

Notat om kvælstofudslip på Fredericia Havn den 3. februar 2016

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 18. maj 2017

Stiig Markager

Institut for Bioscience

Rekvirent:
Fredericia Kommune
Antal sider: 9

Faglig kommentering:
Jens Würgler Hansen og Maria Maar
Kvalitetssikring, centret:
Anja Skjoldborg Hansen



**AARHUS
UNIVERSITET**

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tel.: +45 8715 0000
E-mail: dce@au.dk
<http://dce.au.dk>

Indhold

Baggrund	3
Indledning	3
Vurdering af NIRAS' notat af 10 marts 2017 'Gødningsulykke, Fredericia Havn	3
Faglig vurdering af rapporten 'Marine overvågningsdata, til medio september 2016' af COWI	5
Vurdering af de konklusioner, som advokatfirmaet Jon Palle Buhl drager i deres høringssvar	8
Afsluttende bemærkninger	9
Referencer	9

Baggrund

Nærværende notat er bestilt af Fredericia Kommune i mail af 13. marts 2017. I bestillingen beder Fredericia Kommune om:

- *En vurdering af, om Niras' vurdering af mængden af udledt kvælstof på 4.100-4.300 tons ændrer ved Aarhus Universitets tidligere vurderinger, der er baseret på et udslip på 4.000 tons.*
- *En faglig vurdering af Cowis rapport.*
- *En faglig vurdering af, om Cowis rapport kan bruges som faglig begrundelse for de konklusioner, som advokatfirmaet Jon Palle Buhl drager i deres høringssoar af 16. november 2016.*
- *Om der er andet, Aarhus Universitet vil supplere deres vurdering fra maj 2016 med, f.eks. som følge af de overvågningsdata der er indsamlet i havmiljøet siden eller andre observationer.*

Indledning

Min ekspertise ligger primært inden for marin økologi og biogeokemi, og jeg har derfor kun forholdt mig til de overordnede konklusioner i rapporten fra NIRAS omkring udslippets størrelse og den andel, som er tilført det marine miljø, samt deres betragtning omkring spredning i Lillebælt umiddelbart efter udslippet.

COWI's rapport er gennemgået og vurderet.

Hørings svar fra advokatfirmaet er vurderet i forhold til COWI's rapport og det marint faglige indhold.

Oplysningerne i dokumenterne giver ikke anledning til at ændre konklusionerne i notatet fra Aarhus Universitet fra maj 2016. Aarhus Universitet foretager en systematisk bearbejdning af overvågningsdata i forbindelse med en årlig rapportering om havmiljøets tilstand. Denne proces starter her i maj og resultaterne foreligger først hen over sommeren og kan derfor ikke indgå i dette notat. Desuden foretages denne analyse kun på et overordnet plan, og er ikke specifikt rettet mod at dokumentere effekter af den særlige situation omkring Fredericia Havn. Nedenfor er der redegjort for, hvordan en sådan analyse kan udføres, men det ligger uden for de tidsmæssige rammer for dette notat at udføre analysen.

Vurdering af NIRAS' notat af 10. marts 2017 "Gødningssulykke, Fredericia Havn"

I notatet med bilag gennemgås hændelsesforløbet i detaljer og målinger og vurdering udført af Dansk Miljørådgivning A/S, på opdrag af Dan Gødning A/S, gennemgås ligeledes detaljeret.

Notatet fremstår som en grundig og saglig gennemgang af hændelsesforløb, målinger og analyser, hvor forhold som trækker i begge retninger gennemgås. Grundlæggende vil en analyse, som viser, at der er tilbageholdt store mængder kvælstof i jorden, eller at kvælstof fra udslippet er tabt til luften eller fjernet ved denitrifikation, betyde, at det direkte udslip til Lillebælt, og dermed det marine miljø, er mindre. Dette vil reducere sandsynligheden for skader på det marine miljø. Omvendt vil resultater, som viser, at hovedparten af kvælstoffet er tilført Lillebælt, øge sandsynligheden for negative effekter i det marine miljø.

Vigtige observationer i rapporter er:

1. Baggrundsniveauet i jorden kan være vurderet for højt af Dansk Miljørådgivning A/S. Det vil reducere den andel af udslippet, som beregnes af være tilbageholdt i jorden.
2. Forureningen er ikke reelt afgrænset horisontalt og vertikalt i undersøgelserne fra Dansk Miljørådgivning A/S. Dvs. at den samlede mængde kvælstof tilbageholdt i jorden kan være større.
3. Kvælstofindholdet i jorden overvurderes af Dansk Miljørådgivning A/S, fordi der er en stor overvægt af prøver fra ubefæstede arealer, hvor uhindret nedsvivning antagelig har givet høje koncentrationer i jorden.
4. Det er usandsynligt, at store mængder kvælstof er tabt via en omdannelse af carbamid til ammoniak, som beregnet af Dansk Miljørådgivning A/S, da det ville give mærkbare og i øvrigt sundhedsskadelige koncentrationer af ammoniak i luften.
5. Generelt hælder grundvandsspejlet mod Lillebælt. Der er dog usikkerhed om hastigheden for strømmingen mod Lillebælt.

Den samlede konklusion fra NIRAS er givet i tabel 1 på side 23 i notatet 'Vurdering af direkte udslip til Lillebælt'. Her vurderes det, at 4.230 tons kvælstof (4.130 - 4.330) er tilført Lillebælt. Ud af det totale udslip på 4.800 tons kvælstof er 435 tons (370 - 500) tilbageholdt i jorden og 135 tons (100 - 170) tilført renseanlæg.

Min vurdering er, at det er en god analyse, og at mængden på 4230 tons kvælstof må betragtes som det bedste estimat af udslippet til Lillebælt.

Følgende kan bemærkes:

1. Det fremgår ikke af NIRAS notat, om der overhoved er et tab af kvælstof til atmosfæren, enten som ammoniak eller som N_2 efter denitrifikation. Det kan betyde at udslippet til Lillebælt overvurderes. Omvendt virker det nok rimeligt, at dette tab ubetydeligt.
2. En eventuelt omdannelse til ammoniak, som derefter afgasses til atmosfæren, vil også delvist betyde et udslip til Lillebælt, i det ammoniak hurtigt deponeres. De fremherskende vestlige vindretninger vil betyde, at denne deponering delvist sker over Lillebælt eller tilstødende vandområder. Det vil øge den faktiske tilførsel af kvælstof til det marine miljø.
3. Det mængde kvælstof som er beregnet at ligge i jorden (435 tons), vil også ende i Lillebælt over tid (måske 1-10 år), med mindre den fjernes ved afgravning, eller tabes ved denitrifikation. Set over en længere tidsperiode vil der derfor tilføres mere kvælstof til Lillebælt end det direkte tab under udslippet, som ovenfor er beregnet til 4.230 tons.

Biologisk tilgængelighed

Alle ovenstående beregninger er udført som mængder af total kvælstof. Som også beskrevet i notat fra Aarhus Universitet den 12. maj 2016, bør man vurdere, hvor biologisk aktive de udledte former af kvælstof er i havmiljøet. Her vurderes udslippet fra uheldet at være 100 % biotilgængeligt i havmiljøet, hvorimod kvælstof, som tilføres havet via ferskvand, indeholder ca 12 % organisk bundet kvælstof, som ikke umiddelbart er biotilgængeligt (se notat af 12. maj). Den udledte mængde kvælstof svarer derfor til ca 4.800 tons kvælstof i biologisk aktivitet, hvis det var udledt som landbaserede tilførsler via vandløb.

Konklusion

De nye estimater på 4320 tons kvælstof, ækvivalent med 4.800 kvælstof tilført via vandløb, er 4 % lavere end det oprindelige estimat. Dette vurderes ikke at påvirke de oprindelige konklusioner vedrørende effekter for havmiljøet.

Spredning i havmiljøet

Notatet fra NIRAS indeholder også en vurdering af spredningen i Lillebælt baseret på udtræk af data fra en hydrodynamisk model fra DHI. Disse informationer var ikke til rådighed sidste år, da det første notat fra Aarhus Universitet blev udarbejdet.

Data viser (NIRAS' notat Fig. 23) at der var en nordgående strøm i 5 dage efter udslippet, og at vandsøjlen i den periode stort set var opblandet. Strømhastighederne er beregnet til mellem 0 og 6 m s⁻¹, hvilket giver en nordgående transport på 26 km over 5 dage, svarende til en linje mellem Æbelø og Juelsminde. Dvs. at kvælstoffet er spredt i området i tragten nord for Lillebælt og ind i Vejle Fjord. Da det direkte udslip har en høj massefylde, må man antage, at det har ligget som et tungt lag tæt på bunden. Ved bunden er den nordgående strøm svagere, så måske er ovenstående et i maksimum estimat af spredningen nordpå.

Efter 5 dage genetableres den normale situation med en lagdeling af vandsøjlen og en sydgående bundstrøm, hvilket vil sprede kvælstoffet sydpå til det sydlige Lillebælt, det Sydfynske Øhav og ind i den vestlige Østersø.

Så længe kvælstoffet befinder sig ved bunden på dybder over ca 20 meter, er det biologisk ret inaktivt, da der i disse dybder ikke er lys nok til vækst af alger. Der sker derfor ikke et optag i alger, før kvælstoffet er blandet op i de øvre vandlag, hvor der er lys tilstede. Det er uvist, hvor hurtigt denne opblanding er sket, idet vi ikke har noget sammenligningsgrundlag med et udslip med så store mængder med så høj massefylde. En vurdering af disse forhold forudsætter beregninger vha. dynamiske spredningsmodeller. Ligeledes anbefales det at overveje, om udslippet kan have haft en direkte toksisk effekt på bunddyr i området.

Konklusionen af ovenstående analyse er, at de negative miljøeffekter af udslippet må antages at fortsætte i årene fremover og over et stort område som omfatter den vestlige Østersø, det Sydfynske Øhav, hele Lillebælt og over tid også Bælthavet. Denne konklusion, og de kvantitative effekter, svarer til konklusionerne i det oprindelige notat fra Aarhus Universitet af 12. maj sidste år.

Faglig vurdering af rapporten 'Marine overvågningsdata, til medio september 2016' af COWI

Metode

Rapporten er en gennemgang af overvågningsdata for en række stationer omkring Fyn for perioden 2006 til 2016. Rapporten udvælger de stationer, hvor der findes data for mere end 4 år i perioden og medtager dermed data for 15 stationer. Rapporten omfatter parametrene salinitet, temperatur og koncentrationer af uorganisk kvælstof, total kvælstof, klorofyl og ilt, målt henholdsvis i top og bund af bandsøjlen.

Databehandlingen består i grafisk at sammenholde værdier for 2016 (enkelt observationer) med månedsværdier og middelværdier for de øvrige års målinger. Det fremgår ikke, om værdier for 2016 er medtaget ved beregninger af

median, 10 og 90 % fraktiler og ekstremer. Normalt er det 20 til 25 observationer pr. år på en station, nogle gange op til 48, med en overvægt af observationer i sommermånederne, som er de meste relevante. Det betyder, at en måneds middelværdi for de øvrige år er baseret på op til 4 observationer. Enkelt observationer fra 2016 (ingen midling over måneder) vil naturligvis variere betydeligt mere end en middelværdi og indeholde flere ekstrem-værdier i begge retninger. En dataanalyse, hvor man vurderer forholdene i 2016 ved at sammenligne enkelt observationer med en middelværdi, kan derfor ikke bruges til at sige noget om, hvorvidt forholdene i 2016 var specielle. Den udførte analyse er derfor meningsløs, og kan ikke anvendes til at konkludere noget omkring effekterne af udslippet fra uheldet.

I notatets indledning beskrives formålet med rapporten som 'foreligger data der kan påvise en korrelation mellem udledninger af kvælstof under uheldet... og miljøtilstanden i det nærliggende havområde i tiden efter udslippet'. I notatet er der ikke udført nogen form for korrelation, regression eller anden statistisk analyse. Den eneste analyse notatet indeholder, er subjektive vurderinger af enkelt-observationer i 2016 i forhold til medianer etc. af middelværdier over 10 år. En analyse der, som nævnt ovenfor, selvfølgelig vil vise en høj forekomst af ekstrem-værdier i 2016 og som i sin natur er ulogisk. Notatet indeholder derfor ikke de analyser der, som korrekt beskrevet i indledningen, burde foretages.

Min anbefaling vil være, at man laver en grundig statistisk analyse af 2016 data efter de retningslinjer som normalt bruges for vurdering af marine og andre typer miljøobservation. Sådanne analyser er fx beskrevet i Hinsby et al. (2012), Timmermann et al. (2014), Lyngsgaard et al. (2014) og Markager et al. (2010). Kort fortalt kan man opstille multiple regressions modeller, som beskriver sammenhænge mellem de vigtige uafhængige variabler som påvirker en miljøparameter, her fx tilførsler af kvælstof og fosfor, temperatur, vind, indstråling og lagdeling. Den typer modeller bruges rutinemæssigt i forvaltningen, og en eventuel effekt af kvælstofudslippet ved uheldet kan kvantificeres som afvigelser (residualer) af 2016-værdier i forhold til den forventede tilstand beregnet ud fra modellen.

Notatets diskussion af data

Notatets diskussion af forholdene i 2016 virker generelt usammenhængende, hviler på en fejlagtig analyse, og der er en række ukorrekte påstande. Nedenfor er givet en række eksempler på forkerte påstande.

Salinitet

Som nævnt vil enkelt observationer altid have en større variation end en middelværdi. Udsagnet om at strømforholdene i 2016 var usædvanlig variable, er derfor antageligt misvisende og i hvert fald ikke dokumenterede.

Total kvælstof, overflade

Det virker mærkeligt at skrive, at høje koncentrationer i Odense Fjord skyldes en høj afstrømning i 2016. Ifølge DMI var afstrømningen 2 % under klimanormalen i 2016 og 11 % under middelværdien for de sidste 10 år. Der kan selvfølgelig have været en særlig høj afstrømning til netop Odense Fjord i 2016, men normalt følger hele landet samme nedbørsmønster for så lang en tidsperiode som 9 måneder (analysen går kun frem til september 2016).

Uorganisk kvælstof, overflade

Her bemærkes det faktisk, at der er målt usædvanligt høje værdier i nogle områder, men oplysningen kommenteres ikke yderligere, og senere bemærkes det, at uorganisk kvælstof forsvinder igen hen på foråret og sommeren. Her virker det som om forfatterne ikke har forholdt sig til, at fytoplankton og andre planter optager uorganisk kvælstof når de vokser, og de derfor altid, med undtagelse af lysbegrænsende systemer som fx dele af Vadehavet, vil nedbringe koncentrationen af uorganisk kvælstof til tæt på nul. En evt. miljøskade ligger ikke i koncentrationen af kvælstof, men i den merproduktion af organisk stof som kvælstoffet muliggør.

Klorofyl (15m)

Her bemærkes korrekt, at havstrømme kan have spredt kvælstoffet ud over et stort område. Her vil det stimulere primærproduktionen, men det giver ikke nødvendigvis højere koncentrationer af alger (klorofyl), idet algerne spises af vandlopper (zooplankton) og bundlevende filtratorer (primært muslinger). Den observerede koncentration af klorofyl er dermed resultatet af en balance mellem algevækst, som stimuleres af tilgængeligt kvælstof, og græsning, som stimuleres, når der er flere alger. Koncentrationen af alger vil derfor ikke nødvendigvis stige, eller kun i mindre grad, efter et udslip som det i Fredericia. Det, som stimuleres mest, er planteproduktionen, som giver mere organisk stof, der så gør vandet uklart og ophobes i systemet og forårsager iltsvind. I afsnittet blandes klorofyl koncentration (tilstandsvariabel) sammen med primærproduktion (rate).

Iltforhold, bund

I dette afsnit bemærkes det, at der var ekstraordinært lave ilt koncentrationer i hele området i 2016 og især i det sydlige Lillebælt. Dette er i overensstemmelse med Aarhus Universitets vurdering af iltsvindet i 2016. Iltsvindet i området startede usædvanligt tidligt, var meget intenst og udbredt arealmæssigt og sluttede først hen i december, hvilket ikke er normalt. Aarhus Universitet kan dog ikke på det grundlag dokumentere en sammenhæng til uheldet i februar, men omvendt er det netop den type af konsekvenser, man vil forvente som følge af udslippet.

I notatet tilskrives de lave iltkoncentrationer midt i Lillebælt 'tilstrømning af meget iltfattigt vand fra de nedre vandmasser i det sydlige Lillebælt'. Lave iltkoncentrationer i det sydlige Lillebælt påstås styret af tilstanden i Storebælt og afstrømning fra Slesvig-Holsten, og der står at 'iltindholdet hænger sammen med tilstrømning af meget iltfattigt vand fra Kiel Bugt og ikke skyldes øget algevækst'. Disse påstande er udokumenterede i notatet og i modstrid med almindelig viden på området.

Det er veldokumenteret, at iltsvinds udbredelse i tid og rum hænger sammen med tilførsler af næringsstoffer (som stimulerer algevæksten og dermed tilførslen af organisk stof til bunden), vandtemperaturer (højere temperatur giver højere respirationsrater og en lavere opløselighed af ilt) og graden af vindstress (som opblander vandsøjlen og tilfører iltrigt vand fra overfladen til bunden). Dette gælder generelt og specielt er området i det sydlige Lillebælt ud for Als særligt udsat for iltsvind pga. en høj naturlig primærproduktion i Lillebælt, når strømmen i Lillebælt blander næringsstoffer op til den belyste del af vandsøjlen. Området har helt tilbage i 1910 til 1930 været udsat for iltsvind og må betragtes som et område med en vis naturlig forekomst af iltsvind. Det ændrer ikke ved, at tilførsler af næringsstoffer fremmer en større udbredelse af iltsvind i tid og rum og dermed er afgørende for miljøtilstanden i området.

Man kan sige, at Lillebælt naturligt er meget følsomt over for tilførsler af næringsstoffer pga. sin fysiske udformning og derfor er et særligt sårbart område i forhold til eutrofiering (negative effekter af næringsstoffer).

Sammenkædning af forholdene i Lillebælt med forholdene i Storebælt, Langelandsbæltet og Femern Bælt virker mærkelig, og er ikke dokumenteret og det virker ulogisk at påstå, at dårlige miljøforhold i Lillebælt importeres fra disse områder.

Sammenfatning af diskussionen og Konklusion

Her omtales igen algeproduktion. Notatet indeholder ikke data for algeproduktion (primærproduktion) og konklusionen sammenblander igen begreberne tilstand og rate – to begreber man skal skelne helt skarpt i mellem i analyser af biologiske forhold.

Samlet set er analysen ubrugelig. Den anvender en ulogisk metode, forholder sig ikke til den almindelige viden om tilstande og processer i danske marine områder og specifikt til de mange rapporter og videnskabelige publikationer, som gennem årtier har beskrevet forholdene i Lillebælt. Den kan derfor ikke bruges som dokumentation for at udslippet ikke har haft negative miljøeffekter. Omvendt er der, i det datamateriale som rapporten fremlægger, indikationer på det modsatte. Man kan dog ikke, på baggrund af notatet, konkludere, at der har været negative miljøkonsekvenser af uheldet. Det vil kræve en nærmere analyse af overvågningsdata for en længere årrække, også ud over 2016.

Vurdering af de konklusioner, som advokatfirmaet Jon Palle Buhl drager i deres høringssvar

Angående miljøeffekter, så foretager M. Boe Jakobsen den samme sammenblanding af de fundamentale begreber rate (her algevækst) og tilstand (her koncentration af alger) som forekommer i COWI's rapport. Der er i rapporten fra COWI ikke anvendt data for algevækst – de data er først tilgængelige i juni 2017. Det som er anvendt er alene koncentrationer af alger.

M. Boe Jakobsen henviser også til DCE's iltsvindsrapporter for forholdene i 2016. I de rapporter beskrives iltsvind i hele de indre danske farvande. Det er normalt, og i mindre grad naturligt, at der forekommer iltsvind i Bælthavet, Bælterne, Østersøen og Kattegat. Effekten af næringsstofftilførsler til disse områder er en forøgelse af forekomsten af iltsvind i tid og rum. Dette er veldokumenteret. På den baggrund er det indlysende at kvælstofudslippet fra uheldet i Fredericia vil bidrage til mere iltsvind. Det som kan diskuteres er omfanget af denne effekt. Forekomsten af iltsvind i et givet område og på et givet tidspunkt bestemmes, som nævnt ovenfor, i et kompliceret samspil mellem de samlede næringsstofftilførsler inklusive bidrag fra tidligere år, temperatur og vindforhold. Man kan derfor ikke slutte, som M. Boe Jakobsen gør, at der ikke har været nogen effekt.

I brevet bemærker M. Boe Jakobsen, at der ikke er 'belæg for, at der i det påståede påvirkningsområde skulle være ophobet større lokale kvælstofpuljer'. I notatet fra COWI indgår der ikke data for kvælstof i havbunden, mængden af organisk stof eller lyssvækkelse, altså de parametre som kunne påvise en ophobning. M. Boe Jakobsens påstand bygger derfor på en misforståelse.

Samlet set er der ikke fagligt belæg for de konklusioner som M. Boe Jakobsen drager hvad angår påvirkninger af det marine miljø.

Afsluttende bemærkninger

Som beskrevet ovenfor anser jeg NIRAS' estimat på 4230 tons kvælstof tilført Lillebælt som det mest veldokumenterede estimat. Det ligger tæt på det oprindelige estimat på 4.500 tons fra Fredericia Kommune, som lå til grund for notatet fra Aarhus Universitet fra maj 2016 og samlet set giver det derfor ikke grund til ændre på konklusionerne fra den gang.

Som nævnt øverst, er det ikke muligt at lave en egentlig analyse af data inden for rammerne af dette notat.

I foråret og sommeren 2016 er Aarhus Universitet blevet kontaktet af en række borgere, som har udtrykt bekymring og undren over forhold i området efter udslippet. Henvendelserne handler om usædvanligt mange makroalger i området, uklart vand og fravær af normale forekomster af fisk, som så har givet tabte indtægter i forbindelse med lystfiskerturisme. Der var også en dokumenteret opblomstring af fytoplankton arter, som i en periode lukkede for muslingefiskeriet langs Østjyllands kyst.

Den type effekter er netop de negative miljøeffekter man vil forvente. Det er dog ikke muligt at dokumentere en årsagssammenhæng eller en kvantitativ effekt af udslippet af kvælstof. Dels er observationerne subjektive (undtaget opblomstring af fytoplankton i forbindelse med muslingefiskeri) og de er ikke indsamlet systematisk. Havmiljøet er dynamisk med en høj grad af naturlig variation, så det er normalt at usædvanlige fænomener forekommer her og der. Givet det fokus der har været på hændelsen i Fredericia, er det rimeligt, at man kæder usædvanlige forhold sammen med hændelsen, men en egentlig årsagssammenhæng kan ikke dokumenteres på nuværende tidspunkt.

Referencer

Hinsby, K., S. Markager, B. Kronvang, J. Windolf, T.O. Sonnenborg & L. Thorling (2012) Threshold values and management options for nutrients in a catchment of a temperate estuary with poor ecological status. *Hydrology and Earth System Sciences*: 16, 2663-2683. doi: 10.5194/hess-16-2663-2012.

Lyngsgaard, M.M., S. Markager & K. Richardson (2014) Changes in the vertical distribution of primary production in response to land-based N-loading. *Limnology and Oceanography* 59, (5) 1679-1690.

Markager, S., M. Bassompierre, & D.L.J. Petersen. (2010) Analyse af miljøtilstanden i Horsens Fjord. Empiriske modeller. Report no. 733, National Environmental Research Institute, Aarhus University
<http://www2.dmu.dk/Pub/FR733.pdf>

Timmermann, K., J. Christensen, C. Murray & S. Markager (2015) Modeller for Danske Fjorde og Kystnære Havområder – del 3.