

Samenvatting

FaCE-IT (Functional biodiversity in a Changing sedimentary Environment: Implications for biogeochemistry and food webs in a managerial setting) had als doel het effect van meerdere windparken op zee op grote schaal te onderzoeken. Dit werd dringend noodzakelijk, gezien de toename aan windparken op zee, en het feit dat de kennis over het effect van deze bouwwerken op het mariene ecosysteem beperkt is tot inzichten die verworven werden uit monitoringsprogramma's. Deze programma's zijn vaak opgezet om lokale structurele veranderingen in de omgeving te evalueren, en duren slechts een beperkte periode na installatie van de turbines. Duurzaam gebruik van de zee vraagt echter een duidelijk begrip van de functionele effecten van de vele activiteiten op grote schaal.

De werkwijze in het FaCE-It-project bestond uit een combinatie van gedetailleerde metingen in nabijheid van een windturbine en onderzoek op grotere schaal langsheen een gradiënt in sedimentsamenstelling. Samen met data uit gerichte experimenten, werden deze velddata gebruikt in een nieuw oceanografisch model dat de lokale koolstof- en stikstofdynamieken kan opschalen.

De gedetailleerde waarnemingen rond een turbine toonden aan dat de structurele verschillen in de gemeenschappen zich ook vertaalden in functionele verschillen in de voedselwebben in windparken op zee. De laagste voedselweb complexiteit werd gevonden in gebieden die gedomineerd worden door suspensievoerders (intergetijdenzone, en de mossel zone hieronder). De hoogste complexiteit werd waargenomen op plaatsen waar organisch materiaal accumuleert. De erosie-protectielaag biedt niet enkel beschutting en hoge voedselbeschikbaarheid, maar ook een grotere diversiteit aan voedsel. Deze inzichten tonen aan dat erosie-protectielagen, indien geïnstalleerd volgens een ecologisch design, ook kunnen fungeren als instrumenten voor natuurherstel.

Verder werd ook aangetoond dat de pelagische vissoort horsmakreel de windparken op zee opportunistisch gebruikt om zich te voeden. Daarnaast bevestigden onze metingen dat twee benthopelagische vissoorten (juvenile kabeljauw en steenbolk) de windparken langdurig gebruiken als voedselplek. Het uitsluiten van visserij in deze windparken laat dus toe dat sommige vissoorten zich er kunnen voeden, wat kan leiden tot een verhoogde visproductie.

Als een eerste opschalingsoefening, voerden we een experiment uit om het effect van hoge aantallen suspensievoerders op de primaire productie in windparken op zee te schatten. Onze schattingen tonen aan dat de dominante soorten (het vlokreeftje *Jassa herdmani* en de blauwe mossel *Mytilus edulis*) op alle huidig geïnstalleerde turbines in het Belgisch deel van de Noordzee, 657 ton organische koolstof per jaar innemen. Dit komt overeen met 1.3% van de jaarlijkse primaire productie in de Belgische windparken op zee. Hoewel dit een klein effect is, toont verder FaCE-It onderzoek aan dat dit belangrijke gevolgen heeft voor het benthisch ecosysteem (zie verder).

Om het functioneren van het benthisch ecosysteem te begrijpen, voerden we gedetailleerde labo-metingen van biogeochemische fluxen uit, en we relateerden deze aan een combinatie van fysische en biologische eigenschappen van het sediment. We deden dit onderzoek in nabijheid

van dezelfde turbine die ook werd onderzocht in de voedselwebstudie, alsook langs een gradiënt van fijn tot grof sediment, om latere opschaling mogelijk te maken.

Voor deze experimenten ontwikkelden we een nieuwe methode voor de continue meting van bio-irrigatie. Daarnaast introduceerden we het concept 'permeabiliteit' (i.e. de capaciteit van een vloeistof om door een sediment te stromen) als een belangrijke omgevingsvariabele in Belgisch marien biogeochemisch onderzoek. We toonden voor de eerste maal aan wat het belang is van DNRA (Dissimilatieve nitraatreductie naar ammonium) in de benthische stikstofcyclus van het Belgisch deel van de Noordzee. Opvallend waren onze observaties van het belang van dit proces in de goed geïrrigeerde sedimenten met lage hoeveelheden aan organisch materiaal, waar stikstof niet wordt verwijderd in het sediment, maar vrijkomt in de waterkolom als biologisch beschikbaar ammonium. Permeabiliteit was een sleutel variabele om de biogeochemische processen te verklaren en we adviseren dat deze als standaard omgevingsvariabele wordt ingebouwd in mariene biogeochemische studies.

Bouwend op deze biogeochemische studie en andere datasets, verkenden we het gebruik van functionele indices om de beoordeling van het ecosysteemfunctioneren mogelijk te maken binnen de evaluatie van de gezondheidstoestand van het marien ecosysteem voor de Kaderrichtlijn Mariene Strategie en de Habitat richtlijn. We onderzochten drie families van functionele indices: de eerste is gebaseerd op kenmerken van het eigenlijke gedrag van bodembewonende soorten die zorgen voor transport van partikels en bio-irrigatie (uitwisseling van vloeistoffen langs het sediment-water oppervlak): bioturbatie potentieel van de gemeenschap (BPc) en bioirrigatie potentieel van de gemeenschap (IPc). Onze resultaten suggereren dat BPc een geschikte index is om biogeochemische functies voor te stellen in de relevante habitats, terwijl IPc verder verfijnd moet worden voor gebruik als indicator voor ecosysteem evaluaties onder EU richtlijnen. Een tweede familie van functionele diversiteitsindices beoordeelt kenmerken van de functionele ruimte die door een gemeenschap benut wordt. Onze resultaten toonden aan dat twee indices (Functionele rijkdom [FRic] en Functionele gelijkmatigheid [Feve]) veelbelovende instrumenten kunnen zijn, op voorwaarde dat drempelwaarden voor een goede milieutoestand worden vastgelegd. Als laatste onderzochten we het gebruik van indices afgeleid van de Sediment Profile Imaging (SPI) beelden. We besloten dat de Benthische Habitat Kwaliteit index mits de kleine voorgestelde aanpassingen een bruikbaar instrument is voor het beoordelen van ecologische toestand.

Aan de hand van een ruimtelijke opschaling onderzochten we het effect van meerdere windparken op zee op een grotere geografische schaal. Dit werd mogelijk gemaakt door het ontwikkelen van een specifiek model en de integratie van de gedetailleerde metingen en experimentele resultaten in dit nieuw model. Hoewel het effect van de aanwezigheid van windparken op zee op het pelagisch deel van het ecosysteem beperkt is, is het tegenovergesteld waar voor de zeebodem. De modellen toonden een toename aan in de bezinking van organisch materiaal in de windparken zelf (tot 50%) en in hun directe omgeving (2 tot 15% in een straal van 2 km rond de windparken). Deze organische aanrijking kan het benthos beïnvloeden. Verder van de windparken daalt de bezinking van organische koolstof. Deze daling is kleiner dan de lokale toename aan organische koolstof in de windparken, maar strekt zich uit over grotere gebieden. Het is dus duidelijk dat de effecten van windparken op zee grensoverschrijdend zijn.

Het geplande Franse windpark op zee zal het Belgisch deel van de Noordzee beïnvloeden en de effecten van de Belgische windparken op zee strekken zich uit tot in de Nederlandse wateren.

De plaatselijke toename aan organische materiaal op de zeebodem zorgt voor veranderingen in de benthische afbraakprocessen. De afbraaksnelheden nemen toe, door een sterke toename in anoxische afbraakprocessen, en in mindere mate ook als gevolg van hogere oxische afbraakprocessen. Dit zorgt voor een toename in organisch materiaal in de zeebodem binnen de windparken. In de operationele fase van de windparken kan de bovenste 10 centimeter van de zeebodem 28 700 ton organische koolstof opslaan. Deze hoeveelheid kan stijgen tot 48 400 ton wanneer de volgende windparken gebouwd zijn in het nieuwe concessiegebied. Deze koolstofopslag in de zeebodem door de aanwezigheid van de windparken op zee komt overeen met een compensatie van 0.014 to 0.025% van de jaarlijkse Belgische CO₂ uitstoot, wat kan beschouwd worden als een kleine, maar belangrijke bijdrage.

Het model helpt ons ook om de gebieden af te bakenen waar nieuwe windparken op zee kunnen gebouwd worden in Belgische wateren. Het nieuwe concessiegebied overlapt met het marien beschermd gebied van de Vlaamse Banken, waar waardevolle grindbedden worden beschermd onder de Habitatrichtlijn. Het model toont aan dat negatieve effecten op deze kwetsbare grindbedden kunnen vermeden worden door de turbines in te plannen op minstens 3 tot 7 km van de grindbedden, respectievelijk in stroomafwaartse of stroomopwaartse residuele stroomrichting, of op 2 tot 4 km van de grindbedden in de richting loodrecht op de residuele stroming.

Naast deze wetenschappelijke resultaten (3 afgewerkte doctoraten, 13 publicaties in A1 tijdschriften en 25 posters en presentaties op wetenschappelijke conferenties), creëerde FaCE-It op verschillende vlakken ook een maatschappelijke meerwaarde. Het strak gecoördineerde onderzoek gaf vorm aan een sterke Belgische onderzoeksgemeenschap rond effecten van windparken op zee op mariene ecosystemen. Uit dit consortium zijn minstens vier nieuwe gefinancierde onderzoeksprojecten ontstaan. FaCE-It heeft nieuwe methodologieën en instrumenten ontwikkeld en deze beschikbaar gemaakt aan de Belgische en internationale onderzoeksgemeenschap. Daarnaast hebben de FaCE-It onderzoekers ook bijgedragen tot het opleiden van de toekomstige generatie aan mariene wetenschappers, d.m.v. twee zomerscholen en jaarlijkse veldtrainingen van mariene masterstudenten. Verder hebben FaCE-It wetenschappers actief het beleid ondersteund, onder meer door aanbevelingen voor de bouw van windparken op zee en het delen van kennis en expertise over een ecologisch kader voor het ontwikkelen van windenergie op zee. Actieve interactie met stakeholders heeft geleid tot betere wetenschappelijke resultaten, met testbare scenario's voor het geïntegreerde finale FaCE-It model over de effecten van windparken op zee op de koolstofdynamieken in het mariene ecosysteem.