

Notat om de potentielle økologiske effekter for Østersøen ved en blokering af Kongedybet

Dette notat er en uddybning af nedenstående afsnit i notat fra 5. marts 2023 fra den faglige referencegruppe for anlæggelsen af Lynetteholmen, som rådgiver Trafikstyrelsen.

Effekterne af en blokering af Kongedybet på vandudvekslingen er ikke direkte en del af den supplerende rapport. Man bør dog være opmærksom på disse effekter, og at der eventuelt kan komme behov for kompenserende udgravning. Disse blokerende effekter er grænseoverskridende og kan potentielt påvirke hele Østersøen. En overvejelse kan være at ændre projekts udformning, så den yderste del ikke omfatter Kongedybet.

Ovenstående afsnit var indeholdt i et notat fra den faglige referencegruppe. Den samlede referencegruppe uddybede disse synspunkter i et notat den 24. marts. Jeg har efterfølgende arbejdet videre med problemstillingen, og drøftet den med en række forskerkolleger. Nedenstående konklusioner er mine egne, og ikke et udtryk for den samlede referencegruppes faglige synspunkter.

Min konklusion er følgende:

- 1) De beregninger, som er udført af DHI, er ikke tilstrækkelige til at afvise en væsentlig effekt på saltholdigheden i Østersøen. Denne effekt kan forekomme i hele Østersøen og vil dermed påvirke alle lande omkring Østersøen. Desuden vil en eventuel effekt på stabiliteten af Østersøens vandsøjle give afledte effekter, som kan akkumuleres over tid og potentielt påvirke saltholdigheden ud over den umiddelbare på salttransporten.
- 2) I DHIs rapport er de potentielle effekter af blokeringen nedtonet, i forhold til det som resultaterne i rapporten faktisk viser.
- 3) Der er stor sikkerhed for, at selv en mindre reduktion i Østersøens saltholdighed, vil have betydelige negative konsekvenser for biodiversiteten og den økologiske tilstand i Østersøen. Det vil i så fald udgøre en overtrædelse af EU's Havstrategidirektiv.
- 4) Der kan være store økonomiske konsekvenser for alle landene omkring Østersøen, hvis en lavere saltholdighed fører til en øget kvælstoffiksering fra cyanobakterier. Det vil i så fald betyde, at landene skal reducere deres udledninger af kvælstof til Østersøen, ud over det som allerede er nødvendigt i forhold til kravet om opnåelse af god økologisk tilstand i forhold til EU's direktiver.
- 5) En etablering af en fuldstændig blokering af Kongedybet er potentielt et så væsentligt indgreb i Østersøens miljø, at det bør belyses meget grundigt, og det bør evalueres i en faglig høringsproces, som omfatter alle lande omkring Østersøen.
- 6) Danmark har en potentiel risiko for juridiske konsekvenser, hvis lande omkring Østersøen mener, at fremtidige ændringer i Østersøens miljø kan henføres til blokeringen af Kongedybet. Det er uafklaret om Danmarks så har bevisbyrden for at negative ændringer ikke er relateret til blokeringen af Kongedybet.

Roskilde, 13. april, 2023

Stiig Markager, Aarhus Universitet, Professor i marine økologi og biogeokemi.

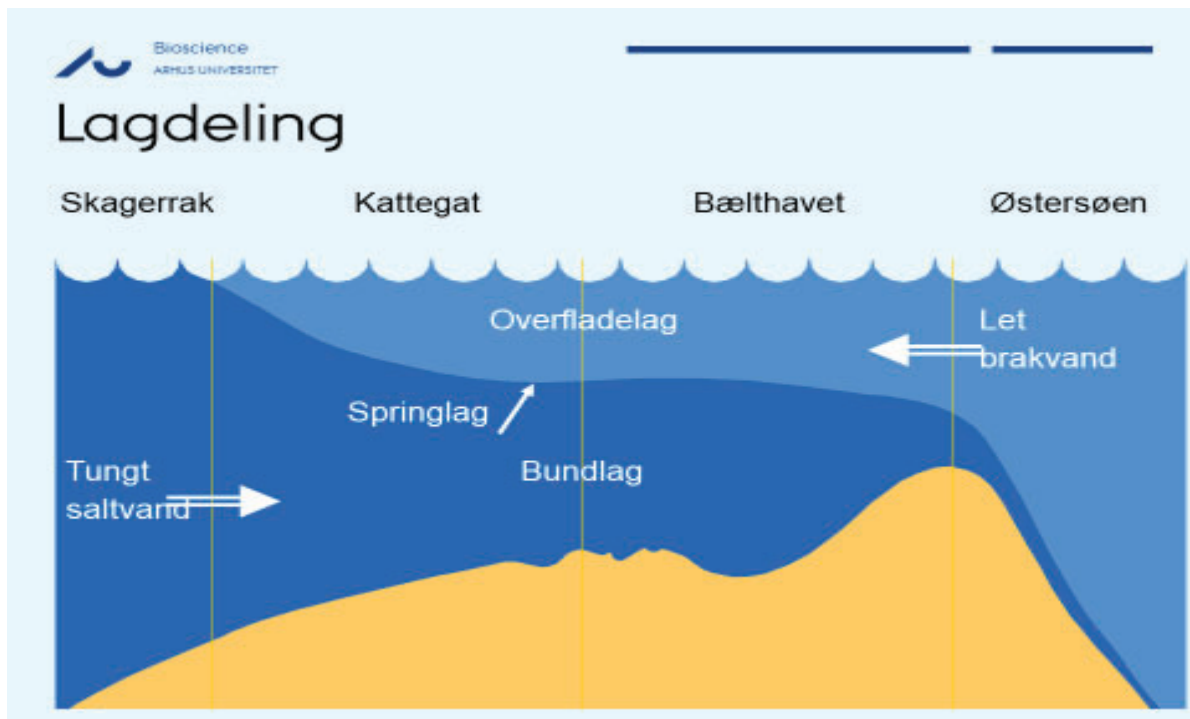
Problemstilling

Østersøens saltholdighed er afgørende for dens biologi, biodiversitet og miljøtilstand på en række områder. I afsnittet om 'biologiske effekter' er de tre vigtigste gennemgået.

*: Fagligt er promille ikke korrekt, men det bruges her for at lette forståelsen for den almene læser.

Østersøens saltholdighed varierer fra få promille* i den nordlige del af den Botniske Bugt til mellem 10 og 30 i de danske bæltter. Saltholdighed i hele Østersøen bestemmes af forholdene i de danske bæltter og nedbøren i hele Østersøens opland. *Danmark har således et afgørende ansvar for hele Østersøens saltholdighed og for dens miljø.*

Østersøen tilføres omkring 500 km³ ferskvand om året fra floderne. Det strømmer ud gennem de danske bæltter, typisk som let overfladevand med en saltholdighed omkring 10 til 15 ‰.



Saltet kommer fra saltholdigt vand som tilføres fra Kattegat gennem de danske bæltter, enten som tungt bundvand med saltholdigheder omkring 23 til 29 ‰ eller ved opblandet overfladevand som har en lavere saltholdighed (Lintrup og Jakobsen 1999). Vandet opholder sig omkring 30 år i Østersøen, så en ændring i balancen mellem tilførsel og tab vil kun langsomt – over årtier – ændre Østersøens saltholdighed. En nedsat tilførsel pga. den blokerende effekt af Lynetteholmen i Kongedybet, betyder at Østersøen tilføres mindre salt. Denne effekt vil langsomt akkumuleres og føre til et lavere saltindhold i hele Østersøen, indtil saltholdigheden i det udstrømmende overfladevand også falder, og en ny balance opstår med en lavere saltholdighed i hele Østersøen. Effekten på saltholdigheden vil variere i Østersøens forskellige bassiner og kystnære områder men vil påvirke alle områder. *Lynetteholmen er derfor et anliggende for alle lande omkring Østersøen.*

Østersøen tilføres salt gennem Lillebælt, Storebælt og Øresund, hvor de sidste to er langt de vigtigste. Der er to mekanismer. Ved kraftig vind fra nord og vest stoves vandet op i det sydlige Kattegat og hele vandsøjlen bevæger sig sydpå. Dette sker sjældent, nogle gange med mere end 10 års mellemrum. Længe var det anset som den vigtigste mekanisme. Salt der tilføres med denne mekanisme sker i vand med en relativt lav saltholdighed. Den anden mekanisme er en næsten konstant sydgående strøm fra 12-14 meter og ned til bunden af tungt bundvand med høj saltholdighed. Denne strøm følger de dybe render, primært i Øresund. I Øresund er der tre dybde render, Kongedybet og Hollænderdybet mod vest, som flyder sammen til Drogden Renden ved Saltholm og Flinterenden mod Øst. *Lynetteholmen blokerer fuldstændig*

Kongedybet. Blokeringen skete i februar 2023. Selvom Kongedybde på et søkort ser ud af lidt, var det vigtigt, fordi det var en direkte rute for salt ind i Østersøen og antagelig af relativt tungt saltvand.

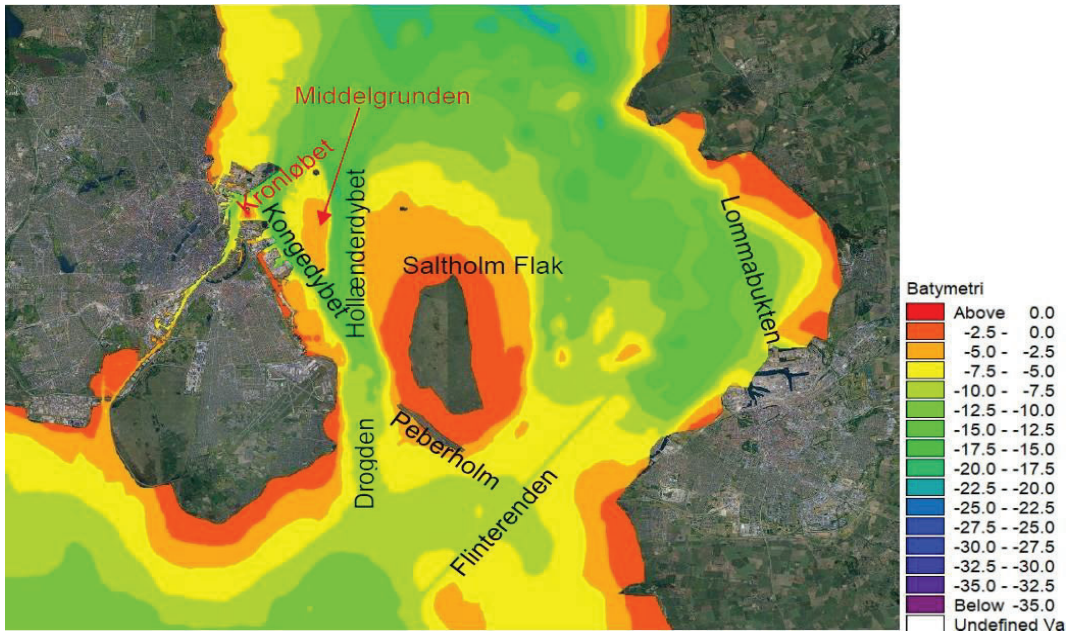
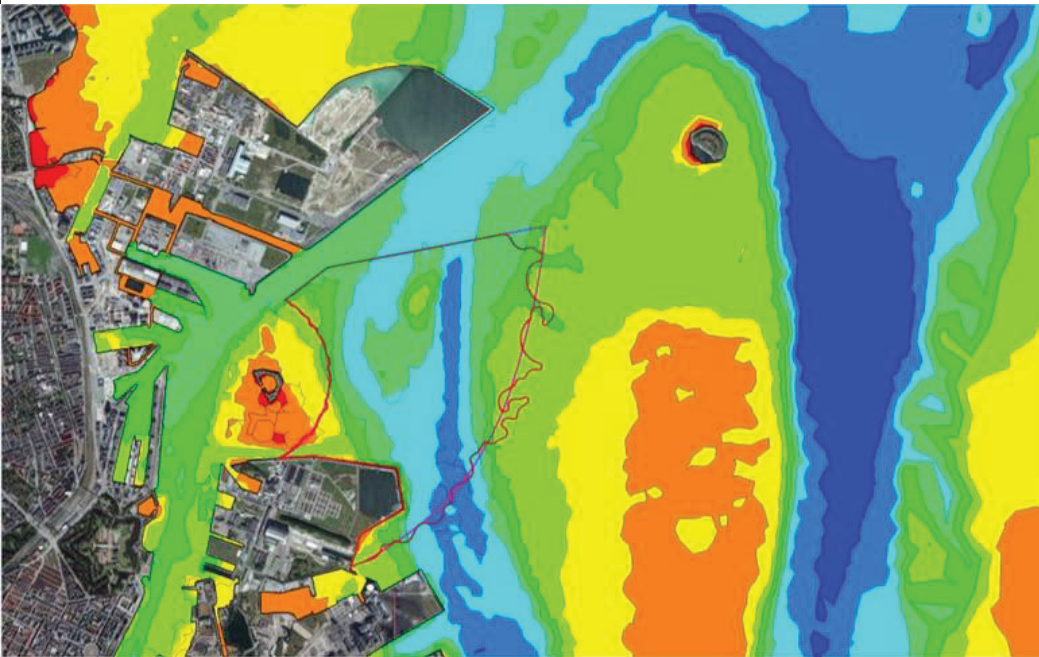


Figure 2.2 Bathymetry with channels, banks and islands in the southern part of the Øresund (Source: Figure 4-2 in [3]).



Figurer som viser dybdeforholdene i Øresund (øverst) og hvordan Lynetteholmen vil give en fuldstændig blokering af Kongedybde (nederst).

*: Fagligt er promille ikke korrekt, men det bruges her for at lette forståelsen for den almene læser.

Hvor meget betyder blokeringen af Kongedybet for Østersøens saltbalance?

Et afgørende diskussionspunkt er, hvilken af de to mekanismer for salttransport som er vigtigst, da det har betydning for hvilken saltholdighed det indstrømmende vand har. Vand med høj saltholdighed er tungt, og vil følge bunden og nå hele vejen ind til de dybeste dele af Østersøen. Vand med lavere saltholdighed vil indlejres midt i eller højt oppe i Østersøens vandsøjle, og vil ret hurtigt blandes med overfladevand og derefter forlade Østersøen igen. Det er således det mest saltholdige vand som har størst betydning for Østersøens miljø.

I hele Østersøen er vandsøjlen lagdelt. Styrken af denne lagdeling afhænger af forskellen i saltholdighed mellem top og bund. Når der tilføres mindre salt vil lagdelingen svækkes, og vinden kan røre mere salt op i overfladelaget, som derfor bliver en smule mere salt. Det betyder så igen, at Østersøen taber mere salt med den udadgående overfladestrøm. En blokering af Kongedybet kan derfor potentielt sætte gang i en selvforstærkende mekanisme, hvor Østersøen mister mere og mere salt, og saltholdigheden falder mere end blot effekten fra en mindre indstrømning. En sådan akkumulerende effekt er ikke undersøgt med DHIs model. Dette vil kræve en modelopsætning, hvor effekterne analyseres for hele Østersøen over mange år. Noget som ligger langt ud over den analyse som DHI har udført for By og Havn.

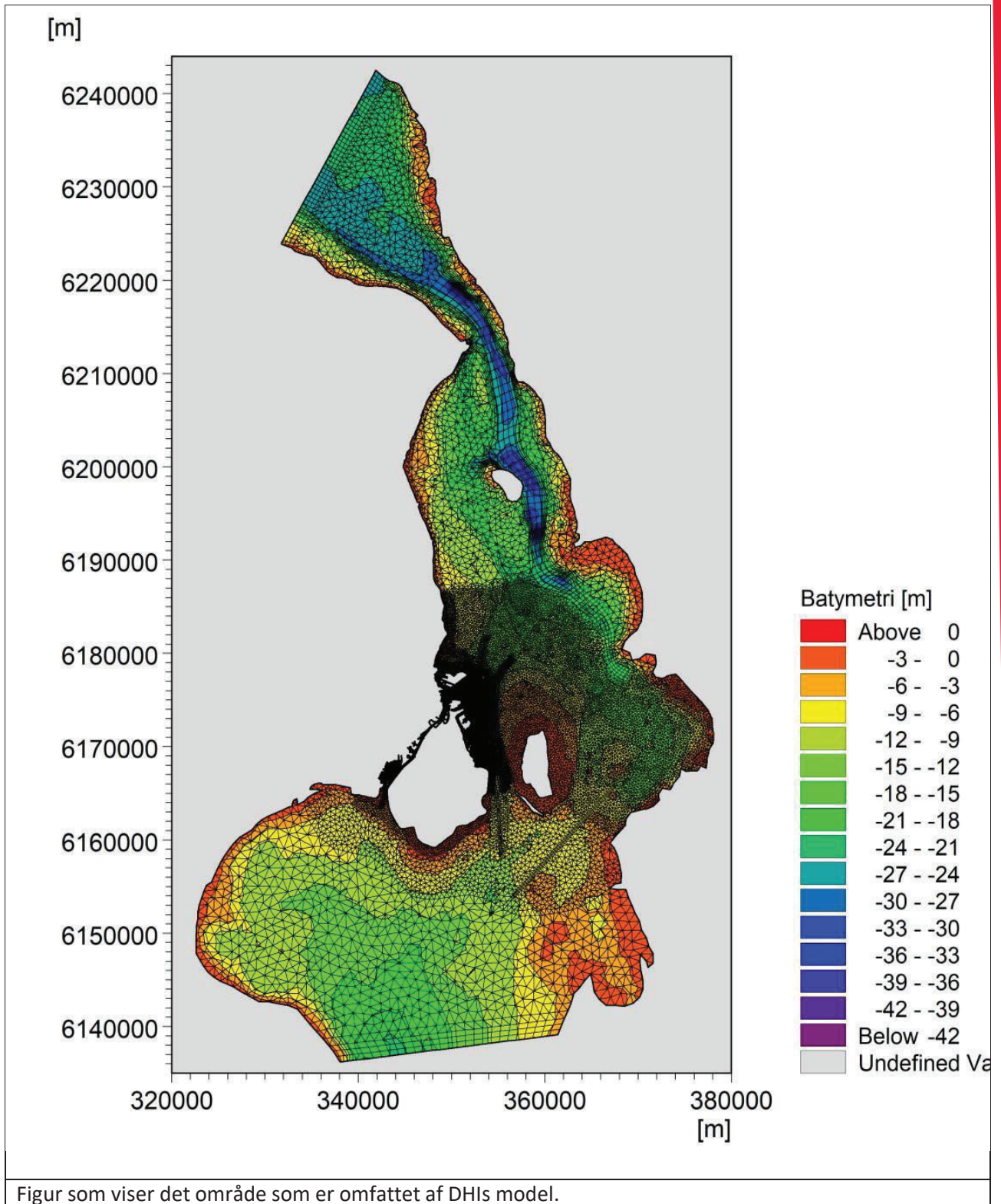
Effekten på salttransporten sydpå gennem Øresund er beregnet til 1,2 % af DHI (DHI 2020) i tabel 6.10 (s. 259, version med kystlandskab). Den beregnede effekten på salttransporten i de to vestlige render, Kongedybet og Hollænderdybet er dog lagt større, nemlig 9,6 % (tabel 6.10, siden 259).

Det er relativt let at beskrive den første mekanisme, og her kan DHIs estimat være korrekt. For den første mekanisme er hele Øresunds tværsnit vigtigst (det er hele vandsøjlen som flytter sig sydpå) og så blive den snævre og grunde tærskel ved Drogden vigtig. For den anden mekanisme er de dybde render afgørende. Denne mekanisme er sværere at beskrive og det er blevet fremført at DHIs models ikke evner at modellere denne korrekt. Jeg kan ikke vurdere det faglige i denne kritik, da jeg primært har en biologisk baggrund. Der er en række internationalt anerkendte institutioner som SMHI i Gøteborg og IOW i Warnemünde, som har forskningsbaserede modeller (DHIs model er et kommercielt produkt uden forskningsmæssig forankring). Danske DMI har også en operationel model. Måske man bør overveje at få en bredere faglig evaluering (se også nedenfor).

Faglig kvalitet af DHIs modelarbejde

Estimatet bygger på modelberegninger for kun et år – 2018. Kvaliteten af rapporten er omdiskuteret. Fagligt set virker det meget tvivlsomt at basere konklusionerne på en modellering af forholdene i kun et år. Normalt vil man forvente, at beregningerne dækker en længere årrække. Ideelt set 100 år eller mere, men i hvert fald nogle dekader. DHI bemærker selv (s. 213) at 2018 var et usædvanligt år (den varmeste sommer der nogensinde er registeret) og et år uden ovennævnte store indbrud af saltvand.

Den modellering, som DHI har gennemført, omfatter kun Øresund (se figur). Randbetingelserne for modellen kommer fra DHIs større model, som dækker Kattegat og den vestlige Østersø, men simuleringerne omfatter kun selve Øresund. *Der er således ikke udført nogen beregninger overhoved af eventuelle effekter på hele Østersøen, inklusive f.eks. de mulige tilbagekoblingsmekanismer som er nævnt ovenfor.* Deltares bemærker dette som et potentielt problem i deres evaluering (pkt. 4.2.3. side 24).



DHIs rapport er blevet kritiseret af f.eks. hydrolog Morten Holtegaard Nielsen og er evalueret af det Hollandske institut Deltares. Min vurdering er, at Deltares ikke udelukker, at DHIs konklusion kan være

*: Fagligt er promille ikke korrekt, men det bruges her for at lette forståelsen for den almene læser.

rigtig, men at DHIs estimat er dårligt bestemt og derfor usikkert. Min vurdering er derfor, *at der reelt ikke er nogen, som i dag kender den blokerende effekt af Lynetteholmen*. DHI understreger selv betydningen af Kongedybet for salttransporten flere steder i rapporten: s. 1) 186 'ofte en lagdelt modsatrettet strøm'. 2) s. 188 Fig. 6-42 sydgående bundstrøm forsvinder, 3) s. 210 'Salttransporten foregår primært via de dybe render'. Endvidere viser resultaterne for effekter på vandstanden en stigning på 25-30 mm i Kronløbet, som følge af blokeringen.

Er DHIs estimat objektivt?

DHI fremhæver i sin rapport en konklusion om at effekten på vandgennemstrømningen kun er 0,24 % (Tabel 6.4, s. 243). Den 6 gange større effekt på salttransporten diskuteres ikke i teksten (tabel 6-10, s 259), og heller ikke den 40 gange større effekt på salttransporten vest om Saltholm. Ud fra en biologisk og miljømæssig betragtning er det salttransporten som er mest væsentlig.

I DHIs rapport bemærkes det (s. 249-253 og 263-265) at blokeringseffekten af Lynetteholmen vil modvirkes af den vandstandsstigning, som forventes pga. klimaforandringer og at blokeringseffekten vil nulstilles ved en vandstandsstigning på 4 cm (for salt), hvilket forventes inden for 25 år.

Disse betragtninger virker malplaceret og taget ud af en sammenhæng, og stiller spørgsmålstegn ved om DHIs faglige tilgang er objektiv.

Det er korrekt at vandstandsstigninger er en af mange forventede effekter at klimaforandringer for Østersøen. Andre effekter er en stigende nedbør (som isoleret set vil gøre Østersøen mere fersk), højere temperatur (som vil forstærke lagdelingen og også gøre Østersøen mere fersk), ændrede vindforhold og flere andre forhold. Det virker derfor underligt kun at nævne én effekt – et højere havvandsspejl – og så regne på hvordan den vil kompensere for Lynetteholmens blokerende effekt. Vil man inddrage fremtidige klimaeffekter, bør man belyse det objektivt fra alle sider.

Endvidere forholder DHI sig ikke til det forhold, at Lynetteholmen i den optik, vil 'bruge' af den positive effekt, som et højere vandspejl har for Østersøen. Klimaændringer vil stresser Østersøens miljø via en række mekanismer, og den har som økosystem brug for alle de positive faktorer, som der også er ved klimaforandringer.

DHI har i en anden delrapport om modellering af frigivelse af næringsstoffer ved dumpning af slam i Køge Bugt (nu opgivet), antaget i sine beregninger, at næringsstoffrigivelsen fra slammet er nul. En antagelse som er i direkte modstrid med data, men som betød, at miljøeffekten af dumpningen af slam blev beregnet til at være ubetydelig. *Som læser af de samlede rapporter, får man det indtryk, at DHI søger at undgå, at komme frem til konklusioner der viser, at Lynetteholmsprojektet kan have signifikant negative miljøeffekter.*

Konklusion på fysiske forhold

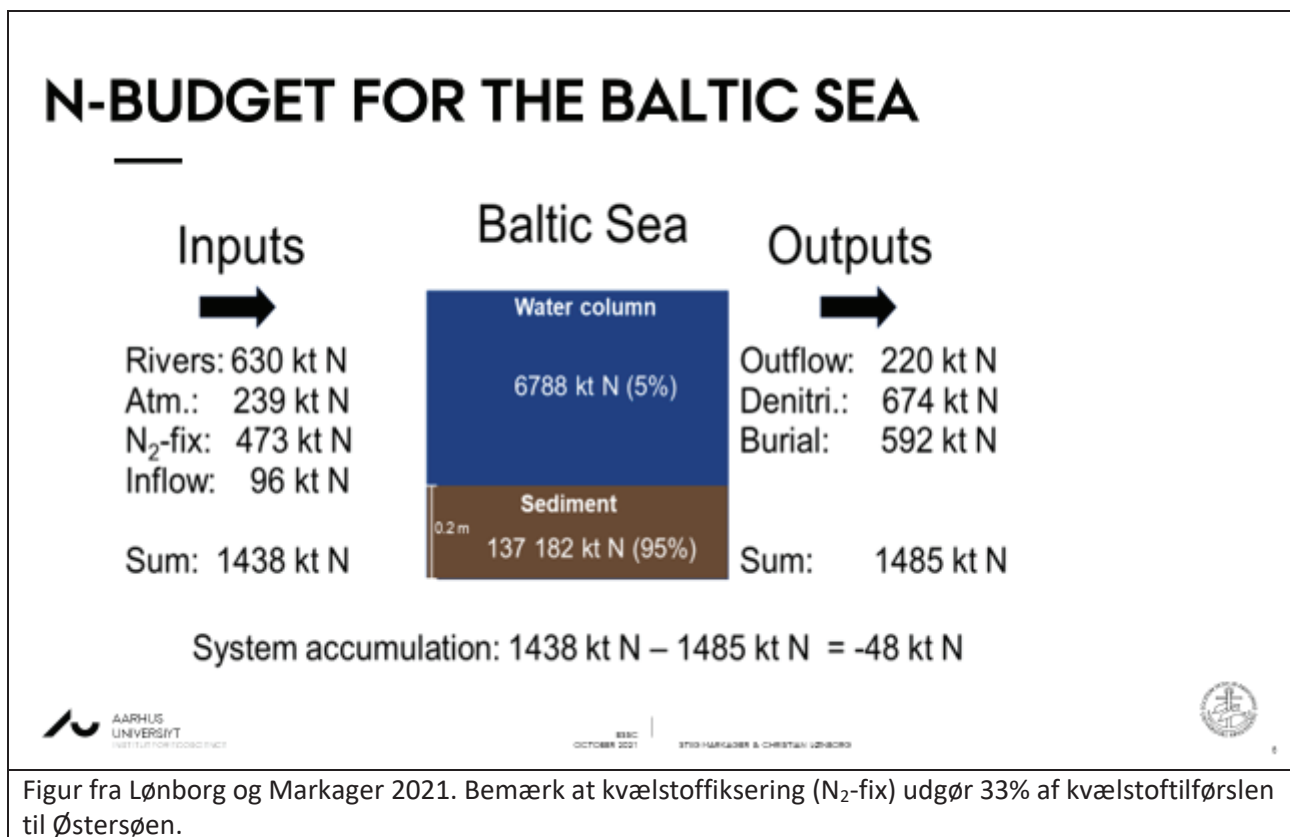
Jeg kan ikke med sikkerhed afgøre, om DHIs estimat på 1,2 % på salttransporten er korrekt, men min vurdering er, at der er en stor usikkerhed omkring estimatet og den samlede effekt på Østersøens saltholdighed på lang sigt. DHIs rapporten indeholder en værdi på 9,6 % for salttransporten vest om Saltholm. Det vil være en meget markant effekt. Endvidere er det klart, at den potentielle effekt opstår, fordi Lynetteholmen rækker ud i Kongedybet. En udformning som ikke har nogen begrundelse i ønsket om en højvandssikring af København. Et mindre projekt, til kanten af Kongedybet, vil eliminere blokeringen og de potentielle effekter på Østersøen.

Biologiske effekter

De potentielle biologiske effekter nævnt nedenfor afhænger af, om der sker en signifikant ændring af saltholdigheden i dele af Østersøen. Jeg har forsket i Østersøens økologi siden 1997 og har et godt kendskab til de biologiske mekanismerne. Det er ikke muligt i dette notat at kvantificere effekterne, men de kan beskrives overordnet.

Udbredelse af kvælstoffikserende alger og eutrofieringstilstand

Østersøens klart mest alvorlige miljøproblem er eutrofiering, som skyldes tilførslerne af kvælstof og fosfor. Et særligt forhold i Østersøen er, at saltholdigheden er så lav, at cyanobakterier (kaldes også blå-grøn-alger) kan vokse. Cyanobakterier har evnen til at udnytte luftens indhold af kvælstof (N_2) og er derfor, i modsætning til alle andre planter i havet, ikke afhængig af det kvælstof, som tilføres fra menneskelige aktiviteter. Nylig forskning viser, at cyanobakterier kvælstoffiksering står for omkring 1/3 af kvælstoftilførslerne til Østersøen (Lønborg og Markager 2021).



Der er flere arter af cyanobakterier i Østersøen, men det er veldokumenteret for dem alle, at de er begrænset af saltholdighed, og at deres vækst ophører ved saltholdigheder mellem nogle få promiller og op omkring 8 ‰ – svarer til forholdene omkring Bornholm. *En reduktion af saltholdigheden har derfor potentiale til at forværre effekterne af eutrofiering ved at forstærke vækst, udbredelse og kvælstoffiksering af cyanobakterier.* Noget som vil påføre alle landene omkring Østersøen store udgifter.

*: Fagligt er promille ikke korrekt, men det bruges her for at lette forståelsen for den almene læser.

Effekter på biodiversitet

Østersøens biodiversitet er styret af saltholdigheden. Det er et generelt forhold globalt, at der er mange arter som er knyttet til rent ferskvand og til fuld saltholdighed (omkring 33 ‰), som man finder i oceanerne. Derimod er der få arter, som kan tolerere brakvand, dvs. de saltholdigheder der er i Østersøen. Derfor er alle arter i Østersøen udbredt i forhold til deres tolerance for salt, således at arter, som egentlig hører til i ferskvand, forsvinder når saltholdigheden bliver for høj, og marine arter forsvinder når saltholdigheden bliver for lav – torsken er et godt eksempel på en marin art, som i Østersøen lever på kanten af sin nedre tolerance for saltholdighed. Et andet eksempel er den invasive vandremusling, som hører til i ferskvand, men kan tolerere noget salt. Den er i dag et problem i Oder estuariet vil potentielt brede sig yderligere ved en lavere saltholdighed. Det er den maksimale eller minimale saltholdighed over kort tid, som er relevant, og ikke den gennemsnitlige. Lidt som for klimaet, hvor en kort periode med meget varmt vand (heat wave) slå organismerne ud. Endvidere er det ofte reproduktionen som er kritisk, mens voksne dyr/etablerede planter er mere tolerante – her er torsken igen et godt eksempel.

På baggrund af ovenstående er det sikkert, at ændringer i saltholdigheden har potentiale til at ændre udbredelsen af dyr og planter i hele Østersøen. Noget som vil påvirke den lokale og regionale biologi i alle dele af Østersøen.

Effekter på iltforhold og eutrofiering

I Østersøen er der store områder, hvor havbunden og de nedre dele af vandsøjlen er helt død pga. af iltvind. Iltforholdene i dybe områder afhænger af tilførslen af næringsstoffer til hele Østersøen – som betyder at algerne vokser og forbruger ilt, når de synker til bunds og rådner – og så tilførslerne af ilt med indstrømmende saltvand. En reduktion i indstrømningen pga. Lynetteholmens blokering kan derfor potentielt give mere iltvind. Når der er iltvind frigives der store mængder fosfor, som er et styrende næringsstof for cyanobakterier, som blev nævnt ovenfor. I dag er Østersøen fanget i en ond cirkel, hvor iltvind medfører frigivelse af fosfor, som får cyanobakterier til at vokse og binde mere kvælstof. Begge næringsstoffer giver en generel høj algevækst, som fører til uklart vand og mere iltvind. Tilførslerne af iltholdigt bundvand og salt igennem de danske bæltter modvirker iltvind, og derfor afgørende for Østersøens miljø.

Det er dog ikke helt entydigt, hvad effekterne af en blokering vil være. Det skyldes at vandsøjlen opblanding også påvirkes. En lavere saltholdighed kan potentielt give en svagere lagdeling og dermed en større transport af ilt til bunden i områder, hvor vanddybden er under omkring 50-70 m. På dybere vand har det ikke nogen effekt.

Konklusionen er, at en ændring i mængden, men også formen af saltvandstilførsler (pludselige store indbrud med lav saltholdighed eller en kontinuert tilførsel af vand med høj saltholdighed) potentielt kan påvirke iltforholdene i dele af Østersøen. En eventuel ændring af forholdene bør analyseres grundigt i samarbejde med alle landene omkring Østersøen.

Juridiske aspekter i forhold til EU's direktiver

Den såkaldte Weser dom fra 2015 vedrører Tysklands ønske om uddybning af sejlrenden i Weser floden og om det var foreneligt med EU's Vandrammedirektiv. Dommen gik Tyskland i mod, og man kan overveje om Danmark løber en lignende risiko ved Lynetteholmsprojektet. Projektet har potentiale til at være i konflikt med både Vandrammedirektivet og især Havstrategidirektivet. Weser-dommen omhandler

Vandrammedirektivet, men det vil være ulogisk, hvis EU-domstole ikke anlægger de samme betragtninger i forhold til Havstrategidirektivet. Det er veldokumenteret i HELCOMs rapporter, at langt de fleste områder af Østersøen ikke lever op til kravene i forhold til eutrofiering. Enhver aktivitet, som potentielt udgør en miljømæssig forringelse, kan derfor være i strid med direktiverne. *Det vil derfor være aktuelt, at undersøge om Lynetteholmen udgør sådan en risiko, og det vil antageligt være afgørende, at Danmark kan dokumentere at Lynetteholmsprojektet ikke udgør sådan en risiko.*

Endvidere er der risikoen for at en negativ udvikling i miljøtilstanden i alle områder omkring Østersøen, og at de berørte lande vil koble det til Danmarks blokering af Kongedybet. Her det uklart for mig, hvem der i givet fald vil have bevisbyrden. Skal landet, som oplever de negative effekter, påvise en kobling til Lynetteholmen, eller skal Danmark, som har lavet ændringen af de naturlige forhold, påvise, at det ikke har nogen effekt. Det sidste vil kræve en langt mere omfattende udredning, end den som i dag er udført. Hvis Danmark laver en 'nulløsning', som man gjorde for broerne, eller mere sikkert, begrænser projektet til kanten af Kongedybet, vil man have sikret sig mod den type sagsanlæg.

Litteratur

Elbæk, F. Vandrammedirektivets forbud mod forringelser og undtagelsesmuligheder

– en status. Tidsskrift for Miljø, december 2020.

Lintrup, M.J. og F. Jakobsen (1999). The importance of Øresund and the Drogden Sill for Baltic inflow. J. Marine Systems, **18**, s. 345-354.

Lønborg, C & S. Markager (2021) Nitrogen in the Baltic Sea: Long-term trends, a budget and decadal time lags in responses to declining inputs. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **261**, doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107529

DHI: Anlæg af Lynetteholm. VVM – Teknisk Baggrundsrapport nr. 1. Hydrauliske undersøgelser. Version endelig 1.6.2, november 2020.

*: Fagligt er promille ikke korrekt, men det bruges her for at lette forståelsen for den almene læser.