

## Weerstand

Een wielrenner moet op de vlakke weg twee soorten weerstand overwinnen om vooruit te komen: de luchtweerstand en de rolweerstand.

De rolweerstand hangt voornamelijk af van het soort wegdek, maar verder ook van het gewicht van de renner en van het type band dat gebruikt wordt: een brede noppenband geeft meer weerstand dan een smalle raceband.

Een maat voor de inspanning om deze weerstanden te overwinnen is het vermogen. Vermogen is de hoeveelheid arbeid die per seconde wordt verricht. De eenheid van vermogen is watt.

Voor een wielrenner van 75 kg die op een fiets met trainingsbanden rijdt, gelden bij windstil weer bij benadering de volgende formules:

$$P_{\text{rol}} = 0,75v \quad \text{en} \quad P_{\text{lucht}} = 0,004v^3$$

$P_{\text{rol}}$  is het vermogen nodig om de rolweerstand te overwinnen, uitgedrukt in watt.

$v$  is de snelheid van de wielrenner, uitgedrukt in kilometer per uur.

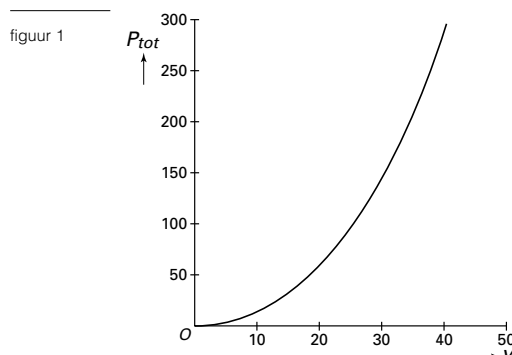
$P_{\text{lucht}}$  is het vermogen nodig om de luchtweerstand te overwinnen, uitgedrukt in watt.

- 4 p 1  Bereken bij welke snelheden de luchtweerstand groter is dan de rolweerstand. Geef je antwoord in kilometer per uur, afgerond op één decimaal.

$P_{\text{tot}}$  is het totale vermogen (in watt) dat door de wielrenner moet worden geleverd om met snelheid  $v$  vooruit te komen:

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{rol}} + P_{\text{lucht}}$$

In figuur 1 is de grafiek getekend van het verband tussen het geleverde vermogen  $P_{\text{tot}}$  van de renner en zijn snelheid  $v$ .



Voor het handhaven van een snelheid van 26 km per uur moet de renner meer vermogen leveren dan voor het handhaven van een snelheid van 25 km per uur.

- 3 p 2  Bereken hoeveel meer vermogen hij moet leveren.

- 4 p 3  Bereken, met behulp van differentiëren, voor welke waarde van  $v$  geldt  $\frac{dP_{\text{tot}}}{dv} = 10$ . Geef je antwoord in km per uur, afgerond op een geheel getal.

De wielrenner stapt over op een ligfiets, omdat hij gehoord heeft dat:

- het vermogen dat nodig is om de luchtweerstand te overwinnen 25 procent minder is, zodat  $P_{\text{lucht}}$  gelijk is aan  $0,003v^3$ ;
- de rolweerstand van een ligfiets dezelfde is als van een racefiets;
- je op een ligfiets door de speciale houding anderhalf keer zoveel vermogen levert bij dezelfde inspanning als op een racefiets.

Neem aan dat deze drie effecten inderdaad optreden.

De wielrenner rijdt tijdens trainingen op zijn racefiets 30 kilometer per uur.

- 6 p 4  Toon aan dat de wielrenner in dat geval op de ligfiets met dezelfde inspanning als op zijn racefiets ruim 38 kilometer per uur fietst.