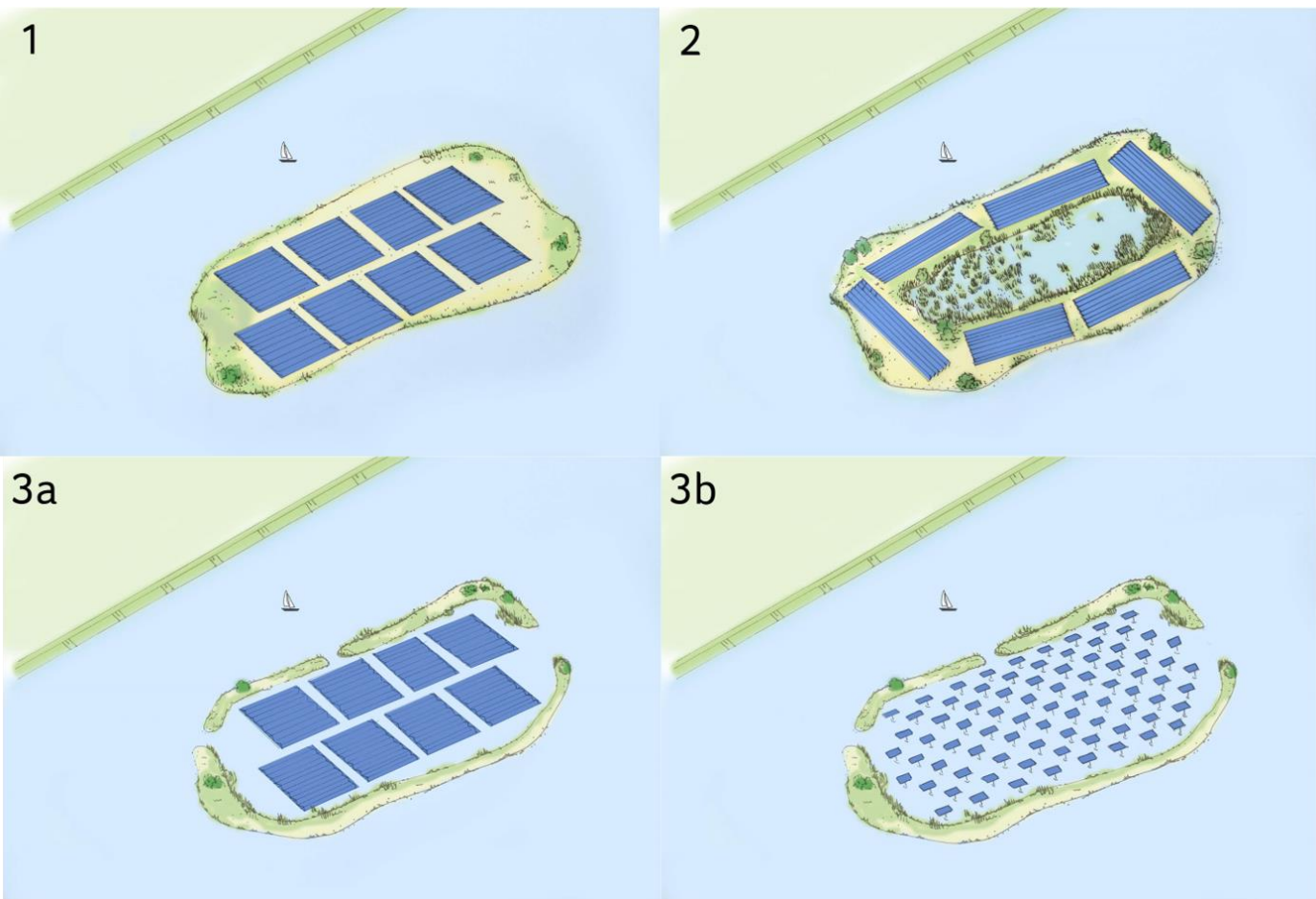




Zonne-atollen geven ruimte aan natuur en duurzame energie - een verkenning



Zonne-atollen geven ruimte aan natuur en duurzame energie - een verkenning

Zonne-atollen geven ruimte aan natuur en duurzame energie - een verkenning


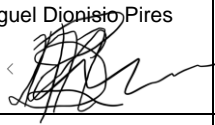

Opdrachtgever	Provincie Noord Holland en gemeente Medemblik
Contactpersoon	Martijn Vos, Tjalling Dijkstra
Referenties	Zie hoofdstuk Referenties
Trefwoorden	IJsselmeer, Wieringerhoek, klimaatrobuust, PAGW, KRW, N2000, Energietransitie, RES Noord-Holland Noord, Zon op Water, duurzame energie

Documentgegevens

Versie	0.1
Datum	21-10-2020
Projectnummer	11206083-002
Document ID	11206083-002-ZWS-0004
Pagina's	42
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

R. Noordhuis	Deltares	
B. van den Boogaard	Bureau Waardenburg	
J. W. Roëll	Bureau Waardenburg	
S. de Rijk	Deltares	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.1	Sacha de Rijk 	Miguel Dionisio Pires 	Renée Talens i/a 	

Samenvatting

Dit project verkent of de doelen van het project Wieringerhoek te koppelen zijn met energie doelen in de regio Noord-Holland Noord. De centrale vraag is of er een variant te ontwerpen en in te richten is waarin én duurzame energie wordt opgewekt én waarin natuurwaarden een kwaliteitsimpuls krijgen zoals beoogd voor het PAGW project Wieringerhoek. Dit rapport beschrijft een variant waarvan wij denken dat er sprake is van een substantiële koppeling van deze doelen en dus van meervoudig ruimtegebruik. Deze variant komt daarom in aanmerking om meegewogen te worden in de MER procedure van het PAGW project Wieringerhoek.

Deze korte verkenning laat zien dat het opwaarderen van natuur goed samen kan gaan met ruimte creëren voor de opwekking van duurzame energie middels zonnepanelen op water. Het aanleggen van zonne-atollen ofwel ringdijken met open verbinding met het meer resulteert in een water oppervlak waar golfwerking sterk gereduceerd is zodat zonnepanelen veilig geplaatst kunnen worden. In deze verkenning hebben we gekozen voor een bedekkingspercentage met panelen van 50% van het oppervlak. Als de bodem onder de zonnepanelen – binnen de zonne-atollen - opgehoogd wordt of wel verondiept met lokaal sediment kan het licht doordringen tot aan de bodem. Hierdoor wordt een gunstige omgeving gecreëerd voor waterplanten en natuurlijk ook voor vis en macrofauna zoals mosselen. Een mooi voorbeeld van meervoudig ruimtegebruik waarbij de PAGW opgave qua ruimtebeslag benut wordt voor de functie opwekking duurzame energie.

Onder de panelen wordt een relatief open, structuurrijke vegetatie van vooral fonteinkruiden verwacht, die interessant is voor opgroeiende jonge vis door een combinatie van voedselaanbod en schuilgelegenheid. Ook de bevestigingsstructuren van de panelen dragen bij door het bieden van een substraat voor mosselen en andere ongewervelden. Door gebrek aan overzicht (veiligheid) zal het gebruik door vis jagende vogels beperkt zijn. De gevarieerde structuur kan zo in de zomer een belangrijke functie hebben voor jonge vis. In de winter, als de vegetatie is verdwenen, zijn deze wateren naar verwachting aantrekkelijk voor de overwintering van (grotere) vis. In de winter zullen vogels wel vermoedelijk op de vis jagen.

Het gehele ontwerp bestaat uit zeven modules. Vier daarvan gaan samen met ruimte voor zonnepanelen. Om alle natuurdoelen zoals gesteld door de Programmatische Aanpak Grote Wateren te behalen zijn er drie modules aan toegevoegd. Ten eerste is een natuureiland toegevoegd met een natuurlijk peilregime, losgekoppeld van het peil in het IJsselmeer. Zo is een goede kwaliteit van helofyten en overstromingsgrasland mogelijk. Daarnaast zijn langs de Wieringermeerdijk twee ondiepe zones voorgesteld om de land-water overgangen natuurlijker te maken. De zoetwatervoorziening voor achterliggende landbouwbedrijven kan gegarandeerd blijven door een bouwkundige aanpassing en de havens van de Oude Zeug blijven bereikbaar voor scheepvaart.

De verkenning zoals hier gepresenteerd is uitgevoerd door Deltares en Bureau Waardenburg. Beide organisaties hebben uitgebreide kennis en ervaring van het IJsselmeergebied, zowel van de natuur, waterkwaliteit, stroming als morfologie. De heer K. Buitendijk – de initiator van dit onderzoek - heeft specifieke gebiedskennis ingebracht waar dankbaar gebruik van is gemaakt door de onderzoekers.

Bij het ontwerpen is vooral gekeken naar de natuurdoelen met als randvoorwaarden de bestaande structuren, morfologie en waterkwaliteit. Naast de experts van Deltares en Bureau

Waardenburg zijn ook ecologen van Witteveen+Bos geraadpleegd. Ook zij zijn positief over de potentiële ecologische waarde van de hier geschetste zonne-atollen.

Het is wel noodzakelijk te zeggen dat een zonne-atol zoals hier gepresenteerd nog nergens ter wereld is beproefd. Het aanleggen van de ringdijken is geen lastige opgave en zonnepanelen worden al toegepast op zoete wateren. Het onderzoek naar de effecten op waterkwaliteit en ecologie van zon op water staat echter nog in de kinderschoenen. De mogelijkheid van meervoudig ruimtegebruik voor ecologie en energie is dus bepaald op basis van een deskundigenoordeel. De aanbeveling is om met een pilot zonne-atol te beginnen en zo meer te leren over de werking van een zonne-atol en de relatie tussen ecologie en energie.

Zowel Deltares en Bureau Waardenburg zijn de opdrachtgevers – provincie Noord Holland en gemeente Medemblik – erkentelijk voor de uitdagende opdracht en het gestelde vertrouwen.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Introductie	8
1.1	Het project Wieringerhoek	8
1.2	Doel van dit onderzoek	9
2	De doelen	11
2.1	Natuurdoelen	11
2.2	Agenda IJsselmeergebied 2050	12
3	Schets van de zonne-energie variant	13
3.1	Eerste stap in de zoektocht	13
3.2	Waterplanten onder de zonnepanelen	14
3.3	Algemene beschrijving	15
3.4	Beschrijving van de modules	19
3.4.1	Module A	19
3.4.2	Modules B, C en D	19
3.4.3	Module E	20
3.4.4	Modules F en G	20
3.4.5	Nevenvaarwater	21
4	Evaluatie van de doelen	22
4.1	PAGW doelen	22
4.1.1	Ondieptes waterplanten	23
4.1.2	Waterplanten onder de panelen	24
4.1.3	Mosselen	24
4.1.4	Arealen met eigen waterpeilregime	24
4.1.5	Helofyten met IJsselmeerpeil	25
4.1.6	Zand vlakte en zandige randen	25
4.2	Natura 2000 doelen	25
4.2.1	Habitattypen en habitatrichtlijnsoorten	25
4.2.2	Broedvogels	26
4.2.3	Niet-broedvogels	27
5	Aanbevelingen	29
5.1	Binnen de zonne-atollen	29
5.2	De ringdijken	30
5.3	Buiten de zonne-atollen	30
5.4	Helofytenmoeras en overstromingsgrasland	31
5.5	Het zonnepark	31
5.6	Landschappelijke inpassing	32

5.7	Ruimtelijke inpassing	32
5.8	Bescherming zoetwatervoorraad	33
	Referenties	34
A	Mosselen als voedsel voor vogels	36
B	Berekening bergingsverlies	41

1 Introductie

1.1 Het project Wieringerhoek

Het vertrekpunt voor het project Wieringerhoek is de algemene doelstelling voor de natuur in het IJsselmeergebied, zoals deze in de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) en de Agenda IJsselmeergebied 2050 is opgenomen: het gebied zo robuust maken dat het ecosysteem de gevolgen van klimaatverandering én duurzaam gebruik veerkrachtig kan opvangen.

Toekomstbestendige grote wateren waar hoogwaardige natuur goed samengaat met een krachtige economie. Dat is de ambitie van 33 projecten die worden uitgevoerd in het kader van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW). Binnen het IJsselmeergebied worden momenteel twee PAGW projecten verkend, één in het noordwestelijke deel van het IJsselmeer (project Wieringerhoek, Figuur 1.1) en één in het Markermeer (project Oostvaardersoever). In de Notitie Reikwijdte en Detailniveau Wieringerhoek¹ (Turlings, 2020) worden voor het project Wieringerhoek vier onderzoeksalternatieven gepresenteerd door RWS MN i.s.m. Witteveen+Bos (Figuur 1.2).

Door delen van het IJsselmeer te verondiepen ontstaat een meer divers zoetwaterleefgebied met ondieptes en overstromingsvlaktes. Het creëren van een zoet-zout gradiënt zorgt voor een verbindende brakwaterzone tussen IJsselmeer en Waddenzee. Het deltakarakter van het gebied wordt met deze maatregelen versterkt. Een andere doelstelling van alle PAGW projecten in het IJsselmeer is het beschermen van de zoetwatervoorraad van het meer.

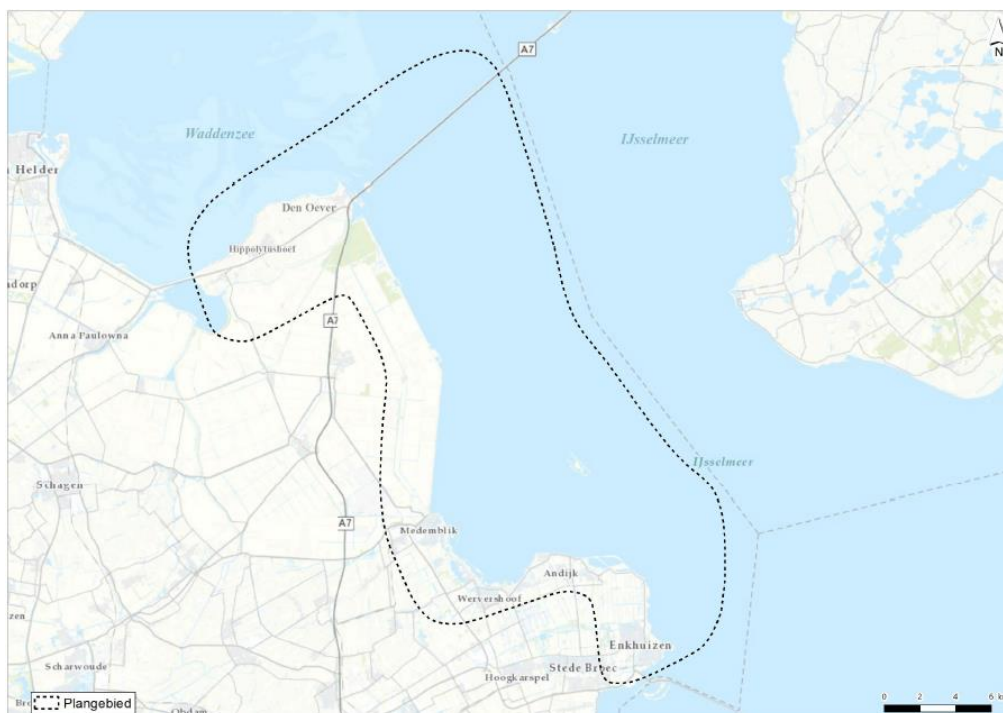
De kansen voor duurzame energie opwekking zijn binnen de vier gepresenteerde onderzoeksalternatieven niet in beschouwing genomen. In de regio is echter wel behoefte aan ruimte voor het opwekken van zonne-energie. De gebiedsopgave voor energie verduurzaming is vastgelegd in het concept RES Noord-Holland Noord².

In de Zienswijze op de Notitie Reikwijdte en Detailniveau Wieringerhoek van de heer K. Buitendijk³ is een scopeverbreding voorgesteld voor het project Wieringerhoek. Het voorstel is om de gestelde doelen van de Energietransitie mee te laten wegen bij de verkenning Wieringerhoek en zo ecologie en duurzame energievoorziening hand in hand te laten gaan. De provincie Noord Holland en gemeente Medemblik hebben deze mogelijke synergie van verschillende doelen laten verkennen door Deltares en Bureau Waardenburg. De onderzoekers hebben daarbij dankbaar gebruik gemaakt van de (gebieds)kennis van de heer Buitendijk en zijn uiterst erkentelijk voor zijn energieke inzet tijdens het gehele denk- en ontwerpproces. Het resultaat van de verkenning ligt voor u.

¹ De documenten rond de verkenning PAGW project Wieringerhoek zijn te vinden op de Helpdesk Water van RWS: <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/ecologie/programmatische-aanpak-grote-wateren/@236605/project-wieringerhoek/>

² Dit RES document is te vinden op de website van de Noord-Hollandse energieregio: <https://energieregionhn.nl>

³ Zienswijze is te lezen in de Nota van Antwoord (zienswijze 55) op <https://www.platformparticipatie.nl/projectenlijst/wieringerhoek/startbeslissing-en-voornemen/>



Figuur 1.1 Zoekgebied voor de PAGW maatregelen; het plangebied voor het project Wieringerhoek

1.2 Doel van dit onderzoek

Doel is te verkennen of de ecologische doelen van het project Wieringerhoek te koppelen zijn met doelen van de RES-Noord-Holland Noord. We doen dit door het toevoegen van mogelijkheden tot zonne-energie opwekking in het PAGW project Wieringerhoek. De centrale vraag is of er een variant te ontwerpen en in te richten is waarin én duurzame energie wordt opgewekt én waarin natuurwaarden een kwaliteitsimpuls krijgen zoals beoogd voor het project Wieringerhoek. Daarnaast kijken we ook naar de gevolgen van het ontwerp voor de zoetwatervoorraad.

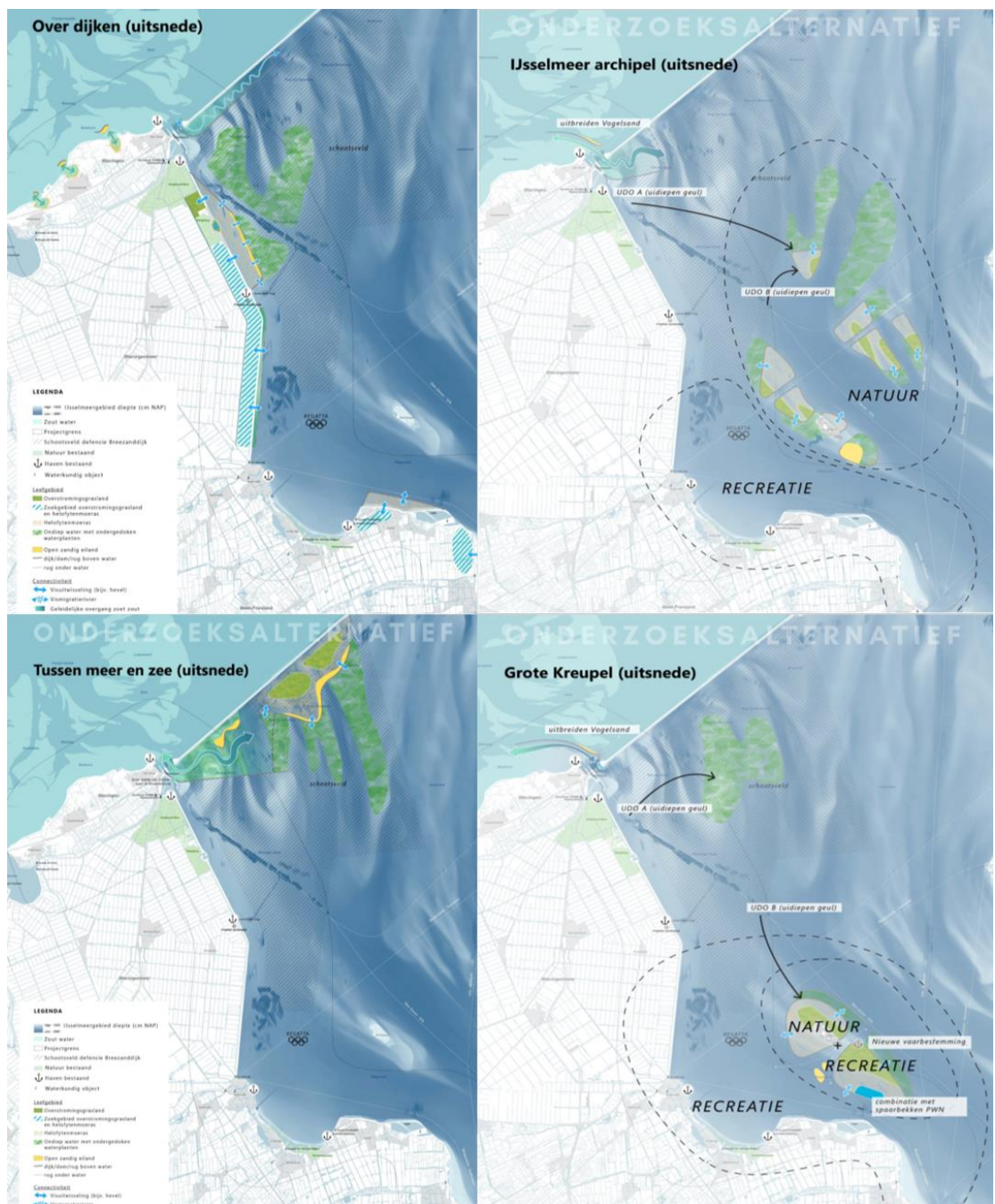
Dit rapport beschrijft een onderzoeksalternatief dat een scenario beschrijft waarin sprake is van een maximale koppeling van deze doelen. Mits van voldoende kwaliteit zal dit als vijfde onderzoeksalternatief meegenomen worden in de verdere MER verkenningen voor het PAGW project Wieringerhoek. Dit is de 'zonne-energie variant'.

Het voor u liggend rapport geeft:

- De doelen die uitgangspunten zijn voor het ontwerp (hoofdstuk 2);
- De zoektocht naar de mogelijke inpassing van zonnepanelen in het gebied waarbij de ecologische doelen van de PAGW een kans krijgen (paragraaf 3.1 en 3.2);
- Een algemene beschrijving van de 'zonne-energie variant' (paragraaf 3.3);
- Een gedetailleerde beschrijving van de gebruikte onderdelen van de 'zonne-energie variant', de modules (paragraaf 3.4);
- Een inschatting op hoofdlijnen van mogelijke effecten op de PAGW, Natura 2000 en KRW doelen (hoofdstuk 4);
- Hoofdstuk 5 bevat de aanbevelingen voor een vervolg, in de vorm van aandachtspunten die uit dit verkennende onderzoek naar voren zijn gekomen.

De focus van deze verkenning ligt op de ecologie van het noordwestelijke IJsselmeer. We kijken niet naar zout indringing, niet naar financiering en niet naar infrastructurele vragen rondom de koppeling van de zonnepanelen naar de vaste wal.

Daarnaast doen we in dit rapport geen berekeningen rond potentiële opbrengsten van de zonnepanelen. De financiële haalbaarheid van de zonne-energie variant wordt door de heer Buitendijk in het RES Noord Holland Noord proces ingebracht.



Figuur 1.2 Impressie van de vier onderzoeksalternatieven uit de NRD (Turlings, 2020)

2 De doelen

De vraag in deze verkenning is of we een ontwerp kunnen bieden dat ruimte geeft voor duurzame energie productie en tegelijk de PAGW doelen behaalt of benadert. Daarnaast hebben we gekeken hoe ons ontwerp de N2000 en KRW doelen beïnvloedt. De PAGW projecten en de N2000 en KRW doelen liggen in dezelfde lijn, namelijk het streven naar een divers en klimaatrobuust ecosysteem. Hoewel de focus van deze verkenning ligt op de natuurdoelen willen we een ontwerp niet los zien van de overall gebiedsdoelen. Hieronder bespreken we zowel de natuurdoelen als de gebiedsdoelen die vastgelegd zijn in de Gebiedsagenda IJsselmeergebied 2050.

2.1 Natuurdoelen

De PAGW doelen

Hoofddoel is het deltakarakter van de verbinding tussen het IJsselmeer en de Waddenzee versterken door natuurlijke overgangen te creëren: van nat naar droog en van zoet naar zout. Veel van de habitats die nodig zijn voor een gezond ecosysteem zijn vrijwel afwezig in het huidige gebied van de Wieringerhoek. De doelen voor het project zijn uitgebreid beschreven en concreet gemaakt voor het gebied in Notitie Reikwijdte en Detailniveau Wieringerhoek (Turlings, 2020).

Deze studie gaat uit van het creëren van drie habitats in synergie met potentie voor duurzame energie opwekking in het PAGW zoekgebied Wieringerhoek. In de studie Doelbereik verkenning Wieringerhoek (Mandemakers en Turlings, 2020) zijn door Witteveen+Bos de gewenste omvang genoemd van de habitats, dit zijn:

Ondergedoken waterplanten, ca 1600-1700 ha

Ondieptes met waterplanten zijn ondervertegenwoordigd in het IJsselmeer, en vrijwel afwezig in dit gedeelte. Het gaat om dieptes van 0,5 tot 3 meter (ecotopen ondiep en matig diep water met waterplanten), met een variatie aan vegetatietypen waaronder kranswier- en fonteinkruidgemeenschappen (habitattypen H3140 en 3150). Deze habitats zijn geschikt voor allerlei ongewervelde dieren en voor opgroeiende jonge vis, en bieden voedsel aan planteneterende-, macrofauna- en visetende vogels.

Helofytenmoeras (eigen peil) ca 1000 ha

Een helofytenmoeras bestaat uit moerasplanten die in het water staan, zoals riet. Het water tussen deze planten vormt een belangrijk habitat voor plankton, allerlei ongewervelden en jonge vis, en ook voor bepaalde moerasvogels. Een goed functionerend moeras met voldoende omvang levert een belangrijk deel van de productie van het watersysteem. Daarvoor en voor een functionele interactie met open water zijn natuurlijke peilfluctuaties noodzakelijk. In de praktijk van het IJsselmeer betekent dat een omdijking met een eigen peilregime.

Overstromingsgrasland ca 1000 ha

Overstromingsgrasland is vooral van belang voor vispaai van vroeg paaiende soorten zoals snoek. Daarvoor moet het grasland, dat in de zomer gemiddeld enkele decimeters boven het waterpeil ligt, in de winter (voorjaar) jaarlijks overstromd worden. Dit grasland moet in de nabijheid van helofytenmoeras (en open water) liggen voor uitwisseling van vis tussen habitats in de loop van het seizoen. Ruimtelijke samenhang met ondieptes met waterplanten is voor een soort als snoek van groot belang.

Om in het voorjaar te kunnen overstroomd is ook voor dit habitat natuurlijk peil nodig en in de praktijk dus omdijking en een eigen peilregime.

N2000 doelen

In het IJsselmeer zijn verschillende habitattypen en habitat- en vogelrichtlijn soorten aangewezen. Op hoofdlijnen gaat het om ondergedoken waterplanten van kranswier en fonteinkruiden gemeenschappen, ruigten en zomen, verschillende broedvogelsoorten en een uitgebreide lijst van in totaal 30 niet-broedvogelsoorten.

2.2 **Agenda IJsselmeergebied 2050**

Het IJsselmeergebied is het grootste aaneengesloten zoetwatergebied van West-Europa. Het biedt Nederland een strategische zoetwaterbuffer voor drinkwater, landbouw en natuur. Voor het IJsselmeergebied zijn een aantal urgente opgaven opgesteld op het gebied van waterveiligheid, zoetwater, klimaatadaptatie, natuurontwikkeling, waterkwaliteit, energieproductie, visserij, toerisme, recreatie en verstedelijking.

Het combineren van al deze opgaven in het gebied dwingt tot ruimtelijke samenhang en maakt regie en samenwerken noodzakelijk. In 2018 hebben daarom ruim 60 partijen op bestuurlijk niveau de Agenda IJsselmeergebied 2050 ondertekend. Het einddoel van de gebiedsagenda is het vergroten van de omgevingskwaliteit en samenhang in het IJsselmeergebied. Water is daarbij het verbindende element.

3 Schets van de zonne-energie variant

3.1 Eerste stap in de zoektocht

In het kader van meekoppeling van zonne-energie en PAGW doelen zijn verschillende opties voor plaatsing van zonnepanelen in het zoekgebied Wieringerhoek overwogen. De vier opties of schetsen zijn aangegeven in Figuur 3.1 en hieronder beschreven.

Schets 1: Eilanden met velden van aaneengesloten zonnepanelen. Deze optie vraagt veel zand en is daarom kostbaar, terwijl het areaal onder en tussen de panelen niet bijdraagt aan de invulling van PAGW doelen of andere natuurdoelen.

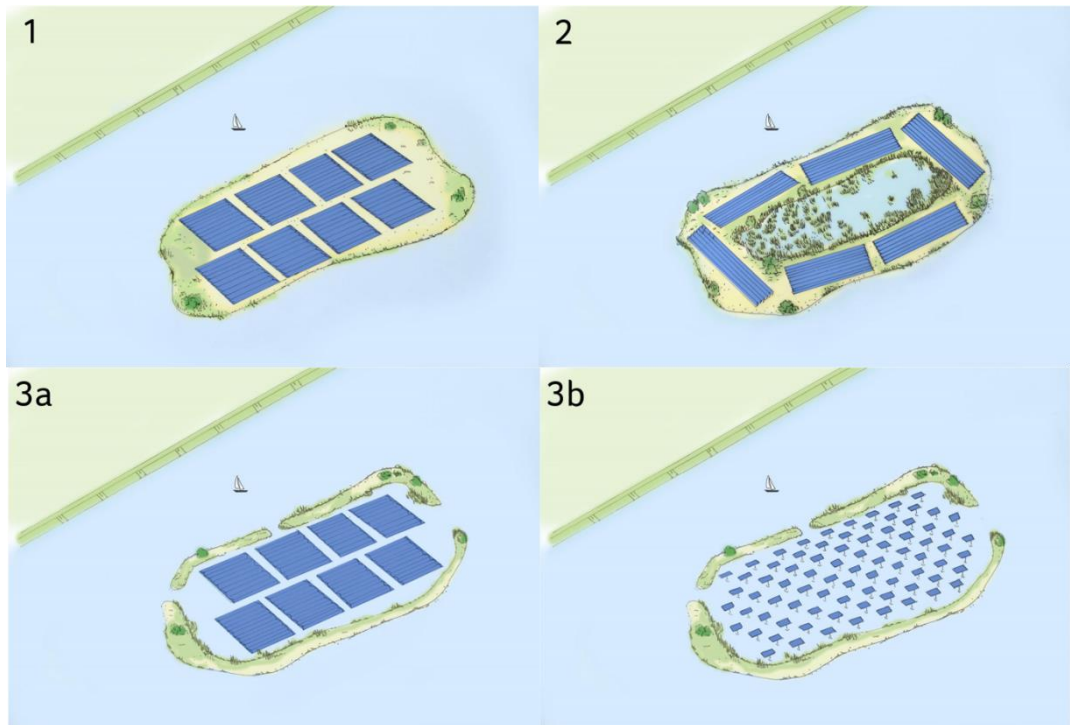
Schets 2: Eiland met brede rand met panelen en centraal moeras of water (“donut”) met eventueel eigen peilfluctuaties. Hier geldt ook dat het areaal onder de panelen niet bijdraagt aan de PAGW doelen. Het centrale moeras draagt wel bij aan de PAGW doelen.

Schets 3a: Atollen (ringdijken) met een smalle rand en clusters aaneengesloten drijvende zonnepanelen in het centrum, op of boven het water. De ringdijken creëren luwte die nodig is om de panelen te beschermen voor golfwerking. Het peil binnen het atol is hetzelfde als die van het meer. Het water onder de panelen heeft een zeer beperkte ecologische functie omdat het meeste licht wordt geblokkeerd.

Schets 3b: Atollen (ringdijken) met een smalle rand en verspreid geplaatste zonnepanelen op of boven het water waarbij 50% van het wateroppervlak bedekt is, dit kan door het gebruik van bifaciale panelen (verticaal geplaatste panelen). Er valt minder licht op de bodem, maar als de diepte beperkt is (minder dan anderhalf tot twee meter), kunnen er waterplanten groeien in een ruimtelijk divers patroon, waardoor een habitat ontstaat dat interessant kan zijn voor vis.

Alleen bij optie 3b is het mogelijk om vrijwel het volledige areaal van de zonnepanelen te combineren met een door PAGW gewenste habitat, namelijk ondiepe delen met waterplanten. Bij optie 3b is maximaal sprake van meervoudige ruimte gebruik; de ruimte bedient twee functies, namelijk natuur en duurzame energie opwekking. De keuze voor verdere uitwerking is daarom gevallen op optie 3b.

Bij het ontwerp waren de volgende uitgangspunten leidend: *i)* de door PAGW gestelde arealen van de gewenste habitats (hoofdstuk 2.1), *ii)* gebieden die vogels aantrekken moeten zo ver mogelijk verwijderd zijn van het bestaande windmolenpark en *iii)* de zonneparken dienen zo dicht mogelijk bij de kust te liggen om de koppeling met de vaste wal makkelijk en kosten efficiënt te maken. Op basis van deze uitgangspunten is een ontwerp uitgewerkt dat de atollen dichtbij de Wieringermeer kust situeert.



Figuur 3.1 Vier varianten van plaatsing van zonnepanelen die in het kader van deze studie zijn overwogen

3.2 Waterplanten onder de zonnepanelen

Drijvende zonnepanelen kunnen meer opbrengst hebben in vergelijking met panelen op land onder andere door de verkoelende werking van het water. Wereldwijd wordt daarom geëxperimenteerd met drijvende zonneparken. In 2020 heeft Deltares een rapport opgesteld over bekende en ontbrekende kennis over de effecten van drijvende zonneparken op waterkwaliteit en ecologie (Dionisio Pires & Loos 2020). Daaruit kwam naar voren dat veel kennis nu nog ontbreekt, er is simpelweg nog te weinig data van de reeds aangelegde parken om al een duidelijk beeld te krijgen van de ecologische effecten. Wat we wel weten is dat de hoeveelheid lichtinval minder wordt.

Er is kennis over de kans op groei van waterplanten in relatie tot de hoeveelheid licht in het water en op de bodem (Van den Berg 1998; Van den Berg et al. 2003). Deze kennis is gebruikt om de atollen zo in te richten dat het volledige areaal binnen de ringdijk potentieel voor waterplanten geschikt te maken is. Er wordt slechts 50 % van het oppervlak bedekt met panelen. Door onder de panelen de waterdiepte te verlagen (te verondiepen) zal er toch licht tot op de bodem doordringen. Bovendien zal door de luwte werking van de ringdijk ook meer licht kunnen doordringen dan buiten de ringdijk. Luwte leidt namelijk tot minder golven en daardoor minder opwerveling van sediment van de bodem. Door de luwte en verondieping compenseer je het lichtverlies als gevolg van de panelen.

Van maatregelen elders weten we dat bij verondiepingen en luwte in het IJsselmeer waterplanten zullen gaan groeien. Indien het sediment binnen de atollen sporen en zaden bevat verwachten we dat waterplanten op korte termijn op zullen komen. Indien zaden en sporen ontbreken kan de vestiging gestimuleerd worden door het aanbrengen van een toplaag met zaden en sporen van een locatie met planten. Hiermee is in andere projecten in het IJsselmeergebied ervaring opgedaan (o.a. Eemmeer, met sediment uit de Gouwee; Noordhuis en Van Geest 2015). Het zo gecreëerde habitat binnen een atol is in potentie aantrekkelijk als schuilplek voor opgroeiende jonge vis in de zomer en voor overwinterende vis.

3.3 Algemene beschrijving

De zonne-energie-variant bestaat uit zeven verschillende modules (onderdelen) en een recreatievaargeul (Figuur 3.2). De meest noordelijke module is alleen voor natuur, dat is module A. Er zijn vier modules (B t/m E) bestaande uit atollen met openingen naar het IJsselmeer waarbinnen drijvende zonnepanelen worden geplaatst. Gedacht wordt aan bifaciale panelen die verticaal op het water staan en in oost-west richting worden opgesteld. De plaatsing is zodanig dat niet meer dan 50% van het wateroppervlak wordt beschaduwd. Een modelstudie laat zien dat de meeste verschillen met de oorspronkelijke situatie optreden bij een bedekking van 50% of meer (Loos en Wortelboer, 2018).

De resulterende reductie (grofweg een halvering) van de hoeveelheid licht door de panelen bij de bodem wordt gecompenseerd door verondieping en luwtewerking van de ringdijken, zodanig dat onder de panelen waterplanten kunnen groeien. Onder invloed van de ruimtelijke afwisseling tussen licht en donker ontstaat een vegetatie met een open structuur en gradiënten die kunnen bijdragen aan de diversiteit van flora en fauna. Op deze manier kan nagenoeg de gehele oppervlakte van de modules een ecologische bestemming krijgen. De panelen worden niet strak tegen de randen van de ringdijken gelegd, hier wordt ook een zone opengelaten. Deze open zone dient voor bereikbaarheid van de ringdijken ten behoeve van onderhoud, bereikbaarheid van de panelen voor onderhoud en het voorkomen dat de panelen tegen de ringdijk op botsen.

De ringdijken van de modules B t/m E zijn aan de voet 50 m breed en bestaan uit zand dat in het midden 1 m boven zomerpeil uit steekt, om bescherming van de zonnepanelen bij de hoogste waterstanden (Figuur 3.3) te garanderen en om het bevoeien van de overstromingsgraslanden in module E mogelijk te maken. De ringdijken worden beschermd met behulp van een beschoeiing van houten palen (nog niet in detail uitgewerkt, inspiratie zie Figuur 3.4).

Aan de oostzijde van de atollen zijn verondiepingen voor waterplanten voorgesteld met een dieptegradiënt van 0,5 tot 3 meter onder zomerpeil. Langs de Wieringermeerdijk plaatsten we twee modules van verondiepingen (modules F en G).

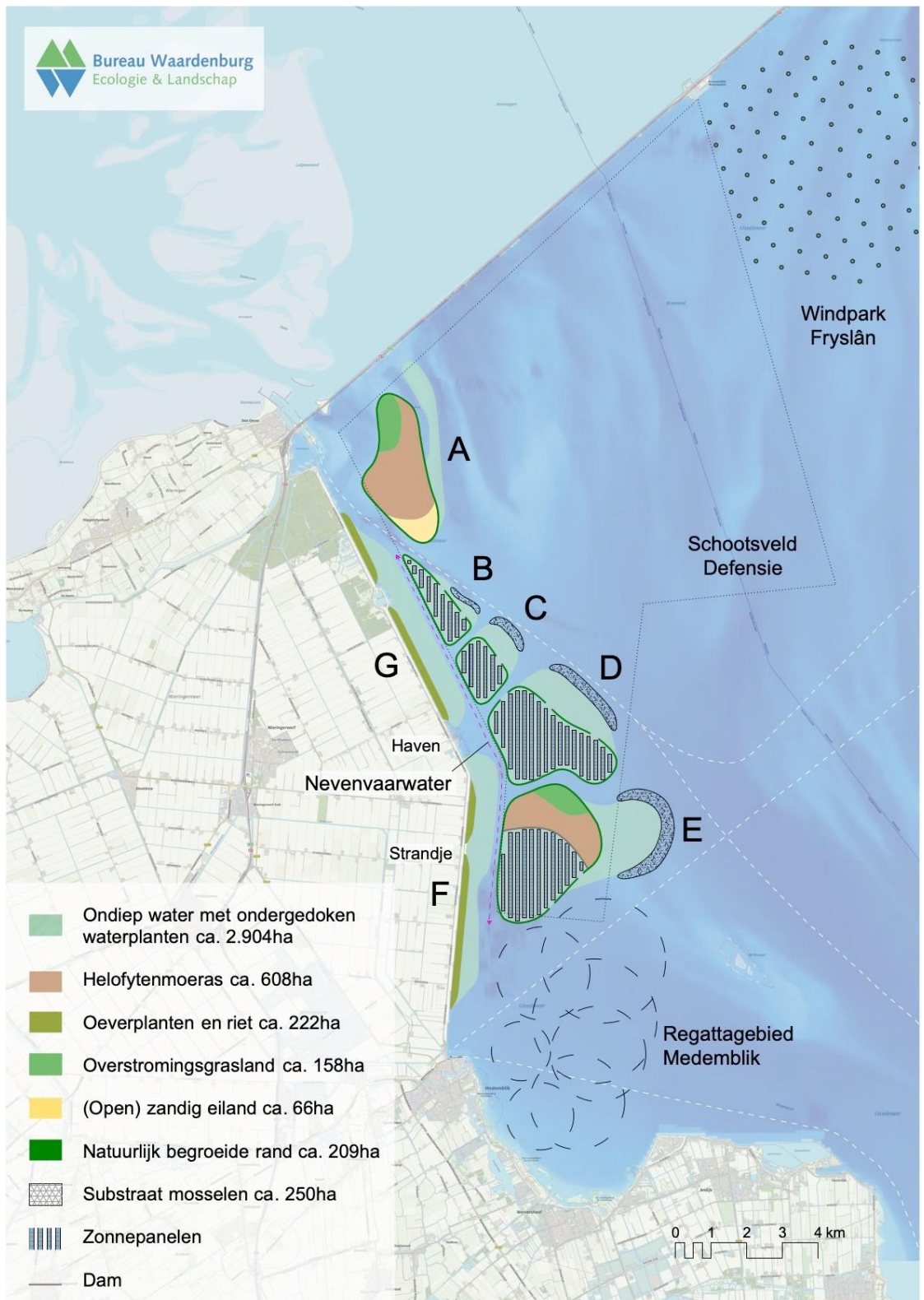
De totale oppervlakte van de modules bedraagt 4417 hectare (Tabel 1). De zonne-atollen (modules B t/m E) bieden oppervlak voor de plaatsing van zonnepanelen. Het beschikbare oppervlak is 1360 ha binnen de atollen, daarvan zou met de huidige aannames 50% geschikt zijn voor plaatsing van panelen. Er dient echter ook rekening gehouden te worden met de zone langs de ringdijken die opgelaten moet worden voor veiligheid en nodige onderhoud aan zowel de ringdijken als de panelen.

In het projectgebied zijn al structuren aanwezig zoals vaargeulen of havens. In de zonne-energie variant wordt hier rekening mee gehouden. De vaargeul van Den Oever naar Enkhuizen wordt net als het vaargebied dat hoort bij het Regatta Center Medemblik ontzien. De vaargeul en het regattagebied vormen vanaf module B de buitengrens van het projectgebied. Het gebied voor de havens ten noorden van de Zeughoek wordt niet verondiept. Hier zullen dus geen waterplanten gaan groeien en de toegang blijft vrij.

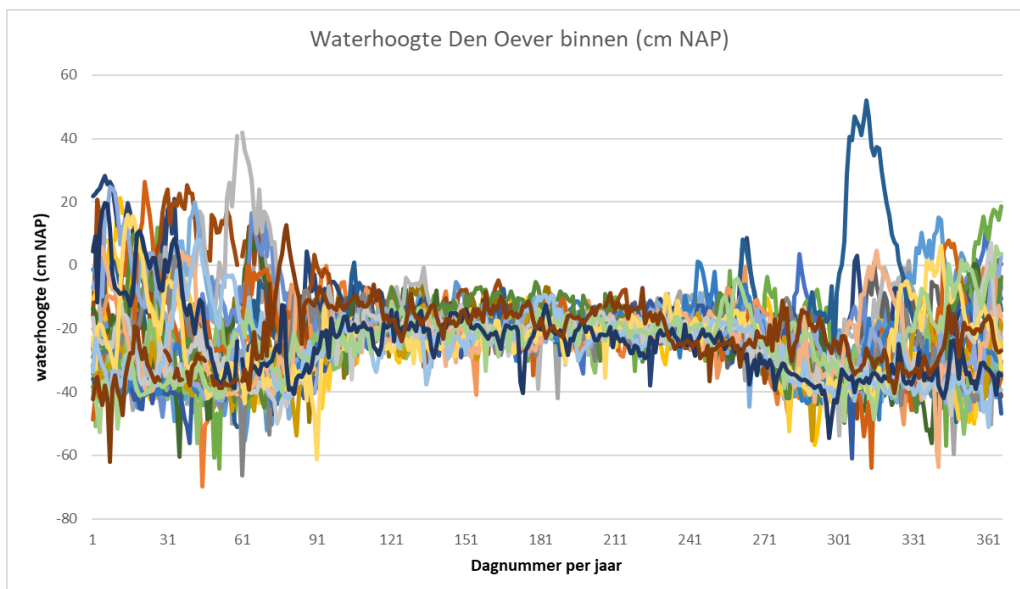
De ruimte tussen de modules wordt niet verondiept, zodat hier vaarwater overblijft dat vrij is van waterplanten voor verbinding met het open water van het IJsselmeer. Vanuit de Zeughoek havens is tussen de modules C en D de vaargeul Den Over-Enkhuizen gewoon bereikbaar. De stroken helofyten langs de Wieringermeerdijk in modules F en G worden enkele keren onderbroken voor recreatieve ontwikkeling, respectievelijk voor een strandje en voor De Wielen (zie Figuur 3.2).

Tabel 1 Oppervlaktes in hectares van de verschillende habitats in de zonne-energie variant per module. Modules B tot en met E zijn de zonne-atollen, aangegeven met een *.

Module	Ondieptes waterplanten	Waterplanten binnen de zonne-atollen	Mosselen	Helofyten (eigen peil)	Oeverplanten	Overstromingsgrasland	Zandig eiland	Zandige randen
A	168	-	-	362	-	88	66	51
B *	35	150	15	-	-	-		33
C *	80	158	31	-	-	-		25
D *	217	574	71	-	-	-		48
E *	339	478	133	246	-	70		52
F	341	-	-	-	110	-		
G	364	-	-	-	112	-		
Totaal	1544	1360	250	608	222	158	66	209



Figuur 3.2 Ontwerp van de zonne-energie variant. Het Nevenvaarwater, de roze stippellijn, wordt in paragraaf 3.4.5 besproken. De zonne-atollen zijn de modules B, C, D en E, de panelen zijn getekend als grijze noord-zuid lopende lijnen, zon oriëntatie is daarmee oost-west. De gestippelde grijze lijn geeft de begrenzing van het Schootsveld Defensie aan.



Figuur 3.3 Waterhoogtes in het IJsselmeer bij Den Oever in de loop van het jaar (dagnummers) over de jaren 1988 t/m 2019 in cm ten opzichte van NAP (gegevens RWS).



Figuur 3.4 Reconstructie van een palendijk langs het Eemmeer bij Spakenburg. Tot de paalworm epidemie van 1734 werd de gehele zuiderzeekust op deze wijze beschermd. Tegenwoordig vormt de paalworm geen probleem meer omdat deze alleen in zout en brak water leeft.

3.4 Beschrijving van de modules

3.4.1 Module A

De meest noordelijke module is alleen voor natuur en sluit direct aan bij de PAGW doelen. Er is gebruik gemaakt van de ondiepte ten oosten van de sluizen van Den Oever om de kosten van verdere verondieping te beperken. Hier worden vier habitattypen voorgesteld:

- Een vegetatie van helofyten zoals riet en andere oeverplanten. Hiervoor wordt het water over een areaal van 362 ha verondiept tot 0,5 m onder zomerpeil. De vegetatie moet in de winter overstromen met ca 20 cm tot een meter water (Turlings, 2020) en mag in de zomer droogvallen. Verschillen tussen jaren zijn van waarde voor de vitaliteit van het habitat.
- Overstromingsgrasland. Hiervoor wordt het sediment over een areaal van 88 ha verhoogd tot gemiddeld 0,3 m boven zomerpeil. Op dit grasland moet in het voorjaar water staan dat toegankelijk is voor vis, die in dit habitat komt paaien. Het habitat sluit aan op helofytenmoeras en open water, dit is gunstig voor uitwisseling van vis tussen habitats in de loop van het seizoen.
- Het meest zuidelijke deel wordt over een areaal van 66 ha naar 0,75 m boven zomerpeil gebracht en bestaat uit grof zand waarop visdiepjes en andere vogelsoorten kunnen broeden op kale grond.
- In de luwte aan de oostelijke zijde wordt een volgende ondiepte gebruikt voor verdere verondieping met een oppervlakte van 168 ha tot (gemiddeld) 1,5 m onder zomerpeil ten behoeve van waterplanten.

Voor een goede kwaliteit van de helofyten en het grasland is het wenselijk om natuurlijke peilfluctuaties te simuleren. Binnen de module moet daarom een eigen peilregime kunnen worden toegepast. De ringdijk moet dus gesloten zijn, en voorzien worden van een pompinstallatie met mogelijkheden voor vispassage. Bij het uiteindelijke ontwerp van de vispassage kan gebruik worden gemaakt van de kennis die is opgedaan bij andere vispassages en enkele pilot projecten zoals de Koopmanspolder bij Andijk.

Arealen met eigen peil kunnen ook binnendijks worden aangelegd. Onder meer vanwege de te verwachten hoge kosten van de aanschaf van particuliere gronden binnendijks is in dit voorstel gekozen voor een buitendijkse oplossing in de vorm van afgesloten modules A en een deel van module E. Er is hiervoor geen integrale kostenafweging gemaakt.

3.4.2 Modules B, C en D

Deze drie modules liggen op een ondiepte die in de richting van De Kreupel loopt. Ze bestaan uit een ringdijk met openingen naar het IJsselmeer, waarbinnen het water voor 50% wordt afgedekt door zonnepanelen. Aan de oostzijde van de ringdijken zijn verondiepingen voorgesteld. Er zijn drie habitats te onderscheiden:

- Luw ondiep water met waterplanten onder en/of tussen de panelen. Deze wateroppervlakten onder de zonnepanelen zijn van noord naar zuid 150 (B), 158(C) en 567(D) ha groot. Bij de modules B en C worden deze arealen verondiept tot één meter onder zomerpeil. Bij module D wordt het gehele areaal verondiept tot een gradiënt van één tot twee meter onder zomerpeil. Zo nodig kan de vestiging van planten worden gestimuleerd door het aanbrengen van sediment met sporen en zaden van elders (zoals elders in het IJsselmeergebied succesvol was).
- Ondieptes in de luwte aan de oostzijde van de eilandmodules in breedte variërend tot ongeveer een kilometer. Deze ondieptes nemen in diepte toe van 0,5 m onder zomerpeil aansluitend op de ringdijk naar 3 m aan de kant van het open water.

Oostelijk van de eilandmodules zijn ze beschermd tegen de westenwind, maar ze zijn geëxponeerd t.o.v. zomerstormen uit het oosten. Dit geeft wat extra dynamiek en ruimtelijke variatie ten opzichte van de hiervoor genoemde ondieptes onder de panelen. Het meest oostelijke deel van deze ondieptes, dus aan de diepe kant van de gradiënt, wordt beschermd door mosselbanken. De ondieptes voor waterplanten zijn van noord naar zuid 35, 80 en 217 ha groot.

Mosselbanken worden aangebracht aan de oostzijde van de ondieptes voor waterplanten, langs de vaargeul Den Oever – Enkhuizen. Hier wordt substraat aangebracht (schelpen) waarop mosselen kunnen groeien. De diepte bedraagt 3 tot 4 meter onder zomerpeil, zodat de mosselen bereikbaar zijn als voedsel voor eenden. Naast een voedselbron helpen de mosselbanken de verondiepingen te fixeren. Deze mosselbanken hebben oppervlakten van resp. 15, 31 en 71 ha.

3.4.3 Module E

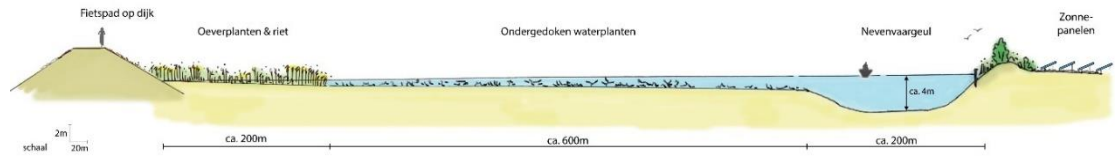
Het noordelijke deel is afgesloten van het IJsselmeer ten behoeve van een eigen peilregime met een pompinstallatie en een vispassage conform module A. Het zuidelijke gedeelte is ingericht zoals modules B, C en D en heeft een ringdijk met openingen naar het IJsselmeer. Vijf habitatypen zijn hier gecombineerd:

- Een vegetatie van helofyten zoals riet en andere oeverplanten conform module A. Hiervoor wordt het water over een areaal van 246 ha verondiept tot een halve meter onder zomerpeil.
- Overstromingsgrasland conform module A. Hiervoor wordt het sediment over een areaal van 70 ha verhoogd tot 30 centimeter boven zomerpeil. Op dit grasland moet in het voorjaar water staan dat toegankelijk is voor vis, die in dit habitat komt paaien.
- Ondiepte voor waterplanten onder de zonnepanelen binnen de ringdijk met een areaal van 478 ha, verondiept tot een gradient van één tot twee meter onder zomerpeil.
- Ondiepten voor waterplanten aan de oostzijde aansluitend op de ringdijk met een dieptegradient van een halve tot drie meter onder zomerpeil zoals bij modules B, C en D. Het areaal is 339 ha.
- Een mosselbank aan de oostzijde van de hiervoor genoemde ondiepte op een diepte van 3 tot 4 m onder zomerpeil, zoals bij modules B, C en D (133 ha).

3.4.4 Modules F en G

Dit zijn twee ondiepe zones aansluitend op de Wieringermeerdijk, ongeveer 800 meter breed met toenemende diepte, aansluitend op een geul voor recreatievaart (Figuur 3.5). Tussen de twee modules ligt de haven Oude Zeug, deze wordt vrijgelaten. De zones worden elk een keer onderbroken om recreatieve ontwikkeling mogelijk te maken. Modules F en G leveren twee habitattypen:

- De eerste 200 m vanaf de kust heeft een diepte van nul tot een halve meter onder zomerpeil en wordt begroeid met oeverplanten zoals riet en andere helofyten. De oeverplanten zones van de twee modules zijn respectievelijk 110 en 112 ha groot. In tegenstelling tot de helofytenzones van modules A en E geldt hier geen eigen peilregime. Daardoor wordt de overgang naar het open water op termijn waarschijnlijk harder (minder natuurlijk) en minder functioneel met betrekking tot uitwisseling van vis en stoffen. Deels kan dit wellicht met beheer worden verbeterd.
- De volgende 600 meter heeft een diepteverloop van 0,5 tot 3 meter. De gekozen breedte voorkomt een zodanige golfopbouw dat de groei van waterplanten weer kan worden verminderd door toenemende schuifspanning. De zones liggen ook beschermd bij oostenwind, zodat eventuele schade door zomerstormen wordt beperkt. Deze ondieptes voor waterplanten zijn 341 en 364 ha groot.



Figuur 3.5 Dwarsdoorsnede van de strook tussen de Wieringermeerdijk (links) en de atollen, met een dieptegradient voor helofyten en waterplanten.

3.4.5 Nevenvaarwater

Tussen de modules E en F langs de Wieringermeerdijk en de westzijde van de overige modules wordt een vaargeul voorgesteld met een breedte van 200 meter. Dit is een vaargeul voor recreatievaart met een diepte 4,5 meter. De diepte is zo gekozen dat er in de vaargeul bij het in het IJsselmeer geldende doorzicht geen waterplanten kunnen gaan groeien en zo geen overlast voor de recreatievaart kunnen opleveren.

4 Evaluatie van de doelen

De hier gepresenteerde zonne-energie variant bedient PAGW en Natura 2000 habitatrichtlijndoelen met betrekking tot soorten en habitats die nu sterk zijn geconcentreerd langs de Friese kust. Daardoor ontstaat een betere ruimtelijke spreiding van ondervertegenwoordigd habitat en verbetert de samenhang en de connectiviteit tussen habitats. Vissen die het gebied vanuit de IJssel, het omliggende achterland of de sluisen en de vismigratierivier door de Afsluitdijk het gebied binnenkomen, vinden een grotere variatie aan habitats die in verschillende seizoenen of levensfase relevant zijn. Door de relatief grote afstand van windmolens (Windpark Fryslân) vinden watervogels hier broedhabitat en voedsel zonder aanvaringsrisico's.

4.1 PAGW doelen

De drie PAGW habitats die moeten worden gerealiseerd zijn ondieptes met waterplanten, vegetaties met moerasplanten (helofyten) en overstromingsgrasland. In Tabel 2 worden de PAGW doelen in hectares vergeleken met de arealen van de zonne-energie variant. Overstromingsgrasland is in de zonne-energie variant minder goed vertegenwoordigd. Dit wordt gecompenseerd door aanvullende habitats zoals de mossel habitat en zandige randen die ten goede komen aan de functionaliteit van het ecosysteem en de PAGW habitats in het algemeen. Hierdoor zal ook een gunstig effect te zien zijn bij de beoordeling voor de KRW. De KRW maatlaten die worden gebruikt zijn in hoge mate gebaseerd op diversiteit en specifieke kenmerken van een goed functionerend systeem van dit type (M21b; grote, diepe, gebufferde meren). De ecologische diversiteit in de Wieringerhoek zal na aanleg van de voorgestelde modules toenemen.

Ondieptes met waterplanten zijn het ruimst vertegenwoordigd, totaal 1544 ha aangevuld met 1360 ha onder de zonnepanelen. Het gevraagde aandeel van de Wieringerhoek in de PAGW opgave wordt overschreden omdat ook onder de panelen waterplanten kunnen groeien. Deze variant geeft een toevoeging aan de diversiteit ten opzichte van het PAGW doel omdat er extra ruimtelijke variatie ontstaat door variatie in lichtbeschikbaarheid en omdat het gebied onder de panelen ook geschikt is voor overwinterende vis. Deze functie ontbreekt in de PAGW doelen, omdat het niet in compartimenten met eigen peil via kleine openingen kan worden gerealiseerd (i.t.t. paaihabitat voor vis).

Het gecreëerde areaal (substraat voor) mosselen (250 ha) dient primair ter compensatie van verlies van voedsel voor watervogels als de toppereend (Natura 2000 doelsoort) dat optreedt bij de aanleg van de modules (Bijlage A). Na vestiging kunnen de mosselbanken echter ook bijdragen aan fixatie van de verondiepingen terwijl de filtratie door de mosselen via toename van de helderheid bijdraagt aan de vestiging van waterplanten op de aangrenzende ondieptes. Indirect bedient het areaal mosselen dus ook de PAGW doelen.

Het areaal helofytenvegetatie met een eigen peilregime in modules A en E vertegenwoordigt 60% van het gewenste aandeel van de Wieringerhoek. Nog eens ruim 20% wordt gedekt door zones oeverplanten (riet) langs de Wieringermeerdijk in modules F en G. Deze modules hebben hetzelfde peil als het IJsselmeer.

Overstromingsgrasland met een eigenpeilregime voor overstroming in het voorjaar, voorgesteld in modules A en E, dekt ongeveer 15% van de gevraagde bijdrage aan het PAGW doel.

Het zandcompartiment van module A is een aanvulling op de PAGW doelen, dat extra diversiteit toevoegt en broedgebied biedt voor Natura 2000 doelsoorten (o.a. visdief). Ook de zandige randen van de modules kunnen hiervoor lokaal geschikt worden gemaakt.

Tabel 2 Voorgestelde oppervlaktes in hectares van de verschillende habitats in de zonne-energie variant in vergelijking met de gewenste oppervlaktes vanuit PAGW

Module	Ondieptes waterplanten	Waterplanten binnen de zonne-atollen	Mosselen	Helofyten (eigen peil)	Oeverplanten	Overstromingsgrasland	Zandig eiland	Zandige randen
A	168	-	-	362	-	88	66	51
B	35	150	15	-	-	-		33
C	80	158	31	-	-	-		25
D	217	574	71	-	-	-		48
E	339	478	133	246	-	70		52
F	341	-	-	-	110	-		
G	364	-	-	-	112	-		
Totaal	1544	1360	250	608	222	158	66	209
PAGW doel	1600-1700			1000		1000		

4.1.1 Ondieptes waterplanten

De aanwezigheid van waterplanten wordt bepaald door diepte, golfwerking en peilfluctuaties. Bodemtype is ook belangrijk maar blijkt in gebied ondergeschikt aan de andere factoren. Deze dominante factoren wordt hieronder geëvalueerd.

De kans op waterplanten is in de eerste plaats afhankelijk van de hoeveelheid licht die op de bodem valt, en daarmee van de combinatie van diepte en helderheid. Ongeveer 4% van het licht dat aan het wateroppervlak binnentreedt moet op de bodem vallen. In de praktijk groeien de diepst voorkomende waterplanten in het IJsselmeergebied op ongeveer 3,5 meter. Hier is de dichtheid echter nog laag. Daarom wordt voor de verondiepingen in het ontwerp een ondergrens van 3 meter onder zomerpeil gebruikt. Omdat de hoeveelheid licht op de bodem onder de zonnepanelen (bij 50% bedekking) wordt gereduceerd, wordt ook de ondergrens van de verondiepingen gehalveerd tot 1,5 m.

Omdat door de ringdijk en de panelen zelf ook luwte ontstaat neemt hier echter ook de hoeveelheid zwevend stof in de waterkolom af. Daarom is de ondergrens lokaal weer verdiept naar 2 m. Als bovengrens wordt overal 0,5 m onder zomerpeil aangehouden, langs de Wieringermeerdijk aansluitend op de helofytenzone. Door tussen onder- en bovengrens in diepte te variëren wordt een ruimtelijke variatie aan vegetatietypen gestimuleerd. De nevenvaargeul die tussen de Wieringermeerdijk en de eilanden is voorgesteld, wordt ter voorkoming van overlast verdiept tot 4,5 m. Op deze diepte worden geen waterplanten verwacht.

De kans op plantengroei wordt ook beïnvloed door golfwerking op de bodem. De kracht die de golven op de bodem uitoefenen, de "schuifspanning", hangt af van de diepte, de windsnelheid en -richting en de afstand tot de kust. Ondieptes op grotere afstand van de kust raken slecht begroeid doordat daar deze schuifspanning te hoog is. Daarom wordt in het voorstel maximaal gebruik gemaakt van de luwtewerking van de Wieringermeerdijk en de ringdijken van de eilanden.

Voor waterplanten is een natuurlijk fluctuerend peil minder belangrijk dan voor helofyten en overstromingsgrasland. Daarom kan habitat voor waterplanten ontstaan in de open modules, ook die waar open contact is met het meer, en op verondiepingen in de luwte van die modules, of van de Wieringermeerdijk. Deze luwte wordt in het ontwerp gebruikt (1) om te voorkomen dat verondiepingen weer weg spoelen, (2) om negatieve effecten van de golfwerking op de bodem (schuifspanning) op de planten beperkt te houden en (3) om gebruik te maken van de relatief grote helderheid in deze gebieden.

4.1.2 Waterplanten onder de panelen

Bij deze diepte (tot 3 meter onder zomerpeil) veroorzaakt de ruimtelijke verdeling van de panelen mogelijk patroon van licht op de bodem. Daarom wordt hier een relatief open, structuurrijke vegetatie van vooral fonteinkruiden verwacht, die interessant is voor opgroeiende jonge vis door een combinatie van voedselaanbod (perifyton, zoöplankton, macrofauna) en schuilgelegenheid. Ook de bevestigingsstructuren van de panelen dragen bij aan deze structuur en bieden bijv. substraat aan mosselen en andere (filterende) ongewervelden. De gevarieerde structuur kan in de zomer een functie hebben voor jonge vis. In de winter, als de vegetatie is verdwenen, zijn deze wateren naar verwachting aantrekkelijk voor overwintering door (grotere) vis. Via het diepteverloop zal een ruimtelijke zonering van vegetatietypen ontstaan. Door gebrek aan overzicht (veiligheid) zal het gebruik door vogels, die in grote groepen foerageren, klein zijn.

4.1.3 Mosselen

Door de aanleg van de modules gaan lokaal concentraties driehoeks- en quaggamosselen verloren die enkele watervogelsoorten met Natura 2000 instandhoudingsdoelen tot voedsel kunnen dienen (zie paragraaf 4.2 en bijlage A). Dit kan relatief eenvoudig worden gecompenseerd door elders schelpmateriaal aan te brengen waarop deze mosselen kunnen groeien. Voorgesteld is op die manier substraat voor mosselen aan te brengen langs de oostelijke randen van de verondiepingen buiten de ringdijken van modules B t/m E. Ze sluiten in diepte aan met een gradiënt van 3 tot 4 m onder zomerpeil. Vooral als het peil in de winter nog iets lager is, zijn de mosselen dan voor de eenden goed bereikbaar. De gekozen locaties liggen min of meer op de rand van de vaargeul van Den Oever naar Enkhuizen. Dat is gunstig voor de voedselaanvoer voor de mosselen, en daarmee voor de kwaliteit van de mosselen zelf als voedsel voor duikeenden.

Als de mosselbanken ontwikkeld zijn kunnen ze tevens bijdragen aan fixatie van de verondiepingen. Daarnaast kan filtratie door de mosselen in het voorjaar resulteren in enige lokale verbetering van het doorzicht, waardoor de kans op vestiging van waterplanten op de aangrenzende verondiepingen toeneemt.

4.1.4 Arealen met eigen waterpeilregime

Het gaat hier om de arealen voor helofyten en overstromingsgrasland in module A en E. Behalve om het habitat zelf gaat het vooral om de uitwisseling met het open water. Dit betekent uitwisseling van soorten maar ook van stoffen, met name ten behoeve van vispaai en de productie in het meer. Hiervoor is dynamisch peil nodig, met overstroming in winter en voorjaar. Dat kan gezien de beperkte ruimte rond het geldende peilbesluit alleen in afgesloten compartimenten waarbinnen het peil naar behoefte kan worden gevarieerd. Deze gebieden kunnen binnendijs liggen (bv. Koopmanspolder) of buitendijs. Daarbij moeten dan voorzieningen worden getroffen voor uitwisseling van vis en stoffen met het open water. Voor vispaai kan dat via een lokstroom door een kleine opening. Als habitat voor overwintering van vis en mogelijk ook voor uitwisseling van stoffen, is zo'n kleine opening minder geschikt.

4.1.5 Helofyten met IJsselmeerpeil

Langs de Wieringermeerdijk worden verondiepingen voorgesteld met een dieptegradiënt van 0 tot 3 m onder zomerpeil over 800 meter. De eerste 200 meter hebben dan een gradiënt van 0 tot 0,5 m onder zomerpeil. Deze zone zal kunnen begroeien met riet en andere helofyten (mogelijk nog iets dieper). Hier is geen afzonderlijk peilregime voorgesteld. Hier geldt dus het actuele IJsselmeerpeil, met fluctuaties rond een lager streefpeil in de winter en een relatief weinig fluctuaties rond een hoger streefpeil in de zomer (-20 cm NAP). Door de beperkte fluctuaties en het tegengestelde peil (een natuurlijke seizoensverloop kenmerkt zich door hoger water in de winter) zal zich hier een minder geleidelijke land-water overgang ontwikkelen dan in de modules met eigen peil, zodat de functie voor vis beperkt blijft. Daarom zijn deze arealen in de tabellen 1 en 2 apart gehouden onder de noemer “oeverplanten”, ten opzichte van de “helofyten” in de modules met eigen peil. Door de diepte onder het zomerpeil te houden wordt langs de Wieringermeerdijk wel enige uitwisseling van stoffen gestimuleerd.

4.1.6 Zand vlakte en zandige randen

De ringdijken van de eilandmodules zijn zandlichamen met aan de voet een breedte van 50 meter en een hellingshoek van 45°. Het midden van deze zandlichamen komt een meter boven zomerpeil te liggen om de luwte in de atollen ook te kunnen bewaren bij de hoogste waterstanden. Rond de waterlijn kunnen op deze dijken helofyten gaan groeien. De mate waarin dat gebeurt is afhankelijk van de uitvoering van de dijken en van het beheer. In combinatie met de verdediging van de ringdijken, bijvoorbeeld met houten palen (Figuur 3.4), zijn er verschillende opties denkbaar voor ontwikkeling van zones met oeverplanten. Ook is het mogelijk delen van deze dijken functies te geven voor broedvogels. Dit is nog niet in detail uitgewerkt.

4.2 Natura 2000 doelen

Het IJsselmeer is voor verschillende habitattypen en habitat- en vogelrichtlijn soorten aangewezen als Natura 2000-gebied. Op hoofdlijnen gaat het om ondergedoken waterplanten van kranswier en fonteinkruiden gemeenschappen, ruigten en zomen, verschillende broedvogelsoorten en een uitgebreide lijst van in totaal 30 niet-broedvogel soorten. In dit hoofdstuk zijn op hoofdlijnen de effecten van de zonne-energie variant beschreven op de habitattypen en habitat- en vogelrichtlijn soorten waarvoor het IJsselmeer is aangewezen als Natura 2000-gebied. De effecten zijn voor het doel van voorliggende studie ingeschat voor het gehele initiatief. In een latere fase kunnen effecten in meer detail en per module apart onderzocht worden.

4.2.1 Habitattypen en habitatrichtlijnsoorten

Het IJsselmeer is als Natura 2000-gebied aangewezen voor de volgende habitattypen: H3140 (kranswieren), H3150 (fonteinkruiden), H1330b (binnendijkse schorren / graslanden), H6439AH6430A (ruigten en zomen met moerasspirea), H6430B (idem met Harig Wilgenroosje) en H7140A (overgangs- en trilvenen). Deze habitattypen komen hoofdzakelijk aan de oostkant van het IJsselmeer voor, langs de Friese IJsselmeerkust. Alleen dat deel van het IJsselmeer kwalificeert zich als Habitatrichtlijngebied. De Wieringerhoek en omgeving behoren niet tot het Habitatrichtlijngebied van het IJsselmeer.

De zonne-energie variant realiseert grote oppervlaktes ondieptes en oevermilieus, waarop naar verwachting kranswieren, fonteinkruiden en ruigten en zomen van onder andere moerasspirea en harig wilgenroosje gaan groeien. Momenteel bestaat de Wieringerhoek en omgeving uit open water, met een vrij uniforme diepteverdeling en dito waterbodem. Het creëren van luw gelegen ondieptes en oeverzones heeft een duidelijk positief effect op de meeste habitattypen waarvoor het IJsselmeer (Habitatrichtlijngebied) is aangewezen. Hoewel de Wieringerhoek niet tot het Habitatrichtlijngebied behoort, heeft deze ontwikkeling op systeemniveau een gunstige uitwerking.

De zonne-energie variant ligt ver buiten de invloedssfeer van de andere habitattypen waarvoor het Habitatrictlijngebied is aangewezen, te weten schorren en zilte graslanden (H1330B) en overgangs- en trilvenen (H7140A). Een negatief effect op deze habitattypen is daarom uitgesloten.

Naast de genoemde habitattypen is het Habitatrictlijngebied van het IJsselmeer voor vier habitatrictlijnsoorten aangewezen: de rivierdonderpad, de meervleermuis, de noordse woelmuis en de groenknolorchis.

- De verspreiding van **rivierdonderpad** in het IJsselmeer is beperkt tot die delen waar hard substraat en structuren aanwezig zijn, bijvoorbeeld een stortstenen dijkvoet. Door de opkomst van exotische grondels (met name zwartbekgrondel, en in mindere mate Pontische stroomgrondel), is de verspreiding van rivierdonderpad sterk afgenomen. Vanaf 2016 is de soort niet meer aangetroffen in de monitoringprogramma's van IMARES (Tien *et al*, 2019). Er zijn aanwijzingen dat de piek in de invasie van voornoemde exotische grondels aan het afvlakken is, maar herstel van de rivierdonderpad populatie in het IJsselmeer (en elders) is voorlopig nog zeer ongewis. De zonne-energie variant heeft derhalve een neutraal effect op de rivierdonderpad.
- De **meervleermuis** komt in grote delen van Noord-Holland voor, en foerageert in de zomermaanden veelvuldig boven groot open water. Dit is ook het geval boven (de randen) van het IJsselmeer. Negatieve effecten op meervleermuis zijn niet te verwachten, tenzij in de aanlegfase 's-nachts met kunstmatig licht wordt gewerkt. Door aanleg van grote oppervlaktes luwe ondiepe zones met waterplanten en oeverzones, alsmede helofyten en overstromingsgrasland, is de verwachting dat het prooiaanbod van meervleermuizen (vliegende insecten) sterk toeneemt.
- De **noordse woelmuis** komt momenteel niet voor in de Wieringerhoek, het is immers groot open water zonder oeverzones en semi-terrestrische milieus. In de delen waar helofyten moeras en overstromingsgrasland is voorzien, is op de overgangen daartussen geschikt habitat voor noordse woelmuis te verwachten. Vooropgesteld dat ze deze gebieden kunnen bereiken, en dat is maar zeer de vraag, wordt dit als een licht positief effect ingeschat.
- Ook de **groenknolorchis** heeft heel specifieke eisen aan de groeiplaats, en komt momenteel niet voor in de Wieringerhoek. Er wordt ingeschat dat deze soort zich niet gaat vestigen, en heeft daarmee een neutrale effect-inschatting.

4.2.2 Broedvogels

Het gehele IJsselmeer is als Natura 2000-gebied aangewezen in het kader van de Vogelrichtlijn Voor alle broedvogelsoorten waarvoor het IJsselmeer als Natura 2000-gebied is aangewezen (aalscholver, roerdomp, lepelaar, bruine kiekendief, porseleinhoen, bontbekplevier, kempiaan, visdief, snor en rietzanger) geldt dat er momenteel in de Wieringerhoek nauwelijks of geen broedgelegenheid is. Uitzondering zijn de strekdammen aan de zuidzijde van het sluizencomplex Den Oever, waar zich een kleine kolonie lepelaars bevindt. Door grootschalige aanleg van zandige ringdijken ten behoeve van de zonnepanelen en de natuureilanden voor helofytenmoeras en oeverstromingsgrasland, ontstaat veel oppervlak potentieel broedhabitat. Ook het zandgedeelte specifiek bedoeld voor pioniersoorten van kale bodems (plevieren en sterns) draagt hier aan bij. Voor alle aangewezen broedvogelsoorten is ingeschat dat de zonne-energie variant een positief effect heeft op de broedgelegenheid. Ook het voedsel van deze soorten (insecten, vis, klein plantaardig materiaal en vogels en kleine zoogdieren) zal fors toenemen, doordat er een groot areaal (semi-) terrestrisch habitat en oeverzones bijkomt. Uitzondering daarop is kempiaan, deze soort vereist zeer specifieke graslanden als broedhabitat die in dit project niet gerealiseerd worden.

Met name voor de aalscholver is wel de vraag wat het effect is van een verschuiving van vis in (bestaand) open water naar vis die leeft in ondieptes tussen ondergedoken waterplanten etc. Mogelijk dat de bereikbaarheid van vis voor aalscholvers die broeden op de Kreupel en in de Vooroevers Onderdijk negatief wordt beïnvloed.

4.2.3 Niet-broedvogels

Voor de aangewezen niet-broedvogelsoorten geldt dat ze vooral in het najaar, de winter en het vroege voorjaar gebruik maken van het IJsselmeer. Het merendeel van de soorten gebruikt het IJsselmeer om er te overwinteren en/of te ruïen. Met name zwarte stern, dwergmeeuw en reuzenster gebruiken het IJsselmeer slechts kortstondig, tijdens de doortrekperiodes in het voorjaar en najaar. Het IJsselmeer is voor deze soorten een heel belangrijke “stop-over” tussen overwinteringsgebieden en de broedgebieden. De Wieringerhoek is met name voor toppereend en in iets mindere mate voor kuif- en tafeleend een belangrijk gebied, met bovengemiddeld hoge aantallen. De Wieringerhoek bestaat uit groot open water met een relatief uniforme waterdiepte en wordt derhalve vooral gebruikt door visetende vogels (fuut, aalscholver, grote zaagbek, nonnetje, visdief, zwarte stern) en door duikeenden die profiteren van de hoge dichtheden *Dreissena* mosselen (topper, kuifeend, tafeleend; zie onder). In nadere analyses kunnen de recente verspreiding en aantallen van alle aangewezen niet-broedvogels verder worden onderzocht, waarmee het relatieve belang van de Wieringerhoek wordt gekwantificeerd.

De aantallen niet-broedvogels worden vooral gestuurd door het aanbod aan voedsel en rust binnen het IJsselmeer. Uiteraard hebben externe factoren ook invloed op de aantallen niet-broedvogels. In de effect-inschatting is per soort een oordeel gegeven over de hoeveelheid, de bereikbaarheid, de soortendiversiteit en de populatieopbouw van de voedselbronnen. Voedselbronnen zijn opgedeeld in vijf hoofdcategorieën: vis, *Dreissena* mosselen, macrofauna, waterplanten en overigen. Bij het onderdeel rust is onderscheid gemaakt tussen slaapplekken overdag en 's-nachts, rui en rust in zijn algemeenheid.

Door de hier onderzochte variant wordt (net als bij de andere 4 onderzoeksalternatieven) een groot oppervlak land-water overgangen gecreëerd. Waterplanten en planten van semi-aquatische oeverzones zullen als voedselbron flink toenemen, waar kleine zwaan, bergeend, krakeend, wintertaling, wilde eend, pijlstaart, slobbeend, tafeleend en meerkoet van profiteren. Ook de macrofauna gemeenschap tussen de waterplanten zal toenemen en meer gevarieerd worden. Omnivoren soorten zoals tafeleend en meerkoet profiteren hier eveneens van. Dit zal, in iets mindere mate, ook gunstig kunnen uitpakken voor kuifeend en brilduiker.

Voor visetende vogels geldt dat de zonne-energie variant positieve effecten heeft, omdat de verwachting is dat er veel meer jonge vis wordt geproduceerd die het meer in migreert. Enerzijds is er veel meer habitat voor vis om te paaien en op te groeien. Anderzijds is er veel meer aanbod van voedsel voor jonge vis (via de productie van zoöplankton en kleine macro-invertebraten). Het is niet helemaal duidelijk in hoeverre aalscholver deze vis lokaal op de ondieptes zal vangen of in een later stadium van de vis in dieper water, en hoe dit mechanisme effect heeft op het totale aanbod. Voorts is ook voor zwarte stern en dwergmeeuw de vraag of de bereikbaarheid van de preferente prooi-soort (spiering) nadelig wordt beïnvloed door de zonne-energie variant. Spiering is een soort van open, relatief koud water, en door de aanleg van allerlei ondieptes wordt het leefgebied van spiering verkleind. De spieringpopulatie is inmiddels echter om andere redenen gedecimeerd. De vraag is in hoeverre de toename van andere vissoorten (van de juiste lengte-klasse) opweegt tegen het eventuele verlies van spiering in de Wieringerhoek.

Voor vogelsoorten die in meer of mindere mate afhankelijk zijn van *Dreissena* mosselen, heeft deze variant een nadelig effect door verlies aan areaal van mosselen. Door de aanleg van de eilanden gaat namelijk een deel van de mosselbanken en dus foerageergebied verloren. De zone vanaf de Oude Zeug richting de Kreupel is een belangrijk gebied is voor mosselen. Op basis van de maandelijkse vliegtuigtellingen van vogels is al lang bekend dat voornoemd gebied veelvuldig door rustende duikeenden wordt gebruikt. In dit gebied zijn bijvoorbeeld bovengemiddeld veel toppers aanwezig. Precies in de zone waar veel mosselen aanwezig zijn, is een deel van de modules voorzien. Er zijn sterke aanwijzingen dat de afhankelijkheid van *Dreissena* mosselen voor kuif- en tafeleend minder groot is dan voorheen gedacht (Van Rijn et al. 2012) en dat de kwaliteit van de mosselen als voedsel juist is afgenomen (Noordhuis 2010; Noordhuis et al. 2014). Dat neemt niet weg dat vooral mosselen die op beperkte diepte voorkomen (vroeger <4,5 m; De Leeuw 1997; De Leeuw & van Eerden 1995; tegenwoordig door de afgenomen vleesinhoud waarschijnlijk ondieper) nog steeds van wezenlijk belang zijn als voedselbron voor deze soorten.

Resumerend is ingeschat dat vooral voor topper, en in iets mindere mate kuifeend, tafeleend en brilduiker, een negatief effect is te verwachten door een afname in het areaal mosselen. Als mitigerende maatregel is in deze studie het aanbrengen van (nieuw) hard substraat gesuggereerd. Van mosselen is bekend dat ze vrij eenvoudig hard substraat koloniseren. In het IJsselmeer hechten de mosselen zich veelal vast aan schelpmateriaal dat nog van voor de aanleg van de Afsluitdijk in de toplaag van de bodem aanwezig is. In verband met de oogstbaarheid door de duikeenden is het van belang dat het harde substraat (bijvoorbeeld schelpenresten) in een diepterange van 2-4 m komt te liggen. Verder is op voorhand moeilijk in te schatten of de duikeenden ook daadwerkelijk deze nieuwe arealen gaan benutten als voedselbron. In Bijlage A wordt in meer detail ingegaan op de mosselen.

5 Aanbevelingen

Deze studie is een verkenning naar de mogelijkheden om duurzame energie opwekking middels zonnepanelen te combineren met de doelen van het PAGW project Wieringerhoek. De conclusie van de verkenning is dat meervoudig ruimtegebruik inderdaad mogelijk lijkt. Beide doelen – natuur en duurzame energie - kunnen gecombineerd worden, gebruikmakend van dezelfde ruimte.

Tijdens de verkenning zijn een aantal aandachtspunten naar voren zijn gekomen. De aandachtspunten zijn in dit hoofdstuk in de vorm van aanbevelingen voor een mogelijk vervolg geformuleerd. De aard van de aanbevelingen liggen op verschillende vlakken en zijn daarom in verschillende paragrafen ingedeeld. De eerste vijf paragrafen hebben een directe relatie met de uitgevoerde verkenning en geven aan wat er nog nodig is om meer duidelijkheid te krijgen over de relatie tussen ecologie en energie. De laatste drie paragrafen hebben een iets ander karakter, dit zijn aspecten die vooral voortkomen uit de inpassingen van een dergelijk PAGW project in het gebied. Er wordt in elke paragraaf een korte toelichting gegeven en de aanbeveling staat achter het pijltje.

5.1 Binnen de zonne-atollen

De hier voorgestelde zonne-atollen zijn nog nergens ter wereld gebouwd en daarom ontbreken monitor data. De grote vraag is hoe de habitats binnen de atollen zich gaan ontwikkelen. Van maatregelen elders weten we dat bij verondiepingen en luwte in het IJsselmeer waterplanten zullen gaan groeien (zie paragraaf 3.2). Indien het sediment binnen de atollen sporen en zaden bevat verwachten we dat waterplanten op korte termijn op zullen komen. Indien zaden en sporen ontbreken kan de vestiging gestimuleerd worden door het aanbrengen van een toplaag met zaden en sporen van een locatie met planten. Hiermee is in andere projecten in het IJsselmeergebied ervaring opgedaan (o.a. Eemmeer, met sediment uit de Gouwe; Noordhuis en Van Geest 2015). Het zo gecreëerde habitat binnen een atol is in potentie aantrekkelijk als schuilplek voor jonge en overwinterende vis. Twee vragen zijn dan nog te beantwoorden: *i)* kan de vis de locatie vinden? en *ii)* wordt de overwinterende vis vervolgens niet opgegeten door aalscholvers?

- Aanbevolen wordt om te beginnen met een pilot zonne-atol waar bovenstaande kennisvragen onderzocht kunnen worden. Bij een pilot speelt altijd het schaalprobleem, de pilot dient een dusdanige omvang te hebben dat opschalen van de zonne-atollen mogelijk is. Voor onderzoek aan overwinterende vis is variatie in diepte binnen de atollen zinvol.

Gaat de vis de atol vinden?

Vis is traditioneel en zwemt graag naar plekken die ze kennen. Tegelijkertijd blijkt uit onderzoek in het Markermeer dat nieuwe gebieden met waterplanten zoals achter ijsbrekerdammen langs de Houtribdijk (Noordhuis & van Schie 2007) en oeverzones rond nieuwe eilanden (lopend onderzoek WMR en NIOO bij Marker Wadden) veel jonge vis herbergen. Uit onderzoek met gezenderde vis (Markermeer) blijkt dat grotere vissen zeer mobiel zijn en grote afstanden af kunnen leggen. Dit laat zien dat nieuwe habitats wel bereikt kunnen worden. Volgens vis expert M. Klinge kan nieuw overwinteringshabitat mogelijk sneller bevolkt worden als het in de nabijheid van bestaande overwinteringslocaties ligt, zoals havens en diepe putten.

Zijn de overwinterende vissen veilig in de atollen?

Jonge vis zal tussen de waterplanten en kunstmatige structuren binnen de atollen in de zomer genoeg schuilgelegenheid en voedsel vinden. Voor overwinterende vis kan dat anders zijn, omdat de beschutting van de waterplanten dan is weggefallen. Een recente studie van WMR (De Leeuw & Van Donk in prep.) constateert een sterke ondervertegenwoordiging van grote vis in het IJsselmeer (t.o.v. het Markermeer). Deze constatering suggereert dat predatie naast afname van de voedselrijkdom van het meer een belangrijke oorzaak is. Door de toename van enerzijds de winterpredatie (toename van overwinterende aalscholvers) en anderzijds van de helderheid van het water voelt de vis zich mogelijk niet veilig meer en vertrekt naar omliggende wateren.

Het aanbieden van nieuwe overwinteringslocaties kan de kansen voor vis verbeteren zolang ze zich niet te vaak hoeven te verplaatsen; vissen eten in de winter nauwelijks en hebben daardoor uiteindelijk weinig reserves. De ringdijken en de panelen bieden mogelijk aantrekkelijke rustplaatsen voor aalscholvers, van wie ook bekend is dat ze geen moeite hebben met het foerageren in kleine besloten wateren.

5.2 De ringdijken

De ringdijken van de zonne-atollen dienen een zoveel mogelijk natuurlijk karakter te krijgen maar moeten ook stabiel zijn om de zonnepanelen te beschermen. Onze suggestie was om de ringdijken te verstevigen met een palendijk (Figuur 3.4) in plaats van stortstenen. Een palendijk heeft een natuurlijker karakter zoals de gereconstrueerde Zuiderzee palendijken op Schokland en langs het Eemmeer bij Spakenburg. Afhankelijk van uitvoering en beheer kunnen de ringdijken aantrekkelijk worden gemaakt als broed- en rustlocatie voor verschillende vogelsoorten. Dit kan gunstig zijn als het gaat om bepaalde Natura 2000 doelsoorten.

- In een pilot zonne-atol kunnen ook een aantal vragen rond de stabiliteit en robuustheid (levensduur) van de ringdijken worden beantwoord. De mogelijkheden om dit te combineren met broed- en rustlocaties voor vogels kan dan ook getest worden. In de pilot zal ook duidelijk worden hoeveel beheer (bv zandsuppletie) van de ringdijken nodig zal zijn.

5.3 Buiten de zonne-atollen

Bij alle onderzoeksalternatieven en bij de zonne-energie variant van het PAGW project Wieringerhoek wordt uiteindelijk een diverse set van habitats aangelegd. De verwachting is dat het aanbod de biodiversiteit van het gebied zal stimuleren en bepaalde vis en vogelsoorten zal behouden. Hoe flora en fauna reageren op het aanbod is in grote lijnen redelijk voorspelbaar en te leren uit de gang van zaken in andere delen van het IJsselmeergebied. In de details is echter minder zekerheid.

- Een algemene aanbeveling voor de uitvoering van PAGW projecten is om het samen te laten gaan met een adequaat monitoring programma van de natuurontwikkeling (zoals bij Marker Wadden of Trintelzand). Alleen dan is tijdige bijsturing mogelijk.
- Voor de aanleg van de habitats buiten de ringdijken is het zinvol om gefaseerd uit te voeren, waarbij ervaring wordt opgedaan met de stabiliteit en de ontwikkeling van de beoogde habitats en waarin ruimte is voor experimenten met verschillende materialen (bijv. substraat voor mosselen).

Hoe reageren vogels?

De zone tussen de Wieringermeerdijk en de atollen is ongeveer een kilometer breed en is ondiep met een vaargeul aan de oostzijde. Deze opbouw komt sterk overeen met delen van de Veluwerandmeren zoals de noordelijke helft van het Veluwemeer, het Drontermeer en het Vossemeer (Veluwerandmeren, Gouwzee; Van de Winden et al. 1997; Noordhuis 2010; Noordhuis et al. 2002). De ondieptes in deze meren zijn volledig begroeid met waterplanten en trekken elke winter tienduizenden watervogels aan die foerageren op de planten of de daarmee geassocieerde vissen en ongewervelden. De vogels concentreren zich in de grootste aantallen in de maanden vanaf september, en zijn dan gevoelig voor verstoring door bijvoorbeeld watersporten als kitesurfing, die in de wintermaanden worden beoefend. Combinatie van natuurfuncties met dergelijke vormen van recreatie vraagt dus om een efficiënte ruimtelijke zoning.

Concentraties foeragerende en rustende vogels, die nu aanwezig zijn in de luwte van de Wieringermeerdijk, worden ook verwacht in de luwte aan de oostzijde van de atollen, zoals dat ook het geval is in de luwte van andere eilanden in het IJsselmeergebied (bv eilanden in het brede, zuidelijke deel van het Veluwemeer).

Niet bij alle Natura 2000 vogelsoorten is bij voorbaat duidelijk of ze op het aanbod aan habitat en voedsel zullen reageren. Een soort waarbij dat niet meteen duidelijk is, is de toppereend. De onzekerheid zit vooral in het feit dat de mosselen waarop ze foerageerden in de periode waarop het instandhoudingsdoel is gebaseerd, in kwaliteit achteruit zijn gegaan (slechtere groei, minder vleesinhoud; Noordhuis 2010, Noordhuis et al. 2014). Ook is de driehoeksmossel van toen grotendeels vervangen door de quaggamossel, die enigszins verschilt in eigenschappen. Andere doelsoorten zoals kuif- en tafeleend hebben dat deels kunnen compenseren door over te stappen op andere prooien zoals vlokreeftjes en slakjes die tussen de planten leven (Van Rijn et al. 2012), maar de toppereend arriveert pas in december, als de planten al weg zijn.

5.4 Helofytenmoeras en overstromingsgrasland

Over de aanleg van deze habitats in combinatie met seizoensgebonden peil binnen afgescheiden compartimenten is enig pionierwerk verricht (Koopmanspolder; o.a. Van Ek 2016; Van Emmerik & de Laak 2017), maar er zijn nog veel vragen. Die vragen betreffen de invloed van verschillende regimes in peil (en overig beheer) op de duurzaamheid van de beoogde vegetaties en de uitwisseling van vis en voedingsstoffen. Daarnaast zijn er vragen rond de functionaliteit van de structuren die de uitwisseling met het meer tot stand moeten brengen (Rijkswaterstaat 2020; Van der Geest 2019).

- Het verdient aanbeveling om de aanleg van helofytenmoeras en overstromingsgrasland meer experimenteel op te zetten dan die van de andere habitats. Opties zijn compartimenten met verschillende peilregimes en constructies die een afwisseling van open en gesloten compartimenten mogelijk maken. Zo kan je al doende leren en de beste optie kiezen voor verdere aanleg.

5.5 Het zonnepark

We hebben gekozen voor een bedekkingspercentage van 50% en voor de toepassing van bifaciale panelen. Met de huidige kennis lijkt dit de beste optie voor toepassing in een vogelrijk gebied waar veel licht de bodem moet bereiken. Toepassing van zonnepanelen op water is nog een relatief nieuwe techniek, innovatie is in ontwikkeling en veel kennis moet nog verzameld worden. Er zijn wel al zonneparken op reservoirs of regionale wateren maar de parken die er nu liggen zijn nog jong en niet aan het einde van de levensduur. Wat daarom ontbreekt is een uitgebreide database van de praktijk. Modellen voor impact op de ecologie of opbrengst⁴ zijn er wel maar moeten nog gevalideerd worden met data uit de praktijk.

⁴ Bigeye is door TNO ontwikkeld: <https://www.tno.nl/en/about-tno/news/2018/7/the-potential-of-bifacial-pv/>

Het onderzoek naar zonnepanelen zelf en de toepassing op water is in volle gang. De komende jaren wordt in Nederland veel onderzoek gedaan om te komen tot duurzame toepassingen voor zoet en zoutwater. Dit onderzoek wordt vaak uitgevoerd samen met marktpartijen. Het Nationaal Consortium Zon op Water is een samenwerkingsverband van meer dan 35 partijen in Nederland waar de nieuwe kennis wordt gedeeld. De missie van het consortium is om drijvende zonne-energie tot een groot Nederlands succes te maken. Onderzoek en ontwikkeling richt zich op optimalisatie tussen energieopbrengst, veiligheid, betrouwbaarheid, circulariteit en lage impact op de omgeving. Op het moment van uitvoering van de hier geschetste zonne-atollen zijn er wellicht andere opties beschikbaar die nog meer licht doorlaten en gunstig zijn voor toepassing in een vogelrijk zonne-atol.

- Integreer testen met panelen in de pilot zonne-atol om zo het optimale ontwerp te vinden voor toepassing in een zonne-atol (paragraaf 5.1).

5.6 Landschappelijke inpassing

Door het Bestuurlijk Platform IJsselmeergebied (BPIJ) is in het voorjaar van 2020 Handreiking Omgevingskwaliteit⁵ vastgesteld. De Handreiking bevat ontwerpregels voor landschap, ecologie en cultuurhistorie. De voorliggende verkenning doet geen uitspraken over landschap of cultuurhistorie, wel zijn de ecologische ontwerpprincipes meegewogen. De volgende ecologische ontwerpprincipes uit de Handreiking Omgevingskwaliteit zijn richtinggevend geweest: *i)* maak het ecosysteem completer en verbindt componenten van het systeem met elkaar. Er is samenhang in de ecologische functies van de diverse delen van het IJsselmeergebied, *ii)* verzacht de land-waterovergangen en *iii)* vergroot de diversiteit in oeverhabitats.

- Bij het verder vormgeven van de zonne-energie variant dienen de ontwerpregels uit de Handreiking Omgevingskwaliteit meegenomen te worden.

De kustgemeenten en de provincie Noord Holland ontwikkelen samen een integrale Kustvisie. In de visie wordt samen met andere partijen gezocht naar mogelijkheden om de toeristisch-economische en recreatieve kwaliteit van het gebied te kunnen opwaarderen. De visie is integraal van opzet en kijkt ook naar andere functies van het gebied.

- Het is van belang de mogelijkheden rond meervoudig ruimtegebruik (PAGW en RES) mee te nemen in de Kustvisie.
- Recreatieve ontwikkeling langs de Wieringermeerdijk lijkt mogelijk binnen de hier geschetste zonne-energie variant middels de aanleg van strandjes. Aanbeveling is om de potentie van recreatieve ontwikkeling binnen het PAGW project Wieringerhoek verder te onderzoeken voor de Kustvisie.

5.7 Ruimtelijke inpassing

Het projectgebied bevat structuren zoals vaargeulen of havens die behouden moeten blijven. In de gepresenteerde zonne-energie variant wordt hier rekening mee gehouden (paragraaf 3.3).

- Bij verdere uitwerking verdienen het vrijhouden van het gebied voor de havens ten noorden van de Zeughoek en de bereikbaarheid van de vaargeul Den Oever-Enkhuizen expliciete aandacht.

⁵ Deze Handreiking is te vinden in de Nieuwsbrief #6 van de Agenda IJsselmeer gebied 2050

De landbouwfunctie van de achtergelegen landbouwgronden is afhankelijk van zoetwater voorziening middels hevels. Deze hevels zullen in de zonne-energie variant verlengd moeten worden tot aan het Nevenvaarwater (zie paragraaf 3.4.5), zodat de zoetwater voorziening voor landbouw gegarandeerd blijft.

- Om de zoetwatervoorziening voor de landbouwgronden te garanderen dient nader onderzoek gedaan te worden naar de mogelijkheden van het verlengen van de hevels.

De zonne-energie variant bevat modules die liggen in het schootsveld van defensie (Figuur 3.2). Deze loopt van Breezanddijk op de Afsluitdijk in zuidwestelijke richting bovenin het IJsselmeer tot aan het windmolenpark. De voorwaarde van het schootsveld is dat er geen elementen kunnen komen die permanent of tijdelijk boven water komen. De ondieptes vormen geen belemmering, maar de ringdijken en de zonnepanelen van modules A t/m E mogelijk wel.

- In de verdere verkenning van de zonne-energie variant zal gekeken moeten worden of dit alternatief te optimaliseren is voor het gebruik door Defensie. Dit geldt ook voor een aantal van de bestaande PAGW onderzoeksalternatieven (Turlings, 2020; Figuur 1.2).

Het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro) voorziet in de juridische borging van het nationaal ruimtelijk beleid. Het projectgebied Wieringerhoek valt onder het IJsselmeergebied zoals aangegeven in titel 2.12 van het Barro. De regels zijn in het Barro opgenomen met het oog op de bescherming van de natuur en het waterbergend vermogen van het IJsselmeergebied. Het IJsselmeergebied is ook van groot belang voor de afvoer van overtollig water via het IJsselmeer naar de Waddenzee. Op grond van de regels in titel 2.12 is landaanwinning in beginsel niet of zeer beperkt toegestaan omdat dit het waterbergend vermogen vermindert. Alle PAGW projecten binnen het IJsselmeergebied krijgen hiermee te maken.

- In een verdere verkenning zullen de consequenties van het ruimtelijk beleid aan bod moeten komen.

5.8 Bescherming zoetwatervoorraad

Een belangrijke functie van het IJsselmeer is het leveren van zoet (drink)water. Daarvoor is onder andere de bergingsfunctie van belang. Vraag is of de hier voorgestelde modules verandering aanbrengen in de bergingsfunctie. Een waterbergingsgebied is een gebied waar wateroverschotten kunnen worden opgevangen. Hierbij gaat het dus niet om het volume van het IJsselmeer maar om de waterschijf die zo nodig kan worden gevuld bovenop het bestaande peil. Deze functie wordt verkleind door structuren die boven water uitkomen of door het uitsluiten van een deel van het waterlichaam. Een snelle rekensom laat zien dat het bergingsverlies ongeveer 0,9% bedraagt van het totale oppervlak van het IJsselmeer en Ketelmeer (zie Bijlage B voor de berekening).

- In een verdere verkenning zullen de consequenties voor het bergingsverlies nauwkeurig uitgerekend te worden. Deze aanbeveling geldt voor alle PAGW projecten in het IJsselmeergebied.

Referenties

- De Leeuw J.J. 1997. Demanding divers. Ecological energetics of food exploitation by diving ducks. Van Zee tot Land 61. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad, en dissertatie Univ. Groningen.
- De Leeuw J.J. & S.C. van Donk in prep. Hypotheses voor afname van de visstand in het IJsselmeer. WUR, IJmuiden.
- De Leeuw J.J. & M.R. van Eerden 1995. Duikeenden in het IJsselmeergebied. Herkomst, populatie-structuur, biometrie, rui, conditie en voedselkeuze. Flevobericht 373, RWS Directie IJsselmeergebied, Lelystad.
- Dionisio Pires, M. en S. Loos 2020. Zonnesystemen op water. Wat zijn de effecten op waterkwaliteit en natuur en welke kennis ontbreekt? Deltares rapport 11204838-002-ZWS-0002.
- Dorenbosch M., F.M.F. Driessen & J.H. Bergsma 2017. Dreissena mosselen op kunstmatige banken en referentiegebieden in IJburg. Monitoringsresultaten 2017. Bureau Waardenburg bv, rapport 17-179, Culemborg.
- Loos, S. en R. Wortelboer 2018. Handreiking voor vergunningverlening drijvende zonneparken op water. STOWA 2018-73.
- Mandemakers J. en L. Turlings, 2020. Doelbereik Verkenning project Wieringerhoek. Nog niet gepubliceerd.
- Moedt S. 2017. De dichtheid van de driehoeks- en quaggamosselen in het IJsselmeer Resultaten van een gebiedsdekkende kartering uitgevoerd in 2017. Eurofins / Aquasense, Amsterdam.
- Noordhuis R. (red.) 2010. Ecosysteem IJsselmeergebied: nog altijd in ontwikkeling. Trends en ontwikkelingen in water en natuur van het Natte Hart van Nederland. Rapport Rijkswaterstaat Waterdienst, Lelystad.
- Noordhuis R. & G.J. van Geest 2015. Evaluatie KRW-maatregel Eemmeer. Deltares, rapport project 1210545-000, Utrecht.
- Noordhuis R., S. Groot, M. Dionisio Pires & M. Maarse 2014. Wetenschappelijk eindadvies ANT-IJsselmeergebied. Vijf jaar studie naar kansen voor het ecosysteem van het IJsselmeer, Markermeer en IJmeer met het oog op de Natura-2000 doelen. Rijkswaterstaat WVL, Lelystad.
- Noordhuis R, D.T. van der Molen & M.S. van den Berg 2002. Response of herbivorous waterbirds to the return of Chara in Lake Veluwemeer, The Netherlands. Aquatic Botany 72/3-4: 349-367.
- Noordhuis R. & J. van Schie 2007. Vooroevers Houtribdijk: toestand ecologie en waterkwaliteit 2006. Inventarisatie van waterplanten, watervogels, Driehoeksmosselen, fysische en chemische parameters. RIZA rapport 2007.006, Lelystad.
- Rijkswaterstaat 2020. Kansen voor achteroevers. Rijkswaterstaat, Lelystad (te vinden op www.helpdeskwater.nl)
- Tien N.S.H., A.B. Griffioen, O.A. van Keeken, J.C. van Rijssel & J.J. de Leeuw 2019. Vismonitoring Zoete Rijkswateren en Overgangswateren t/m 2017. Deel 1: Toestand en trends. Wageningen Marine Research rapport C084/18A, IJmuiden.

- Turlings L. 2020 Notitie Reikwijdte en Detailniveau. Project Wieringerhoek. Rijkswaterstaat Midden Nederland i.s.m. Witteveen en Bos, Lelystad.
- Van den Berg M.S. 1998. Charophyte colonization in shallow lakes; processes, ecological effects and implications for lake management. PhD thesis VU Amsterdam.
- Van den Berg M.S., W. Joosse & H. Coops 2003. A statistical model predicting the occurrence and dynamics of submerged macrophytes in shallow lakes in the Netherlands. *Hydrobiologia* 5-6-509: 611-623.
- Van Ek R. 2016. Pilot Koopmanspolder. Eindrapportage monitoring. Deltares rapport 1230049-004, Utrecht.
- Van Emmerik W.A.M. & G.A.J. de Laak 2017. Visonderzoek achteroever Koopmanspolder. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.
- Van der Geest H. 2019. Van land naar water. Presentatie 11 november 2019, via <https://rvanek.home.xs4all.nl/kmp/>
- Van Rijn S., M. Bovenberg, K. Hasenaar, M. Roos & M.R. van Eerden 2012. Voedsel van overwinterende duikeenden in het IJsselmeergebied. Rapport Delta Milieu, Culemborg.
- Winden J. van der, M. Poot, M.S. van den Berg, T.J. Boudewijn & S. Dirksen 1997. Kranswieren: voedsel voor grote aantallen watervogels. *De Levende Natuur* 98: 3441.

A Mosselen als voedsel voor vogels

Driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*) vormden in het verleden stapelvoedsel voor een aantal watervogelsoorten met Natura 2000 instandhoudingsdoelen, met name kuifeend, tafeleend, toppereend, brilduiker en meerkoet. In hoeverre de mosselen profijtelijk benut kunnen worden hangt onder meer af van de waterdiepte en de vleesinhoud (De Leeuw 1997; De Leeuw & van Eerden 1995). De vleesinhoud is geleidelijk afgenomen in combinatie met de afname van de voedselrijkdom van het water (Noordhuis 2010; Noordhuis et al. 2014). Vanaf 2007 kreeg de Driehoeksmossel gezelschap van de nauw verwante quaggamossel, (*Dreissena bugensis*) die de gezamenlijke populatie inmiddels sterk domineert. Deze quaggamossel heeft vrijwel dezelfde verschijningsvorm en leefwijze, en wordt ook door watervogels gegeten. Recent maagonderzoek suggereert echter een meer diverse voedselkeuze dan vroeger bij kuif- en tafeleend (Van Rijn et al. 2012).

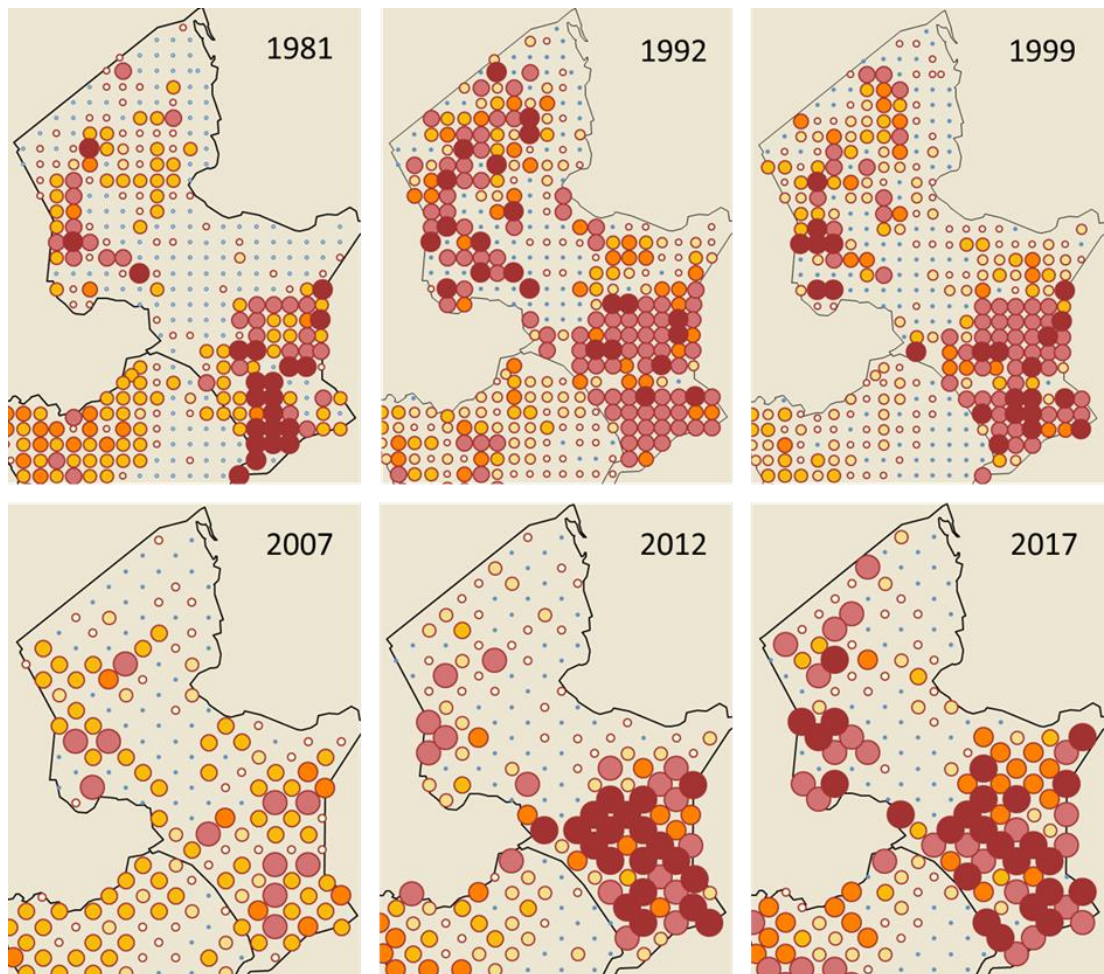


Figure A.1 Resultaten van karteringen van Driehoeks- en Quaggamosselen in het IJsselmeer. Grotere stippen en donkerder kleuren geven hogere dichtheden aan. Bewerkingen aangevuld naar Noordhuis 2010, laatste kartering Moedt 2017,

Mosselkarteringen met een vergelijkbare methodiek zijn beschikbaar uit 1992, 1999, 2006, 2012 en 2017. Het grid van de karteringen is na 2000 grover geworden, zodanig dat meestal gegevens van slechts één locatie matchen met de locatie van de modules van variant 5. Wel zijn de dichtheden per locatie gebaseerd op 5 deelmonsters. Het patroon van dichtheden is door de jaren met karteringen heen vrij constant geweest, terwijl de gemiddelde dichtheden hebben gefluctueerd.

In alle karteringen is in het IJsselmeer een tweedeling te zien in een zuidoostelijke deelpopulatie en een noordwestelijke, die een wat beperktere omvang heeft. De noordwestelijke deelpopulatie concentreert zich op de ondieptes van het IJsselmeer, voor zover die niet te dynamisch zijn (Friese kust). Ook in het noordwesten bij Den Oever waren de dichtheden meestal relatief laag, alleen in 2017 werd een hoge dichtheid gevonden op het meest noordwestelijke meetpunt. De spreiding over de 5 deelmonsters was echter groot, en de gemiddelde waarde leunt sterk op één van de vijf waarden).

Relatief hoge dichtheden zijn steeds aangetroffen op de ondiepte die van de Zeughoek naar de Kreupel loopt, met name dicht bij de kust direct onder de Zeughoek. Langs de kust tussen Den Oever en de Zeughoek waren de dichtheden meestal lager; in 2017 zijn hier nauwelijks mosselen aangetroffen.

De dichtheden van Driehoeksmosselen waren in 2007 sterk afgenomen, vermoedelijk in verband met sterfte door zuurstofgebrek tijdens een hittegolf in 2006. Een deelkartering in het zuiden van het IJsselmeer in 2008 toonde herstel, later versterkt door opmars van de nauw verwante quaggamossel. Bij de karteringen van 2012 en 2017 domineerde deze laatste soort sterk, waarbij plaatselijk hogere dichtheden werden bereikt dan voordien, maar in vergelijkbare verspreidingspatronen.

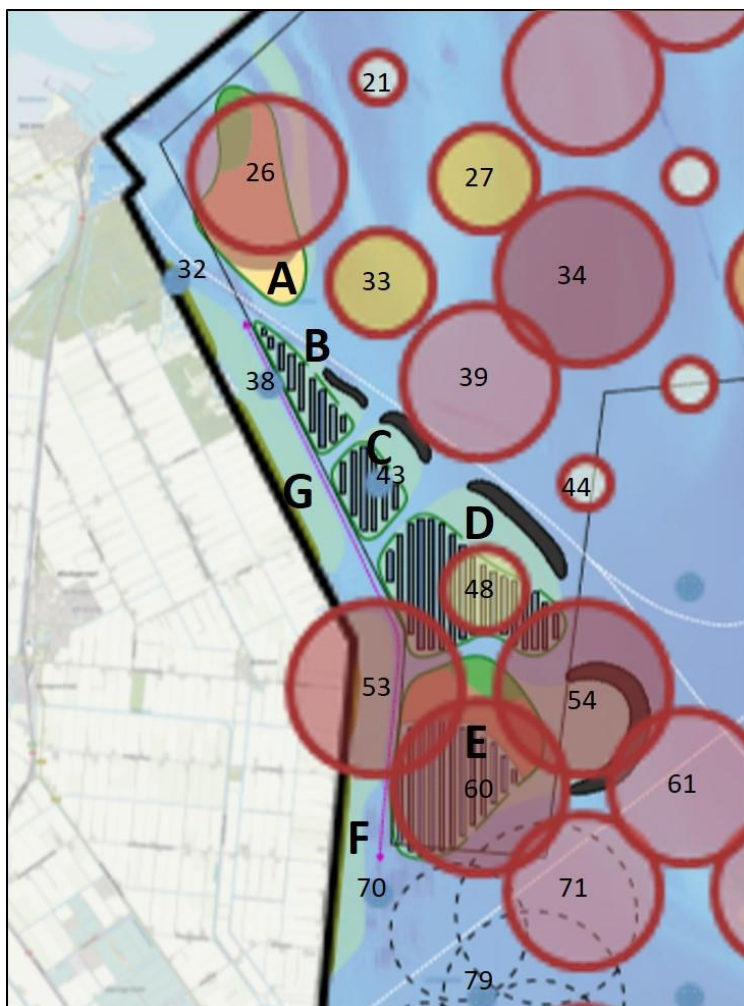


Figure A.2 Projectie van de resultaten van de mosselkartering van 2017 op inrichtingsvariant 5. De grootte en kleur van de cirkels vertegenwoordigen de dichtheid van de mosselen. De getallen zijn locatienummers. Deze zijn evenals de letters van de modules van de inrichtingsvariant terug te vinden in tabel 1, samen met de exacte mosseldichtheden.

De tabel hieronder geeft ook de percentages van het voor eenden beschikbare mosselbestand (op dieptes van maximaal 4,5 m) in het gehele IJsselmeer in 2017.

Eiland	Nr mossel-locatie	Waterdiepte	Dichtheid (ml/m ²)	Areaal (ha)	Totaal (ml)	% van tot <4,5 m
A	26	2,8	410	735	301350	1,1
B	38	2,6	0	233	0	0
C	43	3,1	0	283	0	0
D	48	4,0	50	910	45500	0,2
E	54	5,5	1183	1318	1559194	0
E	60	4,6	1321			
F	32	4,5	0	451	0	0
G noord	53	3,4	4388	c. 250	1097000	4,2
G zuid	70	4,6	0	226	0	0
Gem.			442	116000	48620000	
Gem. <4,5m			436	60254	51272000	

Eiland A: gemiddelde dichtheid op goed bereikbare diepte. De dichtheid was hier bij alle eerdere karteringen aanzienlijk lager of zelfs 0. In 2017 was de spreiding over de vijf deelmonsters bovendien groot (1625 – 333 – 0 – 54 – 35), en de gemiddelde waarde leunt sterk op het eerstgenoemde deelmonster.

Eiland B: geen mosselen, lage dichtheden tijdens eerdere karteringen

Eiland C: geen mosselen, lage dichtheden tijdens eerdere karteringen

Eiland D: lage dichtheid (11% van gem.) op bereikbare diepte

Eiland E: hoge dichtheid (2,7x gem.), maar op slecht bereikbare diepte

Ondiepte F: geen mosselen (en slecht bereikbare diepte), lage dichtheden tijdens eerdere karteringen

Ondiepte G: zeer hoge dichtheid op goed bereikbare diepte in het noordelijke deel. De spreiding over de vijf deelmonsters was beperkt (979 – 7292 – 6875 – 438 – 6354). Hoewel lager dan in 2017, lieten de andere karteringen hier eveneens relatief hoge dichtheden zien. In het zuidelijke deel werden in 2017 geen mosselen gevonden en was bovendien de bereikbaarheid voor de vogels slecht (4,6 m). In het verleden waren de dichtheden hier wisselend.

Berekening:

- Mosselen zijn door vogels profijtelijk te benutten tot op 4,5 meter waterdiepte
- Op basis van de opgegeven waterdieptes bij de mosselkartering van 2017 is de diepte op 53% van de locaties (en van het IJsselmeer) 4,5 meter of minder
- Op deze dieptes is de gemiddelde dichtheid van de mosselen 436 ml/m²
- Totaal is dat 26,3 miljoen ml
- Verlies door aanleg van de eilanden is (maximaal) 5,5%
- Het overgrote deel hiervan (4,2%) betreft module G.

Mosselen in de compartimenten:

Waar water blijft staan binnen de aangegeven arealen kan een deel van de mosselen terugkeren of zich handhaven, afhankelijk van het habitat dat zich ontwikkelt. Bij een diepte van minder dan enkele dm komen door incidentele droogval of te sterke dynamiek meestal geen mosselen voor, en in dichte waterplantenvelden evenmin. Onder en aan zonnepanelen op of boven water (fundering) kunnen mosselen groeien, maar daarop zal waarschijnlijk niet door alle betrokken watervogelsoorten worden gefoerageerd (bijv. meerkoet wel, toppereend niet).

Compensatie van verlies:

Het verlies van mosselen als voedsel voor watervogels wordt op twee manieren in het voorstel gecompenseerd:

- Door middel van het stimuleren van de ontwikkeling van mosselbanken op een deel van de voorgestelde ondiepten. Dit is mogelijk door middel van het aanbieden van substraat. Bureau Waardenburg heeft hiermee ervaring o.a. in het IJmeer, waar dit als compensatiemaatregel bij IJburg is toegepast (Dorenbosch et al., 2017). Driehoeks- en quaggamosselen hechten zich met draden aan een harde ondergrond. In het IJsselmeer zijn dat vaak grote schelpen (Strandgaper) uit de Zuiderzee periode, die zich nog in de toplaag van het sediment bevinden. De mosselen hechten zich daar op vast en vormen kluitjes die verspreid op de bodem liggen. Watervogels kunnen daarop in open water foerageren. Dit levert meer op naarmate de duikdiepte geringer is. Met name Toppereenden, die het meest van mosselen afhankelijk zijn, zijn gebonden aan groot open water, en zullen waarschijnlijk niet in grote aantallen foerageren in het water tussen de Markermeerdijk en de eilandmodules. Daarom is gekozen voor compensatie aan de oostkant van deze modules, in diepte aansluitend op de zones met waterplanten.

Vanaf deze kant zijn deze ondieptes onbeschermd. Mosselbanken kunnen bijdragen aan stabilisatie.

Door middel van het stimuleren van alternatief voedsel voor mossel etende watervogels. De meeste "mossel etende" watervogelsoorten (kuifeend, tafeleend, brilduiker, meerkoet) hebben een bredere voedselkeuze en kunnen zich ook voeden met andere ongewervelde dieren (slakjes, vlokreeftjes, muggenlarven etc.), sommige zelfs met planten (tafeleend). De grote afhankelijkheid van mosselen in het verleden had ook te maken met het gebrek aan alternatieve voedselbronnen. Dat aanbod is inmiddels diverser geworden, terwijl de kwaliteit van de mosselen (vleesinhoud) is gedaald. Onderzoek naar verspreiding en voedselkeuze van de vogels heeft onder meer laten zien dat tafeleenden en brilduikers zich meer hebben geconcentreerd in gebieden waar de waterplanten sterk zijn toegenomen, en dat de maaginhouden van onder meer kuifeenden diverser is geworden. Voor deze soorten zal het voedselaanbod in de vorm van deze alternatieve prooi naar verwachting toenemen met de ontwikkeling van de vegetaties op de aan te leggen ondieptes.

Door de combinatie van nieuw mosselbanken en alternatief voedsel kan het aanbod voor kuifeend, tafeleend, brilduiker en meerkoet verbeteren ten opzichte van de huidige situatie, zeker gezien de afgenomen kwaliteit van de mosselen. Alleen de toppereend heeft nog geen positieve reactie laten zien op de ontwikkelingen in recente jaren. Deze noordelijke soort arriveert pas in december, als de planten al lange tijd zijn afgestorven, en vertrekt voordat de nieuwe vegetatie zich ontwikkelt. Ook deze soort kan andere prooi-soorten aan, maar de steekproefgrootte bij het maagonderzoek was niet groot genoeg om eventuele veranderingen aan te kunnen tonen. De toppereend is sterk afgenomen in het IJsselmeer, maar waarschijnlijk is de voedselsituatie daarvoor niet de enige oorzaak.

B Berekening bergingsverlies

Een belangrijke functie van het IJsselmeer is het leveren van zoet (drink)water. Daarvoor is onder andere de bergingsfunctie van belang. Vraag is of de hier voorgestelde modules verandering aanbrengen in de bergingsfunctie. Een waterbergingsgebied is een gebied waar wateroverschotten kunnen worden opgevangen. Hierbij gaat het dus niet om het volume van het IJsselmeer maar om de waterschijf die zo nodig kan worden gevuld bovenop het bestaande peil. Deze functie wordt verkleind door structuren die boven water uitkomen of door het uitsluiten van een deel van het waterlichaam.

De totale oppervlakte van de voorgestelde modules van de zonne-energie variant is 4417 ha in het IJsselmeer. Bij een totaal oppervlak van 116.000 ha is dat 3,33%. Behalve module A en het noordelijke deel van module E staat het water in de modules in open verbinding met het meer. Daardoor is het verlies aan bergingsfunctie veel kleiner. Twee typen structuren hebben wel verlies aan bergingsfunctie tot gevolg:

- De randen van de eilandmodules. Deze hebben een gezamenlijk areaal van 209 ha. Deze categorie verkleint de bergingscapaciteit met 0,2%.
- Het deel van de helofyten, zand en overstromingsgrasland arealen dat boven het streefpeil ligt. Deze arealen zijn maximaal 516 ha (A) en 316 ha (E) groot. Dit is samen 0,7% van de bergingscapaciteit. Een belangrijk deel hiervan ligt beneden het zomerpeil. In principe kunnen voorzieningen getroffen worden voor een bergingsfunctie, maar de kans is groot dat vanwege het natuurlijke peil dat binnen deze compartimenten wordt nagestreefd, het peil hier al hoog is op het moment dat wateroverschotten voorkomen.

Het bergingsverlies bedraagt dus ongeveer 0,9% van het totale oppervlak van het IJsselmeer en Ketelmeer.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl