



Fictief getijden stroming

In onderstaande vergelijking wordt een fictieve getijden stromingsrelatie opgesteld met het doel energiepotenties te berekenen uit de getijden werking gebaseerd op een DTP-systeem.

Invoer getijden data

Maangetij	$: T_M := 27.3217 day$
Hoeksnelheid maand	$: \omega_M := \frac{2 \cdot \pi \text{ rad}}{T_M} = 0.549 \frac{\text{deg}}{\text{hr}}$
Hoeksnelheid aarde	$: \omega_A := 15.0411 \frac{\text{deg}}{\text{hr}}$
Hoeksnelheid maan t.o.v. aarde	$: \omega_{M.A} := \omega_A - \omega_M = 14.492 \frac{\text{deg}}{\text{hr}}$
Hoeksnelheid dubbeldaags maangetij	$: \omega_{M2} := 2 \cdot \omega_{M.A} = 28.984 \frac{\text{deg}}{\text{hr}}$
Zongetij	$: T_S := 365 day + 6 hr + 9 min + 9.76 s = 365.256 day$
Hoeksnelheid zon	$: \omega_S := \frac{2 \cdot \pi \text{ rad}}{T_S} = 0.041 \frac{\text{deg}}{\text{hr}}$
Hoeksnelheid zon t.o.v. aarde	$: \omega_{S.A} := \omega_A - \omega_S = 15 \cdot \frac{\text{deg}}{\text{hr}}$
Dubbeldaags zon getij	$: \omega_{S2} := 2 \cdot \omega_{S.A} = 30 \cdot \frac{\text{deg}}{\text{hr}}$

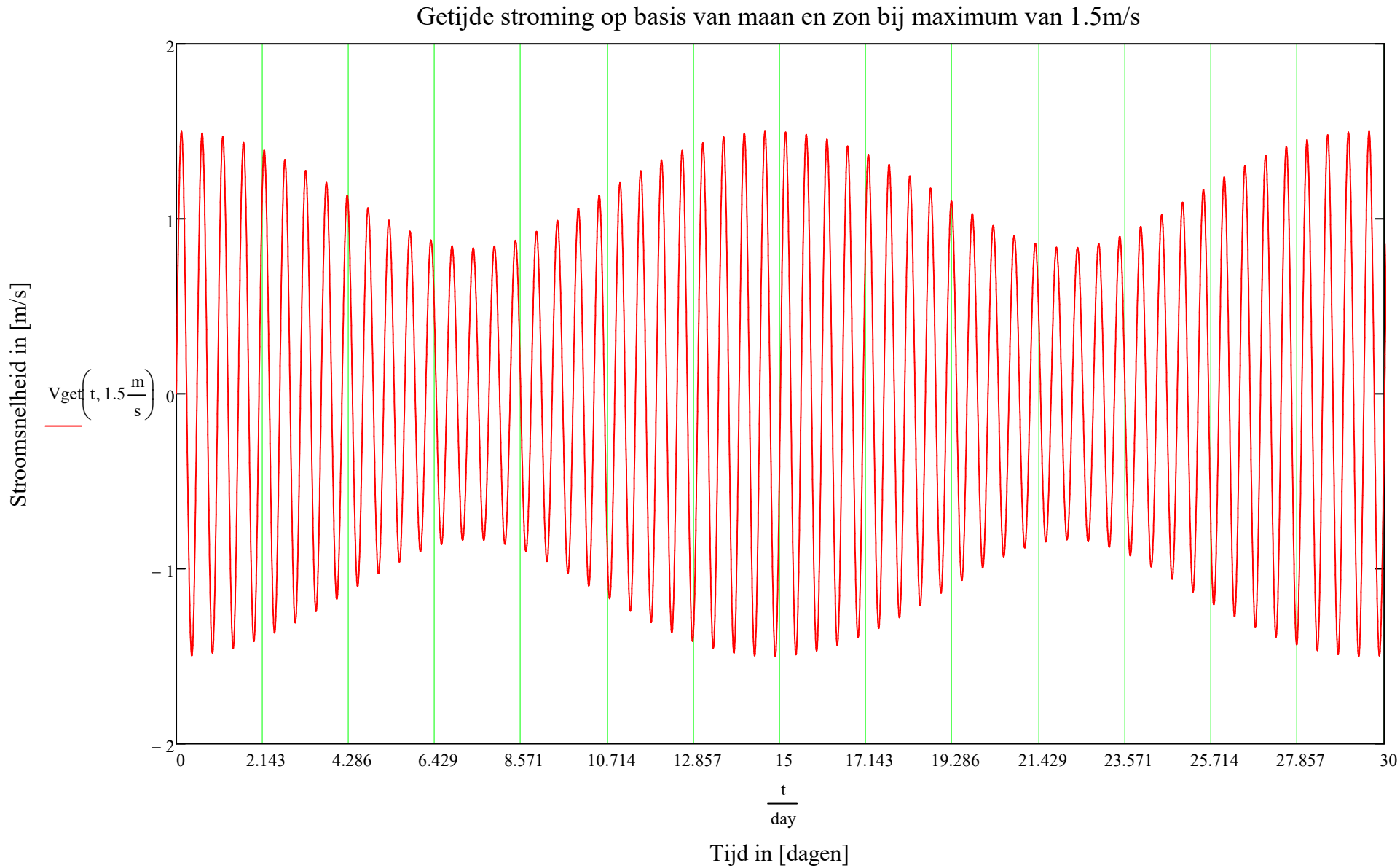


Amplitude	$: \Delta V_{maan}(V) := \frac{V \cdot 3.5}{4.5}$
Amplitude zon	$: \Delta V_{sun}(V) := \frac{V}{4.5}$
Amplitude function Getijden functie	$: V_{get}(t, V_m) := \Delta V_{maan}(V_m) \cdot \sin(\omega_{M2} \cdot t) + \Delta V_{sun}(V_m) \cdot \sin(\omega_{S2} \cdot t)$

Opmerking

Bij de fictieve getijde stroming wordt er vanuit gegaan dat de amplitude van de maan een factor 3,5 groter is dan die van de zon.

t := 0,0.1hr.. 365day      start := 0day



Vermogens en debieten

In dit rekenblad worden de vermogens en debieten berekend als functie van de damlengte en stroomsnelheden.

Invoer basis gegevens

Soortelijke massa water	$\rho_{\text{water}} := 1023 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Valversnelling	$g = 9.807 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
Lengte dam	$L_{\text{dam}} := \begin{pmatrix} 20 \\ 30 \\ 40 \\ 50 \\ 60 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 100 \end{pmatrix} \text{ km}$
Vergrotingsfactor voor Y-dam met 20km vleugels 45graden i.p.v. 10km vleugels bij 60graden uitgaande van een 40km dam	
Lengte vleugel	$L_{\text{vl}} := 20 \text{ km}$
Hoek vleugel	$\alpha_{\text{vl}} := 45 \text{ deg}$
Reeks t.b.v. lengtes	$i_{\text{r}} := 0, 1.. 8$
Reeks t.b.v. snelheden	$k_{\text{r}} := 0, 1.. 11$
Vergrotingsfactor	$K_{\text{ver}, i_{\text{r}}} := 2 \frac{L_{\text{dam}, i_{\text{r}}} + 1 L_{\text{vl}} \cdot \sin(\alpha_{\text{vl}})}{L_{\text{dam}, i_{\text{r}}}}$
Waterdiepte	$Z := 20 \text{ m}$
Maximum stroomsnelheid	$V_{\text{max}} := \begin{array}{l} i \leftarrow 0, 1.. 11 \\ \Delta V \leftarrow 0.2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ \text{for } j \in i \\ \quad V_{\text{m}_j} \leftarrow (j + 1) \cdot \Delta V \\ V_{\text{m}} \end{array}$

Effectieve fractie van het verval over de turbines	: a := 0.66
Rendement van de turbineinstallatie	: η := 85%
Openingspercentage van een deels open dam	: b = 11.405%
Verlies coefficient	: ko := 1.85
Periode maangetij	: Tm := $\frac{2 \cdot \pi}{\omega_{M2}}$ = 12.421 hr

Berekeningen van het verval, de debieten en de vermogens

Verval over een volledig gesloten dam

```
: ΔHmax:=
i ← 0,1.. 8
k ← 0,1.. 11
for j ∈ i
  for l ∈ k
    Hmj,l ← (4·1.7π) $\frac{K_{ver,j} \cdot V_{max,l} \cdot L_{dam,j}}{2g \cdot T_m}$ 
```

Debiet door een deels open dam

```
: Qdam.o:=
i ← 0,1.. 8
k ← 0,1.. 11
for j ∈ i
  for l ∈ k
    if a ≤ 1
      Qj,l ← 0  $\frac{m^3}{s}$ 
      Qj,l ← (Z·Ldam,j)Kver,j Vmax,l ·  $\left[ 1 + \left[ \frac{\Delta H_{max,j,l} 2g \cdot T_m}{K_{ver,j} (4 \cdot 1.7 \pi) L_{dam,j} \cdot b} \right]^2 \cdot \frac{k_o}{8 \cdot g \cdot (1 - a) \cdot \Delta H_{max,j,l}} \right]^{\frac{-1}{2}}$  if a < 1
```

Verval over een deels open dam

```
: ΔHdam_o:=
i ← 0,1.. 8
k ← 0,1.. 11
for j ∈ i
  for l ∈ k
    Hoj,l ← ΔHmax,j,l ·  $\left[ 1 - \left[ \frac{Q_{dam.o,j,l}}{\left[ (Z \cdot L_{dam,j}) K_{ver,j} V_{max,l} \right]} \right]^2 \right]$ 
Ho
```

Vermogen uit turbine bedrijf bij deels open dam

```
: Powermax.o:=
i ← 0,1.. 8
k ← 0,1.. 11
for j ∈ i
  for l ∈ k
    Poj,l ← η · ρwater · g · (a · ΔHdam_o,j,l) · Qdam.o,j,l
Po
```

## Presentatie van berekende resultaten

Tabel met snelheden

: Vmax=

	0
0	0.2
1	0.4
2	0.6
3	0.8
4	1
5	1.2
6	1.4
7	1.6
8	1.8
9	2
10	2.2
11	2.4

Tabel met damlengtes

: Ldam =

$$= \begin{pmatrix} 20 \\ 30 \\ 40 \\ 50 \\ 60 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 100 \end{pmatrix} \cdot \text{km}$$

Vermogen bij 20km

$$:P_{20\text{km}_{\text{kr}}} := \text{Power}_{\text{max.o}_{0,\text{kr}}}$$

Vermogen bij 30 km

$$:P_{30\text{km}_{\text{kr}}} := \text{Power}_{\text{max.o}_1, \text{kr}}$$

Vermogen bij 40 km

$$:P_{40\text{km}_{\text{kr}}} := \text{Power}_{\text{max.o}_2, \text{kr}}$$

Vermogen bij 50 km

$$:P_{50\text{km}_{\text{kr}}} := \text{Power}_{\text{max.o}_3, \text{kr}}$$

Vermogen bij 60 km

$$:P_{60\text{km}_{\text{kr}}} := \text{Power}_{\text{max.o}_{4,\text{kr}}}$$

Vermogen bij 70 km

$$:P_{70\text{km}_{\text{kr}}} := \text{Power}_{\text{max.o}_{5,\text{kr}}}$$

Vermogen bij 80 km

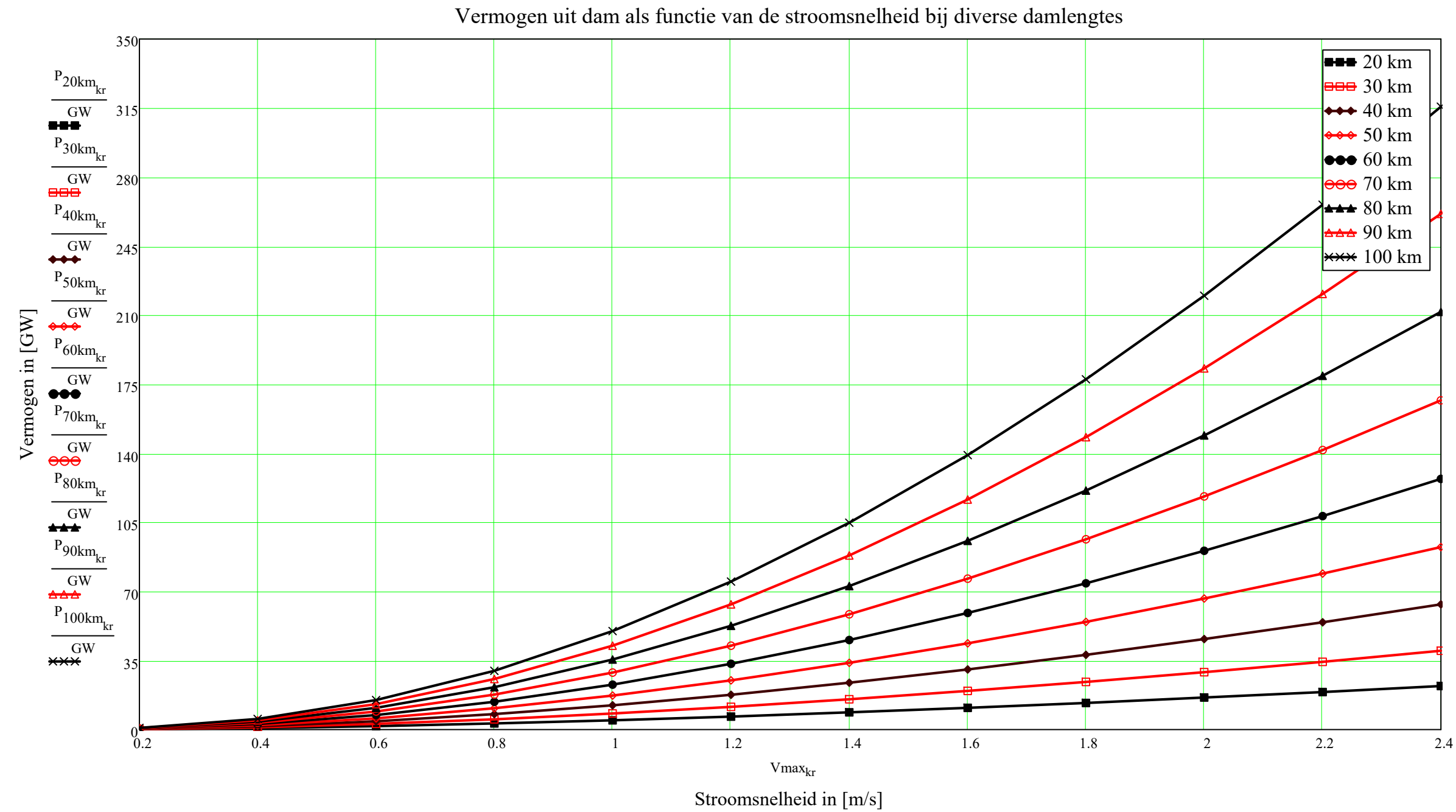
$$:P_{80km_{kr}} := Power_{max.o_6,kr}$$

Vermogen bij 90 km

$$:P_{90km_{kr}} := Power_{max.o_{7,kr}}$$

Vermogen bij 100 km

$$:P_{100\text{km}_{\text{kr}}} := \text{Power}_{\text{max.o}_{8,\text{kr}}}$$



Berekeningen van de opbrengst.

Verval over een volledig gesloten dam als functie van de snelheid

$$:f\Delta H_{\max}(V) :=$$

$$i \leftarrow 0, 1..8$$
$$\text{for } j \in i$$
$$\left| \begin{array}{l} H_{m_j} \leftarrow 0.0000 \text{ m} \\ H_{m_j} \leftarrow (4 \cdot 1.7\pi) \frac{K_{\text{ver}_j} \cdot V \cdot L_{\text{dam}_j}}{2g \cdot T_m} \text{ if } V \neq 0 \end{array} \right.$$

$$H_m$$

Debiet door een deels open dam als functie van de snelheid

$$:fQ_{\text{dam.o}}(V) :=$$

$$i \leftarrow 0, 1..8$$
$$\Delta H \leftarrow f\Delta H_{\max}(V)$$
$$\text{for } j \in i$$
$$\text{if } a \leq 1$$
$$\left| \begin{array}{l} Q_j \leftarrow 0 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \\ Q_j \leftarrow (Z \cdot L_{\text{dam}_j}) K_{\text{ver}_j} V \cdot \left[ 1 + \left[ \frac{2 \Delta H_j g \cdot T_m}{K_{\text{ver}_j} (4 \cdot 1.7\pi) L_{\text{dam}_j} \cdot b} \right]^2 \cdot \frac{k_o}{8 \cdot g \cdot (1 - a) \cdot \Delta H_j} \right]^{\frac{-1}{2}} \text{ if } a < 1 \end{array} \right.$$

$$Q$$

Verval over een deels open dam als functie van de stroomsnelheid

$$:f\Delta H_{\text{dam}_0}(V) :=$$

$$i \leftarrow 0, 1..8$$
$$Q_d \leftarrow fQ_{\text{dam.o}}(V)$$
$$\Delta H \leftarrow f\Delta H_{\max}(V)$$
$$\text{for } j \in i$$
$$\left| \begin{array}{l} H_{o_j} \leftarrow 0 \\ H_{o_j} \leftarrow \Delta H_j \cdot \left[ 1 - \left[ \left[ \frac{Q_{d_j}}{(Z \cdot L_{\text{dam}_j}) K_{\text{ver}_j} V} \right]^2 \right] \right] \text{ if } V \neq 0 \end{array} \right.$$

$$H_o$$

Verm. uit turbine bij deels open dam als functie van de snelheid

$$:fPower_{\max.o}(V) :=$$

$$i \leftarrow 0, 1..8$$
$$\Delta H \leftarrow f\Delta H_{\text{dam}_0}(V)$$
$$Q_d \leftarrow fQ_{\text{dam.o}}(V)$$
$$\text{for } j \in i$$
$$P_{o_j} \leftarrow \eta \cdot \rho_{\text{water}} \cdot g \cdot (a \cdot \Delta H_j) \cdot Q_{d_j}$$

$$P_o$$



Energie gegeven vctief getijdenstroom over een jaar

```
: EPower(Vm) :=
| i ← 0, 1.. 8
| ie ← 0, 1.. 31·24
| for k ∈ ie
|   Eek ← fPowermax.o(| Vget(k·hr, Vm)|) · 1hr
| for j ∈ i
|   for k ∈ ie
|     Ej,k ← (Eek)j
| for j ∈ i
|   ETj ← ∑ie |Ej,ie|
| 12·ET
```

Jaaropbrengsten

```
: Eopbr :=
| i ← 0, 1.. 11
| for j ∈ i
|   DBj ← EPower(Vmaxj)
| DB
```

Produktie 20km dam

```
: E20kmkr := (Eopbrkr)0
```

Produktie 30km dam

```
: E30kmkr := (Eopbrkr)1
```

Produktie 40km dam

```
: E40kmkr := (Eopbrkr)2
```

Produktie 50km dam

```
: E50kmkr := (Eopbrkr)3
```

Produktie 60km dam

```
: E60kmkr := (Eopbrkr)4
```

Produktie 70km dam

```
: E70kmkr := (Eopbrkr)5
```

Produktie 80km dam

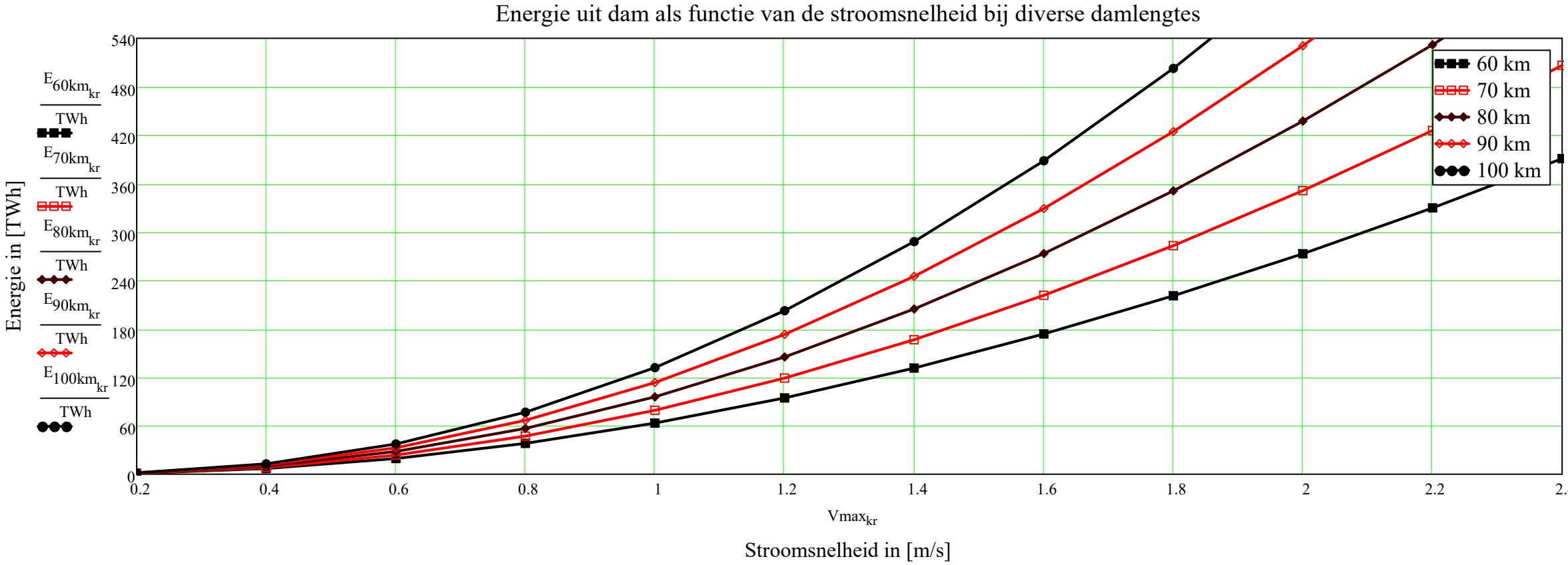
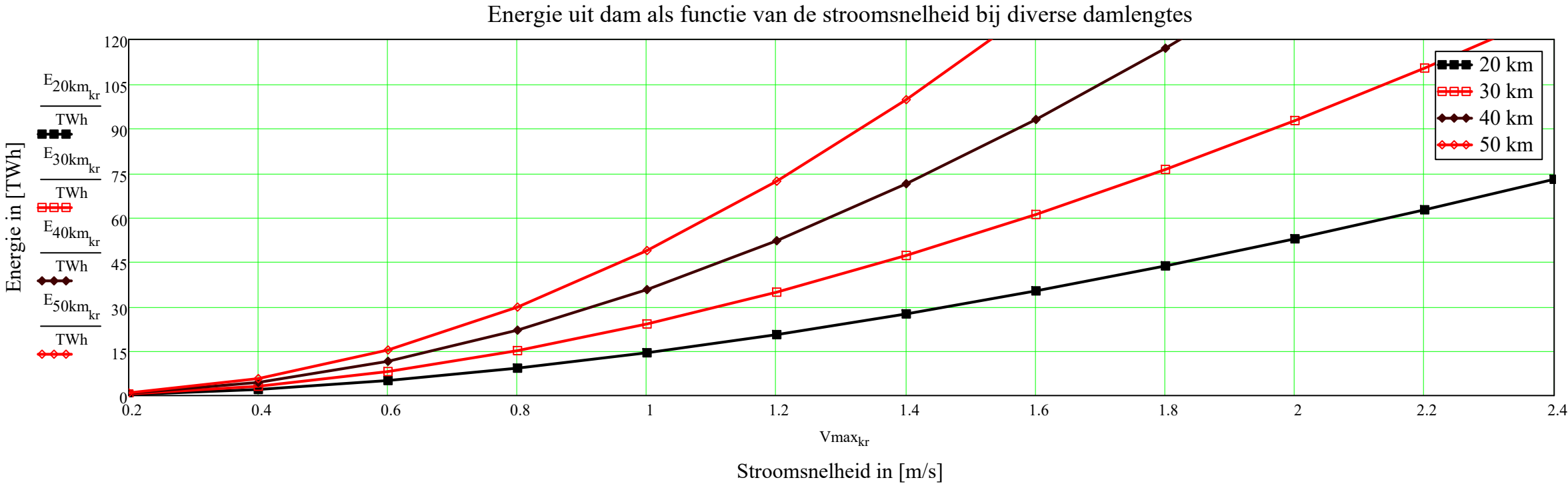
```
: E80kmkr := (Eopbrkr)6
```

Produktie 90km dam

```
: E90kmkr := (Eopbrkr)7
```

Produktie 100km dam

```
: E100kmkr := (Eopbrkr)8
```





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]
0,2	0,156	0,232	0,312	0,397	0,483	0,571	0,661	0,751	0,842
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
1,8	13,568	24,202	37,939	54,660	74,215	96,443	121,179	148,263	177,542
2	16,250	29,142	45,911	66,451	90,613	118,222	149,099	183,061	219,930
2,2	19,098	34,405	54,432	79,096	108,252	141,724	179,318	220,833	266,069
2,4	22,103	39,973	63,472	92,546	127,065	166,855	211,713	261,425	315,772

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]
0,2	0,39	0,57	0,76	0,95	1,15	1,34	1,54	1,75	1,95
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
1,8	43,75	76,22	117,04	165,57	221,17	283,24	351,20	424,54	502,81
2	52,86	92,70	143,17	203,61	273,27	351,47	437,53	530,82	630,79
2,2	62,60	110,39	171,36	244,80	329,92	425,93	532,06	647,60	771,85
2,4	72,93	129,23	201,49	288,98	390,88	506,33	634,46	774,44	925,50

$b \equiv 11.405 \%$

$K_{\text{ww}} := \frac{3.2}{(15\%)^2} = 142.222$

$k_o = 1.85$

$\left(\frac{1.85}{K}\right)^{0.5} = 11.405\%$

Oppervlak turbines

$A_{\text{turb}} := L_{\text{dam}_2} \cdot Z \cdot b = 9.124 \times 10^4 \text{ m}^2$

Diameter rotor

$D_{\text{turb}} := 8\text{m}$

Aantal turbines bij 40km dam

$N_{\text{turb}} := \frac{A_{\text{turb}}}{\frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{turb}}^2} = 1815$

Lengte dam over de vleugels gemeten

$L_{\text{vol}_{\text{ir}}} := L_{\text{dam}_{\text{ir}}} + 1 \cdot L_{\text{vl}} \cdot \sin(\alpha_{\text{vl}})$

Lengte dam volledig

$L_{\text{vol}} = \blacksquare \cdot \text{km}$

Lengte dam met turbines

$L_{\text{dam}} = \blacksquare \cdot \text{km}$