

## Elektrische doorstroomverwarmer

Een elektrische doorstroomverwarmer is een apparaatje dat in de koudwaterleiding gemonteerd wordt om koud water op te warmen.

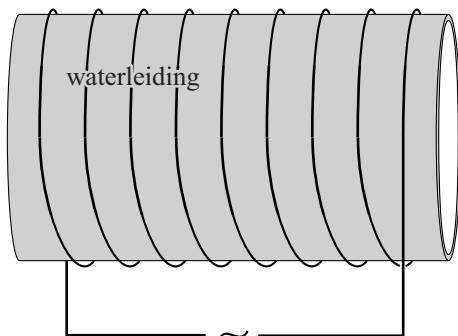
In een oud type doorstroomverwarmer is een weerstandsdraad om de waterleiding gewikkeld. Zie figuur 1.

De weerstandsdraad dient als verwarmingselement.

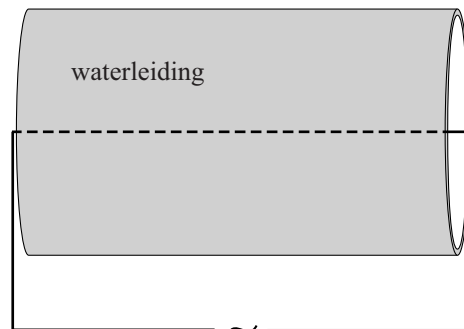
In nieuwe types loopt de weerstandsdraad door de waterleiding heen en wordt direct omspoeld door het leidingwater. Zie figuur 2.



figuur 1



figuur 2



Het nieuwe type doorstroomverwarmer (figuur 2) heeft een hoger rendement dan het oudere type (figuur 1).

1p 1 Geef hiervoor een natuurkundige reden.

Om de juiste elektrische doorstroomverwarmer te kiezen wordt de volgende vuistregel gebruikt:

$$P = 70 \cdot \text{debiet} \cdot \Delta T$$

Het debiet is het aantal liter water dat per minuut door de doorstroomverwarmer wordt verwarmd.

In een folder van een bepaald type doorstroomverwarmer staan de volgende technische gegevens:

Technische gegevens	
spanning	230 V
maximaal vermogen	5000 W
maximaal debiet	2,9 L/min

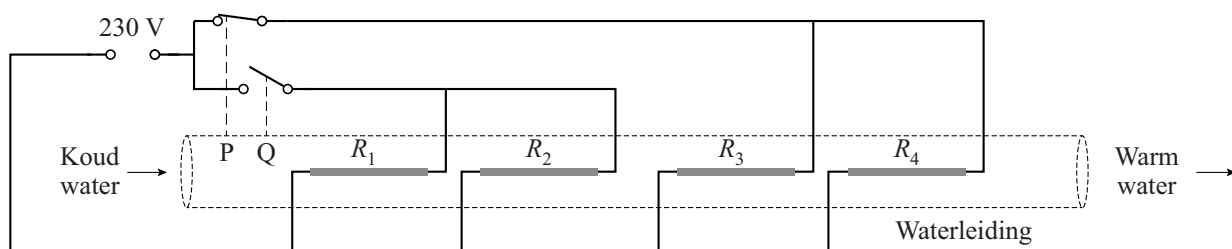
- 2p 2 Bereken met behulp van de vuistregel de (minimale) temperatuurstijging van het water bij gebruik van dit type doorstroomverwarmer bij maximaal vermogen.

Deze doorstroomverwarmer moet aangesloten worden op een zekering. Er kan gekozen worden uit zekeringen van 16 A, 20 A, 25 A of 40 A.

- 3p 3 Leg met behulp van de technische gegevens uit welke zekering hiervoor het meest geschikt is en waarom de andere zekeringen niet geschikt zijn.

In de doorstroomverwarmer wordt het vermogen automatisch aangepast aan de waterbehoefte. In de geïsoleerde kunststof waterleiding zijn hiervoor vier identieke weerstandsdraden  $R_1$  tot en met  $R_4$  als verwarmingselementen gemonteerd. Zie figuur 3.

**figuur 3**



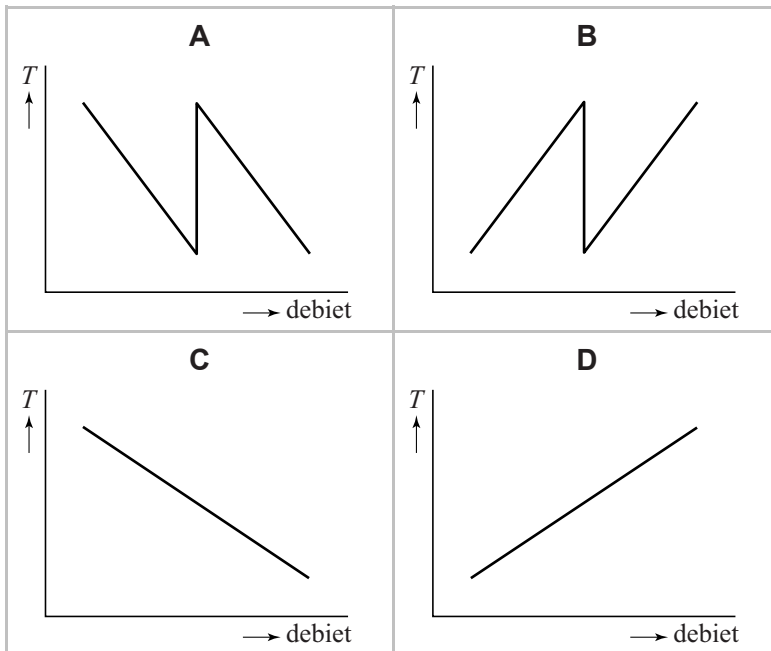
Bij weinig watergebruik is alleen schakelaar P gesloten. Als de vraag naar water groter is, zijn beide schakelaars P en Q gesloten.

Over deze schakeling staan op de uitwerkbijlage drie zinnen.

- 2p 4 Omcirkel in elke zin op de uitwerkbijlage het juiste alternatief.

De temperatuur van het uitstromende water zal veranderen als het debiet verandert.

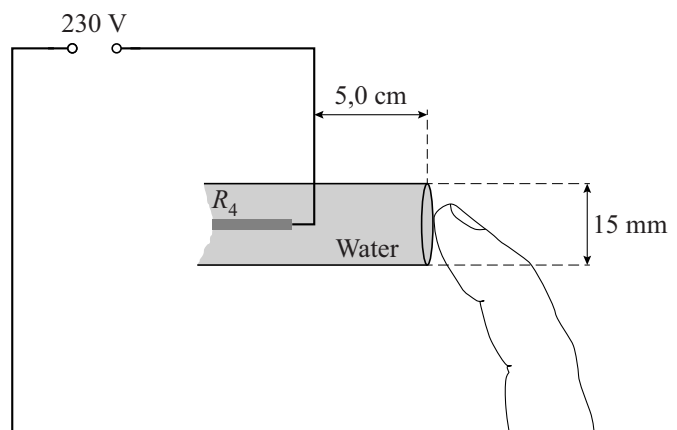
- 1p **5** Welke grafiek geeft bij benadering het verloop van de temperatuur weer als het debiet verandert?



De weerstandsdraden bevinden zich ongeïsoleerd in het water.

Dat lijkt gevaarlijk. De kortst mogelijke afstand tussen een weerstandsdraad en de uitstroomopening met het aan te raken water is 5,0 cm. De diameter van de waterkolom in de leiding is 15 mm. Zie schematisch in figuur 3 en uitvergroot in figuur 4. Het water heeft een soortelijke weerstand van  $1,3 \cdot 10^5 \Omega \text{m}$ .

figuur 4



De weerstand van de vinger wordt verwaarloosd.

- 4p **6** Bereken de maximale stroomsterkte die door deze waterkolom gaat lopen. Aanwijzing: bereken hiervoor eerst de weerstand van deze waterkolom.

## uitwerkbijlage

4 Omcirkel in elke zin het juiste alternatief.

Als schakelaar Q ook wordt gesloten, geldt dat:

- de totale weerstand van de doorstroomverwarmer **toeneemt / afneemt / gelijk blijft**.
- de totale stroomsterkte door de weerstandsdraden samen daardoor **toeneemt / afneemt / gelijk blijft**.
- het vermogen van de doorstroomverwarmer daardoor **toeneemt / afneemt / gelijk blijft**.