

Steptraining deel 6, het begrip vermogen en actuele onderzoeksvragen

In dit alweer zesde deel over steptraining een verkenning van het begrip vermogen en het belang van het onderkennen en erkennen van dit begrip voor de trainingspraktijk. Aan het einde van dit artikel een update over projecten van sportstudenten over steppen die op dit moment gaande zijn.

In deel 7 in het volgende magazine zal dieper worden ingegaan op het begrip periodiseren, het indelen van de trainingsonderdelen in een seizoen zoals al eerder aangestipt in het artikel “steptraining, een eerste verkenning”.

Ervan uitgaande dat het doel van trainen op de step is gedurende een bepaalde tijd zo hard mogelijk gaan (afvallen, fit worden zijn uiteraard ook heel legitieme doelen) zal er in diezelfde training aandacht besteed moeten worden aan de factoren die invloed uitoefenen op dat “zo hard mogelijk gaan”. Die factoren zijn bijvoorbeeld kracht, snelheid en uithoudingsvermogen maar ook de houding op de step (luchtweerstand) en factoren die niet direct met training maar met materiaal te maken hebben (bijvoorbeeld stijfheid frame, rolweerstand). Wat heeft het begrip vermogen met het bovenstaande te maken?

Een definitie van vermogen zou kunnen zijn:

‘Het vermogen is de hoeveelheid arbeid die in een bepaalde tijd kan worden geleverd en waarbij kracht aan snelheid wordt gekoppeld. *De snelheid waarmee de arbeid geleverd wordt, gedeeld door de daarvoor benodigde tijd, bepaalt de prestatie.* Het vermogen wordt gemeten en uitgedrukt in watts. Hoe meer energie je per tijdseenheid kunt vrijmaken, des te groter is het vermogen dat geleverd kan worden. Belangrijk is het maximaal vermogen van de sporter. Voor een duursporter is niet alleen een maximaal vermogen belangrijk maar vooral ook het gemiddelde vermogen dat hij over een langere tijd kan leveren.’ (Trainingsleer van A tot Z, Bottenberg&Bottenberg)

Voor **de sprinters onder de steppers** is dus vooral het maximaal te leveren vermogen en het versnellingsvermogen belangrijk. Belangrijke samenhang met deze eigenschappen vormt de factor kracht. Voor een verbetering van deze twee typen van vermogensleverantie is speciale krachttraining noodzakelijk. Na een meer algemene basisvorm van krachttraining gericht op duurkracht en krachthoudingsvermogen (dit kan goed in circuitvorm, zie ook steptraining deel 3 en 4) wordt er getraind op maximaalkracht met halterbelasting met minder herhalingen en uiteindelijke hypertrofie (vergroting doorsnede) van de spieren. Deze “domme” kracht dient vervolgens omgezet te worden naar functionele (sportspecifieke) vermogensgerichte kracht die nooit los mag worden gezien van de techniektraining. Door een verandering in krachtsniveau ondergaat de techniek altijd veranderingen!

De training van de sprinters zal dus een geheel andere inhoud moeten hebben dan die van de duuratleten. Als je een werkelijke prestatieverbetering beoogt bij het sprinten en je je helemaal wilt richten op deze wedstrijdvorm is deelname aan de duurwedstrijden contraproductief. In Nederland is er vrijwel niemand die zich hierin specialiseert vanuit aanleg of interesse. Er zijn eenvoudigweg vrijwel geen sprintwedstrijden in de wedstrijdkalender opgenomen. Zolang dit niet verandert zullen alleen sprinters uit andere sportdisciplines (atletiek, schaatsen) hier echt aansprekende prestaties kunnen neerzetten.

Voor **de duursporters onder de steppers** is dus niet alleen een maximaal vermogen belangrijk maar vooral ook het gemiddelde vermogen dat hij over een langere tijd kan leveren. Voordat ingegaan wordt op de consequenties voor de techniek en training van de duursteeper eerst een aantal wetenswaardigheden over het begrip vermogen. Deze zijn overgenomen uit een artikel over dit onderwerp op de fietssite www.velofilie.nl.

Daar waar mogelijk is de vertaling naar het steppen gemaakt maar dit is in vele gevallen niet bekend. Dit is in cursief aangegeven.

Deze cursieve stukjes tekst zijn dus uitermate interessante onderzoeksonderwerpen die ook invloed kunnen hebben op de trainingspraktijk van bijvoorbeeld techniekscholing en het materiaalgebruik van de wedstrijdstepper.

Op dit moment zijn er twee projecten gaande die op dit onderwerp betrekking hebben, aan het einde van dit stukje meer hierover.

Nu eerst meer uitleg over het begrip vermogen middels onderstaand artikel:

‘We zullen eens kijken wat de mens als motor van een voortbewegingsmachine (*zoals de step*) kan leveren aan vermogen. De oude eenheid paardenkracht is vervangen door de Watt (W). Een pk is ± 740 Watt. Gedurende enkele seconden kan een getrainde atleet meer dan 2200W (3 pk) leveren. Als het over een langdurige maximum inspanning gaat (b.v. een uur), zakt dat naar 300-400W. Een vlakke Tourproloog van 10 minuten wordt gewonnen met ± 53 km/u ; dit is ongeveer 600 Watt. Een gezonde, maar niet echt getrainde, jongeman levert gedurende 1 uur maximaal 150-200W. Uitgaande van een zelfde trainingsintensiteit neemt het vermogen tot je 25e toe, en blijft dit tot je 40e nagenoeg gelijk. Na je 40e zal het afnemen met ongeveer 1-1,5% per jaar.

Als we op een windstille dag op de vlakke weg onderin de beugel van de racefiets zitten, zien we het volgende verband tussen vermogen en snelheid:

50W: ± 20 km/u, 140W: ± 30 km/u, 300W: ± 40 km/u, 580W: ± 50 km/u, 1000W: ± 60 km/u. Dit laatste vermogen geldt natuurlijk alleen voor de kortstondige eindspurt.

Het zou erg interessant zijn te weten hoeveel vermogen een stepper moet leveren bij een bepaalde snelheid, bij 30 km/u is dit zeker meer dan de 140W van de fietser!

Het geleverde **vermogen (P)** van de fietser is het product van de **totale weerstand (R_{totaal})** en **snelheid (v)** gedeeld door het **rendement (η =eta)** van de aandrijving; meestal zo'n 95% ($\eta=0,95$): **$P_{\text{totaal}} = R_{\text{totaal}} \cdot v / \eta$** De grootste vermogenvreters in de aandrijving zijn ketting (2%) en derailleur (2%); samen gemiddeld 5%; bij slecht onderhoud zelfs 10% en meer.

Dit probleem heeft een stepper natuurlijk niet maar het stepbeen moet na de afzet steeds teruggehaald worden en er is ook nog sprake van een wisselmoment. Echter ook bij het fietsen is er geen constante aandrijving, beide benen zijn niet constant betrokken bij de voortstuwing. (zie verder in dit artikel) Deze beweging is wel veel “ronder” dan bij het stappen het geval is. Wat het rendement van de aandrijving bij het stappen is (korte pendel, lange pendel, mengvormen) is dus niet goed zo aan te geven maar zal naar mijn idee aanmerkelijk lager liggen dan 95%.

Er zijn diverse soorten weerstand: rolweerstand R_{rol}, luchtweerstand R_{lucht}, hellingweerstand R_{helling} en acceleratieweerstand R_{accel}.

Deze weerstanden samen opgeteld :

$R_{\text{totaal}} = R_{\text{lucht}} (1) + R_{\text{rol}} (2) + R_{\text{accel}} (3) + R_{\text{helling}} (4)$

(1) De luchtweerstand: $R_{\text{lucht}} = 0,5 \cdot \rho \cdot \text{lucht} \cdot C_w \cdot A \cdot v^2$. Bij windstil weer is v gelijk aan de snelheid van de fietser VF . De ρ lucht is de soortelijke massa van lucht bij 1 bar (in Nederland is dit ongeveer 1,23 kg/m³ op 1800m ongeveer 1 kg/m³). C_w (engels CD) is de aerodynamische vormfactor, voor een opafiets 1,1 ; voor een diep zittende coureur 0,9 ; bij zeer lage ligfietsen zelfs 0,8. De echte winst komt bij gestroomlijnde ligfietsen: Alleweder 0,45 ; Quest 0,22 ; recordvoertuigen < 0,1! A is het frontaal oppervlak. Voor een vent van 2m en 100 kg rechtop met een opafiets zal A= 0,75m² zijn. Voor een diep zittende coureur zal dat 0,35m² zijn (rechtop 0,6m²); voor een lage ligfiets 0,25m² en een Alleweder velomobiel 0,5m². Uiteraard zijn dit gemiddeldes! *Een stepper zal hier niet veel gunstiger uit de bus komen dan de “opafietser”, de stephouding is vrij rechtop. Een ligstuur zoals door enkele wedstrijdsteppers gebruikt wordt kan dus een behoorlijke winst opleveren maar heeft een grote invloed op de techniek.*

Bij het opgenomen vermogen door luchtweerstand vermenigvuldigen we met snelheid v en delen door het rendement. Voorbeeld is de coureur:

Plucht = $0,5 \times 1,23 \times 0,9 \times 0,35 \times 5,563 / 0,95 = 35\text{W}$; en de opafiets: $0,5 \times 1,23 \times 1,1 \times 0,75 \times 5,563 / 0,95 = 91\text{W}$

De luchtweerstand van de fietser (*of stepper*) is eigenlijk een wrijvingskracht; deze is tegengesteld aan de bewegingsrichting.

De bovenstaande formule gaat alleen op als er geen wind staat! **Als het waait wordt de zaak veel gecompliceerder. Rlucht wordt Rwind .**

Windsterkte en richting tijdens een rit, zijn niet nauwkeurig te meten en hoogstens seconden lang constant. Om te kunnen rekenen, gaan we van **constanten** uit. De windrichting bekijken we in graden: 0 is tegenwind en 180 is wind pal achter. Het gaat hier om de hoek van de wind met de rijrichting bij stilstand! De windsnelheden die horen bij de voorspelde Beaufortschaal (de 0-12 schaal) worden gemeten op 10m hoogte. Dit is windsnelheid bovenop de dijk; die zal op fietsniveau gelukkig vaak niet gehaald worden. Een lage ligfiets vangt nog minder wind. We moeten dit dus corrigeren; trek bij open terrein een schaal eraf; bij bewoning, hagen of bosjes, twee schalen eraf. Het effect van de zijwind is groter, omdat die tegen een groter oppervlak aanblaast. Wielen, bagage, framebuizen: alles levert meer weerstand (de factor oppervlakte gaat van 1x naar 1,5x). *Bij een stepframe heb je minder oppervlak en dat is dus gunstig, ook in verband met het kleinere achterwiel.*

De snelheid van de wind in meters per seconde op fiets/stepniveau, is bij benadering voor de windkracht:

1: 1m/s 2: 2m/s 3: 4m/s 4: 7m/s 5: 10m/s 6: 13m/s 7: 16m/s 8: 19m/s 9: 23m/s

10: 27m/s 11: 31m/s 12: >36m/s Boven een echte windsnelheid van 15m/s is de lol er bij tegenwind vlug vanaf; het is meer worstelen dan fietsen/steppen. De wind die wij op de fiets voelen, is het resultaat van rijnsnelheid V_F en windsnelheid V_w : de schijnbare wind V_s . Deze resultante oefent een schijnbare windkracht F_S uit; F_S heeft een schijnbare windrichting α_S en wordt ontbonden in de voorwaartse en zijwaartse component. De zijwaartse kracht telt niet mee, omdat die in principe geen energie kost; we bemerken deze kracht vooral als er 'n vrachtwagen langs komt. Pas in de driehoek gevormd door V_S , V_F en de evenwijdige lijn aan V_W de cosinusregel toe met hoek $(180 - \alpha_W)$;

N.B. $\cos(180 - \alpha_W) = -\cos \alpha_W$ $V_S^2 = V_F^2 + V_W^2 + 2V_F \cdot V_W \cdot \cos \alpha_W$.

Zo berekenen we V_S .

De cosinusregel toepassen in de driehoek met α_S stelt ons in staat $\cos \alpha_S$ te bepalen;

$\cos \alpha_S = (V_S^2 + V_F^2 - V_W^2) / (2V_F \cdot V_S)$.

De kracht van de schijnbare wind is: $F_S = 0,5 \cdot \text{plucht} \cdot C_w \cdot A \cdot V_S^2$. Daarvan blijft er over de kracht van de tegenwind, dus is: $R_{\text{wind}} = F_S \cdot \cos \alpha_S$. Het opgenomen vermogen door lucht+wind weerstand d.w.z. de energie die de fietser/stepper moet leveren om de lucht+wind weerstand te overwinnen, wordt:

$P_{\text{wind}} = R_{\text{wind}} \cdot V_F / 0,95$. De windrichting moet ingevoerd worden in graden: 0 is tegenwind en 180 is wind pal achter. Het gaat hier om de windrichting bij stilstand!

(2) De rolweerstand: $R_{\text{rol}} = m \cdot g \cdot C_r$. Bij het opgenomen vermogen door rolweerstand moeten we vermenigvuldigen met snelheid v (in m/s) en delen door het rendement van de aandrijving. De rolweerstand coëfficiënt C_r heeft voor de volgende banden op glad beton een waarde van:

Raceband 23 mm met 7 bar = 0,003, Toerband 32 mm met 5 bar = 0,005, ATBband grof profiel 47 mm met 3 bar = 0,008, Clement seta tube met 8 bar = 0,002, Antilekband 37 mm met 5 bar = 0,007, Antilekband 37 mm met 3 bar = 0,01.

Let bij stugge banden dus op de bandenspanning; dit is niet direct met de hand te voelen! Op ruw asfalt en slecht wegdek kan de waarde 50 tot 100% hoger liggen.

Een voorbeeld: onze coureur + fiets 80 kg bij 20 km/u: $P_{rol} = 80 \times 9,81 \times 0,003 \times 5,56/0,95 = 14W$.

De opafietser inclusief fiets zo'n 120 kg met antilekbanden: $P_{rol} = 120 \times 9,81 \times 0,007 \times 5,56/0,95 = 48W$.

(3) De acceleratieweerstand: $R_{accel} = m \cdot a$ is massa (m) maal versnelling (a). Draaiende delen nemen extra energie op, met name als de straal van de beweging groot is, zoals bij velgen en wielen. (Deze extra energie, ongeveer 2%, verwaarlozen we in het computerprogramma). Als er meer vermogen beschikbaar is dan opgenomen, zal de fietser versnellen. Bij een hogere snelheid neemt vooral de luchtweerstand toe; zodra beschikbaar en opgenomen vermogen gelijk zijn, rijden we met constante snelheid.

(4) De hellingweerstand: $R_{helling} = m \cdot g \cdot \%$. Hierin is m de massa in kg, g de zwaartekracht 9,81 N/kg, "%" is de helling procenten. Het gebruik van het hellingspercentage is niet correct. Dit is de tangens van de hellingshoek. Eigenlijk moeten we rekenen met de sinus, maar dit verschil wordt pas boven de 21% merkbaar ($\tan 12 = 0,213$ en $\sin 12 = 0,208$: beide afgerond 21%). Een negatief hellingspercentage gaat bergaf!

Een voorbeeld: een rijder, samen met zijn fiets 75 kg, gaat de Mont Ventoux op. De klim is 18 km lang en wordt in een uur voltooid (5 m/s); het stijgingspercentage is 9%. Het benodigde klimvermogen is dan ongeveer 340 W. Onze held heeft ook nog de luchtweerstand van 30W en de rolweerstand van 10W overwonnen. In totaal is er dan een beschikbaar vermogen nodig van circa 380W. Helaas is er nog 5% verlies in de aandrijving; we moeten nog delen door 0,95. Dan komen we op een afgegeven vermogen van ongeveer 400W!

Omdat we het verlies in de "aandrijving" van de stepper niet weten is dit niet goed te vergelijken. Het is echter wel duidelijk dat, afhankelijk van de techniek, niet alle kracht van de afzet omgezet wordt in voorwaartse stuwung. Dit leidt tot vermogensverlies bij het steppen en hangt sterk samen met de pendelbeweging, voetplaatsing stepbeen en de uit- en voorzwaai. Tot zover dit artikel dat vervolgt met nog enkele rekenmodellen waarbij verzet en pedaalsnelheid betrokken worden en dat is voor het steppen wat minder interessant. Wel interessant is dat er onderkend wordt dat, zoals al eerder genoemd, een "pulserend moment" is tijdens de trapbeweging. De kracht van een fietser wordt niet volledig voor de aandrijving benut. (zie voor verdere uitleg het volledige artikel op eerdergenoemde site).

Bij het steppen is dit nog veel sterker het geval, bij een afzet zien we een toename in snelheid, en tijdens de uitzwaai, de voorzwaai en de inzet zien we de snelheid afnemen. Bij het steppen is dit pulserende moment dus nog veel sterker aanwezig. Interessant zou zijn te onderzoeken hoe hier met de techniek invloed op uit te oefenen valt. Het ligt namelijk voor de hand dat bij een grotere kracht op de grond op het juiste moment en in de juiste richting (en hier is ook techniek voor nodig) de stepper harder zal gaan. Deze kracht zou gemeten kunnen worden op een zogenaamd krachtenplatform. Dit is een plaat die middels sensoren de hoeveelheid en de tijdsduur van de uitgeoefende druk kan meten. Van belang is dat de uitgeoefende kracht niet verloren gaat maar de energie zoveel mogelijk wordt omgezet in voorwaartse snelheid (anders is er sprake van al eerder genoemd vermogensverlies) hier speelt bijvoorbeeld de romphouding en vormspanning (de mate waarin iemand een houding kan vasthouden) een grote rol bij.

Maar hoe kunnen we nu het snelheidsverlies na de afzet tot de volgende afzet zoveel mogelijk beperken? Hoeveel invloed oefent de beweging/houding van de romp, het stepbeen, het standbeen en het materiaal hierop uit? Wat is gunstigste moment in de stepcyclus (zie artikel over steptechniek deel 1 in vorige magazine) om te wisselen en te vervolgen voor een zo gering mogelijk snelheidsverlies?

Om antwoorden op deze vragen te krijgen zal onderzoek gedaan moeten worden.

Wat duidelijk moet zijn is dat in de training niet alleen aandacht geschonken dient te worden aan een vergroting van het uithoudingsvermogen. Dit leidt op een gegeven moment tot een

plafond qua prestatieniveau. Andere factoren dan het maximale zuurstofopnameniveau worden prestatiebepalend. Het gemiddelde vermogen dat de stepper gedurende langere tijd kan leveren zal omhoog moeten. Dit kan alleen door naast duurwerk ook op snelheid en kracht te trainen. Krachttraining zal specifiek gericht zijn op handhaven van de benodigde rompspanning, het standbeen en de afzetkracht. Snelheidstraining zal specifiek gericht zijn op de inzet en de uitvoering van de voorzwaai. Vermogenstraining bij de duursport steppen draait dan uiteindelijk om het toepassen van de verbeteringen in een goede “stepeconomie” en een verhoging van het benuttingspercentage van de maximale zuurstofopname. Hierbij komt een hartslagmeter of trainingscomputer erg goed van pas (zie ook mijn artikelen over training deel 5 testen en het gebruikersverslag van de Suunto)

Dit laatste onderwerp vermogenstraining zal ik in een volgend artikel over periodiseren van training verder toelichten.

Tot slot nog een update voor u over projecten van studenten die een opleiding verwant aan bewegen volgen en welke mogelijke nieuwe inzichten dit kan opleveren.

Het eerste project is een afstudeerproject van Diederik, 4^e jaarsstudent aan de academie voor Bewegingstechnologie. Hij heeft na o.a. een gesprek met mij zijn projectplan op de opleiding gepresenteerd en mailde mij dat hij dit gaat onderzoeken:

“Het plan is nu om een eerst een uitgebreide analyse van het steppen te doen (waarbij ik jou filmpjes waarschijnlijk ook ga gebruiken en ik nog wat andere videoanalyses zal doen bij andere toppers) vervolgens wil ik een model maken van een stepper. Aan de hand van dit model wil ik dan kijken of ik de step zo kan aanpassen zodat er efficiënter of sneller gestept kan worden. Als ik dan nog tijd over heb ga wil ik die aanpassing ook graag gaan testen. Dat is in vogelvlucht hoe mijn afstudeerproject er ongeveer uit zal komen te zien.”

Dit kan voor de materiaalreks onder ons dus misschien nog iets nieuws opleveren.

Het tweede project is een afstudeerproject van Pim en Lesley, twee 4^e jaarsstudenten van de opleiding Halo, de Haagse academie voor lichamelijke opvoeding. Hun onderzoeksvraag is de steptechniek te analyseren en in kaart te brengen. Enkele van de onderzoeksvragen zijn: Wat gebeurt er precies aan bewegingen tijdens de stepcyclus? Wanneer vinden de versnellings- en vertragingmomenten plaats? Hoe en waar wordt de voet op de grond geplaatst?

Om antwoord op deze vragen te vinden zullen ze gebruik maken van een speciale loopband op de VU in Amsterdam waarop ook gestept kan worden. Door alles zorgvuldig vanuit verschillende cameraposities vast te leggen zijn er hopelijk antwoorden op deze boeiende vragen te vinden!

Voor wie geïnteresseerd is in meer artikelen over verwante onderwerpen: bezoek eens de site www.steppendoejezo.nl . Eind februari zullen er weer een aantal nieuwe artikelen geplaatst worden.

René Elzinga