

# Dynamic Tidal Power

Aan de kust en in open zee

**Classified Information**  
Invitation for coöperation

## **STICHTING DTP NETHERLANDS**

Zernikelaan 17, 9747 AA Groningen  
KvK 020 65 525, Tel.+31(6) 53 122 571  
<https://www.dynamictidalpower.eu>

August 17, 2020  
Opgesteld door: Ir. Walther L. Walraven

# Dynamic Tidal Power

Aan de kust en in open zee

## Inhoudsopgave

<b>Inleiding</b>	<b>2</b>
<i>Onze supporters en partners</i>	2
<b>Scope van Dynamic Tidal Power dammen in zee</b>	<b>3</b>
<i>Meer dan 45 miljoen extra omzet met één dam</i>	3
<b>Prijs vergelijking van elektriciteit opwekkingsmogelijkheden</b>	<b>4</b>
<b>Dammen aan de kust en open zee;- voor- en nadelen</b>	<b>6</b>
<b>Leveringszekerheid bij volledig duurzame stroomproductie in Europa</b>	<b>8</b>
<i>Oplossing zonder CO2 productie met Biodegradable batterijen</i>	8
<i>Opslag DTP (geregistreerd IP)</i>	9
<b>Opbrengsten DTP als functie van damlengte en stroomsnelheid</b>	<b>10</b>
<i>DTP aan de kust</i>	10
<i>DTP in open zee</i>	11
<b>DTP-dammen een nieuwe kans voor de visserij</b>	<b>12</b>
<i>Investering met hoog maatschappelijk rendement</i>	12
<i>Spectaculaire toename visstand</i>	12
<b>Taakstellende uitdaging voor de industrie</b>	<b>12</b>
<i>Synergie met TenneT: Aansluiten powerdam 10 -20 keer goedkoper</i>	13
<i>TenneT heeft behoefte aan flexibel CO2-vrij vermogen powerdammen kunnen dat leveren</i>	13
<b>Investeer in de toekomst met multifunctionele powerdammen</b>	<b>14</b>
<i>Toegang tot projectinformatie</i>	14

## Inleiding

Middels dit rapport stellen wij onszelf, Stichting DTP Netherlands, graag aan u voor. DTP staat voor Dynamic Tidal Power. Wij hopen met dit schrijven ons doel helder over te brengen en u te interesseren in een mogelijke samenwerking. Op weg naar duurzame, emissievrije energie.

Aangenaam kennis te maken, wij zijn DTP Netherlands. Misschien wel de meest veelbelovende baseload producent van groene stroom, zónder CO2 productie. Wij hebben als Stichting het doel om investeerders en politici van het nut van een snelle realisatie van de bouw van powerdammen te overtuigen. Daarom zoeken wij samenwerking met de overheid, industriële partners en energiebedrijven om de dammen in Nederland én daarbuiten te realiseren.

Wij houden van heldere taal. We hebben financiering nodig voor het aanjagen van de industriële ontwikkeling, daarvoor is €12 miljoen begroot. Hiermee worden de randvoorwaarden gerealiseerd om voor Nederland een baseload te bouwen, zonder CO2 productie, die 30 tot 60 miljard kWh per jaar oplevert. Hoe? Dat leest u in dit rapport.

Naast de stichting DTP Netherlands bestaat er een op zichzelf staande landelijke stuurgroep die zich inspant om het gedachtengoed van DTP politiek en bestuurlijk uit te dragen, waarmee regelmatig informatie wordt uitgewisseld. In de stuurgroep hebben ondermeer zitting:

- Tineke Huizinga (senator – eerste kamer) en voorzitter van de stuurgroep DTP
- Jan Hendrik Dronkers, directeur-generaal Luchtvaart en Maritieme Zaken
- Professor Bas Jonkman, TU-Delft
- Koen Overtoom, CEO havenbedrijf Amsterdam

## Onze supporters en partners

### Ambassadeurs

- Gertjan Lankhorst, voormalig directeur New Energy Coalition, voorzitter RvC NOM en voorzitter VEMW
- Marjan Minnesma, Directeur Urgenda, lid strategic Board TNO
- Harm Post, Directeur Haven Lauwersoog, Voorzitter De Commerciële Club Groningen

### Bedrijven

Antea, Svasek, Tidal Bridge, Suwotec, Humsterland Energie

Hoogachtend, Ir. Walther Walraven, voorzitter Stichting DTP Netherlands

## Scope van Dynamic Tidal Power dammen in zee

DTP is een technologie waarbij dammen in zee loodrecht op de stroming worden geplaatst. In de dammen bevinden zich turbines. Het getijde stroomt tegen de dam waardoor er voor en achter de dam een waterhoogteverschil ontstaat. Dit is afhankelijk van de getijde stroming en varieert tussen de 1 tot 3 meter. Dit hoogteverschil leidt tot hoge stroomsnelheden die krachtig door de turbines vloeien. Hierdoor worden er per turbine **grote hoeveelheden elektriciteit** opgewekt.

Het principe van DTP is wetenschappelijk gevalideerd door de Technische Universiteit Delft en door het Massachusetts Institute of Technology, kortweg MIT, dat een van de meest prestigieuze technische universiteiten ter wereld is. Het principe berust op het **benutten van de getijde versnellingskrachten**; -waarmee bijvoorbeeld de opstuwingshoogtes tegen de zuidkust van Engeland kunnen worden verklaard. Momenteel wordt er door ons nog een extra validatieslag gemaakt in een werkseminar samen met wetenschappelijke topexperts om ook instituten als Deltares en het TNO te verzekeren van de grote potentie van DTP dammen.

## Meer dan 45 miljoen extra omzet met één dam

Door gebruik te maken van de natuurlijke beweging van de getijde is het mogelijk om goedkoop stroom te produceren en dit als baseload met opslag te gebruiken. De opslag voor baseload met gebruik van DTP is een **factor 500 goedkoper** dan bij het gebruik van wind op zee als energiebron.

Dammen van 50 kilometer uitgevoerd met walvisstaarten kunnen ruim 50 miljard kWh als baseload produceren. Voor een prijs die op de APX beurs in concurrentie verkocht kan worden; **zonder subsidie**.

Daarnaast zijn er veel koppelkansen mogelijk. Denk hierbij aan de mossel- en oesterkweek. Een studie van de WUR, Wageningen University & Research heeft in september 2019 becijferd, dat er met de dammen op de walvisstaarten gezamenlijk meer dan 45 miljoen omzet behaald kan worden met reeds één dam in zee. Hierdoor kan deze branche sterk groeien.

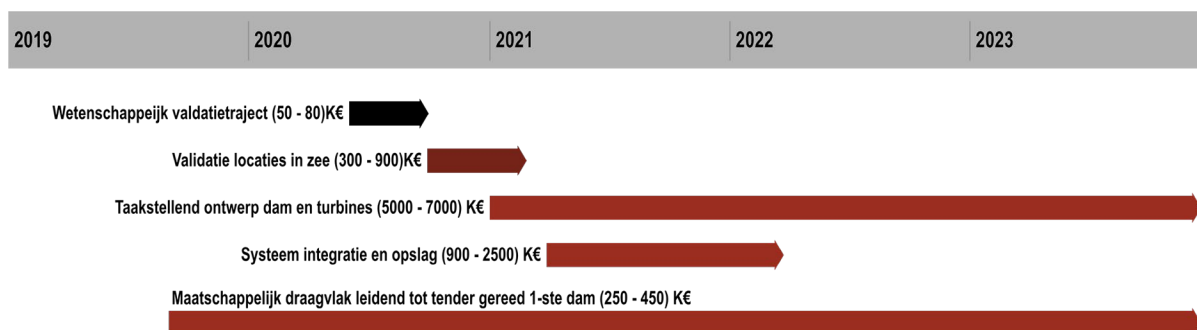
## Groene basisstroom en gewonde visstand verbeteren

Bovendien zal de “gewonde visstand” geleidelijk aan sterk verbeteren omdat de dammen als harde structuur kraamkamers voor vissen kunnen worden. Het ontwerp van de bekleding van de walvisstaarten of T-shapes zal in overleg met de WUR tot stand komen.

Momenteel wordt de bijstook van biomassa in Nederland met miljarden euro's gesubsidieerd. Hiertegen is veel oppositie vanuit de wetenschap en milieu organisaties. Wij bieden met de Stichting DTP Netherlands onze beleidsmakers een nieuwe oplossing. Wij pleiten ervoor het gesubsidieerde biomassa traject te verlaten en te investeren in 2 DTP dammen. Dan ontstaat er een werkelijk groene basisstroom **zonder CO2 productie** van 40 tot 60 miljard kWh. Hiermee is de 2030 doelstelling gehaald, zonder de ontbossings-effecten van de gesubsidieerde bijstook. Tevens kunnen de kolencentrales, die 31 miljard kWh als baseload produceren gesloten worden.

## In de komende 4 jaar beoogt de Stichting DTP Netherlands het DTP concept tenderrijp te maken in 4 fases:

- I. Validatie van het DTP principe zowel a) wetenschappelijk als b) praktisch met evaluatie van locatiekeuzes, inclusief morfologie en effecten stroming mutaties in zee;- hierbij worden uiteraard de betreffende stakeholders en NGO's betrokken
- II. Design en taakstellende prijsrationalisatie van de dammen en turbines samen met bedrijfsleven met inzet van benchmark exercities
- III. Systeemintegratie in samenwerking met TenneT, inclusief ontwikkeling 6 uren opslag voor dammen
- IV. Draagvlak bij alle relevante stakeholders en overheden inclusief de uitwerking van koppelkansen



AFBEELDING 1 PROFORMA BEGROTING IN DE TIJD

## Prijs vergelijking van elektriciteit opwekkingsmogelijkheden

Nederland verbruikt per jaar 120 miljard kWh elektriciteit. In onderstaande tabel 1 hebben we vastgesteld wat de BV Nederland zou moeten betalen om de gehele stroomvoorziening met één van de onderzochte opwekmethodes te realiseren.

Voor technieken die geen baseload kunnen leveren, zoals zon en wind, hebben we waterstof en brandstofcellen als tussenmedium gekozen. We zijn uitgegaan van een gewenst prijsscenario voor de technieken in 2030 - 2035. De congestie-kosten voor zon en wind voor grid aanpassing - zoals verzwaring van het hoog- en laagspanning net (€ 39 miljard volgens TenneT) - zijn hierin nog **niet** meegenomen. Voor DTP zijn de congestiekosten nihil, omdat deze techniek een baseload levert. In de 50 kWh voor de productie van 1 kg waterstof zijn tevens de compressiekosten tot 30 bar als de energiekosten van de randprocessen meegenomen.

De compressie en opslagcomponenten van waterstof zijn kostbaar. Voor de opslag is uitgegaan van de goedkope oplossingen, zoals het gebruik van het gasnet en zout cavernes. Voor steenkool is de verplichte CO2 heffing ingecalculeerd in de OPEX. Er zijn **geen subsidies en belastingen** meegenomen. Dus puur de kale kosten voor de BV Nederland.

**Ook goed om te weten:** Omdat DTP wordt uitgevoerd met eigen energieopslag zijn de af te voeren piekvermogens naar het land 2/3 lager dan voor windenergie. Voor DTP dammen aan de

kust, bedraagt de jaarlijkse vergoeding 0,0075 cent per kWh voor aansluitkosten van TenneT aan het hoogspanningsnet. Voor wind op zee zijn die kosten afhankelijk van de afstand tot de kust. Vattenfall een sloot een overeenkomst met TenneT voor de aansluitkosten van 1,4 cent per kWh voor de nieuwe windpark locaties aan de Hollandse kust III en IV.

Electricity production with H2 storage	Price raw material	Conversion	Conversion price	OPEX & CAPEX	Transport to grid	Hydrogen prod/ storage/ fuelcells to grid (*)	Total cost excl. taxes/ levy	Annual cost Netherlands for 120 TWh per technology	
			€/kWh	€/kWh	€/kWh	€/kWh	€/kWh	€	
• Nat. gas	0,19 €/m3	56%	0,0386	0,0100			0,0486	5.826.623.377	Fossil CO2 emission
• Coal	65 €/ton	46%	0,0177	0,0400			0,0577	6.926.950.462	
• Crude Oil	70 €/barrel	47%	0,0790	0,0120			0,0910	10.916.739.212	
• Bio mass	0,0310 €/kWh <sub>th</sub>	40%	0,0775	0,0804			0,1579	18.943.252.629	
Nuclear	As baselaad: at least 8000 full load hours per year						0,0500	6.000.000.000	No CO2 emission
Dynamic tidal power	DTP production (price/ kWh) depends on dam length, tidal flow speed and depth					min	0,0380	4.560.000.000	
• Offshore wind	35 %	year production needed for storage		0,0440	0,0140	0,1994	0,2134	25.603.919.308	
• Solar plants	62 %	year production needed for storage		0,0400	0,0100	0,2480	0,2580	30.961.904.762	
• Onshore wind	38 %	year production needed for storage		0,0500	0,0100	0,2435	0,2535	30.421.839.289	

TABEL 1 LEVELIZED COST OF ELECTRICITY - OPTIONS IN THE NETHERLANDS

De uitkomsten van de tabel zijn gevalideerd met de uitkomsten van een analoge studie gedaan door het Fraunhofer instituut in 2018.

[EN2018 Fraunhofer-ISE LCOE Renewable Energy Technologies.pdf](#)

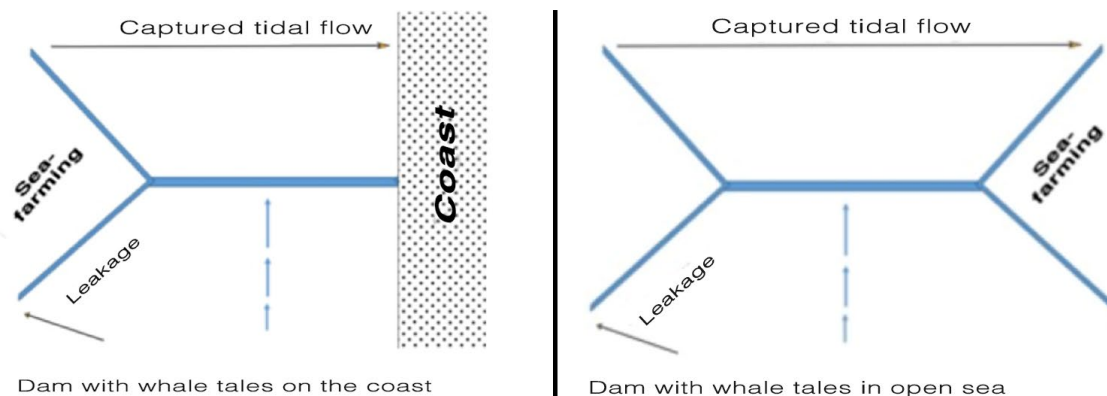
De kosten van de energie van wind en zon zijn berekend op de totale beschikbare stroom in het net, na opslag. Te weten:

$$LCOE_{incl. opslag} = \frac{\text{Totale productiekosten} + \text{kosten opslag} + \text{kosten invoeding in GRID met brandstofcellen}}{\text{netto kWh ingevoerd in het net}}$$

- ⇒ Waterstof kentallen: conversie: 50 kWh/ kg waterstof. Druk 30 bar. Rendement van de brandstofcellen: 60%. Voor de OPEX en CAPEX van het totale productie en opslagproces is uitgegaan van 3 Euro per kilo waterstof.
- ⇒ De stroomproductie in Nederland zal uiteraard een mix zijn van diverse technologieën, waarbij DTP een basislast kan zijn.

## Dammen aan de kust en open zee;- voor- en nadelen

In principe zijn er twee opties voor de plaatsing van dammen in zee: direct aan de kust en in open zee. Beide varianten hebben voor- en nadelen. Direct aan de kust zijn de opbrengsten hoger omdat er eenzijdig lekverlies optreedt. Dammen bestaan uit een functioneel deel, waarin de turbines zijn opgenomen. De walvisstaarten zijn betonnen dammen, zonder functionaliteit, die de opbrengst significant verhogen. Hierop is mossel- en oesterteelt mogelijk.



AFBEELDING 2 DAMMEN AAN DE KOST EN DAMMEN IN OPEN ZEE

Criterion	Dams in open sea	Dams connected to coast
Yield	Circa 50% lower, due to end-leaks. If delivered with whale tails, the LCOE will increase € 0,015 per kWh in relation to cost connected dams	Only leaks at sea side. From the coast into the sea, the water depth is less than for dams in open sea. Resulting in 17% lower yield per 5 m sea depth.
Location	No hindrance to shipping; preferably in planned windmill areas	No hindrance to shipping; preferably synergy with coastal protection
Morphology	Dunes and dikes are not affected	Dunes and dikes might be affected
Visibility	Not visible from the shore	Visible
Danger for public	To far from coast to be dangerous	Keep out area must be maintained
System integration to grid	Approx. 0,15 €cent/ kWh (1,5 €cent/ kWh for windfarms)	No marine cost, directly to coast. Approx. 0,075 €cent/ kWh
Shipping	If placed in existing wind farms no extra hindrance	A few locations are possible in order to avoid hindrance
Fisheries	If placed in existing wind farms no extra hindrance. Whale tails are new breeding ground for fish	A few locations are possible in order to avoid hindrance. Whale tails are new breeding ground for fish
Coastal protection	Offers potential coastal protection against storm attacks	In some case extra threat, in other cases significant coastal protection
Tourism	No negative effect for tourism	In some cases negative effects
Synergy with wind industry	Turbine construction and power dissipation, maintenance of windmills.	Turbine construction and power dissipation, maintenance of windmills.
Whale tails	Two-sided, which means more yield and less construction costs	One-sided, so that yield can be increased less
Sea-farming	Possible at two sides	Only possible at one side

TABEL 2 VOOR- EN NADELEN DAMMEN AAN KUST EN IN OPEN ZEE

In de komende pagina's tonen wij de uitkomsten van dammen aan de kust en in open zee. Wij hebben hierbij berekend vanuit het wensscenario. De functionele hoofddam is daarbij begroot i.s.m. Antea op € 400 miljoen Euro per kilometer en de walvisstaarten op 40 miljoen Euro per kilometer.

In onderstaande tabel 3 zijn de kWh prijzen inclusief opslag, waardoor er een baseload ontstaat. Hierdoor zijn de congestiekosten voor TenneT verdwenen en zijn bovendien de aansluitkosten een stuk lager. Omdat niet het complete piekvermogen naar de wal moet, maar slechts 1/3 van het piekvermogen. De LCOE in onderstaande tabel is berekend door alle jaarkosten te delen door de kWh productie gedurende de levensduur. Deze kan voor dammen gesteld worden op 60 jaar. De uitkomsten zijn inclusief een annuïteit financiering tegen 4,5% rente. Manipuleerbare kengetallen als inflatie en energieprijsstijging zijn niet meegenomen. De annuïteit financiering tegen 4,5% maakt dat bijvoorbeeld pensioenfondsen in de bouw van de dammen willen investeren – zoals het Philips pensioenfonds, omdat tegen het rendement van 4,5% de dekkingsgraad stabiel blijft om aan de fondsverplichtingen te kunnen voldoen.

In tabel 3 is een uitgewerkt voorbeeld van te verwachten opbrengsten van DTP dammen in een geïdealiseerde Noordzee.

De berekeningen zijn verricht door deskundigen van Antea met een analytisch model dat met FINEL (Computer Fluid Dynamics) numeriek is gevalideerd door het bedrijf Svasek. In het validatietraject worden potentieel gunstige locaties op zee met gegevens over de feitelijke dieptes en samenstelling van de zeebodem doorgerekend, zowel met betrekking tot de opbrengsten, de morfologie en de effecten op de zeestroming.

Specificatie van de dam	Aan de kust	In open zee
Uitvoering Y-shape (walvisstaarten) hoek t.o.v. hoofddam [graden] (*)	45°	45°
Lengte van benen staarten – Y shape [km]	20	20
Lengte functionele hoofddam [km]	40	40
Turbine diameter [m]	8	8
Waterdiepte gemiddeld [m]	20	35
Maximaal vermogen bij max. getijdesnelheid [GW]	10	7
Maximale getijde snelheid [m/s]	0,9	0,9
Uitvoering met eigen opslag	ja	ja
LCOE [Euro per kWh]	0,038	0,051

TABEL 3 PRESTATIEVERGELIJKING DAMMEN IN ZEE VERSUS DAMMEN AAN DE KUST  
BEIDE UITGEVOERD MET BIO-DEGRADABLE OPSLAG SYSTEEM EN WALVISSTAARTEN.

(\*) [Quinlin \(2014\)](#) et al hebben bepaald dat 40 graden de beste opbrengst leveren



## Leveringszekerheid bij volledig duurzame stroomproductie in Europa

Het oplossen van de opslagproblematiek wordt wel de heilige graal genoemd voor de energietransitie om deze betaalbaar te houden. De Nederlandse stroomproductie zal groeien naar 180 miljard kWh. We beogen daarbij 70% door zon en wind te laten produceren. Door de hoogspanningsnetten in Europa aan elkaar te knopen worden de pieken en productiegaten deels vereffend. Daarnaast zal de vraag de productie beter moeten volgen. Toch zal van die productie in 2050 dan nog ruim 5% via accu's naar het net gebracht moeten worden. Die accu's zullen een capaciteit moeten hebben van 10.000 gWh, aldus een prognose van CE-Delft.

Momenteel worden de productiegaten tussen de stroomvraag en het stroomaanbod opgevangen door snel bijschakelen van gascentrales, hydropower uit Noorwegen, condensatoren en een geavanceerd marktsysteem. Dit systeem, met de naam Merrit Order System, is ontworpen in samenwerking met Transmission System Operators (TSO's) als TenneT. Op grond van de korte termijn prognoses (1 tot 3 dagen) kunnen producenten van flexibel vermogen forse bedragen vragen voor het vullen van deze productiegaten. Met de groei van zon- en windenergie nemen de productiegaten en de overproductie toe. Het grootste probleem zit het in het feit dat opslagsystemen erg duur zijn. Hiermee wordt de kWh prijs (LCOE) verhoogd tot boven de 20 cent.

Waterstof als tussen medium heeft een overall rendement van 30 tot 50%, hetgeen inhoudt dat er 2 tot 3 keer zoveel stroom geproduceerd moet worden door zon en wind om aan de vraag te voldoen.

Er wordt momenteel in de lange termijn strategieën uitgegaan van de ontwikkeling van grootschalige Biomassa-stroom voor het vullen van deze productiegaten.

### Oplossing zonder CO2 productie met Biodegradable batterijen

Wij zien deze Biomassa oplossing als minder wenselijk vanwege de CO2 productie die dit met zich meebrengt en de enorme hoeveelheid bomen die daarvoor gekapt moeten worden.

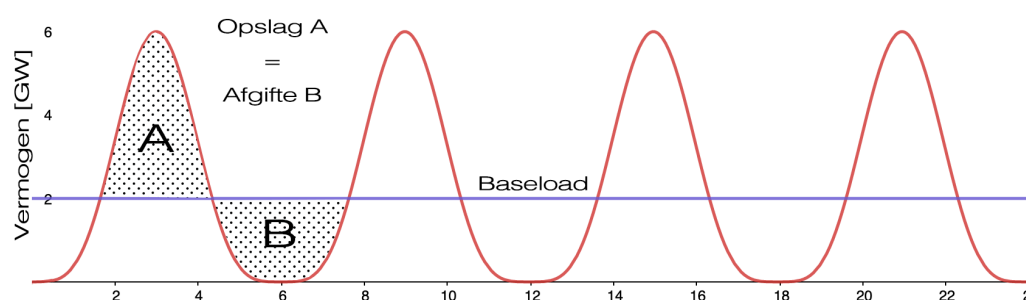
*Voor DTP Netherlands is een grootschalig opslagsysteem ontwikkeld, door het Nederlands partner bedrijf SUWOTEC. Dit zijn opslagsystemen met een capaciteit van tussen de 12 tot 20 miljoen kWh per dam.*

In tegenstelling tot Li-ion systemen leveren deze biologisch afbreekbare systemen geen brand en explosiegevaar. Het cycluserendement bedraagt 94% en is daarmee beter van Li-ion (88%). Verder kan dit type accu continue stroom vermogen leveren terwijl deze opgeladen wordt.

De levensduur in cycli bedraagt meer dan 20.000. Daarmee is het systeem ook geschikt voor opslag van windenergie. Het accusysteem heeft wel meer volume dan Li-ion, maar voor een dam is dat geen probleem de accu's nemen 2% van de beschikbare ruimte in.

## Opslag DTP (geregistreerd IP)

Tussen eb en vloed heerst doortijd. Powerdammen leveren dan geen stroom. Om een baselaad te leveren moet de helft van de productie via een opslag system (accu) naar het GRID afgevoerd worden om een baselaad te kunnen maken. De opslagcapaciteit voor powerdammen bedraagt 1/8 van de dagproductie, dus 0,034% van de jaarproductie. Bij wind is de vereiste accucapaciteit 14% van de jaarproductie en bij zon maar liefst 33%. Daarmee is per geïnstalleerde KW een accu vereist voor powerdammen van 1,06 kWh en kost die € 106 per geïnstalleerde KW. Voor wind- en zontechnologie kosten accusystemen tienduizenden euro's per KW geïnstalleerd vermogen. De bio-degradable DTP accusystemen kosten actueel << € 100/kWh.



AFBEELDING 3 STROOMPRODUCTIE VAN EEN POWERDAM IN ZEE  
OPSLAG HOEVEELHEID A WORDT AFGEGEVEN IN DOORTIJDPERIODE. A = B.

In tabel 4 hebben we berekend welke kosten (excl. BTW) per kWh doorberekend moeten worden aan een gemiddeld huishouden met een verbruik van 3.600 kWh per jaar voor de opslag van wind, zon en DTP met innovatieve (niet explosief/ niet brandbare) bio-degradable large scale accu technologie.

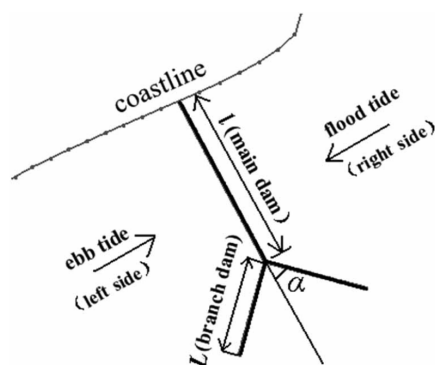
Opslagkosten per KW geïnstalleerd vermogen	Zon	Wind op zee	DTP
Jaarproductie per KW geïnstalleerd vermogen [kWh/jr]	950	3.800	3.100
Vereiste opslag [% van jaarproductie]	62%	38%	50%
Vereiste accucapaciteit [% van de jaarproductie]	33%	14%	0,034%
Accu capaciteit [kWh]	314	532	1,06
Kostprijs accu system [Euro]	31.350	53.200	106
Levensduur accu [jr]	15	15	15
Jaarkosten opslag annuïteit 4,5% [Euro]	2.919	4.953	10
Productieverlies cyclus , 6% [kWh]	35	87	93
Netto beschikbare productie [kWh]	915	3.713	3.007
Opslagkosten betrokken op jaarproductie [Euro/kWh]	3,19	1,33	0,0033
Kosten jaarverbruik per huishouden bij 3.600 kWh[jr]	11.484	4.788	12

TABEL 4: KOSTEN VERGELIJKING INCLUSIEF OPSLAG PER KW GEÏNSTALLEERD VERMOGEN TUSSEN ZON, WIND EN DTP.  
KOSTPRIJS BIO-DEGRADABLE ACCU SYSTEEM € 100 PER KWH

## Opbrengsten DTP als functie van damlengte en stroomsnelheid

In onderstaande tabellen ziet u de opbrengsten en het vermogen van dammen in zee, uitgaande van en geïdealiseerde zee, met astronomisch getij.

### DTP aan de kust



Dammen aan één zijde tegen de kust

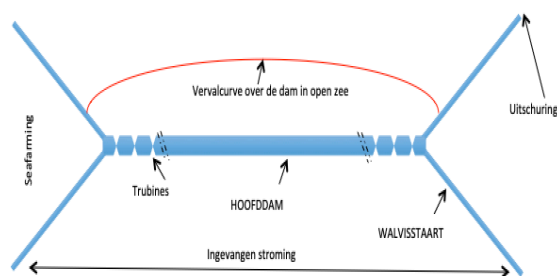
Diepgang	20 m
Vleugel Y branche	20 km
Hoek $\alpha$	45 graden
Rotor turbine	8 m
Verlies coëfficiënt	1,85
Rendement turbine	85%

Vermogen in [GW]									
Vmax [m/s]	Lengte van de dam								
	20 [km]	30 [km]	40 [km]	50 [km]	60 [km]	70 [km]	80 [km]	90 [km]	100 [km]
0,4	0,761	1,206	1,710	2,258	2,840	3,448	4,079	4,726	5,388
0,6	1,771	2,917	4,264	5,776	7,424	9,183	11,036	12,968	14,968
0,8	3,118	5,264	7,859	10,838	14,148	17,740	21,578	25,628	29,864
1	4,752	8,164	12,374	17,294	22,841	28,942	35,534	42,561	49,975
1,2	6,637	11,552	17,712	25,008	33,333	42,588	52,682	63,533	75,068
1,4	8,748	15,379	23,792	33,866	45,475	58,493	72,802	88,295	104,870
1,6	11,063	19,606	30,551	43,776	59,138	76,492	95,694	116,610	139,112

TABEL 5 VERMOGEN VAN DAM AAN DE KUST ALS FUNCTIE VAN MAXIMALE GETIJDESTROOMSNELHEID EN DAMLENGTE.

Opbrengst in [TWh]									
Vmax [m/s]	Lengte van de dam								
	20 [km]	30 [km]	40 [km]	50 [km]	60 [km]	70 [km]	80 [km]	90 [km]	100 [km]
0,4	2,08	3,20	4,43	5,75	7,13	8,55	10,01	11,51	13,02
0,6	5,08	8,11	11,58	15,37	19,44	23,71	28,16	32,76	37,47
0,8	9,25	15,16	22,08	29,84	38,28	47,30	56,80	66,71	76,97
1	14,46	24,14	35,72	48,91	63,48	79,22	95,98	113,61	132,01
1,2	20,59	34,87	52,23	72,29	94,70	119,16	145,42	173,27	202,52
1,4	27,56	47,21	71,41	99,69	131,60	166,73	204,73	245,29	288,15
1,6	35,30	61,02	93,07	130,86	173,86	221,54	273,46	329,21	388,42

TABEL 6 OPBRENGST VAN DAM AAN DE KUST ALS FUNCTIE VAN MAXIMALE GETIJDESTROOMSNELHEID EN DAMLENGTE.



## DTP in open zee

### Dammen in zee

Diepgang		35 m
Vleugel	Y branche	20 km
Hoek $\alpha$		45 graden
Rotor turbine		8 m
Verlies coëfficiënt		1,85
Rendement turbine		85%

Vermogen in [GW]									
Vmax [m/s]	Lengte van de dam								
	20 [km]	30 [km]	40 [km]	50 [km]	60 [km]	70 [km]	80 [km]	90 [km]	100 [km]
0,4	0,571	1,008	1,532	2,126	2,776	3,471	4,204	4,967	5,757
0,6	1,251	2,298	3,607	5,144	6,876	8,774	10,817	12,985	15,262
0,8	2,123	3,991	6,397	9,287	12,612	16,324	20,381	24,746	29,386
1	3,155	6,027	9,798	14,407	19,790	25,882	32,621	39,950	47,817
1,2	4,327	8,362	13,736	20,390	28,253	37,244	47,285	58,300	70,219
1,4	5,624	10,964	18,155	27,149	37,874	50,241	64,159	79,535	96,281
1,6	7,037	13,810	23,013	34,616	48,554	64,736	83,064	103,431	125,734

TABEL 7 VERMOGEN VAN DAM IN ZEE ALS FUNCTIE VAN MAXIMALE GETIJDESTROOMSNELHEID EN DAMLENGTE.

Opbrengst in [TWh]									
Vmax [m/s]	Lengte van de dam								
	20 [km]	30 [km]	40 [km]	50 [km]	60 [km]	70 [km]	80 [km]	90 [km]	100 [km]
0,4	1,64	2,80	4,15	5,64	7,23	8,91	10,66	12,47	14,32
0,6	3,78	6,71	10,25	14,30	18,76	23,57	28,66	34,00	39,54
0,8	6,61	12,05	18,82	26,73	35,63	45,38	55,85	66,97	78,64
1	10,04	18,64	29,57	42,58	57,43	73,90	91,83	111,03	131,38
1,2	13,99	26,33	42,28	61,52	83,75	108,68	136,06	165,63	197,20
1,4	18,42	35,03	56,77	83,30	114,25	149,27	188,01	230,17	275,46
1,6	23,28	44,65	72,91	107,70	148,63	195,27	247,22	304,08	365,51

TABEL 8 OPBRENGST VAN DAM IN ZEE ALS FUNCTIE VAN MAXIMALE GETIJDESTROOMSNELHEID EN DAMLENGTE.

*Het Nederlands stroomverbruik in 2019 bedraagt 120 TWh (120 miljard kWh). Twee powerdammen in zee kunnen ruim 60 TWh opwekken. Ter vergelijking: anno 2019 bedraagt de som van alle stroom uit wind en zonenergie in Nederland 9 TWh. Daarnaast leveren de zon en wind geen basislast en zorgen voor congestie op het net. Voorts is opslag noodzakelijk om de pieken en productiegaten glad te strijken. Powerdammen, met goedkope eigen opslag, leveren een baseload. Goedkopere aansluiting voor TenneT, geen congestie op het grid en geen opslagkosten in het grid.*

*Uit de tussenresultaten van het validatieonderzoek dat loopt van april – sept 2020 is gebleken dat de getoonde opbrengsten in de tabellen conservatief zijn vastgesteld.*

## DTP-dammen een nieuwe kans voor de visserij

Hoewel dammen aan de kust een grotere opbrengst vertonen, omdat er aan de kustzijde geen lekverlies optreedt, denken wij toch dat het plaatsen van dammen in de concessiegebieden van de windturbines grondig onderzocht moet worden. Omdat dit naar verwachting maatschappelijk veel minder weerstand oplevert.

## Investering met hoog maatschappelijk rendement

Natuurlijk, wij beseffen dat DTP een enorme operatie is en een grote investering vereist. Daar tegenover staat echter wel een enorm rendement. Niet alleen financieel, maar zeker ook voor onze aarde. Een investering in de toekomst dus. Letterlijk.

In september 2019 heeft een groep masterstudenten van de WUR o.l.v. Prof. Tinka Murk (voorzitter van de wetenschappelijke raad van de Stichting Noordzee) DTP beoordeeld als harde structuur in zee. [De conclusie was dat de ecologische nadelige impact gering is en dat de ecologische kansen voor de natuur heel groot kunnen zijn.](#)

Dit onderzoek is door Humsterland Energie, partner van DTP Netherlands georganiseerd. Voor de mossel- en oesterbranche is er ruim € 45 miljoen omzet te behalen met de DTP-dammen.

## Spectaculaire toename visstand

Daarnaast kan de dam dienen als nieuwe kraamkamer voor vissen die nu geen schuilplek kunnen vinden op de zeebodem. De onderzoekers verwachten daarmee een spectaculaire toename van de visstand, die kunnen paren en groeien in de luwte van de Y benen, die wij 'walvisstaarten' noemen.

Stichting DTP Netherlands voert gesprekken met de vertegenwoordigers van de visbranche, onder meer Visned, om mogelijkheden en wensen in de ontwerpcondities te incorporeren.

## Taakstellende uitdaging voor de industrie

DTP-dammen zijn een nieuwe kans voor de wind- en turbine-industrie. Turbines zijn de kostbaarste onderdelen van de DTP dam. In elke dam worden duizenden turbines gemonteerd in de functionele hoofd-dam. De walvisstaarten bevatten principieel geen functionaliteit en kosten 40 – 50 miljoen Euro per km. De functionele dammen, met daarin onder andere turbines, kosten een factor 8 tot 10 meer.

Inmiddels beloven windmolens op zee circa € 1.500 per KW geïnstalleerd vermogen te kosten. Uit de breakdown-analyse blijkt dat de turbines in die windturbines, inclusief de elektrische regeling en inclusief de stroomafvoer, circa een derde van dat bedrag kosten. De vermogens per turbine komen vrijwel overeen met die van de turbines in de dammen. Stichting DTP Netherlands verwacht daarom goede samenwerkingsmogelijkheden met de windindustrie en de turbine-industrie inzake de ontwikkeling en bouw van turbine onderdelen voor dammen.

De potentiële omzet voor de turbine-industrie bij de aanleg van 15 dammen wereldwijd bedraagt 150 miljard Euro. De spin-off zal voor andere Tidal-projecten wereldwijd eenzelfde orde grootte hebben, omdat juist de turbinekosten 75% van de capex uitmaken. Die kosten kunnen gemakkelijk halveren. Turbines onder water met een diameter van 8 meter zijn

momenteel nog maatwerkprojecten. Waardoor de kosten voor de productie nu geraamd zijn op € 1.600 per KW. Aangezien er meer dan 2000 turbines zitten in een powerdam kunnen de productiekosten met minimaal 60 % dalen.

## **Synergie met TenneT: Aansluiten powerdam 10 -20 keer goedkoper**

De congestiekosten op land voor de voorgenomen aanleg wind- en zonnestroom zijn door TenneT begroot op € 39 miljard. DTP-dammen hebben deze kosten niet. Ook zullen de aansluitingskosten beduidend lager zijn omdat er geen piekvermogens afgevoerd worden: DTP is een basislast. De kabels kunnen 2/3 kleiner zijn dan bij de vergelijkbare afvoer van het vermogen van wind op zee. Zo kost het aansluiten op het grid van 1.000 winturbines ruim 3 miljard Euro en het aansluiten van een dam met dezelfde capaciteit aan de kust 150 miljoen Euro (20 x goedkoper). Het aansluiten van een dam op zee op het grid kost circa 300 miljoen Euro (10 x goedkoper dan een windpark met een vergelijkbaar vermogen

## **TenneT heeft behoefte aan flexibel CO2-vrij vermogen powerdammen kunnen dat leveren**

Met dammen kan [veel goedkoper waterstof worden geproduceerd](#) dan met zon of wind. De kosten per kg bestaan uit drie onderdelen: De investeringskosten, de energiekosten en het onderhoud.

De jaarkosten van investeringen in de gehele installatie en compressoren wordt gedeeld door het aantal te produceren kilo's waterstof. Voor dammen zullen die kosten 1,17 €/kg bedragen in 2030 met waterstof op 200 bar, omdat dammen 8760 vollasturen leveren. Wind op land produceert met 2300 vollasturen stroom, wind op zee met 3800 uur en zon met 950 uur. Daardoor zijn de kapitaalkosten per kg waterstof voor wind op land 3,8 x hoger, voor wind op zee 2,3 x hoger en voor zon 9,2 x hoger.

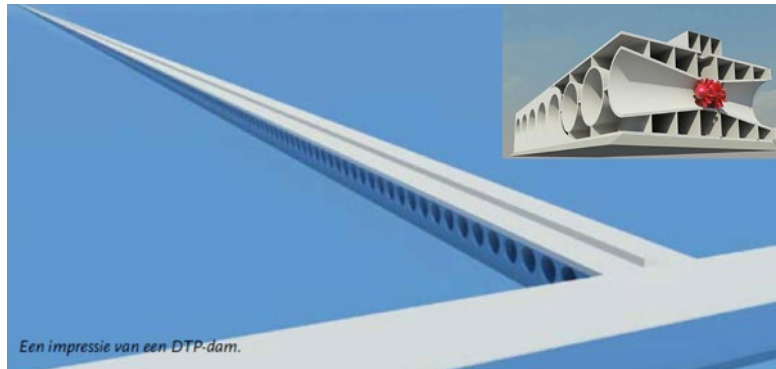
Deellastbelasting impliceert tevens opstart- en stilstandsverliezen, waardoor het energetisch rendement van waterstofproductie met zon en wind ten opzichte van waterstofproductie met dammen circa 10% lager is.

Ook zal de wisselende belasting nadelig zijn voor de levensduur van de stacks, waardoor het onderhoud voor de waterstofproductie met dammen goedkoper zal zijn.

Samenvattend:

- ⇒ Dammen kunnen ingezet worden als basislast;
- ⇒ Dammen leveren goedkoper waterstof dan zon en wind;
- ⇒ Dammen kunnen flexibel CO<sub>2</sub> vrij vermogen leveren. Die stroom heeft hoge marktwaarde;
- ⇒ Het aansluiten van dammen op het Grid is 10 – 20 x goedkoper dan wind op zee. Dat scheelt miljarden;
- ⇒ Dammen veroorzaken geen congestieproblemen op het net, waardoor maatschappelijk tientallen miljarden Euro's worden bespaard ten opzichte van zon en wind;
- ⇒ Voor dammen is er geen kostbare opslag noodzakelijk in het grid om pieken en dalen glad te strijken, waarmee eveneens maatschappelijk tientallen miljarden worden bespaard.

## Investeer in de toekomst met multifunctionele powerdammen



AFBEELDING 4 IMPRESSIE VAN DTP DAM - CREDITS POWERGROUP

De afmetingen van dammen zijn 30 m hoog, liggen op de zeebodem op een gestabiliseerd bed, steken 3 m hoger dan het vloed-niveau in zee, zijn 70 m breed en 30 – 50 km lang. Ze worden als afzinkbare caissons gebouwd en bevatten onder andere:

- Visvriendelijke hoog rendement turbines, bestand tegen storm geïnduceerde drukgolven
- Een overdekte high way voor electric driven service activiteiten
- Safe rooms en volledige verblijfsruimtes met catering voor personeel
- Ruimtes voor turbineonderhoud
- Onderdelen magazijnen voor windmolens
- Helikopter hangars
- Onderzoekslaboratoria voor WUR, RWS, Visserij en KNMI/..
- Zendmastfaciliteiten
- Equipement en voorzieningen voor mossel- en oesterkweek
- Mobile sluisdeuren voor het afsluiten van turbine openingen
- Waterstofproductie en bunkerfaciliteiten voor de scheepvaart
- Faciliteiten voor defensie
- Faciliteiten voor gecertificeerde duikers, watersport en sportvisser
- Faciliteiten voor grootschalige waterstofproductie en opslag
- Buitengaats bunker en supply faciliteiten voor de visbranche
- Geïntegreerde niet brandbare/ niet explosieve bio degradable large scale opslag faciliteiten voor stroom

### Toegang tot projectinformatie

DTP Netherlands heeft een uitgebreide projectinformatie die beschikbaar is voor potentiële partners en ingewijden. Bij vragen bent u vrij om contact op te nemen. Ik sta u meer dan graag te woord.

Ir. Walther Walraven, voorzitter Stichting DTP Netherlands  
walraveninnovation@mac.com  
06 53 122 571