

Utslipp og spredning av PAH til sjø fra Elkem Carbon AS, Kristiansand



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 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 Utslipp og spredning av PAH til sjø fra Elkem Carbon AS, Kristiansand	Løpenummer 7583-2021	Dato 08.02.21
Forfatter(e) Kristoffer Næs, André Staalstrøm og Tormod Haraldstad.	Fagområde Miljøgifter - marin	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Agder	Sider 26 + vedlegg

Oppdragsgiver(e) Elkem Carbon AS	Oppdragsreferanse Bente Sundby Håland
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17272

Sammendrag Denne rapporten er knyttet til NIVA-rapportene 7276-2018 «Tiltaksplan for forurenset sjøbunn utenfor Elkem Carbon, Kristiansand» (Olsen og medarb. 2018) og NIVA-rapport 7573-2021 «Oppdatert tiltaksplan for forurenset sjøbunn utenfor Elkem Carbon, Kristiansand (Næs og medarb. 2021) i henhold til krav framsatt av Miljødirektoratet i tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven, Tillatelse nr. 2018.0141.T, endret 10.01.2020, punkt 13.5. I kravet fra Miljødirektoratet ble Elkem Carbon bedt om å utrede muligheter for omlegging av utslippspunkt for kjølevann, prosessvann og overflatevann.

Elkem Carbon har utslipp til Fiskåbekken. Utslipet går til en ca. 150 m lang betongkulvert som munner ut i Elkembukta. Det er gjort en vurdering av utslippets effekt på Fiskåbekken og spesielt på dyrelivet. Det må antas at selve betongkonstruksjonen representerer den største påvirkningen, selv om Elkem Carbons utslipp selvfølgelig påvirker vannkvaliteten nedstrøms utslippspunktet.

Mengdemessig representerer det såkalte OVP4-utslippet den viktigste fluksen av PAH til Fiskåbekken og er vesentlig i påvirkningen av sjøområdet utenfor. Elkem Carbon har i de seinere årene gjennomført store utslippsreduksjoner. Utslipet OVP4 fortynnes ved innblanding av vann i Fiskåbekken og når det transporteres som et tynt overflatelag utover Elkembukta til Fiskåbukta. Det er vanskelig å angi nøyaktig grense for influensområdet siden det vil variere med utslipps- og avrenningsituasjonen. Modelleringer som er gjort, tilsier at flytting av utslippet (OVP4) fra Fiskåbekken til dypere vann vil øke fortynningen og dermed redusere konsentrasjonene av PAH, særlig i overflatelaget. Man kan anta at flytting av utslippet til 10 meters dyp vil redusere konsentrasjonene av PAH med en faktor på 5, mens flytting til 25 meters dyp kan redusere konsentrasjonene i overflatelaget med en faktor på 10. Vurderingene er overslagsmessige. Med reduserte overflatekonsentrasjoner av PAH kan konsentrasjonene i f.eks. blåskjell i nærområdet reduseres, det samme gjelder rekontamineringsfaren etter at tiltak mot de forurensete sedimentene er gjennomført. Elkem Carbon har fått gjennomført tekniske og økonomiske vurderinger knyttet til flytting av utslippspunktet. Tiltaket er gjennomførbart, men kostnadskrevenende. Flytting av utslippspunktet vil ikke redusere mengde PAH, bare konsentrasjoner. Fortsatte utslippsbegrensende tiltak ved Elkem Carbon derfor viktig.

Fire emneord	Four keywords
1. Elkem Carbon AS, Kristiansand	1. Elkem Carbon AS, Kristiansand
2. Utslipp til sjø	2. Discharge to sea
3. PAH	3. PAH
4. Tiltaksplan	4. Remediation action plan

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

Kristoffer Næs
Hovedforfatter

Marianne Olsen
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7319-9
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

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

**Utslipp og spredning av PAH til sjø fra Elkem
Carbon AS, Kristiansand**

Forord

Denne rapporten svarer på krav fra Miljødirektoratet til Tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven (Tillatelse nr. 2018.0141.T, endret 10.01.2020, punkt 13.5) til Elkem Carbon i Kristiansand.

Det er gjennomført modellering av spredning av avløpsvann med utløp til Fiskåbekken, samt endring ved eventuell flytting av utslippspunkt. Dette arbeidet er gjort av André Staalstrøm med feltmessig støtte fra Jarle Håvardstun og Sigurd Øxnevad. Tormod Haraldstad har beskrevet og gjort biologiske vurderinger av Fiskåbekken og eventuelle påvirkninger fra utslippet.

Elkem Carbon har engasjert Siv.ing. J.B. Andersen A/S til å gjøre tekniske og økonomiske vurderinger knyttet til flytting av utslippspunkt fra Fiskåbekken til Elkembukta.

Prosjektleder har vært Marianne Olsen. Oppfølgingen av prosjektets aktiviteter og løpende kontakt med oppdragsgiver er ivaretatt av Kristoffer Næs som også har vært hovedforfatter for rapporten.

Kontaktpersoner hos Elkem har vært Bente Sundby Håland og Jens Christian Fjelldal.

Alle takkes for innsatsen!

Oslo, 05.02.2021

Marianne Olsen
(prosjektleder)

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon.....	8
1.1	Bakgrunn	8
1.2	Pålegg fra Miljødirektoratet.....	8
2	Utslipp av PAH fra Elkem Carbon AS til Fiskåbekken	9
2.1	Utslipp av kjølevann, prosessvann og overflatevann til Fiskåbekken.....	9
2.2	Påvirkning på Fiskåbekken	10
3	Spredning av vann fra Fiskåbekken	12
3.1	Beskrivelse av modellområdet og observasjoner	12
3.2	Fortynning og spredning av avløpsvannet.....	16
4	Vurdering av flytting av utslippspunkt for avløpsvann	19
4.1	Tekniske- og økonomiske vurderinger	19
4.2	Endret spredning og påvirkningszone ved en eventuell flytting av utslippspunkt	19
5	Konklusjoner	25
6	Referanser.....	26
	Vedlegg A Konseptstudie – Teknisk økonomisk vurdering for ny OVP4 avløpsledning til sjøen	

Sammendrag

Denne rapporten er knyttet til NIVA-rapportene 7276-2018 «Tiltaksplan for forurenset sjøbunn utenfor Elkem Carbon, Kristiansand» (Olsen og medarb. 2018) og NIVA-rapport 7573-2021 «Oppdatert tiltaksplan for forurenset sjøbunn utenfor Elkem Carbon, Kristiansand (Næs og medarb. 2021) i henhold til krav framsatt av Miljødirektoratet i tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven, Tillatelse nr. 2018.0141.T, endret 10.01.2020, punkt 13.5. I kravet fra Miljødirektoratet ble Elkem Carbon bedt om å utrede muligheter for omlegging av utslippspunkt for kjølevann, prosessvann og overflatevann.

Elkem Carbon har utslipp av prosessvann, kjølevann og overflatevann til Fiskåbekken. Utslipet går til en ca. 150 m lang betongkulvert som munner ut i Elkembukta. Det er gjort en vurdering av utslippets effekt på Fiskåbekken og spesielt på dyrelivet. Elkem Carbons utslipp vil ikke påvirke vannkvaliteten oppstrøms utslippspunktet i Fiskåbekken og derfor heller ikke produksjon av ungfisk eller bunndyr oppstrøms. Nedstrøms må vi anse at selv med en eventuell betydelig påvirkning vil produksjon av ungfisk og bunndyr i en mørk 150m lang kulvert nedstrøms utslippspunktet være minimal sammenliknet med oppstrøms bekkeareal. Det som kan være en utfordring er hvorvidt utslippet påvirker sjøarens evne til å vandre inn i bekken som gytefisk om høsten, men det er antatt at oppvandrende gytefisk antagelig vil forsere kulverten relativt raskt og at vandringen stopper når den kommer til aktuelle gyteområder.

Mengdemessig representerer det dagens såkalte OVP4-utslipp den viktigste fluksen av PAH til Fiskåbekken og er vesentlig i påvirkningen av sjøområdet utenfor. Elkem Carbon har i de seinere årene gjennomført store utslippsreduksjoner. Mengden med prosessvann er pr. i dag 5-10 kg PAH årlig og bedriften arbeider med ytterligere reduksjoner. Utslipet fra OVP4 fortynnes ved innblanding av vann i Fiskåbekken og når det transporteres som et tynt overflatelag utover Elkembukta til Fiskåbukta. Det er vanskelig å angi nøyaktig grense for influensområdet siden det vil variere med utslipps- og avrenningssituasjonen, men influenssonen kan nok tidvis strekke seg ut i Fiskåbukta/Vesterhavn- området til i alle fall Svendsholmen. Imidlertid vil nok også andre kilder kunne ha betydning i disse områdene.

Modelleringer som er gjort, tilsier at flytting av utslippet (OVP4) fra Fiskåbekken til dypere vann vil øke fortynningen og dermed redusere konsentrasjonene av PAH, særlig i overflatelaget. Modellberegningene har vist at med dagens utslippsarrangement til Fiskåbekken vil avløpsvannet fortynnes 1-10 ganger innen det når midten av Elkembukta ved 10-meters dypet, og 2-25 ganger ved utløpet av Elkembukta ved 25 meters vanndyp. Tilsvarende vil flytting av utslippet til 10 meters dyp i Elkembukta gi en fortynning på ca. 40 ganger og en flytting til 25 meters dyp en fortynning på ca. 170 ganger. Med utgangspunkt i disse tallene kan man kanskje anta at flytting av utslippet til 10 meters dyp vil redusere konsentrasjonene av PAH med en faktor på 5, mens flytt til 25 meters dyp kan redusere konsentrasjonene i overflatelaget med en faktor på 10. Inngangsdataene for modelleringene er begrenset og med heftet med betydelig usikkerhet slik at vurderingene over er overslagsmessige betraktninger.

Med reduserte overflatekonsentrasjoner av PAH kan konsentrasjonene i f.eks. blåskjell i nærområdet reduseres. Hvis vi antar linearitet, noe som dog kan diskuteres, kan man forvente samsvarende reduksjon i blåskjellkonsentrasjonene med de i vannmassene. Det betyr igjen at de relativt lave verdiene man observerte i blåskjell i 2020 vil være vedvarende. Stasjon Lumber som ligger innenfor bedriftens influensområde, og dermed er definert som nærstasjon iht. Miljødirektoratets fakta-ark M-

1288/2019, vil muligens ikke komme under grenseverdiene, særlig hvis utslippet flyttes til 10 meter og ikke 25 meters dyp.

Det er tidligere påpekt rekontamineringsfare i Elkembukta etter eventuelle tiltak mot de forurensede sedimentene. Flytting av utslippspunktet vil kunne påvirke dette. Det er grunn til å anta at flytting til 10m dyp midt i Elkembukta vil redusere rekontamineringsfaren noe. Flytting til større vanddyb, for eksempel 25 meter, vil redusere påvirkningen på sedimentene ytterligere. Vi har imidlertid ikke data som kan kvantifisere dette i detalj. Det er viktig også å bemerke at flytting av utslippet ikke endrer på mengden av PAH, men kun konsentrasjonene. Man skal også være oppmerksom på at en flytting av utslippet lenger ut medfører en større direkte påvirkning lokalt på Fiskåbukta. Fortsatte utslippsbegrensende tiltak ved Elkem Carbon er derfor viktig.

Elkem Carbon har fått gjennomført tekniske og økonomiske vurderinger knyttet til flytting av utslippspunktet fra Fiskåbekken til 10 meters dyp i Elkembukta. Det er gjennomført hydrauliske beregninger for begge de modellerte alternativene (flytting av utslippspunkt til 10 m dyp og til 25 m dyp), mens kostnads kalkylen er kun gjort for alternativet med å flytte utslippspunktet til 10 m dyp. Oppsamlingspunktet for vann til OVP4 har for lav høyde over havnivået til at avløpsvannet kan renne med naturlig fall til det vurderte nye utslippspunktet på 10 m i sjøen. For å kunne ta unna dimensjonerende vannmengde er det anbefalt å etablere en pumpestasjon som sender vannet gjennom et Ø225 mm polyetylenrør. Røret graves ned i ny trase på land og legges som nedtynget rør om lag 190 m ut i sjøen.

Kostnads kalkylen for tiltaket med flytting til 10 meters dyp inkluderer prosjektering, administrasjon og uforutsette kostnader. Kalkylen viser et kapitalbehov på NOK 3 400 000 eks. mva. Dette inkluderer ikke oppsamlingsbasseng for vann i OVP4 som er en forutsetning for foreslått løsning. Ifølge Elkem Carbon vil det medføre betydelige kostnader. Pr. dato er det ikke gjort overslag som representerer total kostnadene ved flytting av utslippspunktet.

Summary

Title: Discharge and dispersion of PAH to seawater from Elkem Carbon AS, Kristiansand

Year: 2021

Author(s): Kristoffer Næs, Marianne Olsen, André Staalstrøm og Tormod Haraldstad

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7319-9

This report is linked to the NIVA reports 7276-2018 «Remediation action plan for polluted seabed outside Elkem Carbon, Kristiansand» and NIVA report 7573-2021 «Updated remediation action plan for polluted seabed outside Elkem Carbon, Kristiansand» in accordance with requirements set by the Norwegian Environment Agency in a permit for activities pursuant to the Pollution Control Act, Permit no. 2018.0141.T, amended 10.01.2020, section 13.5. In the requirement from the Norwegian Environment Agency, Elkem Carbon was asked to study possibilities for reorganizing the discharge point for cooling water, process water and surface water. Elkem Carbon has emissions to Fiskåbekken. The discharge goes to an approx. 150 m long concrete culvert that empties into Elkembukta. An assessment has been made of the effect of the discharge on Fiskåbekken and especially on the wildlife. It must be assumed that the concrete structure itself represents the largest impact, although Elkem Carbon's emissions naturally affect the water quality downstream of the discharge point. In terms of volume, the so-called OVP4 discharge represents the most important flow of PAH to Fiskåbekken and is significant in the impact on the sea area outside. In recent years, Elkem Carbon has implemented major emission reductions. The discharge OVP4 is diluted by mixing water in Fiskåbekken and when it is transported as a thin surface layer beyond Elkembukta to Fiskåbukta. It is difficult to state the exact limit for the area of influence since it will vary with the discharge and run-off situation. Modeling that has been done indicates that moving the discharge (OVP4) from Fiskåbekken to deeper water will increase the dilution and thus reduce the concentrations of PAHs, especially in the surface layer. It may be assumed that moving the discharge to a depth of 10 meters will reduce the concentrations of PAH by a factor of 5, while moving to a depth of 25 meters can reduce the concentrations in the surface layer by a factor of 10. The assessments are approximate. With reduced surface concentrations of PAHs, the concentrations in e.g. mussels in the immediate area are reduced, as is the risk of recontamination after measures against the contaminated sediments have been implemented. Elkem Carbon has had technical and financial assessments carried out in connection with the relocation of the discharge point. The measure is feasible, but costly. Moving the discharge point will not reduce the amount of PAH, only concentrations. Continued emission control measures at Elkem Carbon are therefore important.

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Miljødirektoratet påla i brev datert 16.8.2017 Elkem Carbon å utarbeide en tiltaksplan for opprydding i forurenset sjøbunn utenfor bedriften i Kristiansand. Elkem Carbon engasjerte NIVA til dette (Olsen og medarb. 2018). Den 13.11.2019 kom Miljødirektoratet med tilbakemeldinger på tiltaksplanen (Miljødirektoratet ref. 2019/332). Dette ble fulgt opp av en tillatelse til Elkem Carbon til virksomhet etter forurensningsloven hvor også pålegg om å utrede omlegging av utslippspunkt inngikk (Tillatelse nr. 2018.0141.T, endret 10.01.2020, punkt 13.5).

1.2 Pålegg fra Miljødirektoratet

I pålegget fra Miljødirektoratet til Elkem Carbon heter det (Tillatelse nr. 2018.0141.T, endret 10.01.2020):

13.5 Utrede omlegging av utslippspunktet

Elkem Carbon skal utrede muligheter for omlegging av utslippspunktet av kjølevann, prosessvann og overflatevann.

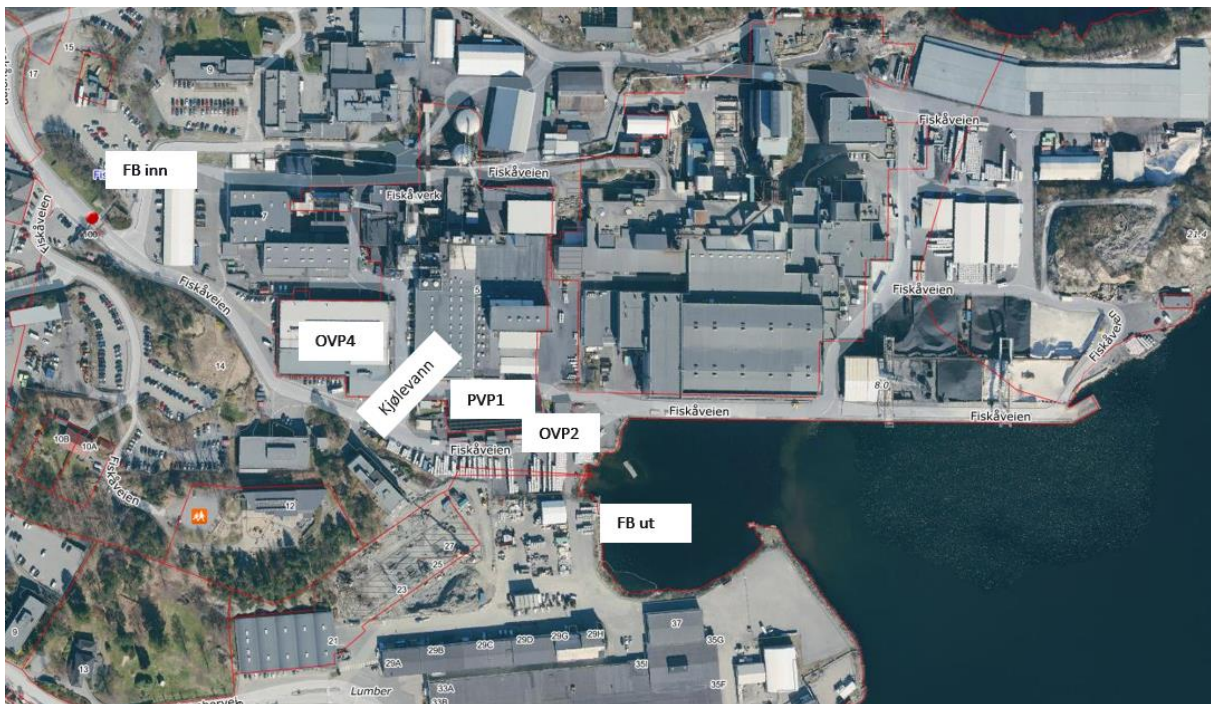
- Virksomheten skal redegjøre for effekter utslippsarrangementet ved Elkem Carbon har for hvordan PAH-forbindelsene i prosessvannet og overflatevannet spres via Fiskåbekken ut i Elkembukta/Fiskåbukta og i hvilken grad spredningen kan reduseres.
- Virksomheten skal vurdere om det er praktisk og økonomisk mulig å flytte utslippspunktet for å redusere den negative påvirkningen på Fiskåbekken og Elkembukta. Dette bør spesielt vurderes opp mot alternative tiltaksmetoder for opprydding av forurenset sjøbunn.
- Påvirkningssonen for utslippspunktet, enten det forblir der det er eller det flyttes, skal vurderes.
- Effekter av utslippet av prosessvann, overflatevann og kjølevann på Fiskåbekken skal beskrives

2 Utslipp av PAH fra Elkem Carbon AS til Fiskåbekken

2.1 Utslipp av kjølevann, prosessvann og overflatevann til Fiskåbekken

Elkem Carbon har utslipp av prosessvann, kjølevann og overflatevann til Fiskåbekken rett før den munner ut i Elkembukta. I Figur 1 vises utslippspunktene og Tabell 1 oppsummerer informasjon om vannmengder og konsentrasjoner av PAH. Dette er data i hovedsak fra perioden 2015-2020. Vannmengden fra fabrikkens består hovedsakelig av overflatevann (OVP4) med høye PAH-verdier og kjølevann uten PAH. En midlere verdi for disse to strømmene vil ifølge Tabell 1 være rundt 125 L/s. Det er viktig å understreke at verdiene i Tabell 1 representerer stikkprøver tatt på innbyrdes forskjellige tidspunkt. Man må forvente at verdiene inneholder betydelige usikkerheter. Man må derfor ikke oppfatte Tabell 1 som et regnskap.

Konsentrasjonstallene i Tabell 1 anvendes ikke i beregningene av spredning eller fortynning. Til det anvendes kun data for vannmengder og saltholdighet. Når konsentrasjonstallene anvendes i teksten, er de kun ment for å illustrere hva konsentrasjonene av PAH i resipienten ville blitt etter de modellerte fortynningene. Andre data om utslippskonsentrasjoner vil derfor gi andre konsentrasjoner i resipienten, men vil ikke påvirke fortynningsberegningene.



Figur 1. Kart som viser oversikt over prosessene i fabrikkens som har utslipp til Fiskåbekken (FB). OVP=Overflatevann, PVP=prosessvann.

Tabell 1. Oversikt over målte vannmengder og PAH konsentrasjoner i forskjellige deler av fabrikk og bekken. Målingene er gjort i perioden 2015-2020 og representerer stikkprøver tatt på innbyrdes forskjellige tidspunkt. Tabellen må ikke betraktes som regnskap.

Beskrivelse	Vannmengde (L/s)	PAH (µg/L)
FB inn	28 – 2500	0,2 – 3
OVP4	11 – 56	7 – 420
Kjølevann	69 – 114 (estimert)	≈ 0 (under deteksjonsgrensa)
PVP1	Max 1,4	12 – 360
OVP2	Max 2,8	12 – 500
FB ut	153 – 2625	1,2 – 13

OVP4 med sitt utslipp representerer den viktigste fluksen av PAH til Fiskåbekken og er med dagens utslipp vesentlig i påvirkningen av sjøområdet. Elkem Carbon har i de seinere årene gjennomført store utslippsreduksjoner, og bedriften arbeider med ytterligere reduksjoner, blant annet en kildeseparering av vannkilder og renseløsning for vannet i OVP4. For mer detaljert informasjon om utslipp og utslippsreducerende tiltak vises det til den oppdaterte tiltaksplanen (Næs og medarb. 2021).

2.2 Påvirkning på Fiskåbekken

Fiskåbekken har et nedbørfelt på 6,89 km² med en middelvannføring på 171 l/sek. Det finnes tre innsjøer i nedbørfeltet som alle er regulert med små demninger i utløpet. Fra utløpet av Fiskåvann renner bekken 2,4 km til utløpet ved Elkembukta i Kristiansandsfjorden. Den nedre delen av bekken er svært påvirket av menneskelig aktivitet. Bekken ligger nesten utelukkende i rør i de nederste 750 meterne, først under Slettheiveien, Trekanten senter og Vågsbygdveien før den er synlig i 60-70m og igjen forsvinner under Elkems anlegg på Fiskå. Det ble dokumentert kloakkutslipp til bekken i 2010 oppstrøms Elkem Carbon (<https://www.fvn.no/nyheter/lokalt/i/dzn4B/kvalmt-og-ekkel>). Høye nivåer av nitrat (450 µg N/l, oktober 2019, Haraldstad in prep.) indikerer at kloakkpåvirkning fremdeles kan være et problem.

Lange rørgater slik som i den nedre delen av Fiskåbekken, kan skape problemer for sjøørreten på gytevandring oppover bekken. Vi kan ikke fastslå om sjøørreten klarer å forsere hindringer som gitter, fall og områder med høye vannhastigheter som kan finnes i disse kulvertene. Elektrofiske i bekken i september 2019 dokumenterte ungfisk av ørret både i det åpne bekkestrekket mellom de to kulvertene samt i bekkestrekket oppstrøms Slettheiveien. Funn av årsyngel på det nederste strekket kan indikere at sjøørreten kan vandre opp under Elkem og gyte på de åpne 60-70 m med bekk før den neste kulverten. Fravær av årsyngel og bare få eldre individer oppstrøms kulvertene kan indikere at den øverste bekkestrekning domineres av stasjonære individer som antagelig har sluppet seg ned fra Fiskeåvann. Stor menneskelig påvirkning i form av bekkelukking og utslipp gjør at Fiskåbekken i dag ikke fremstår som en viktig gytebekk for sjøørret. Den høye vannføringen og relativt lange bekkestrekningen gjør at denne bekken tidligere antageligere bidro med en stor produksjon av sjøørret til fjorden. For at bekken igjen skal oppnå sitt potensiale for produksjon må det sikres at sjøørreten kan forsere de nederste 750 meterne med kulvert samt at utslippene generelt reduseres.

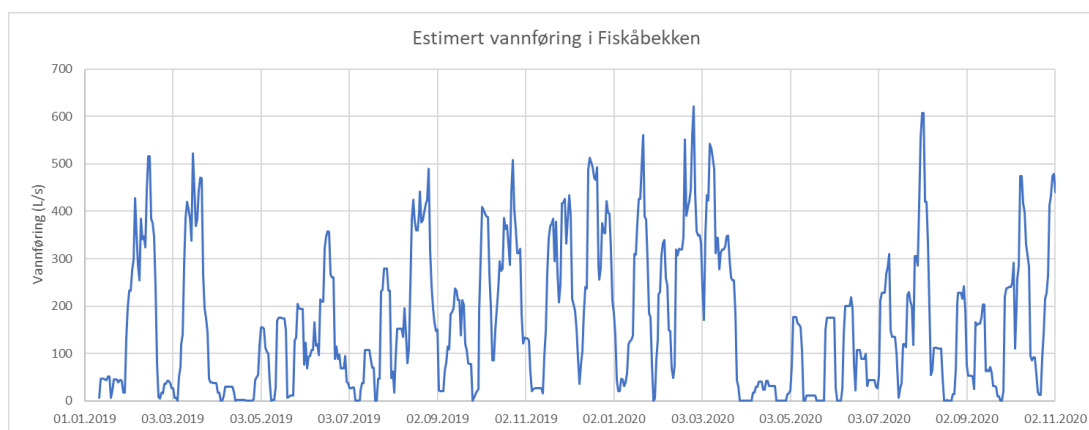
Elkems utslipp til bekken omfatter overflatevann og kjølevann som slippes ut i kulverten om lag 150 m fra bekkens utløp til sjø. Et utslipp vil ikke påvirke vannkjemi oppstrøms og derfor ikke produksjon av ungfisk eller bunndyr oppstrøms utslippspunktet. Utslipet kan derimot påvirke dyrelivet nedstrøms. Selv med en betydelig påvirkning må vi imidlertid anse produksjon av ungfisk og bunndyr i en mørk 150m lang kulvert nedstrøms utslippspunktet som minimal sammenliknet med oppstrøms

bekkeareal. Det som kan være en utfordring er hvorvidt utslippet påvirker sjøaurens evne til å vandre inn i bekken som gytefisk om høsten. Oppvandringen fra sjøen trigges som oftest av økt vannføring. Vi må derfor anta at sjøauren som eventuelt skal vandre inn i Fiskåbekken, vil gjøre det på vannføringer over middelvannføringen (171 l/s) og at bekkevannet da vil være dominert av vann fra nedbørfeltet oppstrøms Elkem og ikke Elkems utslipp. I et slikt flomsenario vil det antagelig også være vanskelig å skille mellom diffuse utslipp fra bebygde områder i nedbørfeltet og Elkems anlegg. Oppvandrende gytefisk vil antagelig forsere de nedre 150m av bekken relativt raskt og heller stoppe vandringen når den kommer til aktuelle gyteområder.

3 Spredning av vann fra Fiskåbekken

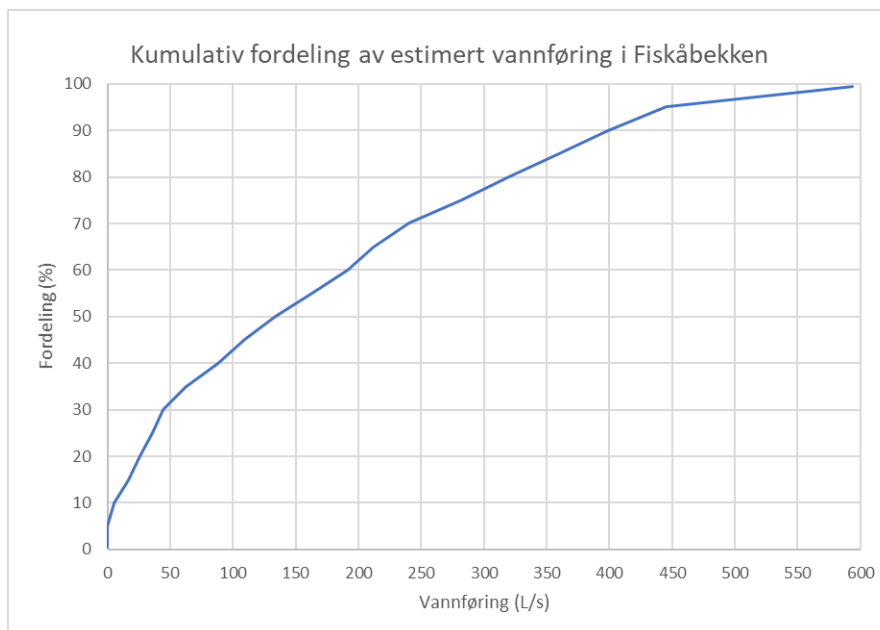
3.1 Beskrivelse av modellområdet og observasjoner

Som beskrevet tidligere, har Fiskåbekken har et nedbørsfelt på 6,89 km² (nevina.nve.no) og en årlig gjennomsnittlig vannføring på 171 L/s. Når Elkem Carbon sitt utslipp går ut i kulverten i bekken, vil det være en første fortykning av avløpsvannet. Denne fortykningen kan beregnes ved å vite vannmengden i utslippet og vannmengden i elva. Vannføringen i bekken kan estimeres ut ifra målt nedbør på stasjonen Mestad som ligger 10 km nord for Fiskåbekkens utløp, men som er den nærmeste stasjonen som måler nedbør. I Figur 2 er det antatt at vannføringen i utløpet er kan estimeres fra samlet nedbør i hele nedbørsfeltet i uken før, og at det er en forsinkelse på tre dager før dette vannet når utløpet. Vannføringen i figuren er å anse som et estimat på hvordan vannføringen kan variere. Ifølge beregningene vist i Figur 2 er vannføringen maksimalt 0,6 m³/s. Størrelsesordenen på vannføringen i bekken stemmer dog godt overens med de estimerte vannføringene vist tidligere selv om Tabell 2 indikerer at vannføringen kan gå opp i 2,5 m³/s.



Figur 2. Estimert vannføring i Fiskåbekken ved utløpet i perioden 01.01.2019 – 02.11.2020.

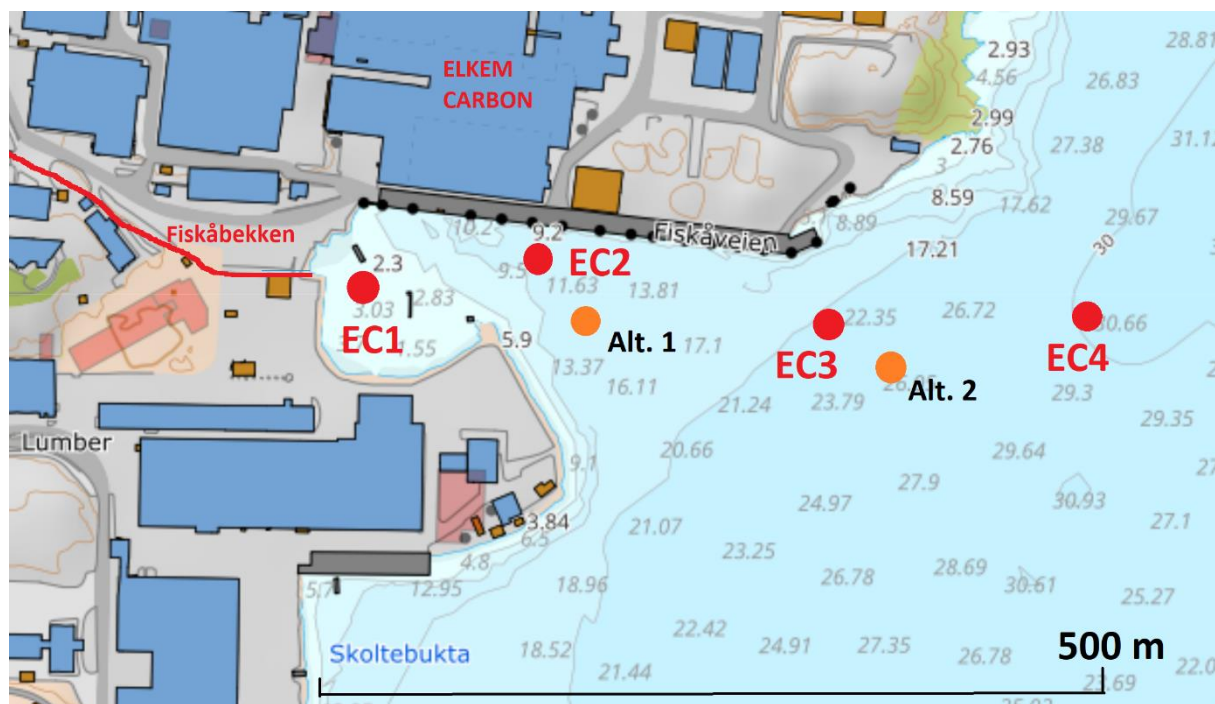
I Figur 3 er den kumulative fordelingen av de estimerte vannføringene vist. På denne grafen kan det leses av hvor stor andel av vannføringsverdiene som er under en viss verdi. 75 % av vannføringsverdiene var lavere enn 283 L/s, og 25 % av vannføringsverdiene var lavere enn 36 L/s.



Figur 3. Kumulativ fordeling av estimert vannføring i Fiskåbekken. Verdien på x-aksen angir den vannføringen som er under den aktuelle prosentverdien på y-aksen. Som eksempel så er 90% av vannføringsverdiene lavere enn 400 L/s.

Når ferskvann renner ut i en resipient, fører dette til det som kalles estuarin sirkulasjon. Ferskvannet er lettere enn saltvannet i resipienten, og legger seg som et ferskvannslag i overflaten, som beveger seg ut mot havet. På grunn av friksjon drar det ferske overflatelaget med seg saltere vann fra vannmassene rett under ferskvannslaget. Dette resulterer i at volumtransporten og saltholdigheten i overflatelaget blir høyere. Det saltvannet som rives med, vil fortynne konsentrasjon av stoffer i ferskvannslaget. Siden utslippet til Elkem Carbon blandes inn i bekkevannet før det renner ut i sjøen, kan utslippet til Elkem følges ved å følge bekkevannet. Her vil målinger av hvor stor andel ferskvann det er i overflatelaget, brukes for å beregne fortykning av vannet fra bekken og dermed også fortykning av utslippet til Elkem Carbon. I modelleringen er det ikke tatt med at det kan være en utsynking av partikulært materiale fra bekkevannet. Det vil ikke ha noe å si for fortykningsberegningene, men vil kanskje gjøre influensområdet noe større enn om et slikt tapslegg hadde vært inkludert.

I Figur 4 vises bunnforholdene utenfor bekken og ved kaianlegget til Elkem inklusive Elkembukta og deler av Fiskåbukta. Innerst i denne bukta er det 2-3 m dypt. Langs kaikanten er det dypere enn på sørsiden av bukta. Omtrent 500 m fra bekkeutløpet er bunndybden 30 m. Dette dypområdet strekker seg nordøstover i retning Dybingen. For å kartlegge spredning av bekkevannet ble det ved fire anledninger tatt målinger med en CTD-sonde. Dette er et instrument som måler saltholdighet og temperatur som funksjon av dybden. Instrumentet senkes sakte ned i vannet fra overflaten og helt ned til bunn og måler profiler av saltholdighet og temperatur. Det ble tatt målinger på seks stasjoner vist i Figur 4 og Figur 5. I Tabell 2 vises en oversikt over hvilke datoer det ble tatt målinger og på hvilke stasjoner. På grunn av en feil ble det ikke tatt målinger på stasjon EC1, EC2 og EC3 i Elkembukta den 4. juni 2020.



Figur 4. Kart som viser dybdeforholdene utenfor Elkem Carbon. De røde prikkene angir posisjon for CTD målinger (EC1 til EC4). Mulige punkt for dyputslipp er vist med oransje prikker, henholdsvis ca. 10 m og ca. 25 m.

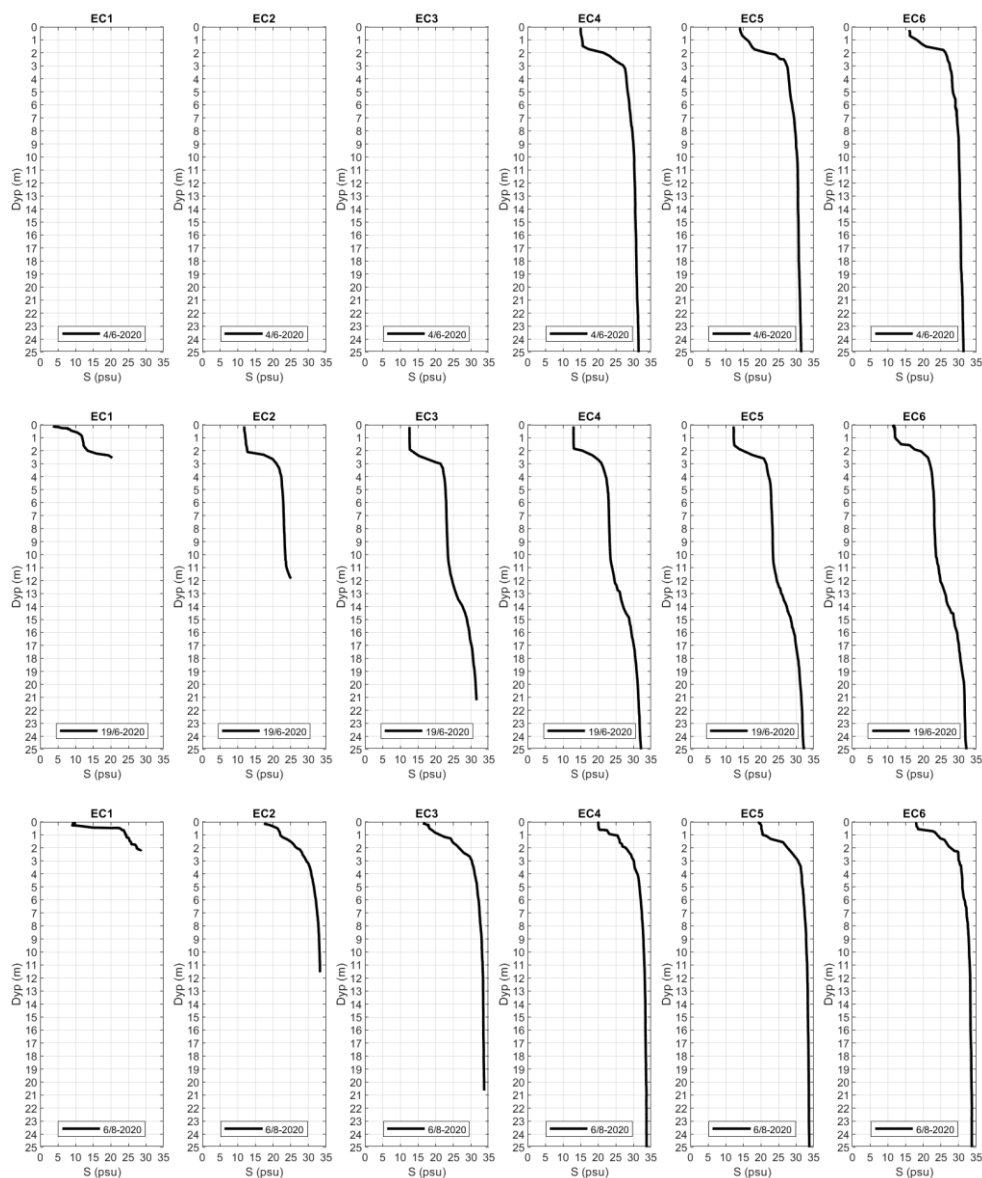


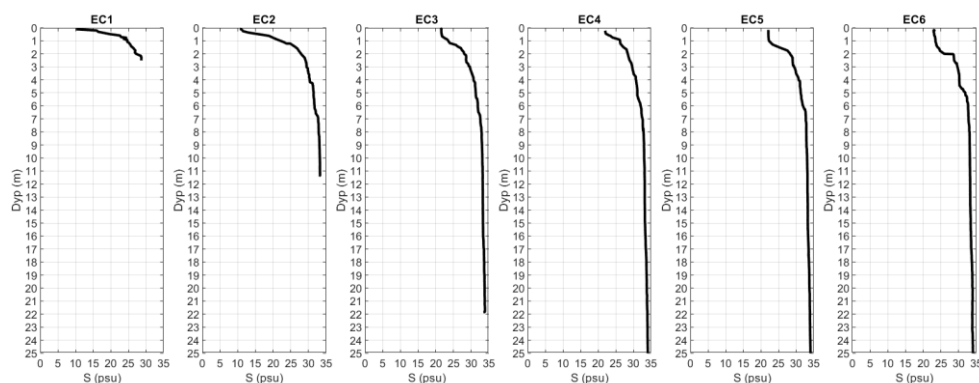
Figur 5. Posisjoner (EC1 til EC6) for CTD-målinger.

Tabell 2. Oversikt over datoer med CTD målinger.

Dato	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6	Estimert vannføring i Fiskåbekken (L/s)
4/6-2020				X	X	X	25
19/6-2020	X	X	X	X	X	X	107
6/8-2020	X	X	X	X	X	X	330
25/9-2020	X	X	X	X	X	X	10

Resultatet fra målingene er vist i Figur 6. Hele Byfjorden og Fiskåbukta er påvirket av de store elvene i området, Otra og Tovdalsvassdraget. Det sprangsjiktet som ligger på 2-3 m, er forårsaket av disse ferskvannstilførselene. Men helt innerst i Elkembukta kan en se at det er et sprangsjikt i de øverste desimeterne. Dette sprangsjiktet er påvirket av Fiskåbekken, og det er dette vannet som kan gi informasjon om sekundærfortynningen av utslippsvannet fra Elkem.





Figur 6. Målinger av saltholdighet utenfor Elkem Carbon og i Fiskåbukta og Dybingen fra juni til september 2020.

3.2 Fortynning og spredning av avløpsvannet

Når avløpsvannet fra Elkem Carbon møter Fiskåbekken, vil innholdet i avløpsvannet fortynnes. Denne fortynningen kalles som sagt primærfortynning. Jo høyere vannføring i bekken er, jo høyere vil primærfortynningen være. Omvendt, som et verst tenkelig konsentrasjonsmessig scenario kan vi benytte lavest primærfortynning og en konsentrasjon av PAH i bekken (C_{bekk}) på 13 $\mu\text{g/L}$ (Tabell 1). Basert på hva som er målt oppstrøms i Fiskåbekken antas det at bakgrunnskonsentrasjonen i resipienten (C_{bak}) er 2 $\mu\text{g/L}$ (Tabell 1).

For å beregne primærfortynningen, f_p , i kulverten der utslippet fra Elkem kommer ut, trengs følgende data:

- Vannmengden i utslippet, Q_{ut}
- Vannmengden i bekken, Q_{bekk}

Primærfortynningen kan da beregnes på følgende måte

$$f_p = \frac{Q_{bekk}}{Q_{ut}} \quad (1)$$

Hvis vannmengden er utslippet er 125 L/s (Tabell 1) og en antar at vannmengden i bekken varierer mellom 36 og 283 L/s (se tekst til Figur 3), så vil primærfortynningen ligge mellom 0,3 og 2,3 ganger. Dette betyr at en del utslippsvann blander seg med hhv. 0,3 og 2,3 deler bekevann.

Konsentrasjon av et stoff i bekken vil kunne beregnes fra

- konsentrasjon i utslippet, C_{ut} ,
- konsentrasjon oppstrøms for kulverten, C_{opp} ,
- og primærfortynningen, f_p .

$$C_{bekk} = \frac{C_{ut} + f_p \cdot C_{opp}}{1 + f_p} \quad (2)$$

Når bekken renner ut i Elkembukta settes det opp en estuarin sirkulasjon som beskrevet tidligere. Det vil si at bekkevannet renner ut i overflatelaget, mens det samtidig blandes inn saltere vann nedenfra. Denne fortyninga, kalt sekundærfortynning, kan beregnes ved å bruke målt saltholdighet i resipienten. En kan bruke ligning (2) og si at saltholdigheten i «utslippet» er 0 psu, siden dette er ferskvann. Bakgrunnskonsentrasjonen er saltholdigheten til det vannet som blandes opp nedenfra, S_{bak} . Konsentrasjonen i resipienten er saltholdighet i overflatelaget, S . Med overflatevannet menes de aller øverste desimeterne som kan være påvirket av Fiskåbekken. Bakgrunnsverdien vil være det vannet som blandes opp, som ligger rett under dette øverste laget, men over det generelle sprangsjiktet i Byfjorden på 2-3 m. Det er valgt å bruke målt saltholdighet på 1,5 m ved stasjon EC4 som bakgrunnsverdi. Sekundærfortynningen kan da beregnes slik

$$f_s = \frac{S}{S_{bak-S}} \quad (3)$$

Den samlede fortyninga kan beregnes ved å gange sammen primær og sekundær fortyning.

$$f = (1 + f_p) \cdot (1 + f_s) - 1 \quad (4)$$

Konsentrasjonen i resipienten kan da beregnes på samme måte som gjort i ligning (2). Her brukes konsentrasjonen i Fiskåbekken, hvor utslippet fra Elkem allerede er blandet med bekkevannet.

$$C = \frac{C_{bekk} + f_s \cdot C_{bak}}{1 + f_s} \quad (5)$$

Her er C_{bak} bakgrunnskonsentrasjonen i resipienten.

Ved hjelp av målingene av saltholdighet vist i Figur 6 og lign. (3) kan sekundærfortynningen beregnes. Resultatene er vist i Tabell 3. Sekundærfortynningen vil variere mye og påvirkes av både vannmengden i Fiskåbekken og vindforhold i området. På stasjonene EC5 og EC6 er påvirkningen fra Fiskåbekken svak og det er vanskelig å beregne fortyningen. Disse to stasjonene er derfor ikke inkludert i Tabell 3.

Tabell 3. Resultater fra beregning av sekundærfortynning (f_s). Målingene av saltholdighet er hovedsakelig utført med sonde. Den 25/9 ble det også tatt vannprøver som ble analysert for saltholdighet. Dette er vist i siste rad merket med *.

Dato	Q_{bekk} L/s	C_{bekk} µ/L	S_{bak} Psu	EC1		EC2		EC3		EC4	
				S	f_s	S	f_s	S	f_s	S	f_s
19/6	107	13	13,03	4,00	0,4	11,9	10,5	12,57	27,3		
6/8	330	13	18,87	5,60	0,4	12,3	1,9	12,4	1,9	14,2	3,0
25/9	10	13	24,00	10,23	0,7	10,65	0,8	21,54	8,8		
25/9*						11,92	1,0	17,82	2,9		

I august var sekundærfortynningen bare 3 ganger ved stasjon EC4 som ligger omtrent 500 m fra bekkeutløpet. Hvis konsentrasjonen av PAH i bekken var 13 µg/L og bakgrunnsverdien 2 µg/L, ville konsentrasjonen i overflaten på stasjon EC4 vært 4,8 µg/L. I dette verst tenkelige tilfelle ville utslippet

fra Elkem ha en spredningssone som antageligvis strekker seg helt over til Svensholmen i Fiskåbukta (se kart i Figur 5). Men antageligvis ville da PAH-konsentrasjonen i bekkens utløp vært lavere enn 13 µg/L. I en normalsituasjon er det mest sannsynlig at spredningssonen til Elkem er selve bukta innenfor stasjon EC3. For å kunne gi sikrere beskrivelse av spredningssonen, vil det være nødvendig å ha mer data om PAH-konsentrasjonen der Fiskåbekken renner ut i sjøen.

Beregningene av fortytning er basert på saltholdighet målt med sonde. Den 25/9-2020 ble saltholdighet også bestemt ut fra analyse av vannprøver. Disse er vist i nederste rad i Tabell 3. Målingen av vannprøven fra EC3 viste en lavere saltholdighet, som gir en lavere fortytning. Dette viser at denne metoden (lign. 3) for å beregne fortytning, har usikkerhet knyttet til resultatet. Men hovedpoenget i resonnerementet her, er at fortytningen av vannet fra Fiskåbekken er relativt liten og at vannprøvene bekrefter dette.

4 Vurdering av flytting av utslippspunkt for avløpsvann

4.1 Tekniske- og økonomiske vurderinger

I kravetpålegget fra Miljødirektoratet inngår en vurdering av flytting av utslippspunkt. Elkem Carbon har engasjert Siv.ing. J.B. Andersen A/S til å gjøre denne vurderingen, Vedlegg A. Med utgangspunkt i dataene i Tabell 1, er det OVP4 som representerer den viktigste fluksen av PAH til sjø. Det er derfor tatt utgangspunkt i flytting av dette utslippspunktet fra Fiskåbekken og ut til i Elkembukta. Oppsamlingspunktet for vann til OVP4 har for lav høyde over havnivået til at avløpsvannet kan renne med naturlig fall til det nye utslippspunktet i sjøen. For å kunne ta unna dimensjonerende vannmengde har Siv.ing. J.B. Andersen A/S anbefalt å etablere en pumpestasjon som sender vannet gjennom et $\varnothing 225$ mm polyetylen (PE) rør. Røret graves ned i ny trase på land og legges som nedtynget rør om lag 190 m ut i sjøen til punkt Alt. 1 i Figur 1. Utslippspunktet vil da være på en dybde på ca. 10 meter.

Det er også satt opp en budsjettkalkyle for tiltaket som inkluderer prosjektering, administrasjon og uforutsett. Kalkylen viser et kapitalbehov på NOK 3 400 000 eks. mva. Dette inkluderer ikke oppsamlingsbasseng for vann i OVP4 som er en forutsetning for foreslått løsning. Ifølge Elkem Carbon vil det medføre betydelige kostnader. Pr. dato er det ikke gjort overslag som representerer totalkostnadene ved flytting av utslippspunktet.

4.2 Endret spredning og påvirkningssone ved en eventuell flytting av utslippspunkt

Vurderingene om endret spredning og påvirkningssone ved flytting av utslippspunktet for OVP4 fra Fiskåbekken tar utgangspunkt i de tekniske vurderingene i kapittel 4.1 og opplysningene gitt i Tabell 1. Det er gjort modelleringer både med utslipp på 10m og på 25m vandndyp, se Alt. 1 og 2 i Figur 4. I modelleringene er det sett på innlagringsdyp og fortykning av avløpsvannet. De oppgitte PAH-konsentrasjonene for OVP4 gitt i Tabell 1 er benyttet for å vise hvordan konsentrasjonen kan endres. Som påpekt tidligere, er verdiene i Tabell 1 av en begrenset mengde og med betydelig usikkerhet. Konsentrasjonsendringene i modelleringen må derfor betraktes som illustrative.

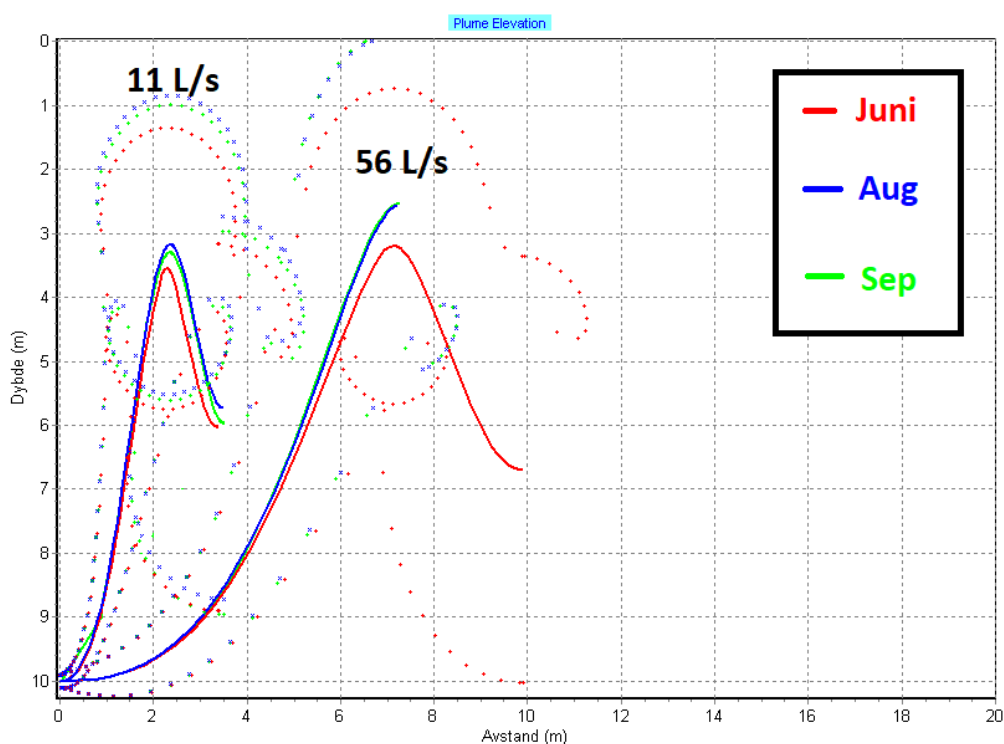
Når det skal vurderes om et flyttet utslipp er mer gunstig, er det viktig at alternativene er sammenlignbare, altså at omtrent samme mengde PAH slippes ut på forskjellige måter, enten til bekken eller i et dykket rør. Vi ser først på dagens situasjon med utslipp til bekken. Det er målt konsentrasjoner mellom 7 og 420 $\mu\text{g/L}$ i OVP4 (se Tabell 1). Hvis en antar at vannmengden fra OVP4 er 11 L/s, som er det laveste oppgitt, og total vannmengde inkludert kjølevannet er 125 L/s, betyr dette at C_{ut} blir 37 $\mu\text{g/L}$ med den høyeste observerte konsentrasjonen i OVP4. Ved å benytte lign. (3), og anta en primærfortynning på 2,3 blir konsentrasjonen i bekkeutløpet på 11,2 $\mu\text{g/L}$. Dette er sammenlignbart med den verdien som ble brukt i vurderingen av dagens utslipp i Fiskåbekken (kapittel 3.2) og bekrefter at de verdiene som er målt i Fiskåbekken i Tabell 1 er realistiske.

Hvis nå kun utslippet fra OVP4 flyttes, og vi antar at den samme mengden PAH blir fordelt på den høyeste målte vannmengden i OVP4 (56 L/s), gir det en konsentrasjon av PAH på 83 $\mu\text{g/L}$. I beregningene benyttes derfor følgende verdier for vannmengde og konsentrasjon:

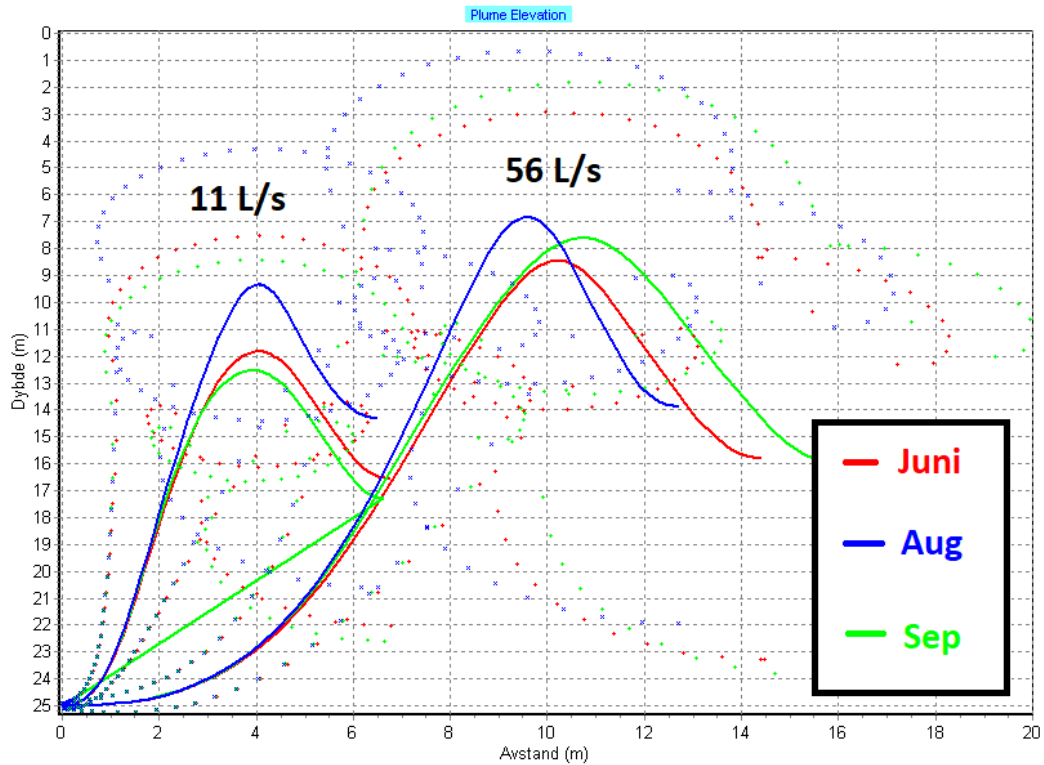
1. En vannmengde på 11 L/s og konsentrasjon på 420 $\mu\text{g/L}$ (som er målt i OVP4).
2. En vannmengde på 56 L/s og konsentrasjon på 83 $\mu\text{g/L}$ (som gir samme mengde PAH, men fordelt på mer vann).

Når ferskvann slippes ut på dypet i sjøvann, vil den positive oppdriften føre avløpsvannet relativt raskt oppover, helt til utslippsskyen når et dyp hvor det ikke lenger er positiv oppdrift. Dette kalles innlagringsdypet. I denne prosessen blandes avløpsvannet effektivt inn i sjøvannet i resipienten. Ved utslipp på 10 m er beregnet innlagringsdyp på 6-7 m og hvor den øverste delen av utslippsskya når opp til overflaten (se Figur 6). Ved utslipp på 25 m (se Figur 7) er beregnet innlagringsdyp på 14-18 m og hvor den øverste delen av utslippsskya når opp til 1 m dyp.

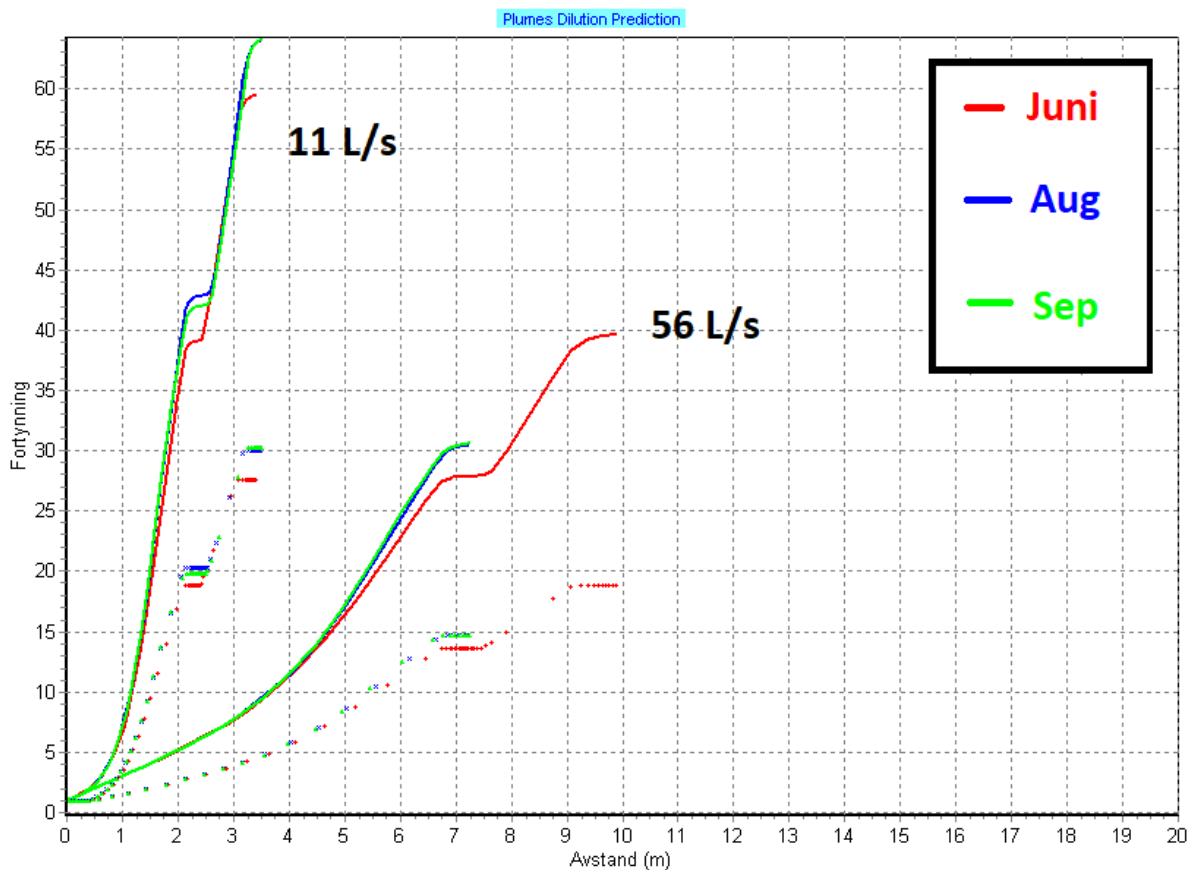
Videre, ved utslipp på 10 m er primærfortynningen ca. 40 ganger innen 10 m fra utslippspunktet (se Figur 8). Ved en utslippskonsentrasjon av PAH på 420 $\mu\text{g/L}$ blir da konsentrasjonen 5,6 $\mu\text{g/L}$. En kan videre anta at konsentrasjonen er under 1 $\mu\text{g/L}$ ca. 100 m fra utslippspunktet. Ved utslipp på 25 m er primærfortynningen minst 170 ganger innen 10 m fra utslippspunktet (se Figur 9). En kan videre anta at konsentrasjonen er under 1 $\mu\text{g/L}$ ca. 50 m fra utslippspunktet siden avløpsvannet i dette tilfellet blandes inn i en større del av vannsøylen.



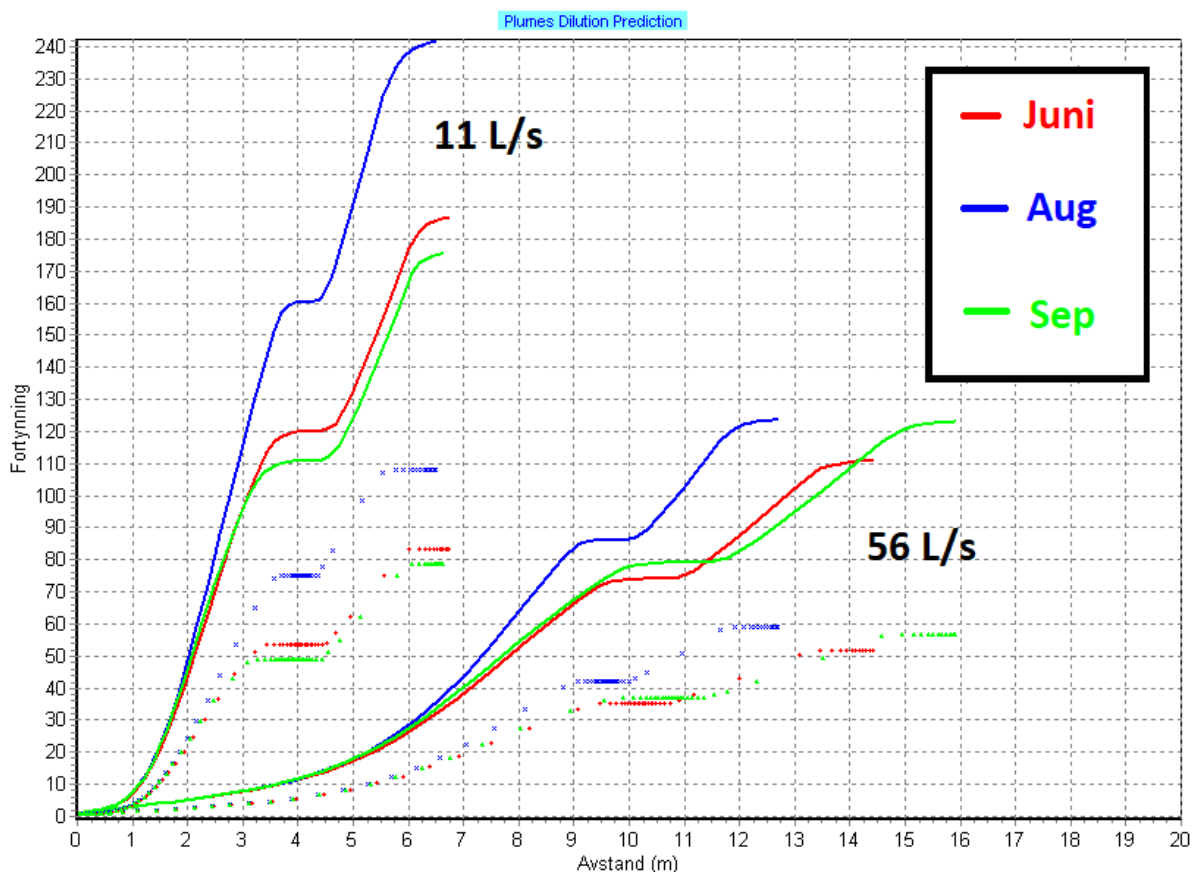
Figur 6. Beregnet innlagringsdyp for utslipp på 10 m. Tre forskjellige CTD profiler ble brukt som inngangsdata, målt 4/6 (rød), 6/8 (blå) og 25/9 (grønn) 2020. Vannmengden i utslippet var hhv. 11 og 56 L/s. De tre kurvene som kommer lengst fra utslippspunktet (til høyre i figuren), har høyest vannmengde. De heltrukne linjene viser posisjonen til sentrum av avløpsvannet, mens de prikkene angir ytterkanten av avløpsvannet.



Figur 7. Beregnet innlagringsdyp for utslipp på 25 m. Tre forskjellige CTD profiler ble brukt som inngangsdata, målt 4/6 (rød), 6/8 (blå) og 25/9 (grønn) 2020. Vannmengden i utslippet var hhv. 11 og 56 L/s. De tre kurvene som kommer lengst fra utslippspunktet (til høyre i figuren), har høyest vannmengde. De heltrukne linjene viser posisjonen til sentrum av avløpsskyen, mens de prikkene angir ytterkanten av avløpsskyen.

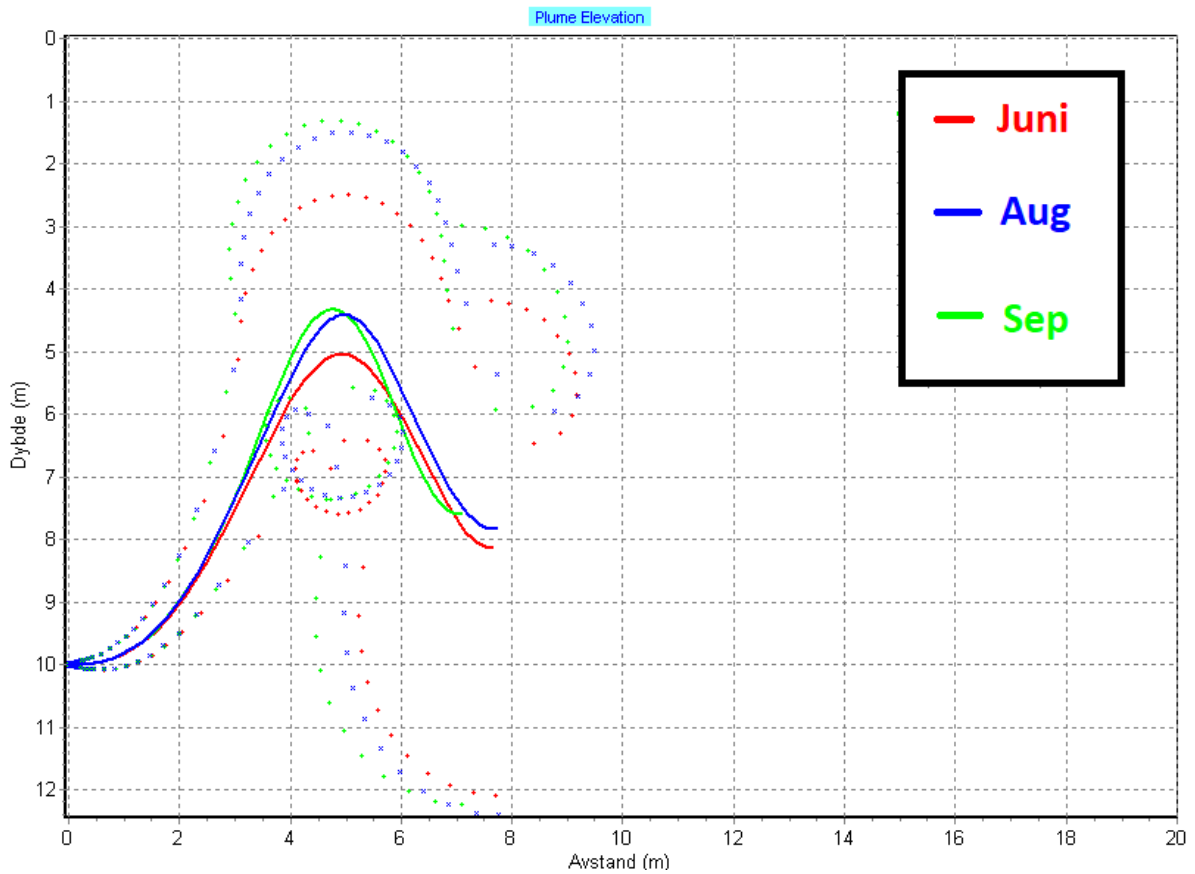


Figur 8. Beregnet fortynning for utslipp på 10 m. Vannmengden i utslippet var hhv. 11 og 56 L/s. Tre forskjellige CTD profiler ble brukt som inngangsdata målt 4/6 (rød), 6/8 (blå) og 25/9 (grønn) 2020. Lavest vannmengde gir brattere kurver.

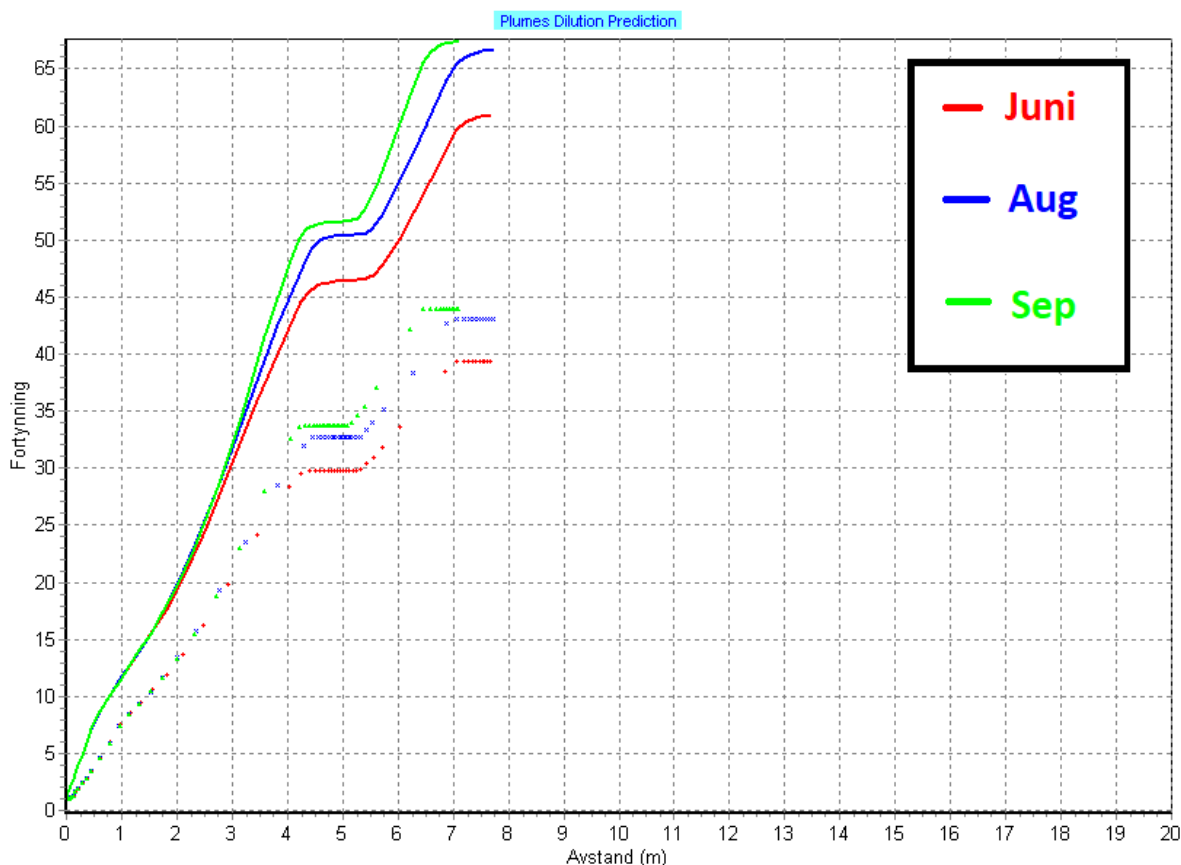


Figur 9. Beregnet av fortynning for utslipp på 25 m. Vannmengden i utslippet var hhv. 11 og 56 L/s. Tre forskjellige CTD profiler ble brukt som inngangsdata målt 4/6 (rød), 6/8 (blå) og 25/9 (grønn) 2020. Lavest vannmengde gir brattere kurver.

Modelleringene ovenfor har vist at hvis vannet fra OVP4 ledes ned i dypet, vil konsentrasjonene i resipienten generelt bli betraktelig lavere enn ved utslipp til Fiskåbekken. Unntaket er i de få meterne rett ved utslippsledningen. Her vil tidvis konsentrasjonen være høyere enn det som i dag måles i Fiskåbekkens utløp. Det området som utslippet påvirker, vil bli betydelig mindre enn ved utslipp til overflaten. I modelleringene ovenfor er det ikke tatt hensyn til en eventuell diffusor på avløpsledningen. En slik anordning vil kunne gi økt fortynning og dypere innlagring, særlig kan det være aktuelt for utslipp på 10m dyp. Dette er vist i Figur 10 og Figur 11. Vi har tatt utgangspunkt i at det samlede arealet for diffusorhullene skal tilsvare tverrsnittarealet på ledningen. Det gir ca. 45 hull med 30mm diameter. Et utslippsdyp på 25 m vil gi høyere fortynning og dypere innlagringsdyp enn et utslipp på 10 m. Risikoen for at utslippet når helt opp til overflaten vil også være mindre.



Figur 10. Beregnet innlagringsdyp ved utslipp på 10m med diffusor med 45 hull og diameter på 30 mm plassert med 20 cm mellomrom. Vannmengde er 56 L/s.



Figur 11. Beregnet fortynning ved utslipp på 10 m med diffusor med 45 hull og diameter på 30 mm plassert med 20 cm mellomrom. Vannmengde er 56 L/s.

5 Konklusjoner

Dagens utslipp til Fiskåbekken påvirker strandsonen og sjøbunnen i nærområdet. Det er vanskelig å angi nøyaktig grense for influensområdet siden det vil variere med utslipps- og avrenningssituasjonen. Som påpekt tidligere, kan nok influenssonen tidvis strekke seg ut i Fiskåbukta/Vesterhavn, til i alle fall Svendsholmen. I disse områdene vil også andre kilder kunne ha betydning. I modelleringene har vi sett på hvordan PAH-konsentrasjonen kan endre seg ved flytting av utslippspunkt. Det eksisterer lite data om konsentrasjoner for sum PAH i sjøvann og det er heller ikke gitt grenseverdier (EQS). Det er derfor mer hensiktsmessig å se på konsentrasjoner i blåskjell og hvordan disse har endret seg de senere årene. Over tid og i tråd med utslippsbegrensende tiltak ved Elkem Carbon, har PAH-konsentrasjonen i resipienten gått ned. Blåskjellovervåkingen for 2020 viser da også at kun stasjon Lumber i utløpet av Elkembukta er karakterisert til å ha «ikke god» kjemisk tilstand med benzo(a)pyren som utslagsgivende. Stasjonene Fiskå, Svendsholmen og Timlingene i Fiskåbukta er karakterisert til «god kjemisk» tilstand (Øxnevad og medarb. in prep.)

Modelleringene som er gjort, tilsier at flytting av utslippet (OVP4) fra Fiskåbekken til dypere vann vil øke fortynningen og dermed redusere konsentrasjonene av PAH, særlig i overflatelaget.

Modellberegningene har vist at med dagens utslippsarrangement til Fiskåbekken vil avløpsvannet fortynnes 1-10 gangen innen det når midten av Elkembukta ved 10-meters dypet og 2-25 ganger ved utløpet av Elkembukta ved 25 meters vanndyp. Tilsvarende vil flytting av utslippet til 10 meters dyp gi en fortynning på ca. 40 ganger og en flytting til 25 meters dyp en fortynning på ca. 170 ganger. Med utgangspunkt i disse tallene kan man kanskje anta at flytting av utslippet til 10 meters dyp vil redusere konsentrasjonene av PAH med en faktor på 5, mens flytting til 25 meters dyp kan redusere konsentrasjonene i overflatelaget med en faktor på 10. Som på pekt tidligere, er inngangsdataene for modelleringene begrenset og med betydelig usikkerhet slik at vurderingene over er overslagsmessige betraktninger.

Med reduserte overflatekonsentrasjoner av PAH vil konsentrasjonene i f.eks. blåskjell i nærområdet vil reduseres. Hvis vi antar linearitet, noe som dog kan diskuteres, kan man forvente samsvarende reduksjon i blåskjellkonsentrasjonene med de i vannmassene. Det betyr igjen at de relativt lave verdiene man observerte i blåskjell i 2020 vil være vedvarende. Stasjon Lumber vil muligens ikke komme under grenseverdiene, særlig hvis utslippet flyttes til 10 meter og ikke 25 meters dyp.

Det er tidligere påpekt rekontamineringsfaren i Elkembukta etter eventuelle tiltak mot de forurensede sedimentene. Flytting av utslippspunktet vil påvirke dette. Det er grunn til å anta at flytting til 10m midt i Elkembukta vil redusere rekontamineringsfaren noe. Flytting til 25 vanndyp vil redusere påvirkningen på sedimentene i større grad. Vi har imidlertid ikke data som kan kvantifisere dette ytterligere. Det er viktig å bemerke at flytting av utslippet ikke endrer på mengden av utslipp av PAH, men kun konsentrasjonene. Man skal også være oppmerksom på at en flytting av utslippet medfører en større direkte påvirkning lokalt på Fiskåbukta. Fortsatte utslippsbegrensende tiltak ved Elkem Carbon er derfor viktig.

6 Referanser

Næs, K., M. Olsen, I. Allan, V. Raffard, M. Reid, G. Aasen Slinde og B. Sundby Håland, 2021. Oppdatert tiltaksplan for forurenset sjøbunn utenfor Elkem Carbon, Kristiansand. NIVA-rapport 7573-2021, 31s + Vedlegg.

Olsen, M., K. Næs, M. Schaanning, S. Øxnevad, J. Håvardstun, S. Sayfritz og Karina Pettersen, 2018. Tiltaksplan for forurenset sjøbunn utenfor Elkem Carbon AS, Kristiansand. NIVA-rapport 7276-2018, 113s.

Øxnevad, S., H. Trannum og J. Håvardstun, 2021 (in prep.). Tiltaksorientert overvåking av sjøområdet utenfor Elkem Carbon og REC Solar i Kristiansand i 2020. NIVA-rapport.

Vedlegg A. Konseptstudie - Teknisk
økonomisk vurdering for ny OVP4
avløpsledning til sjøen

NOTAT

Emne: Konseptstudie - Teknisk økonomisk vurdering for ny OVP4 avløpsledning til sjøen

Til: Elkem Carbon (ECF): Bente Sundby Håland (BSH)

Fra: J.B. Andersen, Siviling. J.B. Andersen A/S (tel. 454 60 200, e-post jba@sivjba.no)

Kopi til: BSH distribuerer internt hos ECF

Dato/rev: 24.01.2021, Rev 3 - ECF innspill og kommentarer implementert

1.0 BAKGRUNN FOR OPPDRAGET, LØSNINGSFORSLAG OG SAMMENDRAG

Miljødirektoratet har pålagt Elkem Carbon AS å utrede muligheter for omlegging av utslippspunkt for kjølevann, prosessvann og overflatevann. I denne rapporten gis tekniske og økonomiske vurderinger på flytting av utslippspunktet for å redusere den negative påvirkningen på Fiskåbekken (FB) og Elkembukta.

Dette foreliggende notatet begrenser seg geografisk til å betrakte vannhåndteringen fra oppfangning i katakomben til og med utslippspunkt i sjøen. Basert på vurdering av de ulike punktenes miljømessige kritikalitet anbefaler man at bare OVP4 legges i eget avløp til sjø.

Oppfangingsstedet for OVP4 vann i katakomben har for lav høyde over havnivået til at vannet kan renne med naturlig fall til ønsket utslippspunkt i sjøen. For å kunne ta unna dimensjonerende vannmengde anbefales å etablere en pumpestasjon som sender vannet gjennom et Ø225 mm polyetylen (PE) rør. Røret graves ned i ny trase på land og legges som nedtyngt rør om lag 190 m i sjøen til punkt Alt. 1 i figur 1. Punktet har en omtrentlig dybde på 10 meter. Endepunktet på utløpsledningen påmonteres diffusor for god spredning av utløpsvannet. Diffusoren kan med fordel monteres på et stativ slik at den ligger litt opp fra sjøbunnen.

Det er satt opp en budsjettkalkyle for tiltaket som også inkludert prosjektering, administrasjon og uforutsett (contingency). Kalkylen viser et kapitalbehov på NOK 3 400 000 eks. mva. Dette inkluderer ikke oppsamlingsbasseng for vann i OVP4, som er en forutsetning for foreslått løsning.

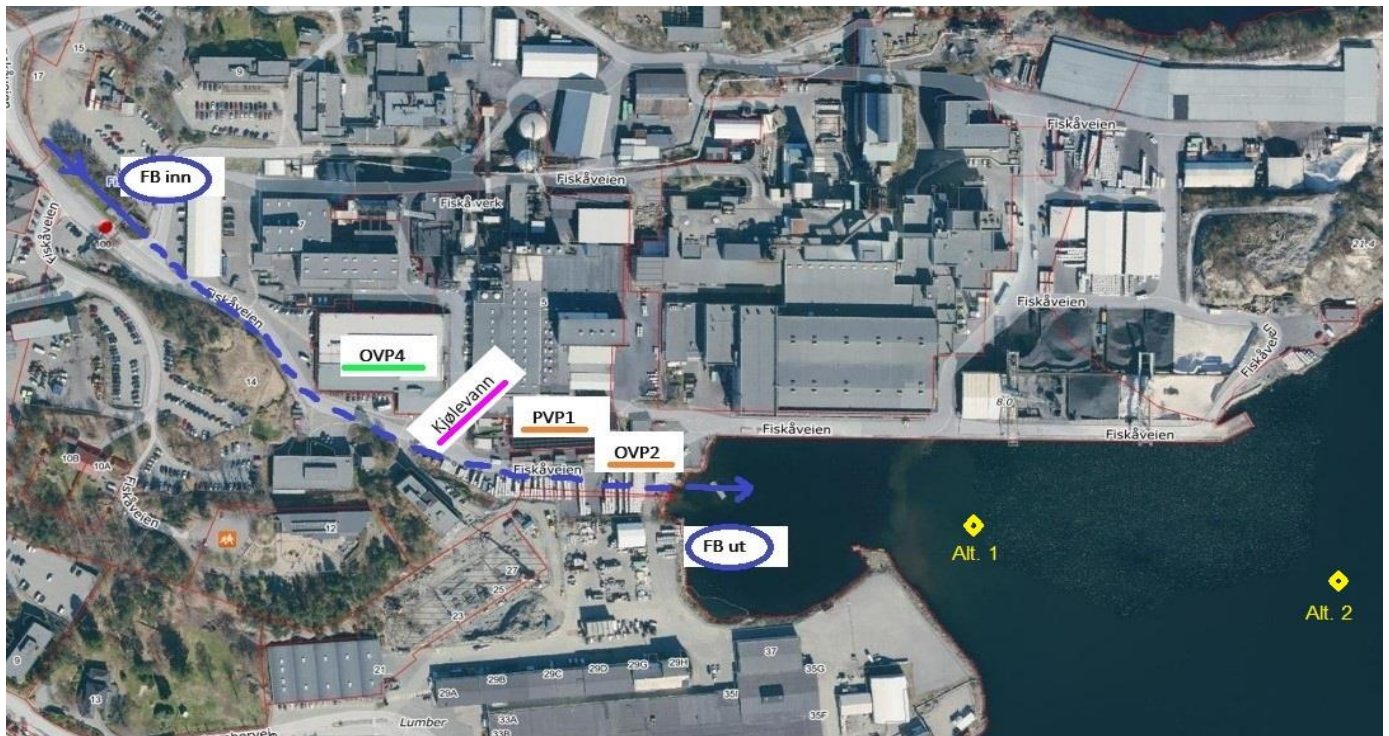
Antatt gjennomføringstid er om lag 7-8 måneder fra en eventuell godkjent investeringsøknad.

2.0 KRITIKALITET OG PRIORITERING AV STRØMMENE, DESIGNKRITERIER

Vannmengder og PAH konsentrasjon for de i tillatelsen omtalte strømmene for kjøle-, overflate- og prosessvann vist i tabell 1. Omtrentlig lokalisering av strømmene er vist på bildet i figur 1 på neste side.

Nr.	Vannstrøm	Vannmengde (m ³ /hr)	PAH (µg/L)
1	FB inn	100 - 6500	0,2 - 3
2	OVP4	40 - 200	7 - 420
3	Kjølevann	250 - 410 (estimert)	≈ 0 (under deteksjonsgrensen)
4	PVP1	Max 5	12 - 360
5	OVP2	Max 10	12 - 500
6	FB ut	550 - 9450	1,2 - 13

Tabell 1: Oversikt over målte vannmengder og PAH konsentrasjoner, i de aktuelle avløpene og strømmene (Kilde: ECF).



Figur 1: De aktuelle utslippsstrømmene som skal vurderes er: OVP4, Kjølevann, OVP2 og PVP1. Fiskåbekkens (FB) trase under bakken er vist med blå stiplede linje (Kilde: ECF)

Som vi ser av tabellen er PAH konsentrasjonen i strøm nr. 3 (Kjølevann) under deteksjonsgrensen. Det betyr at kjølevannet gir lite signifikant forurensningsbidrag i form av PAH til Fiskåbekken og at det derved gir begrenset nytteverdi å etablere et eget separat avløp for denne strømmen. Dessuten kan man nevne at dette kjølevannet sammen med vannet i Fiskåbekken begge kommer fra Fiskåvannet, der kjølevannet blir ført i en egen separat ca. 2km lang ledning fra Fiskåvannet og ned til fabrikkområdet, og at kjølevannet intern i fabrikkområdet går i lukkede kjølekretser.

Inne på fabrikkområdet samles strømmene 4 (OVP2) og 5 (PVP1) via ulike kummer. I noen av disse kummene er det også tilførsel av gråvann fra sanitæranlegg, og til dels overvann fra kloakkummer. Tilkobling av vann fra OVP2 og PVP1 er ikke tatt med i denne vurderingen, men det vil være mulig å koble på dette vannet ved en senere anledning.

Man står da igjen med strømmen OVP4, som er signifikant både med hensyn til vannmengde og PAH konsentrasjon. Denne strømmen føres i dag fra kjeller - kalt katakomben - gjennom en betongkanal/kulvert med strømningstverrsnitt ca. 70x70 cm og lengde om lag 20m før til innløp Fiskåbekken. OVP4 vannet renner så sammen med vannet i Fiskåbekken (som her ligger i en større kulvert/betongkanal under veien) til utløpstedet i sjøkanten.

Den delen av Fiskåbekken som også fører OVP4 vann har en lengde på om lag 160 meter. Dvs. «strømningsslengden» fra katakomben til utløp sjø er om lag 180 meter. Fra sjøkanten har Elkem sett for seg at ny OVP4 ledning føres videre som en i sjøen i neddykket rørledning frem til et gitt utslippssted på sjøbunnen. Her har man foreslått 2 aktuelle alternativ. Det første utslippsstedet (Fig. 1, alt 1) ligger på om lag 10 meters dyp og ca. 190 meter fra punktet der kulverten for Fiskåbekken møter sjøen. Det andre alternativet (Fig. 1 Alt.2) ligger på om lag 25 meter dyp og omtrent 400 meter fra punktet der Fiskåbekken møter sjøen.

Vannmengden i OVP4 er målt jevnlig over flere år, og har historisk ligget mellom 40 og 200 m³/hr. Ved beregningen i kapittel avsnitt 3.0, er dimensjonerende vannmengde satt til 200 m³/hr, men med beregningsalternativ for Flomsituasjon 300 m³/hr og «Worst Case» scenario 400 m³/hr.

3.0 BREGNING AV STRØMNINGSTVERRSNITT FOR NYTT OVP4 UTSLIPPSRØR

Den kritiske parameteren i strømningberegninger for rør er energitapet, ofte uttrykt som trykkfall i meter vannsøyle (mVS). Slik er det også her: Utløpsledningens dimensjon blir i hovedsak bestemt av trykkfallet gjennom ledningen som igjen er en funksjon av vannmengden (strømningshastigheten), startpunktets

plassering i høyde Z_0 over havnivået, ledningens lengde (ekvivalent rørlengde = brutto rørlengde + tapsledd. Dvs. bend, T-stykker, ventiler, diffusor etc.) samt overflateruheten inne i røret (friksjonsfaktoren).

Når vannet renner ut gjennom ledningen drives det av gravitasjonen. Trykkfallet i ledningen vil medføre at vannet stuver seg opp en gitt høyde over havflaten. Denne oppstuvings høyden Z tilsvarer akkurat trykkfallet eller trykktapet (mVS) gjennom ledningen. I dette tilfellet er startpunktet Z_0 for innstrømming av vann i rørledningen ved betongkanalen i katakomben. Toppen av betongkanalen er estimert til å ligge på om lag kote +0,76m over havflaten, og med bunnen på ca. kote 0,06m. Det betyr at man i praksis har ikke har noen nyttbar overhøyde tilgjengelig for å drive vannet frem gjennom rørledningen og ut av enden på ledningen. Dersom trykktapet overstiger Z_0 vil ikke ledningen klare å ta unna vannmengden og vi får oversvømmelse i Katakomben. Noe som til stadighet observeres når det er mye nedbør og OVP4 vannmengden blir stor, og når det er høyt havnivå.

Det bør likevel være mulig å få til en begrenset høyde over havnivået på om lag $Z_0 = 1,7-1,8$ meter (Ref. Statens kartverk, topografiske kart - høydeprofilering) samt befaring og oppmålinger i anlegget 04.01.21) dersom man først samler strømmene inne i katakomben i et basseng. Rørledningen må da begynne som et overløp øverst i toppen av bassengkanten. Erfaringsmessig bør oppstuvings høyden Z under normale forhold (Designbetingelser) helst ikke overstige 25 % av Z_0 , slik at man ved store plutselige og akutte endringer i vannmengdene ikke får oversvømmelser ved startpunktet. Samtidig bør strømningshastigheten i utløpsrøret ikke overstige 1 m/sek.

For å finne anbefalt rørledningstverrsnitt for utslippsledningen (med startpunkt i overløp fra oppsamlingsbasseng) benyttes standard strømningslære under anvendelse av Bernoulli's energiligning og Darcy-Weißbachs empiriske relasjon for hydrauliske tap ved turbulent væskestrømming. For hvert scenario er det gjort kontrollberegninger av Reynolds tall (Re) for å verifisere at man har turbulent og ikke laminær strøm. Friksjonsfaktoren λ er estimert ut fra logaritmisk-grafiske sammenhenger der $\lambda = f(Re, \epsilon/D)$. Vi har antatt en innvendig overflateruhet ϵ i rørene tilsvarende et stålrør (gir $\lambda=0,02$), noe som nok er en god tilnærming til de innvendige forholdene i godt brukte vannrør, men som likevel utgjør en usikkerhetsfaktor i beregningene. Dog kan man anta at beregningene gir tilstrekkelig nøyaktighet til å underbygge designanbefalingene i denne rapporten.

Beregninger er utført med utgangspunkt i 6 ulike OVP4 scenarier:

- Designmengde 200 m³/hr, og utslippspunkt Alt. 1 ca. 190 m fra land
- Flom mengde = Design + 50 % = 300 m³/hr, og utslippspunkt Alt. 1 ca. 190 m fra land
- Worst case mengde = Design + 100 % = 400 m³/hr, og utslippspunkt Alt. 1 ca. 190 m fra land
- Designmengde 200 m³/hr, og utslippspunkt Alt. 2 ca. 400 m fra land
- Flom mengde = Design + 50 % = 300 m³/hr = 300 m³/hr, og utslippspunkt Alt. 2 ca. 400 m fra land
- Worst case mengde = Design + 100 % = 400 m³/hr, og utslippspunkt Alt. 2 ca. 400 m fra land

Forutsatt at det etableres et oppsamlingsbasseng slik at starthøyden Z_0 for vannet økes til 1,75m over havnivået (ref. kapittel 3.0 3, avsnitt over), gir de hydrauliske beregningene for utslippsledningen ved ulike rørdimensjoner følgende resultater:

Scenario	Utvendig Rørdiameter	Vannhastighet	Reynolds tall (Re)	Brutto rørlengde	Ekval. rørlengde	Trykktap Z	Z/Z ₀
a) 200 m ³ /hr, alt 1.	355 mm *)	0,68 m/sek	1,83 x 10 ⁶	370m	395 m	0,64 mVS	0,37
b) 300 m ³ /hr, alt 1.	355 mm *)	1,02 m/sek	2,74 x 10 ⁶	370m	395 m	1,44 mVS	0,82
c) 400 m ³ /hr, alt 1.	355 mm *)	1,36 m/sek	3,66 x 10 ⁶	370m	395 m	2,56 mVS	1,46
a) 200 m ³ /hr, alt 1.	400 mm **)	0,54 m/sek	1,64 x 10 ⁶	370m	395 m	0,37 mVS	0,22
b) 300 m ³ /hr, alt 1.	400 mm **)	0,80 m/sek	2,46 x 10 ⁶	370m	395 m	0,76 mVS	0,43
c) 400 m ³ /hr, alt 1.	400 mm **)	1,07 m/sek	3,23 x 10 ⁶	370m	395 m	1,48 mVS	0,84
d) 200 m ³ /hr, alt 2.	400 mm **)	0,54 m/sek	1,64 x 10 ⁶	580m	605 m	0,51 mVS	0,29
e) 300 m ³ /hr, alt 2.	400 mm **)	0,80 m/sek	2,46 x 10 ⁶	580m	605 m	1,15 mVS	0,65
f) 400 m ³ /hr, alt 2.	400 mm **)	1,07 m/sek	3,23 x 10 ⁶	580m	605 m	2,04 mVS	1,17
d) 200 m ³ /hr, alt 2.	450 mm ***)	0,41 m/sek	3,02 x 10 ⁶	580m	605 m	0,29 mVS	0,16
e) 300 m ³ /hr, alt 2.	450 mm ***)	0,62 m/sek	2,01 x 10 ⁶	580m	605 m	0,67 mVS	0,22
f) 400 m ³ /hr, alt 2.	450 mm ***)	0,83 m/sek	4,02 x 10 ⁶	580m	605 m	1,20 mVS	0,69

*) PE 100 SDR 22 (PN6) rør med $\varnothing_{utv} = 355$ mm og veggtykkelse $t=16,1$ mm gir $\varnothing_{innv} = 322,8$ mm, og $V_{200} = 0,68$ m/s. $V_{400} = 2 \times V_{200} = 1,36$ m/sek

**) PE 100 SDR 22 (PN6) rør med $\varnothing_{utv} = 400$ mm og veggtykkelse $t=18,2$ mm gir $\varnothing_{innv} = 363,6$ mm, og $V_{200} = 0,54$ m/s. $V_{400} = 2 \times V_{200} = 1,07$ m/sek

***) PE 100 SDR 22 (PN6) rør med $\varnothing_{utv} = 450$ mm og veggtykkelse $t=20,5$ mm gir $\varnothing_{innv} = 409,0$ mm, og $V_{200} = 0,41$ m/s. $V_{400} = 2 \times V_{200} = 0,83$ m/sek

Tabell 2: Oversikt over beregningsresultater i forhold til dimensjonering av avløpsledning for OVP4, dersom vannet «fanges» i det det renner i overløp fra et oppsamlingsbasseng

Kommentar til beregningene:

Dersom man ikke gjør noe med dagens høyde på startpunktet Z_0 (eksisterende betongkulvert med bunnen ca. kote +0,06 m) vil en ny ledning, nesten uansett dimensjon aldri klare å føre vannet ut til punkt gitt som alternativ 1 - ca. 190 meter fra land, og enda minste til punktet i alternativ 2 - ca. 400 meter fra land. Vi har ikke, og vil heller ikke få nok drivende trykk til dette. Dette støttes av dagens observasjon der vannet bare renner ca. 20m i betongkanalen (70 x70 cm) og inn i kulverten som fører Fiskåbekk vannet. Likevel blir det oversvømmelser i katakomben. Som tilleggsbemerkning: Et firkantet strømningsstverrsnitt med mål 70 x70 cm tilsvarer et rør med omtrent $\varnothing 800$ mm (!) innvendig diameter.

Ved å bygge et basseng i katakomben for å samle opp vann til det høyst mulige nivået i forhold til tilløps nivåene på de 2 strømmene som renner inn i katakomben kan man klare å skaffe seg et startpunkt om lag 1,75m over havflaten. Men selv ved denne overhøyden viser beregningene - basert på akseptkriteriene (ref. over) - at man må ha et $\varnothing 400$ mm rør dersom man skal føre vannet til punkt Alt. 1 og et $\varnothing 455$ mm rør for å klare å føre vannet til alt. 2 punktet. Det vil i praksis være fysisk umulig å få tredd rør av slike dimensjoner gjennom betongkanalen fra katakomben og til Fiskåbekk kulverten. Man må således etablere en helt ny oppgravd trase fra katakomben til sjøkanten. Det å legge rørledninger av slike dimensjoner i hhv. 370m og 580m lengder i ny trase i grunnen ned til sjøkanten og langt utover i sjøen er meget kostbart. Dette er ikke kostnadsberegnet, men ut fra tidligere erfaringer med legging av store PE ledninger i bakken og i sjøen på Fiskå industriområde snakker vi om betydelige millionbeløp.

4.0 ANBEFALT PROSESSKONSEP – ETABLERING AV PUMPESTASJON MED LEDNING TIL SJØ

For å komme ned til praktisk realiserbare rørdimensjoner, som også vil gi betydelig reduksjon i kostnadene bør det primære valget være å pumpe ut vannet til ønsket utslippspunkt. Pumpen vil da skaffe det sårt tiltrengte drivtrykket som er nødvendig for å få OVP4 vannet i ønsket mengde ut til ønsket utslippspunkt. Pumpetrykket tillater vesentlig høyere strømningshastighet slik at påkrevd rørdimensjon vil gå ned. Pumpen krever dog et installasjonsbasseng eller pumpekum - fortrinnsvis plassert i katakomben – for å kunne «få tak» i vannet. Pumpekummen kan være støpt i betong og være frittstående og/eller kan kombineres med et eventuelt rense- hhv. settlingsbasseng for utskilling av forurensinger. Pumpen styres basert på nivå i pumpekummen.

Dersom man eksempelvis hadde sendt 250 m³/hr gjennom et $\varnothing_{\text{utv}} = 225$ mm PE rør med veggtykkelse tilsvarende SDR17 ville vi fått en strømningshastighet på 2,25 m/Sek og et trykktap på ca. 15 mVS, og vi kunne greid oss med en pumpe med løftehøyde ca. 20m. En slik pumpe med kapasitet rundt 250 m³/hr @ 20mVS blir ganske stor og vil kreve en god del plass i katakomben. På grunn av størrelsen vil den kunne bli krevende å få ut for vedlikehold. Videre er det svært vanskelig å få en slik stor pumpe til å dekke et så stort driftsområde som «normalmengden» (40-200 m³/hr) uten at vi får veldig mange start stopp ved lave vannmengder. Dvs. pumpen tømmer pumpekummen veldig raskt og slår seg av, pumpekummen fylles, pumpen slår seg på, tømmer kummen og slår seg igjen av etter kort tid osv.

Man foreslår derfor å sette inn 2 litt mindre pumper i parallell. Pumpene kan eksempelvis nivåstyres (lav, høy og høy-høy) slik at en av pumpene startes ved gitt nivå (høy) i kummen og pumper til nivået i kummen kommer ned til settpunkt lav. Dersom denne pumpen ikke klarer å ta unna slik at vannnivået i kummen fortsetter å stige til høy-høy, starter pumpe nr. 2 og begge pumpene jobber sammen for å ta unna tilført vannmengde. Dette konseptet gjør også at man beholder 50 % av pumpekapasiteten med en installert pumpe klar for drift, selv om den andre av pumpene er ute for vedlikehold. Det vil øke driftstilgjengeligheten og redusere risiko for oversvømmelser inne i katakomben.

Utfordringen (ref. over) ligger i at ved liten vannmengde vil pumpestasjonen ha svært lite mottrykk å levere mot, mens ved stor vannmengde vil utslippsledningen gi tilstrekkelig mottrykk. Det betyr i prinsippet at man kan risikere ustabil drift, og at pumpe/motor slår seg ut via motorvernet. Pumpene bør i alle fall utstyres med frekvensomformer, slik at de kan mykstartes hhv. turtallstyres. Alternativt, hhv. i tillegg er det mulig å sette inn en trykkreguleringsventil på pumpenes utløpsside slik at man selv ved liten mengde kan gi pumpene et definert mottrykk slik at de får bedre arbeidsforhold og mer stabil drift. Pumpestyringen er innenfor foreliggende oppdragsmandat ikke diskutert eller gjennomarbeidet i detalj. Det bør inngå som en naturlig del i neste fase av prosjektet. Egnede pumpetype vil sannsynligvis være en horisontalt tørroppstilt sentrifugalpumpe egnet for pumping av avløpsvann med noe partikler og finstoff. Det er innhentet budsjetttilbud på en slik pumpe for bruk i kostnadsestimatet.

Opprinnelig hadde man tenkt å legge nytt rør gjennom 70 x 70 cm kulverten fra katakomben til Fiskåbekk kulverten og la røret følge sistnevnte til sjøkanten. Tidligere erfaring tilsier at det kan by på problemer å føre røret gjennom den første kulvertdelen fra katakomben til FB. Skal dessuten OVP4 røret kunne ligge stabilt og sikkert også ved stor flomvannføring i Fiskåbekken trenger røret en meget kraftig innfesting og klamring for ikke å rives løs eller blir skadet. Denne klamringen er komplisert og kostbar, samt at den innebærer en betydelig HMS risiko for montørene mens innfestingsarbeidet pågår. Basert på befarings med Repstad Anlegg AS 11.01.2021 som har gitt prisestimat for legging av ny OVP4 ledning, syntes det å grave ned ledningen i ny trase på land å være en enklere og tryggere løsning. Denne traseen er vist med rød strek i figur 2 nedenfor.



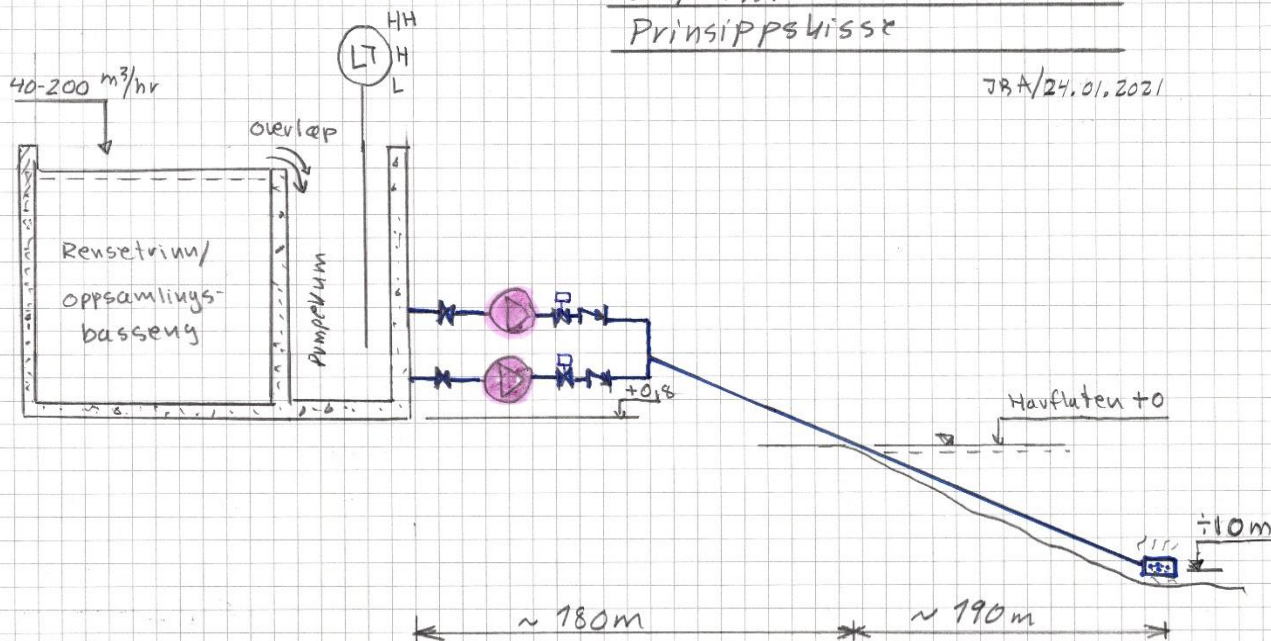
Figur 2: Rød linje: Gravetrasse på land for nytt rør for OVP4 vann. Grønn linje: Neddykket sjøledning for OVP4 vann.

Det graves på land fra katakomben og ut på baksiden av ferdigvarelageret. I trase for ledningen må det vises særlig hensyn til eksisterende kabler og ledninger i bakken. Det står en kommunal pumpestasjon på nedsiden (Lumbersiden) som også har rørledninger, og trolig også kabler som går i dette området. I forkant av gravearbeidene er det nødvendig med god dialog med kommunen og Elkem for å påvise eksisterende ledninger og kabler. Man må kontrollere terrenghøyder og høyder i omkringliggende kummer slik at man velger riktig trasehøyde (grøftedybde). Anslått rørlengde på land er 180 meter.

I sjøen legges ledningen som en dobbeltvegget fortynget sjøledning (synkeledning) slik at man ikke behøver betonglodd i tillegg. I forkant av sjøarbeidene må bunnforholdene identifiseres av dykker som svømmer over og filmer. Forkontrollen vil bidra til å avdekke ugunstige bunnforhold slik at man kan velge en optimal trase. I fall skarpe steiner eller fjellknauser i traseen kan det bli nødvendig med ytterligere sikring av ledningen med betongsekker. Enden av rørledningen bør avsluttes med en diffusor slik at utslippsvannet oppnår rask og god fortykning i sjøvannet. Diffusoren anbefales lagt på et stativ el. slik at den kommer litt opp fra bunnsedimentene. Anslått rørlengde i sjøen er om lag 190 meter.

Pumpesystem OVP4 vann Prinsippsskisse

JBA/24.01.2021



Figur 3: Prinsippskjema for pumpesystem og avløpsledning til sjøen.

5.0 BUDSJETTKALKYLE FOR TILTAKET

Budsjettkalkylen er satt opp basert på den oversikt og kunnskap man i skrivende stund har om tiltaket. Det innebærer at kalkylen er relativt grov, og på dette stadiet syntes det derfor riktig med en uforutsettpost noe i overkant av 20 %.

BUDSJETTKALKYLE - OVP4 VANN TIL SJØEN

KALKYLE i NOK

Sum mekanisk og rør		358 000
Sum betongarbeider og arbeider med rørledning i grunn og sjø		1 608 900
Sum elektro		260 500
Sum instrumentering		97 000
Sum prosessstyring		38 000
SUM ANLEGGSinVesteringer		2 362 400
Sum prosjektering og administrasjon		440 000
UFORUTSETT OG KALKYLEAVRUNDING	22,0 %	597 600
GRAND TOTAL (Alle tall er eks. mva)		3 400 000

Tabell 3: Budsjettkalkyle, hovedposter.

Av betongkonstruksjonene oppstrøms pumpene (ref. Figur 3) er det i kalkylen kun tatt med en enkelt pumpekum 1,5 x 1,5 x 1,5 m slik at pumpene får nødvendig nivåforlag for å kunne ta tak i vannet for videre pumping. Rensetrinnet/opsamlingsbassenget oppstrøm pumpekummen er ikke med i kalkylen. I skrivende stund vet man ikke hvilken type rensing som er tenkt implementert, hvilke doserings- eller prosesshjelpesystemer som skal inngå eller hvilke krav som blir satt til rensegrad og kapasitet. Grunnforholdene i katakomben ukjente, slik at man heller ikke vet hva slags fundamenteringsomfang som er nødvendig får å bære lastene fra oppsamlingsbasseng/rensetrinnet basert på foreliggende informasjon og kunnskap om rensetrinnet er det per i dag ikke mulig å gi et pålitelig anslag for kostnadene på oppsamlingsbasseng/rensetrinnet.

6.0 GJENNOMFØRINGSTID

Grovt anslått gjennomføringstid for tiltaket er rundt 7-8 måneder fra godkjent investeringsøknad. Grunnet grave- og sjøarbeider for rørledningen er det en fordel om de fysiske arbeidene kan utføres på en tid av året når det ikke er risiko for frost.

7.0 ANBEFALINGER FOR VIDERE ARBEID

Dersom Elkem ønsker å gjennomføre forslaget med å legge OVP4 til sjøen bør det etableres et forprosjekt for å detaljere ut omfanget. Dette innbefatter noe mer prosjektering som utarbeidelse av Instrumentert flytskjema (P&ID) og arrangementstegninger for installasjonene inne i katakomben. Videre bør man også gjøre forundersøkelser med dykker, filme undervannstraseen og påvise kabler og ledninger i grunnen Slik at estimatet for rørledningen i grunn og sjø kan oppdateres/forfines. Basert på detaljert rørrangement vil man måtte re-kalkulere trykktapene i rørsystemet på pumpens suge og trykkside, og oppdatere forespørsel/tilbud på pumpe slik at man spisser pumpevalget mot oppgaven. Det bør absolutt også jobbes mer med å detaljere ut omfanget på elektro, instrument og prosesstyring PLS, ettersom behovet for dette er basert på grove erfaringsanslag. Og - ikke minst - dersom man tenker å etablere et rensetrinn i katakomben oppstrøms pumpestasjonen må forprosjekteringen avstemmes med design av rensetrinn, slik at man får et enhetlig og strømlinjeformet design for hele tiltaket.

Basert på forprosjekteringen kan det utarbeides investeringsøknad med nødvendige vedlegg, inkludert oppdatert og mer detaljert CAPEX investeringskalkyle og detaljert fremdriftsplan for EPCM fasen.

Man må forutsette at det kreves utslippstillatelse godkjenning fra sentrale miljømyndigheter for å kunne føre OVP4 vannet til sjøen. Elkem bør selv stå for å innhente disse tillatelsene. Videre vil nok selve anleggsarbeidet og den fysiske etableringen av sjøledningen være søknadspliktig til Kristiansand kommune. Rammegodkjenning og igangsettingstillatelse for dette vil sannsynligvis kunne utarbeides og omsøkes av utførende anleggsentreprenør. Hvis ikke, anbefales det at Elkem henter ekstern kompetanse hjelp til dette. Eksempelvis har Fa. Dagfinn Skaar AS gode referanser og erfaring fra tilsvarende sjøarbeider, også for Elkem Fiskå.

8.0 REFERANSER

- Offentlig tilgjengelig kartinformasjon, blant annet Finn.no – kart, Gule Sider land- og sjøkart, Statens kartverk topografiske kart med genererte høydeprofiler.
- Samtaler og møter med Elkem Carbon, samt stedlige befaringer i anlegget. Des.2020 & jan.2021
- Hydrauliske beregninger for utslippsledning. Siviling. J. B. Andersen AS. Des.2020 & jan.2021.
- Forespørsel på OVP4 pumper med tilhørende budsjetttilbud pumper for OVP4 vann til sjøen, KSB og Xylem. Jan.2021.
- Befaring med anleggsentreprenør 11.01.2021 for budsjettprising av rørarbeider i grunnen og i sjøen.
- Kostnadsoverslag for legging av Ø225 PE ledning fra katakomben til utslippspunkt alt.1 i Elkembukta. Repstad Anlegg AS v/ T. Dønnestad. 15. jan.2021.

Vedlegg: Budsjettkalkyle med detaljer

BUDSJETTKALKYLE - OVP4 VANN TIL SJØEN		v1 - JBA/180121					
Post	Beskrivelse	Tegn.ref./Bilde/ kommentar	Units	Amount	Unit price	Total price	Sum
1.0	MEKANISK OG RØR						
	Innkjøp 2 stk sentrifugalpumper Driftsområde 40-125m3/hr @ 2-25mVS, inkludert fundamentramme i stål, kobling og koblingsbeskyttelse	Forespørsel OVP4 pumper	Stk.	2	70 000	140 000	
	Mekanisk arbeid pumpestasjon, inkludert ankerbolter for fundamentering og oppretting av kobling	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	2	15 000	30 000	
	Forskaling, armering og understøp av fundamentrammer med non-set betong	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	2	1 000	2 000	
	Rørøpplagg DN 200 syrefast stål 316S fra pumpekum til innløp sugeside pumpe, inkludert stengeventiler	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	18 000	18 000	
	Rørøpplagg DN 150 syrefast stål 316S fra utløp trykkside pumper til innkobling mot ny Ø225 PE ledning til sjøen, inkl tilbakslagsventil	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	14 000	14 000	
	Pakninger, bolter, klamring og sekundærstål for rørøpplagg	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	15 000	15 000	
	Frostsikring, isolering av rør på suge og trykksiden av pumpene, inkludert isolasjonsmangling	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	25 000	25 000	
	Løftebejelke over pumpene for vedlikehold, inkludert prøveløfting og sertifisering	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	10 000	10 000	
	Mekanisk montasje, 2 mann i 2 uker	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	Timer	160	600	96 000	
	Diverse mindre mekaniske materiell, montasjemateriell og løfteutstyr	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	8 000	8 000	
	Sum mekanisk og rør						358 000

2.0 BETONGARBEIDER OG ARBEIDER MED RØRLEDNING PÅ LAND OG I SJØEN				
2.1 Etablering av pumpekum (uten renseanlegg)				
Rigg og drift. Som omfatter kostnader forbundet med etablering og drift bygge- og anleggsplass for utførende entreprenørs kontraktarbeid, som forsikringer, sikkerhetsstillelse, planlegging av arbeidene, mobilisering av maskiner og utstyr, skjerming og sikring av anleggsområdet mv.	Erfaringstall, om lag 10 % av entreprisestkostnad	RS	1	14 000 14 000
Pigging og fjerning fjelknauser inne i katakomben for å gi plass til pumpekum med innvendige mål (hxbxd) 1,5 x 1, 5 x 1, 5m. Rengraving av såle inkludert fjerning av slam og skrot på gulvet	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	m3	6	5 500 33 000
2 sidig forskaling av pumpekum	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	m2	22	1 000 22 000
Armering av pumpekum, kamstål og matter	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	Kg	300	25 7 500
Betong B45 for utstøp av dekke og pumpekum	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	m3	2	2 200 4 400
Fabrikasjon og innstøping av syrefast 316S innsugsrør med sperrekrage i betong samt bend i kummens vegg. For føring av OVP4 vann til sugeside av pumper	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	Stk.	2	5 000 10 000
Svellerbånd rundt innstøpingsrør	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	2 500 2 500
Grovstøp av pumpefundamenter, inkludert forskaling, armering og B45 betong	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	Stk.	2	8 000 16 000
Diverse bygningsmessig hjelparbeid og små materiell, kjerneboringer og brannetting etc.	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	12 000 12 000
Stillinger og lifter ved bygningsmessige arbeider	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	10 000 10 000
2.2 Etablering av OVP4 PE rørledning på land og i sjøen				
Generelt				
Rigg og drift. Dvs. etablering og drift av byggeplassen som omfatter alle kostnader forbundet med etablering og drift bygge- og anleggsplass for utførende entreprenørs kontraktarbeid, som forsikringer, sikkerhetsstillelse, planlegging av kontraktarbeidet, skjerming og sikring av anleggsområdet	Repstad anlegg 15.01.21	RS	1	130 000 130 000
Nedrigg og fjerning av anleggstilutstyr og innretninger	Repstad anlegg 15.01.21	RS	1	25 000 25 000
Sluttdokumentasjon, inkludert GPS innmåling av rørtrasee og oversendelse av dokumentasjon til Elkem og til kommunen.	Repstad anlegg 15.01.21	RS	1	13 000 13 000
Arbeider på land				
Forberedende arbeider, dialog med kommune og Elkem. Innmåling og utsetting av merking for eksisterende ledninger i grunnen	Repstad anlegg 15.01.21	RS	1	15 000 15 000
Kabelpåsvisning	Repstad anlegg 15.01.21	RS	1	5 000 5 000
Avtaking og fjerning av asfalt	Repstad anlegg 15.01.21	m2	350	35 12 250
Graving av grøfter på land, og tilsidelegging av masser	Repstad anlegg 15.01.21	Meter	175	900 157 500
Behov for spretting/sprengning av fjell i grøft. Meget usikkert, bare tatt med en rund sum for å markere at behovet kan komme	Anslag	RS	1	30 000 30 000
Kryssing av eksisterende infrastruktur	Repstad anlegg 15.01.21	Stk.	5	2 300 11 500
Transport av forurensete masser til deponi (Støleheia). NB: Vanskelig post å estimere, men man vet at det finnes kontaminerte masser i grunnen på Fiskå og det er derfor lagt inn et anslag på 25 tonn (2-3 lastebillass). Men som sagt er anslaget svært usikkert.	Grovtt anslått and basert på tidl. Fiskå prosjekter	Tonn	25	120 3 000
Deponavgift for forurensete masser til deponi (Støleheia). NB: Vanskelig post å estimere, men man vet at det finnes kontaminerte masser i grunnen på Fiskå og det er derfor lagt inn et anslag på 25 tonn (2-3 lastebillass). Men som sagt er anslaget svært usikkert.	Anslått pris fra avfallsmottak, basert på innrettsøk	Tonn	25	600 15 000
Asfaltkutting	Repstad anlegg 15.01.21	m	360	25 9 000
Reetablering av bærelag av Fk 0-32	Repstad anlegg 15.01.21	m2	350	75 26 250
Fresing av fortaning på asfalt	Repstad anlegg 15.01.21	Meter	360	120 43 200
Reasfaltering av grøft	Repstad anlegg 15.01.21	m2	480	350 168 000
Veimerking	Repstad anlegg 15.01.21	RS	1	24 000 24 000
Polythene rør PE 100, Ø = 225, SDR 17, innkjøp av materiell, sammensveising og legging i grøft	Repstad anlegg 15.01.21	Meter	180	400 72 000
Bend for 225 PE, materiell og montasje	Repstad anlegg 15.01.21	Stk.	5	3 000 15 000
Trykkprøving av ledning over vann	Repstad anlegg 15.01.21	Meter	180	60 10 800
Sjøarbeider				
Forkontroll med dykker, kartlegging av trase	Repstad anlegg 15.01.21	RS	1	50 000 50 000
Merking av trace etter kontroll av bunn	Repstad anlegg 15.01.21	Timer	8	6 000 48 000
Levering og legging av 225 PE i sjø	Repstad anlegg 15.01.21	Meter	190	2 600 494 000
Utløpsanordning. Diffusor med PE stativ	Repstad anlegg 15.01.21	RS	1	30 000 30 000
Justering av ledning under vann med dykker og dykkerbåt	Repstad anlegg 15.01.21	RS	1	25 000 25 000
Filming og sluttkontroll under vann	Repstad anlegg 15.01.21	RS	1	45 000 45 000
Sum betongarbeider og arbeider med rørledning i grunn og sjø				1 608 900
3.0 ELEKTRO				
3.1 Elektromateriell				
Elektroskap, Rital rustfritt eller GRP. Mål ca 2000 x 800 x 600, med innvendige montasjeplater (Telequick eller tilsvarende)	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	Stk.	1	25 000 25 000
Innkjøp Siemens frekvensomformer til OVP4 pumper	Referanse til Enevitt 15.01.21	Stk.	2	13 000 26 000
Montasjemateriell 2 stk motordrifter for pumper: Sentralutstyr/motoravganger, motorvern, Ølflex kabler, sikkerhetsbrytere, skifting, merking, etc.	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	2	30 000 60 000
Kabelburr, B=300mm innkjøp og montasje	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	Meter	20	1 500 30 000
LED lysarmaturer P600mm med nøds/ledelys ved pumpestasjon	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	Stk.	2	2 500 5 000
Kabler og elektromateriell for installasjon av lys og stikk	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	2 500 2 500
3.2 Montasjearbeid elektro				
Montasjearbeid, utstyrsinstallasjon i elektroskap (undersentral) og oppkobling av 2 stk motorinstallasjoner for pumper + lysarmaturer, 2 mann i 10 dager	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	Timer	150	600 90 000
Dokumentasjon elektro, samsvarerklæring fra utførende, kontrollskjema og as-built tegninger	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	Timer	20	600 12 000
Tilkobling av varmekabel for frostsikring av rør rundt OVP4 pumpestasjonen og på pumpene	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	5 000 5 000
Div mindre uspesifisert elektro materiell, brannettinger og småarbeider	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	5 000 5 000
Sum elektro				260 500
4.0 INSTRUMENTERING				
4.1 Instrumentmaterieill				
"IK innmat" (magnetventiler, IP omformere etc.) plassert nytt elektroskap ned i katakomben	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	Stk.	1	15 000 15 000
Instrumentkabler til og fra instrumenter og IK skap	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	Stk.	1	5 000 5 000
Nivåmålinger (LT/LI)-type floatør ("hestepørene")	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	Stk.	2	12 000 24 000
On-off Ventiler (oppstartsventiler pumpe) DN 200 med elektriske aktuator	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	Stk.	2	15 000 30 000
4.2 Montasjearbeid instrument				
Kabelarbeid inkludert innkjøp av bruer og brumateriell	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	10 000 10 000
Oppkobling og kabling av ventiler og nivåmålinger samt av signaler mellom pumpepumper (PT 100, tilbake melding etc.)	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	Timer	20	600 12 000
Diverse mindre deler og uspesifisert montasjemateriell	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	Stk.	1	1 000 1 000
Sum instrumentering				97 000
5.0 PROSESSTYRING				
Optisk fiberkabel for kommunikasjon til prosessnett Elkem carbon, halve lengden i eksisterende trekkerør under bakken og halve lengden klameres på vegg frem til elektroskap	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	Meter	50	300 15 000
Switch/Hub for signaloverføring	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	5 000 5 000
PLS programmering av pumpestyring (nivåmåling og frekvensomformere)	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	8 000 8 000
Etablere funksjonsbeskrivelse og PLS grafikk	Befaring og erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	10 000 10 000
Sum prosessstyring				38 000
SUM ANLEGGSSINVESTERINGER				
				2 362 400
6.0 PROSJEKTERING OG ADMINISTRASJON				
Forprosjektering, inkludert utarbeidelse av investeringsøknad	Erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	90 000 90 000
Detailprosjektering, leverandør og leveranseoppfølginger, byggeledelse, HMS & fremdriftsoppfølging, prosjektadministrasjon	Erfaringstall fra tidl. prosjekter	RS	1	350 000 350 000
Sum prosjektering og administrasjon				440 000
7.0 UFORUTSETT OG KALKYLEAVRUNDING				
			22,9 %	597 600
GRAND TOTAL (Alle tall er eks. mva)				3 400 000

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