

H+N+  
S+ +

OVER  
MORGEN

PALMBOUT  
Urban Landscapes.

# ENERGIEVERKENNING IJSELMEERGEBIED



# LEESWIJZER

## AANLEIDING ONDERZOEK

Op 17 mei 2018 ondertekenden 60 partijen de instemmingsverklaring bij de Agenda IJsselmeergebied 2050. In de Agenda staat aangekondigd dat een energieverkenning uitgevoerd gaat worden:

- “Het IJsselmeergebied wil een significante bijdrage leveren aan de komende energietransitie van Nederland. We zullen een strategie ontwikkelen die aangeeft welke vormen van energieopwekking het best bijdragen aan de energiedoelen, vanuit het oogpunt van diversiteit en netwerk, en het best passen bij de specifieke gebiedskwaliteiten en andere gebruiksfuncties van het IJsselmeergebied.”

Vier IJsselmeerprovincies – Flevoland, Fryslân, Noord-Holland en Overijssel – hebben het initiatief genomen om de verkenning uit te voeren vanwege hun verantwoordelijkheid voor de ruimtelijke kwaliteit in het gebied en de (regionale) belangen van andere functies. Leidraad voor de verkenning is de nationale energieopgave en de uitgangspunten en principes welke zijn verwoord in de Agenda IJsselmeergebied 2050. De opdracht is in mei 2018 door de provincies gegund aan een combinatie van drie bureaus: H+N+S Landschapsarchitecten, Over Morgen en Palmbout Urban Landscapes.

Deze verkenning is een vervolg op een eerdere verkenning in opdracht van de ministeries IenM en EZ, uitgevoerd door een combinatie van POSAD en Ecofys, gepubliceerd in oktober 2017. De POSAD/Ecofys verkenning is gebruikt als bouwsteen voor de Agenda IJsselmeergebied.

## RESULTATEN ENERGIEVERKENNING H+N+S/OVER MORGEN/PALMBOUT

In de voorliggende energieverkenning zijn de mogelijkheden voor duurzame energieproductie in het IJsselmeergebied getoetst aan de ruimtelijke principes en de gebruiksruimte voor andere functies, benoemd in de Agenda IJsselmeergebied. De ruimtelijke principes uit de Agenda zijn daartoe verder uitgewerkt. Andere overwegingen, zoals kosten, verenigbaarheid met andere functies zoals natuur en defensie, en inpasbaarheid in de energie-infrastructuur zijn alleen globaal meegenomen in de verkenning.

Er is vooral gekeken naar bestaande technieken welke (op korte termijn) economisch rendabel én direct beschikbaar zijn. Dit betreft windturbines, zonnepanelen, geothermie en TEO (thermische energie uit oppervlaktewater). Deze combinatie van uitgangspunten leidt tot lagere potenties voor duurzame energieproductie in het IJsselmeergebied, vergeleken met de POSAD/Ecofys verkenning.

De meerwaarde van deze energieverkenning is dat er nu vanuit de gewenste ruimtelijke kwaliteiten, zoals geschetst in de Agenda IJsselmeergebied 2050, diepgaander en op ontwerpende wijze naar de brede maatschappelijke energie-opgave is gekeken.

De precieze mogelijkheden en de gevolgen van energiemaatregelen voor het gebruik en de kwaliteiten van het gebied zullen vooral aan de orde komen indien partijen concrete maatregelen willen uitwerken. De verkenning maakt duidelijk

dat dan nog veel vragen te beantwoorden zijn. Voorbeelden zijn:

- hoe kunnen energiemaatregelen bijdragen aan natuur, recreatie, visserij en ander gebruik en hoe combineer je die?
- wat zijn de effecten van grootschalige toepassing van zonnepanelen op het ecosysteem?
- wat betekenen energiemaatregelen voor de energie-infrastructuur in en rondom het IJsselmeergebied?
- is er voldoende draagvlak om het IJsselmeer te benutten voor de energieopgave?
- zijn er financieel gezonde businesscases te ontwikkelen?

## STATUS VAN DE VOORLIGGENDE ENERGIEVERKENNING

De vier opdrachtgevende provincies hebben kennis genomen van dit rapport. Zij zien dit rapport als een mogelijke bouwsteen voor de invulling van de Regionale Energiestrategieën (RES) die in 2019 (door)ontwikkeld worden. Elke regio heeft daarbij de opdracht om een strategie op te stellen voor de bijdrage aan de nationale energieopgave. De IJsselmeerregio's krijgen met deze verkenning inzicht welke bijdrage het IJsselmeer zou kunnen leveren met respect voor de ruimtelijke kwaliteiten en gebruik.

Het is aan de partijen die meewerken aan de RES-en om met elkaar te bezien of zij het IJsselmeergebied willen benutten, gebruik makend van deze verkenning. Het opstellen van de RES-en wordt via een zorgvuldig proces uitgewerkt passend bij die regio. Draagvlak en

participatie zijn hierin leidende principes. Mogelijke benutting van het IJsselmeergebied voor de energietransitie zullen de IJsselmeerprovincies, op basis van deze verkenning, nader met elkaar afstemmen.

# INHOUD

## 1. INLEIDING

Opgave	9
Opzet studie	9
Proces	11
Vervolg	12

## 2. THEMA'S IJSSELMEERGEBIED

Energie	16
Cultuurhistorie en Ruimtelijke kwaliteit	20
Gebruik	22
Watersysteem	24
Ecologie	26

## 3. INTEGRALE BOUWSTENEN

Bouwsteen wind	34
Bouwsteen zon	38
Bouwsteen wind + zon	44
Thermische energie uit oppervlaktewater	46
Innovaties	49

## 4. RUIMTELIJKE PRINCIPES

Ruimtelijke principes wind	52
Ruimtelijke principes zon	58

## 5. GEBIEDSGERICHTE COMBINATIES

Grillige kust (oud land)	64
Strakke kusten (nieuw land)	68
Grote waterwerken, knooppunten land en water	72
Flevolandse kust	74
Icoon: Zonne-eiland Trintelhaven	76
Onderzoek: Grote windclusters	78

## 6. ENERGIEMOGELIJKHEDEN IJSSELMEERGEBIED

Energiemogelijkheden in kaart	86
Beperkingen	90
Energiepotentie binnen regels agenda IJsselmeergebied 2050	92
Bijdrage aan energie-opgave	93

## 7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

98

## BIJLAGEN

Bijlage Onderzoeksvragen energieverkenning IJsselmeer	102
Bijlage TEO	104
Bijlage Energiemix	106

# 1. INLEIDING

## 1. INLEIDING

Onlangs is de Agenda IJsselmeergebied 2050 opgesteld en ondertekend door 60 partijen. In deze agenda zijn de grote opgaven voor het IJsselmeergebied in onderlinge samenhang bekeken, vanuit het perspectief van het IJsselmeergebied. Deze integrale benadering zorgt ervoor dat ruimtelijke kwaliteit een belangrijk uitgangspunt kan zijn bij de uitwerking van de verschillende opgaven en dat mogelijk meerwaarde kan worden bereikt voor het gebied als geheel.

### OPGAVE

Eén van deze grote opgaven is de energietransitie. De Agenda IJsselmeergebied 2050 stelt dat het IJsselmeergebied een significante bijdrage wil leveren aan de komende energietransitie in Nederland. Duurzame energiewinning met respect voor de kernkwaliteiten. De IJsselmeerprovincies Flevoland, Fryslân, Noord-Holland en Overijssel hebben opdracht gegeven om dit uit te werken. De hoofdvraag in deze verkenning is waar in het IJsselmeergebied plaats is voor duurzame vormen van energieopwekking, -opslag en -infrastructuur. Rekening houdend met de gebruiksfuncties en kwaliteiten van het gebied wordt inzichtelijk gemaakt welke vormen van energieopwekking, -opslag en -infrastructuur mogelijk zijn, in welke omvang en met welke gevolgen. De vraag was om drie scenario's uit te werken waarbij de 10 Gouden Regels voor ruimtelijke kwaliteit, die zijn opgenomen in de Agenda IJsselmeergebied, als ontwikkelingsgerichte leidraad dienen. Het IJsselmeergebied omvat in deze beschouwing IJsselmeer, Markermeer, IJ-meer en de randmeren alsook de aangrenzende gebieden op land.

De Agenda IJsselmeergebied hanteert een integrale aanpak en richt zich allereerst op gebiedsbrede opgaven die uitstijgen boven het schaalniveau van afzonderlijke deelgebieden. De aanpak is drieledig: het leggen van koppelingen tussen verschillende sectorale beleidsvelden, het over provinciegrenzen heen kijken en gebiedspartijen bij elkaar brengen.

Voor de energieverkenning betekent de integrale aanpak dat het energievraagstuk in verband wordt gebracht met andere thema's, zoals recreatie en ecologie. Om de effecten en impact

inzichtelijk te krijgen, maar ook om de mogelijkheden en kansen voor meekoppeling van andere opgaven te ontdekken. Ook betekent het dat niet (alleen) gekeken wordt vanuit de provinciale invalshoek, maar vooral ook vanuit het IJsselmeergebied als geheel. Een landschappelijke eenheid, die in samenhang beschouwd moet worden. Juist de wisselwerking tussen de verschillende invalshoeken levert de meeste inzichten op. De integrale houding biedt de beste basis tot het behouden en versterken van de ruimtelijke kwaliteit in het IJsselmeergebied.

### OPZET STUDIE

In 2017 is door POSAD en Ecofys al een eerste verkenning gedaan naar bovenstaand vraagstuk. In deze studie is veel voorwerk verricht en zijn drie denkrichtingen opgesteld, waarbinnen een aantal kansrijke bouwstenen zijn gedestilleerd. In voorliggende studie wordt dankbaar gebruik gemaakt van dit voorwerk en is de basisinformatie slechts geactualiseerd waar nodig. In voorliggende verkenning is de ruimtelijke kwaliteit echter expliciet meegenomen als leidraad. Bovendien heeft er op een aantal thema's verdere verdieping plaatsgevonden.

In deze studie zijn een aantal afgebakende stappen doorlopen. Allereerst is begonnen met een verdiepende analyse, opgenomen in hoofdstuk 2. Enerzijds een analyse naar de hoofdthema's van het IJsselmeer op schaalniveau van het IJsselmeergebied als geheel; energie, cultuurhistorie en ruimtelijke kwaliteit, gebruik, watersysteem en ecologie. Dit heeft geleid tot thematische kaarten met de belangrijkste uitgangspunten en opgaven per thema. Vooral op de thema's ruimtelijke kwaliteit en ecologie heeft verdere ver-

+

WAAR IN HET IJSSELMEERGEBIED IS PLAATS VOOR DUURZAME VORMEN VAN ENERGIE-OPWEKKING, ENERGIEOPSLAG EN BIJBEHORENDE ENERGIE-INFRASTRUCTUUR, REKENING HOUDEND MET DE GEBRUIKSFUNCTIES EN KWALITEITEN VAN HET GEBIED EN, WAT ZIJN OP HOOFDLIJNEN DE GEVOLGEN VOOR DEZE KWALITEITEN EN GEBRUIKSFUNCTIES?

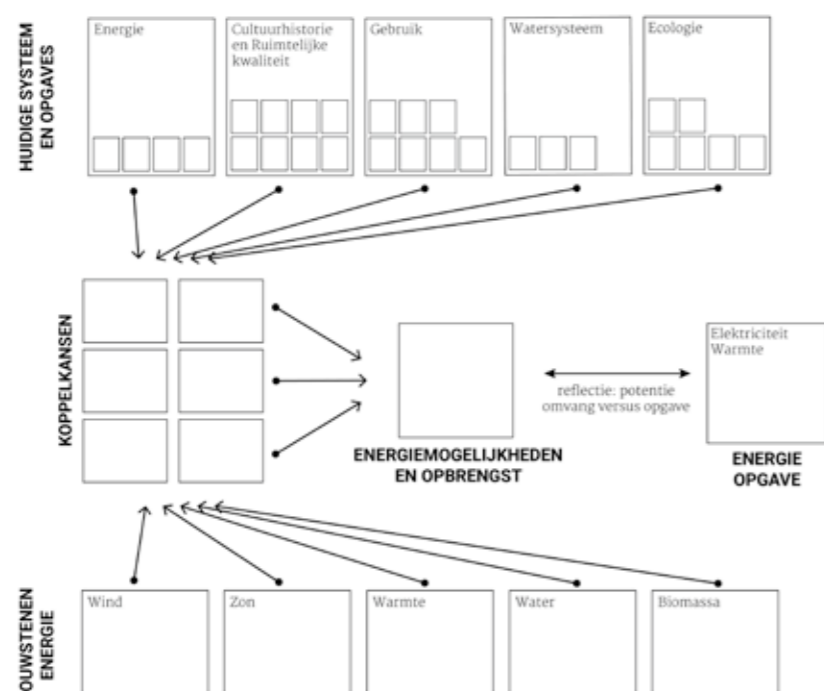
+

+

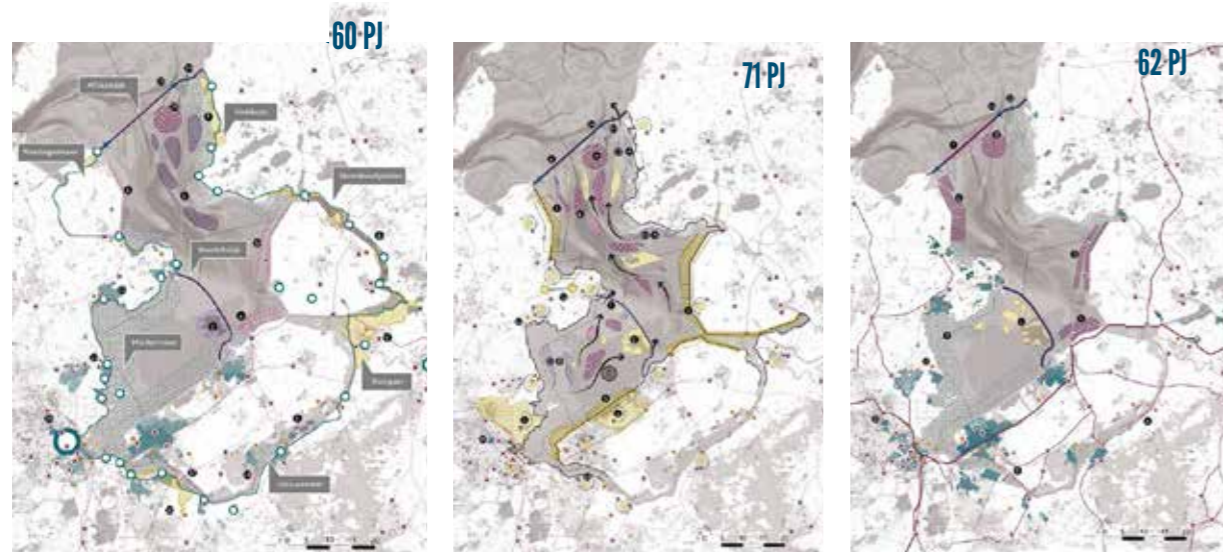
+

dieping plaatsgevonden. Parallel aan de analyse zijn in hoofdstuk 3 de bouwstenen voor energie-opwekking in het IJsselmeergebied opgesteld, waarbij vooral de bouwstenen zon, wind en thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) zijn uitgewerkt. In een tweede stap zijn beide sporen met elkaar in verband gebracht om zodoende de (meekoppel)kansen van deze opgave goed in beeld te krijgen. Niet alleen zijn de Gouden Regels hierbij steeds het uitgangspunt geweest, ze zijn in deze fase van het proces ook verder uitgewerkt tot ontwerpregels (ruimtelijke principes) voor energie in het IJsselmeergebied. De ruimtelijke principes zijn te vinden in hoofdstuk

4. Ter illustratie van de mogelijkheden zijn deze ruimtelijke principes in hoofdstuk 5 doorvertaald naar mogelijkheden voor specifieke gebieden, de zogenaamde 'gebiedsgerichte combinaties'. Om inzicht te krijgen in de mogelijke energie-opbrengst van het IJsselmeergebied zijn tot slot in hoofdstuk 6 de 'gebiedsgerichte combinaties' op een samenhangende manier ingetekend op schaalniveau van het IJsselmeergebied als geheel en doorgerekend. Dit geeft een eerste inschatting wat het IJsselmeergebied zou kunnen bijdragen aan de nationale opgave. In deze voorbeelduitwerking zijn alleen projecten van substantiële omvang meegenomen. Daarnaast



Schema opzet studie



Verkenning POSAD, 3 denkrichtingen, aansluiten op karakteristiek, optimaal meekoppelen en economisch duurzaam

zijn er zeker mogelijkheden voor kleinschalige energieprojecten, maar dit vergt maatwerk en is in het kader van deze studie niet meegenomen. Dit zou wel terug kunnen komen in de RES-processen, waarbij de 'bouwstenen' en 'ruimtelijke principes' handvaten bieden. De energieverkenning wordt besloten met Conclusies en Aanbevelingen voor het vervolg in hoofdstuk 7.

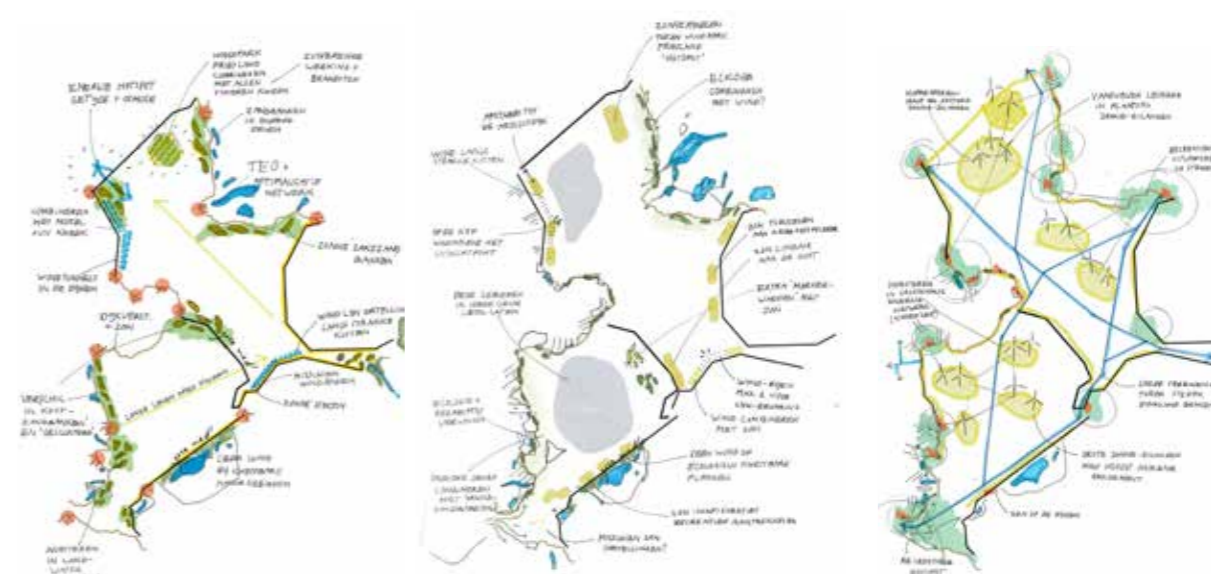
**PROCES**

De energieverkenning is tot stand gekomen in een overlegtraject met verschillende groepen. Begeleiding van de studie heeft plaatsgevonden door regelmatig contact met de ambtelijke werk-

groep, bestaande uit de vier betrokken provincies en het Rijk. Zowel ROIJ (Regionaal Overlegorgaan IJsselmeergebied) als BPIJ (Bestuurlijk Platform IJsselmeergebied) zijn meegenomen in het proces door terugkoppeling van (tussentijdse) resultaten aan begin en einde van de studie. In twee bijeenkomsten met de klankbordgroep is gewerkt en meegedacht aan respectievelijk de kansen(kaarten) en de conceptresultaten van de energieverkenning, gevolgd door presentaties aan de Stuurgroep.



Schema proces



Resultaten KBG, 28 augustus 2018, Thema's Ecologie, Recreatie en Economie

**VERVOLG**

Deze verkenning geeft inzicht op welke wijze het IJsselmeergebied een bijdrage kan leveren aan de nationale energie opgave. Hierbij is niet getoetst aan bestaande beleidsuitgangspunten. Deze verkenning gaat een bouwsteen vormen voor de regionale energiestrategieën (RES'en), die komend jaar worden opgesteld als uitwerking van het Klimaatakkoord. Via de RES processen zullen de IJsselmeerregio's aangeven op welke wijze zij de energieopgave willen invullen en zullen zij het benutten van het IJsselmeergebied afstemmen. Deze verkenning is daarbij een leidraad.



# 2.THEMA'S IJSELMEERGEBIED

## 2. THEMA'S IJSSELMEERGEBIED

In dit hoofdstuk worden de voor het IJsselmeergebied relevante thema's één voor één onder de loep genomen en geanalyseerd: energie, cultuurhistorie en ruimtelijke kwaliteit, gebruik, watersysteem en ecologie. De huidige situatie, knelpunten en beperkingen en voorgenomen plannen worden per thema in beeld gebracht en vormen de uitgangspunten voor het vervolg van de studie. Ook de belangrijkste thematische opgaven en kansen, die aanknopingspunten en inspiratie kunnen bieden voor de integrale energiebouwstenen, komen in dit hoofdstuk aan de orde.

### ENERGIE

De energieopgave is op te delen in vier categorieën; wind, zon, water en warmte. Hierbij hebben wind en zon de grootste ruimtelijke impact. Een aantal bestaande initiatieven op het gebied van energie zijn aangeduid in de kaart op pag.18.<sup>1,2</sup> Vooralsnog kent het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro) geen beleidsmatige ruimte toe aan zon op water in het IJsselmeergebied. Dit in tegenstelling tot de uitzondering die wordt gemaakt voor windenergieprojecten van nationaal belang.

Er zijn veel aspecten waarmee rekening moet worden gehouden als het gaat om energie op het IJsselmeer, zoals de gebruiksfuncties recreatie, watersport, visserij en scheepvaart. Relevant zijn ook de restricties in de omgeving van vliegveld Lelystad en het militaire oefenterrein bij de Afsluitdijk (zie pag. 18). Het militaire terrein kan in overleg aangepast worden. Hierbij is het wel van belang of een initiatief zich aan de rand of in het midden van dit terrein bevindt. De vliegzone bij Lelystad zorgt voor een hoogtebeperking voor opstellingen vanaf 150m. Voor windturbines in deze zone zal een 'aeronautical study' gedaan moeten worden om te onderzoeken of de turbines geen gevolgen hebben voor de veiligheid en continuïteit van de vliegoperaties.

#### Vervanging oude windturbines

Er is een grote diversiteit aan bestaande windturbines in het IJsselmeergebied. Veel bestaande turbines zijn verouderd en zullen deels worden vervangen. Voor de Flevopolder wordt een herinrichtingsplan gemaakt waarin nagedacht wordt over de verwijdering en vervanging van de turbines met zorgvuldige landschappelijke inpassing. Het is een complexe opgave. Nieuwe

turbines zijn vaak vele malen groter dan verouderde turbines en leveren dus ook meer op. Grotere afstanden zijn nodig tussen de palen en de bestaande netaansluitingen zijn mogelijk ontoereikend. Wel zijn de turbines op bestaande locaties vaak al geaccepteerd of geïnitieerd door de omgeving. Daardoor is er deels bestaand draagvlak. Ook is horizonvervuiling mogelijk minder aan de orde, omdat nieuwe turbines meerdere oude turbines vervangen.

#### Investerings netwerk en stations

De elektrificatie van het energiesysteem in Nederland brengt een grote uitdaging met zich mee voor het elektriciteitsnetwerk. Op dit moment is de beschikbaarheid van een netaansluiting en voldoende capaciteit daarop van cruciaal belang om een zonnepark of windpark te ontwikkelen. Netbeheerders hebben de wettelijke taak om de netaansluitingen te verzorgen. Dit kan leiden tot grote maatschappelijke kosten als men niet kritisch naar de afstand tot het net kijkt. Het realiseren van een nieuwe netaansluiting neemt ook steeds meer tijd in beslag door oplopende capaciteitsproblemen bij netbeheerders.

De grootte van een project is allesbepalend voor de netaansluiting. Zonneparken tot circa 2 hectare zijn bij voldoende capaciteit aan te sluiten op het 10 kV net dat in alle woonwijken ligt, mits deze dichtbij ligt. Grotere zonneparken tot circa 12 hectare worden aangesloten op een onderstation die vaak 50 tot 150 kV vermogen hebben. Er geldt een maximale afstand tussen een zonnepark en onderstation van circa 5 kilometer voor een gezonde businesscase. Een zonnepark heeft een vermogen van circa 0,9 MW per hectare. Zonneparken groter dan 12 hectare zijn

maatwerk voor de netbeheerder. Hoe groter het zonnepark, hoe groter de afstand die overbrugt kan worden naar de netaansluiting. Het realiseren van een nieuw onderstation kan al snel 5 tot 7 jaar duren.

De ontwikkeling van windturbines en zonneparken zal boven de capaciteit van het landelijke elektriciteitsnetwerk stijgen. Het opslaan van energie is cruciaal om het netwerk betaalbaar te houden. Hierover meer in hoofdstuk 3.

#### Mogelijk elektrificeren grote energieverbruikers

Op het IJsselmeer zelf is nauwelijks energieverbruik. De energie wordt met name langs de randen van het IJsselmeer gebruikt. In deze energieverkenning wordt het potentiële aanbod van duurzame energie op het IJsselmeer onderzocht. Het is van belang om deze altijd te koppelen aan de vraag naar duurzame energie. De afstand tussen beiden legt een claim op de infrastructuur die nodig is. De belangrijkste energieverbruikers

in het IJsselmeergebied staan op de kaart. Een groot deel hiervan zal bestaan uit (industriële) bedrijven die in de toekomst bedrijfsprocessen mogelijk gaan elektrificeren. Het is een opgave om deze toekomstige elektriciteitsverbruikers te koppelen aan lokaal beschikbare duurzame bronnen. Het is efficiënt om vraag en aanbod op deze wijze op elkaar af te stemmen.

1 Energieverkenning IJsselmeergebied (2017) Posad

2 RWS, persoonlijke communicatie (2018)

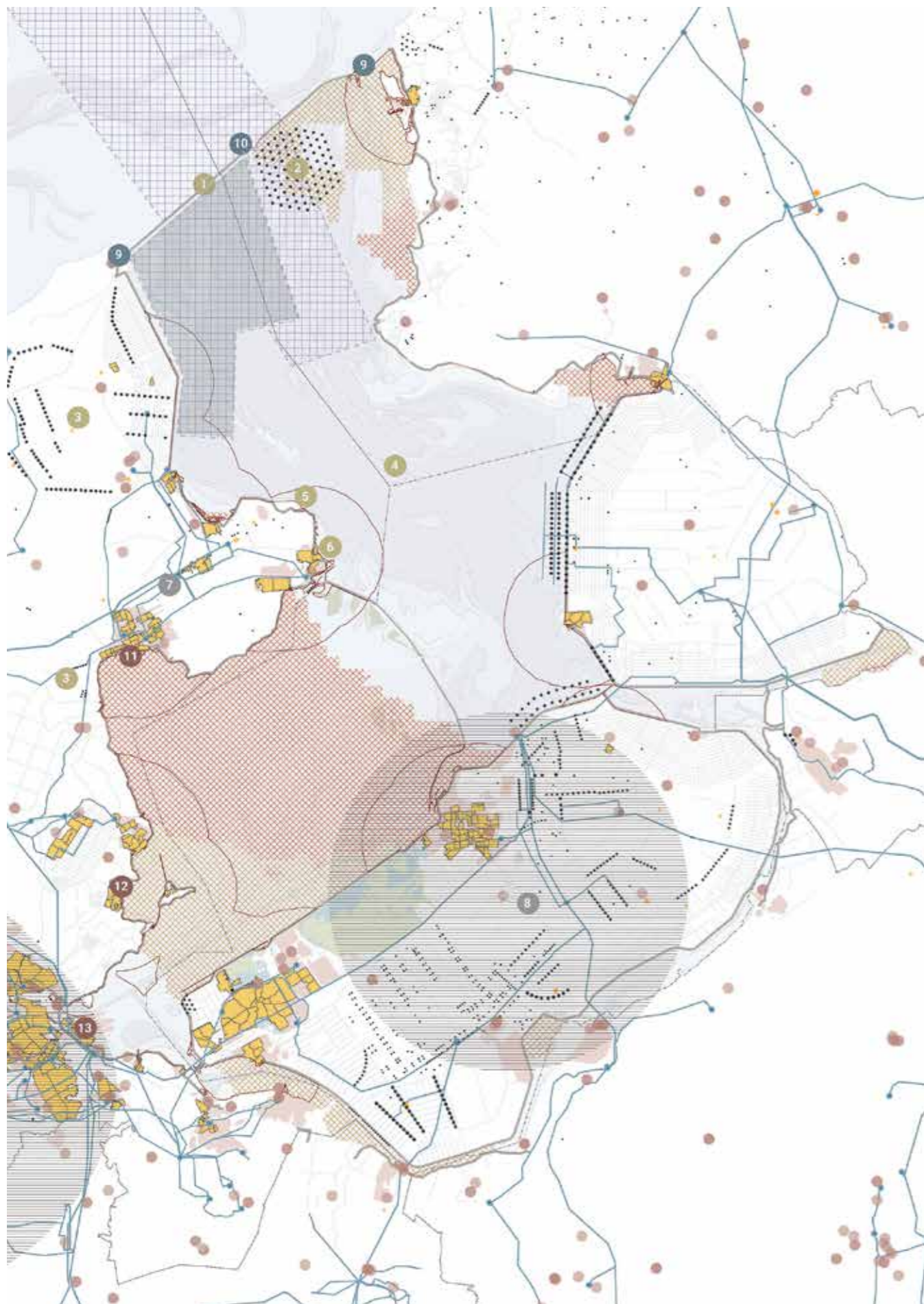
3 Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2017) Informatiebulletin hoogtebeperkingen luchthavens



Vervanging van oude windturbines

Investeren in netwerk en stations

Mogelijk elektrificeren grote energieverbruikers



Energie IJsselmeergebied

## Initiatieven

- 1 Afsluitdijk: SolaRoad over fietspad (posad)
- 2 Wind + Drijvende zonnepanelen (posad)
- 3 Nuon: zonnecentrales bij windparken (posad)
- 4 RWS: Consortium Zon op Water (posad)
- 5 Zon op water in afgesloten spaarbekken (posad)
- 6 HVC-initiatief: drijvend zonnepark (RWS)
- 7 Windpark Westfrisia (posad)
- 8 Flevoland: Wind opschalen en saneren (posad)
- 9 Afsluitdijk: Proeflocaties stromingsenergie (posad)
- 10 Afsluitdijk: Blue energy pilot project (posad)
- 11 Hoorn: TEO initiatief
- 12 Galgeriet: TEO initiatief
- 13 IJburg: TEO initiatief

Bovenstaande initiatieven zijn overgenomen uit de studie 'Energieverkenning IJsselmeergebied', oktober 2017 door Posad en Ecofys en aangevuld met een aantal initiatieven op het gebied van thermische energie uit oppervlakte water (TEO). Deze lijst met initiatieven is een momentopname.

## LEGENDA

- Hoogtebeperkingen 150m rond vliegvelden RVO
- Grote Energievragers Energie Atlas
- Zonnevelden >10 MW RVO
- Netwerk en koppelstations Liander
- Windturbine RVO
  - < 1 MW
  - 1 - 3 MW
  - > 3 MW
- Potentie geothermie in IJsselmeer in doorlatende aquiferlagen dieper dan 10 meter en vanaf 40 graden OverMorgen
  - kans op minimaal 5MW = 30-50%
  - kans op minimaal 5MW = >50%
- Thermische potentie uit oppervlaktewater OverMorgen
  - buurten die als transitieoptie met de laagste maatschappelijke kosten warmtenet hebben en waar energie uit oppervlaktewater van het IJsselmeer een optie is
  - 5 km afstand vanaf de buurten die TEO potentie hebben
- Militair schietterrein/onveilige zone Integraal Beheerplan Noordzee 2015
- Militaire (laag) vliegzone Integraal Beheerplan Noordzee 2015

## CULTUURHISTORIE EN RUIMTELIJKE KWALITEIT

Op de kaart van het IJsselmeer en Markermeer zijn de lagen van de geschiedenis en cultuur duidelijk zichtbaar. De oude, grillige kusten met daarachter de kleinschalige polders, de strakke kusten van de moderne polders met hun efficiënte landbouwgronden op de bodem van de voormalige Zuiderzee en de steden zoals Enkhuizen, Makkum, Marken met hun havens en waterfronten aan het IJsselmeer en Markermeer. De Houtribdijk snijdt dwars door de voormalige Zuiderzee als symbool van een vervlogen ambitie om nieuwe landbouwgrond aan te winnen. De grote open ruimtes van het Markermeer en het IJsselmeer. Deze ruimtes zijn de grootste in Nederland, kenmerkend voor het Lage Land aan de zee en daarom alleen al van grote waarde. Rond de meren zijn een aantal kernkwaliteiten te herkennen. Inpassen van duurzame vormen van energieopwekking zou deze kwaliteiten moeten koesteren of ondersteunen. Zodoende dat de culturele en ruimtelijke karakteristieken behouden blijven.

### Strakke en grillige kusten

De IJsselmeerdijken langs de oudere polders zijn door de eeuwen heen ontstaan. Grillige kusten met veel verspringingen, bochten geven deze kusten een kleine korrel. Daartegenover staan de strakkere kusten van moderne polders. De Wieringermeer, Noordoostpolder en Flevoland met kilometerslange rechte kusten. Nieuwe polders met grootschalige, efficiënte landbouw resulteerde in een schaalvergroting naar een onmeetbaar geometrisch landschap. De combinatie van deze 2 karakteristieken is een in het oog springend kenmerk van het IJsselmeer en Markermeer. De Gouden Regel nummer 4 uit de Gebiedsagenda IJsselmeergebied roept op om dit contrast zoveel mogelijk te respecteren.

### De grote open ruimte, de horizon

Het IJsselmeergebied heeft het historische karakter van een binnenzee met grote openruimtes en kleine karakteriserende stadjes langs de kusten. De grote open ruimte is een verademing

voor het nabij gelegen metropolitaanse landschap. In de dwarsrichting van de meren is de tegenoverliggende horizon vaak nog net te ontwaren. In de lengterichting van het open water valt de horizon weg achter de bolling van de aarde: daar heerst echte eindeloosheid. De Gouden Regel nummer 5 uit de Gebiedsagenda roept op om de grootste open maten te verdedigen en met name de lengteassen open te houden.

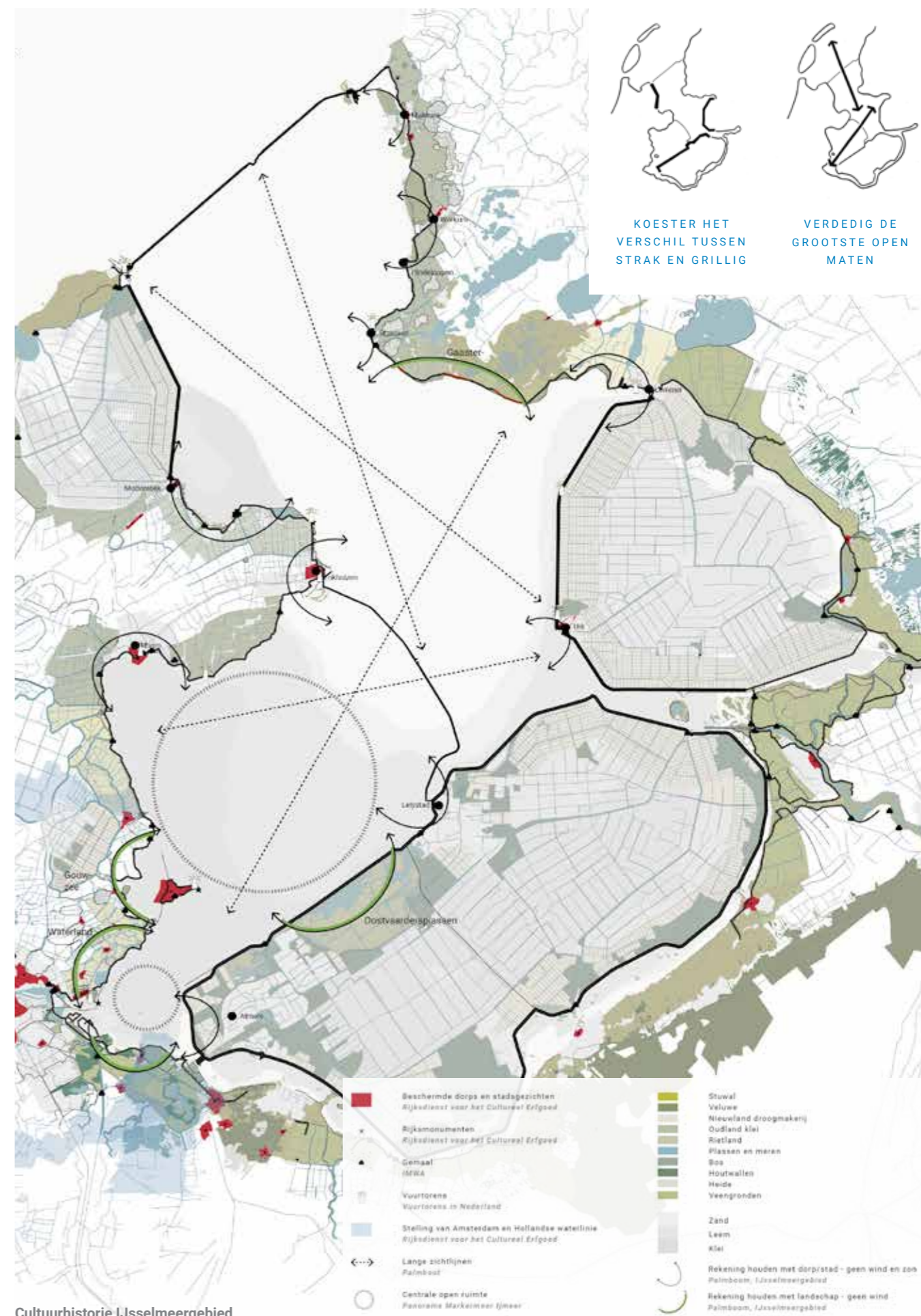
### Steden langs de kusten

Steden rondom de binnenmeren kennen een lange ontstaans- en bewoningsgeschiedenis. Het IJsselmeer was voor Amsterdam de snelste verbinding met de zee. Steden langs de binnenmeren profiteerden van deze strategische positie aan de route. De visserij en handel floreerden wat zichtbaar werd in de steden en hun havens die op gunstige plekken langs het IJsselmeer liggen.

Met de afsluiting van de Zuiderzee door de Afsluitdijk zijn de Zuiderzeesteden hun directe toegang tot de Noordzee kwijtgeraakt. De Zuiderzee werd een groot binnenmeer wat meer veiligheid opleverde voor het agrarische achterland. Bij de ruimtelijke inpassing van duurzame energieopwekking moet rekening gehouden worden met de rijke historie van de Zuiderzee steden. Aanleiding om de vista's vanuit en richting de steden open te houden. Dit is functioneel vanwege de scheepvaart, maar ook om het waterfront van de steden zichtbaar te houden.

### Landschappelijke oevers

Rond het IJsselmeer en Markermeer liggen enkele belangrijke natuurgebieden. Gebieden die binnendijs vernet zijn zoals de Oostvaardersplassen, gebieden die buitendijs zachte oevers hebben zoals de voorlanden bij Makkum en Workum, of de natuurlijke stuwwallen en keileembulten (kliffen) van Gaasterland langs de Friese kust. Natuurbescherming, en met name de vogeltrek, maakt het plaatsen van windturbines in deze zones niet wenselijk. Inpassing van vormen van duurzame energie moet rekening houden met deze meer fragiele kusten die voor natuur- en landschapsbeleving rond de meren belangrijke plekken zijn.



## GEBRUIK

De maat van het IJssel- en Markermeer en hun gevarieerde kusten maakt veel verschillende menselijke activiteiten mogelijk. De kaart op de volgende pagina laat het ruimtegebruik van de verschillende soorten functies zien. Het IJsselmeer is een spil in het vaarwegennet van Noord-Europa en is van groot belang voor de maritieme economie. Het (goederen-)vervoer groeit en daar moet de huidige infrastructuur van vaarwegen, sluisen en havens op worden afgestemd.<sup>1</sup> Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor het op diepte houden van de vaargeulen<sup>2</sup>. Ook heeft het IJsselmeergebied een belangrijke functie voor de watersport. Op de rakkenkaart, die is opgenomen op de kaart op pag. 23, is te zien dat het water intensief gebruikt wordt voor de zeilsport, o.a. voor de 24 Uurs Zeilrace. Bij het situeren van mogelijk toekomstige zon- en windopstellingen moet rekening gehouden worden met de vaarroutes en het voorkomen van radarverstoring. Recreatieve schepen zijn kleiner en behoeven geen grote vaargeulen. Wel groeit de vraag naar recreatiemogelijkheden, met name in de Metro-poolregio Amsterdam (MRA). Er moet gekeken worden waar aanknopingspunten liggen voor het uitbreiden en spreiden van voorzieningen voor recreanten. Verschillende ontwikkelingen, zoals de nieuwe riviercruiseterminal, uitbreiding van Batavia Stad en ontwikkeling van Nationaal Park Nieuwland zijn belangrijke motoren voor toerisme aan de kust van Flevoland. Voor de

Noord-Hollandse kust is de provincie een Ambitieprogramma Ruimtelijke Kwaliteit Kustzone Hoorn-Amsterdam gestart. Rekening houdend met deze opgave is het belangrijk om te kijken hoe zonnepanelen en/of windmolens bijdragen aan of 'niet afdoen aan' de toeristische ontwikkelingen aan de kusten.<sup>3</sup> Een andere kans is het maaien van vaarroutes. Deze veroorzaken overlast bij varende recreanten. Lange planten kunnen in de schroef komen of aan de kiel of roer blijven hangen. Het maaisel dat overblijft bij het maaien van de vaargeulen kan gebruikt worden voor biomassa. De visserij is eveneens een gebruiksfunctie op het IJsselmeer, waar rekening mee gehouden moet worden, o.a. door benodigde ruimte voor staand want, fuiken en open water. Het IJsselmeer heeft daarnaast een functie voor de drinkwaterwinning. De gele gebieden in de kaart geven de locaties aan waar momenteel zandwinning plaatsvindt. Dit zijn onder andere de vaargeulen en zandwinlocaties voor de Markerwadden. Het zand of slib dat wordt gewonnen kan gebruikt worden voor het creëren van vooroevers en ondiepe zones in het IJsselmeer. Hiermee kunnen nieuwe, ecologisch interessante vooroevers worden aangelegd. Deze vooroevers kunnen helpen bij de inpassing van zonne-energie aan de kusten van het IJsselmeer.

1 Rakkenkaart 2015

2 <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/waterkwaliteit/waterplanten.aspx>

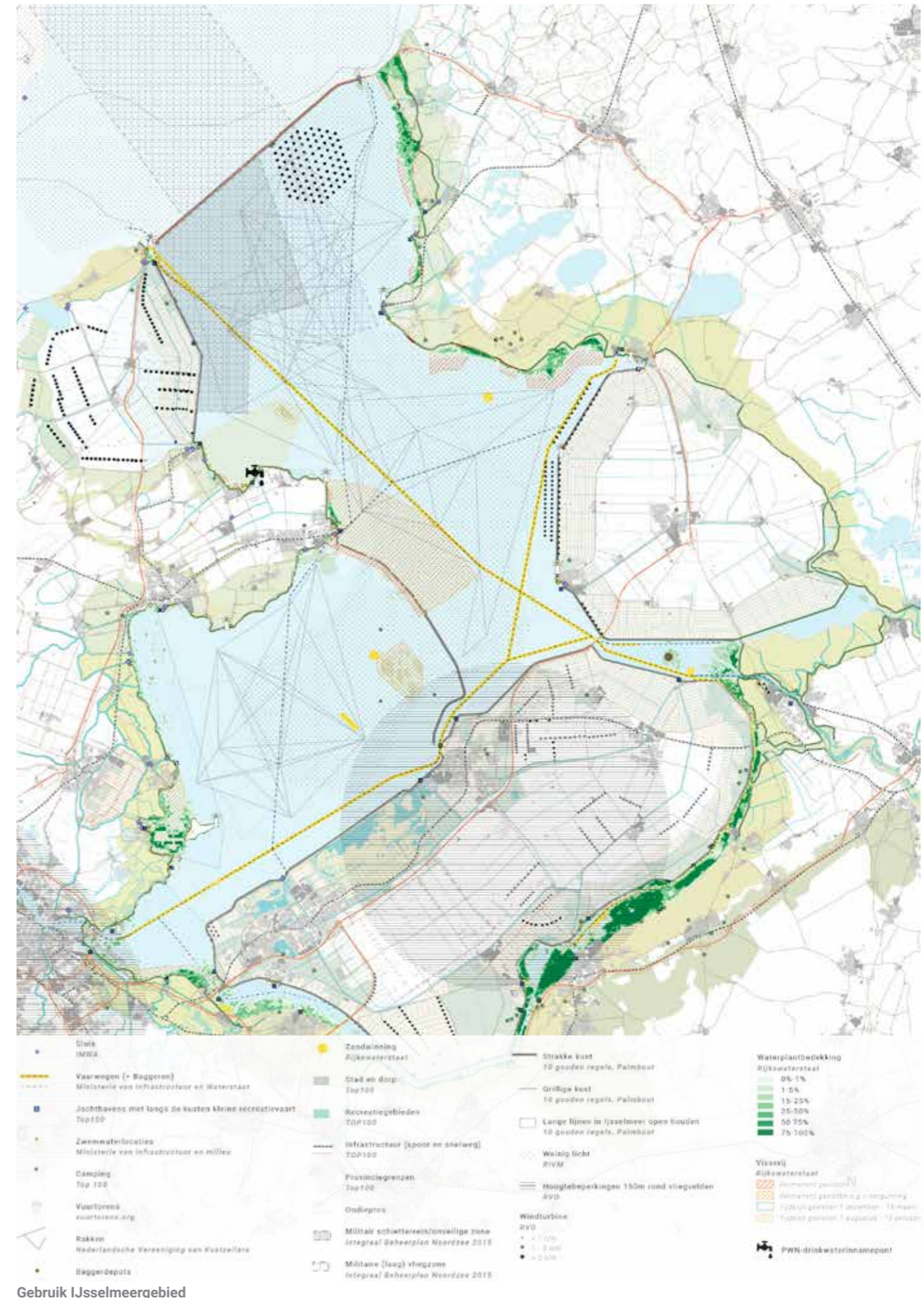
3 Provincie Noord-Holland, provincie Flevoland, gemeente Amsterdam (2017) MRA-verkenning Markermeer IJmeer



Baggeren en maaien van vaarroutes  
- biomassa

Toekomstige zandwinning  
- kabels  
- stabiliteit windmolens

Spreiden recreatiedruk  
- nieuwe bestemmingen  
- nieuwe vaarroutes



Gebruik IJsselmeergebied

**WATERSYSTEEM**

Het watersysteem van het IJsselmeergebied is onderverdeeld in drie compartimenten; het IJsselmeer, het Markermeer en de Veluwe Randmeren.<sup>1</sup> Elke compartiment heeft een eigen streefpeil (van de Randmeren alleen de Veluwerandmeren). In 2018 is een flexibel peilbeheer ingevoerd. Dit is belangrijk om de zoetwatervoorziening (t.b.v. landbouw, drinkwater en industrie) te kunnen garanderen en goed in te kunnen spelen op de klimaatveranderingen.<sup>2</sup> Waterafvoer richting het IJsselmeergebied gaat vooral via de IJssel, de Overijsselse Vecht, de Veluwe beken en de Eem, maar ook via de Vecht en de boezemgemaal. Het IJsselmeergebied speelt op zijn beurt weer een belangrijke rol in het doorspoelen van de polders.

Een opgave rond het IJsselmeergebied is de dijkversterking.<sup>3</sup> Hierbij is het belangrijk om te kijken naar innovatieve oplossingen passend bij het gebied en eventuele meekoppelkansen.<sup>4</sup> Er zou onderzocht kunnen worden of zonnepanelen positief kunnen bijdragen aan de opgave van dijkversterking. Bijvoorbeeld door het bekleden van de dijk met zonnepanelen of drijvende constructies plaatsen of luwten creëren voor

de dijk die de golfwerking dempen. Een andere opgave is het op peil houden van de zoetwatervoorraad en de waterkwaliteit. Dankzij de regelgeving omtrent eutrofiering is de aanvoer van nutriënten naar het IJsselmeergebied afgenomen. Dit is positief voor de waterkwaliteit, maar heeft zijn weerslag op bepaalde doelsoorten in het gebied. De voedsel beschikbaarheid (algen) voor vis en mosselen is verslechterd. Een kans hier is om vooroevers en luwtestructuren te creëren die plantgroei stimuleren, daar waar het niet botst met vaarrecreatie. Dit zou in samenhang kunnen met duurzame energieontwikkeling. Door klimaatverandering stijgt de zeespiegel en komen meer pieken in waterafvoer voor. Het onder vrij verval lozen van IJsselmeerwater wordt beperkter, waardoor regelmatig gepompt moet gaan worden. Dit gaat steeds meer energie kosten. Er kan energie teruggewonnen worden in de vorm van getijstroom. Dit gebeurt al bij de Afsluitdijk. Kansen liggen ook bij het onderzoeken naar nieuwe vormen van energieopwekking zoals osmose (Blue Energy).<sup>5</sup>

1 Handreiking ruimtelijke kwaliteit: Buitendijks Bouwen IJsselmeergebied (2011)  
 2 Rijkswaterstaat (2017) Nieuw peilbesluit IJsselmeergebied  
 3 Projectenboek '19 'Slimmer, Beter, Sterker' (2018)  
 4 Hoogwaterbeschermingsprogramma (2016) Projectenboek 2018 Mensenwerk  
 5 Deltares (2017) Als de zeespiegel verder stijgt...



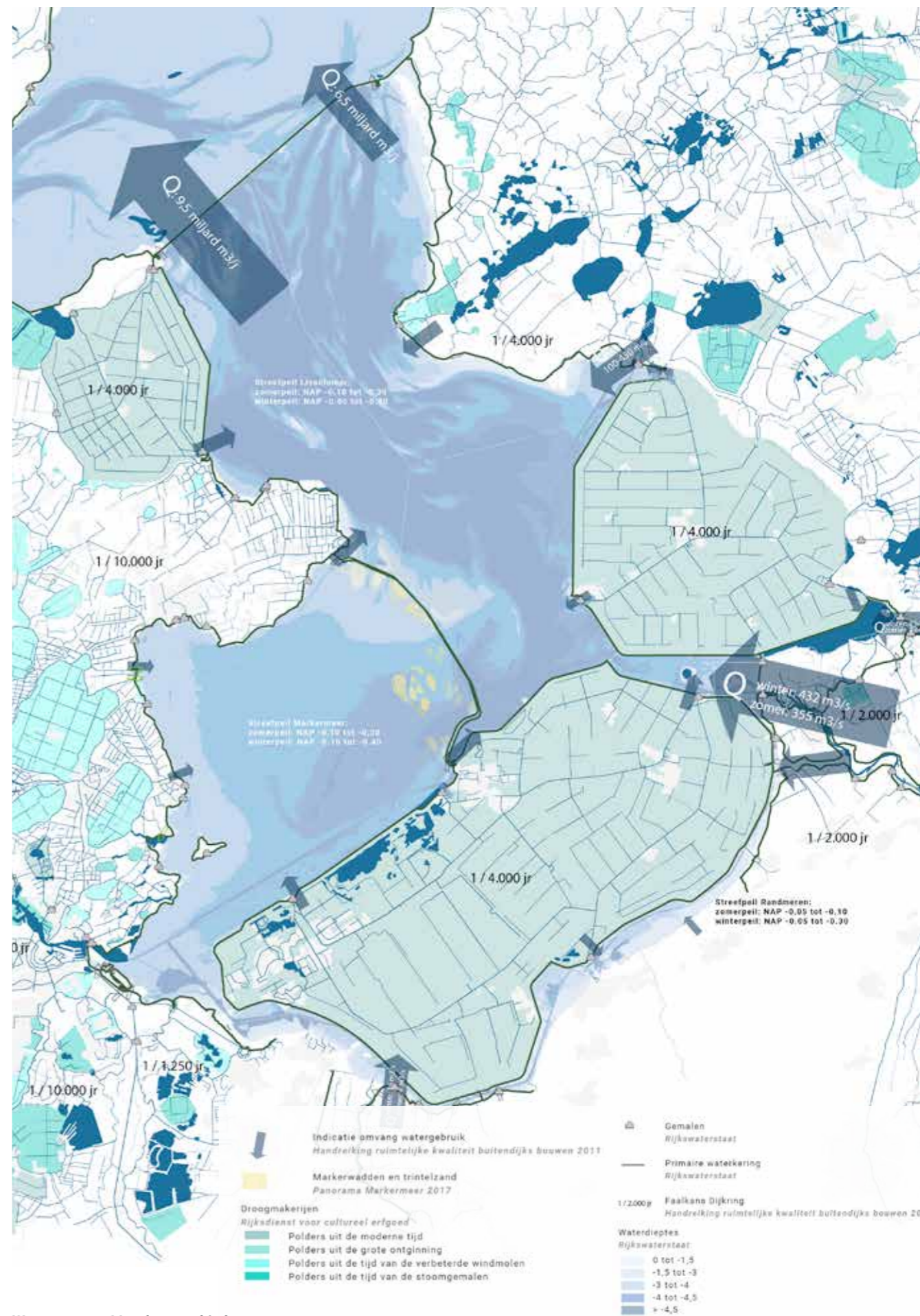
**Dijkversterking**  
 - nieuwe inrichting dijkzone



**Zoetwatervoorraad en waterkwaliteit**  
 - duurzaam peilbeheer (pompen en spuien)  
 - vooroevers: nutienten



**Stijgende zeespiegel en vergroting afvoer rivierwater**  
 - duurzamer peilbeheer  
 - nieuwe inrichting havens, vaargeulen en natuurgebieden



Watersysteem IJsselmeergebied

## ECOLOGIE

Het IJsselmeergebied is van een unieke, internationale waarde voor trekvogels als overwinteringsgebied, ruigebied en tussenstop. Het herbergt verschillende habitattypes voor vogels om te rusten, te foerageren en te broeden. Het natuurlijke systeem van het IJsselmeer is de afgelopen eeuw sterk veranderd. Dit is mede veroorzaakt door ingrepen als de Afsluitdijk, de Houtribdijk en inpoldering, maar ook de aanwezigheid van veel verschillende functies. Er wordt gestreefd naar ecologische ontwikkeling in samenhang met de andere activiteiten. Dit blijkt uit de documenten Preverkenning ecologische kwaliteit IJsselmeergebied<sup>1</sup> en het Natura 2000 ontwerpbeheerplan IJsselmeergebied 2016-2021<sup>2</sup>. Op lokale schaal worden al maatregelen verkend, deze staan bijvoorbeeld vermeld in 'Verkenning Ecologische Maatregelen Markermeer'<sup>3</sup>.

Het IJsselmeer herbergt verschillende habitattypes met functies die belangrijk zijn voor de aanwezige soorten. Hierin speelt waterkwaliteit; voldoende dekking, eten en rust; groot, open en diep water en verbindingen tussen verschillende habitattypes een rol. De kaart op de volgende bladzijde laat de ecologische maatregelen die momenteel worden getroffen in en rond het IJsselmeer zien.

Het broed-, rust- en foerageergebied reikt

verder dan de aangrenzende kusten. Er is voor deze verkenning onderzocht of de onderstaande opgaves meegekoppeld kunnen worden met duurzame energie.

1. Ondiepe zones met waterplanten zijn cruciaal voor de levenscyclus van vissen en vogels. In het Markermeer is er minder dan 1% areaal ondieptes aanwezig. Er moet gestreefd worden naar 5 tot 10%. Waterplanten in deze zone nemen nutriënten op uit het water en maken deze beschikbaar voor diersoorten. Het creëren van ondieptes zou samen kunnen gaan met het inpassen van zonnepanelen.
2. Er is een tekort aan (geleidelijke) overgangen tussen verschillende habitattypes in het Markermeer, maar ook met de Waddenzee en het achterland. Openingen of vispassages in een dijk of sluis bevorderen de uitwisseling van nutriënten, zout, slib, algen en andere diersoorten. De waterstromen kunnen relatief beperkt gebruikt worden voor bijvoorbeeld osmose energie of getijstroom. Wel moeten de turbines aan harde criteria voldoen om vissterfte te voorkomen.
3. Verbeteren van het sedimentmanagement is nodig om de negatieve invloed van het slib op het watersysteem te verminderen. Slib heeft een negatieve invloed op de beschikbaarheid van algen voor watervlooiën (voedsel voor vis) en driehoeksmosselen. Dit is het gevolg van vlokvor-



**Vergroten areaal ondieptes**  
- biomassa  
- combinatie wind en zon



**Verbeteren gradienten**  
- waterkracht  
- osmose



**Verbeteren sediment management**  
- duurzaam management  
- kan zon en wind een rol spelen?



Ecologie IJsselmeergebied

ming van algen en slibdeeltjes, waardoor algen sneller bezinken en minder goed beschikbaar zijn.<sup>4</sup> Achter luwte structuren kunnen heldere milieus ontstaan omdat het slib kan bezinken. Ook moet er meer onderzoek worden gedaan of baggeren en het creëren van slibvangputten en eilanden een positief effect heeft op de slibstromen in het Markermeer.

- 1 Rijkswaterstaat en Rijksdienst voor ondernemend Nederland (2017) Preverkenning IJsselmeergebied: Achtergronddocument Preverkenning ecologische kwaliteit IJsselmeergebied
- 2 Rijkswaterstaat (2017) Natura 2000 Beheerplan IJsselmeer-gebied 2017 - 2023
- 3 SWECO (2017) Verkenning ecologische maatregelen Markermeer.
- 4 Deltares (2014) Wetenschappelijk eindadvies ANT-IJsselmeergebied.

#### Initiatieven

- |  |  |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Poort naar de Waddenzee<br/><i>vismigratie, brakwaterzone, aanleggen eilanden en ondieptes</i></li> <li>2 Een stevige en gevarieerde kust<br/><i>meer ondieptes en gradienten in het water, versterken visverbindingen met achterland</i></li> <li>3 Nieuw onderwaterland<br/><i>verzachte van harde grens, aanleg onderwaterstructuren, benutten voeten windmolens, effectieve verbindingen voor vissen naar achterland</i></li> <li>4 Poort naar de rivier<br/><i>versterken relatie IJsselmeer en de rivieren, vispassages</i></li> <li>5 Tot in de haarvaten<br/><i>versterken gradient water naar land</i></li> <li>6 Markerwadden 2050<br/><i>schaalvergroting bestaande plannen, verbeteren vismigratie</i></li> <li>7 Aan twee kanten verbonden<br/><i>verbinden Markermeer en Oostvaardersplassen + Lepelaarsplassen, visverbinding, ondieptes realiseren</i></li> <li>8 Ontwikkelen door beheer<br/><i>realiseren karakteristieke natuurwaarde d.m.v. optimaliseren bestaande inrichting + beheer</i></li> <li>9 Friese kust<br/><i>erosie aanpak + natuurversterking</i></li> <li>10 Workum It Soal<br/><i>erosie aanpak strand + vaargeul</i></li> <li>11 't Minsse Klif + de Hage Grenzen<br/><i>herstel stranden</i></li> <li>12 Baal van Tacozijl<br/><i>natuurverbetering + beleefbaar maken natuurontwikkeling</i></li> <li>13 Noord-Hollandse kust<br/><i>versterken relatie land</i></li> <li>14 Oostvaardersplassen en Lepelaarsplassen<br/><i>baal langs de dijk + vispassages</i></li> <li>15 Markerwadden<br/><i>uitbreiden Markerwadden</i></li> <li>16 Trintelzand<br/><i>uitbreiden Trintelzand, aanleg dam en eventueel verder verandiepen met zandplaten</i></li> <li>17 Afsluitdijk<br/><i>zoet-zoutwatergrens vismigratie</i></li> <li>18 Afsluitdijk<br/><i>Behouden gebied, ontwikkelen tot plasdrasgebied</i></li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>19 Kuststrook Lemmer-Oudemirdum<br/><i>meer natuurlijke dijk, inclusief oever</i></li> <li>20 Rotterdamse hoek<br/><i>vooroeverontwikkeling</i></li> <li>21 IJseleog<br/><i>natuurontwikkeling</i></li> <li>22 Ecolint<br/><i>ontwikkeling bestaande natuurzone</i></li> <li>23 Oksel A27<br/><i>natuurontwikkeling</i></li> <li>24 Blauwe As<br/><i>natuurontwikkeling</i></li> <li>25 IJburg<br/><i>natuurontwikkeling</i></li> <li>26 Enkhuizerzand<br/><i>natuur en recreatie</i></li> <li>27 Medemblik<br/><i>buitendijkse natuurontwikkeling</i></li> <li>28 Wieringerwerf<br/><i>achteroever</i></li> <li>29 Afsluitdijk - Den Oever - Wieringermeerdijk<br/><i>MIRT-verkenning Wieringerhoek</i></li> </ol> |
|--|--|

nr. 1 t/m 8 uit Preverkenning IJsselmeergebied december 2017, Rijkswaterstaat  
nr. 9 t/m 12 uit Versterken Friese IJsselmeerkust (concept) november 2018, Sweco  
nr. 13 t/m 16 uit Eindrapport Verkenning Ecologische Maatregelen Markermeer oktober 2017, Sweco  
nr. 17 t/m 29 uit Energieverkenning IJsselmeergebied september 2017, Posad

#### VERSTORINGSGEVOELIGE GEBIEDEN

Alle vogels hebben naast voedsel behoefte aan voldoende rust. Met name in het broedseizoen zijn vogels erg gevoelig voor verstoring. Verstoring kan optreden door predatoren (vossen), menselijke activiteiten, stormen en onvoldoende beschutting. Geschikte broedgebieden gaan gepaard met voldoende voedselbeschikbaarheid. In onderstaande kaarten zijn gebieden aangegeven waar vogels en andere diersoorten negatieve gevolgen ondervinden van verstoring.

Bij het bepalen van de locatie van zonnepanelen en windmolens op het IJsselmeer moet voorzichtig te werk worden gegaan. De mate van impact van windmolens op het ecosysteem is onderzocht in de MER studie van Windpark Fryslân. In de MER studie van Windpark Fryslân worden de effecten op de ecologie in verschillende fases van de levenscyclus van het windpark beschreven. Versturende effecten tijdens de aanlegfase kunnen zijn geluid, verlichting, slagenergie, slibopwerveling en stikstofemissies door bijvoorbeeld de verkeersdynamiek (scheepvaart), constructiewerkzaamheden en onder-

waterkabels. Dit kan invloed hebben op gedrag, voortplanting en locatie van verschillende diersoorten zoals vleermuizen, vogels, zeehonden en driehoeksmosselen. Na realisatie kunnen vogels gewond raken of sterven door de rotor, mast of het zog van de windturbine. Bij het Windpark Fryslân wordt uitgegaan van ongeveer 25 aanvaringslachtoffers met turbines per jaar. Na realisatie kan ook verstoring optreden door onderhoud aan zonnepanelen of windmolens. Er wordt verwacht dat (trek)vissen geen last ondervinden van het elektromagnetisch en elektrisch veld om de kabels.

Zonnepanelen hebben hoogstwaarschijnlijk invloed op de fysische en ecologische samenstelling in het water. Deze lokale en regionale impact in het IJsselmeer zal nog verder onderzocht moeten worden. Tijdens de aanleg moet rekening worden gehouden met de verkeersdynamiek, onderwaterkabels en constructiewerkzaamheden. Werkzaamheden moeten in de aangegeven gebieden in de kaarten met bijhorende periodes worden vermeden.



**Legenda**

- Grote Natura 2000-gebied
- Geplande jachthavenuitbreiding
- Geboden gebieden
- Geboden gebieden in procedure
- Niet toegankelijk (1 september t/m 15 juni)

**Verstoringgevoelige gebieden**

- April t/m augustus
- Juli t/m augustus en november t/m maart
- Juli t/m maart
- September t/m maart
- Juli t/m augustus
- November t/m maart





# 3. INTEGRALE BOUWSTENEN

### 3. INTEGRALE BOUWSTENEN

In dit hoofdstuk zijn voor de verschillende energie-opwekkingsvormen integrale bouwstenen ontwikkeld. Dit zijn energiebouwstenen, waarin de meekoppelkansen, inpassingsprincipes, locatie-eisen en -waar mogelijk- schaalgrootte zijn meegenomen. De bouwstenen zijn nog schematisch en soms abstract geformuleerd. Verder onderzoek is nodig, vooral op ecologisch en (energie-)technisch gebied, voordat ze verder uitgewerkt en gerealiseerd kunnen worden. De nadruk ligt op voor het IJsselmeer kansrijke energie(opslag)vormen, die op korte termijn toepasbaar zijn, zoals zon, wind en thermische energie uit oppervlakte water (TEO).

#### BOUWSTEEN WIND

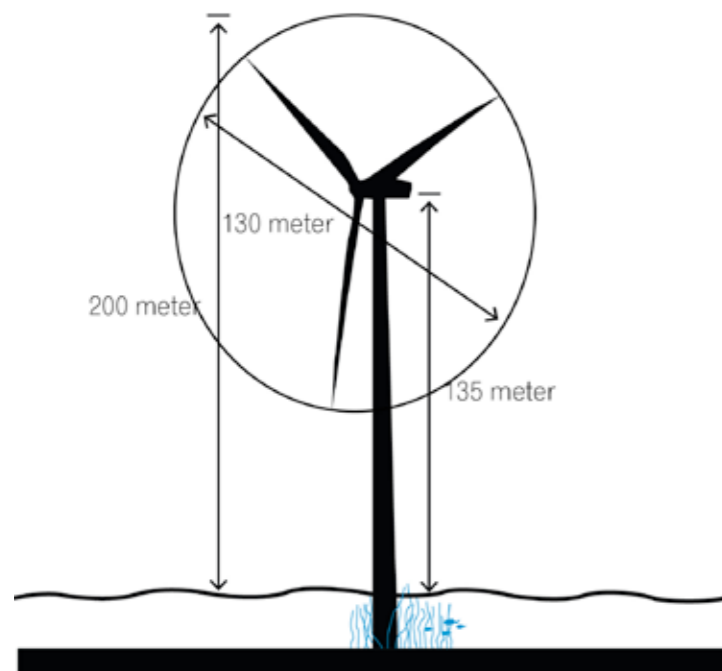
De ruimtelijke impact van windturbines is groot. Windturbines hebben een hoogte van minimaal 100 meter waardoor ze niet alleen 2 dimensionaal plek innemen (rekening houdend met werpafstand van wieken), maar ook vanuit 3 dimensionaal perspectief grote impact op het landschap hebben. Technologische ontwikkelingen gedurende de afgelopen decennia hebben ervoor gezorgd dat moderne windturbines een tiphoogte van ca. 200 meter hebben. Hierdoor zijn windturbines in het vlakke landschap van IJsselmeer en Markermeer al zichtbaar vanaf 20 tot 30 kilometer.

Plaatsing van windturbines heeft dus effect over de gehele landschappelijke ruimte van het IJsselmeergebied met zijn ruimte van 20 tot 50 km tussen de oevers.

Naast de impact op de grotere landschappelijke schaal heeft de plaatsing van grote objecten als windmolens impact op het direct onderliggende landschap. Een groot object in een kleinschalig landschap leidt snel tot miniaturisering van de omgeving en wordt daarom als overheersend en verstorend ervaren; terwijl een groot object in een grootschalig landschap juist de monumentaliteit daarvan kan versterken.

#### MEEKOPPELING ECOLOGIE

-Creëren van habitat aan de voet van de turbine.



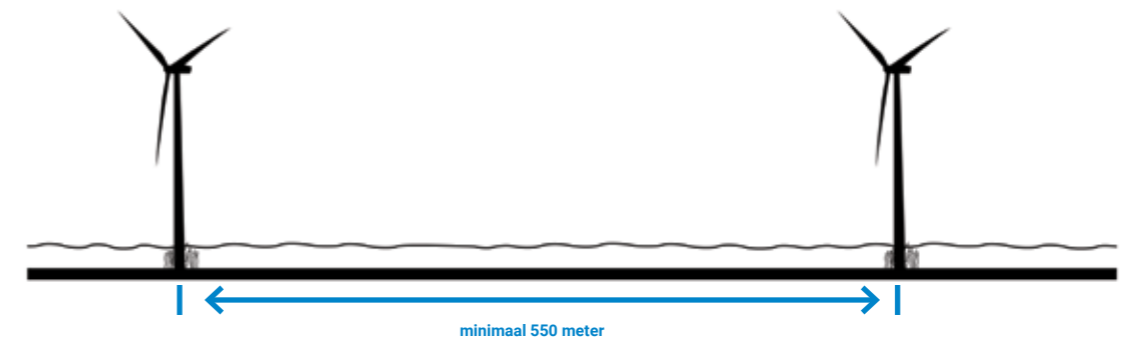
Visuele ruis en onrust dient men te allen tijde te voorkomen; zeker in de context van bewoonde gebieden en waardevolle landschappen. Ook moet men rekening houden met de onrust die windturbines veroorzaken door de wieken en het nachtlucht. Als laatste is het van belang dat er binnen een groep windturbines te allen tijde hetzelfde model en hoogte wordt aangehouden.

#### GROEPERINGEN (LIJNEN, RASTERS, CLUSTERS)

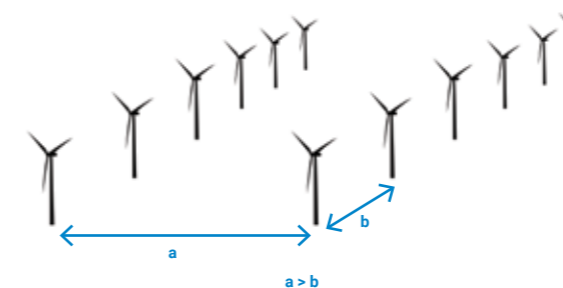
Windturbines die worden voorgesteld in deze verkenning hebben een tiphoogte van 200 meter en een masthoogte van 135 meter. Vanwege energie efficiëntie en rust in het beeld worden windmolens altijd geplaatst in herkenbare, soms telbare, groepen. Dit voorkomt de ruis en rommeligheid van schijnbaar willekeurig geplaatste, individuele windmolens in het landschap.

De makkelijkst toepasbare groepering is de opstelling in lijnen. Het menselijk oog is erop getraind om grote hoeveelheden objecten waar te nemen volgens patronen van lijnen. In een lijnopstelling is de onderlinge afstand tussen de windturbines minimaal 550 meter, waarbij de afstand naar de naastliggende rij groter is. Twee rijen is hierbij het maximum. Vanaf drie rijen worden de rijen onderling minder goed leesbaar; windmolens worden dominant in het beeld, er ontstaat onrust en ruis.

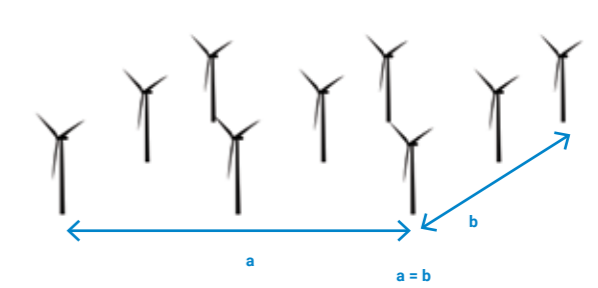
Naast lijnopstellingen kunnen opstellingen voorkomen in leesbare rasters. Een leesbaar raster heeft een beperkte omvang van ongeveer 16 windmolens. De regelmaat van de onderlinge afstanden en de gelijkheid van de molens (hoogte, type) maakt ze als groep herkenbaar. Bij een hoger aantal gaat het overzicht verloren, en is sprake van 'grote clusters'.



Minimale afstand tussen windturbines



Opstelling in rijen



Opstelling in raster

Grote clusters hebben uit energetisch oogpunt het voordeel dat de molens in grote aantallen dicht bij elkaar optimaal gebruik van infrastructuur maken en een goede businesscase vergemakkelijken. In ruimtelijk opzicht vormen de grote clusters een ‘wereld op zich’, als een bos, geheel gedomineerd door de zee van molens. Er heerst ruis: de windmolens zetten zich in alle richtingen voort, op gelijke onderlinge afstanden, met allemaal bewegende wieken en ('s avonds) knipperende lichten.

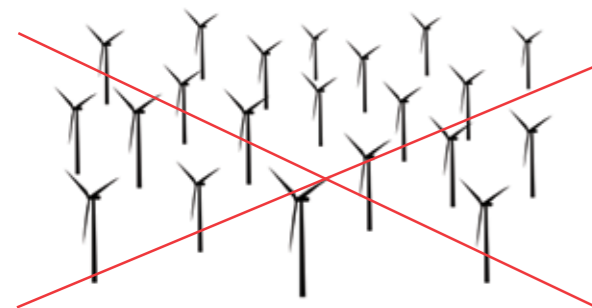
Bij wind op zee is dat geen probleem. Daar wordt het principe van grote clusters zonder veel problemen toegepast. De ondergrond is de grote egale ‘leegte’ van de zee, daar treedt geen conflict mee op. Vanaf meer dan 30 kilometer zijn ze nauwelijks meer zichtbaar of vallen ze weg achter de kromming van de aarde.

Op het moment dat de grote clusters zichtbaar zijn vanaf de kust komt de ruimtelijke kwaliteit in het geding. Dan geldt het criterium van “dominantie”: vanaf kenmerkende gezichtspunten (badplaatsen, strandopgangen) zou binnen een

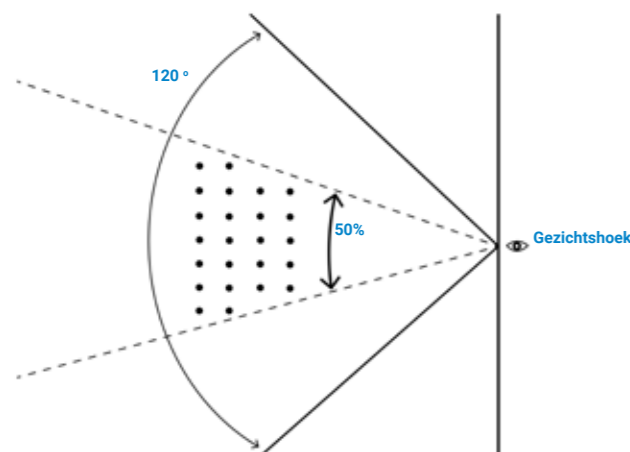
gezichtshoek van 120 graden niet meer dan 50% van de horizon door windmolens in beslag genomen moeten worden.

Bij wind op land is de toepassing van grote clusters (tientallen tot honderden molens) zeer problematisch. Het strakke patroon op grote schaal is niet of nauwelijks te combineren met een relatief kleinschalig ingedeeld landschap. De alomtegenwoordige ruis en overdonderende schaal maakt het onaantrekkelijk om er te wonen.

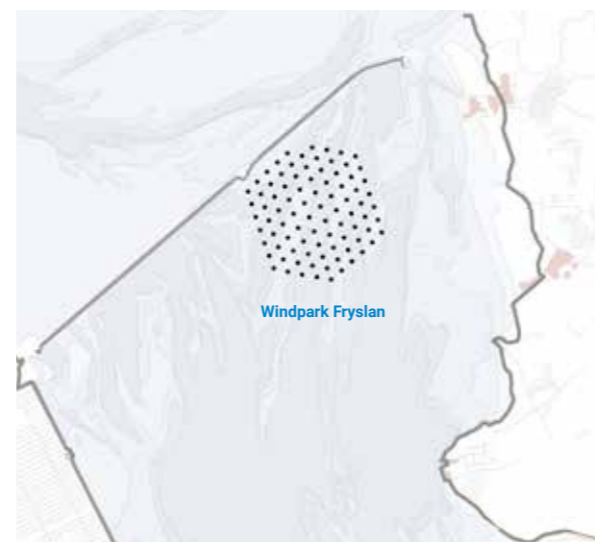
Het IJsselmeergebied ligt daar tussenin. IJsselmeer en Markermeer vormen samen een binnenzee, ingesnoerd door kusten en dammen. Een grote cluster met windmolens zal per definitie vanaf verschillende kusten tegelijkertijd zichtbaar zijn, en een relatief groot deel van het oppervlak innemen. Het windpark Fryslan laat zien welke impact het heeft om een grootschalige cluster toe te passen op een binnenzee. Verderop in deze studie (hoofdstuk 5) wordt onderzocht of dit principe ook op een andere plek in het IJsselmeergebied nog een keer toegepast kan worden.



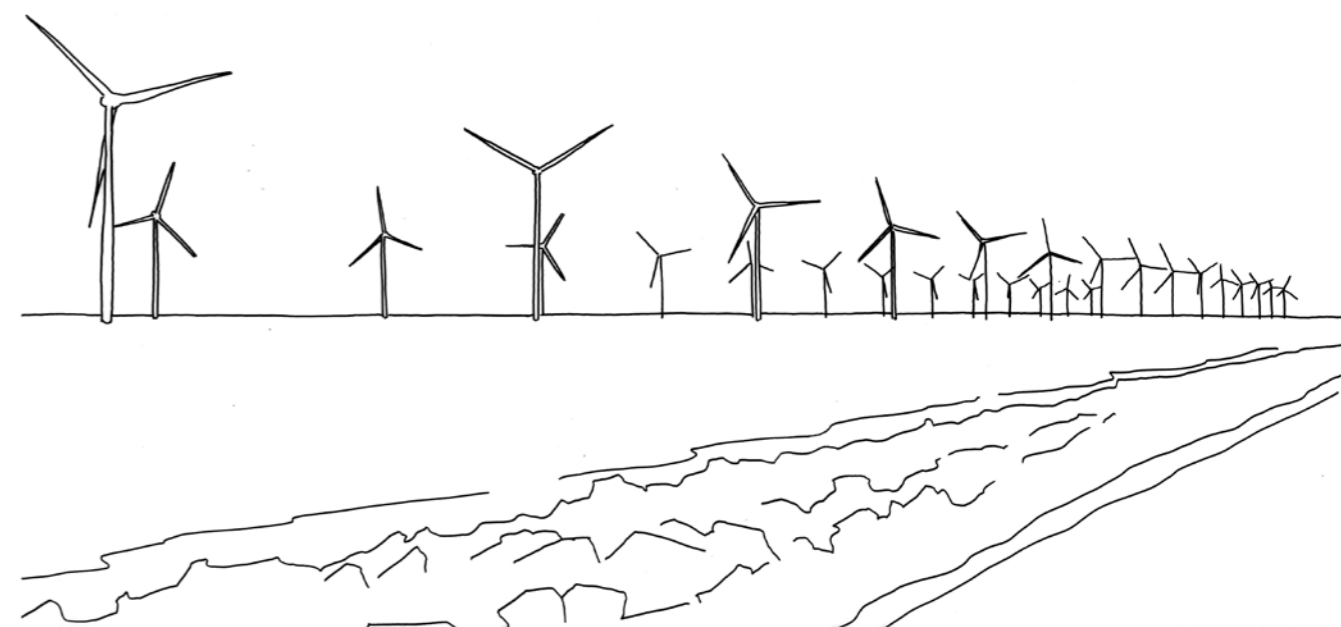
Voorkom ruis



Criterium “dominantie” bij windclusters op zee



Windpark Fryslan als grootschalige cluster



#### Uitgangspunten locatie windmolens

- Uitgangspunten locatie windmolens
- Toepassen aan de strakke kusten.
- Minimaal 550 meter afstand houden tussen de windturbines met een masthoogte van ca 135m..
- Windturbines kunnen worden gecombineerd met zonne-energie (zie bouwsteen wind + zon).
- Voorkeur voor lijnopstellingen, minimaal 400 meter van de kust, maximaal 3 kilometer uit de kust.
- De windmolens moeten buiten de kernzone van de dijk worden geplaatst, de waterkerende werking, het dijklichaam wordt hiermee niet negatief beïnvloed (MER Noordoost Polder).
- Een groep windturbines bestaat altijd uit een zelfde type en hoogte.
- Toepasbaarheid van rasters of grote clusters moet per gebied nader worden onderzocht.

### BOUWSTEEN ZON

De ruimtelijke impact van zonnepanelen is minder dan die van de grote windturbines, met hun enorme driedimensionale effect. Zonnepanelen zijn vooral zichtbaar in het platte vlak; het beïnvloedt het landschap zoals wisselend gewas, of lage kassen dat doen (zoals mais in plaats van grasland, korenvelden in plaats van asperge-teelt). Het glasoppervlak weerkaatst licht, het is verwant aan water. De kleur en de textuur zijn echter minder levendig, de uitstraling is harder en industriëler (denk aan glastuinbouw). Van dichtbij en vanaf een laag standpunt is bovendien het zijaanzicht van de zonnepanelen van groot belang: de zijkant ziet er technisch uit, je kunt eronder kijken, de onderkant ligt

### BOUWSTEEN ZON: ZONNEZANDBANK

Het ontwikkelen van zonnezandbank aan de grillige kust levert drie extra voordelen op:

1. de luwte tussen de zonnezandbank en de kust nodigt kleine pleziervaart uit (MRA)
2. meer waterveiligheid voor het achterland door vermindering van golfslag op de kust
3. de ondiepe oevermilieu's bieden mogelijkheden als leef-, paai-, foerageer- en rustgebied voor vissen en vogels.

Het ondiepe oevermilieu biedt kansen voor water- en moerasplanten, deze bieden structuur en maken in de bodem vastgelegde stoffen beschikbaar voor de voedsel kringloop.

Het onderwater landschap wordt verrijkt door

#### MEEKOPPELING ECOLOGIE

- Zuivering, verheldering water.
- Nutrienten
- Creëren van habitat

#### MEEKOPPELING RECREATIE

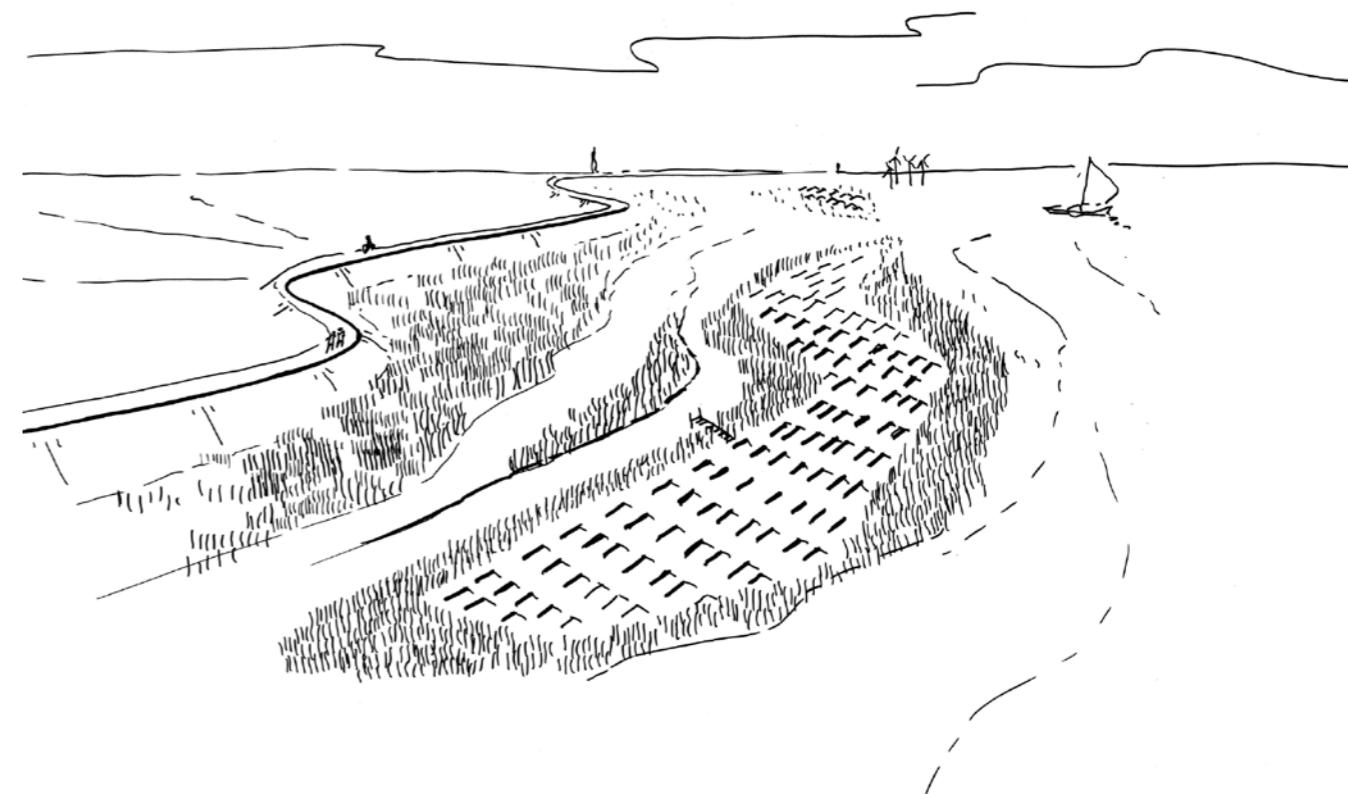
- Aanlegmogelijkheid voor recreatievaart

veelal in de schaduw; bovendien is er vaak afrastering door hekwerken nodig. De inpassing en afzoming van de randen van de velden (met riet, hagen, palenreeksen, steigerwerken e.d.) moet van begin af aan goed worden doordacht en ontworpen. Hetzelfde geldt voor de schaal en omvang van de zonnevelden, de onderbrekingen, de ritmering en de doorzichten. De zonnevelden moeten als het ware worden opgenomen en ingebed in een logische en aantrekkelijke vorm en geleding van het waterlandschap. Daarbij moet worden ingespeeld op de verschillende vormen van het kustlandschap, zoals (o.a.) in de Gouden Regels uit de Gebiedsagenda is aanbevolen.”

een stelsel van geulen voor recreatievaart die door voldoende dieptevrij blijft van waterplanten.

Geconcentreerd kan ruimte worden geboden op de zonnezandbanken voor recreatie, met bijvoorbeeld een aanlegsteiger, wandelpad en uitkijkplaats. Zoneren van het gebruik is belangrijk voor het tegengaan van de verstorende werking van bepaald gebruik op de natuurwaarde.

De schrale grond onder de zonnepanelen, zouden kunnen fungeren als schuil- en broedplekken voor bijvoorbeeld visdiefjes en schoolsters.



#### Uitgangspunten locatie zonnezandbank:

- Uitgangspunten locatie zonnezandbank:
- Toepassen van zonnezandbanken in ondiepe delen (< 3m) aan grillige kusten
- Geen zonnezandbanken in Natura-2000 gebieden met habitatrictlijn of beschermd natuurgebied
- Het baggeren en opspuiten van zand wordt idealiter binnen een straal van 4 km uitgevoerd
- Rekening houden met van zichtlijnen vanuit baaien, havens, steden en dorpen aan de kust
- De zonnezandbanken worden niet gecombineerd met windmolens
- Het maximaal aantal hectare zon op een zonnezandbank is 100 hectare.

### BOUWSTEEN ZON: ZONNE-EILAND

Een zonne-eiland bestaat uit drijvende zonnepanelen die zijn geclusterd tot een drijvend eiland in het IJsselmeergebied. De oppervlakte van het eiland is opgedeeld in kleinere eenheden, waardoor de grote schaal van het cluster terug gebracht wordt tot de maat van het paneel of groep van panelen. Voor het onderwaterleven is zonlicht dat door het water heen schijnt een belangrijke levensvoorwaarde. Tussen de velden met panelen is voldoende open ruimte, zodat licht onder water door kan dringen. Opdeling laat ook toe dat onderhoud gedaan kan worden aan de panelen. Zonne-eilanden worden op een natuurlijke manier afgeschermd van het omliggende wateroppervlak. Dat kan gebeuren door kleine dijken met natuurlijke oevers, of door middel van houten palen die het gebied met zonnepanelen op een duidelijke manier afschermen. Door de grootte van zonne-eilanden van vele hectares worden deze iconisch, een weerspiegeling van het polderland in het water van het IJsselmeergebied.

#### MEEKOPPELING ECOLOGIE

Ecologisch vriendelijke oever voor het zonne-eiland

-Creëren van habitat

#### MEEKOPPELING RECREATIE

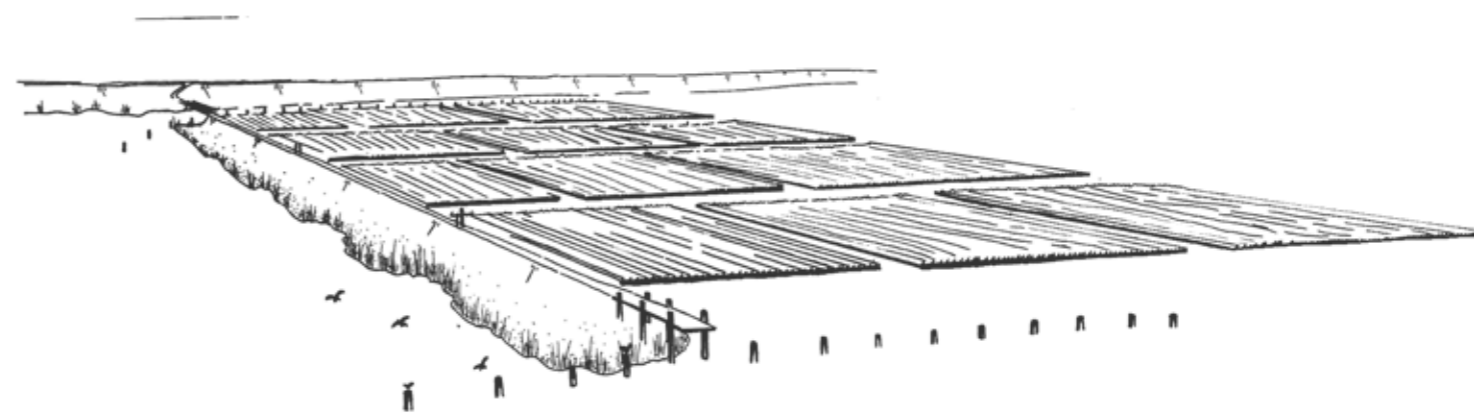
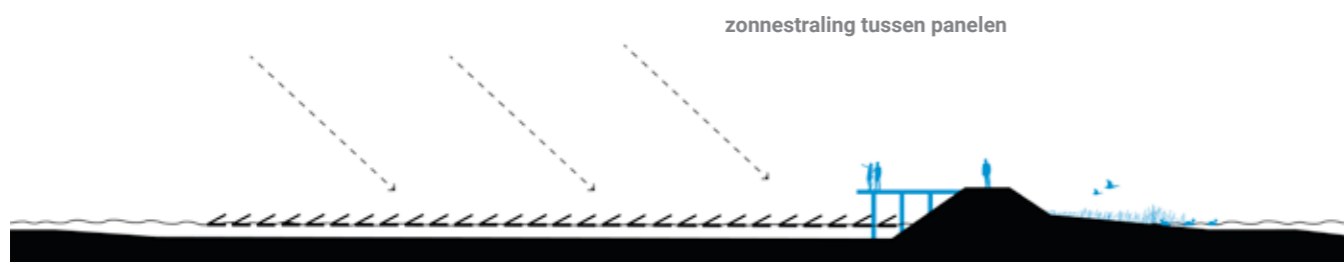
Beleving van grootschalige zonnevlakte in

delta natuur.

-Wandelroute over het eiland

-Uitzichtpunt over het zonne-eiland

-Aanlegplaats voor recreatie



#### Uitgangspunten locatie zonne-eiland:

- Toepassen van zonne-eilanden in diepere delen (>3m) van het IJsselmeer om invloed op ecologisch kwetsbare oeverzones te voorkomen
- Geen zonnepanelen in Natura-2000 gebieden met habitatrictlijn of beschermd natuurgebied
- Rekening houden met recreatie-, watersport- en beroepsvaarroutes
- De zonne-eilanden worden binnen een straal van 6 km (maat controleren) van de kust (of dam) geplaatst.
- De zonne-eilanden liggen minimaal 500 meter van de kust.
- Zonne-eilanden die niet worden gecombineerd met wind-opstellingen zijn tussen de 250 – 500 hectare maar worden niet vaker dan 2 x toegepast op de schaal van het IJsselmeer, zijn recreatief toegankelijk en hebben iconisch karakter.
- De zonnepanelen van het eiland zijn drijvende PV-systemen die gebruik maken van materiaal die zo min mogelijk ruimtelijke impact hebben op de omgeving.
- Het eiland reikt tot maximaal 6 kilometer buiten de kust. Ter bescherming krijgt het drijvende eiland, waar nodig, een dijk. Deze dijk krijgt naast een beschermende functie ook een recreatieve, of ecologische functie.
- De invloed van de zonnepanelen (lichtdoorlating, temperatuur) op het onderwaterleven wordt zo veel mogelijk beperkt.
- Meekoppelkansen op het gebied van ecologie, recreatie en kustbescherming moeten lokaal worden afgewogen en in balans ontwikkeld.

### BOUWSTEEN ZON: REFUGIUM

Een refugium is een drijvend zonne-eiland wat enkele kilometers voor een ondiepe of kwetsbare kust in het IJsselmeer drijft. Een refugium legt de oever van het meer in de luwte en biedt een rustige plek voor het onderwaterleven door het ontbreken van watersportactiviteiten. Positieve effecten van dergelijke constructies zijn onderzocht, maar zullen verder moeten worden onderzocht zoals blijkt uit onderstaande citaten:

*'Mogelijk hebben windparken verschillende positieve effecten op het onderwater-leven. Aan het harde substraat kunnen specifieke soorten zich vestigen zoals mossels, die een sleutelsoort is voor bijvoorbeeld vogels. Ook bieden deze verschuilings-gelegenheid.<sup>1</sup> In windparken zijn visserij, schepen >24 meter en andere bodem beroerde activiteiten verboden.<sup>2</sup> In theorie zouden de windparken kunnen fungeren als refugia en opgroeigebied voor vis, die weer vogels aantrekt. Zo zou een gebied kunnen ontstaan waar makkelijk voedsel te vinden is voor verschillende diersoorten. Onderzocht moet worden of zonnepanelen op water eenzelfde functie kunnen hebben voor het ecosysteem. In de gebieden met zonnepanelen*

#### MEEKOPPELING ECOLOGIE

- Rustplek voor ecologie tussen vaargeulen
- Houdt natuurlijke oevers vrij van zonnepanelen

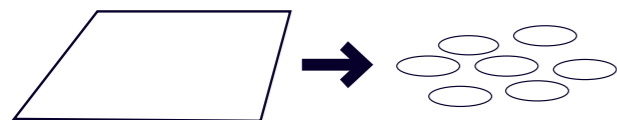
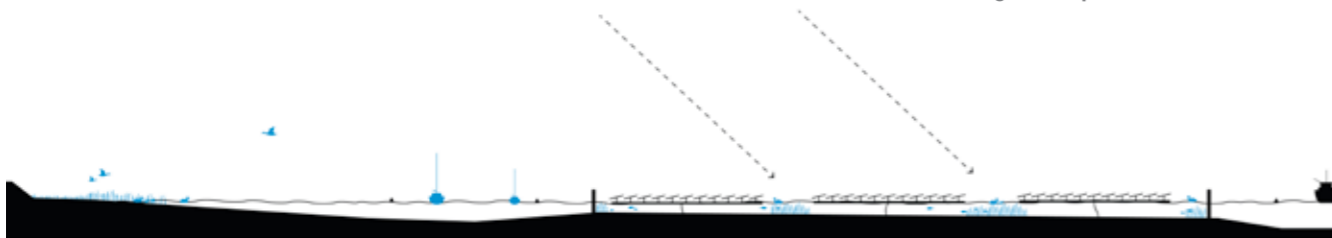
*zijn recreatie-, beroepsvaart en visserij automatisch uitgesloten. De zonnepanelen moeten slim gezoneerd worden op lokale en regionale schaal, zodat (nabij liggende) kwetsbare habitats profiteren. Ook moet het effect op de fysische en ecologische omstandigheden in het water verder worden onderzocht, zodat bepaald kan worden wat de minimale afstand tussen de zonnepanelen zou moeten zijn.'*

Een refugium is opgebouwd uit drijvende zonnepanelen die tussen de zonnepanelen voldoende ruimte laat voor zonlicht om onder het wateroppervlak door te dringen.

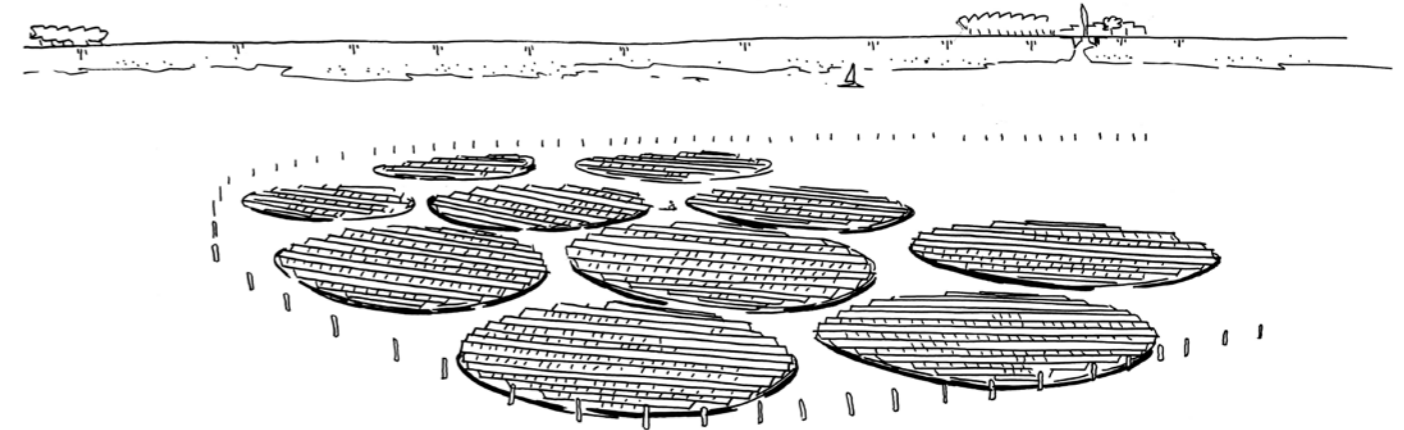
In de schets is het refugium opgebouwd uit ronde schijven met zonnepanelen van ca. 3 hectare. Tussen de schijven is ruimte voor de doorlating van zonlicht en onderhoud. De schijven kunnen meedraaien met de zon om een hogere energieopbrengst te halen. Het refugium heeft een natuurlijke afbakening van houten palen die het park afschermt van de rest van het IJsselmeer.

1. Bailey, H.; Brooks, K.; and Thompson, M. (2014) Assessing environmental impact of offshore wind farms: lessons learned and recommendations for the future.
2. Rijkswaterstaat en Ministerie van Infrastructuur en milieu (2016) planMER

zonnestraling tussen panelen



Immense maat van het zonne-eiland terugbrengen naar een menselijke maat: maximale maat van zonneveld is 3 hectare.



#### Uitgangspunten locatie refugia:

- Toepassen van zonne-eilanden in diepere delen (>3m) van het IJsselmeer om negatieve effecten op ecologisch kwetsbare oeverzones te voorkomen
- Rekening houden met recreatie-, watersport- en beroepsvaarroutes
- De zonne-eilanden worden binnen een straal van 6 km (afstand controleren) van de kust geplaatst o.a. om het centrale deel van het IJsselmeer/Markermeer visueel het meest open is - in het midden en met name in de lengteassen moet het ook voor zeilers vrij doorkruisbaar zijn: de openheid en de vrijheid om onbelemmerd van de ruimte te kunnen genieten horen bij elkaar. Daarom eilanden/clusters met zonnepanelen ('bij voorkeur') niet op grote afstand van de kust midden in het open water leggen. Bovendien zijn zonnepanelen ver van de kust onvoordelig vanwege de benodigde lengte aan leidingen.
- Er dient rekening gehouden te worden met zichtlijnen vanuit steden, uitkijkpunten, stranden en andere recreatieve plekken door middel van het creëren van doorzichten (minimaal 750 m breed) of op afstand plaatsen (minimaal 400 m) van de zonnepanelen.

### BOUWSTEEN WIND + ZON

Clusters van windmolens kunnen worden aangevuld met velden drijvende zonnepanelen zodat de ruimtelijke compositie één geheel wordt. De maat en locatie van de zonnevelden moet zich verhouden tot de plaatsing en de maat van de windturbines.

Koppeling van zon- en windenergie brengt praktische voordelen met zich mee. De benodigde infrastructuur kan voor beide worden gebruikt. Zonnevelden worden gecombineerd met windmolens die dicht langs de kust staan. Om de horizon tussen de windmolens niet te laten dichtslippen met zonnepanelen moet bij plaatsing het uitzicht vanaf de dijk betrokken worden. In het voorbeeld worden de zonnevlaktes tus-

sen de windturbines geplaatst. De windturbines staan minimaal 550 meter uit elkaar. Om te voorkomen dat er vanaf de kust geen vergezicht meer mogelijk is, moeten er ruimtes tussen de windturbines open blijven voor zicht op het water.

Zonnevelden liggen bij voorkeur niet direct tegen de kust aan, om het zicht op het water vanaf het land niet te belemmeren.

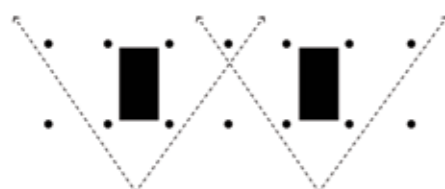
Delen in de zonnevlaktes kunnen plaatsen maken voor aquacultuur. Daarnaast kan er worden nagedacht over een roulerend systeem van aquacultuurvelden en zonnevelden. Hierdoor zal het onderwaterleven nooit permanent bedekt zijn met drijvende PV-systemen.

#### MEEKOPPELING ECOLOGIE

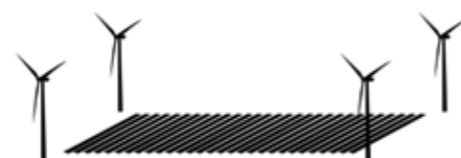
- Creëren van habitat aan de voet van de turbine.

#### MEEKOPPELING AQUACULTUUR

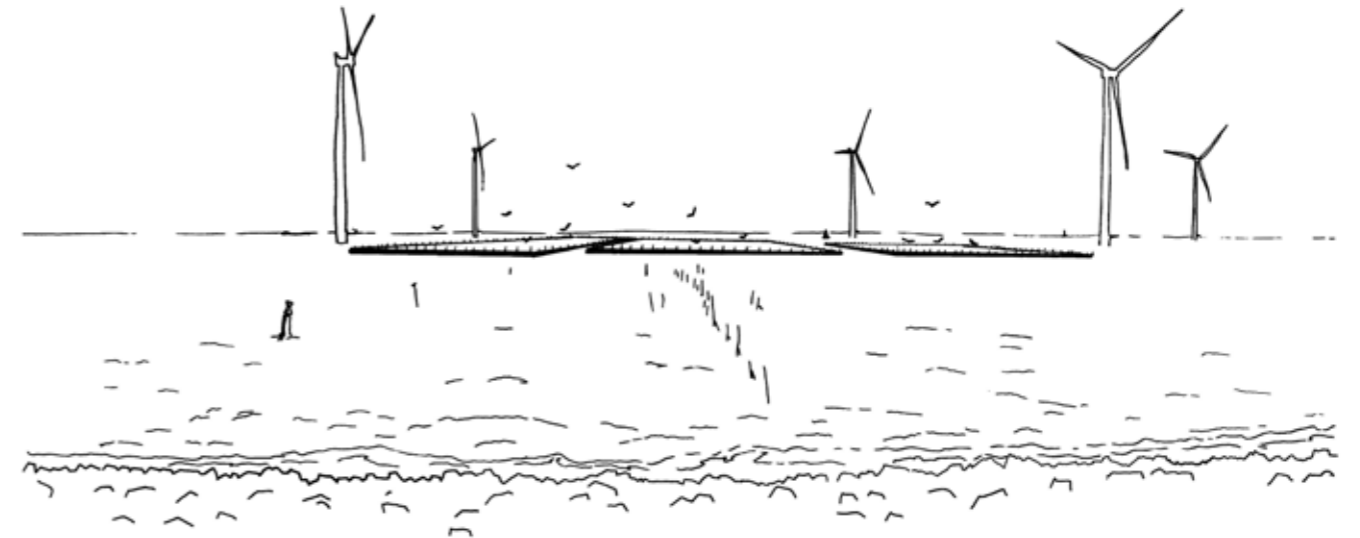
- Delen van de zonnevlaktes gebruiken als ponts voor aquacultuur



Zicht op horizon/ oneindigheid behouden



Aan de strakke kusten wind combineren met zon in geometrische patronen



#### Uitgangspunten locatie wind + zon:

- Afstand tussen windmolen en kust is minimaal 400 m en maximaal 4 km.
- Zonne-eilanden worden gecombineerd met wind-opstellingen.
- De afstand van tussen de zonnevelden is minimaal 2x de breedte van het zonneveld.
- De grootte van de zonne-eilanden is afhankelijk van de wind-opstelling en maximaal 50 ha aaneengesloten.
- De windmolens moeten buiten de kernzone van de dijk worden geplaatst, de waterkerende werking van het dijklichaam wordt hiermee niet negatief beïnvloed (MER Noordoost Polder).
- Meekoppelkansen op het gebied van ecologie, recreatie en kustbescherming moeten lokaal worden afgewogen en in balans ontwikkeld.
- De zonne-eilanden bestaan uit drijvende PV-systemen. Er wordt voor een constructie gekozen die zo min mogelijk afbreuk doet aan de ruimtelijke kwaliteit vanaf verschillende perspectieven. Het type constructie wordt op alle plekken toegepast.
- Eventueel zijn ook vaste systemen denkbaar, mits aan dezelfde ruimtelijke kwaliteitseisen als bovenstaand wordt voldaan (o.a. hoogte) en als onderzoek heeft uitgewezen dat er geen verstoring effect is op onderwater- en bodemleven.

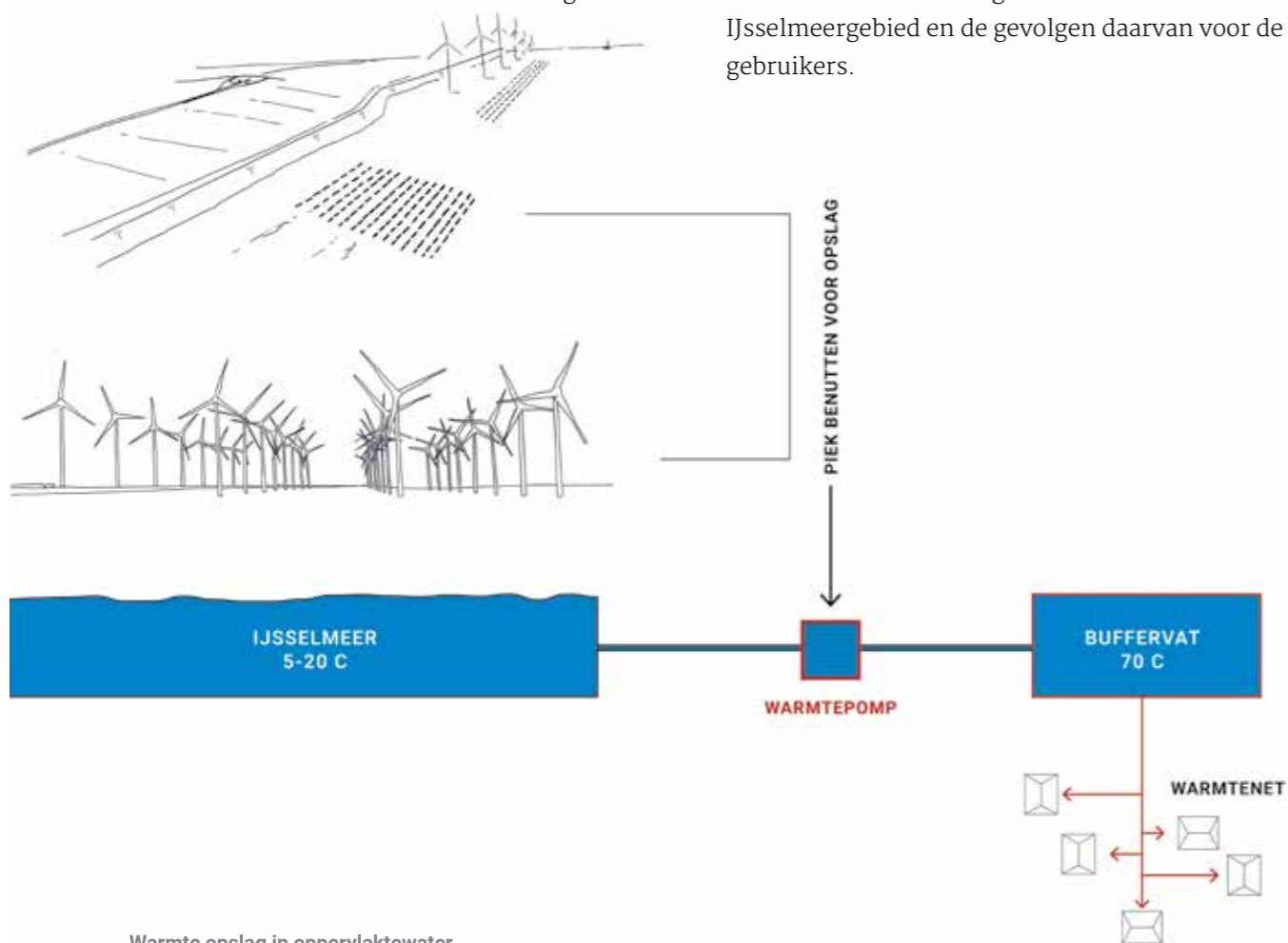
### THERMISCHE ENERGIE UIT OPPERVLAKTEWATER

Het toepassen van TEO is een unieke kans voor het IJsselmeergebied. Het IJsselmeer is een grote bak met water dat in de warme maanden opgewarmd wordt. De temperatuur van het IJsselmeer is op veel plekken aan het einde van de zomer 20 graden Celsius en in de koude maanden gemiddeld 2 tot 3 graden Celsius. Het toepassen van TEO is interessant omdat het al vanaf circa 200 woningen kansrijk is.

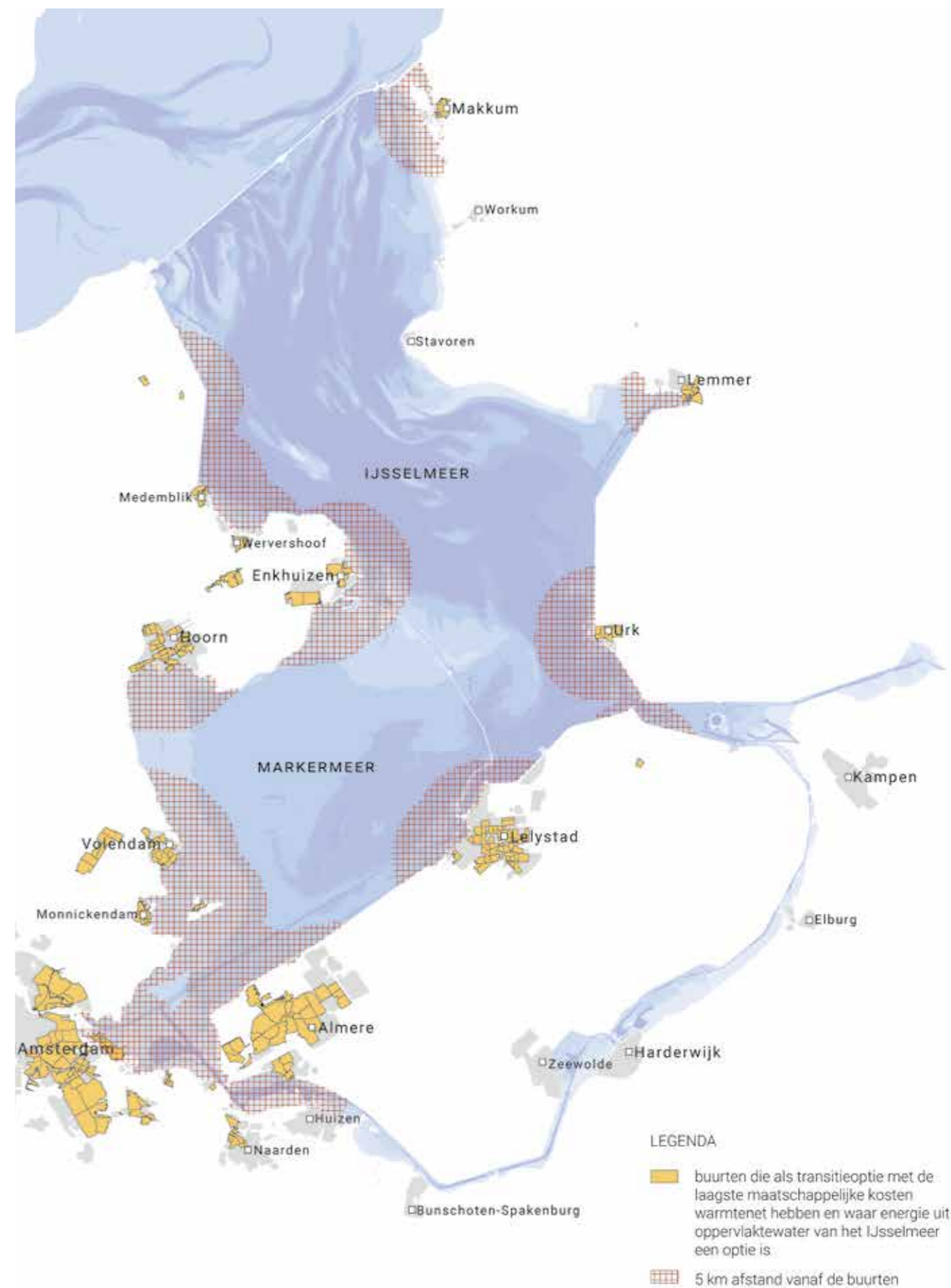
Warmte wordt onttrokken met behulp van een geïsoleerde waterleiding tot een afstand van maximaal 5 kilometer tot de woningen. Dit water komt terecht bij een grote industriële warmtepomp waarmee de temperatuur met elektriciteit verhoogd kan worden tot gewenst niveau, waarschijnlijk in veel gevallen 70 graden Celsius. Deze combinatie van warmte en elektriciteit is waardevol omdat daarmee de pieken van windturbines en zonnepanelen direct bij het IJsselmeer omgezet kunnen worden in warm water. Hiermee wordt deels verzwaaring van het

elektriciteitsnet voorkomen. Dit warme water van 70 graden Celsius wordt opgeslagen in goed geïsoleerde ondergrondse buffers die gekoppeld zijn aan een warmtenet. In de koude maanden gebruiken woningen en bedrijven deze opgeslagen warmtebuffer. De verwachting is dat het efficiënter is om met centrale warmtepompen te werken, zodat onnodig ruimtegebruik in woningen wordt voorkomen en rendementen hoger zijn. Het voordeel is dat dit opslagmedium voor de elektriciteitspiek op warme en winderige dagen continu beschikbaar is.

Deze bouwsteen heeft nauwelijks zichtbare ruimtelijke impact doordat de onderdelen van dit systeem onder de grond geplaatst kunnen worden. De grote warmtepomp heeft een omvang van een kleine zeecontainer. Op basis van de analyse is de potentie van TEO circa 850 tot 6.900 TJ, afhankelijk van de afstand tot woningen respectievelijk 400 meter en 5.000 meter. Wel zal onderzocht moeten worden wat het effect is van deze vorm van warmtewinning op de waterkwaliteit en ecologische kwaliteit van het IJsselmeergebied en de gevolgen daarvan voor de gebruikers.



Warmte opslag in oppervlaktewater



#### LEGENDA

- buurten die als transitieoptie met de laagste maatschappelijke kosten warmtenet hebben en waar energie uit oppervlaktewater van het IJsselmeer een optie is
- 5 km afstand vanaf de buurten

TEO kaart

### (ULTRA)DIEPE GEOTHERMIE

Warmte op een diepte van 3 tot 6 kilometer in de bodem is naar verwachting in de toekomst te gebruiken voor verwarming van woningen en gebouwen. Water op die diepte kan 100 graden Celsius zijn. Voor het IJsselmeergebied is het op dit moment niet als bouwsteen meegenomen. Er is op dit moment veel onzeker rondom geothermie. Er zijn enkele projecten gerealiseerd en landelijk lopen veel onderzoeken om meer ervaring op te bouwen. Door deze onzekerheid is op dit moment onduidelijk op welke schaal geothermie toepasbaar is. Ook is onderzoek nodig naar de ondergrondse effecten van het onttrekken van warmte. Bij het IJsselmeergebied speelt het mogelijke gevaar voor extra veerbraking bij het doorbreken van de bodemlagen een rol. Landelijk is een Green Deal ultradiepe geothermie actief om de meest kansrijke locaties in Nederland te onderzoeken.

Het uitgangspunt in deze verkenning is dat (ultra)diepe geothermie in eerste instantie op land onderzocht en ontwikkeld wordt. Als dat kansrijk is of als er aanleiding voor is kan op termijn het IJsselmeer benut worden. Het ligt technisch voor de hand om op land te beginnen en de nabijheid bij warmtevragers is daarbij cruciaal. Aan het IJsselmeer liggen relatief weinig hoogstedelijke concentraties die nodig zijn voor de toepassing van geothermie. Ook hangt het gebruik van geothermie samen met de ontwikkeling van hoge temperatuur warmtenetten waar geothermie een bron kan zijn. Deze bron kan aangesloten worden nadat een warmtenet gerealiseerd is en gebouwen transitie gereed zijn. De kust van het IJsselmeer is ook geen harde grens, want warmte vloeit op die diepte door de bodem. Onder een smalle geothermie boring wordt op grote diepte kilometers breed warmte onttrokken en dat kan dus ook van onder het IJsselmeer komen.

### BIOMASSA

Biomassa is er in vele vormen. Van het land zijn met name mest en hout interessant voor vergisting tot biogas of verbranding in biomassacentrales of pelletketels. Voor het IJsselmeer is dit niet relevant. Biomassa die wel veel in het IJsselmeer voor komt is fonteinkruid. Dit wordt echter als hinderlijk ervaren voor scheepvaart doordat het in de motoren verstrikt raak. Het verder laten groeien van fonteinkruid is mogelijk, maar dan wel onder controlerende condities. Ook het kweken van zeewier is in de toekomst wellicht mogelijk voor de voedselproductie of energievoorziening. Op dit moment levert de huidige techniek van biomassa echter geen significante bijdrage aan de energievoorziening. Daarom is het geen losse bouwsteen in deze energieverkenning.

### INNOVATIES

#### OPSLAG

Bij de bouwsteen TEO is slechts één vorm van opslag beschreven; met behulp van warmwaterbuffers in combinatie met warmtepompen. Er zijn ook andere vormen van opslag. Naast de opslag van elektriciteit in de bekende vorm van accu's, zijn er ook vormen van opslag van hoogwaardige warmte. Met Phase Change Materials (PCM) wordt warmte opgeslagen door fase veranderingen. Dit kan waarschijnlijk al 3 tot 4 maal compacter dan water. Deze techniek is op dit moment marktrijp. Ook is thermochemische opslag mogelijk, denk aan zouthydraten. Hiermee kan warmte 5 tot 10 maal compacter opgeslagen worden dan in water. Deze ontwikkeling heeft naar verwachting nog 5 tot 10 jaar nodig tot markt betreding. Ook waterstof is geschikt als opslagmedium. Op dit moment gaat bij de omzetting nog circa 40% energie verloren. De verwachting is dat dit in de toekomst minder wordt.

#### OSMOSE (BLUE ENERGY)

Bij de Afsluitdijk is sinds 2014 een pilotlocatie voor osmose energie van de Universiteit Twente actief. Bij osmose komt warmte vrij doordat zoet en zout water wordt gemengd en er ladingsverschil ontstaat. Uit eerder onderzoek leken 2 locaties in Nederland kansrijk voor osmose; de Afsluitdijk en uitmonding van de Rijn bij Katwijk. Op dit moment wordt er nog relatief weinig energie uit osmose processen gehaald. Dat heeft te maken met benodigde innovaties rondom de membranen die toegepast worden. Het is onzeker wanneer dit gaat gebeuren. De verwachting is dat we de komende 5 tot 10 jaar geen opschaaling gaan meemaken. Wellicht komt de techniek daarna tot een doorbraak. IJsselmeer/Waddenzee lijkt op basis van de pilot niet de meest geschikte locatie voor Blue Energy.

### GETIJDENERGIE/ WATERKRACHT

Water heeft grote kracht en kan veel energie opwekken. Het is een eeuwenoude en bewezen methode. In Schotland is een drijvende installatie van 6 MW actief. Een succesvolle toepassing van een vaste waterkrachtcentrale is te zien bij La Rance in Frankrijk. Hier wordt 184 miljoen m<sup>3</sup> water verplaatst met een hoogteverschil van 8 meter. Dit levert met de tientallen turbines die daar liggen ruim 2 PJ per jaar op. Er is dus een praktische toepassing mogelijk, in ieder geval bij vaste waterkracht centrales. Drijvende installaties voor getijden en golfenergie zijn nog sterk in ontwikkeling. Het is wel sterk locatie afhankelijk. Het IJsselmeer heeft als meer niet direct te maken met getijden van zoutwater. Het is juist een zoetwater buffer met de uitmonding van rivieren een cruciale rol heeft. Wel is er een maximale fluctuatie van de waterstand van 70 centimeter. Dit is geen continue stroom van water. Ook vanwege het beperkte hoogteverschil lijkt dit niet kansrijk voor het IJsselmeer. Dit kan nader onderzocht worden.

#### OPSLAG MET VALMEREN

Al sinds de jaren 70 wordt gesproken over het opslaan van energie door water omhoog te pompen en daarna via waterkracht turbines weer te laten afstromen. Zogeheten valmeren zijn echter nooit grootschalig in de praktijk toegepast. Ook lijkt het niet heel relevant voor de energietransitie omdat de pieken van windturbines en zonneparken beter ingezet kunnen worden voor de productie en opslag van warmte. Dit kan zoals beschreven bij de bouwsteen TEO of door de productie van waterstof die vervolgens in hoogwaardige toepassingen wordt gebruikt.

# 4. RUIMTELIJKE PRINCIPES

## 4. RUIMTELIJKE PRINCIPES

Naast de bouwstenen, die op verschillende plekken in het IJsselmeergebied gesitueerd kunnen worden, is er behoefte om spelregels op te stellen voor het IJsselmeergebied als geheel. Vooral voor de opstelling van windturbines, die grote impact hebben op de beleving van de ruimte in het IJsselmeergebied, is het belangrijk dit in samenhang te bekijken. Dit heeft geleid tot een aantal ruimtelijke principes, ontwerpregels op schaal van het IJsselmeergebied, die gebaseerd zijn op de Gouden Regels, maar gezien vanuit het energievraagstuk. Integrale bouwstenen en ruimtelijke principes bieden tezamen het kader voor behoud en versterking van de ruimtelijke kwaliteit.

### RUIMTELIJKE PRINCIPES WIND

#### 1. STRAKKE EN GRILLIGE KUSTEN

Plaats bij voorkeur windmolens/parken aan of in de grootschalige geometrische landschappen met de strakke kusten.

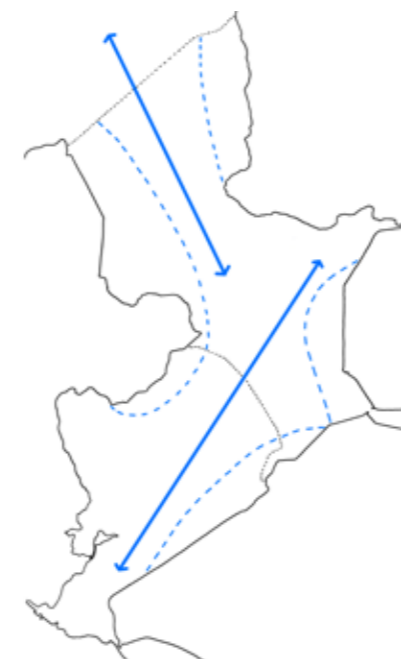
Plaats geen windmolens/parken aan of in de kleinschalige historische landschappen met grillige kusten.



#### 2. HOUDT DE LENGTE-ASSEN OPEN

Houdt de lengte-assen van het Markermeer en het IJsselmeer open;

Plaats geen windmolens in de dwarsrichting zoals langs de Afsluitdijk of de Houtribdijk.



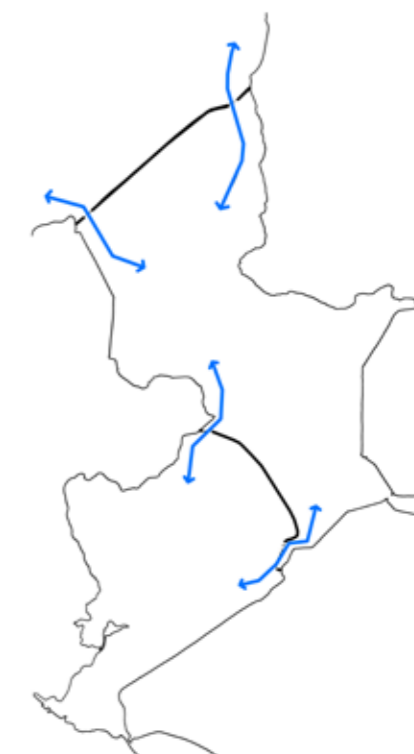
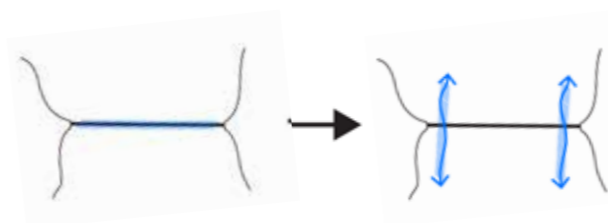
#### 3. CONCENTRATIE BIJ GROTE WATERWERKEN

Koppel de windmolens bij voorkeur aan grote waterwerken (schut- en uitwateringssluizen, bruggen), die toch al de menselijke ingrepen in de waterwereld illustreren.



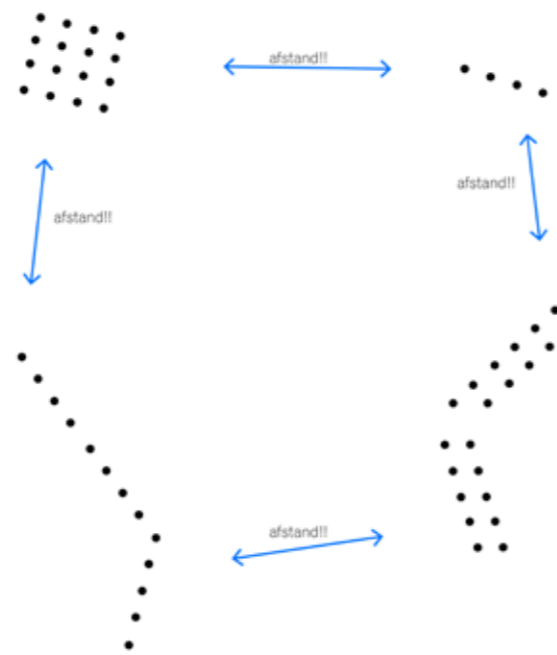
#### 4. DOORSTROMING BENADRUKKEN

Accentueer met de windmolens de lijnen en stroompatronen van het onderliggende deltalandschap, in plaats van de lijnen van afsluiting en opdeling.



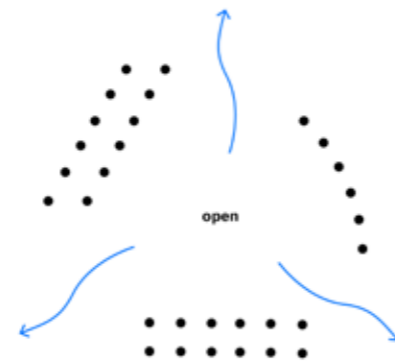
### 5. VOORKOM INTERFERENTIE

Voorkom zoveel mogelijk interferentie van de verschillende grootschalige groepen of lijnen. Zorg voor grote afstanden tussen verschillende clusters.



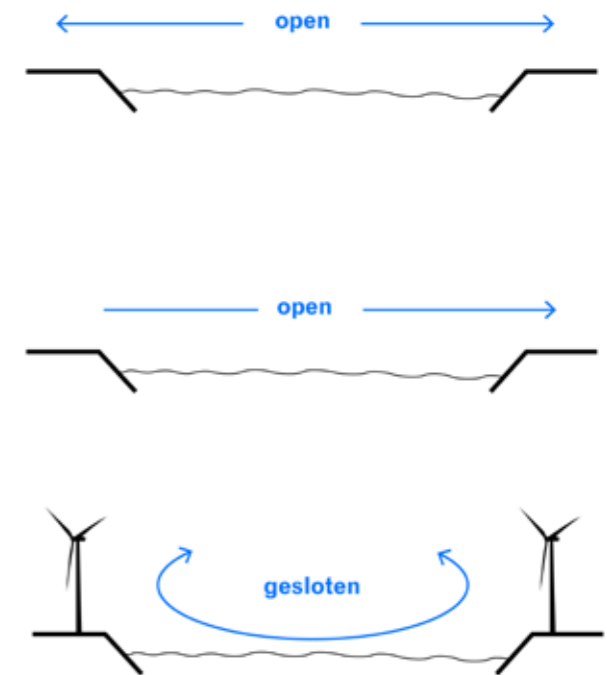
### 6. VOORKOM GESLOTEN VORMEN

Voorkom 'gesloten vormen' of ingesloten gebieden (hek of omheiningseffect). Maak lijnopstellingen liefst recht en met open einde, vermijdt knikken of kronkels.



### 7. A-SYMMETRISCHE OPSTELLING

Plaats windmolens langs het water bij voorkeur in een asymmetrische opstelling; plaats geen windmolens op direct tegenover elkaar liggende oevers (vanwege schaalverkleining van het watervlak).



### 8. SUBSTANTIËLE HOEVEELHEDEN

Windmolens moeten worden geplaatst in substantiële hoeveelheden. Kleine groepen hebben navenant veel ruimtelijke impact in vergelijking met de hoeveelheid energie opwekking. Bij voorkeur een concentratie van minimaal 6 windturbines, in plaats van een willekeurige verspreiding van individuele molens door het landschap.



### 9. LEESBARE OPSTELLINGEN

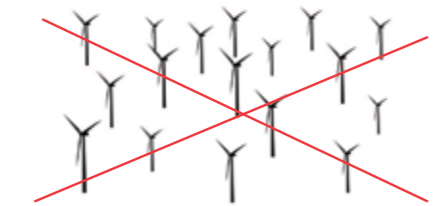
Plaats windmolens in leesbare, herkenbare groepen, bij voorkeur in enkelvoudige lijnopstellingen, gerelateerd aan andere lijnen en grote maten in het landschap. Bij dubbele lijnopstellingen moeten de lijnen ruime afstand van elkaar houden. Drievoudige lijnopstellingen moeten worden vermeden, ze creëren teveel visuele onrust en ruis.



Opstelling in rijen



Opstelling in raster



Voorkom ruis

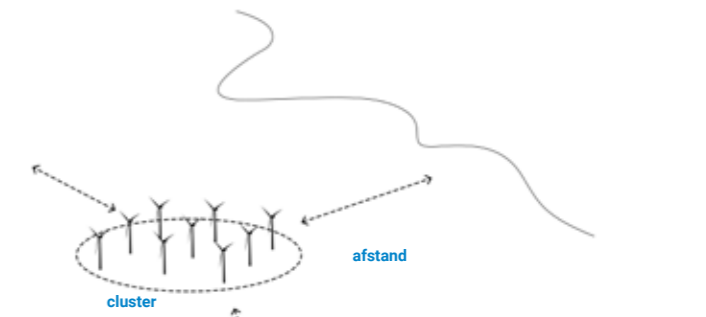
### 10. CLUSTERS: LOS, OP AFSTAND, MAATWERK

Opstellingen in rasters of clusters moeten beperkt van omvang blijven, en duidelijk alzijdig los in de ruimte liggen, om dominantie, onrust en ruis te vermijden.

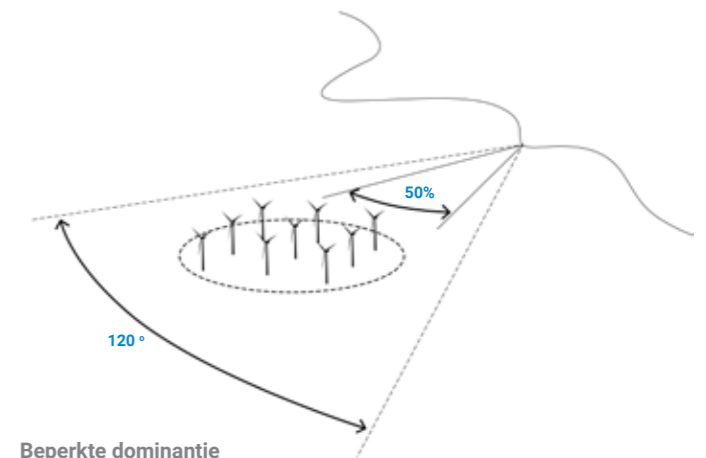
Grote clusters, vergelijkbaar met windpark Fryslan zijn alleen toepasbaar op groot open water; ze zijn niet goed toepasbaar in de context van bewoonde en/of aantrekkelijke landschappen. Eventuele toepassing moet worden getoetst aan de ruimtelijke principes:

- Houdt voldoende afstand tot de dichtstbijzijnde kust
- Ze mogen vanuit de kust niet het zicht op de complete horizon domineren (criterium 'dominantie')
- Ze moeten de openheid in het midden (rondom de lengte-assen) respecteren
- Bij voorkeur a-symmetrische ligging, niet 'plompverloren in het midden' (dan worden alle omringende maten 'even klein').

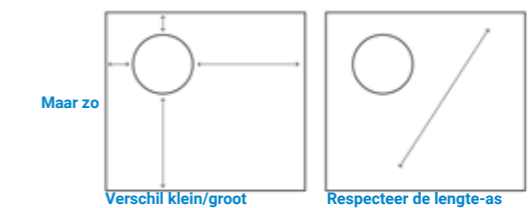
Bovendien moet rekening worden gehouden met het effect op het IJsselmeergebied als geheel. Voorkomen moet worden dat alle delen (IJsselmeer, Markermeer, oude en nieuwe kusten) 'teveel op elkaar gaan lijken'. Maatwerk is dus nodig. Zie hiervoor ook hoofdstuk 5.6.



Afstand tot kust



Beperkte dominantie



A-symmetrie en openheid

## RUIMTELIJKE PRINCIPES ZON

### 1. GRILLIGE KUSTEN

Verschijsing van zonnevlaktes gaan op in het landschap. Gelegen aan de grillige kusten in ondiep water. De zonnevlaktes hebben interferentie met het grillige en kleinschalige karakter van de kusten.



Grillige kust - Noord-Holland

### 2. STRAKKE KUSTEN

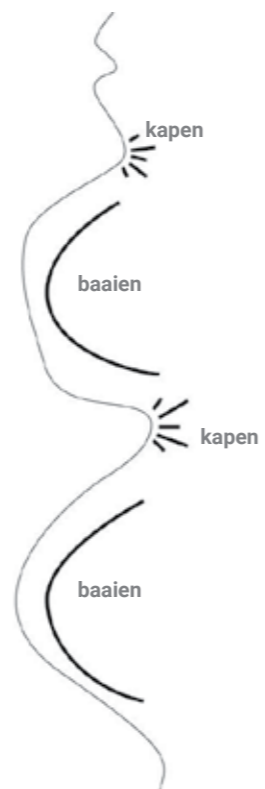
Zonnevlaktes leveren een nieuw element op in het landschap. Ze zijn architecturaal in hun verschijsing en hebben interferentie met de windturbines. Ze zijn gelegen in diepere wateren langs de strakke kusten.



Strakke kust - Noordoostpolder

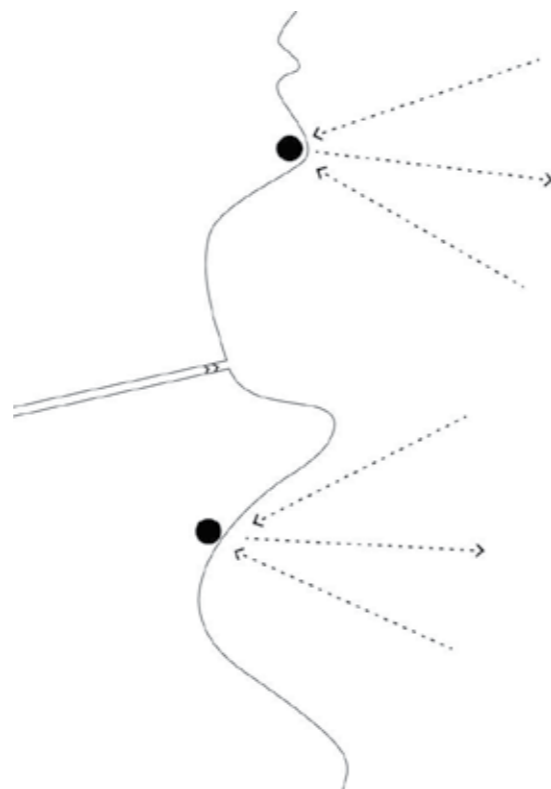
### 3. BAAIEN

Houd bij situering van zonnevlaktes rekening met de opeenvolging van baaien en kapen.



### 4. ZICHTLIJNEN ACHTERLAND

Houd rekening met de zichtlijnen naar het achterland en vice versa.



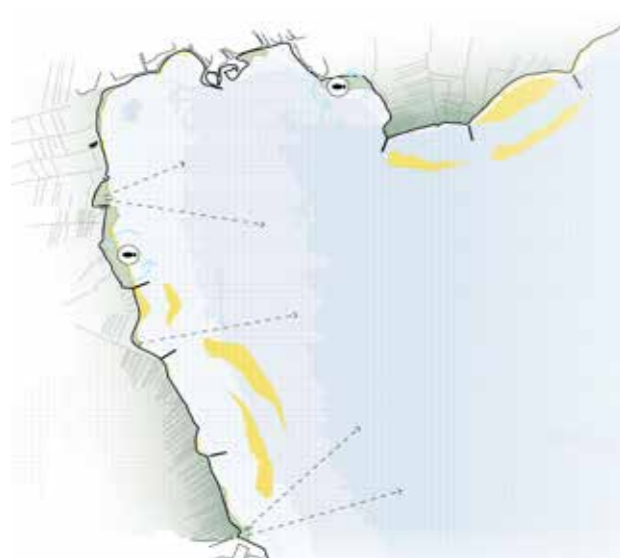
# 5. GEBIEDSGERICHTE COMBINATIES

## 5. GEBIEDSGERICHTE COMBINATIES

Om een illustratie te geven hoe de integrale bouwstenen toegepast kunnen worden in het IJsselmeergebied als rekening wordt gehouden met de ruimtelijke principes, zijn de 'gebiedsgerichte combinaties' ontwikkeld. Deze 'voorbeelduitwerkingen' laten zien waar en hoe de bouwstenen kunnen 'landen' en welke kwaliteit dit voor het IJsselmeer kan opleveren. De gebiedsgerichte combinaties zijn bedoeld ter illustratie en zouden ook toegepast kunnen worden op andere locaties met dezelfde omgevingskenmerken en -kwaliteiten.

### 1. GRILLIGE KUST (OUDE LAND)

Een groot deel van de kusten aan het IJsselmeer en Markermeer bestaat uit ontgonnen veengebieden. Mensen zijn omstreeks de 8e eeuw begonnen het veen te draineren met sloten, waardoor het mogelijk was er te boeren en te wonen. Dit is terug te zien aan de lange en smalle strokenverkaveling. Wel begon hierdoor het veen te dalen, zo ontstonden er steeds meer problemen het water buiten te houden. Daarom werden er dijken aangelegd. Dat dit niet altijd succesvol was bleek uit de hoeveelheid dijkdoorbraken, die te herkennen zijn aan de 'wielen'. Hierdoor ontstond een grillige kust, waar de dijk meerdere keren verlegd is. Vandaag worden de kusten gekarakteriseerd door middeleeuwse steden, strandjes en havens waardoor het zich goed leent voor de pleziervaart.



Langs deze relatief kleinschalige kusten wordt voorgesteld geen grote windmolens of windmolenparken te plaatsen. De energietransitie richt zich hier op de toepassing van zonne-energie, die in het horizontale vlak goed inpasbaar is in het kleinschalige landschap.

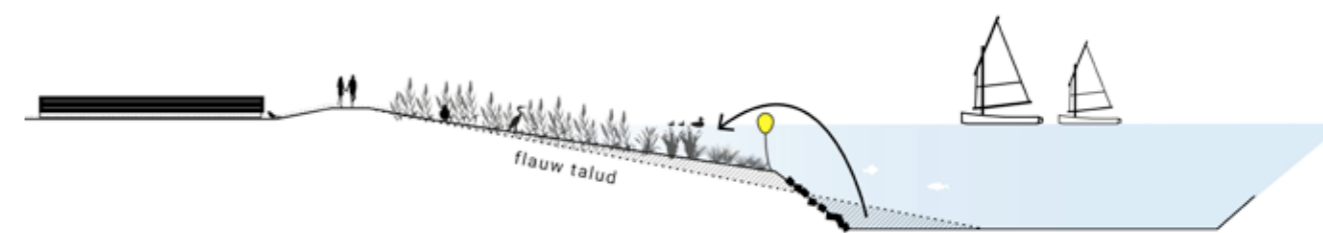
#### ZONNEZANDBANKEN

In de Noord-Hollandse kust en de randmeren bevinden zich ondiepe delen. Hier kan een gevarieerder onderwaterlandschap direct profijt leveren voor de ecologie en recreatie. Zoals op p.38 beschreven levert de zonnezandbank voordelen op voor recreatieve routes, waterveiligheid en paai, foerageer en rustgebieden voor vogels en vissen. Er moet goed onderzocht worden hoe deze functies in balans ontwikkeld kunnen worden.

Om een illustratie te geven hoe de integrale bouwstenen toegepast kunnen worden in het IJsselmeergebied als rekening wordt gehouden met de ruimtelijke principes, zijn de 'gebiedsgerichte combinaties' ontwikkeld. Deze 'voorbeelduitwerkingen' laten zien waar en hoe de bouwstenen kunnen 'landen' en welke kwaliteit dit voor het IJsselmeer kan opleveren. De gebiedsgerichte combinaties zijn bedoeld ter illustratie en zouden ook toegepast kunnen worden op andere locaties met dezelfde omgevingskenmerken en -kwaliteiten.



Principe schets vooroever met zonnezandbank



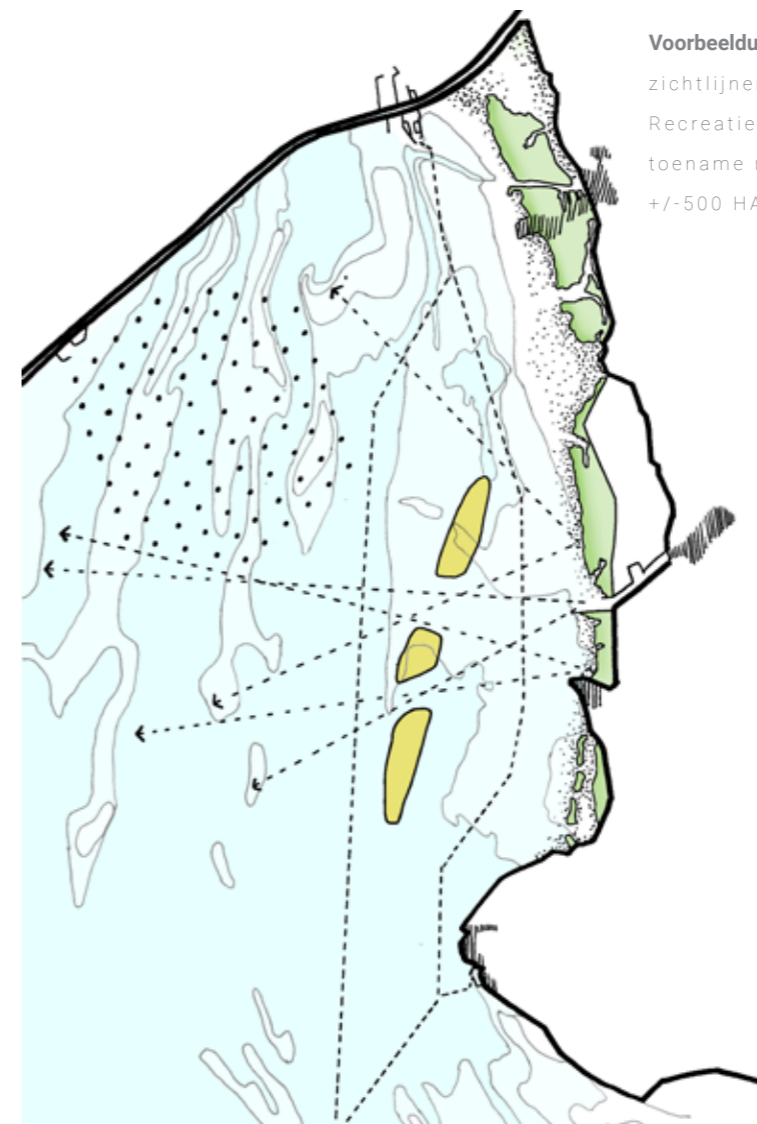
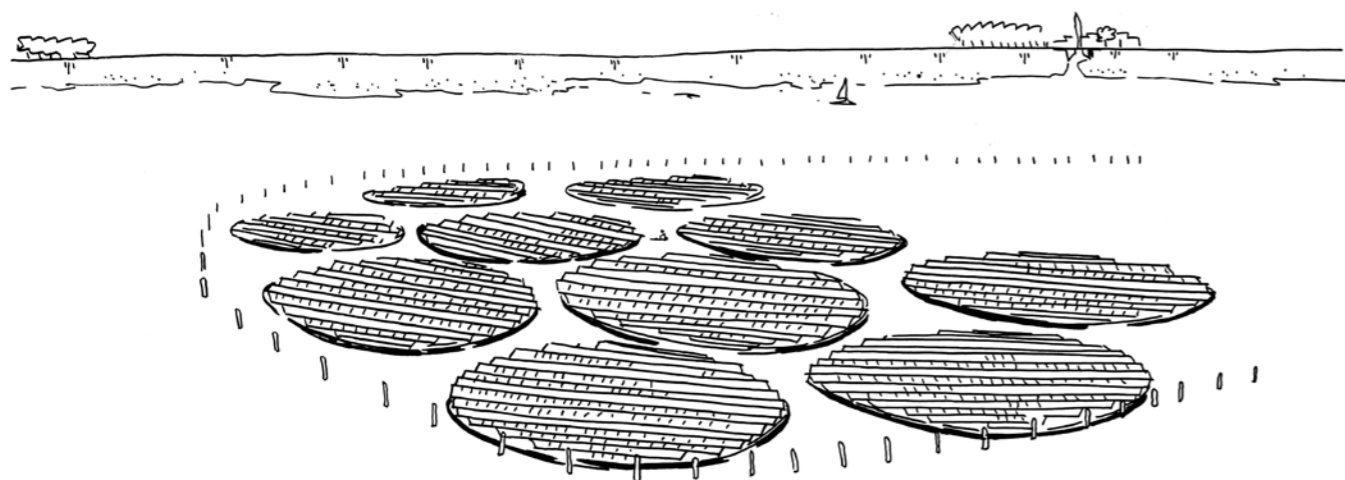
Principe doorsnede zonnezandbank

**REFUGIA**

De Makkumerwaard, Workummerwaard en stoenkherne zijn unieke en dynamische natuurgebieden aan de Friese kust. Deze buitendijkse natuurgebieden fungeren als vooroever en leveren een bijdrage aan de bescherming van de Friese kust. De natuurgebieden herbergen unieke soorten vogels en vissen.

Voor kwetsbare kusten als deze met diepe wateren kunnen zonne-eilanden zorgen voor luwte en hierdoor de kust extra beschermen. Een zonne-eiland bestaat uit drijvende zonnepanelen die op een natuurlijke wijze worden afgeschermd van het open water, bijvoorbeeld door houten palen. De positionering van de eilanden is dus-

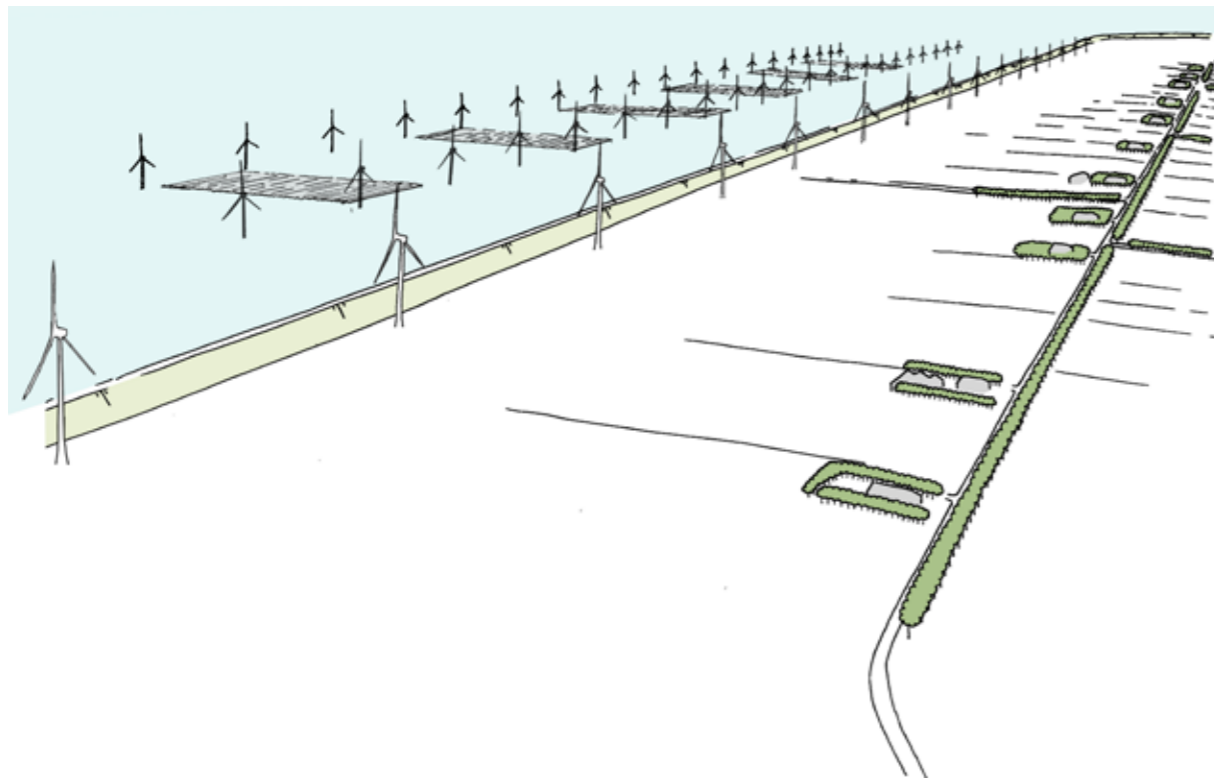
danig dat vaarroutes en belangrijke zichtlijnen worden gerespecteerd. Het zicht vanaf of op bestaande steden en dorpen wordt gevrijwaard. De zonne-eilanden hebben afmetingen van maximaal 200 ha. Op de plekken waar de refugia liggen kunnen geen boten varen. Hierdoor ontstaat een betrekkelijke rust die een gunstig effect kan hebben op de onderwaterwereld. Er is nog weinig onderzoek gedaan over mogelijke impact op ecosystemen door zonnepanelen op water. Er moet nader onderzocht worden hoe rekening te houden met lichtinval, temperatuur van het water, beheer en andere activiteiten om versterking te beperken.

**Voorbeelduitwerking: Friese kust**

zichtlijnen vanaf Hindeloopen en Workum  
Recreatieve routes tussen de rustgebieden door  
toename natuurwaarde (Rustgebieden)  
+/-500 HA zonnepanelen

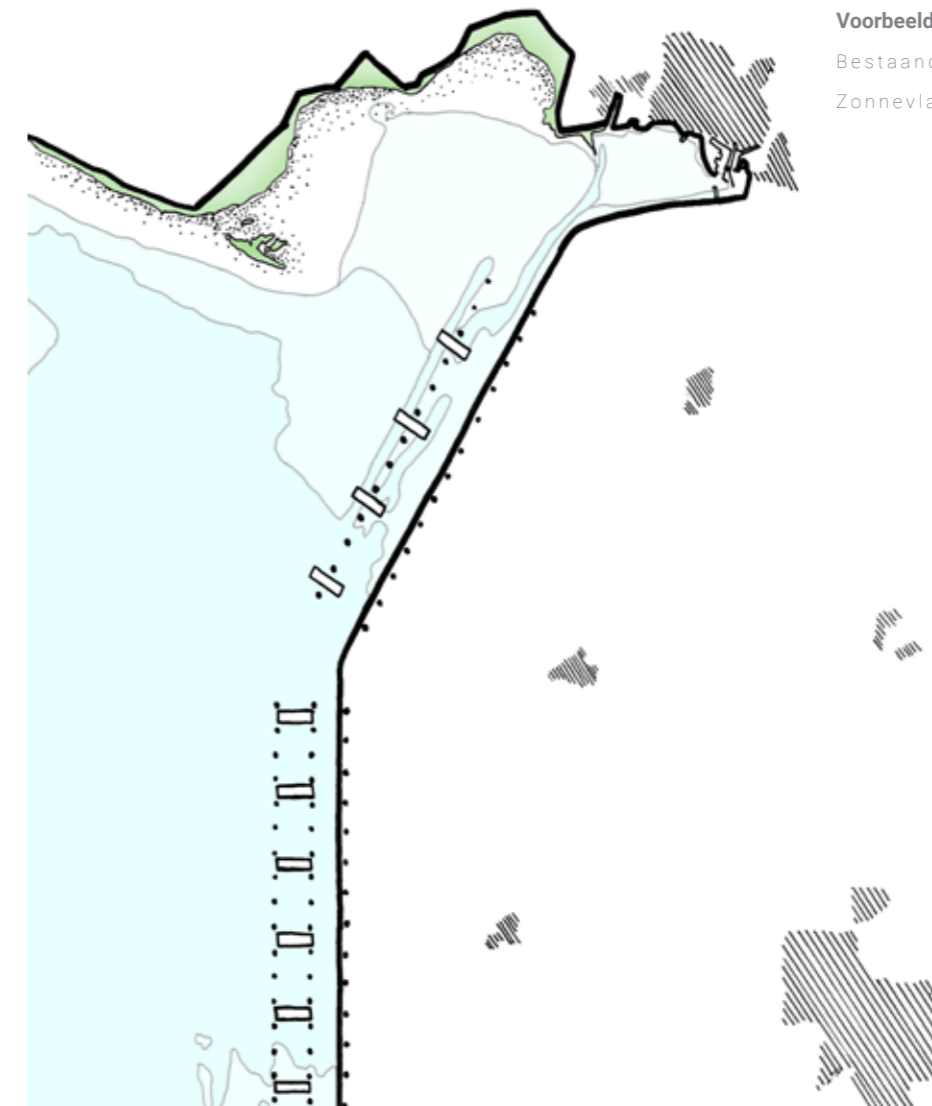
## 2. STRAKKE KUSTEN (NIEUW LAND)

Na de grote overstroming van 1916 is besloten de Zuiderzee af te sluiten en gedeelten in te polderen. Zo ontstond de Afsluitdijk (1927), de Wieringermeerpolder (1927), de Noordoostpolder (1937), Oostelijk Flevoland (1950) en de Flevopolder (1959). De Houtribdijk (1976) werd aangelegd om het Markermeer ook in te polderen, maar dit is nooit gebeurd. Deze kusten karakteriseren zich door strakke dijken met aan de ene kant diep water en aan de landzijde grote blokkavels voor akkerbouw. Op het nieuwe land zijn langs de kusten de steden Almere en Lelystad gebouwd en is ruimte gelaten voor natuurgebied de Oostvaardersplassen. Langs deze kusten met diep water is op zorgvuldig gekozen plaatsen ruimte voor windturbines.



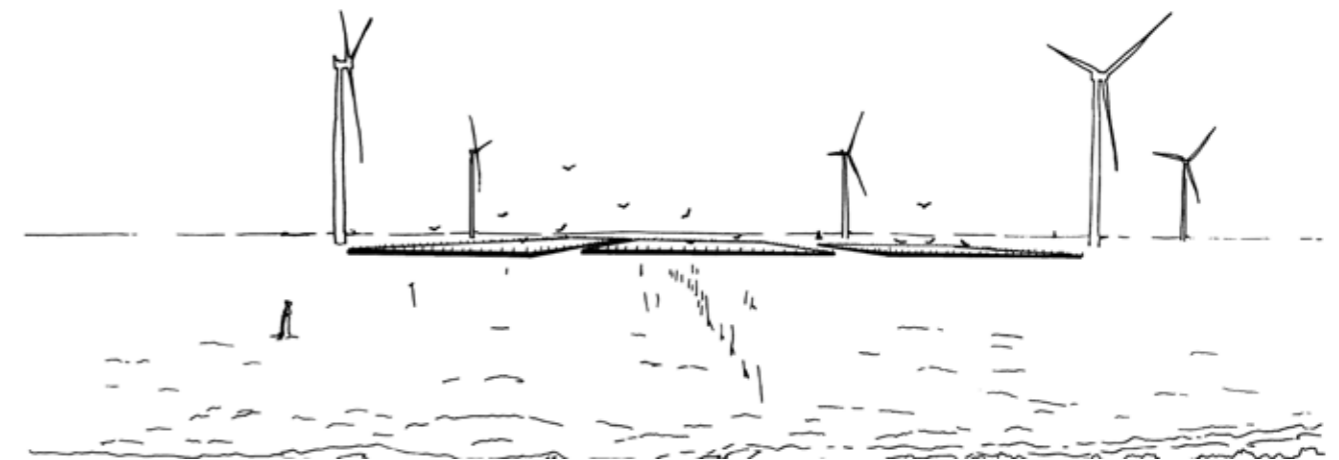
### NOORDOOSTPOLDER

Langs de westelijke randen van de Noordoostpolder zijn reeds grote opstellingen van windturbines gerealiseerd. Deze verhouden zich in principe goed tot de grootschaligheid van het landschap. Deze windturbines kunnen worden gecombineerd met grootschalige drijvende zonnepanelen. Groot voordeel is dat de infrastructuur voor transport eerder rendabel is om aan te leggen. Wind en zonne-energie hebben daarnaast een zekere complementariteit die gunstig is voor een meer constante stroom aan energie. Ruimtelijk moeten de aan te leggen zonnevelden aansluiten bij de opstelling van windmolens en waar nodig, bij de molens langs de kust, zichten op de horizon enigszins openhouden. De impact van drijvende zonneparken moet hiervoor nader worden bekeken.



Voorbeelduitwerking: Noordoostpolder  
Bestaand windmolenpark  
Zonnevelden aan toevoegen

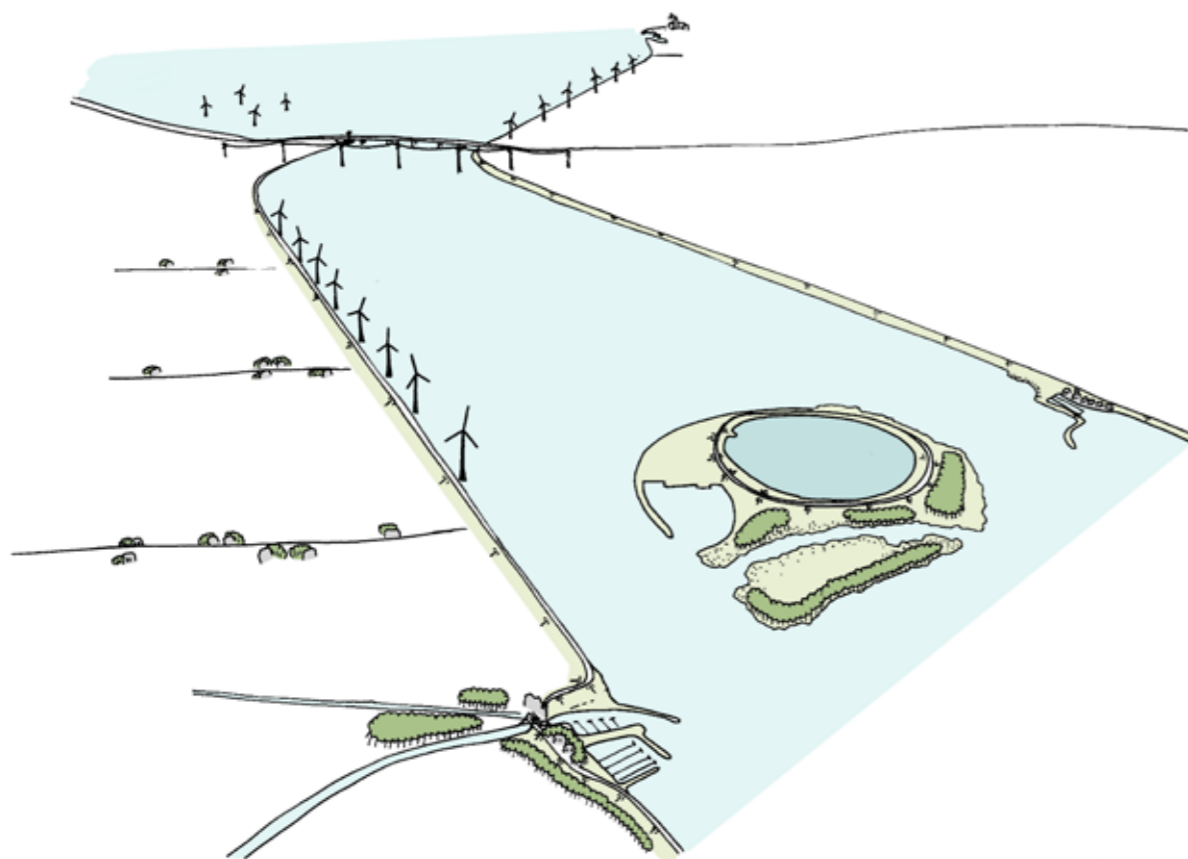
Voorbeelduitwerking: Noord-Oost Polder



Meekoppeling aquacultuur

**WIERINGERMEERPOLDER**

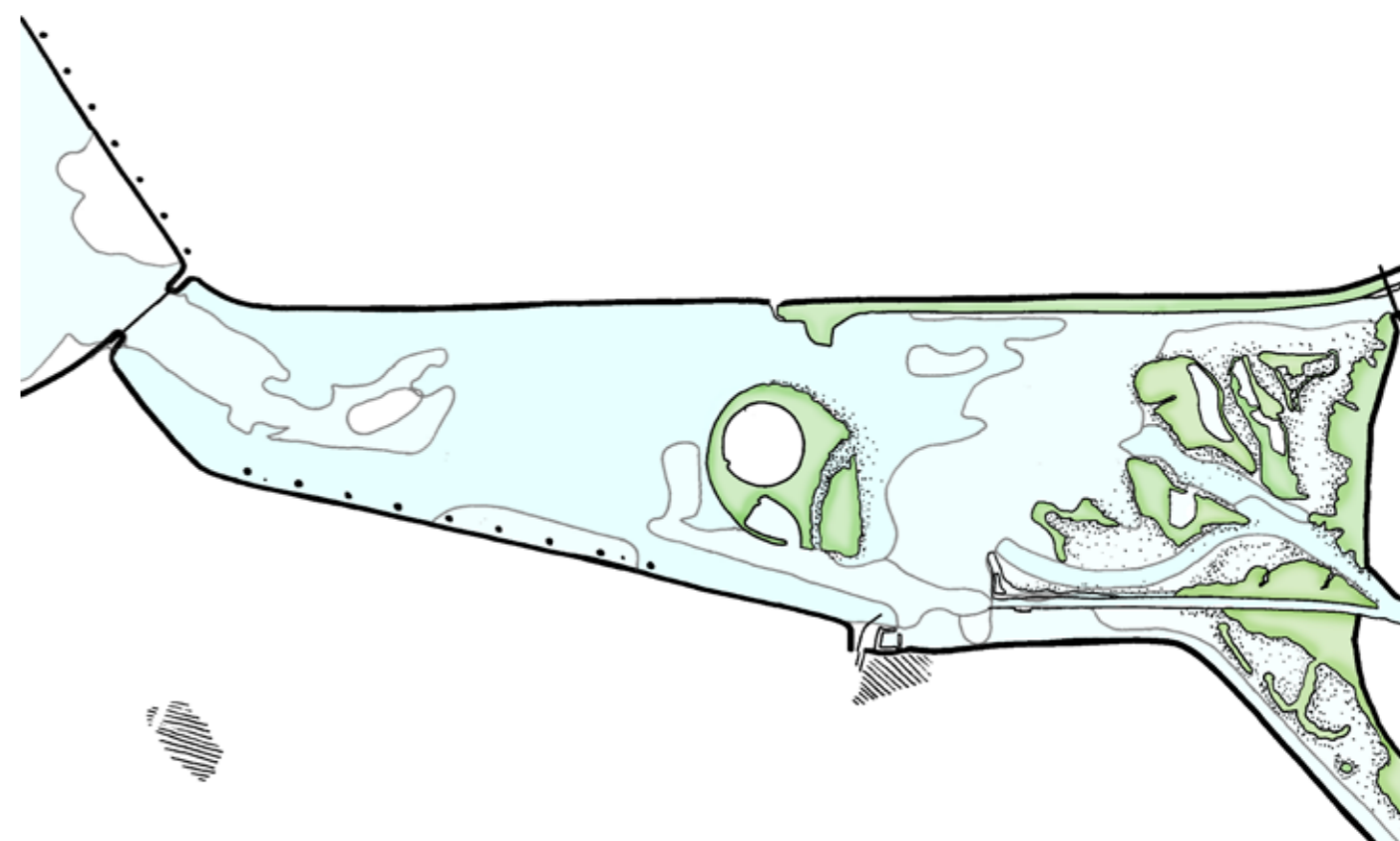
Net als de kust van de Noordoostpolder, leent de strakke opzet van de kust van de Wieringermeerpolder zich voor de opstelling van windmolens. Deze moet goed worden afgestemd op de windmolens die op het land al gerealiseerd of voorzien zijn, om ruis door interferentie en te kleine afstand te vermijden. Windmolens langs de rand van de polder kunnen ook hier met drijvende zonne-eilanden worden gecombineerd, volgens de zelfde principes (afstand, doorzicht etc.) als bij de Noordoostpolder.

**KETELMEER**

Onderzocht is in hoeverre ook het Ketelmeer geschikt voor de opwekking van duurzame energie. Naar alle waarschijnlijkheid is, vanwege het UNESCO-erfgoed Schokland, plaatsing van turbines voor de noordkust van het Ketelmeer niet mogelijk. De enige reële optie die dan overblijft is de zuidkust.

Een rij windmolens langs de zuidkust van het Ketelmeer is mogelijk richting de Ketelbrug. De drie reeds gerealiseerde en voorziene windmolenparken langs de kusten van Flevoland en de Noordoostpolder staan hier op voldoende afstand van elkaar zodat geen interferentie plaats vindt.

Vanuit de Noordoostpolder blijft tussen en langs de windmolenparken voldoende afstand om het effect van visuele opsluiting te voorkomen. Grootschalige opwekking van zonne-energie op het relatief smalle Ketelmeer is moeilijk inpasbaar. Grootschalige zonne-eilanden midden op het Ketelmeer deelt dit in tweeën, waardoor twee geulen overblijven. Wel is het slibdepot van het IJsselooig als potentiële pilotlocatie genoemd voor zon op water.

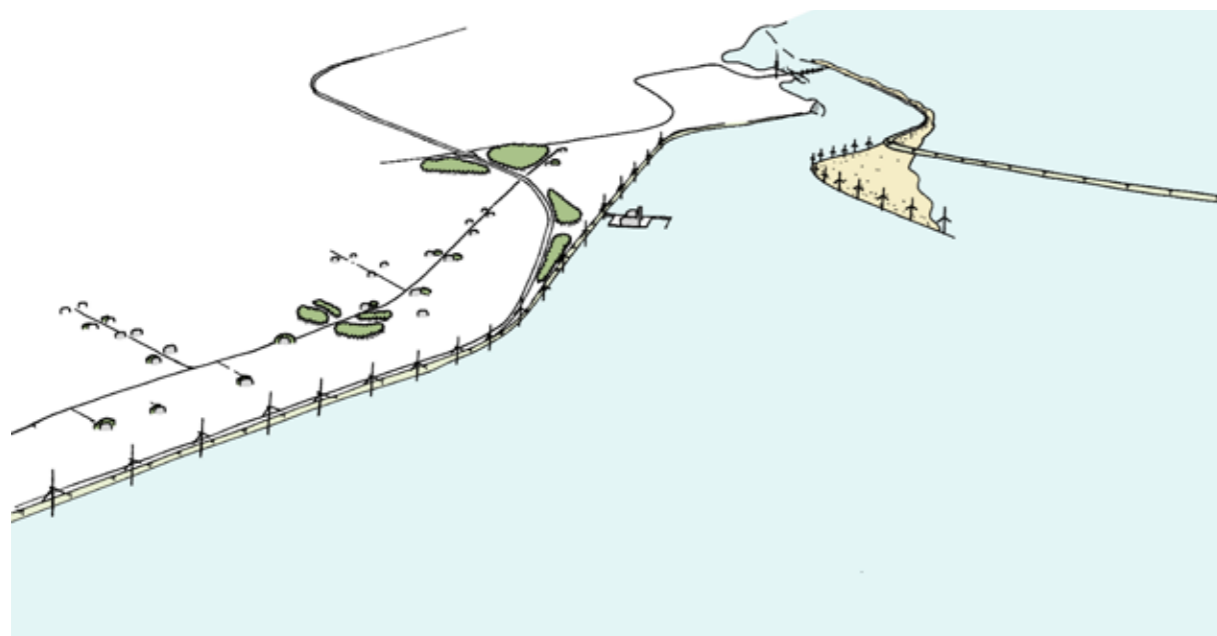


Voorbeelduitwerking: Ketelmeer

### 3. GROTE WATERWERKEN, KNOOPPUNTEN LAND EN WATER

Het huidige IJsselmeergebied is het gevolg van een paar enorme kunstmatige ingrepen in het watersysteem. De Afsluitdijk en de Houtribdijk zijn hiervan de meest zichtbare uiting. Daarbij horen grote waterwerken, zoals de uitwateringsgemalen, spui- en schutsluizen, bij Lelystad (Houtribsluizen), Enkhuizen, Den Oever en Kornwerderzand. Zij vormen als het ware de kruispunten tussen het land- en watersysteem. Als brandpunten van het menselijk ingrijpen, en door hun grootschalige en 'technische' opzet, vormen ze een aannemelijke context voor maatregelen voor de energietransitie, inclusief de plaatsing van windturbines. De deltawerken in Zuidwest Nederland bieden daar aansprekende voorbeelden van.

De windturbines, wederom bij voorkeur in overzichtelijke lijnopstellingen geplaatst, dienen daarbij de doorstroom beweging van het water en de scheepvaart te begeleiden, en niet de afsluitende beweging van de dammen. Ze moeten als het ware meebewegen met de uit/instream. Ze moeten niet in de lengte langs de dijk staan, omdat ze daarmee als een 'hekwerk' de open lengte-assen van het IJsselmeer/Markermeer zouden onderbreken.



#### HOUTRIBSLUIZEN, DEN OEVER

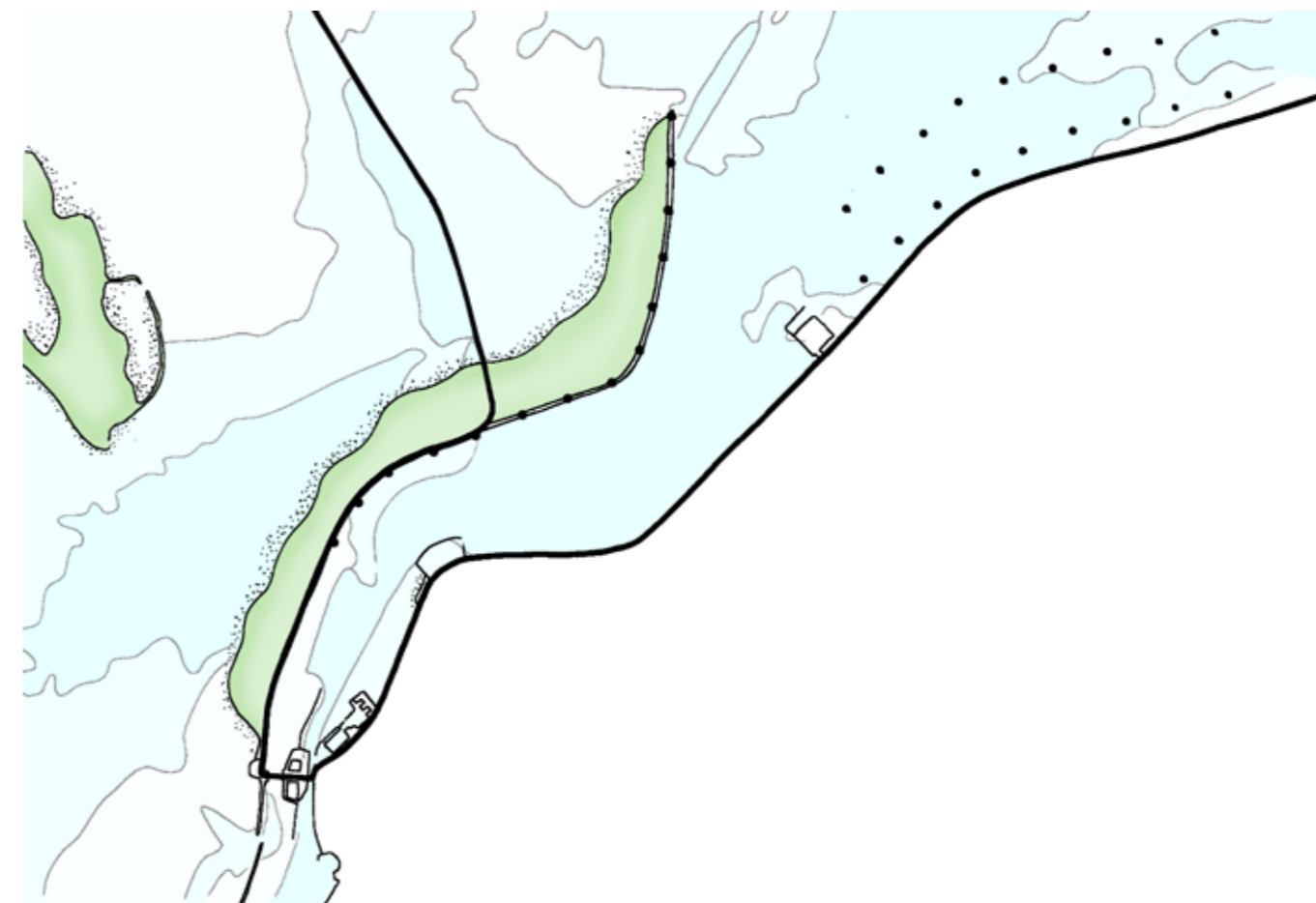
Bij de Houtribsluizen en bij de spui- en uitwateringsluizen bij Den Oever is er de mogelijkheid dergelijke lijnopstellingen 'met de stroom mee' in te passen.

Bij de Houtribdijk zou dit in de toekomst een interessant ruimtelijk ensemble op kunnen leveren met een eventuele kortsluiting (brug of tunnel?) van de N302 (de weg over de Houtribdijk) naar de A6 en N307 (de verbinding Enkhuizen-Lelystad-Zwolle).

Bij Den Oever is een goede afstemming met de windmolens langs de kust en op het land van de Wieringermeerpolder noodzakelijk, om visuele ruis en interferentie te voorkomen.

#### KORNWERDERZAND, ENKHUIZEN

Bij Kornwerderzand zou een opstelling van windmolens door de korte onderlinge afstand teveel interfereren met het enorme windpark Fryslân westelijk naast de Afsluitdijk, en de geplande nieuwe turbines bij Zurich. Daarom zijn extra windmolens hier niet gewenst. Bij Enkhuizen geldt iets vergelijkbaars: er staan al een aantal flinke windmolens bij de zuidelijke aanvaarroute naar het aquaduct en de sluis. Extra windmolens zouden hier een ernstige inbreuk vormen op het verfijnde stadssilhouet van Enkhuizen, een cultuurhistorische parel van de voormalige Zuiderzee.



Voorbeelduitwerking: Lelystad

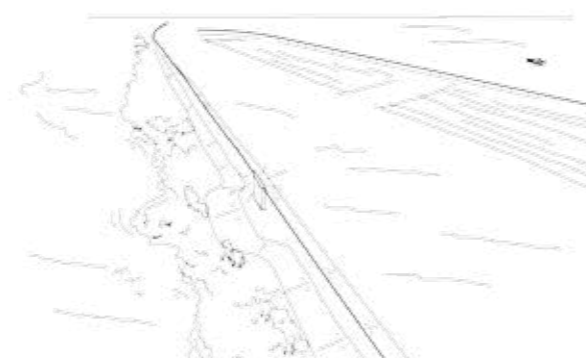
#### 4. FLEVOLANDSE KUST

##### OOSTVAARDERSPLASSEN

Langs de noordwestkust van Flevoland loopt ook een strakke kust. Hier moeten, in afwijking van de Noordoostpolder en de Wieringermeerpolder, geen windmolens worden geplaatst. Zij zouden een ernstige inbreuk vormen op het karakter van de naastgelegen Oostvaardersplassen, met hun uitstraling van grootse en ongebonden natuur. Ze zouden de ecologisch gewenste relatie tussen de binnendijkse Oostvaardersplassen en het buitendijkse Markermeer – en de net gerealiseerde Marker Wadden – belemmeren. Toepassing van zonne-energie aan de buitenzijde van de dijk is wel denkbaar, eventueel in tijdelijke vorm en mits goed ingepast. De Oostvaardersplassen zijn ontstaan toen het gebied dat was bestemd voor industrie uitbleef. Er ontstond een aantrekkelijke biotoop voor vogelsoorten met moerasvegetatie. Er zijn plannen om inlaten te maken in de dijk, zodat er een uitruil van nutriënten en vismigratie plaats kan vinden tussen de Oostvaardersplassen en het Markermeer. Op de lange termijn is het project Oostvaardersoeveren beoogd, waarin Markermeer, de Oostvaardersplassen en Lepelaarsplassen verbonden worden tot een toekomstbestendig zoetwater ecosysteem. De energieopgave is geen onderdeel van dit project en het voorstel in deze verkenning om buitendijks (tijdelijk) zonne-energie toe te passen, loopt daarmee vooruit op het project Oostvaardersoeveren. Mogelijk is dit voorstel te implementeren in het proces Oostvaardersoeveren, dat zich momenteel in de voorverkenningfase bevindt. Momenteel loopt het dijktaalud vanaf de Oostvaardersdijk steil het Markermeer in, waar een gemiddelde diepte van 4m is. Het creëren van zonne-zandbanken wordt daarom niet als realistisch gezien op de korte termijn. Drijvende zonne-eilanden zouden het gebied kunnen aanduiden dat in de toekomst als vooroever is beoogd. De eilanden i.c.m. smalle steigers vormen een geometrisch patroon; het maakt de



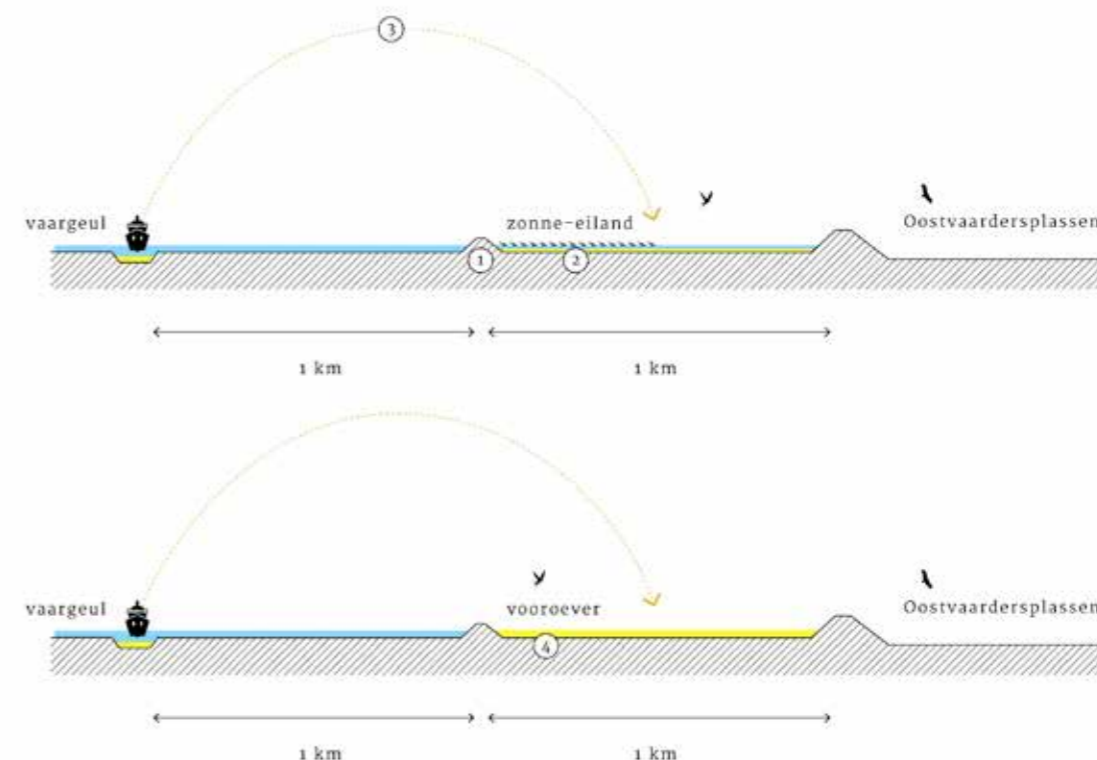
Voorbeelduitwerking: Oostvaardersplassen



2019: zonnevelden



Toekomst: vooroever



Principe doorsnede van zonne-eiland naar vooroever

kustzone interessanter en recreatief bereikbaar. Dergelijke maatregelen kunnen wellicht enige luwte creëren en helpen een proces van geleidelijke verlanding op gang te brengen.

##### RANDMEREN

Bij het Gooimeer komen de grillige kust van Noord-Holland en strakke kust van Flevoland dicht bij elkaar. De overstaande kust is vanaf de dijk goed te zien en daarmee is er maar weinig ruimte voor grote ingrepen. Wel kan het contrast versterkt worden door te kiezen voor een zonne-eiland aan de Flevolandse kust, daar waar de dijken uit elkaar bewegen. Bij het Kromsloot park kan de koppeling met natuur aan de ene kant, en zonne-energie aan de andere kant van de dijk worden gemaakt.



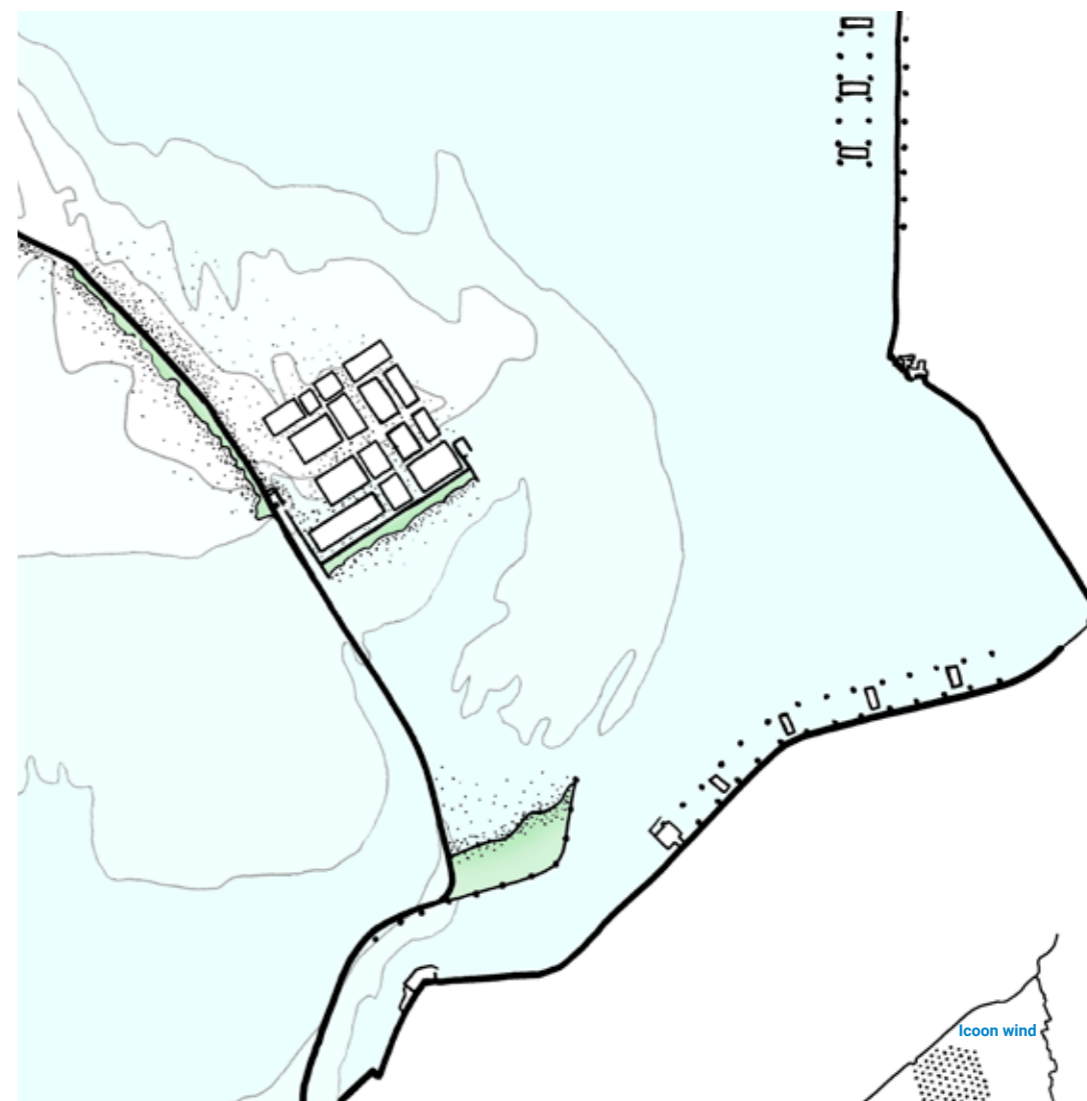
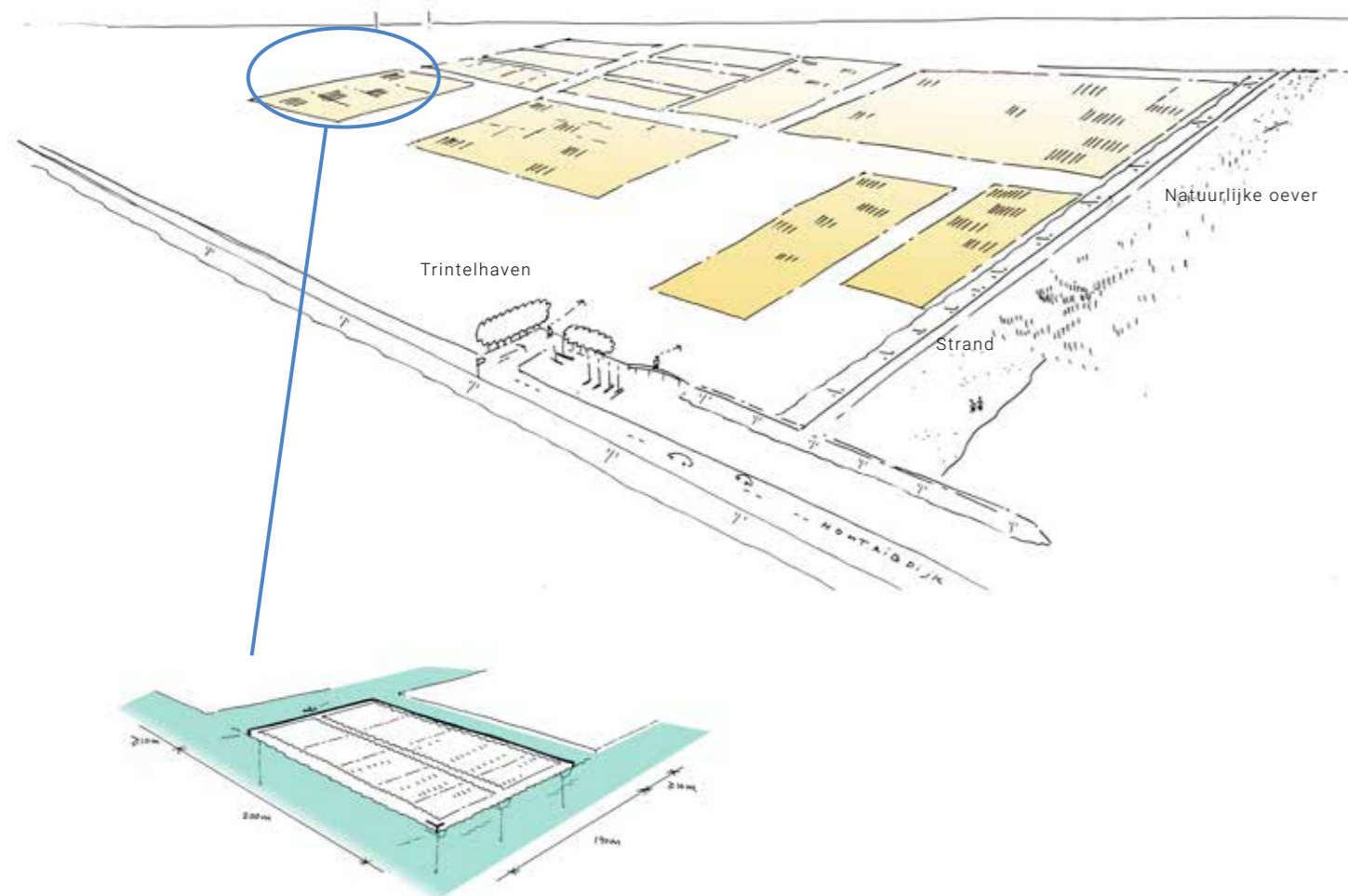
Voorbeelduitwerking: Randmeren

## 5. ICOON: ZONNE-EILAND TRINTELHAVEN

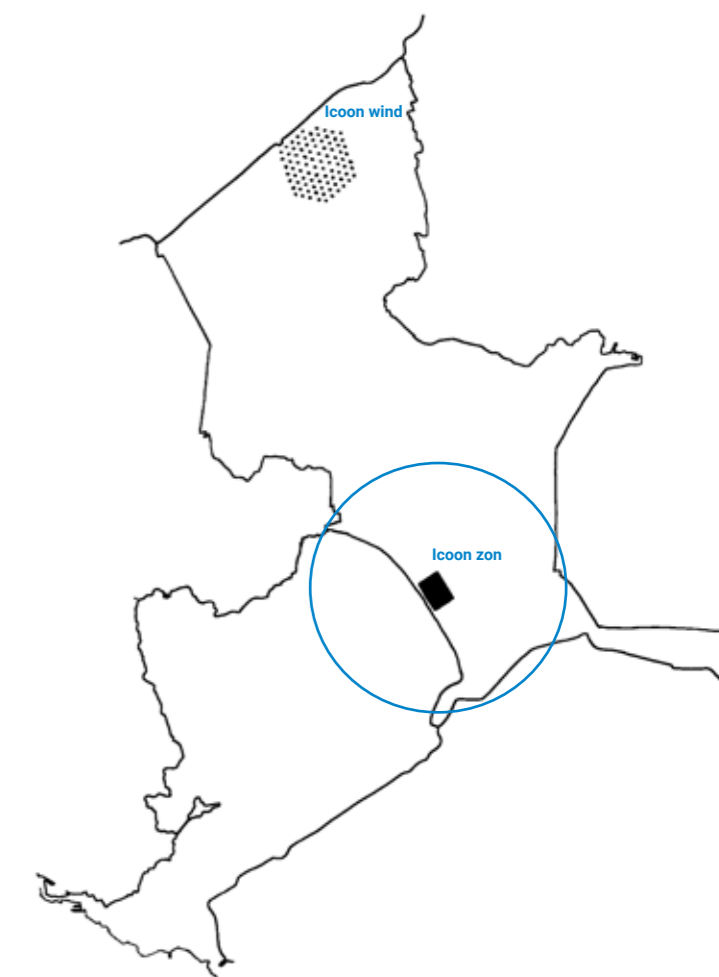
In het geografische midden van het IJsselmeergebied ligt aan de Houtribdijk de Trintelhaven, van oorsprong het werkeiland voor de bouw van de dijk en nu een schuilhaven annex pleisterplaats. Aan de noordzijde hiervan wordt een icoon voor duurzame energie voorgesteld: een zonne-eiland van ongeveer 500 ha. De Trintelhaven markeert het punt waar de Houtribdijk van het ondiepere water van het Enkhuizerzand over gaat in dieper water. Deze locatie is aan de noordzijde geschikt voor een nieuw landmark van een voorname omvang. Vanuit de Trintel-

haven wordt een natuurlijke dijk aangelegd die een groot zonne-eiland in de luwte legt. Velden zonne-energie vormen een patroon dat vanaf de dijk zichtbaar is.

Het zonne-eiland is een attractie die met een strand en groene oever zowel voor recreatie als ecologie een meekoppelkans biedt. De Houtribdijk stelt op deze wijze straks alle aspecten van het eigentijdse Hollandse waterlandschap ten toon: cultuurhistorie bij Enkhuizen, nieuw land bij Lelystad, windenergie bij de rand van Flevoland, nieuwe natuur en ecologie rondom de Markerwadden, en zonne-energie bij de Trintelhaven.



Voorbeelduitwerking: Trintelhaven



Icoon zonne-eiland midden in IJsselmeergebied

## 6. ONDERZOEK: GROTE CLUSTERS

Onderzocht is of er in het IJsselmeergebied ook ruimte is voor grootschalige energieclusters, zoals windpark Fryslân. Hierbij worden windturbines altijd gecombineerd met zonne-eilanden. Gezocht is naar locaties, die op enige afstand van de kust liggen, maar ook het grote open water zoveel mogelijk vermijden.

Het windpark Fryslân dient als referentieproject; de impact ervan wordt kort beschreven, als vergelijkingsmateriaal voor de andere locaties. Als andere locaties zijn onderzocht:

1. zuidkust Friesland (Gaasterland)
2. bij Urk (tussen NOP en Flevoland)
3. zuidkust van West-Friesland (bij Wijdenes, Oosterleek).

### REFERENTIE WINDPARK FRYSLÂN

Windpark Fryslân bestaat uit een compacte maar zeer omvangrijke cluster van 89 molens in een driehoekopstelling, van 6,8 kilometer doorsnede, op 6 km. uit de Friese kust en 14 km. uit de kust van Noord-Holland. Het raakt aan de Afsluitdijk op op ca. 1/3e van de lengte (vanuit Friesland gezien), en neemt ca 25 % van de lengte in beslag.

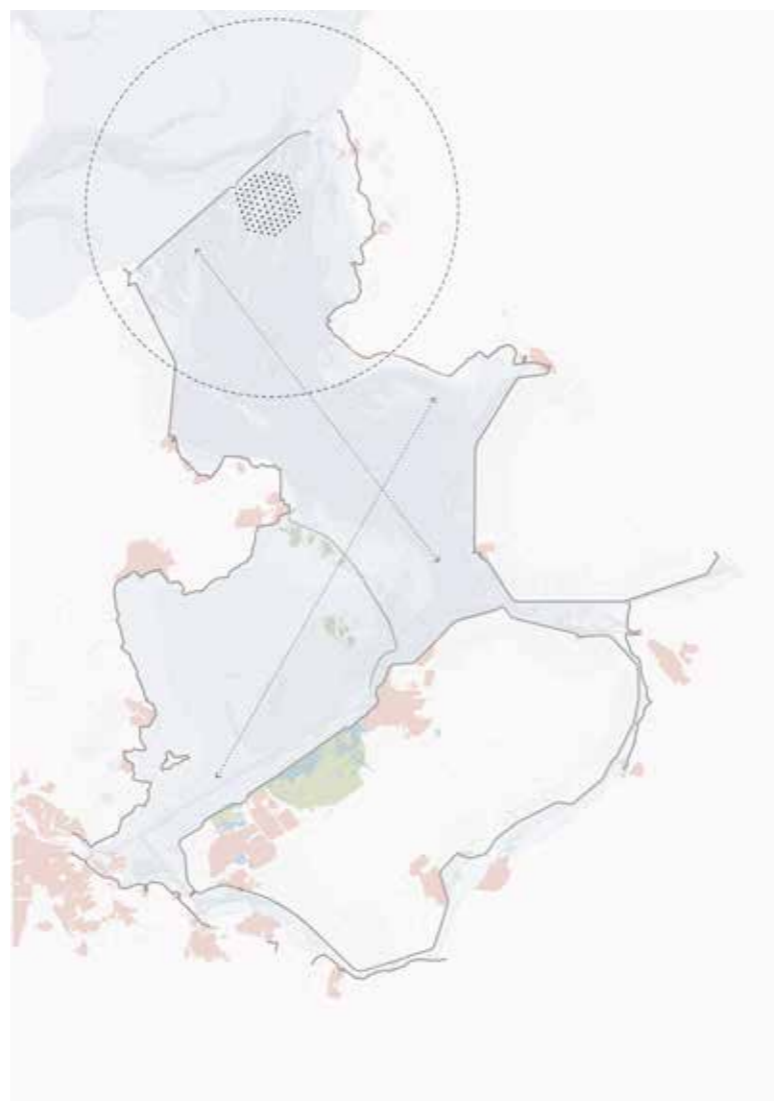
Het legt een relatief groot beslag op de beschikbare, door kusten en dammen ingesnoerde binnenzee van het noordelijke IJsselmeer. Visueel heeft het een enorme impact: bij helder weer is het zichtbaar vanaf alle omringende kusten, van Medemblik tot Harlingen en van Texel tot Stavoren. Vanaf Makkum zal het het criterium/grenswaarde van “dominantie” benaderen.

Het effect/de impact wordt enigszins getemperd doordat het niet plompverloren in het geografische midden van het IJsselmeer is gelegd, maar a-symmetrisch naar het noordoosten is geschoven. Daardoor blijft “de grootste open maat in de lengterichting van het (noordelijke) IJsselmeer” (zie Gouden Regels Gebiedsagenda IJsselmeergebied) aan de westzijde relatief onbelemmerd.

De combinatie met de Afsluitdijk geeft het mogelijkere wijs een ‘iconische’ waarde: een duidelijk herkenbare blikvanger, die symbool staat voor de energietransitie in Nederland.

Het windpark Fryslân maakt dat in combinatie met de reeds gerealiseerde molens langs en in

de Noordoostpolder en in de Wieringermeerpolder, vanuit het overgrote deel van het IJsselmeer aan één of meerdere horizonnen grote aantallen windmolens zichtbaar zullen zijn.



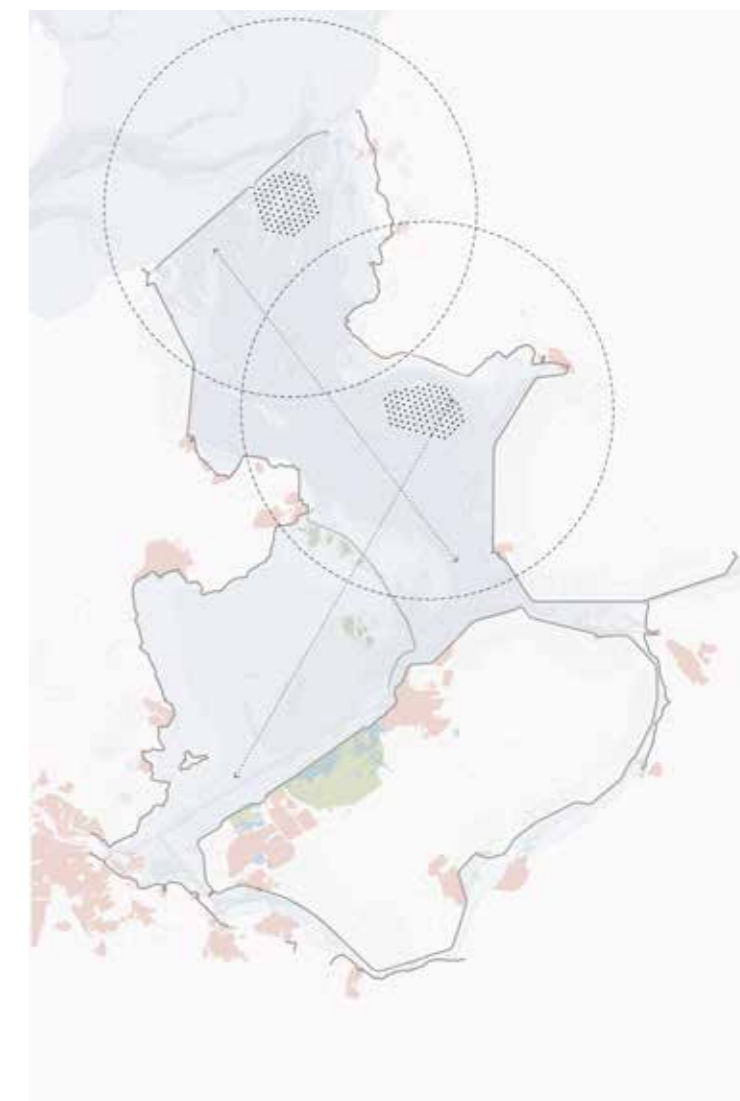
### TESTCASE GAASTERLAND

Als test is een windpark van vergelijkbare grootte onderzocht ten zuiden van Friesland en ten westen van de Noordoostpolder. Om de openheid op de lengte-assen te sparen, is het windpark in de richting van Gaasterland geschoven.

- De afstand tot de kust van Gaasterland bedraagt 2 km kilometer.
- Het beslag op de horizon vanaf bijvoorbeeld Oudemirdumerklif bedraagt 68 %.
- De windmolens zullen op locaties ver landinwaarts zeer dominant aanwezig zijn.
- De al gerealiseerde windmolens langs de kust van de Noordoostpolder liggen op 7 km. afstand. Deze zijn van uit Gaasterland nu al duidelijk zichtbaar. Er zal interferentie optreden, met ruis en onrust als gevolg.

Gaasterland is vrijwel de enige plek waar, vanuit het heuvelachtige land, een open zicht op het water mogelijk is. Het beeld van het land en water lopen in elkaar over en zijn niet door dijken van elkaar gescheiden. Het is binnen het IJsselmeergebied een unieke ruimtelijke kwaliteit. Gaasterland heeft daardoor van oudsher een sterke recreatieve en toeristische functie, het is de kurk voor de regionale economie.

Het plaatsen van een grote cluster van grote windmolens zal deze ruimtelijke kwaliteit ernstig aantasten, en moet om die reden worden ontraden.



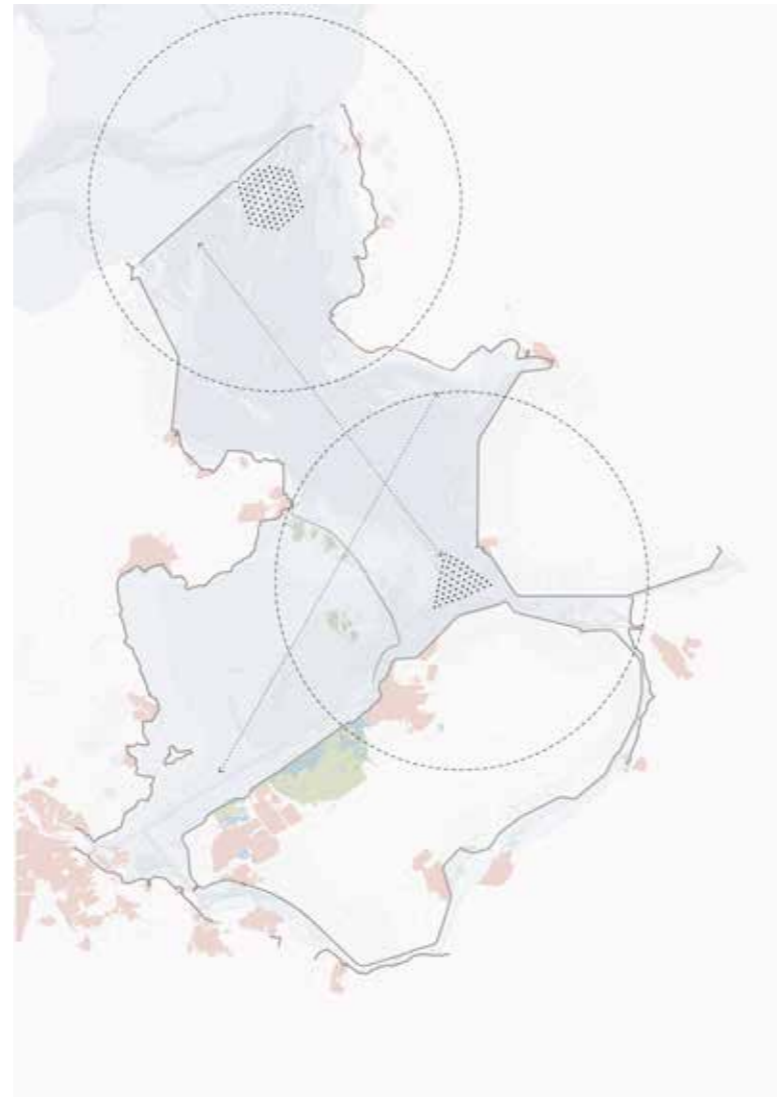
**TESTCASE URK/FLEVOLAND**

Als volgende test is een locatie onderzocht op open water, bij de strakke kusten bij Urk en Flevoland. Ook hier is, om de openheid op de lengte-assen te sparen, het windpark in de richting van het land geschoven.

- De afstand tot de kusten van Flevoland en Noordoostpolder bedragen respectievelijk 2 en 2,5 km kilometer.
- Het beslag op de horizon vanaf Urk bedraagt 70 %.
- Ook hier zullen de windmolens landinwaarts dominant aanwezig zijn, maar minder verstorend dan in Gaasterland.
- Met de al gerealiseerde windmolens ten oosten van Urk en de geplande nieuwe molens langs de Flevokust bij de A6 zal sterke interferentie optreden, met ruis en onrust als gevolg. De molens langs de A6 zijn eigenlijk niet combineerbaar met deze 'testcase'.
- Vanaf de Markerwadden bedraagt de afstand tot deze 'testcase' 11 km. Ter illustratie: de huidige molens ten noorden van Urk zijn vanaf de Marker Wadden soms al heel duidelijk zichtbaar.
- Er is mogelijk een conflict met de bestaande scheepvaartroutes.

Urk had als historisch eiland altijd een open relatie met het water. Het ondersteunt de iden-

titeit als vissershaven, en heeft als toeristische recreatieve bestemming ook een economische waarde. Ook hier is een unieke ruimtelijke kwaliteit in het geding.



Windpark NO-polder is zichtbaar vanaf de Markerwadden.

**TESTCASE WEST FRIESLAND**

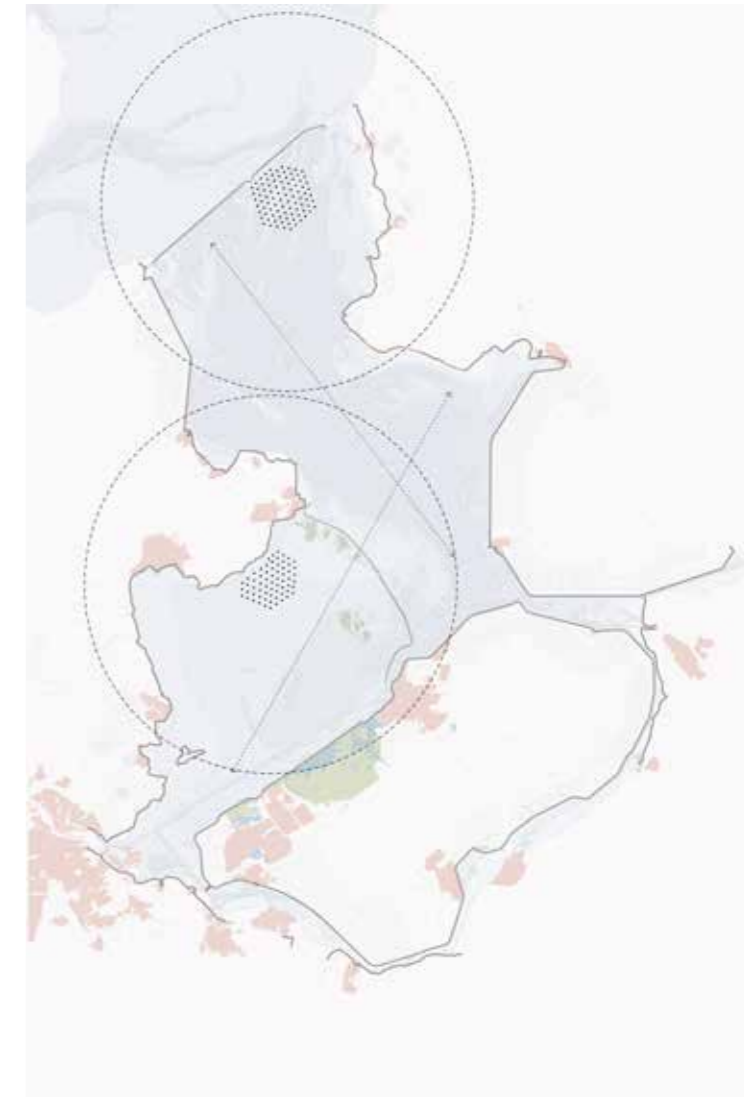
Als laatste test is een locatie onderzocht in het Markermeer. Waterland en Oostvaardersplassen vallen af vanwege natuur- en landschapswaarden. Om de openheid op de lengte-assen te sparen, is het windpark in de richting van West-Friesland geschoven, buiten het zicht van de Hoornse Hop (baai) en van Enkhuizen (kaap).

- De afstand tot de kust bedraagt 1 kilometer.
- Het beslag op de horizon vanaf de dijk bij Oosterleek bedraagt 90 %.
- De dorpen liggen achter de dijk, maar hier zullen de windmolens landinwaarts dominant aanwezig zijn.
- Vanaf de Markerwadden bedraagt de afstand tot deze 'testcase' 7 km. Ter illustratie: de huidige molens ten noorden van Urk zijn vanaf de Marker Wadden soms al heel duidelijk zichtbaar.

Het Markermeer is ongeveer twee keer kleiner dan het IJsselmeer. De binnenzee is hier nog sterker ingesnoerd. De impact van een windpark met een omvang vergelijkbaar met windpark Fryslân is hier navenant groter. Alle kusten hebben belangrijke natuurlijke, landschappelijke, ecologische en cultuurhistorische waarden. Het Markermeer is daarmee van grote waarde voor

de aanliggende Randstad/MRA, in recreatief, toeristisch en economisch opzicht.

In dit deel van het IJsselmeergebied is een grote windcluster nog problematischer dan elders.



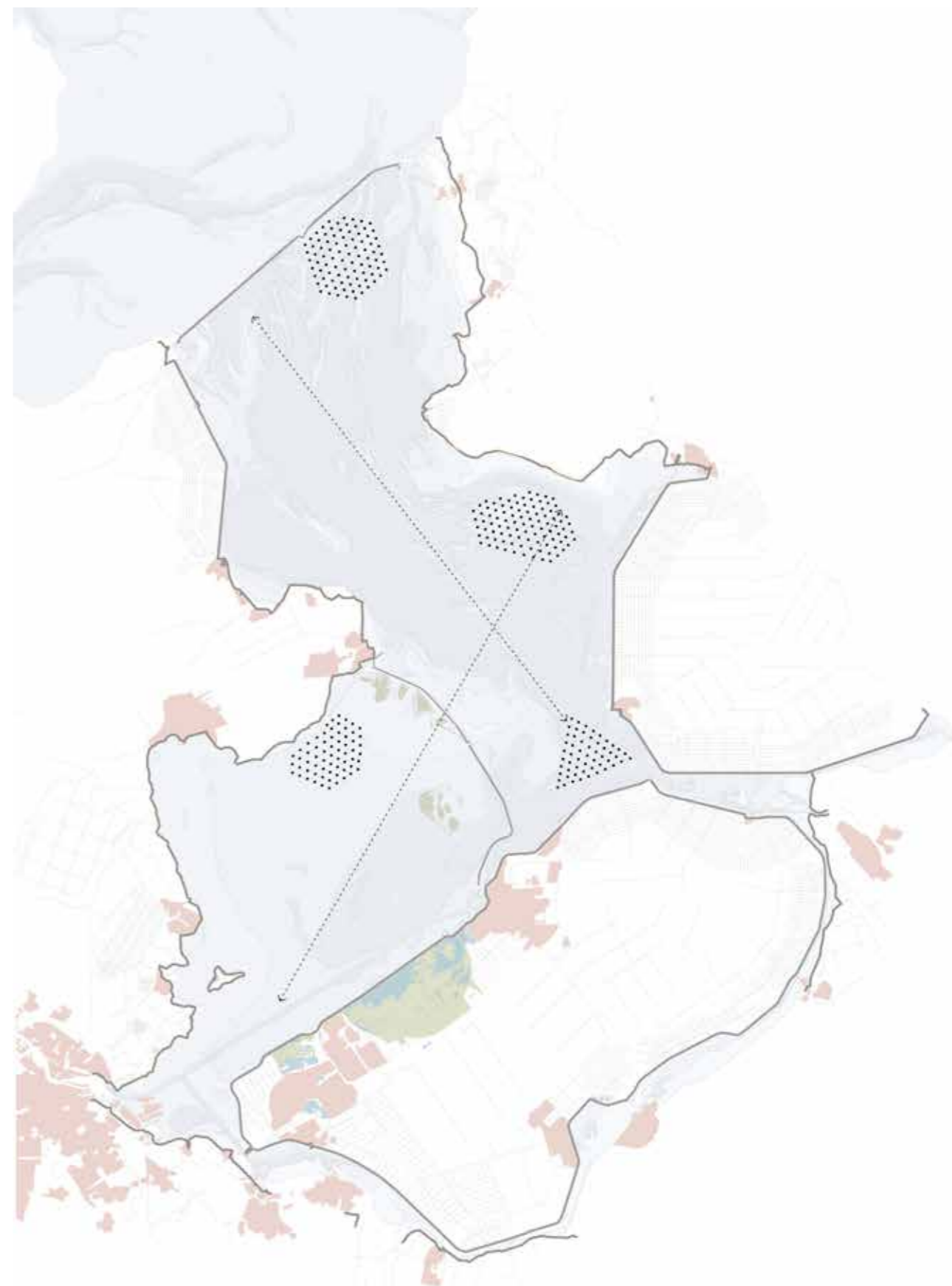
**CONCLUSIE TESTCASES**

Als we deze grootschalige clusters beoordelen op basis van de opgestelde ruimtelijke principes, dan moeten we concluderen dat in het IJsselmeergebied, naast windpark Fryslân, geen ruimte is voor nog extra geclusterde opstellingen van deze schaal.

- Ze conflicteren met het principe om de grote lengteassen open te houden, het gaat ten koste van de grote open ruimte en het gevoel van weidsheid.
- Er zal onvermijdelijk interferentie optreden met de al gerealiseerde windopstellingen, o.a. bij de geprojecteerde cluster tussen N.O.P. en Flevoland.
- Een belangrijk principe is dat bij windopstellingen rekening wordt gehouden met de overzienbaarheid van een cluster. Bij de schaal van dit type clusters is dit per definitie niet het geval. De beperkte mogelijke afstanden tot het land en de onvermijdelijke 'dominantie' verergeren dit nog.
- De clusters Gaasterland en West-Friesland zijn geprojecteerd voor de grillige, oude kusten, terwijl windopstellingen beter aansluiten bij strakke, nieuwe kusten.
- Unieke ruimtelijke kwaliteiten dreigen te worden aangetast: het heuvelachtige open Gaasterland, het open havenfront van Urk
- In het geval van de testcase West-Friesland gaat het hele IJsselmeergebied 'op elkaar lijken': net als in het (noordelijke) IJsselmeer, zullen vanaf het Markermeer altijd en overal grote cluster windmolens zichtbaar zijn.
- De mogelijke 'iconische waarde' van een grote clusters windmolens wordt hiermee ondermijnd: een icoon veronderstelt opvallendheid en uniciteit, de 'kers op de taart', en geen alom aanwezigheid

Alle testcases leiden tot situaties die qua ruimtelijke kwaliteit slechter zijn dan het windpark Fryslân.

De conclusie is dat het IJsselmeergebied als binnenzee te klein is om naast het windpark Fryslân nog eens ruimte te bieden aan een grote cluster windmolens, zoals die op open zee probleemloos kunnen worden toegepast.



# 6. ENERGIE MOGELIJKHEDEN

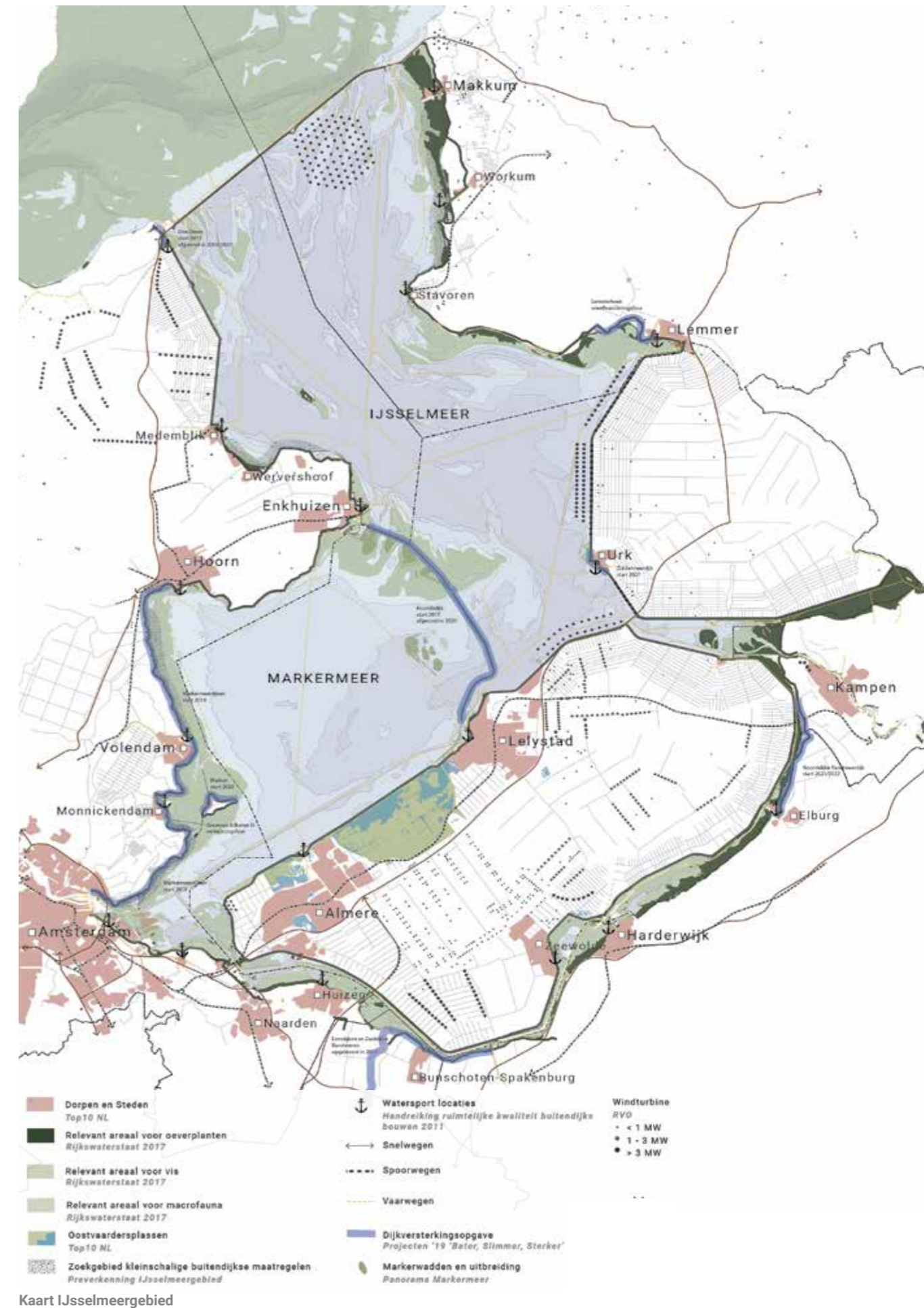
## 6. ENERGIE MOGELIJKHEDEN IJSSELMEER

Dit hoofdstuk geeft inzicht in de mogelijke energieopbrengst van het IJsselmeergebied door de gebiedsgerichte combinaties op een samenhangende manier in te tekenen op schaalniveau van het IJsselmeer als geheel. Evenals de gebiedsgerichte combinaties is deze oefening een voorbeelduitwerking van een mogelijke manier waarop de energiebouwstenen in samenhang kunnen worden toegepast. Deze voorbeelduitwerking geeft een inschatting van de toekomstige energieopbrengst van het IJsselmeergebied, waarmee duidelijk wordt in welke mate het IJsselmeergebied kan bijdragen aan de nationale opgave.

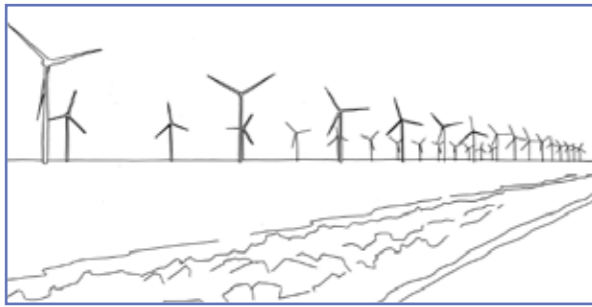
Aanvankelijk was de vraag de verkenning uit te werken in drie scenario's: 'maximaal innoveren en meekoppelen', 'provinciale energieopgave organiseren binnen provinciegrens' en 'o+-variant'. Door het werken met integrale energiebouwstenen (incl. meekoppelkansen) en ruimtelijke principes was het een logische volgende stap om een samenhangend beeld voor het IJsselmeergebied als geheel te schetsen in plaats van het ontwikkelen van verschillende scenario's met een grote bandbreedte. Niet alleen levert dit meer concrete handvatten voor behoud en versterking van de ruimtelijke kwaliteit, ook levert het resultaat duidelijkere input voor de regionale energiestrategieën.

Binnen de uiterste ruimtelijke modellen 'spreiden' en 'clusteren' is een optimum ontwikkeld waarin is ingezet op thematisch en gebiedsgericht combineren van de integrale bouwstenen met de ruimtelijke principes als leidraad. Een oefening met grootschalige energieclusters waarin wind en zon worden gecombineerd – vergelijkbaar met windpark Fryslân – is onderzocht in het vorige hoofdstuk, maar blijkt niet haalbaar omdat de ruimtelijke kwaliteit niet gewaarborgd kan worden. Om toch inzicht te krijgen in de energieopbrengst van grote clusters is dit opgenomen in een aparte tabel op pagina 92. In het geschetste ruimtelijk beeld met energiemogelijkheden voor het IJsselmeergebied kan onderscheid gemaakt worden tussen maatregelen die op korte termijn uitgevoerd zouden kunnen worden en maatregelen die meer tijd nodig hebben. Voor veel voorstellen is meer onderzoek

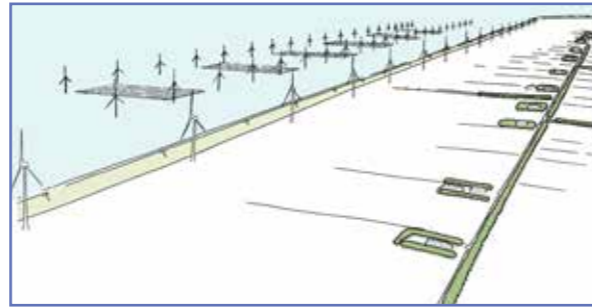
nodig (zie bijlage op pagina 102), moet beleid aangepast worden of zijn innovaties gewenst. Van belang is dat vervolgonderzoek snel wordt gestart, bij voorkeur gekoppeld aan pilotprojecten in het IJsselmeergebied, en dat benodigde aanpassing van het beleid wordt geagendeerd.



## ENERGIE MOGELIJKHEDEN IN KAART



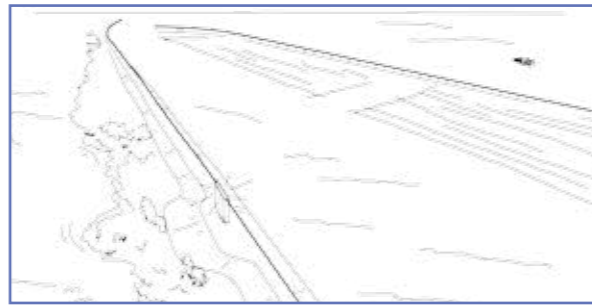
WINDTURBINES



WINDTURBINES ICM ZONNE-EILANDEN



WINDTURBINES BIJ WATERWERKEN



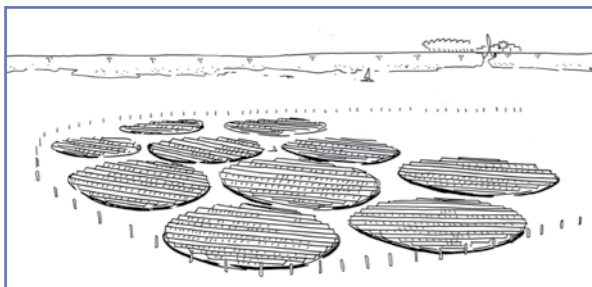
ZONNE-EILANDEN LANGS FLEVOLANDSE KUST



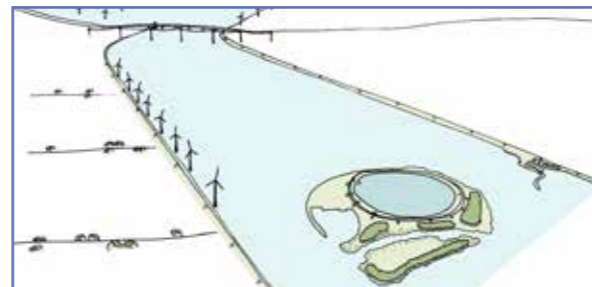
ZONNEZANDBANKEN LANGS NOORD-HOLLANDSE KUST



ZONNE-EILANDEN BIJ TRINTELHAVEN

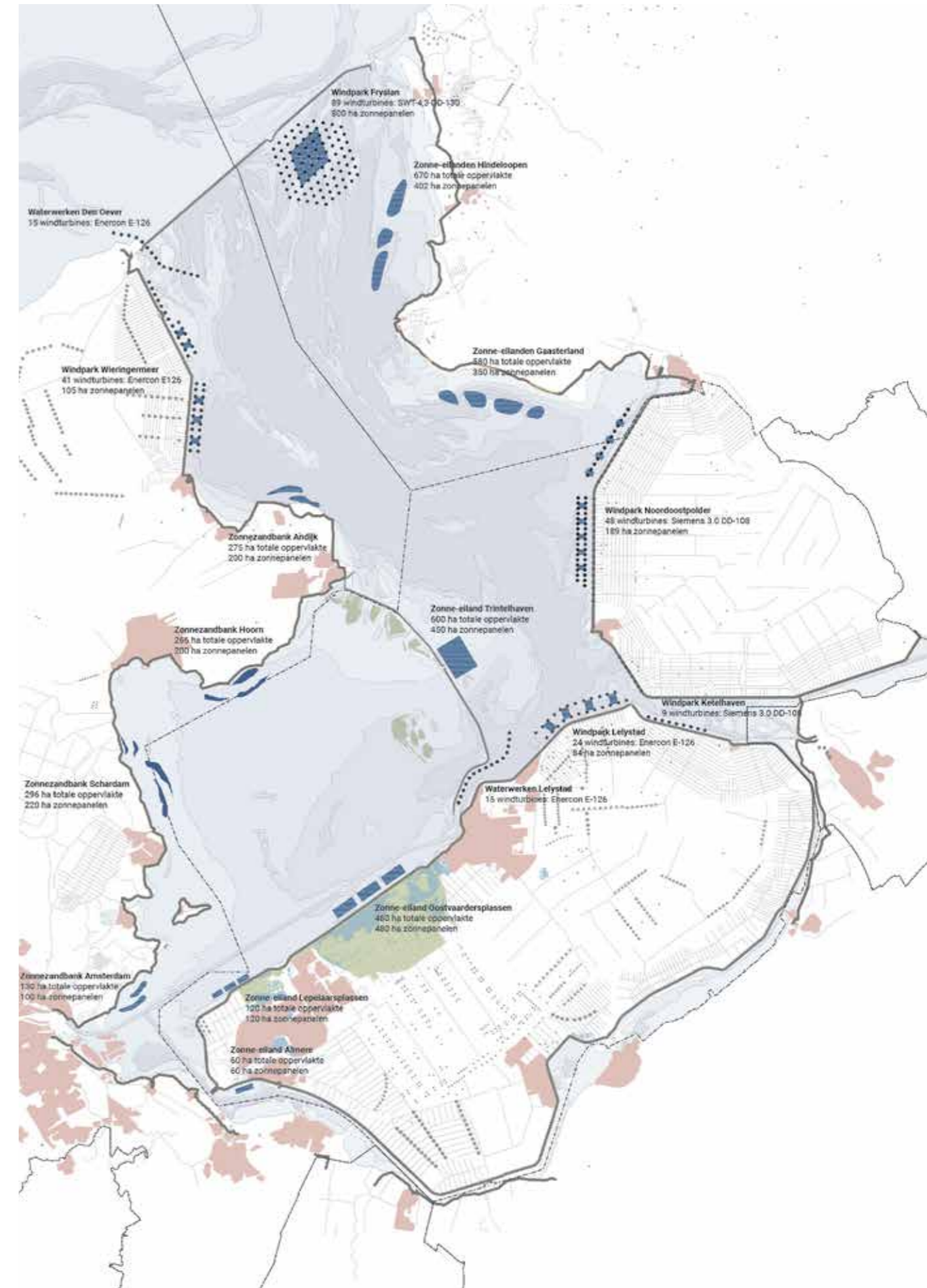


REFUGIA BIJ DE FRIESE KUST



WINDTURBINES LANGS HET KETELMEER

Bouwstenen toegepast langs de verschillende kusten



Kaart IJsselmeergebied: energie mogelijkheden met de verschillende bouwstenen

## BEPERKINGEN

Op de kaart hiernaast is in rood aangegeven dat de ingetekende configuratie niet overal past binnen het huidige beleid en de restricties. Windopstellingen bij de kust van de Wieringermeer en de Flevopolder en op de waterwerken vallen (deels) binnen de vliegbepalingen rondom vliegveld Lelystad en het militaire oefenterrein bij de Afsluitdijk. Aanpassing van de contouren is eventueel mogelijk, maar daarvoor is eerst onderzoek nodig. Ook is op de kaart te zien dat zonne-eilanden, zoals nu ingetekend, mogelijk overlappen met vaarroutes. Bij verdere uitwerking kan dit aangescherpt worden, ofwel door aanpassing van de zonne-eilanden ofwel door te onderzoeken of het mogelijk is de vaarroute op te schuiven. De belangrijkste beperking wordt momenteel gevormd doordat het IJsselmeergebied voor het overgrote deel valt onder Natura-2000 wetgeving. Niet alleen is daarom in deze verkenning gezocht naar manieren waarop de ecologische impact geminimaliseerd kan worden, maar vooral hoe meerwaarde voor het natuurlijke systeem van het IJsselmeergebied kan worden bereikt.



### ENERGIEPOTENTIE BINNEN RE- GELS AGENDA IJSSELMEERGE- BIED 2050

De opbrengst van alle indicatieve projecten uit deze verkenning is in onderstaande tabel berekend. Om inzicht te geven in de energieop-

brengrst van grote clusters, die geen onderdeel uitmaken van de voorbeelduitwerking, is een aparte tabel toegevoegd. In de berekening is uitgegaan van de volgende eenheden: 1 TWh = 3.600 TJ = 3,6PJ.

BOUWSTEEN	OMVANG (MW)	OMVANG (HA)	OPBRENGST (TJ)	OPBRENGST (TWH)
Bestaand en geplande windparken	931		11.736	3,3
Windparken	403		5.075	1,4
Turbines bij waterwerken	228		2.873	0,8
Zonnezandbanken Noord-Holland		720	1.915	0,5
Zonne-eilanden Friesland		752	2.000	0,6
Zonne-eilanden Windparken		1.178	3.133	0,9
Zonne-eilanden Flevoland		660	1.756	0,4
Zonne-eiland Trintelhaven		450	1.197	0,3
<b>Totaal zon &amp; wind</b>	<b>1.562</b>	<b>3.760</b>	<b>29.685</b>	<b>8,1</b>
TEO			3.875	1,1
<b>Totale energieopwekking</b>			<b>33.560</b>	<b>9,2</b>

EXTRA CLUSTERS	OMVANG (MW)	OMVANG (HA)	OPBRENGST (TJ)	OPBRENGST (TWH)	Panelen
Windpark Gaasterland	320		4.037	1,1	
Zonnepark Gaasterland		1.650	4.389	1,2	4.496.250
Windpark West-Friesland	320		4.037	1,1	
Zonnepark West-Friesland		1.150	3.059	0,8	3.133.750
Windpark Urk/Flevoland	320		4.037	1,1	
Zonnepark Urk/Flevoland		650	1.729	0,5	1.771.250
<b>Totaal</b>	<b>961</b>	<b>3.450</b>	<b>21.288</b>	<b>5,9</b>	<b>9.401.250</b>

### BIJDRAGE AAN ENERGIE OPGAVE

Alle projecten bij elkaar zonder de energieclusters leveren 33.560 TJ of 9,2 TWh duurzame energie. Hiervan is 29.685 TJ of 8,1 TWh duurzame elektriciteit van zonneparken en windturbines en 3.875 TJ of 1,1 TWh thermische energie uit oppervlaktewater (TEO). Voor TEO is het gemiddelde tussen het minimum en maximum als uitgangspunt gekozen. Met het Energie Transitie Model van Quintel is berekend hoe de CO2 vrije energievoorziening van de vier provincies er mogelijk uit kan zien in 2050. Uit dit model volgt het huidige totale energieverbruik van de pro-

vincies inclusief mobiliteit uit 2016 en het verwachte duurzame energieverbruik in 2050. Zie bijlage voor de indicatieve volledige energiemix per provincie. Deze bijlagen zijn een momentopname van een interactief online model. In de energiemix van Noord-Holland is de industrie nog niet verduurzaamd, waardoor er geen extra vraag is naar duurzame elektriciteit en/of waterstof. Dit is een opgave op zichzelf waarbij maatwerk nodig is. Een aantal belangrijke getallen inclusief het aandeel duurzame elektriciteit in de energiemix staan in onderstaande tabellen. Een versie in TJ's en een versie in TWh.

	Energieverbruik 2016 (TJ)	Energieverbruik 2050 (TJ)	Waarvan elektriciteit 2050 (TJ)
<b>Noord-Holland</b>	308.000	196.000	84.000
<b>Overijssel</b>	114.000	62.000	28.000
<b>Friesland</b>	64.389	36.143	14.406
<b>Flevoland</b>	36.460	22.598	10.467
<b>TOTAAL</b>	522.849	316.741	136.873

Energieverbruik per provincie in TJ

	Energieverbruik 2016 (TWh)	Energieverbruik 2050 (TWh)	Waarvan elektriciteit 2050 (TWh)
<b>Noord-Holland</b>	86	54	23
<b>Overijssel</b>	32	17	8
<b>Friesland</b>	18	10	4
<b>Flevoland</b>	10	6	3
<b>TOTAAL</b>	145	88	38

Energieverbruik per provincie in TWh

De projecten uit deze energieverkenning bedragen 6% van het huidige energieverbruik van de vier provincies en 11% van het verwachte energieverbruik in 2050 na besparing en transitie. Onderstaande tabel toont welke bijdrage de projecten binnen het grondgebied van iedere provincie leveren aan het aandeel duurzame elektriciteit in 2050.

Vanuit het landelijke Klimaatakkoord is de opgave voor duurzaam op te wekken elektriciteit in 2030 als volgt opgebouwd:

- 84 TWh Totaal duurzame elektriciteit
- Waarvan 49 TWh Wind op zee
  - Waarvan 35 TWh Wind en zon op land/ IJsselmeer

Deze opgave geldt voor 2030 en dus nog niet voor het eindbeeld waarin alle regio's en provincies van Nederland overgestapt zijn op duurzame energie. De landelijke doelstelling is 49% CO<sub>2</sub> reductie in 2030 waar duurzame elektriciteit een bijdrage aan levert. De projecten uit deze energieverkenning bedragen gezamenlijk 8,1 TWh. Dat is dus 23% van de totale opgave opwekking duurzame elektriciteit op land in 2030 volgend uit het Klimaatakkoord.

\* “Bij de studie Energieverkenning IJsselmeergebied is gekeken naar de mogelijkheid voor opwekken hernieuwbare energie uit vnl. zon en wind. Hierbij is uitgegaan van ruimte op water, niet op land. Voor Overijssel geldt dat slechts een klein deel onder IJsselmeergebied valt, een hoek van het Ketelmeer en een deel in de Randmeren.

Voor Ketelmeer zien we evt. mogelijkheden voor nog een windopstelling langs de dijk van Oostelijk Flevoland (principe: wind langs ‘nieuwe kust’) en voor zon op slibdepot IJsseloog (pag. 70/71). Beide voorstellen vallen buiten de provinciegrens van Overijssel. Voor het Overijsselse deel van het gebied gelden dezelfde overwegingen als voor de rest van de randmeren. Nl. relatief kleinschalig met waardevolle natuur (Natura 2000, relevant areaal voor oeverplanten, relevant areaal voor vis en macrofauna: zie kaart op pag. 27). Ook op andere plekken in het IJsselmeergebied met deze legenda-eenheid (Friese kust) stellen we geen ‘energie-ingrepen’ voor, omdat dit te verstorend zal zijn. Wellicht zijn er mogelijkheden voor energie-opwekking -kleinschalig en maatwerk- maar die zijn in het kader van deze studie (te minimaal en vereisen diepgaandere studie) niet zijn meegenomen in de voorbeelduitwerking op pag. 89. Dit zou wel terug kunnen komen in de RES-processen. Dan zien wij vnl. kansen voor de bouwsteen ‘zonzandbank’.

	Elektriciteit projecten (TJ)	Waarvan elektriciteit 2050 (TWh)
<b>Noord-Holland</b>	7.557	9%
<b>Overijssel *</b>	-	0%
<b>Friesland</b>	8.923	62%
<b>Flevoland</b>	13.205	126%
<b>TOTAAL</b>	29.685	22%

# 7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

## 7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### CONCLUSIES

- Het IJsselmeergebied kan een significante bijdrage leveren aan de nationale energieopgave binnen geformuleerde ruimtelijke kwaliteiten. Voornamelijk d.m.v. TEO, zonne-energie en -op enkele plaatsen- windenergie.
- Energieopwekking kan meerwaarde creëren die aansluit bij andere relevante IJsselmeer opgaven, zoals natuurontwikkeling, recreatie en visserij.
- Geformuleerde bouwstenen zijn niet allemaal geschikt voor realisatie op korte termijn (bijv. onderzoek nodig, strijdig met huidig beleid). Er zal daarom onderscheid gemaakt moeten worden tussen maatregelen op korte, middellange en lange termijn.
- De bouwstenen zijn indicatief geformuleerd. Voor een aantal bouwstenen is meer onderzoek nodig (m.n. technisch, ecologisch en relatie met gebruik) voordat ze verder uitgewerkt en gerealiseerd kunnen worden.
- Opslag is een cruciaal onderdeel van het toekomstige energiesysteem. Voor het IJsselmeer lijkt hoog temperatuur warmteopslag in combinatie met collectieve warmtenetten met laag temperatuur bronnen een logische keuze. Hierbij kan tijdelijke overproductie elektriciteit uit wind en zon goed benut worden voor de aansturing van warmtepompen in de opslagvaten. Deze overproductie kan ook benut worden voor de productie van waterstof.
- Deze energieverkenning gaat uit van bekende technieken (wind, zon, TEO), die op korte termijn toepasbaar zijn. Meer innovatieve energievormen (zoals osmose, getijden- en vervalenergie) lijken in het IJsselmeergebied op korte termijn geen significante bijdrage aan de energietransitie te kunnen gaan leveren.
- Geothermie eerst benutten op land, vanwege onzekerheid over beschikbaarheid en effecten van (ultra)diepe geothermie.
- Grootschalige windclusters (zoals windpark Fryslân) zijn onderzocht in deze verkenning, maar zijn strijdig met een aantal ruimtelijke principes, zoals 'houd de lengteassen open', 'voorkom interferentie' en 'maak overzienbare clusters'.

### AANBEVELINGEN

- Gebruik de opgestelde bouwstenen en ruimtelijke principes voor het IJsselmeer als input en toolbox voor de op te stellen RES'en.
- Richt je primair op energie ontwikkelingen in het IJsselmeer die meerwaarde creëren en aansluiten bij andere relevante IJsselmeeropgaven, m.n. ecologie en gebruik.
- Een vervolgproces tijdens en volgend op de RES'en is nodig om de ruimtelijke, recreatieve, ecologische en andere gevolgen in samenhang te bekijken en zo nodig bij de sturen op schaalniveau van het IJsselmeergebied als geheel. Onderlinge afstemming tussen de 5 RES'en is nodig.
- Start benodigd vervolgonderzoek t.b.v. uitwerking en realisatie bouwstenen zo snel mogelijk op en koppel dit, waar mogelijk, aan pilotprojecten.
- Lever per project maatwerk om het bestaand gebruik in te passen en waar mogelijk te versterken.

# BIJLAGEN

## BIJLAGE VERVOLGONDERZOEK ENERGIEVERKENNING IJSSELMEER

### ALGEMEEN

- Hoe kunnen functiecombinaties / meekoppelkansen “gewicht” bieden in de kostendiscussie?
- Hoe kan tijdelijkheid (door innovaties of functieverandering) worden vastgelegd en opgenomen in het ruimtelijke kader?
- Hoe kan de potentie van innovaties worden afgewogen bij toekomstperspectieven? (zoals windmolens zonder wieken en energieboei)
- Hoe kunnen energie pilots (metingen, experimenten en monitoren) het beste ingericht worden om zoveel mogelijk informatie te bieden voor verschillende thema's (ecologie, ruimtelijke kwaliteit, stabiliteit etc.)?
- Hoe kunnen kleine energie initiatieven bijdragen aan de in deze verkenning genoemde uitgangspunten voor ruimtelijke kwaliteit en meekoppelkansen?
- Hoe kunnen betrokken overheden met elkaar samenwerken om op voorhand te komen tot een optimale beheersituatie van zonnepanelen, grondverzet, natuur en andere aandachtspunten?
- In hoeverre kan het IJsselmeergebied als pilotlocatie dienen voor innovatieve vormen van opslag zoals warmte buffervaten, fase verandering opslag en chemische opslag?
- Onderzoek hoe het totaal aan te zijner tijd beoogde energiemaatregelen past binnen het N2000-beleid.
- Wat is de optimale ruimtelijke inrichting van duurzame energie projecten in het IJsselmeer gezien de kosten en baten die samenhangen met de distributie en aan te leggen of te verzwaren energie infrastructuur?

### ECOLOGIE

#### ZON

- Wat zijn de effecten van zonnepanelen op de ecologische situatie van het water tijdens de aanlegfase en na realisatie? (denk aan: beheer, bekabeling, watertemperatuur, lichtinval voor sleutelsoorten zoals algen)
- Hoe kunnen de negatieve effecten van zonnepanelen op de ecologische gesteldheid worden beperkt? (denk aan: oriëntatie, diep of ondiep water, hoeveelheid ruimte tussen de panelen, verschillende doelsoorten)
- Hoe kan energiewinning in de verschillende type wateren van het IJsselmeergebied optimaal worden ingepast, zodat positieve effecten voor ecologie te verwachten zijn (denk aan: lagere watertemperatuur, zonering, inpassing met natuurvriendelijke oeverzones etc.)
- Welke maatregelen moeten worden getroffen om zonne-eilanden als refugium te laten functioneren en daarmee het ecosysteem te verbeteren?
- (Hoe) kunnen zonnepanelen erosie van kwetsbare natuurgebieden verminderen? (denk aan: afstand tot de kust, constructie, oppervlakte)
- Wat is de ruimtelijke impact van zonnevelden op de openheid van het IJsselmeer en Markermeer?
- Zijn vaste systemen of drijvende systemen voor zonnepanelen het beste toepasbaar op het IJsselmeer?

#### WIND

- Waar liggen belangrijke vliegroutes van verschillende vogelsoorten en zijn er gebieden die met het oog daarop uitgesloten moeten worden van windmolens (i.v.m. aanvaringsslachtoffers)?
- Welke maatregelen moeten worden getroffen om windmolenparken als refugium te laten functioneren en daarmee het ecosysteem te verbeteren?

- Onder welke condities kunnen hard substraat en scourprotection (bescherming zeebodem tegen erosie e.d.) een bijdrage leveren aan het huidige ecosysteem onder water? (materiaal, locatie, vorm, ...)
- Hoe kan de verstoring voor de bodem worden beperkt? (denk aan: aanleg en kabels en leidingen, trillingen)

### THERMISCHE ENERGIE UIT OPPERVLAKTEWATER (TEO)

- Wat zijn de effecten van TEO op de ecologische situatie van het water (denk aan waterkwaliteit, temperatuur, maar ook verstoring door aanleg etc.)

### GEBRUIK (ECONOMIE EN RECREATIE)

- Hoe kunnen positieve effecten van energie opstellingen (wind en zon) voor recreatie worden benut in verschillende type wateren en landschapstypes? (denk aan: aanlegsteigers, uitkijkpunten, interessantere vaarroutes, kijkhutten etc.)
- Waar en hoe kunnen zonne- en aquacultuurvelden gecombineerd worden?
- Welk type windturbine kan geplaatst worden in (militaire) vliegzones / aanvliegroutes?
- Waar en hoe kunnen windmolens een bijdrage leveren voor aquacultuur?
- Wat is de minimale afstand van windmolens tot zandwingebieden?

### CULTUURHISTORIE EN RUIMTELIJKE KWALITEIT

- Wat is het effect van windmolens en zonnepanelen op archeologie tijdens aanleg en na realisatie?
- Hoe kan in de toekomst eenvoud en eenduidigheid gewaarborgd worden in type windmolens, zonnepaneelconstructies, transformatiehuisjes en andere beeldbepalende elementen?
- Hoe kunnen zonnepanelen worden opgesteld (situering, oriëntatie, constructie) en ingepast om de invloed op ruimtelijke kwaliteit vanaf verschillende standpunten te beperken?

### WATER-SYSTEEM

- Wat zijn de effecten van (fundering van) windmolens op de waterkeringen?
- Wat zijn de effecten van zonnepanelen, windmolens en TEO op de fysische en chemische situatie van het water tijdens de aanlegfase en na realisatie? (denk aan: plastics, bekabeling, watertemperatuur, lichtinval)
- Wat zijn de effecten van zonnepanelen en windmolens op oppervlakkige en diepe waterstromen en sedimentstromen?
- Hoe kunnen windmolens en zonnepanelen een rol spelen in de dijkversterkingsopgave? (denk aan: afstand tot de kust, constructie, oppervlakte)

## BIJLAGE TEO

Voor de analyse is de verwachte toekomstige warmtevraag van alle woningen en gebouwen in het IJsselmeergebied ingeschat. Daaruit volgt het aantal woningen en gebouwen dat kansrijk is om aan te sluiten op een warmtenet. Deze analyse is gebaseerd op een aantal parameters, o.a.;

- Laagste maatschappelijke kosten;
- Concentratie warmtevraag per gebied;
- Energie labels;
- Mogelijke isolatiegraad gebouwen;
- Type gebouwen;
- Leeftijd gebouwen;

Het is nog onzeker tot welke afstanden TEO toegepast kan worden. Oftewel, tot welke afstand van gebouwen en een warmtenet water opgepompt kan worden uit het IJsselmeer. In deze analyse is de bandbreedte van 400 meter tot 5.000 meter gebruikt. Bij 400 meter lijken ongeveer 72.000 woningequivalenten kansrijk voor de techniek, bij 5.000 meter zijn dat er 422.000. Dit levert respectievelijk 850 TJ of 5.800 TJ op.

Eventueel kunnen buurten met bestaande warmtenetten toegevoegd worden, zoals bijvoorbeeld Almere. Als op deze locaties op termijn TEO gebruikt wordt als extra bron dan stijgt de realistische potentie naar 6.900 TJ.

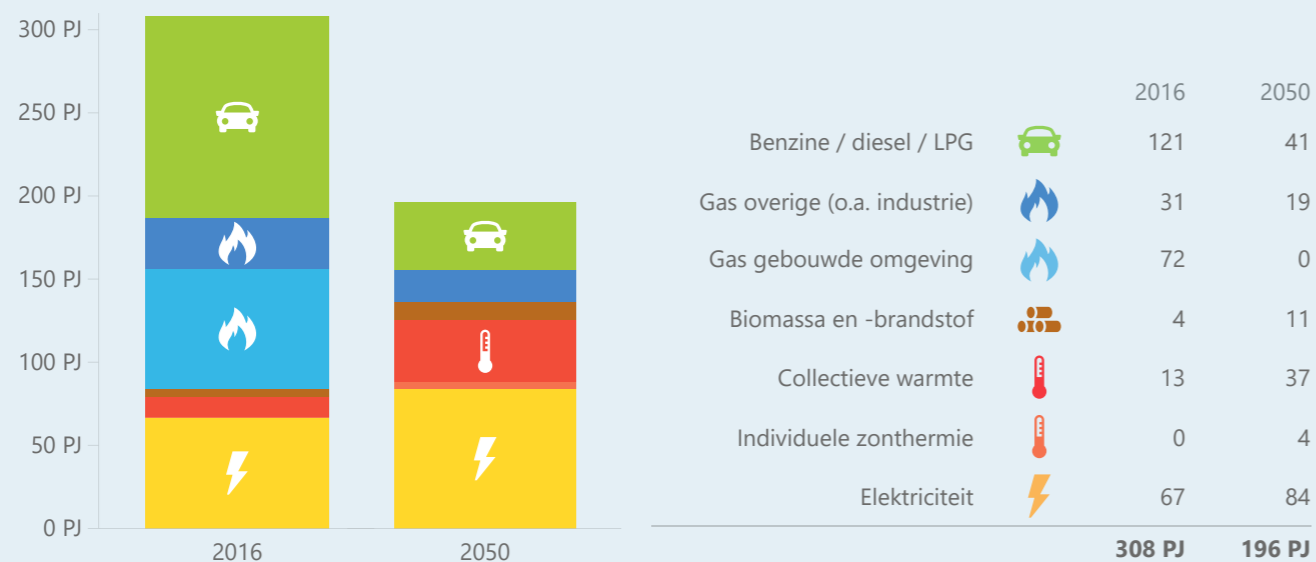
BIJLAGE ENERGIE MIX

# Energiemix Noord-Holland

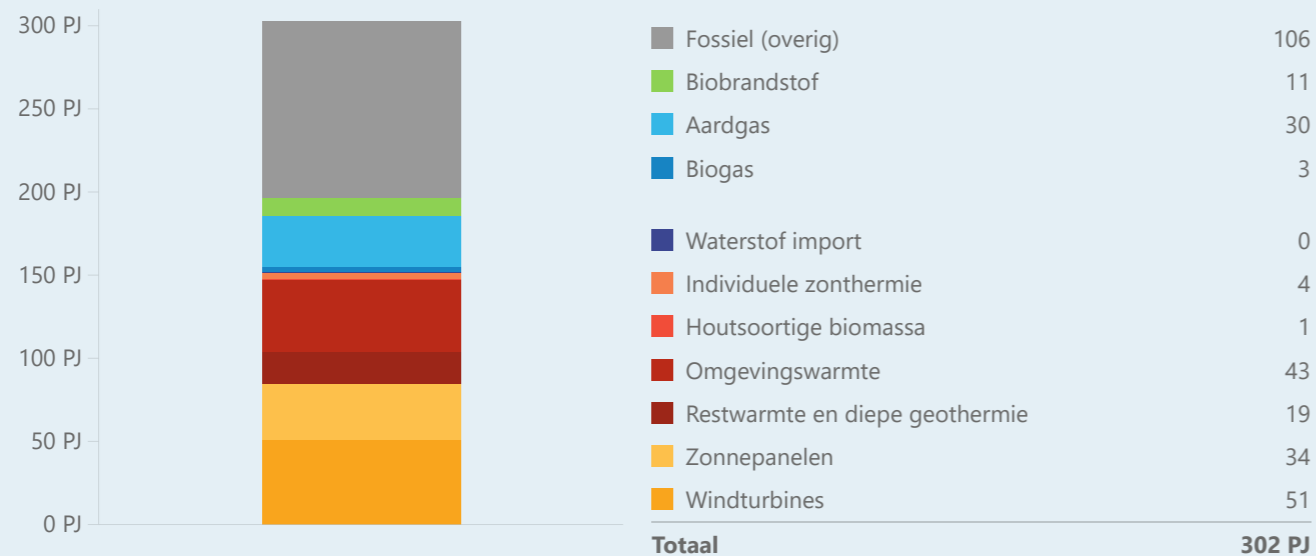
Inwoners: 2.784.854  
 Woningen: 1.300.093  
 Energiegebruik gebouwde omgeving: 34%



## 1. Energievraag eindgebruik



## 2. Energiebronnen 2050



## 3. Opgave per thema 2050

Wind  
51 PJ



2.450 windturbines op land (3 MW)  
 0 windturbines op zee (10 MW) / innovatie

Zon  
38 PJ



12.530.000 PV-panelen op daken  
 14 PJ  
 7.577 ha zonnenveld  
 20 PJ  
 10.885 MW vermogen PV panelen  
 1.344.000 zonnecollectoren  
 4 PJ  
 1.387 MW

Collectieve Warmte  
37 PJ



Vermogen bronnen: 1.348 MW  
 1.164.000 woningequivalenten  
 Geothermie (19%)  
 Restwarmte (32%)  
 Warmtepompen (48%)  
 Overig (1%)

Individuele Warmte  
71 PJ



Warmtepompen 53%  
 Overig 41%

(Hernieuwbaar) Gas  
46 PJ

Aardgas (66%)  
 Biogas (7%)  
 Waterstof (27%)

Biomassa  
11 PJ

Bijstook biomassa 1 PJ  
 Transport 11 PJ  
 Overig 0 PJ

Deze factsheet is gegenereerd door het Energietransitiemodel voor het volgende scenario: [pro.energytransitionmodel.com/scenarios/392071](http://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/392071)

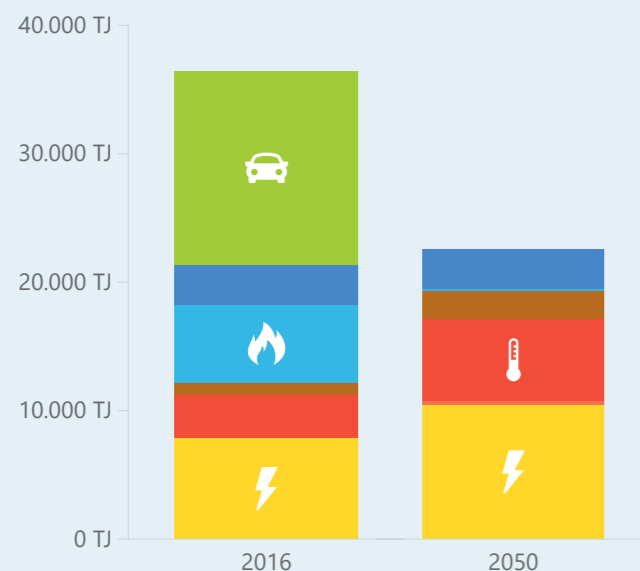
# Energiemix Flevoland

Inwoners: **404.068**  
 Woningen: **162.918**  
 Energiegebruik gebouwde omgeving: **36%**



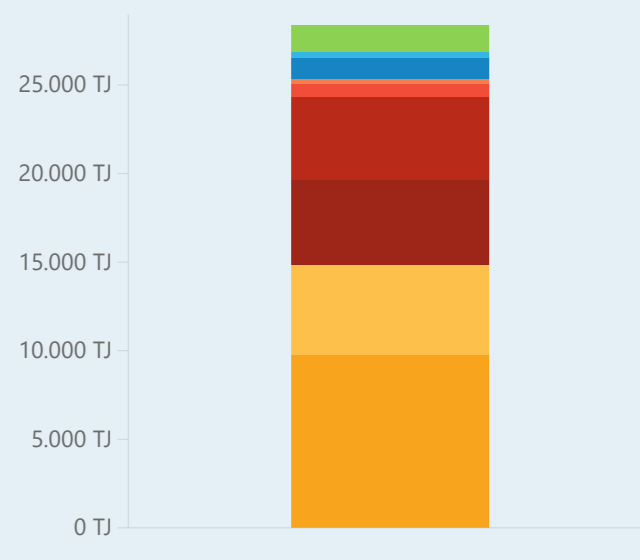
## 1. Energievraag eindgebruik

Besparing **-38%**  
 13.862 TJ



2016	2050
Benzine / diesel / LPG	0
Gas overige (o.a. industrie)	3.100
Gas gebouwde omgeving	136
Biomassa en -brandstof	2.219
Collectieve warmte	6.361
Individuele zonthermie	315
Elektriciteit	10.467
<b>Totaal</b>	<b>36.460 TJ</b>
	<b>22.598 TJ</b>

## 2. Energiebronnen 2050



Fossiel (overig)	0
Biobrandstof	1.482
Aardgas	383
Biogas	1.148
Waterstof import	0
Individuele zonthermie	315
Houtsoortige biomassa	737
Omgevingswarmte	4.672
Restwarmte en diepe geothermie	4.826
Zonnepanelen	5.032
Windturbines	9.795
<b>Totaal</b>	<b>28.389 TJ</b>

## 3. Opgave per thema 2050

### Wind 9.795 TJ

215 windturbines op land (3 MW)  
 27 windturbines op zee (10 MW) / innovatie

### Zon 5.347 TJ

2.891.000 PV-panelen op daken  
 3.158 TJ  
 700 ha zonnenveld  
 1.874 TJ  
 1.612 MW vermogen PV panelen  
 158.000 zonnecollectoren  
 315 TJ  
 110 MW

### Collectieve Warmte 6.361 TJ

Vermogen bronnen: 492 MW  
 199.000 woningequivalenten

- Geothermie (76%)
- Restwarmte (0%)
- Warmtepompen (13%)
- Overig (12%)

### Individuele Warmte 6.279 TJ

5%  
 10%

- Warmtepompen 77%
- Overig 9%

### (Hernieuwbaar) Gas 4.081 TJ

- Aardgas (9%)
- Biogas (28%)
- Waterstof (62%)

### Biomassa 2.219 TJ

- Bijstook biomassa 737 TJ
- Transport 1.482 TJ
- Overig 0 TJ

Deze factsheet is gegenereerd door het Energietransitiemodel voor het volgende scenario: [pro.energytransitionmodel.com/scenarios/394093](http://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/394093)

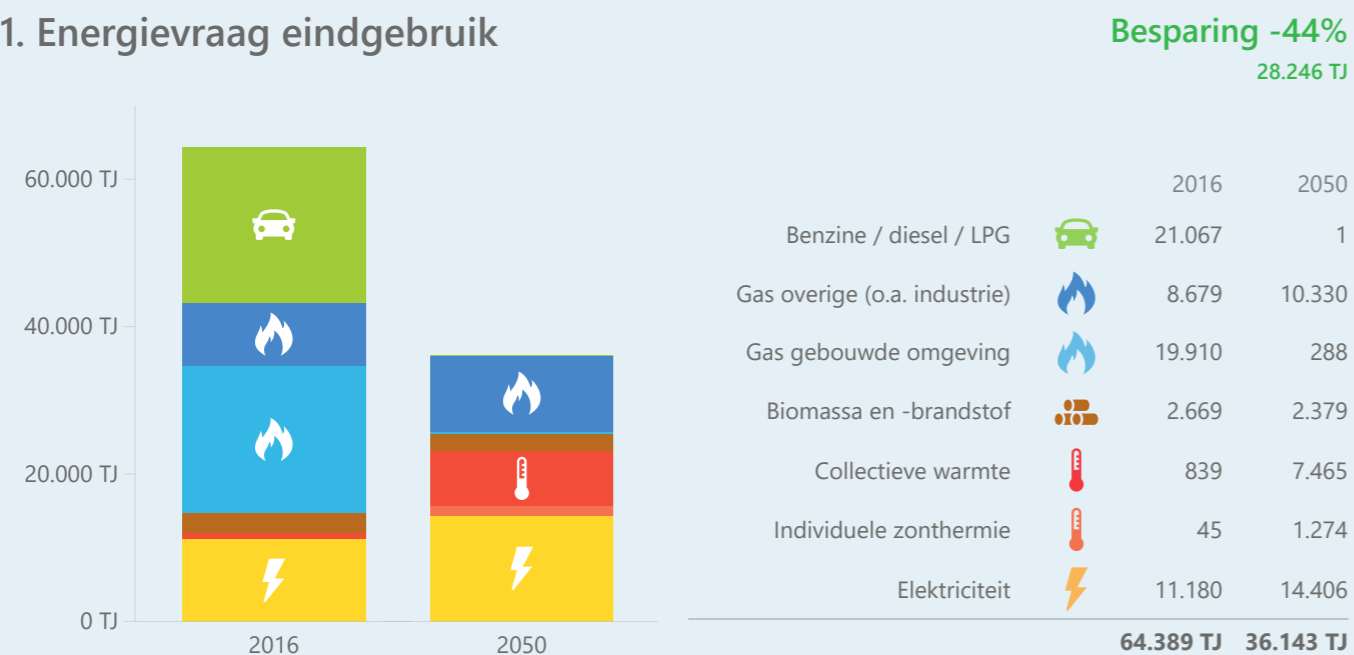
# Energiemix Friesland

Inwoners: **646.040**  
Woningen: **295.540**  
Energiegebruik gebouwde omgeving: **43%**

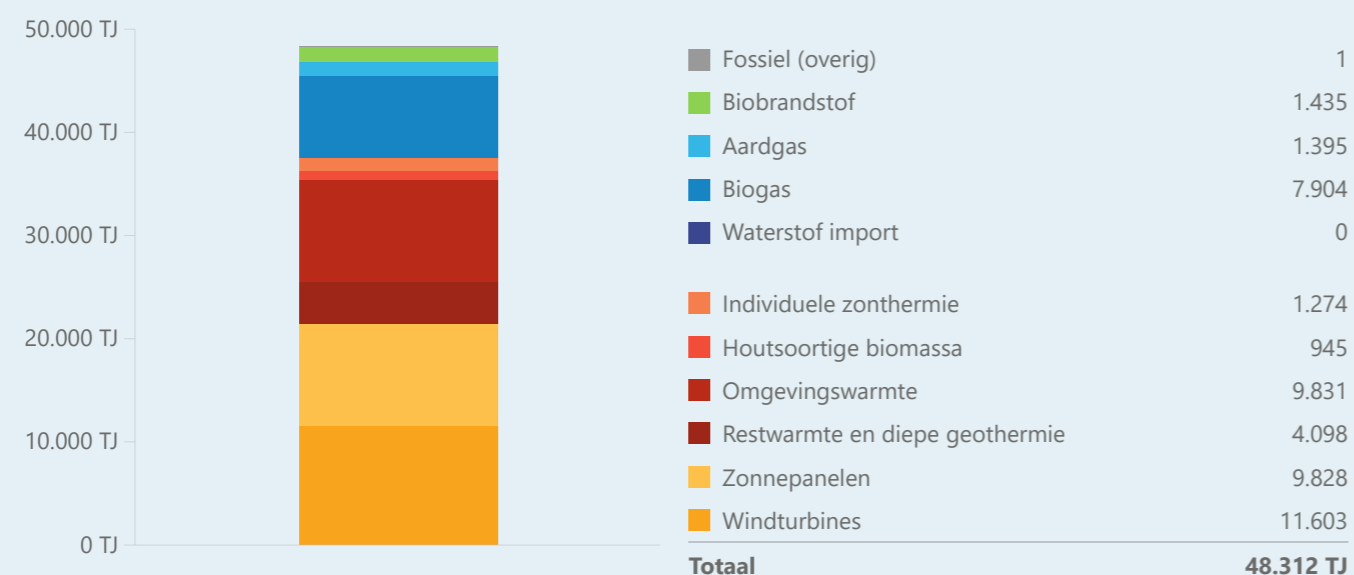


3-1-2019

## 1. Energievraag eindgebruik



## 2. Energiebronnen 2050



## 3. Opgave per thema 2050

Wind  
11.603 TJ



186 windturbines op land (3 MW)  
45 windturbines op zee (10 MW) / innovatie

Zon  
11.101 TJ



7.033.000 PV-panelen op daken  
7.683 TJ  
801 ha zonnenveld  
2.144 TJ  
3.149 MW vermogen PV panelen  
638.000 zonnecollectoren  
1.274 TJ  
447 MW

Collectieve Warmte  
7.465 TJ



Vermogen bronnen: 674 MW  
233.000 woningequivalenten  
Geothermie (55%)  
Restwarmte (0%)  
Warmtepompen (10%)  
Overig (35%)

Individuele Warmte  
17.508 TJ



Warmtepompen 65%  
Overig 24%

(Hernieuwbaar) Gas  
13.580 TJ

Aardgas (10%)  
Biogas (58%)  
Waterstof (32%)

Biomassa  
2.379 TJ



Bijstook biomassa 935 TJ  
Transport 1.435 TJ  
Overig 10 TJ

Deze factsheet is gegenereerd door het Energietransitiemodel voor het volgende scenario: [pro.energytransitionmodel.com/scenarios/394095](http://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/394095)

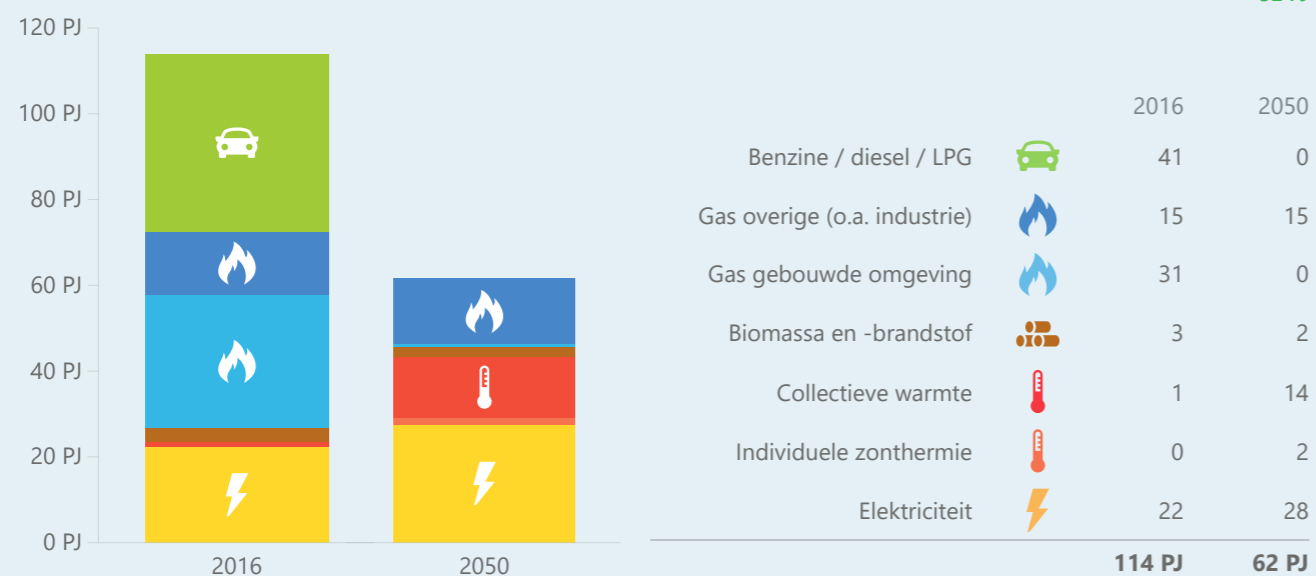
# Energiemix Overijssel

Inwoners: 1.144.280  
Woningen: 493.759  
Energiegebruik gebouwde omgeving: 29%

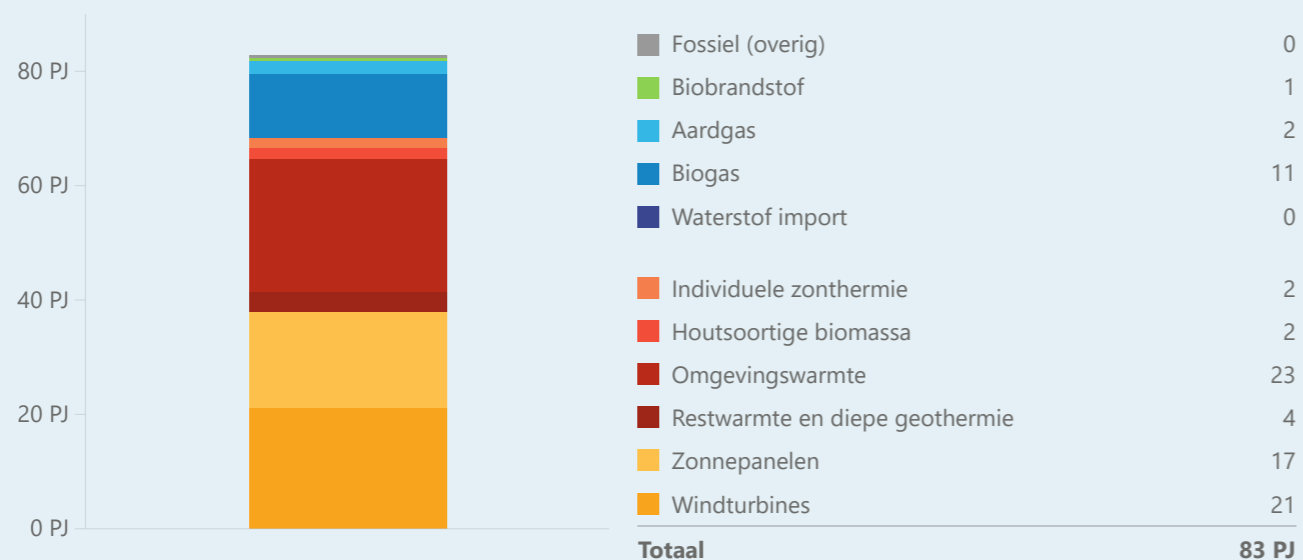


3-1-2019

## 1. Energievraag eindgebruik



## 2. Energiebronnen 2050



## 3. Opgave per thema 2050

Wind  
21 PJ



580 windturbines op land (3 MW)  
63 windturbines op zee (10 MW) / innovatie

Zon  
18 PJ



10.443.000 PV-panelen op daken  
11 PJ  
2.000 ha zonnenveld  
5 PJ  
5.371 MW vermogen PV panelen  
818.000 zonnecollectoren  
2 PJ  
573 MW

Collectieve Warmte  
14 PJ



Vermogen bronnen: 984 MW  
438.000 woningequivalenten  
Geothermie (25%)  
Restwarmte (0%)  
Warmtepompen (51%)  
Overig (23%)

Individuele Warmte  
31 PJ



Warmtepompen 69%  
Overig 21%

(Hernieuwbaar) Gas  
19 PJ

Aardgas (11%)  
Biogas (58%)  
Waterstof (31%)

Biomassa  
3 PJ

Bijstook biomassa 2 PJ  
Transport 1 PJ  
Overig 0 PJ

Deze factsheet is gegenereerd door het Energietransitiemodel voor het volgende scenario: [pro.energytransitionmodel.com/scenarios/394094](http://pro.energytransitionmodel.com/scenarios/394094)

## COLOFON

De energieverkenning IJsselmeergebied is uitgevoerd door **H+N+S Landschapsarchitecten** i.s.m. **Palmhout Urban Landscapes** en **Over Morgen (Duurzame leefomgeving)** in opdracht van de IJsselmeerprovincies Fryslân, Noord-Holland, Flevoland en Overijssel.

### Projectteam

Nikol Dietz (H+N+S Landschapsarchitecten)  
 Josje Hoefsloot (H+N+S Landschapsarchitecten)  
 Jandirk Hoekstra (H+N+S Landschapsarchitecten)  
 Pim Kupers (H+N+S Landschapsarchitecten)  
 Danielle van Meijeren (H+N+S Landschapsarchitecten)

Marcel van der Meijs (Palmhout Urban Landscapes)  
 Luuk van Zwam (Palmhout Urban Landscapes)  
 i.s.m. Frits Palmboom (Stedenbouwkundige)

Rijk van Voskuilen (Over Morgen)  
 Coen Bernoster (Over Morgen)  
 Olaf Herfst (Over Morgen)

### Begeleidingsgroep

Jack van der Wal (provincie Fryslân)  
 Charles van Schaik (provincie Noord Holland)  
 Lize Beekman (provincie Flevoland)  
 Willemijn Moes (provincie Overijssel)  
 Ad Huikeshoven (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat-)

### Eindredactie

H+N+S Landschapsarchitecten

### Foto's en afbeeldingen

Zoveel mogelijk is geprobeerd de bronnen van afbeeldingen, die niet door H+N+S Landschapsarchitecten, Palmhout Urban Landscapes en Over Morgen zijn gemaakt, te achterhalen en te vermelden.

### Projectnummer

2380

H+N+

S+ +