

Modtager: Fredericia Kommune

Notat

Notat om mulige miljøeffekter i Lillebælt og tilstødende havområder

Dette notat er udarbejdet for Fredericia Kommune, og giver en vurdering af de mulige effekter på havmiljøet, som følge af udslippet på Fredericia Havn den 3. februar 2016. Analyserne i notatet er foretaget på baggrund af eksisterende viden omkring effekter af kvælstof på havmiljøet.

Stiig Markager

Professor

Dato: 12. maj 2016

Side 1/12

Baggrund og forudsætninger

Onsdag den 3. februar 2016 kollapsede flere tanke, og der udbrød brand i et tankanlæg på Møllebugtvej 7, 7000 Fredericia. Den største tank på 10.000 m³ indeholdt gødningsproduktet N32, En anden kollapsede tank indeholdt gødningsproduktet N16. Det samlede udslip af kvælstof var på ca. 4.750 tons kvælstof*, heraf 4.000 tons fra N32 og 750 fra N16. Ovenstående bygger på notatet 'Foreløbig vurdering af omfanget af udslippet af kvælstof til Lillebælt fra Dan Gødning A/S', Fredericia Kommune 21. april 2016. I tillæg betød den nødvendige afbrydelse af den biologisk rensning på renseanlægget en merudledning på omkring 5 tons N. Dette har dog ikke nogen praktisk betydning i forhold til de øvrige mængder.

I notatet vurderer kommunen at kun ubetydelige mængder er tilbageholdt på land. De ubefæstede arealer udgør kun 4 procent af det berørte område, og disse vil kun delvist og midlertidigt tilbageholde kvælstof. Der er opsamlet mindre mængder vand som er sendt til Ekokems affaldsbehandlingsanlæg i Nyborg, men kvælstofmængden, som på den måde er fjernet, vurderes som ubetydelig. Afgivelse på gasform vurderes også som minimal, pga. at transporten ud i Lillebælt sker inden for minutter og i op til nogle timer. Generelt er temperaturen lav, indtil branden starter, og branden vurderes ikke at starte en væsentlig omdannelse af carbamid til ammoniak eller nitrose gasser.

Kommunens konklusion er at minimum 4000 tons N er tilført Lillebælt. Det må betragtes som et konservativt estimat. På det oplyste grundlag er mængden nok nærmere 4500 tons N, og kan være så høj som 4750 tons N. I det følgende vil udgangspunktet være en tilførsel på 4500 tons N.

* medmindre andet er eksplicit angivet, er alle mængder i notatet angivet som tons rent kvælstof (N), dvs. at der er taget højde for, at det er vandige opløsninger, og at kvælstof kun udgør en del af vægten i gødningen.

Vurdering af udslippet i sammenligning med normale landbaserede kvælstofudledninger

Biotilgængelighed

En afgørende faktor for kvælstofs betydning for havmiljøet er, om det kan optages af alger og indgå i den biologiske omsætning. Uorganiske kvælstofformer som ammonium, nitrit og nitrat er umiddelbart tilgængelige for planter og for alger. Carbamid (urea) er et organisk molekyle, men amid delen spaltes nemt fra med enzymet urease og kan derefter optages af bakterier og fytoplankton.

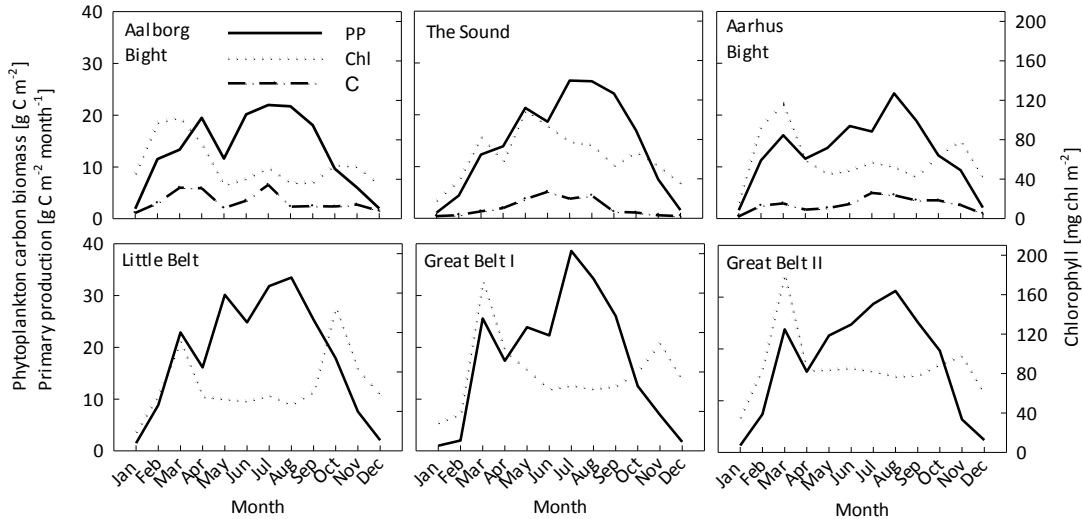
Undersøgelser har vist at carbamid er biotilgængeligt i planktonsamfund, se fx Bradley m. fl. (2010). Det kvælstof som blev tilført Lillebælt bed udslippet må derfor anses for at være 100 procent biotilgængeligt.

Naturligt tilføres havet kvælstof via ferskvand, som atmosfærisk deposition og med havstrømme. Endeligt tilføres kvælstof til havmiljøet når cyanobakterier fikserer kvælstof fra gassen N_2 og ind i organisk stof. Et samlet kvælstofbudget for de indre danske farvande findes i Jørgensen m.fl. (2014). I første omgang er det rimeligt at sammenligne kvælstofudslippet med normale landbaserede tilførsler af kvælstof der udledes sammen med ferskvand til havet.

Landbaserede kvælstoftilførsler indeholder uorganisk kvælstof og kvælstof bundet i forskellige opløste organiske forbindelser (DON). I naturligt vand består DON hovedsagelig af humusforbindelser, og den heri bundne kvælstof er ikke umiddelbart tilgængelig for alger. Et studie fra Horsens Fjords opland viser en fordeling på 81 procent som uorganisk kvælstof og 19 procent som organisk bundet kvælstof (Stedmon m.fl. 2006). I Jørgensen m.fl. (2014) er der argumenteret for, at 35 procent af det organisk bundne kvælstof er biotilgængeligt. Normale landbaserede tilførsler af kvælstof får dermed en biotilgængelighed på 88 procent ($100 \times (0,81 + 0,19 \times 0,35)$). Udslippet fra hændelsen bliver dermed ækvivalent med 5114 tons N, hvis det var et normalt landbaseret udslip ($4500/0,88$).

Sæsonvariation og betydningen af tidspunktet for udslippet

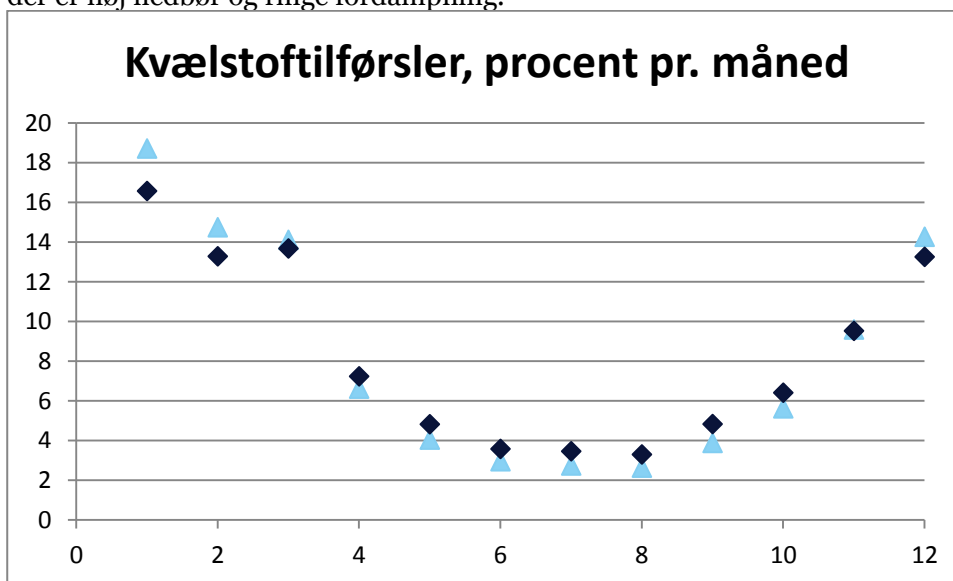
I danske farvande er planktonalgernes vækst begrænset af lyset fra november til januar. I februar begynder der en forårsopblomstring, som i løbet af februar og marts bruger alt tilgængelig fosfor og kvælstof, således at algevæksten i resten af vækstsæsonen frem til og med oktober er næringsstoffbegrænset. I Bælthavet er det typisk fosfor som først bliver begrænsende for algevæksten, men i løbet af få uger vil kvælstof typisk være det mest begrænsende næringsstof og den situation forsætter sommeren igennem. Figur 1 viser fordelingen af algernes vækst og koncentration over året i bl.a. Lillebælt.



Figur 1. Sæsonfordeling af koncentrationen af planktonalger målt som klorofyl (Chl), kulstof (C), samt algernes produktion (PP). Fra Lyngsgaard (2013).

Udslippet den 3. februar sker således omkring en halv til en måned før forårsopblomstringen. En del af kvælstoffet fra udslippet vil således spredes i Bælthavet i omkring 2-4 uger, inden det for alvor indgår i den biologiske omsætning (se nedenfor angående spredning).

Langt hovedparten af de normale landbaserede tilførsler sker i vinterhalvåret, hvor der er høj nedbør og ringe fordamning.



Figur 2. Procentvis fordeling af den landbaserede kvælstoftilførsel gennem året for de indre danske farvande over årene 1990 til 2012 (sum=100%). Kvælstoftilførslerne (grønne symboler) følger ret nøje afstrømningen af ferskvand (blå symboler), dog med lidt lavere kvælstofkoncentrationer om sommeren, hvor planterne på land især er aktive.

Hovedparten (48 procent) af den normale tilførsel fra land sker i månederne oktober til januar, hvor algevæksten hovedsagelig er lysbegrænset. Det er rimeligt at antage, at den anden halvdel af kvælstoftilførslerne, som sker fra februar til september, har en større effekt på miljøet, end den halvdel som sker uden for vækstsæsonen. Tidspunkt for udslippet er således lige før vækstsæsonen starter, og kvælstoffet fra udslippet har derfor sandsynligvis en kraftigere negativ miljøeffekt end den gennemsnitlige effekt for normale landbaserede kvælstoftilførsler, set over et helt år. Det er dog ikke muligt at kvantificere denne forøgede effekt uden en nærmere analyse.

Udslippets størrelse set i forhold til de normale landbaserede tilførsler

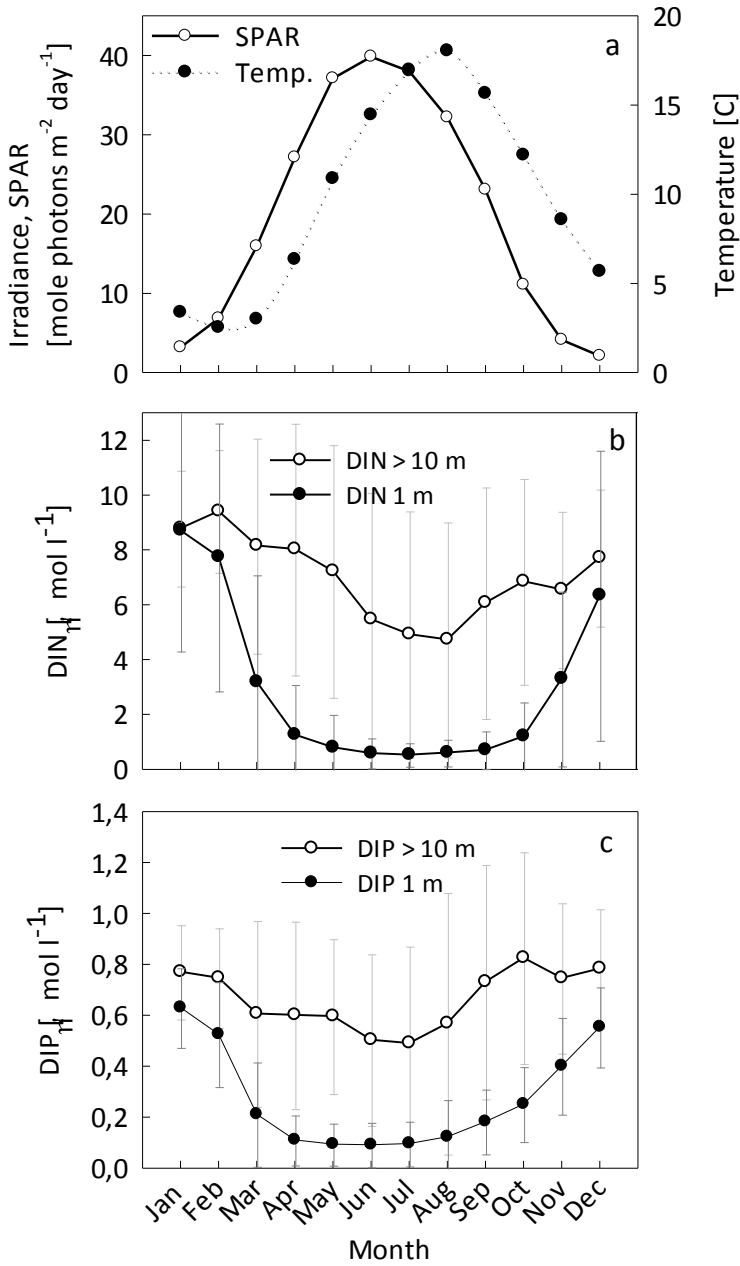
De danske landbaserede tilførsler ligger i øjeblikket omkring c 57.000 tons N pr. år. Udslippet udgør således 9 procent af det årlige udslip. En betydelig del af de samlede danske tilførsler sker dog til Nordsøen, Skagerrak, Limfjorden, Kattegat og Øresund, dvs. områder som ligger relativt langt væk fra Lillebælt med omgivende områder. I tabellen er angivet det årlige udslip for fem forskellige områder og det aktuelle udslips størrelse i procent af disse.

	2. ordens* farvandsområder	Middelttilførsel, 2008 til 2012 (tons N pr. år)	Udslip i procent af årlig tilførsel
Hele Danmark	Alle	57.222	9 %
Indre farvande	31-89, + østlige Limfjord (3. ordens* >=164)	26.824	19 %
Vestlige Bælthav	33, 34, 41-59, 81	10.171	50 %
Lillebælt	51-59	5.517	93 %
Centrale Lillebælt	51-55	3.871	132 %
De marine områder i Danmark er opdelt i 1. til 4. ordens farvandsområder (stigende detaljering) og tilførsler af kvælstof, fosfor og vand er opgjort separat for hvert område.			

Den mest relevante sammenligning er til de Indre Farvande, Vestlige Bælthav og Lillebælt, dvs. at udslippet udgør henholdsvis c 20, 50 og 100 procent af det årlige udslip.

Udslippets miljøeffekter

Udslippets negative miljøeffekter kommer fordi algevæksten i danske farvande er begrænset af næringsstoffer fra februar-marts og frem til oktober.



Figur 3. Årlig variation i lys, temperatur, uorganisk kvælstof og fosfor for 6 stationer i Kattegat og Bælthavet, herunder Lillebælt. Planktonalgers vækst anses for næringsstofbegrænset når DIN (uorganisk kvælstof) koncentrationen er under 2 $\mu\text{mol liter}^{-1}$ og/eller 0,2 $\mu\text{mol liter}^{-1}$ for DIP (uorganisk fosfor). Efter Lyngsgaard 2013.

En højere algevækst sætter gang i en kaskade af negative miljøeffekter som under ét betegnes som eutrofiering. Effekterne består i mere uklart vand, tab af undervands-

vegetation (især ålegræs), tab af lokale bestande af bunddyr og fisk samt iltsvind. Tilførsler af kvælstof har en umiddelbar og en langsigtet effekt. Den umiddelbare effekt er en stimulering af algevæksten (primærproduktionen) i den øvre belyste del af vandsøjlen (se nedenfor omkring struktur i vandsøjlen). Højere niveauer af næringsstoffer giver ofte anledning til større fluktuationer i det biologiske system i de fri vandmasser. I de frie vandmasser er organismerne små, ofte mikroskopiske, og har potentielt høje vækst- og tilhørende tabsrater. En potentiel fordobling af biomassen pr. dag er almindelig for mange organismer. Normalt er der en kraftig ressource begrænsning (lys, kvælstof eller fosfor), men når den sættes fri, kan enkelte arter pludselig dominere voldsomt. Derfor ses generelt større og mere specielle algeopblomstringer, når der er rigelighed af næringsstoffer. En række algearter kan i høje koncentrationer skabe miljøproblemer, idet de kan være giftige, herunder gøre fx muslinger giftige, eller forårsage problemer med skum eller meget uklart vand og deraf følgende dårlig badevandskvalitet.

Når algevæksten stimuleres (højere primærproduktion) dannes der mere organisk stof som nu indeholder det tilførte kvælstof. Det organiske stof er i første omgang bundet i partikler, men senere omdannes dele af det til opløst organisk stof. Partiklerne synker ned på havbunden, hvor der akkumuleres organisk stof – mudder – som indeholder en del af det tilførte kvælstof. Det vil langsomt frigives som uorganisk kvælstof over måneder og år, og igen stimulere algevæksten. Kvælstoffer vil cirkulere i det biologiske system i en længere periode, indtil det gradvist transporteres væk med havstrømme eller tabes ved nitratånding (denitrifikation). Fra tidligere analyser af fjorde ved vi, at kvælstof som tilføres fjorde påvirker miljøet i 8 til 10 år. Det er usikkert, hvor længe den effekt er i Bælthavet. Bælthavet er et større system end en fjord, hvilket burde give en længerevarende effekt. Omvendt er Bælthavet et gennemstrømningsfarvand, hvor næringsstoffer eksporteres primært nordpå til Kattegat. Området har det man kalder estuarin cirkulation, dvs. at overflade og bundstrøm normalt har hver sin retning. Det betyder, at selvom kvælstoffet transporteres nordpå i overfladen, vil optagelsen i alger, og den efterfølgende sedimentation ned i det sydgående bundvand betyde, at kvælstof tilbageholdes i området selvom der en gennemstrømning af vand. Konklusionen er at et kvælstofudslip af denne størrelse, en 50-100 procent forøgelse af den normale årlige tilførsel, med stor sandsynlighed vil have både kortsigtede (i 2016) og længerevarende miljøeffekter, måske 8 til 10 år frem i tiden.

Kvantificering af effekten

En kvantificering af miljøeffekterne er vanskelig og kun delvist muligt uden i nøje analyse af data. Som anført er forudsætningerne for dette notat, at det udarbejdes på det eksisterende faglige grundlag. Det bedste grundlag vurderes, at være det analysearbejde som Aarhus Universitet lavede som det faglige grundlag for 2. generation af Vandområdeplaner. Her er der lavet statistiske analyser af sammenhænge mellem kvælstoftilførsler og tre indikatorer som beskriver miljøtilstanden; total kvælstof koncentration, algebiomasse målt som klorofyl koncentration og vandets klarhed målt som lyssvækkelseskoefficienten for vandsøjlen. Dette arbejde omfatter 28 stationer i

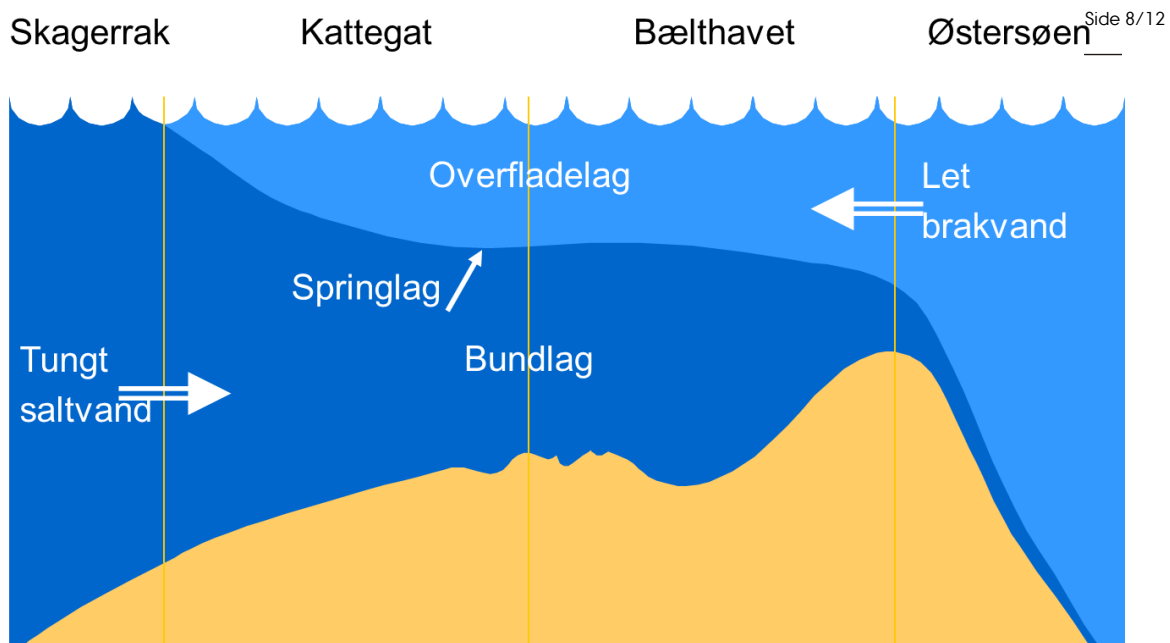
danske farvande, hvoraf en af dem er i Lillebælt. I tabellen nedenfor er angivet koefficienterne (procent ændring i indikator pr. procent ændringer i kvælstoftilførsler). Endvidere er beregnet en forventet ændring ved tre forskellige niveauer af udslippet andel af den samlede årlige tilførsel.

Koefficienter for sammenhænge mellem den landbaserede kvælstoftilførsel og tre indikatorer for den marine miljøtilstand samt de beregnede effekter af udslippet som procent ændring fra den nuværende normalværdi.								
	Koefficient (procent ændring pr. procent ændring i kvælstoftilførsel)*		Procent ændring ved 20 % af årligt udslip		Procent ændring ved 50 % af årligt udslip		Procent ændring ved 100 % af årligt udslip	
	Lillebælt	Indre farvande	Lillebælt	Indre farvande	Lillebælt	Indre farvande	Lillebælt	Indre farvande
Total kvælstof** koncentration	0,74	0,68	15 %	14 %	37 %	34 %	74 %	68 %
Algebiomasse målt som klorofyl koncentration	0,48	0,48	10 %	10 %	24 %	24 %	48 %	48 %
Lyssvækkelse i vandsøjlen	0,22	0,07	4,4 %	1,4 %	11 %	3,5 %	22 %	7 %
* Koefficienterne er fra arbejdet med det faglige grundlag for 2. generation af Vandplaner (Vandområdeplaner). Metoden er beskrevet i Timmermann et al. 2015. ** Total kvælstof er summen af alle kvælstoffraktioner.								

Umiddelbart viser beregningerne at total kvælstof koncentrationen stige med mellem 14 og 74 %, at algekoncentrationen vil stige med mellem 10 og 48 procent og at lysvækkelsen vil stige med mellem 1,4 og 22 %. Der må dog tages en række forbehold, i det beregningsmetoden er udviklet ud fra data for variationer i de normale landbaserede tilførsler. Modellerne bag beskriver således de sammenhænge som gælder, når kvælstoftilførslerne ændrer sig over en årrække. En enkeltstående hændelse, som det aktuelle udslip, kan have andre miljøeffekter.

Udslippets indlejring i vandsøjlen og miljøeffekter

Vandsøjlen i Lillebælt består af to adskilte vandmasser (se figur). Øverst er et lag af lav-salint vand fra Østersøen med en massefylde på ca 1010 kg m⁻³. Nedenunder findes et tungere lag af vand fra Nordsøen med en massefylde på ca 1025 kg m⁻³.



Figur 4. Skematisk figur af vandmasserne i de indre danske farvande.

Gødningsudslippet havde i udgangspunktet en densitet på 1320 kg m^{-3} , dvs. væsentlig tungere end vandet i Lillebælt. Det tilsiger at udslippet er sunket til bunds og har lagt sig som et lag hen over bunden. Antagelig er der dog sket en vis opblanding med havvand så densiteten gradvist er blevet lavere, men det er vanskeligt at vide, hvor i vandsøjlen udslippet er indlejret.

Miljøeffekterne af udslippet afhænger i høj grad af, hvor i vandsøjlen udslippet er indlejret. Hvis udslippet primært er tilført bundlaget, vil det ikke umiddelbart stimulere algevæksten, da der ikke er lys nok til en væsentlig algevækst i bundlaget. Der kan dog ske en vis algevækst lige under overgangen fra let til tungt vand (Lyngsgaard m.fl. 2014). I den situation vil kvælstoffet fra udslippet primært føres sydpå, hvorefter det langsomt vil blandes op i den øverste belyste del af vandsøjlen. Eventuelt vil det dukke op langs kysten eller i fjorde når fx længere varende kraftig fralandsvind trækker bundvandet ind mod land og dermed op til overfladen. I den situation kan man forvente algeopblomstringer og alvorlige miljøeffekter syd for udslippet i det Sydlige Lillebælt, Sydfynske Øhav og den Vestlige Østersø. Effekterne vil antagelig først vise sig i løbet af sommeren og måske først de følgende år. Til gengæld kan de blive alvorlige med øget forekomst af fx iltsvind i de i forvejen sårbare områder i det Sydlige Lillebælt. Det kan også vise sig meget lokalt, dvs. at nogle områder ikke påvirkes, mens andre områder påvirkes kraftigt når det nu meget næringsrige bundvand kommer op i den belyste zone.

Hvis udslippet hurtigt er blandet op og dermed primært tilført overfladelaget, vil det hovedsagelig føres nordpå til det Nordlige Bælthav og Kattegat. Miljøeffekterne vil være en kraftig algeopblomstring i foråret/forsommeren, med mindre kvælstoffet er

transporteret helt op i det Nordlige Kattegat og Skagerrak før forårsopblomstringen af alger er startet. I det omfang kvælstoffet indgår og forstærker forårsopblomstringen, vil de synke ud og ende i bundvandet over tid, hvorefter en del igen vil transporteres sydpå.

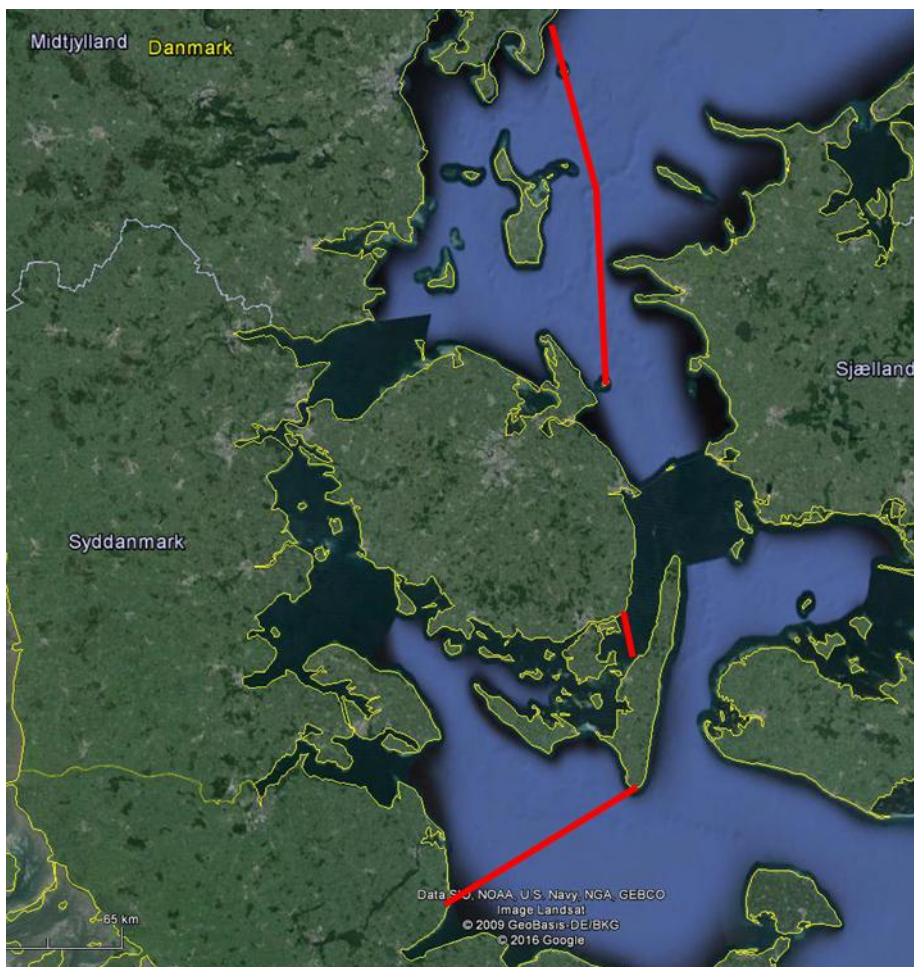
Et særligt forhold er, at hvis udslippet forårsager iltsvind, vil dette starte en yderligere frigivelse af næringsstoffer fra bundet. Havbunden indeholder store mængder kvælstof og fosfor, som, så længe den øverste zone af havbunden er iltet, bliver liggende. Hvis den overliggende vandmasse bliver iltfri, forsvinder ilten også i den øverste del af havbunden. Det starter en række kemiske processer som frigør store mængder næringsstoffer til vandsøjlen. Potentielt kan udslippet således starte en kædereaktion, som yderligere forværre miljøtilstanden.

Betydning af andre faktorer

En række andre faktorer vil påvirke de miljøeffekter som kan forventes, herunder især vejrforhold og andre kvælstoftilførsler.

De aktuelle vejrforhold påvirker havets miljøtilstand. Især er forekomsten af iltsvind påvirket af vejret. Længere perioder med varmt og stille vejr vil forstærke forekomsten af iltsvind. Omvendt vil køligt og blæsende vejr tilføre ilt til bundvandet, reducere algevæksten og mindske bundens iltforbrug. Da man ikke kan forudsige vejret, er dette dog uden betydning for selve risikovurderingen, idet varmt og stille vejr er en mulighed, og der dermed er en risiko for at udslippet vil forværre en i forvejen problematisk miljøsituation.

Som nævnt ovenfor tilføres kvælstof også fra andre kilder, herunder især fra Østersøen, Skagerrak og fra atmosfæren. På baggrund af resultaterne i Jørgensen m.fl. (2014), og en efterfølgende opsplitting af landbaserede tilførsler på lande, kan vi beregne, at de danske landbaserede tilførsler udgør c 16 % af de biotilgængelige tilførsler for hele Kattegat og Bælthavet. På den baggrund vil udslippets effekt være begrænset, da en 20 procents forøgelse (udgangspunkt; tilførslerne til Indre farvand) kun vil forøge de samlede tilførsler af biotilgængeligt kvælstof til hele området med omkring 3 procent. Resultater fra et modelstudie med en dynamisk økosystemmodel (Maar m.fl. 2016) viser dog en betydelig effekt af danske udledninger tæt på (5-15 km) fra de danske kyster. Samme resultat er fundet i statistiske analyser af sammenhænge mellem danske landbaserede tilførsler og indikatorer for miljøtilstanden i havet (fx Lyngsgaard m. fl. 2014). Det er derfor rimligt at konkludere, at tæt på udslippet, i et område som omfatter den Vestlige Østersø, Sydfynsk Øhav, Lillebælt og Bælthavet mellem Fyn og Djursland, er der en betydelig risiko for alvorlige miljøeffekter.



Figur 5. Kort som viser det område, hvor der er en betydelig risiko for alvorlige miljøeffekter.

Handlemuligheder

Det er ikke muligt at fjerne kvælstoffet fra havmiljøet. Ligeledes vurderes det ikke som praktisk muligt at gennemføre andre tiltag som kan afhjælpe de negative miljøeffekter, fx ved iltning af bundvand eller andet. Eneste praktiske afhjælpning, er tiltag som nedsætter andre udslip af kvælstof fra land, men dette vurderes heller ikke som realistisk, også fordi de fleste tiltag på land har en blivende karakter, fx i form af en ændret arealanvendelse. Man kan dog overveje om der er fremkommelige muligheder.

I forbindelse med den øgede risiko for algeopblomstringer bør man overveje en skærpet overvågning af badevandkvaliteten i området og eventuelle forekomster af giftige alger, som fx kan påvirke anvendelsen af muslinger fra området. Generelt er det vigtigt at have en intensiv miljøovervågning i området, hvis man ønsker at kunne dokumentere sammenhænge mellem udslippet og mulige negative miljøeffekter.

Samlet vurdering

På det foreliggende grundlag vurderes det, at kvælstofudslippet den 3. februar 2016 havde et meget betydeligt omfang, som medfører en risiko for alvorlige miljøeffekter i det marine miljø. Hvor vidt denne risiko vil udmønte sig i konkrete negative miljøeffekter afhænger af vejr og strømforhold hen over sommeren 2016, som i sagens natur er ukendte. Herudover afhænger miljøeffekterne af de uafklarede forhold omkring, hvor i vandsøjlen kvælstoffer er indlejret og derefter spredt. De mulige negative miljøeffekter består i mere uklart vand, højere koncentrationer af planktonalger i vandet, et mere ustabil økosystem med potentielt generende algeopblomstringer, forøget udbredelse af iltsvind i tid og rum samt negative effekter på bestande af ålegræs og lokale bestande af fiske og muslinger. En række af disse forhold, herunder specifikt forekomsten af ålegræs og dermed vandets klarhed og koncentrationen af planktonalger, er indikatorer for Danmarks opfyldelse af EU's Vandrammedirektiv. Da Danmark i dag ikke opfylder Vandrammedirektivets krav til 'god økologisk tilstand' i de berørte områder, er der behov for forbedringer i miljøtilstanden. Udslippet betyder derfor at Danmark er længere fra at opfylde miljømålene i Vandrammedirektivet. For at sætte udslippet i perspektiv, svarer de 5114 tons N til halvanden gang lempelserne i Landbrugspakken i 2016 og 86 procent når lempelserne i Landbrugspakken er fuldt implementeret i 2021. Det er således rimligt at fastslå, at udslippet er en hændelse med nationale implikationer for havmiljøet.

Baggrund for dette notat

Dette notat er udarbejdet på baggrund af Fredericias Kommunes dokumenter om hændelsen og eksisterende litteratur om sammenhænge mellem næringsstofftilførsler og miljøtilstand i havet. Data for kvælstofftilførsler til 2. ordens farvandsområder stammer fra 2013. En dybere analyse af problemstillingen med analyser af de konkrete data, ligger ud over nærværende notats rammer. Forholdet omkring hvordan kvælstof er indlejret i vandsøjlen, vil kræve analyser af overvågningsdata for 2016 og eventuelt anvendelse af dynamiske spredningsmodeller som beskrevet i tilbud til Fredericia Kommune den 25. april 2016.

Referencer

- Bradley, P.B., M. Sanderson, M. E. Frischer, J. Brofft, M. G. Booth, L.J. Kerkhof, D.A. Bronk (2010)
Inorganic and organic nitrogen uptake by phytoplankton and heterotrophic bacteria in the stratified Mid-Atlantic Bight. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **88**, 429-441.
- Lyngsgaard, M. Vertical distribution of pelagic photosynthesis – implications for marine ecosystem dynamics. Ph.D. afhandling. 2013.
- 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.
- Jørgensen, L., S. Markager & M. Maar (2014) On the importance of quantifying bioavailable nitrogen instead of total nitrogen. *Biogeochemistry* **117**, 455-472. doi: 10.1007/s10533-013-9890-9.

- Maar, M., S. Markager, K. S. Madsen, J. Windolf, M. M. Lyngsgaard, H. E. Andersen, E. F. Møller. (2016) The importance of local versus external nutrient loads for Chl a and primary production in the Western Baltic Sea. *Ecological Modelling*, **320**, 258-272.
- Stedmon, C.A., S. Markager, N.H. Borch, A. Laubel, M. Søndergaard, T. Vang & A. Windelin (2006) Dissolved organic matter (DOM) export to a temperate estuary: Seasonal variations and implications of land use. *Estuaries and Coasts*, **29**, 388-400.
- Timmermann, K., J. Christensen, C. Murray & S. Markager (2015) Modeller for Danske Fjorde og Kystnære Havområder – del 3.

Side 12/12

Henvisning til Fredericia Kommunes dokumenter om sagen.

<http://www.fredericia.dk/OmKommunen/Sider/Nyheder/2016/03/Haendelse-den-3-februar-paa-havnen.aspx>

Notatet er udarbejdet af Stiig Markager, Professor, Aarhus Universitet

Kvalitetskontrol: Seniorforsker Marie Maar

Layout: Charlotte Hvid