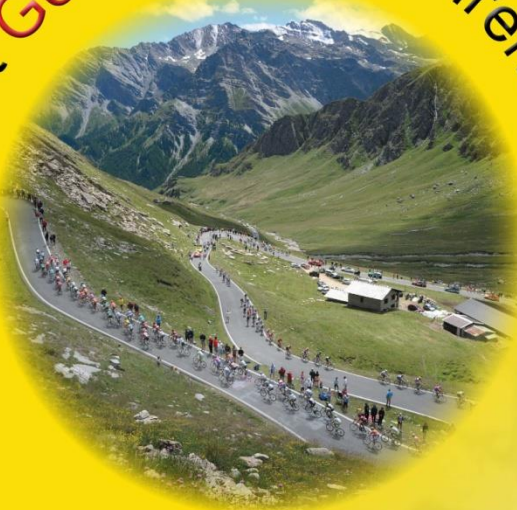


The Secret Of Cycling

Het Geheim van Wielrennen



Hans van Dijk, Ron van Megen
en Guido Vroemen

Slim gezonder, fitter én sneller worden!

Op zoek naar tips om een snellere en completere wielrenner te worden? Dan is Het Geheim van Wielrennen een absolute must!

Een boek bomvol informatie, voor de leergierige renner met oog voor details. Een naslagwerk met een vernieuwende kijk op wielrennen en de grenzen van het prestatievermogen.

Training, voeding, gewicht, banden, wielen, frame, aerobars, vermogensmeters, wind, heuvels, de vorm van de dag, het werelduurrecord, de Alpe d'Huez en nog veel meer.

De invloed van werkelijk alle factoren op je prestatie wordt helder uitgelegd aan de hand van handige lijstjes en praktijkvoorbeelden.

Bij het boek hoort een website met calculatoren, waarmee je je eigen prestaties kunt voorspellen en narekenen. Zo kun je voor jezelf bepalen wat je moet doen om nog beter te worden.

Het Geheim van Wielrennen is hét standaardwerk voor de slimme wielrenner en zijn coach.

Van de auteurs en gebaseerd op hetzelfde toegankelijke concept als de bestseller Het Geheim van Hardlopen.

www.HetGeheimvanWielrennen.nl



ISBN 978-90-821069-4-7



9 789082 106947 >

NedRUN
publisher

The Secret Of Cycling

- Biochemistry
- Physics
- Modelling



The Secret Of Cycling

- Energy systems
- Anaerobic Threshold Power (ADV or FTP)
- VO_2max
- Critical Power model
- Calculator



Energyproduction per liter O₂

- Calculating **kJ/mol** into **kJ/literO₂**
 - This is done by dividing kJ/mol through x mol O₂ (x depends on substrate, glucose 6 and FA 23)
 - And dividing through molar volume of O₂ (24,3)

Energieproductie per liter O ₂	ΔG (kJ/ O ₂)
Aerobe omzetting glycogeen	
$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 38ADP \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38ATP$	19,76
Aerobe omzetting vetzuren	
$CH_3(CH_2)_{14}COOH + 23O_2 + 130ADP \rightarrow 16CO_2 + 16H_2O + 130ATP$	17,64



Energyproduction per liter O₂

- Calculating **kJ/mol** into **kJ/literO₂**
 - From literature we know that at VO₂max level 90% of the energy comes from CHO and 10% from FFA
 - $0,9 \times 19,76 + 0,1 \times 17,64 = \mathbf{19,55 \text{ kJ/l O}_2}$



Energyproduction per liter O₂

- Calculating kJ/mol into kJ/literO₂
 - To calculate PO at VO₂max:
 - **VO₂max (ml/min/kg) × 19,55 / 60** (min to sec)
 - Then multiply with **0.25** (efficiency of the human body)
 - VO₂max= 88 ml/min/kg
 - Watt/kg= 0,25 × 89 × 19,55/60 = 7,25 Watt/kg
 - ADV (FTP) = 0.88 × 7,17 = **6,38 Watt/kg**



Relation ADV (FTP) and VO₂max

Vermogen bij VO₂ max

$$\text{Watt/kg} = 0,25 \cdot \text{VO}_2 \text{ max} \cdot 19,55/60$$

Voorbeeld:

$$\text{VO}_2 \text{ max} = 55,4 \text{ ml/kg/min}$$

$$\text{Vermogen} = 0,082 \cdot 55,4 = 4,54 \text{ Watt/kg}$$

Relatie ADV - VO₂ max

$$\text{ADV} = 0,88 \cdot 0,25 \cdot \text{VO}_2 \text{ max} \cdot 19,55/60$$

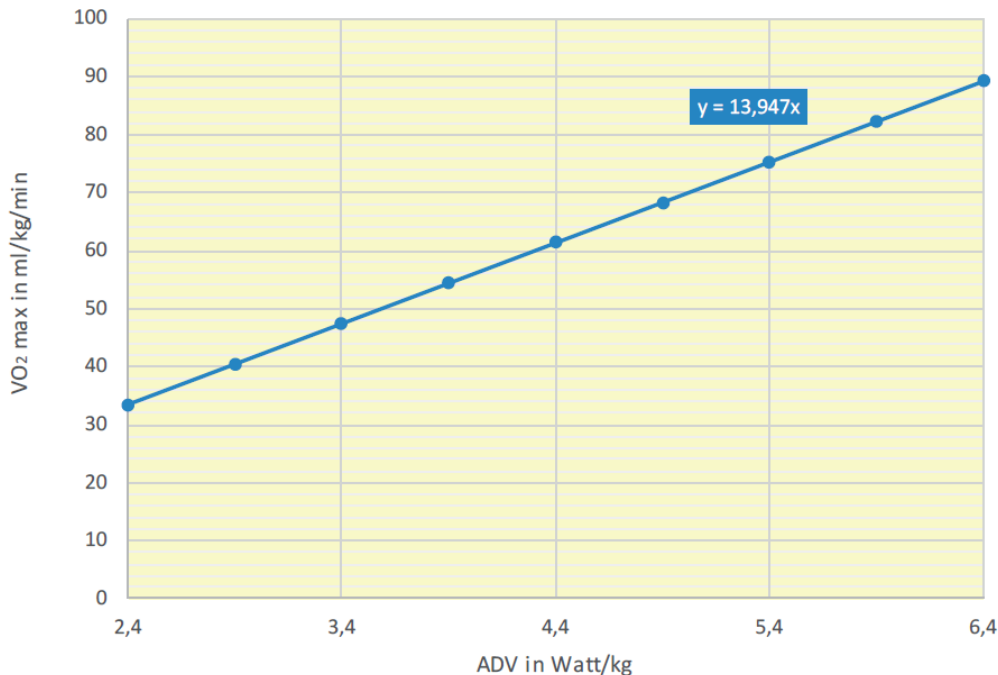
$$\text{ADV} = 0,072 \cdot \text{VO}_2 \text{ max}$$

Voorbeeld:

$$\text{VO}_2 \text{ max} = 55,4 \text{ ml/kg/min}$$

$$\text{ADV} = 0,072 \cdot 55,4 = 4,0 \text{ Watt/kg}$$

Relatie ADV - VO₂ max



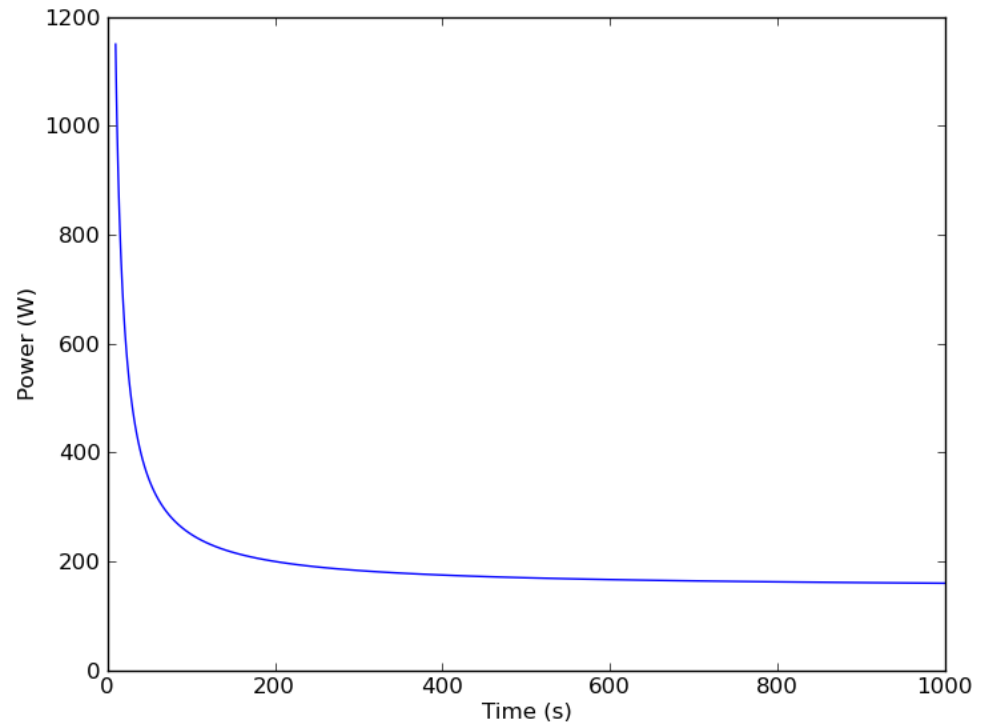
MODELLING

CP-AEWC model (Monod & Scherrer)

Het CP-AWC model

Vele auteurs hebben al geworsteld met de vraag hoe de afname van het vermogen bij een toenemende duur van de inspanning het beste beschreven kan worden. In de wielrenliteratuur wordt veel gebruik gemaakt van het CP-AWC model van Monod & Scherrer. De CP staat daarbij voor Critical Power, een vermogen (in Watt/kg) dat in theorie oneindig lang kan worden volgehouden. AEWC staat voor Anaerobic Work Capacity (in kJ/kg), een eindige hoeveelheid energie die gedurende een korte tijd t kan worden aangesproken. Het beschikbare vermogen (in Watt/kg) is daarmee gelijk aan de som van de CP en de AWC/t , dus:

$$P = CP + AWC/t$$



Formula of Peter Riegel

$$v_2/v_1 = (t_2/t_1)^{-0,07}$$

Time is double, the power will be 95%

Time is 6 x longer, then power 88%

Time is 4 x shorter, then power is 110%

Piekfactoren Riegel	
Tijdsduur (min)	$(t_2/t_1)^{-0,07}$ (-)
10	1,00
20	0,95
40	0,91
60	0,88
120	0,84
240	0,80



Pete Riegel met de oorspronkelijke versie van zijn "Race - Pace computer" (1977)

ADV (FTP) = 0.88 x VO₂max Power

De fameuze formule van Pete Riegel

Zoals beschreven in Het Geheim van Hardlopen kan de afname van de snelheid bij hardlopen zeer nauwkeurig beschreven worden met de fameuze formule van Pete Riegel^{24,25}, deze luidt:

$$v_2/v_1 = (t_2/t_1)^{-0,07}$$

Piekfactoren Riegel	
Tijdsduur (min)	$(t_2/t_1)^{-0,07}$ (-)
10	1,00
20	0,95
40	0,91
60	0,88
120	0,84
240	0,80



How strong are the 4 engines?

Biochemical view: Glucose and FA oxydation

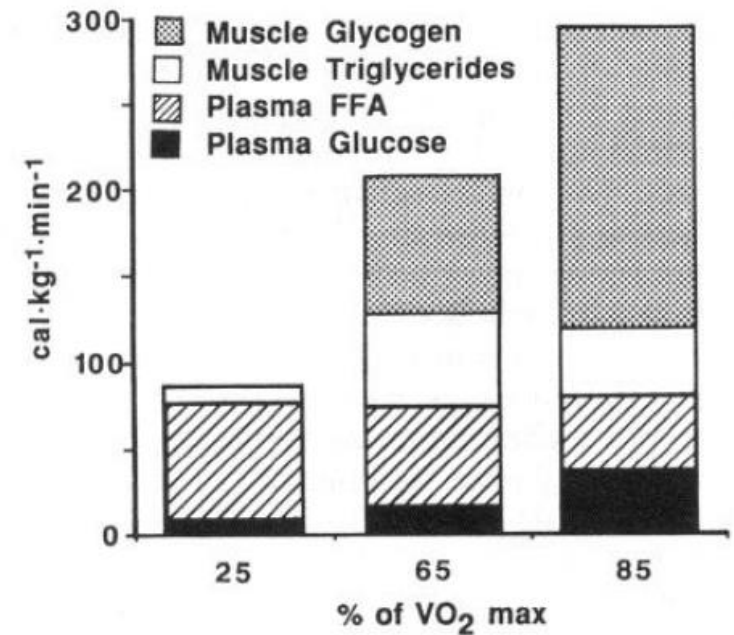
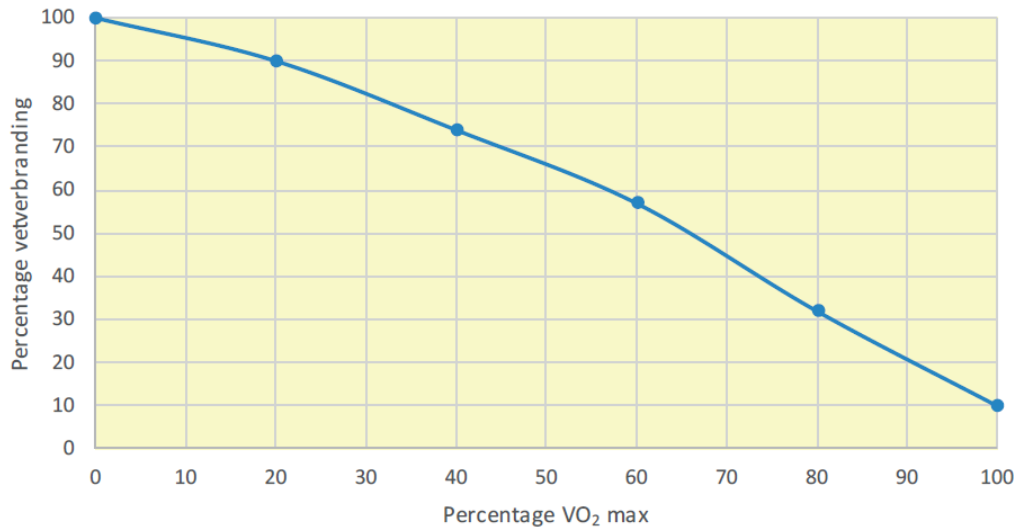
Vermogen van de 4 motoren

		P mmol ATP/s	Piekfactor
ATP/CP			
ATP → ADP	$C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$	73	3,17
Anaerobe omzetting glycogeen			
$C_6H_{12}O_6 + 3ADP \rightarrow 2C_3H_6O_3 + 3ATP$		40	1,74
Aerobe omzetting glycogeen			
$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 38ADP \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38ATP$		23	1
Aerobe omzetting vetzuren			
$CH_3(CH_2)_{14}COOH + 23O_2 + 130ADP \rightarrow 16CO_2 + 16H_2O + 130ATP$		7	0,30



Fat oxydation as function of VO_2

Vetverbranding als functie van VO_2



Biochemical view: Glucose and FA oxydation

- Is the decrease in power equal to the increase in FA oxydation?
- Power FA oxydation is only 0.3 of glycogen
- Peakfactors for $\dot{V}O_2\text{max}$:



Tijdsduur (min)	Piekfactor $(t_2/t_1)^{-0.07}$	Glycogeen (%)	Vetzuren (%)
10	1	90	10
20	0,95	84	16
40	0,91	79	21
60	0,88	74	26
120	0,84	69	31

Peak factors for ADV (FTP)

Piekfactoren t.o.v. ADV			
Tijdsduur (min)	Sprinter (-)	Normaal (-)	Diesel (-)
0,08	4,23	3,74	3,28
1	2,35	2,10	1,86
5	1,47	1,19	1,15
10	1,17	1,13	1,09
20	1,10	1,08	1,06
40	1,04	1,03	1,02
60	1,00	1,00	1,00
120	0,94	0,95	0,97
140	0,88	0,91	0,93



20 min TEST

Tijdsduur (min)	Sprinter (-)	Normaal (-)	Diesel (-)
20	1,10	1,08	1,06



Peakfactors (VO₂max and ADV) (sprinter/allround/endurance)

Piekfactoren t.o.v. VO ₂ max			
Tijdsduur (min)	Sprinter (-)	Normaal (-)	Diesel (-)
0,08	3,60	3,30	3,00
1	2,00	1,85	1,70
5	1,25	1,05	1,05
10	1,00	1,00	1,00
20	0,94	0,95	0,97
40	0,88	0,91	0,93
60	0,85	0,88	0,91
120	0,80	0,84	0,88
140	0,75	0,80	0,85

Piekfactoren t.o.v. ADV			
Tijdsduur (min)	Sprinter (-)	Normaal (-)	Diesel (-)
0,08	4,23	3,74	3,28
1	2,35	2,10	1,86
5	1,47	1,19	1,15
10	1,17	1,13	1,09
20	1,10	1,08	1,06
40	1,04	1,03	1,02
60	1,00	1,00	1,00
120	0,94	0,95	0,97
140	0,88	0,91	0,93



Concreet betekent dit dus dat voor 'normale' renners de ADV bepaald kan worden uit het vermogen gedurende 20 minuten gedeeld door 1,08 (dus door te vermenigvuldigen met 0,93). Voor echte diesels wordt de vermenigvuldigingsfactor 0,94 en voor sprinters 0,91.

World records in running

Wereldrecords mannen			
Afstand	Tijd	Naam	VO ₂ max
800 m	1:40.91	David Rudisha	92,8
1500 m	3:26.00	Hicham El Guerrouj	89,0
3000 m	7:20.67	Daniel Komen	87,4
5000 m	12:37.35	Kenenisa Bekele	87,9
10 km	26:17.53	Kenenisa Bekele	88,5
15 km	00:41:13	Leonard Komon	87,2
20 km	00:55:21	Zersenay Tadese	88,3
21,1 km	00:58:23	Zersenay Tadese	88,7
25 km	01:11:18	Dennis Kimetto	87,1
30 km	01:27:38	Patrick Makau	86,1
42,2 km	02:02:57	Dennis Kimetto	88,1

Wereldrecords vrouwen			
Afstand	Tijd	Naam	VO ₂ max
800 m	1:53.28	Jarmila Kratochvilova	82,9
1500 m	3:50.46	Yunxia Qu	79,4
3000 m	8:06.11	Junxia Wang	79,4
5000 m	14:11.15	Tirunesh Dibaba	78,1
10 km	29:31.78	Junxia Wang	78,9
15 km	00:46:28	Tirunesh Dibaba	77,4
20 km	01:02:36	Mary Keitany	78,3
21,1 km	01:05:12	Florence Kiplagat	78,8
25 km	01:19:53	Mary Keitany	77,7
30 km	01:38:23	Lilya Shobukhova	78,1
42,2 km	02:15:25	Paula Radcliffe	80,4



Grenzen vanuit hardlopen

VO₂ max = 88 ml/kg/min (mannen)

ADV = 6,35 Watt/kg (mannen)

VO₂ max = 78 ml/kg/min (vrouwen)

ADV = 5,63 Watt/kg (vrouwen)

What is the limit for ADV (FTP)

Vermogen van de 4 motoren			P	P/m
			mmol ATP/s	Watt/kg
ATP/CP				
ATP → ADP	$C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$		73	24,64
Anaerobe omzetting glycogeen				
$C_6H_{12}O_6$	$+ 3ADP$	$\rightarrow 2C_3H_6O_3 + 3ATP$	40	13,50
Aerobe omzetting glycogeen				
$C_6H_{12}O_6$	$+ 6O_2 + 38ADP$	$\rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38ATP$	23	7,76
Aerobe omzetting vetzuren				
$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	$+ 23O_2 + 130ADP$	$\rightarrow 16CO_2 + 16H_2O + 130ATP$	7	2,36

Tijdsduur (min)	Piekfactor $(t_2/t_1)^{-0,07}$	Glycogeen (%)	Vetzuren (%)
10	1	90	10
20	0,95	84	16
40	0,91	79	21
60	0,88	74	26
120	0,84	69	31

Uit de tabel kunnen we de theoretisch maximale ADV afleiden op basis van 74% inzet van glycogeen en 26% inzet van vetzuren, zie de box.

Grens biochemisch vermogen

$$ADV = 0,74 \cdot 7,76 + 0,26 \cdot 2,36 = 6,36 \text{ Watt/kg}$$

Grenzen Power Profiles

ADV = 6,40 Watt/kg (mannen)

ADV = 5,69 Watt/kg (vrouwen)

Classification

Grens vermogen mannen		ADV
Niveau		Watt/kg
Wereldtop	100%	6,4
Internationaal	90%	5,8
Nationaal	80%	5,1
Regionaal	70%	4,5
Liefhebber	60%	3,8
Redelijk	50%	3,2
Ongetraind	40%	2,6
Slecht	30%	1,9
Zeer slecht	20%	1,4

Grens vermogen vrouwen		ADV
Niveau		Watt/kg
Wereldtop	100%	5,7
Internationaal	90%	5,1
Nationaal	80%	4,6
Regionaal	70%	4,0
Liefhebber	60%	3,4
Redelijk	50%	2,8
Ongetraind	40%	2,3
Slecht	30%	1,7
Zeer slecht	20%	1,1



Physics

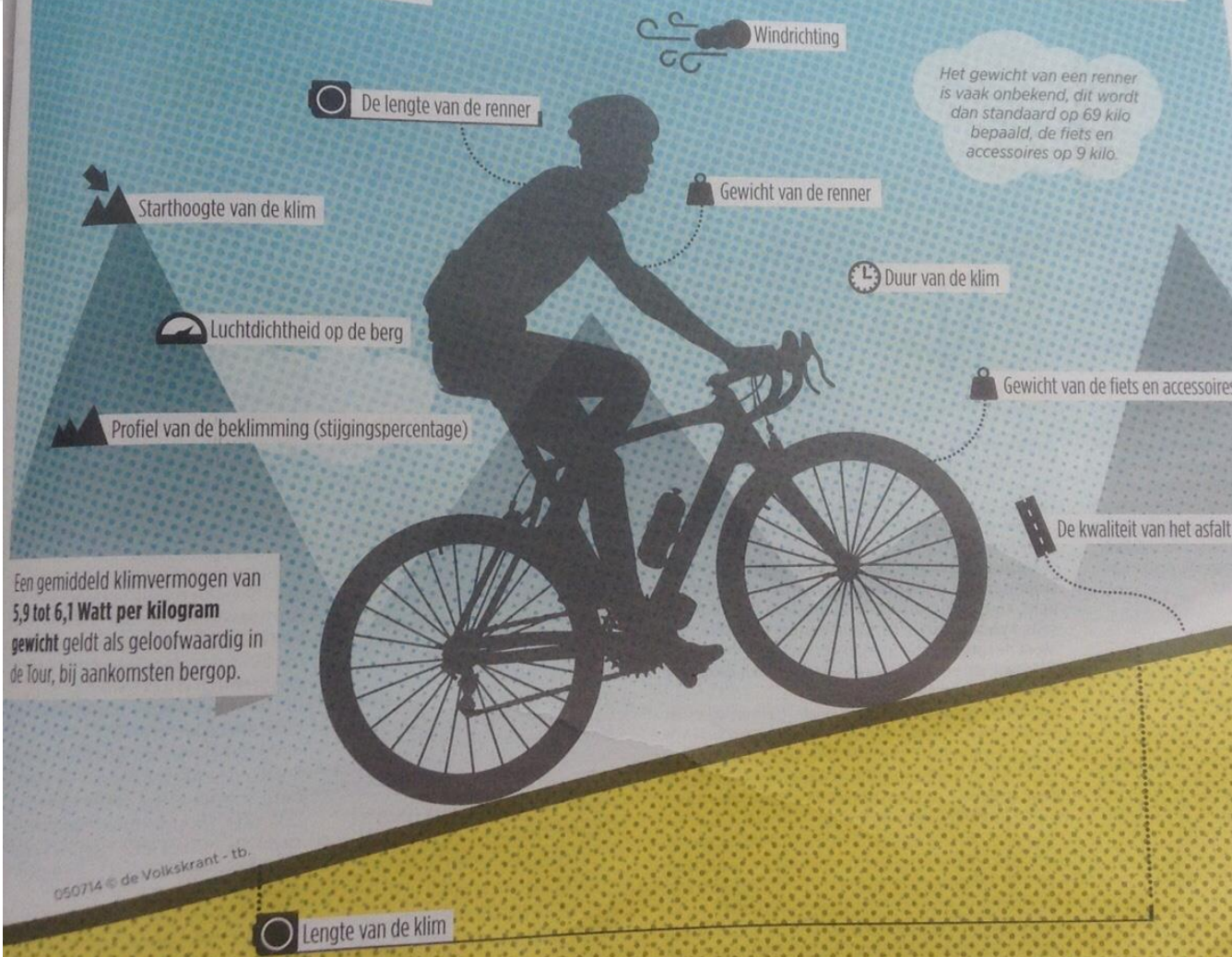
VARIABLEN VOOR HET BEREKENEN

VAN HET VERMOGEN VAN EEN

WIELRENNER

Vermogen wordt bergop berekend omdat daar de invloed van luchtweerstand het minst is. De metingen vinden alleen plaats bij beklimmingen met finish bergop, want renners gaan niet voluit op cols waar de aankomst niet bovenop ligt. De te meten klim moet tevens langer zijn dan 30 minuten.

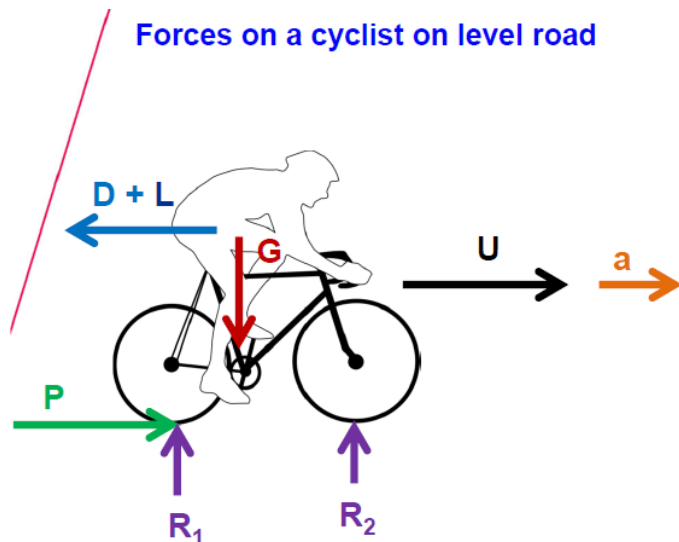
Het gewicht van een renner is vaak onbekend, dit wordt dan standaard op 69 kilo bepaald, de fiets en accessoires op 9 kilo.



Een gemiddeld klimvermogen van **5,9 tot 6,1 Watt per kilogram gewicht** geldt als geloofwaardig in de Tour, bij aankomsten bergop.

Physics

- Rolling resistance
- Air resistance
- Climbing resistance
- Mechanical resistance



a: acceleration (m/s²)
P: propulsion force (N)
D: aerodynamic drag (D)
L: non-aerodynamic resistance (N)
(drive train, tires, ...)
G: gravity (N)
R1: ground reaction force (N)
R2: ground reaction force (N)

$$\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$$

$$P - D - L = ma$$

Rolling resistance

De rolweerstand

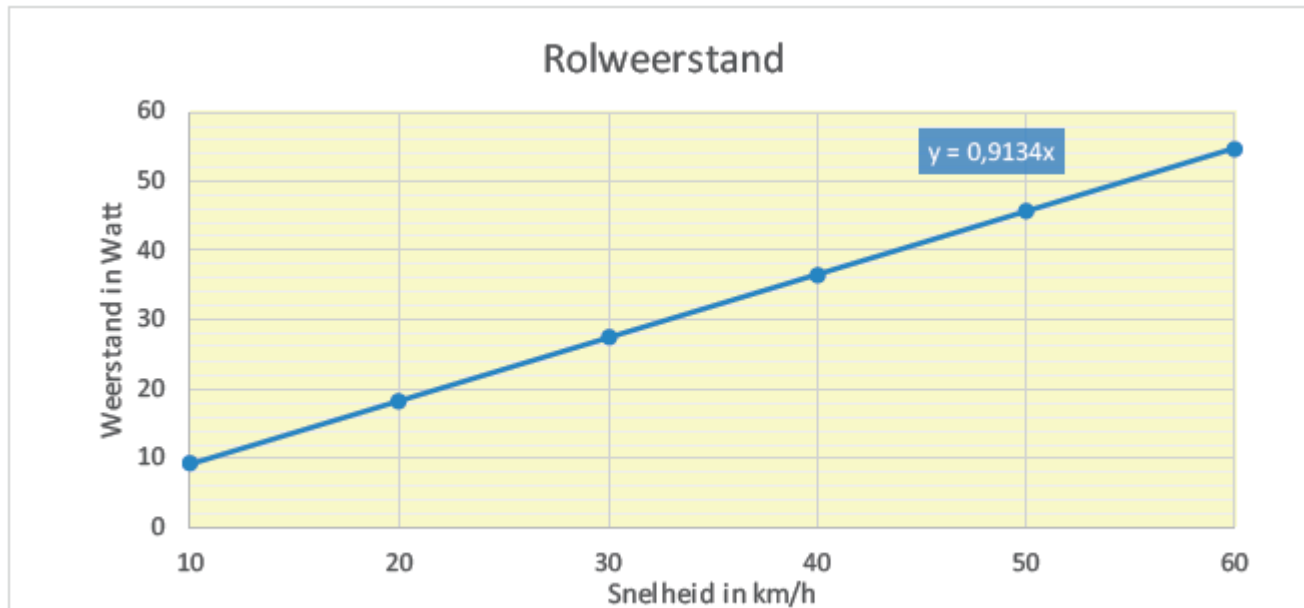
$$P_r = c_r \cdot m \cdot g \cdot v$$

Voorbeeld:

$c_r = 0,004$, $m = 83,8$ kg (75 kg+8,8 kg fiets),

$g = 9,81$ m/s², $v = 40$ km/h = 11,11 m/s

$P_r = 0,004 \cdot 83,8 \cdot 9,81 \cdot 11,11 = 36,5$ Watt



Air resistance



De luchtweerstand

$$P_i = 0,5 \cdot \rho \cdot c_d \cdot A \cdot (v + v_w)^2 \cdot v$$

Voorbeeld:

$\rho = 1,205 \text{ kg/m}^3$, $c_d \cdot A = 0,3 \text{ m}^2$, $v = 40 \text{ km/h} = 11,11 \text{ m/s}$,
 $v_w = 0 \text{ km/h}$

$$P_i = 0,5 \cdot 1,205 \cdot 0,3 \cdot (11,11)^3 = 248 \text{ Watt}$$



Luchtweerstand



Climbing resistance

De klimweerstand

$$P_k = i/100 \cdot m \cdot g \cdot v$$

Voorbeeld:

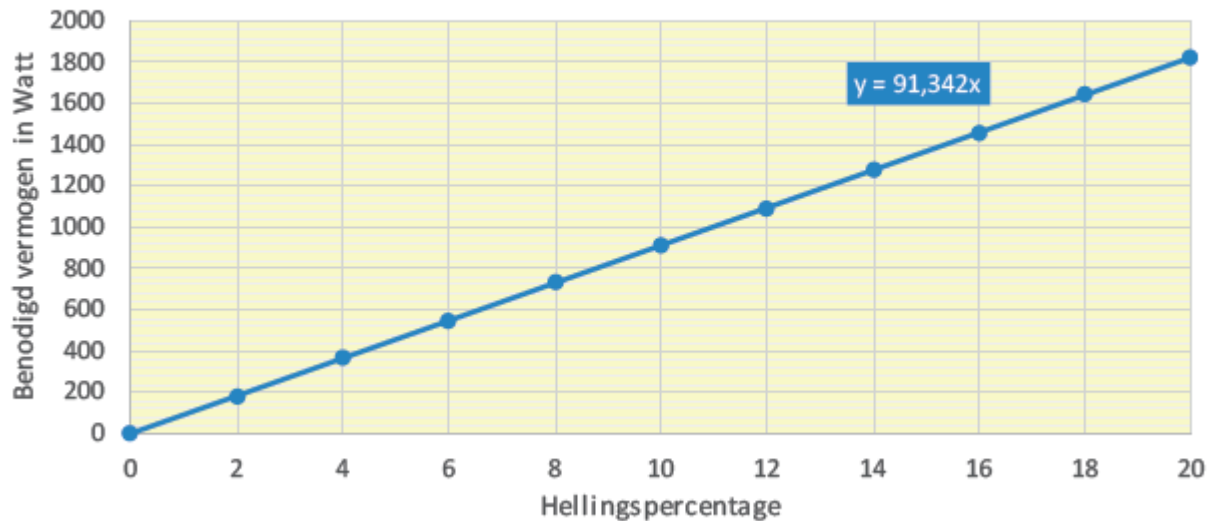
$i = 7,41\%$, $m = 83,8 \text{ kg}$, $v = 40 \text{ km/h} = 11,11 \text{ m/s}$,

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$P_k = 7,41/100 \cdot 83,8 \cdot 9,81 \cdot 11,11 = 677 \text{ Watt}$



Klimweerstand



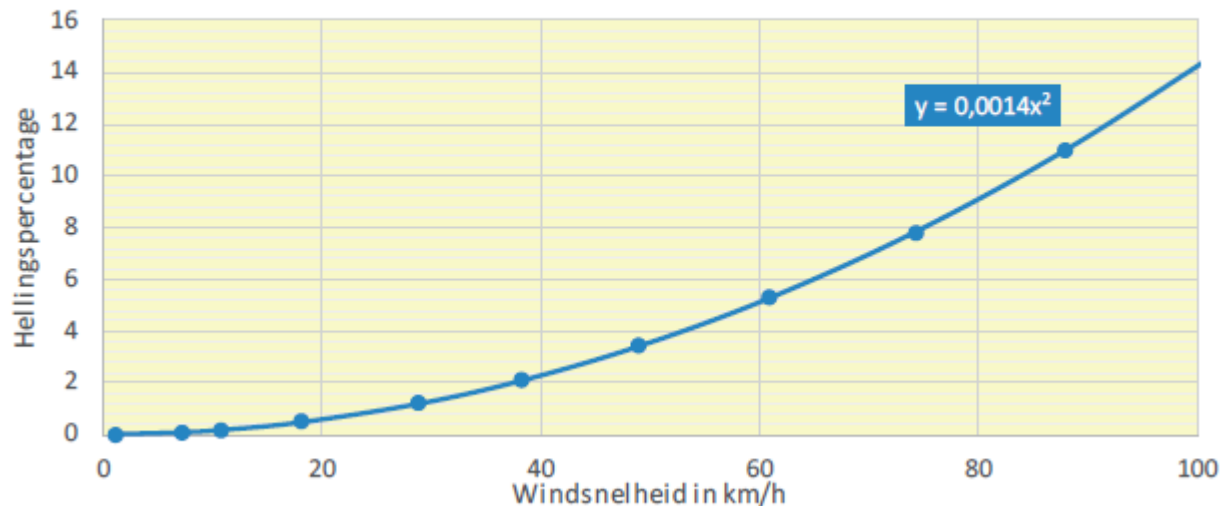
Mechanical resistance

Mechanische weerstand

De mechanische weerstand van naven en ketting wordt in het algemeen uitgedrukt als een percentage van het totaal beschikbaar vermogen. Het rendement η van de overbrenging ligt in de orde van 97,5%, zodat het verlies van de mechanische weerstand 2,5% bedraagt. Voor



Wanneer zijn heuvels en tegenwind even zwaar?



Total resistance

De natuurkunde van fietsen

Rolweerstand:

$$P_r = c_r * m * g * v$$

Luchtweerstand:

$$P_l = 0,5 * \rho * c_d * A * (v + v_w)^2 * v$$

Klimweerstand:

$$P_k = i / 100 * m * g * v$$

Mechanische weerstand:

$$P * (1 - \eta)$$

De 3^e graads vergelijking van het fietsen:

$$P * \eta = c_r * m * g * v + 0,5 * \rho * c_d * A * (v + v_w)^2 * v + i / 100 * m * g * v$$



Formula of cycling

$$v = \sqrt[3]{\left(\frac{-b^3}{27a^3} + \frac{bc}{6a^2} - \frac{d}{2a}\right) + \sqrt{\left(\frac{-b^3}{27a^3} + \frac{bc}{6a^2} - \frac{d}{2a}\right)^2 + \left(\frac{c}{3a} - \frac{b^2}{9a^2}\right)^3}} + \sqrt[3]{\left(\frac{-b^3}{27a^3} + \frac{bc}{6a^2} - \frac{d}{2a}\right) - \sqrt{\left(\frac{-b^3}{27a^3} + \frac{bc}{6a^2} - \frac{d}{2a}\right)^2 + \left(\frac{c}{3a} - \frac{b^2}{9a^2}\right)^3}} - \frac{b}{3a}$$

$$a = 0,5 \cdot \rho \cdot c_d A$$

$$b = 2 \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot c_d A \cdot v_w$$

$$c = 0,5 \cdot \rho \cdot c_d A \cdot v_w^2 + c_r \cdot m \cdot g \cdot \cos(\text{boogtan}(i/100)) + m \cdot g \cdot \sin(\text{boogtan}(i/100))$$

$$d = P \cdot \eta$$

AIR DENSITY

- Temperature
- Barometric Pressure

Berekening dichtheid van lucht

$$\rho = (p \cdot M) / (R \cdot T)$$

$$p = p_0 \cdot e^{(-Mgh/RT)}$$

Voorbeeld:

$h = 0 \text{ m}$, $p_0 = 101300 \text{ Pa}$, $R = 8314 \text{ J/kmol}^\circ\text{K}$,
 $T = 293 \text{ }^\circ\text{K}$, $M = 28,97 \text{ g/mol}$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$$p = 101300 \cdot e^0 = 101300 \text{ Pa}$$

$$\rho = 101300 \cdot 28,97 / (8314 \cdot 293) = 1,205 \text{ kg/m}^3$$

11 parameters

1. Power (watt):
 - depends on talent, m/v, weight, training, tapering, nutrition, etc
2. Mechanical efficiency
3. Rolling resistance
4. Weight
5. Weight of the bicycle
6. Temperature
7. Air pressure
8. Altitude
9. Air resistance (CdA)
10. Wind (direction and speed)
11. Gradient climb (%)



World Hour Record Bradley Wiggins

■ 54.526m

Werelduurrecord Bradley Wiggins 54,526 km

Standaardcondities

m	77	kg
m fiets	6,8	kg
$c_d A$	0,21	m^2
c_r	0,002	-
T	28	$^{\circ}C$
p	1030	mbar
η	0,99	-
v_w	0	m/s
P	468	Watt



How far can Wiggins get in 1 hour?



Haalbare afstanden

	(km)	winst
Werkelijk gereden	54,53	-
Geen warme hal (20°C)	54,04	-0,49
Aerodynamica ($c_dA= 0,20$)	55,40	0,87
Hoger vermogen ($P=478$ Watt)	54,93	0,40
Lagedrukgebied ($p=963$ mbar)	55,73	1,20
Ventilatoren ($v_w=1$ m/s)	56,90	2,37
Hooglandbaan ($h= 2336$ m)	57,24	2,71

What is theoretically possible?

- The cyclist has a Functional Threshold Power of 6,4 Watt/kg and bodyweight 80 kg. Total Power is 512 Watt.
- The location is the velodrome in Mexico (Eddy Merckx, 1972) (2336m altitude)
- The c_dA -value is lowered until 0,19 m²
- The temperature is 30 °C.

This results in a distance of **61,6 km**

TOUR DE FRANCE 2015

Prologue 13.8 km

Tom Dumoulin

Speed: 54,36 km/h

Temp : 35 C

Time: 15 min 14 sec

(including 10 sec loss because of start and curves)



Basiscondities proloog Tom Dumoulin

ADV	450	Watt
Piekfactor	1,10	-
Vermogen	494	Watt
Gewicht	71	kg
Fiets	6,8	kg
c_dA	0,22	m^2
c_r	0,003	-
i	0	%
η	0,985	-
v_w	0	m/s
Luchtdruk	1013	mbar
Temp.	26	$^{\circ}C$
Hoogte	0	m

Different conditions



Haalbare snelheid en tijd Tom Dumoulin

	Snelheid km/h	Tijd min	Vershil sec
Basiscondities	54,36	15,40	-
Lagere c_dA (0,21)	55,19	15,17	-14
Lage druk (963 mbar)	55,26	15,15	-15
Hoge temp (32 °C)	54,74	15,29	-6
Hogere ADV (460 Watt)	54,77	15,28	-7
Hogere c_dA (0,23)	53,59	15,62	13
Hoge druk (1043 bar)	53,85	15,54	9
Lage temp (20 °C)	54,01	15,50	6
Lagere ADV (440 Watt)	53,92	15,52	7
Wind (6 m/s, wk 4)	52,47	15,78	23

CALCULATOR

→  hetgeheimvanwielrennen.nl/calculator/



Het Geheim van Wielrennen

Slim gezonder, fitter én sneller worden!

[Home](#)[Columns](#)[Pers & Media](#)[Gastenboek](#)[Calculator](#)[Contact](#)[Bestellen](#)[Nederlands](#)[Het Geheim van Wielrennen](#) →[Calculator](#)

Calculator

Deze calculator is gebaseerd op de theorie van Het Geheim van Wielrennen.

De calculator bestaat uit drie onderdelen.

Het eerste deel gaat over je menselijke motor (je vermogen en je gewicht) en de factoren die dat bepalen (zoals training).

Het tweede deel gaat over de fietsprestatie die je wilt leveren en de factoren die dat bepalen (zoals luchtweerstand en klimweerstand).

Bij het derde deel kun je zelf rekenen aan de prestatie van toppers en andere renners.

Kies één van de drie onderdelen/tabs, afhankelijk van je keuze zie je meteen een aantal subtabs.

Hoe groot is je menselijke motor?

Hoe snel kun je fietsen bij verschillende omstandigheden?

Bereken zelf de ADV van de toppers!

De toppers

Vul een wedstrijdresultaat in

Vul in ieder geval de afstand, de gereden tijd en het gewicht van de renner in. Als je gegevens hebt over de andere factoren, pas dan de standaardwaarde aan. Het programma berekent dan de ADV die je renner gereden heeft.

Afstand: km Gewicht: kg

Tijd: uur min sec

CD*A (M²)

TEMPERATUUR (°C)

HOOGTE (M)

HELLING (%)

WIND SNELHEID (M/S)

Thank you !!



www.hetgeheimvanwielrennen.nl

www.theseecretofcycling.com

Erik Breukink

- De laatste Nederlandse gele truidrager
- Winnaar Tour proloog in 1989
- <http://nos.nl/video/516848-1989-breukink-pakt-gele-trui.html>



Breukink laatste Nederlander in het geel

De Nederlander Tom Dumoulin is een van de kanshebbers op de gele leiderstrui bij de openingstrijd van de Ronde van Frankrijk in Utrecht. Tot nu toe reden zeventien Nederlandse wielrenners in het geel.

