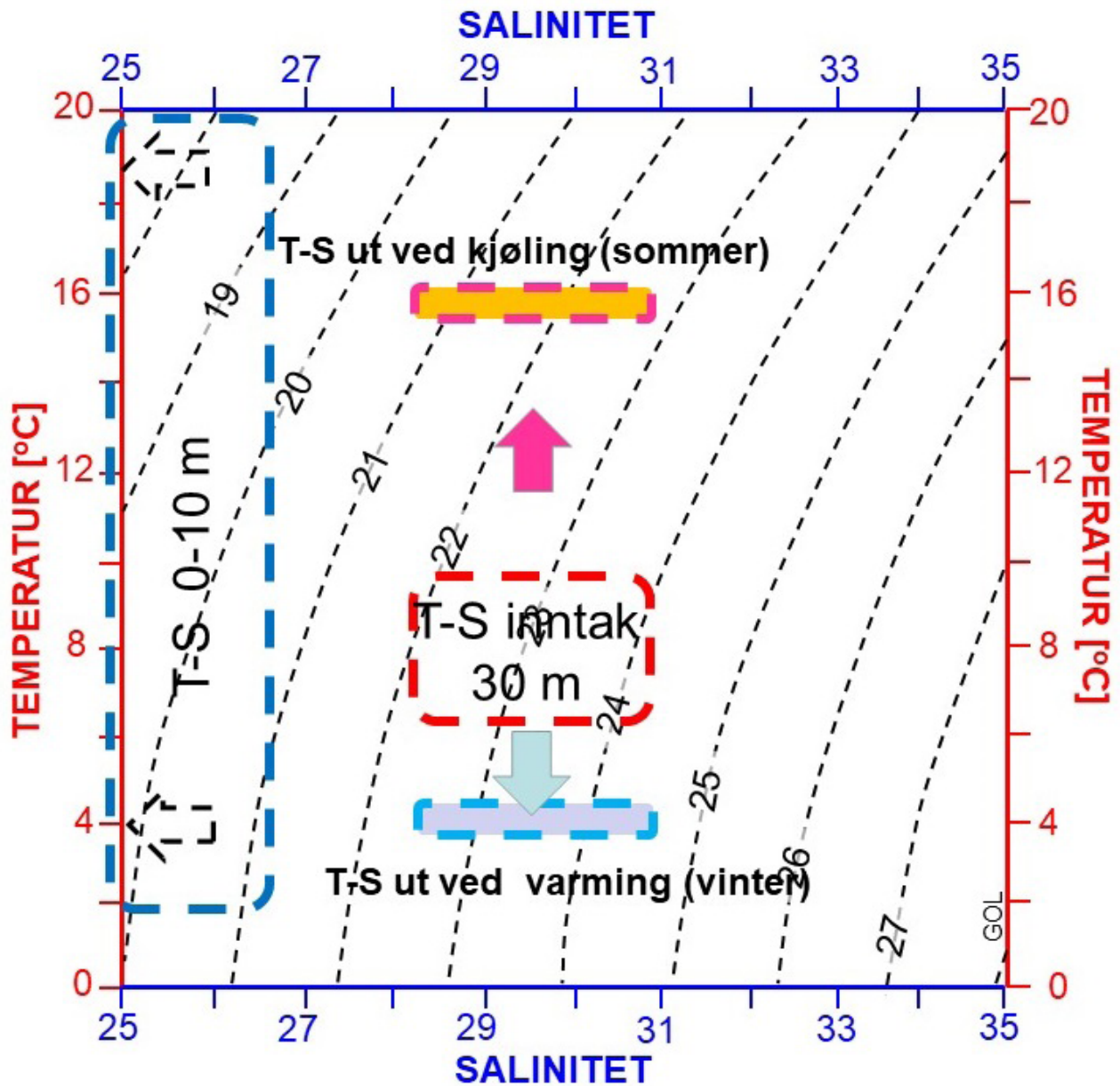


Drammen Fjernvarme: Nytt inntak og utslipp av driftsvann ved Brakerøya



RAPPORT

Hovedkontor

Økernveien 94
0579 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel Drammen Fjernvarme: Nytt inntak og utslipp av driftsvann ved Brakerøya.	Løpenummer 7696-2022	Dato 28.01.2022
Forfatter(e) Lars Golmen	Fagområde Vann og avløp	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Drammen	Sider 31 + vedlegg

Oppdragsgiver(e) NORSK ENERGI, 27 Skøyen, N-0212 OSLO	Kontaktperson hos oppdragsgiver Johan M. Grinrød
	Utgitt av NIVA Prosjekt: 210300

Sammen drag

Drammen fjernvarme etablerte i 2010 et anlegg på Brakerøya for bruk av fjordvann til varming/kjøling av bygg på land. Vanninntaket er på 30 m dyp og utløpet på 13 m dyp i munningen av Drammenselva. Anlegget har teknisk sett fungert tilfredsstillende og det har ikke vært rapportert om problemer av miljømessig karakter. Det er nå planer om å doble kapasiteten i anlegget. Det vil medføre legging av nye ledninger langs bunnen og etablering av nytt inntak- og utløp. Vannforbruket vil doubles. Vannet vil oppvarmes inntil 9°C på varme dager og ellers avkjøles inntil 4 °C før det slippes ut. NIVA har på oppdrag fra Norsk Energi gjort miljømessige beregninger for et utvidet anlegg. Utslippsvannet vil synke og innlagres og spres i dybder rundt 14-16 meter. Overflatelaget i elvemunningen vil sannsynligvis ikke bli påvirket. Forutsatt at eksisterende og nytt utløp separeres med minst 50 meters avstand, er det ikke forventet interferens og sammenblanding av de to utløpsstrålene. På varme dager om sommeren vil anlegget tilføre fjorden inntil 25 MW varme. Ellers gjennom året vil inntil 23 MW varme tas fra fjorden. Sammenliknet med varmefluksen fra Drammenselva og lufta og fra strømninger ellers i fjorden blir dette normalt et lite bidrag. Inntaksvannet kan ha forhøyede næringsstoffs-konsentrasjoner og lavt oksygeninnhold. Utslippene vil også kunne påvirke bunnforholdene nær utløpene.

Fire emneord	Four keywords
1. Fjernvarme	1. District heating
2. Drammensfjorden	2. The Drammensfjord
3. Sjøvann	3. Seawater
4. Fjordvarme	4. Seawater air conditioning, SWAC

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Lars Golmen
Prosjektleder

André Staalstrøm
Kvalitetssikrer

Ailbhe Macken
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7432-5
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

Drammen Fjernvarme:
**Nytt inntak og utslipp av driftsvann ved
Brakerøya**

Forord

Norsk Energi har oppdrag fra Drammen Fjernvarme med å tilrettelegge for nytt inntak-og utslipp av varmeanleggets driftsvann i fjorden ved Brakerøya. I denne forbindelse kontakta Norsk Energi Norsk institutt for vannforskning i oktober 2021 med forespørsel om faglig bistand til å finne miljømessig sett optimal lokalisering for nytt inntak/utslipp i fjorden.

Etter en omgang med korrespondanse og utveksling av informasjon og tilbud blei det gjort avtale om et kortvarig oppdrag for NIVA i slutten av november 2021. Oppdraget har hatt karakter av skrivebordsstudium basert på eksisterende måldata, tidligere vurderinger og nye beregninger.

Johan Mønnich Grinrød var Norsk Energi sin kontaktperson i prosjektet og takkes for opplysninger og innspill undervegs. Lars Golmen som var prosjektleder i NIVA har stått for arbeidet og rapportskivinga. Kollegaene André Staalstrøm, Magdalena Kempa, Birger Bjerkeng og Jarle Molvær (de to sistnevnte pensjonister), takkes for tips og data fra tidligere undersøkelser.

Bergen, januar 2022

Lars Golmen

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	5
Summary	7
1 Introduksjon	9
1.1 Anlegget på Brakerøya og planer.....	9
1.2 Dagens inntak-utslipp	11
1.3 Planlagt nytt inntak-utløp	11
2 Miljøtilstand i fjorden og problemstillinger	12
2.1 Utslipp ved elvemunning	15
2.2 Miljøtilstanden i sjøen ved Brakerøya	16
2.3 Vurderingene av inntak-og utslipp gjort før etableringa i 2010	19
3 Metodikk og data	21
3.1 Data for resipienten	22
3.2 Jetmix beregningene fra 2009	23
4 Nye beregninger for innlagring	24
4.1 Ny kjøring med Jetmix	24
4.2 Influensområde - Cormix	25
4.2.1 Resultater Cormix	25
5 Diskusjon	28
6 Referanser	31
Vedlegg	32
Vedlegg A: Dagens inntak- og avløp.....	32
Vedlegg B: Planlagte ledninger	33
Vedlegg C: Cormix resultater	34

Sammendrag

Drammen fjernvarme har siden 2010 driftet et anlegg på Brakerøya i munningen av Drammenselva for bruk av fjordvann til varming/kjøling av bygg på land. Vanninntaket er på 30 m dyp og utløpet er på 13 m dyp i munningen av elva. Det er planer om å doble kapasiteten til anlegget. Det vil medføre legging av nye ledninger langs bunnen og etablering av nytt inntak- og utløp tentativt i dyp tilsvarende dagens situasjon. Vannforbruket vil dobles.

Dagens utslipp vil fortsette som før i vinterhalvåret, sammen med nytt utslipp. Da vil inntil 23 MW varme hentes fra fjorden. Om sommeren vil det eksisterende utslippet være avslått, mens det nye går i kjølemodus med utslipp av varme til fjorden tilsvarende 25 MW.

NIVA, Norsk institutt for vannforskning, har på grunnlag av dette, hatt i oppdrag fra Norsk Energi å gjøre miljømessige beregninger for et utvidet anlegg. Fjordvarmeanlegg representerer et klimamessig gunstig tiltak ved at det erstatter bruk av andre energikilder. På grunn av dobling av vannforbruket og utslippets plassering i eller nær en elvemunning er det imidlertid relevant å belyse de miljømessige problemstillingene og sikre at utslippsvannet ikke påvirker den øvre del av vannsøylen der det skjer algevekst og normalt er høy marin biodiversitet.

Indre deler av Drammensfjorden er karakterisert av et tydelig fersk/brakkvannslag på toppen og betydelig saltere vann under. Dypvannet har redusert oksygeninnhold og forhøyede næringssaltkonsentrasjoner. Inntak av sjøvann fra dypet og utslipp høyere oppe vil dermed innebære en vertikal transport oppover av næringssalter, oksygenbehov, varme og salt. I tillegg kommer tilførsel eller uttak av varme.

Ut fra kunnskap om fjorden og opplysninger om dagens og planlagt anlegg er det gjort beregninger for framtidig utslipp. Vi har repetert tidligere beregninger ved å legge inn faktiske verdier for inntak- og utslippsdyp, som begge er dypere enn det en forstudie fra 2009 la til grunn. Våre beregninger viser bra samsvar med de forrige: innlagringen av utslippsvannet vil skje i 14-16 m dyp, 2-3 m dypere enn først antatt, siden utslippet ligger 3 m dypere enn forutsatt i de forrige beregningene.

Beregningene viser at hver av de to utslippsstålene vil innlagres i dybder rundt 14-16 m. Tykkelsen på utslippskyene vil være anslagsvis 5 meter. Verken senter av utslippskyene eller toppen av disse vil normalt påvirke det øvre brakkvannslaget. Utslippsvannet fordeler seg i ei ca. 6 m bred «sky». Blandsonen strekker seg ca. 30 m nedstrøms fra utløpet. Ved å plassere utløpene i en avstand som antydnet på 50 m fra hverandre vil en unngå interferens mellom de to utslippskyene.

Anlegget vil tilføre (om sommeren) fjorden evt fjerne om vinteren inntil 25 MW varme. Varme-tilførselen/uttaket vil bidra til å forsterke naturlig oppvarming om sommeren og avkjøling om vinteren, med bidrag fra lufta, elva og fjorden. Sammenliknet med disse fluksene blir varmebidraget fra fjernvarmeanlegget til fjorden normalt lite. Det samme gjelder for eventuelle kortvarige perioder med toppbelastning om sommeren.

Inntaksvannet vil kunne ha forhøyede næringssaltkonsentrasjoner og lavt oksygeninnhold, i forhold til vannet i øvre lag. I og med innlagring av utslippsvannet under overflatelaget i en normal situasjon vil det neppe medføre eutrofieringsproblemer og oksygenvinn i øvre sjikt.

Utslippet fra Drammen Fjernvarme vil normalt være tyngre enn omgivende vann, og vil derfor tendere til å synke noe ned fra utslippsdypet. Noe av vannet kan teoretisk treffe og følge bunnen som en bunnstrøm videre nedover innenfor et avgrenset område ved utløpet. Ved å legge utløpet litt over bunnen pekende på skrå oppover vil en kunne redusere eller eliminere omfanget av eventuell bunnkontakt.

Bunnsedimentene i området rundt utløpene fra Drammen Fjernvarme er tydelig påvirket av forurensing. Dersom utslippsvannet fra Drammen Fjernvarme berører bunnen i området vil det kunne bidra til å flytte eller spre denne forurensingen. Det samme gjelder for området der inntaksvann hentes.

Summary

Title: Drammen Fjernvarme: New intake and discharge of water near Brakerøya.

Year: 2022

Author(s): Golmen, Lars

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7432-5

Since 2010, Drammen Fjernvarme has operated a plant on Brakerøya at the mouth of the Drammen river for the use of fjord water for heating and cooling of buildings on land. The water intake is at 30 m depth and the outlet is at 13 m depth in the mouth of the river. There are plans to double the capacity of the facility. This will involve laying new pipelines along the bottom and establishing a new inlet and outlet. Water consumption will double.

Today's discharge will continue as before in the winter, along with the new discharge. Then up to 23 MW of heat will be withdrawn from the fjord. In the summer, the existing discharge will be turned off, while the new one will go into cooling mode and discharge up to 25 MW heat to the fjord.

Based on this, NIVA, the Norwegian Institute for Water Research, has been commissioned by Norsk Energi to make environmental assessments for an expanded facility. Fjord heating systems represent a climate-favorable measure in that may replace the use of other energy sources. However, due to the doubling of water consumption and the location of the discharge in or near an estuary, it is relevant to address environmental issues and ensure that the discharge water does not affect the upper part of the water column where algal growth occurs and there is normally high marine biodiversity.

Inner parts of Drammensfjorden are characterized by a brackish water layer at the top and significantly more salty water below. The deep water has reduced oxygen content and elevated nutrient concentrations. Intake of seawater from at depth and discharges higher up will thus involve a vertical upward transport of nutrients, oxygen demand, heat and salt. In addition, there is the supply or withdrawal of heat through the plant operation.

Based on knowledge of the fjord and information about current and planned facilities, calculations have been made for future discharges. We have repeated previous calculations by entering actual values for intake and discharge depths, both of which are deeper than a preliminary study from 2009 assumed. Our calculations show good agreement with the previous ones: the neutral depth of the outlet water will be located at 14-16 m depth, 2-3 m deeper than first assumed, since the discharge is 3 m deeper than assumed in the previous calculations.

The calculations show that each of the two discharge plumes will have a neutral depth at around 14-16 m. The thickness of the plume will be approximately 5 meters. Neither the center of the discharge plumes nor the top of these will normally affect the upper brackish water layer. The discharge water is distributed in an approximately 6 m wide «cloud». The mixing zone extends approximately 30 m downstream from the outlet. By placing the outlets 50 m apart, one will thus avoid interference between the two plumes.

The plant will in the summer supply 25 MW to the fjord and in the winter remove up to 23 MW of heat from the fjord. The heat supply/outlet will help to strengthen natural heating in the summer

and cooling in the winter, with contributions from the air, the river and the fjord. Compared with these fluxes, the heat contribution from the outlets to the fjord is normally small. The same applies to any short-term periods with peak load in the summer.

The intake water may have elevated nutrient concentrations and low oxygen content, relative to the water in the upper layers. Since the outlet plumes have neutral depths below the surface layer in a normal situation, it will hardly lead to eutrophication problems and oxygen loss in the upper layers.

The discharge water from Drammen Fjernvarme will normally be heavier than the surrounding water and will therefore tend to sink somewhat from the depth of the outlets. Some of the water can theoretically reach and follow the bottom within a limited area from the outlet. By placing the outlet pipes slightly above the bottom pointing a bit upwards, it will be possible to reduce or eliminate the extent of any bottom contact.

The bottom sediments in the area around the outlets from Drammen Fjernvarme are clearly affected by pollution. If the discharge water from Drammen Fjernvarme touches the bottom in the area, it could contribute to moving or spreading this pollution. The same applies to the area where the water intake is located.

1 Introduksjon

1.1 Anlegget på Brakerøya og planer

Drammen Fjernvarme etablerte sitt varmevekslingsanlegg med varmesentral på området Brakerøya ved utløpet av Drammenselva (Figur 1) i 2010. Kapasiteten til anlegget er på ca 15 MW (spisslast 30 MW ved ekstrem kulde). Anlegget kjøres kun for oppvarming.

Inntak og utslipp av driftsvann skjer i fjorden utenfor Brakerøya og Holmen (Figur 2) gjennom rør med 0.63 m indre diameter. Vannfluksen er ca 2.100 m³/time (0.58 m³/s). Inntaksvannets temperatur ligger på rundt 8 °C. Temperaturreduksjonen i driftsvannet gjennom prosessen er typisk 4 °C. Utslippsvannet vil dermed være både kaldere og litt tyngre enn inntaksvannet.

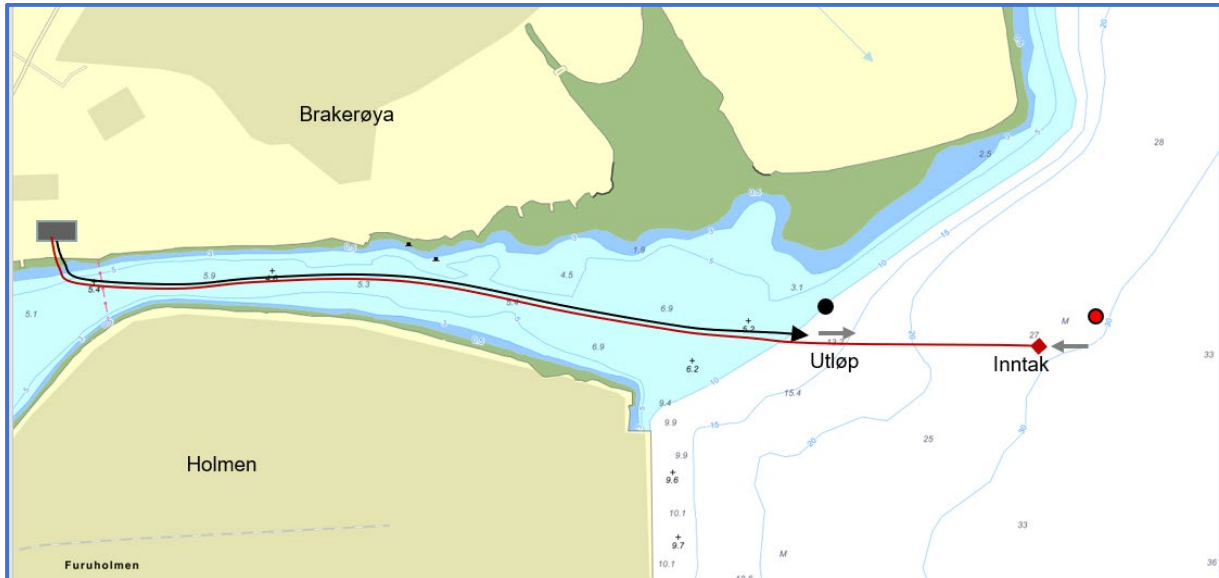
NORSK ENERGI forbereder nå en utviding av anlegget på Brakerøya, slik at kapasiteten blir omlag doblet. Det nye (reversible) anlegget vil også kunne operere med kjøling om sommeren. Inntil 25 MW (på sikt) overskuddsvarme vil gå til sjø i slike tilfelle. Figur 3 skisserer nåværende og framtidig driftsmønster.

Selskapet anmodet NIVA om faglig bistand til å finne optimal lokalisering for nytt inntaks/utslippspunkt av driftsvann, ettersom dagens rørledninger har for liten kapasitet; vannmengdene vil anslagsvis bli doblet.

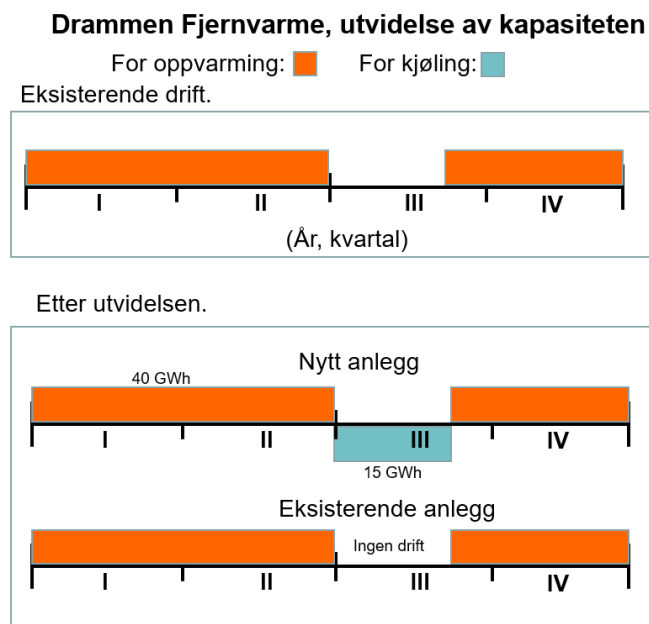
Nye rørledninger kan eventuelt legges ved siden av de eksisterende. Dette kan være den enkleste løsningen, men forutsetter at det ikke skapes ugunstige vilkår for inntaksvannet og for spredningen av utslippsvann. Nye ledninger bør legges med endepunkter i noe avstand fra eksisterende.



Figur 1. Sjøkart over indre deler av Drammensfjorden, med Drammen Fjernvarme avmerket (blått symbol).



Figur 2. Dagens inntaksledning og utløpsledning, heltrukne linjer. Sirklene markerer bedriftens forslag til nytt inntak- og utløpspunkt.



Figur 3. Illustrasjon av driftsmønster hos Drammen Fjernvarme, nå og i framtida. Eksisterende anlegg vil fortsatt bli brukt kun til oppvarming.

Noen aktuelle spørsmål som belyses i denne rapporten:

1. Er det akseptabelt å legge nye rørledninger i traseen langs eksisterende ledninger?
2. Ved kjøling om sommeren, er akseptabelt å slippe 25 MW varme til sjø?
3. Hva betyr vertikaltransporten av vann fra 30 m til rundt 13 m dyp for miljøet?

Vurderingene er basert på eksisterende kunnskap om forholdene i indre deler av Drammensfjorden ved utløpet av Drammenselva. Det er tidligere gjort beregninger for dagens anlegg (NIVA 2009). Disse beregningene legges til grunn her, men er supplert med noen nye beregninger for nytt utslipp.

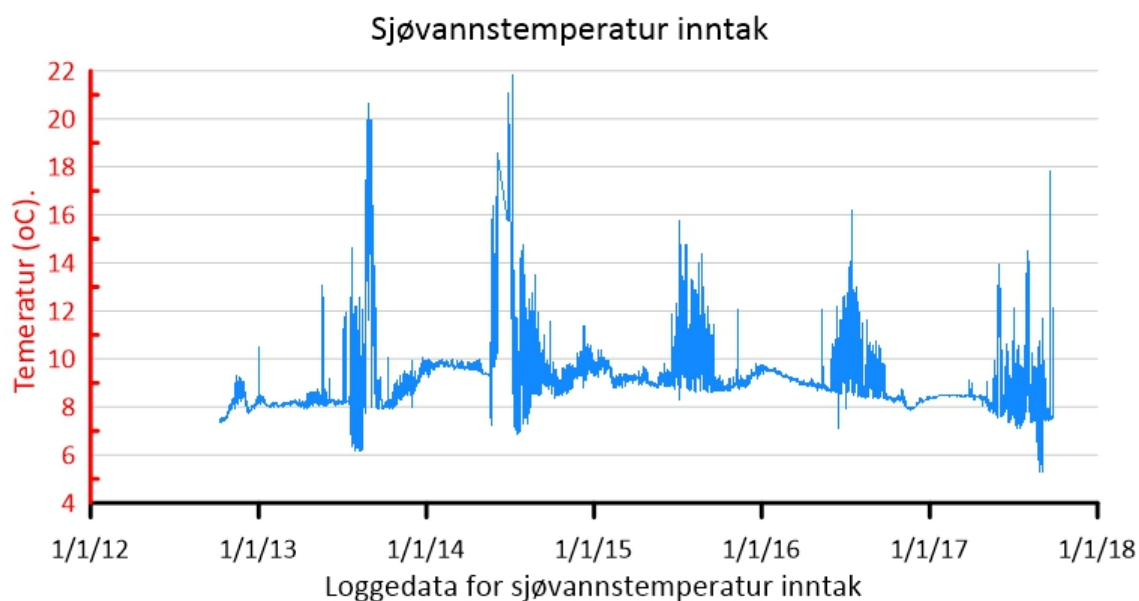
1.2 Dagens inntak-utslipp

Dagens inntak (ledningsdiameter 710 mm, lengde på ledningen ca 800 m) ligger på 30 meters dyp. Utløpsledningen har innvendig diameter på 630 mm og lengde på ca 600 m. Utløpet ligger på ca 13 meters dyp (Figur 2). Avstanden mellom inntak- og utløp er ca 200 m. Detaljer er synt i Vedlegg A.

Inntaksvannet holder rimelig stabil temperatur gjennom året, mellom 8 og 10 °C, se Figur 4. Toppene som framtrer i plottet skyldes driftsstans om sommeren.

Bruken av sjøvannet medfører ikke noen tilførsler av forurensing fra varmevekslingen utenom det som varmeoverføringen representerer. Dette vil også gjelde for framtidig bruk.

Inntak/utslipp medfører en forflytting av vann fra dyp rundt 30 meter til høyere opp i vannsøylen i elvemunningen. Dermed vil utslippet kunne representere en annen vannkvalitet enn det som råder i øvre lag i sjøen i området.



Figur 4. Kurve som viser temperaturen på inntaket, logget 1 g/time i perioden 2012-2017. De høyeste verdiene representerer driftsstans i anlegget. Plott av NIVA basert på loggedata stilt til rådighet av Norsk Energi.

1.3 Planlagt nytt inntak-utløp

Eksisterende pumper vil ikke kunne handle trykkfallet som en dobling av vannfluksen gjennom dagens ledninger vil medføre. Derfor må det legges nye ledninger. Disse er foreslått lagt til samme dyp som dagens ledninger. Nytt inntak-og utløp foreslås separert fra eksisterende med ca 50 m avstand (Figur 2). Detaljer for planene er synt i Vedlegg B.

2 Miljøtilstand i fjorden og problemstillinger

Drammensfjorden er markert sjiktet, d.v.s. har et lavsalint overflatelag og vann med høyere salinitet dypere nede (Norconsult 2017, Staalstrøm 2018). Målinger gjennomført over mange år og flere årstider viser en tykkelse av overflatelaget på mellom 4 og 10 m (Multiconsult 2021). Saliniteten forventes alltid å øke med dypet. Saliniteten påvirker vannets densitet, og det forventes alltid å være stabil sjikting i sjøen, d.v.s. lett vann over tyngre vann. Se Figur 5.

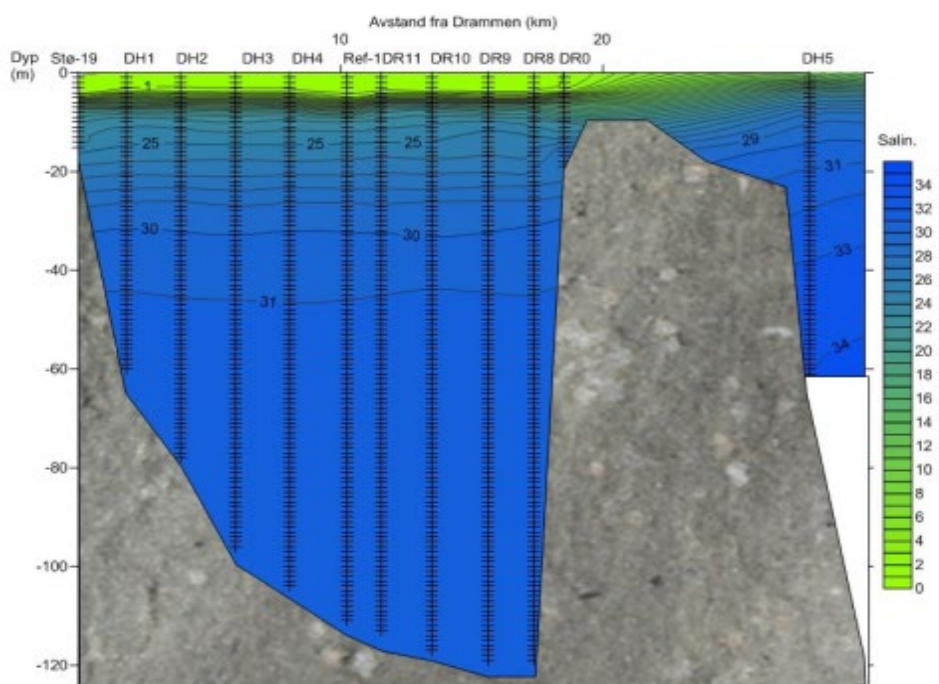
Temperaturfordelingen varierer i større grad enn saliniteten over året. Om vinteren vil det være kaldt vann i overflaten og varmere dypere nede. Om sommeren er det motsatt, med varmest vann i overflata. Varmt vann er lettere enn kaldt vann når saliniteten er lik. Dette er illustrert i T/S diagrammet i Figur 6, som viser sjøvannets densitet som funksjon av salinitet og temperatur.

Sjøvann fra 30 m dyp vil bli oppvarma inntil 9 grader (sommerstid) evt. kjøles ned 4 grader (vinter) før det slippes ut i 12-13 m dyp. Om sommeren vil det ha fått redusert densiteten p.g.a. varmetilførselen, og om vinteren blir densiteten økt. Hvorvidt vannet vil synke eller stige opp ved utslippspunktet vil avhenge av rådende densitet og sjikting i det dypet. Oppvarmingen er antakeligvis ikke stor nok til å endre densiteten så mye at vannet vil stige opp fra utløpet, i alle fall ikke i en normalsituasjon.

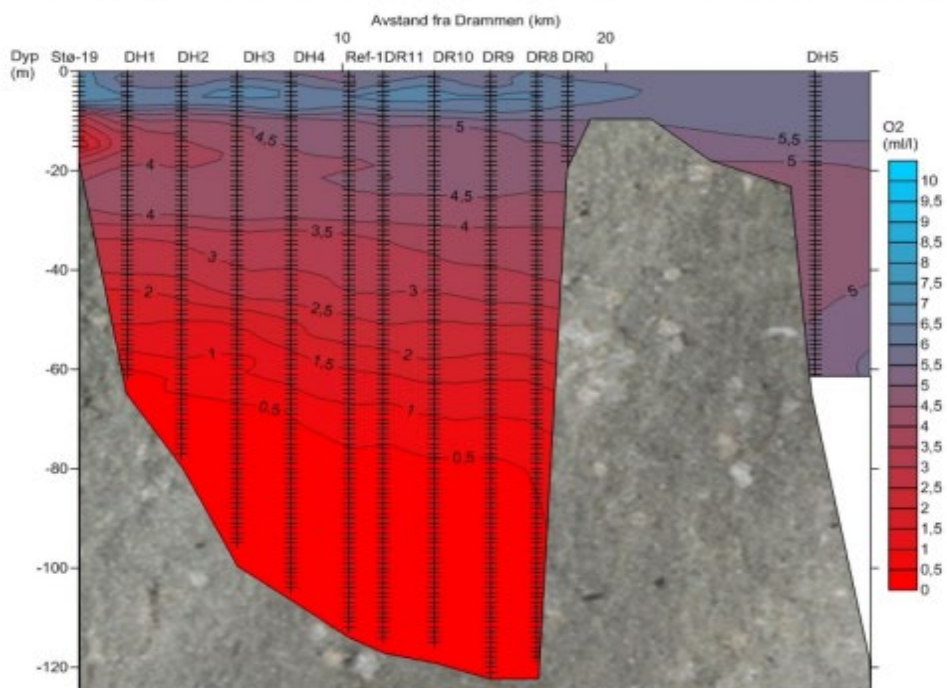
I prinsippet kan et neddykket utslipp spres både nedover, horisontalt og oppover, avhengig av densitetsforskjellen relativt til resipienten, som illustrert i Figur 7.

Utslipet fra Drammen Fjernvarme vil normalt være tyngre enn omgivende vann, og vil derfor tendere til å synke ned fra utslippsdypet. Det kan være en situasjon karakterisert som type III i Figur 7, men uten at vannet nødvendigvis vil følge bunnen som en bunnstrøm nedover. Lokal bunntopografi og helning vil avgjøre hvorvidt dette skjer. I våre beregninger har vi forutsatt at utløpet legges litt over bunnen slik at utslippsvannet ikke berører bunnen i nærheten.

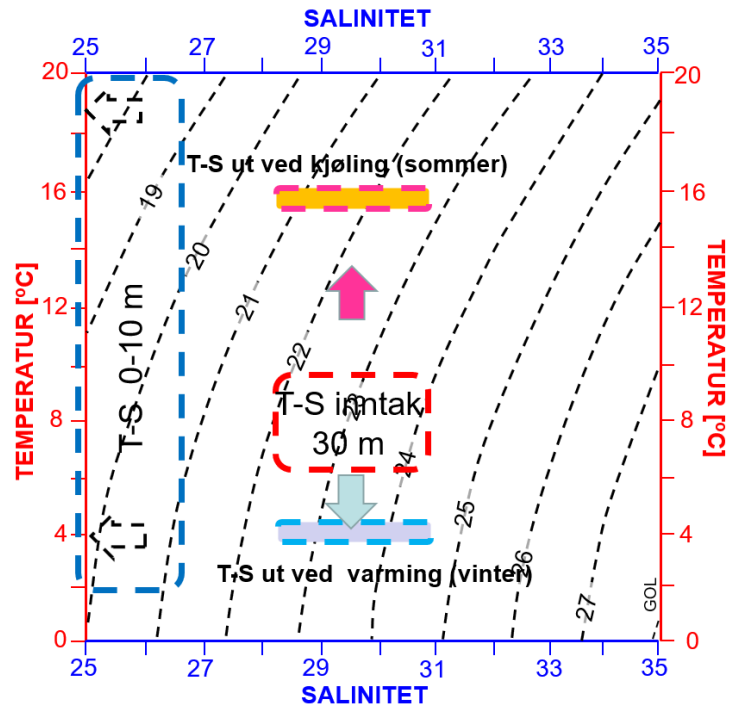
Under 30-40 m er Drammensfjorden antakelig fortsatt hypoksisk/anoksisk, med forventet høye konsentrasjoner av næringssalter. Dette var tilstanden i 2020 (NIRAS 2021), i 2019 (Staalstrøm 2018) og i 2015 (Norconsult 2016, 2017). Som utgangspunkt kan det være gunstigst å ta inn vann som har best mulig vannkvalitet (d.v.s. grunnest mulig) – slik at evt negative effekter (eutrofiering, oksygenforbruk) i området ved utslippspunktet kan unngås. Her vil det imidlertid måtte tas omsyn til dagens inntak/utslipp og andre fysiske forhold i området, samt krav til inntakstemperaturen.



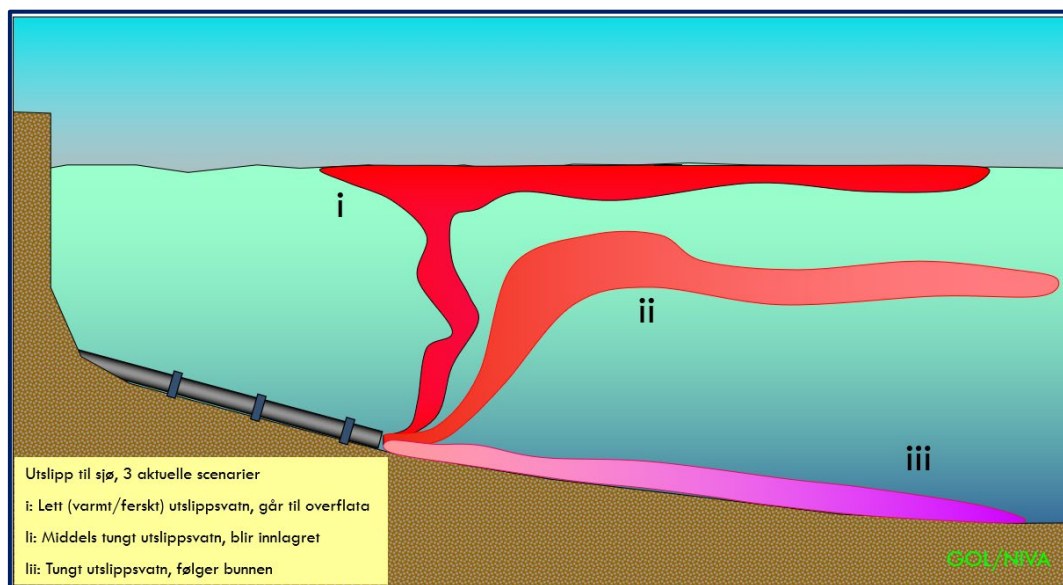
Figur 6. Eksempel på salinitetsprofil i Drammensfjorden (data fra 23. juni 2015, Norconsult, 2016). Profilet viser en klar lagdeling med ferskvann i de øverste 5 m med underliggende vann med høyere salinitet (>20 psu).



Figur 5. Øverst: Salinitetsfordeling i Drammensfjorden målt 23. juni 2015. Nederst, oksygen målt i august, 2015. Fra Norconsult (2017).



Figur 6. T-S diagram som indikerer temperatur-salinitet verdier i fjorden og for inntaksvannet. Saliniteten i øvre lag i fjorden vil være lavere enn laveste verdi på X-aksen, som indikert med stiplete piler. Temperatur-endingene i driftsvannet ved oppvarming (vinter) og avkjøling (sommer) er indikert med blå/rød pil. De kurva linjene viser densitet for sjøvannet ($\text{kg/m}^3 \cdot 1000$).



Figur 7. Tre scenarier for neddykket utslipp av vann i en resipient.

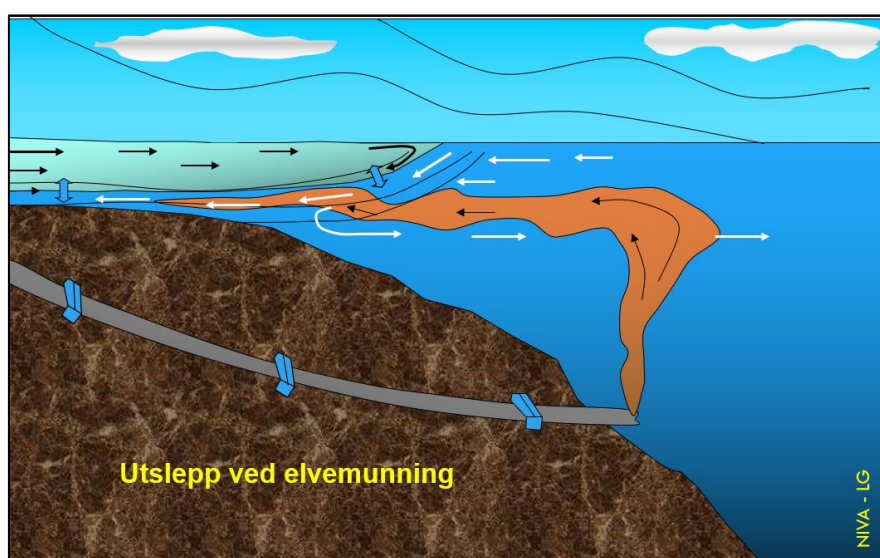
2.1 Utslipp ved elvemunning

Brakerøya ligger ved munningen av Drammenselva. Utslipp i slike områder er gjenstand for spesiell oppmerksomhet, særlig gjelder dette for kommunalt avløpsvann (Avløpsdirektivet; https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/KAPITTEL_4-7#%C2%A715b-2).

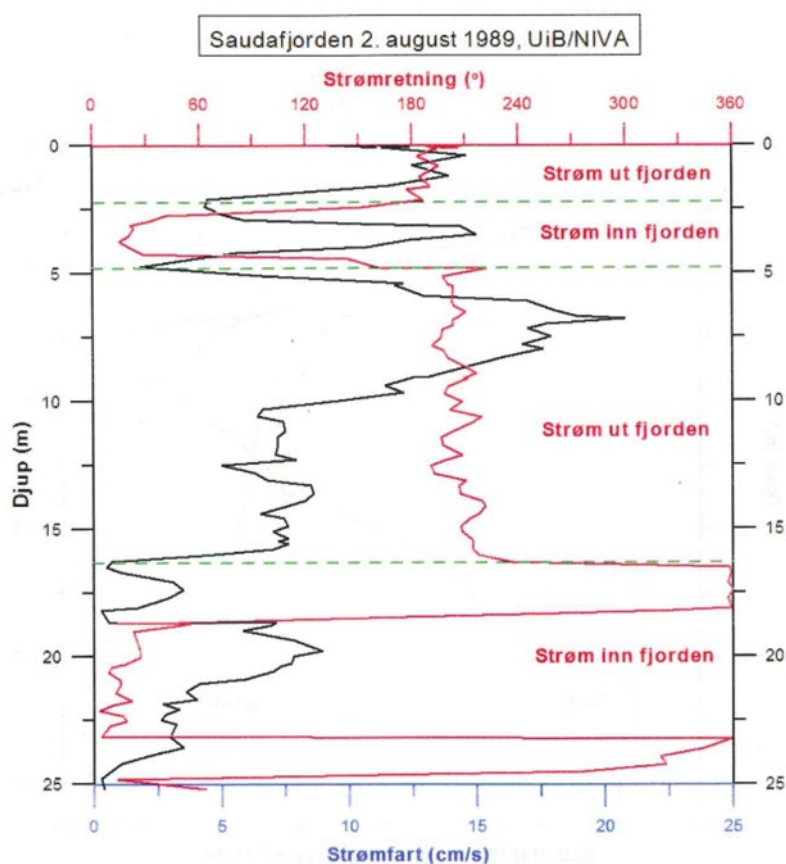
Slike områder kan ha følsomme biotoper som påvirkes av utslippsvann som trekkes oppover i elva i stedet for å gå utover i fjorden (Figur 8).

Strømforholdene i nærheten av en elvemunning kan være svært kompleks. Figur 9 viser eksempel på dette, fra Saudafjorden. Strømmen går på samme tidspunkt vekselvis utover og innover fjorden i forskjellige lag.

Ved utløpet av Drammenselva kan strømbildet muligens være noe liknende. I alle fall forventes det der en utoverrettet overflatestrøm og en innoverrettet «kompensasjonsstrøm» under. Inntak- og utslipp av vann fra varmesentralen på Brakerøya vil kunne befinne seg i ett av disse lagene, eller fordelt i begge. I følge NIRAS (2021) er det en innoverrettet bunnstrøm i området der sjøvannsinntaket ligger (ved prøvetakingsstasjon 2D, rapporten side 43).



Figur 8. Skisse av utslipp og strømforhold ved en elvemunning. Ved ugunstig valgt utslippsdyp kan utslippsvann bli ført oppover i elva i stedet for utover i fjorden.



Figur 9. Målt strømprofil i Saudafjorden ved et tidspunkt 2. august 1989. Rød kurve er strømretning, svart kurve er strømfart. Målingene ble utført fra oppankret båt med en hurtigregistrerende akustisk strømmåler (Simtronix). Kilde: Geofysisk institutt UiB/NIVA.

2.2 Miljøtilstanden i sjøen ved Brakerøya

Store deler av Brakerøya området er fylt ut med masser mot elva/fjorden etter 2. verdenskrig, for å gi plass til industri og annen aktivitet. Det er stadig utvikling og nå bygges nytt Drammen sykehus på Brakerøya.

Forvaltningsmessig tilhører området ved Brakerøya vannforekomsten Drammenselva, <https://www.vannportalen.no/vannregioner/innlandet-og-viken/vannomrader-i-vannregion-innlandet-og-viken2/drammenselva/om-drammenselva-vannomrade/>.

Området har i historisk tid mottatt forurensing fra mange kilder, både fra Drammen og fra oppstrøms i elva.

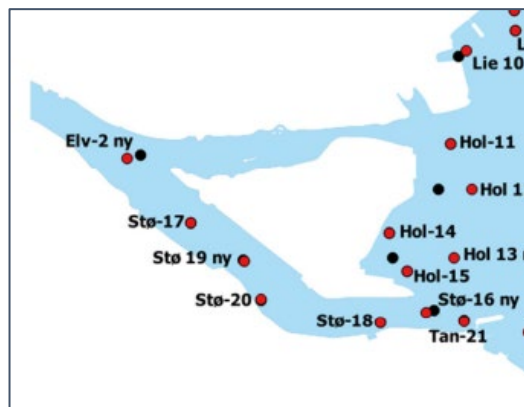
Drammenselva overvåkes av i Klifs elvetilførselsprogram RID. Konsentrasjonene av metaller i elvevannet (i 2010) var lave (Rannekleiv m.fl. 2013).

Kartlegging av sedimentene på 1990-tallet synte høye verdier av PCB og andre organiske/uorganiske stoff (Konieczny, R. og T. Tellefsen 1995). Også nyere undersøkelser har vist at sedimentene

i fjorden er særdeles forurenset av PCB, PAH, Hg (kvikksølv) og TBT (tributyltinn, bunnstoff til båter) (Rannekleiv m.fl. 2013). Der er/har vært, kostholdsråd m.h.t. spising av fisk fra fjorden.

Tilstanden i dag er forbedret ved iverksetting av forurensingshindrende tiltak og nedlegging av industri. Miljøovervåkinga gjennom de siste 15 åra har vist at miljøkvaliteten i Indre Drammensfjorden er blitt betydelig bedre (Norconsult 2015).

I overvåkinga i Ren Drammensfjord (2015) var det en sedimentstasjon (Hol-11) i nærheten av sjøvannsinntaket for Drammen fjernvarme, og flere andre rundt Holmen (se kartutsnittet). For metaller var det i 2015 kun kobber som overskred tilstandsklasse II i Holmen-området. Tilstandsklassen var III eller IV på alle fem undersøkte stasjoner. Høyeste konsentrasjon i 2015 hadde Hol-11 med tilstandsklasse II/III. Sum PAH16 overskred tilstandsklasse II kun på Hol-11. På denne stasjonen var det flere PAH-forbindelser i tilstandsklasse V og IV, med høyest konsentrasjon i overflateprøven (0-5cm). TBT-konsentrasjonen var i tilstandsklasse III eller IV på flere stasjoner i 2015 (Norconsult 2015 a).



NIRAS har stått for prøvetaking av sedimenter de seinere åra. Resultatene fra 2020 (NIRAS 2021) viste fortsatt forhøyete verdier av noen miljøgifter i sedimentene, særlig for TBT.

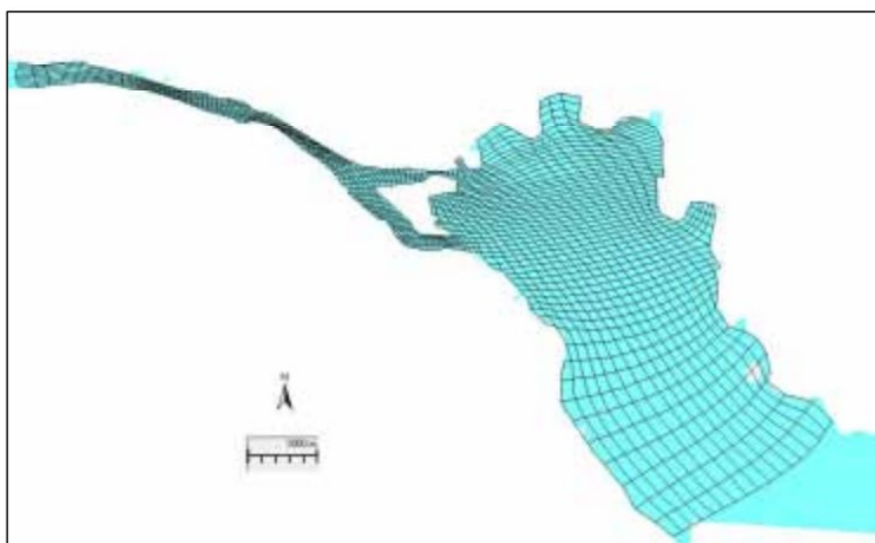
Litt lenger ut forbi utslippsstedet er det forekomster av ålegras i strandsonen (Ref: Vannmiljø). Drammenselvas utløp er et av de mest artsrike fiskeområdene i landet; det er registrert 42 fiskearter i Drammenselva og Drammensfjorden (Multiconsult 2021). Det er av nasjonal betydning å bevare fjordbassenget og de nedre deler av Drammenselva som beite-, reproduksjons- og oppvekstområde for fisk.

Holmen i munningen er bebyggt, og utfyllinger av steinmasser har utvidet holmen mot fjordsiden. Ca. 90 % av vannmassene følger Strømsønsiden, mens 10 % følger Bragernessiden. Stor vannføring transporterer mye løsmasser som avsettes og danner et gruntvannsområde i elvemunningen.

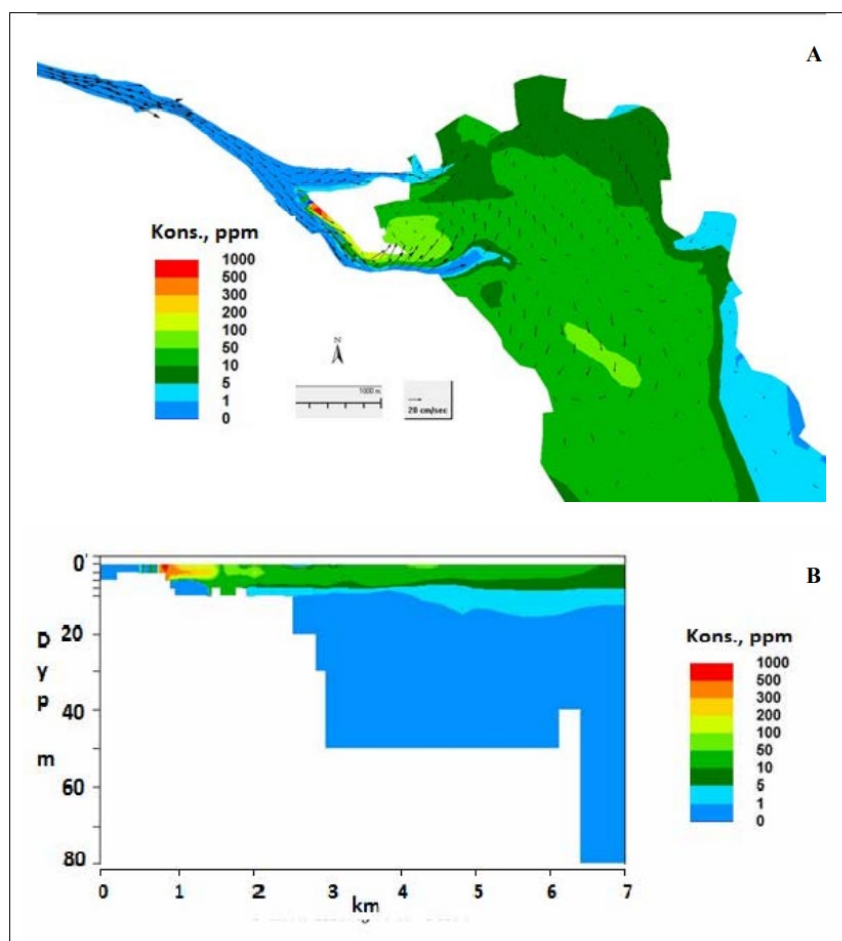
Strømforholdene ble modellert av NGI (NGI 2012) og NIVA (Rannekleiv m.fl. 2013), siste i samband med dumping av snø fra øya Holmen (Holmennokken) i elvemunningen.

Figur 10 viser NIVAs horisontale modellgrid. Vertikalt var 3D-modellen sjiktet i lag med fra 2 m til 10 m tykkelse.

Resultatene av modelleringen viste at smeltet snø fordelte seg i overflatelaget (Figur 11). Horisontalt var det spredning i hele indre del av fjorden. Vertikalt fordelte smeltevannet seg i de øverste 3-4 metrene. For øvrig er strømforholdene i området lite kartlagt (NIRAS 2021).



Figur 10. Modellgridet ved simulering av spredning av smeltet snø dumpet fra øya Holmen (Holmennokken) (NIVA 2013).



Figur 11. Simulert fordeling av smeltet snø i fjorden fra snødumping. Dumpinga er simulert fra vestsida av Holmen, markert med rød farge/høg konsentrasjon.

2.3 Vurderingene av inntak-og utslipp gjort før etableringa i 2010

I 2009 utførte NIVA et forstudium for å komme med anbefalinger om lokalisering av inntak- og utslipp fra den planlagte varmesentralen (NIVA 2009). Målsettingen var å finne hvor dypt inntaket og utslippet burde legges for å oppnå stabil temperatur og en sikker innlagring under overflatevannet.

For å oppnå gunstige temperaturforhold ble et inntaksdyp på 20-30 m anbefalt. Dypere inntak enn det ville ikke gi lavere temperatur om sommeren, og vil ofte være kaldere i vinter-halvåret enn det optimale.

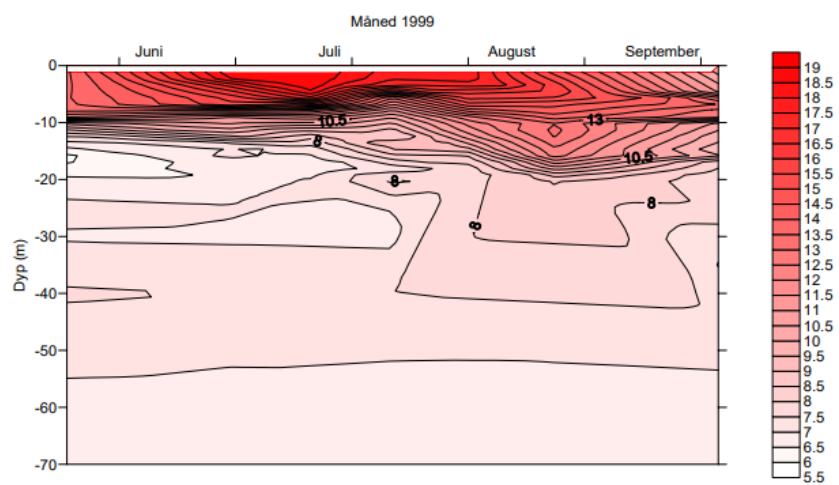
OksygenSVikt i dypvannet (Figur 5, Figur 14) tilsa at inntaket ikke burde ligge dypere enn 30-40 meter, for å unngå oksygenproblemer rundt utslippet. Økende konsentrasjoner av næringssalter med dypet tilsa tilsvarende at inntaket ikke burde ligge for dypt, slik at næringssalttilførsler fra utslippet til øvre lag kunne minimeres. Ut fra dette ble det seinere bestemt å legge inntaket i 30 m dyp.

Innlagrings-beregningene var basert på tidligere observerte profiler av temperatur og salinitet i indre del av Drammensfjorden fra perioden 1982-2009 (eksempler er vist i Figur 12 og Figur 14). Disse målingene blei brukt i modellering av spredningen av utslippet for noen valgte verdier for inntaks- og utslippsdyp, variert fra 1 til 50 m dyp.

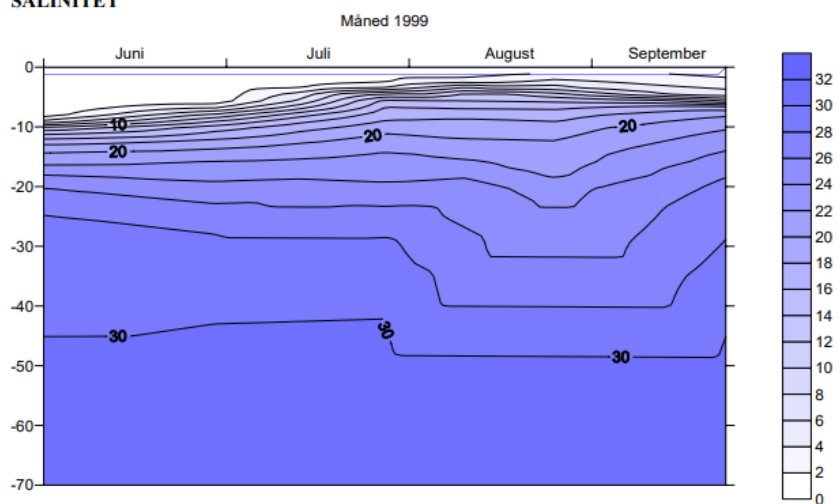
Det ble gjort beregninger med vannet avkjølt 4 °C før utslipp, d.v.s. for en typisk driftssituasjon for vinterhalvåret. Resultatene viste at med inntak eksempelvis fra 20 m dyp skjedde innlagringen fra utslipp i 10 meters dyp 0.5-1 m dypere enn når det er varmet opp tilsvarende (sommersituasjon). Inntak- og utslipp burde ha en vertikal avstand på minst 10 meter for å unngå resirkulering. Utslipp i 10 meters dyp ble omtalt å ligge litt for grunt i forhold til mulig påvirkning i overflatelaget; dybden burde økes med noen meter. Utslippet ble derfor etablert i 13 m dyp.

Etter innlagringen, som ifølge beregningene skjer i løpet av noen 10-metre, vil utslippet være fortynnet iallfall omkring 3 ganger. Ved fortsatt transport og spredning øker fortynningen og temperatursignalet fra utløpsvannet og blir trolig under 1/10 °C i løpet av noen hundre meter.

TEMPERATUR



SALINITET



Figur 12. Målt temperatur og salinitet i Drammensfjorden sommeren 1999 (NIVA 2009).

3 Metodikk og data

Vi har beregnet på nytt sannsynlig forløp for fortytning og innlagring av utløpsvannet for gitt scenarie for inntak/utslipp (fluks, dyp) basert på ett utløp gjennom rørenden (ingen diffusor). Figur 13 illustrerer et forløp med et utslipp av lett væske i vann. Drammen Fjernvarme sitt/sine utslipp vil gå motsatt veg, altså synke litt ned under utløpsdyppet fordi inntaksvannet tas fra større dyp.

Til våre beregninger har vi brukt NIVAs numeriske modell JETMIX (Berkeng og Lesjø 1973). Modellen CORMIX-GT (Doneker og Jirka, 1991) er deretter brukt for å finne effekt av strømmen, nedstrøms fortytning og influensområde.

Vi betrakter det eksisterende og det planlagte utslippet som to separate utslipp under forutsetning av at de er separert tilstrekkelig fra hverandre til ikke å skape interferens og sammenblanding i utslippssonen.



Figur 13. Foto fra laboratorieforsøk med farga oppstigende (lett) vann i en sjikta væske (sjøvann).

Utslippsscenarioene er representert ved

- 1) Hydrografiske profiler i sjøområdet indre Drammensfjord basert på data innsamlet på 1980-1990 tallet (NIVA 2009). Se neste avsnitt.
- 2) Ledning (PE) med 630 mm innv. diameter.
- 3) Inntak i 30 m dyp
- 3) Utslipp i 13 m dyp gjennom en åpning, d.v.s. ingen diffusor.
- 4) Simulering for den aktuelle rørdiameteren med utslippsfluks på $0.58 \text{ m}^3/\text{s}$.
- 5) Stipulert endring i sjøvannets densitet p.g.a. oppvarming/avkjøling i anlegget på $1 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Vi har i modellkjøringene med CORMIX latt enden av ledningen ligge med ei helling på 10° oppover fra sjøbunnen, m.a.o. strålen er da retta litt oppover. Disse beregningene kan derfor gi en noe grunnere innlagring enn med strålen retta horisontalt eller nedover. For Jetmix har vi beholdt strålevinkelen på 0° fra de forrige beregningene.

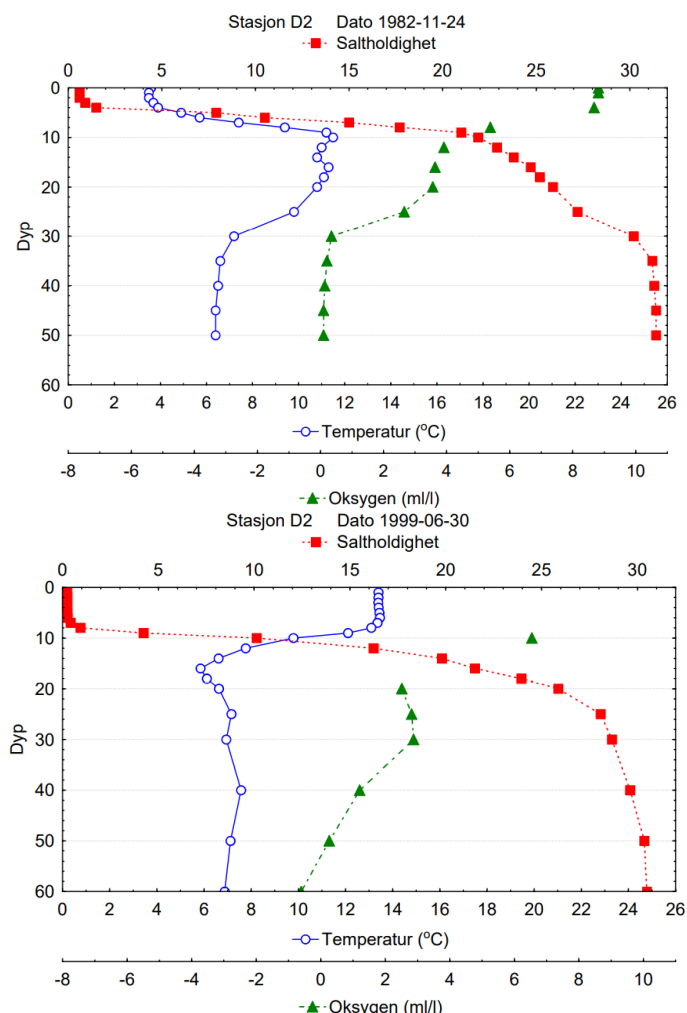
3.1 Data for resipienten

Til vurderingene har vi lagt til grunn eksisterende data for hydrografi/sjiktning, som benyttet av NIVA i vurderingene i 2009 (NIVA 2009). Dette er 26 observerte dybdeprofiler for temperatur og salinitet fra ulike sesonger fra årene 1982-84, 1990-91 og 1999 (data fra månedene januar-februar mangler). Figur 14 viser to slike profiler.

Det eksisterer nyere målinger, bl.a. fra 2018 (Stålstrøm 2018), og 2019 (Engesmo m. fl. 2019). For å sammenholde med beregningene fra 2009 har vi valgt å bruke datagrunnlaget fra den gang. Nyere målinger kan evt benyttes ved oppfølgende beregninger og i vurdering av tidsutvikling i fjorden.

Eksisterende data er fra et stykke unna munningen av Drammenselva og utslippsområdet og kan være noe avvikende i forhold til forholdene i nærområdet.

Strømforholdene i området for inntak/utslipp er som nevnt over, lite undersøkt. Så vi har lagt inn noen antakelser om strømforholdene i området ved utslippet i kjøringene av Cormix modellen.



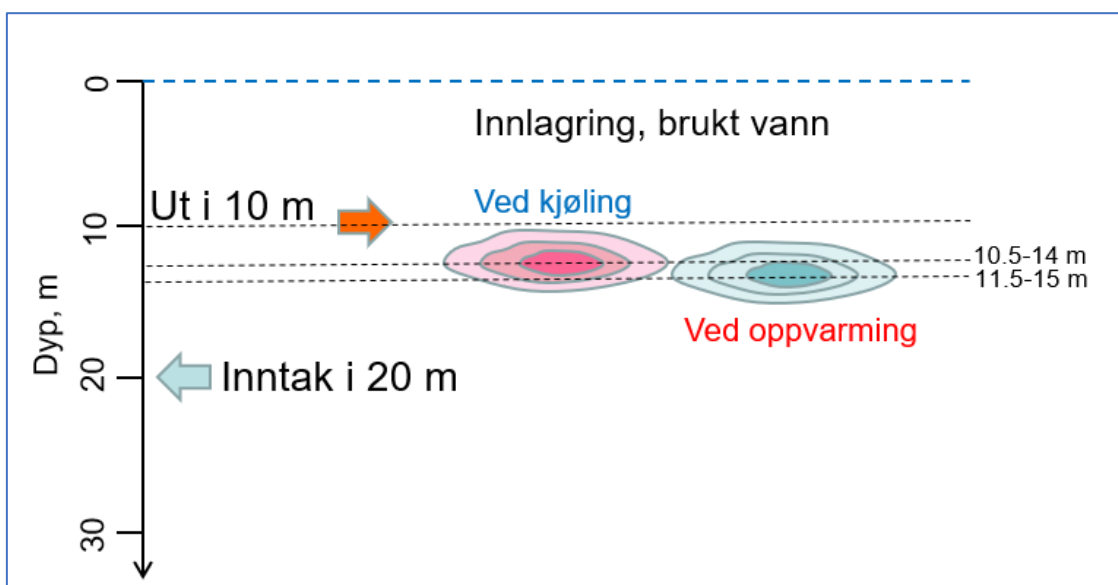
Figur 14. Eksempel på målt vertikalfordeling av salinitet, temperatur og oksygen i Drammensfjorden, november 1982 og juni 1999. Fra NIVA-notat 2009.

3.2 Jetmix beregningene fra 2009

I forstudiet i 2009 simulerte NIVA inntak og utløp for forskjellige dyp. Det ble konkludert med at et inntak på rundt 30 m dyp og et utslipp på 10 m eller litt dypere ville være en akseptabel løsning. Denne konfigurasjonen ville gi stabil inntakstemperatur og tilstrekkelig dyp innlagring til å unngå påvirkning av overflatelaget. I Figur 15 har vi forsøkt å gjenspeile resultatene fra 2009.

Ved oppvarming (vinterhalvåret) ville utslippsvannet fra 10 m dyp bli innlagra i dyp mellom 10.5 og 14 m (senter av skya). Høyden på utslippsskya ville være ca 4 m. Om sommeren, ved kjøling, ville utslippsskya komme ca 1 m høyere opp.

Det samme resonnementet vil gjelde for inntak i 30 m og utløp i 12-13 m, slik situasjonen er i dag, men innlagringen vil da skje noen meter dypere enn det illustrasjonen viser.



Figur 15. Vår illustrasjon av resultatene av modellberegninger (Jetmix) for det eksisterende anlegget (NIVA 2009). I kjølemodus vil driftsvannet bli noe oppvarmet mens det under den vanligste driften (vinter) blir avkølt. Dermed får utløpsvannet litt forskjellig innlagring; ca 1 m dypere om vinteren.

4 Nye beregninger for innlagring

4.1 Ny kjøring med Jetmix

Etter at forstudiet i 2009 var gjennomført, ble dagens anlegg etablert med inntak i 30 m og utløp i ca 13 m dyp. Altså med litt forskjellige verdier i forhold til beregningene i 2009. Vi har derfor kjørt modellen Jetmix om igjen, med faktiske verdier for inntak- og utløpsdyp.

Vi har fokusert på sommerperioden da anlegget blir kjørt i alle fall delvis i kjølemodus (driftsvannet blir oppvarma). Det er trolig da det er viktigst å unngå påvirkning av overflatelaget. I datamaterialet fra 2009 utgjorde dette 12 vertikalprofiler, som vist i Tabell 1.

Resultatene er oppsummert i Tabell 2. Der er angitt nøytralt innlagringsdyp (DEPTH) for hver situasjon/profil. Grunneste innlagring (senter av skya) skjer 13.8 m dyp. Dypeste innlagring er 16.1 m dyp.

Sammenliknet med resultatene fra 2009 (NIVA 2009 og Figur 15) så tenderer de nye beregningene for sommeren til å gi 2-3 meter dypere innlagring. Dette er naturlig i og med at utslippsdypet er økt fra 10 m til 13 m dyp. Gamle og nye beregninger ser dermed ut til å være konsistente.

Tabell 1. Liste over sommerprofiler (juni-august) fra indre Drammensfjorden som ble benytta i ny kjøring med Jetmix.

PROFIL#	STASJON	MÅLETIDSPKT	#DYP	
1	D2	1/06	1982	9
2	D2	8/06	1982	22
3	D2	22/06	1982	22
4	D2	5/07	1982	22
5	D2	20/07	1982	22
6	D2	3/08	1982	19
7	D2	19/08	1982	9
8	D2	25/08	1982	22
9	D2	30/06	1999	21
10	D2	28/07	1999	20
11	D2	11/08	1999	15
12	D2	25/08	1999	21

Det er planen å legge den nye vannstrømmen i anlegget i separate inntaks- og utløpsledninger (Vedlegg B). Vannfluks og ledningsdiameter kan bli som for dagens anlegg. Dersom utløpspunktene da får tilstrekkelig avstand til at utslippskyene ikke interfererer så vil innlagringen også i framtida skje i dybder som i dag, d.v.s fra 10 m og dypere.

Skissert utløpsarrangement indikerer en horisontal avstand mellom utløpspunktene på ca 50 m. Er dette tilstrekkelig til å unngå at utslippskyene blander seg med hverandre? I motsatt tilfelle vil oppførselen og synergier med omgivelsene kunne bli noe annerledes enn med to separate utslippskyer, som er det optimale.

Tabell 2. Resultat for innlagring og fortykning med modellen Jetmix, for 12 sommerprofiler. Utslipp i 13 m dyp (DEPTH, til venstre). DEPTH under Results angir innlagringsdypet.

ENTRAINMENT AND DILUTION, MANIFOLD NR. 1 OUTFALL SITE: Brakerøya
 recipient water in discharge taken from 30.000 meters depth

JET DATA AFTER CONTRACTION					!PRO- !	RESULTS							
					!FILE !	NEUTRAL				POINT	EXTREMAL		
HOLE	DEPTH	DIAM.	VEL.	ANGLE	! NO. !	WIDTH	ANGLE	CENTER	DEPTH		EQS.	GRAV.	
NR.	(M)	(M)	(M/S)	DEG.	! !	(M)	DEG.	DILUT.	(M)		(M)	(M)	
1	13.0	.63	1.86	0	! 1 !	2.2	-20	2	13.8	14.4	15.3		
					! 2 !	2.7	-16	3	13.9	14.7	16.1		
					! 3 !	3.2	-23	4	14.7	15.8	17.6		
					! 4 !	3.1	-35	4	15.4	16.9	19.1		
					! 5 !	3.3	-36	4	15.9	17.6	19.5		
					! 6 !	3.5	-28	4	15.4	16.8	18.2		
					! 7 !	3.2	-33	4	15.4	16.8	18.9		
					! 8 !	3.4	-38	4	16.1	17.7	19.9		
					! 9 !	2.8	-21	3	14.3	15.4	17.0		
					! 10 !	3.0	-22	4	14.5	15.5	17.1		
					! 11 !	3.3	-27	4	15.1	16.5	18.5		
					! 12 !	3.6	-28	4	15.3	16.9	19.3		

EXTREMAL DEPTHS:- EQS. : MIXING CONTINUED AFTER NEUTRAL POINT
 - GRAV.: NO MIXING, ONLY GRAVITY AFTER NEUTRAL POINT

4.2 Influensområde - Cormix

For å finne tall for influensområdet for utslippsvannet har vi benyttet modellen CORMIX: CORNELL MIXING ZONE EXPERT SYSTEM, versjon 4.1GT (General Tools). Referanse: Doneker og Jirka (1991).

Vi tok utgangspunkt i samme utslippsverdier som for Jetmix, med utslippet i 13 m dyp, inntak i 30 m dyp etc. Tabell 3 oppsummerer inngangsdata og parametre.

Resipienten er representert som et to-lags system med sprangsjiktet i 6-7 m dyp, dette harmonerer bra med observert lagdeling.

Vi har antatt en strømstyrke i sjøen i utlippsdypet på 0.1 m/s, og at strømmen har retning utover, d.v.s. samme retning som utslippsstrålen. Størrelsesordenen på strømstyrken er antakelig innenfor området for faktisk strøm, mens strømrretningen kan også gå motsatt veg, eller evt gå på tvers av strålen. Vi har ikke opplysninger om strømforholdene som kan underbygge eller imøtegå våre antakelser.

4.2.1 Resultater Cormix

Samtlige resultater av beregningene er i Vedlegg C.

Tabell 4 viser resultatene for innlagring, nærsone og fjernsone. Utslippsvannet vil være tyngre enn omgivende vann, både sommer og vinter, og vil derfor tendere til å synke fra utslippsnivået på 13 m dyp. Først dykker utslippsvannet ned til 3.2 m over bunnen (dybde 16.2 m), før det snur og innlagrer seg. Innlagringen skjer 2.4 m under utslippet (synker fra dybde 13 m til dybde 15.4 m). Den horisontale avstanden fra utslippspunktet ved innlagring er 27 m. Fortynningen av utslippsvannet er da 9.1 ganger.

Videre i nærområdet/blandsonen blir utslippskya tykkere og breiere (Vedlegg C). Etter 59 sekunder er energien i utslippsstrålen dissipert (i mixing zone) og videre spredning skjer p.g.a. strømmen i resipienten. Ved dette tidspunktet er skya 32 m fra utslippspunktet, ca 3 m tykk og 6.4 m bred (BH x 2). Bredden er langt mindre enn avstanden mellom de to utslippspunktene (ca 50 m), slik at ut fra disse beregningene bør det ikke skje noen interferens mellom det eksisterende og nye utslippet og evt negative synergier unngås.

Tabell 3. Inngangsdata til beregningene med Cormix.

```

CORMIX: CORNELL MIXING ZONE EXPERT SYSTEM
CORMIX-GI Version 4.1GT

SITE NAME/LABEL:           Brakeroya
DESIGN CASE:               Drammen Fjernvarme 2022
Using subsystem CORMIX1:   Submerged Single Port Discharges
Start of session:         01/08/2022--13:43:01
*****
SUMMARY OF INPUT DATA:
-----
AMBIENT PARAMETERS:
Cross-section              = unbounded
Average depth             HA   = 16 m
Depth at discharge        HD   = 13 m
Ambient velocity          UA   = 0.1 m/s
Darcy-Weisbach friction factor F = 0.3116
  Calculated from Manning's n = 0.1
Wind velocity             UW   = 3 m/s
Stratification Type       STRCND = B
Surface density           RHOAS = 1010 kg/m^3
Bottom density           RHOAB = 1020 kg/m^3
Stratification height     HINT  = 9 m (pycnocline level)
Density below pycnocline RHOAP = 1020 kg/m^3
-----
DISCHARGE PARAMETERS:    Submerged Single Port Discharge
Nearest bank              = left
Distance to bank         DISTB = 150 m
Port diameter            D0    = 0.63 m
Port cross-sectional area A0    = 0.3117 m^2
Discharge velocity       U0    = 1.86 m/s
Discharge flowrate       Q0    = 0.58 m^3/s
Discharge port height    H0    = 1.5 m
Vertical discharge angle THETA  = 10 deg
Horizontal discharge angle SIGMA = 0 deg
Discharge density        RHO0   = 1021 kg/m^3
Density difference        DRHO  = -1 kg/m^3
Buoyant acceleration     GP0   = -0.0096 m/s^2
Discharge concentration  C0    = 1000 myg/l
Surface heat exchange coeff. KS  = 0 m/s
Coefficient of decay      KD    = 0 /s

```

Tabell 4. Resultater for innlagringsberegninger med Cormix i første del av nærsonen. Z-koordinaten angir avstanden oppover fra bunnen. S er fortynningsgraden. Nederste tabell angir utslippsvannets videre bane etter innlagring. Forklaringer er synt i Vedlegg C.

X	Y	Z	S	C	B
0.00	0.00	1.50	1.0	0.100E+04	0.31
3.01	0.00	2.02	1.0	0.100E+04	0.32
5.32	0.00	2.39	1.6	0.620E+03	0.57
7.73	0.00	2.71	2.4	0.416E+03	0.82
10.06	0.00	2.95	3.2	0.315E+03	1.05
12.48	0.00	3.11	4.0	0.252E+03	1.26
14.91	0.00	3.20	4.7	0.211E+03	1.46
Maximum jet height has been reached.					
17.25	0.00	3.20	5.5	0.183E+03	1.64
19.68	0.00	3.12	6.3	0.159E+03	1.83
22.10	0.00	2.96	7.1	0.140E+03	2.02
24.43	0.00	2.73	8.1	0.124E+03	2.21
26.84	0.00	2.42	9.1	0.110E+03	2.41
Cumulative travel time =			42. sec		

5 Diskusjon

Rapporten beskriver dagens anlegg og planlagt utvidelse av Drammen Fjernvarme på Brakerøya. I dette avsnittet oppsummeres resultater fra prosjektet og diskuteres i lys av aktuelle problemstillinger.

Fjordvarmeanlegg representerer et klimamessig gunstig tiltak ved at de erstatter bruk av andre energikilder. Dagens anlegg har etter det vi kjenner til, ikke medført noen miljømessige problemer f.eks. som følge av den omtalte vertikale vanntransporten. På grunn av utslippets plassering i elvemunning og i et relativt forurenset område er det imidlertid nødvendig å belyse de miljømessige problemstillingene og sikre at utslippsvannet ikke påvirker den øvre del av vannsøylen der det skjer algevekst og normalt er høy marin biodiversitet.

Karakteristikk av anlegget

Utvidelsen medfører i følge planene å legge nye rørledninger utover i elvemunningen, til h.h.v. 30 m dyp (inntak) og 13 m dyp (utløp). Ledningene vil gå parvis parallelt utover før de splittes i nærheten av endepunktene, anslagsvis med 50 meters avstand.

Dagens vannmengde på 0.58 m³/s vil anslagsvis dobles etter utvidelsen (om vinteren). Driftsvannet vil bli avkjølt inntil 4°C når anlegget kjøres til oppvarming (september-mai/juni). Dette motsvarer en varmetapsfluks for fjordvannet på ca 23 MW. Tilsvarende vil fjorden få tilført varme av samme størrelsesorden når anlegget kjøres reversibelt om sommeren på enkelte varme dager, inntil 50 t/år.

Vertikaltransport av vann

Indre deler av Drammensfjorden er karakterisert av et tydelig fersk-/brakkvannslag på toppen, med tykkelse 3-10 m, avhengig av årstid og lokasjon. Dypere nede er vannet betydelig saltere, og har preg av redusert oksygeninnhold. Dypvannet vil også ha forhøyede næringssaltkonsentrasjoner. Inntak av sjøvann fra dypet og utslipp høyere oppe vil dermed innebære en vertikal transport oppover av næringsalter, oksygenbehov, varme og salt. I tillegg kommer tilførselen eller uttaket av varme.

Data og beregninger

Ut fra kunnskap om fjorden og opplysninger om dagens og planlagt anlegg har vi i det foregående gjort beregninger for utslippene. Grunnlaget har vært modellberegninger utført i 2009, før anlegget ble satt i drift.

Vi har ettergått de forrige beregningene og repetert disse ved å legge inn faktiske verdier for inntak- og utslippsdyp, som begge er dypere enn det den forrige studien la til grunn. Våre nye beregninger viser samsvar med de forrige. Innlagringen av utslippsvannet vil skje 2-3 m dypere enn først antatt. Dette mest som følge av at utslippet ligger 3 m dypere enn det beregningene i 2009 forutsatte.

Dagens utslipp vil fortsette som før i vinterhalvåret. Da vil dagens og nytt utslipp gå samtidig og hente varme fra fjorden. Om sommeren vil det eksisterende anlegget være avslått, mens det nye går i kjølemodus (utslipp av varme til fjorden).

Vi har brukt datamaterialet, hydrografiske profiler, fra forrige studie, i nye beregninger for utslippsvannet med samme modell som sist, med fokus på sommersituasjonen. Siden driftsvannet da varmes opp, vil det være lettere enn driftsvannet om vinteren, og ha tendens til å stige høyere i

vannsøylen ved utløpet enn om vinteren. Det er også om sommeren at det er mest fokus på vannkvalitet og miljøeffekter.

Resultatene viser at hver av de to utslippsstålene vil innlagres i dybder rundt 14-16 m (variasjon i forhold til årstid). Tykkelsen på utslippskyene vil være anslagsvis 5 meter. Verken senter av utslippskyene eller toppen av disse skal normalt kunne påvikre det øvre brakkvannslaget nevneverdig.

Beregninger med plummodellen Cormix GT er gjennomført for en sommersituasjon for å verifisere de andre beregningene og for å bedømme størrelsen på nærområdet og blandsonen (mixing zone) for utløpsvannet da. Resultatene ga en størrelsesorden på 30 m utstrekning for blandsonen (horisontal nedstrøms avstand fra utløpet). Utslippsvannet vil fordele seg der i ei ca 3 m tykk og 6 m bred «sky». Dette vil i praksis gjelde for det nye avløpet, siden det eksisterende vil være avstengt om sommeren.

Influensområdene om vinteren for begge utslipp kan forutsettes å ha utstrekning av samme størrelsesorden som for sommeren. Ved å plassere utløpene i en avstand som antydnet på 50 m vil en dermed unngå interferens mellom de to utslippskyene når begge kretser er i bruk.

Vi har i beregningene lagt til grunn at vannstrømmen ved utløpet er retta utover mot fjorden. Dermed vil influensområdet også ha den retningen. I realiteten kan strømmen nær bunnen like godt ha motsatt retning, d.v.s. innover og oppover elva. Strømmålingene utført av NIRAS i 2020 (NIRAS 2021) antyder dette. I slikt tilfelle vil influensområdet være retta innover og oppover, eventuelt langs bunnen siden det grunnes opp.

Varmefluks

Anlegget vil tilføre (om sommeren) evt. fjerne (vinteren) inntil 25 MW varme fra fjorden. Varmetilførselen/uttaket vil være i tilnærmet fase med naturlig oppvarming/avkjøling og således bidra til å forsterke oppvarminga om sommeren og avkjølinga om vinteren. Førstnevnte situasjon kan i prinsippet bidra til å forandre vilkår for stedbundne organismer; varmekjære arter vil kunne få bedre vekstvilkår, andre dårligere. Ekstra avkjøling om vinteren vil kunne påskynde eller forsterke isdannelse og forekomst av frostrøyk i utslippsområdet, og temperaturfølsomme organismer kan få dårligere kår.

Naturlig avkjøling av fjorden til lufta om vinteren og oppvarming om sommeren kan typisk være av størrelsesorden 500 W/m^2 . Et område på 1 km^2 (utslippsområdet og omgivelser) vi da eksempelvis representere en varmekraft til/fra lufta på 500 MW. Dette er vesentlig mer enn tilførselen/uttaket fra anlegget, selv med kortvarig spisslast.

Drammenselva har varierende vannføring, moderat om vinteren og på sommeren, etter vårflommen. Et anslag for slike perioder kan være $250 \text{ m}^3/\text{s}$ (ved Mjøndalen bru). Altså ca 250 ganger større vannfluks enn for det framtidige fjernvarmeanlegget. Hvorvidt Drammenselva tilfører varme eller «kulde» (kilde, sluk) til fjorden vil avhenge av sesong. Det vil oftest være noen grader forskjell i temperatur mellom fjordvannet og ellevannet. Selv med en forskjell på bare en grad, vil tilførsel/uttak fra elva være 50 ganger større enn fra fjernvarmeanlegget.

Sammenliknet med varmekraften fra Drammenselva, fra lufta og fra strømninger ellers i fjorden blir varmebidraget fra et utvidet fjernvarmeanlegg normalt lite.

Næringsalter og oksygen

Inntaksvannet kan ha forhøyede næringssaltkonsentrasjoner og lavt oksygeninnhold, i forhold til vannet i øvre lag. I prinsippet kan slike tilførsler medføre eutrofieringsproblemer (algevekst) og oksygenvinn i det øverste laget i fjorden. Våre beregninger indikerer at dette normalt ikke skal skje. Vi tilrår imidlertid at det etterprøves med målinger og observasjoner i utslippsområdet når nytt anlegg har vært i gang en stund. Forsøk med sporstoff i utløpsvannet vil kunne verifisere den faktiske innlagringen og spredningen. Strømmålinger kan kombineres med dette, jamfør diskusjonen om strømforhold og influensområde.

Bunnkontakt

Utslipet fra Drammen Fjernvarme vil normalt være tyngre enn omgivende vann, og vil derfor tendere til å synke ned fra utslippsdypet (i 13 m) men uten at vannet nødvendigvis vil treffe og følge bunnen som en bunnstrøm videre nedover. Lokal bunntopografi og skråning vil avgjøre hvorvidt dette kan skje. Viss det skjer, så vil det være innenfor et avgrenset område ved utløpet. I våre beregninger har vi forutsatt at utløpet legges 1.5 m over bunnen slik at utslippsvannet vanskeligere vil berøre bunnen i næsonen. Ved i tillegg å bøye utløpet litt oppover vil en kunne redusere omfanget av eventuell bunnkontakt.

Bunnsedimentene

Prosjektet Ren Drammensfjord har påvist at bunnsedimentene i området rundt utløpene fra Drammen Fjernvarme er tydelig påvirket av forurensing. Dersom utslippsvannet berører bunnen i området, vil det kunne bidra til å flytte eller spre denne forurensingen. Det samme gjelder for området der inntaksvann hentes.

Sluttkommentar

Våre analyser og beregninger har blitt gjort under forutsetning av at det ikke er andre større inntak- eller utslipp i området der Drammen Fjernvarme henter/slipper ut sitt driftsvann. Vi har heller ikke kjennskap til at slike finnes.

---«»---

6 Referanser

Bjerkeng, B. og A. Lesjø, 1973: Mixing of a jet into a stratified environment. Rapp. Nr. O-126/2, NIVA, Oslo, 22s.

Doneker, R. og G. Jirka, 1991: Expert System for Hydrodynamic Mixing Zone Analysis of Conventional and Toxic Submerged Single Port Discharges (CORMIX1). Technical Report EPA/600/3-90/012, U.S.EPA, Environmental Research Laboratory, Athens, Georgia, 1990.

Engesmo, A., A. Staalstrøm, J. R. Selvik og S. Kistenich 2019: Overvåking av Ytre Oslofjord 2019-2023. Tilførsler og undersøkelser i vannmassene i 2019. Fagrapport. NIVA-rapport Nr 7513, 56 s + vedl.

Konieczny, R. og T. Tellefsen 1995: PCB-forurensing fra industriområdet Brakerøya, Drammen. Tilførsler, biotilgjengelighet og konsekvenser. NIVA-rapport Nr 3308, 50s.

Multiconsult 2021: Nytt sykehus i Drammen. Naturmiljøvurdering knyttet til legging av sjøledning ved Brakerøya og Solumstrand. Multiconsult dokumentnr.: NSD-8205-J-RA-0009, 33 s.

NIRAS 2021: Ren Drammensfjord 2020. Årsrapport.

<https://www.drammen.kommune.no/globalassets/tjenester/miljo-klime-og-natur/dokumenter/drammensfjorden-2020-rapport.pdf>

NGI 2012; Miljøovervåking av indre Drammensfjord. Sluttrapport fra overvåking av Drammensfjorden 2008-2011.

NIVA 2009 (Tjomsland m. fl.): Drammen fjernvarme – etablering av sjøvannsbasert varme-pumpeanlegg. Notat, NIVA, 29. juni 2009, 23 s.

Norconsult 2016: Miljøovervåking av Indre Drammensfjord | Årsrapport 2015. Norconsult Dokumentnr.: 5142611-02, 101 s.

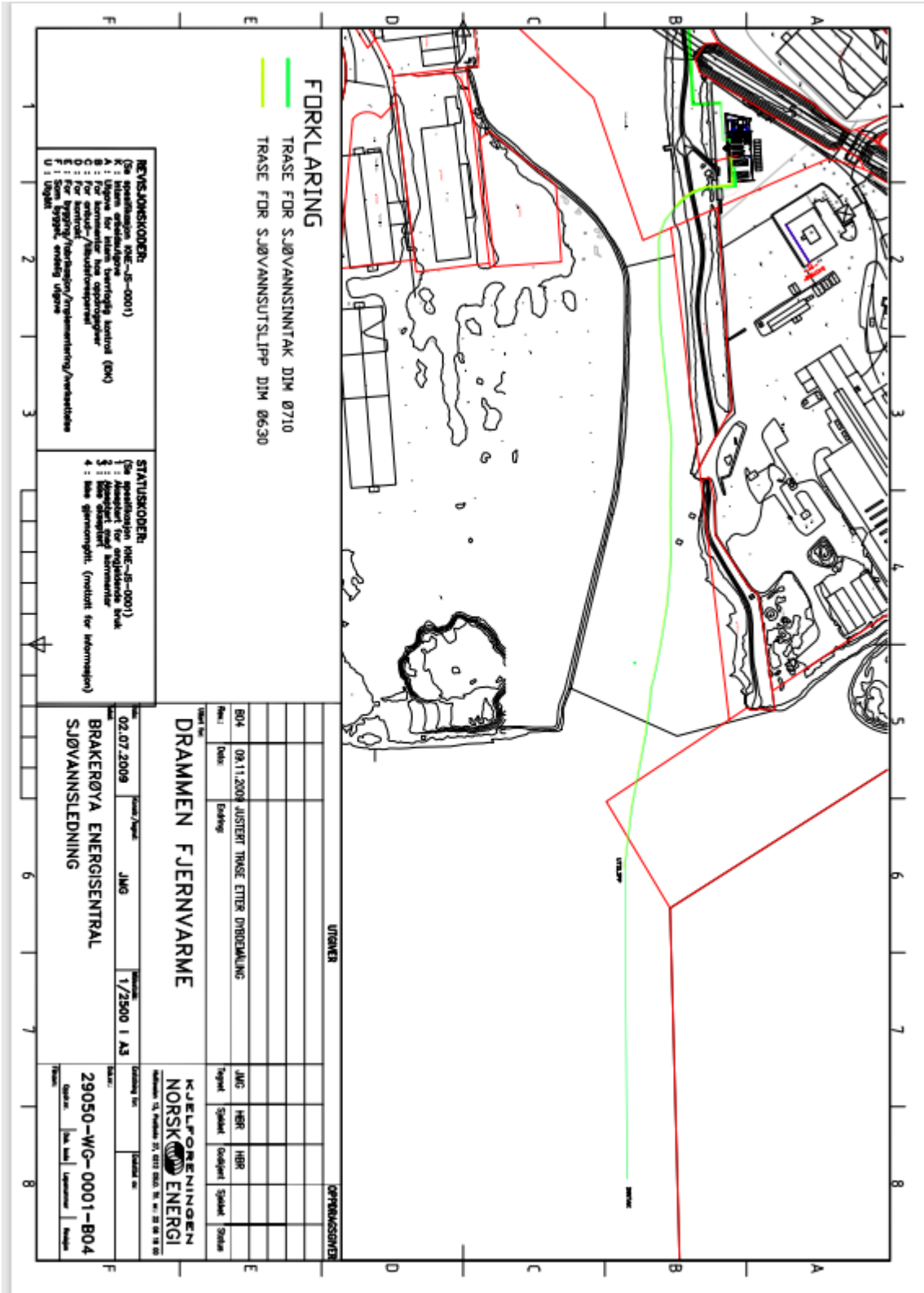
Norconsult 2017: Miljøovervåking av Indre Drammensfjord. Sluttrapport Ren Drammensfjord 2015. Norconsult Dokumentnr.: 5142611-02, 2017-03-24, 244 s.

Rannekleiv, S., T. Tjomsland og M. Kempa 2013: Dumping av trafikkforurenset snø fra Drammen sentrum ved Holmennokken. Konsekvenser for vann- og sedimentkvalitet i Drammenselva og Drammensfjorden. NIVA-rapport nr 6481, 37 s.

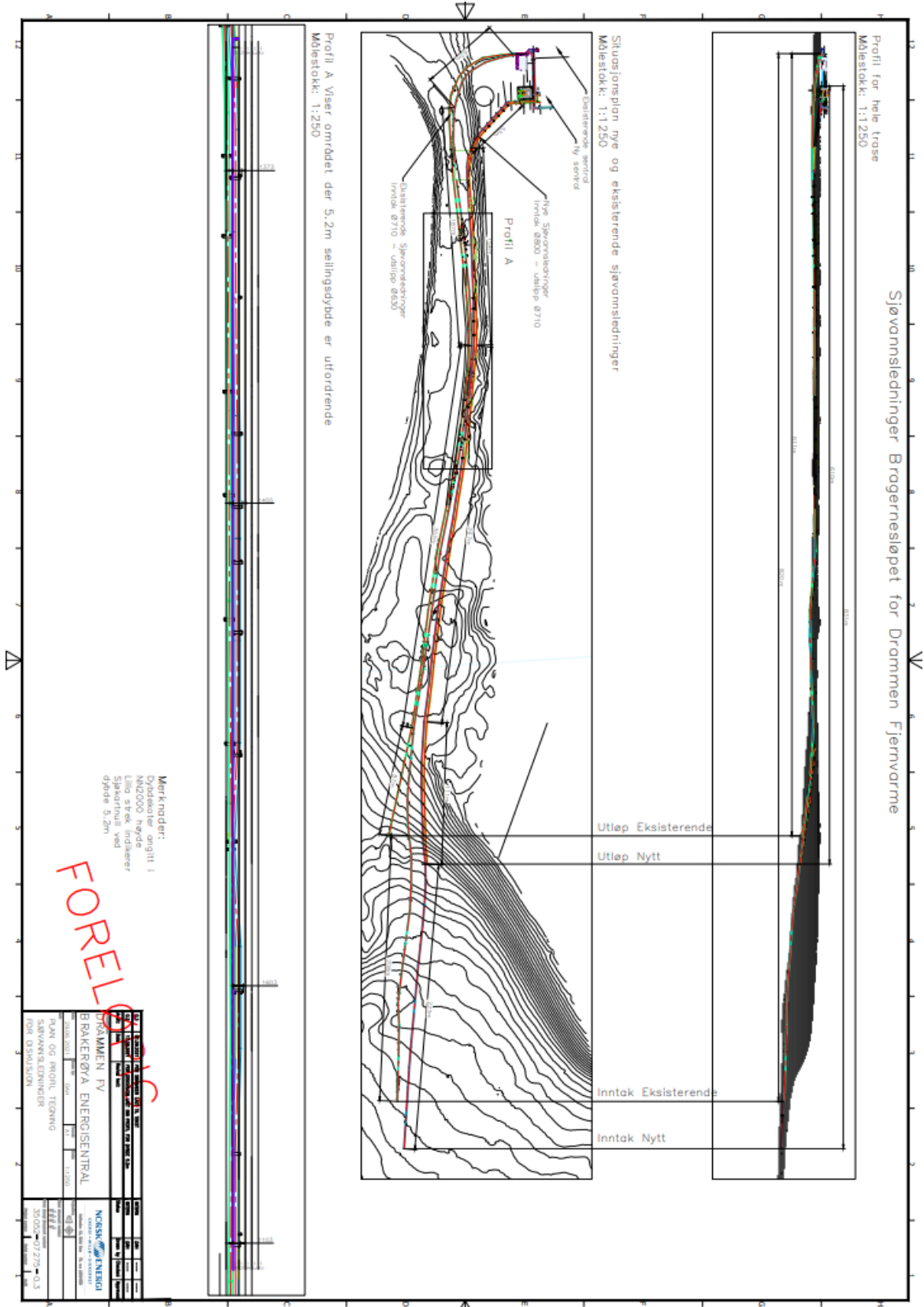
Stålstrøm, A. 2018: Saltholdighet og oksygenforhold i Drammensfjorden. NIVA-rapport Nr 7264, 43s.

Vedlegg

Vedlegg A: Dagens inntak- og avløp



Vedlegg B: Planlagte ledninger



 BEGIN MOD101: DISCHARGE MODULE

X	Y	Z	S	C	B
0.00	0.00	1.50	1.0	0.100E+04	0.31

END OF MOD101: DISCHARGE MODULE

 BEGIN CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

Jet/plume transition motion in weak crossflow.

Zone of flow establishment:	THETAE=	9.78	SIGMAE=	0.00
LE = 3.06	XE = 3.01	YE = 0.00	ZE = 2.02	

Profile definitions:

- B = Gaussian 1/e (37%) half-width, normal to trajectory
- S = hydrodynamic centerline dilution
- C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

X	Y	Z	S	C	B
0.00	0.00	1.50	1.0	0.100E+04	0.31
3.01	0.00	2.02	1.0	0.100E+04	0.32
5.32	0.00	2.39	1.6	0.620E+03	0.57
7.73	0.00	2.71	2.4	0.416E+03	0.82
10.06	0.00	2.95	3.2	0.315E+03	1.05
12.48	0.00	3.11	4.0	0.252E+03	1.26
14.91	0.00	3.20	4.7	0.211E+03	1.46

Maximum jet height has been reached.

17.25	0.00	3.20	5.5	0.183E+03	1.64
19.68	0.00	3.12	6.3	0.159E+03	1.83
22.10	0.00	2.96	7.1	0.140E+03	2.02
24.43	0.00	2.73	8.1	0.124E+03	2.21
26.84	0.00	2.42	9.1	0.110E+03	2.41

Cumulative travel time = 42. sec

END OF CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION

 BEGIN MOD131: LAYER BOUNDARY/TERMINAL LAYER APPROACH

Control volume inflow:

X	Y	Z	S	C	B
26.84	0.00	2.42	9.1	0.110E+03	2.41

Profile definitions:

- BV = Gaussian 1/e (37%) vertical thickness
- BH = Gaussian 1/e (37%) horizontal half-width, normal to trajectory
- ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)
- ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)
- S = hydrodynamic centerline dilution
- C = centerline concentration (includes reaction effects, if any)

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL
24.43	0.00	9.00	9.1	0.110E+03	0.00	0.00	9.00	9.00
25.15	0.00	9.00	9.1	0.110E+03	2.03	1.02	8.98	6.95
25.88	0.00	9.00	9.1	0.110E+03	2.40	1.44	8.97	6.57
26.60	0.00	9.00	9.1	0.110E+03	2.64	1.76	8.97	6.33
27.32	0.00	9.00	9.1	0.110E+03	2.82	2.04	8.97	6.15
28.05	0.00	9.00	9.1	0.110E+03	2.95	2.28	8.97	6.02
28.77	0.00	9.00	9.1	0.109E+03	3.05	2.49	8.97	5.91
29.49	0.00	9.00	9.2	0.109E+03	3.13	2.69	8.97	5.84
30.21	0.00	9.00	9.2	0.109E+03	3.18	2.88	8.97	5.79
30.94	0.00	9.00	9.2	0.109E+03	3.21	3.05	8.97	5.75

31.66 0.00 9.00 9.2 0.109E+03 3.22 3.22 8.97 5.74
 Cumulative travel time = 59. sec

END OF MOD131: LAYER BOUNDARY/TERMINAL LAYER APPROACH

BEGIN MOD155: WEAKLY DEFLECTED SURFACE/BOTTOM PLUME

SURFACE/BOTTOM PLUME into a co-flow (or counter-flow)

This flow region is INSIGNIFICANT in spatial extent and will be by-passed.

END OF MOD155: WEAKLY DEFLECTED SURFACE/BOTTOM PLUME

BEGIN MOD156: STRONGLY DEFLECTED SURFACE/BOTTOM PLUME

SPECIAL CO-FLOWING, COUNTER-FLOWING OR VERTICAL DISCHARGE CASE:
 THIS FLOW REGION DOES NOT OCCUR.

END OF MOD156: STRONGLY DEFLECTED SURFACE/BOTTOM PLUME

** End of NEAR-FIELD REGION (NFR) **

The initial plume WIDTH values in the next far-field module will be
 CORRECTED by a factor 1.61 to conserve the mass flux in the far-field!
 The correction factor is quite large because of the small ambient velocity
 relative to the strong mixing characteristics of the discharge!
 This indicates localized RECIRCULATION REGIONS and internal hydraulic JUMPS.

BEGIN MOD141: BUOYANT AMBIENT SPREADING

Profile definitions:

- BV = top-hat thickness, measured vertically
- BH = top-hat half-width, measured horizontally in Y-direction
- ZU = upper plume boundary (Z-coordinate)
- ZL = lower plume boundary (Z-coordinate)
- S = hydrodynamic average (bulk) dilution
- C = average (bulk) concentration (includes reaction effects, if any)

Plume Stage 1 (not bank attached):

X	Y	Z	S	C	BV	BH	ZU	ZL
31.66	0.00	9.00	9.2	0.109E+03	5.17	5.17	8.94	3.77
67.59	0.00	9.00	13.9	0.719E+02	2.26	17.83	8.98	6.71
103.53	0.00	9.00	19.6	0.510E+02	2.12	26.80	8.98	6.85
139.46	0.00	9.00	28.6	0.350E+02	2.41	34.43	8.97	6.57
175.39	0.00	9.00	41.5	0.241E+02	2.92	41.30	8.97	6.05
211.32	0.00	9.00	59.0	0.169E+02	3.59	47.63	8.96	5.37
247.26	0.00	9.00	81.4	0.123E+02	4.40	53.57	8.95	4.55

** WATER QUALITY STANDARD OR CCC HAS BEEN FOUND **

The pollutant concentration in the plume falls below water quality standard
 or CCC value of 0.100E+02 in the current prediction interval.
 This is the spatial extent of concentrations exceeding the water quality
 standard or CCC value.

283.19	0.00	9.00	108.9	0.918E+01	5.33	59.20	8.94	3.61
319.12	0.00	9.00	141.9	0.705E+01	6.37	64.58	8.93	2.56
355.06	0.00	9.00	180.7	0.553E+01	7.52	69.74	8.92	1.40
390.99	0.00	9.00	225.5	0.443E+01	8.75	74.71	8.91	0.15

Cumulative travel time = 3652. sec

END OF MOD141: BUOYANT AMBIENT SPREADING

Bottom coordinate for FAR-FIELD is determined by average depth, ZFB = -3.00m

BEGIN MOD162: PASSIVE AMBIENT MIXING IN STRATIFIED AMBIENT

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressurs spørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.



Norsk institutt for vannforskning

Økernveien 94 • 0579 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no