



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Deltares
Enabling Delta Life



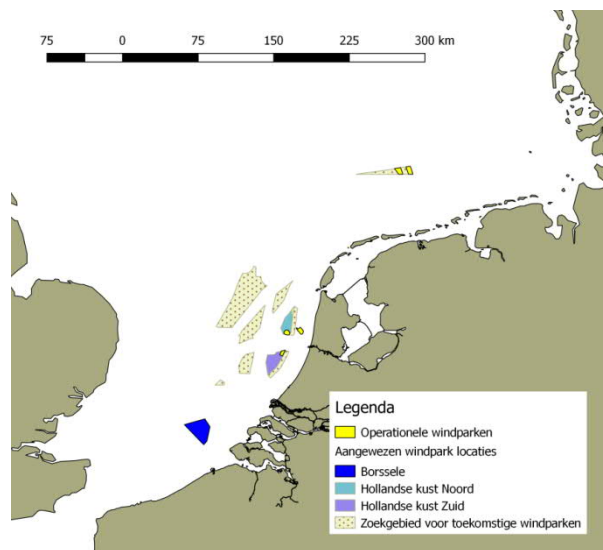
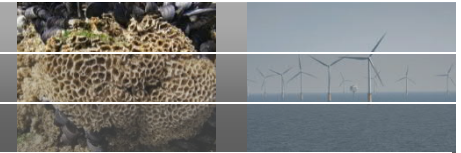
WHIFFLE WEATHER FINECASTING

Ecosysteemeffecten bij grootschalige uitrol windparken op zee

Arjen Boon, Sofia Nunes de Caires, Jan-Joost Schouten, Ine Wijnant, Remco Verzijlbergh, Firmijn Zijl, Sanne Muis, Thijs van Kessel, Tobias van Kooten, Pauline Kamermans and Luca van Duren

16 april 2019

Geplande uitrol offshore wind



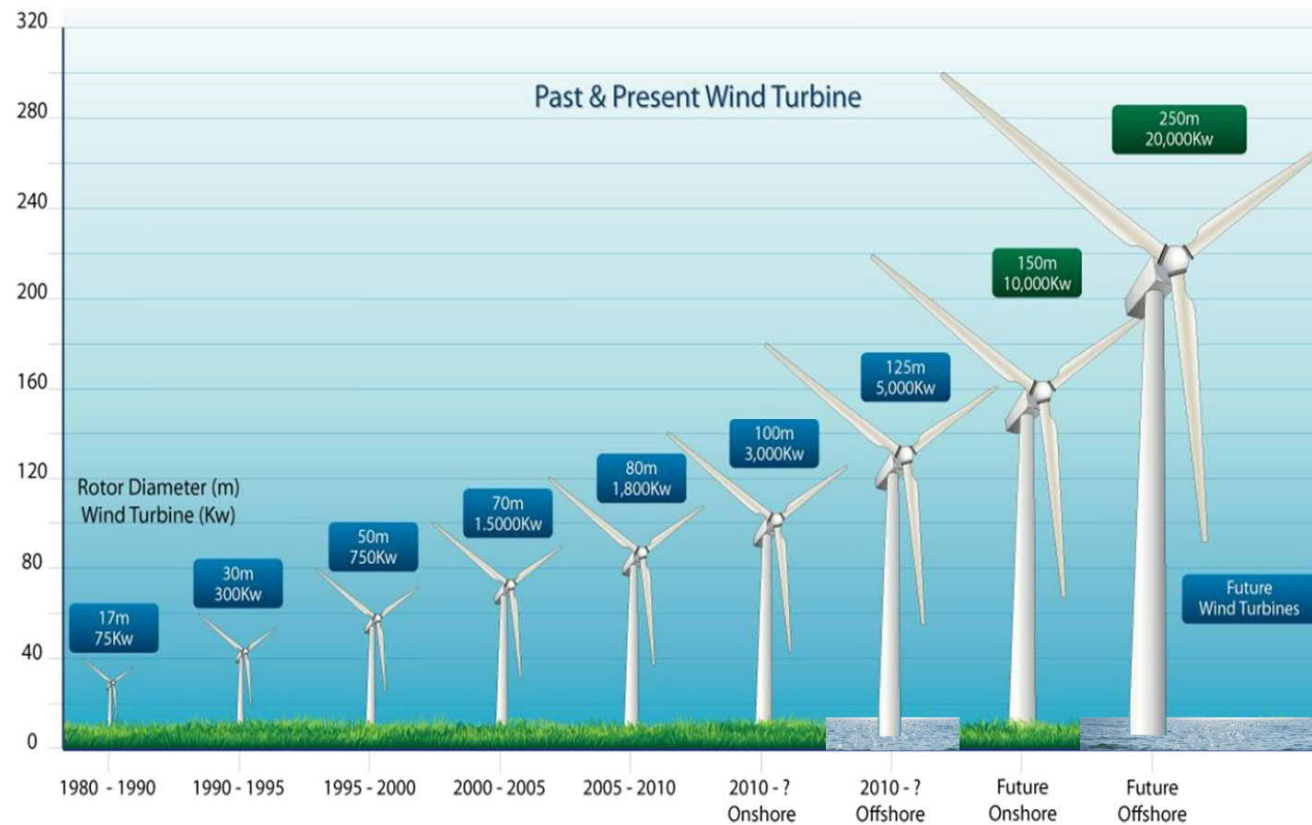
20% NCP is zoekgebied voor offshore wind
Dit wordt verder opgerekt

- Vergelijkbare opschaling in omliggende landen
- Voorspelling EU: in 2030 30 x huidige productie



Bron: 4C-Offshore

Niet alleen meer ook grotere turbines



Huidige focus ecologische effecten

- Geluid
- Migratie vogels en vleermuizen
- Uitsluiting bodemberoering
- Extra hard substraat
 - Biodiversiteit
 - Invasieve soorten

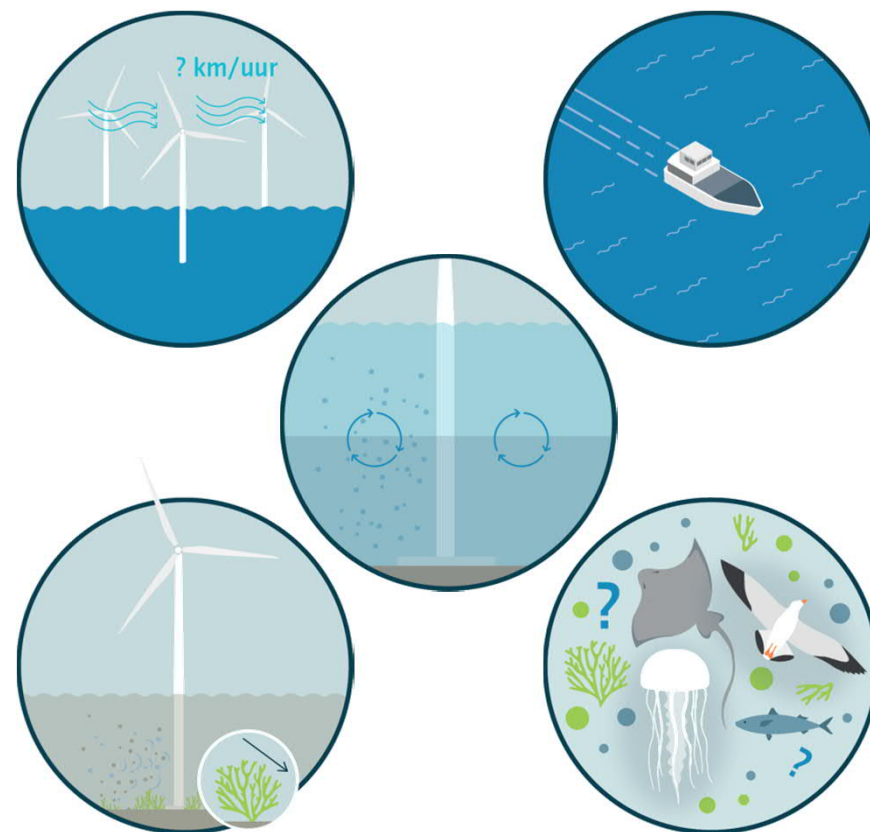
Mogelijkheden uitnutten voor natuurinclusief bouwen op de Noordzee

Gaat grootschalige uitrol WoZ effecten hebben op de fysische karakteristieken van de Noordzee? Zo ja, wat zijn dan de effecten op het ecosysteem?

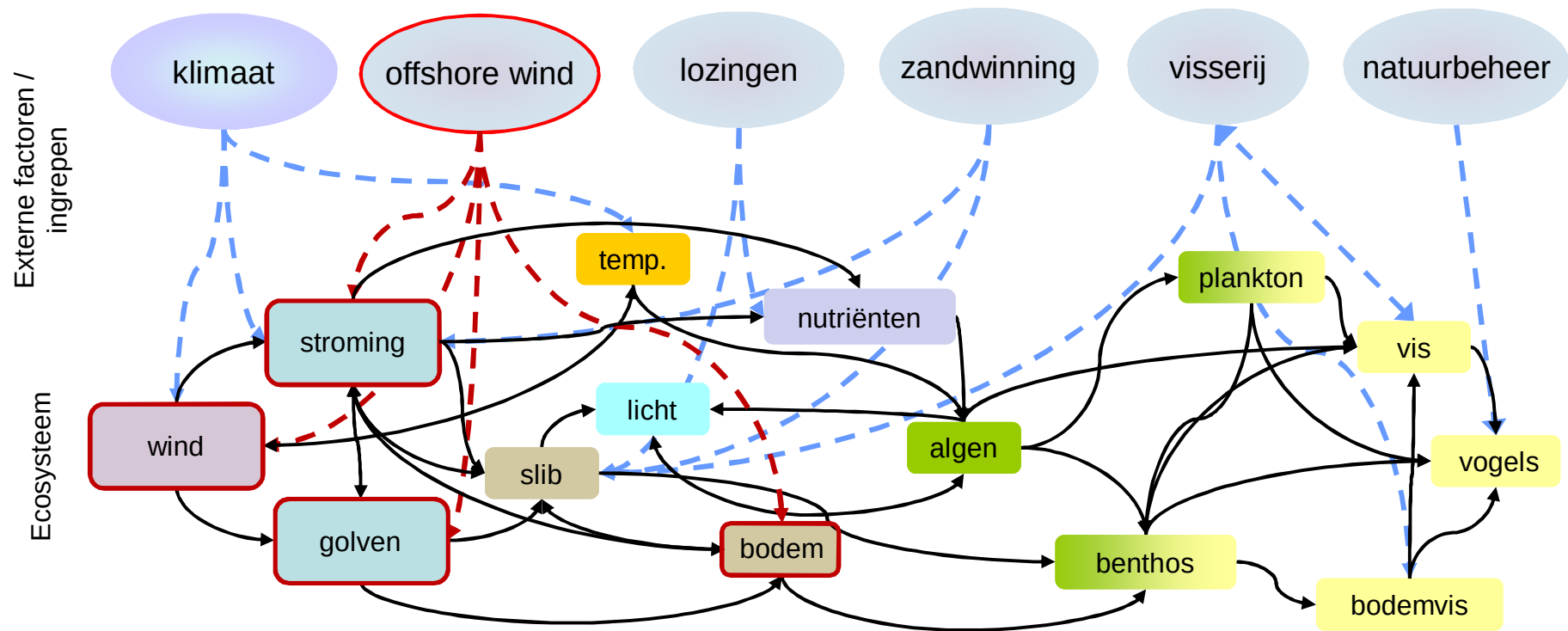
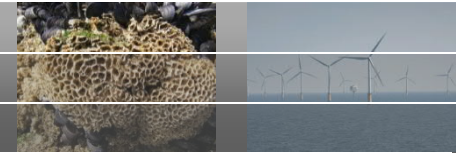


Doelstelling opdracht

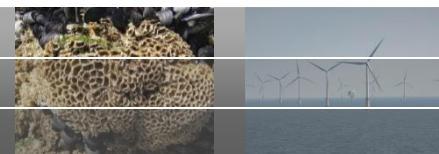
- A. Bepalen cruciale karakteristieken van het Noordzee ecosysteem
- B. Vaststellen kritische grenzen door gecumuleerde effecten
- C. Bepalen welke fysische aspecten ongestoord blijven functioneren
- D. Bepalen hoe deze effecten doorwerken op primaire productie en benthos



Effectketen benadering



Gefaseerde aanpak



Fase 1

Conceptuele systeem
beschrijving =
**benoemen van
relaties**

- Wind /
Hydrodynamica
- Hydrodynamica / slib
- Hydrodynamica /
waterkwaliteit
- Waterkwaliteit
ecologie

Fase 2

Kwantificering
effecten = **inschatting
kwantificeerbaarheid
op basis expert
judgement**

- Wind /
Hydrodynamica
- Hydrodynamica /
waterkwaliteit
- Hydrodynamica /
waterkwaliteit



Fase 3

Ecologische doorkijk

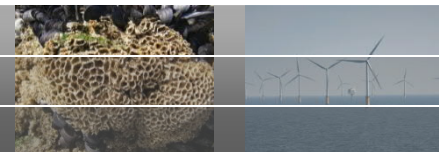
- Hydrodynamica /
waterkwaliteit
- Gebaseerd op expert
judgement en
ervaring uit
verschillende
projecten (MER
zandwinning,
INSITE)**

A photograph of an offshore wind farm in the North Sea. Several large, three-bladed wind turbines are visible, spaced out across the horizon. The sky is a clear, pale blue, and the sea is a deep blue with some whitecaps. The turbines have white nacelles and yellow-painted bases. The text 'RESULTATEN FYSISCHE KENMERKEN NOORDZEE' is overlaid in white, bold, sans-serif capital letters across the middle of the image.

RESULTATEN FYSISCHE KENMERKEN NOORDZEE

Deltares

Effecten van offshore windparken op wind



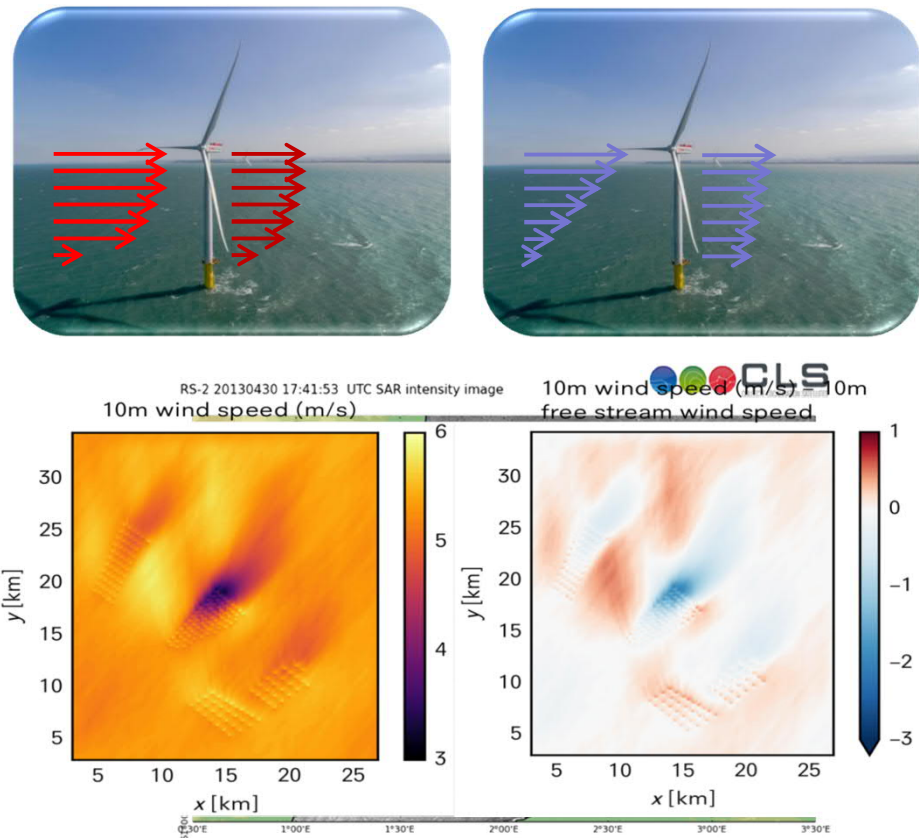
Effecten zijn schaalafhankelijk

- Onttrekking energie (onttrekking momentum)
- Menging van de atmosfeer (verhoging turbulentie)
- Verandering van richting (locale verhoging van snelheid door blokkadewerking)

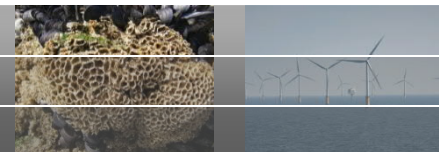


Wind – versnelling en vertraging

- Atmosferische stabiliteit is belangrijk
- Rond individuele palen kan verhoging van snelheid optreden door deflectie en snellere vertical transfer van energie
- Op grote schaal (windpark schaal of groter) is extractie van momentum dominant krijg je verlaging van snelheden



Vraag m.b.t. opschaling



*Effect van turbines op luchtlagen
(Horns Rev III, Denemarken)*

Turbines onttrekken energie aan atmosfeer op hub-hoogte.

- Grove geschatte maximale bovengrens theoretisch te winnen energie ± 100 GW Zuidelijke Noordzee
- Zeer veel onzekerheid – getal kan niet worden bevestigd door wind experts
- Doelstelling van de windindustrie Nederland 2050: 60 GW (bron: TKI wind op zee)

Geplande onttrekking (internationaal) zit mogelijk in zelfde orde-grootte als maximaal beschikbaar.

Limieten

- Op **system**schaal (meerdere windparken)
 - Aanvulling van kinetische energie uit hogere luchtlagen wordt dominant
 - Dit zet ergens een limiet hoeveel windenergie gewonnen kan worden
 - Wat is deze limiet?
 - Er is veel lokale variabiliteit en energieextractie op hubhoogte beïnvloed de verticale flux (maar niet *ad infinitum*)
- **Veel fundamentele kennis ontbreekt**
- Ook als limiet niet overschreden wordt, maar wordt benaderd heeft dit effect op weer en wind op en rond de Noordzee



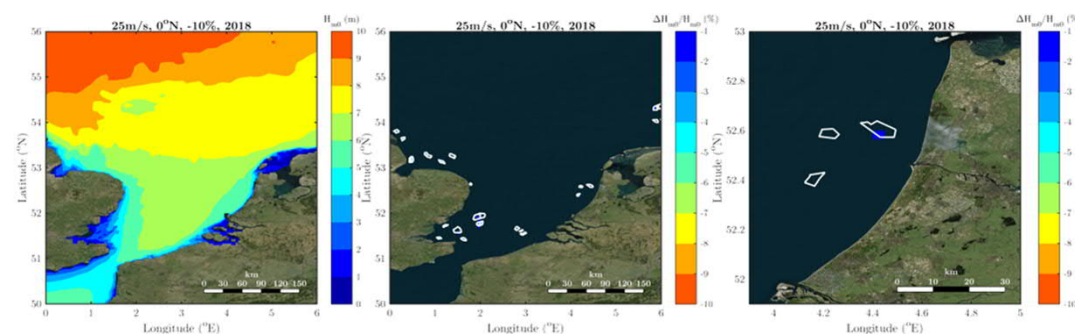
Golven

- Windparken beïnvloeden golven door

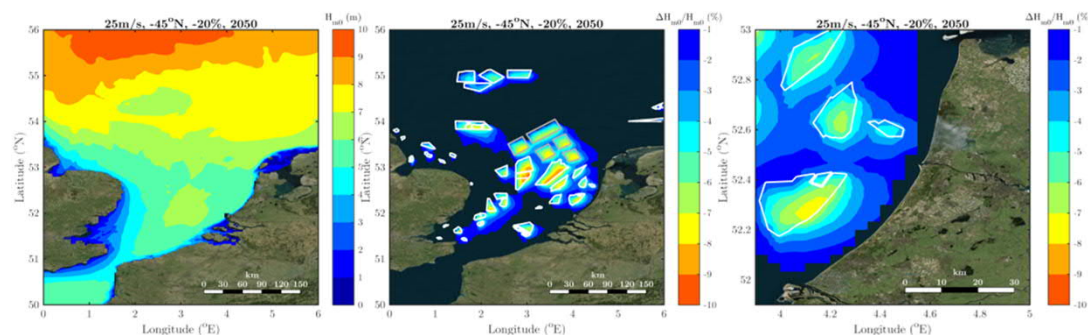
1. Veranderingen in windsnelheid en -richting
2. Palen blokkeren golfvoortplanting; dit veroorzaakt diffractie
3. Veranderingen in bodemruwheid (steenbestorting) kan golfvoortplanting en energiedissipatie veranderen.

- Wind is dominant

Model resultaten 2018 (wind is geforceerd, -10%)

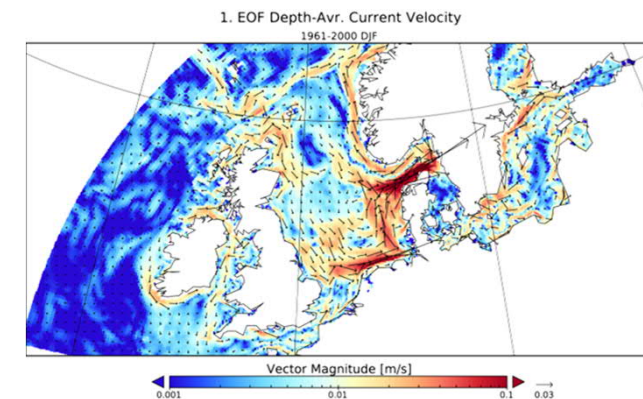
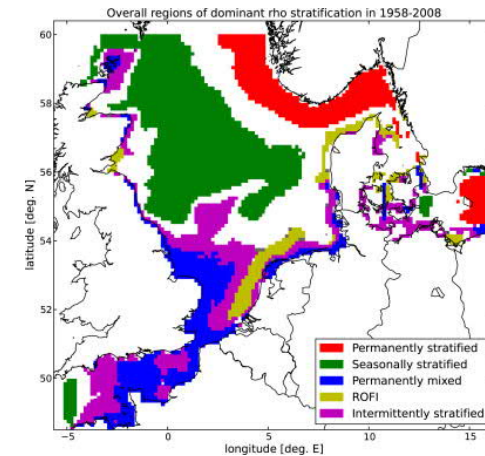


Model resultaten 2050 (wind is geforceerd, -20%)

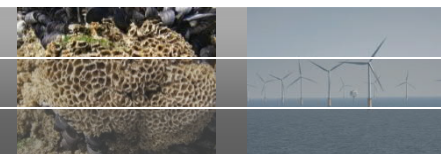


Tides and currents

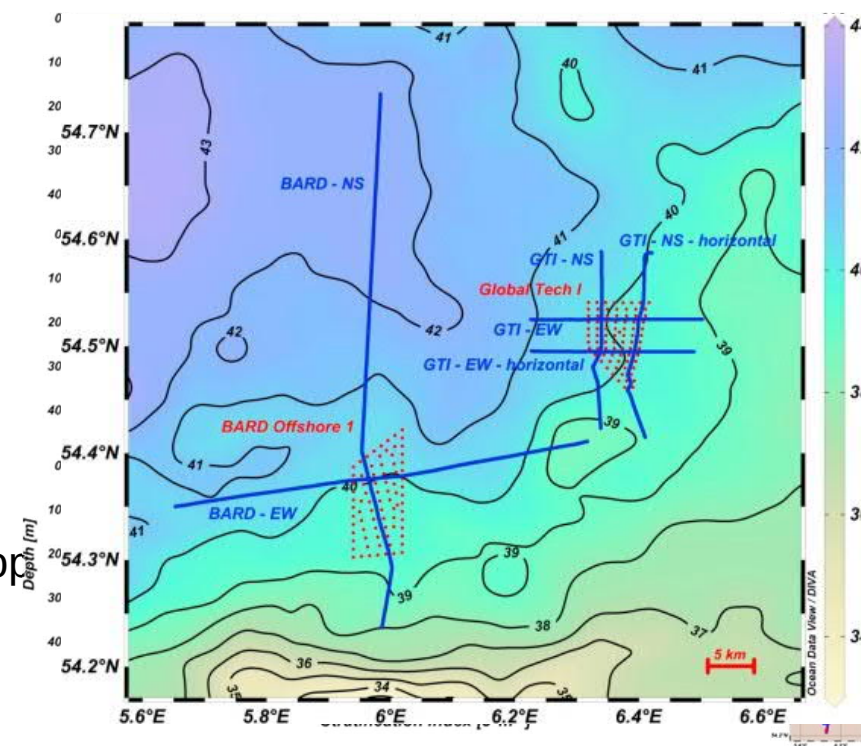
- Noordzee karakteristieken
 - Relatief ondiep
 - Delen al of niet tijdelijk gestratificeerd
 - ROFI's bij grote estuaria (vooral Rijn)
- Stroming wordt gedreven door
 - Getij (meest belangrijk)
 - Wind
- Stroming wordt beïnvloed door
 - Turbulentie
 - Stratificatie



Stroming en offshore windparken

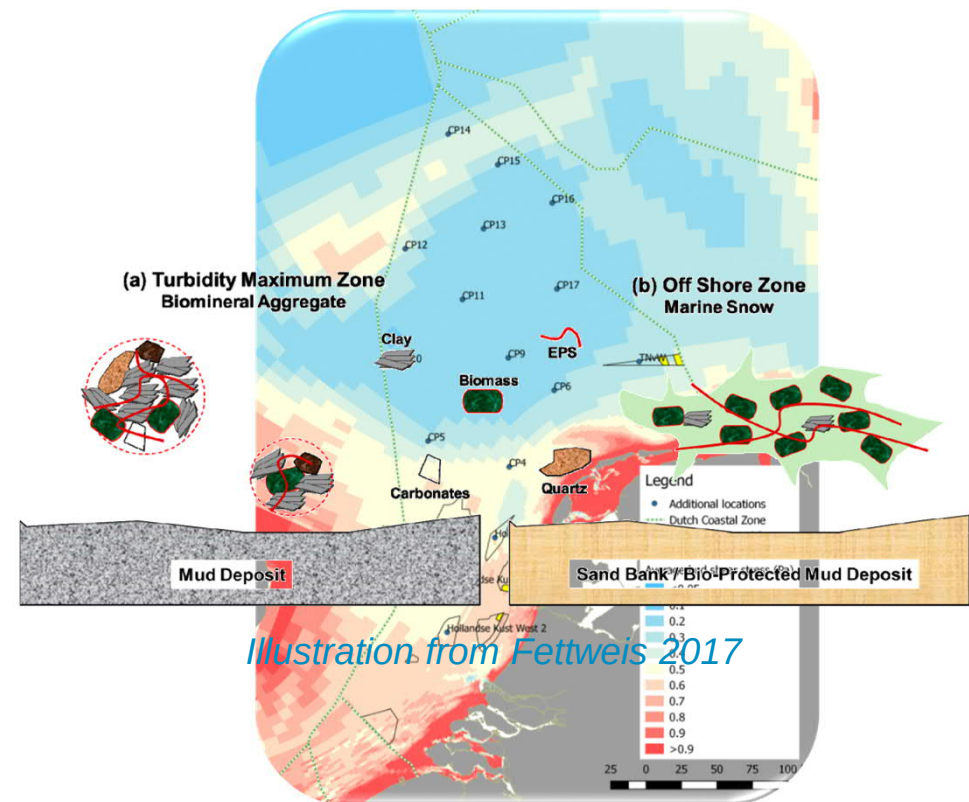


- Versnellingen rond en tussen windfarms; vertraging aan de lijzijde
- Vertikale snelheden worden vergroot
- Verticaal transport wordt verhoogd
 - Geen effect in volledig gemengde delen
 - Significant effect in delen met seizoensstratificatie
 - Effecten op (de)stratificatie treden nu al op!
 - Er is potentieel voor grootschalige effecten op stratificatie (gelaagdheid)
- Behalve effect op stratificatie, ook effecten mogelijk op getij-amplitude



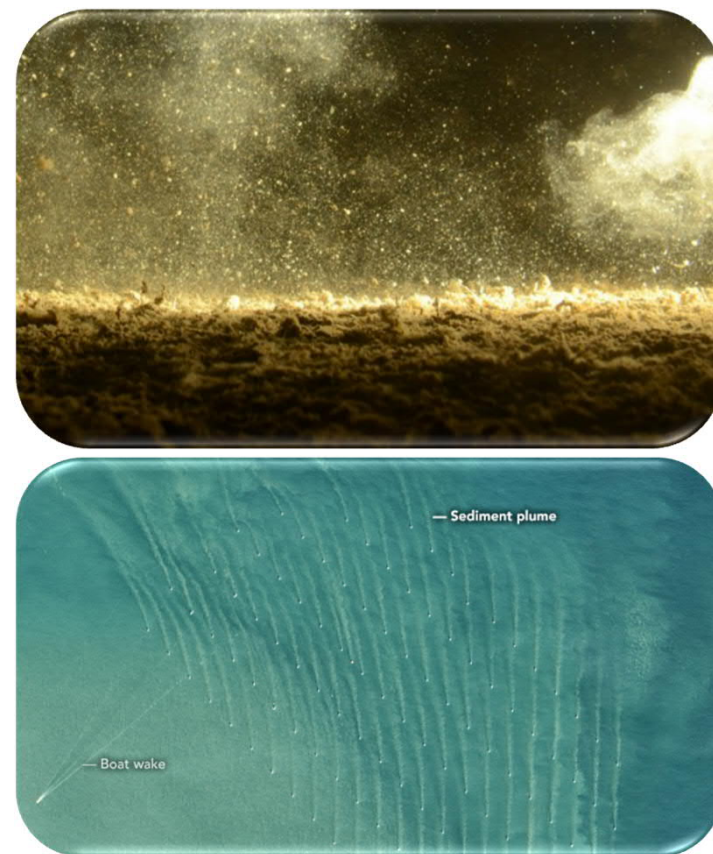
Slib dynamiek; factoren van invloed

- Wind en golven
- Stroming en rest-stroming
- Bodemschuifspanning
- Turbulentie en menging
- Saliniteit en temperatuur
- Eigenschappen van slib
- Niet-lineaire feedbacks, incl. ecologische feedbacks (b.v. algen concentratie)

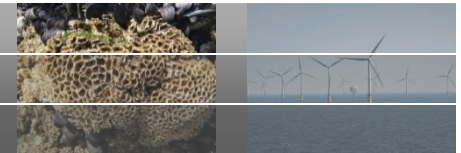


Tijdschaal

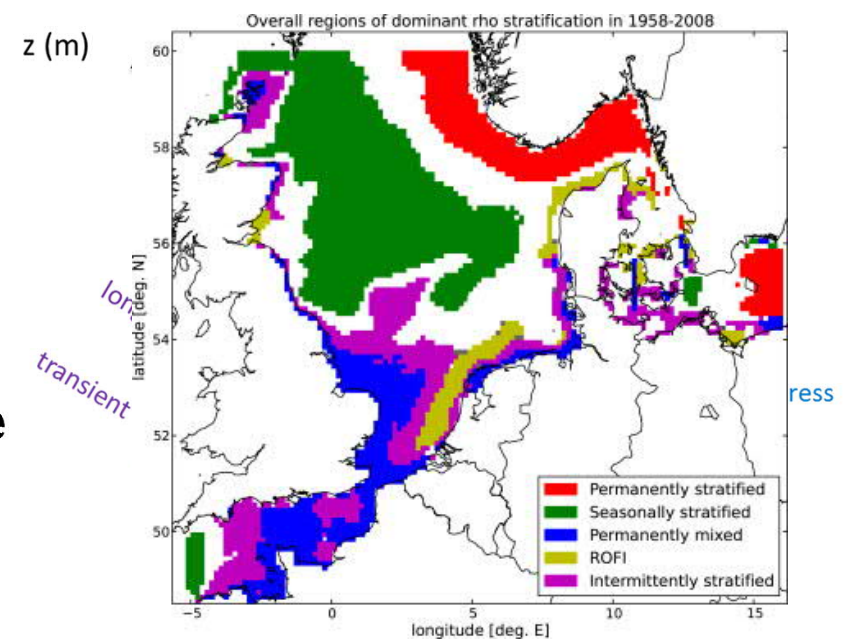
- Korte termijneffecten: Windpark = sediment bron voor de waterkolom
 - Eerste ruwe schatting voor huidige aangewezen gebieden (tot 2030): effect vertroebeling vergelijkbaar met recente MER zandwinning
 - Effecten vermindering golven buiten windparken niet meegenomen
- Lange termijn effect: naar nieuw evenwicht; hogere bodem-schuifspanning = minder slib in de bodem



Voorlopige conclusie t.a.v. slib

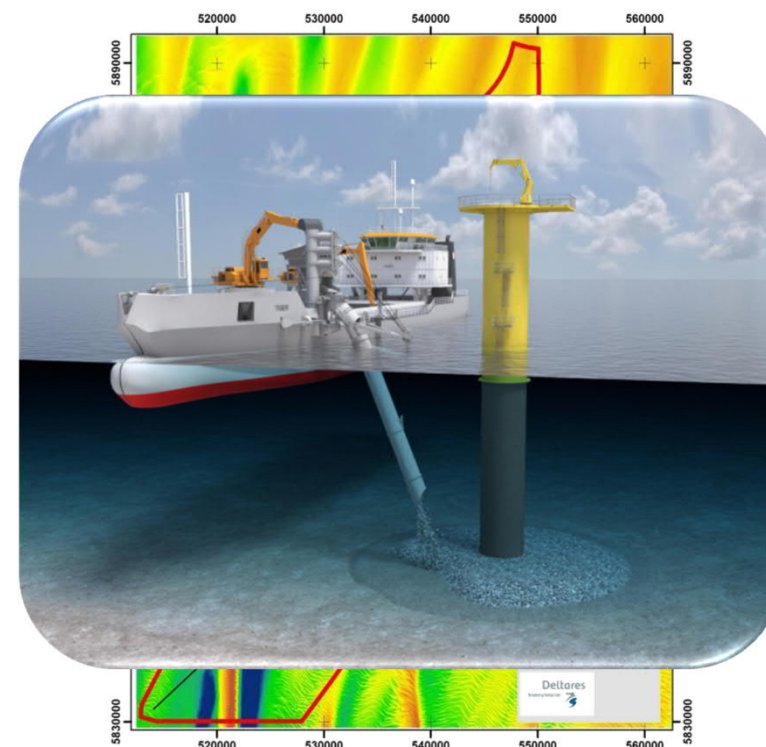


- Grootschalige effecten van veranderingen op slibdynamiek in bodemschuifspanning en mixing waarschijnlijk
- Rijn ROFI stratificatie is belangrijk
- Modelbenadering noodzakelijk – op basis ‘achterkant bierviltje’ weinig te zeggen welke richting effecten doorwerken

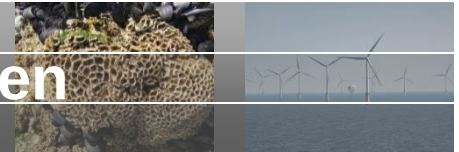


Bodem / substraateffecten

- Zandgolven
 - Belangrijkste effect op ontstaan = getij
 - Belangrijkste effect op beweging = reststroming
 - *Huidige inschatting:* eventuele effecten kunnen optreden, maar is tweede orde effect
- Hardsubstraat
 - Uitbreiding hardsub op de bodem
 - Introductie hardsub in waterkolom



Voorlopige conclusies m.b.t. prioritaire effecten



- Zeer grote onzekerheden en kennislacunes op de interactieve, grootschalige effecten van offshore windparken en wind
 - Wind stuurt golven en transportprocessen
 - Effecten potentieel significant
 - Grote vragen m.b.t. mate van onttrekking t.o.v. verticale transfer van energie
 - Hier is fundamenteel onderzoek op nodig
- Vrijwel zeker effecten op stratificatie in bepaalde gebieden
 - Dit heeft effect op productiviteit, zuurstof, transport van organisch materiaal naar de bodem, slibdynamiek
 - Waarschijnlijk verschillen in seizoensstratificatie en stratificatie-effecten in ROFI's. Beiden zijn belangrijk om verder naar te kijken
 - Hiervoor zijn modelinstrumenten in ontwikkeling

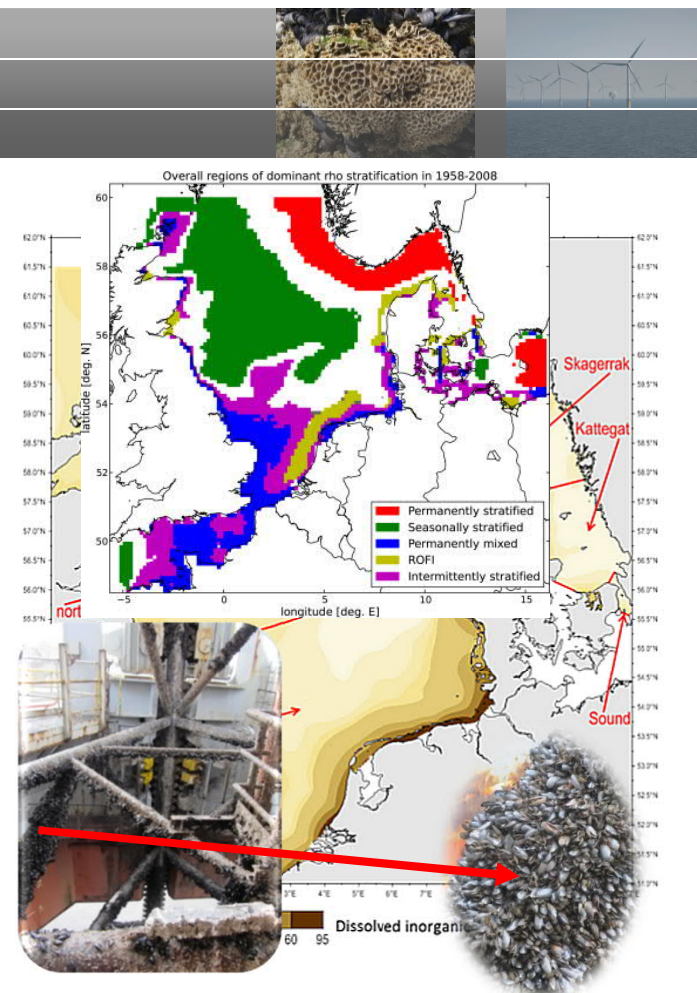
A photograph of an offshore wind farm with several large wind turbines in the sea under a clear sky. The turbines are white with three blades each, mounted on yellow and grey foundations. The sea is a deep blue with some whitecaps. The sky is a pale, clear blue.

DOORWERKING OP HET ECOSYSTEEM

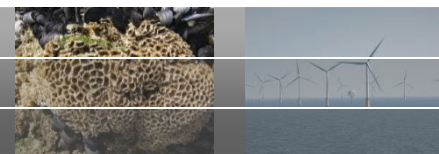
Deltares

Effecten via nutriënten

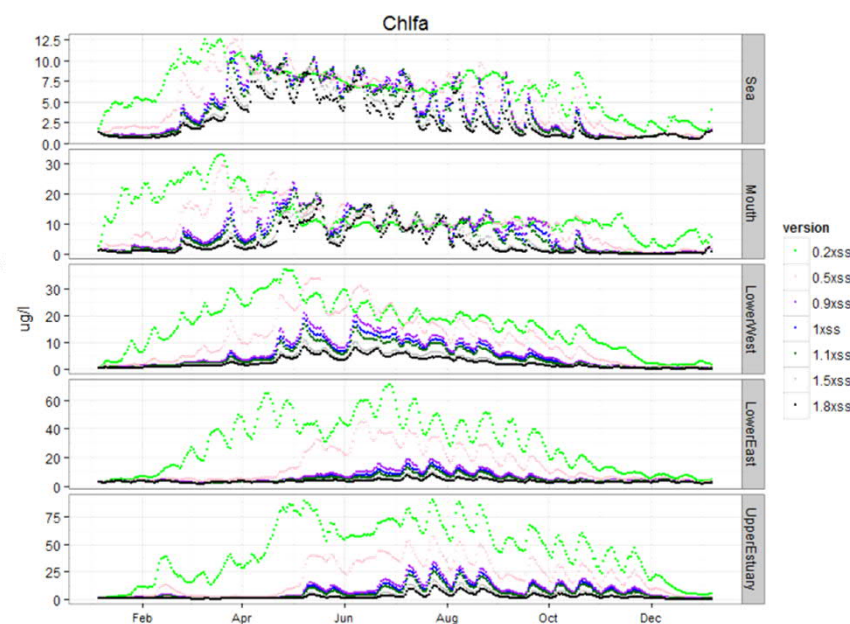
- 50% beschikbare nutriënten komen binnen via rivieren of Atlantische oceaan. Windparken hebben hier weinig invloed op.
- 50% wordt intern geregenereerd. Dit wordt beïnvloed door stratificatie, bentisch – pelagische koppeling, turnover door begrazing. Hier kunnen windparken dus een invloed op hebben
 - Gebieden met seizoenen of intermitterent stratificatie: meestal sterke nutriëntenlimitatie; hier mogelijke verhoging productiviteit
 - Verhoogd transport van voedingsstoffen naar de bodem
 - Mogelijke veranderingen in nutriëntenratio's



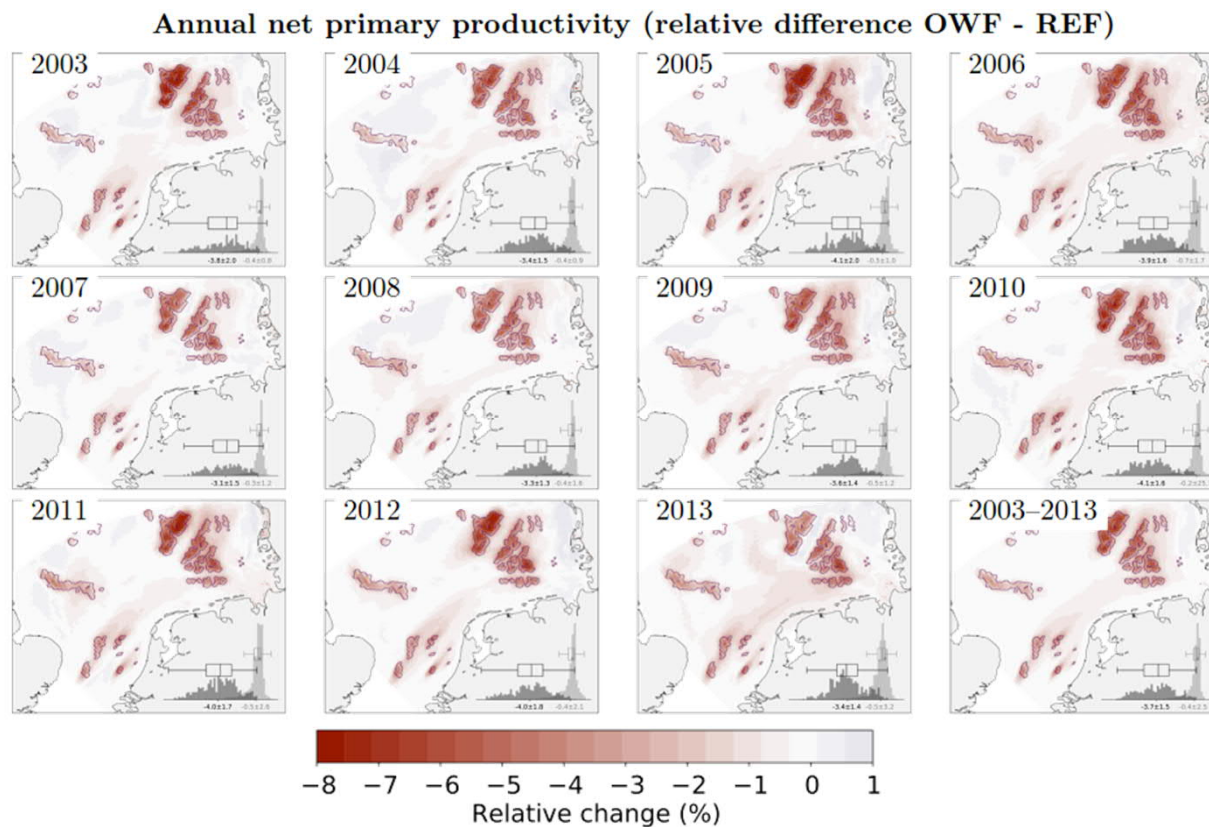
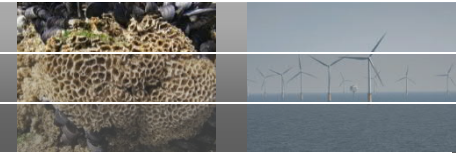
Effecten via slib



- Windparken kunnen slibdynamiek beïnvloeden. Slib beïnvloed licht. Meer slib = minder productie
- Effecten op slib resuspensie aan de bodem verschilt tussen gestratificeerde en niet gestratificeerde gebieden
- Licht bepaalt het begin van de voorjaarsbloei. Veranderingen in slib kunnen ook de timing van de bloei veranderen.



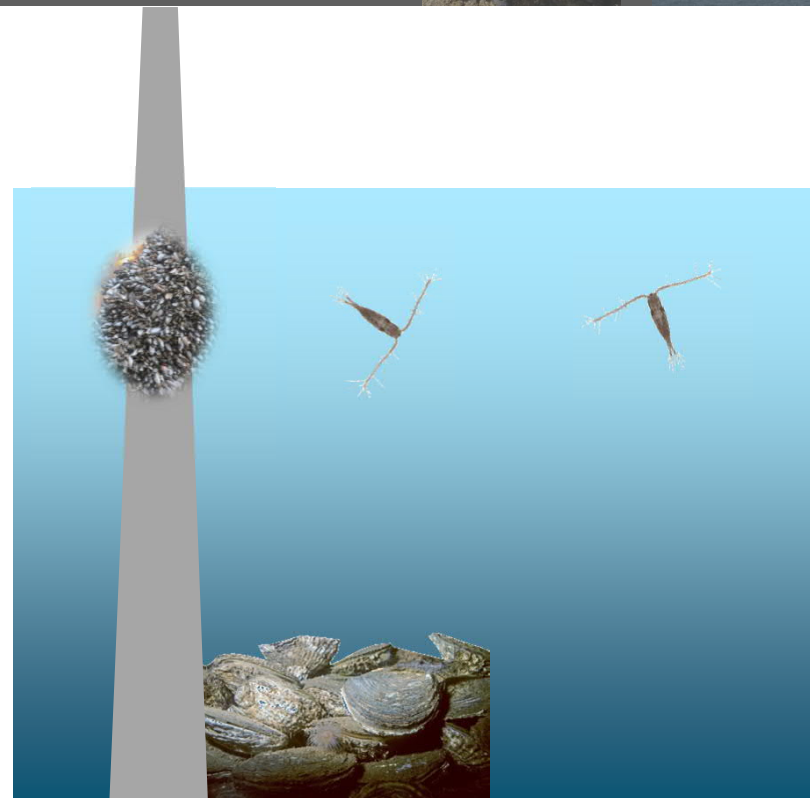
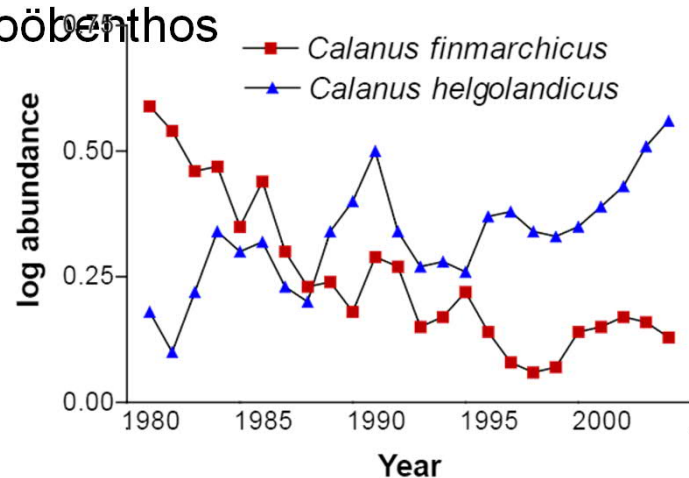
Sterke begrazing in hoge waterlagen



(Slavik et al. 2018).

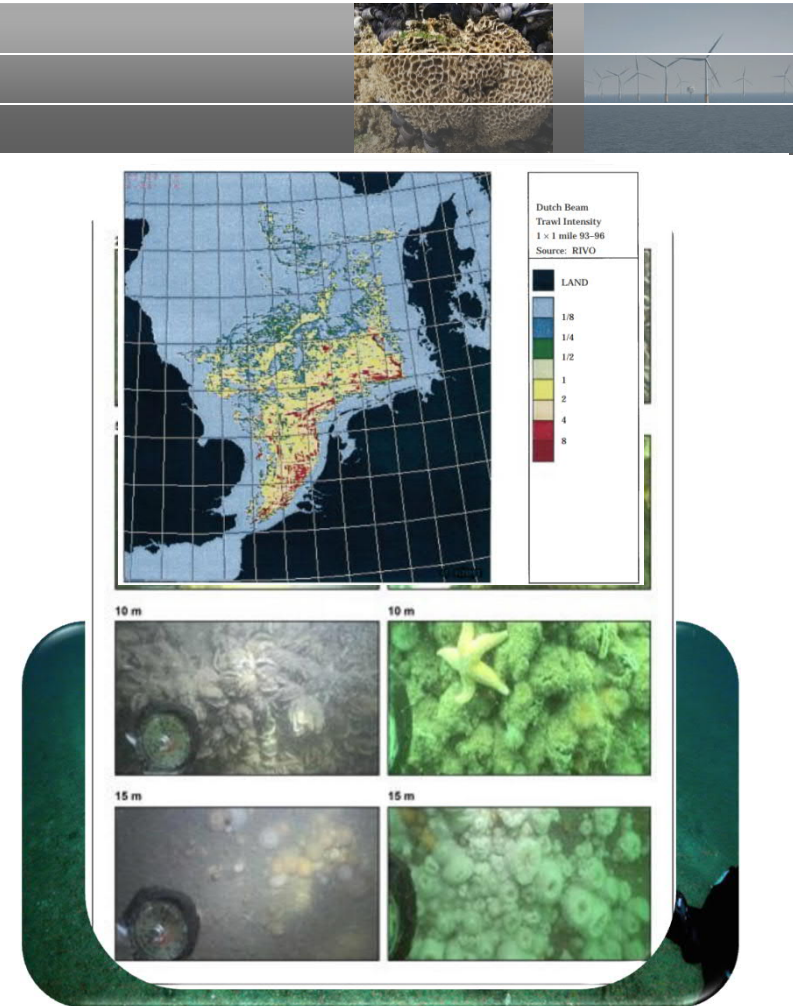
Zoöplankton

1. Veranderingen in temperatuur oppervlaktewater
2. Veranderingen in primaire productie
 - Hoeveelheid
 - Timing
3. Competitie tussen zoöplankton and zoöbenthos



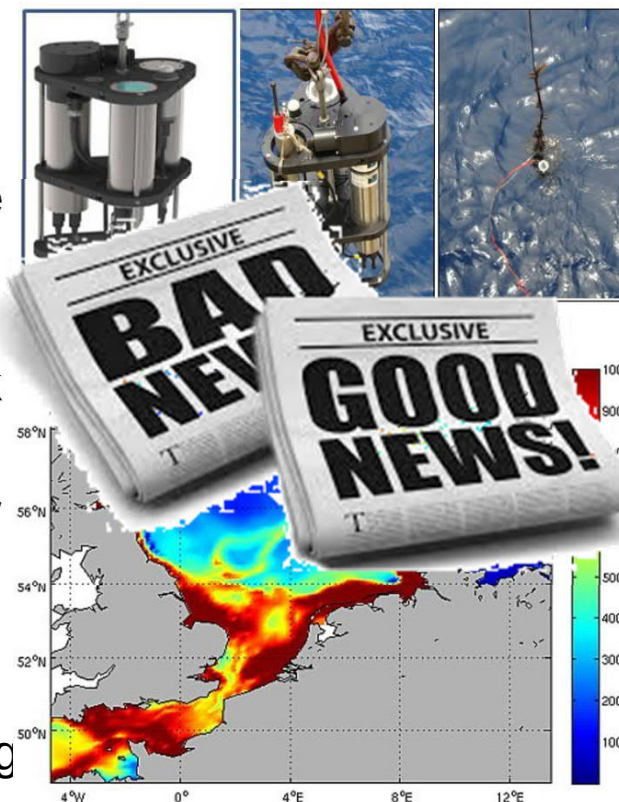
Benthos

1. Geen bodemberoerende visserij binnen windparken.
2. Introductie hard substraat met consequenties voor:
 - a. Biodiversiteit en biomassa.
 - b. Fouling en invasieve soorten.
 - c. Availability and quality of organic matter (food).
 - d. Veranderingen in dynamiek en sedimentologie zeebodem.
3. Veranderingen in zuurstof en transport van voedsel naar de bodem (effecten verandering in stratificatie).



Conclusies effecten op het ecosysteem

- Fysische veranderingen zijn waarschijnlijk. Mogelijk met grote effecten voor het ecosystem.
- Door tegengestelde effecten is het (zonder serieuze modelberekeningen) niet mogelijk te zeggen in welke richting effecten werken. Dit zal verschillen per regio van de Noordzee.
- Veranderingen in habitat hebben potentiële feedback effecten op primaire productie.
- Ook voor hogere trofische niveaus is onderzoek naar de effecten op de basis van het voedsel web (via fysisch – ecologische koppeling) belangrijk.
- Onderzoek hiernaar kan alleen met een multidisciplinair team. Metingen en modelontwikkeling geïntegreerd.



VRAGEN?

Deltares