

mbo

# Hydrauliek

*Hydrauliek en pneumatiek*

TECHNIEK**STAD**



## **COLOFON**

©2019 Kenteq, Hilversum

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand dan wel openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opname, of enige andere wijze, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Kenteq  
Postbus 81  
1200 AB Hilversum

[info@techniekstad.nl](mailto:info@techniekstad.nl)

## Inhoudsopgave

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding hydrauliek</b>                           | <b>7</b>  |
| 1.1      | Waarom hydrauliek?                                    | 8         |
| 1.2      | Waar wordt hydrauliek toegepast?                      | 8         |
| 1.3      | Voor- en nadelen van hydrauliek                       | 8         |
| 1.4      | Samenvatting  | 10        |
| 1.5      | Antwoorden  | 11        |
| <b>2</b> | <b>Grondbeginselen van hydrauliek</b>                 | <b>13</b> |
| 2.1      | Vloeistoffen zijn nauwelijks samendrukbaar            | 14        |
| 2.2      | Vloeistoffen nemen geen eigen vorm aan                | 14        |
| 2.3      | Druk plant zich in alle richtingen gelijkmatig voort. | 15        |
| 2.4      | Samenvatting  | 18        |
| 2.5      | Antwoorden  | 19        |
| <b>3</b> | <b>Opbouw van een hydraulische installatie</b>        | <b>21</b> |
| 3.1      | Schema hydraulische installatie                       | 22        |
| 3.2      | Toegepaste componenten                                | 23        |
| 3.3      | Indeling van hydraulische systemen                    | 30        |
| 3.4      | Veiligheid  | 31        |
| 3.5      | Schematechniek  | 31        |
| 3.6      | Samenvatting  | 32        |
| 3.7      | Antwoorden  | 33        |
| <b>4</b> | <b>Energieomzetting</b>                               | <b>35</b> |
| 4.1      | Hydraulische pomp                                     | 36        |
| 4.2      | Zuiger- of plunjerpomp                                | 37        |
| 4.3      | Tandwielpomp  | 39        |
| 4.4      | Schottenpomp  | 39        |
| 4.5      | Pompsymbolen  | 40        |
| 4.6      | Samenvatting  | 42        |
| 4.7      | Antwoorden  | 43        |
| <b>5</b> | <b>Hydraulische motoren</b>                           | <b>45</b> |
| 5.1      | Lineaire hydraulische motoren                         | 46        |
| 5.2      | Roterende hydraulische motoren                        | 52        |
| 5.3      | Samenvatting  | 54        |
| 5.4      | Antwoorden  | 55        |
| <b>6</b> | <b>Energietransport</b>                               | <b>57</b> |
| 6.1      | Hydraulische olie                                     | 58        |
| 6.2      | Viscositeit   | 59        |
| 6.3      | Olie verversen  | 61        |
| 6.4      | Samenvatting  | 62        |
| 6.5      | Antwoorden  | 63        |
| <b>7</b> | <b>Hydraulische leidingen</b>                         | <b>65</b> |
| 7.1      | Flexibele leidingen                                   | 66        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 7.2       | Starre leidingen   | 68         |
| 7.3       | Symbolen van hydraulische leidingen                          | 72         |
| 7.4       | Veiligheid   | 72         |
| 7.5       | Samenvatting   | 73         |
| 7.6       | Antwoorden   | 74         |
| <b>8</b>  | <b>Energiebeheersing</b>                                     | <b>75</b>  |
| 8.1       | Kleppen in de hydrauliek                                     | 76         |
| 8.2       | Drukregelkleppen   | 76         |
| 8.3       | Stroomregelkleppen   | 82         |
| 8.4       | Wegkleppen   | 85         |
| 8.5       | Samenvatting   | 94         |
| 8.6       | Antwoorden   | 95         |
| <b>9</b>  | <b>Energieopslag</b>   | <b>97</b>  |
| 9.1       | Accumulatoren  | 98         |
| 9.2       | Veiligheid   | 102        |
| 9.3       | Samenvatting   | 104        |
| 9.4       | Antwoorden   | 105        |
| <b>10</b> | <b>Hulpapparatuur</b>  | <b>107</b> |
| 10.1      | Oliereservoir  | 108        |
| 10.2      | Controle- en bewakingsapparatuur                             | 111        |
| 10.3      | Conditioneringsapparatuur                                    | 114        |
| 10.4      | Afsluiters   | 121        |
| 10.5      | Samenvatting   | 122        |
| 10.6      | Antwoorden   | 123        |
| <b>11</b> | <b>Veiligheid en onderhoud van hydraulische installaties</b> | <b>125</b> |
| 11.1      | Veiligheid en milieu   | 126        |
| 11.2      | Onderhoud  | 128        |
| 11.3      | Samenvatting   | 139        |
| 11.4      | Antwoorden   | 140        |
| <b>12</b> | <b>Schematechniek</b>  | <b>141</b> |
| 12.1      | Richtlijnen  | 142        |
| 12.2      | Semalezen  | 142        |
| 12.3      | Samenvatting   | 143        |
| 12.4      | Antwoorden   | 144        |
| 12.5      | Overzicht hydraulische symbolen                              | 145        |
| <b>13</b> | <b>Vragen</b>  | <b>157</b> |
| 13.1      | Vragen inleiding Hydrauliek                                  | 157        |
| 13.2      | Vragen Grondbeginselen van hydrauliek                        | 158        |
| 13.3      | Vragen Opbouw hydraulische installatie                       | 159        |
| 13.4      | Vragen Energieomzetting                                      | 161        |
| 13.5      | Vragen Hydraulische motoren                                  | 163        |
| 13.6      | Vragen Energietransport                                      | 166        |
| 13.7      | Vragen Hydraulische leidingen                                | 168        |
| 13.8      | Vragen Energiebeheersing                                     | 171        |
| 13.9      | Vragen Energieopslag   | 176        |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 13.10 | Vragen Hulpapparatuur  | 178 |
| 13.11 | Vragen Veiligheid en onderhoud van hydraulische installaties | 182 |
| 13.12 | Vragen Schematechniek  | 188 |

OPINZIE

# INZELDE

# 1 Inleiding hydrauliek

## Inleiding

Hydrauliek is een aandrijftechniek. Kracht en beweging worden hierbij overgebracht en onder controle gehouden door middel van vloeistoffen onder druk.

Andere vormen van aandrijftechniek zijn:

- mechanisch
- elektrisch
- pneumatisch.



*Hydraulische kantpers*

## Leerdoelen

*Je kunt:*

- uitleggen waarom hydrauliek wordt toegepast
- aangeven in welke werkgebieden hydrauliek wordt toegepast
- de voor- en nadelen van hydrauliek benoemen.

### 1.1 Waarom hydrauliek?

Hydrauliek wordt toegepast, omdat:

- met hydrauliek zeer grote krachten kunnen worden overgebracht
- met hydrauliek zeer nauwkeurige bewegingen kunnen worden gemaakt bij lage en hoge snelheden
- hydraulische apparatuur deze eigenschappen op een zeer compacte manier combineert.



1. Leg uit hoe een hydraulisch systeem werkt.

---



---



---

### 1.2 Waar wordt hydrauliek toegepast?

Hydrauliek wordt toegepast in:

- zware machinebouw
- scheepsbouw
- vliegtuigbouw
- wegenbouwmachines
- landbouwwerktuigen
- gereedschapswerktuigen
- mobiel intern transport.



Grondverzet- of graafmachine



2. Noem minimaal drie onderdelen van een hydraulisch systeem.

---



---



---

### 1.3 Voor- en nadelen van hydrauliek

De voordelen van een hydraulisch systeem ten opzichte van een mechanisch systeem zijn:

- een hydraulisch systeem van geringe afmetingen kan al zeer grote krachten opwekken
- een hydraulisch systeem is eenvoudig te regelen en te sturen
- hydrauliek werkt veilig: een hydraulisch systeem kan eenvoudig worden beveiligd tegen overbelasting



- er zijn minder bewegende delen dan bij een mechanisch systeem, dus treedt er ook minder slijtage op
- het systeem is zelfsmerend
- energietransport en energieomzetting zijn flexibel, waardoor een hydraulisch systeem eenvoudig kan worden uitgebreid of aangepast.

Er zijn echter ook nadelen verbonden aan het werken met hydrauliek:

- de storingsgevoeligheid: onzorgvuldige montage en gebrekkig onderhoud leidt onherroepelijk tot storingen in een hydraulisch systeem
- storingen in een hydraulisch systeem zijn vaak moeilijk op te sporen
- hydraulische vloeistof is meestal brandgevaarlijk
- hydraulische systemen zijn gevoelig voor temperatuurverschillen
- hydraulische systemen zijn gevoelig voor vuil
- het rendement is laag door inwendige verliezen.



3. Waarom kun je bij werkzaamheden onder wisselende temperaturen beter niet voor een hydraulisch systeem kiezen?

---

---

---

## 1.4 Samenvatting

- Hydrauliek is een aandrijftechniek waarbij er kracht en beweging wordt overgebracht door middel van vloeistoffen onder druk.
- Met hydrauliek kun je met compacte machines zeer grote krachten op een nauwkeurige manier overbrengen. Dit geldt zowel bij lage als bij hoge snelheden.
- Hydrauliek wordt in zeer veel sectoren toegepast, zoals:
  - zware machinebouw
  - scheepsbouw
  - vliegtuigbouw
  - landbouwwerktuigen.
- Hydraulische systemen hebben zowel voordelen als nadelen. Voordelen zijn onder andere:
  - systemen van geringe omvang kunnen al zeer grote krachten overbrengen
  - hydraulische systemen zijn eenvoudig te regelen en te sturen
  - hydraulische systemen zijn veilig om mee te werken.
- Nadelen van hydraulische systemen zijn andere:
  - hydraulische systemen zijn vrij storingsgevoelig
  - storingen zijn moeilijk op te sporen
  - hydraulische vloeistof is brandgevaarlijk.

## 1.5 Antwoorden

### *Antwoord 1*

Door vloeistof (meestal olie) onder druk te zetten ontstaat er een kracht die kan worden omgezet in beweging.

### *Antwoord 2*

Mogelijke onderdelen van een hydraulisch systeem zijn:

- pomp
- leidingen
- ventielen
- cilinders
- vloeistof (olie)
- oliereservoir
- hydrauliekmotor.

### *Antwoord 3*

Omdat hydraulische systemen gevoelig zijn voor temperatuurverschillen kun je in die situaties beter niet voor een hydraulisch systeem kiezen.

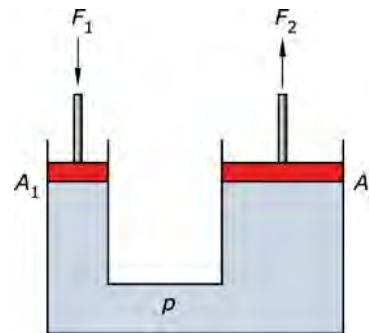
# INLEIDING

## 2 Grondbeginselen van hydrauliek

### Inleiding

Bij de hydraulica wordt gebruik gemaakt van de natuurkundige eigenschappen van vloeistoffen:

- vloeistoffen zijn nauwelijks samendrukbaar
- vloeistoffen nemen geen eigen vorm aan
- de druk op een vloeistof in een afgesloten ruimte plant zich in alle richtingen gelijkmatig voort.



Je leert over deze drie eigenschappen van vloeistoffen.

### Leerdoelen

*Je kunt:*

- de natuurlijke eigenschappen van vloeistoffen benoemen
- uitleggen wat er gebeurt als je vloeistoffen samendrukt
- de continuïteitswet uitleggen
- de wet van Pascal uitleggen.

## 2.1 Vloeistoffen zijn nauwelijks samendrukbaar

Het volume van een bepaalde hoeveelheid vloeistof is nagenoeg constant, ongeacht de druk op die vloeistof. We zeggen dat vloeistoffen nauwelijks samendrukbaar zijn. Hierdoor kunnen we met hydrauliek zeer nauwkeurige bewegingen overbrengen.

We kunnen aantonen dat vloeistoffen bijna niet samendrukbaar zijn. We vullen daarvoor een glazen fles geheel met vloeistof en sluiten hem goed af met een kurk. Als je nu de kurk met kracht omlaag drukt, springt de fles stuk. De reden daarvoor is dat de vloeistof geen kant uit kan, waardoor een hoge druk wordt opgebouwd.



Vloeistoffen zijn nauwelijks samendrukbaar

## 2.2 Vloeistoffen nemen geen eigen vorm aan

Vloeistoffen nemen de vorm aan van elke ruimte waarin ze worden gegoten. Door deze eigenschap kan een vloeistof in elk kanaal van willekeurige vorm en afmeting stromen.

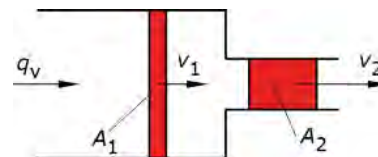


Vloeistoffen nemen geen eigen vorm aan

### Continuïteitswet

Voor vloeistofstromen geldt de continuïteitswet. Deze wet houdt in dat bij een kleinere doorlaat de stroomsnelheid groter wordt.

Bij een volumestroom  $q_v$  zal, als de doorsnede  $A_2$  van de buis de helft is van doorsnede  $A_1$ , de stroomsnelheid  $v_2$  twee keer zo groot als de stroomsnelheid  $v_1$  worden.



Bij een kleinere doorlaat wordt de stroomsnelheid groter

| Continuïteitswet  |  |
|---|--|
| $q_{v1} = q_{v2} \rightarrow v_1 \times A_1 = v_2 \times A_2$ |  |
| $q_v$   | = volumestroom (debiet) ( $m^3/s$ )  |
| $v$   | = (gemiddelde) snelheid (m/s) (gemiddelde)                                 |
| $v_1$   | = stroomsnelheid)  |
| $v_2$   | = stroomsnelheid bij doorsnede $A_1$<br>stroomsnelheid bij doorsnede $A_2$ |

### 2.3 Druk plant zich in alle richtingen gelijkmatig voort.

De druk die ontstaat op een vloeistof in een afgesloten ruimte plant zich in alle richtingen gelijkmatig voort. Dat houdt in, dat de druk in een systeem overal even groot is. Dit is de wet van Pascal, naar wie de eenheid van druk is vernoemd ( $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ).

#### Formule voor berekenen druk

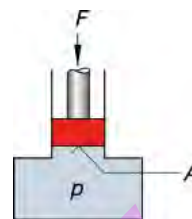
$$p = \frac{F}{A}$$

$p$  = druk in Pa (Pascal)

$F$  = kracht in N (Newton)

$A$  = oppervlak in  $\text{m}^2$

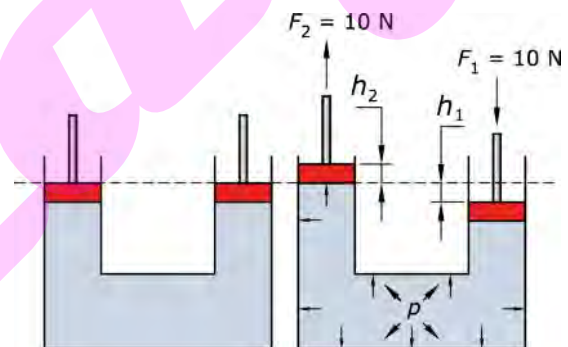
De druk  $p$  die je veroorzaakt, is de uitgeoefende kracht  $F$ , gedeeld door het oppervlak  $A$  van de zuiger, dus:  $p = F / A$  (druk  $p$  in Pa ofwel  $\text{N/m}^2$ ). Je weet dat de druk  $p$  in een vloeistof zich in alle richtingen gelijkmatig voortplant.



De druk  $p$  plant zich in alle richtingen gelijkmatig voort

Deze eigenschap kun je aantonen met behulp van twee cilinders met gelijke diameters. Je verbindt de twee cilinders met elkaar, waarna je ze met olie of water vult. Vervolgens plaats je op iedere cilinder een zuiger die op de vloeistofkolom rust. Als je nu op de rechterzuiger een drukkracht van 10 Newton uitoefent, dan gaat deze omlaag. De linker zuiger wordt hierdoor omhoog gedrukt met dezelfde kracht en over dezelfde afstand:

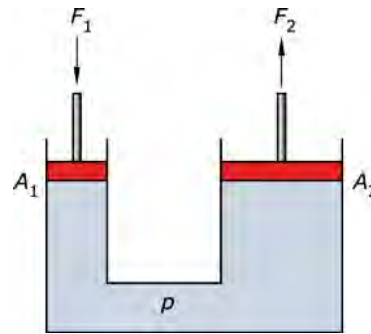
- kracht  $F_1 =$  kracht  $F_2$
- afstand  $h_1 =$  afstand  $h_2$



Druk in een systeem is overal even groot (Wet van Pascal)

Met behulp van vloeistoffen zijn we in staat om een uitgeoefende kracht te vergroten. Ook dit grondbeginsel van hydrauliek is op eenvoudige wijze te verduidelijken.

Je neemt twee cilinders, maar nu met verschillende diameters. Je verbindt ze met elkaar en vult ze met olie of water. Oefen nu een kracht  $F_1$  uit op de zuiger met oppervlakte  $A_1$ . Hierdoor veroorzaak je een druk in de vloeistof.



Met behulp van vloeistoffen zijn we in staat om een uitgeoefende kracht te vergroten.

De andere zuiger heeft nu bijvoorbeeld een tweemaal groter oppervlak  $2 \times A$ . Dan wordt de kracht die de vloeistof op de zuiger uitoefent ook tweemaal zo groot, namelijk:

$$(2 \times A) \times p = 2 \times (A \times p) = 2 \times F$$

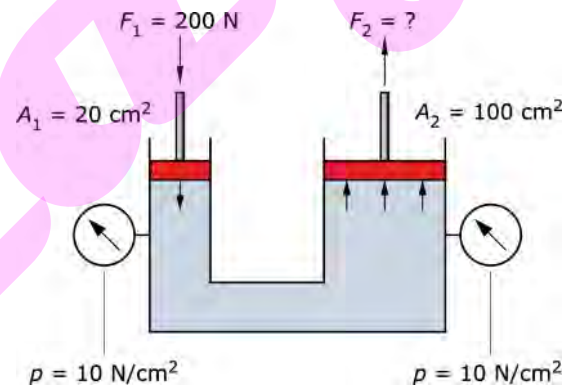
| Formule                                 |
|---|
| $p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ |

De verplaatsing van de grote zuiger is echter de helft van de verplaatsing van de kleine zuiger. Hetzelfde geldt dus ook voor de snelheid.

**Voorbeeld**

Krachten voorbeeld:

De linkerzuiger heeft een oppervlak  $A_1$  van  $20 \text{ cm}^2$  en de rechterzuiger een oppervlak  $A_2$  van  $100 \text{ cm}^2$ .



Met behulp van vloeistoffen een uitgeoefende kracht vergroten

Door nu op de linkerzuiger een kracht uit te oefenen van  $F_1 = 200 \text{ N}$  ontstaat er een druk op de olie van  $200 \text{ N}$  op  $20 \text{ cm}^2 = 10 \text{ N/cm}^2$ .

Deze druk wordt onverminderd door de olie voortgeplant tot onder de rechterzuiger.

De kracht op deze grote zuiger wordt dan  $10 \text{ N/cm}^2 \times 100 \text{ cm}^2 = 1000 \text{ N}$ . Dit is dus 5 x zoveel.

1. Wat gebeurt er als je een fles vult met water, hem afsluit met een kurk en de kurk met kracht omlaag drukt?

---



---



---



---





2. Vul in: De continuïteitswet voor vloeistofstromen houdt in dat bij een ..... doorlaat de stroomsnelheid ..... wordt.



3. Waar of niet waar?  
De wet van Pascal houdt in dat de druk die ontstaat op een vloeistof in een afgesloten ruimte zich in alle richtingen gelijkmatig voortplant.

---

---

---

## 2.4 Samenvatting

- De natuurlijke eigenschappen van vloeistoffen zijn:
  - vloeistoffen zijn nauwelijks samendrukbaar
  - vloeistoffen nemen geen eigen vorm aan
  - de druk op een vloeistof in een afgesloten ruimte plant zich in alle richtingen gelijkmatig voort.
- Volgens de continuïteitswet voor vloeistofstromen wordt de stroomsnelheid groter bij een kleinere doorlaat.
- Volgens de wet van Pascal plant de druk die ontstaat op een vloeistof in een afgesloten ruimte zich in alle richtingen gelijkmatig voort.

WISSEBERG

## 2.5 Antwoorden

### *Antwoord 1*

Als je een fles vult met water, hem afsluit met een kurk en de kurk met kracht omlaag drukt, zal de fles stuk springen.

### *Antwoord 2*

De continuïteitswet voor vloeistofstromen houdt in dat bij een kleinere doorlaat de stroomsnelheid groter wordt.

### *Antwoord 3*

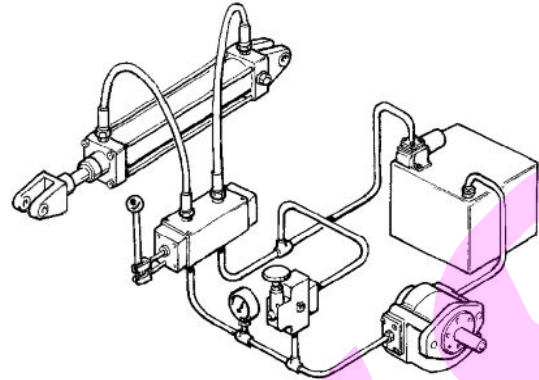
Waar. De wet van Pascal houdt in dat de druk die ontstaat op een vloeistof in een afgesloten ruimte zich in alle richtingen gelijkmatig voortplant.

GRONDBEGINSELEN

### 3 Opbouw van een hydraulische installatie

#### Inleiding

Een hydraulische installatie bestaat uit verschillende componenten. De installatie bevat de componenten die benodigd zijn om het systeem op een juiste en veilige manier te laten werken.



*De opbouw van een hydraulische installatie*

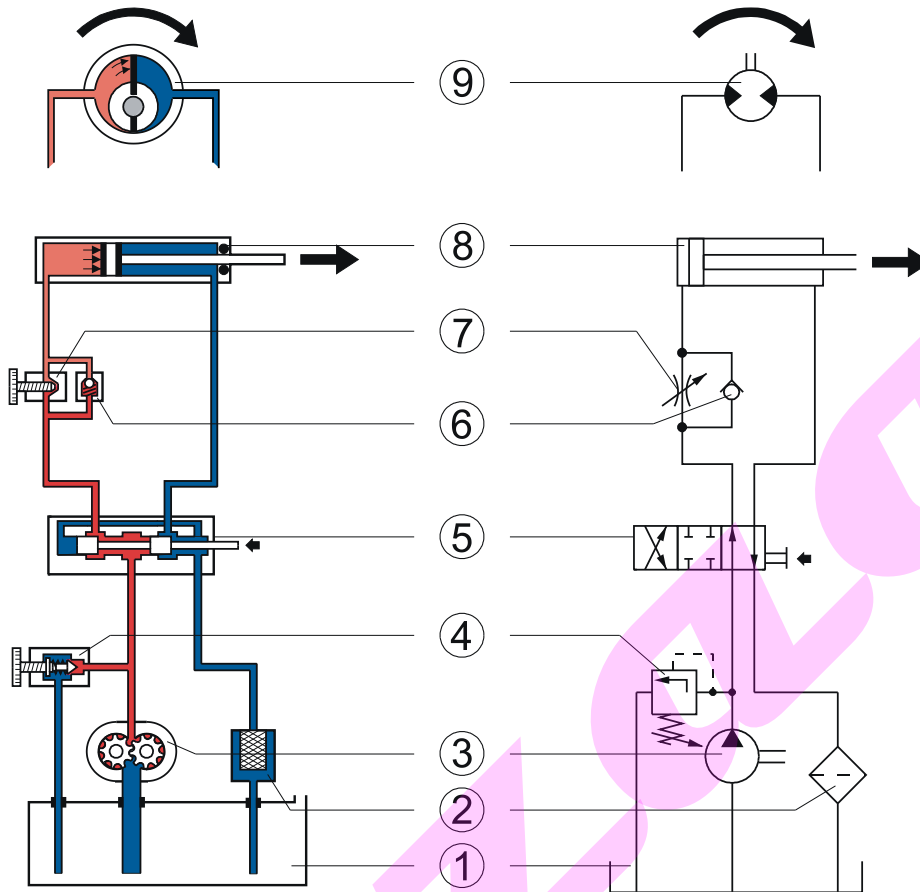
#### Leerdoelen

*Je kunt:*

- uitleggen welke componenten veel in een hydraulisch systeem worden toegepast en wat hun werking is
- uitleggen hoe een open en een gesloten kringloop werkt
- uitleggen welke veiligheidsmaatregelen belangrijk zijn bij het werken met hydraulische installaties
- de gebruikte symbolen en schema's benoemen.

### 3.1 Schema hydraulische installatie

In de afbeelding 'Hydraulisch schema' zie je links de installatie schematisch weergegeven en rechts zie je de weergave van het hydraulisch schema in genormaliseerde symbolen.



Hydraulisch schema

- |               |                   |                       |
|---------------|-------------------|-----------------------|
| 1. Reservoir  | 4. Overstroomklep | 7. Snelheidsregelklep |
| 2. Oliefilter | 5. Stuurschuiif   | 8. Cilinder           |
| 3. Pomp       | 6. Terugslagklep  | 9. Hydromotor         |