beholdere.  
 Retningslinie: ISO 20345 Fodværn - Sikkerhedsfodtøj.

**Beskyttelse af åndedrætsorganer:**

ikke nødvendig.

**Farer ved varme:**

Ingen foranstaltninger påkrævet.





**SIKKERHEDSDATABLAD**  
**trans-1,3,3,3-Tetrafluoropropylene**

Udgivelsesdato: 21.10.2013  
 Sidste revisionsdato: 11.02.2020

Version: 1.2

SDB nr.: 000010022231  
 7/15

**Hygiejniske foranstaltninger:** Udover brug af gode hygiejne- og sikkerhedsprocedurer er ingen specifikke sikkerhedstiltag påkrævet. Der må ikke spises, drikkes eller ryges under brugen.

**Foranstaltninger til begrænsning af eksponering af miljøet:** Se punkt 13 vedr. bortskaffelse.

**PUNKT 9: Fysisk-kemiske egenskaber**

9.1 Oplysninger om grundlæggende fysiske og kemiske egenskaber

**Udseende**

Form:	Gas
Form:	Kondenseret gas
Farve:	Farveløs
Lugt:	Svag æterisk
Lugtgrænse, lugtærskel:	Lugtgrænsen er subjektiv og utilstrækkeligt til at advare om overeksponering.
pH-værdi:	Ikke relevant.
Smeltepunkt:	Ingen oplysninger.
Kogepunkt:	-19 °C
Sublimeringspunkt:	Ikke relevant.
Kritisk temperatur (°C):	Ingen oplysninger.
Flammepunkt:	Ikke relevant
Fordampningshastighed:	Ikke relevant for gasser og gasblandinger
Antændelighed (fast stof, luftart):	Produktet er ikke brandfarligt.
Eksplisionsgrænse, øvre (%):	Ikke relevant.
Eksplisionsgrænse, nedre (%):	Ikke relevant.
Damptryk:	4,192 HPa (20 °C)
Dampmassefylde (luft=1):	4
Relativ massefylde:	Ingen oplysninger.
Opløselighed	
Opløselighed i vand:	0,373 g/l
Fordelingskoefficient (n-octanol/vand):	1,6
Selvantændelsestemperatur:	368 °C
Nedbrydningstemperatur:	Ingen oplysninger.
Viskositet	
Kinematisk viskositet:	Ingen oplysninger.
Dynamisk viskositet:	Ingen oplysninger.
Eksplorative egenskaber:	Ikke relevant.
Oxiderende egenskaber:	Ikke relevant.



**SIKKERHEDSDATABLAD**  
**trans-1,3,3,3-Tetrafluoropropylene**

Udgivelsesdato: 21.10.2013  
 Sidste revisionsdato: 11.02.2020

Version: 1.2

SDB nr.: 000010022231  
 8/15

**9.2 ANDRE OPLYSNINGER:** Gas/damp er tungere end luft. Kan ophobes på lukkede steder, særlig ved eller under gulvniveau.

Molekylær vægt: 114,04 g/mol (C<sub>3</sub>H<sub>2</sub>F<sub>4</sub>)

**PUNKT 10: Stabilitet og reaktivitet**

**10.1 Reaktivitet:** Ingen reaktivetsfare ud over de virkninger, der er beskrevet i nedenstående underpunkt.

**10.2 Kemisk Stabilitet:** Stabil under normale vilkår.

**10.3 Risiko for Farlige Reaktioner:** Ingen.

**10.4 Forhold, der Skal Undgås:** Ingen. Varme, gnister, åben ild.

**10.5 Materialer, der skal Undgås:** Ingen reaktioner med nogen almindelige materialer i tør eller våd tilstand. Alkalimetaller.

**10.6 Farlige Nedbrydningsprodukter:** Farlige nedbrydningsprodukter bør ikke forekomme ved normal lagring og brug. Under brand kan følgende giftige og/eller korroderende røggasser dannes ved spaltning : fluorcarboner hydrogenfluorid

**PUNKT 11: Toksikologiske oplysninger**

**Generelle oplysninger:** Kan medføre uregelmæssig hjerterytme og bevirke nervøse symptomer.

**11.1 Oplysninger om toksikologiske virkninger**

**Akut toxicitet - Indtagelse Produkt** Kriterierne for klassificering kan på grundlag af de foreliggende data ikke anses for at være opfyldt.

**Akut toxicitet - Hudkontakt Produkt** Kriterierne for klassificering kan på grundlag af de foreliggende data ikke anses for at være opfyldt.

**Akut toxicitet - Indånding Produkt** Kriterierne for klassificering kan på grundlag af de foreliggende data ikke anses for at være opfyldt.

1,3,3,3-tetrafluoroprop-1-ene LC 50 (Rotte, 4 h): > 965 mg/l



**SIKKERHEDSDATABLAD**  
**trans-1,3,3,3-Tetrafluoropropylene**

Udgivelsesdato: 21.10.2013  
 Sidste  
 revisionsdato: 11.02.2020

Version: 1.2

SDB nr.: 000010022231  
 9/15

**Ætsning og Irritation for Huden**

**Produkt**

Kriterierne for klassificering kan på grundlag af de foreliggende data ikke anses for at være opfyldt.

1,3,3,3-tetrafluoroprop-  
 1-ene

(Kanin): Ikke klassificeret som irriterende

**Alvorlig Skade/Irritation for Øjne**

**Produkt**

Kriterierne for klassificering kan på grundlag af de foreliggende data ikke anses for at være opfyldt.

**Luftvejs Eller Hud Sensibilisering**

**Produkt**

Kriterierne for klassificering kan på grundlag af de foreliggende data ikke anses for at være opfyldt.

**Kimcellemutagenitet**

**Produkt**

Kriterierne for klassificering kan på grundlag af de foreliggende data ikke anses for at være opfyldt.

**Kræftfremkaldende egenskaber**

**Produkt**

Kriterierne for klassificering kan på grundlag af de foreliggende data ikke anses for at være opfyldt.

**Reproduktionstoksicitet**

**Produkt**

Kriterierne for klassificering kan på grundlag af de foreliggende data ikke anses for at være opfyldt.

**Specifik Organtoksicitet - Enkelt Eksponering**

**Produkt**

Kriterierne for klassificering kan på grundlag af de foreliggende data ikke anses for at være opfyldt.

**Specifik Organtoksicitet - Gentagne Eksponeringer**

**Produkt**

Kriterierne for klassificering kan på grundlag af de foreliggende data ikke anses for at være opfyldt.

**Inhaleringsfare**

**Produkt**

Ikke relevant for gasser og gasblandinger.



**SIKKERHEDSDATABLAD**  
**trans-1,3,3,3-Tetrafluoropropylene**

Udgivelsesdato: 21.10.2013  
Sidste  
revisionsdato: 11.02.2020

Version: 1.2

SDB nr.: 000010022231  
10/15

**PUNKT 12: Miljøoplysninger**

**12.1 Toksicitet**

**Akut toxicitet**

**Produkt**

Produktet forårsager ikke skade på miljøet.

**Akut toxicitet - Fisk**

1,3,3,3-tetrafluoroprop-1-ene

NOEC (Carp (Cyprinus carpio), 96 h): > 117 mg/l

**Akut toxicitet - Hvirvelløse Vandorganismer**

1,3,3,3-tetrafluoroprop-1-ene

LC 50 (Dafnie (Daphnia magna), 48 h): > 160 mg/l

**Giftighed for vandplanter**

1,3,3,3-tetrafluoroprop-1-ene

NOEC (Green algae (Selenastrum capricornutum), 72 h): > 170 mg/l

**12.2 Persistens og nedbrydelighed**

**Produkt**

Ikke relevant for gasser og gasblandinger.

1,3,3,3-tetrafluoroprop-1-ene

Ikke let bionedbrydelig. Uorganisk forbindelse.

**12.3 Bioakkumuleringspotentiale**

**Produkt**

Produktet forventes at være bionedbrydeligt, og det forventes ikke at forblive i vandmiljøet i længere tid.

**12.4 Mobilitet i jord**

**Produkt**

På grund af høje flygtighed er det usandsynligt, at produktet kan forårsage jord- eller vandforurening.

**12.5 Resultater af PBT- og vPvB-vurdering**

**Produkt**

Ikke klassificeret som PBT or vPvB.



**SIKKERHEDSDATABLAD**  
**trans-1,3,3,3-Tetrafluoropropylene**

Udgivelsesdato: 21.10.2013  
Sidste  
revisionsdato: 11.02.2020

Version: 1.2

SDB nr.: 000010022231  
11/15

**12.6 Andre Negative Virkninger:**

**Globalt opvarmningspotentiale**

Globalt opvarmningspotentiale: 7  
Kan bidrage til drivhuseffekten når det udledes i store mængder. Se efter oplysninger om GWP værdien for blandinger og mængder på beholderens etiket.

1,3,3,3-tetrafluoroprop-1-ene

EU. F-gasser, der er underlagt emissionsgrænser/indberetning (bilag I, II), forordning 517/2014/EU om fluorholdige drivhusgasser  
- Globalt opvarmningspotentiale: 7 BILAG II: ANDRE FLUORHOLDIGE DRIVHUSGASSER, SOM SKAL INDBERETTES I OVERENSSTEMMELSE MED ARTIKEL 19; Del 1: Umættede hydro(chlor)fluorcarboner

**PUNKT 13: Forhold vedrørende bortskaffelse**

**13.1 Metoder til affaldsbehandling**

**Generelle oplysninger:** Bortled ikke til steder, hvor ophobning kan være farlig. Udluft til atmosfæren på et godt ventileret sted.

**Bortskaffelsesmetoder:** Se EIGA's praksiskodeks (dok.30 "Bortskaffelse af gasser", som kan downloades på <http://www.eiga.org>) for yderligere vejledning vedrørende egnede bortskaffelsesmetoder. Beholderen må kun bortskaffes via gasleverandøren. Fjernelse, behandling eller bortskaffelse kan være underlagt nationale, statslige eller lokale love.

Europæiske affaldskoder

**Beholder, container:** 16 05 05: Gasarter i trykbeholdere, bortset fra affald henhørende under 16 05 04.

**PUNKT 14: Transportoplysninger**

**ADR**

14.1 UN-Nummer:	UN 3163
14.2 UN-forsendelsesbetegnelse (UN Proper Shipping Name):	FORDRÅBET GAS, N.O.S.
14.3 Transportfareklasse(r)	
Klasse:	2
Etiket(ter):	2.2
ADR farenr.:	20
Tunnelrestriktionskode:	(C/E)
14.4 Emballagegruppe:	-
14.5 Miljøfarer:	Ikke relevant



**SIKKERHEDSDATABLAD**  
**trans-1,3,3,3-Tetrafluoropropylene**

Udgivelsesdato: 21.10.2013  
Sidste revisionsdato: 11.02.2020

Version: 1.2

SDB nr.: 000010022231  
12/15

14.6 Særlige forsigtighedsregler for brugeren: -

**RID**

14.1 UN-Nummer: UN 3163  
14.2 UN-forsendelsesbetegnelse (UN Proper Shipping Name): FORDRÅBET GAS, N.O.S.  
14.3 Transportfareklasse(r):  
Klasse: 2  
Etiket(ter): 2.2  
14.4 Emballagegruppe: -  
14.5 Miljøfarer: Ikke relevant  
14.6 Særlige forsigtighedsregler for brugeren: -

**IMDG**

14.1 UN-Nummer: UN 3163  
14.2 UN-forsendelsesbetegnelse (UN Proper Shipping Name): LIQUEFIED GAS, N.O.S.(trans-1,3,3,3-Tetrafluoropropylene)  
14.3 Transportfareklasse(r):  
Klasse: 2.2  
Etiket(ter): 2.2  
EmS No.: F-C, S-V  
14.4 Emballagegruppe: -  
14.5 Miljøfarer: Ikke relevant  
14.6 Særlige forsigtighedsregler for brugeren: -

**IATA**

14.1 UN-Nummer: UN 3163  
14.2 Godsbetegnelse: Liquefied gas, n.o.s.(trans-1,3,3,3-Tetrafluoropropylene)  
14.3 Transportfareklasse(r):  
Klasse: 2.2  
Etiket(ter): 2.2  
14.4 Emballagegruppe: -  
14.5 Miljøfarer: Ikke relevant  
14.6 Særlige forsigtighedsregler for brugeren: -  
ANDRE OPLYSNINGER  
Passager- og fragtfly: Tilladt.  
Kun fragtfly: Tilladt.

14.7 Bulktransport i henhold til bilag II i MARPOL og IBC-koden: Ikke relevant



**SIKKERHEDSDATABLAD**  
**trans-1,3,3,3-Tetrafluoropropylene**

Udgivelsesdato: 21.10.2013  
Sidste  
revisionsdato: 11.02.2020

Version: 1.2

SDB nr.: 000010022231  
13/15

**Yderligere identifikation:**

Undgå transport med køretøjer, hvor ladet ikke er adskilt fra førerhuset. Sørg for, at chaufføren er opmærksom på de potentielle risici ved lasten, og ved hvad der skal gøres i tilfælde af en ulykke eller en nødsituation. Forinden transport af produktet skal der sikres, at det er surret/fastspændt godt. Sørg for, at beholderen er lukket og ikke lækker. Ventilhætter og kapper bør være monteret. Sørg for tilstrækkelig luftventilation.

**PUNKT 15: Oplysninger om regulering**

**15.1 Særlige bestemmelser/særlig lovgivning for stoffet eller blandingen med hensyn til sikkerhed, sundhed og miljø:**

EU. Direktiv 2012/18/EU (SEVESO III) om kontrol med risikoen for større uheld med farlige stoffer, med ændringer:  
Ikke relevant

**Nationale reguleringer**

Rådets direktiv 89/391/EØF om iværksættelse af foranstaltninger til forbedring af arbejdstagernes sikkerhed og sundhed under arbejdet. Direktiv 89/686/EØF om personlige værnemidler. Kun produkter, der opfylder fødevaredirektiv 95/2/EF og 2008/84/EF og er mærket som sådan, må anvendes som tilsætningsstoffer i fødevarer.  
Dette sikkerhedsdatablad er udarbejdet, så det opfylder forordning (EU) 2015/830.

**15.2**

**Kemikaliesikkerhedsvurdering:**

Der er ikke foretaget nogen kemikaliesikkerhedsvurdering.

**PUNKT 16: Andre oplysninger**

Oplysninger om revision: Ikke relevant.



**SIKKERHEDSDATABLAD**  
**trans-1,3,3,3-Tetrafluoropropylene**

Udgivelsesdato: 21.10.2013  
Sidste  
revisionsdato: 11.02.2020

Version: 1.2

SDB nr.: 000010022231  
14/15

**Referencer til den vigtigste  
faglitteratur og de vigtigste  
datakilder:**

Forskellige datakilder er anvendt til udarbejdelse af dette sikkerhedsdatablad, herunder, men ikke begrænset til:  
Agentur for giftige stoffer og sygdomsregistrering (ATSDR)  
<http://www.atsdr.cdc.gov/>  
Det Europæiske Kemikalieagentur: Vejledning i udarbejdelse af sikkerhedsdatablade.  
Det Europæiske Kemikalieagentur: Information om registrerede stoffer  
<http://apps.echa.europa.eu/registered/registered-sub.aspx#search>  
Den europæiske sammenslutning af gasproducenter (EIGA) dok. 169 Vejledning i klassificering og mærkning.  
Internationalt kemikaliesikkerhedsprogram (<http://www.inchem.org/>)  
ISO 10156:2010 Gasser og gasblandinger - Bestemmelse af brandrisiko og oxidationsevne med henblik på udvælgelse af cylinderrør.  
Matheson Gas-databog, 7. udgave.  
Nationalt institut for standarder og teknologi (NIST) Standardreferencedatabase nummer 69  
ESIS (europæisk informationssystem om kemiske stoffer) platform under det tidligere europæiske kemikalieagentur (ECB) ESIS (<http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/>).  
Den europæiske brancheorganisation for den kemiske industri (CEFIC) ERICards.  
Det amerikanske nationale medicinalbiblioteks toksologidatanetværk TOXNET (<http://toxnet.nlm.nih.gov/index.html>)  
Tærskelgrænseværdi (TLV) fra den amerikanske arbejdsmiljøorganisation (ACGIH).  
Stofspecifikke oplysninger fra leverandører.  
De oplysninger, der gives i dette dokument, menes at være korrekte på udgivelsestidspunktet.

**Ordlyden af H-sætningerne I afsnit 2 og 3**

H280 Indeholder gas under tryk, kan eksplodere ved opvarmning.

**Klassificering i henhold til forordning (EF) nr. 1272/2008 med senere ændringer.**

Press. Gas Liq. Gas, H280

**ANDRE OPLYSNINGER:**

Forinden produktet anvendes til forsøg eller i nye processer, bør gennemføres en kompatibilitets- og risikoanalyse. Sørg for tilstrækkelig luftventilation. Overhold alle nationale/lokale forskrifter. Men evt. uheld eller følgevirkninger, som kunne sættes i forbindelse med brugen af disse oplysningerne, skal brugeren alene bære ansvaret for.

**Sidste revisionsdato:**

11.02.2020

**Ansvarsfraskrivelse:**

Oplysningerne heri anses for at være korrekte, men gives uden garanti. Der bør ud fra oplysningerne foretages en uafhængig vurdering af hvilke sikkerhedsforanstaltninger, der bør træffes for at beskytte dem, der arbejder med produktet, og miljøet.





SIKKERHEDSDATABLAD  
trans-1,3,3,3-Tetrafluoropropylene

Udgivelsesdato: 21.10.2013  
Sidste  
revisionsdato: 11.02.2020

Version: 1.2

SDB nr.: 000010022231  
15/15