

Mat fra havet i et klimaperspektiv

Yngvar Olsen¹, Murat Van Ardelan²

¹Institutt for biologi, ²Institutt for kjemi, NTNU

Klimamarin

Klimakonferansen for fiskeri- og havbruksnæringen,
Trondheim, 13.-14. november 2018

EU-OCEAN-CERTAIN (O-C)

Ocean Food-web Patrol – Climate Effects: Reducing Targeted Uncertainties with an Interactive Network

FP7 - 2014-20017 - 9,6 mill € - 15 partnere

- Naturlige prosesser i havet fanger opp karbon og transporterer/omformer dette slik at det bringes ut av sitt atmosfæriske kretsløp (lenge nok)
- Disse prosessene representerer sammen en naturlige “Carbon catch” mekanisme
- OCEAN-CERTAIN** skulle undersøke om globale klimaendringer og vår bruk av havet kunne true disse prosessene?



OCEAN-CERTAIN (O-C)

Ocean Food-web Patrol – Climate Effects: Reducing Targeted Uncertainties with an Interactive Network



The ultimate objective of the FP7 EU project **OCEAN CERTAIN** was to explore if climate change and changes in human exploitation of marine resources could disturb the efficiency of this natural carbon catch process of the ocean

Sosioøkonomiske case:

Fiskeri, havbruk og turisme

NOEN DEFINISJONER FOR SENTRALE «CARBON CATCH» MEKANISMER

- ❑ Naturlig biologisk drevet “carbon catch” kalles den “Biologiske karbon pumpen” (BCP)
- ❑ Bakterie og virus har en viktig rolle, prosessene kalles da ofte som den “Mikrobielle karbon pumpen” (MCP)
- ❑ Stabiliteten til BCP-MCP under klimaendring og annen menneskelig aktivitet var et hovedfokus i OCEAN-CERTAIN
- ❑ Et spesielt fokus var hvordan komplekse endringer fra ulike faktorer sammen kan påvirke BCP/MCP (“multi-stressor” påvirkning)

(Det er også definert fysisk/kjemisk drevet pumper for uorganisk karbon som CO₂ og karbonat)



Definisjoner

POC – **Particulate organic carbon**
(Partikulært organisk karbon,
partikler $> 0.7\mu\text{m}$)

DOC – **Dissolved organic carbon**
(Løst organisk karbon,
molekyler og små partikler $< 0.7\mu\text{m}$)

Første mekanisme for biologisk karbonfangning i BCP/MCP



Karbon eksport («carbon export»)

- ❑ Primærproduksjonen gir alger som spises av dyr flere ganger mens de synker ut i vannmassene
- ❑ Synking av partikler i vannsøylen, drives av gravitasjon
- ❑ Fisk og dyreplankton transporterer aktivt, mer ned enn opp
- ❑ Aggregering, molekyler blir til partikler som synker
- ❑ Ved et dyp på 1000 m, eller når bunnen er nådd ved noe mindre dyp, antas forbindelsene å være utenfor det atmosfæriskere kretsløpet (bio-politisk beslutning)
- ❑ Forbindelsene som synker ut danner tilslutt et marint jordsmonn, langsomt biologisk nedbrytbart. Mer enn 99% av klodens organisk bundet karbon er i følge Longhurst (1991) allerede bundet i marine sedimenter



Hvordan genererer og skiller organismene ut karbonforbindelser?

Marinøkologisk stuntkurs

CO₂ (fra vannet)



CO₂ (fra atmosfæren)



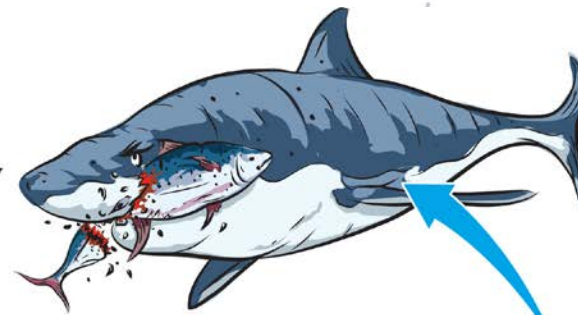
Planteplankton
(mikroalger)
står for
primærproduksjonen

- Biomasse, mat for dyreplankton
- Død biomasse, spises eller synker ut (POC)
- DOC

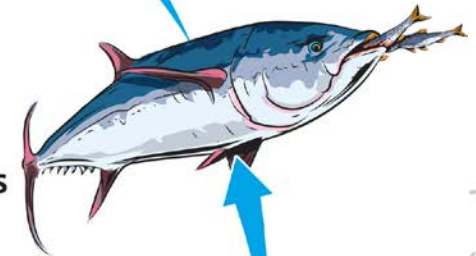


NTNU – Trondheim
Norwegian University of
Science and Technology

QUATERNARY
CONSUMERS



TERTIARY
CONSUMERS



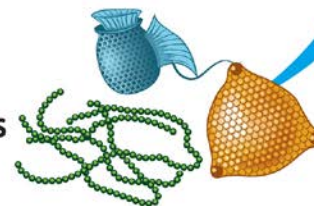
SECONDARY
CONSUMERS



PRIMARY
CONSUMERS



PRIMARY
PRODUCERS



Alle dyr:

- Vokser (biomasse) og dør
- Spiser (POC) og spises
- Skiter (POC + DOC)
- Respirerer (CO_2)

Andre mekanismen for biologisk karbonfangning i BCP/MCP

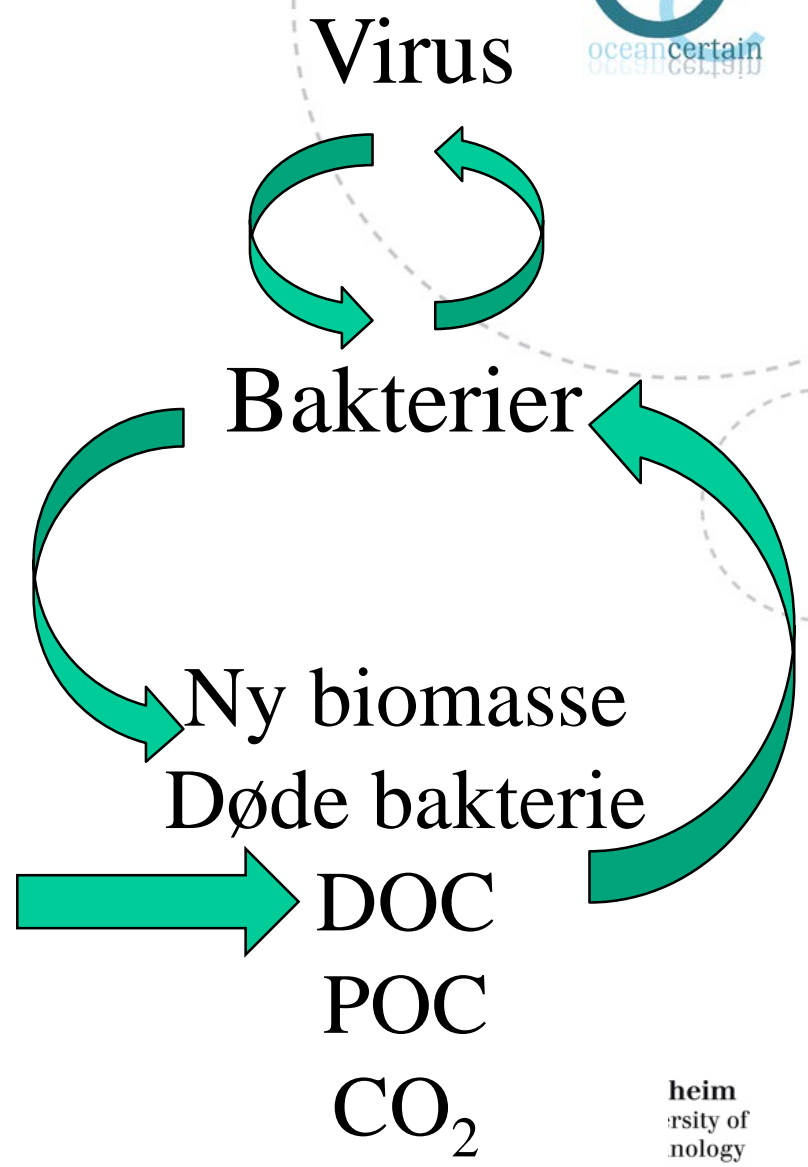


Karbon sekvestrering (carbon sequestration)

- ❑ Utskilling av karbon-forbindelser som ikke lenger kan utnyttes som mat for dyr og bakterier, skjer ved alle dyp
- ❑ Ufordøyelige komponenter fra celleveggene til bakterier, eks peptido-glukaner
- ❑ Bakterier og aktiviteten til bakterievirus er sannsynligvis den viktigste mekanismen for dannelse
- ❑ Aggregerer med partikler og synker
- ❑ UV-oksydering i overflaten er antatt å være sink til atmosfæren



Hoved-mekanisme for karbon sekvestrering?
(karbon bringes ut av biologisk kretsløp for lang tid)



Sekvestrering

Dannelse av løste karbon-forbindelser som er karakterisert ved lang levetid



DOC fraksjoner og levetid

LDOC: Labile (timer-dag)

SLDOC: Semi-labile (1.5 år)

SRDOC: Semi-refractory (ca 20 år)

RDOC: Refractory (16,000 år)

URDOC: Ultra-refractory (40,000 år)

(Legendre et al 2015)

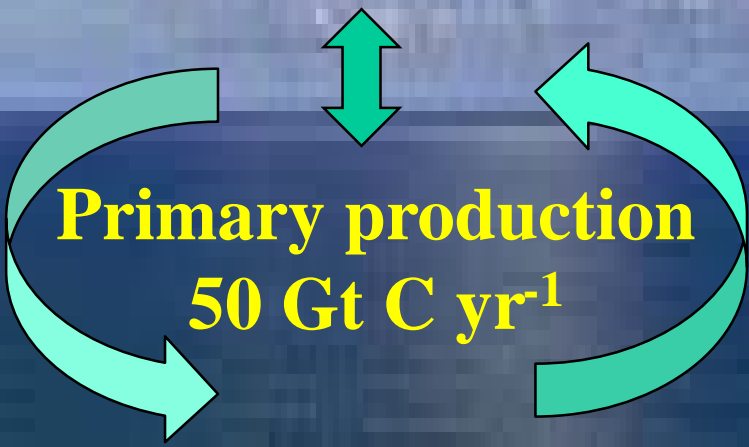


NTNU – Trondheim
Norwegian University of
Science and Technology

Main global flows of carbon export and sequestration

Atmospheric CO₂

Anthropogenic emission:
10 Gt C yr⁻¹



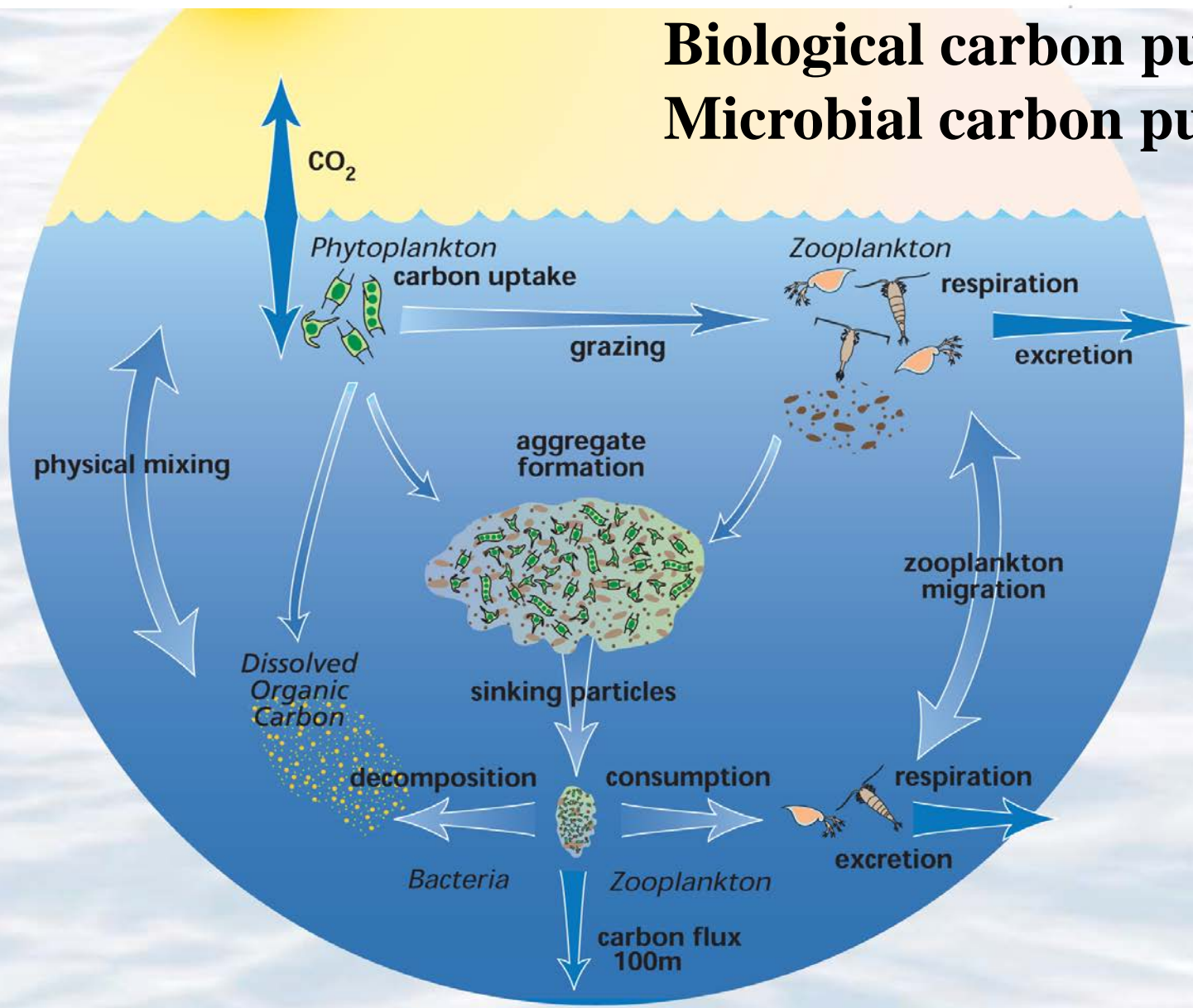
Euphotic water

Aphotic water

POC export to aphotic water: 11 Gt C yr⁻¹ (range 5-12)

POC export at 1000 m depth: 1.8 Gt C yr⁻¹
DOC export at 1000 m depth: 0.13 Gt C yr⁻¹
SUM : 1.9 Gt C yr⁻¹

Biological carbon pump Microbial carbon pump



The Biological Pump

U.S. JOINT GLOBAL OCEAN FLUX STUDY (JGOFS) 2001

Trondheim University of Technology

Oppsummering:

BCP/MCP sitt bidrag til å «begrave» karbon i havet

- ❑ Global antropogen karbontilførsel: $\sim 37 \text{ Gt CO}_2 \text{ år}^{-1}$
Dette tilsvarer $\sim 10 \text{ Gt C år}^{-1}$
- ❑ Eksport av karbon fra eufotisk overflatevann til afotisk dypvann er $\sim 11 \text{ Gt C år}^{-1}$
- ❑ Summen av eksport/sekvestrering ved 1000 m dyp er $\sim 2 \text{ Gt C år}^{-1}$, $\sim 20\%$ av de totale antropogene utslippene
- ❑ Akkumulering i sedimenter er usikker, denne er ikke prioritert av klimapanel og mange fagfolk (?)

Valgte lokaliteter for eksperimenter/ tokt



«Arktis» – Kongsfjorden på Svalbard (meso- og mikrokosmer)
Midlere næringsrik, lav temperatur

Middelhavet – Vestlig og østlig basseng (tokt, meso- og mikrokosmer)
Svært næringsfattig, høy temperatur

Egne data fra Midt-Norge

Patagonia – Fjord i Chile (meso- og mikrokosmer)
Svært næringsrik, midlere temperatur

Eksperimentelle variabler («Stressors»):

- pH
- Tilførsel av organisk karbon (fra tining av tundra)
- Endret mengde dyreplankton
- Konstant næringsalter for lokalitet
- Variable tilførsel av næringsalter mellom lokaliteter

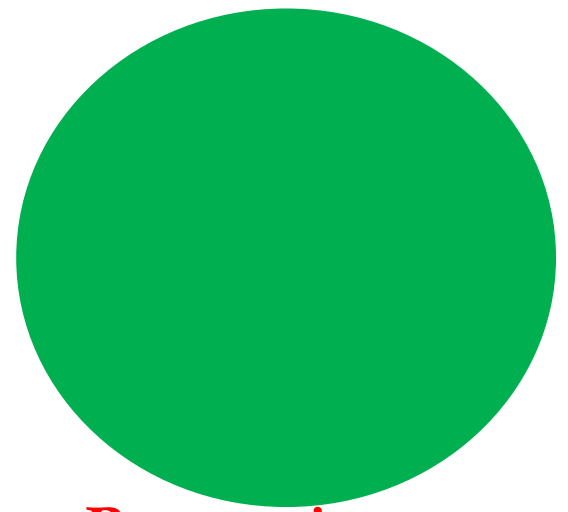
Metoder, like for lokalitet:

Eksisterende data, laboratorieforsøk,
mesokosmer, mikrokosmer, tokt

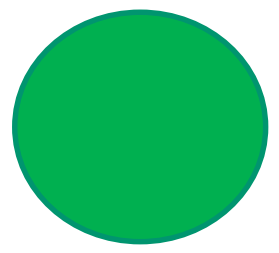


Resultat:

Sommer klorofyll *a* konsentrasjon for lokalitetene



**Patagonia,
Western Chile**
70 – 90 mg Chl m⁻²



Arctic Sea
15 – 30 mg Chl m⁻²
**Central Norwegian
Coastal water**
10-20 mg Chl m⁻²



Mediterranean Sea
0.2 – 0.8 mg Chl m⁻²

Klorofyllkonsentrasjonene reflekterer tilførselen av næringsalter fra dypvann til produktive øvre vannlag

Konklusjon – så langt

- ❑ Konsentrasjonen og tilførselen av næringsalter fra dypvann er hoved-driverer for produktivitet og karboneksport i havet
- ❑ Endringer i denne tilførselen vil sannsynligvis sterkest kunne påvirke fiskeriene, indirekte også havbruk (?)
- ❑ Sterkere lagdeling (stratifisering) av vannmassene i kystsonen vil kunne redusere denne tilførselen, og med det potensialet for sjømatproduksjon
- ❑ Andre effekter av endrede miljøforhold er mer usikre, kanskje bli effektene tydelige over lengre tid?

Hva driver marine gjødsling og hvordan kan den påvirkes og endres?



- ❑ Havet gjødsles av dypvann med energi fra vind og havstrømmer, bunn- og kystutforming påvirker
- ❑ Økt vanntemperatur grunnet global oppvarming kan bidra til økt lagdeling og redusert marin gjødsling. Dette vil kunne redusere produksjonen og opptaket av karbon i havet. Mange modellstudier viser dette
- ❑ Men økt global temperatur skal også kunne gi et «våtere og villere» klima. Det skulle resultere i økt marine gjødsling med økt produksjon som følge. Færre, om noen, modellstudier viser dette

Hovedutfordring

Hvordan påvirkes fiskeriene?

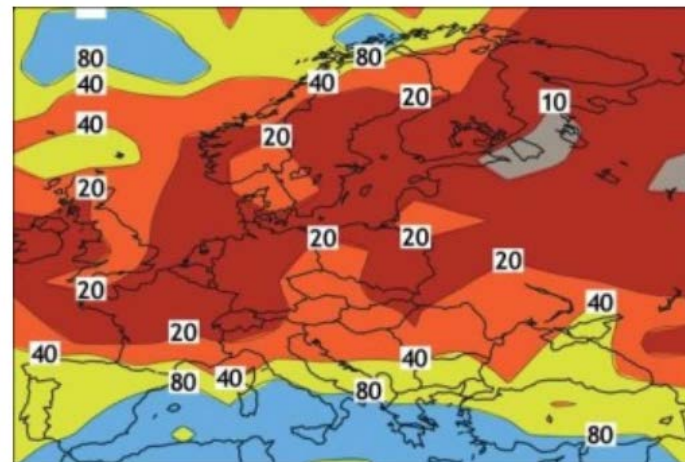
Og kanskje også havbruk?

En avklaring av hvordan klimaendringer og bruk kan påvirke forholdene for marin gjødsling er en hovedutfordring for forskningen

Spørsmålet er, blir det:

“Våtere og villere” eller

“Varmere med sterkere stratifisering”?



“I de mørke områdene er risikoen for mye nedbør i vintersesongen firedoblet i løpet av 100 år. (Ill: RegClim)”

A woman with dark hair, wearing a light blue shirt, is sitting at a desk. She has a look of stress or frustration, with her hands pressed against her face. In front of her is a massive, towering stack of papers and folders, some with yellow and blue tabs. The background is a bright, out-of-focus office setting.

**Takk for
oppmerksomheten**

**..... men, endelige konklusjoner kommer
i tiden som kommer**