

Beregnet til
NHP Eiendom AS

Dokumenttype
Rapport

Dato
Desember, 2018

UTSLIPP AV KJØLEVANN BEREGNING AV TEMPERATURENDRINGER I RESIPIENTEN



UTSLIPP AV KJØLEVANN BEREGNING AV TEMPERATURENDRINGER I RESIPIENTEN

Oppdragsnavn **Utslipp til luft og vann, Energisentralen**
Prosjekt nr. **1350031228**
Mottaker **NHP Eiendom AS**
Dokumenttype **Rapport**
Versjon **01**
Dato **04.12.2018**
Utført av **Hanne Vidgren**
Kontrollert av **Kristin Møller Gabrielsen**
Godkjent av **Kristin Møller Gabrielsen**
Beskrivelse **Utslipp av kjølevann fra Energisentralen, Furumoen - beregning av temperaturendringer i resipienten**

Kristin Møller Gabrielsen
RAMBOLL

Rambøll
Kobbes gate 2
PB 9420 Torgarden
N-7493 Trondheim

T +47 73 84 10 00
<https://no.ramboll.com>

INNHALDSFORTEGNELSE

1.	Introduksjon	2
1.1	Bakgrunn	2
1.2	Bærekraft	2
2.	Områdebeskrivelse	3
2.1	Hydrografi	3
2.2	Strømningsforhold og vannutskiftning	3
2.3	Dagens miljøtilstand	3
3.	Inntak og utslipp av kjølevann	6
4.	Virkninger av temperaturøkning i resipienten og grenseverdier	9
5.	Beregning av temperaturendringer som følge av utslipp av kjølevann	10
5.1	Modellverktøy	10
5.2	Inngangsdata for modellering	11
6.	Resultater fra beregninger: Innlagring og fortykning	14
6.1	Innlagring – strålebaner for kjølevannutslipp	14
6.2	Beregnet overtemperatur i resipienten	16
6.3	Forutsetninger og usikkerhet i beregninger	19
7.	Konklusjoner og anbefalinger	19
8.	Referanser	20

1. INTRODUKSJON

1.1 Bakgrunn

Norsk Kylling AS skal etablere ny fabrikk på Furumoen Industriområde på Orkanger. I den forbindelse skal det etableres en energisentral på området, som skal benyttes sjøvann for kjøling av prosessanlegget til Norsk Kylling AS og prosessanlegget til Nutrimar AS, som skal etableres ved siden av. Kjølevannet skal slippes ut i Orkdalsfjorden med overtemperatur. Forurensingsloven § 6 omfatter også tiltak som påvirker temperaturen i resipienter, som igjen kan medføre skade eller ulempe for miljøet. Derfor må utslippspunktet plasseres slik at det gir god innblanding og fortykning i resipienten, uten gjennomslag til overflaten.

I tillegg vil det være utslipp av prosessvann til samme vannforekomst. Utslipp av prosessvann og hensiktsmessig plassering av utslippsledningen er vurdert i separat notat (Rambøll, 2018). Foreliggende notat tar for seg vurdering av utslipp av kjølevann med overtemperatur. I rapporten blir effekter av temperaturendringer nær utslippspunktet og transport av næringsalter som følge av utslippet vurdert. Spredning av kjølevann i resipienten vurderes med hjelp av modellberegninger. Målsettingen i foreliggende notat er å vurdere hvilke konsekvenser utslipp av kjølevann fra energisentralen vil få. Basert på resultater vil det anbefales hensiktsmessig plassering av utslippsledningen (utslippsdyp) for å sikre god innblanding av kjølevannet i resipienten.

1.2 Bærekraft

FNs bærekraftsmål er verdens felles arbeidsplan for å utrydde fattigdom, bekjempe ulikhet og stoppe klimaendringene innen 2030. I Rambøll jobber vi kontinuerlig for å bidra til at målene nås gjennom våre prosjekter.



Mål 6 - Rent vann og gode sanitærforhold

«Sikre bærekraftig vannforvaltning og tilgang til vann og gode sanitærforhold for alle.»

Delmål 6.3) «Innen 2030 sørge for bedre vannkvalitet ved å redusere forurensning, avskaffe avfallsdumping og mest mulig begrense utslipp av farlige kjemikalier og materialer, halvere andelen ubehandlet spillvann og i vesentlig grad øke gjenvinning og trygg ombruk på verdensbasis.»

I Rambøll sine prosjekter jobber vi kontinuerlig for å redusere forurensning i jord, sedimenter, vann, bygninger og luft. Vi kartlegger forurensningssituasjonen før vi planlegger hvilke tiltak som er best for å begrense forurensningsspredning.

2. OMRÅDEBESKRIVELSE

Fabrikken til Norsk Kylling AS skal etableres på Furumoen, Orkanger (Figur 1). Området ligger rett ved utløpet av Orkla mot vest. Industriområdet vil være avgrenset av fylkesvei U-460 (Havneveien) og gangvei i sør og øst. Bedriften vil ha utslipp av prosessvann og kjølevann til vannforekomst Indre Orkdalsfjorden (030040700-2-C), som grenser til vannforekomst Orkdalsfjorden (0320040700-3-C). Begge vannforekomstene er av vanntype «Ferskvannspåvirket beskyttet fjord» med permanent lagdelt vannsøyle, moderat strømhastighet og middels tidevann (1-5 m) (Vann-nett, 2018).

Orkdalsfjorden er en fjordarm av Trondheimsfjorden. Hele Orkdalsfjorden er 7,5 km lang og ca. 2 km bred og munner ut i Korsfjorden. Fjorden har en dyprene og dypet øker gradvis mot 350 m dyp ved overgang til Korsfjorden. Det er ingen terskel ved utløpet av Orkdalsfjorden, og vannutskiftning og strømningsforhold i vannsøylen er derfor god (De Ruiters, 2016).

2.1 Hydrografi

Fjorden tilføres ferskvann fra Orkla og Skjenaldelva. Hovedtilførselen av ferskvann til fjorden kommer fra Orkla, som er 172 km lang og har et nedbørsområde på 3 052 km². Orkla har en middelvannføring på 71 m³/s, og elvevannet fører med seg både partikulært materiale og høye konsentrasjoner av metaller grunnet avrenning fra tidligere gruvevirksomhet. Skjenaldelva er 7 km lang og har et nedbørsområde på 160 km² (Kaurin og Langelo, 2013).

Hydrografien i fjorden er kartlagt i tidligere undersøkelser, blant annet i resipientundersøkelser utført av Rambøll for Orkdal kommune i 2012/2013 (Kaurin og Langelo, 2013). Disse viser at fjorden har et ferskvannspåvirket overflatelag, som er mest utpreget i sommermånedene. Profilerende målinger av saltholdighet viser at det om sommeren dannes et brakkvannslag øverst i vannsjiktet, men at dette om vinteren er noe tynnere innerst i fjorden eller fraværende lenger ute i fjorden. Dette er også i overensstemmelse med undersøkelser gjennomført i Orkdalsfjorden i 2002/2003 (Oceanor, 2003) og i 2008 (Rådgivende biologer, 2009).

2.2 Strømningsforhold og vannutskiftning

Strømningsforholdene i området påvirkes hovedsakelig av ferskvannstilstrømning, vind, horisontal trykkdrevet strøm (forårsaket av forskjeller i tetthet på grunn av salinitet og temperatur) og tidevann (Norconsult, 2014). Det er relativt store tidevannsforskjeller i området. Dette sammen med manglende terskel i Orkdalsfjorden gir god vannutskiftning. I middel varierer tidevannet mellom 252 cm (MHW) og 71 cm (MLW), mens middelvannstanden er 162 cm over sjøkartnull (Kartverket, 2017).

Som følge av høy tidevannsvariasjon er volumstrøm inn og ut til fjorden stor. Fjorden har ingen terskel og det antas derfor god vannutskiftning i fjorden med god innblanding i vannmassene. Dette har også tidligere undersøkelser vist ved at det ikke er målt lave oksygenverdier i fjorden (Kaurin og Langelo, 2013).

2.3 Dagens miljøtilstand

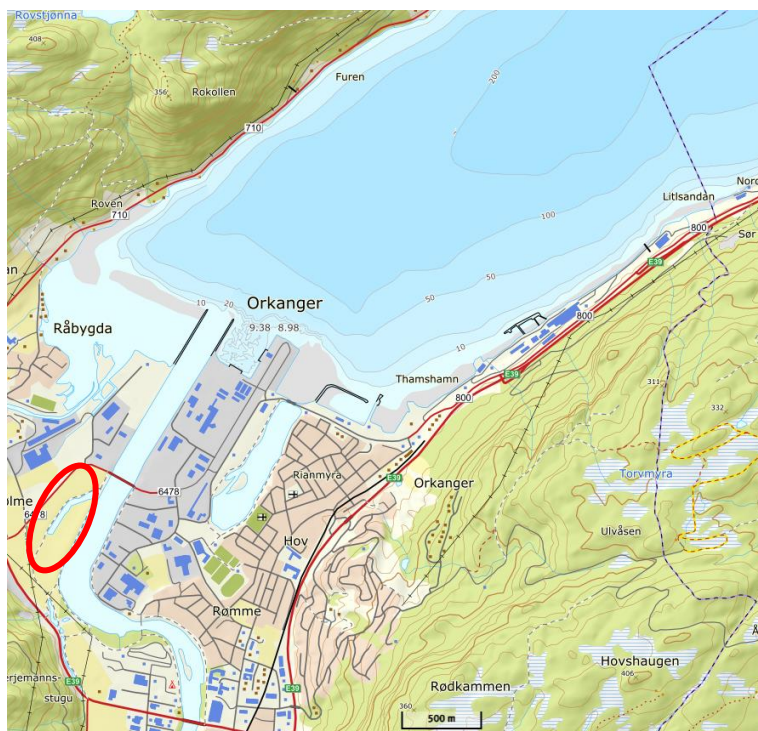
Forskrift om rammer for vannforvaltningen (vannforskriften) sier at alle vannforekomster skal oppnå målet om minst god kjemisk og økologisk tilstand, i samsvar med klassifiseringen i vedlegg V og miljøkvalitetsstandardene (Environmental Quality Standards, EQS) i vedlegg VIII¹. Dette medfører at nye inngrep/aktivitet ikke kan tillates i en vannforekomst som ikke vil nå miljømålene om god tilstand, med mindre visse vilkår er oppfylt, jf. § 12. Til klassifisering av tilstand i vann skal

¹ Stoff nr. 34 til og med stoff nr. 45 i vedlegg VIII del A inngår i vurdering av kjemisk tilstand fra og med 22. desember 2018.

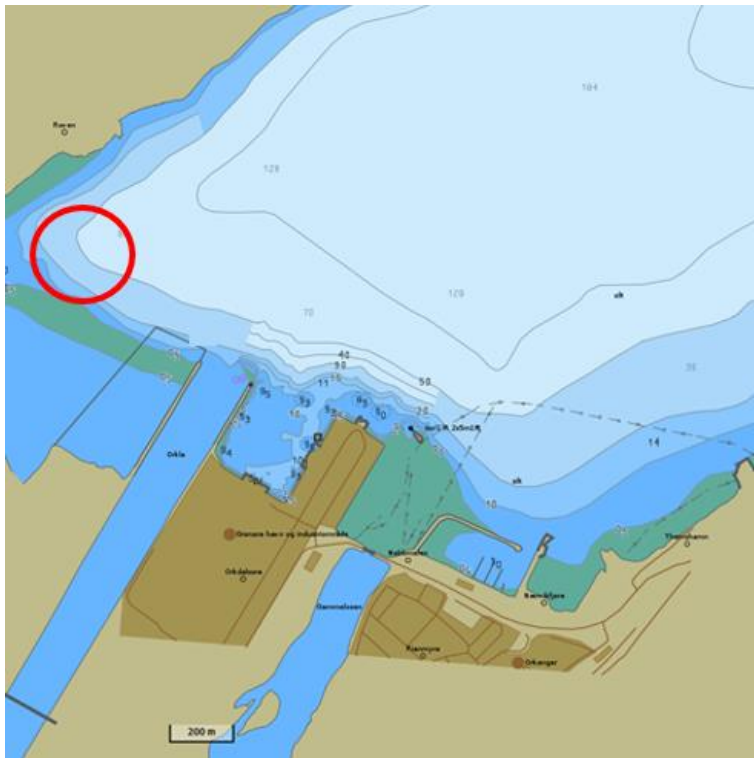
det benyttes EQS, også referert til som grenseverdier, fra veileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann (Direktoratsgruppen for gjennomføring av vannforskriften, 2018). Indre Orkdalsfjord og Orkdalsfjorden er begge ifølge Vann-Nett klassifisert med moderat økologisk tilstand og oppnår ikke god kjemisk tilstand. Begge vannforekomstene i Orkdalsfjorden er oppført med å være i risiko for ikke å nå miljømålene om minst god tilstand i Vann-nett. Tilstandsklassifiseringen er sist oppdatert i 2015.

For Orkdalsfjorden er bunnfaunadiversitet, samt at overskridelser av enkelte metaller og organiske miljøgifter årsaken til moderat økologisk tilstand og at god kjemisk tilstand ikke er oppnådd. Når det gjelder næringssalter og organisk stoff, så viste resipientundersøkelsen som ble gjennomført i fjorden i 2012/2013 at det var få indikasjoner på eutrofiering (for eksempel for høye verdier for klorofyll a og næringssalter, eller økning i andelen grønnalger i fjæresonen), men det ble observert noe indikasjon på organisk belastning på bunnfaunaen. Innholdet av organisk karbon i sedimentet ved alle undersøkte stasjoner var imidlertid lavt.

I 2018/2019 utfører Rambøll ny resipientundersøkelse i Orkdalsfjorden som viderefører overvåkingen fra 2012/2013 samt undersøker før-tilstand nært planlagt utslippspunkt for prosessvann og kjølevann fra fabrikkområdet.



Figur 1. Oversiktskart som viser området hvor fabrikk til Norsk Kylling AS (rød sirkel) skal etableres med utslipp til Indre Orkdalsfjorden (Vannforekomst-ID 0320040700-2-C). Kartet er hentet fra Norgeskart.no.



Figur 2. Oversiktskart over dybdekoter innerst i Orkdalsfjorden. Omtrentlig plassering av utslippspunktet ved utløpet til Orkla er markert med rødt. Kartet er hentet fra Norgeskart.no.

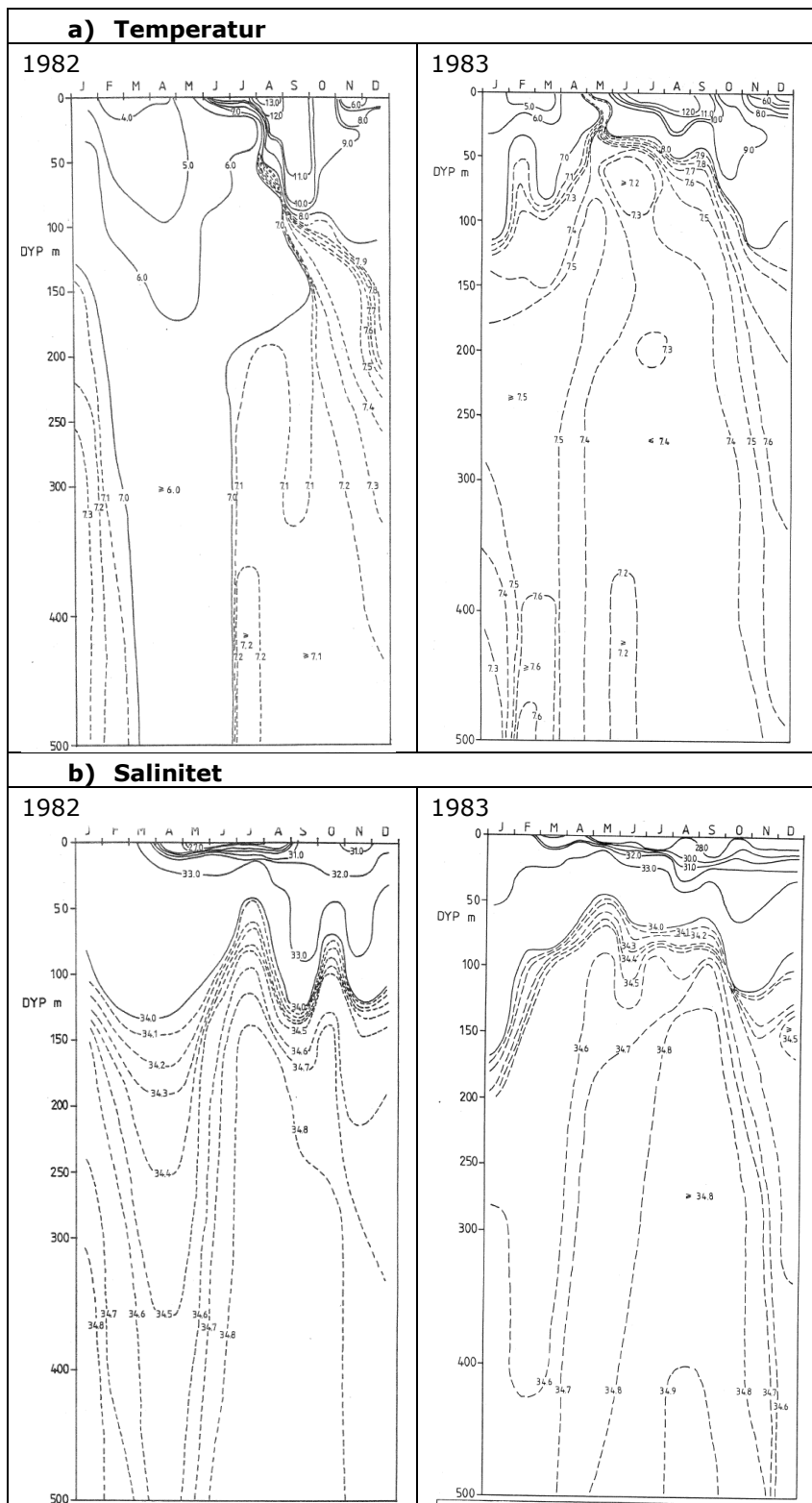
3. INNTAK OG UTSLIPP AV KJØLEVANN

Sjøvannet skal brukes for kjøling både ved prosessanlegget til Norsk Kylling AS og Nutrimar AS. Det vil være felles inntak og utslipp av kjølevann, og dermed er det hensiktsmessig å vurdere konsekvenser til miljø sammen. Sjøvannet til anleggene pumpes fra ca. 100 m vandndyp, og vannet går i lukket krets med varmevekslere ved energisentralen, før det slippes ut igjen til samme vannforekomst. Ingen hjelpestoffer tilsettes, dvs. rent sjøvann med overtemperatur slippes ut.

Det er oppgitt at Nutrimar AS vil ha behov for maksimalt 400 m³/h kjølevann, og dette vil slippes ut med en temperatur på 31,6 °C. Temperaturen i kjølevannet fra Norsk Kylling AS sitt kjøleanlegg er oppgitt til å være 22 °C, og behov for vann er maksimalt 740 m³/h. Disse kjølevannstrømmene samles til én utslippsledning før utslipp til sjø. Dette gir en total utslippsmengde av kjølevann på 1140 m³/h og gjennomsnittlig temperatur på 25,5 °C. For å vurdere egnet utslippsdyp, vil det beregnes innblanding i vannmassene for tre ulike utslippsdyp: 10, 15 og 20 meter. Det er oppgitt at det vil brukes en utslippsledning med indre diameter på 500 mm. Beregningene er utført med utslippsvolum ($Q_{\text{kjølevann}}$) på 1140 m³/time (tilsvarende 317 liter/sekund).

Kjølevannet hentes fra 100 m vandndyp. Det er ikke gjort profilerende målinger av temperatur og salinitet i Orkdalsfjorden ned til 100 m vandndyp ved inntakssted fra et helt kalenderår. Derfor er salinitet i kjølevannet vurdert basert på undersøkelser utført i 1980-1983 på stasjon 15 av NIVA. Stasjon 15 (NIVA, 1983) er ved Rødberg ute i Korsfjorden, men de hydrografiske profilene er antatt å være representative for Orkdalsfjorden (Figur 3). Det er ingen terskel mellom Orkdalsfjorden og stasjon 15. Figur 4 a og b viser isolinjer for salinitet og temperatur målt i Trondheimsfjorden i 1982 og 1983 (NIVA, 1983 og 1984). Basert på måledataene er salinitet i kjølevannet antatt å være 34 psu. Ved 100 m vandndyp er også temperaturen relativt stabil over året, og temperatur rundt ca. 6-9 °C er målt i 100 m vandndyp året rundt. Dette kan imidlertid variere noe fra år til år.

Utslippsledningen for kjølevannet vil føres ut i fjorden nord-vest for Orklas utløp, og dykkes til egnet utslippsdyp for å sikre god innblanding i resipienten. Endelig plassering av utslippspunktet er ikke avgjort. Det er noe langgrunt i indre Orkdalsfjorden før det blir raskt blir dypere ned mot 100 meter (se Figur 2). Ved plassering av et utslipp er det viktig å påse at innblanding av kjølevannet blir god. Det er ønskelig med innlagring i dypere vannmasser, slik at det ikke blir gjennomslag til overflaten. I sommerperioden er konsentrasjonen av næringssalter generelt lavere i overflatelag (eufotisk sone), fordi planteplankton som forbruker næringssaltene lever nær overflaten hvor det er tilgang på lys. Konsentrasjon av næringssalter er generelt høyere lenger ned i dypet. Hvis utslippsvann stiger mot overflaten, kan dette samtidig medføre vertikal transport av næringssalter til lyslag, som potensielt vil kunne øke algeveksten i influensområde. Derfor må også utslipp av kjølevann planlegges slik at det gir god innlagring av utslippet, særlig på sommerhalvåret.



Figur 4. a) Temperatur og b) saltholdighet i Trondheimsfjorden i 1982 og 1983.

4. VIRKNINGER AV TEMPERATURØKNING I RESIPIENTEN OG GRENSEVERDIER

Effekter av temperaturendringer i sjøresipient vil være stedsspesifikke, og avhenger av flere faktorer, deriblant utslippsdyp og områdets strømforhold. Endringer i temperaturforholdene i sjøvann kan omfatte både høy maksimumstemperatur og økt gjennomsnittstemperatur i influensområdet. I vannforskriften er temperatur definert som et fysisk-kjemiske kvalitetselement, og det er ikke definert noen grenseverdier for temperatur for kystvann i aktuelle veiledere.

Virkningene av temperaturøkning i marine miljø er presentert for eksempel i NIVA sin rapport 6843-2015 (Schaanning et al., 2015). Temperaturøkning kan medføre direkte og indirekte effekter på marine organismer. De viktigste indirekte innvirkningene er reduksjon i sjøvannets evne til å holde på oppløst oksygen, som vil føre til endringer i oksygenkonsentrasjon. Sjøvannets temperatur har også en innvirkning på biologiske prosesser. Fastsittende organismer og lite bevegelige bunnlevende dyr kan ikke rømme fra utslippskyen, og kan bli både akutt og kronisk eksponert for overtemperatur. Planteplankton, dyreplankton og fisk kan komme i kontakt med utslippsvannet, men disse beveger seg i frie vannmassene og vil stort sett ikke bli kronisk eksponert.

En temperaturøkning på 3 °C ansees som en øvre grense for hvilke endringer en kan ha uten at det påvirker naturlige bunnsamfunn omkring utslippet. En konservativ grense for overtemperatur som kan gi effekter er satt til +1 °C, ut fra at det er sannsynlig at de aller fleste artene vil tåle dette uten betydelig endring i biologi (Schaanning et al., 2015). For detaljer henvises det til den overnevnte rapporten. Det amerikanske miljøverndirektoratet (EPA, 1986) bruker samme kriterium for å vurdere påvirkning av temperaturøkning i marine økosystemer.

Forurensende virksomhet er i tillegg pålagt å begrense forurensning, blant annet gjennom å bruke beste tilgjengelige teknikker (BAT - best available techniques). Når det gjelder utslipp til vann fra kjøleanlegg knyttet til produksjonsanlegg, omfattes bedriftene av BAT-konklusjonene publisert i BREF-dokumentet «Reference Document on the application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems», publisert av Europakommisjonen i desember 2001. Kravene med hensyn på utslipp av vann med forhøyet temperatur er avhengig av forekomst av fiskearter i resipienten. BAT-konklusjonene oppgir to ulike grenseverdier for resipientvurdering når det gjelder utslipp til vann fra kjøleanlegg. Grenseverdiene i resipienten er oppgitt for lakseførende vannforekomst («salmonid water») og for vannforekomst med karpefisk («cyprinid waters»). Grenseverdier er oppgitt for både maksimal temperaturøkning (ΔT) og for maksimal temperatur ved innblandingssonens grense (se Tabell 1). Orkdalsfjorden er vurdert å være en lakseførende vannforekomst.

Tabell 1. Termiske krav med hensyn på vanntemperatur i resipienten ved utslipp fra kjøleanlegg (Europakommisjonen, 2001, European Directive 78/659/EEC).

Parameter	Lakseførende vannforekomst	Vannforekomst med karpfisk
T_{\max} ved grensen på innblandingssone (°C)	21,5	28,0
ΔT_{\max} (°C) ved grensen på innblandingssone	1,5	3,0

I denne vurderingen tas det utgangspunkt i en konservativ tilnærming som sier at overtemperatur (ΔT) mindre enn 1 °C vil ikke medføre negative effekter i resipienten.

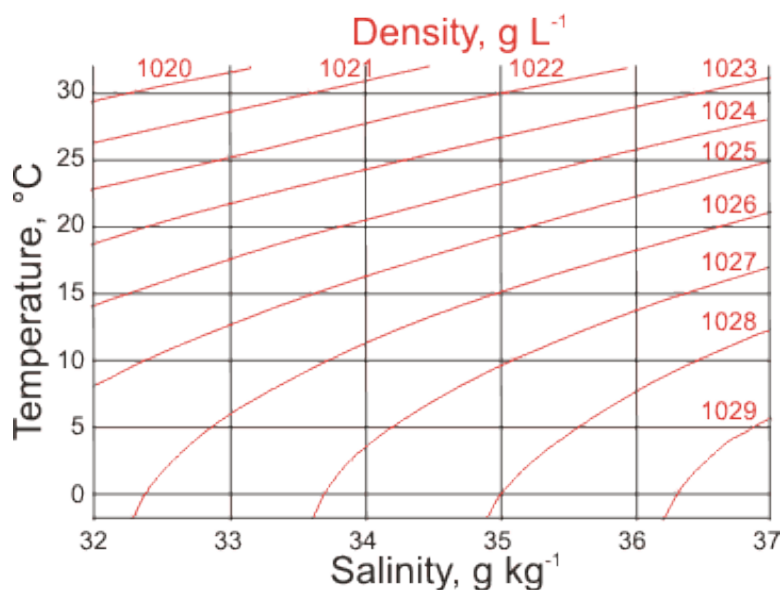
5. BEREGNING AV TEMPERATURENDRINGER SOM FØLGE AV UTSLIPP AV KJØLEVANN

5.1 Modellverktøy

Beregning av kjølevannets spredning er utført med den numeriske modellen Visual Plumes utviklet av U.S. EPA (Frick et al., 2001). Hensikten med modelleringen er å få oversikt over utslippets spredning, for å kunne vurdere i hvilken grad sjøresipienten vil påvirkes av temperaturendringer. Miljødirektoratets veileder Fastsetting av innblandingssoner M-46/2013 (2013) definerer innblandingssonen som den delen av en vannforekomst i umiddelbar nærhet av et punktutslipp hvor forvaltningsmyndighetene tillater at EQS-verdier (miljøkvalitetsstandarder) overskrides. Forutsetningen er at EQS-verdiene overholdes i den resterende delen av vannforekomsten. Det vil være hensiktsmessig også å vurdere temperaturendringer i resipienten på denne måten, ved å bruke en grenseverdi for overtemperatur (ΔT) på maksimal 1 °C.

Primærfortynning av utslippet (dvs. før innlagring) bestemmes hovedsakelig av utslippsdyp, den vertikale sjiktningen, mengde utslippsvann og hastigheten utslippet har ut røret. Sekundærfortynningen skyldes turbulent strøm/blanding i resipienten, og denne er langsommere enn primærfortynningen. Visual Plumes benyttes til å beregne både primær- og sekundærfortynning av punktutslipp.

Sjøvannets egenvekt bestemmes av vannets saltholdighet og temperatur (se Figur 5). I Orkdalsfjorden øker saltholdighet vanligvis med økende dyp, mens grad av sjiktning varierer over året (jfr. Kapittel 3). Dette vil si at deler av året vil utslippet av kjølevann hentet fra 100 m ha høyere saltholdighet enn sjøvann i utslippsdypet (10-20 m vurdert). Fordi utslippet er tyngre enn sjøvann vil det begynne å synke mot sjøbunnen, samtidig som det fortynnes raskt med omkringliggende sjøvann. Motsatt vil et utslipp av vann med lavere egenvekt enn omkringliggende vann, stige mot overflaten. Egenvekten og den vertikale sjiktningen i resipientvannet er med på å avgjøre i hvilket dyp det fortynnede utslippsvannet vil innlagres. I innlagringsdypet vil det innblandede utslippsvannet ha samme egenvekt som sjøvannet omkring.



Figur 5. Sjøvannets egenvekt (kg/m^3) som funksjon av temperatur ($^{\circ}\text{C}$) og saltholdighet (psu).

5.2 Inngangsdata for modellering

Beregningene av utslippets spredning krever at man tar hensyn til den tekniske utformingen av utslippsledningen, karakteren til utslippet og forholdene i resipienten. Datainput til modellen Visual Plumes og beregninger er blant annet:

- utslippsdyp og ledningsdiameter
- vannmengder i utslippet
- karakteristikk av utslippsvannet (saltholdighet, temperatur)
- den vertikale sjiktningen i resipienten (CTD profiler)
- strømhastighet i resipienten.

Med grunnlag i disse dataene kan det gjøres beregninger av kjølevannets spredning i resipienten. Flere av punktene listet over kan variere mye med tiden og det vil dermed også innblandingen gjøre. Modelleringen er derfor gjort for ulike datakombinasjoner for å få en oversikt over variasjonene av temperaturendringer i resipienten. Koeffisienten for turbulent blanding vil ha påvirkning på den beregnede sekundære fortyningen. Koeffisienten vil variere fra sted til sted og med tiden. Basert på EPAs anbefaling for litt innelukkede farvann har vi valgt å bruke en konstant koeffisient $0,00045 \text{ m}^{2/3} / \text{s}^2$.

Strømhastighet i resipienten

Det er ikke utført strømmålinger i resipienten for denne studien. Det er i modelleringen vurdert to ulike scenarioer for strømhastighet: 1 cm/s og 6 cm/s. 6 cm/s antas å være nær gjennomsnittlig strømhastighet i vannmassene, mens 1 cm/s representerer den verst tenkelige situasjonen i resipienten. Vurderte strømhastigheter gir uansett relative konservative inntrykk av innblandingen (svak strøm).

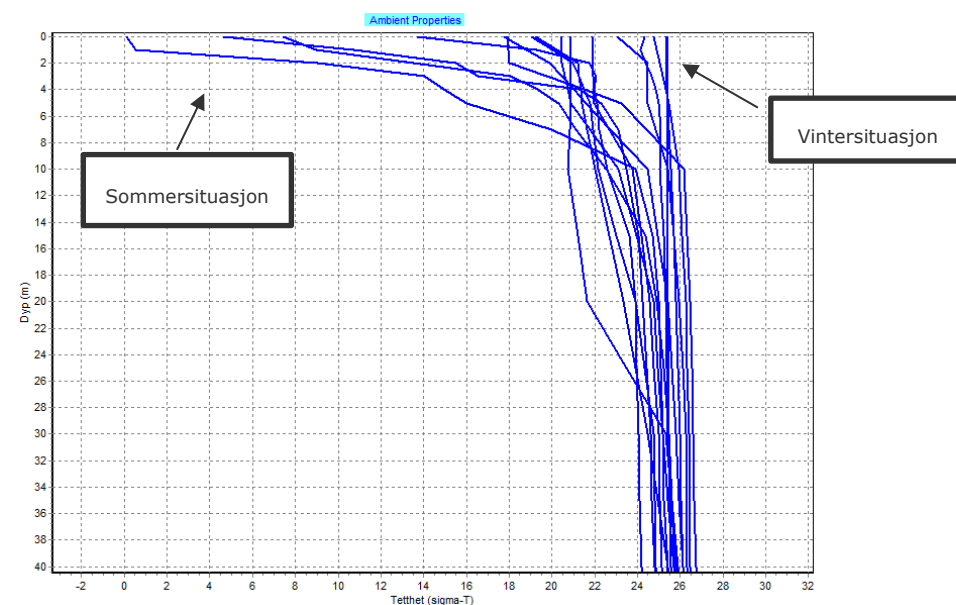
Hydrografi

Tettheter og bakgrunnstemperatur i resipientvannet kan kartlegges ved hydrografimålinger. Det er ikke gjennomført profilmålinger for denne studien, men det er benyttet hydrografidata fra undersøkelser gjennomført i Orkdalsfjorden sommeren 2018 (Rambøll, data ikke enda rapportert), fra tidligere undersøkelser i området (Kaurin og Langlo, 2013) og fra Trondheimsfjorden (NIVA, 1983 og 1984). For modelleringen er det benyttet 20 vertikale profiler, profiler er jevnt fordelt over år (Tabell 2).

Tabell 2. Oversikt over de valgte hydrografiprofilene brukt i modelleringen.

Måned	Dato
Januar	14.1.1983
Februar	16.2.1983
Mars	16.3.1983
April	18.4.1983
Mai	10.5.1983
Juni	12.6.1983, 13.6.2012, 13.6.2018
Juli	4.7.1983, 24.7.2012
August	19.8.1983, 21.8.2012, 22.8.2018
September	12.9.1983, 13.9.2012, 13.9.2018
Oktober	19.10.1983
November	17.11.1983,
Desember	13.12.1983, 11.12.2012

Vertikalprofilene av egenvekten til sjøvannet brukt i modelleringen er vist i Figur 6. Profilene tatt i vår- og sommermånedene viser generelt et brakkvannssjikt i de øverste meterne ned til 4-8 meter av vannsøylen, og mer homogene masser dypere. Om vinteren er brakkvannslaget tynnere eller til og med fraværende.



Figur 6. Vertikalprofiler av sjøvannets tetthet i Orkdalsfjorden/Trondheimsfjorden. Typisk vår- og sommersituasjon med brakkvannslag og vintersituasjon uten sjiktning er markert. Tetthet av sjøvann er her vist ved enheten sigma-t som betyr egenvekt (kg/m^3)-1000.

Utslippet

Tabell 3 oppsummerer grunnlagsdataene angående utslipp og utslippsledning. Utslipp av kjølevann er mer detaljert beskrevet i Kapittel 3.

Tabell 3. Verdiene brukt for beregning av utslipp av kjølevann fra prosessanlegg.

Parameter	Verdi
Utslippsdyp	10, 15 og 20 m
Diameter for utslippsledning	500 mm
Vannmengde	1140 m ³ /h
Temperatur	25,5 °C
Salinitet	34 psu

Det er antatt at utslippsledningen plasseres 1 meter over havbunnen. Det er antatt at utslippsledning ligger horisontalt mot sjøbunnen. I beregninger er det antatt at utslippet er plassert i samme retning som strømmen. Dette er konservativt, fordi det ville gitt bedre miksing hvis utslippet var plassert for eksempel midt imot strømmen.

6. RESULTATER FRA BEREGNINGER: INNLAGRING OG FORTYNNING

Resultatene fra beregninger med de 20 ulike hydrografiske profilene og to ulike strømhastigheter er vist under for de undersøkte utslippsdyp (10, 15 og 20 m). Maksimal forventet utslippsmengde er brukt i beregningene (1140 m³/h, tilvarende 317 l/sek).

6.1 Innlagring – strålebaner for kjølevannutslipp

Figur 7 a og b viser strålebaner for utslippet. Rød, grønn og blå farge indikerer utslippsdyp på henholdsvis 10, 15 og 20 m. Figurene viser senterlinjene til utslippsskyene med hel linje, og yttergrensene til skyen med prikkete linje. Figur 7a viser resultater med svært svak strøm i resipienten (1 cm/s) og Figur 7b viser resultater med høyere strømhastighet på 6 cm/s i resipienten.

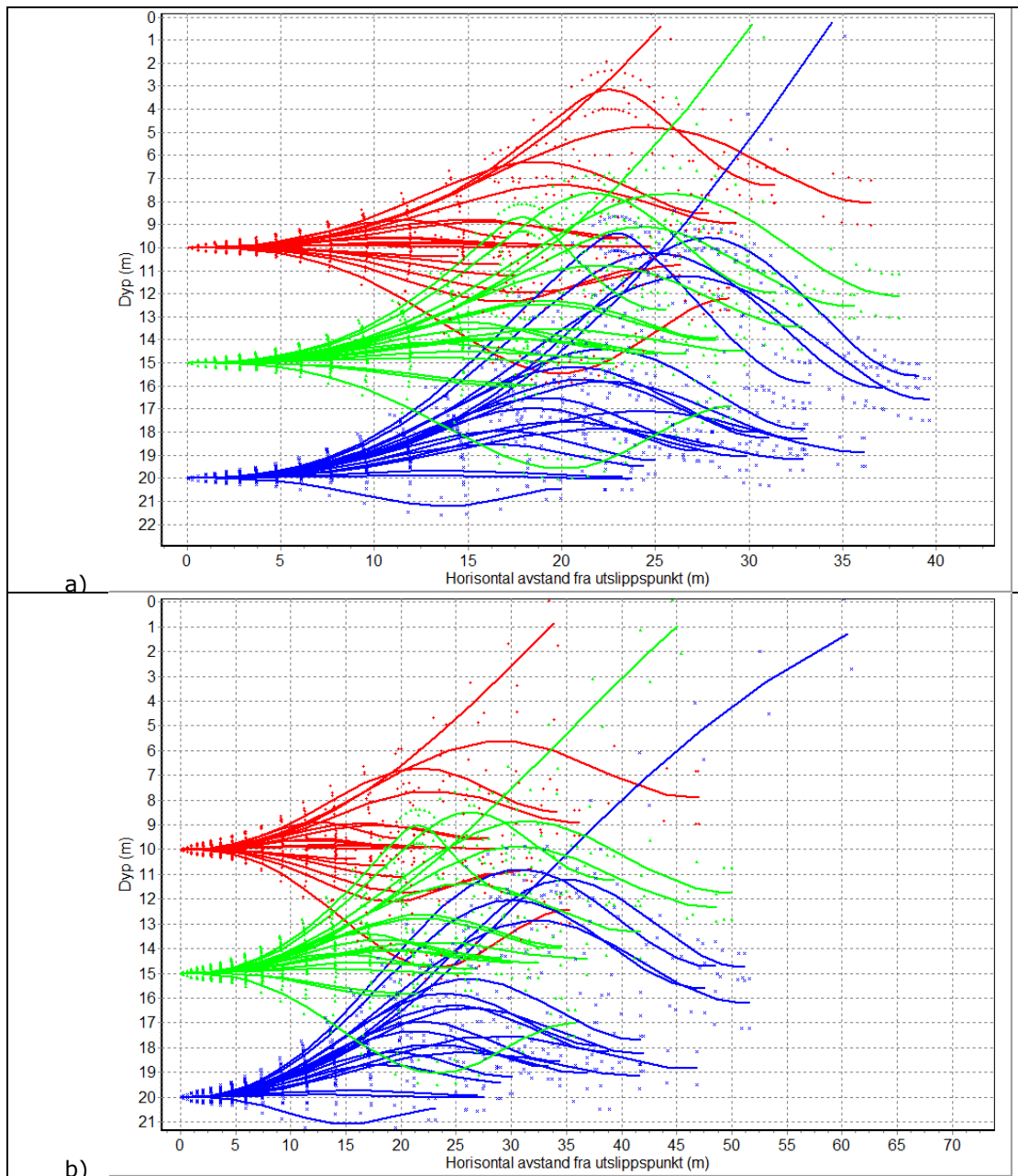
Resipientvannets egenvekt er avgjørende for spredning etter at kjølevannet er sluppet ut til sjøen. Røde linjer i Figur 7 viser at ved utslipp til 10 m vanddyb vil utslippet av kjølevann fra energisentralen synke mot sjøbunnen ved de fleste hydrografiske forhold i resipienten. Dette skyldes vertikal sjikting i vannmassene og høyere saltholdighet i inntaksvann enn i resipienten på vanddyb 10 m. Beregningene illustrerer at det er lite sannsynlig å få gjennombrudd av utslippet til overflaten. Ved utslipp fra 10 m vanddyb vil utslippet av kjølevann innlagres til 7-13 m vanddyb.

Ved 15 og 20 m dyp vil sjøvann generelt ha noe høyere salinitet enn ved 10 m vanddyb. Derfor vil i det i noen flere tilfeller skje at utslippsvannet stiger noe mot overflaten før det innlagres etter det er sluppet ut til sjøen ved 15 og 20 m dyp i forhold til ved 10 m dyp, som man kan se av de grønne og blå linjene i Figur 7. Ved utslipp fra 15 m vanddyb vil utslippsskyet innlagres til 11-18 m vanddyb og ved utslipp til 20 m vanddyb vil utslippet innlagres til 13-20 m vanddyb.

Det er kun hydrografisk profil målt i 14. januar 1983 som gir gjennomslag til overflaten ved alle utslippsdyp inkludert i modellering. I disse tilfellene er utslippet såpass fortyntet at overflatetemperaturen ikke blir påvirket (se neste avsnittet). Gjennombrudd forventes ca. 20-30 m avstand fra utslippet. Beregningene viser at gjennomslag av utslippssky kun vil skje når det er lite sjikting i resipienten, noe som betyr at gjennomslag bare vil kunne skje i vinterperioden.

Under fortytning vil utslippsskyen kunne transportere med seg vann fra dypere lag mot overflaten. Dette kan forårsake transport av næringssalter til områder med mer lystilgang, som igjen kan medføre økt algevekst i resipienten. Resipienten er også belastet av andre kilder (blant annet utslipp av prosessvann og utslipp fra kommunalt renseanlegg), og transport av næringssalter til vannoverflate bør derfor unngås. Det anbefales derfor utslipp til minimum 15 m vanddyb. Da vil utslippet synke store deler av året mot sjøbunnen, særlig i sommerperioden når resipientvannet har tydelig sjikting og det er brakksvannslag i overflaten. Transport av næringssalter med utslippsskyen er mindre kritisk i vinterperioden, som er den tiden på året hvor gjennombrudd til overflaten eventuelt kan skje.

Resultatene viser at strømhastighet vil ha mindre påvirkning på innlagring av kjølevannet. Ved å sammenligne Figur 7 a og b kan man se at utslippet innlagres noe nærmere utslippsdypet ved høyere strømhastighet, men forskjellen er imidlertid liten.



Figur 7 a og b. Strålebaner for et utslipp av sjøvann på 1140 m³/h fra energisentralen. Utslippsdyp er 10 m (røde linjer), 15 m (grønne linjer) og 20 m (blå linjer). Det er modellert for to ulike strømhastigheter, henholdsvis 1 cm/s (figur a) og 6 cm/s (figur b). Strålebaner er beregnet for samtlige 20 hydrografiprofiler registrert i resipienten i ulike årstider. Det er hydrografisk profil målt i januar (1983) som gir gjennombrudd til overflate. Heltrukne linjer viser sentrum av utslippsskyene, mens stiplede linjer viser yttergrensen for skyene.

6.2 Beregnet overtemperatur i resipienten

Som beskrevet i Kapittel 4, tas det utgangspunkt i at temperaturheving på 1 °C ikke vil medføre negative effekter i resipienten. Temperaturen i vurdert utslippsdyp på 10-20 m varierer mellom 4-6 °C om vinteren. Om sommeren er temperatur i samme vanddyb omtrent 10-15 °C. Utslippsvannet vil ha temperatur på 25,5 °C. Dette vil si at i verste tenkelige tilfelle vil overtemperaturen i utslippet være ca. 21,5 °C (vinterhalvåret). I sommeråret vil overtemperaturen i utslippet være betydelig lavere på grunn av den høyere temperaturen i sjøvannet.

Figur 7 viser at utslippsvannets spredning vil være avhengig av sjiktingen i resipienten. På grunn av større fare for gjennomslag til overflaten, vil det være en mulighet å få temperaturøkning i vannoverflata om vinteren, men generelt er sannsynlighet for det liten. Økt temperatur vil i hovedsak forventes i dypet der utslippsskyen innlagres.

Figur 8 viser beregnet temperatur i resipienten med økende avstand fra utslippspunktet. Figuren viser alle hydrografiske profiler som er brukt i modellen, og viser dermed temperaturendring i resipienten som følge av utslipp av kjølevann til sjø med bakgrunnstemperaturer fra 1 til over 13 °C. Røde linjer indikerer utslippsdyp på 10 m, grønne linjer utslippsdyp på 15 m og blå linjer utslippsdyp på 20 m. Figur 8a viser resultater med svært svak strøm i resipienten (1 cm/s) og Figur 8b med høyere strømhastighet på 6 cm/s i resipienten. Alle modellberegninger er utført med den maksimale angitte temperaturen i utslippsvannet, 25,5 °C.

Temperaturen i utslippet vil ved fortykning raskt nærme seg temperaturen i resipienten etter at det er sluppet ut. Det ser man av figuren ved at temperaturen synker før den stabiliserer seg når den har nådd bakgrunnstemperatur i resipienten. Den største temperaturøkningen vil man få i umiddelbar nærhet av utslippet, men beregningene over viser at varmen vil fordeles raskt ettersom kjølevannet blander seg med omkringliggende vannmasser. Figurene viser at fortykningen blir mindre effektiv etter at innlagring har funnet sted, fordi da er det den naturlige turbulente blandingen som bestemmer videre fortykning. Under primærfortyningen (i.e. før innlagring) er blandingen mellom prosessvann og sjøvann mye mer effektiv.

Resultatene viser videre at det er svært lite forskjell i fortykning av utslippet, og beregnet overtemperatur med økende avstand fra utslippspunkt er relativt lik for alle vurderte utslippsdyp. Valg av utslippsdyp vil altså være avgjørende for hvilke vanddyb som blir påvirket av overtemperatur, men valg av utslippsdyp vil ikke ha stor betydning på temperaturhevingen ved økende avstand fra utslippspunkt.

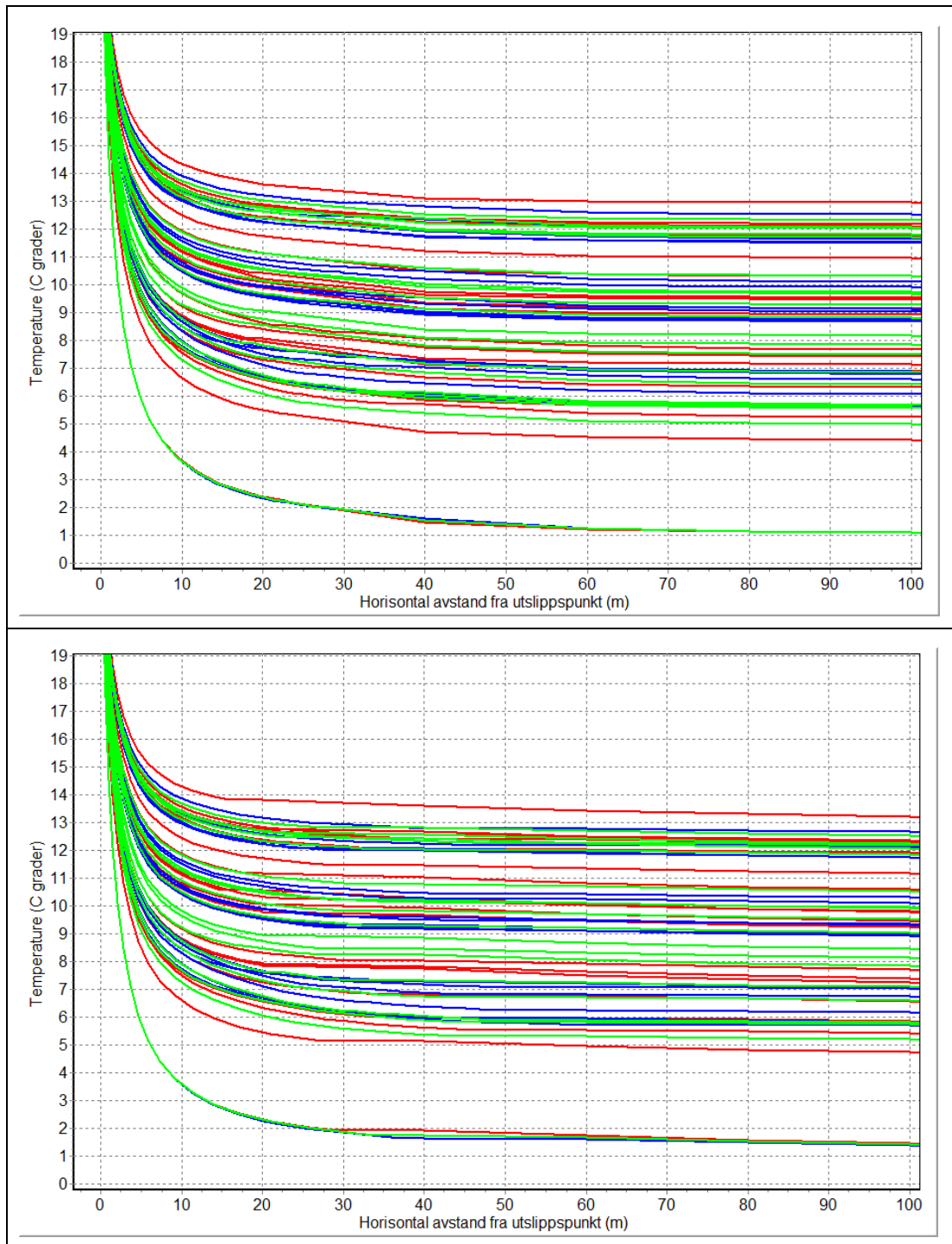
Når det gjelder grenseverdier for maksimale temperaturer i resipienten, så sier BAT-konklusjon for lakseførende vann at maksimal temperatur ved grensen til innblandingssonen er 21,5 °C (se Kapittel 4). Grafen i Figur 8 viser at temperaturen er over denne grenseverdien for maksimal temperatur i kun et par meter unna utslippspunktet. Det vil si at maksimale temperatur ikke vil bli problematisk i resipienten i mer enn et par meter vekk fra utslippspunktet.

Når det gjelder grenseverdier for overtemperatur, så viser grafene i Figur 8 hvordan temperaturen synker og nærmer seg bakgrunnstemperaturen i resipienten grunn av innblanding av utslippsvannet med omkringliggende sjøvann. Hver linje i grafen viser temperaturendringen mot en bestemt hydrografisk profil, og når linjene flater ut og blir stabile, betyr det at temperaturen er lik som bakgrunnstemperaturen i innlagringsdypet fra den hydrografiske profilen som er benyttet. Ved å lese av figuren ved 1 °C varmere enn bakgrunnstemperatur, ser vi hvilken avstand fra utslippspunktet temperaturendringene er innenfor hva som er akseptabelt.

I dette tilfellet ser vi at temperaturen i resipienten vil være 1 °C over bakgrunnsnivået i en avstand på ca. 20-30 m fra utslippspunktet for alle ulike hydrografiske profiler brukt i modellen ved innblandingsdypet. Som nevnt innledningsvis er +1 °C en konservativ grense for overtemperatur som kan gi biologiske effekter i resipienten. Modelleringen viser derfor at det er liten sannsynlighet for effekter av temperaturøkning i en avstand på mer enn 30 m fra utslippet. Dette betyr at innblandingssonen for kjølevannet er 30 meter.

Strømhastigheten innerst i utslippsområde er trolig i gjennomsnittlig nærmere 6 cm/s enn 1 cm/s. Resultater fra beregninger med strømhastighet på 1 cm/s kan imidlertid brukes som et verst tenkelig-scenario om fortynningen. Høyere strømhastighet vil gi noe mer effektiv innblanding, men forskjellen er ikke stor sammenlignet med lavere hastighet på 1 cm/s. Generelt er vannutskifting god i området. Det er derfor lite sannsynlig at varmere vann kan bli stående i innerst i fjorden, men det vil i stedet blandes videre med havstrømmer.

Det kan være at utslippsmengde av kjølevann vil være lavere enn utslippsvolum på 1140 m³/h som ble brukt som inngangsdata i beregninger. Ved lavere utslippsmengde vil influensområde være mindre enn beregningene viser. Beregninger er ikke gjort for lavere vannmengde siden det er ikke oppgitt gjennomsnittlig vannmengde som forventes fra anlegget.



Figur 8. Beregnet temperatur (°C) i resipienten med økende avstand fra utslippspunktet (m). Utslippsdyb er 10 m (røde linjer), 15 m (grønne linjer) og 20 m (blå linjer). Temperaturen i utslippet er antatt å være 25,5 °C. Figur 8a viser resultater med svært svak strøm i resipienten (1 cm/s) mens Figur 8b viser resultater med høyere strømhastighet på 6 cm/s. Bakgrunnstemperatur er hentet fra de hydrografiske profilene som er benyttet i modelleringen.

6.3 Forutsetninger og usikkerhet i beregninger

Utslippets spredning i resipienten er beregnet ut ifra informasjon som er tilgjengelig. Den største usikkerheten i beregningene er knyttet til saltholdigheten av kjølevannet. Det er benyttet stabil saltholdighet på 34 psu i inntaksvann siden det ikke finnes målinger av saltholdighet ned til 100 m ved inntakssted. Saltholdigheten til kjølevannet er derfor antatt å ha tilsvarende salinitet som ved stasjon 15 kartlagt av NIVA (1983, 1984). Orkdalsfjorden har ingen terskel, og derfor er det antatt at saltholdighet i Orkdalsfjorden (ved inntaket) er lik som tidligere undersøkelser har vist for ytre deler av fjorden. Store deler av året er saltholdigheten ved 100 m vandndyp imidlertid høyere, og dette vil si at det er benyttet en relativt konservativ verdi for saltholdighet i beregningene. Høyere saltholdighet vil resultere i høyere egenvekt til utslippsvannet, som igjen minsker muligheten for gjennombrudd og øker sjansen for at utslippssky synker etter at det er sluppet ut til sjø. Dette vil være gunstig med tanke på påvirkninger i miljø.

Kun maksimale forventet vannmengder under maksimale belastning av anlegget var tilgjengelig for beregninger. Beregninger viser derfor den verst tenkelige situasjonen for temperaturøkning i resipienten.

7. KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER

I foreliggende notatet er det beskrevet generelt hvilke konsekvenser overtemperatur og utslipp av kjølevann fra anleggene kan medføre i en marin resipient. Det er brukt en numerisk modell for å beregne hvordan utslipp fra kjøleanlegg spres etter det er sluppet ut til sjø. Det er beregnet hvilke temperaturendringer som kan oppstå i resipienten. Det anbefales å plassere utslippsledning på 15 m vandndyp siden dette vil resultere i innlagring av utslippet på ca. 11-18 m vandndyp. Kun ved enkelte tilfeller kan det forekomme situasjoner med gjennombrudd til overflate (vinterperioden).

Resultater fra beregningene ved utslipp til 15 m vandndyp og med maksimal forventet vannmengde viser at det er liten sannsynlighet for å få effekter av temperaturheving lengre enn ca. 20-30 m unna utslippspunktet. Temperaturendringene ansees derfor ikke å medføre ulemper for miljøet utenfor denne innblandingssonen.

Mengden sjøvann som benyttes ved energisentralen er relativt stor, men likevel blandes utslippet raskt med omringede vannmasser. Ved lavere vannmengde vil influensområde være noe mindre. Det er god vannutskifting i Orkdalsfjorden og det er derfor liten sannsynlighet for at varmere vann blir stående i innerst del av havnen, noe som kunne ført til økende temperatur over tid.

Transport av næringsalter med utslippsskyet er også en faktor som må vektlegges ved valg av egnet utslippsdyp. Hvis utslippsledning legges på 15 m vandndyp vil utslipp av kjølevann største deler av året innlagres til 11-18 m vandndyp, og det vil i hovedsak kun være horisontal og i mindre grad vertikal transport av næringsalter som følge av utslippet.

Utslippspunkt for kjølevann må også legges i en viss avstand fra utslippspunkt for prosessvann, slik at influensområdene fra disse to utslippene ikke overlapper.

8. REFERANSER

De Ruiters, 2016. Resipientovervåking. Washington Mills. Rambøll-rapport.

Direktoratsgruppen for gjennomføring av vannforskriften, 2018. Veileder 02:2018 - Klassifisering av miljøtilstand i vann.

EPA, 1986. Quality Criteria for Water. The Gold Book. EPA 440/5-86-001. Washington, USA. 476 pp.

Europakommisjonen, 2001. Reference Document on the application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems. Publisert desember 2001.

Frick, W.E., Roberts, P.J.W., Davis, L.R., Keyes, J, Baumgartner, D.J. and George, K.P. (2001). Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition, Visual Plumes. Environmental Research Division, U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia, USA.

Miljødirektoratet, 2013. Miljødirektoratets veileder Fastsetting av innblandingssoner M-46/2013.

Kartverket, 2017. Se havnivå: Vannstands- og tidevannsinformasjon for Orkanger (Trøndelag).

Kaurin, M., Langelo, G.F., 2013. Miljøundersøkelse I Orkdalsfjorden 2012-2013. Rambøll-rapport.

NIVA, 1983. Overvåking av Trondheimsfjorden. Hydrografiske undersøkelser i 1981 og 1982. Overvåkingsrapport 107/83.

NIVA, 1984. Trondheimsfjorden. Hydrografiske undersøkelser i 1983. Overvåkingsrapport 164/84.

Norconsult, 2014. Vurderinger av strømforhold: Grønøra vest – Orkanger. Dokument nr.: 5141107-01.

Oceanor, 2003. Environmental analysis in the Orkdal fjord 2002-2003. Rapport nr, OCN R-23031.

Rambøll, Resipientundersøkelser i Orkdalsfjorden 2018/2019, *upubliserte data*.

Rambøll, 2018. Modellering av utslippsdyp og fortykning prosessvann. Norsk Kylling AS Orkanger. *Under utarbeidelse*.

Rådgivende biologer, 2009. Miljøundersøkelse i Orkdalsfjorden 2008-2009. Rapport nr. 1225 77.

Schaanning, M. T. Berge J. A. og Molvær, J. (2015). Vurdering av miljøeffekter av utslipp fra planlagt SO₂ renseanlegg til Fiskåbukta, Kristiansand. NIVA-rapport 6843-2015.

Vann-nett, 2018. Indre Orkdalsfjorden og Ytre Orkdalsfjorden