AARHUS
UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Modtager: Naturstyrelsen

NOTAT 1.1

Fysiske og kemiske forhold

Jens Würgler Hansen
Anders Windelin
Cordula Göke
Eva Thorborg Jørgensen
Flemming Thorbjørn Hansen,
Thomas Uhrenholdt

Dato:August 2012

I dette notat redegøres overordnet for de fysiske og kemiske forhold i de danske farvande. Præsentationen af emneområdet vil i vid udstrækning være baseret på kort suppleret med en forholdsvis kortfattet tekst.

1. Definitioner og koncepter

De danske farvande omfatter dele af Østersøen og det nordøstlige Atlanterhav, som udgør to af havregionerne i havstrategidirektivet. Det nordøstlige Atlanterhav er opdelt i en række subregioner bl.a. Nordsøen omfattende Kattegat. I dette notat benyttes for de danske farvande en opdeling i Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen inkl. sydlige Øresund.

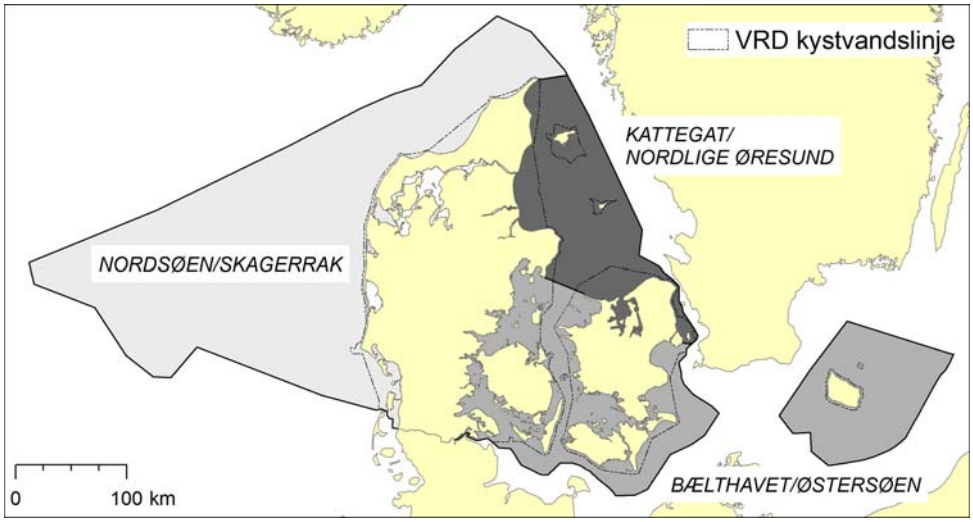
Nordsøen/Skagerrak hører til OSPAR-regionen, Bælthavet/Østersøen hører til HELCOM-regionen, mens Kattegat/nordlige Øresund udgør et overlappende område for de to konventioner (Kort 1).

Følgende fysiske og kemiske forhold omtales i notatet:

- Havbundens topografi og substrat samt naturtyper
- Temperatur og salinitet
- Isdække
- Bølgeeksponering og højde
- Strømhastighed og -retning
- Blandingskarakteristika (lagdeling)
- Turbiditet
- Upwelling
- Opholdstid
- Næringssalte og ilt
- CO2 og pH

DCE -Nationalt Center for Miljø og Energi
Aarhus Universitet
Vejlsøvej 25
8600 Silkeborg

Tlf.: 87 15 50 00
Fax: 87 15 89 01
E-mail: dce@dmu.dk
http://dce.au.dk



Kort 1

De tre danske farvandsområder. 1) Nordsøen/Skagerrak, 2) Kattegat/nordlige Øresund og 3) Bælthavet/ Østersøen. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet.

2. Datagrundlag

Grundlaget for data som beskriver fysiske og kemiske forhold i de danske farvande er en blanding af målte nationale overvågningsdata (NOVANA) og modellerede data eller modelberegnede data. Det har ikke været muligt for alle temaer at anvende 'model-året' 2009, men der er tale om relativt 'nye' modelkørsler eller data for årene mellem 2000-2011. Således er der for en del af de viste temaer tale om, at data bliver vist som gennemsnit for en længere periode typisk på års- og årstidsbasis. Dette giver overordnet et godt repræsentativt billedet af temaerne til brug for den grundlæggende beskrivelse af de fysisk/kemiske forhold i de danske farvande.

En meget stor del af kortmateriale stammer fra Nordsø INTERREG IVB-projektet 'Ballast Water Opportuninty' (BWO), og data kommer primært fra NOVANA-programmet (DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi), men der også centrale leverancer fra KMS, NST, DMI, BSH (Bundesamt für Seeschiffarht und Hydrographie) samt DHI og Institut for Bioscience, AU.

3. Metodebeskrivelse

Metoder til beskrivelse af fysiske og kemiske forhold afhænger af tema, men overordnet er det enten målte data eller modelleret data, som præsenteres på forskellig vis afvejet i forhold til tema. For de målte data (NOVANA) præsenteres disse typisk som interpolerede udbredelseskort. I nogle tilfælde er det valgt at anvende modellerede data, selvom måling af parameteren foreligger,

hvis datatætheden er for lav til at kunne lave ordentlige interpolerede udbredelseskort. Tabel 1 angiver datametode, og hvilken måde data er valgt præsenteret i notatet.

Tabel 1
Anvendte metoder og præsentationsmåde for fysisk/kemiske temaer. Kilderne er udspecificeret i referencelisten.

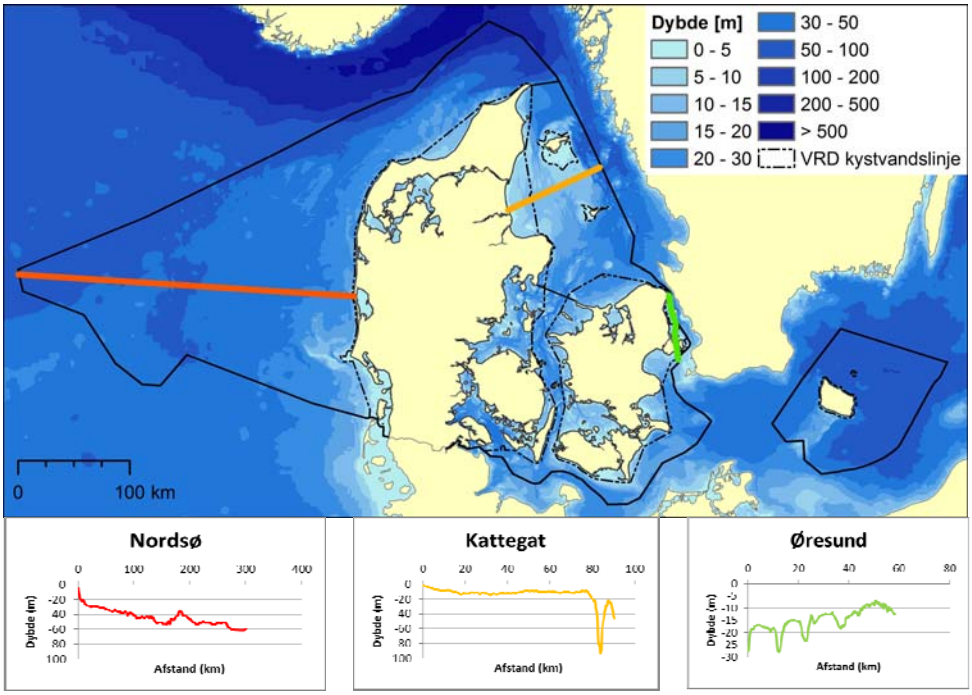
TEMA	Metode	Præsentationsmåde	Kilde
Havbundens topografi	Målte data fra survey	Udbredelseskort, interpoleret	BALANCE ETOPO
Havbundens substrat	Modelleret ud fra survey data	Udbredelseskort, interpoleret	EUSeaMap
Temperatur og salinitet	Målte data (NOVANA)	Udbredelseskort, interpoleret	DHI (BWO-projektet)
Isdække	Modelleret	Isopletkort	BSH
Bølgeeksponering	Modelleret	Udbredelseskort	DHI (BWO-projektet)
Strømhastighed og -retning	Modelleret	Udbredelseskort	DMI
Lagdeling	Modelleret	Udbredelseskort	DMI (BWO-projektet)
Turbiditet (lysforhold ved bunden)	Modelleret	Udbredelseskort	DHI (BWO-projektet)
Upwelling	Modelleret	Udbredelseskort	DHI (BWO-projektet)
Opholdstid	Modelestimerede data	Tabel med data for en række områder	Conley et al. 2000 og Josefson & Rasmussen 2000
Næringssalte (TN, DIN, TP, DIP) og ilt	Målte data (NOVANA)	Udbredelseskort, interpoleret	DHI (HARMONY-projektet)
CO_2 og pH	Målte data (bl.a. NOVANA)	Punkt-plot på kort	

4. Resultater

4.1 Topografi og substratforhold samt udpegede naturtyper

Topografi
De danske farvandes dybdeforhold er generelt lavvandede og kendetegnet ved svagt skrånende skrænter ud fra kysten (Kort 2).

Vanddybden tiltager hurtigere ud i Nordsøen end ud i Kattegat, men i Kattegat rammes den dybe forlængelse af Skagerrak-renden nær territorialgrænsen mod Sverige. Dybden aftager markant ned gennem Øresund, og der opstår en relativ lavvandet tærskel (Drogden-tærsklen) ved overgangen til Østersøen. Tilsvarende er der øst for Femern Bælt en tærskel (Darss-tærsklen) for vandudvekslingen mellem Kattegat og Østersøen gennem bælterne.



Kort 2

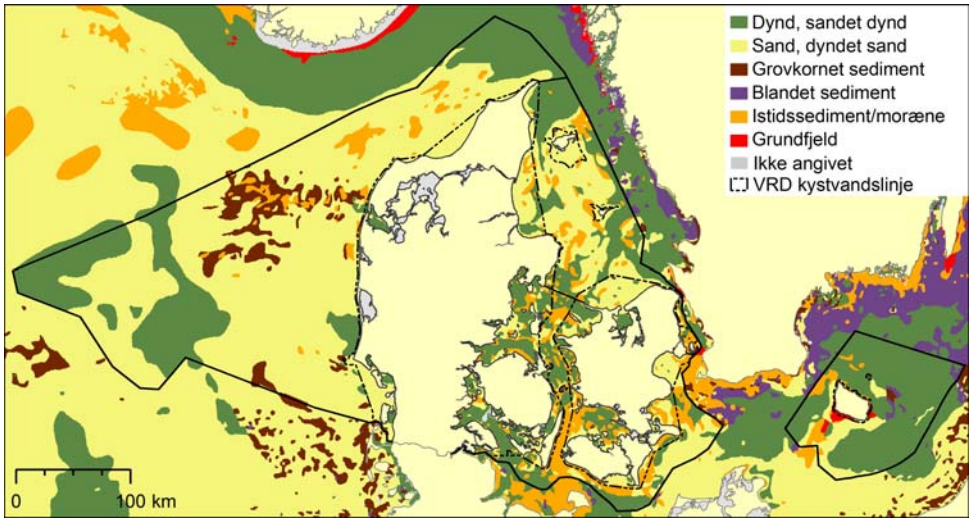
Dybdeforhold med dybdeprofil for tre transekter. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Bemærk forskel i skala for transekterne både for dybde og for afstand fra kysten. Kilde BALANCE & ETOPO

Substratforhold

Størstedelen af den danske havbund udgøres af sandbund, om end der er en del områder med dynd i Skagerrak, nordlige del af Kattegat, i Øresund, i Bælthavet og Østersøen omkring Bornholm (Kort 3). I Bælthavet forekommer desuden en del morænebund. Områder med meget dynd er typisk karakteriseret ved at være sedimentationsområder (ofte dybe) og/eller områder med stor primærproduktion.

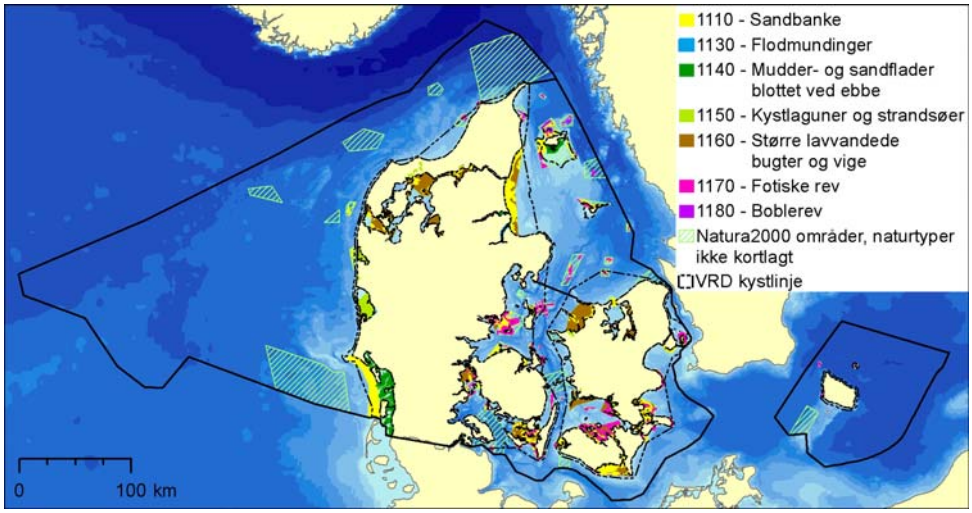
Naturtyper

I henhold til Habitatdirektivet er der udpeget en lang række Natura2000 områder i de danske farvande (Kort 4). Størstedelen af områderne er opdelt i naturtyper, men for en række områder på især mere åbent vand er naturtypen ikke fastlagt endnu. For Natura2000 områderne gælder en særlig beskyttelse med henblik på at opnå en gunstig bevaringstilstand for både arter og naturtyper.



Kort 3

Substratforhold for havbunden i de danske farvande. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde: EUSeaMap



Kort 4

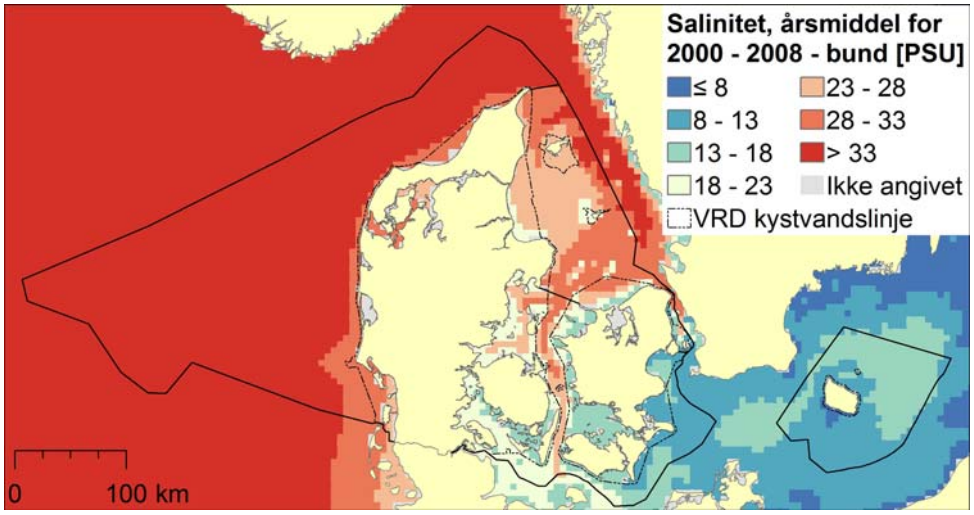
Natura2000 områder med angivelse af naturtyper. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde NST

5.2 Salinitet, temperatur og isdække

Salinitet
Det relativ lavvandede Kattegat udgør en form for overgangszone mellem det brakke vand i Østersøen og det mere salte vand i Nordsøen. Saliniteten falder både ved bunden og i overfladen fra Nordsøen gennem Kattegat og Øresund/Bælthavet til Østersøen, idet bundvand med høj salinitet trænger ind gennem den dybe rende i Skagerrak og Kattegat, hvor det langsomt opblandes med det ferskere vand i områderne (Kort 5 og 6). Indstrømningen af saltvand til Østersøen begrænses af Drogden-tærsklen i det sydlige Øresund og Darss-tærsklen øst for Femern Bælt. Saltvandsindbrud, dvs. større indstrømninger af salt bundvand sker kun i forbindelse med særlige klimatiske forhold (typisk længere perioder med kraftig vestenvind).

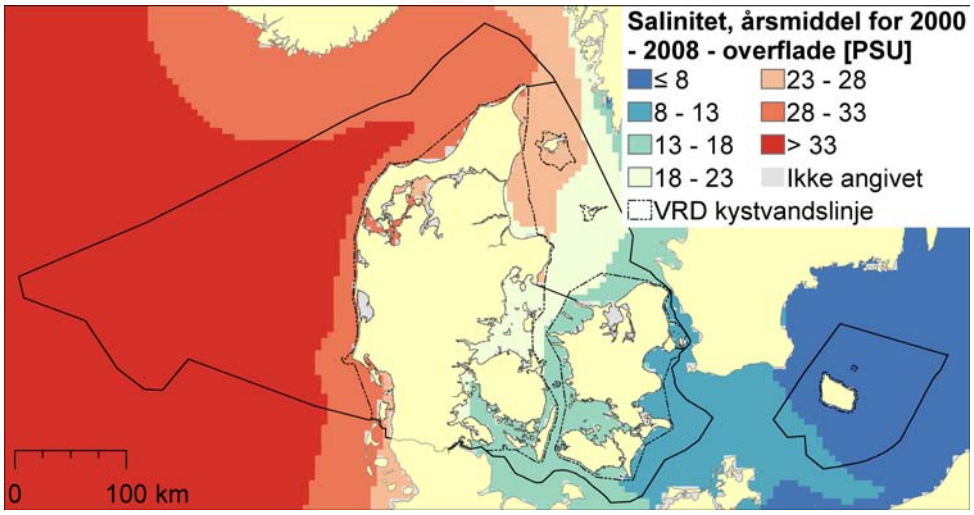
Saliniteten er generelt højere ved bunden end i overfladen i områder, hvor der ikke er fuld opblanding af vandsøjlen. Det skyldes, at vandets vægtfylde stiger med saliniteten. Mindre salt vand i overfladen forekommer, hvor der er en stor tilførsel af ferskvand eller en tilførsel af mere salt vand langs bunden. Hvis saliniteten ved bunden og i overfladen sammenstilles, er der en tydelig forskel i og ud fra den dybe rende i Kattegat og ned gennem Øresund og Storebælt samt i de centrale dele af Østersøen. I disse områder vil der være udbredt lagdeling af vandsøjlen (Kort 16), som vanskeliggør transport af ilt fra overfladevand til bundvand. Disse forhold er en væsentlig del af forklaringen på fordelingen af iltsvindsområder, som fremgår af kort 29.

Temperatur
Både for vandet ved bunden og i overfladen gælder, at temperaturen er højest i det vand, som tilføres Nordsøen sydfra (Kort 7 og 8). Temperaturen aftager op gennem Nordsøen, og videre ind gennem Skagerrak, og Kattegat til den vestlige Østersø, hvortil der er en tilførsel af køligere vand fra den østlige og nordlige del af Østersøen. Forskellen mellem bund og overflade er ikke lige så udpræget som for saliniteten. Da salinitet samtidig har større betydning for vandets densitet end temperaturen, er forskellen i temperatur ikke lige så afgørende for udbredelsen af lagdeling og iltsvindsområder, som det er tilfældet for salinitet (læs nærmere under omtalen af lagdeling nedenfor).



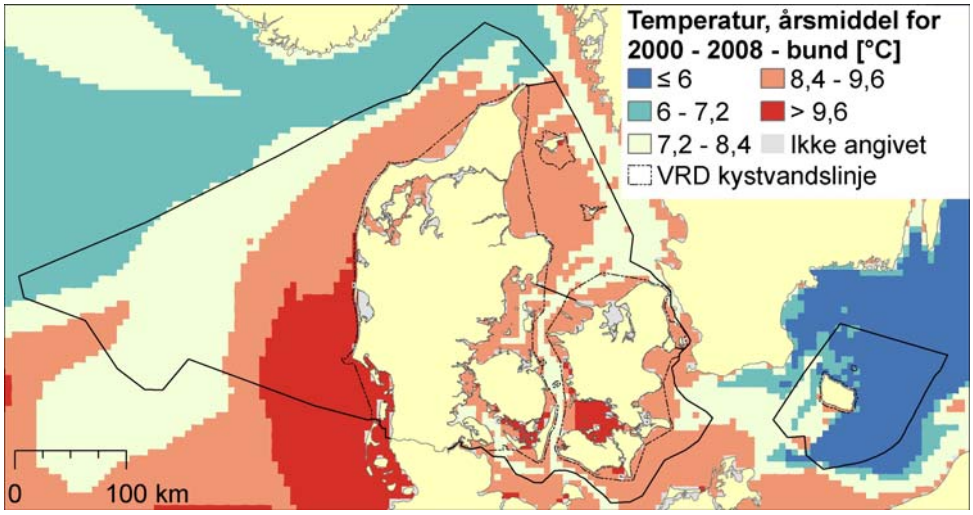
Kort 5

Salinitet i bundvandet, gennemsnit af årsmidlerne for 2000-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ). Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI



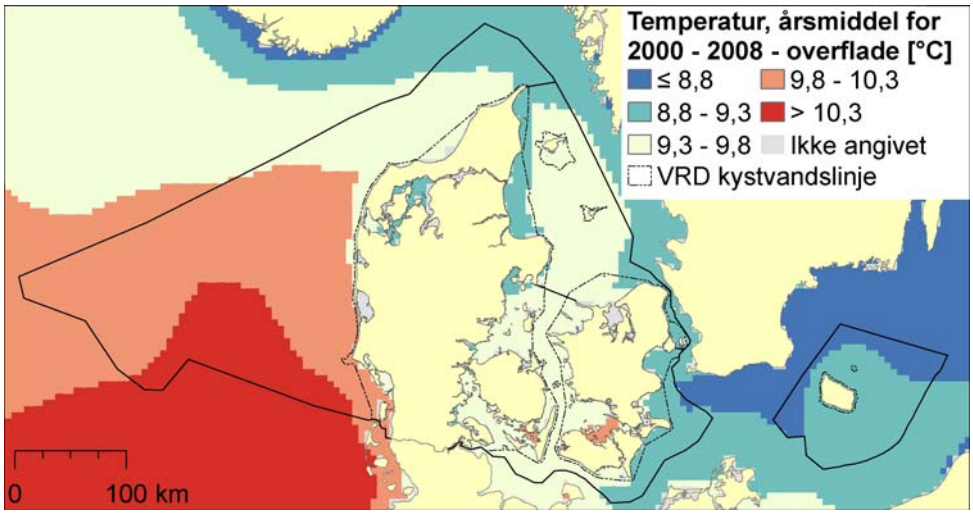
Kort 6

Salinitet i overfladevandet, gennemsnit af årsmidlerne for 2000-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI



Kort 7

Temperatur i bundvandet, gennemsnit af årsmidlerne for 2000-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI

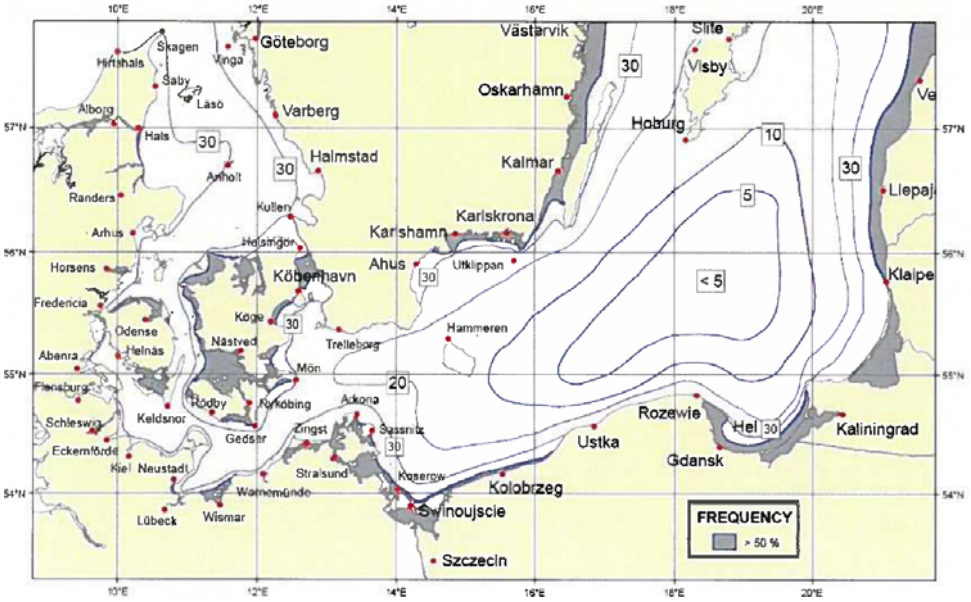


Kort 8

Temperatur i overfladevandet, gennemsnit af årsmidlerne for 2000-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI

Isdække

Isdække forekommer ikke hvert år i de danske farvande, da det kræver en længere periode med temperaturer væsentlig under frysepunktet. Isdække forekommer forholdsvis ofte i de beskyttede indre danske farvande især i farvandende omkring Fyn, Sjælland og Lolland-Falster (Kort 9). Kun i meget hårde vinter er isdækket udbredt til de mere åbne dele af de danske farvande.



Kort 9

Frekvensen (i procent) af forekomst af is i perioden 1961-2000 præsenteret ved isopleter (20 % svarer således til isdække hver femte år). Kilde BSH (Naturverhältnisse Ostsee 2008)

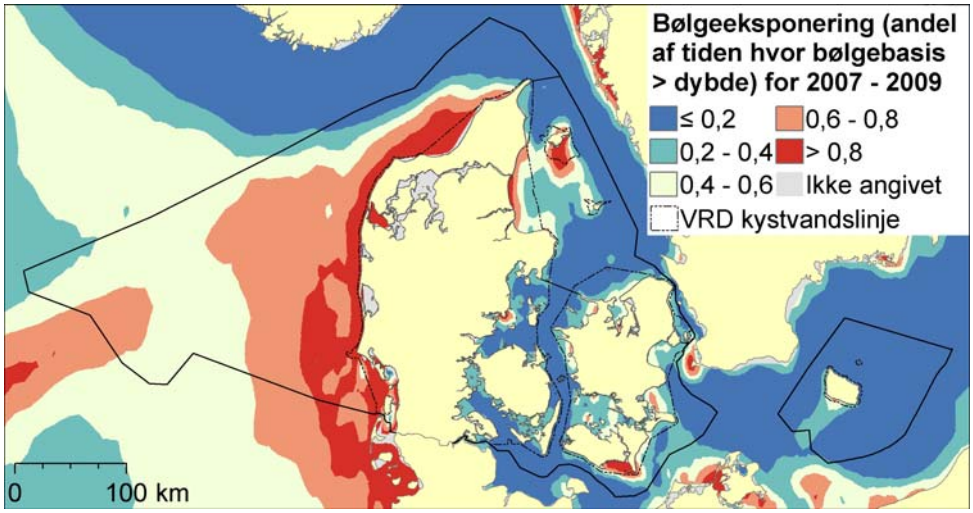
5.3 Bølger, strøm, lagdeling, turbiditet, upwelling og opholdstid

Bølger og strøm er vigtige for transport og opblanding af vandmasser og dermed næringssalte og opløste gasser samt resuspension og transport af sediment. Derigennem har bølger og strøm også stor indflydelse på lagdeling og upwelling samt vandets turbiditet og opholdstid.

Bølger

Kort 10 viser bølgeeksponering som den andel af tiden, hvor bølgeenergien når havbunden – hvilket afhænger af afstanden mellem bølgetoppe, bølgehøjden og vanddybden. Når det sker, påvirker bølgerne bunden og kan resultere i resuspension og sedimenttransport, som forstærkes, hvis der samtidig er kraftig strøm i området. Bølgeeksponering er størst i de kystnære områder

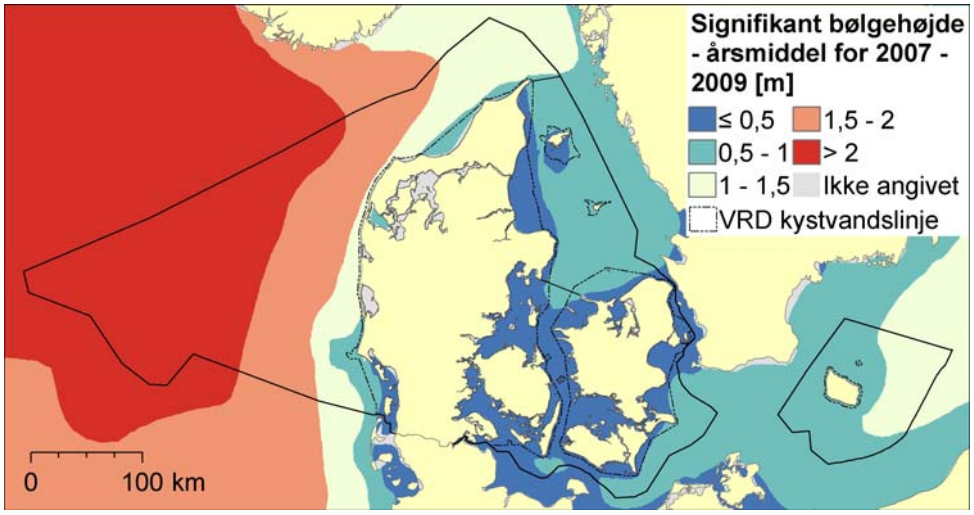
pga. den lave vanddybde. Bølgeeksponeringen er speciel stor på den vindeksponerede vestkyst, hvor bølgerne kan påvirke bunden på selv relativt store vanddybder. I de beskyttede indre danske farvande er bølgeeksponeringen til gengæld beskeden.



Kort 10

Bølgeeksponering som gennemsnit for 2007-2009. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI

Signifikant bølgehøjde angiver middelhøjden af den største tredjedel af bølgerne og er ikke overraskende markant større i Nordsøen end i de øvrige mere beskyttede danske farvande (Kort 11). Bølgeeksponeringen vist på kortet ovenfor kan derfor populært siges at være resultatet af fordelingen af bølgehøjden og dybdeforholdene. De store bølger langt ude i Nordsøen resulterer derfor ikke i så meget bølgeeksponering pga. de større vanddybder, mens selv relativt små bølger kan føre til bølgeeksponering i kystnære områder.

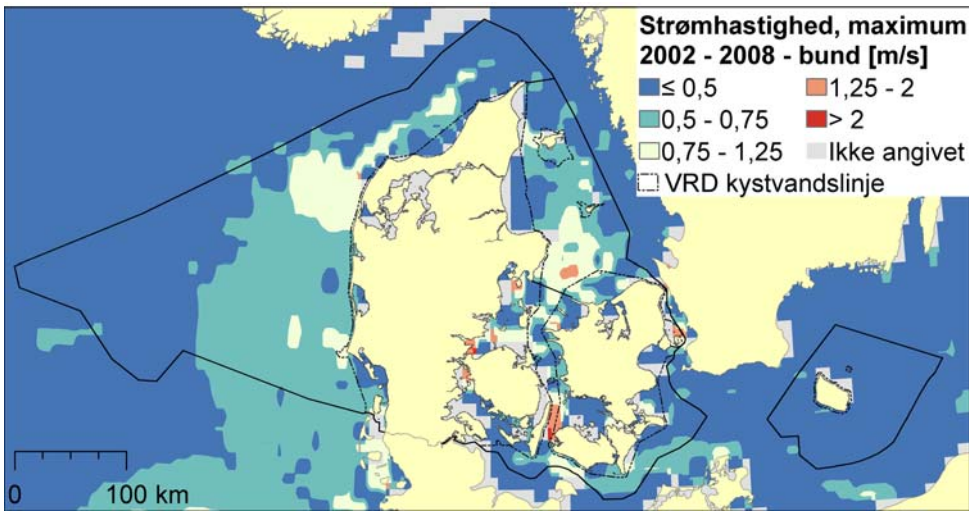


Kort 11

Signifikant bølgehøjde (middelhøjden af den højeste tredjedel af bølgerne, målt fra bølgetop til bølgedal) som gennemsnit for 2007-2009. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI

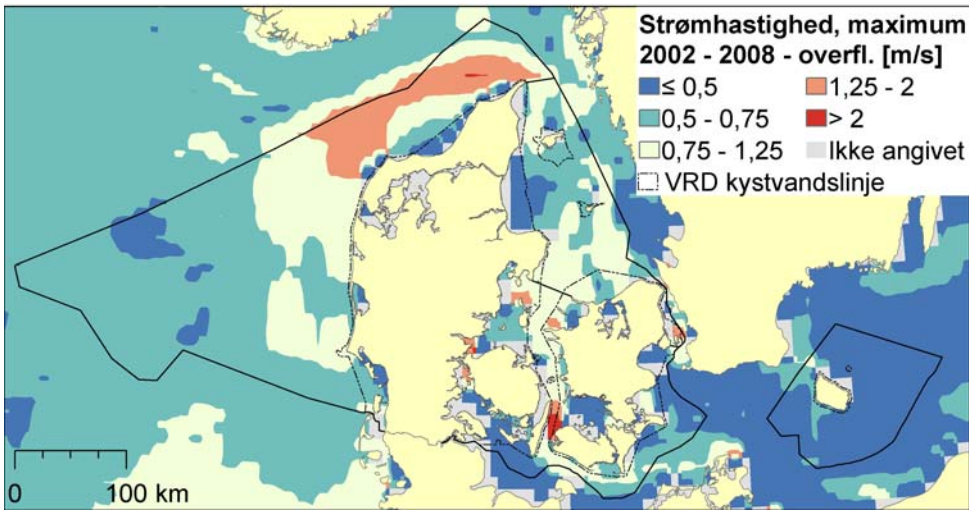
Strøm

Strømmen varierer overvejende i et ujævnt mønster inden for de danske farvande både langs havbunden og i overfladen (Kort 12 og 13). I Nordsøen er der dog generelt en let forøget strøm op langs vestkysten, som er mest markant for den nordlige del og især i overfladen. Dette skyldes kombinationen af den Jyske Kyststrøm og kraftig vindeksponering især i den nordlige del af vestkysten, hvor der er fri passage for vestenvinden mellem Storbritannien og det sydlige Norge. Derudover er der forøget strøm i de indre danske farvande i bælter og sund, hvor vandet transporteres gennem relativt smalle passager.



Kort 12

Maximale strømhastighed ved bunden som gennemsnit for 2002-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DMI



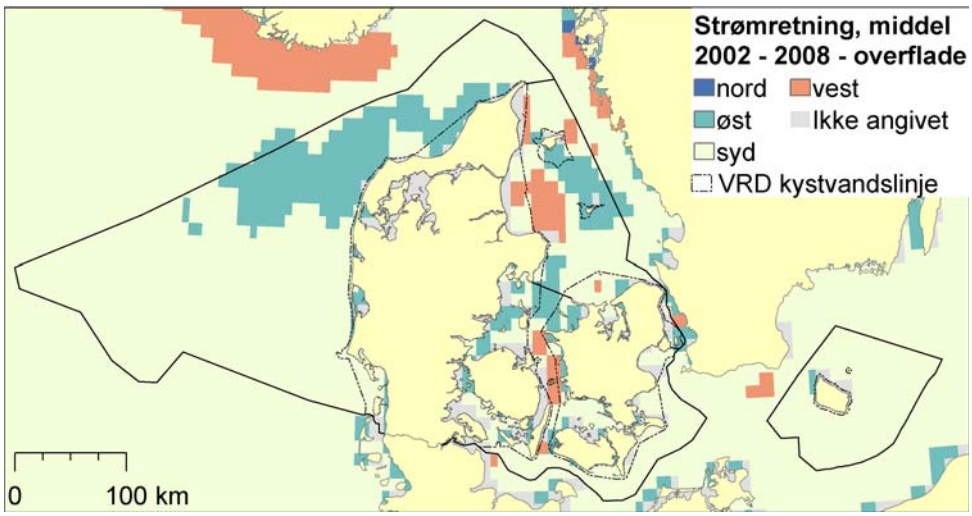
Kort 13

Maximale strømhastighed i overfladen som gennemsnit for 2002-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DMI

Strømretningen i havoverfladen er angivet som gennemsnit for perioden 2002-2008 på kort 14. Der er ikke noget entydigt mønster, eftersom strømretningen ændres afhængig af vindretning og tidevandsbevægelse. I Nordsøen er retningen overvejende i en sydøstlig retning, hvilket skyldes den dominerende vestenvind. Vestlig strømretning forekommer hovedsageligt i de indre danske farvande, hvor vestenvinden ikke er så dominerende, og vandbevægelsen er påvirket af vandudvesklingen mellem Nordsøen og Østersøen. Generelt er strømretningen i de danske farvande langt mere sydgående end nordgående. Dette mønster gælder også for strømmen ved bunden, hvis retning ikke adskiller væsentligt strømmønstret i overfladen (Kort 15).

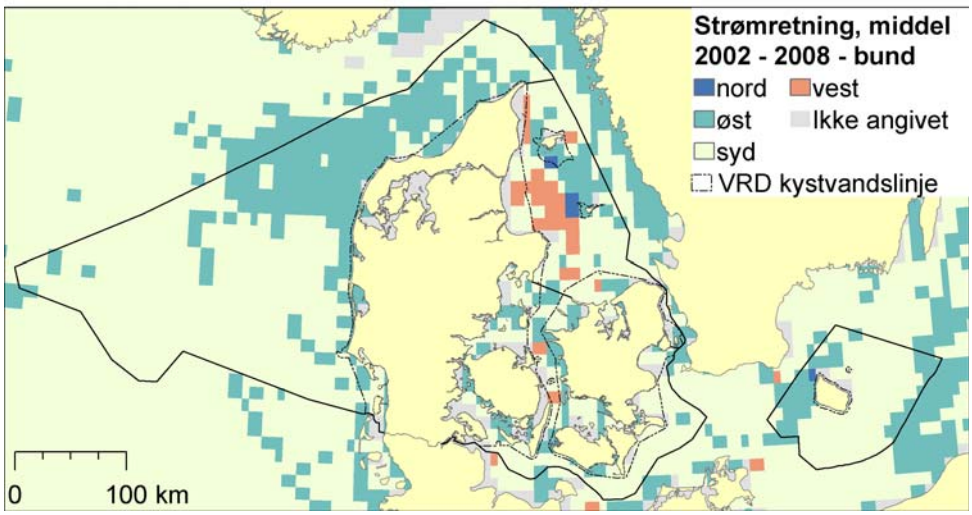
Lagdeling

Lagdeling opstår når vand med forskellig densitet har svært ved at blandes. Styrken af lagdeling kan derfor groft beskrives ved at angive forskellen i densitet mellem bundvand og overfladevand. Dette siger dog ikke noget om, hvor i vandsøjlen lagdelingen ligger, eller om lagdelingen er begrænset til et meget snævert eller et bredere vandlag. Lagdelingen kan både opstå som følge af forskel i salinitet eller temperatur og ofte som en kombination af begge faktorer. Lagdeling er mest udpræget i områder med fordybninger og stor ferskvandstilførsel såsom den dybe rende i Kattegat og Skagerrak og store dele af Østersøen (Kort 16). Lagdelingen hæmmer udvekslingen af ilt mellem vandlagene og stimulerer derved udviklingen af iltsvind i bundvandet. Dette er en væsentlig del af forklaringen på, at de laveste iltkoncentrationer i bundvandet i de indre danske farvande og i Østersøen for en stor del forekommer i de områder, hvor der er mest lagdeling (Kort 29).



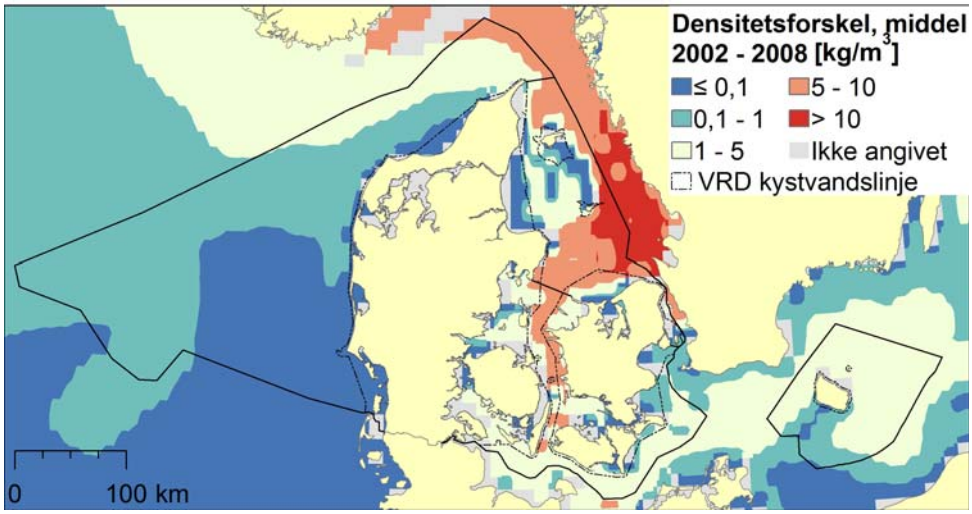
Kort 14

Middel strømretning i overfladen som gennemsnit for 2002-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DMI



Kort 15

Middel strømretning ved bunden som gennemsnit for 2002-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DMI

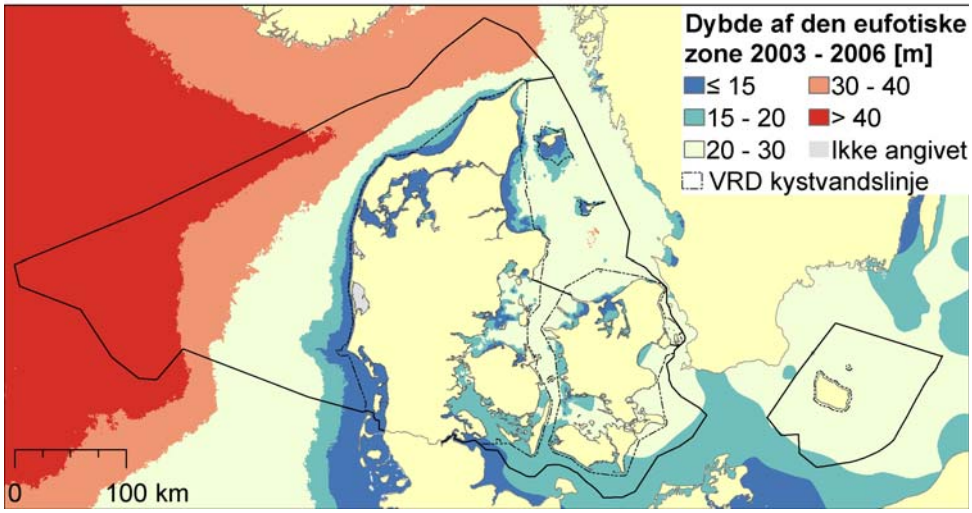


Kort 16

Densitetsforskel mellem bundvand og overfladevand som gennemsnit for 2002-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DMI

Turbiditet

Vandets turbiditet kan angives ved at beskrive lysforholdene i vandsøjlen. Den eufotiske zone, eller blot fotiske zone, angiver vandsøjlen ned til den dybde, hvor 1 % af lysindstrålingen ved havoverfladen er tilbage. Den lysmængden antages generelt for at udgøre grænsen for, hvor der kan foregå primærproduktion. Dette er en vejledende betragtning, eftersom nogle primærproducenter kræver væsentlig mere lys, mens andre mere specialiserede primærproducenter klarer sig ved væsentlig mindre lys. Den fotiske zone er markant større i store dele af Nordsøen end i de indre danske farvande og Østersøen (Kort 17). Det skyldes en kombination af mindre planteplankton samt større vanddybde og mere sandet havbund og dermed mindre resuspension af bundmateriale i store del af Nordsøen sammenlignet med de indre danske farvande og Østersøen. Den lysdæmpende effekt af planteplankton og suspenderet materiale i vandsøjlen fremgår også af, at den fotiske zone øges med afstanden fra kysten.

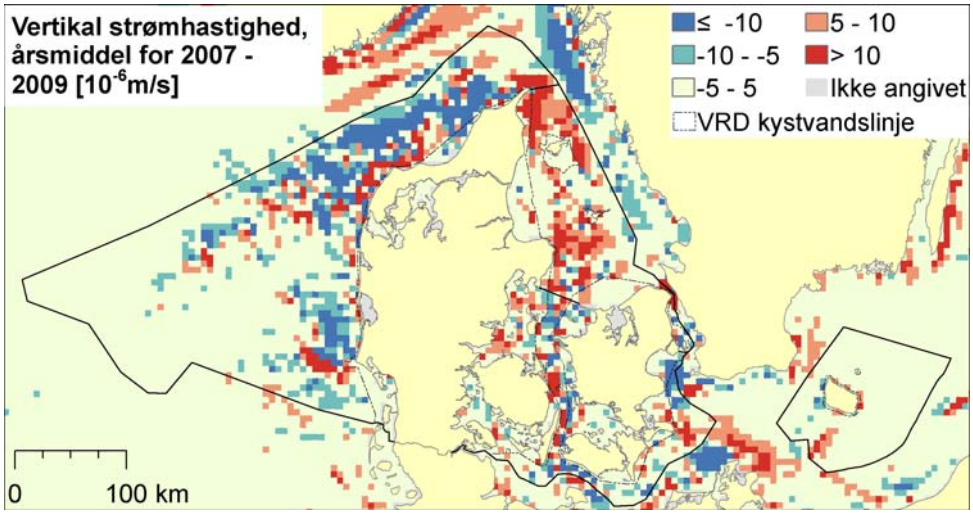


Kort 17

Dybden hvor den tilbageværende lysmængde svarer til 1 % af indstrålingen til overfladen som gennemsnit for 2003-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI

Upwelling

Upwelling er betegnelsen for den situation, hvor bundvand føres op til de øvre vandlag. Ofte vil bundvand indeholde en højere koncentration af næringssalte end overfladevand, hvorfor produktionen i et upwellings-område typisk vil blive stimuleret af tilførslen af bundvand. Det er dog ikke tilfældet, hvis upwellingen sker i meget kystnære områder med en stor tilførsel af næringsstoffer fra land. Upwelling i de danske farvande er her beskrevet ved de vertikale strømhastigheder (Kort 18). Positive vertikale strømhastigheder indikerer upwelling, mens negative værdier indikerer downwelling. I de danske farvande forekommer upwelling hovedsageligt meget kystnært og i de indre danske farvande. Da det er farvandsområder, som er kendetegnet ved en stor tilførsel af næringsstoffer direkte fra land og via den atmosfæriske deposition, er det ikke forventeligt, at upwelling i disse områder vil stimulere produktionen.



Kort 18

Vertikal strømhastighed (netto) som gennemsnit for 2007-2009. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI

Opholdstid

Vandets opholdstid i et farvandsområde er af stor betydning for de økologiske forhold. Opholdstiden i de mere lukkede kystnære områder er overvejende styret af ferskvandtilførslen fra land, mens opholdstiden i de mere åbne farvande hovedsageligt er styret af topografien og strøm- og vindforholdene. Opholdstiden er regulerende for eutrofieringseffekten af de tilførte næringsstoffer. I et område med stor vandudveksling og dermed en kort opholdstid har næringsstofferne en mindre eutrofieringseffekt end i et område med en lille vandudveksling og dermed en lang opholdstid. Der er stor variation i opholdstiden for de forskellige farvandsområder (Tabel 2). Opholdstiden varierer således fra få dage til uger, måneder og år. Opholdstider på år fremgår ikke af tabel 2, men det forekommer i Østersøen, hvor dele af bundvandet kun udskiftes i forbindelse med stormflodsindbrud af vand over tærsklerne i de indre danske farvande. Opholdstiden for et farvandsområde er en gennemsnitsbetragtning, med mulighed for stor variation inden for dele af området. Det er således vigtigt både at være opmærksom på variationen mellem og variationen inden for farvandsområderne.

Tabel 2

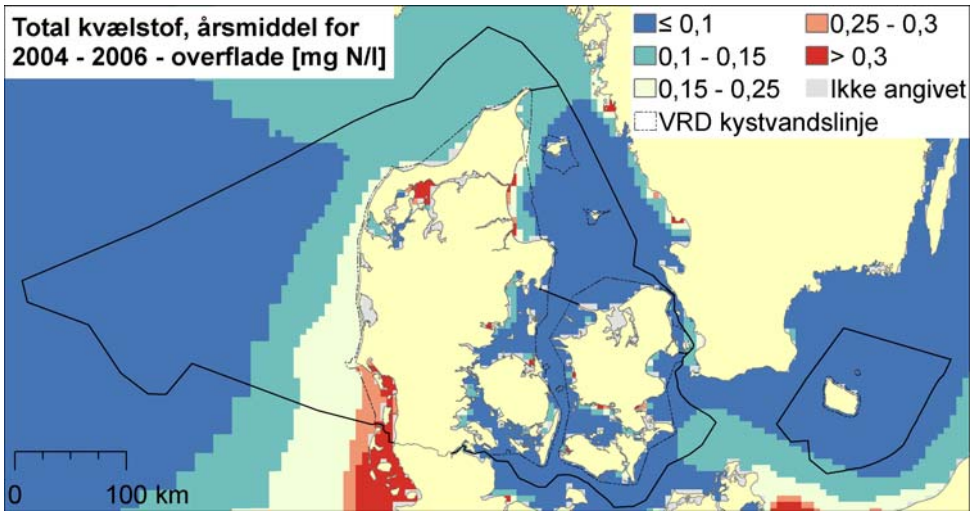
*Opholdstider i danske farvandsområder. Data er primært fra Conley et al. (2000), hvor opholdstid er opgjort i forhold til vintersæson. Supplerende data er markeret med * og er fra Josefson & Rasmussen (2000), hvor opholdstid er opgjort i forhold til efterår-vintersæson.*

Farvandsnavn	Opholdstid-vinter (dage)
Roskilde Fjord	70 / 90*
Karrebæk Fjord	7
Vejle Fjord	8 / 14*
Horsens Fjord	30/ 10*
Kolding Fjord	5 / 7*
Dybsø Fjord	10
Nakskov Fjord	3 / 7*
Stege Bugt	5 / 16*
Præstø Fjord	26
Nissum Fjord	41
Ringkøbing Fjord	128
Randers Fjord	6 / 2*
Århus Bugt	19 / 12*
Norsminde	1 / 6*
Mariager Fjord	60
Kertinge Nor/Kerteminde Fjord	55
Odense Fjord	38 / 12
Holckenhavn Fjord	2
Nakkebølle Fjord	3
Helnæs Bugt	24*
Bredningen	0
Gamborg Fjord	6
Holsteinborg Nor	28
Korsør Nor	11
Isefjord	50*
Holbæk Fjord	5
Flensborg Fjord	50*
Haderslev Fjord	4
Genner Fjord	4
Augustenborg Fjord	5
Nibe-Gjøl Bredning	8
Halkær Bredning	7*
Stege Nor	25
Sakskøbing Fjord	6
Stavns Fjord	3

5.4 Næringssalte og ilt

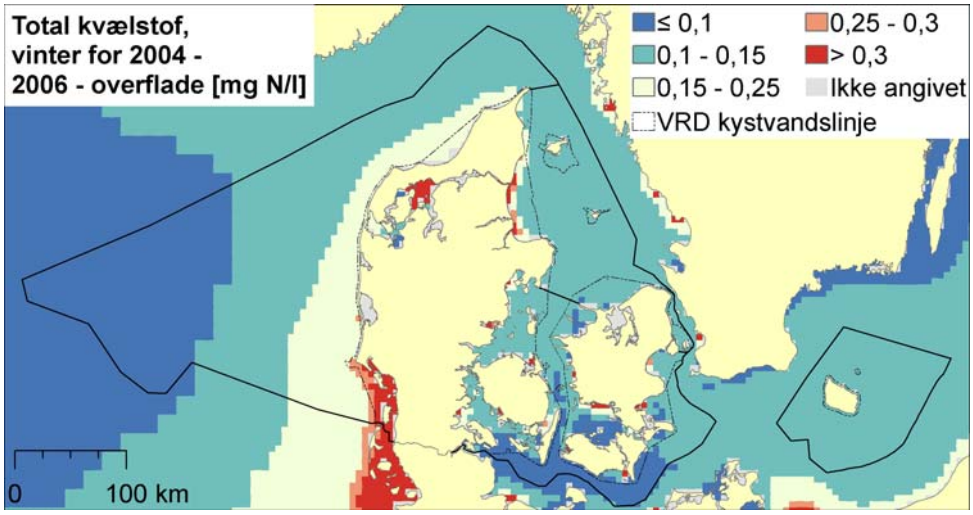
Total-kvælstof

Generelt er tendensen, at koncentrationen af total-kvælstof (TN) aftager med afstanden fra land, hvor langt størstedelen af kilderne til kvælstofbelastningen findes (Kort 19). Koncentrationen af TN er højere i den sydlige kystnære del af Nordsøen end i den sydlige kystnære del af de indre danske farvande. Det kan umiddelbart forekomme underligt, da befolkningstætheden og til dels landbrugsintensiteten er væsentlig større i den sydøstlige del af Danmark end i vadehavsområdet. Forklaringen er tilførsel af kvælstof fra de forurenede store europæiske floder, som transporteres op langs Vestkysten via den Jyske Kyststrøm. De største koncentrationer af TN forekommer dog i visse områder af Limfjorden, som følge af den store landbrugsintensitet i området og nærheden til land. Vinterkoncentrationen af TN har et niveau og en fordeling, som minder meget om årsmiddelkoncentrationen (Kort 20). Væsentligste forskel er, at niveauet for TN er lidt højere i de indre danske farvande og Østersøen om vinteren end årsgennemsnittet, hvilket skyldes, at tilførslen af TN er større og forbruget mindre om vinteren end resten af året.



Kort 19

Årsmiddel af overfladekoncentrationen af total-kvælstof som gennemsnit for 2004-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI

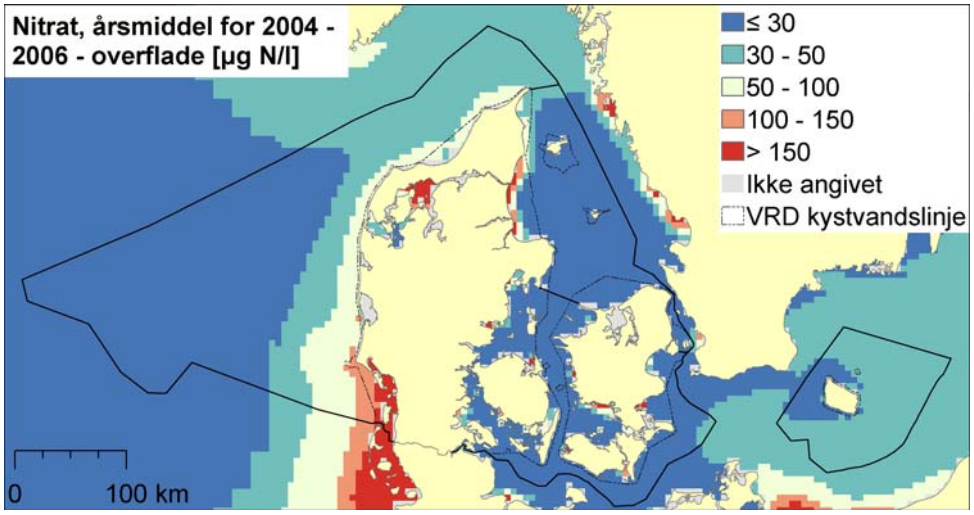


Kort 20

Vintermiddel (jan-feb) af overfladekoncentrationen af total-kvælstof som gennemsnit for 2004-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI

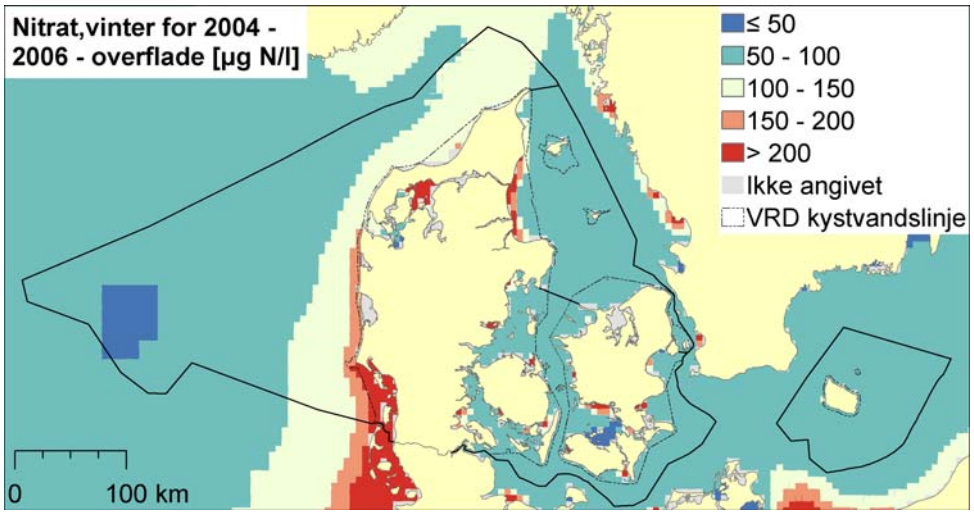
Nitrat

Fordelingen af nitrat følger i store træk fordelingen af TN (Kort 21). Dog strækker den forhøjede koncentration af nitrat langs Vestkysten sig længere nordpå, end det er tilfældet for TN, hvilket sandsynligvis skyldes, at den partikulære del af TN-pulsen sydfra sedimenterer ud på vejen nordover. Koncentrationen af nitrat er højere i den sydøstlige end den nordvestlige del af farvandene omkring Bornholm, hvilket formodentlig skyldes en relativ stor belastning fra de østeuropæiske lande. Nitraten udgør som årsmiddel ca. halvdelen af TN. Men andelen vil variere meget hen over året, da den vil være stor i efterår og vinter som følge af en stor nitratdomineret kvælstofafstrømning fra land og aftage gennem vækstsæsonen, efterhånden som kvælstof især i form af nitrat optages i alger og blomsterplanter i forbindelse med primærproduktionen. Vinterkoncentrationen af nitrat har en fordeling, som minder meget om årsmiddelkoncentrationen, men niveauet er højere (Kort 22). Det højere niveau om vinteren skyldes, at tilførslen af nitrat er større og forbruget markant mindre om vinteren end resten af året.



Kort 21

Årsmiddel af overfladekoncentrationen af nitrat som gennemsnit for 2004-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI



Kort 22

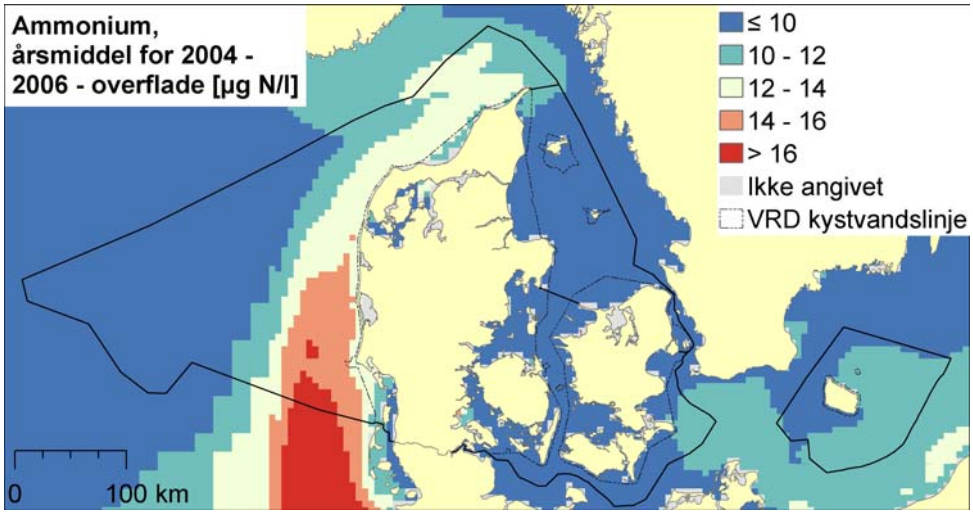
Vintermiddel (jan-feb) af overfladekoncentrationen af nitrat som gennemsnit for 2004-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI

Ammonium

Koncentrationen af ammonium er væsentlig lavere end nitrat, men fordelingen er i stor træk den samme (Kort 23). Igen ses en stor tilførsel sydfra op langs vestkysten helt op til Skagerrak, mens koncentrationen af ammonium i de indre danske farvande er lavere end i store dele af Nordsøen. Lige som for nitrat er der for ammonium en højere koncentration i den sydøstlige end den nordvestlige del af farvandene omkring Bornholm. Vinterkoncentrationen af nitrat har en fordeling, som minder meget om årsmiddelkoncentrationen, men niveauet er væsentlig højere (Kort 24). Det højere niveau om vinteren skyldes, at tilførslen af ammonium er større og forbruget markant mindre om vinteren end resten af året.

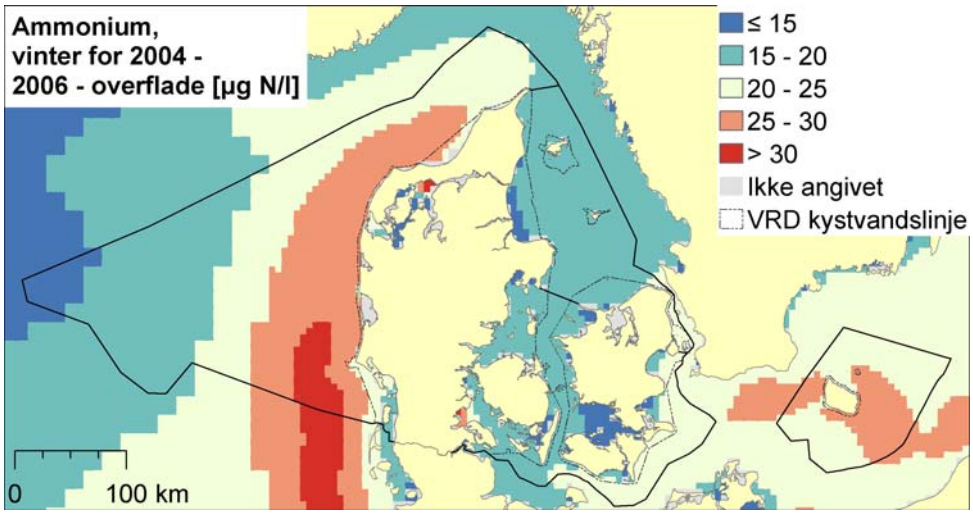
Total-fosfor

Fordelingen af total-fosfor (TP) i de danske farvande adskiller sig især fra fordelingen af TN ved, at der er relativt høje koncentrationer af TP i farvandet rundt om Bornholm (Kort 25). Dette skyldes den store tilførsel af fosfor til Østersøen kombineret med en jævnlig frigivelse af fosfor fra sedimenterne i Østersøen i forbindelse med de udbredte iltsvind i området. Også for fosfor er der tydelig indikation på tilførslen op langs Vestkysten af næringsstofbelastet vand fra de store europæiske floder. Vinterkoncentrationen af TP har et niveau og en fordeling, som minder meget om årsmiddelkoncentrationen (Kort 26). Væsentligste forskel er, at niveauet for TP er lidt højere i de indre danske farvande og Østersøen om vinteren end årsgennemsnittet, hvilket skyldes, at tilførslen af TP er større og forbruget mindre om vinteren end resten af året.



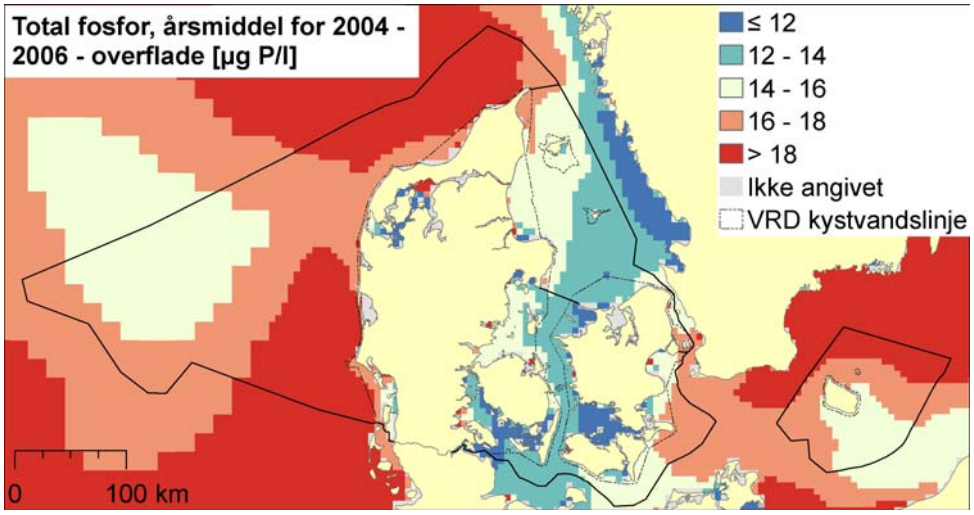
Kort 23

*Årsmiddel af overfladekoncentrationen af ammonium som gennemsnit for 2004-200 . Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandram*medirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. *Kilde DHI*



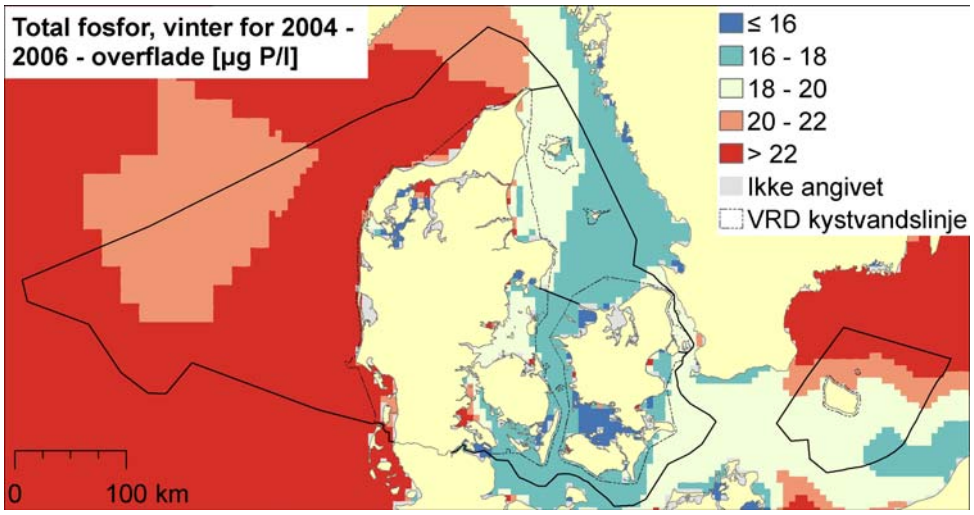
Kort 24

Vintermiddel (jan-feb) af overfladekoncentrationen af ammonium som gennemsnit for 2004-200 . Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI



Kort 25

Årsmiddel af overfladekoncentrationen af total-fosfor som gennemsnit for 2004-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI

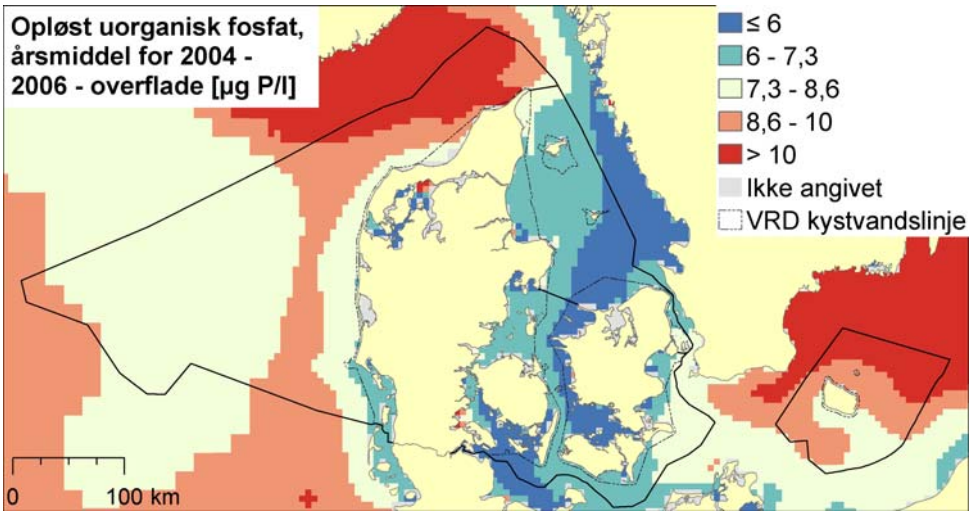


Kort 26

Vintermiddel (jan-feb) af overfladekoncentrationen af total-fosfor som gennemsnit for 2004-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI

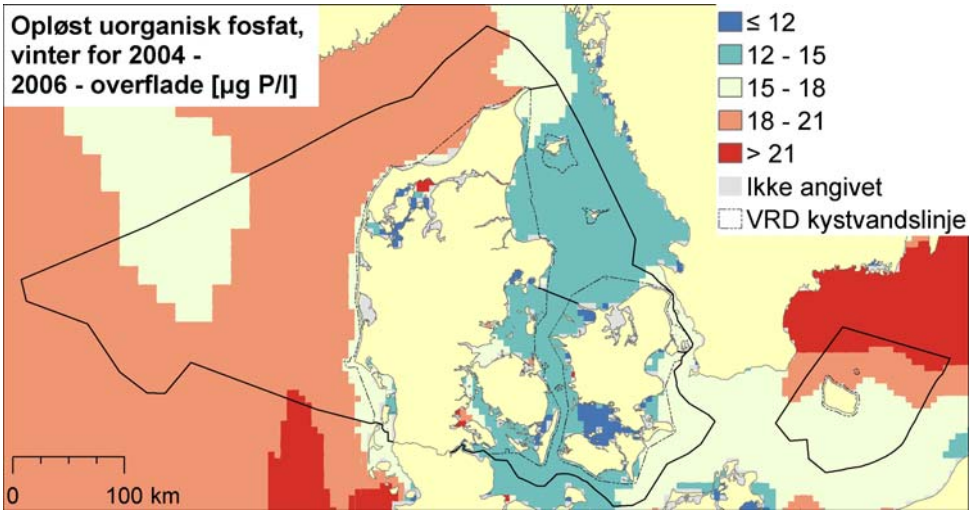
Opløst uorganisk fosfat

Den opløste uorganiske fosfor har et fordelingsmønster, som minder om billedet for TP (Kort 27). Dog er påvirkningen fra de store europæiske floder på årsmidlen knap så markant som for TP. Lige som for TP er der høje koncentrationer af opløst uorganisk fosfor i Østersøen. Også for koncentrationen af opløst uorganisk fosfor gælder, at årsgennemsnittet rummer en stor sæsonvariation med høje koncentrationer fra sensommer til forår, hvor koncentrationen af lettilgængelig fosfor i mange områder bliver meget lav som følge af primærproducenternes optag af næringssaltet. Vinterkoncentrationen af opløst uorganisk fosfat har en fordeling, som minder meget om årsmiddelkoncentrationen, men niveauet er væsentlig højere og signalet fra de store europæiske floder tydeligere (Kort 28). Det højere niveau om vinteren skyldes, at tilførslen af opløst uorganisk fosfat er større og forbruget markant mindre om vinteren end resten af året.



Kort 27

Årsmiddel af overfladekoncentrationen af opløst uorganisk fosfat som gennemsnit for 2004-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI

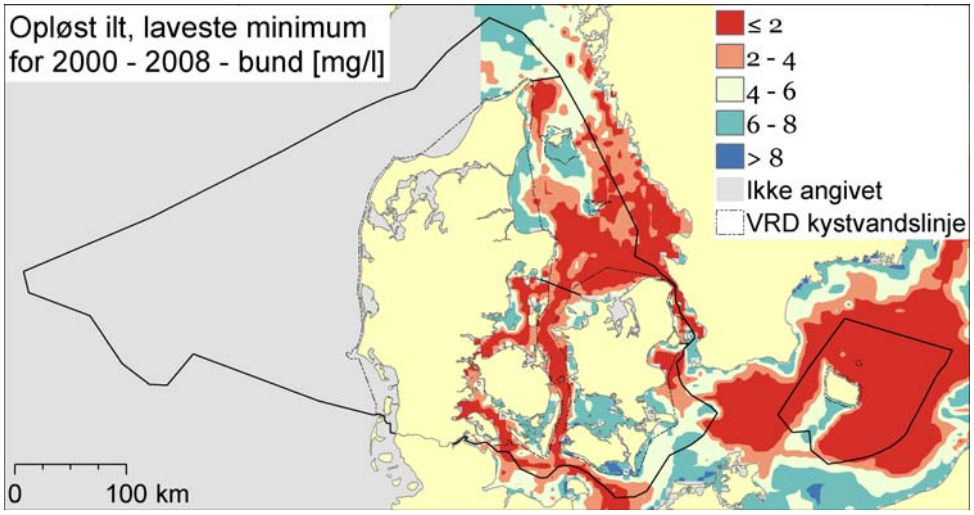


Kort 28

Vintermiddel (jan-feb) af overfladekoncentrationen af opløst uorganisk fosfat som gennemsnit for 2004-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI

Ilt

Iltsvind (iltindhold < 4 mg/l) er mest udbredt i de indre danske farvande og i Østersøen, hvor der er en stor tilførsel af næringssalte, en stor primærproduktion og udbredt lagdeling af vandsøjlen (Kort 29). Minimumskoncentrationen i store dele af disse områder har været så lav (< 2 mg/l), at der har forekommet kraftig iltsvind. Ved længerevarende kraftigt iltsvind dør en stor del af bundfaunaen samt de fisk, som ikke når at flygte ud af iltsvindsområderne.



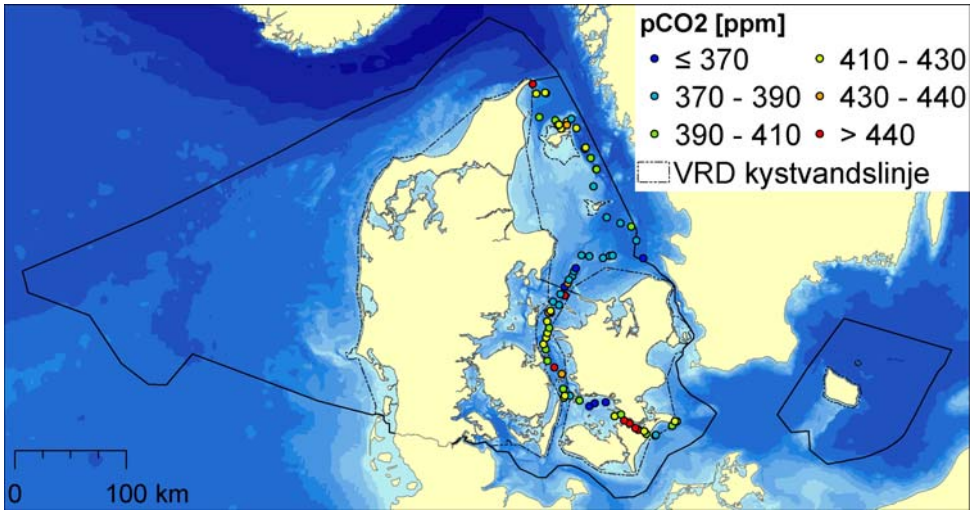
Kort 29

Årets laveste koncentration af ilt i bundvandet som gennemsnit for 2000-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde DHI

5.5 CO2 og pH

CO2

Den nationale overvågning omfatter ikke måling af CO_2, og der findes kun meget få videnskabelige studier af CO_2 i danske farvande. Kort 30 er baseret på resultaterne fra et transektstudie af CO_2-forholdene i de indre danske farvande sommeren 2011 med fokus på udvekslingen af CO_2 mellem vand og luft. Mængden af CO_2, som er tilgængeligt for udveksling, angives pCO_2. Hvis pCO_2-niveaet i overfladevandet er højere end i luften, vil vandet være en kilde til CO_2, og hvis overfladevandets pCO_2-niveau er lavere end luftens, vil vandet optage CO_2. Transektstudiet indikerer, at den nordlige del af Kattegat og størstedelen af Bælthavet/Østersøen om sommeren er en kilde til CO_2, hvorimod den centrale og sydlige del af Kattegat er et CO_2-dræn. CO_2-variationerne i de danske farvande er et kompliceret system, som hovedsageligt bestemmes af biologisk aktivitet, afstrømning fra land og opblanding af vandsøjlen.

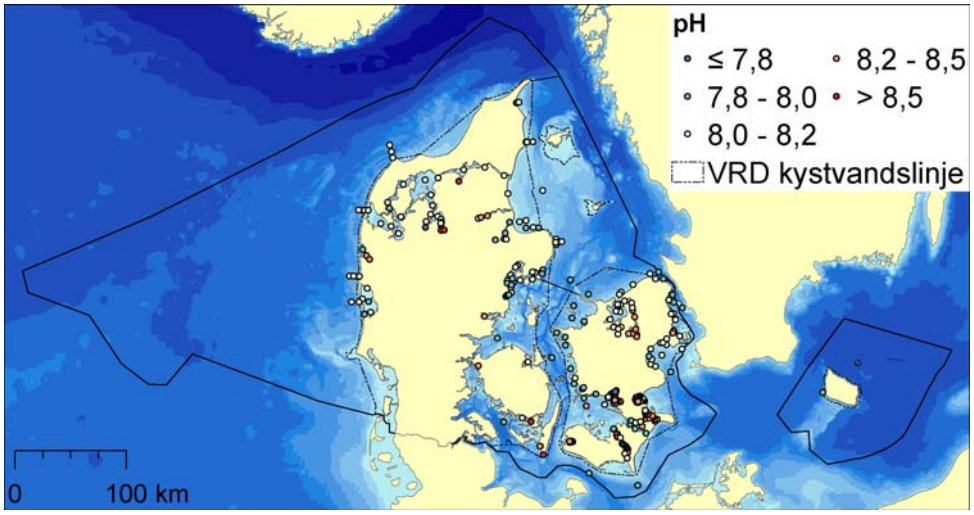


Kort 30

Niveau af pCO2 i 2 m's dybde i august 2011. I samme periode var atmosfærens pCO2-niveau gennemsnitligt 389 ppm. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (ExclusiveEconomic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde: egne data

pH

Der er ikke generelt målt pH i forbindelse med den nationale måling. Men pH er specielt tilbage i tiden i forbindelse med overvågningen blevet målt på en række specielt meget kystnære lokaliteter rundt i landet (Kort 31). pH er et udtryk for surhedsgraden af vandet. pH falder når vandets koncentration af CO_2 stiger og samtidig øges opløseligheden af kalciumkarbonat. Det er på den baggrund, at der er bekymring for, om de senere årtiers forøgede CO_2-indhold i atmosfæren kan bevirke et fald i pH af en størrelsesorden, som kan få konsekvenser for kalkdannede organismer i havet. I de danske farvande varierer pH mellem 7,4 og 9,1 - det er vigtigt at være opmærksom på, at pH angives på en logaritmisk skala. Det er umiddelbart svært at se et mønster i den geografiske fordeling af pH i de danske farvande. Der er dog en tendens til en højere pH i de mest belastede og lukkede farvandsområder, dvs. bunden af fjordarme samt kystlaguner i de indre danske farvande. Det skyldes formodentlig en høj primærproduktion og dermed optag af CO_2 i disse områder. Primærproduktionens indflydelse på pH betyder også, at pH varierer hen over året og sågar hen over døgnet i produktive områder.



Kort 31

Målinger af pH i overfladevand som gennemsnit for 2000 -2008 – måleperioden varierer meget fra område til område. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (ExclusiveEconomic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Kilde NOVANA

5. Konklusioner

Nordsøen/Skagerrak

Nordsøen og Skagerrak er kendetegnet ved at være vindeksponeret områder med stor dynamik i vandmasserne. Bølgedannelsen og dermed bølgeeksponeringen af kystlinjen og de lavvandede områder langs Vestkysten er stor. Desuden er den danske del af Nordsøen kendetegnet ved Den Jyske Kyststrøm, som løber op langs Vestkysten og fører næringsstoffer med sig fra de store europæiske floder. Det bevirker forøgede koncentrationer af kvælstof og fosfor op langs Vestkysten. Koncentrationerne aftager dog hurtigt med afstanden fra kysten, og i de mere åbne områder er vandet relativt klart dels grundet mindre plankton og dels grundet mindre resuspension. De dynamiske vandmasser bevirker, at der ikke er nogen væsentlig lagdeling i Nordsøen og derfor formodentlig heller ikke iltsvind af betydning. Fra Nordsøen transporteres store mængder vand med høj salinitet gennem Skagerrak ind i Kattegat.

Kattegat/nordlige Øresund

Det salte vand, som trænger ind i Kattegat fra Nordsøen, løber som bundvand i en relativt smal og relativ dyb rende i retning mod Østersøen. Det ferskere vand, som tilføres Kattegat fra Østersøen, løber derimod nordover i overfla-

den. Densitetsforskellen mellem bundvand og overfladevand, kræver meget vindenergi for at nedbrydes og skabe opblanding. Da de indre danske farvande er forholdsvis beskyttede, vil der derfor ofte være lagdeling af vandmasserne, hvilket stimulerer udviklingen af iltsvind. Dette forstærkes af, at der generelt er en stor tilførsel af næringssalte fra land og luft, hvilket giver grundlag for en forholdsvis høj produktion, som for en stor dels vedkommende omsættes i eller nær bunden under forbrug af ilt.

Bælthavet/Østersøen
Det salte bundvand fra Nordsøen, som passerer gennem den dybe rende i Kattegat, løber gennem bælterne og Øresund mod Østersøen. Ved overgangen til Østersøen stiger vanddybden og der dannes en tærskel både i det sydlige Øresund og det østlige Femern Bælt. Disse tærskler bevirker, at der kun i forbindelse med stormflod transporteres større mængder salt bundvand ind den brakke Østersø. Det salte bundvand, som er trængt ind i Østersøen, blandes kun langsomt med det ferskere overfladevand. I relativt store områder af Østersøen er derfor tendens til lagdeling, hvilket kan føre til iltsvind. Risikoen for iltsvind øges som følge af en relativt stor tilførsel af næringsstoffer især i form af fosfor, og Østersøen er da også kendetegnet ved udbredt iltsvind.

Tak til: Zhenwen Wan, DMI, som venligst har leveret data til modellen BSHcmod, og Christian Mohn, AU, som har bidraget med en række kort på baggrund af modellen BSHcmod.

7. Referencer

BALANCE: Baltic Sea Management – Nature conservation and sustainable development of the ecosystem through spatial planning). INTERREG III B http://www.balance-eu.org/

BSH: Bundsamt für Seeschiffahrt und Hydrographie
http://www.bsh.de/de/index.jsp

BWO: (North Sea) Ballast Water Opportunity. INTERREG IVB-projekt http://www.northseaballast.eu/northseaballast/ (DHI: www.dhigroup.dk)

Conley, D.J., Kaas, H., Møhlenberg, F., Rasmussen, B. & Windolf, J. (2000): Characteristics of Danish estuaries. Estuaries 23(6): 820-837.

DCE: DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet, Frederiksborgvej 399, Postboks 358, 4000 Roskilde
http://dmu.au.dk/

DHI: DHI Vand•Miljø• Sundhed, Agern Allé 5, 2970 Hørsholm
http://www.dhi.dk/

DMI (Danmarks Meteorologiske Institut, institution under Klima-, Energi og Bygningsministeriet)
http://www.dmi.dk

ETOPO (NOAA's National Geophysical Data Center (NGDC))
http://ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html

EUSeaMap: Substrate for the Celtic Sea, North Sea & Baltic Sea, EMODnet Geology project 2010

HARMONY: Development and demonstration of Marine Strategy Framework Directive tools for harmonization of the initial assessment in the eastern parts of the Greater North Sea sub-region. http://harmony.dmu.dk/

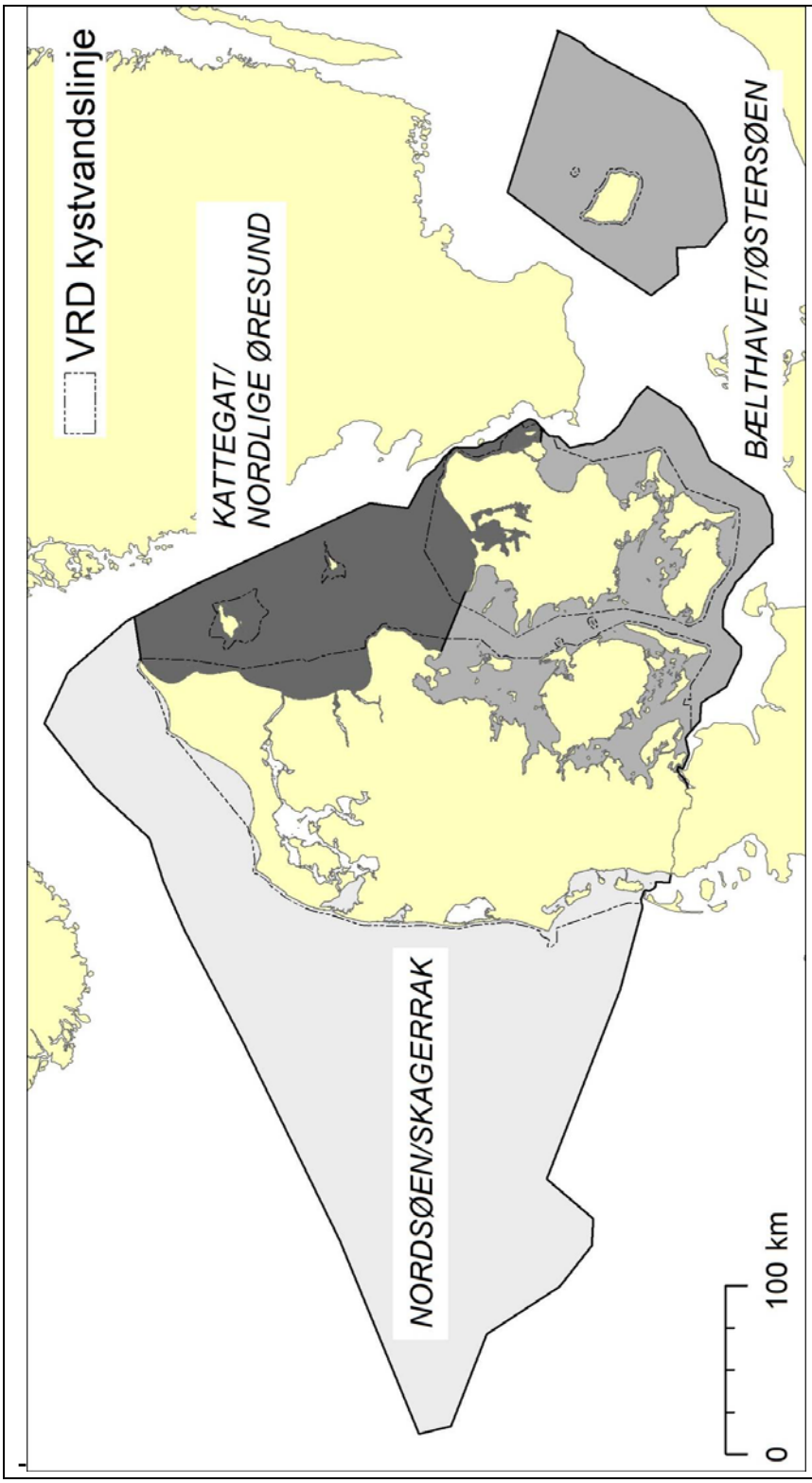
Josefson A.B. & Rasmussen B. (2000): Nutrient retention by benthic macrofaunal biomass of Danish estuaries: Importance of nutrient load and residence time. Estuarine, Coastal and Shelf Science 50: 205-216.

Naturverhältnisse Ostsee (2008): Teil B zu den Handbüchern für die Ostsee und das Kattegat Verlagsort, Verlag: Hamburg und Rostock, Bundesamt für Seeschiffahrt und Hydrographie. 128 s.

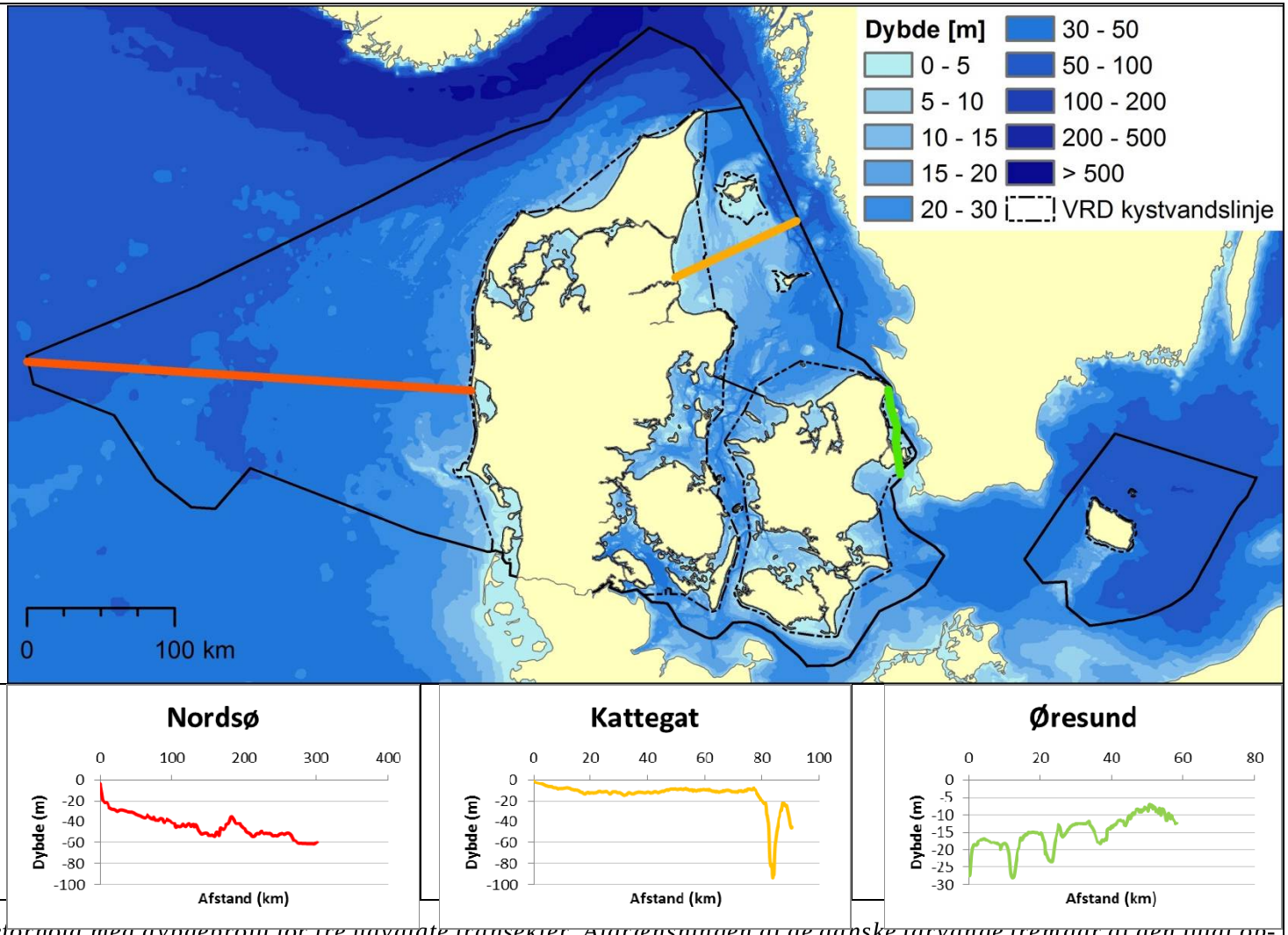
NOVANA: Det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen.

NST: Naturstyrelsen, Miljøministeriet, Haraldsgade 53, 2100 København Ø.
http://www.naturstyrelsen.dk/

Bilag 1: Kort i stor udgave

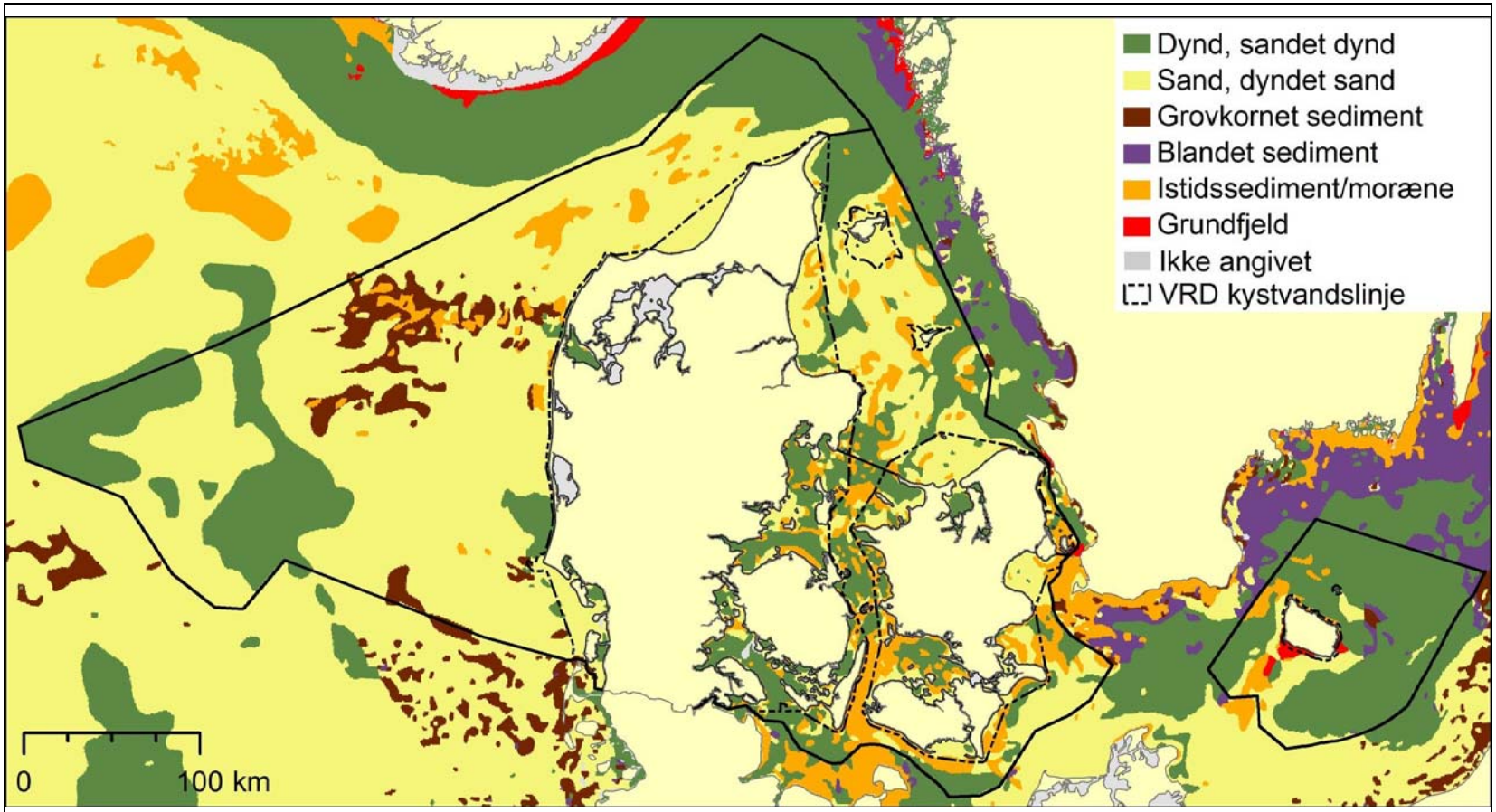


***Kort 1**: De tre danske farvandsområder. Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/ Østersøen. Afgrænsningen af de danske farvande er angivet ved den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet.*

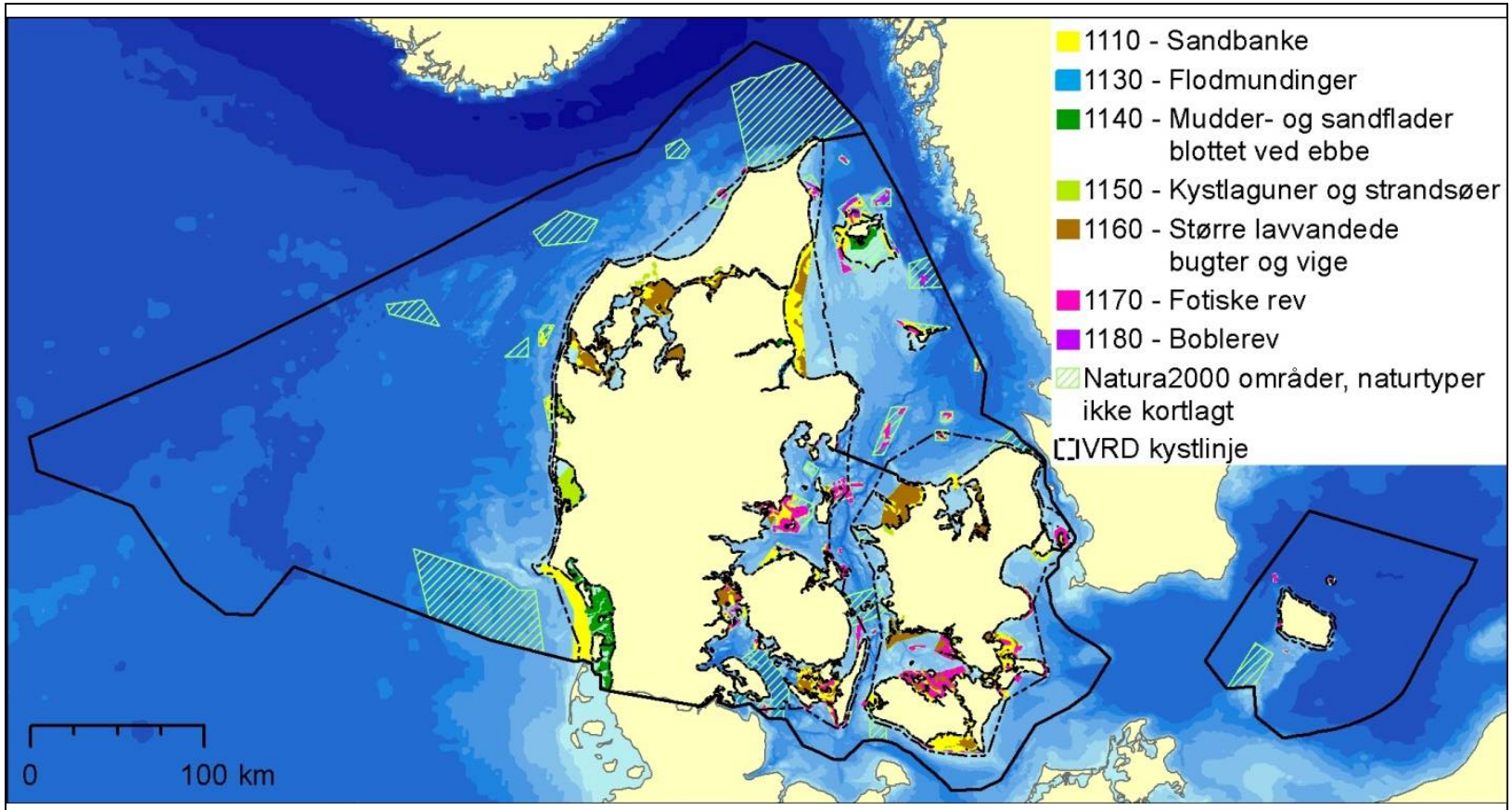


Kort 2: *Dybdeforhold med dybdeprofil for tre udvalgte transekter. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen. Bemærk forskel i skala for transekterne både for dybde og for afstand fra kysten.*

AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

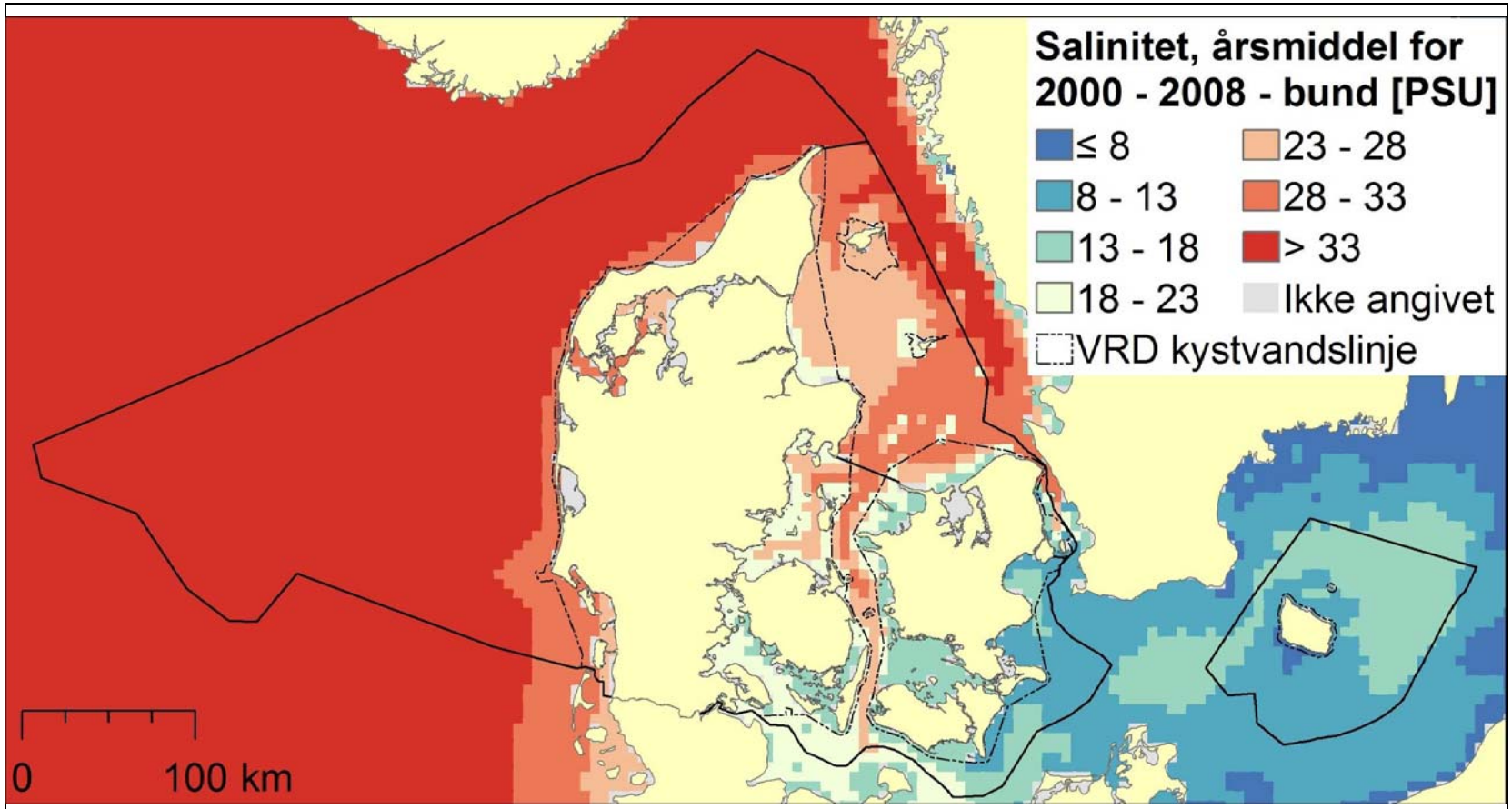


Kort 3: *Substratforhold for havbunden i de danske farvande. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*



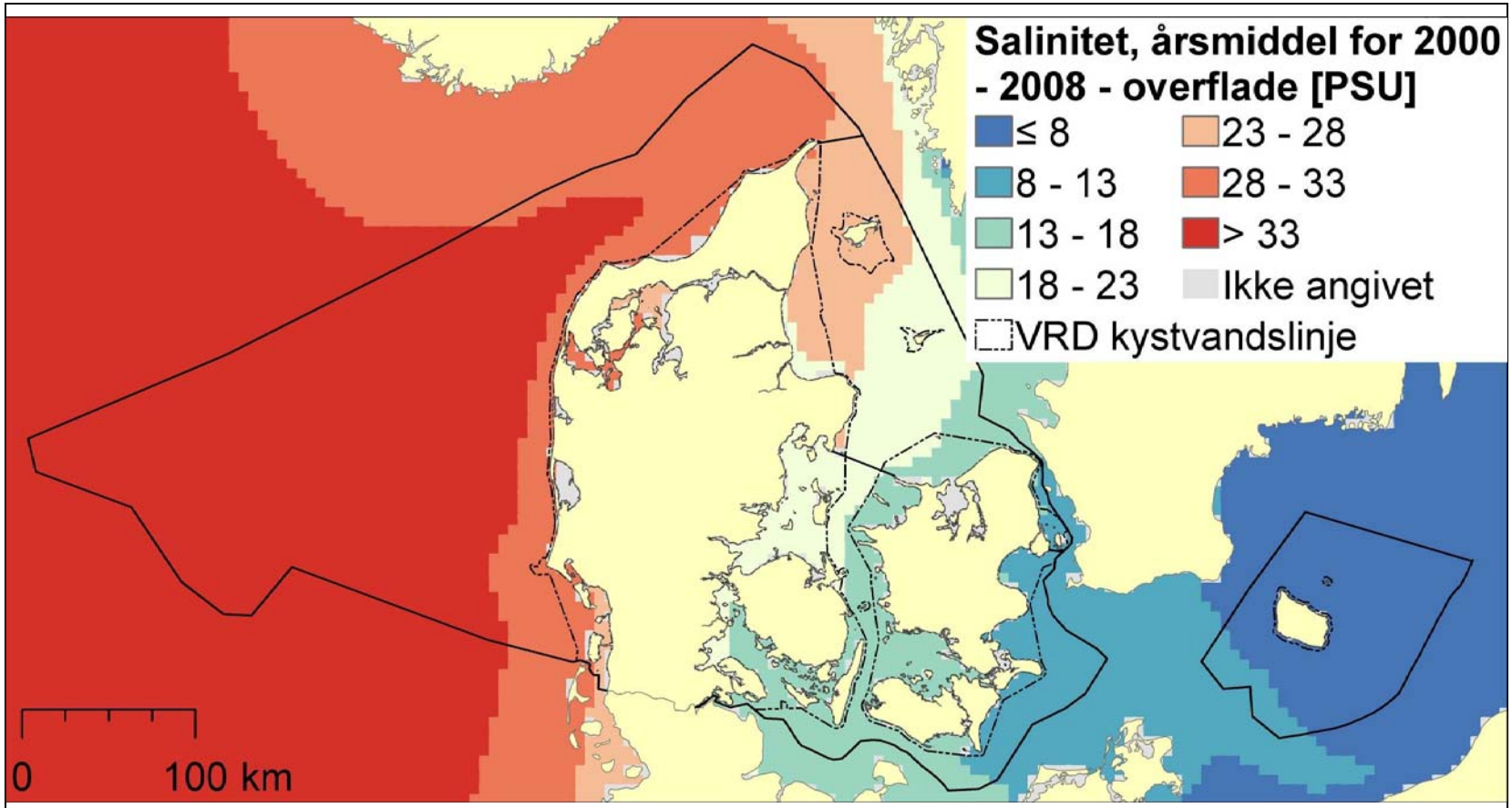
Kort 4: *Natura2000 områder med angivelse af naturtyper. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



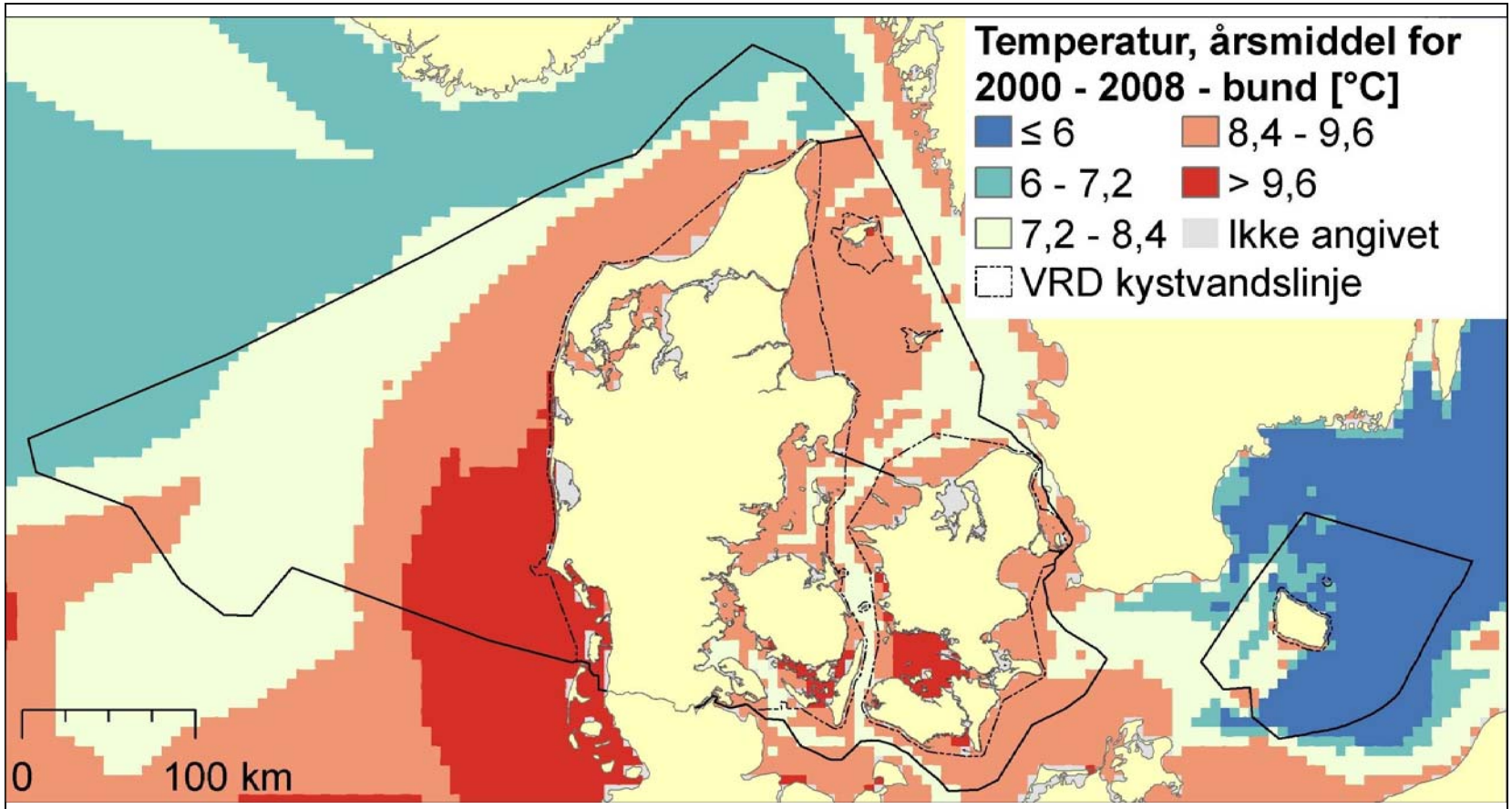
Kort 5: *Salinitet i bundvandet, gennemsnit af årsmidlerne for 2000-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ). Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



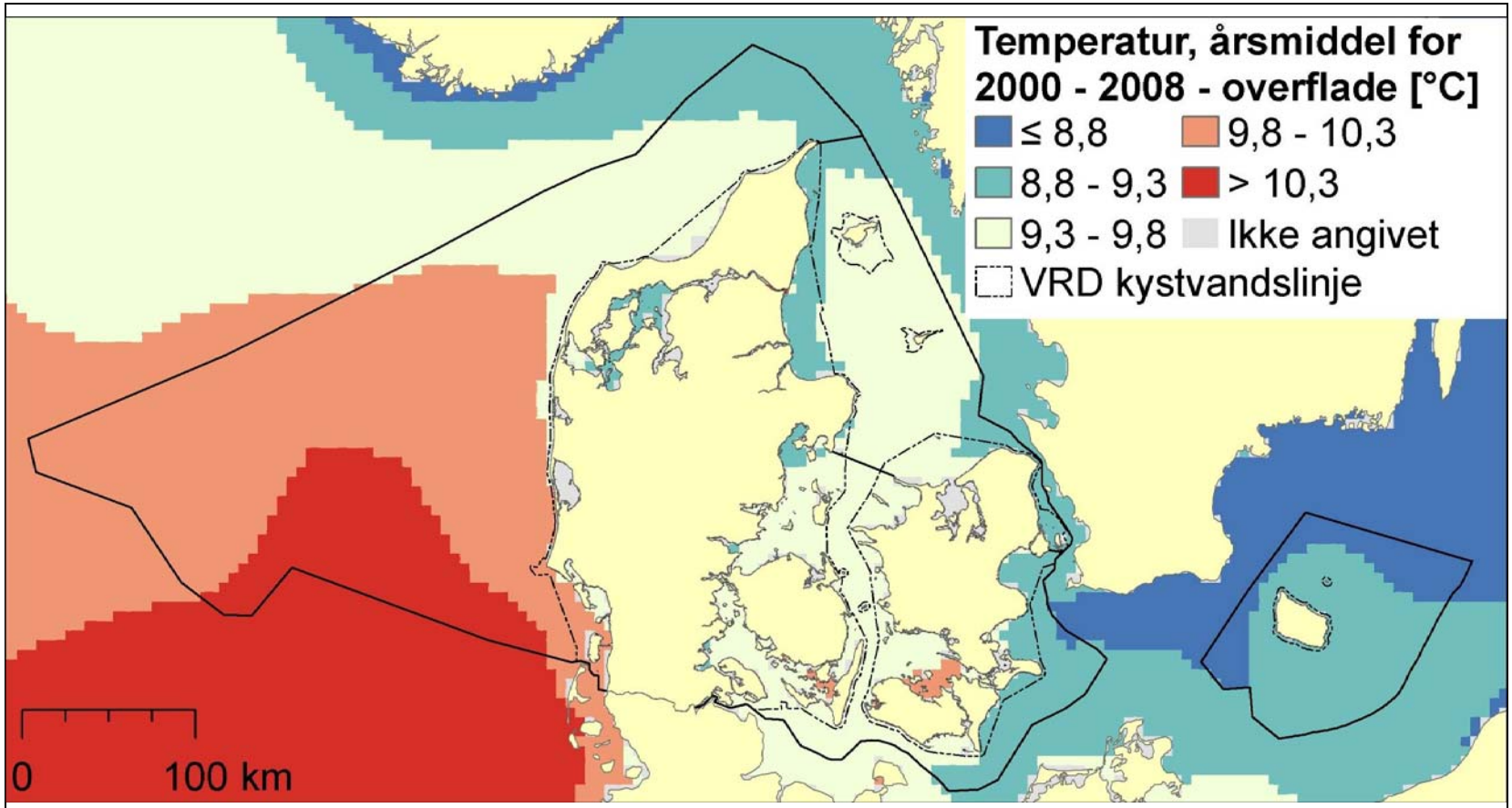
Kort 6: *Salinitet i overfladevandet, gennemsnit af årsmidlerne for 2000-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

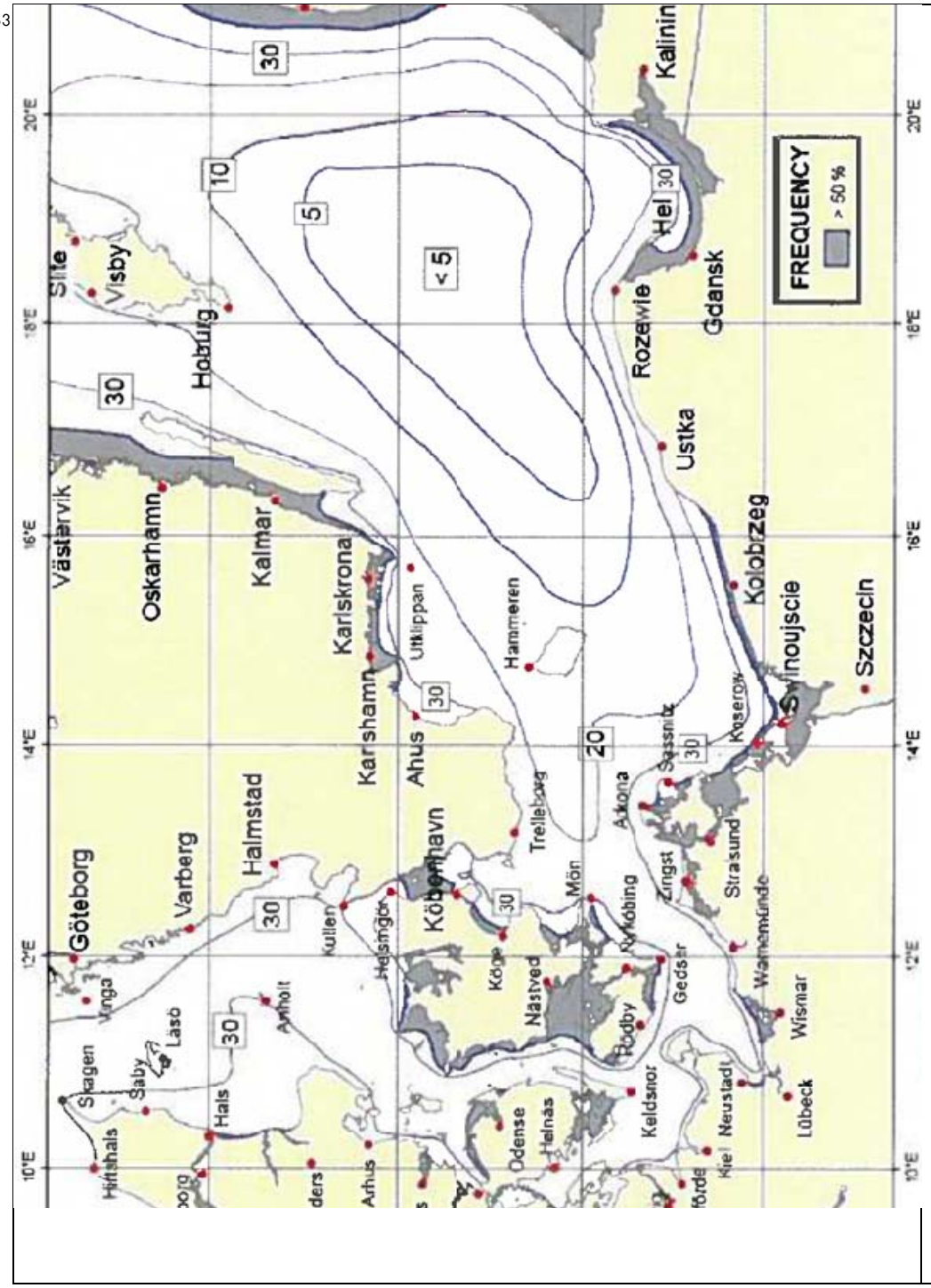


Kort 7: *Temperatur i bundvandet, gennemsnit af årsmidlerne for 2000-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

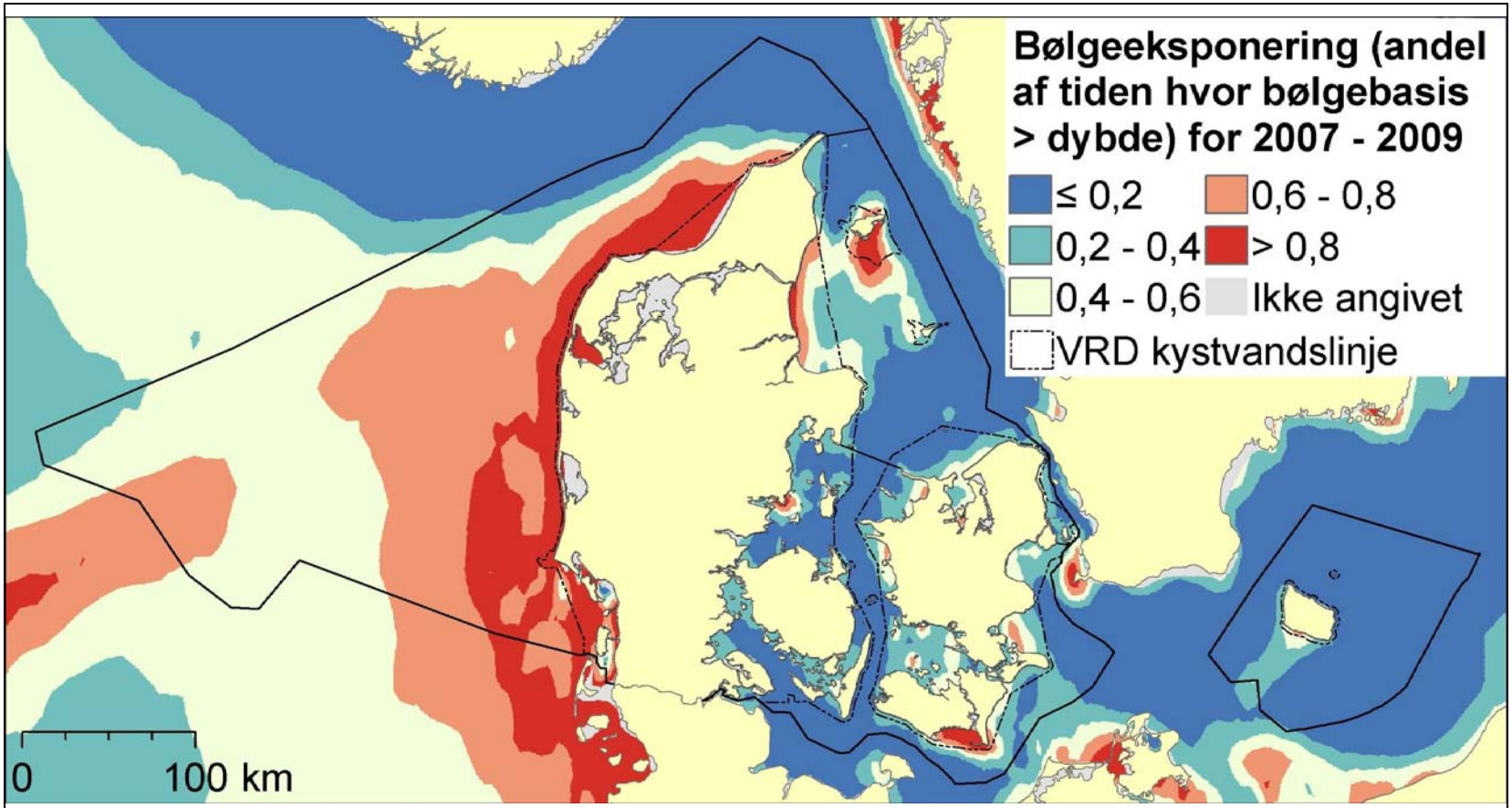


Kort 8: *Temperatur i overfladevandet, gennemsnit af årsmidlerne for 200o-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

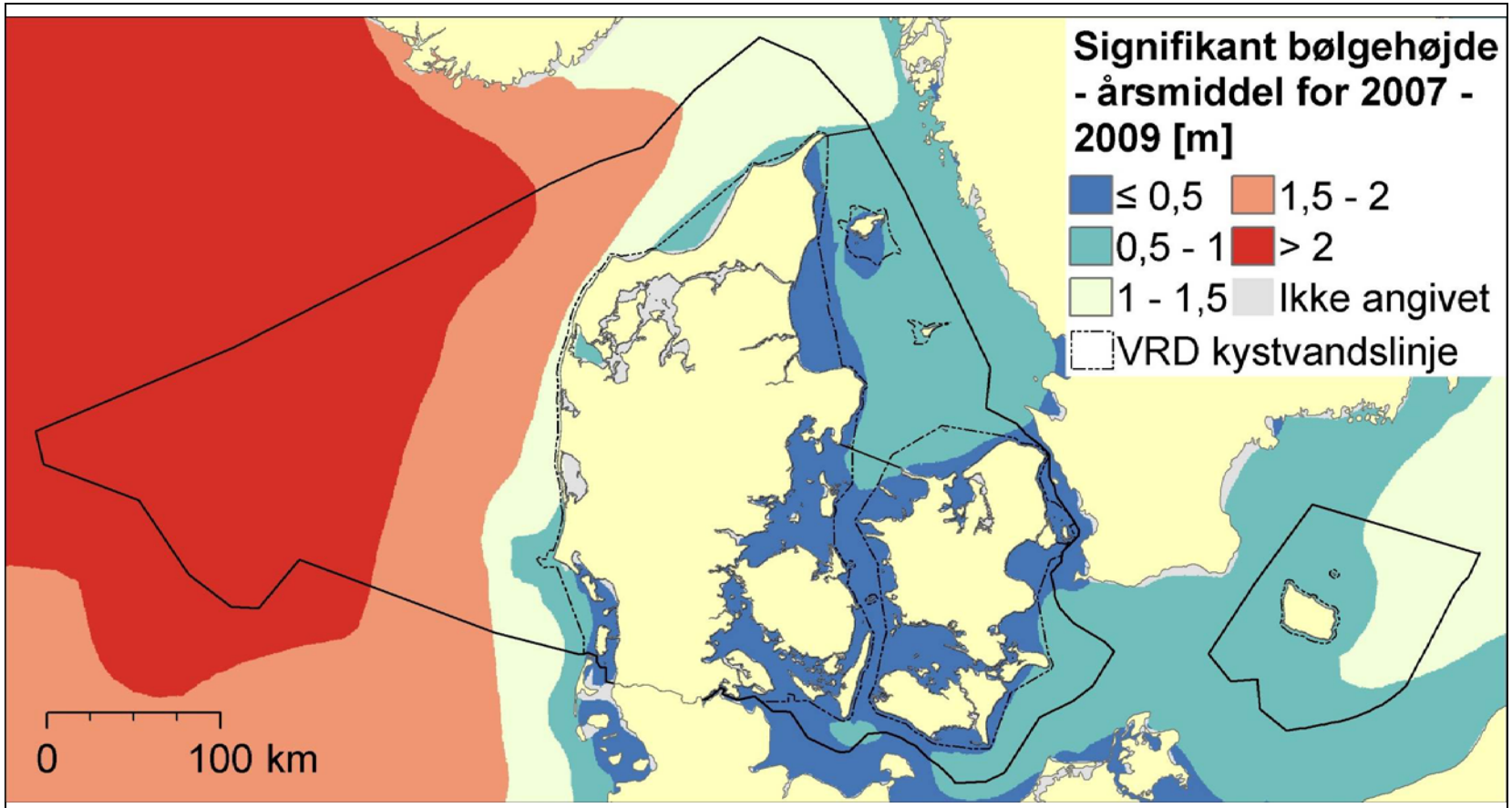


Kort 9: *Frekvensen (i procent) af forekomst af is i perioden 1961-2000 præsenteret ved isopleter (20 % svarer således til isdække hver femte år).*

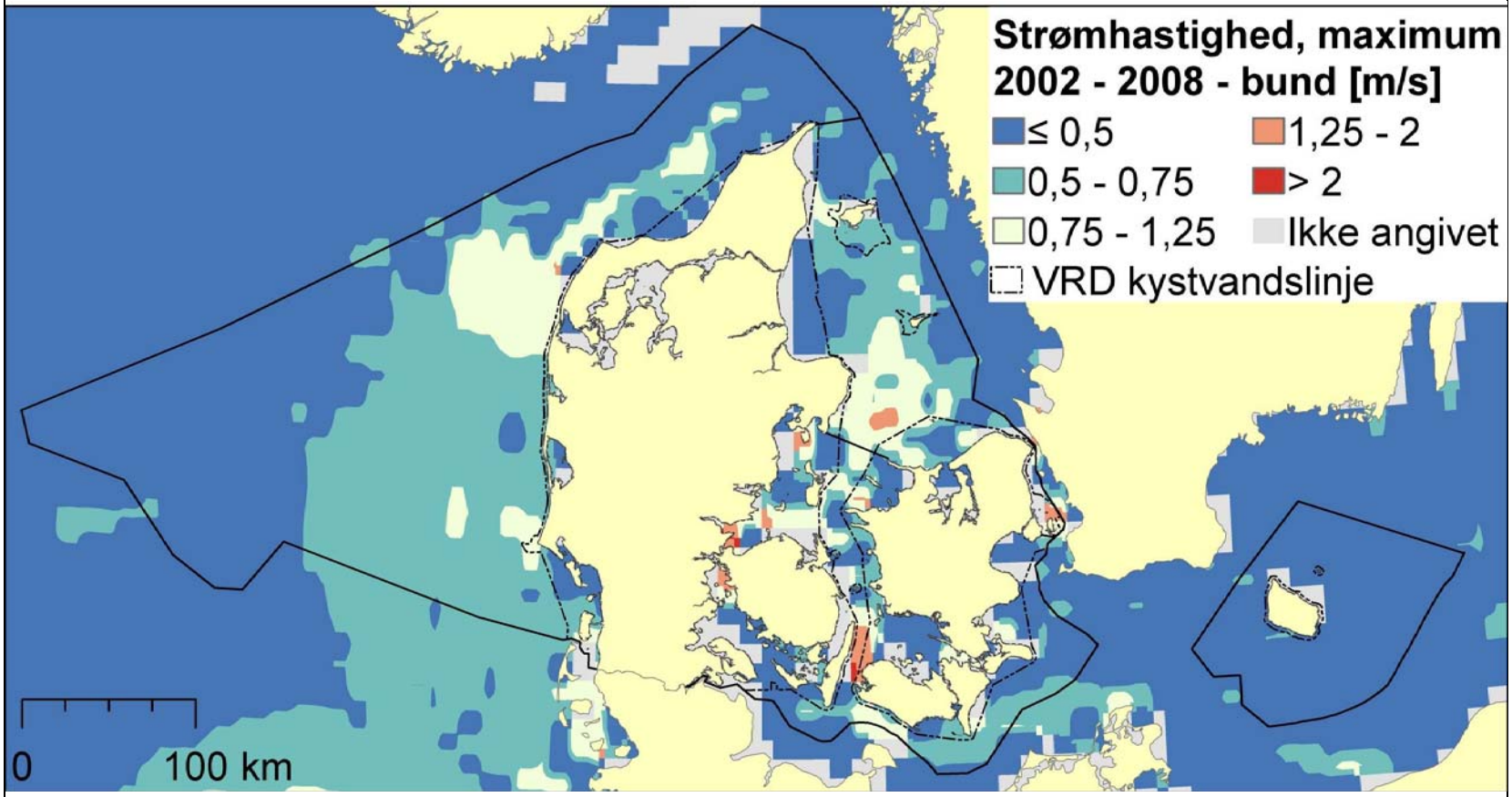
AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



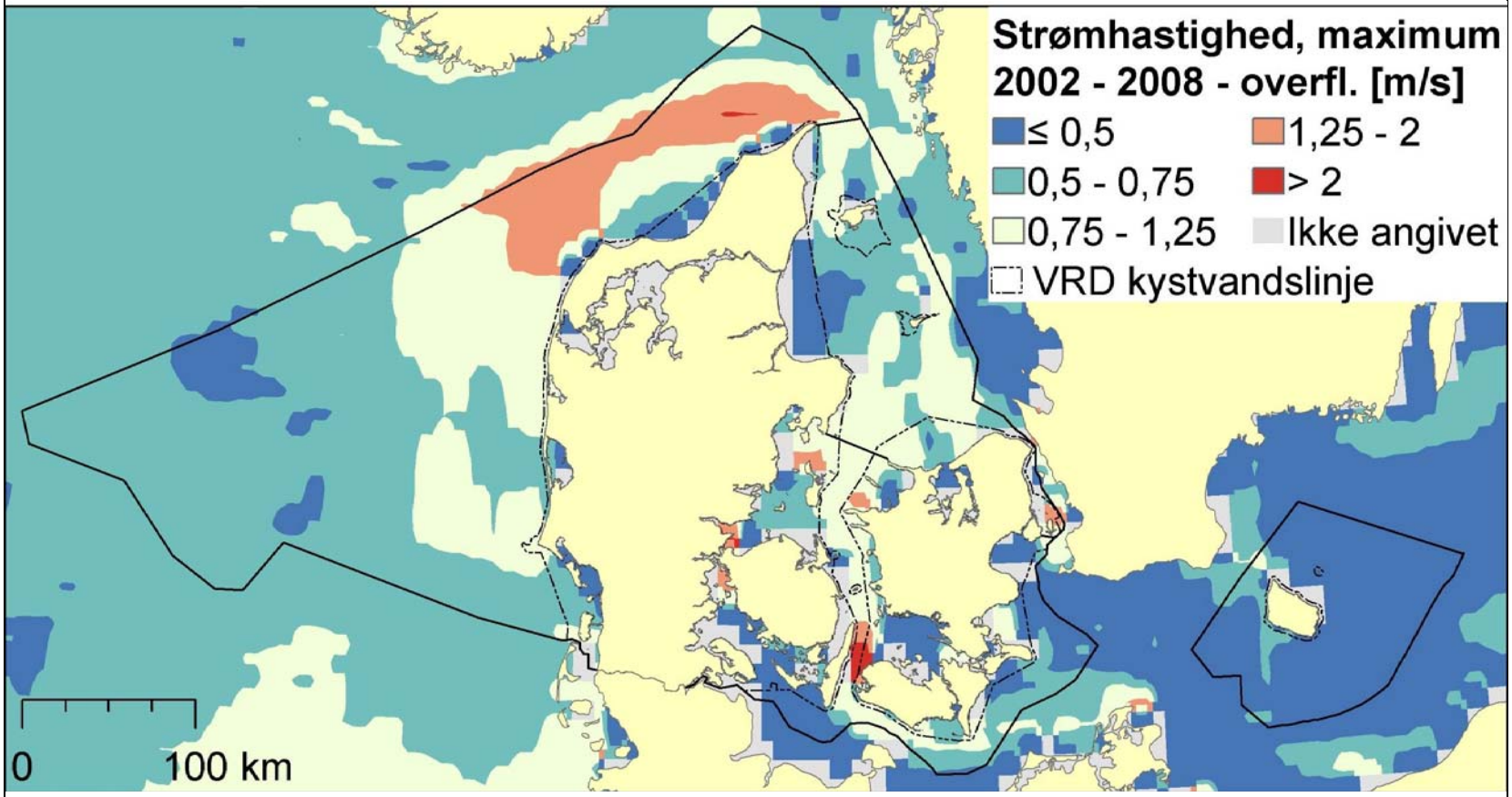
Kort 10: *Bølgeeksponering som gennemsnit for 2007-2009. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*



Kort 11: *Signifikant bølgehøjde (middelhøjden af den højeste tredjedel af bølgerne, målt fra bølgetop til bølgedal) som gennemsnit for 2007-2009. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

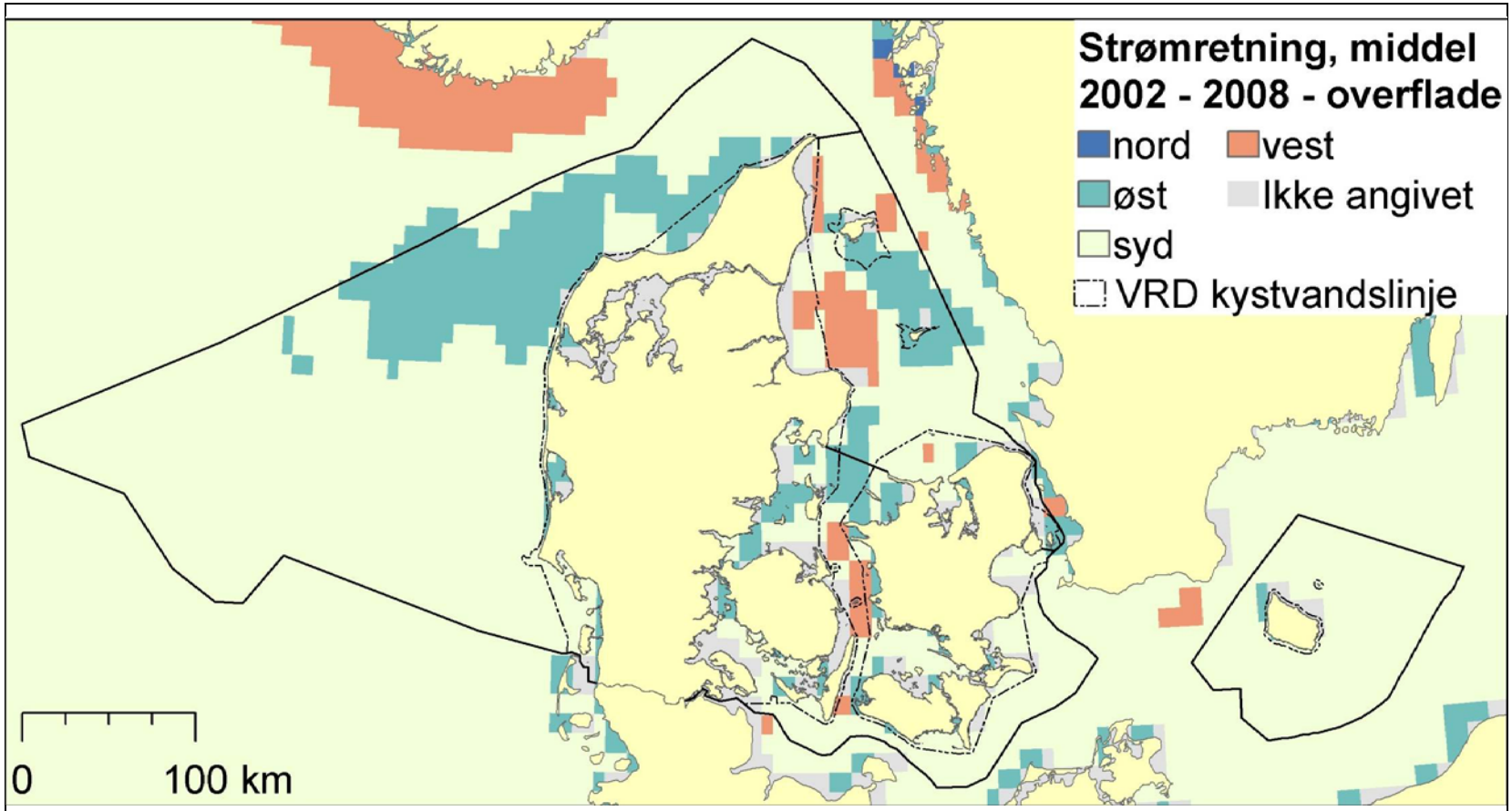


Kort 12: *Strømhastighed ved bunden som gennemsnit for 2002-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*



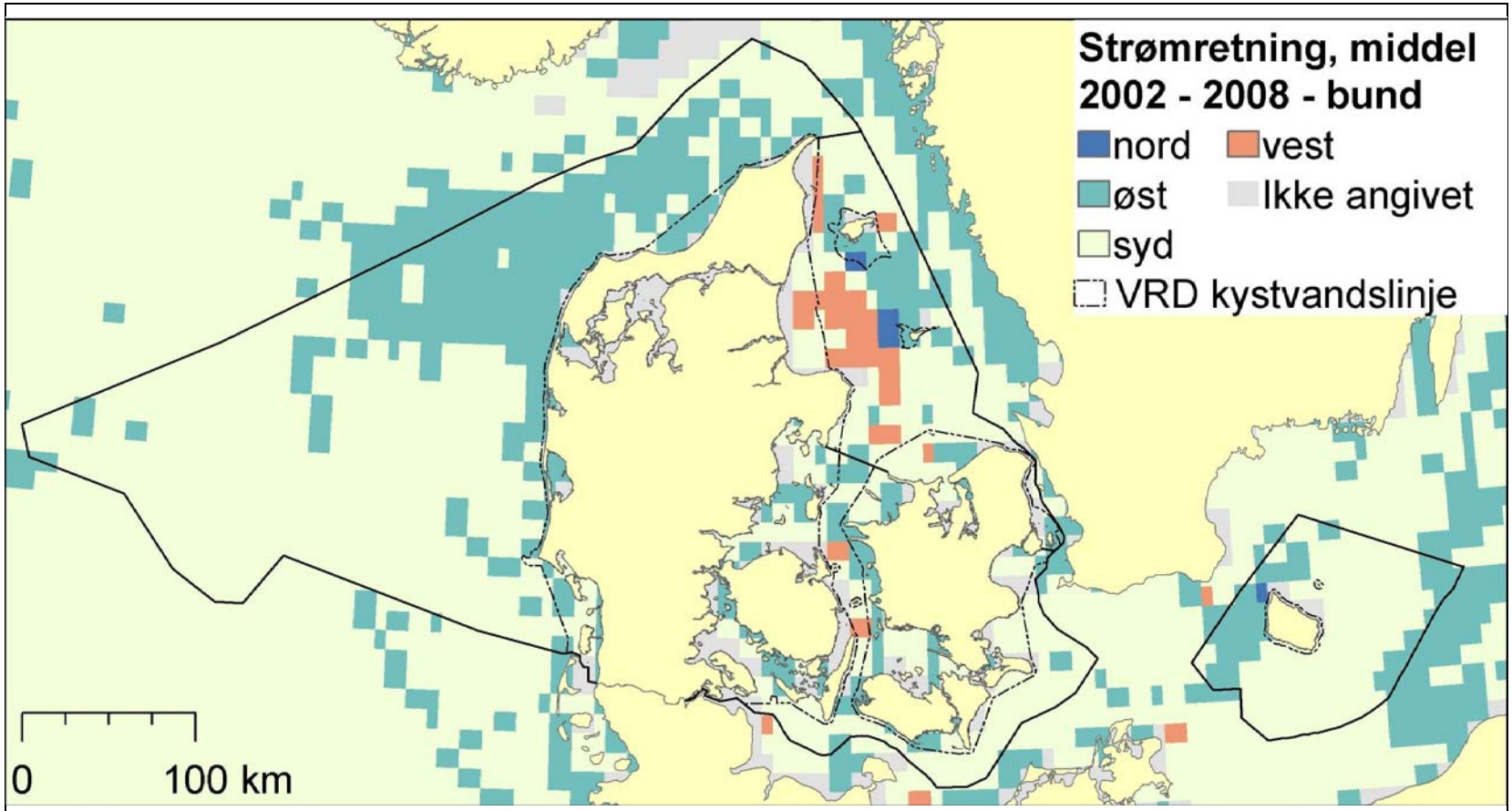
Kort 13: *Strømhastighed i overfladen som gennemsnit for 2002-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



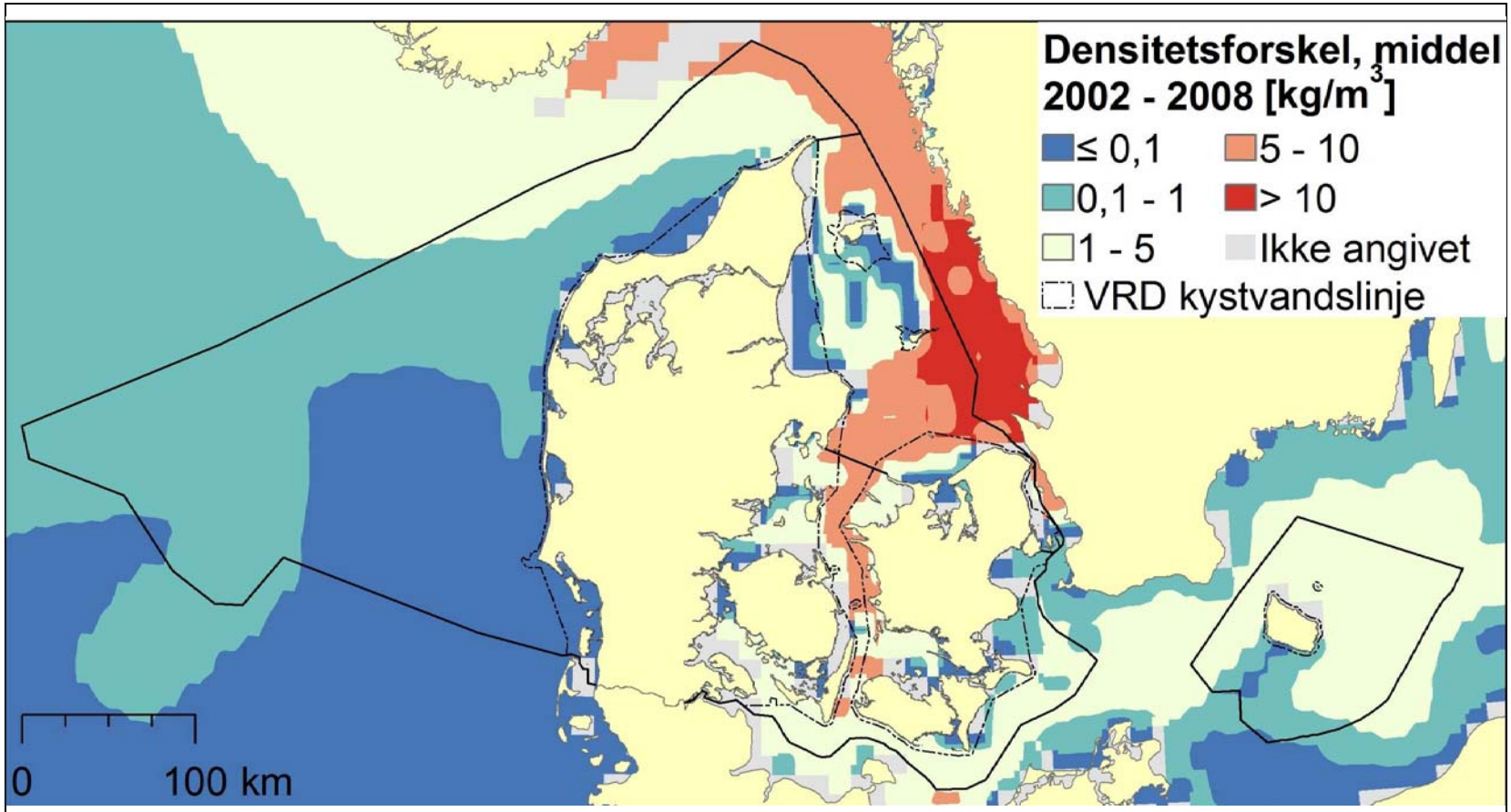
Kort 14: *Strømretning i overfladen som gennemsnit for 2002-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

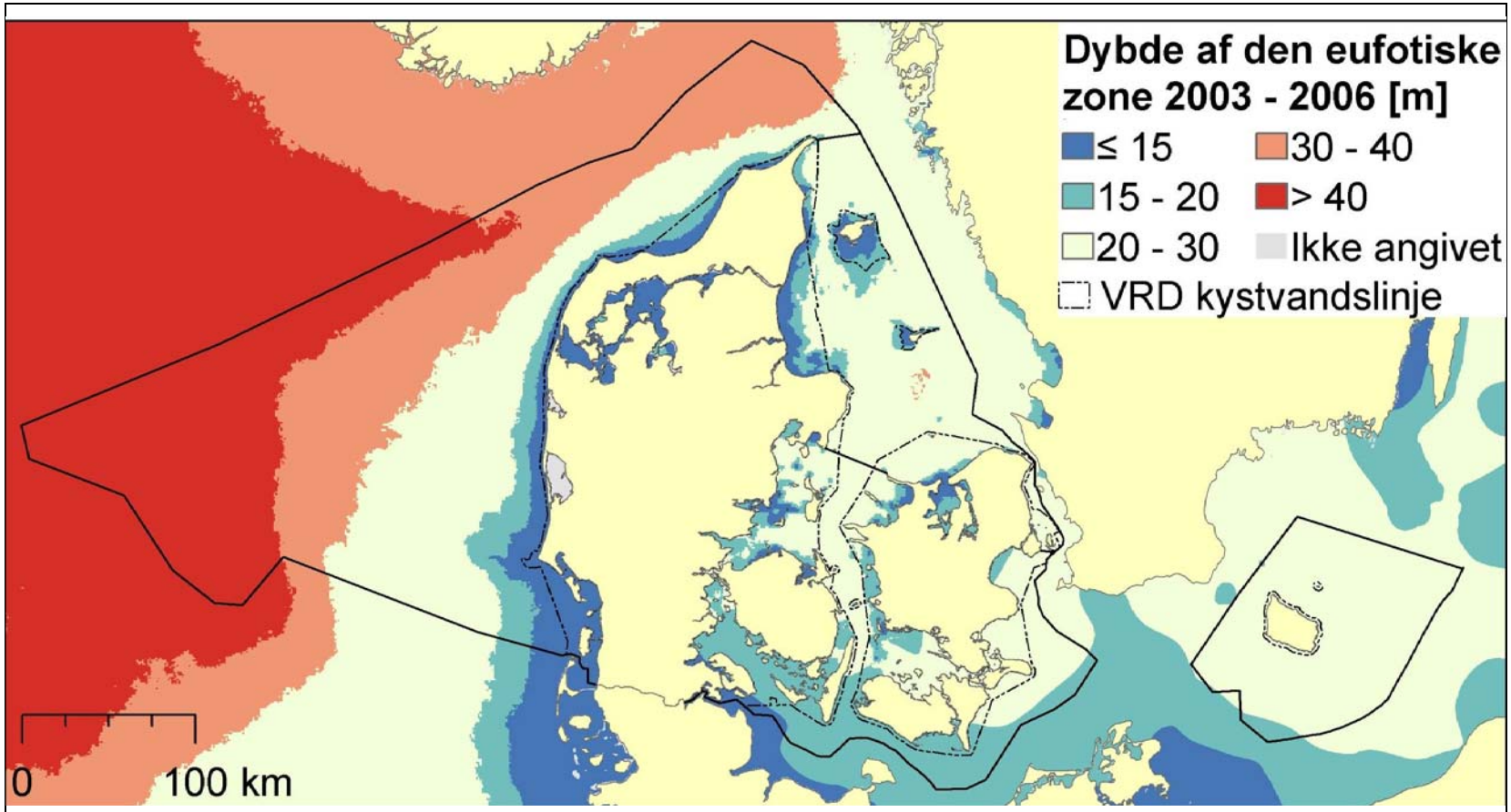


Kort 15: *Strømretning ved bunden som gennemsnit for 2002-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

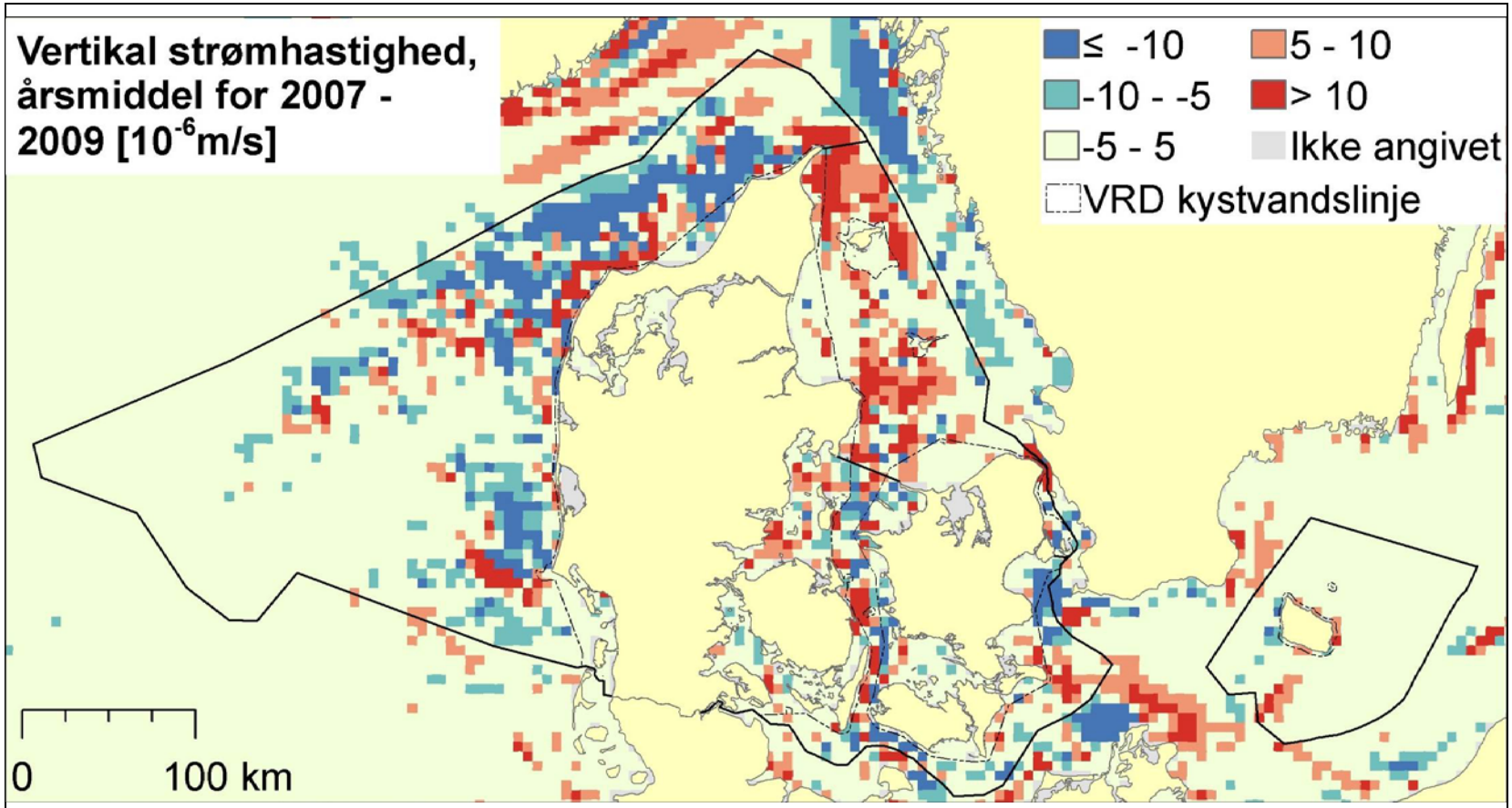
AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



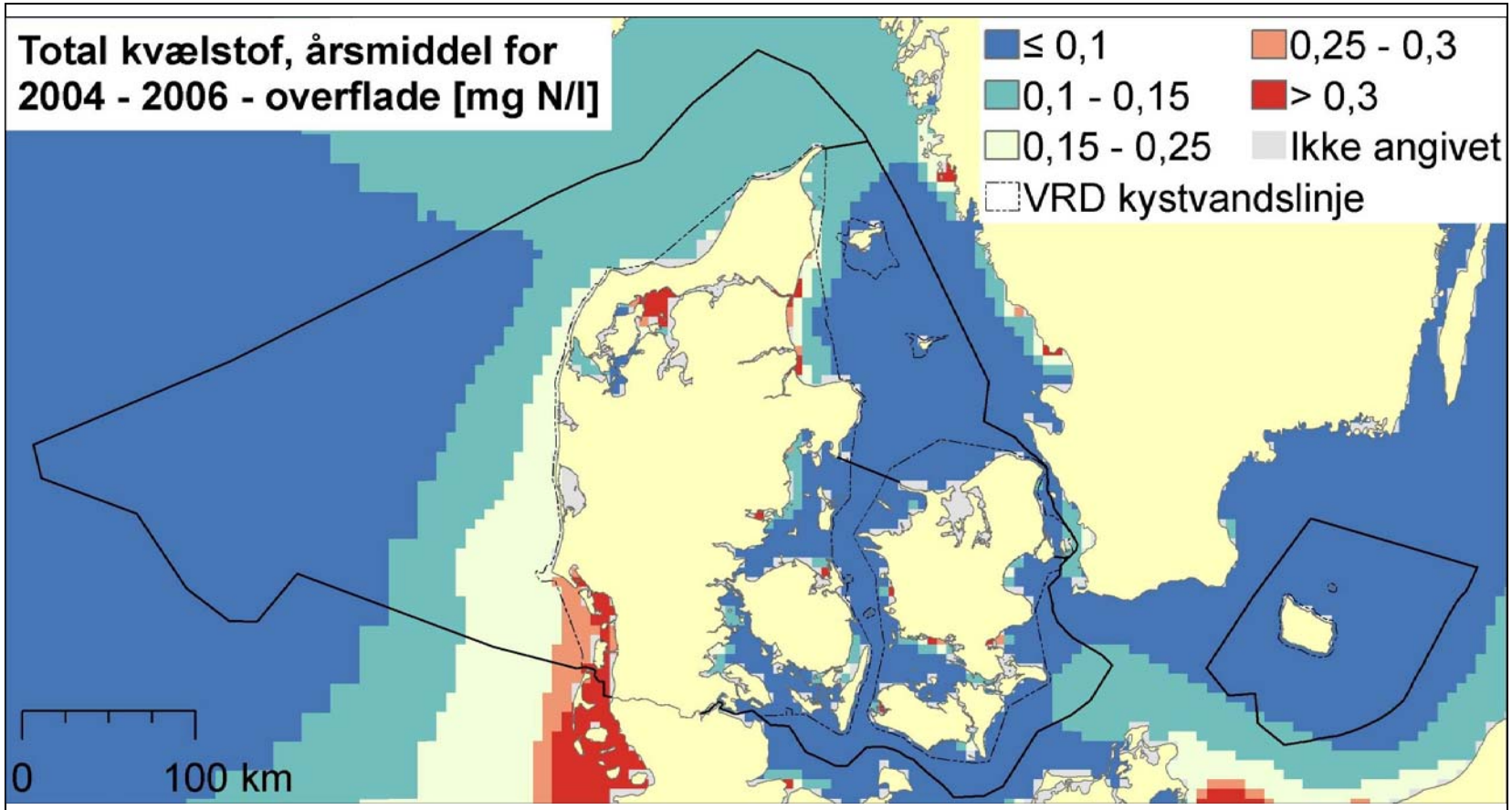
Kort 16: *Densitetsforskel mellem bundvand og overfladevand som gennemsnit for 200x-200x. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*



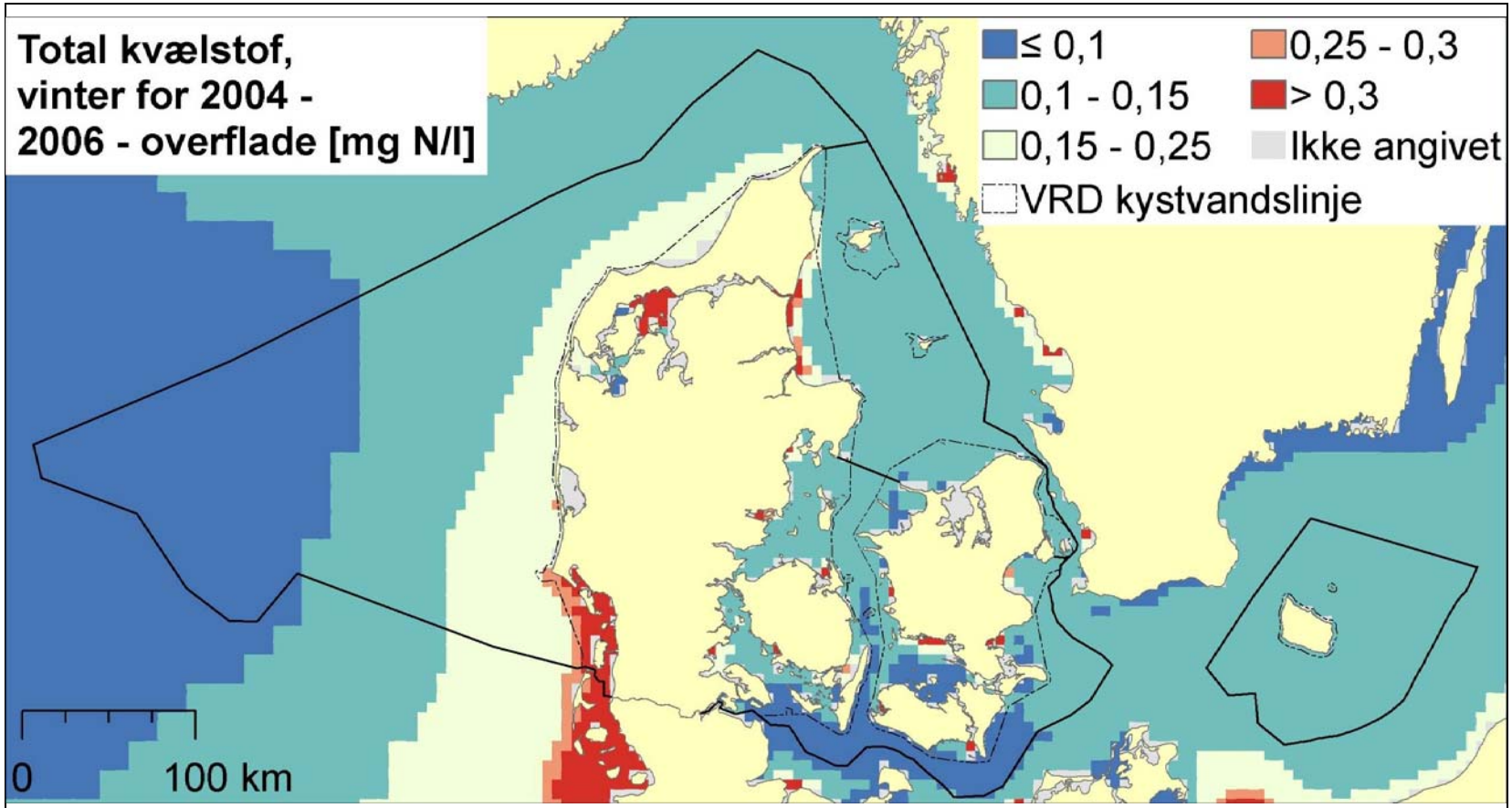
Kort 17: *Dybden hvor den tilbageværende lysmængde svarer til 1 % af indstrålingen til overfladen som gennemsnit for 2003-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*



Kort 18: *Vertikal strømhastighed som gennemsnit for 200x-200x. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

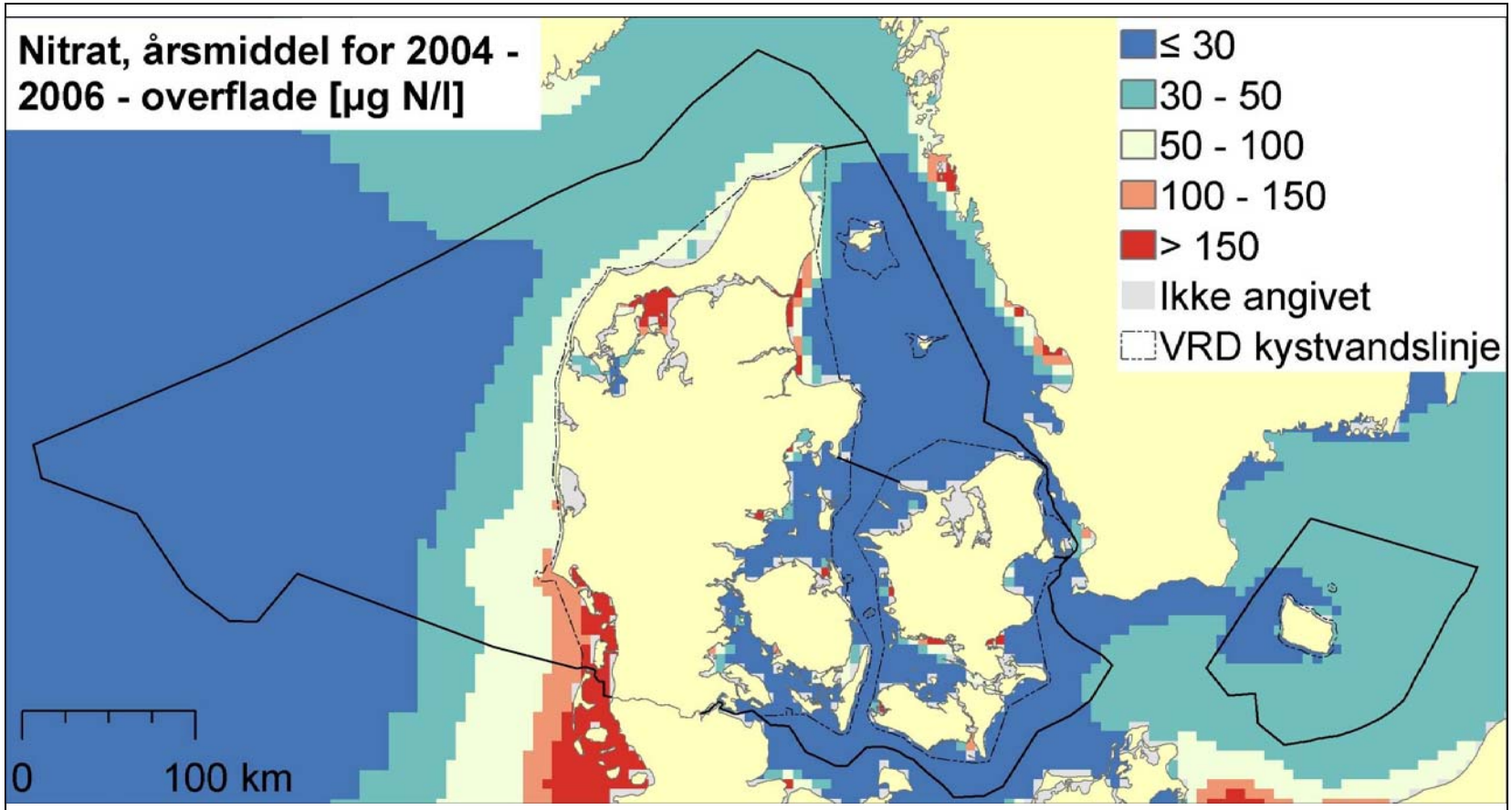


Kort 19: *Årsmiddel af overfladekoncentrationen af total-kvælstof som gennemsnit for 2004-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*



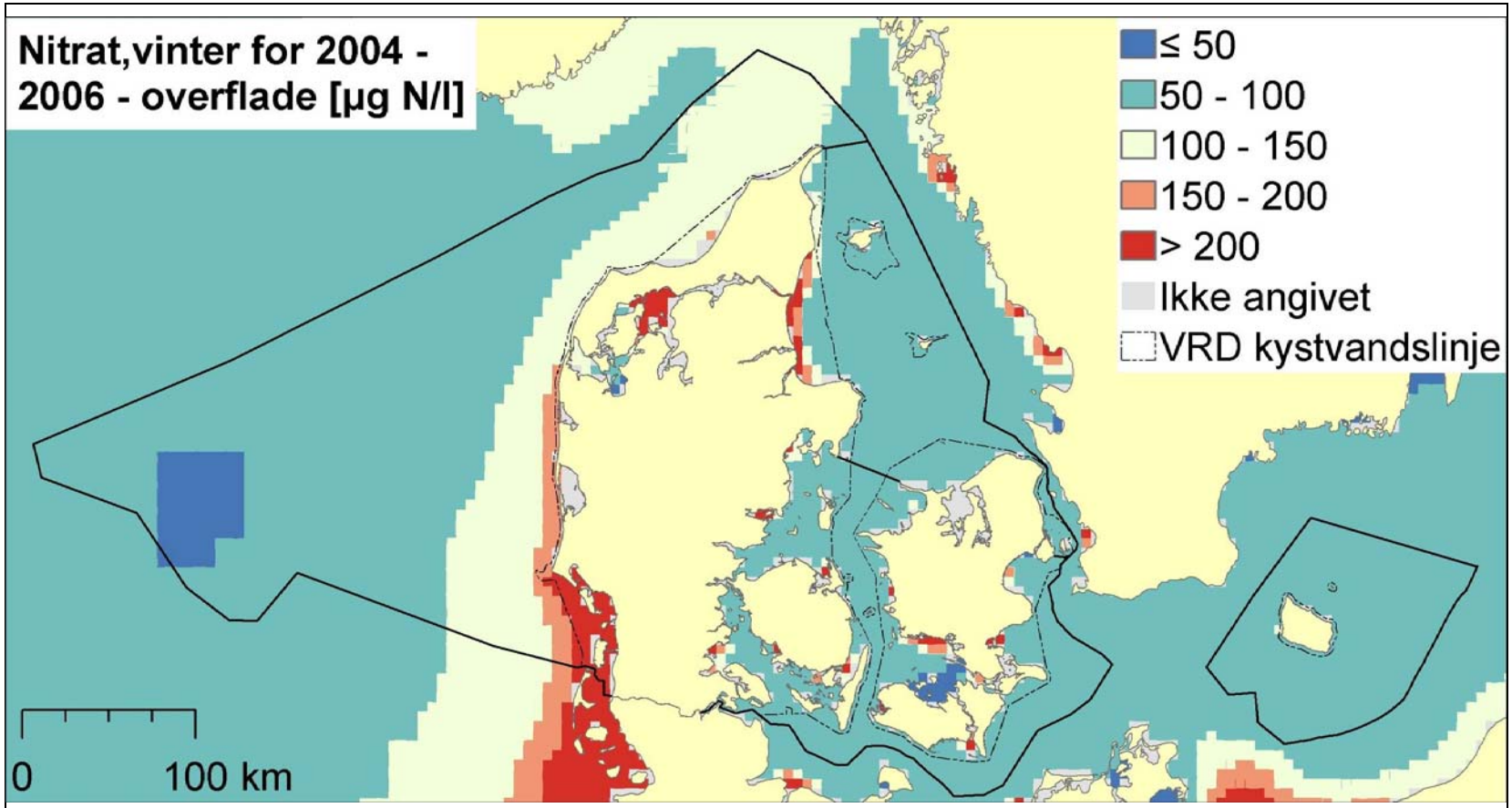
Kort 20: *Vintermiddel (jan-feb) af overfladekoncentrationen af total-kvælstof som gennemsnit for 2004-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



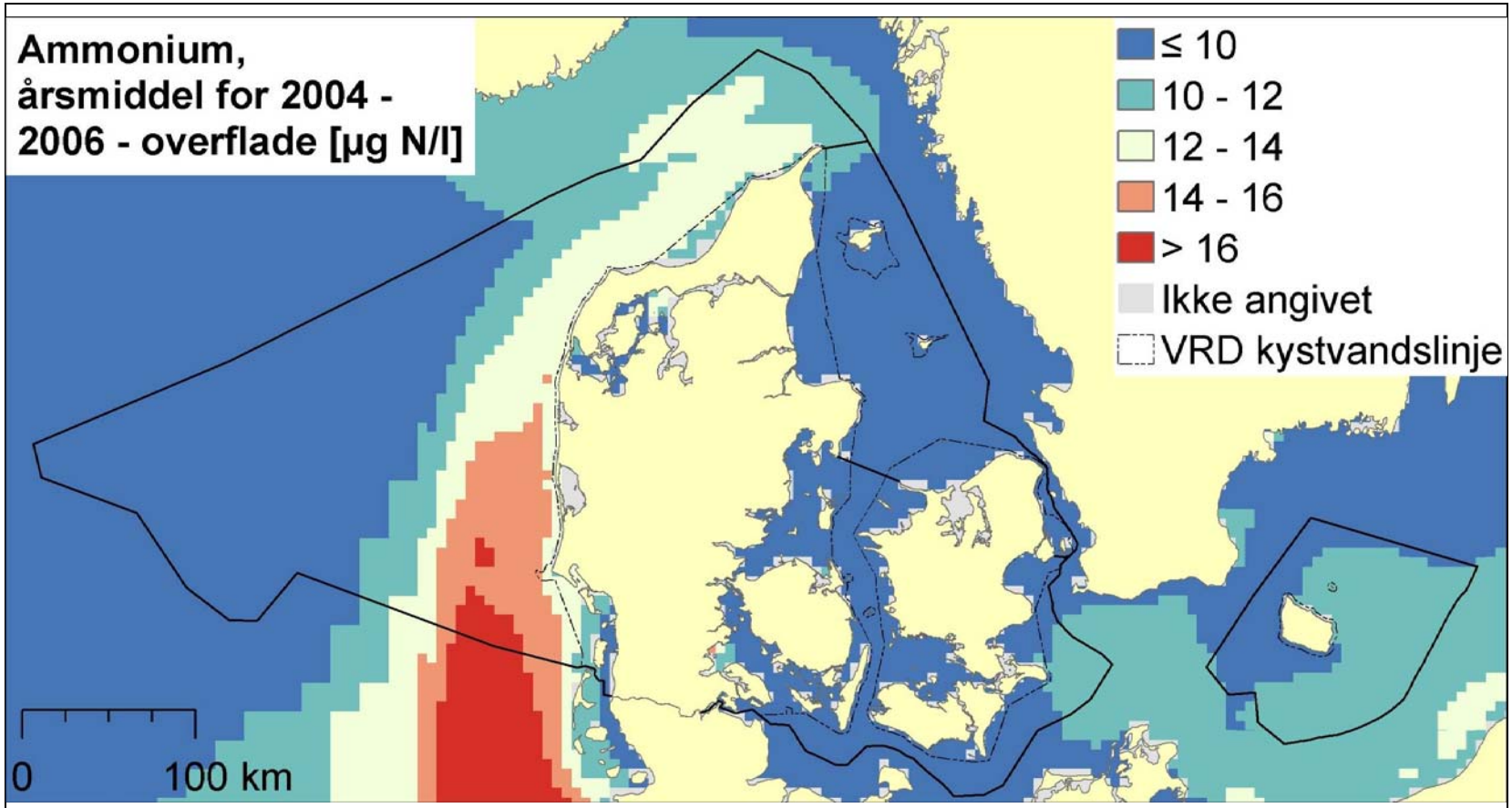
Kort 21: *Årsmiddel af overfladekoncentrationen af nitrat som gennemsnit for 2004-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsø-en/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



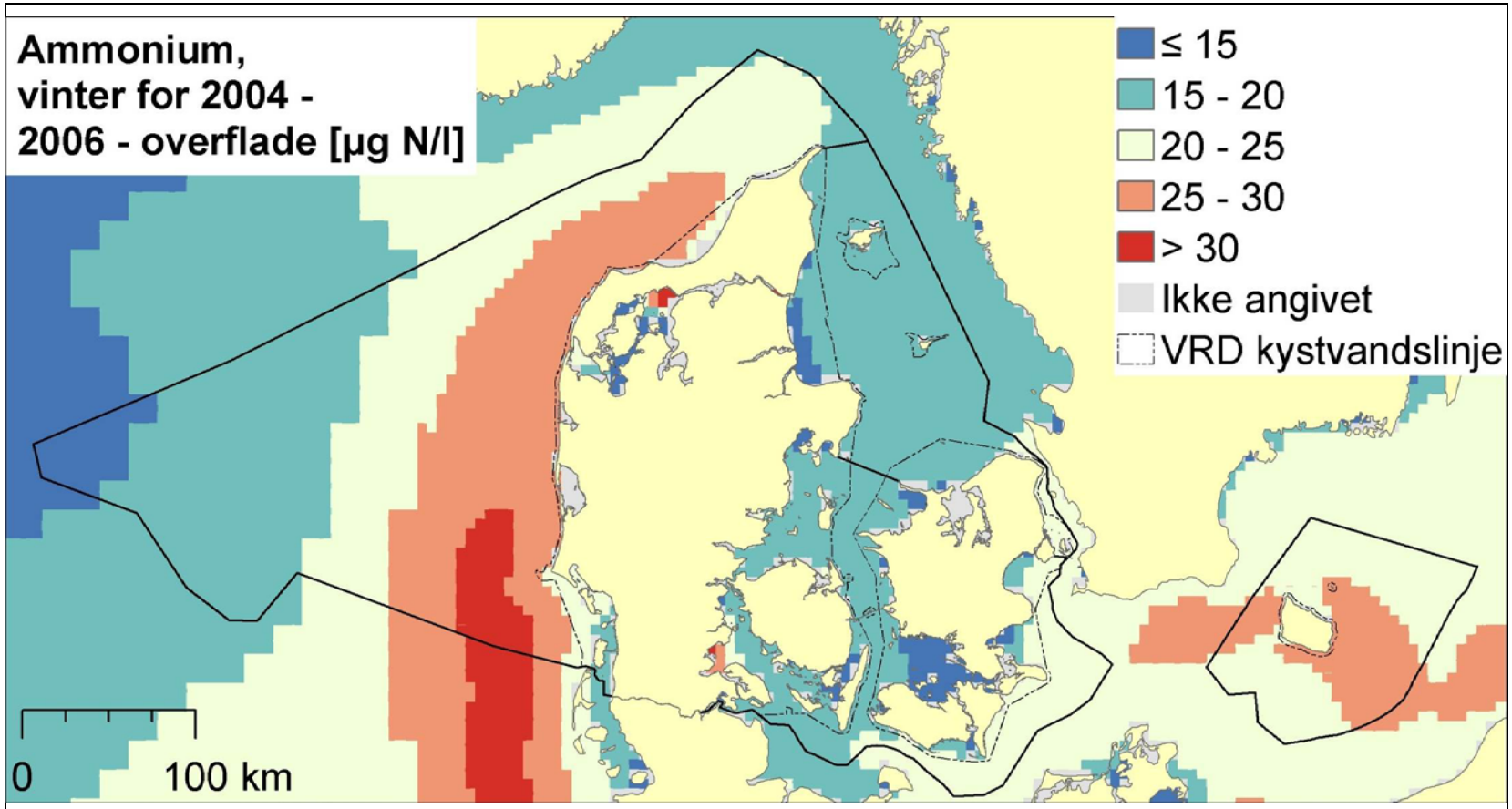
Kort 22: *Vintermiddel (jan-feb) af overfladekoncentrationen af nitrat som gennemsnit for 2004-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

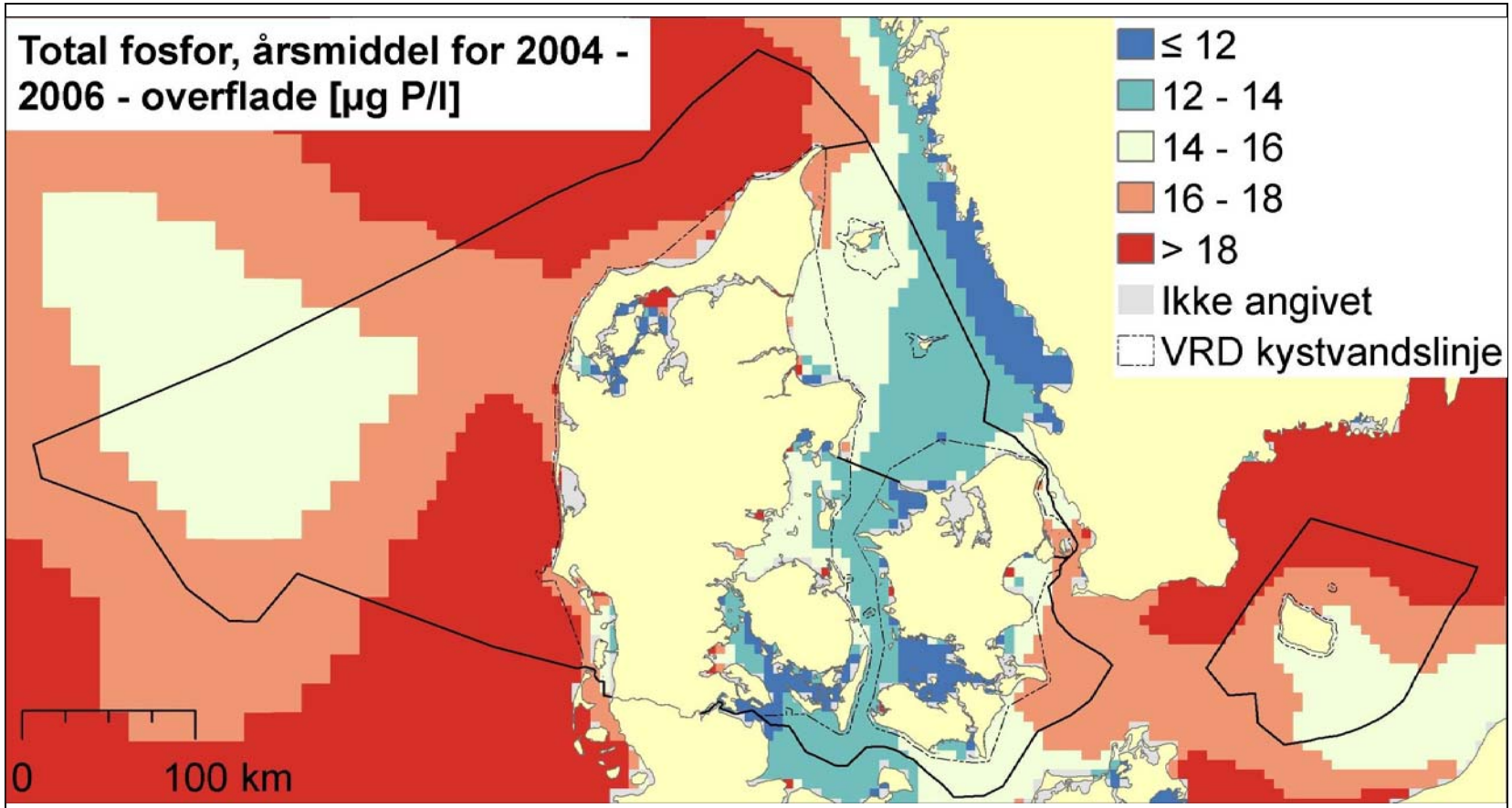


Kort 23: *Årsmiddel af overfladekoncentrationen af ammonium som gennemsnit for 2004-200 . Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

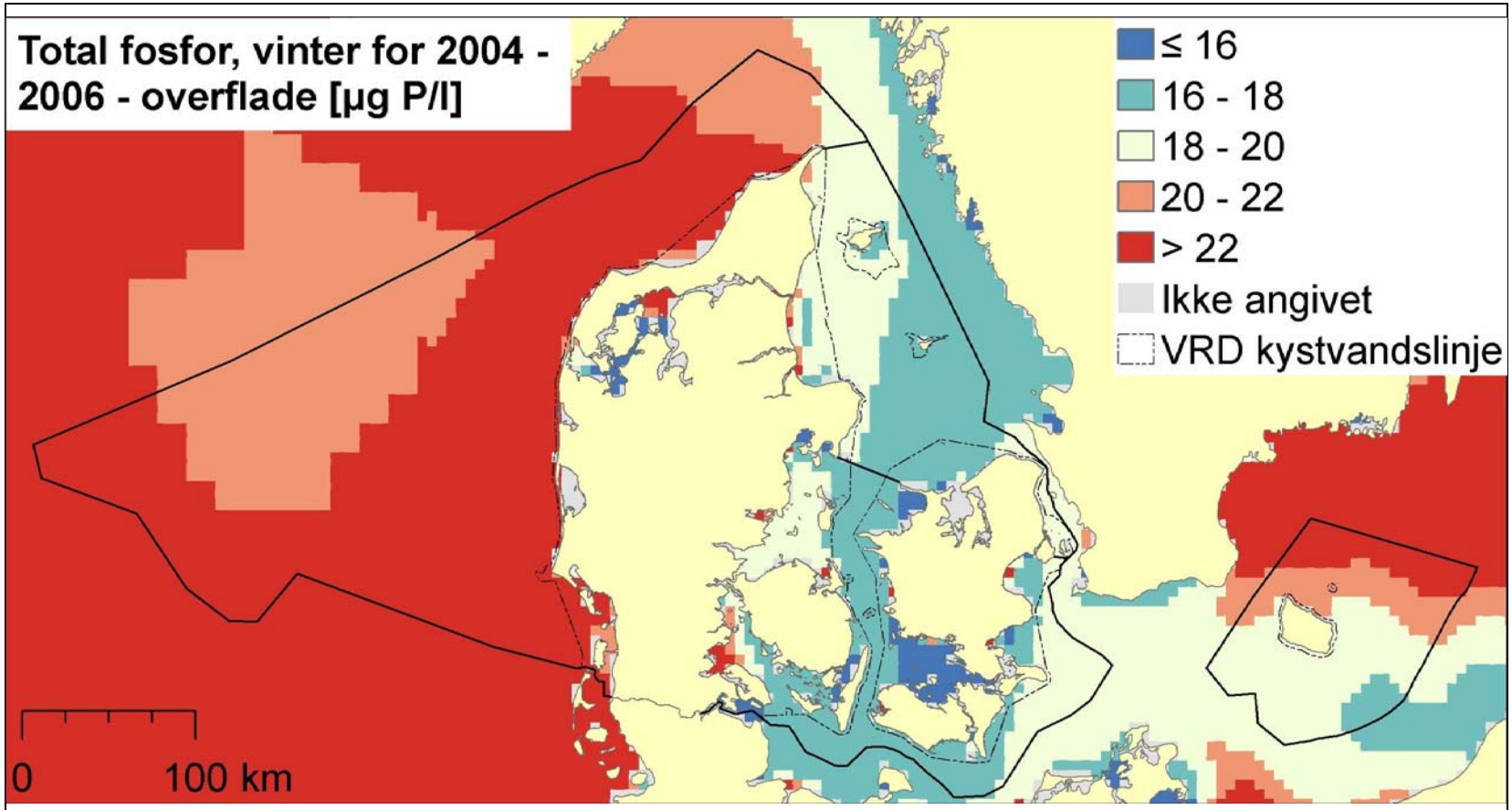


Kort 24: *Vintermiddel (jan-feb) af overfladekoncentrationen af ammonium som gennemsnit for 2004-200 . Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

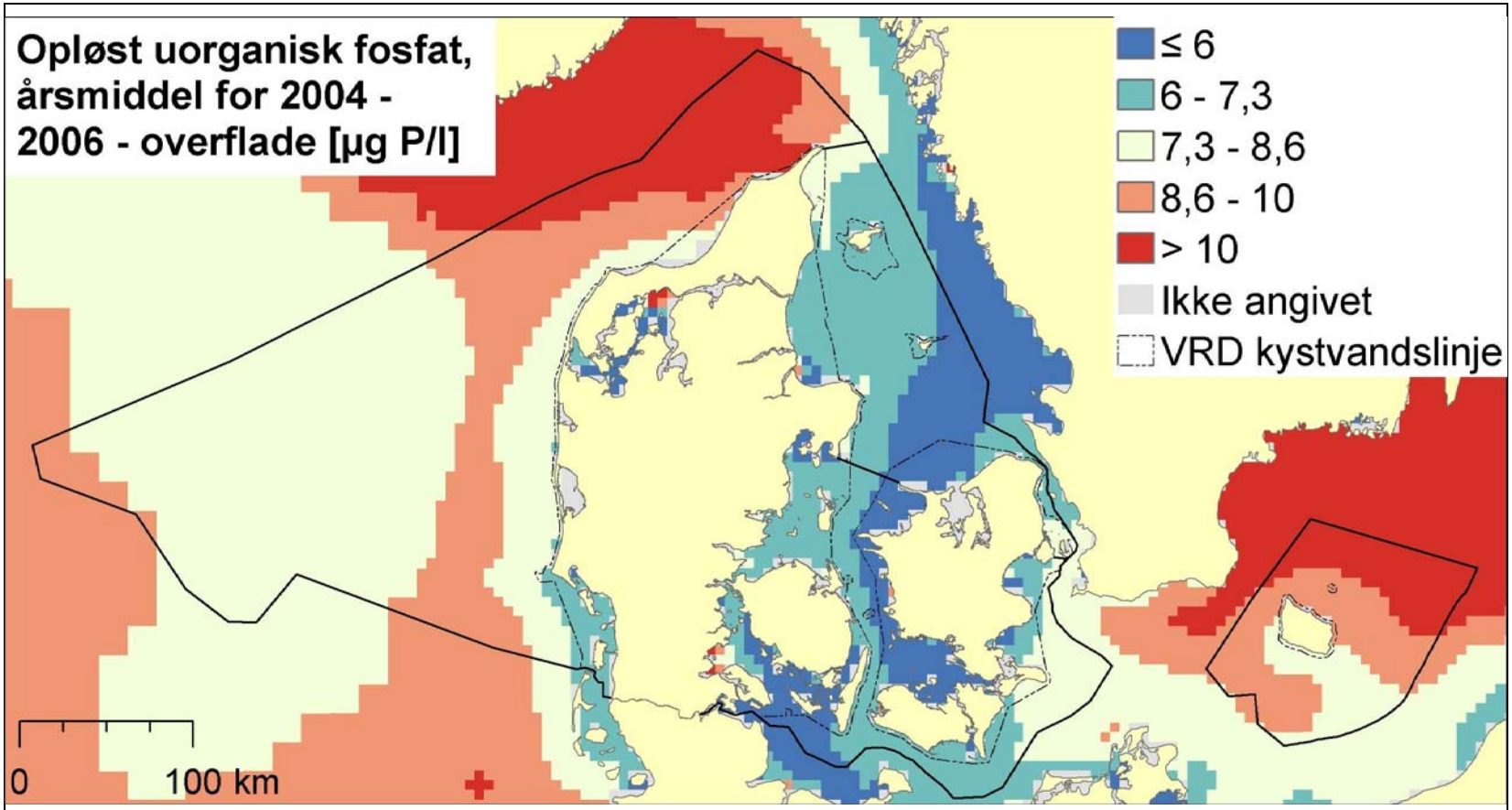


Kort 25: *Årsmiddel af overfladekoncentrationen af total-fosfor som gennemsnit for 2004-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

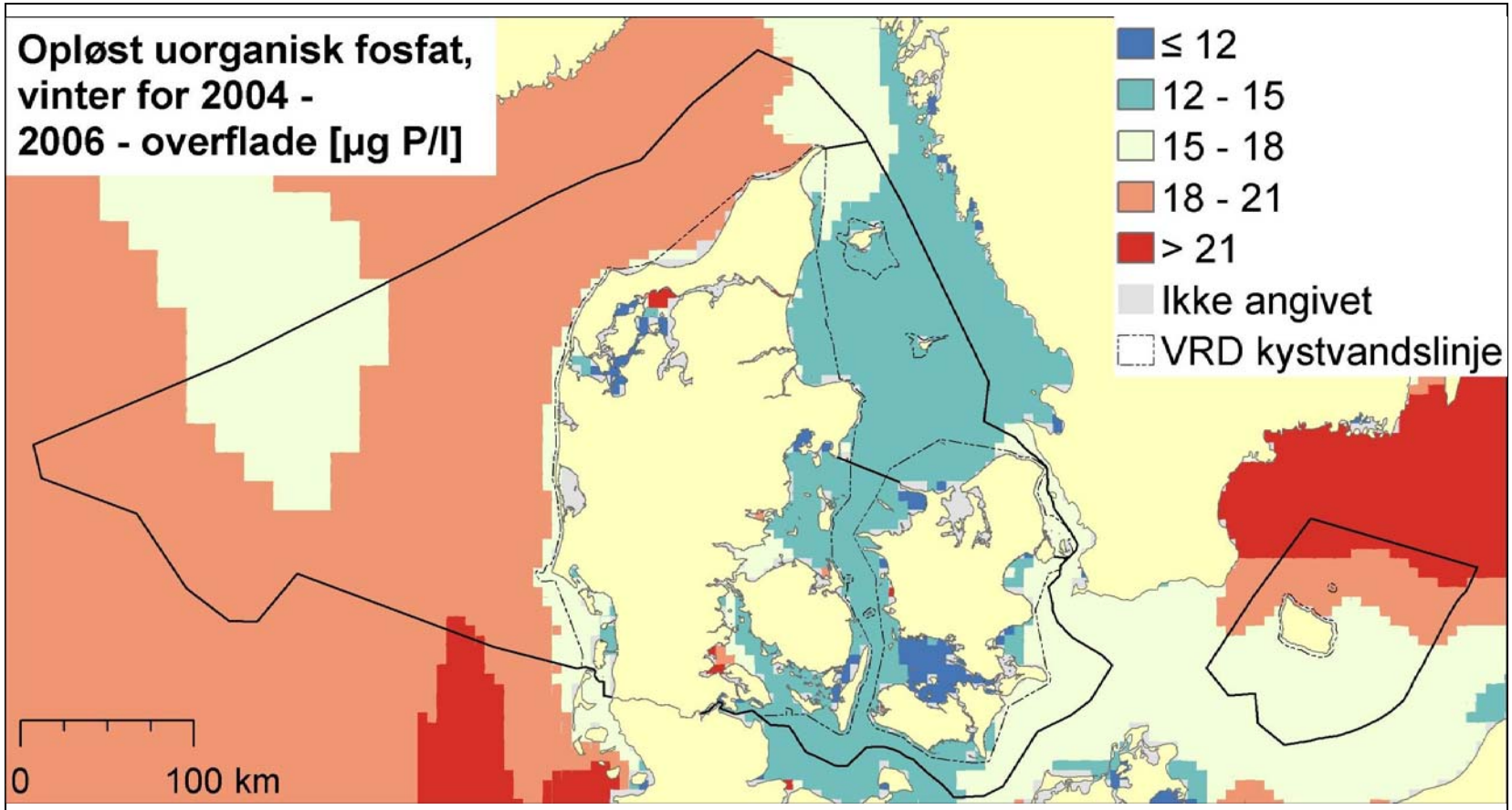


Kort 26: *Vintermiddel (jan-feb) af overfladekoncentrationen af total-fosfor som gennemsnit for 2004-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*



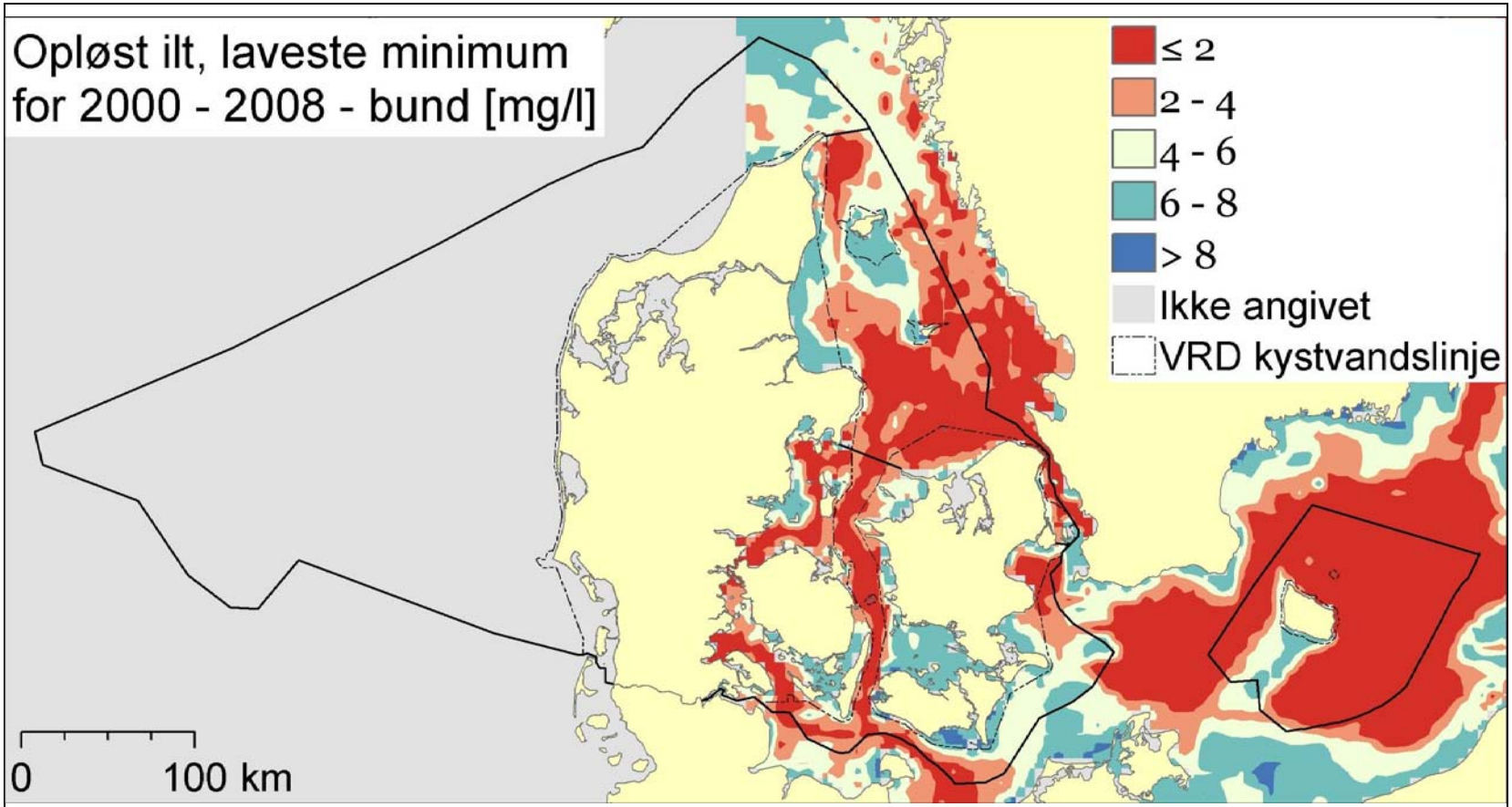
Kort 27: *Årsmiddel af overfladekoncentrationen af opløst uorganisk fosfat som gennemsnit for 2004-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ) , mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



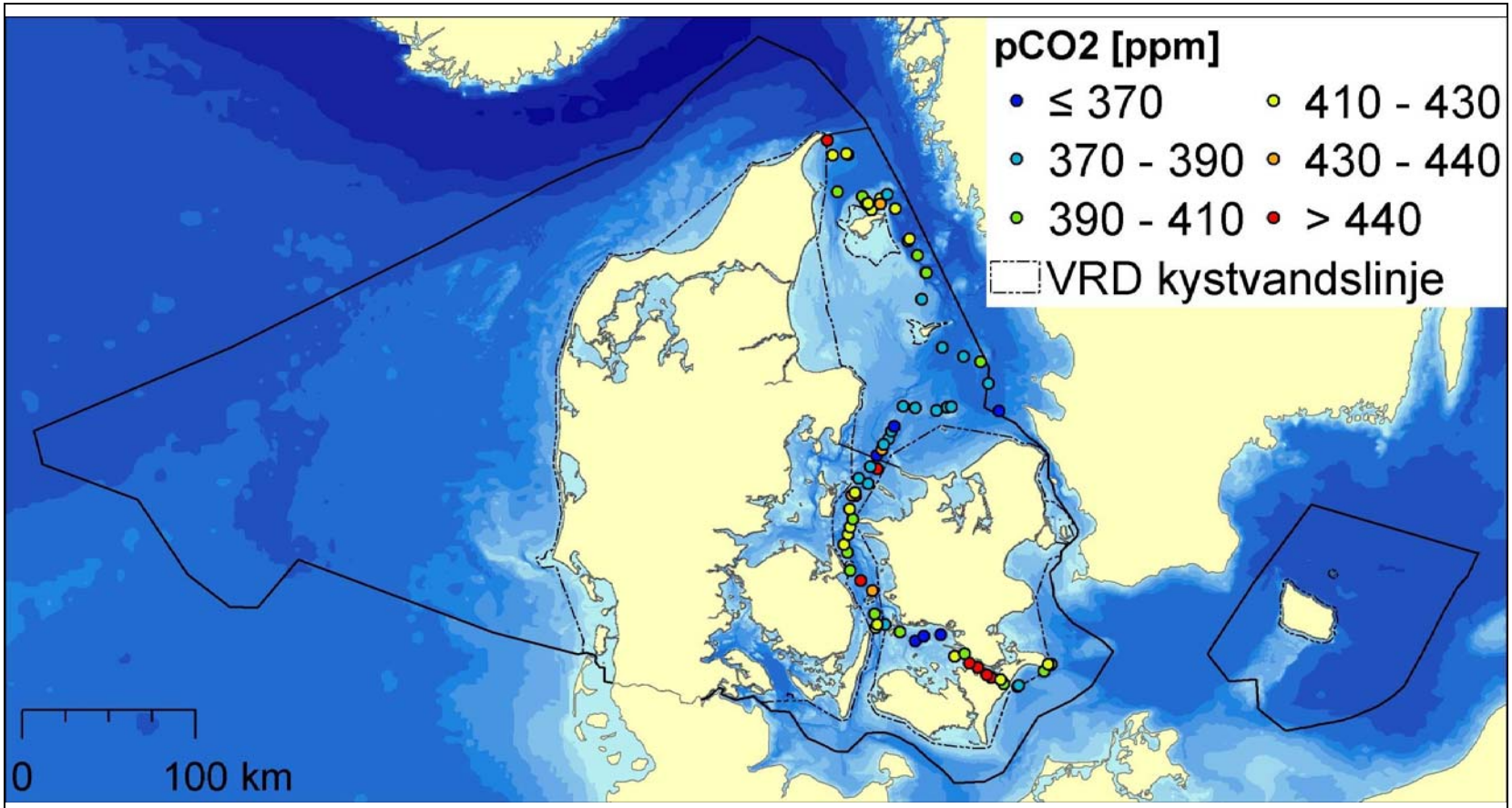
Kort 28: *Vintermiddel (jan-feb) af overfladekoncentrationen af opløst uorganisk fosfat som gennemsnit for 2004-2006. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



Kort 29: *Årets laveste koncentration af ilt i bundvandet som gennemsnit for 2000-2008. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsø-en/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



Kort 30: *Niveau af pCO2 i 2 m's dybde i august 2011. I samme periode var atmosfærens pCO2-niveau gennemsnitligt 389 ppm. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusive Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

***Kort 31**: Målinger af pH i overfladevand som gennemsnit for 2000 -2008 – måleperioden varierer meget fra område til område. Afgrænsningen af de danske farvande fremgår af den fuldt optrukne linje (Exclusiv Economic Zone, EEZ), mens den stiplede linje markerer afgrænsningen af de danske kystvande som defineret i Vandrammedirektivet. Desuden er angivet grænserne mellem de tre farvandsområder Nordsøen/Skagerrak, Kattegat/nordlige Øresund og Bælthavet/Østersøen.*

Bilag 2: Datablad

Serie titel og nr.:	Fagligt notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi
Titel:	Fysiske og kemiske forhold
Forfattere:	Jens Würgler Hansen[1)], Anders Windelin[1)], Cordula Göke[1)], Eva Thorborg Jørgensen[1)], Flemming Thorbjørn Hansen[2)] og Thomas Uhrenholdt[2)]
Institut:	[1)] Institut for Bioscience, Aarhus Universitet [2)] Afdeling for Miljø og Økologi, DHI
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
År for udgivelse:	August 2012
Redaktion afsluttet:	December 2011
Review:	Jesper H. Andersen, Institut for Bioscience, Aarhus Universitet Lars M. Svendsen, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi
Finansiering:	Naturstyrelsen.
Bedes citeret som:	Jens W. Hansen, Anders Windelin, Cordula Göke, Eva T. Jørgensen, Flemming T. Hansen og Thomas Uhrenholdt 2012. Fysiske og kemiske forhold. Fagligt notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi. 63 pp. Må citeres med kildeangivelse
Sammenfatning:	I dette notat præsenteres en lang række kort med parametre, som beskriver de fysiske og kemiske forhold i de danske farvande: dybde, sedimenttype, salinitet, temperatur, isdække, bølger, strøm, lagdeling, turbiditet, opholdstid, upwelling, næringssalte (årsmiddel og vinter), ilt, kuldioxid og pH. For hver parameter er der en kort beskrivelse og kommentering af den geografiske fordeling samt omtale af evt. kobling til andre parametre.
Emneord:	Havstrategidirektivet, fysiske forhold, næringsstoffer, ilt, Nordsøen, Skagerrak, Kattegat, Østersøen
Sideantal:	63
Internet version:	Dette notat kan downloades i elektronisk format (pdf) via DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi's hjemmeside http://dce.au.dk/udgivelser/notater/2012/
Bemærkninger:	Dette faglige notat er ét af i alt 18 notater udarbejdet af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi i forbindelsen med en faglig karakterisering af miljøtilstanden i de danske havområder, herunder også en vurdering af påvirkningsfaktorer.