

[sport.be](https://www.sport.be)

De invloed van hoogte en hoogtestage

8-10 minutes

Loop je sneller of net trager op hoogte? En welke invloed heeft een hoogtestage? De auteurs van 'Het Geheim van Hardlopen' leggen de lat deze week hoog!

Invloed van hoogte op prestaties bij wedstrijden

In 1968 werd het effect van hoogte op de prestaties op de lange afstand duidelijk tijdens de **Olympische Spelen** van **Mexico**. Op de 10 km won de Keniaan **Naftali Temu** in een zeer matige tijd van 29:27:40, terwijl de marathon werd gewonnen door de Ethiopiër **Mamu Wolde** in een eveneens matige 2:20:26. Deze tijden waren aanzienlijk langzamer dan de toenmalige wereldrecords.

De belangrijkste verklaring voor de matige prestaties op de lange afstand in Mexico is uiteraard het feit dat Mexico op een hoogte van 2421 meter boven zeeniveau is gelegen. Op die hoogte is de luchtdruk veel lager en is er dus veel minder zuurstof beschikbaar. De **luchtdruk** kan als functie van de **hoogte** berekend worden met de formule:

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

Hierbij is **p** de luchtdruk, **p₀** de luchtdruk op zeeniveau (1 atmosfeer), **M** = de gemiddelde molecuulmassa van lucht = 29 kg/mol, **g** = zwaartekrachtconstante = 9,8m/s², **h** is de hoogte in

meter, $R = 2314 \text{ J/mol/0K}$, en T is de temperatuur in graden Kelvin (0K).

Op een hoogte van 2421 meter is de luchtdruk volgens deze formule slechts 0,75 atmosfeer oftewel 25% minder dan op zeeniveau. De oplosbaarheid van zuurstof in de longblaasjes en in het bloed is recht evenredig met de luchtdruk. Dit betekent dat het hart-longsysteem van de atleten in Mexico 25% minder zuurstof beschikbaar had, hetgeen zich zou moeten vertalen in een 25% lagere $VO_2 \text{ max}$! In dit licht bezien vallen de prestaties van de Olympische Spelen van 1968 nog alleszins mee. Op basis van de mindere beschikbaarheid van zuurstof zouden we eigenlijk nog slechtere tijden verwacht hebben! Dat de tijden in dit opzicht nog mee vielen, kan verklaard worden door:

De lagere luchtweerstand in de ijle lucht van Mexico

In het stukje over de **windweerstand** zagen we al dat de 'eigen wind' op de marathon een tijdverlies van 6 minuten kan veroorzaken. In de 25% ijlere lucht in Mexico zal dit dus $\frac{1}{4} \times 6 = 1,5$ minuut minder zijn, dus iets meer dan 1%. Sprinters lopen veel harder en daardoor zal hun 'eigen windweerstand' groter zijn dan van marathonlopers. De winst van een lagere eigen windweerstand door de ijlere lucht is voor hen dus van een nog groter belang. Het is één van de redenen dat sprinters juist wereldrecords lopen op grote hoogte. Tevens hebben zij minder last van het lagere zuurstofgehalte dan marathonlopers omdat ze voor een groot deel lopen op de energie van het anaerobe systeem en de directe omzetting van ATP. Schaatsers vestigen ook wereldrecords op grote hoogte (**Salt Lake City** en **Calgary**). Zij hebben een nog hogere snelheid dan sprinters en dus nog meer voordeel van de ijlere lucht.

De aanpassing van het lichaam van de atleten aan de hoogte

Binnen enkele weken zal het lichaam reageren op de lagere

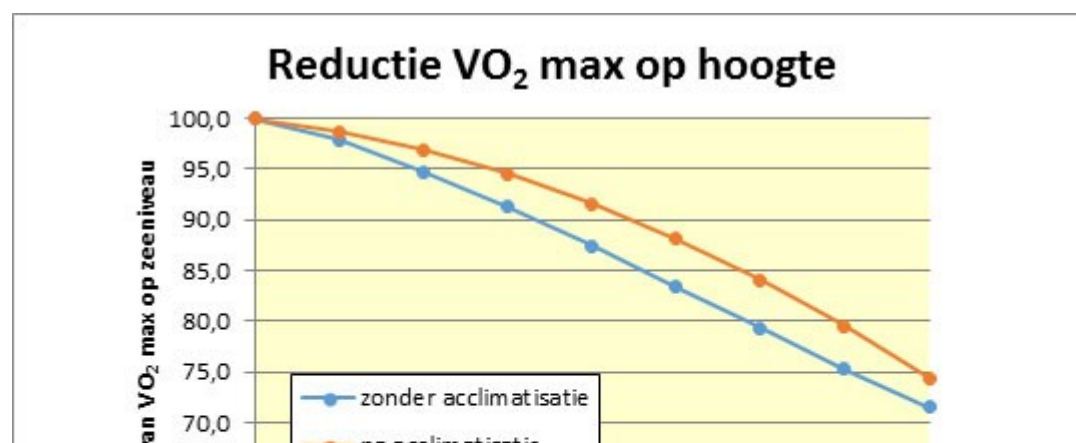
beschikbaarheid van zuurstof door het aanmaken van extra rode bloedlichaampjes waardoor het bloed relatief meer zuurstof kan transporteren. Deze factor is in de praktijk van zeer groot belang. Het gehalte aan **hemoglobine** kan wel met 10-15% stijgen, waardoor de daling van het zuurstofgehalte grotendeels (maar nooit volledig) wordt gecompenseerd. Hiervoor is wel voldoende tijd nodig. Een verblijf van minimaal één maand op hoogte wordt aanbevolen.

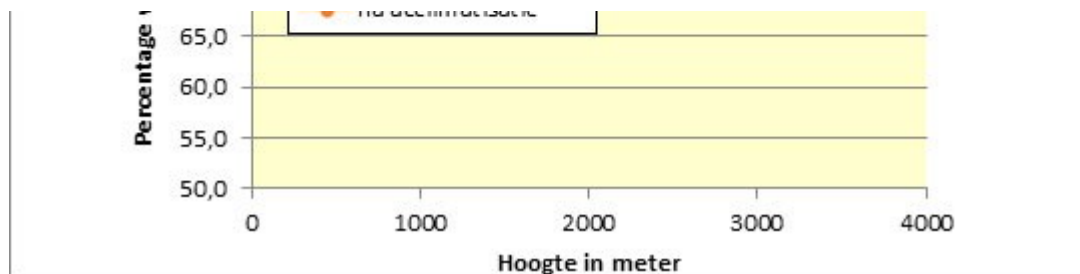
De belangrijkste conclusie is dat de prestaties op de lange afstand duidelijk negatief beïnvloed worden naarmate de wedstrijden op grotere hoogten plaatsvinden. In **Het Geheim van Wielrennen** staan de formules waarmee de afname van de VO₂ max op hoogte berekend kan worden:

Zonder acclimatisatie: % VO₂ max = $100,352 - 4,307 \cdot h - 1,434 \cdot h^2 + 0,1781 \cdot h^3$

Na acclimatisatie: % VO₂ max = $99,921 - 1,8991 \cdot h - 1,1219 \cdot h^2$

In de onderstaande figuur is het effect van de hoogte op de VO₂ max weergegeven. Als onze **marathonman** (die op zeeniveau een VO₂ max heeft van 51,8 ml/kg/min en daarmee de marathon kan lopen in 3:30) op een hoogte van 2500 meter gaat lopen, daalt zijn VO₂ max dus in eerste instantie naar 43,2! Hij doet dan maar liefst 4:12 over de marathon! Na een paar weken acclimatisatie stijgt zijn VO₂ max naar 45,7 en kan hij de marathon in 3:58 lopen (in theorie).





Effect van een hoogtestage op de prestaties op zeeniveau

Dit is een van de meest besproken onderdelen van de voorbereiding van atleten op grote kampioenschappen. Het **principe** is hierboven al kort weergegeven. Bij het verblijf op grote hoogte past het lichaam van de atleet zich aan aan de lagere beschikbaarheid van zuurstof. In de praktijk worden stages op een hoogte tussen 2500 meter en 4000 meter aanbevolen. Diverse onderzoeken hebben aangetoond dat in de nieren een verhoogde (natuurlijke) productie van het hormoon Erytropoëetine oftewel **EPO** plaatsvindt. Dit prikkelt de aanmaak van rode bloedcellen en het gehalte aan hemoglobine stijgt en daarmee de VO2 max. Bij terugkeer naar zeeniveau profiteert de atleet gedurende enige tijd, ongeveer één maand, van het verhoogde gehalte aan hemoglobine en de verhoogde VO2 max en kan hij dus topprestaties leveren.

Het principe is al jaren bekend, maar over de **concrete uitvoering** en de **resultaten** bestaat veel onduidelijkheid. De meest duidelijke mening werd gegeven door **Sir Roger Bannister** (de eerste man die de mijl beneden de vier minuten liep), die op de vraag wat je moest doen om optimaal aangepast te raken aan grote hoogte, als antwoord gaf: "Er zijn twee manieren. Zorg dat je geboren wordt op grote hoogte ... of train daar gedurende 25 jaar".

Het feit dat de **Kenianen** en **Ethiopiërs** hun hele leven op hoogte wonen wordt veel genoemd als verklaring voor hun dominantie op de lange afstand. Hun lichaam is (al generaties

lang) aangepast aan de hoogte waardoor ze op zeeniveau profiteren van het hogere gehalte aan hemoglobine.

Atleten die op zeeniveau wonen, proberen dikwijls met een **hoogtestage** hetzelfde effect te bereiken. De **resultaten** zijn wisselend en worden onder meer negatief beïnvloed door het feit dat het op hoogte moeilijk zo niet onmogelijk is om even goed te trainen als op zeeniveau. De eerste dagen heeft de atleet dikwijls last van hoogteziekte en ook daarna zorgt de lagere beschikbaarheid van zuurstof ervoor dat de atleet minder op snelheid kan trainen. Het uiteindelijke resultaat van een hoogtestage kan dus erg variëren. In de praktijk maakt men onderscheid tussen de volgende methoden:

1. Hoog wonen, hoog trainen (LHTH, in het Engels)

Dit is de **klassieke hoogtestage**. Aanbevolen wordt een duur van ongeveer 18 dagen op een hoogte van 2500 meter. Zoals hierboven beschreven zijn de resultaten wisselend en soms niet aantoonbaar. Dit komt door het feit dat de atleten dikwijls niet in staat zijn om even intensief te trainen als op zeeniveau.

2. Hoog wonen, laag trainen (LHTL, in het Engels)

Dit is de **beste vorm** voor een hoogte stage. Aanbevolen wordt een verblijf van ongeveer één maand op een hoogte van 2500-3000 meter. In de praktijk zal men dus een locatie moeten zoeken, waarbij men bovenop een berg woont en er dagelijks getraind kan worden in een nabijgelegen dal. Op deze wijze kan optimaal getraind worden. Diverse studies hebben aangetoond dat op deze wijze een prestatieverbetering van 2,5% bereikt kan worden.

3. Kunstmatig hoog wonen door verblijf in een N2 kamer of tent (met een lager zuurstofgehalte)

In theorie kan hiermee het effect van hoog wonen, laag trainen **gesimuleerd** worden. In de praktijk zijn de resultaten wisselend, wellicht mede veroorzaakt door het feit dat het lastig is om voldoende tijd in de kamer/tent door te brengen. In de onderstaande tabel is uitgerekend wat een prestatieverbetering van 2,5 % (die met een LHTH hoogtestage haalbaar zou moeten zijn), zou betekenen voor de tijden van onze Marathon Man. Wij vinden dit zelf voldoende interessant om eens op vakantie te gaan naar **Zwitserland** en de LHTL-stage uit te gaan testen!

Tijden Marathon Man zonder en met LHTH		
	zonder	met
		2,5 % beter
800 meter	0:03:01	0:02:56
1500 meter	0:05:54	0:05:46
3000 meter	0:12:24	0:12:06
5000 meter	0:21:26	0:20:54
10 km	0:45:00	0:43:53
15 km	1:09:28	1:07:44
16,1 km	1:14:54	1:13:02
20 km	1:34:25	1:32:04
21,1 km	1:40:04	1:37:34
25 km	1:59:57	1:56:57
30 km	2:25:48	2:22:09
42,195 km	3:30:00	3:24:45

Je kunt het effect van alle aspecten op je eigen tijden berekenen met de calculator van www.hetGeheimvanHardlopen.be. Het boek is nu ook verkrijgbaar als e-book.

Dit artikel werd mogelijk gemaakt door Hans van Dijk en Ron van Megen.

