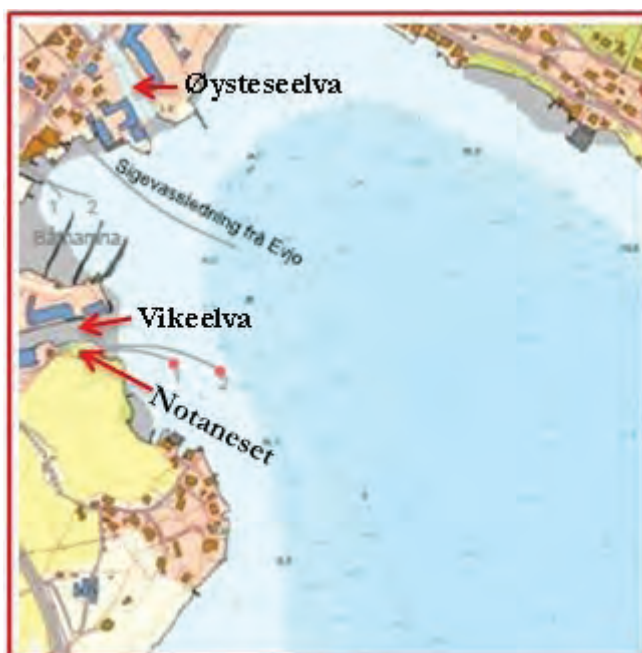


Vurderingar omkring utslepp frå planlagt reinseanlegg ved Notanes i Øystese



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

Tittel Vurderingar omkring utslepp frå planlagt reinseanlegg ved Notanes i Øystese	Løpenummer 7099-2016	Dato November 2016
Forfatter(e) Lars G. Golmen	Fagområde Hydrologi og oseanografi	Distribusjon Open
	Geografisk område Hordaland	Utgitt av NIVA

Oppdragsgiver(e) Kvam herad, ved Norconsult AS	Oppdragsreferanse Jan-Inge Nilssen
	Heftenr.:

<p>Sammendrag</p> <p>Kvam herad i Hordaland skal bygge nytt kommunalt avløpsreinseanlegg på Notaneset ved munningen av Vikeelva i Øystese. Resipient for avlaupsvatnet er Øystesebukta, der Øysteseelva og Vikeelva renn ut. Foreliggende rapport gjev greie for miljøtilhøve, målingar, vurderingar og simuleringar for ulike utsleppsløysingar. Utgangspunktet for plassering av utsleppet er i området aust-nord aust for Lundaneset. Straumen der går for det meste mot sør, bort frå elvemunningane. Sjiktinga i sjøen er slik at utsleppsvatn frå 30 m djup og djupare ikkje stig så høgt opp at det kan interferere med vatn i elvemunningane. Rapporten tilrår å legge utsleppet på minimum 35 m djup i området utanfor Lundaneset.</p>

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Kommunalt avløp Elvemunning Sjøresipient Hardangerfjorden 	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> Municipal outfall River mouth Sea recipient Hardanger fjord
--	---



Lars G Golmen
Prosjektleder



Kai Sørensen
Forskningsleder

**Vurderingar omkring utslepp frå planlagt
reinseanlegg ved Notanes i Øystese**

Føreord

NIVA fekk i oppdrag frå Kvam herad gjennom Norconsult AS å gjennomføre ei gransking i Øystesebukta ved og rundt planlagt stad for utslepp frå nytt reinseanlegg som er under planlegging på Notaneset. Utsleppet frå anlegget vil ligge ved munningen av Vikeelva og ikkje så langt frå munningen av Øysteseelva, slik at "elvemunningsproblematikk" var spesielt aktuelt å vurdere.

Prosjektet kom i gong i april 2016. Det feltmessige har bestått i eit program for måling av sjikting/hydrografi i regi av Kvam herad fram til medio oktober, samt strømmåling over ein månads tid om sommaren.

Erling Eid var kommunens kontaktperson. Fleire andre frå kommunen deltok i måleprogrammet: Nils E. Stranden, Reidar Olsen, Magnar Dalatun med fleire.

Jan-Inge Nilssen var Norconsult sin avtalepart overfor NIVA. Forskar Anna Birgitta Ledang ved NIVA bidrog med dataframstilling.

Takk til alle involverte.

Bergen/Oslo, november 2016

Lars G. Golmen

Samandrag

Kvam herad i Hordaland skal bygge nytt kommunalt reinseanlegg på Notaneset ved munningen av Vikeelva i Øystese. Anlegget vert dimensjonert for tilførsler av avlaupsvatn frå Norheimsund, Kvamskogen og Øystese. Anlegget er planlagt sett i drift med primærreinsing i desember 2018.

Tilstøytande resipient for avlaupsvatnet er Øystesebukta. Til denne bukta renn Øysteseelva og Vikeelva ut. Utslepp i nærleiken av elvemunningar har særskilt miljøfokus, og Kvam herad har gjennom Norconsult AS difor tinga ei undersøking hos Norsk institutt for vannforskning, NIVA, for å få ei nærare vurdering av utsleppspunkt av reinsa avlaupsvatn som omtalt og oppsummert i foreliggende rapport.

I perioden april-oktober 2016 vart det gjennomført ulike målingar og registreringar i indre del av Øystesebukta for å skaffe datagrunnlag for vurderingane. Med assistanse frå heradet vart det gjennomført 13 runder med hydrografiske målingar. Strømmåling utanfor Lundaneset vart utført i juni-juli, og i tillegg vart det gjort visuelle registreringar av botntilhøva m.m. Basert på datamaterialet og øvrig tilgjengeleg informasjon om reinseanlegget, elvane og Øystesebukta er det gjort analyser av målingane med etterfølgjande modellsimuleringar og vurderingar for ulike moglege utslepps-scenarier.

Dei hydrografiske målingane synte tydeleg lagdeling i sjøen det meste av tida med eit godt utvikla brakkvasslag, tydelegast om sommaren, og med sprangsjikt liggande i intervallet frå rundt 4 m til rundt 8 m djup. Oktober hadde dette året svakare/mindre mektig brakkvasslag enn elles, truleg grunna uvanleg mykje nedbør om sommaren. Strømmålingane synte moderat strømsstyrke, 3,5 – 4 cm/s i middel, frå 30 m djup og til nær overflata. Kun korte periodar med svak eller null straum. Dominerande strømreretning var mot sør/sørvest, d.v.s. bort frå elvemunningane. Sjøbotnen i munningsområda består av småstein, mens det lenger ute er meir sand og leire, med observert tett forekomst av kråkeballar.

Det er gjort simulering for utslepp av vatn i 30 m, 35 m og 40 m djup med basis i dei målte sjiktingstilhøva i Øystesebukta, høg, middels og minste utsleppsfluks samt andre inngangsdata. Modellen bereknar m.a. innlagringsdjupet for utsleppsvatnet, altså det djupet der vatnet stansar oppstiginga og byrjar spreie seg horisontalt i sjøen. Det generelle biletet frå simuleringane er at når vassfluksen aukar eller utsleppsdjupet minkar, minkar innlagringsdjupet. For utslepp i 30 m djup vil innlagringa skje rundt 18-20 m djup. For utslepp i 35 m ligg verdien rundt 25 m djup, og for utslepp i 40 m djup rundt 28-29 m djup. Grunnaste berekna verdi for høgste oppstiging for likevekta i innlagringsdjupet ved middel vassfluks er rekna til 21 m (utslepp i 40 m djup), 17 m (35 m djup) og 12.6 m (30 m utslepp).

Desse verdiane er alle godt under djupnene i munningsområda til dei to elvane i Øystesebukta. Dermed skal eit utslepp djupare enn 30 m djup ikkje kunne påverke vatnet i munningane av dei to elvane i ein normalsituasjon (Qmid), men sirkulere i Øystesebukta for det meste utover, tidvis innover, men under sjikt som sirkulerer inn/ut av munningane.

I så måte er utslepp på -30 m i følgje berekningane tilstrekkeleg djupt for å unngå risiko for påverknad. Men sett i lys av at vi ikkje har hatt tilgang på målingar frå vinterhalvåret, då sjiktinga er svakast (og oppstiginga forventast å nå høgst opp), så tilrår vi å legge utsleppet på minimum 35 m djup.

Eksakt plassering kan vurderast i høve til botntopografien men vårt utgangspunkt har vore i området der straummålaren stod, i forlenginga av dagens utslepp, aust-nord aust for Lundaneset.

Summary

Title: Environmental assessments regarding the discharge from the new municipal water treatment plant at Notanes in Øystese
Year: 2016
Author: Lars G. Golmen
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-6834-8

The municipality of Kvam in Hordaland county, Norway, plans to build a new treatment plant for most of their municipal water. The plant will be located at Notanes, on the bank of the Vikeelva river. Also the larger river Øyseselva ends up in the adjacent bay Øystesebukta, which will receive the cleaned water discharge from the plant, according to the permit issued by the County Sheriff, Fylkesmannen. Kvam municipality asked NIVA, the Norwegian Institute for Water Research, to make an assessment on the safe location of the point of discharge, with special emphasis on avoiding interference with the two rivers. The present report summarizes the results of the assessments.

During April-October 2016, a measurement campaign was performed in the Øystesebukta, in order to obtain field-data for the assessments. This included 13 surveys for hydrography, 5 weeks of current measurements, visual observations of the seabed and some experiments with current drogues. New data were analyzed and evaluated against existing data and information, prior to be used in model simulations for the discharge.

Significant stratification in the upper layers of the bay prevailed throughout the measurement period, with the main halocline usually found between 4-8 m depth. The current measurements showed moderate speed, with average around 3.5-4 cm/s from 30 m depth to near the surface, where speed was higher. The dominating current direction was towards south or south-west, i.e. away from the river mouths. The seabed was smooth with pebbles and shells in the river mouth and changing to sand and silt at larger depths. Sea urchins were present in abundance.

A numerical plume model was used to calculate the dispersion of the discharge water released at 30 m, 35 m and 40 m depth, respectively, with fluxes representative of the future discharge, and data from the bay. The depth of plume interleaving in the ambient water will deepen with deeper- and also larger discharge. This neutral depth layer will be at around 18-20 m, 25 m and 28-29 m depth, respectively, for discharge at 30 m, 35 m and 40 m depth. The shallowest calculated plume overshooting depths were around 12-13 m for the 30 m discharge, and deeper for the other alternatives.

It is concluded that these depths are all well below the shallow depths of the river mouths, so a discharge deeper than 30 m will not affect the mouths but disperse further and circulate in the bay itself before entering the fjord outside. As no winter data for stratification were available for the calculations, we recommend conservatively to locate the discharge point at minimum 35 m depth, in a position off Lundanes, in the vicinity of the discharge from the existing treatment plant.

Innhold

1 Innleiing	7
1.1 Bakgrunn for oppdraget.....	7
1.2 Nokre problemstillingar	9
1.2.1 Om utslepp i elvemunning	9
1.3 Eksisterande utslepp.....	13
1.4 Nytt, planlagt RA	13
1.5 Miljøtilstanden i Øystesebukta.....	13
1.6 Eksisterande data	14
2 Måleprogrammet i 2016	17
2.1 Hydrografimåling	17
2.2 Strømmåling.....	18
2.3 Registreringar med strømkors.....	19
2.4 Undervasskamera	19
3 Resultat for hydrografi	20
4 Resultat for strømmåling	23
4.1 Resultat for strømkors og visuelle observasjonar	28
5 Modellering	29
5.1 Berekingar med Jetmix.....	29
5.1.1 Omtale av resultata	30
5.2 Berekingar med Cormix.....	34
5.2.1 Omtale av resultata	35
6 Oppsummering	37
6.1 Hydrografi.....	37
6.2 Innlagring av utsleppsvatnet (Jetmix resultat)	37
6.3 Effekt av strømmen.....	37
6.4 Endring av vassføring i Øysteseelva	37
7 Referansar	38

1 Innleiing

1.1 Bakgrunn for oppdraget

Kvam herad i Hardanger, Hordaland, skal etablere eit nytt reinseanlegg for avlaup på Notaneset i Øystese (Figur 1 og Figur 2) ved munningen av Vikeelva. Her skal avlaupa frå områda i Øystese, Norheimsund og Kvamskogen samlast og reinsast.

Fylkesmannen har gitt løyve til at avlaupsvatnet frå anlegget, etter primærreinsing, vert sleppt ut på djupt vatn (om lag 40 m djupne) i Øystesebukta. Denne bukta høyrer til Ytre Samlafjorden i Hardangerfjorden. Der er eit utslepp i bukta dag, frå eksisterande reinseanlegg for Øystese som skal erstattast av det nye reinseanlegget plassert på same stad.

Både Vikeelva og Øysteseelva munnar ut i bukta. Det er ein føresetnad for utsleppsløyvet (side 9) at det nye utsleppet får god innblanding i sjøen ikkje medfører risiko for påverknad av strandlinja. Strandlinja inkluderer munningane (elveosane) til dei to elvane. Vikeelva vil ligge nærast utsleppet, men Øysteseelva har størst vassføring og er del av eit vassdrag med sterke miljø- og verneinteresser. Begge munningane er relativt smale og grunne, sjå foto i Figur 3.

Ved optimal plassering av avlaupet vil ein sikre god innblanding og fortykning i sjøen og at risikoen for påverknad av strandlinja blir eliminert. Føreliggande rapport omhandlar vurderingar og analyser rundt dette å finne beste plassering (avstand, djupne) for avlaupet.



Figur 1. Kart over Øystese/Norheimsund i Kvam, på nordsida av Hardangerfjorden.

Norsk institutt for vannforskning, NIVA, har lenge arbeid med problemstillingar knytt til utslepp ved elvemunningar, og med forskrifter knytt til dette (KLIF/MDIRs forskrifter/retningslinjer TA 1890/2005 og TA-2237/2007). Norconsult er rådgjevar for prosjekteringa av reinseanlegget. Selskapet kontakta NIVA våren 2016 med spørsmål om å foreslå eit prosjekt på vegne av Kvam herad rundt vurdering av plasseringa av det nye utsleppet. Avtale om dette vart inngått i april 2016, og eit måleopplegg vart starta opp omgåande (sjå kapittel 2).

Eit av måla med prosjektet, var å få verifisert sjikting- og straumtilhøve i Øystesebukta over tid og basert på dette, gje råd om utsléppspunkt som ikkje medfører at utsléppsvatnet interfererer med elvane. Måling av straum og sjikting i sjøen, var såleis viktige element, for å få grunnlag for dei etterfølgjande teoretiske vurderingane.



Figur 2. Utsnitt av sjøkartet (C-map) for Øystesebukta og sørover mot Ytre Samlafjorden og Hardangerfjorden. Raud stjerne indikerer posisjon for straummålingane sommaren 2016.



Figur 3. Foto av munningen av Vikeelva (t.v., oktober 2016) og Øysteseelva (april 2016).

1.2 Nokre problemstillingar

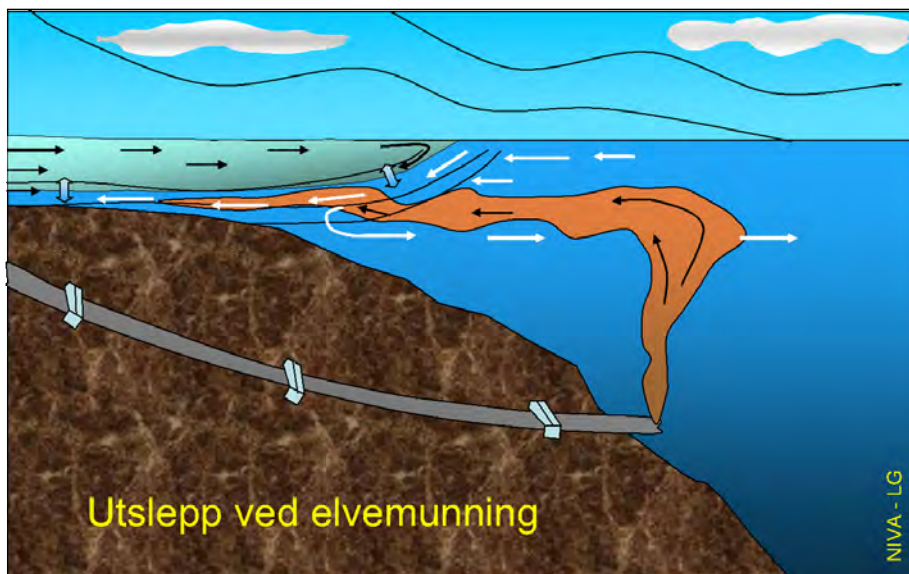
1.2.1 Om utslepp i elvemunning

Dersom eit utslepp vert definert som å ligge i ei elvemunning, kan styresmaktene gjennom Avløpsdirektivet og Forureiningsforskrifta stille strengare krav til reinsing enn om utsleppet blir ført utanfor elvemunninga. Utsleppet frå Notanes reinseanlegg fell inn under § 14 i forureiningsforskrifta der det er opna for å gjere unntak frå kravet om sekundærreinsing til mindre følsamt område. For utslepp til sjø kan unntak gjevast for utslepp mellom 10.000 og 150.000 pe, medan grensene for unntak for utslepp til elvemunning ligg mellom 2.000 og 10.000 pe.

Krava er mynta på elvar over ein viss storleik; det er referert til vassføring over $10 \text{ m}^3/\text{s}$ i veilederen (MDIR 2005). Øysteseelva har middelvassføring på $4.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ved kraftverket (NVE 2010). Vikeelva er mindre, med under halvparten av vassføringa i Øysteseelva.

Dersom BKK sine planar om overføring av vatn frå Øystesevassdraget til Samnangervassdraget vert realisert (NVE 2010), så vil vassføringa i Øysteseelva bli redusert med om lag 30%. Det overførte vatnet vil i staden gå ut i Samnangerfjorden, noko som teoretisk kan bidra til å redusere brakkvasskarakteristikken i Øystesebukta (men neppe endre blandingstilhøva for avlaupsvatnet). For minstevassføringa vert det liten endring slik vi tolkar innstillinga frå NVE. Sjå også våre kommentarar i kapittel 6.

I våre vurderingar og berekningar er det dagens situasjon for ferskvasstilførsler og sjikting i Øystesebukta som er lagt til grunn.



Figur 4. Illustrasjon av straumtilhøva i ein elvemunning og korleis eit feilplassert utslepp kan påverke vatnet og botnen i elvemunningen og innover i elva.

Det er ingen klar definisjon av omgrepet ”elvemunning” i EU sitt Avløpsdirektiv som harmonerer med norske tilhøve (MDIR 2005). Ein må difor basere seg både på faktiske målingar, simuleringar og erfaring/skjønn ved vurdering av utbreiinga av ein elvemunning, i vårt tilfelle nedre grense som kan strekke seg ut i bukta/fjorden.

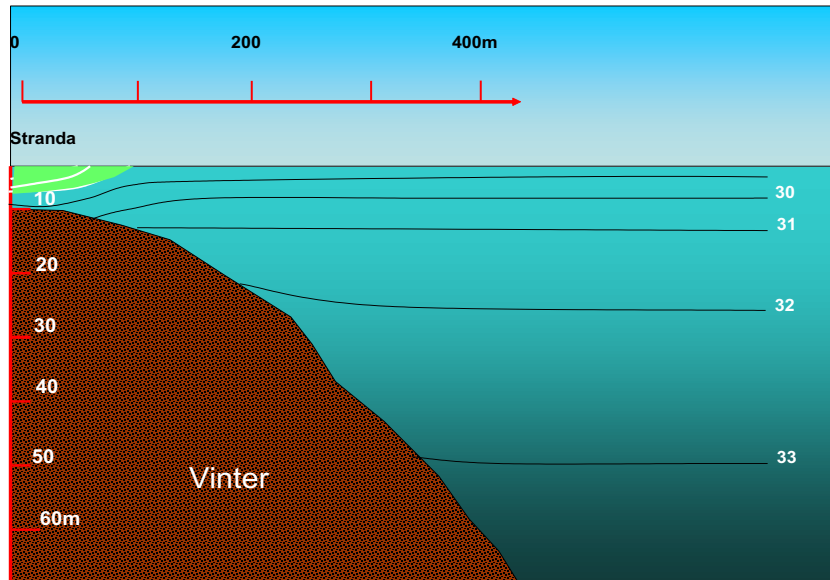
Eit ned-dykka utslepp frå eit reinseanlegg som frå det nye i Øystese, kan forventast å bestå av ferskvatn som er lettare enn sjøvatn (densitet ca 1,0 kg/l mot 1,025 kg/l for sjøvatn). Utsleppsvatnet vil dermed stige oppover i sjøen mens det gradvis blir innblanda med omgevande sjøvatn, slik at kontrasten gradvis blir utviska.

På eit visst djup vil utsleppsvatnet slutte å stige, og derfrå fordele seg horisontalt utover i sjøen i det som blir kalla innlagingsdjupet (sjå Figur 4 og Figur 24). Ved straumstille vil utbreiinga i horisontalplanet vere radielt symmetrisk, som ein soppsky. Med straum vil det oppstå ei asymmetrisk sky som fordeler seg nedstrøms frå utsleppspunktet.

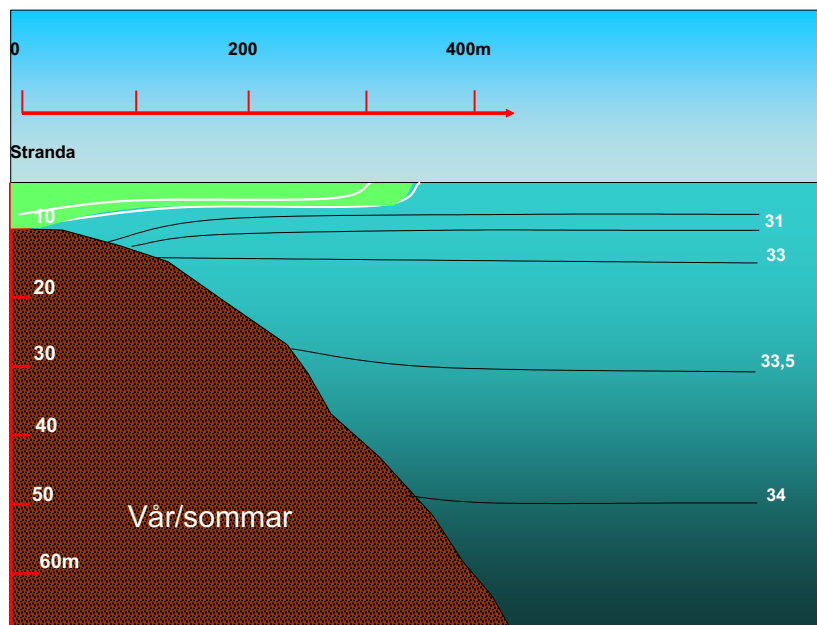
Overgangen mellom elvevatn og fjordvatn (i overflata) kan vere karakterisert av ein konvergenssone eller front med tydelege gradientar i salinitet (Figur 5 og Figur 6). Denne fronten kan også vere synleg (render eller skilnad i bølgeomønster), men let seg best bestemme med målingar i sjøen. Opplysningar om topografi, utbreiing av marin flora/fauna samt numerisk simulering kan gje støtte for slike vurderingar. For Vikeelva og Øysteseelva er det ikkje tidligare gjort spesifikke vurderingar kring dette.

For tilfellet der utsleppet ligg nær ein elvemunning vil ein ved ugunstig plassering av utsleppet kunne risikere at utsleppsvatnet blir dradd innover mot elvemunningen av den innoverretta "kompensasjonsstrømmen" som blir skapt av elvevatnet (illustrert i Figur 4). Strandlinja og botnen i munningen vil i eit slikt tilfelle kunne bli påverka, og det er difor viktig å få lokalisert aktuelle utslepp djupt nok og/eller langt nok borte frå elvemunningen til å unngå dette.

For Øysteseelva er oppvandrande og utvandrande fisk, aure//laks, noko som har ekstra merksemd. Vikeelva, til samanlikning, har hatt mindre miljøfokus, truleg fordi den er mindre viktig, økologisk sett. Oppvandring skjer om hausten i sbm gyting og med yngel/smolt som går ut om våren. Antakeleg er de desse to periodane som er mest kritisk m.o.t. påverknad.



Figur 5. Mogleg fordeling av elvevatn (grøn farge) utafor ein elvemunning om vinteren. Iso-linene er for salinitet.



Figur 6. Mogleg fordeling av elvevatn om våren/sommaren.

Utsleppsvatnet frå anlegget vil ha gjennomgått primærreinsing, det vil sei at konsentrasjonen av BOF_5 skal ha minst 20 % reduksjon eller maks 40 mg O_2/l mens suspendert stoff (SS) skal ha ein reduksjon på minst 50 % eller maks 60 mg/l. I eit vel-fungerande anlegg vil såleis mykje av partiklane bli fjerna før restvatnet går til fjorden. Utsleppsvatnet vil likevel innehalde noko suspendert stoff, som også

representerer ein viss konsentrasjon av TOC. Dette vil kunne medføre redusert vasskvalitet (reduert lystilgang m.m.) og eventuell nedslamming av botnen i området nær utsleppspunktet og eit visst potensiale for auka oksygenforbruk i sjøen.

Det er dei minste partiklane som gjerne blir med ut i fjorden, og desse kan og ha en tendens til å spreie seg fortast/lettast før dei sedimenterer på botnen. Dei vil spreie seg med utsleppsvatnet og følge straumen i området, vekk frå utsleppsstaden. Mens dei blir ført vekk vil dei kunne søkke langsamt mot botnen. Tabell 1 gjev nokre tal for kor raskt synkinga kan skje for ulike partikkelstorleiker.

Med faktiske tal for karakteristikken til avlaupsvatnet, kopla mot målingane i sjøen og modellberekningar, vil ein kunne sei noko om kor stort influensområdet i Øystesebukta kan verte.

Innblanding nede i djupet av avlaupsvatn bestående av ferskvatn vil kunne bidra til å redusere sjiktinga (svekke brakkvasslaget) og sirkulasjonen i Øystesebukta. I teorien vil slik endring og refordeling kunne påverke artar i strandsona og endre vekstvilkår for desse (saltare vatn).

Eit dykka utslepp vil på den andre sida bidra til betre blanding og omrøring/utskifting i sjøen rundt utsleppspunktet, noko som kan verke i positiv retning miljømessig sett.

Tabell 1. Nokre eksempel på synkehastighet for partiklar i sjø, for ulike partikkelstorleik. Frå Akvaplan-niva (2010).

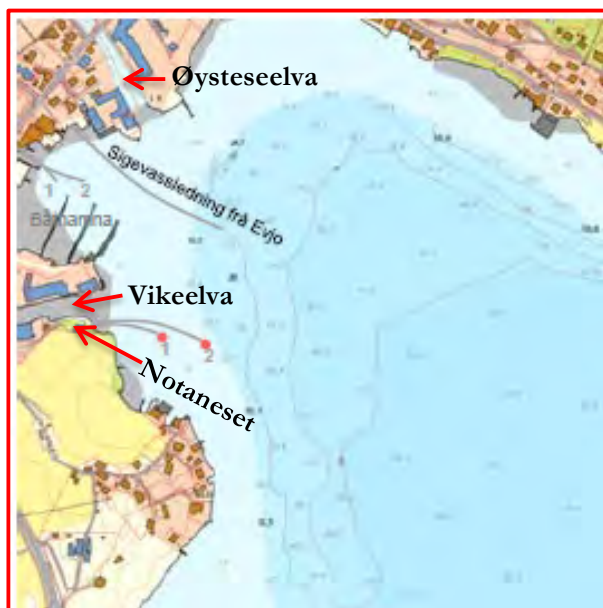
Partikkelstørrelse [μm]	Vertikal synkehastighet [m/døgn]
2000	934662,7
1000	230327,6
500	9213,1
200	2303,2
100	1474,1
80	914,2
63	575,8
50	368,5
40	207,3
20	92,1
15	51,8
10	23,0
5	5,8
2	0,9

Meddriving av nærings salt til overflata

Det neddykka utsleppet av vatn vil stige oppover i sjøen og vil trekke med seg noko sjøvatn som kan ha høgare nærings saltkonsentrasjon enn vatnet i overflata. Viss utslepps-"skya" stig opp til overflatesjiktet vil slike tilførsler teoretisk kunne medføre risiko for auka algevekst.

Vatnet frå djupare sjikt i Øystesebukta kan ha noko høgare nærings saltverdiar enn grunnare sjikt (målingar frå 2009 tyder på det). I og med at utsleppet skal leggjast djupt nok til å unngå overflatepåverknad, skal slik "kunstig oppstrøyming" ikkje medføre nokon merkbar verknad på algevekst i øvre lag i dette tilfellet.

1.3 Eksisterande utslepp



Der er i dag eitt utslepp til indre del av Øystesebukta frå det eksisterande reinseanlegget i Øystese. Anlegget ligg der det nye anlegget er tenkt plassert, på Notaneset, som er del av søre breidda av Vikeelva. Sjå kartet i Figur 7, avlaup merka "1". Avlaupet merka "1" er eit eksisterande naudoverlaup.

I tillegg går det ut ei sigevassledning litt lenger inne, nærare munningen av Øysteseelva.

Figur 7. Eksisterande utsleppsleidningar i Øystesebukta (frå Resipientanalyse, 2011, med våre påteikningar).

1.4 Nytt, planlagt RA

Det nye reinseanlegget skal lokaliserast på sørsida av munningen til Vikeelva, sjå Figur 8. På teikning i figur 8 viser ein også at det er mogleg å etablere ei framtidig gangbru tvers over elvemunningen. Anlegget er planlagt å stå ferdig innan utgangen av 2018. Utsleppsløyvet gjeld for inntil 16.120 pe.

Utsleppsleidningen vil gå frå anlegget og ut i bukta (Figur 8) til, antydningvis 40 m djup (jfr. utsleppsløyvet), utan diffusor dersom det er tilrådeleg.

40 m djup kan nåast i forlenginga av dagens leidning ut forbi punktet der straummålaren stod sommaren 2016. Vår hydrografiske stasjon (målepunkt) Nr 7 var ved 40 m djup (Figur 12).

Dimensjonerande vassføring gjennom det nye anlegget vil bli (Kjelde Norconsult):

Q maks:	400 m ³ /time
Q middel:	70 m ³ /time
Qmin (antatt):	40 m ³ /time

Til samanlikning er middelvassføringa i Øysteseelva på 4,8 m³/s, eller vel 17.000 m³/time. Dette syner at det er, relativt sett, små vassmengder som vil gå ut frå det nye reinseanlegget til fjorden.

1.5 Miljøtilstanden i Øystesebukta

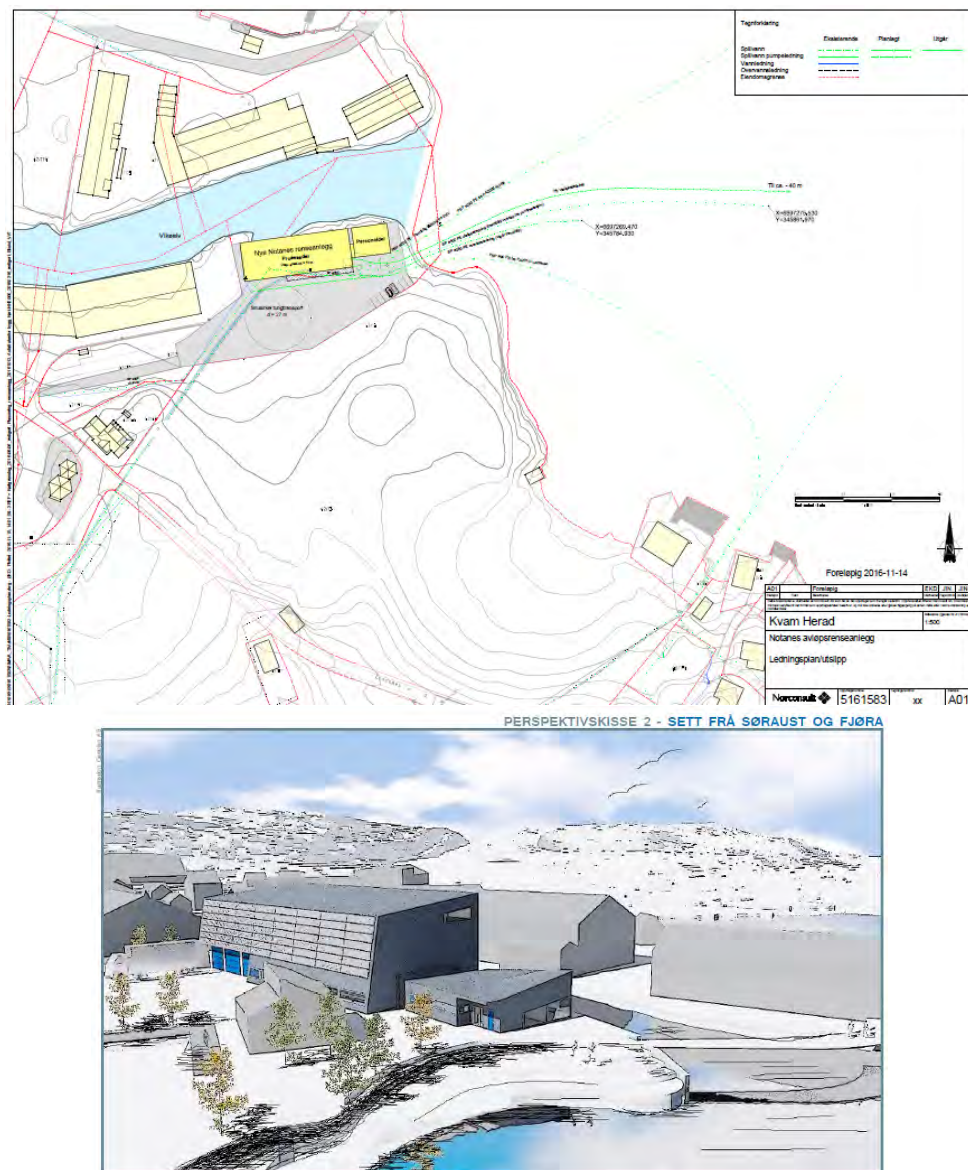
Miljøtilstanden i Øystesebukta vart karakterisert som god etter granskningane i 2009 (Resipientanalyse 2011) og motsvarande etter NIVAs granskningar i 2015 på Stasjon S4 (NIVA 2016, sjå avsnitt 1.6). Vasskvaliteten er karakterisert som "Særs god". Botnfaunaen viser trend mot meir artsrikdom, samanlikna med prøver frå 1981 og framover (NIVA 2016). Det synest vere lite/ingen teikn på påverknad frå eksisterande utslepp i strandsona eller på botnen, bortsett frå litt sedimentering på botnen lokalt i utsleppsområdet (Resipientanalyse 2009).

1.6 Eksisterende data

Målingane som Resipientanalyse gjennomførte sommaren 2009, utgjer eit omfattande materiale, sjå rapporten (Resipientanalyse 2011). Døme på resultat, målt salinitet og temperatur, er synt i Figur 9.

NIVA gjennomførte ei resipientgransking i Hardangerfjorden og Sørfjorden sommaren 2015 (NIVA 2016). Denne inkluderte også prøvetaking i Øystesebukta. Det vart gjort hydrografimålingar på ein stasjon S4 der det er 65 meter djupt, og på ein stasjon S5 lenger ute ved 306 m djupne mot Samlafjorden som er relativt langt frå indre deler av bukta og elvemunningane, som er av størst interesse no.

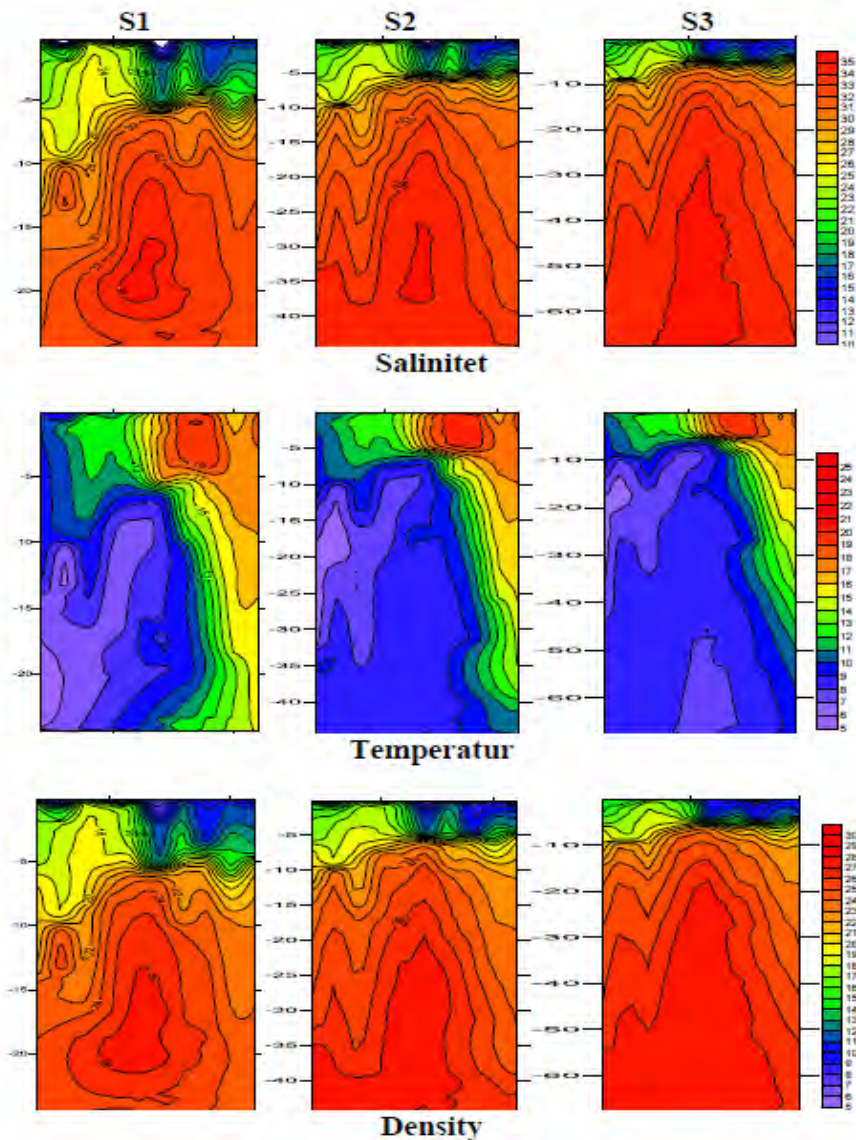
Resultat frå målingane (salinitet) gjennom sommaren 2015 på Stasjon S4 er synt i Figur 10. Målingane både på S4 og S5 synte tidvis sterk sjikting med brakkvatn ned til ca 5 m djup.



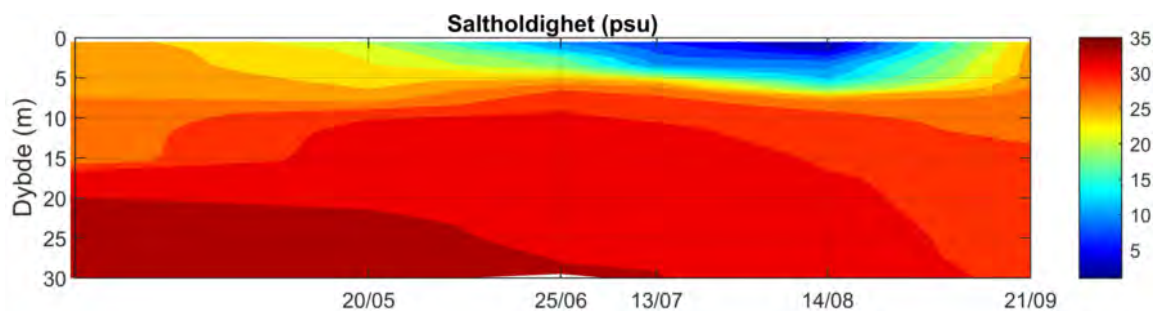
Figur 8. Øverst: Situasjonsplan (Norconsult 2016) med nytt anlegg (skarp gul farge) og leidningar i sjøen. Nedst: Skisse av nybygget på Notaneset ved Vikeelvas munning (Geoplan 2015).

Resipientanalyse gjennomførte også strømmåling i nærleiken av utslippet frå Notaneset i perioden 26. juni til 27. juli 2009. Resultat av desse målingane er synt i Figur 11. Den gjennomsnittlige straumen i heile vassøyla låg i alle måledjup over 8,0 cm/s. Påverknaden frå tidevatnet var liten, og retninga varierte (Resipientanalyse 2011). Ut frå det me kan sjå av målingane, var det tendens til sørgående strøm i alle måledjup.

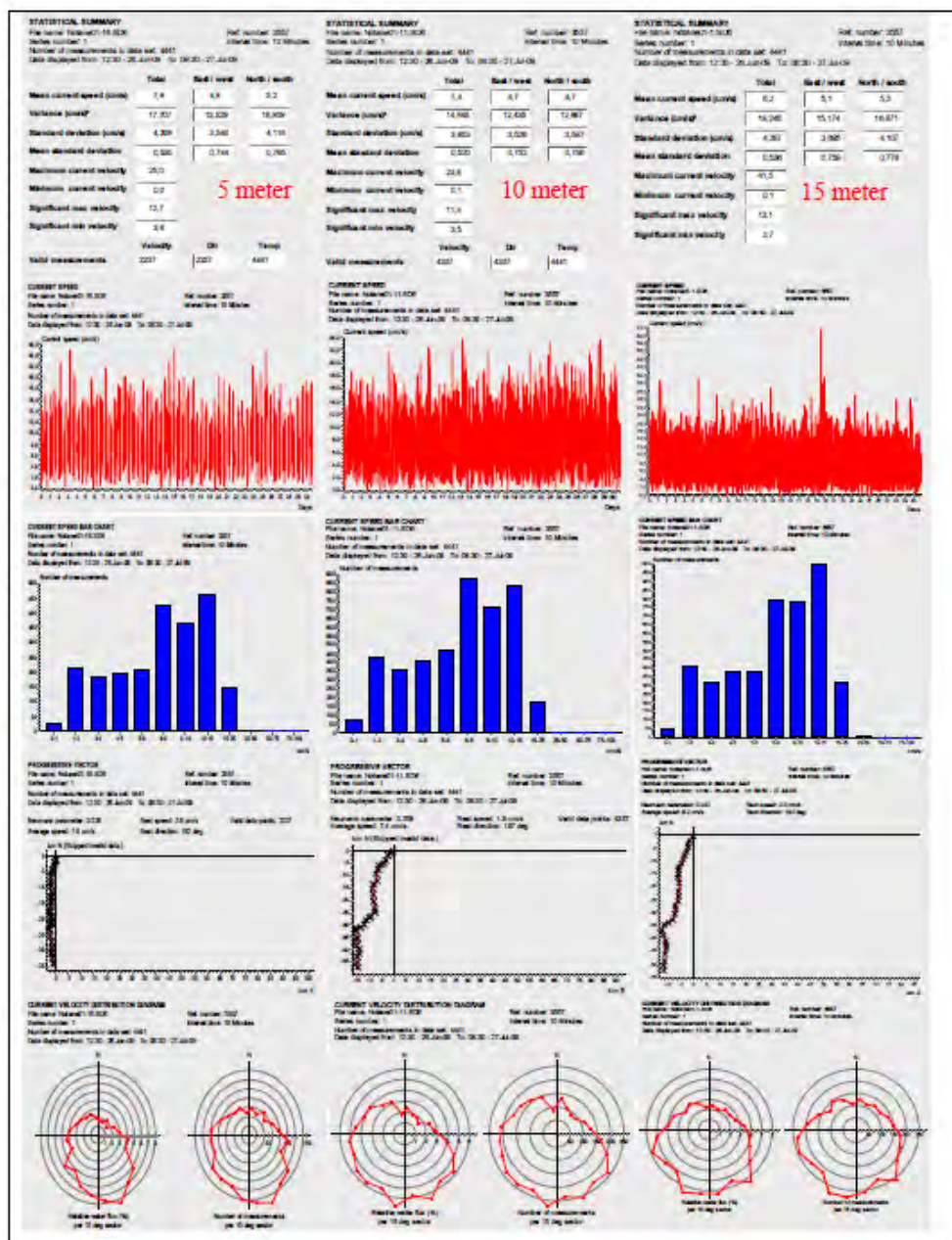
Sams for dei gjennomførte målingane, også dei nye målingane, er mangel på målingar om vinteren. Dette er imidlertid truleg den minst sensitive perioden m.o.t. miljøpåverknad.



Figur 9. Tidsutvikling for målt salinitet og temperatur, samt utrekna densitet frå 11. mai-10. august 2009 på tre stasjonar i Øystesebukta frå nær land (S1) og ut til 60-70 m djup (S3). (Resipientanalyse 2011).



Figur 10. Målt salinitet i Øystesebukta, Stasjon S4, sommaren 2015 (NIVA 2016).



Figur 11. Resultat av strømmåling i Øystesebukta 26. juni til 27. juli 2009 i Øystesebukta (frå Resipientanalyse 2011).

2 Måleprogrammet i 2016

2.1 Hydrografimåling

Prosjektet hadde relativt knapp tidsramme og det vart difor rigga for å få kome i gong raskt og å samle inn så mykje data som mogleg, noko for å ta høgde for evt. spørsmål som kunne dukke opp undervegs.

Innafor prosjektperioden i 2016 vart det samla inn data for salinitet/temperatur i sjøen; hydrografi, i eit fast stasjonsnett i munningsområdet og utover (Figur 12). Det var 16 posisjonar (stasjonar) i alt, som vart repetert med måling med SAIV type STD-sonde om lag kvar 10. dag med assistanse frå kommunen. Data frå kvart tokt vart sendt til NIVA for kontroll og lagring.

I løpet av perioden var det 12 tokt, med eit supplerande tokt 13. oktober då det vart målt i to punkt. Tabell 2 syner tidspunkt og omfang av desse målingane.



Figur 12. Stasjonsnettet for hydrografi i 2016. "Målar" indikerer posisjon for strømmålaren. Figur: Kvam herad.

Tabell 2. Oversyn over tokt og målepunkt for hydrografi i måleperioden i 2016.

Posisjon	Toktdato, 2016													
	11/4	12/5	24/5	2/6	15/6	28/6	7/7	27/7	11/8	23/8	7/9	29/9	13/10	
1	X		X	X			X	X	X	X	X	X		
2	X		X		X		X		X	X	X	X		
3	X		X	X	X		X		X	X	X	X	X	
4	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X		
5	X	X	X	X	X		X			X	X			
6	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X			
7	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	
8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
9	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X		
10	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
11	X													
12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
14	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
15	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X		
16	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		
17	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	(X)		

X: OK data. Pos. 11 tatt ut av programmet etter 1. tokt

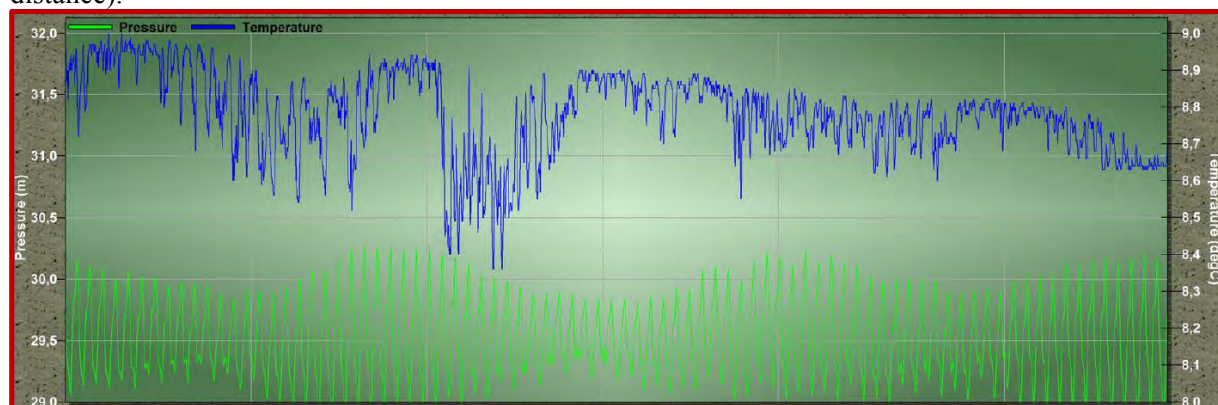
2.2 Strømmåling

Strømmålingane i prosjektet vart gjennomført i eit punkt i området for planlagt nytt utslepp ut for Lundaneset (sjå posisjon i Figur 2 og Figur 12). Måleperioden var 25. mai – 5. juli 2016.

Strømmålaren stod like over botnen, på om lag 30 m djup (Figur 13). To trålkuler i 10 m langt tau frå målaren løfta denne opp og heldt den vertikalt (utan at kulene kom i vegen for lydstrålane). Figur 14 syner rigg-anordninga. Djupet på staden var omlag 31 meter.

Måleinstrumentet var ein profilerande Doppler (NORTEK 600 kHz Aquapro) målar som ved hjelp av lyd-pulsar registrerer strømmen samstundes og fortløpande i mange sjikt (celler) oppover i vassøyla. Lydpulsane (tre svingingar) går på skrå oppover, i ein liten vinkel frå vertikalen. Trålkulene låg såleis i skuggen av lydbanane slik at dei ikkje forstyrra målingane. Talet på måleceller var satt til 20, kvar celle var 3 m tjukk. Måleintervallet var 10 minutt.

Dette er ein effektiv måte å måle straumfart på, og med det arrangementet som vi nytta, slapp vi overflatebøye. Målaren vart senka ned etter eit tau, som vi så slakka ut og la langs botnen nordover til land ved Lundaneset. Opptak av målaren skjedde ved å plukke opp dette tauet og så hale opp riggen igjen. Målaren gjev tett med data i vertikalen, men øvste sjiktet nær overflata, kan ha usikre data grunna refleksjonar frå sjøoverflata. Likeeins har sjiktet nærast målaren usikre data (blanking distance).



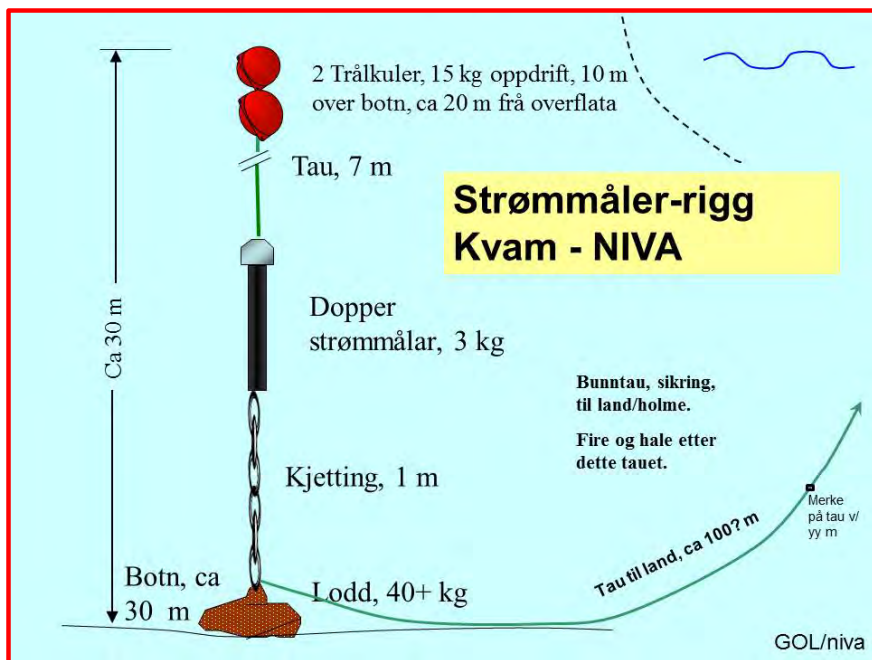
Figur 13. Målt temperatur (blå kurve) og trykk (djup) gjennom måleperioden. Sensorane var plassert i sjølve målaren som stod på om lag 30 m djup. Trykket varierte +/- 0.5 meter rundt middelerdien på 29,5, i takt med flo-fjøre. Det kan sjåast eit sekundært signal i tidevatnet, med ein lokal toppverdi før full flo, og motsvarande på fallande sjø.

2.3 Registreringar med strømkors

På nokre av hydrografitokta vart det satt ut to s.k. strømkors for å følgje med korleis dei dreiv. Strømkorsa hang frå overflatemarkør i h.h.v. 0.5 m og 3 m djup. Dei vart satt ut i same posisjon, og så kunne ein følgje med og notere posisjonen etterkvart som dei skilde lag, grunna ulik straum nedover i djupet.

2.4 Undervasskamera

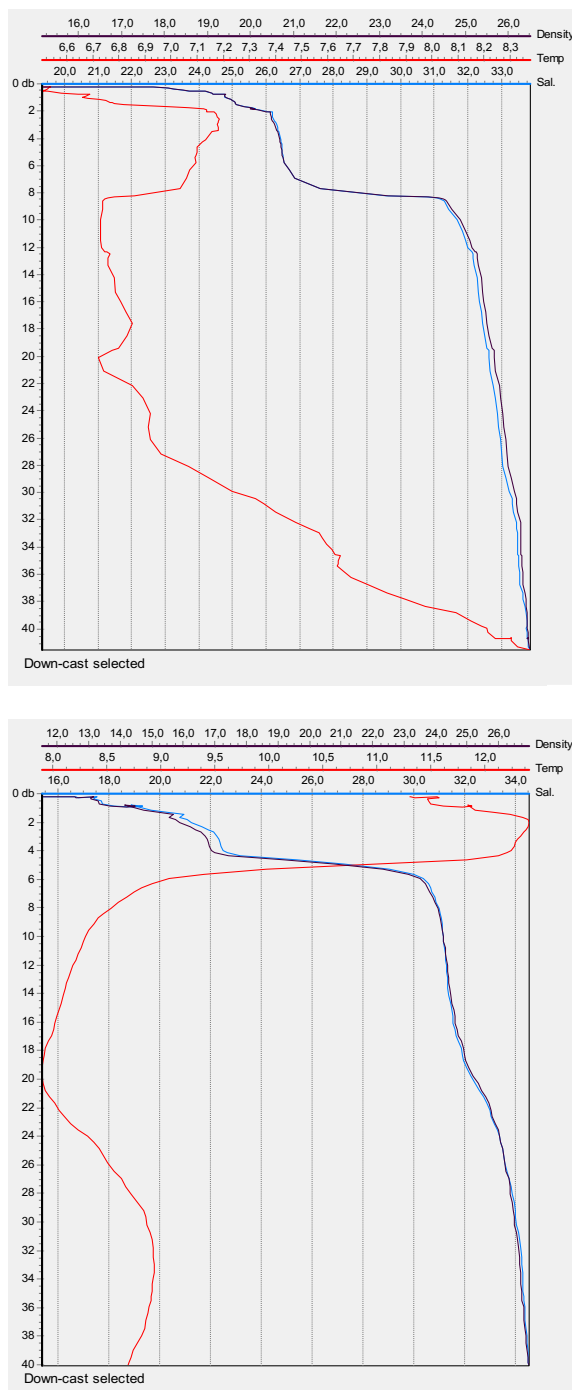
13. oktober gjorde me eit tokt med eit nedsenkbart kamera for å studere sjøbotnen i området ved elvemunningane og utover i retning tiltenkt utsleppsstad.



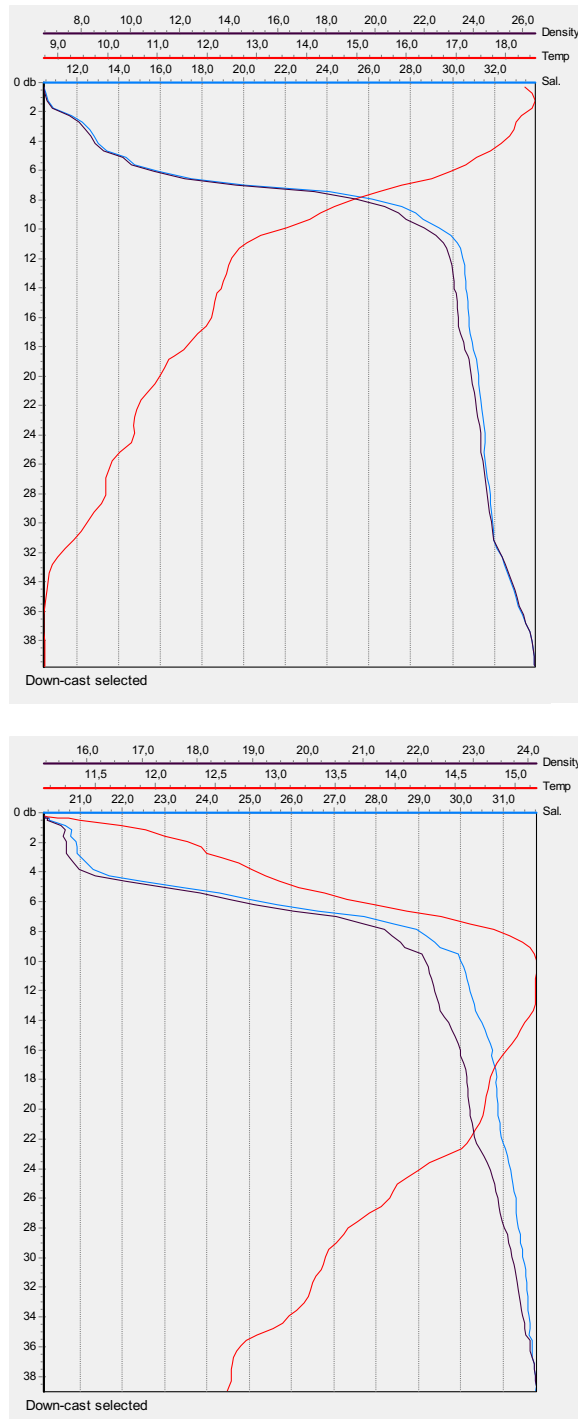
Figur 14. Skisse av rigging for strømmålar i Øystesebukta. Botndjupet var rundt 31 m, målarer stod i 30 m djup.

3 Resultat for hydrografi

Eksempel på vertikalprofilar er synt i Figur 15 og Figur 16, i dette tilfellet for målepunkt 7, som er i området for planlagt utslepp. Målingane der rakk ned til 40 m djup eller djupare. Målingane frå punkt 7 er også nytta vidare i modellberekningane (Kapitel 5). Resultata syner eit bra utvikla brakkvasslag, tydelegast om sommaren, med sprangsjikt varierende frå rundt 4 m til rundt 8 m djup. Sommaren 2016 var veldig fuktig på Vestlandet fram til august, og dette er reflektert i sjiktinga. Oktober hadde svakare/mindre mektig brakkvasslag enn om sommaren.



Figur 15. Hydrografisk profil (målepunkt 7) målt 11. april (øverste graf) og 24. mai, 2016.



Figur 16. Hydrografisk profil (målepunkt 7) målt 27. juli (øverste graf) og 13. oktober, 2016.

Målingane frå nær overflata i punkta (stasjonane) på lina frå Lundaneset og retning mot nordaust er henta ut og lista opp i Tabell 3. Målingane får kvart tokt er gjennomgått og verdiar mest mogleg representative for 0.25 m og 0.75 m djup er notert. Målesonden målte i tidsintervall og det var sjeldan målingar i eksakt desse djupa slik at nærliggande måleverdiar er interpolert skjønsmessig mellom nærliggande djup.

Verdiane i 0.25 m var, som forventa, alltid lågare enn verdiane i 0.75 m djup. Resultata syner ein tendens til lågast salinitet på Lundanes-sida av bukta, men det er ingen markerte skilnader eller frontar, og tidvis er det mindre salte vatnet midt i bukta eller over på andre sida. Det kan tyde på at vatnet frå dei to elvane har ein tendens til hyppigast å følgje fjorden utover på Lundanes-sida.

Skilnadane frå tokt til tokt kan skuldast varierende elvetilførsel og varierende lagdeling i tilstøytande Samlafjorden, og tidspunkt i høve til flo/fjøre kan også ha påverka sjiktinga. Med så mange gjennomførte prøverunder bør utslaga grunna desse faktorane bli jamna ut.

Tabell 3. Målt salinitet (saltinnhald, gram/kg) like under overflata (0-0.5 m) og rundt 0.75 m djup i sjøen i Øystesebukta på dei åtte stasjonane langs lina frå Lundaneset og mot nordaust. Med berekna gjennomsnittsverdi pr tokt (høgre kolumnen) og pr stasjon (nedre line). Lågaste salinitetsverdiar for kvart tokt er indikert med gul farge. Ruter merka med "-" representerer manglande stasjonsdata, og verdiar merka med "?" var vanskeleg å bestemme grunna manglande målingar i aktuell djupne.

0-0.5 m

Dato/Stasjon	St 8	St 9	St 10	St 5	St 12	St 13	St 14	St 15	Snitt
11/4	16.0	24.7	22.1	18.5	21.5	18.9	13	10.4	18.1
12/5	-	15.5	-	22.5	22.8	16.5	-	-	19.3
24/5	10.0	13.0	8.2	15.1	9.0	7.5	11.3	15.0	11.1
2/6	10.4	12.4	15.8	16.0	14.5	15.0	16.3	13.3	14.2
15/6	5.1	5.6	5.0	6.2	4.6	10.5	11.0	-	6.9
28/6	7.5	-	13.0	-	9.2	12.2	15.7	14.5	12.0
7/7	10.0	-	8.0	10.0	8.5	8.5	12.1	10.0	9.6
27/7	7.2	9.1	7.4	-	7.9	10.7	10.8	10.7	9.1
11/8	5.5	6.4	14.5	-	13.8	9.0	13.0	9.0	10.2
23/8	9.0	8.2	8.9	9.0	9.0	9.1	8.0	8.8	8.8
7/9	13.4?	8.0	5?	6.6	5?	5?	4?	10?	-
29/9	8.0	5?	6?	-	3?	-	-	-	-
Snitt	9.3	11.4	11.4	13.0	12.1	11.8	12.3	11.3	

0.75 m

Dato/Stasjon	St 8	St 9	St 10	St 5	St 12	St 13	St 14	St 15	Snitt
11/4	25.1	25.6	25.5	24.6	23.8	22.0	23.7	24.2	24.3
12/5	-	25.8	-	26.0	26.1	25.7	-	-	25.9
24/5	18.6	17.7	16.8	18.5	20.0	19.7	17.5	17.7	18.3
2/6	13.3	14.5	17.5	17.5	17.6	18.7	19.0	18.3	17.1
15/6	5.9	8.0	7.5	9.0	11.0	10.7	11.2	-	9.0
28/6	10.4	-	13.9	-	14.8	15.2	15.9	16.0	14.4
7/7	10.8	-	12.4	13.2	11.3	12.2	12.4	12.0	12.0
27/7	9.0	10.2	9.9	-	10.7	10.9	11.6	11.4	10.5
11/8	12.5	13.8	15.0	-	14.4	14.5	14.0	13.9	14.0
23/8	9.2	9.0	9.2	9.2	9.2	9.2	9.0	9.1	10.4
7/9	13.6	13.7	11.4	13.5	14.0	14.0	14.0	13.0	13.4
29/9	14.2	15.0	-	-	13.3	16.4	14.0	14.8	14.6
Snitt	13.0	15.3	13.9	16.4	15.5	15.8	14.8	15.0	

4 Resultat for strømmåling

Resultat frå strømmålingane er synt i Figur 17 - Figur 20, som tidsseriar for strømfart og strømreretning i fire utvalde måledjup. Det var moderat strømfart i den aktuelle perioden, med verdiar rundt 4 - 5 cm/s. Det var sjeldan/aldri heilt strømsstille. Maksimalverdiane var oppe i ca 20 cm/s. Retningen synte dominans av rundt 200 grader, d.v.s. strøm mot sør-sørvest.

Strømrosene i Figur 21 er for dei same fire utvalde måledjupa. Rosene gjev eit grafisk inntrykk av retningsvariasjonen og med tilhøyrande strømfart i ulike retningsintervall. Sektorane mot sør/sørøst ser ut til å dominere med omsyn til tal på målingar.

Framstillinga av sk. progressiv vektor diagram for same seriane i Figur 22 syner same tendensen, med netto transport i retning sør, eller sørvest nærare botn, på det aktuelle målepunktet.

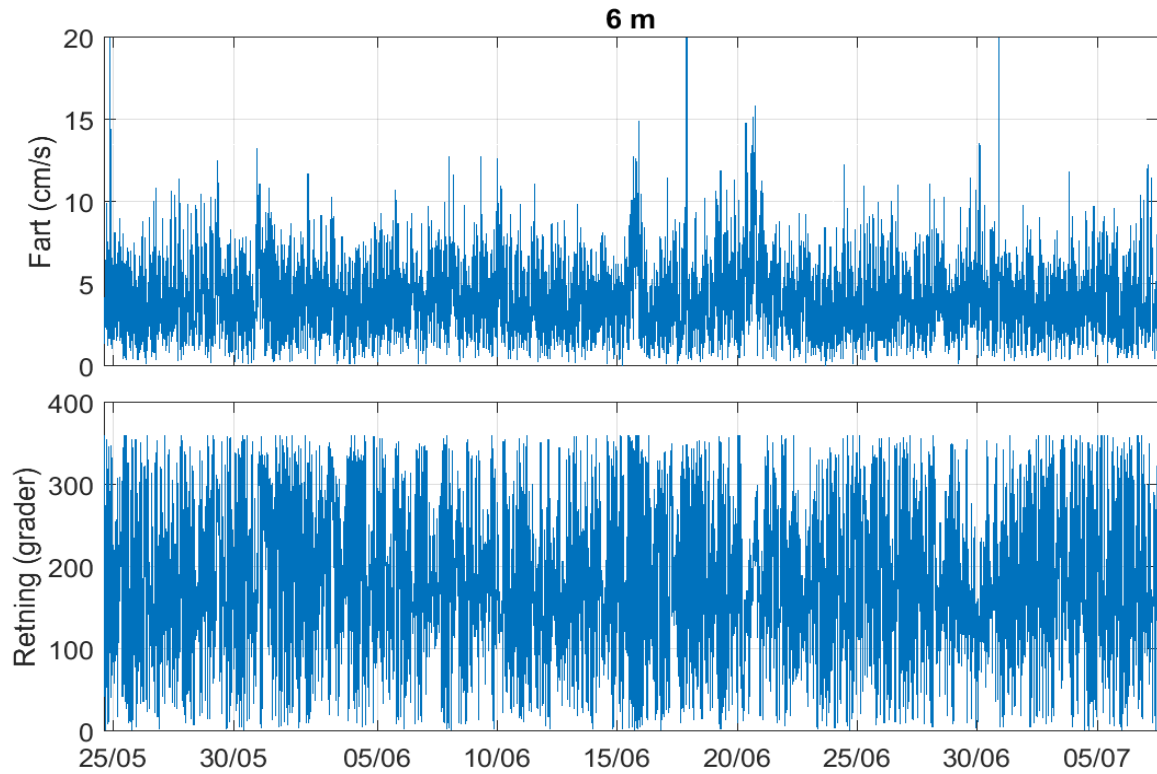
Statistikk for strømmålingane er summert opp i Tabell 4. Det framgår at midlare strømfart låg rundt 3,5 - 4 cm/s, og maksimalverdiane mellom 12 og 23 cm/s, med unntak av målingane i 3 m djup som synte langt høgare verdiar (kan skuldast falske refleksar for overflata).

Det er ingenting i målingane som tilseier eit sjikt med reversert, inngåande strøm under overlatelaget, slik som kan opptrè i elvemunningar (jamfør omtale i Avsnitt 1.2.1). Dette indikerer at strømmålaren stod utanfor sjølve sona for munningsområdet.

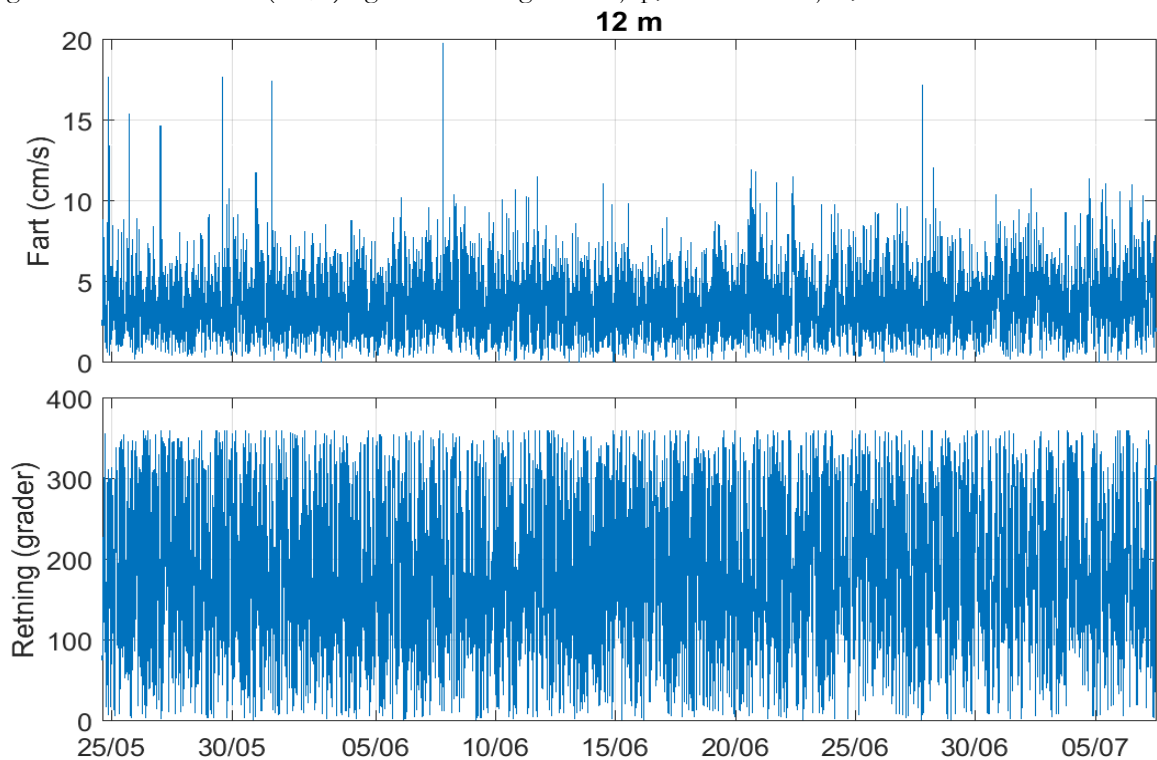
Kvalitativt sett harmonerer resultatata med målingane i 2009.

Tabell 4. Statistikk for strømmålingane frå botnen og opp mot overflata. Verdiane for strømfart er i cm/s, for retning er det kompass-retning, i grader. 10 % og 90 % er percentilverdiar. Målingane i 3 m djup kan vere usikre.

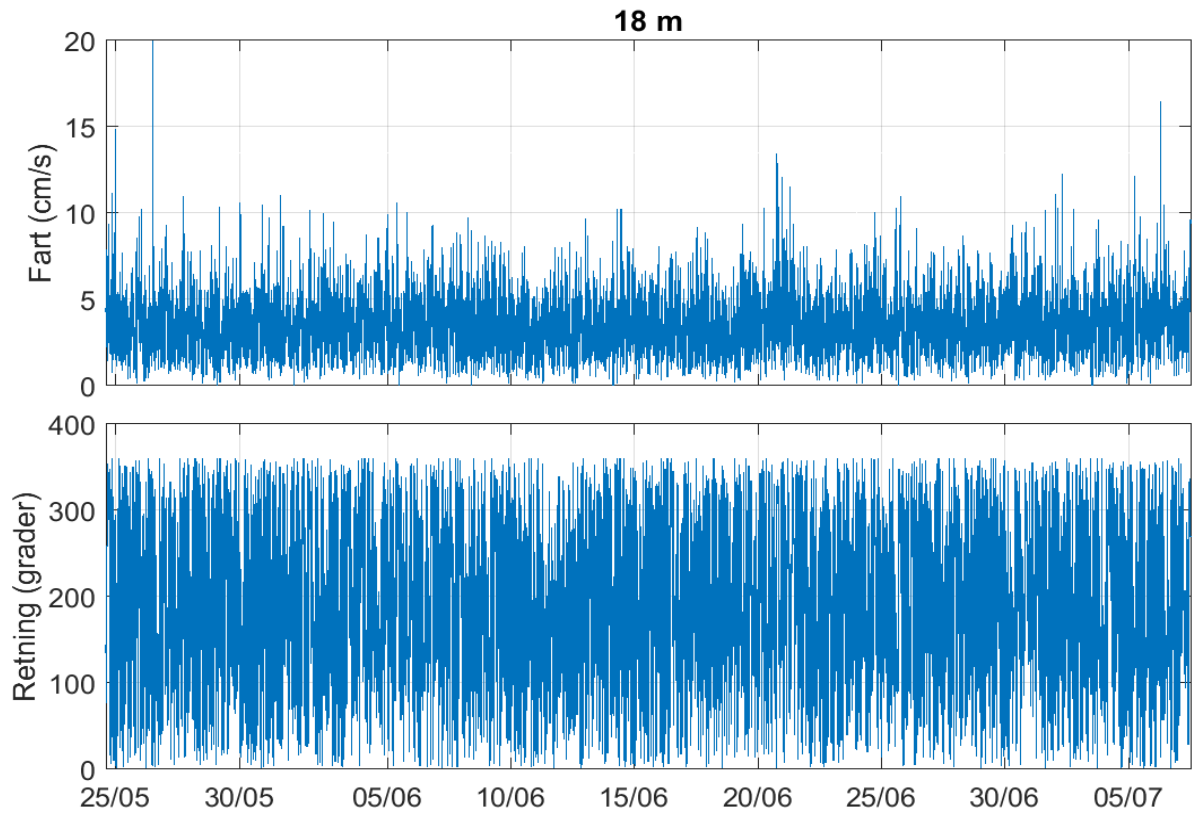
Depth (m)	Mean	Min	Max	10 %	90 %	mean Dir
27.0	3.6	0.0	12.6	1.3	6.2	186.7
24.0	3.5	0.0	13.9	1.2	6.0	193.8
21.0	3.5	0.0	21.7	1.2	6.1	192.3
18.0	3.5	0.0	22.3	1.3	6.0	191.9
15.0	3.4	0.0	21.4	1.2	5.8	187.1
12.0	3.6	0.0	19.8	1.3	6.3	190.1
9.0	3.9	0.0	22.9	1.3	6.7	189.1
6.0	4.1	0.0	21.8	1.4	7.0	186.8
3.0	25.0	0.0	97.4	4.2	58.7	174.1



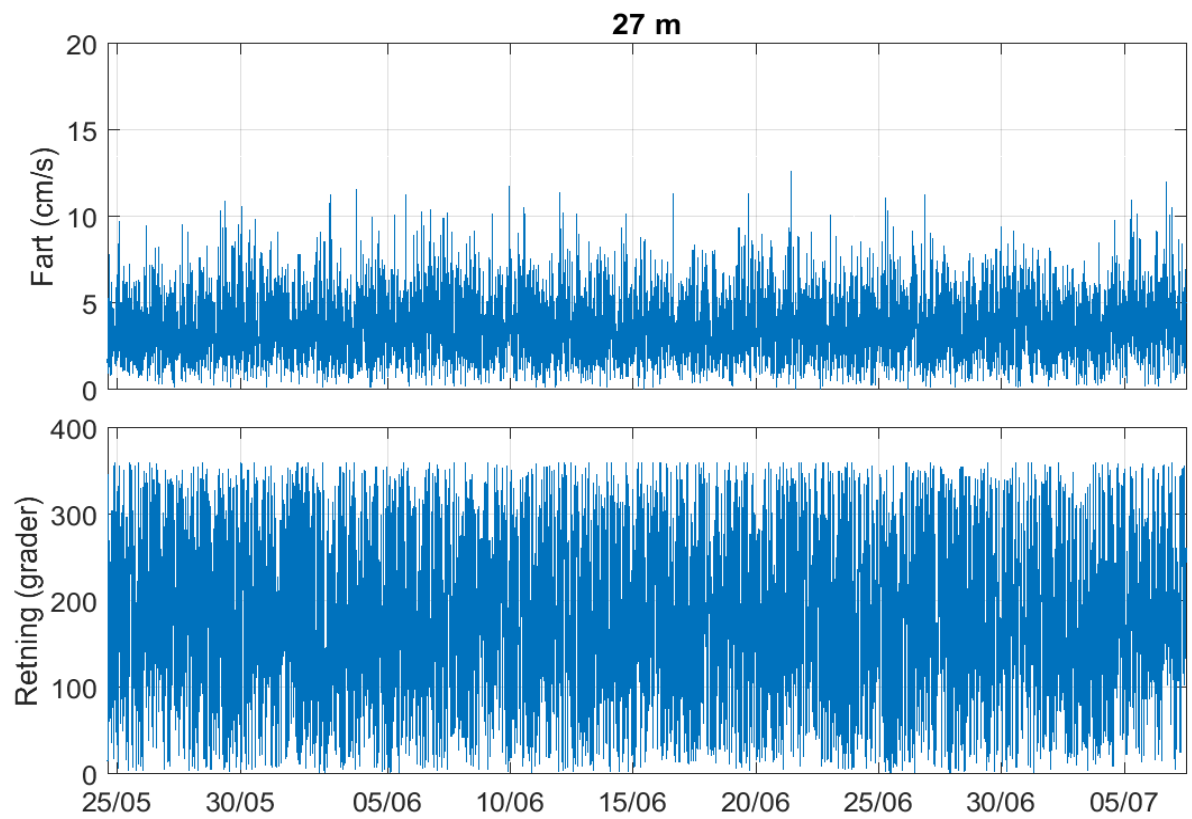
Figur 17. Målt strømfart (cm/s) og strømretning i 6 m djup, 25. mai til 5. juli, 2016.



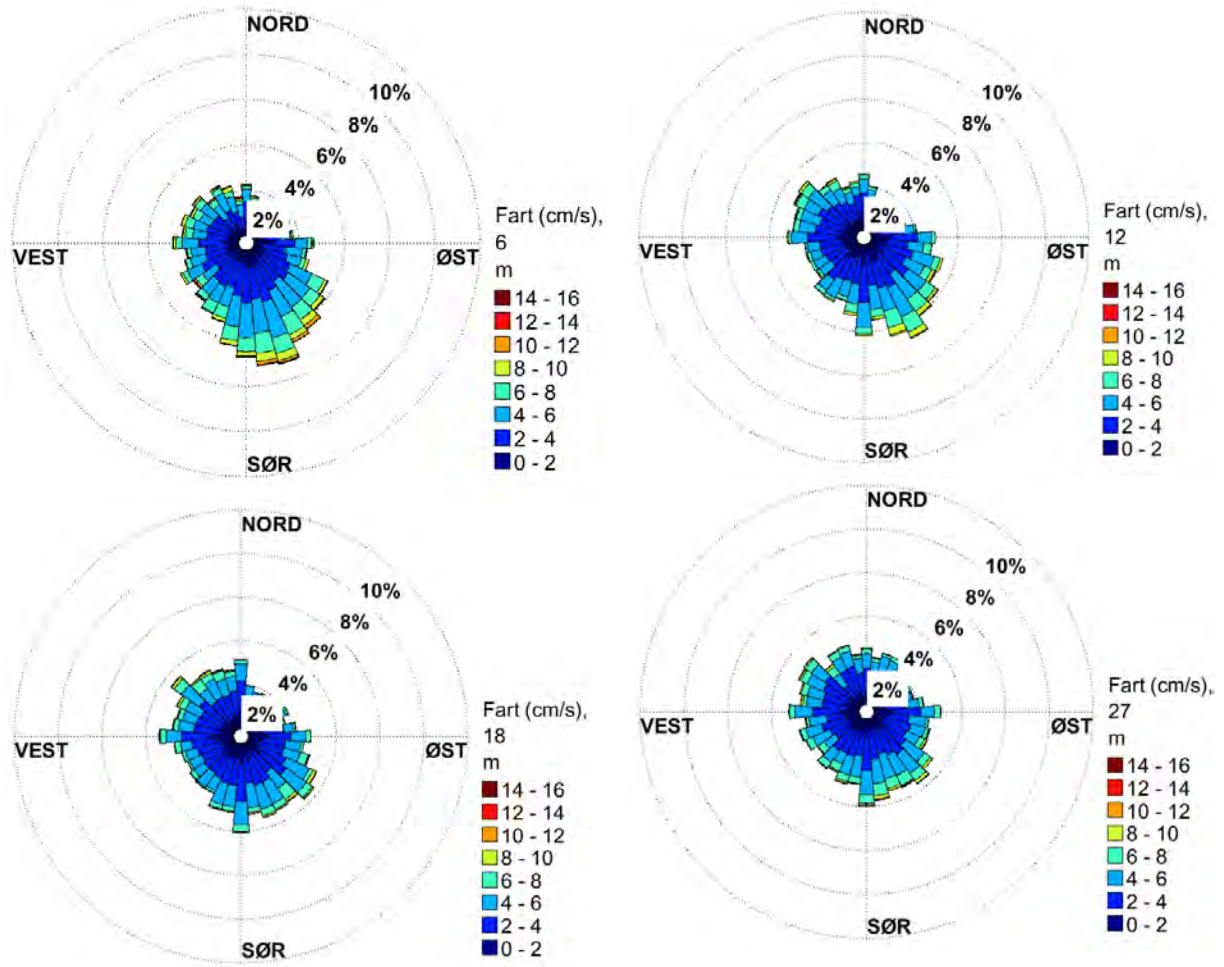
Figur 18. Målt strømfart (cm/s) og strømretning i 12 m djup, 25. mai til 5. juli, 2016.



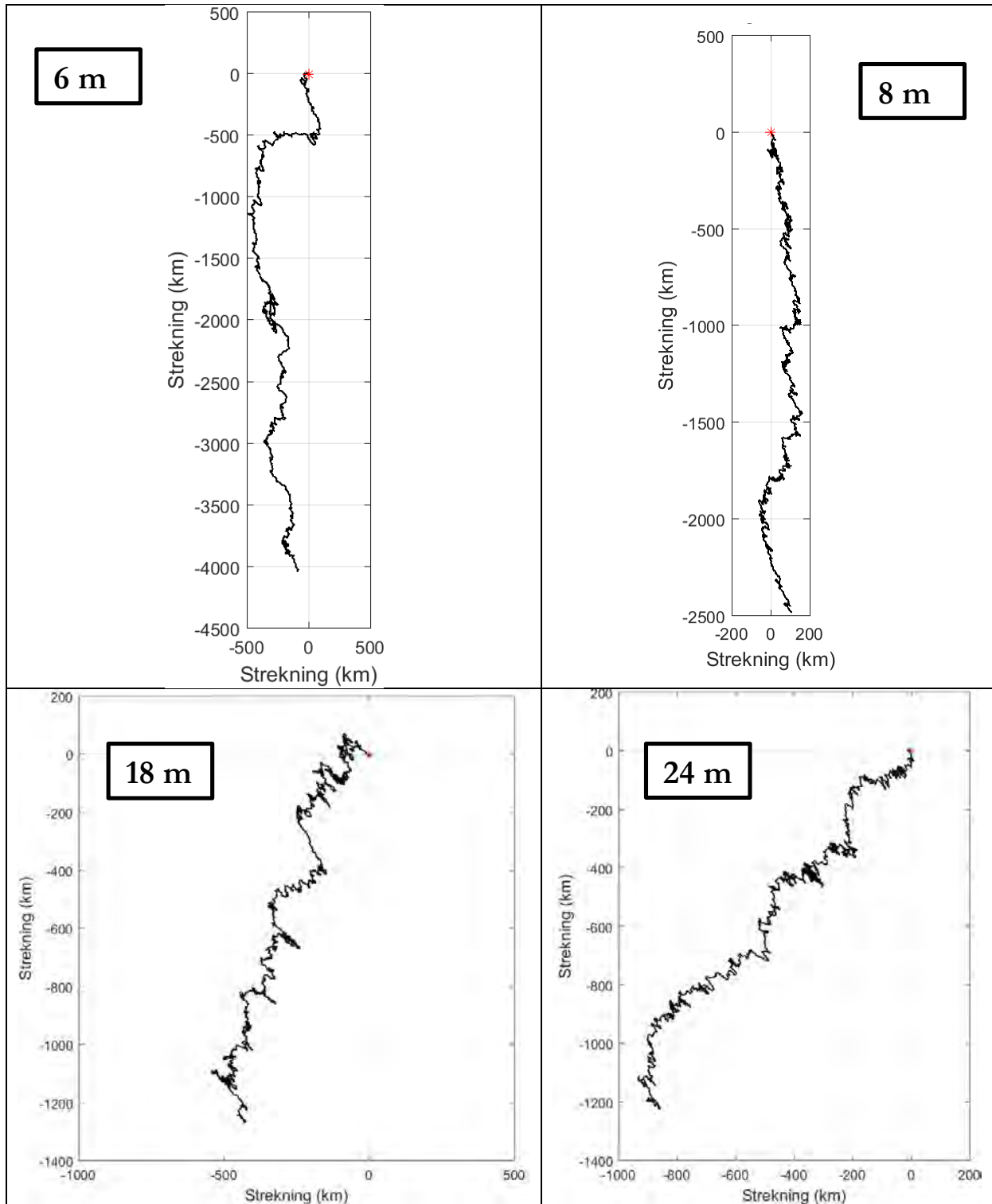
Figur 19. Målt strømfart (cm/s) og strømretning i 18 m djup, 25. mai til 5. juli, 2016.



Figur 20. Målt strømfart (cm/s) og strømretning i 27 m djup, 25. mai til 5. juli, 2016.



Figur 21. Strømroser for 6 m, 12 m (øvrste rekke), 18 m og 27 m (nedste rekke) djup.



Figur 22. Progressiv vektor diagram for måleseriene i 6 m, 8 m, 18 m og 27 m djup. Retning Nord er opp, Retning Sør er ned etc. Kurvene er framstilt ved å addere kvar strømobservasjon (fart, retning) vektorielt til føregående observasjon. Målestart er i koordinat (0,0), markert med raud farge. Alle seriane viser netto sør- eller sørvestgåande strøm i målepunktet.

4.1 Resultat for strømkors og visuelle observasjonar

Strømkorsa i 0,5 m og 3 m djup vart i regelen plassert ut på same stad, utanfor munningen av Øysteseelva. Etter ei tid dreiv dei frå kvarandre (vertikalt straumskjer), og med tendens til at det grunnaste korset dreiv raskast (ved forsøket 23. august låg grunnaste korset tilnærma i ro). Hovudretninga var bort frå elva, mot sørvest eller sør, for begge korsa. Raskaste korset kunne drive 150-200 m i løpet av ein times tid (strømfart rundt 5 cm/s). Det var ikkje teikn på at korsa vart dregne inn mot elvemunningen under desse forsøka.

Under toktet 13. oktober sjekka vi, saman med kommunens representant, botntilhøva med eit nedsenkbart kamera med monitor i båten. Botnen i begge elvemunningane ut til ca 3 m djup og vidare utover mot planlagt utsleppspunkt vart observert visuelt, med augo ned til om lag 2 m djup og så med kamera djupare ned.

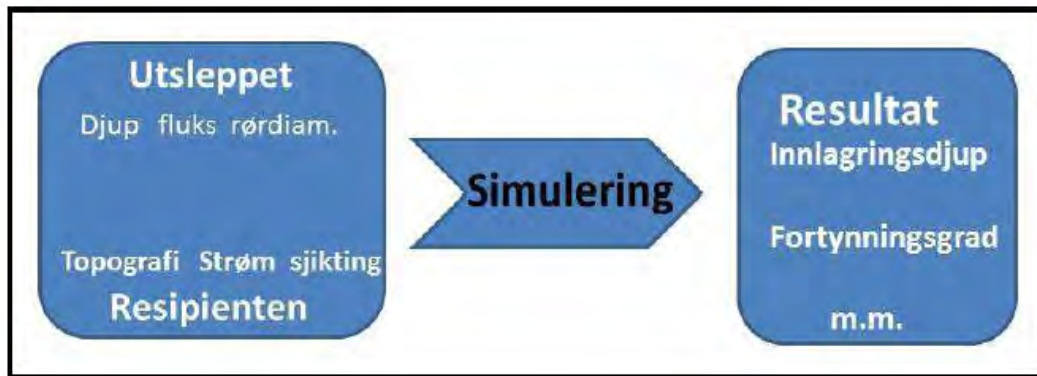
Hovudtrekket var flatt og jamn botn, med småstein og frisk og fin botn inst i munningane, med overgang til sand/leire lenger ut. Munningen av Vikeelva er svært grunn så vi kom oss ikkje langt inn i munningen der. Følgjande vart registert:

- Ingen observerte større steinar, skrentar eller hindringar.
- Botnen var stadvis dekkja av tangrestar, skjelrestar og noko gammalt lauv.
- Det var stort innslag av kråkeballar frå ca 10 m djup og nedover til 20 - 25 meter.
- Ingen synleg forureining vart observert.

Fleire rørleidningar vart observert i området sør/aust for Lundanes, ingen observerte skadar på desse.

5 Modelling

Vi har berekna sannsynleg forløp for oppstiging, fortynning og innlagring av utslippsvatnet for nokre scenario for utslipp (fluks, tid, djup) basert på eitt utslipp gjennom røyrenden (ingen diffusor). Til dette har vi nytta NIVAs numeriske modell JETMIX (Bjerkeng og Lesjø 1973). Modellen CORMIX-GI er deretter brukt for å sjå på effekt av strømmen og nedstrøms fortynning. Figur 23 illustrerer flyten mellom inngangsdata og resultat.



Figur 23. Illustrasjon av data-input og gangen i utslpps-simuleringane.

5.1 Berekingar med Jetmix

Formålet med å kjøre JETMIX er å finne kor høgt opp utslippsvatnet vil stige opp før det blir innlagra (sjå eksempel på innlagring i Figur 24). Dersom innlagringa skjer tilstrekkeleg djupt, er det sannsynleg at øvre og meir synlege og eksponerte sjikt ikkje blir berørt. Modellen tar ikkje inn effekten av strømmen. Strømmen vil tendere til å bremse oppstiginga og gje raskare fortynning. Resultata frå JETMIX simuleringane er såleis å rekne som konservative, miljømessig sett.

Simuleringane er for ferskvatn og evt. stoff som er løyst i dette. Evt. lette eller tunge partiklar vil kunne skilje seg ut frå utslippsskya og enten stige vidare oppover eller søkke til botnen. Det er då tale om ein fleirfase prosess som vår modell ikkje simulerer.



Figur 24. Foto frå laboratorieforsøk med farga oppstigande (lett, ferskt) vatn i ei sjikta væske (sjøvatn).

Scenarier for utsleppet frå Notanes RA i Øystese

Som utsleppspunkt har vi tatt utgangspunkt i kartet, Figur 2, rundt det punktet der strømmålaren stod, ved 30-40 m djup.

Scenaria er representert ved:

- 1) Hydrografiske forhold i det aktuelle sjøområdet basert på data innsamla i måleperioden i 2016, s 13 profiler i alt, fordelt over vår-sommar-tidleg haust.
- 2) Røyr (PE) med 400 mm innv. diameter.
- 3) Utslepp i h.h.v. 30 m, 35 m og 40 m djup gjennom ein opning, d.v.s. ingen diffusor.
- 4) Simulering for den aktuelle rørdiameteren med utsleppsfluks på 40 m³/time, 70 m³/time og 400 m³/time. (Motsv. 0.11, 0.02 og 0.01 m³/s).

Vi har i modellkjøringane latt enden av leidningen ligge med ei helling på 5° nedover langs sjøbotnen, m.a.o. strålen er då retta litt nedover (kan varierast).

5.1.1 Omtale av resultatata

Resultata av kjøringane for dei 3 x 13 scenaria er presentert i Tabell 5 - Tabell 7.

DEPTH angir likevektsdjupet for utsleppsvatnet etter at det har nådd innlagingsdjupet. Vi ser at når vassfluksen aukar, minkar innlagingsdjupet (DEPTH). For 30 m djup utslepp ligg dette typisk rundt 18 - 20 m djup; djupast for Q_{min}. Grunnaste verdi er 12,7 m (v/Q_{max}, i april).

For utslepp i 35 m djup flyttar innlagingsverdiane seg nedover med om lag 5 m, d.v.s. same som utsleppsdjupet. Typisk verdi ligg då rundt 25 m djup. Grunnaste innlagring nå er i 16,5 m djup (v/Q_{max}, i april).

For utslepp i 40 m djup flyttar innlagingsverdiane seg ytterlegare nedover med 3 - 4 m, d.v.s. no litt mindre enn auken i utsleppsdjupet. Typisk verdi ligg då rundt 28-29 m djup. Grunnaste innlagring nå er i 20 m djup (framleis ved Q_{max}, i april).

Grunnaste berekna verdi for høgste oppstiging før likevekt ved Q_{mid} er 21 m (utslepp i 40 m djup) og 17 m (35 m djup) og 12,6 m (30 m utslepp). Dette er godt under djupnene i munningsområda til dei to elvane i Øystesebukta.

Center Dilution angir fortynningsgraden i senter av skya ved innlagring. Denne ser ut til å ligge oftast i intervallet 25X til 50X, avhengig av fluks og aktuell sjikting (årstid).

Tabell 5. Resultat av kjøring av JETMIX modellen for tenkt utslepp i **30 m djup**, med h.h.v. 5, 10 og 20 l/s vassfluks (Scenario 1-3) og 400 mm diameter rør. Kalkulert for 13 situasjonar/ profiler (Profile No.). ”DEPTH” er innlagringsdjupet etter at skya er komme i likevekt, mens EQS og GRAV angir kor høgt opp skya kan stige før den søkk ned igjen til likevektsdjupet.

ENTRAINMENT AND DILUTION, MANIFOLD NR. 1 OUTFALL SITE: KVAM 30 m

JET DATA AFTER CONTRACTION					!PRO- !	RESULTS							
					! FILE !	NEUTRAL		POINT		EXTREMAL DEPTHS			
Flux	DEPTH	DIAM.	VEL.	ANGLE	! NR. !	WIDTH	ANGLE	CENTER	DEPTH		EQS.	GRAV.	
m3/h	(M)	(M)	(M/S)	DEG.	! !	(M)	DEG.	DILUT.	(M)		(M)	(M)	
400	30.0	.40	.89	-5	! 1 !	4.6	85	34	12.7	8.5	6.4		
					! 2 !	4.1	85	27	15.1	10.8	7.1		
					! 3 !	3.2	83	19	19.1	14.4	5.1		
					! 4 !	3.7	85	25	16.3	12.2	5.5		
					! 5 !	3.4	83	20	18.3	13.2	6.2		
					! 6 !	3.5	83	20	18.3	14.1	8.7		
					! 7 !	3.2	83	20	18.6	15.0	9.9		
					! 8 !	3.6	84	22	17.3	11.7	7.7		
					! 9 !	3.5	83	21	17.8	14.1	11.2		
					! 10 !	3.6	83	22	17.4	12.7	7.0		
					! 11 !	3.6	83	22	17.4	11.9	7.5		
					! 12 !	3.5	84	21	17.7	14.2	10.6		
					! 13 !	4.2	84	28	14.8	9.9	5.8		
70	30.0	.40	.16	-5	! 1 !	3.0	89	55	17.5	12.6	8.3		
					! 2 !	2.8	89	46	18.7	15.1	10.7		
					! 3 !	2.2	88	31	21.5	18.8	13.9		
					! 4 !	2.8	89	48	18.6	15.7	11.9		
					! 5 !	2.2	88	33	21.2	18.2	12.9		
					! 6 !	2.0	88	27	22.3	19.1	13.5		
					! 7 !	2.4	89	36	20.4	17.9	14.5		
					! 8 !	2.6	89	40	19.7	16.9	11.8		
					! 9 !	2.2	88	31	21.4	18.0	13.7		
					! 10 !	2.3	88	34	20.8	17.6	12.4		
					! 11 !	2.2	88	33	21.1	17.8	11.5		
					! 12 !	2.5	89	39	19.8	17.0	13.8		
					! 13 !	2.8	88	42	19.1	14.8	10.1		
40	30.0	.40	.09	-5	! 1 !	2.7	89	66	18.8	14.8	9.4		
					! 2 !	2.5	89	53	20.1	16.8	12.4		
					! 3 !	1.9	89	38	22.3	19.9	16.0		
					! 4 !	2.5	89	59	19.7	16.8	13.4		
					! 5 !	2.0	89	40	22.1	19.5	15.2		
					! 6 !	1.7	89	32	23.2	20.7	15.8		
					! 7 !	2.2	89	46	21.1	18.8	16.0		
					! 8 !	2.3	89	47	20.8	18.2	14.1		
					! 9 !	1.9	89	36	22.4	19.5	15.0		
					! 10 !	2.0	89	40	21.9	19.1	14.5		
					! 11 !	2.0	89	40	21.9	19.3	14.1		
					! 12 !	2.3	89	49	20.5	18.1	15.1		
					! 13 !	2.0	89	40	21.8	17.2	11.3		

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

Tabell 6. Resultat av kjøring av JETMIX modellen for tenkt utslepp i **35 m djup** i Øystesebukta med h.h.v. 5, 10 og 20 l/s vassfluks (Scenario 1-3) og 164 mm diameter rør. Kalkulert for seks situasjoner/profilar (Profile No.). "DEPTH" er innlagingsdjupet etter at skya er komme i likevekt, mens EQS og GRAV angir kor høgt opp skya kan stige før den søkk ned igjen til likevektsdjupet.

ENTRAINMENT AND DILUTION, MANIFOLD NR. 1 OUTFALL SITE: KVAM 35 m

JET DATA AFTER CONTRACTION													RESULTS			
Flux	DEPTH	DIAM.	VEL.	ANGLE	! PRO-	! NR.	WIDTH	ANGLE	CENTER	DEPTH	EXTREMAL	GRAV.				
m3/h	(M)	(M)	(M/S)	DEG.	!	!	(M)	DEG.	DILUT.	(M)	EQS.	(M)				
400	35.0	.40	.89	-5	!	1 !	4.9	86	37	16.5	10.3	6.9				
					!	2 !	4.4	85	30	19.1	13.7	8.6				
					!	3 !	3.6	84	24	21.9	17.5	9.1				
					!	4 !	4.4	85	33	18.2	14.1	7.9				
					!	5 !	3.7	84	24	21.6	16.9	8.6				
					!	6 !	3.3	84	20	23.3	18.5	10.7				
					!	7 !	3.9	83	24	21.3	17.7	13.1				
					!	8 !	3.9	83	23	21.5	16.9	9.9				
					!	9 !	3.6	84	23	22.2	17.0	11.8				
					!	10 !	3.7	83	23	22.1	17.3	9.9				
					!	11 !	3.7	84	24	21.4	16.3	8.8				
					!	12 !	4.1	84	27	19.9	16.0	11.7				
					!	13 !	4.0	84	26	20.5	13.6	6.6				
70	35.0	.40	.16	-5	!	1 !	3.3	89	62	21.4	17.2	10.6				
					!	2 !	2.6	89	41	24.6	20.3	13.6				
					!	3 !	2.6	89	44	24.3	21.3	17.0				
					!	4 !	3.1	89	58	22.1	18.2	13.8				
					!	5 !	2.6	89	42	24.6	21.4	16.7				
					!	6 !	2.3	89	35	25.9	22.9	18.2				
					!	7 !	2.3	88	31	26.5	22.6	17.5				
					!	8 !	2.4	88	32	26.0	22.4	17.0				
					!	9 !	2.6	89	42	24.5	21.7	16.9				
					!	10 !	2.3	88	33	25.9	22.5	17.2				
					!	11 !	2.5	89	41	24.7	21.1	15.8				
					!	12 !	2.9	89	47	23.3	19.8	15.8				
					!	13 !	2.7	89	44	24.0	20.7	13.7				
40	35.0	.40	.09	-5	!	1 !	2.9	89	72	23.1	19.2	13.3				
					!	2 !	2.2	89	47	26.1	22.5	16.0				
					!	3 !	2.4	89	55	25.2	22.4	18.8				
					!	4 !	2.8	89	69	23.5	19.9	15.4				
					!	5 !	2.3	89	51	25.7	22.7	18.4				
					!	6 !	2.0	89	42	26.8	24.1	20.1				
					!	7 !	1.8	89	32	28.1	24.9	19.1				
					!	8 !	2.0	89	33	27.7	24.7	19.5				
					!	9 !	2.3	89	48	25.8	22.8	18.8				
					!	10 !	2.0	89	38	27.2	24.2	19.4				
					!	11 !	2.3	89	49	25.7	22.5	18.1				
					!	12 !	2.5	89	54	24.8	21.5	17.3				
					!	13 !	2.5	89	54	25.0	22.2	17.0				

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

Tabell 7. Resultat av kjøring av JETMIX modellen for tenkt utslepp i **40 m djup** i Øystesebukta med h.h.v. 5, 10 og 20 l/s vassfluks (Scenario 1-3) og 164 mm diameter rør. Kalkulert for seks situasjoner/profilar (Profile No.). "DEPTH" er innlagingsdjupet etter at skya er komme i likevekt, mens EQS og GRAV angir kor høgt opp skya kan stige før den søkk ned igjen til likevektsdjupet.

ENTRAINMENT AND DILUTION, MANIFOLD NR. 1 OUTFALL SITE: KVM 40 m

JET DATA AFTER CONTRACTION					!PRO-	!	RESULTS						
					!	!	NEUTRAL		POINT	EXTREMAL			
					!	!				DEPTHS			
HOLE	DEPTH	DIAM.	VEL.	ANGLE	!	NR.	!	WIDTH	ANGLE	CENTER	DEPTH		
m3/h	(M)	(M)	(M/S)	DEG.	!	!	!	(M)	DEG.	DILUT.	(M)	EQS.	GRAV.
					!	!	!					(M)	(M)
400	40.0	.40	.89	-5	!	1	!	5.2	86	42	20.0	13.4	7.6
					!	2	!	4.2	85	29	24.6	17.9	9.6
					!	3	!	4.2	85	31	24.0	19.6	12.7
					!	4	!	4.9	86	40	21.1	15.8	9.8
					!	5	!	4.2	85	31	24.3	19.4	11.6
					!	6	!	3.8	85	26	26.0	21.5	13.6
					!	7	!	3.3	84	20	28.3	22.2	14.3
					!	8	!	2.9	82	15	30.6	24.5	14.1
					!	9	!	4.1	85	28	24.9	20.3	13.6
					!	10	!	3.7	84	24	26.8	21.4	12.9
					!	11	!	4.0	84	27	25.2	20.0	11.7
					!	12	!	4.4	84	29	24.2	18.8	13.5
					!	13	!	4.3	85	31	23.9	18.1	8.7
70	40.0	.40	.16	-5	!	1	!	3.4	89	65	26.1	21.0	13.5
					!	2	!	2.9	89	50	28.3	24.7	18.2
					!	3	!	3.1	89	57	27.2	23.6	19.3
					!	4	!	3.4	89	68	25.9	21.3	15.5
					!	5	!	3.0	89	56	27.5	23.9	19.0
					!	6	!	2.7	89	47	28.8	25.6	21.1
					!	7	!	2.2	89	34	31.0	28.1	22.0
					!	8	!	1.9	88	24	32.8	30.3	24.8
					!	9	!	2.9	89	47	28.5	25.0	20.3
					!	10	!	2.4	89	38	30.3	26.8	20.7
					!	11	!	2.9	89	46	28.6	25.1	20.3
					!	12	!	2.4	88	36	30.4	25.5	18.3
					!	13	!	2.9	89	51	27.9	23.8	17.9
40	40.0	.40	.09	-5	!	1	!	2.9	89	78	27.6	23.5	16.7
					!	2	!	2.6	89	62	29.2	26.2	21.1
					!	3	!	2.7	89	69	28.6	25.1	20.9
					!	4	!	3.0	89	82	27.2	23.3	17.6
					!	5	!	2.7	89	70	28.5	25.3	20.9
					!	6	!	2.5	89	59	29.7	26.8	22.9
					!	7	!	2.0	89	42	31.8	29.2	24.7
					!	8	!	1.6	89	28	33.7	31.4	27.4
					!	9	!	2.5	89	53	30.2	26.8	22.1
					!	10	!	2.2	89	48	31.0	28.2	23.1
					!	11	!	2.1	89	43	31.5	27.0	21.2
					!	12	!	2.1	89	42	31.5	28.1	21.2
					!	13	!	2.7	89	63	28.9	25.6	20.7

EXTREMAL DEPTHS:- EQS. : MIXING CONTINUED AFTER NEUTRAL POINT

- GRAV.: NO MIXING, ONLY GRAVITY AFTER NEUTRAL POINT

5.2 Berekingar med Cormix

Resultata frå strømmålingane gjev grunnlag for å bedømme effekten av strømmen på fortynninga og spreininga i nærsona, og også kva retning avlaupsvatnet vil ta vidare. CORMIX-GI er opprinneleg utvikla for EPA i USA, og seinare gjort betre tilgjengeleg som Windows versjon, ref. Jirka et al. 1994. Modellen har tre modular, og CORMIX1 som vi har nytta, er for simulering av dykka utslepp.

Tabell 8. Oversyn over oppsett og inngangsdata til simuleringa med CORMIX.

```

CORMIX SESSION REPORT:
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
                CORMIX: CORNELL MIXING ZONE EXPERT SYSTEM
                  CORMIX-GI Version 4.1GT
SITE NAME/LABEL:      Oystesebukta
  DESIGN CASE:        Kvam RA
  FILE NAME:          H:\CORMIX-GT\Kvam-Cormix-NIVA.prd
Using subsystem CORMIX1: Submerged Single Port Discharges
  Start of session:    11/01/2016--19:26:52
*****
SUMMARY OF INPUT DATA:
-----
AMBIENT PARAMETERS:
  Cross-section                = bounded
  Width                        BS      = 200 m
  Channel regularity          ICHREG = 1
  Ambient flowrate            QA      = 320 m^3/s
  Average depth               HA      = 40 m
  Depth at discharge          HD      = 30 m
  Ambient velocity            UA      = 0.04 m/s
  Darcy-Weisbach friction factor F    = 0.2297
    Calculated from Manning's n      = 0.1
  Wind velocity               UW      = 5 m/s
Stratification Type          STRCND = A
  Surface density             RHOAS   = 1010 kg/m^3
  Bottom density              RHOAB   = 1024 kg/m^3
-----
DISCHARGE PARAMETERS:          Submerged Single Port Discharge
  Nearest bank                = left
  Distance to bank            DISTB   = 100 m
  Port diameter                D0     = 0.4 m
  Port cross-sectional area    A0     = 0.1257 m^2
  Discharge velocity          U0     = 0.16 m/s
  Discharge flowrate          Q0     = 0.02 m^3/s
  Discharge port height       H0     = 2 m
  Vertical discharge angle     THETA  = -5 deg
  Horizontal discharge angle   SIGMA  = 0 deg
  Discharge density           RHO0    = 1000 kg/m^3
  Density difference          DRHO    = 23.0667 kg/m^3
  Buoyant acceleration        GP0    = 0.2211 m/s^2
  Discharge concentration     C0     = 1000 mg/l
  Surface heat exchange coeff. KS    = 0 m/s
  Coefficient of decay        KD     = 0 /s
-----

```

Me har brukt modellen til å simulere både innlagring og fortynning for ein godt sjikta fjord (lineær profil, jamfør sommarmålingane), med strøm lik 4 cm/s. Dette er omkring den middelerdien vi målte i djup mellom 30 m og nær overflata. Utsleppsfluksen i dette høvet er satt til 20 l/s, som motsvarar Q-middel. Verdier for røyr og væsker elles som for JETMIX. Tabell 8 syner aktuell parametrisering og inngangsdata.

5.2.1 Omtale av resultatata

Nokre resultat av simuleringane er synt i Tabell 9 og Tabell 10. Første tabell er for nærsona, og inkluderer første fase av blanding og oppstiging nær utseppet. Z-koordinaten (djup) syner at utseppsskya innlagrar (fordeler) seg rundt 23 m djup (7.23 m over utseppsdjupet). Kjerna stig opp til høgde 8.49 m over utseppspunktet før det sig ned til nemnde nivå rundt 23 m djup.

JETMIX ga motsvarande innlagring rundt 25 m for liknande scenarie. CORMIX gjev fortynning (S) på 28X ved innlagringstidspunktet (etter 39 sekund). JETMIX ga tilsvarande fortynningsfaktor på 20X-50X. Skilnaden kan skuldast effekt av strømmen som med CORMIX gjev litt svakare oppstiging (kortare fortynningsbane).

Modellane vil også ha noko ulik parametrisering og oppsett, som uansett vil gje noko skilnad i resultatata. Tabell 10 syner den vidare utviklinga av nedstrøms (X-retning) av fortynninga (S), frå avstand ca 10 m frå utseppspunktet. Det framgår at denne raskt går frå 40 X til 100 X i avstand ca 100 m frå utseppspunktet. Innblanding av omjevande vatn er såleis veldig effektiv.

Nedstrøms i vår samanheng vil hyppigast innebere retning mot sør-sørvest frå utseppspunktet.

Tabell 9. Resultat for kjøring av CORMIX1, for nærsona.

```

-----
BEGIN CORJET (MOD110): JET/PLUME NEAR-FIELD MIXING REGION
Plume-like motion in linear stratification with weak crossflow.

Zone of flow establishment:          THETA=    -4.53  SIGMA=    0.00
  LE   =    0.38  XE   =    0.38  YE   =    0.00  ZE   =    1.97

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   2.00   1.0 0.100E+04  0.20
      0.38   0.00   1.97   1.0 0.100E+04  0.20
Minimum jet height has been reached.
      0.74   0.00   2.77   2.0 0.498E+03  0.19
      0.95   0.00   3.65   3.9 0.255E+03  0.28
      1.16   0.00   4.53   6.4 0.156E+03  0.38
      1.39   0.00   5.41   9.3 0.108E+03  0.49
** 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+03 in the current prediction interval.
This is the spatial extent of concentrations exceeding the water quality
standard or CCC value.
      1.64   0.00   6.28   12.3 0.814E+02  0.60
      1.94   0.00   7.13   15.0 0.668E+02  0.72
      2.33   0.00   7.95   17.8 0.560E+02  0.93
Maximum jet height has been reached.
      3.01   0.00   8.49   22.9 0.437E+02  1.39
      3.72   0.00   7.97   24.1 0.415E+02  1.17
      4.24   0.00   7.23   28.1 0.356E+02  1.24
Terminal level in stratified ambient has been reached.
Cumulative travel time =          39. sec

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

```

Tabell 10. Resultat for CORMIX for nedstrøms fortynning med strømmen.

BEGIN MOD142: BUOYANT TERMINAL LAYER 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
10.05	0.00	7.23	40.1	0.249E+02	0.86	11.62	7.66	6.80
26.29	0.00	7.23	50.5	0.198E+02	0.52	24.21	7.49	6.97
42.52	0.00	7.23	60.6	0.165E+02	0.45	33.46	7.45	7.00
58.76	0.00	7.23	72.7	0.138E+02	0.43	41.81	7.44	7.01
75.00	0.00	7.23	86.8	0.115E+02	0.43	49.90	7.44	7.01
91.24	0.00	7.23	102.5	0.975E+01	0.44	57.98	7.45	7.01
107.48	0.00	7.23	119.7	0.836E+01	0.45	66.13	7.45	7.00
123.71	0.00	7.23	138.0	0.725E+01	0.46	74.39	7.46	7.00
139.95	0.00	7.23	157.5	0.635E+01	0.48	82.79	7.46	6.99
156.19	0.00	7.23	177.9	0.562E+01	0.49	91.33	7.47	6.98
172.43	0.00	7.23	199.3	0.502E+01	0.50	99.99	7.48	6.98
Cumulative travel time =			4243. sec					

6 Oppsummering

6.1 Hydrografi

Sjiktning om lag som forventta, med tydeleg brakkvasslag ned til 4-8 m djup, varierende med tida.

Strømmen:

- Moderat strømstyrke, 3,5 – 4 cm/s i middel.
- Dominerende strømretning: Mot sør/sørvest.

6.2 Innlagring av utsleppsvatnet (Jetmix resultat)

Eit utslepp i 40 m djup vil lagre seg inn rundt 28-29 m djup. Grunnaste berekna innlagring er i 20 m djup (ved Q_{max} , i april).

For utslepp i 35 m djup havnar utsleppsvatnet typisk rundt 25 m djup; djupast for Q_{min} . Grunnaste verdi er 16.5 m (v/Q_{max} , i april).

For utslepp i 30 m djup havnar utsleppsvatnet typisk rundt 18-20 m djup. Grunnaste innlagring nå er i 12.7 m djup (v/Q_{max} , i april).

Høgste oppstiginga før innlagring ved middel vassfluks, Q_{mid} , vil vere djupare enn dei nemnde ekstremverdiene ved Q_{max} . Desse djupnene ligg alle djupare enn djupa i munningsområda til dei to elvane i Øystesebukta.

Fortynning ved innlagring blir typisk 25X-50X.

6.3 Effekt av strømmen

Strømmen i resipienten er simulert i modellen Cormix som moderat/svak (4 cm/s).

Dens effekt er å redusere oppstiginga litt (bøye ned utsleppskya), og å auke fortynninga nedstrøms utsleppspunktet, i høve til resultatata av dei meir konservative berekningane for resipient i ro (Jetmix).

Dermed skal eit utslepp djupare enn 30 m ikkje kunne påverke vatnet i munningane av dei to elvane i ein normalsituasjon (Q_{mid}), men sirkulere i Øystesebukta enten utover, eller tidvis innover, under sjikt som sirkulerer inn/ut av munningane.

Vinterperioden representerer vanlegvis svakare sjiktning i sjøen, enn sommarperioden. Sidan vi ikkje hadde tilgong på målingar for vinteren, har vi ikkje simulert for den perioden, men det er sannsynleg at simuleringane ville gitt noko grunnare innlagring enn det vi har rapportert. Difor er det rimeleg å tilrå å gå noko djupare med utsleppet enn 30 m, til 35 m djup eller djupare.

6.4 Endring av vassføring i Øysteseelva

Som nemnt innleiingsvis, har vi i våre berekingar teke utgangspunkt i dagens situasjon for elvetilførslane til Øystesebukta og dei sjiktningstilhøva som desse er med på å skape. Vassføringa i Øysteseelva kan verte redusert med om lag 30% viss BKK gjennomfører planlagde reguleringar og endringar oppe i vassdraget. I konsekvens-analysen for desse planane finn vi ikkje referanse til analysar for elvemunningen og marine tilhøve utanfor; om reguleringa kan medføre til dømes endra straum- eller sjiktningstilhøve. For foreliggende problemstillingar vil vi tru at endringane ikkje vil medføre merkbart endra vilkår for innblanding og spreining av avlaupsvatnet, men dette burde vore rekna på meir kvalitativt, basert på scenarier for straum –og sjiktning i Øystesebukta etter regulering.

7 Referansar

Akvaplan-NIVA 2010 (Ø. Leikvin, J. Molvær, L. Golmen og N. Jørgensen): Utslippsmodellering fra DRI-anlegg, Tjeldbergodden, 2010. Rapport Akvaplan-NIVA, Nr 4880-01, 44s (begr. distr).

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

Geoplan 2015: SKISSEPROSJEKT 11.11.2015. NYTT REINSEANLEGG, NOTANES, KVAM HERAD.

Jirka, G.H., R. L. Doneker og S. W. Hinton 1994. USER'S MANUAL FOR CORMIX: A HYDRODYNAMIC MIXING ZONE MODEL AND DECISION SUPPORT SYSTEM FOR POLLUTANT DISCHARGES INTO SURFACE WATERS.

Kennish, M.J., 1994. Practical handbook of Marine Science, 2nd edition. CRD Press 1994.

MDIR 2005: Resipientundersøkelser i fjorder og kystfarvann: EUs avløpsdirektiv. Veileder TA-1890, Versjon 3, Miljødirektoratet, Oslo, 54 s.

NIVA 2016 (Ruus m. fl.): Tiltaksretta overvåking av kystvann i vannområdet Hardanger 2015. NIVA rapport Nr 6996, 236 s.

NVE 2010: BKK Produksjon AS – søknad om tillatelse til overføring av Vossadalsvatn i Øystesevassdraget til Svartavatn i Samnangervassdraget, og Øystese Kraft AS - søknad om bygging av Øystese kraftverk i Øystesevassdraget, Kvam herad i Hordaland – NVEs innstilling. Brev frå NVE.

Resipientanalyse 2011: Resipientgransking-Avløp og avløpsanlegg. Sluttrapport, Kvam herad, sommaren 2009. Rapport nr. 385-2010, Resipientanalyse, 183 s.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no