

Opgave 4 Trekkertrek

Bij trekkertrek (ook wel **tractor pulling** genoemd) moet een tractor een sleepwagen voorttrekken die opzettelijk een grote wrijvingskracht ondervindt: de voorkant van de wagen heeft geen wielen, maar sleept over de grond.

Tijdens het rijden schuift een zwaar ballastblok op de sleepwagen naar voren. Zo neemt de wrijvingskracht toe, waardoor de tractor met sleepwagen afgeremd wordt en tot stilstand komt. Het doel van trekkertrek is om een zo groot mogelijke afstand af te leggen. Als deze afstand 100 meter of meer is, is er sprake van een 'full pull'.

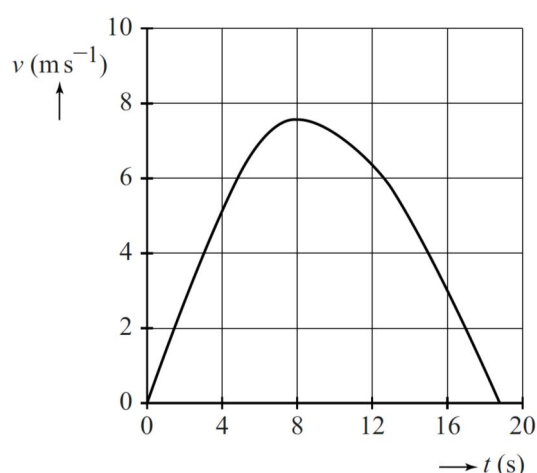
figuur 1



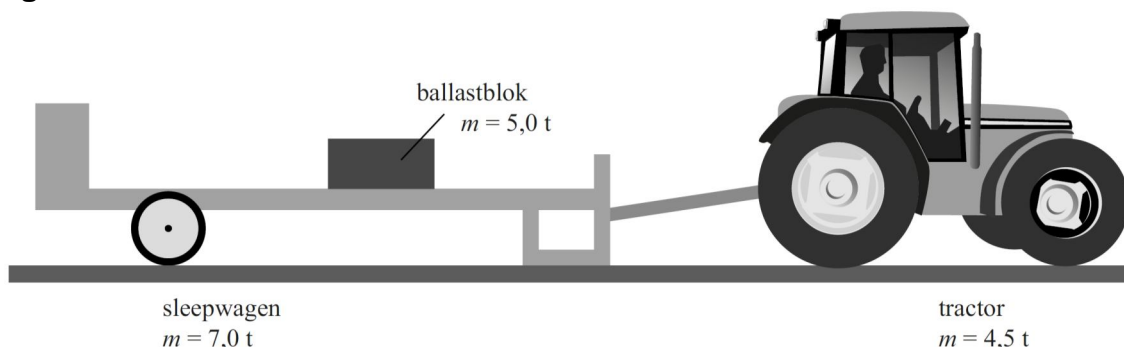
- 3p **14** Ga na met behulp van de figuur op de uitwerkbijlage of deze poging een 'full pull' opleverde.

De tractor en de sleepwagen zijn schematisch getekend in figuur 3. Daarbij zijn de massa's van de tractor, de sleepwagen en het ballastblok vermeld. De massa is uitgedrukt in ton.

figuur 2



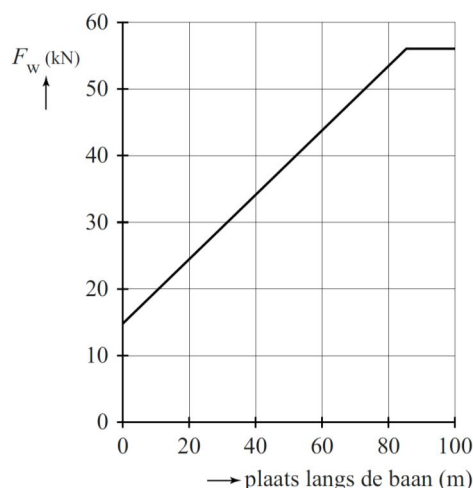
figuur 3



figuur 4

In figuur 4 is in een diagram het verloop van de wrijvingskracht op de sleepwagen weergegeven als de wagen de volledige afstand van 100 m zou afleggen ('full pull'). Figuur 4 staat vergroot op de uitwerkbijlage.

- 5p **15** Bepaal met behulp van de figuren op de uitwerkbijlage de grootte van de aandrijfkraft van de wielen van de tractor bij de start.

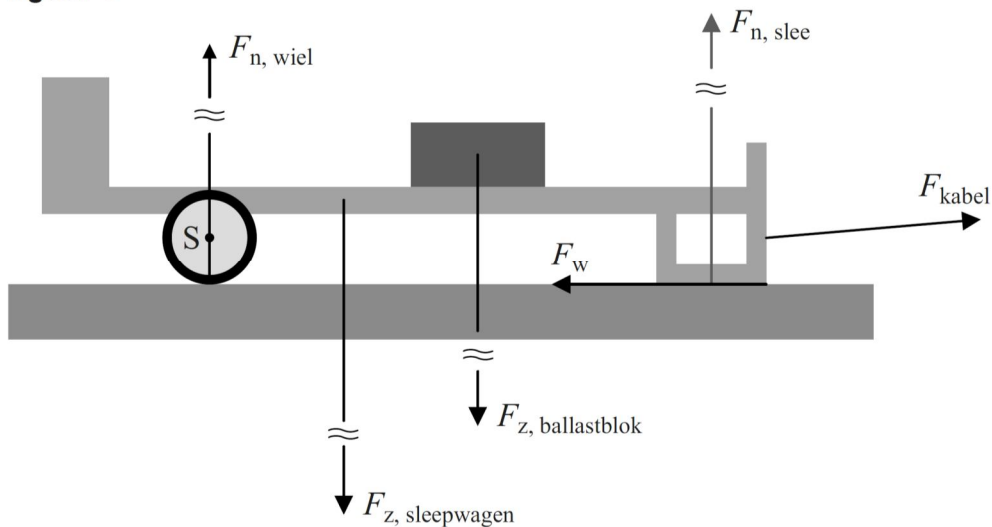


Op de as van de achterwielen van de sleepwagen bevindt zich een tandwiel, dat

via een ketting het ballastblok naar voren trekt. Het ballastblok schuift dus naar voren als de wagen rijdt.

De sleepwagen ondervindt op twee plaatsen een normaalkracht: bij het wiel en bij de slee. In figuur 5 zijn de krachten op de sleepwagen in een bepaalde stand getekend. De tekening is op schaal. De lengte van de krachten is niet op schaal.

figuur 5



Punt S in figuur 5 mag als draaipunt worden opgevat. De verticale krachten zijn in evenwicht. De momenten van F_w en F_{kabel} samen zijn verwaarloosbaar.

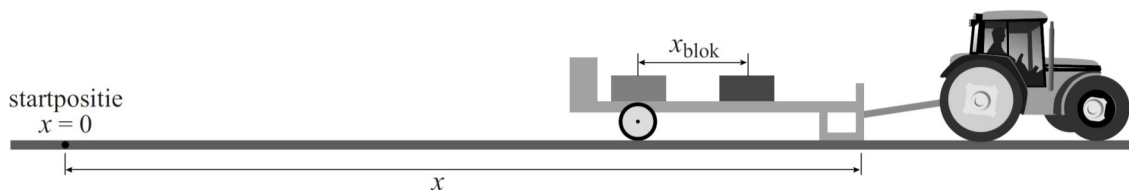
- 3p **16** Bepaal de grootte van $F_{n, slee}$ (de normaalkracht op de slee).

Op de uitwerkbijlage staat een tabel met daarin vijf krachten. We beschouwen de situatie dat de sleepwagen rijdt en het blok naar voren schuift.

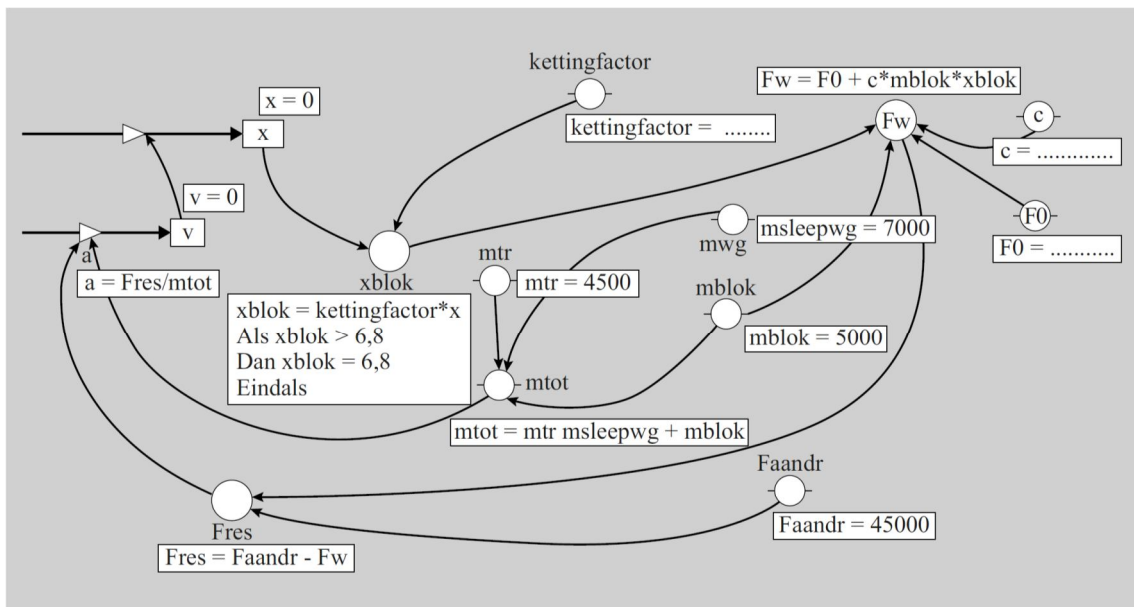
- 3p **17** Kruis op de uitwerkbijlage aan of de betreffende kracht toeneemt, afneemt of gelijk blijft als het blok naar voren schuift.

De beweging bij trekkertrek kan onderzocht worden met behulp van een rekenkundig model. In figuur 6 staat zo'n rekenkundig model, zowel in de tekstvariant als de grafische variant. (Je mag kiezen welke variant je gebruikt.)

figuur 6



| model | startwaarden (in SI eenheden) |
|--|---|
| $x_{\text{blok}} = \text{kettingfactor} * x$ als $x_{\text{blok}} > 6,8$ dan $x_{\text{blok}} = 6,8$ eindals $F_w = F_0 + c * m_{\text{blok}} * x_{\text{blok}}$ $F_{\text{res}} = F_{\text{aandr}} - F_w$ $a = F_{\text{res}} / m_{\text{tot}}$ $v = v + a * dt$ $x = x + v * dt$ $t = t + dt$ als $v < 0$ dan stop eindals | $v = 0$ $x = 0$ $t = 0$ $dt = 0,01$ $m_{\text{tr}} = 4500$ $m_{\text{sleepwg}} = 7000$ $m_{\text{blok}} = 5000$ $m_{\text{tot}} = m_{\text{tr}} + m_{\text{sleepwg}} + m_{\text{blok}}$ $F_{\text{aandr}} = 45000$ kettingfactor = ... $F_0 = \dots\dots\dots$ $c = \dots\dots\dots$ |



in SI-eenheden

In het model wordt de wrijvingskracht uitgerekend uitgaande van de positie van het ballastblok (xblok) en van de massa van het ballastblok (mblok). De waarde van xblok is recht evenredig met de afstand die de wagen heeft afgelegd totdat het ballastblok vooraan op de sleepwagen is aangekomen. (Het blok is dan 6,8 m naar voren geschoven.)

De startwaarden hebben betrekking op de situatie die in figuur 2 en 4 is weergegeven. (Zie uitwerkbijlage.)

4p **18** Voer de volgende opdrachten uit:

- Bepaal de waarde van de grootheid kettingfactor met behulp van figuur 4.
- Geef de startwaarde F_0 .
- Bepaal de startwaarde c .

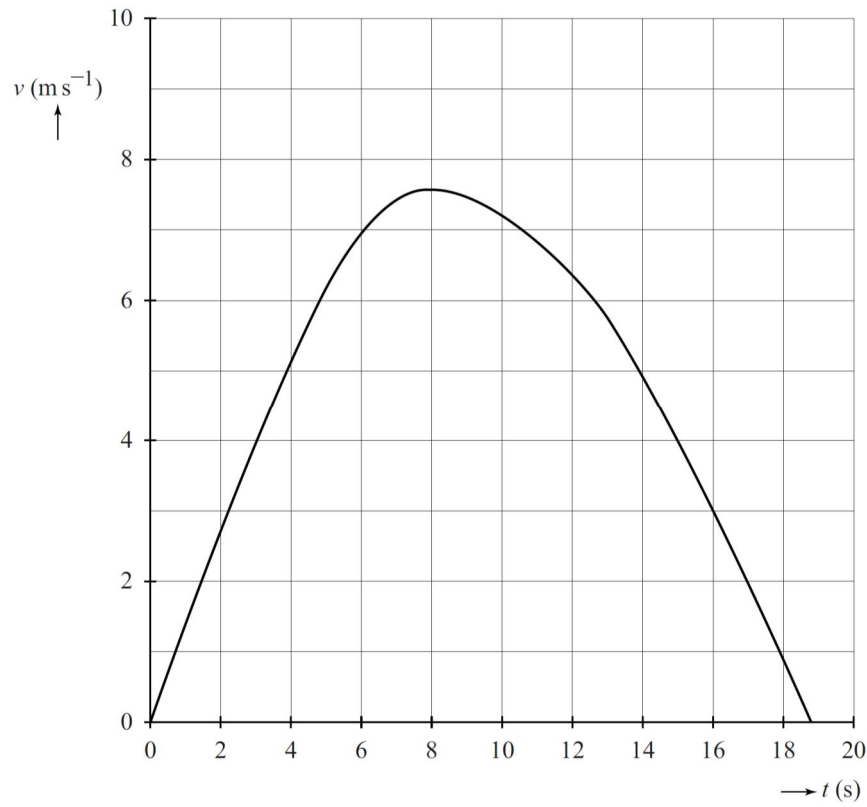
Het rekenkundig model stelt de organisatoren van de wedstrijd in staat om de massa en de beweging van het ballastblok aan te passen aan een zwaardere tractor. Een zwaardere tractor heeft meer massa, meer vermogen en kan een grotere trekkracht uitoefenen. De organisatoren hebben twee doelen voor ogen:

- Een 'full pull' moet mogelijk zijn.
- Een 'full pull' wordt alleen bereikt als de bestuurder (bijna) optimaal gebruikmaakt van de trekkracht van de tractor.

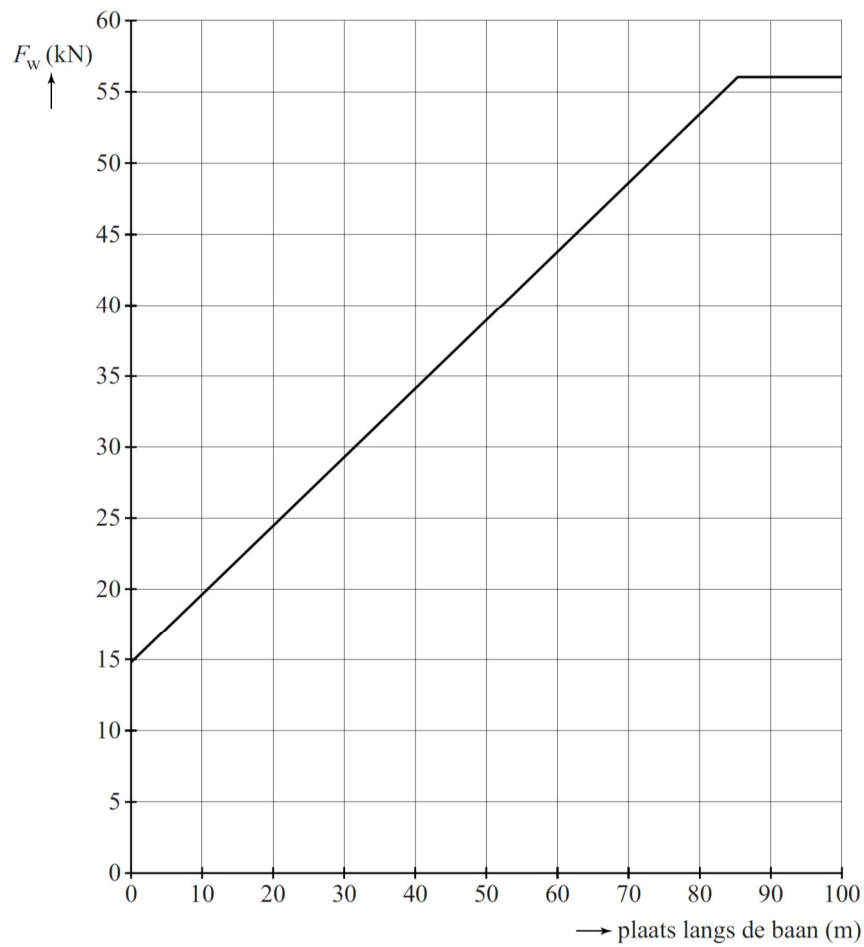
Het model wordt gebruikt voor een zwaardere tractor. Op de uitwerkbijlage staan twee computerruns van het (x, t) -diagram waarbij mblok en de kettingfactor gevarieerd worden.

2p **19** Kies voor de twee waarden van mblok de bijpassende kettingfactor.

14



15 en 18



17

Het ballastblok schuift naar voren. Zet bij elke kracht een kruisje in het juiste hokje.

| kracht | neemt toe | neemt af | blijft gelijk |
|----------------------------|-----------|----------|---------------|
| normaalkracht wiel | | | |
| zwaartekracht sleepwagen | | | |
| zwaartekracht ballastblok | | | |
| normaalkracht slee | | | |
| wrijvingskracht op de slee | | | |

19

