

Kracht en koppel

Arbeid en vermogen

De enige mogelijkheid om prestaties van mensen, dieren en machines te vergelijken, is die prestaties op te meten en de gevonden waarden naast elkaar te zetten. Om iets te kunnen meten moet men echter maten hebben. De bedoeling van dit artikel is om te omschrijven welke maten voor prestatie-metingen gebruikt worden, en wat deze maten ons eigenlijk zeggen. Hierbij zullen we ons bepalen tot de prestaties, die door mens, dier of trekker in de landbouw verricht worden en zullen elektrische machines buiten beschouwing worden gelaten.

De basismaten, welke we voor onze metingen nodig hebben zijn:

de eenheid van lengte: de meter;

de eenheid van tijd: de seconde;

de eenheid van kracht: de kilogram.

Alle maten, die wij gebruiken bij het beoordelen van prestaties zijn afgeleid van de genoemde basiseenheden.

De eenheid van kracht geeft ons dadelijk al de mogelijkheid om belangrijke prestaties in de landbouw te beoordelen: het ene paard is „sterker” dan het andere wanneer hij „harder” aan een wagen of een ploeg kan trekken. Bepalen wij dus het aantal kilogrammen, waarmee het paard aan het werktuig trekt, dan weten wij reeds veel over de prestaties, die het paard op dit gebied kan leveren.

Wanneer wij het paard aan een boom spannen en hem hard laten trekken, kunnen wij weliswaar een bepaald aantal kilogrammen trekkracht meten, maar verder is er eigenlijk niets gebeurd; het paard heeft niets verricht dat voor de

boer nuttig is. Het heeft niet gewerkt. Spannen wij echter het paard voor een ploeg, dan verplaatst de ploeg zich onder invloed van de kracht in de trekrichting: er wordt arbeid verricht. Het uitoefenen van een kracht alleen is dus niet voldoende om arbeid te verrichten; pas wanneer de kracht tot gevolg heeft, dat verplaatsing optreedt van het voorwerp, waarop de kracht wordt uitgeoefend, is er sprake van arbeid.

De eenheid van arbeid is de kilogrammeter: een kracht van een kilogram bij een verplaatsing van een meter. Wanneer dus een paard een trekkracht van 250 kg op een wagen uitoefent en de wagen ten gevolge van deze kracht over een afstand van 50 m trekt, dan is een arbeid verricht van $250 \times 50 = 12\,500$ kgm (kilogrammeter).

Nu moeten wij goed bedenken, dat alleen arbeid verricht wordt door dat gedeelte van de uitgeoefende kracht, dat in dezelfde richting loopt als de verplaatsing onder invloed van de kracht. Tillen wij bv. een voorwerp omhoog, dan verrichten wij een arbeid gelijk aan het gewicht van het voorwerp (dat is dus de kracht die wij op het voorwerp uitoefenen) maal de hoogte waarover wij het voorwerp verplaatsen. Bewegen wij echter daarna het voorwerp in horizontale richting, dan verrichten wij geen arbeid, omdat de beweging loodrecht staat op de uitgeoefende kracht.

Bij een beweging interesseert ons echter nog iets anders: de tijd waarin zij geschiedt. Hiervoor hebben wij de eenheid van snelheid: een weg van een

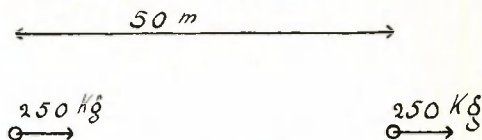
meter, afgelegd in een seconde. Een auto, die in een uur een afstand van 60 km heeft afgelegd, heeft een snelheid van 60 km/h (kilometer per uur) ofwel 16,7 m/sec (meters per seconde).

Ook bij de arbeid is de tijdsfactor van belang: in hoeveel tijd kan een bepaalde arbeid verricht worden? Het zou eigenlijk logisch zijn om als eenheid van arbeid per tijdseenheid de kgm/sec te nemen. Hiervoor heeft men echter de paardenkracht gekozen, waarbij 1 pk = 75 kgm/sec. Wij noemen dit de eenheid van arbeidsvermogen of kortweg de eenheid van vermogen. Wanneer een paard met een trekkracht van 250 kg een afstand van 50 m in 100 sec aflegt, is de verrichte arbeid $250 \times 50 = 12\,500$ kgm (afb. 1) en het vermogen van het paard $\frac{12\,500}{100} = 125$ kgm/sec ofwel $\frac{125}{75} = 1,67$ pk.

De motor

Laat ons nu eens naar de motor overstappen. Wanneer wij van een motor het maximum vermogen weten, kunnen wij voor alle toepassingsgevallen uitrekenen, welke prestaties wij maximaal van deze motor kunnen verwachten. Nemen wij bv. eens aan, dat wij een motor van 10 pk in een trekker hebben, dat deze een ploeg moet trekken, dat de motor het genoemde maximum vermogen van 10 pk bij iedere gewenste rijsnelheid kan leveren en dat de versnellingsbak en de voortbeweging verliessvrij zijn, met andere woorden, dat de volle 10 pk ook inderdaad voor de ploeg beschikbaar komt. Kiezen wij nu eerst eens een rijsnelheid van 2 m/sec (7,2 km/h) en noemen wij de trekkracht a kg, dan is de per seconde verrichte arbeid $2a$ kgm/sec, hetgeen gelijk moet zijn aan het vermogen van 10 pk = 750 kgm/sec. Hieruit volgt, dat de trekkracht $a = \frac{750}{2} = 375$ kg is.

Bij een snelheid van 1 m/sec wordt



Afb. 1.

echter de trekkracht tweemaal zo groot, ofwel 750 kg. Wanneer wij aan de hand van dit voorbeeld even nadenken, zien wij, dat (theoretisch althans) iedere trekkracht bij ieder motorvermogen gehaald kan worden, mits wij de snelheid, d.w.z. de overbrenging van de motor naar de wielen, maar aan onze eisen aanpassen. Met een motor van 0,5 pk kunnen wij gerust een trekkracht van 1000 kg halen, mits wij de versnellingsbak maar dusdanig maken dat de trekker een snelheid van laten wij aannemen b m/sec heeft, waarbij $1000 b = 0,5 \times 75$ dus $b = 0,0375$ m/sec ofwel 0,135 km/h.

Wij zien dus dat een kleinere motor wel degelijk grote krachten kan ontwikkelen, mits de snelheid, waarbij dit gebeurt, maar laag is. Voor grote krachten bij hoge snelheden zijn echter sterke motoren nodig. In de practijk komen er natuurlijk nog factoren als verliezen in de overbrenging en wielslip bij, maar dit zijn op zich zelf staande onderwerpen.

Het Koppel

In het opschrift van dit artikel wordt nog een maat vermeld: het koppel. Met een koppel krijgen wij te maken, zodra een beweging niet meer in rechte lijn maar langs een cirkel gaat, zoals dat bij de krukas van een motor het geval is. Wanneer wij aan een zwengel met een arm van één meter een kracht uitoefenen van een kilogram, oefenen wij een koppel uit van een meterkilogram (mkg), waarbij wij vooropstellen dat de uitgeoefende kracht loodrecht op de arm van de zwengel staat, of juist nog, loodrecht op het vlak door de arm van de zwengel en de as, waaraan de arm bevestigd is. Gaat nu ten gevolge van het uitgeoefen-

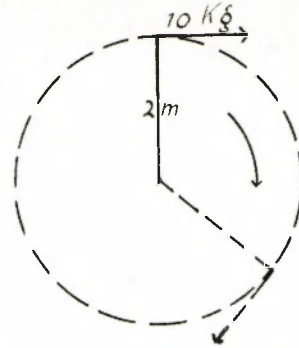
de koppel, de as draaien, dan verricht het koppel arbeid.

Bij een rechtlijnige beweging was de verrichte arbeid gelijk aan de kracht maal de afgelegde weg. Eveneens is bij het koppel de verrichte arbeid de kracht aan de zwengel maal de afgelegde weg. Dit is de omtrek van de cirkel, uitgedrukt in het teken 2π , door de zwengel beschreven, dus 2π maal de lengte van de zwengel, waarbij π een factor, groot $\frac{22}{7}$ is.

De per omwenteling verrichte arbeid is dus kracht maal 2π maal de zwengel-lengte.

Wanneer we aan een arm van 2 m een kracht van 10 kg uitoefenen (afb. 2) is het koppel gelijk aan $2 \times 10 = 20$ mkg en de per omwenteling verrichte arbeid $2\pi \times 20 = 40\pi$ mkg.

Maakt de as 15 omwentelingen per se-



Afb. 2.

conde (900 omw./min) dan is de per seconde verrichte arbeid (het vermogen)

$$40\pi \times 15 = 600\pi \text{ kgm/sec} = \frac{600\pi}{75} = \frac{600}{75} \times \frac{22}{7} = \text{ruim } 25 \text{ pk.}$$

Zo komen wij van de met een bepaald toerental draaiende as automatisch weer bij het vermogen terecht.

(Wordt vervolgd.)

Trekkerproductie in West-Duitsland over 1948

Motorvermogen	Gefabriceerd aantal	Gemiddelde prijs	
		in Duitse marken	in Ned. gulden
10—18 pk	1907	6 820	6 130
18—25 pk	4209	8 590	7 730
25—35 pk	551	10 280	9 250
boven 35 pk	1238	11 690	10 520
Totaal	7905	gem. 8 770	gem. 7 890
Hiervan ge-exporteerd	751		

Naar schatting werden in West-Duitsland over 1949 21 000 tot 22 000 duizend trekkers gefabriceerd. De juiste cijfers over het eerste halfjaar van 1949 zijn:

Motorvermogen	Gefabriceerd aantal	Gemiddelde prijs	
		in Duitse marken	in Ned. gulden
10—18 pk	3 201	7 010	6 310
18—25 pk	5 193	8 890	8 000
25—35 pk	1 117	10 220	9 200
boven 35 pk	755	12 030	10 830
Totaal	10 266	gem. 8 580	gem. 7 720

Uit: Landtechnik no. 18/4 September 1949.