

Hjarbæk Fjord

Kort notat omkring Virksund-dæmningens betydning for iltsvind i Hjarbæk Fjord

November 2023

>

Hjarbæk Fjord

Kort notat omkring Virkesund-dæmningens betydning for iltsvind i Hjarbæk Fjord

Kontaktperson:	Anders Erichsen, aer@dhigroup.com
Projektleder	Anders Erichsen
Kvalitetsansvarlig	Trine Larsen
Udarbejdet af	Anders Erichsen
Projektnummer	11828567
Godkendt af	Anders Erichsen
Godkendelsesdato	30. november 2023
Revision:	Final 1.0
Filnavn	Virkesund_v1.docx

Indholdsfortegnelse

1	Introduktion	5
2	Baggrund	6
3	Hjarbæk Fjord versus Ringkøbing Fjord	7
4	Scenarier med reduceret saltholdighed	10
5	Iltsvindsanalyse	13
6	Konklusion	16
7	Referencer	17
A	Modelkvalitet	20
A.1	Tidsserier af salinitet i Hjarbæk Fjord.....	20

Figurer

Figur 3.1	Vindhastighed over Ringkøbing Fjord (modelldata). Data udgør timeværdier, og den røde stiplede linjer viser 8 m/s.	8
Figur 3.2	Vindhastighed over Hjarbæk Fjord (modelldata). Data udgør timeværdier, og den røde stiplede linjer viser 8 m/s.	8
Figur 4.1	Middel saltholdighed (i psu), modelleret for perioden 2007-2011 for de tre scenarier, nuværende situation (øverst), reduceret åbning (midt) og flytning af åbning til bunden af fjorden (nederst). Transekt fra åbningen i Lovens Bredning (venstre side) til inderst i Hjarbæk Fjord (højre side). Effekten af slusen ses omkring de 12,5 km, hvor saliniteten over hele vandsøjlen daler kraftigt.	11
Figur 4.2	Iltkoncentrationer i bundvandet på den inderste station i Hjarbæk Fjord (9374006), se Figur 4.1 for placering. Sort linje viser iltkoncentrationer i den nuværende situation, mens lilla linje viser koncentrationerne ved reduceret bundkote, og grøn linje viser koncentrationer ved placering af åbning i bundvandet.	12
Figur 5.1	Iltindhold ved bunden i Hjarbæk Fjord ved Dæmningen (st 93720009). Opgjort som gennemsnit af tre perioder 1980-1989, 1990-1999 og 2007-2019 pr. måned (kopi fra SEGES' notat).	14
Figur 5.2	Iltindhold ved bunden i Hjarbæk Fjord ved Dæmningen (st 009). Opgjort som månedsudvikling pr. år for Oxygen (mg/l) i månederne maj, juni og juli (kopi fra SEGES' notat).	14
Figur 5.3	Iltindhold ved bunden i Hjarbæk Fjord ved Dæmningen (st 009). Opgjort som månedsudvikling pr. år for Oxygen (mg/l) i månederne august og september (kopi fra SEGES' notat).	15
Figur A. 1	Placeringer af målestationer i Hjarbæk Fjord.	20
Figur A. 2	Modellerede saltindhold i overfladevandet (sort linje) og ved bunden, 4,3 m (grå linje) på station 93740017, sammenholdt med tilsvarende målte saltholdigheder i overfladevandet (mørkeblå prikker) og ved bunden (lyseblå prikker). Stationens præcise placering kan ses af Figur A. 1.....	21
Figur A. 3	Modellerede saltindhold i overfladevandet (sort linje) og ved bunden, 4,3 m (grå linje) på station 93720009, sammenholdt med tilsvarende målte saltholdigheder i overfladevandet (mørkeblå prikker) og ved bunden (lyseblå prikker). Stationens præcise placering kan ses af Figur A. 1.....	21

Figur A. 4	Modellerede saltindhold i overfladevandet (sort linje) og ved bunden, 4,3 m (grå linje) på station 93740019, sammenholdt med tilsvarende målte saltholdigheder i overfladevandet (mørkeblå prikker) og ved bunden (lyseblå prikker). Stationens præcise placering kan ses af Figur A. 1.....	22
Figur A. 5	Modellerede saltindhold i overfladevandet (sort linje) og ved bunden, 4,3 m (grå linje) på station 93740020, sammenholdt med tilsvarende målte saltholdigheder i overfladevandet (mørkeblå prikker) og ved bunden (lyseblå prikker). Stationens præcise placering kan ses af Figur A. 1.....	22
Figur A. 6	Modellerede saltindhold i overfladevandet (sort linje) og ved bunden, 4,3 m (grå linje) på station 93720015, sammenholdt med tilsvarende målte saltholdigheder i overfladevandet (mørkeblå prikker) og ved bunden (lyseblå prikker). Stationens præcise placering kan ses af Figur A. 1.....	23
Figur A. 7	Modellerede saltindhold i overfladevandet (sort linje) og ved bunden, 4,3 m (grå linje) på station 93740021, sammenholdt med tilsvarende målte saltholdigheder i overfladevandet (mørkeblå prikker) og ved bunden (lyseblå prikker). Stationens præcise placering kan ses af Figur A. 1.....	23
Figur A. 8	Modellerede saltindhold i overfladevandet (sort linje) og ved bunden, 4,3 m (grå linje) på station 93740016, sammenholdt med tilsvarende målte saltholdigheder i overfladevandet (mørkeblå prikker) og ved bunden (lyseblå prikker). Stationens præcise placering kan ses af Figur A. 1.....	24
Figur A. 9	Salinitetsprofiler i 2014 (2/6, 30/6, 15/7, 28/7, 4/8, 1/9, 29/9) på station 93740016. Data sammenlignes i dybderne -0,5m, -1,5m og -2,5m), og orange profiler udgør målinger, mens gule profiler udgør modellens resultater på præcis samme dag som målingerne er udført. De grå linjer udgør tilsvarende modellere profiler tre dage før og tre dage efter måledagene.	26

Tabeller

Tabel 3.1	Gennemsnitlige vindhastigheder og blandingsenergi over året og over sommeren (2000-2017) for Hjarbæk Fjord og Ringkøbing Fjord. Fjerde kolonne viser forholdet mellem værdierne for Ringkøbing Fjord og Hjarbæk Fjord.	9
-----------	---	---

1 Introduktion

Som en del af arbejdet i Kystvandsrådet for Hjarbæk Fjord og Skive Fjord, Lovns Bredning, Risgårde Bredning og Bjørnsholm Bugt er DHI A/S blevet bedt om at undersøge, hvorvidt en ændret slusepraksis kan imødekomme en bedre vandkvalitet i Hjarbæk Fjord og dermed en bedre økologisk tilstand i fjorden.

Nærværende notat beskriver kort, hvilke supplerende modelundersøgelser der er blevet foretaget som en del af dette arbejde, og opsummerer kort resultaterne.

Konklusioner i dette notat udgør dermed, sammen med resultaterne beskrevet og dokumenteret i Erichsen (2014), en samlet vurdering af muligheder for at forbedre den økologiske tilstand alene ved en ændret slusepraksis.

Der har tidligere været udarbejdet et notat om den anvendte mekanistiske models evne til at modellere især iltvind i Hjarbæk Fjord (Erichsen 2023). Dette notat blev udarbejdet med henblik på at imødekomme kritik fra SEGES, men notatet har affødt yderligere spørgsmål angående modellens evne til at modellere saltindhold ind igennem Hjarbæk Fjord. Derfor er der inkluderet en mindre analyse af modellens kvalitet i forhold til at beskrive saltindhold i Bilag A.

2 Baggrund

Overordnet set er der to spørgsmål, der er gennemgående i diskussionerne om Virksunddæmningen:

1. Er dæmningen skyld i den ringe miljøtilstand i Hjarbæk Fjord, og
2. Kan slusen opereres på en måde, så miljøtilstanden forbedres markant

I Erichsen (2014) undersøgtes, hvorvidt en øget åbning af sluseåbningen ville kunne bidrage med en forbedret miljøtilstand. I den modelundersøgelse blev det konkluderet, at mens Virksunddæmningen har stor effekt på saltholdigheden og stratificeringen (lagdelingen) i fjorden, så er det begrænset, hvilke effekter den har på de vigtigste miljøparametre: Klorofyl-a, sigtdybde og ilt i bundvandet.

Ved at øge åbningen mod Lovns Bredning viste modelanalysen, at der skabes et kraftigere springlag mellem bund- og overfladevand, hvorfor den modellerede effekt af en øget åbning faktisk forventes at forværre situationen i fjorden, men at der reelt kun blev fundet små forskelle mellem scenarierne.

I Erichsen (2014) blev effekterne analyseret i både en nutidstilstand (næringsstoffer som i perioden 2007-2011) og i en referencesituation, svarende til en næringsstofftilførsel, som i en situation med et lille antropogent aftryk. Konklusionen fra Erichsen (2014) fremhæver dermed også, at den langt største effekt på miljøtilstanden opnås gennem næringsstofreduktioner.

Med en større åbning i Virksunddæmningen kan der måske opnås andre miljøgevinster, men set i relation til Vandrammedirektivet, er Virksunddæmningen ikke af en udslagsgivende karakter.

Et gennemgående spørgsmål har været, om der kan skabes en situation, hvor slusen opereres med henblik på at opnå en forbedret miljøtilstand, især udtrykt ved et væsentligt reduceret iltsvind. Inspirationen til diskussionen udspringer af den slusepraksis, der er i Ringkøbing Fjord, hvor ændringen af slusepraksis tilbage i midten af 1990'erne resulterede i en markant ændring i fx algekoncentrationer, ikke på grund af ændringer i iltforhold, men hovedsageligt på grund af sandmuslingens indvandring i fjorden. Der er igennem diskussioner i Teknikergruppen under kystvandsrådet dog ikke fundet eller beskrevet løsningsforslag, som sandsynliggør en løsning, der kan eftervise en tilsvarende situation for Hjarbæk Fjord.

Derfor har vi i dette studie undersøgt, om en reduceret sluseåbning eller en åbning ved bunden af dæmningen fremfor i overfladen kunne fremtvinge en situation med mindre iltsvind og dermed mindre intern belastning og mindre algevækst. Tanken bag disse scenarier er, at hvis der hverken med mere eller mindre lagdeling kan opnås en situation med reduceret iltsvind, er det ikke muligt at skabe en kombination, hvor dette forekommer.

Det hører i øvrigt med til snakken, at de miljømål, der er sat for Hjarbæk Fjord, antager, at slusen opereres, som den gør i dag. Hvis det skulle lykkes at finde en situation, hvor slusepraksis ændrer miljøtilstanden markant, vil det sandsynligvis afføde et behov for opdaterede miljømål. Dette er fuldstændigt analogt til Ringkøbing Fjord, hvor miljømål er fastsat ud fra nuværende slusepraksis.

3 Hjarbæk Fjord versus Ringkøbing Fjord

Et af de forslag, der er frembragt i Teknikergruppen under Kystvandsrådet, er at operere slusen på tilsvarende vis som i Ringkøbing Fjord. I Ringkøbing Fjord sidder der en slusemester, som opererer slusen ud fra et sæt af regler (fra Beslutningsreferat til sluseudvalgsmøde for Ringkøbing Fjord den 16. november 2022 – Kystdirektoratet, Lemvig, [Microsoft Word - Beslutningsreferat til sluseudvalgsmøde for Ringkøbing Fjord 16NOV2022.docx \(mst.dk\)](#)):

- At vandstanden i fjorden holdes i intervallet +0,0 - +0,25m DVR90
- At vandstanden holdes i den nedre del af intervallet om vinteren og om sommeren, når saltholdigheden når op på eller over 12 ‰
- Der tilstræbes så konstant en saltholdighed som muligt om sommeren i intervallet 12 ‰ – 14 ‰ og højst 15 ‰ på de ugentlige målinger
- Saltholdigheden holdes over 6 ‰ hele året
- At der kun lukkes vand ind, når der kan sikres en god blanding
- Der benyttes det vægtede gennemsnit af de ugentlige saltholdighedsmålinger
- Besejling og oprensning af indsejling i havnen kræver, at man i perioder holder slusen lukket, ligesom slusen lukkes under storm og kraftigt højvande

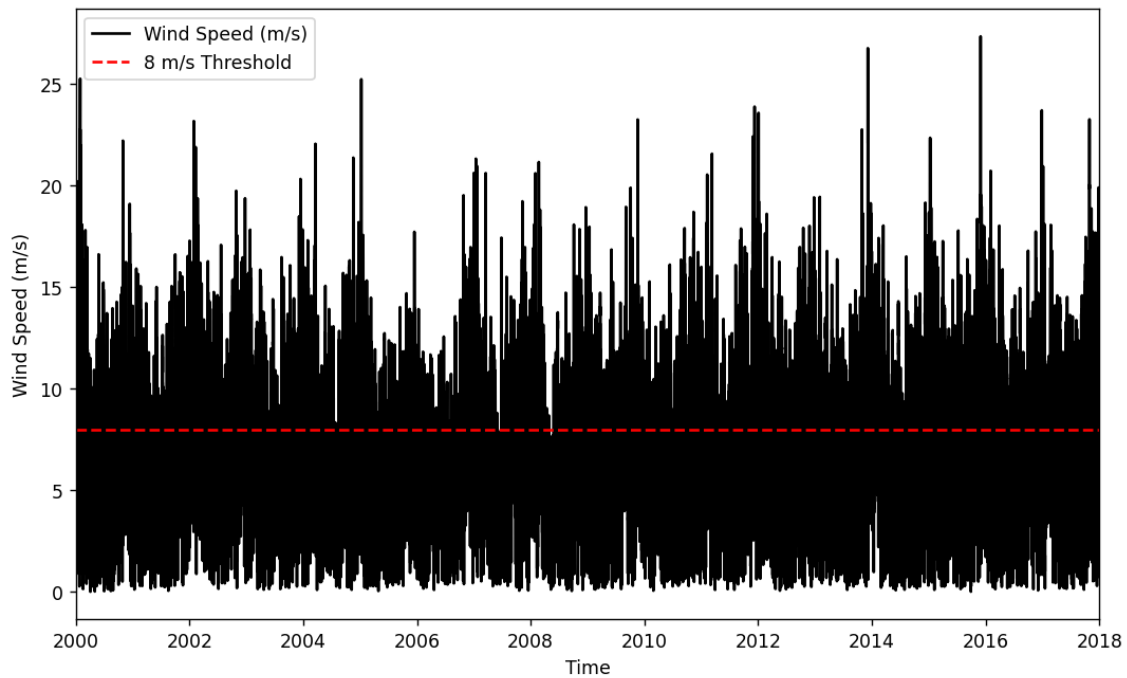
Tillægspraksis:

- Der holdes en port på 2 meter åben for fiskepassage
- Ved vendestrøm (+/- 10 cm i forhold til fjorden) åbnes alle porte så vidt muligt minimum 1 gang i døgnet for at tilgodese fiskepassagen.

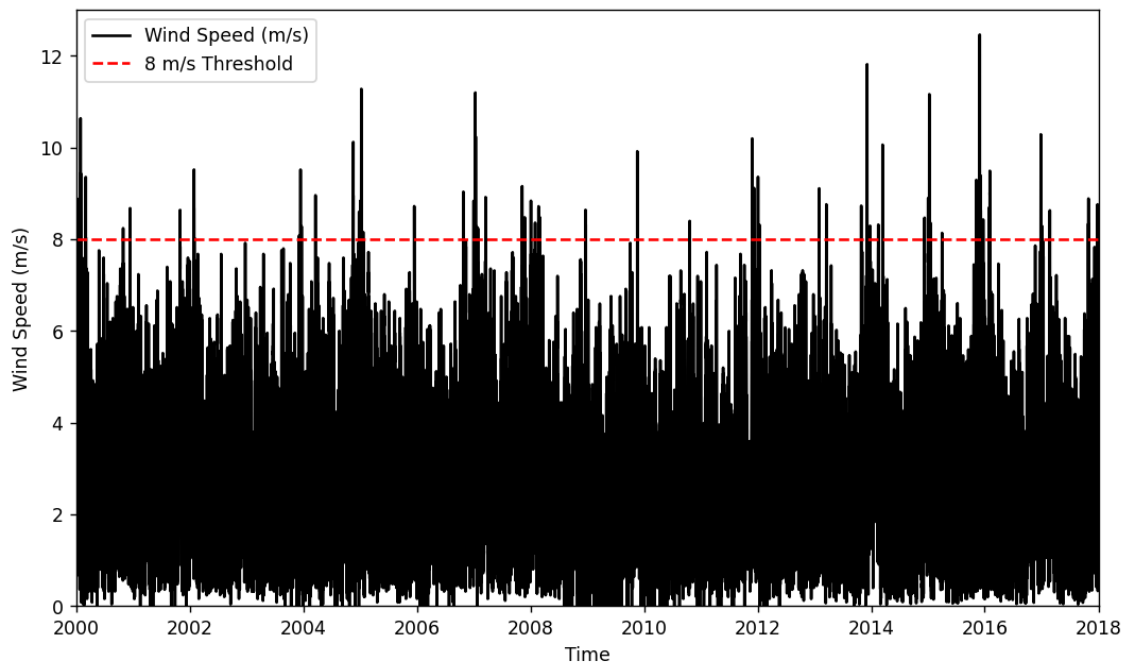
I denne sammenhæng er det især ønsket om at holde en vis saltholdighed ved at lukke Nordsøvand ind i fjorden, når der er nok vind til at sikre, at det salte Nordsøvand blandes op i hele vandsøjlen og ikke skaber et saltbundlag, hvor iltsvind kan udvikle sig, med de afledte uheldige miljøkonsekvenser det har. Derfor lukkes kun vand ind, når der kan sikres en god blanding, hvilket i praksis vurderes at være i perioder med vind på omkring 8 m/s eller mere.

I Figur 3.1 er vist timeværdier af vindhastigheder over Ringkøbing Fjord i perioden 2000-2017 (model-data). Som det fremgår af figuren, er der rigtigt mange perioder med vindhastigheder over 8 m/s, altså den vindhastighed, som anses for at være tilstrækkelig til at blande det mere salte Nordsøvand i fjorden og dermed undgå iltsvind.

I Figur 3.2 er tilsvarende vindhastigheder over Hjarbæk Fjord vist. Som det fremgår af figuren, er det kun sjældent, og nærmest aldrig om sommeren, at vindhastigheden er over 8 m/s. Det skal naturligvis nævnes, at den saltholdighed, der kommer med Nordsøvand, er højere end den saltholdighed, der kommer ind i Hjarbæk Fjord fra Lovns Bredning, men der er stadigvæk markante vindforskelle. Derfor vil det være usandsynligt og udfordrende at opretholde en situation, hvor saltholdighederne kan styres, som det er tilfældet i Ringkøbing Fjord.



Figur 3.1 Vindhastighed over Ringkøbing Fjord (modeldata). Data udgør timeværdier, og den røde stiplede linjer viser 8 m/s.



Figur 3.2 Vindhastighed over Hjarbæk Fjord (modeldata). Data udgør timeværdier, og den røde stiplede linjer viser 8 m/s.

Omregnet til forskel i blandingsenergi skal vindhastigheden opløftes i tredje potens, og dermed er blandingsenergien over Ringkøbing Fjord godt 13 gange større end over Hjarbæk Fjord (se Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Gennemsnitlige vindhastigheder og blandingsenergi over året og over sommeren (2000-2017) for Hjarbæk Fjord og Ringkøbing Fjord. Fjerde kolonne viser forholdet mellem værdierne for Ringkøbing Fjord og Hjarbæk Fjord.

	Hjarbæk Fjord	Ringkøbing Fjord	Faktor: Ringkøbing / Hjarbæk
Vind			
Årsmiddel	2,9 m/s	7,0 m/s	2,4
Sommermiddel	2,6 m/s	6,3 m/s	2,4
Energi			
Årsmiddel	43 m ³ /s ³	589 m ³ /s ³	13,7
Sommermiddel	32 m ³ /s ³	420 m ³ /s ³	13,0

4 Scenarier med reduceret saltholdighed

Som beskrevet i kapitel 2, har DHI tidligere udført scenarier med forskellige åbninger af slusen, med henblik på at vurdere, om en øget åbning kunne resultere i en forbedret miljøtilstand. Dette var ikke tilfældet, og en øget åbning resulterede i et stærkere springlag og dermed marginalt forringet miljøtilstand.

Derfor har vi i dette studie undersøgt, om en reduceret åbning (fra eksisterende slusebund i -2m DVR90 til en slusebund i -1m) og en flytning af åbningen fra overfladen til bunden af slusen kunne ændre dette billede. Som det var tilfældet i Erichsen (2014) betyder en ændret sluseåbning en ændring af saliniteterne i Hjarbæk Fjord, og en fjord som over tid må forventes at udvikle sig til en brakvandssø, fremfor et marint vandområde.

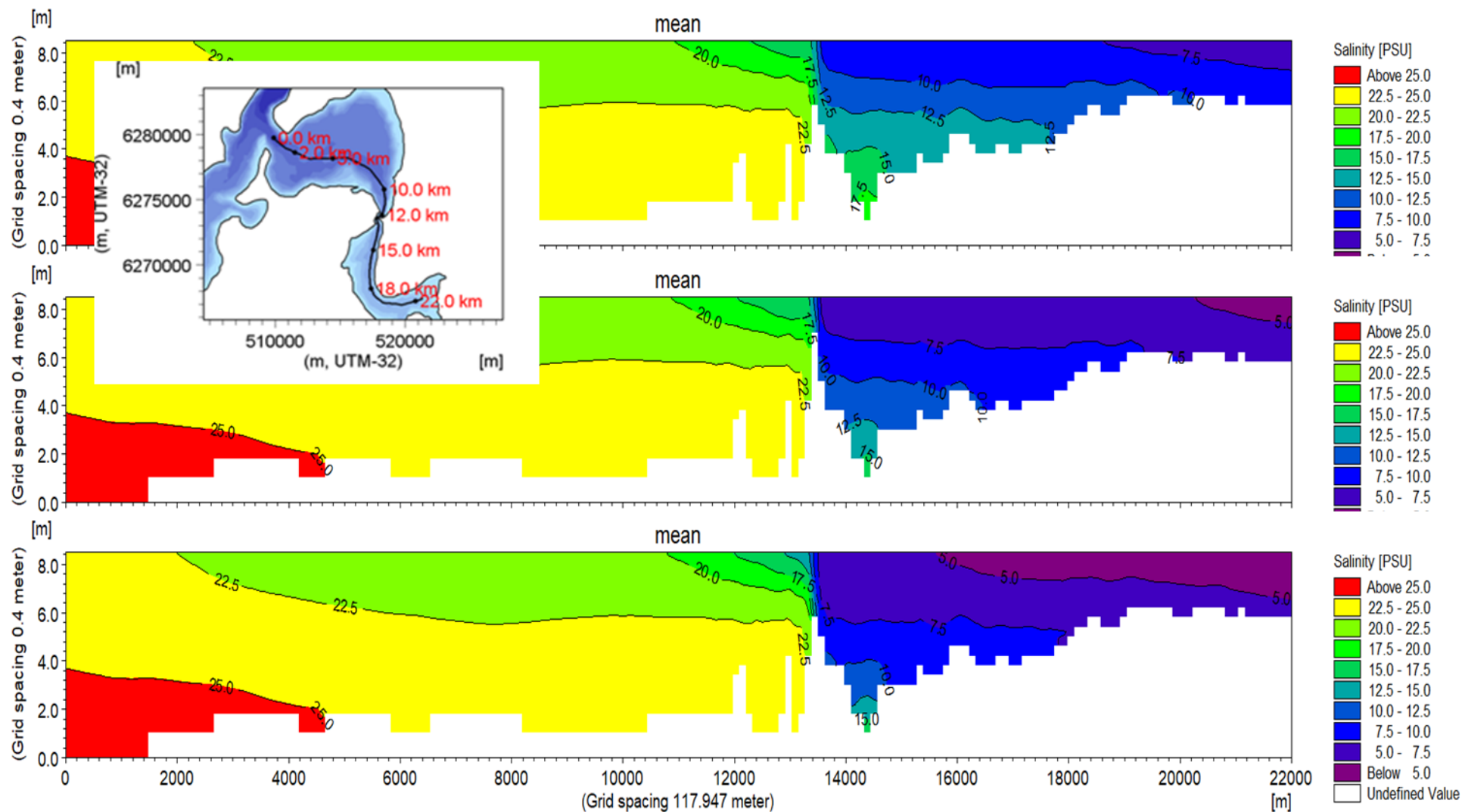
Vi har med denne modeløvelse ikke forholdt os til, om en ændring fra marint vandområde til brakvandssø er indenfor rammerne af hvad Kystvandsrådet kan beslutte men alene vurderet, om en reduceret lagdeling i fjorden kan resultere i en situation med betragteligt mindre iltsvind.

Det er vigtigt at understrege, at den anvendte mekanistiske model er udviklet med henblik på at beskrive marine vandområder, og hvis fjorden udvikler sig til en mere sølignende situation, ikke kan anvendes direkte (vil kræve en genkalibrering). Derfor er resultaterne fra denne del af modelscenarierne alene indikative og kan ikke anvendes til at konkludere, hvordan den nye miljøtilstand udvikler sig, og i øvrigt heller ikke anvendes til at konkludere i forhold til eventuelt ændrede miljømål.

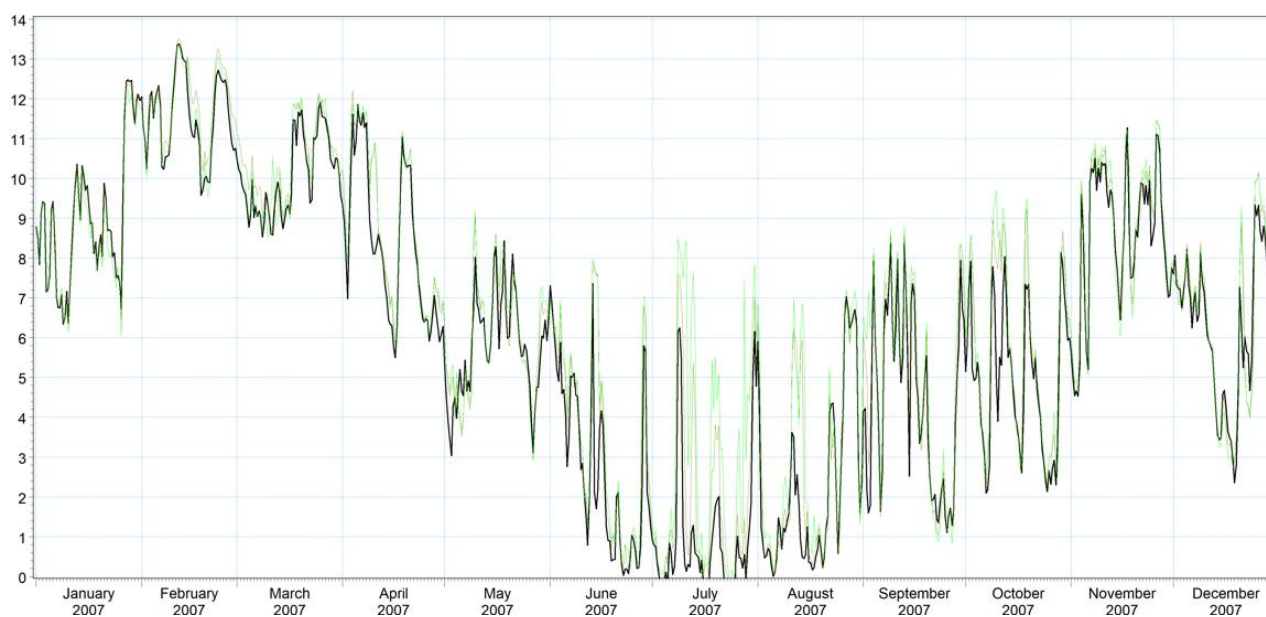
Resultaterne på saltindholdet af de to modelscenarier er sammenlignet med nuværende situation i Figur 4.1. Som det ses af figuren, er der kun få forskelle i selve Lovns Bredning, mens saliniteten reduceres i det scenario, hvor slusebunden sættes til -1m og falder yderligere i det scenario, hvor vandet presses ud igennem en åbning i bunden af slusen fremfor i overfladen.

Med de to scenarier ændres lagdelingen derfor markant, og den energi, der skal til for at blande overflade- og bundvand, reduceres.

Resultaterne på iltsvindet i fjorden ændres dog ikke tilsvarende markant. I Figur 4.2 er vist koncentrationer af ilt i bundvandet på den inderste station i fjorden (9374006), se Figur A. 1 for placering. Når der er tilstrækkelig vind til, at vandsøjlen blandes op, er der en effekt mellem de tre scenarier, men det er ikke en tilstand, som er permanent, og vandsøjlen bliver hurtigt lagdelt igen, med iltsvind til følge. Det må derfor karakteriseres som en meget ustabil tilstand og ikke en løsning, der fordrer en forbedret miljøtilstand.



Figur 4.1 Middel saltholdighed (i PSU), modelleret for perioden 2007-2011 for de tre scenarier, nuværende situation (øverst), reduceret åbning (midt) og flytning af åbning til bunden af fjorden (nederst). Transekt fra åbningen i Lovens Bredning (venstre side) til inderst i Hjarbæk Fjord (højre side). Effekten af slusen ses omkring de 12,5 km, hvor saliniteten over hele vandsøjlen daler kraftigt.



Figur 4.2 Iltkoner i bundvandet på den inderste station i Hjarbæk Fjord (9374006), se Figur A. 1 for placering. Sort linje viser iltkoncentrationer i den nuværende situation, mens lilla linje viser koncentrationerne ved reduceret åbning, og grøn linje viser koncentrationer ved placering af åbning i bundvandet.

5 Iltsvindsanalyse

Som en del af arbejdet i Teknikergruppen har SEGES fremsendt et dokument, som kort opsummerer en økosystemforståelse baseret på analyser af NOVANA data, og som fremsætter hypoteser omkring næringsstofforførelser, iltsvind og miljømål. I dette notat er vist figurer af iltsvind i fjorden, baseret på målinger ved dæmningen (93720009), se Figur 5.1, Figur 5.2 og Figur 5.3.

Figur 5.1 viser iltindhold ved bunden i Hjarbæk Fjord ved dæmningen, opgjort som gennemsnit af tre perioder 1980-1989, 1990-1999 og 2007-2019 pr. måned. Det er dog vigtigt at understrege, at i perioden 1980-1989 var Hjarbæk en sø og ikke et marint vandområde. Marine vandområder og ferskvandssøer kan ikke sammenlignes, og der er stor forskel på, om et vandområde skal betragtes som en sø eller et marint vandområde.

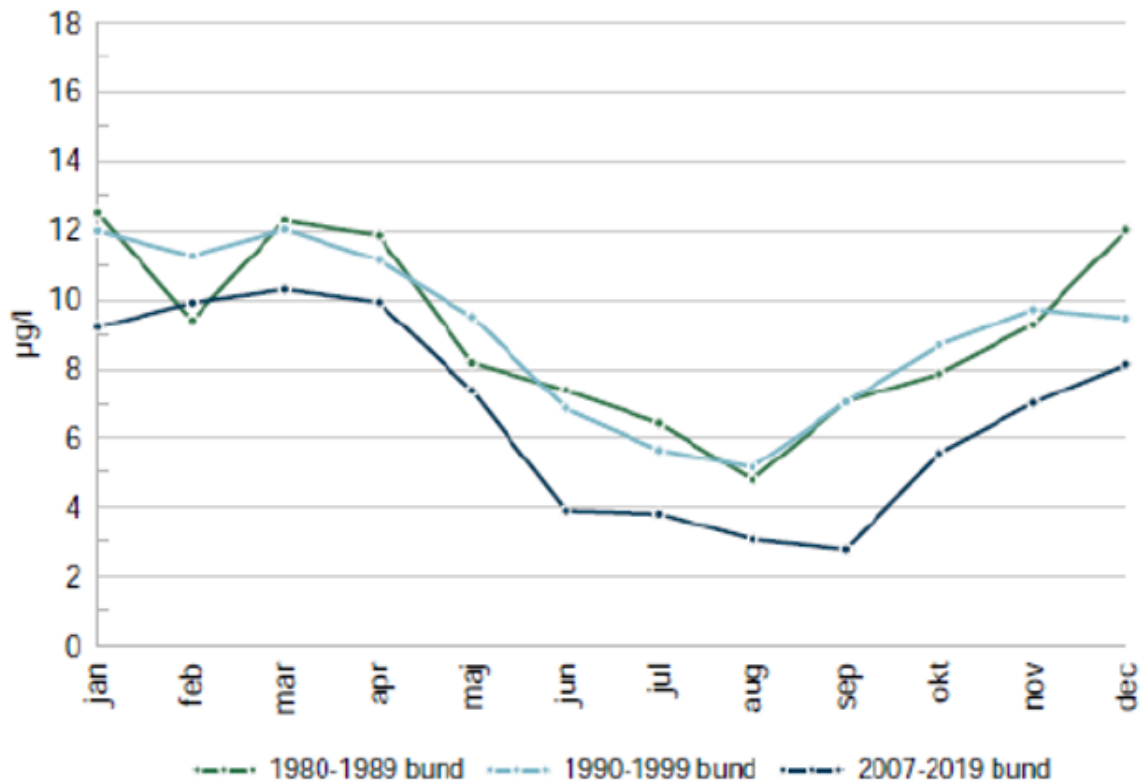
I starten af 1990'erne begynder man at åbne slusen ved Virksund-dæmningen og holder den mere og mere åben. Der foreligger ikke umiddelbart oplysninger om, hvor hurtigt og hvor længe Hjarbæk Fjord fastholdes i sølignende tilstand, men det må antages, at perioden fra 1990-1999 er en overgangsfase, hvor Hjarbæk Fjord overgår fra sø til marint vandområde.

Derfor kan data fra før 1999 ikke sammenlignes med de efterfølgende perioder, og der kan ikke drages konklusioner med hensyn til klorofyl- indhold eller iltsvind. Når det alligevel er interessant at kigge lidt nærmere på de tre figurer, er det fordi lagdelingen i en sø er væsentligt svagere og derfor interessant at se, om vinden over fjorde har kunnet undgå dannelse af iltsvind. Økosystemerne kan dog ikke sammenlignes, og algekoncentrationer var væsentligt højere i 1980-1989, hvilket også er vist i SEGES notatet (se figur 7 i notat). Her findes koncentrationer over sommeren mellem 70-140 µg/l sammenlignet med koncentrationer mellem 10-70 µg/l i dag.

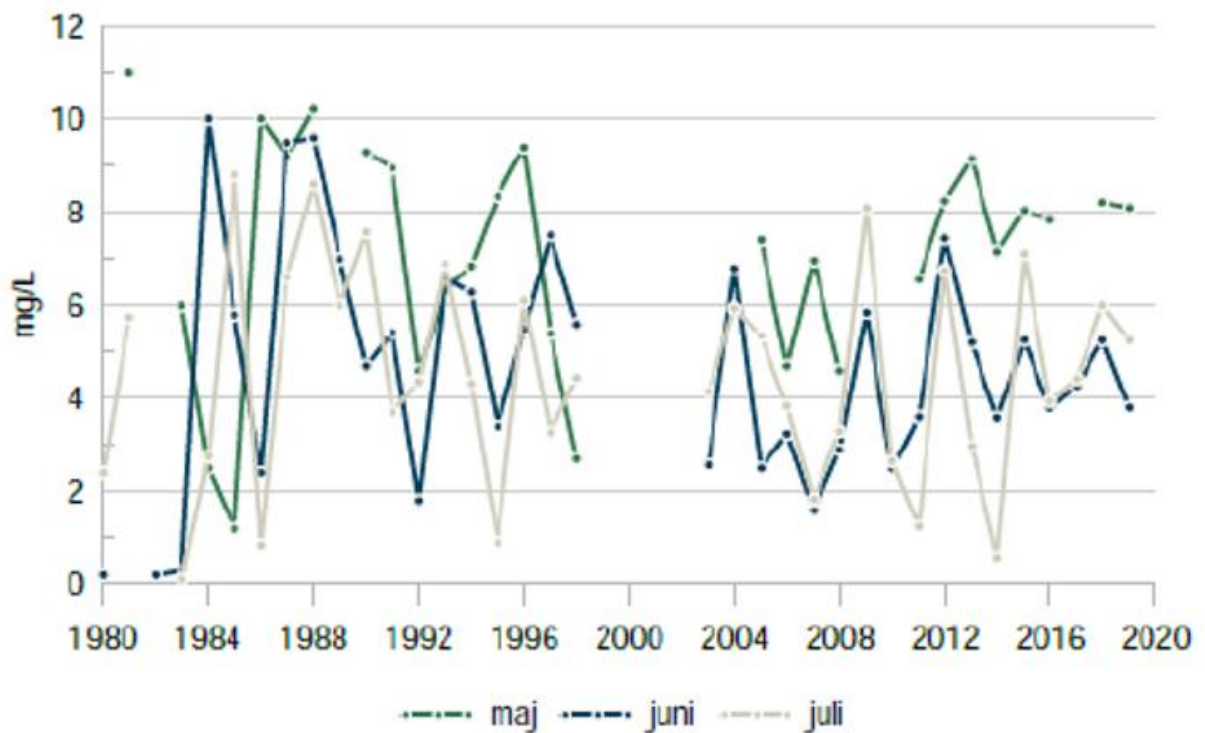
Vurderes iltsvindssituationen alene på Figur 5.1, er det tydeligt, at gennemsnitsiltkoncentrationer i bundvandet bagudrettet har været højere end dagens koncentrationer. Sammenlignes med Figur 5.2 og Figur 5.3, er billedet dog ikke nær så tydeligt. I alle tre perioder er der målinger med lave iltkoncentrationer, men i en periode på 4-5 år fra midten af 80'erne til starten af 90'erne ses relativt høje målinger af bundilt, og disse målinger løfter sandsynligvis gennemsnitskoncentrationerne i Figur 5.1. Det er ikke muligt at gå nærmere ind i en analyse af forskellene baseret på notatet fra SEGES, og det er uvist, hvor mange målinger der indgår i de forskellige perioder.

Hvis man kigger på Figur 5.3, er der måske nok en tendens til, at iltkoncentrationerne i august og september er lavere i den sidste del af perioden sammenlignet med de foregående perioder. I den periode er der imidlertid observeret faldende vindhastigheder over sommeren, hvilket vil kunne forklare en stor del af den forskel.

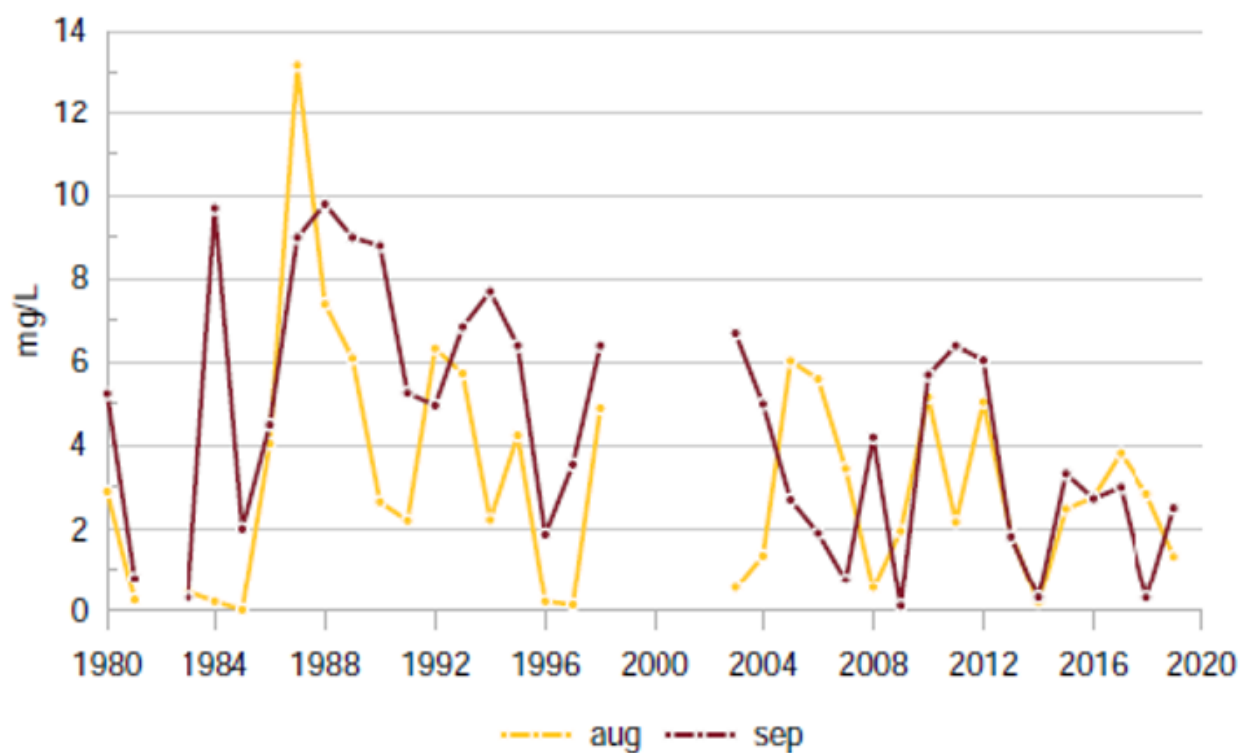
Konklusionen må derfor være, at der heller ikke tidligere har været stabile perioder uden iltsvind, selvom lagdelingen i de første år (1980-1989) har været væsentlig svagere.



Figur 5.1 Iltindhold ved bunden i Hjarbæk Fjord ved Dæmningen (st 93720009). Opgjort som gennemsnit af tre perioder 1980-1989, 1990-1999 og 2007-2019 pr. måned (kopi fra SEGES' notat).



Figur 5.2 Iltindhold ved bunden i Hjarbæk Fjord ved Dæmningen (st 93720009). Opgjort som månedsudvikling pr. år for Oxygen (mg/l) i månederne maj, juni og juli (kopi fra SEGES' notat).



Figur 5.3 Iltindhold ved bunden i Hjarbæk Fjord ved Dæmningen (st 93720009). Opgjort som månedsudvikling pr. år for Oxygen (mg/l) i månederne august og september (kopi fra SEGES' notat).

6 Konklusion

Der er ingen tvivl om, at iltsvind har den største direkte effekt for miljøtilstanden i fjorden, og at ændringer i iltsvindshyppighed og -udbredelse vil være vigtige for tilstanden i Hjarbæk Fjord. I analyserne foretaget i dette notat og i Erichsen (2014) er der imidlertid ikke noget, der tyder på, at sluseændringer kan skabe en stabil situation, som sikrer en permanent ændring i økosystemerne på grund af reducerede iltsvindshændelser. Med en ændret åbning kan saliniteten ændres, og det kan naturligvis have en direkte effekt på økosystemerne, men det har ikke været muligt at sikre en situation, hvor iltsvind ikke er et tilbagevendende problem, hvilket i øvrigt passer fint med historiske observationer.

Der kan muligvis være andre hensyn – både miljømæssige og anvendelseshensyn – som kan betyde, at slusepraksis kan ændres, men det vil ikke have en betydning for iltsvindssituationen og de deraf negative afledte effekter. Her er det alene næringsstofreduktioner (se Erichsen 2014), som vil have de største - og i øvrigt permanente – positive effekter for tilstanden i fjorden.

7 Referencer

- /1/ Erichsen AC (2014). Marine Vandplansmodeller. Effekter af Virksunddæmningen på vandkvaliteten i Hjarbæk Fjord. DHI-rapport (projekt nr. 11811187-1)
- /2/ Erichsen AC (2023). Hjarbæk Fjord. Kort notat omkring iltsvindsmodellering, intern belastning og økosystemforståelse. DHI-notat (projekt nr. 11828567)

BILAG

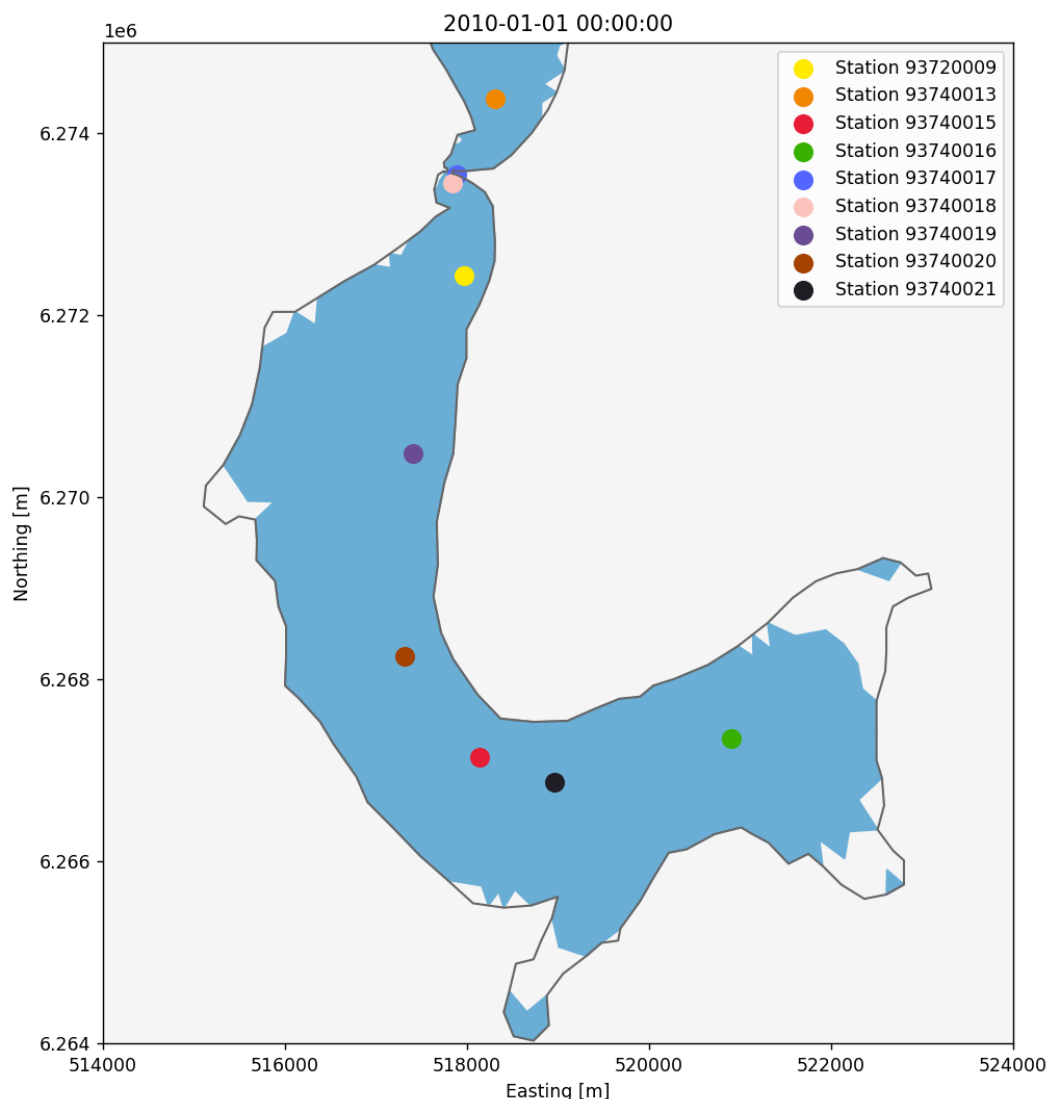
BILAG A – Saltholdigheder i Hjarbæk Fjord

A Modelkvalitet

A.1 Tidsserier af salinitet i Hjarbæk Fjord

Spørgsmålet om modellens evne til at modellere tilstanden i Hjarbæk Fjord udspringer af et notat fra SEGES, hvor SEGES noterer sig, at modellen kun i ringe grad kan beskrive iltkoncentrationerne i bundvandet på den målestation, som ligger umiddelbart efter dæmningen (93720009), se Figur A. 1.

Sidenhen har DHI udarbejdet et supplerende notat inkluderende tidsserier af iltkoncentrationer i overflade- og bundvand på i alt seks stationer ind igennem fjorden foruden én station umiddelbart før dæmningen i Lovns Bredning (Erichsen 2023).

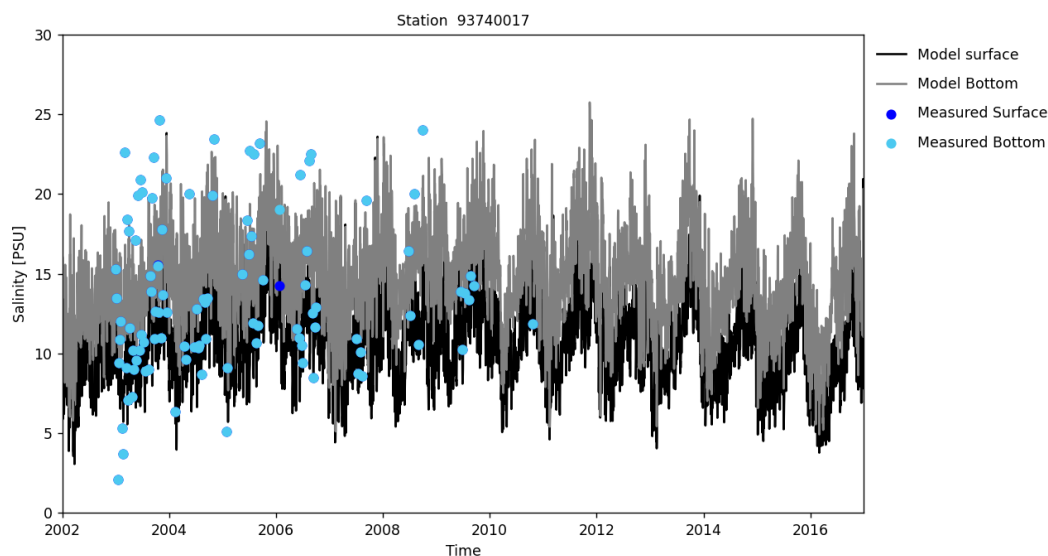


Figur A. 1 Placeringer af målestationer i Hjarbæk Fjord.

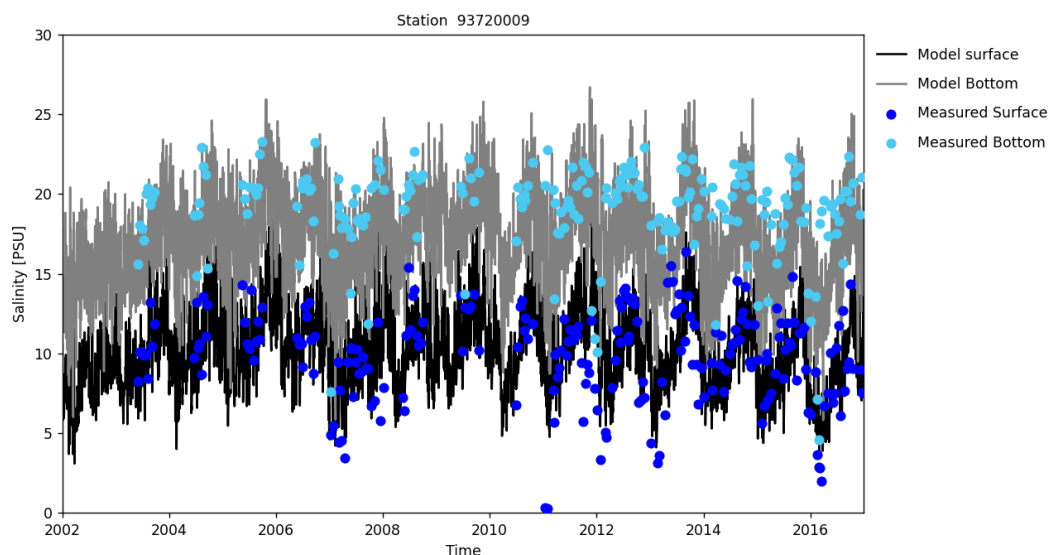
Overordnet set beskriver modellen overflade- og bundkoncentrationer af ilt på alle stationer, på nær stationen umiddelbart syd for dæmningen, hvilket skyldes opløsningen omkring slusen i Limfjordsmodellen. Modellen, som benyttes til at beskrive slusepraksis med mere, er en anden model, som beskriver slusen i en

finere opløsning, og her opnås et væsentligt bedre sammenfald mellem model og målinger.

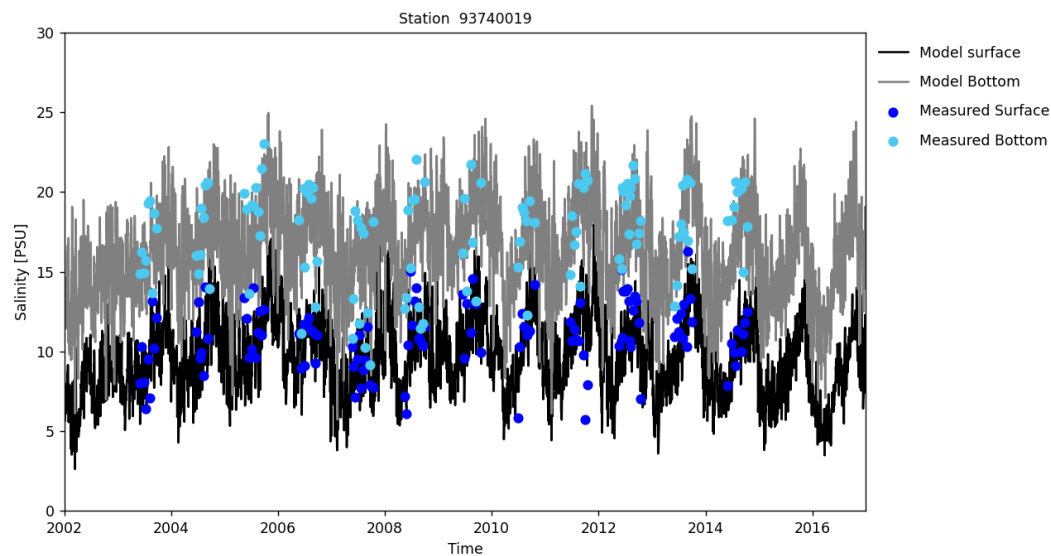
Sidenhen har SEGES stillet spørgsmål ved modellens evne til at modellere salinitet ind igennem fjorden, hvorfor der i Figur A. 3 til Figur A. 8 er inkluderet tidsserier af overflade- og bundsalinitet i Hjarbæk Fjord.



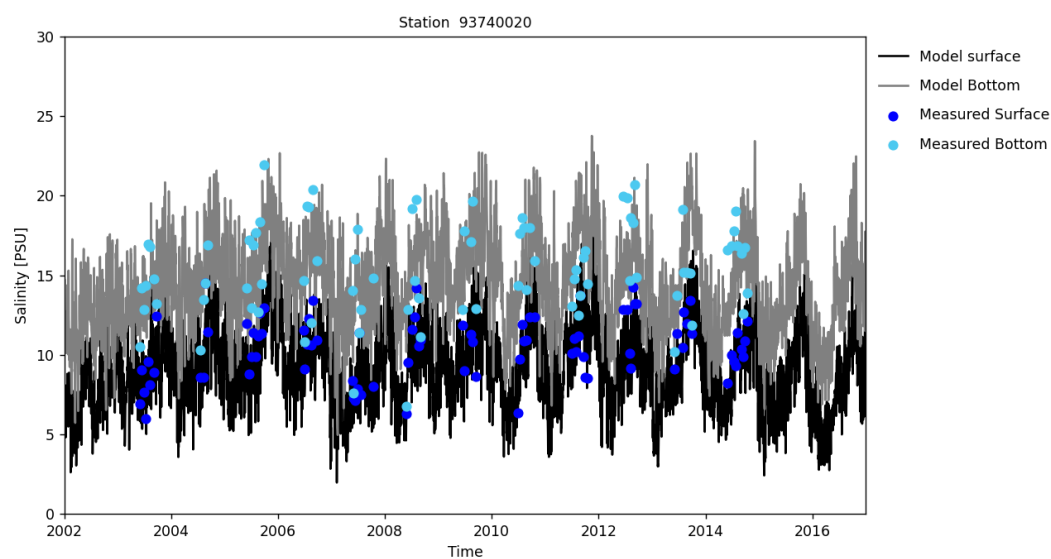
Figur A. 2 Modellerede saltindhold i overfladevandet (sort linje) og ved bunden, 4,3 m (grå linje) på station 93740017, sammenholdt med tilsvarende målte saltholdigheder i overfladevandet (mørkeblå prikker) og ved bunden (lyseblå prikker). Stationens præcise placering kan ses af Figur A. 1.



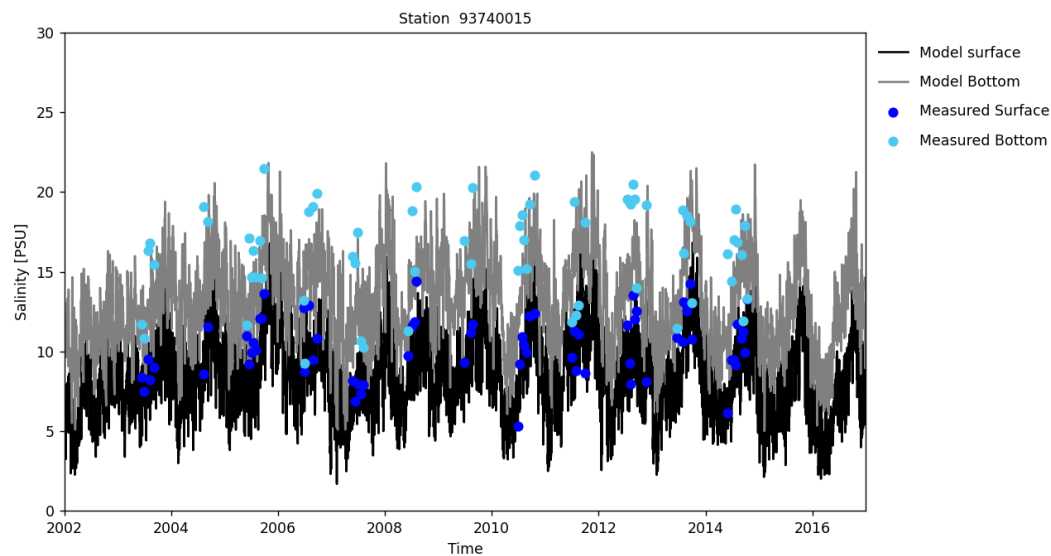
Figur A. 3 Modellerede saltindhold i overfladevandet (sort linje) og ved bunden, 4,3 m (grå linje) på station 93720009, sammenholdt med tilsvarende målte saltholdigheder i overfladevandet (mørkeblå prikker) og ved bunden (lyseblå prikker). Stationens præcise placering kan ses af Figur A. 1.



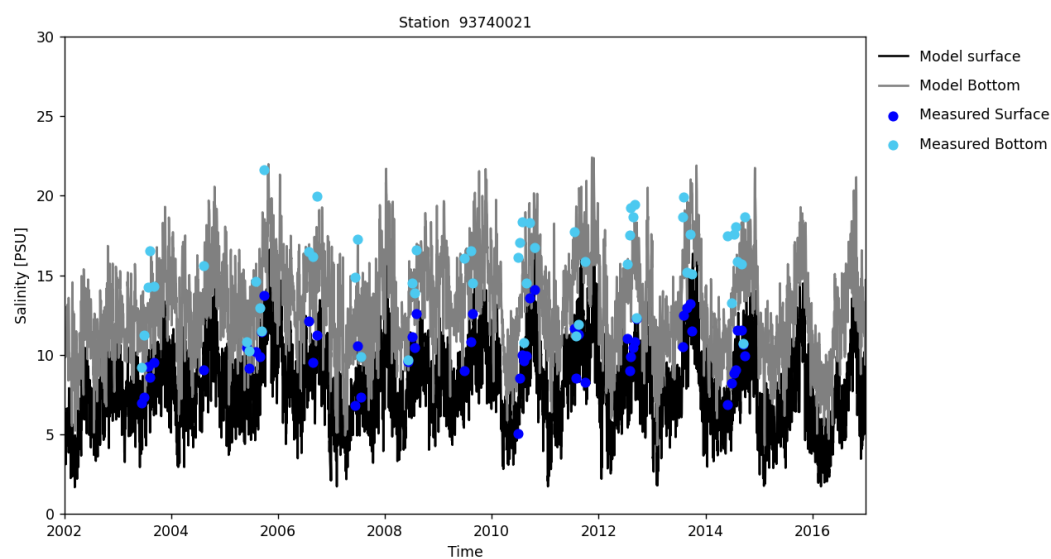
Figur A. 4 Modellerede saltindhold i overfladevandet (sort linje) og ved bunden, 4,3 m (grå linje) på station 93740019, sammenholdt med tilsvarende målte saltholdigheder i overfladevandet (mørkeblå prikker) og ved bunden (lyseblå prikker). Stationens præcise placering kan ses af Figur A. 1.



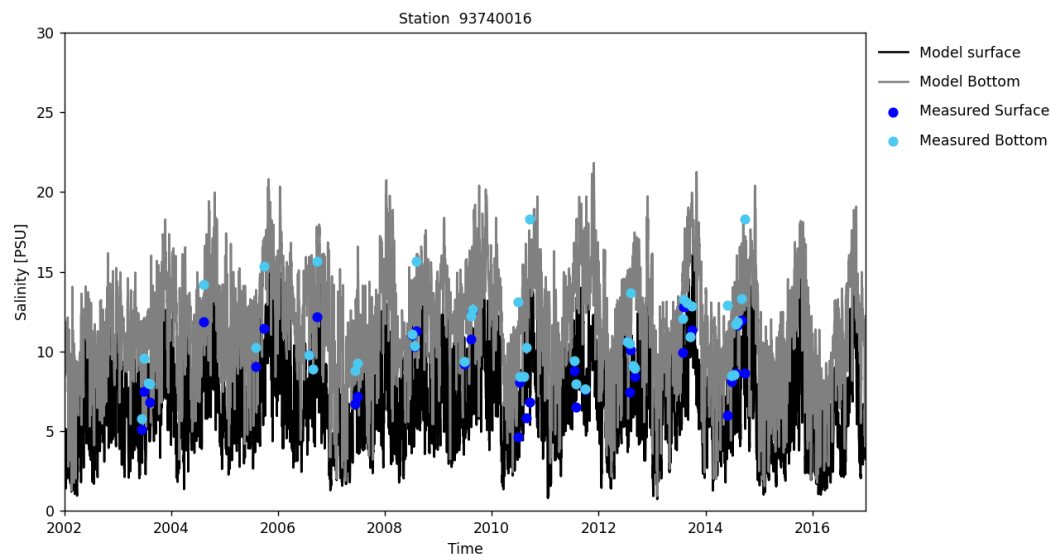
Figur A. 5 Modellerede saltindhold i overfladevandet (sort linje) og ved bunden, 4,3 m (grå linje) på station 93740020, sammenholdt med tilsvarende målte saltholdigheder i overfladevandet (mørkeblå prikker) og ved bunden (lyseblå prikker). Stationens præcise placering kan ses af Figur A. 1.



Figur A. 6 Modellerede saltindhold i overfladevandet (sort linje) og ved bunden, 4,3 m (grå linje) på station 93720015, sammenholdt med tilsvarende målte saltholdigheder i overfladevandet (mørkeblå prikker) og ved bunden (lyseblå prikker). Stationens præcise placering kan ses af Figur A. 1.



Figur A. 7 Modellerede saltindhold i overfladevandet (sort linje) og ved bunden, 4,3 m (grå linje) på station 93740021, sammenholdt med tilsvarende målte saltholdigheder i overfladevandet (mørkeblå prikker) og ved bunden (lyseblå prikker). Stationens præcise placering kan ses af Figur A. 1.



Figur A. 8 Modellerede saltindhold i overfladevandet (sort linje) og ved bunden, 4,3 m (grå linje) på station 93740016, sammenholdt med tilsvarende målte saltholdigheder i overfladevandet (mørkeblå prikker) og ved bunden (lyseblå prikker). Stationens præcise placering kan ses af Figur A. 1.

Som det fremgår af ovenstående figurer, er både den tidslige og den spatiale variabilitet stor i Hjarbæk Fjord, og modellen beskriver både de daglige variationer og variationerne ind igennem fjorden med stor nøjagtighed.

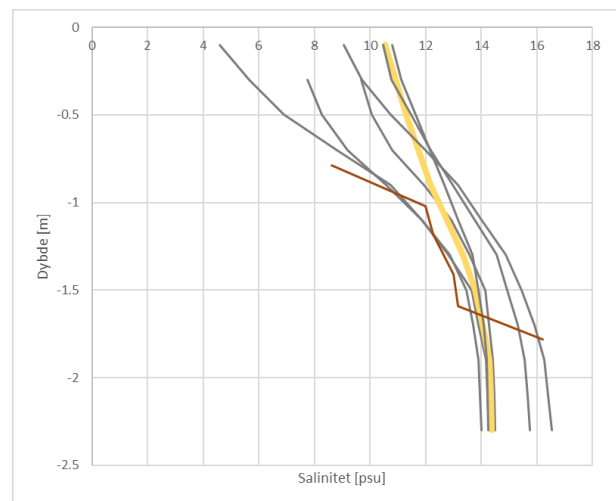
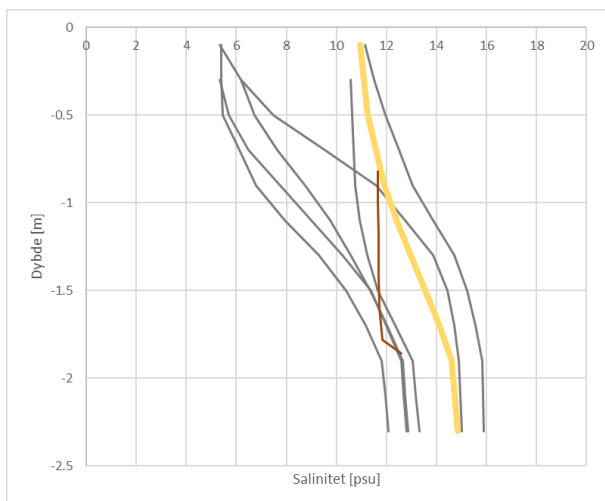
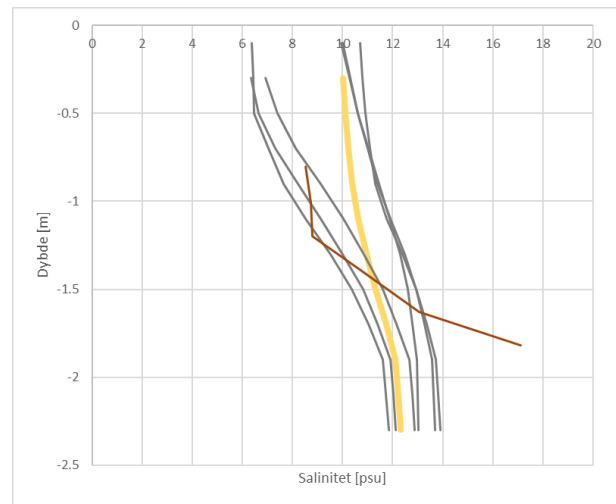
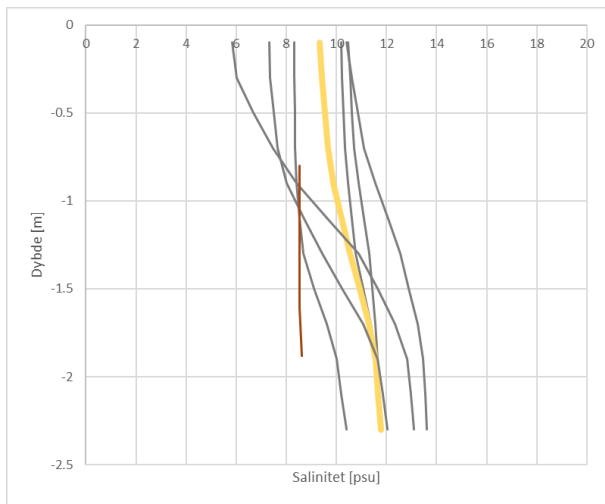
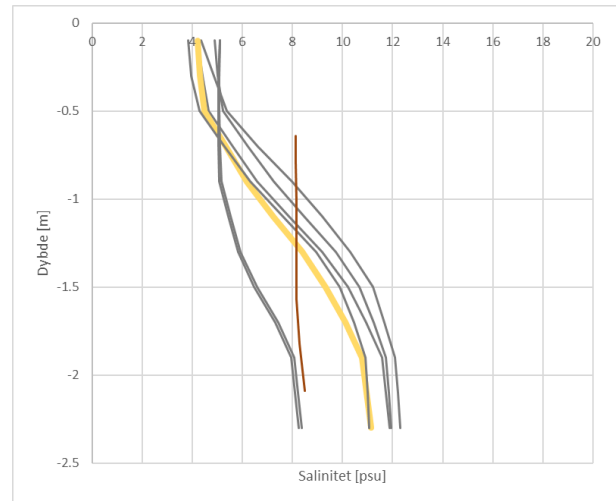
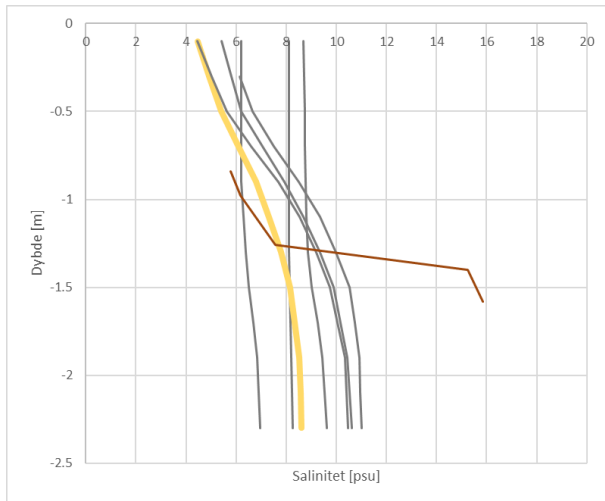
Figur A. 2 til Figur A. 8 beskriver imidlertid alene saltindhold i overflade- og i bundvand, hvorfor SEGES har stillet yderligere krav om at få præsenteret profilsammenligninger på den inderste station i fjorden (93740016).

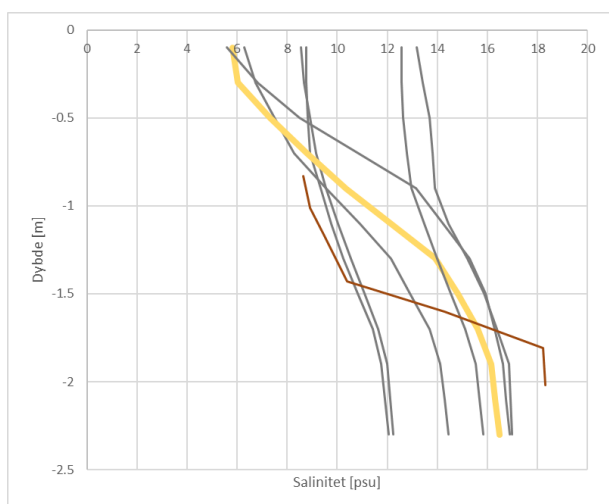
I Figur A. 9 er der derfor vist sammenligninger mellem profildata fra model og målinger for 2014. Bemærk, at der alene er syv dage med målinger i 2014, hvorfor sammenligningen hviler på et meget begrænset datagrundlag. Derudover er modellen udviklet til at beskrive hele Limfjorden og derfor er der alene 5 sigma-lag i Hjarbæk Fjord, hvilket kan have en betydning for evne til at modellere den specifikke lagdeling i perioder helt lokalt.

Som det fremgår af Figur A. 9, viser målingerne, at der til tider er lagdelt og til tide fuldt opblandet. Tilsvarende ses af modellen, hvor der er perioder med lagdeling og perioder med fuld blanding enten sammenfaldende med måledagen eller i dagene op til eller umiddelbart efter.

I perioder er der observeret en relativ stor lagdeling med et tyndt bundlag, som ikke nødvendigvis fanges af modellen, på grund af den lidt grove vertikale opløsning i bunden af Hjarbæk Fjord.

DHI vurderer at modellen kan benyttes til at foretage beregninger af miljøtilstanden og potentielle ændringer i miljøtilstanden baseret på ændringer i enten næringsstofflørsler og/eller ændringer i slusepraksis.





Figur A. 9 Salinitetsprofiler i 2014 (2/6, 30/6, 15/7, 28/7, 4/8, 1/9, 29/9) på station 93740016. Data sammenlignes i dybderne -0,5m, -1,5m og -2,5m), og orange profiler udgør målinger, mens gule profiler udgør modellens resultater på præcis samme dag, som målingerne er udført. De grå linjer udgør tilsvarende modellerede profiler tre dage før og tre dage efter måledagene.