

Akvaplan-niva AS

Postboks 6066 Langnes, 9296 Tromsø

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

www.akvaplan.niva.no

Dato: 19-06-2019

Forfatter: Øyvind Leikvin

Tel: +47 954 72 522

Epost:: leikvin@akvaplan.niva.no

Notat

Til: Anne-Kristin Kryzowski, Randesund Bydelsråd

Kopi: Knut Sand, Fagerholt

Ole Anders Nøst, Akvaplan-niva AS

Sak: Vurdering av vannutskiftning ved etablering av kaianlegg, Topdalsfjorden, Kristiansand, 2019 (Ref: APN-61298)

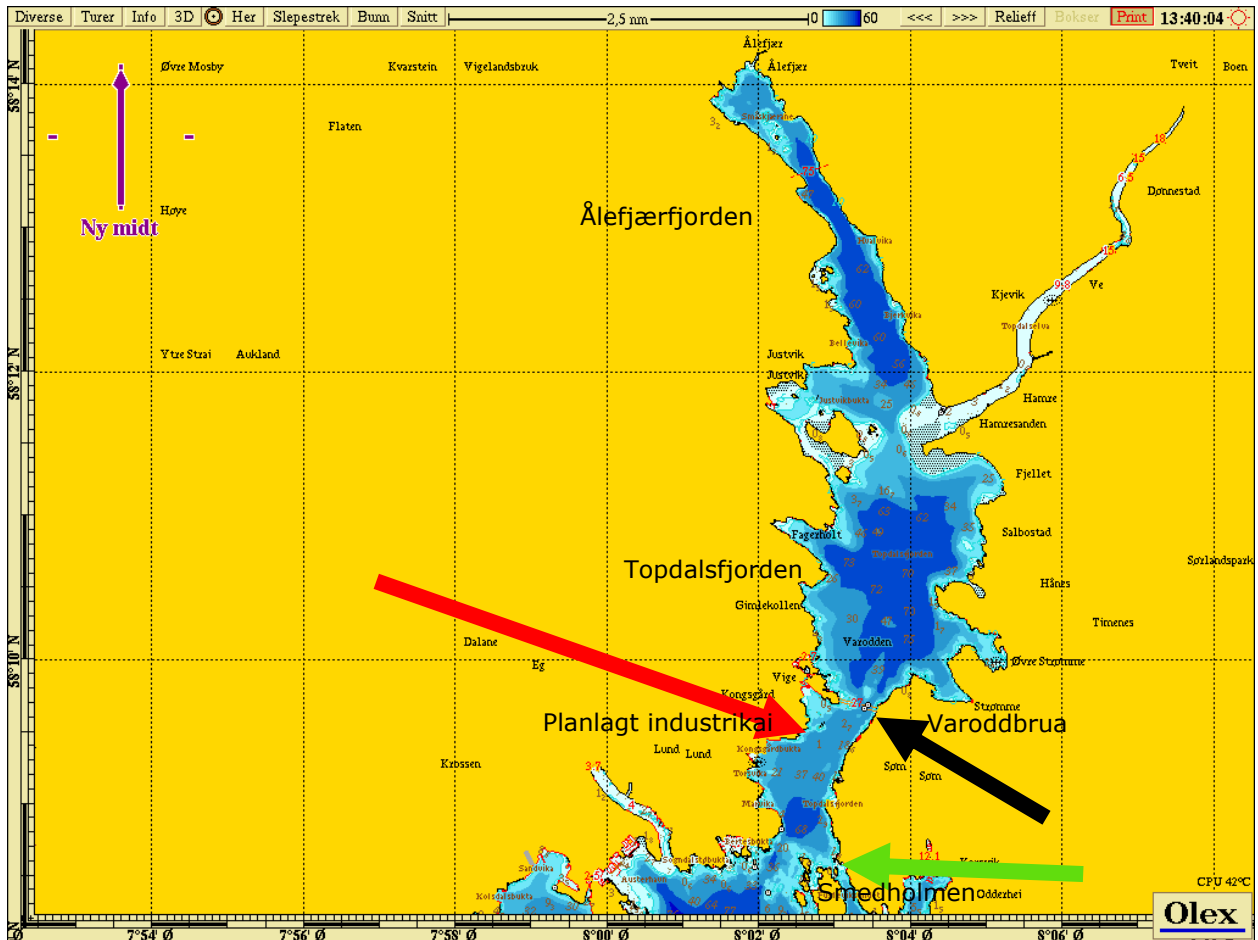
Vannutskiftning, etablering av industrikai i Topdalsfjorden.

Har det konsekvenser for vannutskiftning til indre/ nordlige deler av Topdalsfjorden?

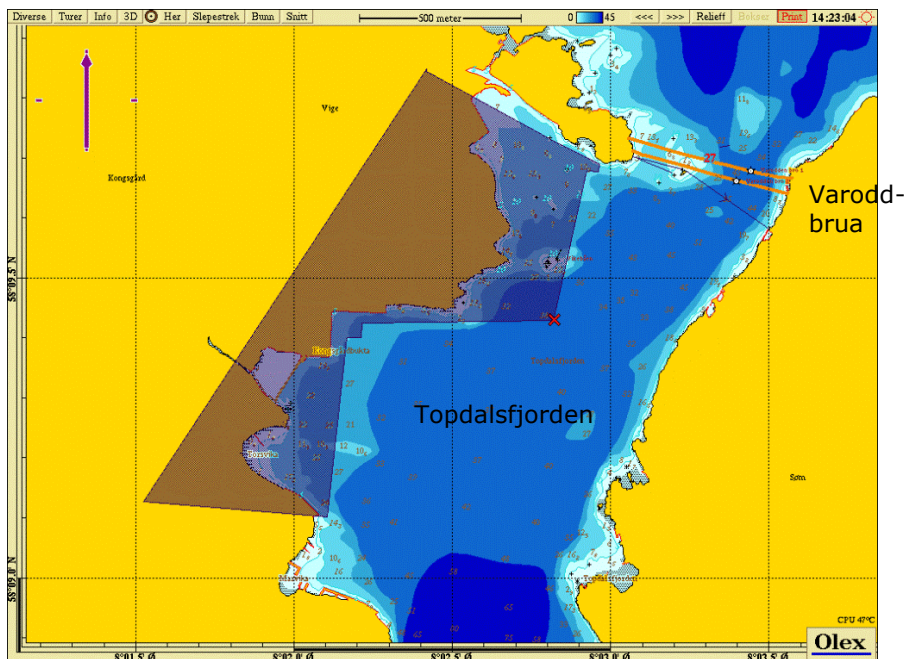
Innledning

Randesund Bydelsråd ønsker en overordnet vurdering av mulig negativ effekt for vannutskiftning til indre/ nordlige deler av Topdalsfjorden ved etablering av industrikai i sørvestlige del av Topdalsfjorden (Figur 1). Reguleringsplanen for industrikaia er gitt i kommunedelplanen (Kristiansand kommune, 2018). Ifølge reguleringsplanen og nyere forslag til denne vil industrikaia strekke seg ganske langt mot øst i sørlige del av Topdalsfjorden. Vannmasser som strømmer mellom Kristiansandsfjorden og indre deler av Topdalsfjorden og Ålefjærfjorden må passere denne kaia. I dette notatet er det fokus på dette vannet som transporteres inn og ut gjennom sørlige del av Topdalsfjorden og forbi Varoddbrua.

Miljøtilstanden i Topdalsfjorden nord for Varoddbrua har vært kartlagt tidligere i Molvær m.fl. (1986) og Molvær m.fl. (2003). I overflatelaget var vannkvaliteten relativt god, mens den i dybbassengene i Topdalsfjorden og Ålefjærfjorden er dårlig jfr. klassifisering i henhold til Molvær m.fl. (1997). Ifølge nettsiden www.vann-nett.no har vannforekomsten en "moderat" økologisk tilstand, med mål om at denne skal forbedres til "god" økologisk tilstand.



Figur 1: Oversiktsbilde over Topdalsfjorden, med planlagt plassering av industri kai vist med rød pil og de eksisterende innsnevringene vist med sort (Varoddbrua) og grønn (Smedholmen) pil (kartkilde: www.olex.no).



Figur 2: Sørlige del av Topdalsfjorden, med grovskisse av forslag til planlagt industri kai skravert (inntegnet fra figur i kommunedelplan (Kristiansand kommune, 2018), med tillegg av nyere forslag. Det østligste punktet til kai er vist med rødt kryss. Merk at denne skissen kun er veiledende og ikke nøyaktig (kartkilde: www.olex.no).

Metode

Akvaplan-niva ønsker, som en førstehånds-orientering, å sjekke innsnevringene i nærheten av inngrepet, om disse er vesentlig mindre enn, vesentlig større enn, eller omtrent like stor som ved inngrepet. Det vil kartlegges grovt via kartverktøy, på alle dyp med 5 m intervall.

Det antas at industrikaia vil bestå av utfyllinger bestående av steinmasser, og dermed ingen gjennomstrømning av vann under kai.

Kaianlegget strekker seg nordover og østover til koordinatene som gjelder et forslag til ny kaikant plassert av Kristiansand Havn (pers. med., Knut Sand, e-post 19.06.2019) og dermed ikke gjeldende regulert kaikant:

58 deg 09.430' N
08 deg 02.821' Ø

Akvaplan-niva besitter ikke multistråle-bunndata, kun primærdata og konturer gitt av Kartverket via kartapplikasjonen Olex (www.olex.no) og Kystverket via nettsiden www.kystinfo.no. Det er derfor noe usikkerhet omkring beregningene.

Samme kartgrunnlag er benyttet til å beregne areal ved ulike dyp i vannforekomsten nord for Varoddbrua.

Disse tall er lagt inn i modellen FjordEnv (Stigebrandt, 2001), som er benyttet til å gi noen veiledende tall på endringer i oppholdstider etc. for vannmassene ved etablering av planlagt industri kai.

Resultat

Bredden av tre hovedinnsnevninger i og sør for Varoddbrua i Topdalsfjorden er vurdert (Figur 2). Ytterst mot havet lengst sør ligger innsnevningen kalt Smedholmen. Noe lenger nord ved Vige havner den nye industrikaia. Enda lenger nord er det en markert innsnevring ved Varoddbrua. Tabell 1 viser ulike bredder for ulike dyp mellom 0 og 40 m.

Oppmålingene via digitale kart fra olex (www.olex.no) og Kystverket (www.kystinfo.no) viser begge at nær overflaten, i de øverste 5- 7 m, så vil Topdalsfjorden her innsnevres ytterligere med forslag til ny kaikant utfra gjeldende reguleringsplan. Ved havoverflaten vil det bli ca. 20 % reduksjon av bredden, mens det ved 5 m dyp vil bli ca. 6 % reduksjon av bredden. Dypere enn dette vil imidlertid bredden i kaietableringsområdet være vesentlig større enn for innsnevninger i nord (Varoddbrua) og sør (Smedholmen). Det er altså først og fremst bredden til overflatelaget i vannsøylen som vil bli innsnevret ved etablering av den nye industrikaia.

Det er ikke inkludert fundamenter, skråfylling, motfylling etc. til den nye industrikaia i beregningene. Dette betyr at ytterligere innsnevninger sannsynligvis vil forekomme, men disse er mest sannsynlig relativt beskjedne.

Tabell 1: Oversikt over innsnevningebredden ved ulike dyp ved de tre viktigste innsnevningene sør i Topdalsfjorden, Kristiansand kommune. Den smaleste og dermed styrende av disse tre er markert med rødt. Merk at ny industri kai ikke er bygget ennå. NB: det er en del usikkerhet omkring disse tall, da det ikke er benyttet detaljerte bunndata som grunnlag for beregningen, men data fra kartverktøyene olex (www.olex.no) og Kystverket (www.kystinfo.no). Derfor må disse vurderingene og beregningene kun tas som veiledende og overordnet tilnærming!

Innsnevninger	Bredder (m)			Reduksjon i % mellom nulltiltak og etablering av kai
	Dyp	Sør (Smedholmen-Gleodden)	Ved planlagt ny industri kai	
0	489	366	460	20
5	386	363	385	6
10	317	360	319	0
15	206	358	246	0
20	73	340	200	0
25	60	300	168	0
30	38	255	106	0
35	25	195	20	0
40	-	86	-	0
Kommentar	Minste bredder for de øverste vannlag ligger midt i innsnevringen, mens i øvre del av mellomlaget er det minst bredde sør i terskelområdet. I dypet er det nord i terskelområdet som har kortest bredde.	Skråfylling og evt. motfylling til ny kai er ikke inkludert, og vil medføre noe mindre bredde i de ulike dyp, unntatt nær overflaten (trolig 0 - 10 m dyp).	Terskelområdet i dypområdet befinner seg noe nord for Varoddbrua.	

Vurdering av vannutskiftning

Innsnevringen i de øverste 5- 7 m, som følge av etablering av en ny industri kai i sørlige del av Topdalsfjorden, forventes å påvirke innstrømningen og utstrømningen av vannmasser til/ fra bassengene nord for Varoddbrua.

Det vil også være store lokale endringer i den generelle sirkulasjonen mellom Smedholmen i sør og Varoddbrua i nord, da en betydelig del av det totale overflatearealet til vannforekomsten mellom Smedholmen og Varoddbrua vil bli fylt igjen med masser.

Nedenfor vurderes de ulike lag angående vannutskiftning:

- brakkvannslaget (typisk 1-3 m dyp)
- det intermediære lag (3-40 m dyp)
- dypvannet (40 – 78 m dyp).

Brakkvannslag/ overflatelaget (1-3 m dyp):

Arealet innenfor/ nord for Varoddbrua er ca. 11 km². Veiledende beregninger med modellen FjordEnv tilsier at oppholdstiden til overflatelaget i Topdalsfjorden/ Ålefjærfjorden nord for Varoddbrua kan bli noe lenger, drøye 2 % (Tabell 2), ved etableringen av kai som foreslått (Figur 2). Dette gjelder for middels høy vannføring i Tovdalselva. Noenlunde tilsvarende tall oppnås ved lav og høy vannføring.

Innsnevringen vil altså medføre en viss oppbremsing av vannmassene inn og ut av fjorden. Dette vil i Topdalsfjorden hovedsakelig gjelde brakkvannet, som først og fremst har sitt opphav fra Tovdalselva, med midlere avrenning på ca. 60 m³/s (Molvær m.fl., 1986). Ifølge Molvær m.fl. (1986) er gjennomsnittlig oppholdstid til brakkvannslaget 25 – 35 timer, og økningen blir i så fall minst en time. Økning og reduksjon av vannføringa i Tovdalselva gir omtrent samme relative økning i oppholdstid for brakkvannslaget.

Utformingen av kaianlegget vil også kunne ha noe effekt på denne oppbremsingen/ endringen i strømbildet.

Trolig vil innsnevringen kompenseres iallfall delvis av økt strømhastighet i midtre del av fjorden utenfor kaianlegget. Ifølge FjordEnv vil denne kunne øke fra 0.3 til 0.4 m/s (Tabell 2).

Drivkrefter som vind og lokale effekter vil også spille inn, og vannutskiftningen vil være komplisert å forutsi nøyaktig ved hjelp av enkle midler. Det vil kunne være store forskjeller lokalt inne i Topdalsfjorden/ Ålefjærfjorden.

Intermediære vannlag/ mellomlaget (3 – 40 m dyp):

På grunn av innsnevringen høyt oppe i vannsøylen, mellom 3 og 7 m dyp, vil det antakeligvis bli noe svakere utskiftning for det intermediære vannlag mellom brakkvannslaget og terskeldypet på ca. 40 m. Dette vil i så fall gjelde den estuarine kompensasjonsstrømmen like under brakkvannslaget. Ifølge FjordEnv vil denne reduksjonen bli på ca. 3 %, som er ganske beskjeden. Det er dog sannsynlig at dette vil endre seg noe med dypet, og at gjelder for en høyere prosentandel av vannmassene i de øverste 5- 7 m.

Det intermediære vannlag består av vann fra Kristiansandsfjorden, som tidvis har potensial til å kunne bidra til utskiftning av vannmassene i dypbassengene. Dette skjer dels gjennom vertikal blanding av intermediært vann nedover til dypvannet og dels ved sporadiske innstrømminger over terskelen av vann med relativ høy egenvekt.

Dyplaget (> 40 m dyp):

Som nevnt ovenfor vil mellomlaget kunne påvirke dypvannutskiftningen, da denne tidvis er selve motoren til denne ved at tungt kystvann tidvis strømmer inn over terskelen, synker ned og presser opp/ blander seg med vannmassene til dypbassenget. Dette gjelder fortrinnsvis sent på høsten eller om vinteren. Derfor vil en reduksjon i mellomlaget sannsynligvis ha negativ effekt for utskiftningen av vannmasser i dypbassengene.

Ifølge FjordEnv (Tabell 2) vil effekten av innsnevringen i øverste 5 – 7 m av vannsøylen i dypbassengene nord for Varoddbrua gi marginale endringer av terskelinnstrømminger og vertikal blanding (diffusjon). Disse marginale endringer vurderes å være innenfor usikkerheten til modellverktøyet.

Influensområdet til kaia, dvs. innsnevringen for brakkvannslaget og øvre del av mellomlaget ved denne kaia, antas dermed å kunne omfatte området fra innsnevringen i ytre, sørlige del av Topdalsfjorden (Smedholmen) til innerst i Ålefjærfjorden i nord. Det antas at påvirkningen blir liten eller marginal, men det er usikkerhet omkring dette.

Det er også mulig med ringvirkninger på dypvannet på grunn av endringene i først og fremst vannmassene i mellomlaget. Dette vil være marginale endringer, men det er stor usikkerhet hvordan dette vil påvirke dypvannet som i lange perioder er stagnant og har tilstandsklasse "dårlig" (Molvær m.fl., 2003).

Alle resultater av beregningene i denne studien tilsier små eller marginale endringer av oppholdstider og miljøtilstand nord for Varoddbrua. Det kan imidlertid ikke utelukkes at disse mindre endringene vil gå i negativ retning, og at det kan gi negative effekter på biologi/ miljøtilstand.

Tabell 2: Noen utvalgte resultater fra beregninger med modellen FjordEnv, med fokus på endringer mellom null-tiltak og etablering av industrikai i sørvestlige del av Topdalsfjorden, Kristiansand kommune.

Parameter	Endring i %, mellom nulltiltak og etablering av kai
Oppholdstid for vann over terskeldyp (40 m)	2-3 % lenger tid med kai
Intermediær sirkulasjon	3 % mindre sirkulasjon med kai
Tidevanns-sirkulasjon	0
Tidsskala for utskiftning av basseng-vann	Marginalt kortere utskiftningstid med kai*
Oksygenminimum	Marginal forbedring med kai!*
Strømhastighet i innsnevring	Noe økning, fra 0.3 til 0.4 m/s med kai

**disse marginale endringer vurderes å være innenfor usikkerheten til modellen, og det konkluderes at modellen predikerer marginale endringer.*

Anbefalinger:

Der foreligger ikke publiserte vurderinger angående overvåkning av miljøtilstand i vannsøylen i nordlige deler av Topdalsfjorden siden undersøkelsene i 2002 – 2003 utført av Molvær m.fl. (2003). Det anbefales at ny kartlegging/ oppdatert beskrivelse av miljøtilstand utføres før eventuell utbygging av planlagt industrikai.

Dersom miljøtilstanden er noenlunde uforandret siden 2002 – 2003, vil det være essensielt å ikke utføre tiltak som kan medføre begrensninger til vannutskiftningen til dypbassengene i Ålefjærfjorden og Topdalsfjorden. Førre-var-prinsippet bør gjelde, og en mer nøyaktig beregning/ undersøkelse av den nye industrikaias påvirkning på vannutskiftningen til Topdalsfjorden nord for Varoddbrua anbefales for å redusere usikkerheter, dersom dette ikke allerede foreligger. Miljømålet er en forbedring av vannforekomsten nord for Varoddbrua til tilstandsklasse "god", og da frarådes det i utgangspunktet tiltak som har potensiale til å forverre miljøtilstand. En redusert intermediær sirkulasjon vil kunne bidra til redusert dypvanns-sirkulasjon, om enn marginalt. Det er en mulighet for at dette kan være tilfelle ved etableringen av industrikai som foreslått/ beskrevet i dette notat, selv om dette trolig vil være marginalt.

Det er usikkerhet omkring utbredelsen av influensområdet til industrikaia angående strømbilde/ hydrodynamikk. Det er mulig at denne bør omfatte området fra Smedholmen i sør til innerst i Ålefjærfjorden i nord. Dette gjelder spesielt for overflatelaget, marginalt for mellomlaget, med mulige marginale ringvirkninger også for dypvannet. Det er usikkert hvordan marginale ringvirkninger på dypvannet, med miljøtilstanden "dårlig" (Molvær m.fl., 2003), kan slå ut.

Vurderingene i denne studien er basert på lett tilgjengelige data og enkle beregninger, med tilhørende store usikkerheter. Dersom det ønskes sikrere prognoser for endring i vannutskiftning og vannmiljø, anbefales det å sette opp en numerisk modell med høy oppløsning for området, gjerne med vannkvalitetsmodul for å simulere oksygenforhold. Man kan da beregne og detaljert beskrive strømforhold, oppholdstider og vannutskiftning mellom overflate og bunn både uten og med den nye industrikaia. Dermed vil det kunne foreligge et langt sikrere grunnlag for å vurdere om/hvordan etableringen av industrikaia kan endre vannmiljøet i Topdalsfjorden.

Referanser

Kristiansand kommune. Teknisk. By og Samfunnsenheten, 2018. Kommunedelplan for havneområde nord, Kongsgård – Vige. Notat: Forurensninger og miljøkonsekvenser for Topdalsfjorden, 16. august 2018. 32 sider.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J., 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensningstilsyn. Veiledning 97:03. 36 sider.

Molvær J., H.I. Solheim og T. Källqvist 1986. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport V. Vannutskiftning og vannkvalitet. SFT overvåkingsrapport 260/86. NIVA rapport 1993. 78 sider.

Molvær, J., Rygg, B. and Oug, E. 2003. Overvåking av Topdalsfjorden og Ålefjærfjorden, Kristiansand kommune, 2002-2003. Tilførsler, vannkvalitet, bløtbunnsfauna og sedimenter. NIVA report no 4745-2003. 48 pp.

Stigebrandt, A., 2001. FjordEnv - A water quality model for fjords and other inshore waters. Gøteborg University, Earth sciences centre report C40. 41 sider.