

# Memo

memonummer	DTP-01	
datum	26 november 2018	
aan	Walter Walraven	Humsterland Energie
	Jan de Vries	Humsterland Energie
van	George Bitter	Antea Group
kopie	Sonja Riesen	Antea Group
project	DTP	
projectnr.	0437301	
betreft	Analyse	

## 1 DTP

### 1.1 Inleiding

Doelstelling van dit hoofdstuk is langs analytische weg op een goed navolgbare wijze aan te tonen dat doormiddel van Dynamic Tidal Power (DTP) substantieel energie gewonnen kan worden uit water.

De rapportage in dit hoofdstuk dient niet beschouwd te worden als een wetenschappelijke publicatie. De gepresenteerde afleidingen zijn dan ook praktisch ingestoken zonder volledige vermelding van alle voorwaardelijke omstandigheden.

In paragraaf 1 wordt een algemene toelichting gegeven op het principe DTP. Dit om voorafgaande aan de analyse een goed fysisch beeld op te bouwen bij de lezer.

In paragraaf 2 wordt een afleiding gegeven van de relaties die de opbrengst beschrijven bij toepassing van geleide turbines onder verval condities.

In paragraaf 3 wordt een model beschreven waarmee het verval over de DTP dam wordt berekend zonder dat zich daar turbines in bevinden.

In paragraaf 4 worden vervolgens de relaties beschreven die de opbrengst beschrijven van het systeem DTP als functie van de geometrie van de dam en de eigenschappen van de opvoerwerktuigen onder de heersende stroom condities.

In paragraaf 5 wordt een beschouwing gegeven van jaar opbrengsten onder een fictieve getijde conditie.

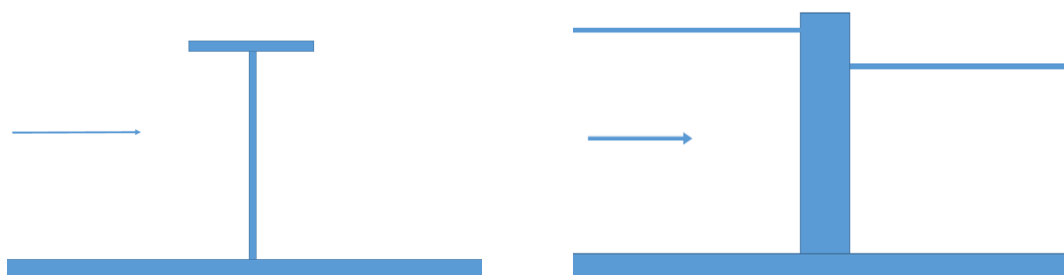
### 1.2 Principe

In oktober 2008 is het concept Dynamic Tidal Power “A new approach to exploit tides”, gepresenteerd op de “2<sup>nd</sup> International Conference on Ocean Energy” (ICOE 2008).

[https://www.powerdtp.nl/wp-content/uploads/2018/01/Dynamic-Tidal-Power-DTP-%E2%80%93-A-new-approach-to-exploit-tides-2008\\_774835.pdf](https://www.powerdtp.nl/wp-content/uploads/2018/01/Dynamic-Tidal-Power-DTP-%E2%80%93-A-new-approach-to-exploit-tides-2008_774835.pdf)

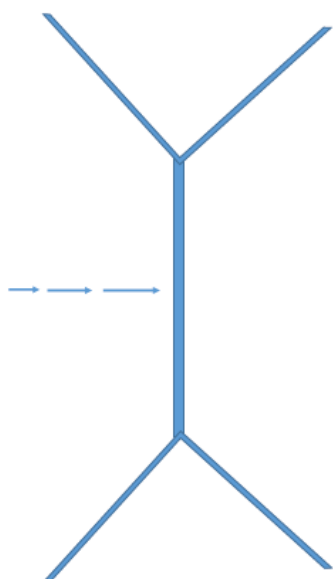
Tot op heden is deze technologie niet verder gekomen dan het gepresenteerde project. Voor een energiedijk in de Gele Zee is binnen de Power Group een serieuze poging gedaan de techniek verder te brengen.

De techniek zou echter op veel meer plaatsen toegepast kunnen worden waarbij de potentie ongekend is.



*Figuur 1-1 Principe DTP*

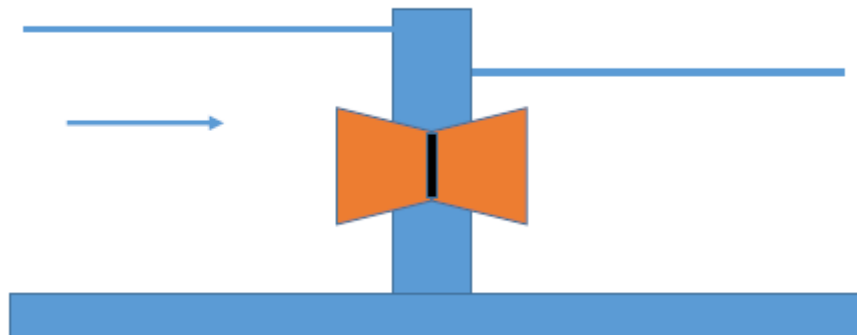
In Figuur 1-1 is het principe weergegeven. Het idee is dat door het bouwen van een strekdam vanuit de kust loodrecht op de getijde stroming te bouwen vanzelf een verval over deze dam ontstaat. Door vervolgens geleide turbines (laag verval turbines) in de strekdam op te nemen kan de getijde energie omgezet worden naar elektrische energie. Het linker plaatje geeft de strekdam in bovenaanzicht en het rechter plaatje dwarsdoorsnede over de dam. De strekdam is uitgevoerd als een T-constructie hetgeen bevorderend is voor de opstuwing gegeven een zekere getijde stroming.



*Figuur 1-2 Alternatieve vormgeving*

Het ontwerp in figuur 1-1 is gebaseerd op het project dat in 2008 is gepresenteerd. Er is echter geen reden waarom de dam zich niet in open zee zou kunnen bevinden. In dat geval kan gedacht worden aan H-constructies of een dubbel-V ontwerp zoals in figuur 1-2 is weergegeven. Het voordeel van dit laatste

ontwerp is dat de toestroom naar de daadwerkelijke dam substantieel versterkt wordt en daarmee het verval en de effectiviteit. Een en ander ligt buiten de scope van dit document en zal hier verder buiten beschouwing blijven.

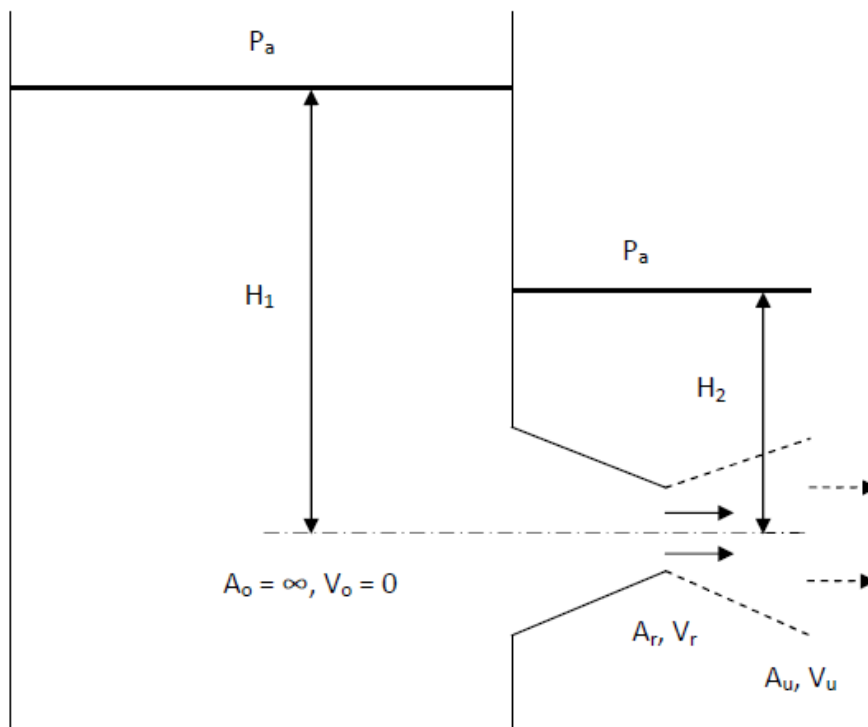


*Figuur 1-3 Turbine*

Figuur 1-3 toont de dwarsdoorsnede van de strekdam waarbinnen een turbine is opgenomen. Onder invloed van het verval zal water door de turbine stromen. Aangezien het hier de getijde stroming betreft zal de turbine beurtelings van beide zijden aangestroomd worden.

Door turbines op te nemen in de strekdam wordt deze dam min of meer doorlaatbaar. Naarmate meer water door de turbines stroomt zal het verval over de dam afnemen. Binnen de afleiding zal aandacht besteed worden aan dit fenomeen.

### 1.3 Geleide turbines



Figuur 1-4 Geleide turbine

Figuur 1-4 geeft schematisch de situatie rondom een geleide turbine of ook wel laagverval turbine weer zoals deze toegepast kan worden in het DTP-concept. Er is daarbij sprake van een statisch verval over een scheidingswand, de strekdam. Vanaf de zijde waar het water het hoogst staat stroomt het water door de turbine naar de zijde waar het water laag staat.

In dit ontwerp is sprake van een geleidelijke instroom vanuit het hoge water naar de rotor van de turbine en vervolgens weer een geleidelijke uitstroom naar het lage water.

In het navolgende wordt op basis van het werk van Bernoulli een relatie afgeleid waarmee de doorstroming door een turbine en het maximum op te nemen vermogen uit de waterstroom door de turbine berekend kan worden.

$$\frac{P_a}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + H_1 = \frac{P_a}{\rho g} + \frac{V_u^2}{2g} + H_u + C \frac{V_u^2}{2g} + \Delta H_t \quad \text{Formule 1}$$

Waarin

- $P_a$  :Atmosferische druk in  $[N/m^2]$
- $\rho$  :Soortelijke massa van het water in  $[kg/m^3]$
- $g$  :Valversnelling in  $[m/s^2]$
- $V_1$  :Instroomsnelheid in  $[m/s]$
- $H_1$  :Waterstand boven de centrale as turbine instroomzijde in  $[m]$
- $V_u$  :Uitstroomsnelheid turbine in  $[m/s]$
- $H_u$  :Waterstand boven de centrale as turbine uitstroomzijde in  $[m]$
- $C$  :Verlies coëfficiënt in  $[-]$
- $\Delta H_t$  :Energiewinning uit de turbine in  $[m]$

In feite formuleert de wet het behoud van de energiedichtheid langs een stroomlijn voor stationaire stromingen in niet-viskeuze media die onsamendrukbaar zijn (en dus een constante dichtheid hebben).

Ter linkerzijde van het = teken in formule 1 is de energiedichtheid geformuleerd voor de turbine aan het hoge pand. Ter rechterzijde dat aan uitstroomzijde vermeerderd met de verliezen en de energie die door de turbine wordt opgenomen uit het water.

De energie die in turbulentie van het water tijdens instroom, doorstroom en uitstroom verloren gaat wordt uitgedrukt in de verlies coëfficiënt C. De verliezen die berekend worden als fractie van het beschikbare verval over de strekdam zijn daarbij evenredig verondersteld met de uitstroomsnelheid tot de tweede macht.

De energie die door de turbine uit het water gehaald is eveneens een fractie van het verval over de strekdam en wordt tot uitdrukking gebracht als het verval over de turbine.

$$\Delta H = H_1 - H_u \quad \text{Formule 2}$$

In formule 2 is het verval beschreven over de strekdam.

$$V_u = \sqrt{\frac{2g(\Delta H - \Delta H_t)}{1+C}} \quad \text{Formule 3}$$

Door formule 2 te substitueren in formule 1 kan deze omgeschreven worden naar formule 3. Formule 3 drukt de uitstroomsnelheid uit de turbine uit als functie van het verval over de strekdam verminderd met het verval over de turbine, de valversnelling en de verlies coëfficiënt.

$$A_r = \frac{1}{2} A_{in} = \frac{1}{2} A_u \quad \text{Formule 4}$$

Waarin:

$A_{in}$  :Instroom oppervlak turbine in [m<sup>2</sup>]  
 $A_u$  :Uitstroom oppervlak turbine in [m<sup>2</sup>]  
 $A_r$  :Rotor (Waaier) doorstroom oppervlak in [m<sup>2</sup>]

Zoals in figuur 1-4 is weergegeven is de turbine uitgevoerd met een voorziening die de waterstroom naar de rotor doet convergeren en vanaf de rotor weer doet divergeren. Binnen deze beschouwing wordt er vanuit gegaan dat het in- en uitstroom oppervlakken van de turbine even groot zijn en dat het doorstroom oppervlak door de rotor de helft van dit oppervlak betreft. Deze keuze is niet ongebruikelijk bij dit type turbines, formule 4 geeft de verhouding in formulevorm.

$$a = \frac{\Delta H_t}{\Delta H} \quad \text{Formule 5}$$

Waarin:

a :fractie van het verval over de strekdam dat benut wordt voor de energie productie [-]

$$Q_{in} = Q_u = A_u V_u = A_r \sqrt{\frac{8g(1-a)\Delta H}{1+C}} \quad \text{Formule 6}$$

Waarin:

$Q_{in}$  :Instroomdebiet in [m<sup>3</sup>/s]  
 $Q_u$  :Uitstroomdebiet in [m<sup>3</sup>/s]

Door het substitueren van formule 4 en 5 in formule 3 kan na enige omwerking formule 6 verkregen worden. Deze formule beschrijft het in en uitstroomdebiet als functie van het doorstroomoppervlak van de rotor, de fractie van het verval dat wordt benut voor de energie productie, de valversnelling en de verlies coëfficiënt.

$$P_{tb} = \rho g \Delta H_t Q_{in} = \rho g a \Delta H Q_{in} = A_r \rho g a \sqrt{1-a} * \sqrt{\frac{8g\Delta H^3}{1+c}} \quad \text{Formule 7}$$

Waarin:

$P_{tb}$  : Door de turbine opgenomen vermogen uit de waterstroom [W]

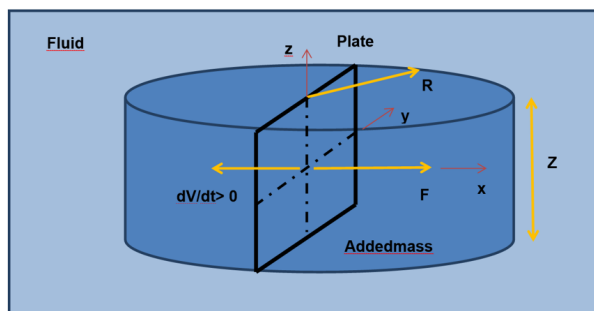
Formule 7 geeft het door de turbine uit het water op te nemen vermogen als functie het doorstroomoppervlak van de rotor, de soortelijke massa van het water, de valversnelling, de fractie van het door de turbine benutte verval over de strekdam, het verval over de strekdam alsmede de verlies coëfficiënt.

Het maximum voor wat betreft het vermogen of momentane opbrengst bij toepassing van formule 7 wordt gevonden bij een fractie  $a=2/3$ .

Met de formules 6 en 7 in het doorstroomdebiet en het opgenomen vermogen door de turbine uit de waterstroom ten gevolge van het verval over de turbine volledig beschreven.

## 1.4 Opstuwing DTP

De getijde stroming kan beschreven worden door een serie sinusoïde functies. De hoeksnelheid van het dubbeldaags maangetij bedraagt 28,984 graden/uur. Dit resulteert in een periode van 12,421 uur. Hierover staat het dubbeldaags zon getij met een periode van 12 uren (hoeksnelheid 30,0 graden/uur).



Figuur 1-5 Getijde model

Doordat de getijde stroom tegen de strekdam oploopt ontstaat er aan een zijde stuwing terwijl aan de andere zijde van de dam het water weg stroomt. Op deze wijze ontstaat een verval.

In figuur 1-5 is een model weergegeven waarbij een plaat met een periodiek snelheidsverloop denkbeeldig door het water wordt bewogen. De beweging vindt plaats in x-richting. Aangezien het water niet los van de plaat kan komen zal deze de nijging hebben met de plaat mee te bewegen. Iemand die de plaat heen en weer beweegt voelt niet alleen de massa van de plaat maar ook de massa van het met de plaat mee te bewegen water.

Binnen dit model is aangenomen dat een cilindervormige waterschijf als extra massa mee beweegt met de plaat.

$$V(t) = V_{max} \sin(\omega t) \quad \text{Formule 8}$$

Waarin:

$V$	:Snelheid waarmee de plaat wordt bewogen als functie van de tijd in [m/s]
$V_{max}$	:De maximale snelheid in [m/s]
$\omega$	:Hoeksnelheid waarmee de plaat periodiek wordt bewogen in [rad/s]
$t$	:De tijd in [s]

Formule 8 beschrijft de snelheid waarmee de plaat door het water wordt bewogen, of beter gezegd de relatieve snelheid van het water ten opzichte van de plaat of strekdam.

$$\frac{dV(t)}{dt} = \omega V_{max} \cos(\omega t) \quad \text{Formule 9}$$

Door formule 8 naar de tijd te differentiëren vinden wij formule 9 die de versnelling van de relatieve beweging van de strekdam ten opzichte van het water beschrijft.

$$\left(\frac{dV(t)}{dt}\right)_{max} = \omega V_{max} \quad \text{Formule 10}$$

Formule 10 geeft de maximale versnelling per getijde cyclus.

$$F = (m + m_a) \frac{dV}{dt} + \frac{1}{2} \rho V(t)^2 S C_d \quad \text{Formule 11}$$

Waarin:

$F$	:Kracht waarmee de plaat door het water bewogen wordt [N]
$m$	:Massa van de plaat zelf [kg]
$m_a$	:Massa van het meebewegende water [kg]
$\rho$	:Soortelijke massa van het water in [kg/m <sup>3</sup> ]
$S$	:Nat oppervlak van de plaat [m <sup>2</sup> ]
$C_d$	:Drag coëfficiënt [-]

Formule 11 beschrijft de kracht die op een plaat uitgeoefend moet worden om deze door het water te verplaatsen. In deze formule is de massa van de plaat mee genomen alsmede de (sleep)weerstand die een vlakke plaat zal ondervinden als deze door het water getrokken wordt. De plaat  $S$  stelt in principe het oppervlak van de dam voor loodrecht op de stromingsrichting.

Door nu de massa van de plaat en de sleepweerstand buiten beschouwing te laten, te verwaarlozen, ontstaat een relatief eenvoudige vergelijking.

$$F_{max} = \rho \pi R^2 Z \omega V_{max} \quad \text{Formule 12}$$

Waarin:

$R$	:Straal van de cilinder water die de plaat omhult in [m]
$Z$	:De hoogte van de plaat in [m]
$\omega$	:Hoeksnelheid waarmee de plaat periodiek wordt bewogen in [rad/s]
$V_{max}$	:De maximale snelheid in [m/s]

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{Formule 13}$$

Formule 13 geeft de periode tijd waarmee het water relatief t.o.v. de plaat of strekdam beweegt.

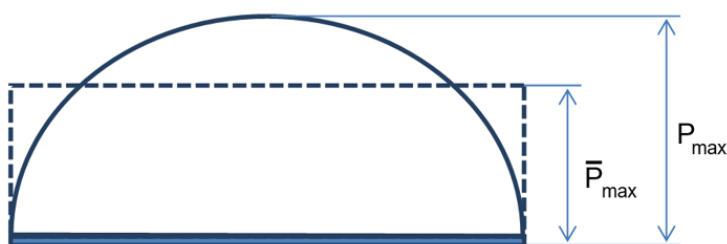
$$\Delta \bar{P}_{max} = \frac{F_{max}}{S} \quad \text{Formule 14}$$

Formule 14 beschrijft de hydrostatische drukval over de strekdam (in Newton per vierkante meter) waarbij het oppervlak als volgt wordt beschreven:

$$S = Z \cdot 2R \quad \text{Formule 15}$$

Substitutie van formules 12, 13 en 15 in formule 14 levert de volgende vergelijking.

$$\Delta \bar{P}_{max} = \frac{F_{max}}{S} = \frac{\rho \pi R^2 Z \omega V_{max}}{Z \cdot 2R} = \rho \pi^2 R \frac{V_{max}}{T} \quad \text{Formule 16}$$



Figuur 1-6 hydrostatische druk

Vergelijking 16 beschrijft de gemiddelde druk over het oppervlak van de dam op basis van de berekende traagheidskrachten uit het water. De hydrostatische drukopbouw over de plaat verloopt bij benadering elliptisch waarbij de maximale druk ongeveer een factor  $4/\pi$  ( $2 \cdot P_{max} \cdot \bar{P}_{max} = 0.5 \cdot \pi \cdot P_{max}^2$ ) boven deze waarden ligt.

$$L = R \quad \text{Formule 17}$$

In formule 17 wordt de lengte van de dam gelijk gesteld aan R. Bij deze benadering wordt er vanuit gegaan dat de dam vanuit een kustlijn de zee in steekt. De kustlijn bevindt zich dan in het model van figuur 1-5 over de x-as, hetgeen een vlak van symmetrie vormt.

$$\Delta H_{max}^* = \frac{\Delta P_{max}}{\rho g} = \left(\frac{4}{\pi}\right) \frac{\Delta \bar{P}_{max}}{\rho g} = 4\pi \frac{V_{max} L}{gT} \quad \text{Formule 18}$$

Vergelijking 18 beschrijft vervolgens het maximum verval over de dijk als functie de maximum stroomsnelheid, de lengte van de dam en de getijden periode.

$$\Delta H_{max} = \frac{\Delta P_{max}}{\rho g} = (4 * 1,7\pi) \frac{V_{max} L}{gT} = 21,4 \frac{V_{max} L}{gT} \quad \text{Formule 19}$$

Uit numerieke simulaties en metingen in het veld is gebleken dat formule 18 met een factor van 1,7 gecorrigeerd kan worden. Formule 19 geeft de het gecorrigeerde verband tussen verval, de maximum stroomsnelheid, de valversnelling, de periode tijd en de lengte van de strekdam.



Dynamisch verval in [m]		Snelheid [m/s]			
		0,50	1,00	1,50	2,00
Lengte dam [km]					
	1	0,024	0,049	0,073	0,098
	10	0,244	0,488	0,732	0,976
	20	0,488	0,976	1,463	1,951
	40	0,976	1,951	2,927	3,903
	60	1,463	2,927	4,390	5,854
	80	1,951	3,903	5,854	7,805
	100	2,439	4,878	7,317	9,757
Periode getijden		12,4 uur			
Valversnelling		9,81 m/s^2			

Tabel 1-1 Dynamisch verval in [m]

In tabel 1-1 zijn de stuwhoogten weergegeven uit de dynamische waterbeweging bij een dubbeldaags getij en variërende lengtes van de dam en maximum stroomsnelheden.

## 1.5 Opbrengst

Formule 6 geeft het doorstroomdebiet door een turbine waarbij in- en uitstroom voorzieningen zijn toegepast waarbij de doorstroomoppervlak bij de rotor de helft is van die in of uitstroom zelf.

$$Q_{max} = A_0 V_0 = A_0 \sqrt{\frac{2g(1-a)\Delta H_{max}}{k}} \quad \text{Formule 20}$$

Waarin:

- $Q_{max}$  :Debiet door het totaal aan turbines bij maximum verval in [m<sup>3</sup>/s]
- $V_0$  :Instroomsnelheid in [m/s]
- $A_0$  :Instroom oppervlak in [m<sup>2</sup>]
- $k$  :verlies coëfficiënt (1+C bij formule 6)
- $\Delta H_{max}$  :In formule 18 beschreven maximum verval

Formule 20 beschrijft het debiet door een denkbeeldige turbine bij het verval dat wordt beschreven door formule 19. Bij deze turbine is het instroomoppervlak, het uitstroom oppervlak en het doorstroomoppervlak door de rotor gelijk gekozen.

$$P_{max} = \eta \rho g \Delta H_t Q_{max} = \eta \rho g (a \Delta H_{max}) Q_{max} \quad \text{Formule 21}$$

Waarin:

- $P_{max}$  :Het uit de waterstroom opgewekte vermogen in [W]
- $\eta$  :Het totale installatie rendement
- $\Delta H_t$  :Het verval over de turbine in [m]

Formule 7 beschrijft het opgewekte vermogen aan elektrische energie (Exegetisch vermogen) dat door het systeem wordt opgewekt bij het maximum verval.

Het vermogen vindt zijn maximum indien de fractie  $a=2/3$  wordt aangehouden, zie paragraaf 1.3.

$$Q_{dam} = A_{dam} \cdot V_{max} \quad \text{Formule 22}$$

Waarin:

$Q_{dam}$  :Het ongestoorde debiet indien de dam 100% open staat in [m<sup>3</sup>/s]  
 $A_{dam}$  :Het verticale oppervlak van de dam in [m<sup>2</sup>]  
 $V_{max}$  :De stroomsnelheid in [m/s]

Formule 22 geeft de stroomsnelheid door het denkbeeldige verticale profiel van de dijk indien deze volledig doorlaatbaar is. Het water stroomt door dit oppervlak met een snelheid  $V_{max}$ .

$$\Delta H_{max}^o = \Delta H_{max} \left[ 1 - \left( \frac{Q_{max}^o}{Q_{dam}} \right)^2 \right] \quad \text{Formule 23}$$

Waarin:

$\Delta H_{max}^o$  :Het verval over de strekdam indien deze deels doorlaatbaar is in [m]  
 $Q_{max}^o$  :Debiet door de turbines bij een deels doorlaatbare dam in [m<sup>3</sup>/s]

Formule 23 geeft een benadering van het verval over de dijk wanneer deze deels doorlaatbaar is.

$$b = \frac{A_0}{A_{dam}} \quad \text{Formule 24}$$

Formule 24 geeft het quotiënt van het doorstroom oppervlak van de turbines met het totale oppervlak van de dam (lengte x hoogte).

$$Q_{max}^o = Q_{dam} \left[ 1 + \left( \frac{\Delta H_{max} g T}{21,4 L b} \right)^2 \frac{k}{2g(1-a)\Delta H_{max}} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad \text{Formule 25}$$

Waarin:

$Q_{max}^o$  :Het debiet door de turbines bij gedeeltelijk doorlaatbare dam in [m<sup>3</sup>/s]  
 $Q_{dam}$  :Het ongestoorde debiet indien de dam 100% open staat in [m<sup>3</sup>/s]  
 $\Delta H_{max}$  :In formule 18 beschreven maximum verval in [m]

Door substitutie en omrekening van de formules 20,22,23 en 24 is formule 25 afgeleid. Deze formule geeft het doorstroomdebiet door de turbines bij een deels doorlaatbare dam.

$$P_{max}^o = \eta \rho g (a \Delta H_{max}^o) Q_{max}^o \quad \text{Formule 26}$$

In analogie met vergelijking 21 is vergelijking 26 opgesteld dat het opgewekte vermogen aan elektrische energie (Exegetisch vermogen) beschrijft dat door het systeem wordt opgewekt bij het maximum verval gecorrigeerd in verband met de doorlaatbaarheid van de dam tijdens turbine bedrijf.

Indien uitgegaan wordt van een realistische turbine conform formule 6 dan vinden wij voor de volgende set relaties.

$\Delta H_{max} = 21,4 \frac{V_{max} L}{gT}$	Formule 19
$A_r = \frac{1}{2} A_{in} = \frac{1}{2} A_u$	Formule 4
$a = \frac{\Delta H_t}{\Delta H_{max}}$	Formule 5
$Q_{max} = A_r \sqrt{\frac{8g(1-a)\Delta H_{max}}{k}}$	Formule 6*
$Q_{dam} = A_{dam} \cdot V_{max}$	Formule 22
$b = \frac{A_r}{A_{dam}}$	Formule 24*
$Q_{max}^o = Q_{dam} \left[ 1 + \left( \frac{\Delta H_{max} g T}{21,4 L b} \right)^2 \frac{k}{8g(1-a)\Delta H_{max}} \right]^{\frac{-1}{2}}$	Formule 25*
$\Delta H_{max}^o = \Delta H_{max} \left[ 1 - \left( \frac{Q_{max}^o}{Q_{dam}} \right)^2 \right]$	Formule 23
$P_{max}^o = \eta \rho g (a \Delta H_{max}^o) Q_{max}^o$	Formule 26

\*) Aangepast i.v.m. toepassing van formule 6 in plaats van formule 19.

Tabel 1-2 Overzicht met formules voor het berekenen van debieten en vermogens bij een DTP-Systeem

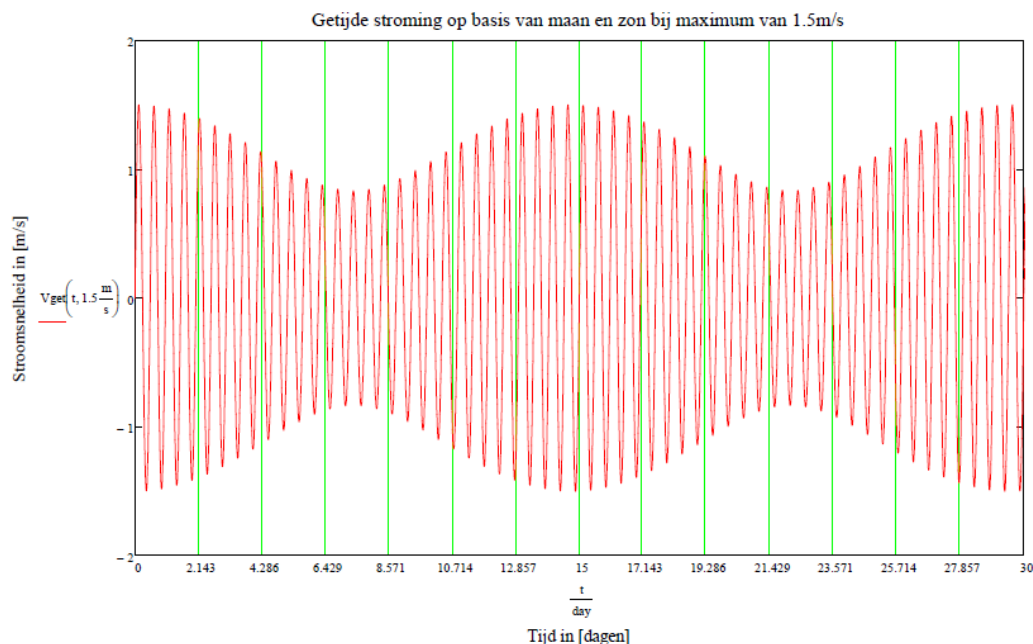
In onderstaande tabel 1-3 wordt de afleiding van formule 24\* gegeven

$\Delta H_{max}^o = \Delta H_{max} \left[ 1 - \left( \frac{Q_{max}^o}{Q_{dam}} \right)^2 \right]$	Formule 23
Formule 22 kan omschreven worden tot:	
$\frac{\Delta H_{max}^o}{\Delta H_{max}} = \left[ 1 - \left( \frac{Q_{max}^o}{Q_{dam}} \right)^2 \right] \rightarrow \left( \frac{Q_{max}^o}{Q_{dam}} \right)^2 = \left[ 1 - \left( \frac{Q_{max}^o}{Q_{dam}} \right)^2 \right]$	Formule 27
Formule 26 kan vervolgens omgewerkt worden tot:	
$\left( \frac{Q_{dam}}{Q_{max}^o} \right)^2 = 1 + \left( \frac{Q_{dam}}{Q_{max}^o} \right)^2$	Formule 28
Substitutie van formule 21 en 6* in formule 27 geeft	
$\left( \frac{Q_{dam}}{Q_{max}^o} \right)^2 = 1 + \frac{(A_{dam} \cdot V_{max})^2}{A_r^2} \frac{k}{8g(1-a)\Delta H_{max}}$	Formule 29
Substitutie van formule 18 en 23* in 28 levert tenslotte	
$Q_{max}^o = Q_{dam} \left[ 1 + \left( \frac{\Delta H_{max} g T}{21,4 L b} \right)^2 \frac{k}{8g(1-a)\Delta H_{max}} \right]^{\frac{-1}{2}}$	Formule 25*

Tabel 1-3 Afleiding formule 24\*

## 1.6 Getijde stroming

Om iets te kunnen zeggen over de opbrengst aan energie bij een DTP-systeem is een fictief getijden spectrum gemodelleerd. Dit spectrum gaat uit van een dubbel maan/zon getij zoals deze bij de Noordzee te vinden is. Het betreft een sterk vereenvoudigd model dat uitsluitend tot doel heeft de productie te berekenen die redelijkerwijze verwacht mag worden.



Figuur 1-7 Getijdestroming

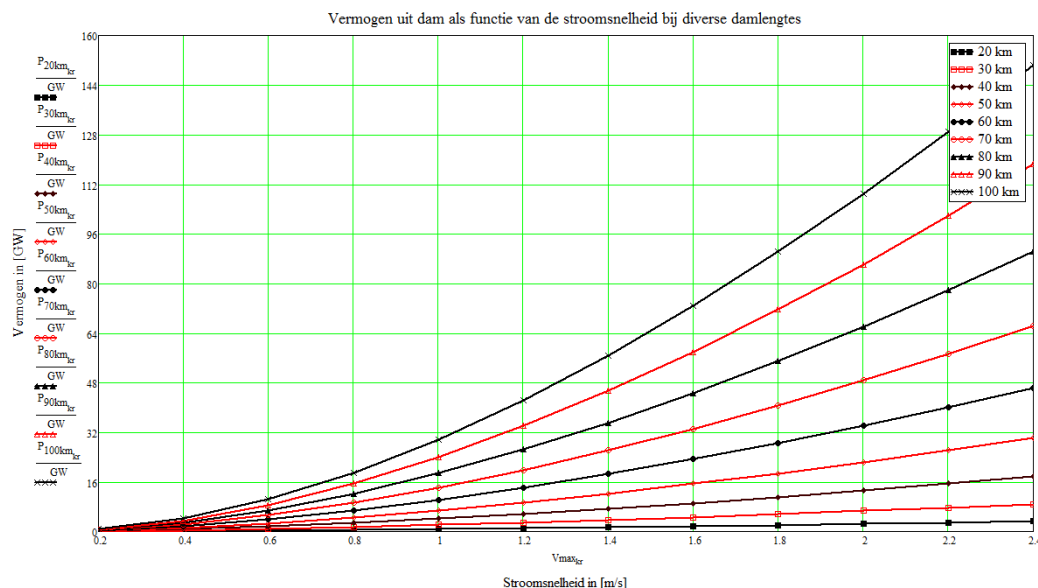
Figuur 1.7 laat over een periode van 30 dagen de fictieve getijdestroming zien waarbij deze zich over jaar zich periodiek voortzet. Er zijn in totaliteit elf van deze spectra opgesteld met verschillende maximale snelheden van oplopend van 0,2m/s tot 2,4m/s.

Vervolgens zijn er acht damlengten gemodelleerd oplopend van 20km tot 100km.

Bij de berekeningen is uitgegaan van een turbine opstelling met geleide constructies zoals weergegeven in figuur 1-3 en beschreven in formules 23,25\* en 26.

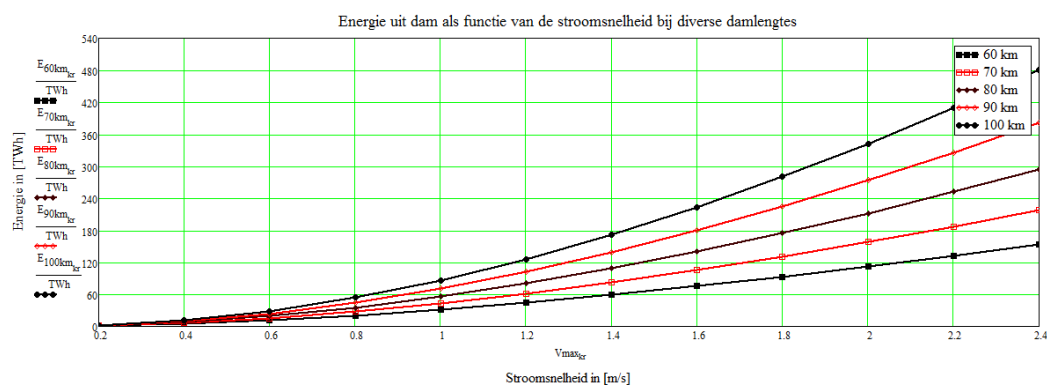
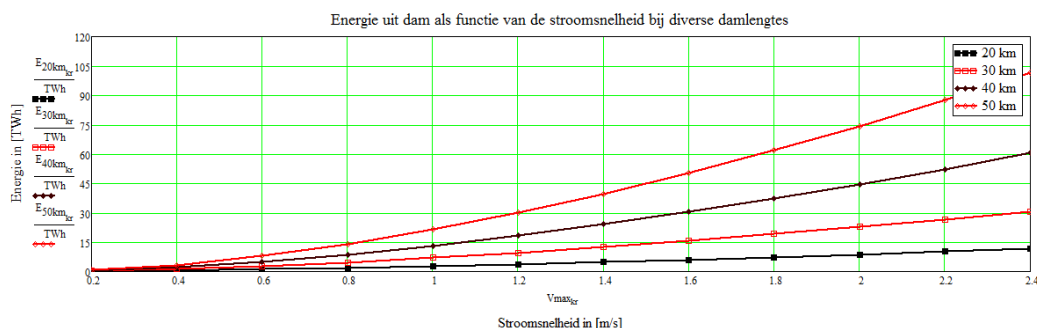
Bij de berekeningen is voorts uitgegaan van:

Soortelijke massa van het water	: $\rho_{\text{water}}=1023\text{kg}/^3$
Diepte van het water bij de dam	: $Z=30\text{m}$
Effectieve fractie van verval	: $a=2/3$
Installatie rendement	: $\eta=80\%$
Openingspercentage	: $b=14\%$
Verlies coëfficiënt	: $k_o=5,5$
Golfperiode	: $T_m=12,421$ uur



Figuur 1-8 Piekvermogen

Op basis van de beschreven uitgangspunten wordt in figuur 1-8 de relatie weergegeven tussen de lengte van de dam, de maximale stroomsnelheid en het piekvermogen dat door de dam geproduceerd wordt.



Figuur 1-9 Energieproductie

In figuur 1-9 zijn de berekende producties van de energiedijk, het DTP-systeem, gepresenteerd op basis van de in deze paragraaf vermelde uitgangspunten.