

INDUSTRI  
SKOLEN

# Hydraulikk VG 3





# Innhold

<b>1 Innledning</b> .....	<b>4</b>
1.1 Fordeler og ulemper med hydraulikk .....	4
1.2 Enheter og definisjoner .....	5
1.3 HMS .....	5
1.4 Trykk .....	6
<b>2 Hydraulisk kraftoverføring</b> .....	<b>7</b>
<b>3 Hydraulikkanleggets oppbygging</b> .....	<b>8</b>
<b>4 Pumper</b> .....	<b>10</b>
<b>5 Arbeidselementer</b> .....	<b>14</b>
5.1 Sylindere .....	14
5.2 Motorer .....	15
<b>6 Andre komponenter</b> .....	<b>16</b>
6.1 Tank .....	16
6.2 Filter .....	17
6.3 Olje .....	19
6.4 Manometer .....	19
<b>7 Symboler</b> .....	<b>20</b>
<b>8 Grunnleggende hydrauliske kretser</b> .....	<b>24</b>
8.1 Øving 1 – Dobbeltvirkende sylinder med 4/3 retningsventil .....	24
8.2 Øving 2 – Hydraulisk motor med hastighetsregulering .....	25
<b>9 Symboler</b> .....	<b>30</b>
<b>10 Flere komponenter</b> .....	<b>31</b>
10.1 Akkumulatorer .....	31
10.2 Varmevekslere .....	33
<b>11 Dimensjonering av rør og slanger</b> .....	<b>34</b>
11.1 Slinger .....	36
11.2 Rør .....	38
11.2.1 Bøying og klamring av rør .....	38
11.3 Koblinger .....	40
11.3.1 Tetninger .....	45
11.4 Laminær og turbulent strømning .....	45

11.5 Trykkfall i røropplegg . . . . .	45
<b>12 Beregninger . . . . .</b>	<b>47</b>
12.1 Stempelkraft . . . . .	51
12.2 Kraftforsterker . . . . .	51
<b>13 Hydrauliske kretser . . . . .</b>	<b>51</b>
13.1 Øving 1 - Bleed-off . . . . .	51
13.2 Øving 2 - Hydraulikk lås . . . . .	51
13.3 Øving 3 - oversenterventil . . . . .	53
13.4 Øving 4 - differensialkrets . . . . .	54
13.5 Øving 5 - sekvensventil - seriekobling . . . . .	55
13.6 Øving 6 - lastebilkran, parallellkopling av styreventiler . . . . .	56
<b>14 Vedlikehold av hydrauliske anlegg . . . . .</b>	<b>57</b>
14.1 Feilsøking . . . . .	57
14.2 Kontrollrutiner . . . . .	58

## 1 Innledning

Ordet Hydro, betyr væske, noe flytende. Med hydraulikk mener vi overføring av krefter ved hjelp av væske. I dette læreheftet skal vi begrense oss til å se på oljehydraulikk, men det kan også benyttes andre væsker, for eksempel vann.

### **Hydraulikk er overføring av kraft og bevegelse ved hjelp av væske**

Oljehydraulikk er en kraftform som er mye anvendt i industrien. Hydraulikk er mye brukt til verktøymaskiner, robotteknikk, anleggsmaskiner, flyteknikk. Den største fordelen med hydraulikk er at mye kraft kan overføres ved hjelp av relativt små komponenter. Den har gode akselerasjonsegenskaper og tåler harde miljøer.

Symboler og skjemaer i dette heftet er tegnet i henhold til Norsk Standard, NS-ISO 1219-1:2006

#### 1.1 Fordeler og ulemper med hydraulikk

Forskjellen mellom pneumatikk og hydraulikk er ikke så veldig stor. Hovedforskjellene er at olje, som er drivmediet i hydraulikk, ikke lar seg komprimere som luft. Dette gjør at det ikke blir svingninger i systemene som kan oppstå med store møttrykk i pneumatikken. Systemene blir derfor også mer presise. Det kan også brukes vesentlig høyere trykk enn i pneumatikken, som vil gi mer kraft. Mens vi i pneumatiske systemer sender returluften ut som eksos må vi i hydrauliske systemer bruke returslanger som leder oljen tilbake til tanken.

#### **Fordeler:**

- Store krefter på vanskelig tilgjengelige steder
- Små arbeidselementer
- Fjernstyring er enkelt med elektrohydraulikk
- Roterende eller lineær bevegelse (motor – sylinder)
- Enkelt å sikre mot overbelastning
- Selvsmørende når en bruker olje som medium
- Regnes som stiv kraftoverføring over avstand
- Trinnløs regulering av kraft og hastighet
- Lett å automatisere
- Liten brannfare

## Ulemper:

- Oljesøl
- Lav virkningsgrad ca. 50 - 75 % for et anlegg inklusivt pumpe (varierer)
- Vanskelig og dyrt å lage synkronne bevegelser (eks. at sylindere skal gå likt ved ulik belastning)
- Tåler lite forurensninger og luft i medium
- Varierende viskositet (fra kald til varmolje)
- Støy, og det er dyrt å redusere den

## 1.2 Enheter og definisjoner

bar	Enhet for trykk. Dette er ikke den "helt riktige" betegnelsen for trykk, men brukes mye i fagmiljøet
Pa	Pascal, SI enhet og den enheten som er bestemt at skal brukes.
1 bar = 100 000 Pa 1 kp/cm <sup>2</sup> = 0,981 bar 1 psi = 0,07 bar 1 bar = 0,1 MPa	Kilopond per cm <sup>2</sup> , gammel enhet som ikke brukes lenger.  Pounds per square inch, engelsk/ amerikansk enhet som brukes mye ennå.
Atm. (atmosfære) = 1,013 bar	Dette avviker så lite fra 1 bar, så vi setter i dette kapittelet, 1 Atm = 1 Bar.
Overtrykk: <b>bar</b>	Trykk som er over atmosfæretrykket. Trykket som vi leser av på en måler (manometer). Vi kan også finne benevnelser som <b>barg</b> og <b>psig</b> . "g" betyr for gauge engelsk for viser eller skala og står for overtrykk.
Absolutt trykk: <b>bara</b>	Totalt lufttrykk. Overtrykk + atmosfæretrykk. <b>a'</b> en betyr absolutt. Trykket vi bruker når vi gjør beregninger Vi kan også finne <b>psia</b> .

## 1.3 HMS

Når vi arbeider med hydraulikk må vi ta en rekke hensyn i forhold til helse, miljø og sikkerhet. Det som skiller seg mest fra pneumatikk i denne sammenhengen er de store kreftene som oppstår, samt oljens påvirkning på miljøet og oss selv.

Dette emnet er imidlertid nærmere omtalt i læreheftet "HMS", som du finner under 2003 dokumentasjon og kvalitet, så vi utelater å omtale dette her også.

## 1.4 Trykk

**Hydraulisk trykk forplanter seg likt i alle retninger**

Vi definerer trykk på følgende måte:

$$\text{Trykk} = \frac{\text{Kraft}}{\text{areal}}$$

Vi sier derfor at trykk er kraft per flateenhet. Enhetene vi bruker kan være forskjellige, men i henhold til "SI-systemet" skal vi måle trykket i Pascal (Pa). Vi får 1Pa ved å fordele en kraft på 1N over 1m<sup>2</sup>.

Dette kan også skrives i formelen:

$$1Pa = \frac{1N}{1m^2}$$

Eller

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

$$F = P \cdot A$$

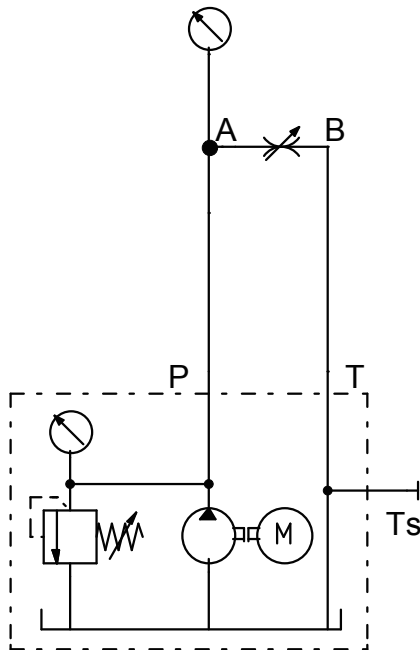
Dette kan vi bruke for å beregne skyvekraften til en sylinder. For å kunne regne med benevningene newton, bar og cm<sup>2</sup> ganger vi med 10:

$$F = P \cdot A \cdot 10$$

**Hydraulisk trykk bygger seg opp som et resultat av strømningsmotstand**

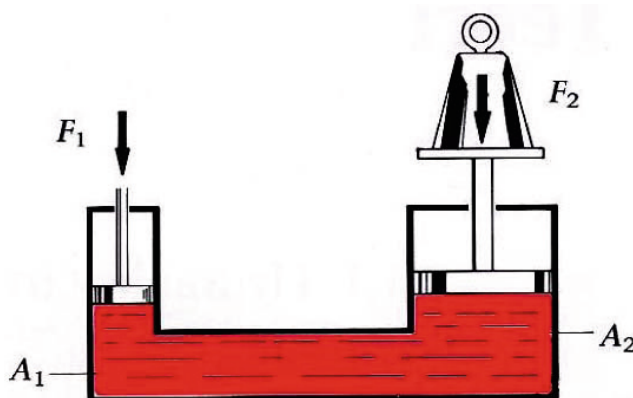
På figuren under ser du et hydraulikkanlegg som består av et aggregat (innenfor strek-punkt linjen), et manometer, og en variabel strupeventil. Her vil oljen pumpes gjennom strupeventilen og tilbake til tank. Trykket kan vi lese av på

manometeret. Hvor høyt trykk vi får vil avhenge av hvor mye olje pumpen leverer og hvor mye strupeventilen slipper gjennom.



Figur 1: Hydraulisk strømningsmotstand

## 2 Hydraulisk kraftoverføring



Figur 2: Hydraulisk vektstang

En praktisk utnyttelse av trykkforplantningen i væsker er den hydrauliske kraftforsterkeren, også kalt hydraulisk vektstang. Med en slik vektstang kan vi løfte en stor last ( $F_2$ ) ved hjelp av en relativ liten betjeningskraft ( $F_1$ ).

Dette prinsippet utnytter formelen  $F = P \cdot AF = P \cdot A$  som er forklart tidligere i kapitlet. Her utnytter vi at kraften løfteekraften blir større ( $F_2$ ) når arealet blir øker ( $A_1$ ).

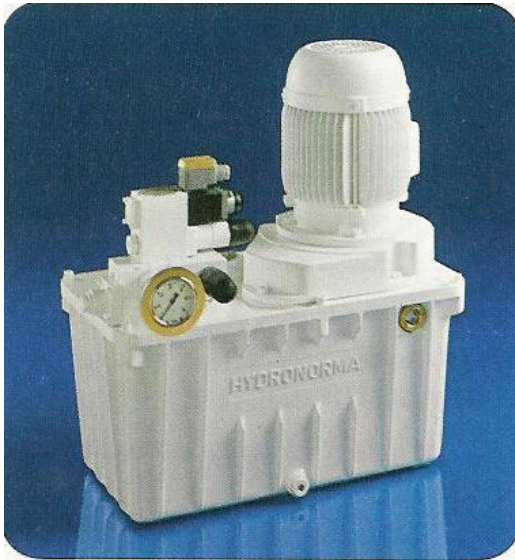


### 3 Hydraulikkanleggets oppbygging

Hydraulikkaggregatet bør minst bestå av:

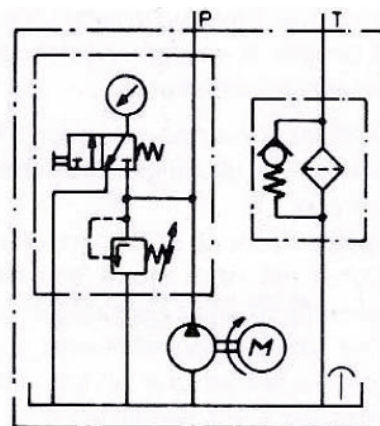
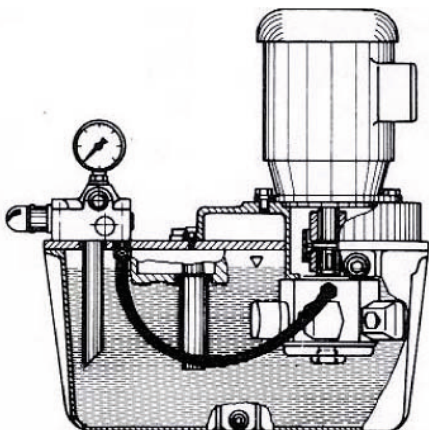
- Tank
- Pumpe
- Motor
- Trykkbegrensningsventil (overtrykksventil)
- Retningsventil
- Arbeidselement (sylinder/ pumpe)
- Filter

I tillegg kommer minst slanger, rør og fittings (rørkoplinger). Forskjellen på et aggregat og et hydraulikkanlegg er at aggregatet er selve oljeforskyningsenheten, mens et komplett hydraulikkanlegg har retningsventil, arbeidselement og eventuelt andre komponenter som behøves. Bildet under viser hvordan et hydraulikkaggregat kan se ut.



Figur 3: Slik kan et hydraulikkaggregat se ut

Aggregatet på bildet over ser slik ut dersom vi gjennomskjær det. På neste side ser vi hvordan aggregatet ser ut tegnet med symboler.

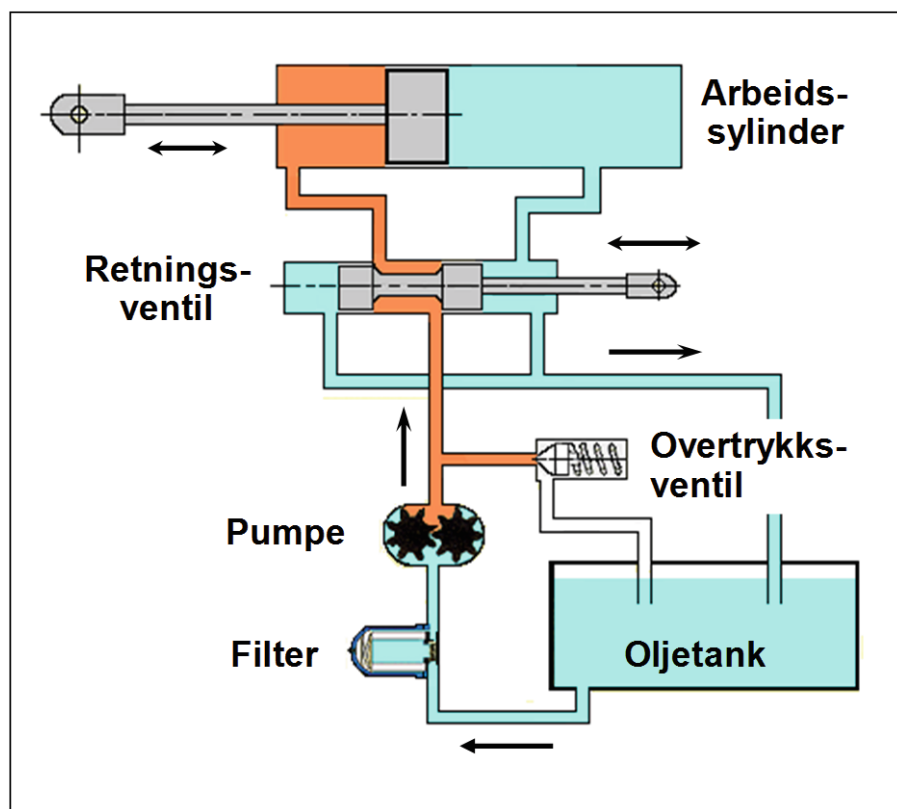


Figur 4: Aggregatet vist som gjennomskåret skisse og med symbol

Figur 5: Komplette hydraulikkaggregat

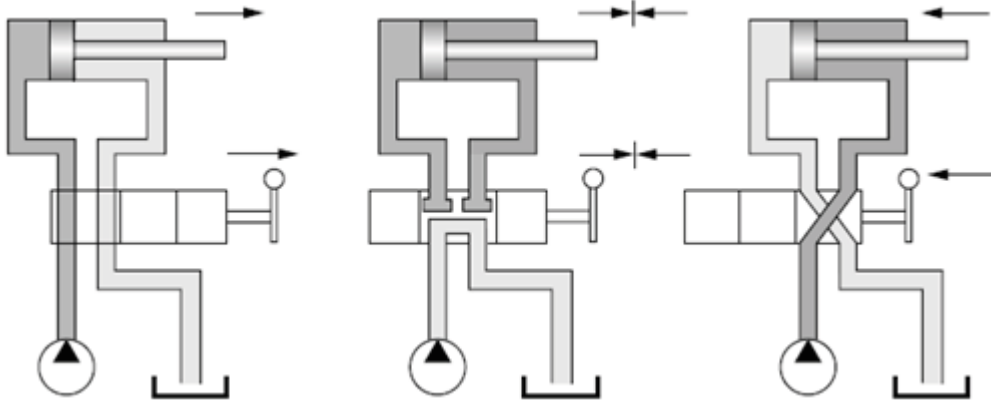
Hydraulikkanlegget på figuren over fungerer på følgende måte: Oljepumpen suger olje fra tanken gjennom filteret. Derfra går oljen videre til retningsventilen. Retningsventilen har en sleide som styrer oljestrømmen i den retningen vi vil. Ved å flytte sleiden på ventilen kan vi velge om oljen skal strømme inn i plusskammeret eller i minuskammeret. Når sylinderen er i endeposisjon, for eksempel plusstilling, flytter vi over sleiden. Stempelet vil da starte minusbevegelsen.

Når stempelet er i endeposisjon vil imidlertid pumpen fortsette å levere olje. Ettersom oljen ikke lar seg komprimere (slik som luft i pneumatikk) vil det



umiddelbart begynne å bygge seg opp et trykk. Størrelsen på dette trykket kan variere, men i hydraulikken er det vanlig med et systemtrykk mellom 50 og 300 bar, avhengig av hvor stor kraft man behøver og hva systemet er dimensjonert for.

For at trykket ikke skal bli for høyt må man ha en trykkgrensingsventil (også kalt overtrykksventil). Den sørger for at oljen blir pumpet rett til tank når systemet når ønsket maks trykk.



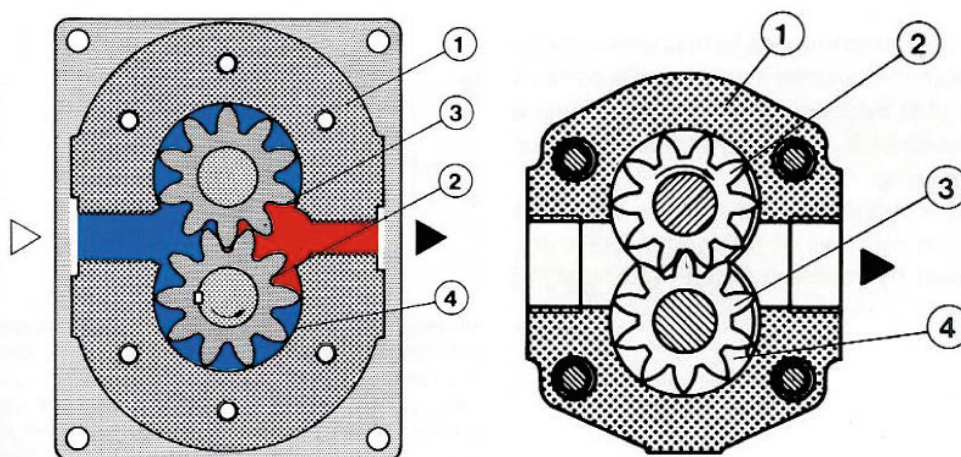
Figur 6: Endring av strømningsretning med retningsventil

Figuren viser hvordan man kan kjøre en sylinder i pluss og minusretning ved å endre oljens strømningsretning med en retningsventil. Merk at dette er en illustrasjon og ikke et korrekt hydraulikkskjema.

## 4 Pumper

Oljepumpen er selve hjertet i hydraulikkanlegget. Det er den som pumper ut olje og gjør at vi kan bygge opp et trykk. Vi skal imidlertid merke oss at det ikke blir trykk i systemet før vi har en restriksjon som holder igjen for den oljestrømmen pumpa forsøker å levere, eller en motkraft på arbeidselementet (sylindere eller pumpe). Under kan du lese om de fem mest vanlige typene. Alle typene fungerer etter fortreningsprinsippet.

1. Tannhjulspumpe
2. Vingepumpe
3. Skruerpumpe
4. Aksialstempelpumpe
5. Radialstempelpumpe



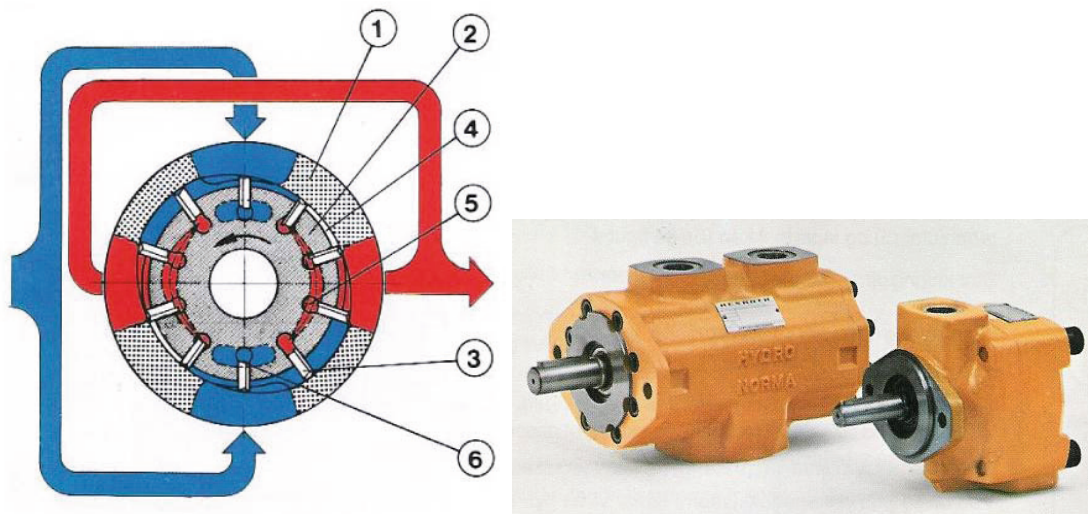
Figur 7: Prinsippskisse av tannhjulspumpe

På figuren over ser du en gjennomskjært tannhjulspumpe. Pumpen består av:

1. Pumpehus
2. Tannhjul 1
3. Tannhjul 2
4. Tannluker

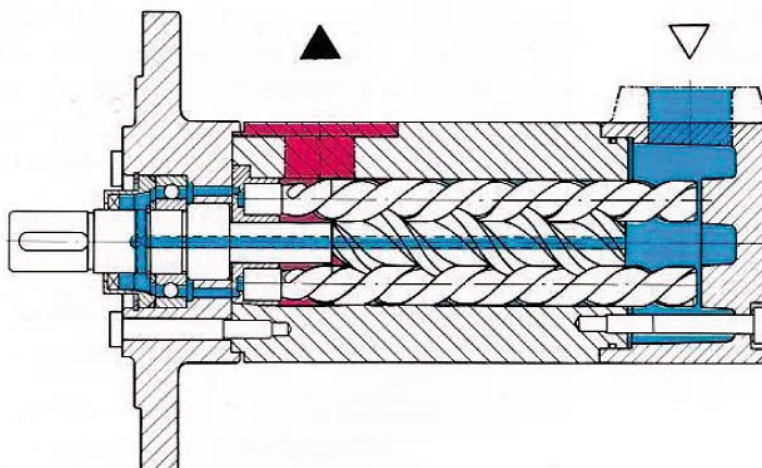
Tannhjulet (pos 2) drar med seg det andre tannhjulet (pos 3). Når tennene går i inngrep på trykksiden (rød farge) fortrenses oljen og det bygges opp et trykk.

Tannhjulspumper finnes bare med fast fortrenningsvolum. Det vil si at den avgir en gitt oljemengde (målt i  $\text{cm}^3$ ) per omdreining.



Figur 8: Prinsippskisse og bilde av vingepumpe

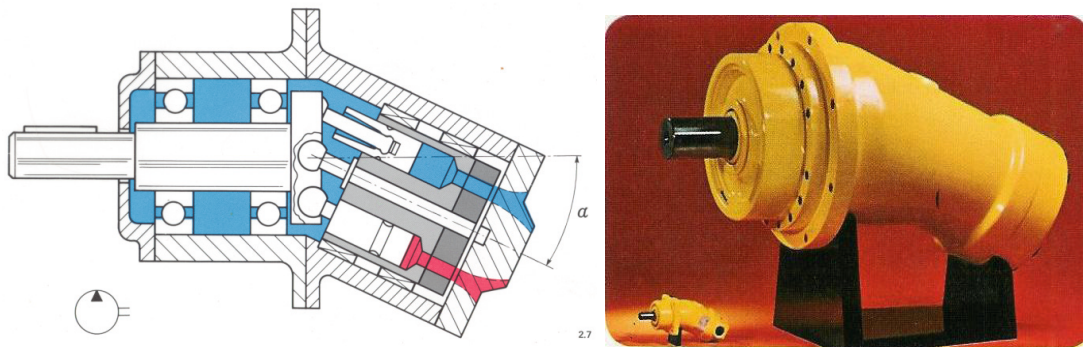
På denne figuren ser du en vingepumpe. Denne pumpetypen finnes også med variabelt fortrenningsvolum.



Figur 9: Figuren viser hvordan en skruerpumpe ser ut gjennomskåret

Over ser du en skruepumpe. Den pumper olje ved at de to løpeskruene (de tynneste) fortrenger plassen i den drivende skruen og presser oljen fra blå til rød side.

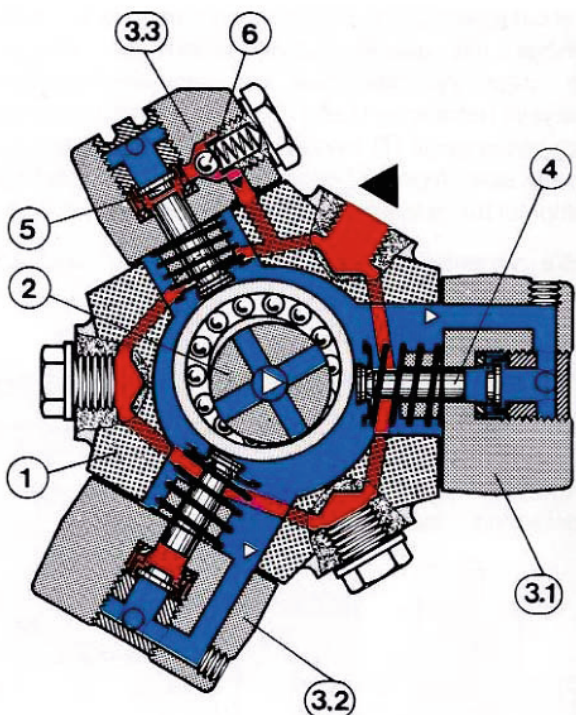
Skruepumper har fast fortrenningsvolum.



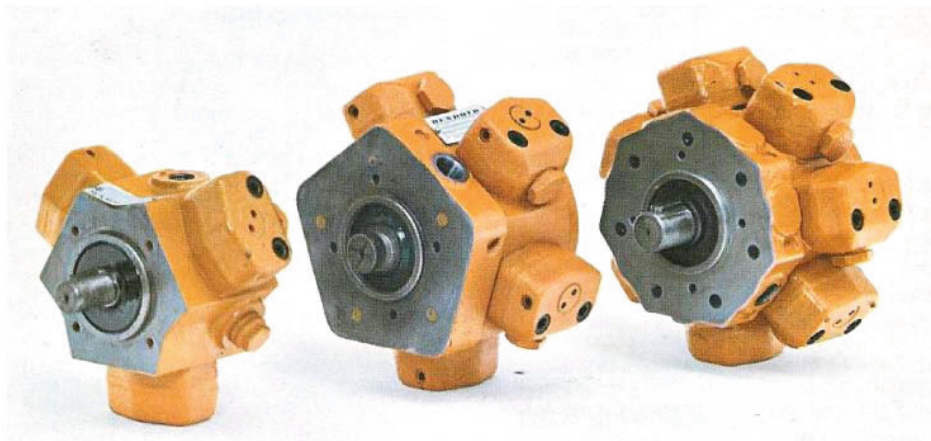
Figur 10: Aksialstempelpumpe, prinsippskisse og bilde

Aksialstempelpumpen har fått navnet sitt fordi den har stempler som ligger i samme retning som akselen i pumpen. Stemplene går ut og inn fordi avstanden fra den vertikale platen med kulefester varierer i forhold til sylinderbunnen når den roterer.

Aksialstempelpumper kan leveres med variabelt fortrenningsvolum.



Figur 11: Gjennomskåret prinsippskisse av radialstempelpumpe



*Figur 12: Slik kan en radialstempelpumpe se ut*

Figur 11 og 12 viser ulike radialstempelpumper. De har fått navnet sitt fordi stemplene er vinklet radielt i forhold til drivakselen i pumpen. Av figur 11 ser vi at stemplene presses ut fra senter av et eksentrisk montert rullingslager. Når akselen roterer vil dermed stemplene pumpe olje etter tur.

Det finnes også radialstempelpumper der stemplene sitter på en veivaksel.

Radialstempelpumper har fast fortrenningsvolum.

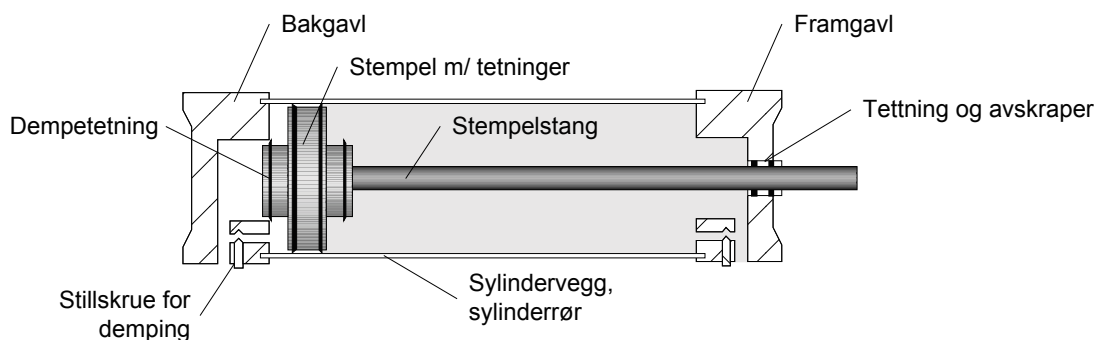
## 5 Arbeidselementer

Arbeidselementet er den komponenten i anlegget som utfører det arbeidet vi ønsker. Alle andre deler i systemet er kun til for at arbeidselementet skal fungere. I dette læreheftet kommer vi til å begrense oss til å omtale sylindere og motorer.

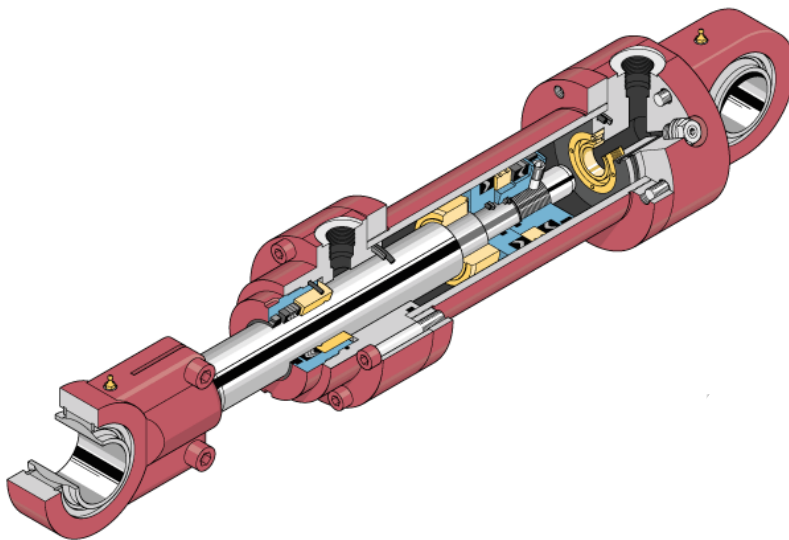
### 5.1 Sylindere

Sylindere er kanskje mest benyttet som arbeidselement i hydraulikken. Det store fortrinnet er at vi kan oppnå en lineær bevegelse, og stor kraft og "stiv" overføring. Det vil si at den ikke fjærer slik som en pneumatisk sylinder gjør.

I prinsippet er en hydraulikksylinder ganske likt oppbygget som en pneumatikksylinder. Den største forskjellen er at delene er kraftigere dimensjonert, men det blir også benyttet andre tetninger samt støttinger mellom stempel og sylinder og mellom stempelstang og framgavl.



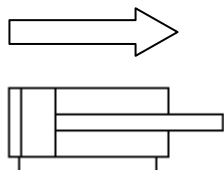
Figur 13: De viktigste delene i en sylinder



Figur 14: Gjennomskåret skisse av hydraulikksylinder, legg merke til støttingene på stempel og i gavl

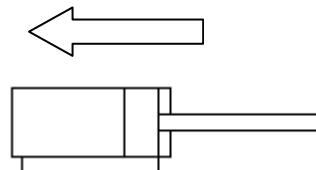
Som i pneumatikken betegner vi sylinderen med pluss (+) og minus (-) kammer og bevegelsene som pluss- og minusretning

Pluss-retning



Figur 16: Sylinder i pluss-bevegelse

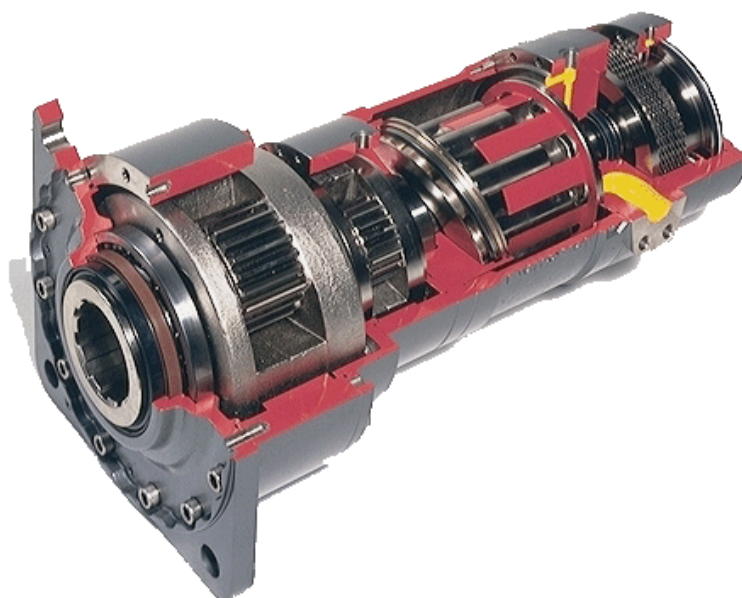
Minus-retning



Figur 15: Sylinder i minus-bevegelse

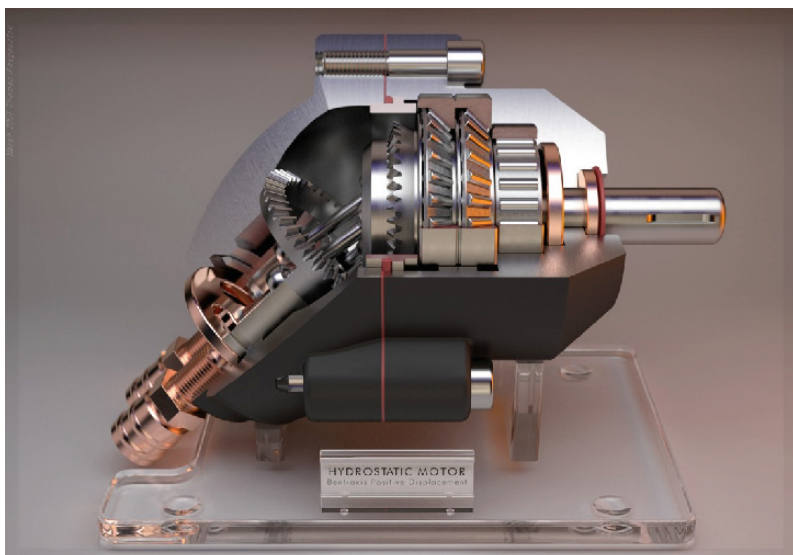
## 5.2 Motorer

Vi kan også utføre et roterende arbeid ved å bruke en hydraulikkmotor. Dette kan i enkelte tilfeller være et alternativ til elektromotorer eller forbrenningsmotorer.



Figur 17: Hydraulisk motor med brems og planetgear. Dreiemomentet hentes ut ved at det monteres en aksel med splines-forbindelse i hullet du ser til venstre





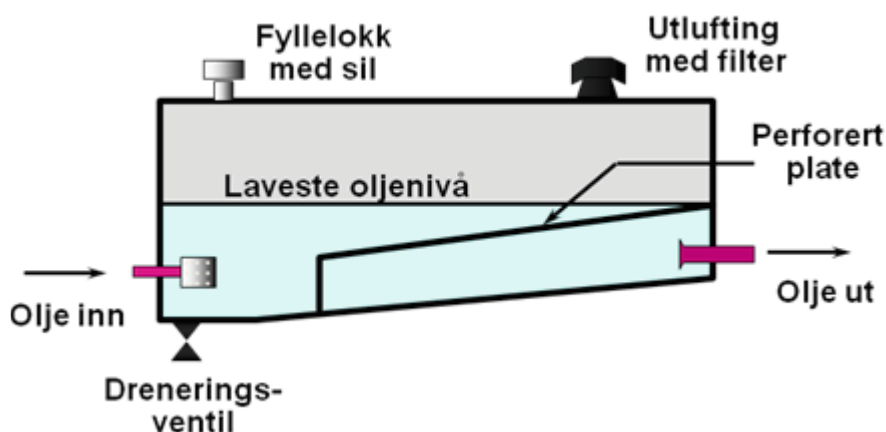
Figur 18: Skråstilt aksialstempelmotor

## 6 Andre komponenter

### 6.1 Tank

Hydraulikk tanken har flere oppgaver enn å bare romme olje. Det skal være påfylling, lufting, uttak til pumpa, innløp for returolje, dreneringskran for tapping, og en plate inne i tanken, også kalt "skvalpeskott".

Det er viktig å være klar over at tanken skal være åpen mot atmosfæren, det vil si at det ikke skal kunne bygges opp overtrykk eller undertrykk i tanken under drift. Det er fordi oljenivået stiger og synker under drift avhengig av sylindrenes posisjon. Det er dette som er hensikten med utluftingen.



Figur 19: Hydraulikk tanken

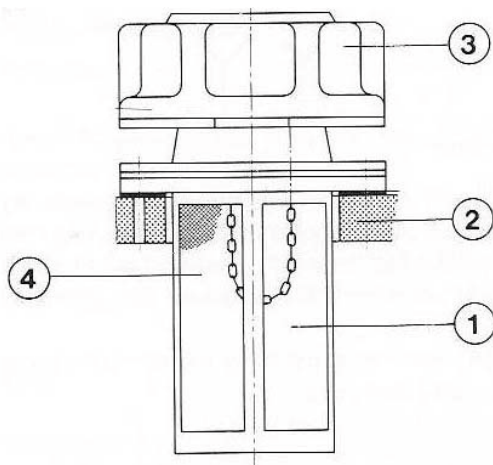
Et annet eksempel på hvordan tanken kan være utformet ser du på hydraulikkaggregatet på figur 4.

### 6.2 Filter

For å unngå at partikler i oljen skal skade komponentene bruker vi oljefilter. Forurenset olje kan føre til intern lekkasje i sylindere, motorpumpe og ventiler eller uforutsett havari.

Det mest vanlige er at vi bruker disse fem metodene for å unngå forurensning i oljen:

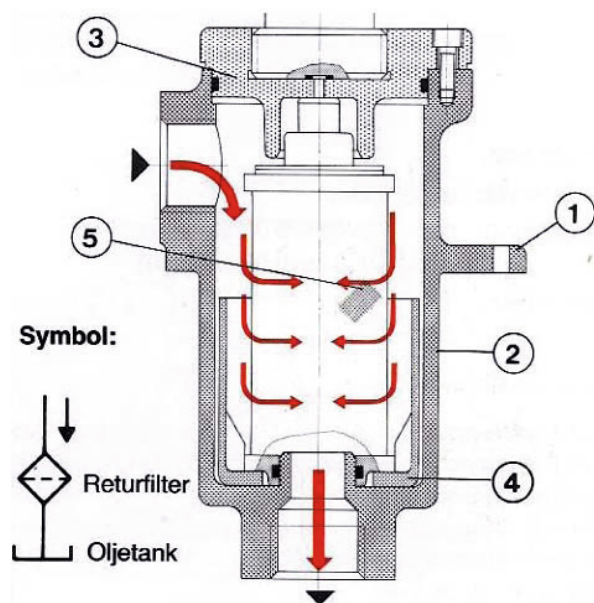
1. Luftfilter – sitter i lokket på tanken og sørger for at det ikke kommer smuss inn luftingen.
2. Påfyllingsfilter/ sil – sørger for at vi ikke får forurensninger i oljen ved påfylling.
3. Grovfilter/ sugefilter/ sil – sitter i tanken på det røret som suger opp olje til pumpen.
4. Returfilter – sitter der oljen går tilbake til tanken, returfilteret sørger for at partikler som har kommet inn i oljen under drift ikke blir med til tanken. Dette er den mest brukte filtertypen.
5. Trykfilter – sitter i trykkørret mellom pumpa og trykkbegrensningsventilen. Filterhuset til trykfilteret må tåle det trykket vi skal ha i anlegget. Normalt plasseres trykfilteret rett før den komponenten som skal beskyttes.



Figur 20: Påfyllingsfilter med lufting

På figuren over ser vi eksempel på et kombinert påfyllings og luftefilter. Komponentene du ser er:

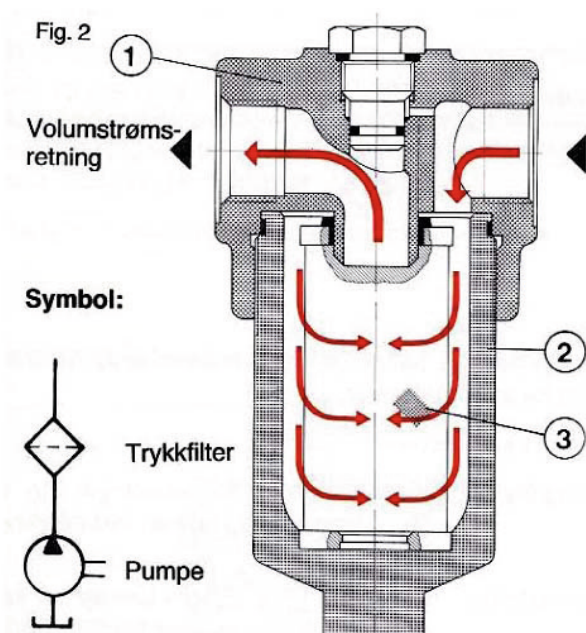
1. Filter
2. Tanktoppen
3. Påfyllingslokk
4. Kjede som fester lokket til filteret



Figur 21: Returfilter

Forklaring til komponentene:

1. Tilkoplingsflens
2. Filterhus
3. Filtertopp
4. Smussoppsamler
5. Filterinnsats

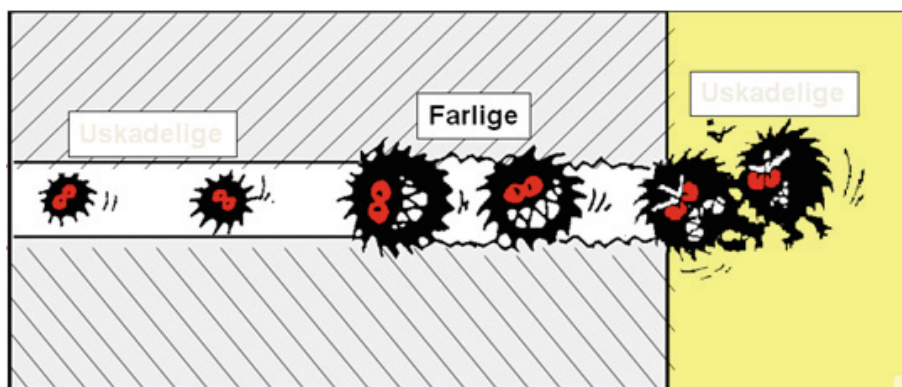
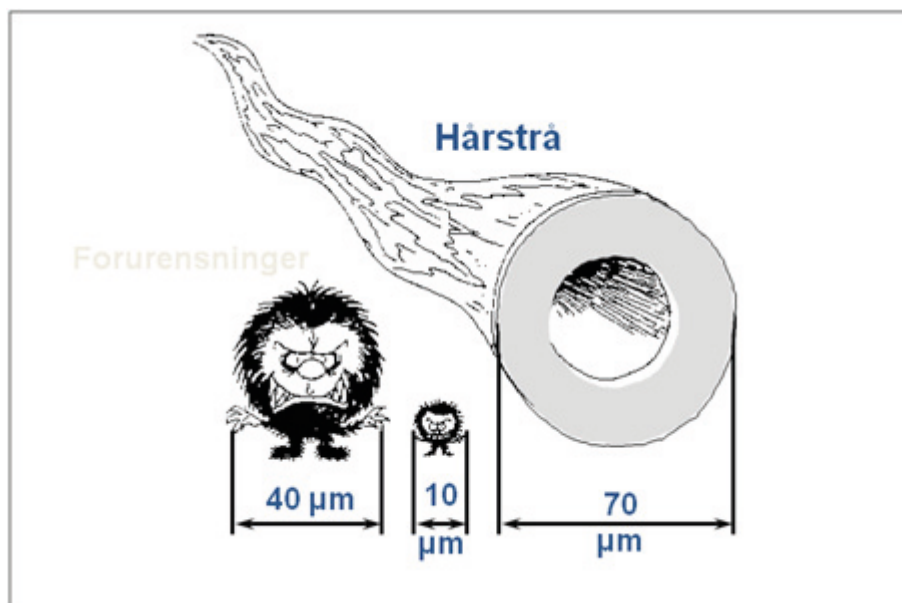


Figur 22: Trykkfilter

Forklaring til komponentene:

1. Filtertopp
2. Filterhus, demonterbar
3. Filterinnsats

## Forurensninger i oljen



### 6.3 Olje

Hydraulikkoljen skal

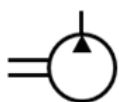
- Overføre hydraulisk energi
- Smøre
- Kjøle
- Rense
- Hindre korrosjon
- Transportere bort forurensninger

### 6.4 Manometer

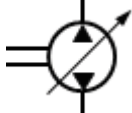
For å vite hvor høyt trykket er, monterer vi ofte inn et eller flere manometre. Manometeret viser hvor høyt trykket er ved at et rør som er krummet retter seg ut jo høyere trykket blir. Dette røret er koblet til en viser via et tannhjulsegment.

## 7 Symboler

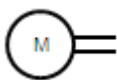
### Trykkforsyning



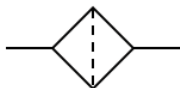
Hydraulikkpumpe med en strømningsretning



Hydraulikkpumpe med to strømningsretninger og justerbart fortrengningsvolum



Elektrisk motor (brukes for å drive pumpe)



Filter

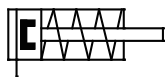


Manometer

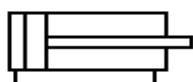


Tank

### Arbeidselementer



Enkeltvirkende sylinder



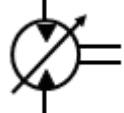
Dobbeltvirkende sylinder



Motor med en dreieretning

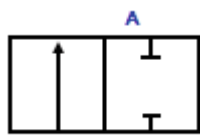


Motor med to dreieretninger

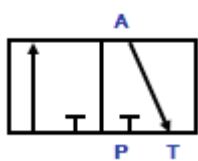


Motor med to dreieretninger og justerbar hastighet

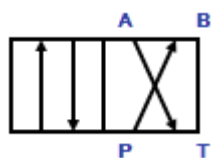
### Retningsventiler



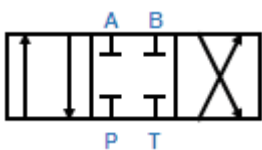
2/2 ventil, stengt i utgangsstilling



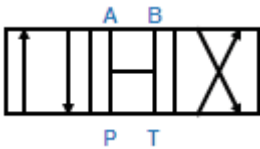
3/2 ventil, stengt i utgangsstilling



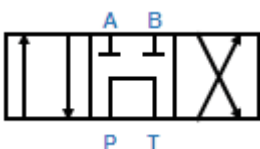
4/2 ventil, krysset løp i utgangsstilling



4/3ventil, stengt senter



4/3ventil, åpent senter

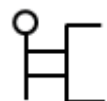


4/3ventil

**Betjening**



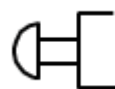
Generelt symbol for manuell betjening



Spakbetjening



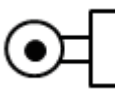
Pedalbetjening



Trykknapp betjening



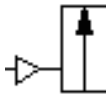
Raster, kombineres med ett av de overstående når vi ønsker en holdefunksjon



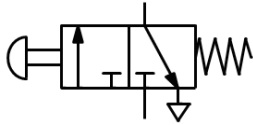
Rullebetjent



Fjærbetjent, brukes for å returnere sleidens stilling



Trykkstyrt



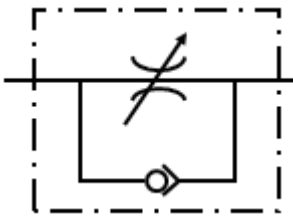
Eksempel på hvordan en ventil kan betjenes, unistabil 3/2 ventil med trykknapp og fjærretur

**Andre ventiler**

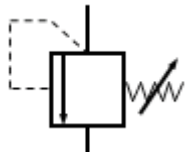
Tilbakeslagsventil



Strupeventil



Strupe-tilbakeslagsventil, strekpunktlinja indikerer at de er i en enhet



Trykkbegrensningsventil



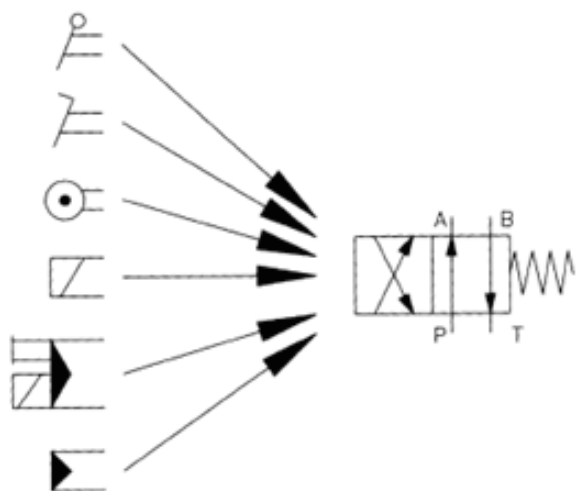
Avstengningsventil



Volumstrømsregulator

På et komplett hydraulikkskjema skal tilkoplingsportene på ventilene være merket med bokstaver. Du vil kunne finne disse bokstavene på en retningsventil:

P = Trykk (pressure), koples til fra trykksiden  
T = Tank, returolje  
A og B = Angir forbrukerporter  
X = Pilottrykk (styretrykk), internt  
Y = Pilottrykk (styretrykk), eksternt



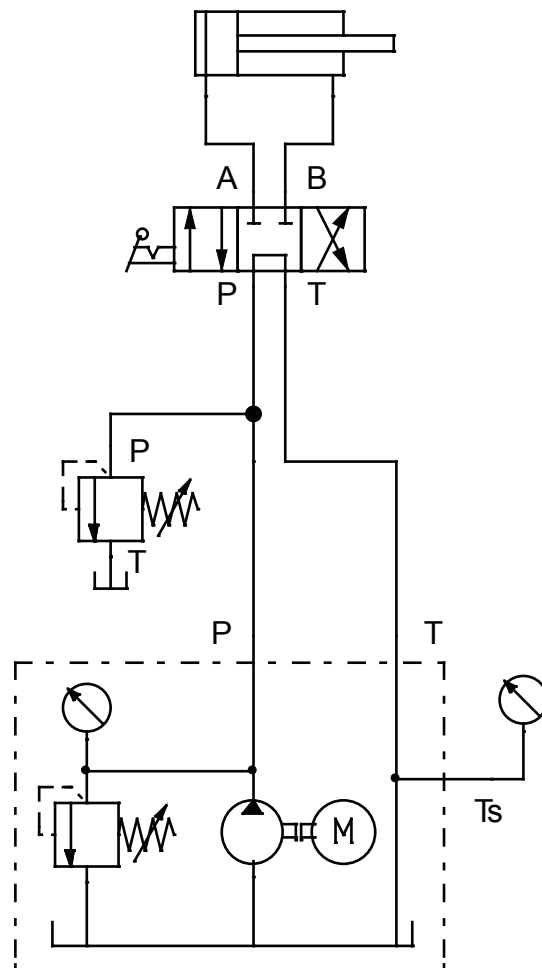
Figur 23: Mulige kombinasjoner av styreorganer og retningsventil



## 8 Grunnleggende hydrauliske kretser

Under finner du to ulike hydraulikksystemer du kan øve på å kople opp i simulatoren.

### 8.1 Øving 1 – Dobbeltvirkende sylinder med 4/3 retningsventil

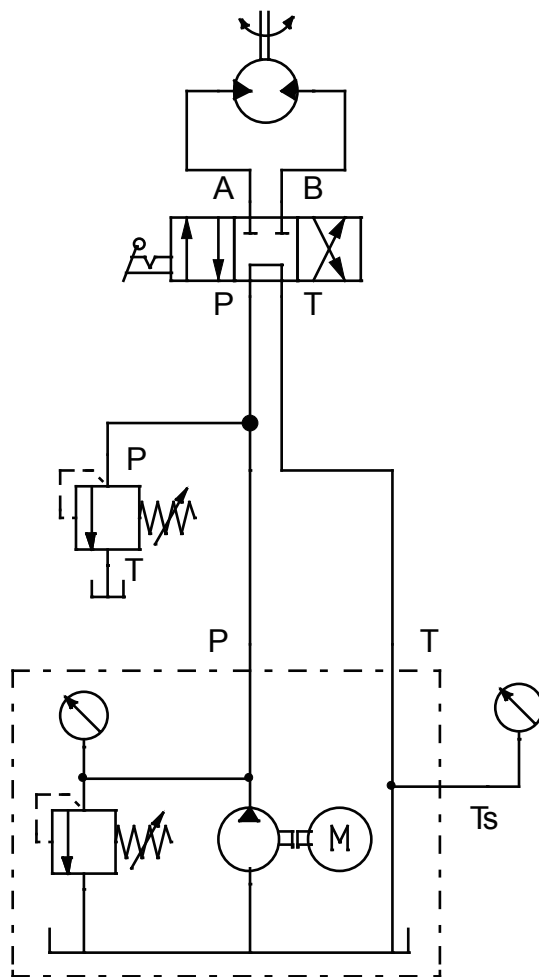


Figur 24: Dobbeltvirkende sylinder og 4/3 retningsventil

#### Dobbeltvirkende sylinder med 4/3-ventil med mellomstopp

- Gjør det mulig å stoppe i mellomstillinger
- Under kjøring samme forhold som med 4/2-ventil
- Kan også avlaste pumpen

### 8.2 Øving 2 – Hydraulisk motor med hastighetsregulering



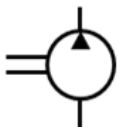
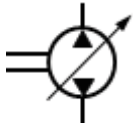

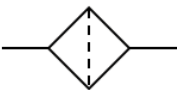
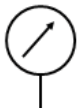
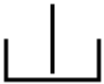
Figur 25: Hydraulikkmotor med flyt i to retninger og volumstrømsregulator

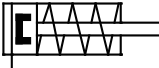
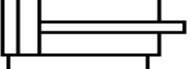
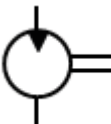
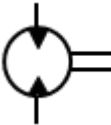

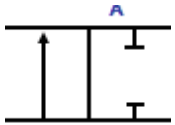
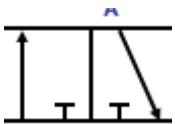

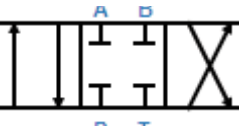
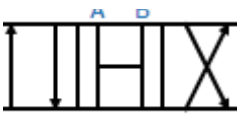
## Hastighetsregulering

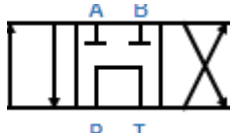



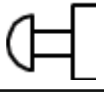

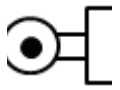


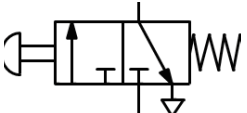
Dette hydraulikkanlegget har volumstrømsregulator. Den gjør det mulig å regulere hastigheten på motoren. Når volumstrømsregulatoren er plassert før retningsventilen oppnår vi en lik regulering i begge dreieretninger.





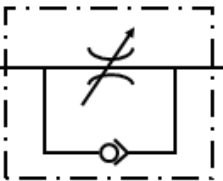
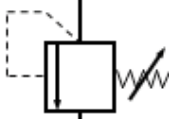


9 Symboler

Trykkforsyning	
	Hydraulikkpumpe med en strømningsretning
	Hydraulikkpumpe med to strømningsretninger og justerbart fortrenningsvolum
	Elektrisk motor (brukes for å drive pumpe)
	Filter
	Manometer
	Tank

<b>Arbeidselementer</b>	
	Enkeltvirkende sylinder
	Dobbeltvirkende sylinder
	Motor med en dreieretning
	Motor med to dreieretninger
	Motor med to dreieretninger og justerbar hastighet
<b>Retningsventiler</b>	
	2/2 ventil, stengt i utgangsstilling
	3/2 ventil, stengt i utgangsstilling
	4/2 ventil, krysset løp i utgangsstilling
	4/3 ventil, stengt senter
	4/3 ventil, åpent senter

	4/3 ventil
<b>Betjening</b>	
	Generelt symbol for manuell betjening
	Spakbetjening
	Pedalbetjening
	Trykknapp betjening
	Raster, kombineres med ett av de overstående når vi ønsker en holdefunksjon
	Rullebetjent
	Fjærbetjent, brukes for å returnere sleidens stilling
	Trykkstyrt
	Eksempel på hvordan en ventil kan betjenes, unistabil 3/2 ventil med trykknapp og fjærretur

<b>Andre ventiler</b>	
	Tilbakeslagsventil
	Strupeventil

	Strupe-tilbakeslagningsventil, strekpunktlinja indikerer at de er i en enhet
	Trykkbegrensningsventil
	Avstengningsventil
	Volumstrømsregulator

På et komplett hydrauliskskjema skal tilkoplingsportene på ventilene være merket med bokstaver. Du vil kunne finne disse bokstavene på en retningsventil:

P = Trykk (pressure), koples til fra trykksiden

T = Tank, returolje

A og B = Angir forbrukerporter

X = Pilottrykk (styretrykk), internt

Y = Pilottrykk (styretrykk), eksternt

## 10 Flere komponenter

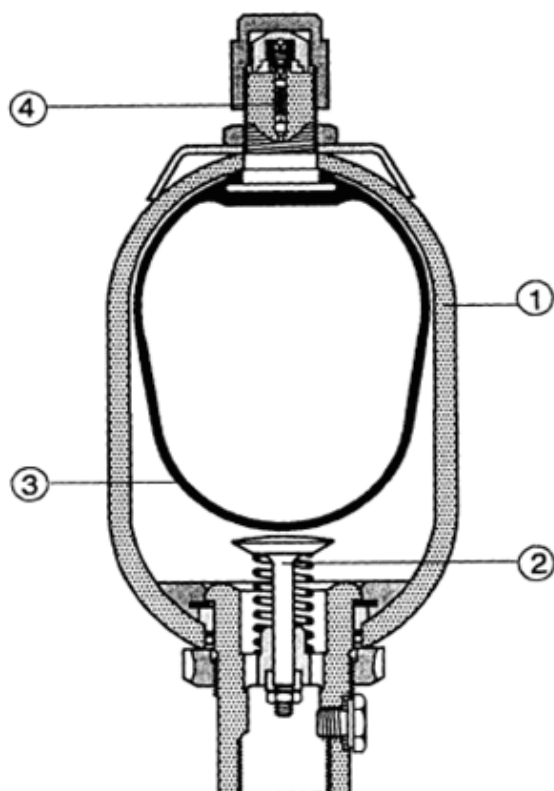
Tidligere i denne modulen ble de fleste grunnleggende komponentene omtalt. Her skal vi se på ytterligere tre grupper av komponenter.

### 10.1 Akkumulatører

Akkumulatører brukes til å løse en rekke ulike oppgaver i hydrauliske systemer. Dette kan være:

- Reserve energikilde dersom pumpa slutter å gå
- Ekstra energitilførsel ved et kortvarig stort behov
- Støtdemper fjæring i kjøretøy
- Volumkompensator ved trykk og temperaturforandringer

Akkumulatører kan bygges opp på flere måter, men den vanligste er blære-akkumulator og stempelakkumulator. I dette læreheftet nøyer vi oss med å se på hvordan blæreakkumulatoren virker.

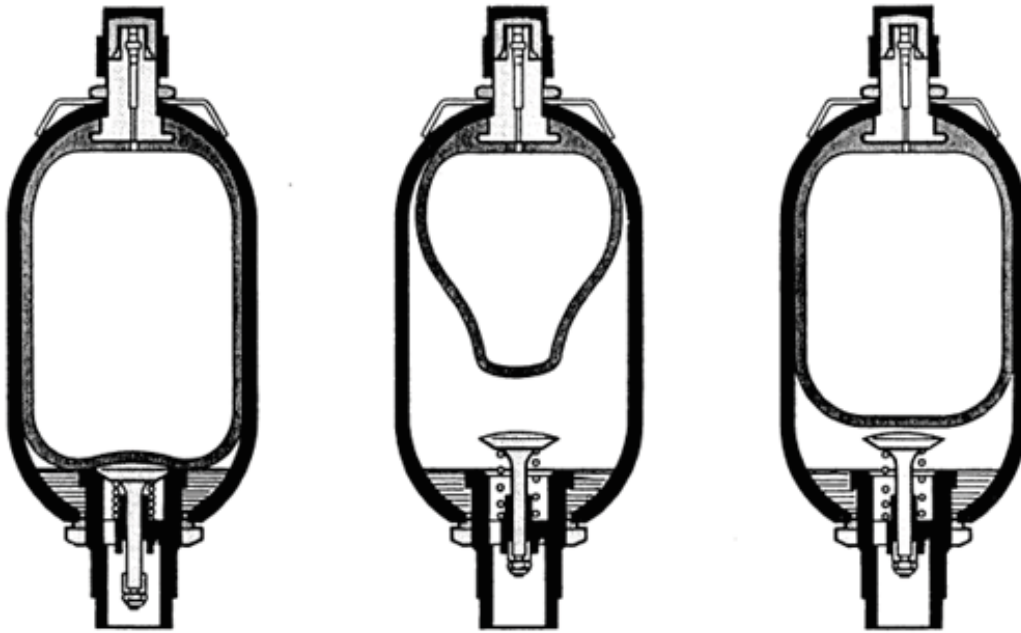


Figur 1: Blæreakkumulator

1. . Stålbeholder
2. . Ventil for oljen
3. . Blære
4. . Gassfylleventil

Blæreakkumulatoren består av en stålbeholder (1) med en blære av gummi inni (3). Før vi setter oljetrykk på systemet fyller vi blæra med gass (ofte ren nitrogen) til vi når et visst trykk. Dette trykket må være stort nok til at det kan opprettholde de funksjoner vi ønsker (for eksempel en sylinterbevegelse) dersom hydraulikkaggregatet stopper. Gasstrykket må imidlertid ikke være så høyt at vi ikke klarer å trykke sammen blæra når vi trykksetter den med hydraulikkaggregatet.





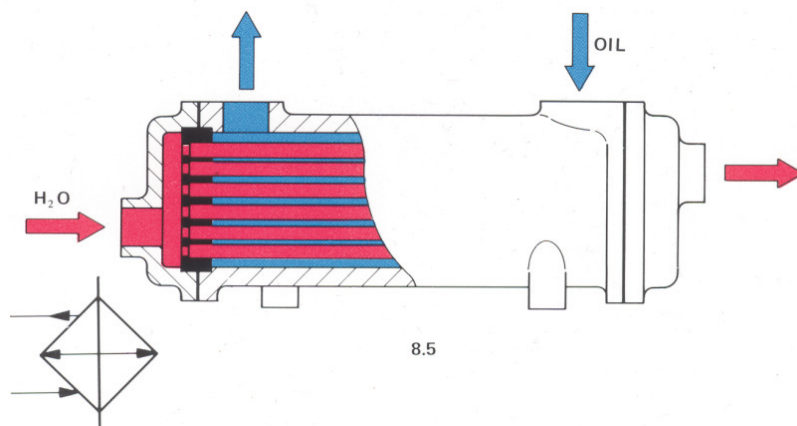
Figur 2: Blæreakkumulatorens virkemåte

Når det bygges opp et hydraulisk trykk i systemet vil blæra komprimeres sammen (bilde i midten) ved at olje fylles i akkumulatoren. Det trykket som da bygges opp i blæra kan vi nyttiggjøre oss av når aggregatet stopper. Gassen i blæra vil da utvide seg og presse ut den oljen som er i akkumulatoren.

## 10.2 Varmevekslere

Varmevekslere bruker vi i hydraulikken for å kvitte oss med overskuddsvarme som oppstår under drift. Det er mye friksjon i systemet som blir omdannet til varmeenergi. For at oljen ikke skal bli for varm må den kjøles.

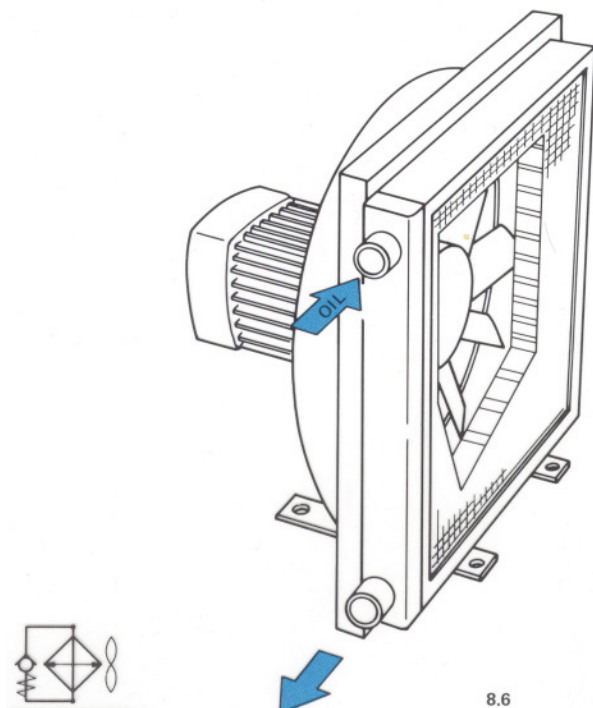
Prinsippet med en varmeveksler er at vi bruker et medium som er kaldt (vann) til å avkjøle et medium som er varmt (luft). Det kan også brukes motsatt, dvs for å varme kald olje eller for å varme opp vann eller olje med varmt spillvann.



Figur 3: Olje - vann varmeveksler

Vi starter med å se på en olje – vann varmeveksler. Inne i beholderen er det mange tynne rør, og i disse rørene strømmer det kaldt vann. Det kalde vannet gjør at rørene blir kalde, som i sin tur fører til at oljen som strømmer gjennom beholderen blir avkjølt.

For å få størst effekt av en slik varmeveksler skal den kobles motstrøms. Det innebærer at oljen skal strømme inn i motsatt ende av der vannet strømmer inn. Da oppnår vi en mer effektiv kjøling.



Figur 4: Olje - luft varmeveksler

Det finnes også varmevekslere hvor man bruker luft til å kjøle væske. Dette kjenner vi som en radiator. Prinsippet er at væsken, olje eller vann, strømmer gjennom en rekke tynne rør mens en vifte blåser kald luft gjennom varmeveksleren/ radiatoren.

## 11 Dimensjonering av rør og slanger

Når man skal bygge et hydraulisk anlegg er det viktig å velge riktig dimensjon på de slangene og koblingene man bruker. Dersom man velger for liten diameter på slangen/ røret, kan man få turbolente strømninger med de problemer det medfører. Dette kommer vi nærmere tilbake til senere i kapittelet.

Jo større dimensjon jo mindre mot  $d$ , men utgiftene øker også.

Akseptabelt trykkfall fra pumpe til forbruker er 5 – 10 % av systemtrykk. 5 % ved kontinuerlig drift og 10 % ved intermittert (tidvis) drift.

### Retningslinjer for oljehastighet i rør og slanger

I tabellene under ser du hva som er anbefalt som tillatte strømningshastigheter for olje.

**Returledninger** 2 m/s

<b>Sugeledninger</b>	
Maks	1,0 – 1,5 m/s
Stigende ledning	0,7 – 1,0 m/s
Fallende ledning	1,0 – 1,5 m/s

<b>Trykkledning</b>	
Arbeidstrykk	Oljehastighet
50 bar (5 Mpa)	3 m/s
100 bar (10 Mpa)	4 m/s
200 bar (20 Mpa)	6 m/s

I lange rør og ved store dimensjoner reduserer man hastighetene

**Lekkasjeledninger** fra motorer og pumper må være tilnærmet trykkløse og hastighetene lave.

### Nødvendig rør tverrsnitt

Formel:

$$A = \frac{Q}{6 \cdot v} \text{ cm}^2$$

A = rør-tverrsnitt ( areal )

Q = oljemengde i l/ min.

v = oljehastighet i m / sek.

### Innvendig diameter (hydraulisk diameter )

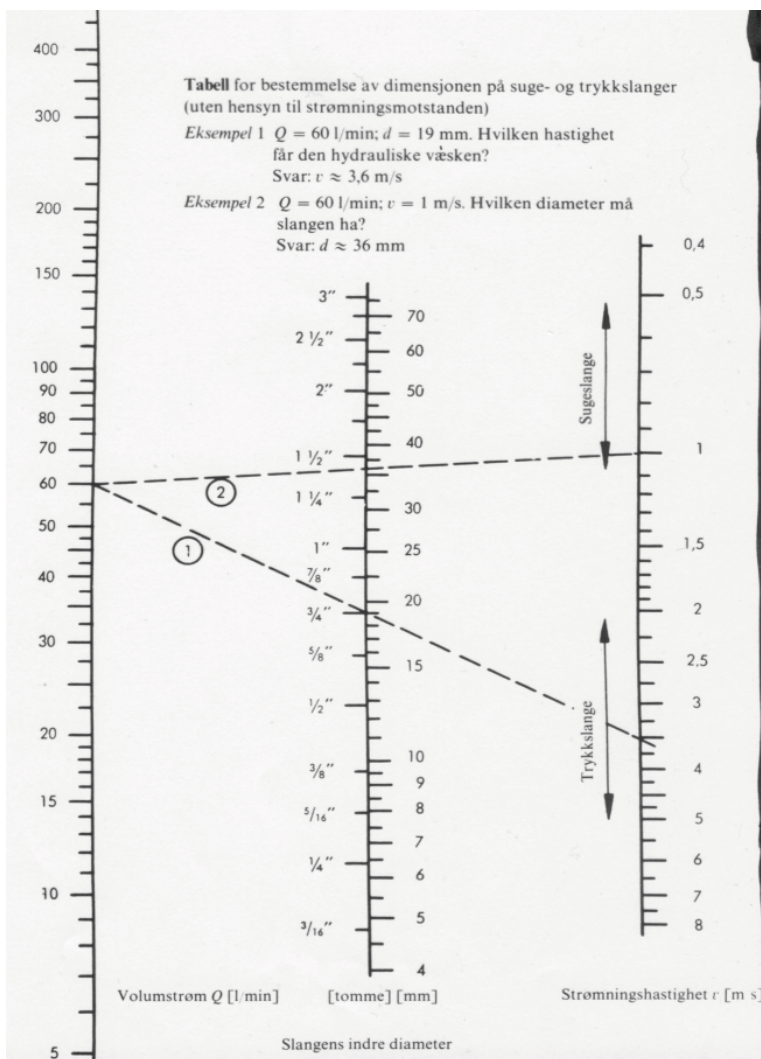
$d_i$  = hydraulisk diam.

A = rør-tverrsnitt

Formel:

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}}$$

Det mest vanlige er å bruke nomogrammer for å finne rørdimensjon.

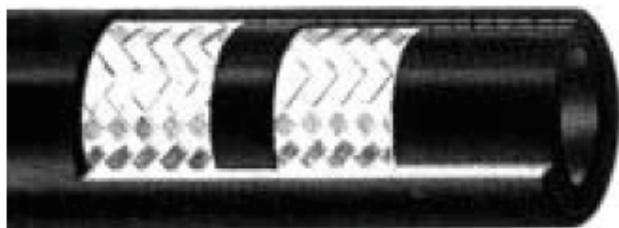


Figur 5: Nomogram for valg av rørdimensjon

## 11.1 Slanger

Figur 6: Oppbyggingen av en hydraulikkslange

Slangen på figuren over er en 2-lags hydraulikkslange som tilfredsstiller kravene i henhold til EN 853 2SN. Denne normen setter krav til slangens oppbygging og hvilke trykk, væsker og temperaturer slangen er godkjent for.



Innv.diam.	D N	mm	Utv.diam.	Arbeids- trykk	Min. Sprengtrykk	Bøyeradius mm	Vekt pr. meter
1/4"	6	6,4	13,7	400	1600	100	0,360
3/8"	10	9,5	18,7	330	1320	127	0,510
1/2"	12	12,7	21,8	275	1100	178	0,620
5/8"	16	16	25,0	250	1000	200	0,715
3/4"	20	19	29,0	215	860	240	0,955
1"	25	25,4	36,8	165	650	300	1,320
1 1/4"	32	31,8	47,0	125	500	419	1,965
1 1/2"	40	38,1	53,4	90	360	500	2,265

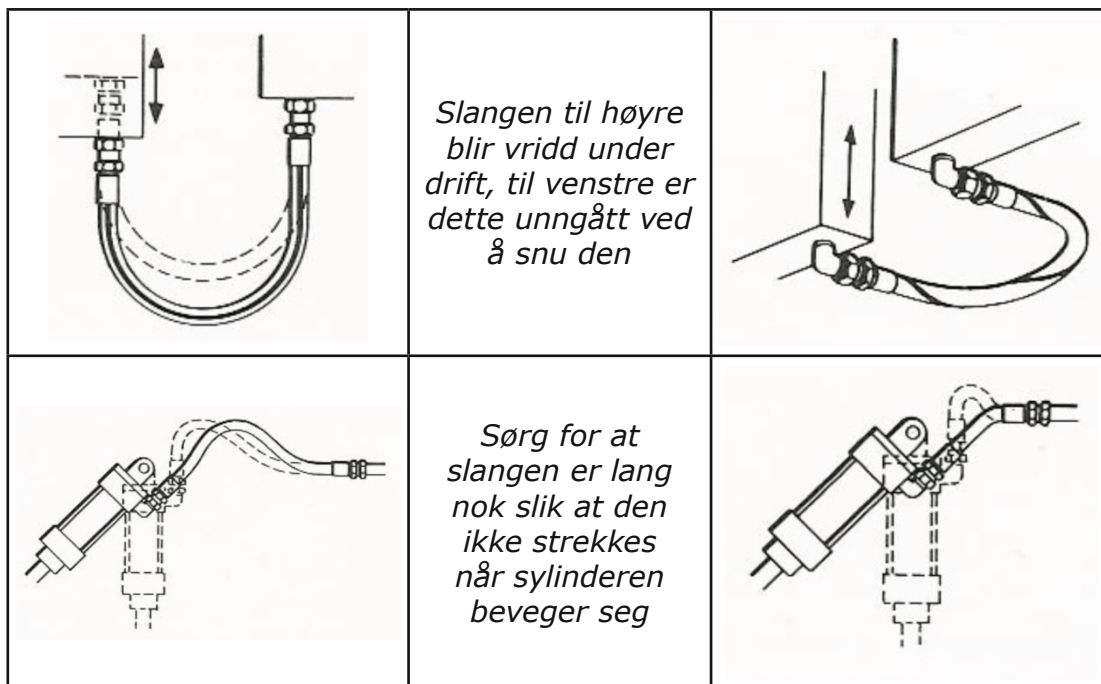
Figur 7: Utdrag fra slangetabell

### Installasjon av slanger

Tenk på slangemonteringen allerede på monteringsstadiet. Planlegg installasjonen nøye og bruk rørbend og koplinger slik at slangen blir utsatt for de rette bøyer og bevegelser. En slange kan bøyes men ikke vriss under drift. Det kan man unngå ved riktig installasjon og bruk av koplinger. Bøyeradien (målt på slangens innside) skal være minst 5 ganger slangens ytterdiameter.

I oversikten under ser du hvordan man skal montere slanger på riktig måte, til høyre er det vist et eksempel på en tilsvarende installasjon som er galt utført.

Riktig		Galt
	En slange kan bøyes, men ikke vriss under drift	
	Slangen til høyre har for skarp bøy, til venstre er dette unngått ved bruk av en 90° albue	



## 11.2 Rør

På trykksiden må det bare brukes sømløse presisjonsstålrør. Rørene skal være skallfrie, glødet, rustbeskyttet og oljet, men kan også være overflatebehandlet med kromatisering (DIN 2391-C).

På suge- og retursiden kan en bruke stålrør etter NS 582 (DIN 2448)

Rør må ikke varmebehandles! (ved sveis må en kunne slippe/ skrape etterpå)  
Galvaniserte rør må ikke brukes.

I korrosivt miljø (f.eks. sjøvannsmiljø) må det brukes syrefaste/ rustfrie rør, det kan brukes stålkoblinger, men da må de beskyttes godt (spesialtape).  
Aktuelle stålkvaliteter er NS 14450, SIS 2343, AISI 316 (L).

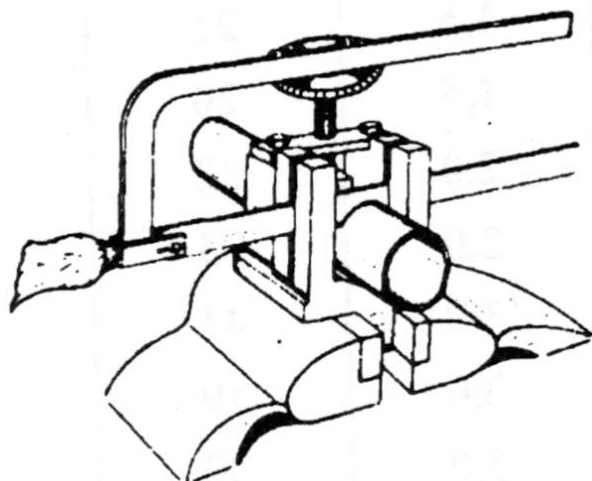
### 11.2.1 Bøying og klamring av rør

Rør må kunne demonteres uten demontering av andre komponenter. Skjøting av rør må skje ved hjelp av rørkoblinger (fittings). Rør må normalt ikke sveises. Det finnes selvsagt unntak, men en må da kunne komme til for rengjøring i etterkant.

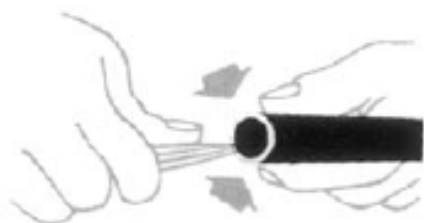
Rørene må spennes fast med klammer som er beregnet til formålet. Vær oppmerksom på varmeutvidelse (røret må kunne bevege seg i lengderetning). Det er viktig at rørene klamres godt slik at man unngår vibrasjoner som kan skape støy i og i værste fall brudd i røret.

Bøying av rør skal foregå i bøyeapparat, for større dimensjoner helst ved bruk av dor.

Kapping av rør skal foregå ved hjelp av jigg eller i maskin slik at enden blir rett (90°). Deretter må og røret rengjøres og grades. Dette gjør man for å unngå fremmedlegemer i hydraulikkoljen, samt å redusere faren for kavitasjon og turbolens.



Figur 8: Jigg for rørkapping

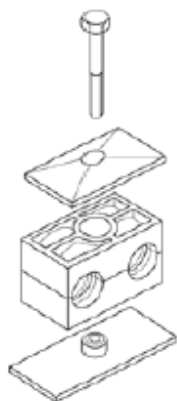


Figur 9: Etter kapping må røret grades

På figurene under ser du en type rørklammer som er vanlig i bruk. Ribbene i klammeret gjør at det demper slag og vibrasjoner, samtidig som det tar opp krefter i røakse-retningen. Klamrene kan sveises, skrus, eller monteres på spesielle skinner som hører til.



Figur 10: Klammer for enkelt rør



Figur 11: Klammer for doble rør

### 11.3 Koblinger

For å koble sammen rør, slanger og ventiler bruker vi koblinger. Det er vanlig å omtale koblinger som "fittings", som er engelsk og kommer av "to fit" – å sette sammen eller å passe.

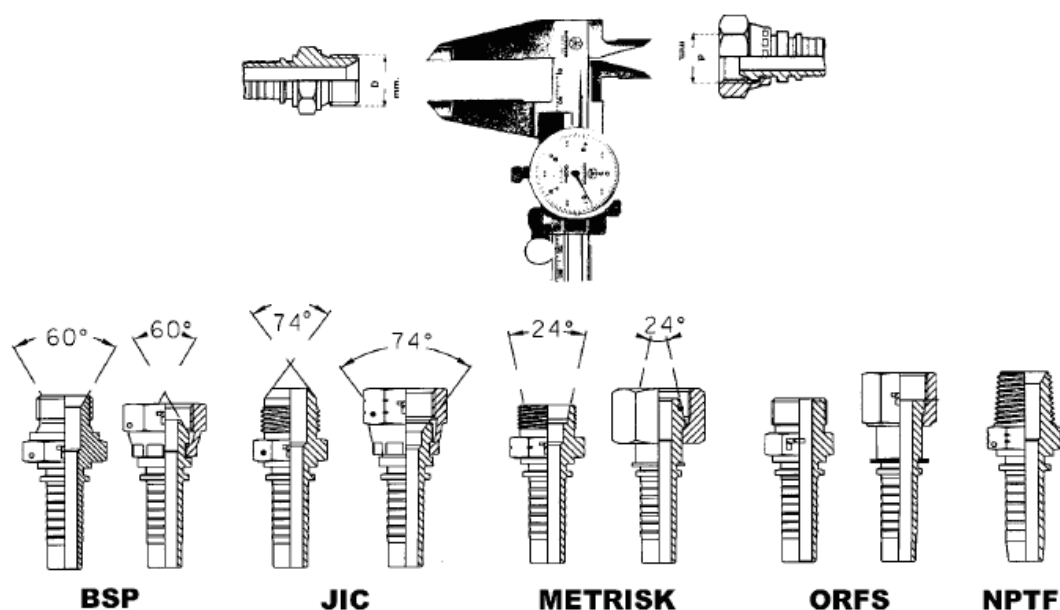
Du må være oppmerksom på at det finnes en rekke ulike koblinger for forskjellige formål. Hvordan koblingene blir utformet er regulert av standarder. Et utdrag av de standardene du kan komme borti er gjengitt nedenfor. De fleste av disse standardene gjelder på mange felter for eksempel gjenger og materialkvaliteter, men også helt andre områder.

Det som er spesielt viktig å passe på når man monterer koblinger er at man er hundre prosent sikker på at man har deler som hører sammen. Noen gjengetyper passer nesten sammen når man prøver dem, men kan være av helt forskjellig standard. Du kan da risikere å få en dårlig forbindelse som ryker under belastning. Det blir også brukt ulike konusvinkler på anleggsflatene i koblingene. Har du brukt en feil del kan koblingen lekke.

#### **Noen standarder som benyttes innen hydraulikk:**

- AISI American Iron and Steel Institute
- ANSI American National Standards Institute
- API American Petroleum Institute Taper Thread
- BSP British Standard Parallel Pipe Thread
- DIN Deutsche Industrie Normen
- EN Europeisk Standard
- ISO International Organization for Standardization
- JIC Joint Industry Conference (SAE 370)
- JIS Japanese Industrial Standard
- NPT American National Pipe Thread - Taper
- NS Norsk Standard
- ORFS O-ring front seal
- R Rørgjenger (BSP)
- SAE Society of Automotive Engineers
- UNC Unified Coarse Thread
- UNF Unified Fine Thread
- W Whithworth Thread





Når man skal montere eller reparere en forbindelse er det altså veldig viktig å vite hva slags standard koblingen har. I figuren over ser du eksempler på hvordan ulike standarder har forskjellige konusvinkler. Ved å bruke gjengetabellen under kan man bestemme hva slags gjenger koblingen har.

Avhengig om det er utvendig eller innvendige gjenger du skal undersøke leser du av i tabellen ut fra "diameter utvendig" eller "diameter innvendig" hva slags gjengedimensjon koblingen har.

Vær oppmerksom på at den største utvendige diameteren du måler på en sylindrisk gjenge aldri er større enn stordiameteren i gjengetabellen. Noen ganger kan også gjengene være slitt eller litt ødelagt slik at diameteren du måler er noe mindre enn angitt i tabellen. Det er derfor en fordel å måle stigningen også.

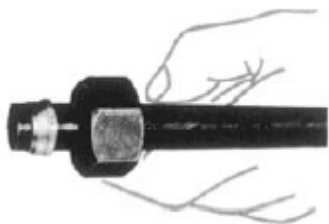
Diameter Utvendig	Diameter Innvendig	Gjengetype	Dimensjon	-	Diameter Utvendig	Diameter Innvendig	Gjengetype	Dimensjon
8,00	6,92	MM	8 x 1		26,96	25,2	MM	M27x2
9,73	8,57	BSP	1/8"x28		26,99	25,10	JIC	1 1/16"x12
10,00	8,92	MM	10x1		28,00	26,38	MM	28x1,5
10,27	8,77	NPTF	1/8"x27		30,00	27,83	MM	30x2
11,11	9,74	JIC	7/16"x20		30,16	27,57	JIC/ORFS	1 3/16"x12
12,00	10,38	MM	12x1,5		30,20	27,88	BSP	7/8"x14
12,70	11,33	JIC	1/2"x20		31,23	29,61	NPTF	1"x11,5
13,16	11,45	BSP	1/4"x19		33,25	30,29	BSP	1"x11
13,57	11,31	NPTF	1/4"x18		33,34	31,40	JIC	1 5/16"x12
14,00	12,38	MM	14x1,5		36,00	33,83	MM	36x2
14,29	12,76	JIC/ORFS	9/16"x18		36,51	33,92	ORFS	1 7/16" -12
15,88	14,35	SAE	5/8"x18		41,28	39,30	JIC	1 5/8"x12
15,90	14,50	MM	16x1,5		41,91	38,95	BSP	1 1/4"x11
16,60	14,95	BSP	3/8"x19		41,99	38,45	NPTF	1 1/4"x11,5
17,06	14,80	NPTF	3/8"x18		42,00	39,83	MM	42x2
17,46	15,51	ORFS	1 1/16" -16		42,86	40,27	ORFS	1 11/16" -12
18,00	16,38	MM	18x1,5		45,00	42,83	MM	45x2
19,05	17,33	JIC	3/4"x16		47,63	45,80	JIC	1.7/8"x12
20,00	18,38	MM	20x1,5		47,80	44,85	BSP	1.1/2"x11
20,63	18,69	ORFS	13/16" -16		48,00	44,52	NPTF	1 1/2"x11,5
20,96	18,63	BSP	1/2"x14		52,00	49,83	MM	52x2
21,22	18,32	NPTF	1/2"x14					
22,00	20,38	MM	22x1,5		59,60	56,66	BSP	2"x11
22,23	20,26	JIC	7/8"x14		60,09	56,56	NPTF	2"x11,5
22,91	20,59	BSP	5/8"14		63,20	60,80	JIC	2 1/2"x12
24,00	22,38	MM	24x1,5		65,70	62,75	BSP	2 1/4"x11
25,40	23,17	ORFS	1" -14		72,70	67,62	NPTF	2 1/2"x8
26,00	24,38	MM	26x1,5		75,18	72,23	BSP	2 1/2"x11
26,44	24,12	BSP	3/4"x14		87,88	84,93	BSP	3"x11
26,57	23,67	NPTF	3/4"x14		88,61	83,53	NPTF	3"x8

Figur 12: Gjengetabell som gir en oversikt over ulike gjenger brukt på rør

## Montering snittringskoblinger

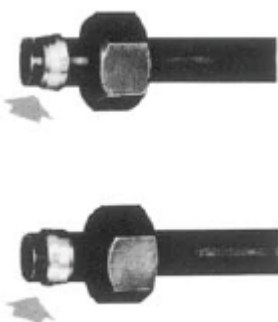


Tre mutter og ring på røret som vist på figuren under. Stikk enden på røret i bunn på koblingen.



Figur 13: Snittring og mutter tres på røret

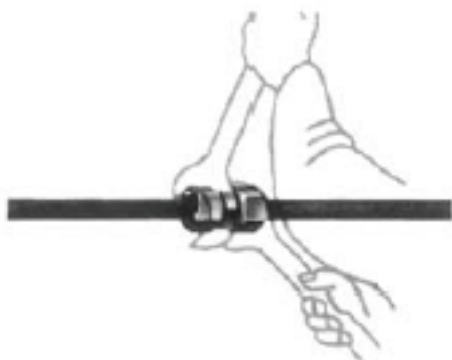
Pass på at snittringen monteres riktig vei på røret.



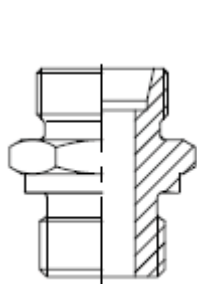
Figur 14: Riktig og feil montering

(Samme kobling brukes maks. 3 ganger ). Snittringskoblinger må påføres litt olje på gjenger, og tiltrekkes slik at snittringen skjærer seg inn i røret. Ca 1 ¼ - 2 omdreining med nøkkel, etter tiltrekking med fingrene (sjekk med leverandør).

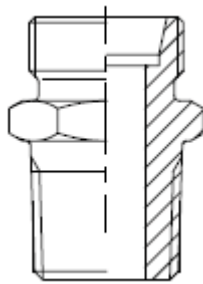
Pass på at du holder igjen i koblingen når du drar til slik at ikke vrimomentet overføres til røret.



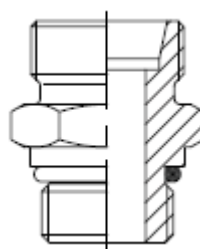
Figur 15: Hold igjen på koblingen når du trekker til



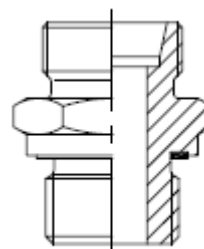
Figur 16: BSP



Figur 17: NTP

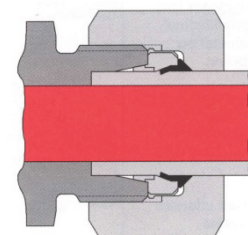
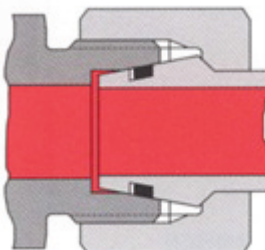
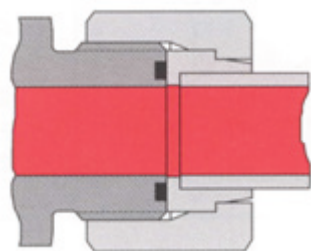
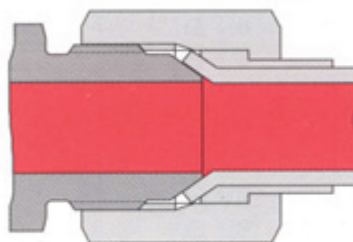
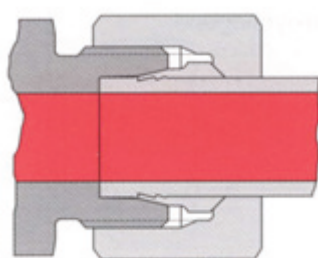


Figur 18: UNF



Figur 19: ED-tetning

Rørdeler (fittings) finnes i ulike trykk-klasser og du må se til at riktige koblinger blir brukt for det aktuelle anlegget/ trykket.



Figur 20: Figurene over viser ulike koblingsdeler som er gjennomskjært

### 11.3.1 Tetninger

Tetninger som benyttes til hydraulikkoplinger er

- DBS (Dowty Bonded Seal), stårling med gummitetning
- O-ring
- Kopperpakning

Ellers brukes også gjengetape og låsevæske (Locktite). Mellom komponenter benyttes også flatpakninger.

### 11.4 Laminær og turbulent strømning

Når oljen flyter i en "rolig" jevn strøm, er den laminær. Flyter den så fort at den roterer (kaos) i et rør er den turbulent. For å beskrive støyningen i hydraulikk-anlegg bruker vi Reynolds tall (Re).

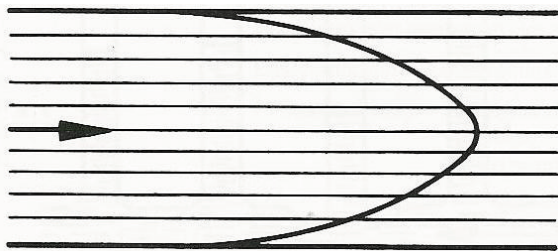
#### Reynolds tall (Re)

$$Re = \frac{\text{Strømningshastighet} \cdot \text{innv.dia.}}{\text{viskositet}}$$

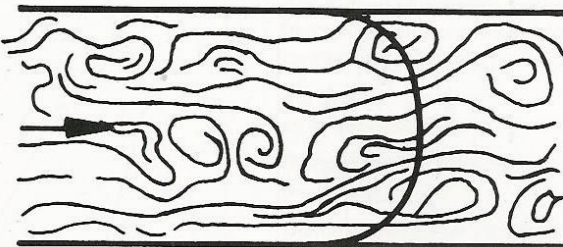
Re er et ubenevnt tall som forteller oss om strømningene i røret er laminære eller turbulente. Jo høyere Reynolds tall, desto mer turbulent blir væskestrømningen.

I et sirkelrundt rør får vi turbulent strømning ved  $Re = 2300$ . Den vil være laminær opp til ca  $Re = 1200$ . Mellom disse verdiene vil det være en blanding av laminær og turbulent strømning.

Andre tverrsnitt-utforminger gjør at en får turbulent strømning ved langt lavere Re tall. Skarpe hjørner og overganger gir også mer turbolens. I hydrauliske anlegg søker man å nærme seg laminær strømning. Turbolent strømning er uønsket og gir mer friksjon, varme, støy trykktap og slitasje.



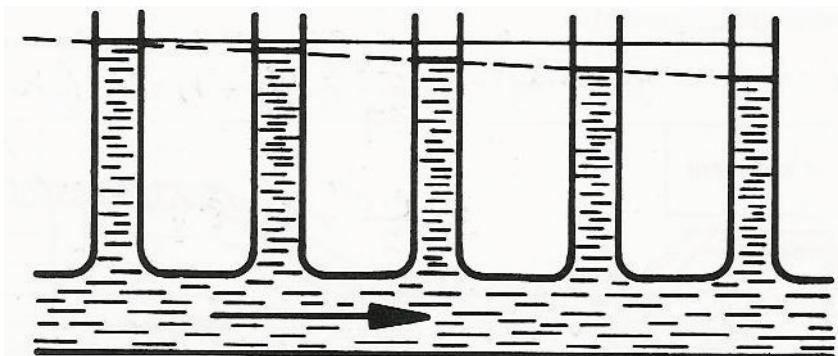
Figur 21: Laminær strømning



Figur 22: Turbolent strømning

### 11.5 Trykkfall i røropplegg

Enten vi har laminær eller turbulent strømning vil vi det alltid være motstand i anlegget. Dette gjør at vi får et uønsket trykkfall i systemet.



Figur 23: Figuren illustrerer trykkfall i et rør. Legg merke til at høyden på væskesøylene blir lavere i pilretningen.

Når oljen strømmer gjennom anlegget skal den suges og trykkes gjennom rør, koblinger, slanger og ventiler. Det er derfor ikke mulig å bare lese av trykkfall fra en rørtabell.

Ekvivalent rørlengde:

Alle bend, ventiler, overganger osv. blir regnet om til rette rørlengder.  
( eks. 1 stk.  $90^\circ$  bend = gir samme motstand som, 1 m rett rør )

En går så til nomogram og finner trykkfall ut fra ekvivalent rørlengde, Mengde og hastighet.

## 12 Beregninger

### 13.1 Stempelkraft

Trykk defineres på denne måten:

$$\text{Trykk} = \frac{\text{Kraft}}{\text{areal}}$$

Dette gir oss formelen:

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

Hvis vi snur litt på formelen slik at vi får F (kraft) først får vi:

$$F = P \cdot A$$

Denne formelen kan vi bruke for å finne skyvekraften til en sylinder. Vi må da vite trykket og arealet.

Denne formelen er utledet av SI-systemet, dvs at alle enheter er SI-enheter.

F = kraft (Newton)

P = trykk (Pascal)

A = areal (m<sup>2</sup>)

$$P = \frac{F}{A \cdot 10}$$

Disse enhetene gir oss litt store tall å jobbe med. For å gjøre det litt enklere kan vi sette inn en konstant som gir oss formelen:

$$F = P \cdot A \cdot 10$$

For å beregne trykk, og denne formelen for kraft:

Da kan vi bruke disse enhetene isteden:

F = kraft (Newton)

P = trykk (bar)

A = areal (cm<sup>2</sup>)

Dette gir oss litt greiere tall å jobbe med.

## Regneeksempel:

Vi tenker oss en sylinder med innvendig diameter  $\varnothing 80\text{mm}$ , stempelstang  $\varnothing 30\text{mm}$ . Vi oppgir systemtrykket til å være 250 bar.

- Hvor stor bli kraften i + retning (skyvekraft)?
- Hvor stor blir kraften i – retning (trekkraft)?

## Løsning:

- For å kunne bruke formelen må vi finne arealet på pluss-siden av stempelet. Diameter er oppgitt i mm, men husk at vi skal sette  $\text{cm}^2$  inn i formelen.

$$A_+ = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow A_+ = \frac{\pi \cdot 8^2}{4} \Rightarrow A_+ \approx 50,3\text{cm}^2$$

Vi setter trykk og areal inn i formelen:

$$F_+ = P \cdot A_2 \cdot 10$$

⇓

$$F_+ = 250 \cdot 50,3 \cdot 10$$

⇓

$$F_+ = 125750\text{N} \approx \underline{\underline{126\text{kN}}}$$

For å få et forhold til tallet kan vi regne om fra Newton til kg. Det gjør vi ved å dele med 9,81, som er antall Newton per kg:

$$F_+ = \frac{125750\text{N}}{9,81} = \underline{\underline{12819\text{kg}}}$$

Vi har nå fått svaret i kg, som kanskje sier oss mer enn et svar oppgitt i Newton. Legg merke til at skyvekraften ble nesten 13 tonn, tross for at sylindren bare er 8cm i diameter!

- For å finne kraften i minusretning må vi først finne stempelarealet på minussiden av stempelet. Vi må da trekke fra arealet stempelstangen utgjør. Vi bruker arealet fra pluss-siden og trekker fra:

$$A_- = A_+ - A_{ss}$$

$$A_- = 50,3 - \frac{\pi \cdot 3^2}{4} \Rightarrow A_- = 50,3 - 7,1 \Rightarrow A_- = 43,2\text{cm}^2$$



Vi setter trykk og areal inn i formelen:

$$F_+ = P \cdot A_2 \cdot 10$$

⇓

$$F_+ = 250 \cdot 43,2 \cdot 10$$

⇓

$$F_+ = 108000\text{N} = \underline{\underline{108\text{kN}}}$$

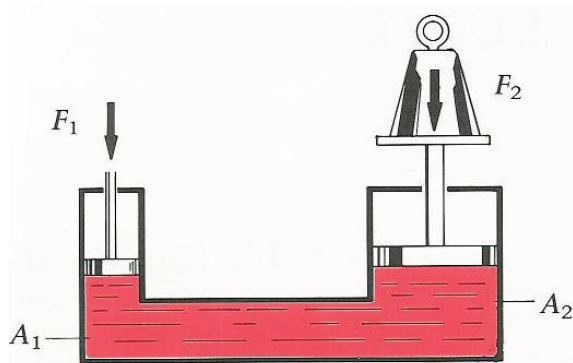
Omgjort til kg gir det oss:

$$F_- = \frac{108000\text{N}}{9,81} \approx \underline{\underline{11009\text{kg}}}$$

Hva tror du det kommer av at kraften er mindre i minus-retning? Diskuter dette i klassen.

### 13.2 Kraftforsterker

I dette eksempelet skal vi se hvordan vi kan utnytte formelen  $F = P \cdot A$  i praksis for å oppnå større kraft. Dette prinsippet benyttes blant annet i hydrauliske donkrafter og presser, men er også årsaken til at vi får store krefter i en grave-maskin selv om pumpa som forsyner systemet har ørsmå stempler.



Figur 24:

Vi ser av formelen at når vi øker  $P$  (trykk) eller  $A$  (areal), øker også kraften. På figuren over trykkes stempelet  $F_1$  ned med en bestemt kraft. Denne kraften lager et hydraulisk trykk i systemet. Dette trykket er i sin tur nok til å løfte loddet  $F_2$ . Vi tenker oss at systemet er i ro, altså at det er balanse mellom kreftene. Til dette skal vi bruke formelen:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

**Regneeksempel:**

Vi setter inn noen verdier og lager et regnestykke. Vi antar at loddet  $F_2$  veier ca 100kg (1000N) og at stempelet er 150mm i diameter. Hvor stor må kraften  $F_1$  være når diameteren her er 25mm?

**Løsning:**

Vi begynner med å finne stemplenes arealer. Hvis vi setter inn diameteren istedenfor areal får vi helt galt svar.

$$A_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow A_1 = \frac{\pi \cdot 2,5^2}{4} \Rightarrow A_1 \approx 4,9 \text{cm}^2$$

$$A_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow A_2 = \frac{\pi \cdot 15^2}{4} \Rightarrow A_2 \approx 176,7 \text{cm}^2$$

Vi setter inn i formelen:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

↓

$$F_1 = \frac{F_2 \cdot A_1}{A_2}$$

↓

$$F_1 = \frac{1000 \cdot 4,9}{176,7}$$

↓

$$F_1 \approx \underline{\underline{27,7 \text{N}}}$$

Vi gjør om til kg for å få et greiere forhold til svaret vårt:

$$F_1 = \frac{27,7 \text{N}}{9,81} \approx \underline{\underline{2,8 \text{kg}}}$$

Vi ser altså at vi bare behøver å trykke ned stempelet med en finger for å holde igjen loddet som veier 100kg!

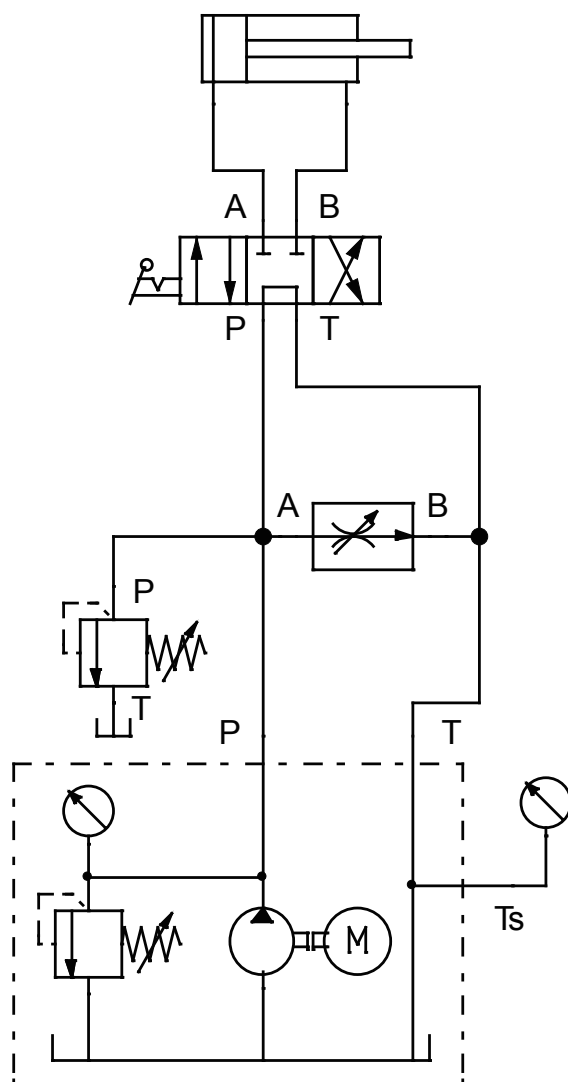
Merk at dette er en statisk situasjon. For å løfte stempelet må vi skyve med en større kraft, delvis for å overvinne friksjon i systemet.

## 13 Hydrauliske kretser

I dette kapittelet skal vi gjennomgå seks øvinger der du får sett hvordan hydrauliske prinsipper kan brukes for å oppnå det man ønsker. I de fleste øvingene er det benyttet en dobbeltvirkende sylinder som arbeidselement, men i det kan også brukes en motor med flyt i to retninger.

### 13.1 Øving 1 - Bleed-off

I denne øvingen skal du koble opp en sylinder med en 4/3 retningsventil. Mellom pumpa og retningsventilen skal det monteres inn en volumstrømsregulator på et T-stykke. Hensikten er å begrense oljemengden fra pumpa og samtidig redusere belastningen på systemet. Overskytende væskemengde går via "bleed-off" ventilen uavhengig av trykkbegrensningsventilen.

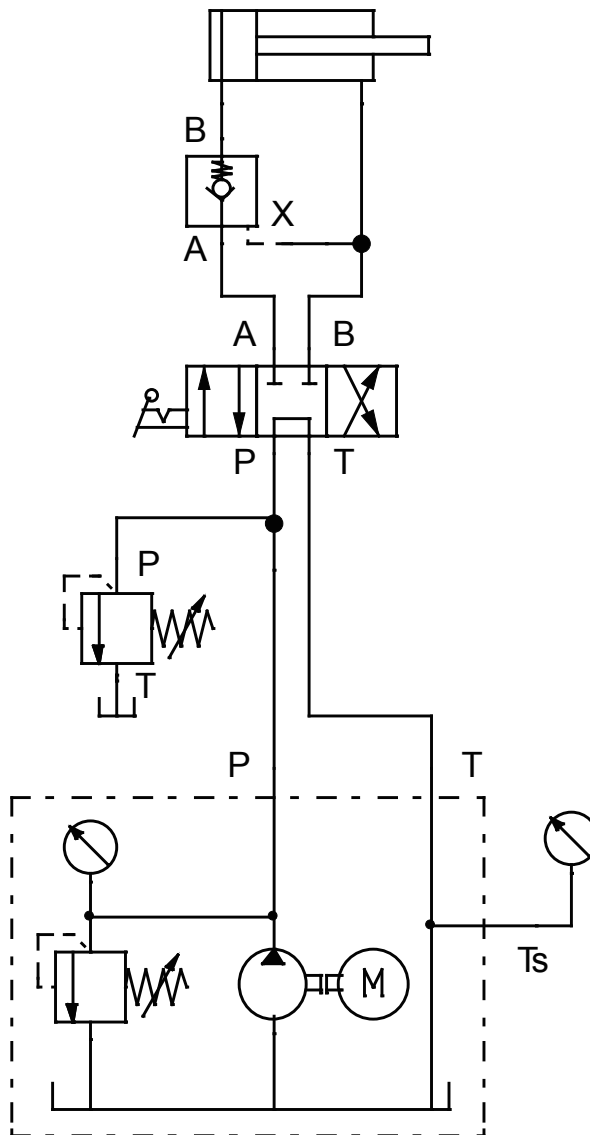


Figur 25: Sylinder med "bleed-off" ventil

### 13.2 Øving 2 – Hydraulikkklås

Hensikten med denne konstruksjonen er at tilbakeslagsventilen skal låse sylindere fra å kunne presses i minus-retning ved belastning. En slik ventil kan være nødvendig for å unngå sig siden retningsventilene ikke er helt tette.

Tilbakeslagsventilen er en såkalt "pilotstyrt" type, dvs at den må ha et pilottrykk (styretrykk) for å åpne. Pilottrykket henter vi fra minussiden på et T-stykke.

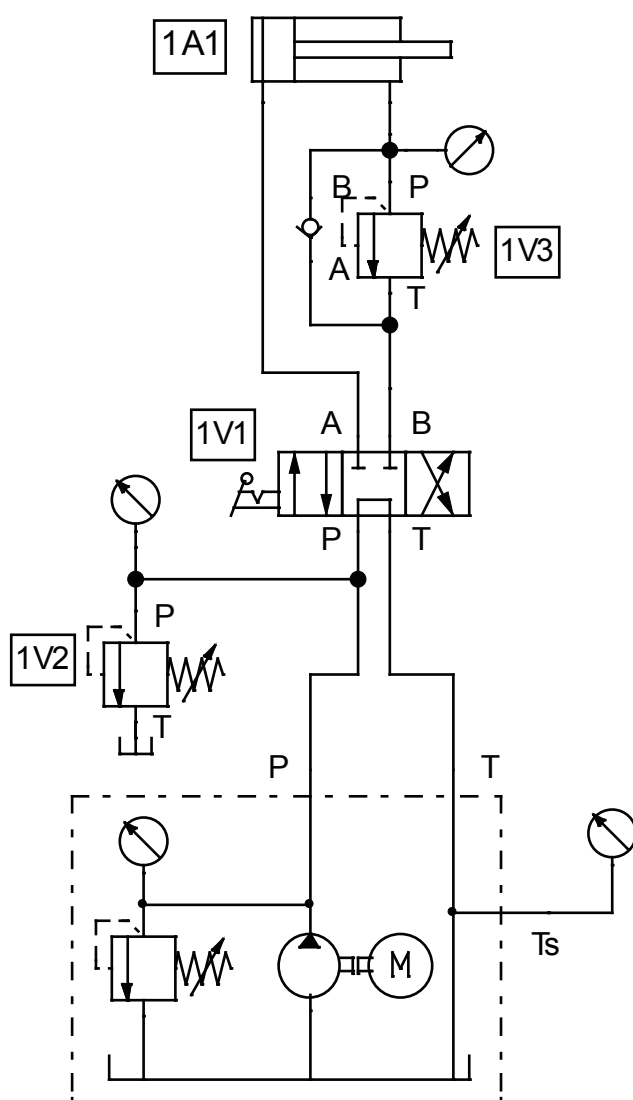


Figur 26: Hydraulikk-lås

## 13.3 Øving 3 – oversenterventil

I denne øvingen skal du koble opp med en "oversenterventil". Hensikten med oversenterventil er å oppta krefter som kan oppstå ved varierende belastningsretning.

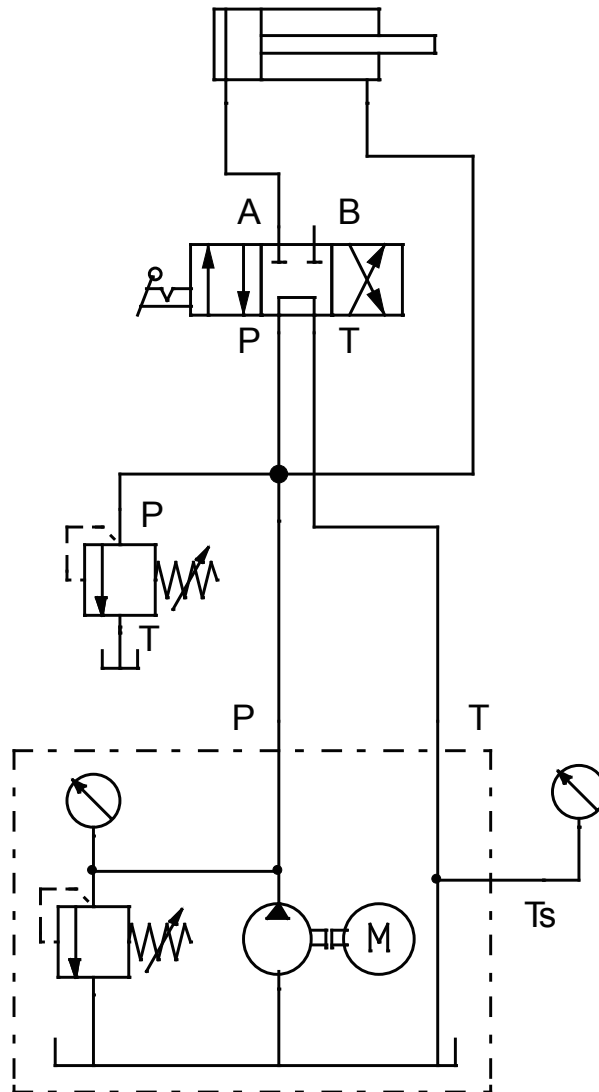
Av skjemaet ser du at tilbakeslagsventilen tvinger oljestrømmen gjennom trykkbegrensningsventilen (1V3) for at sylinderen skal kunne utføre pluss-bevegelsen. Det gjør at det må være et visst mottrykk i systemet for at sylinderen skal kunne gå i minus.



Figur 27: Oversenterventil

## 13.4 Øving 4 – differensialkrets

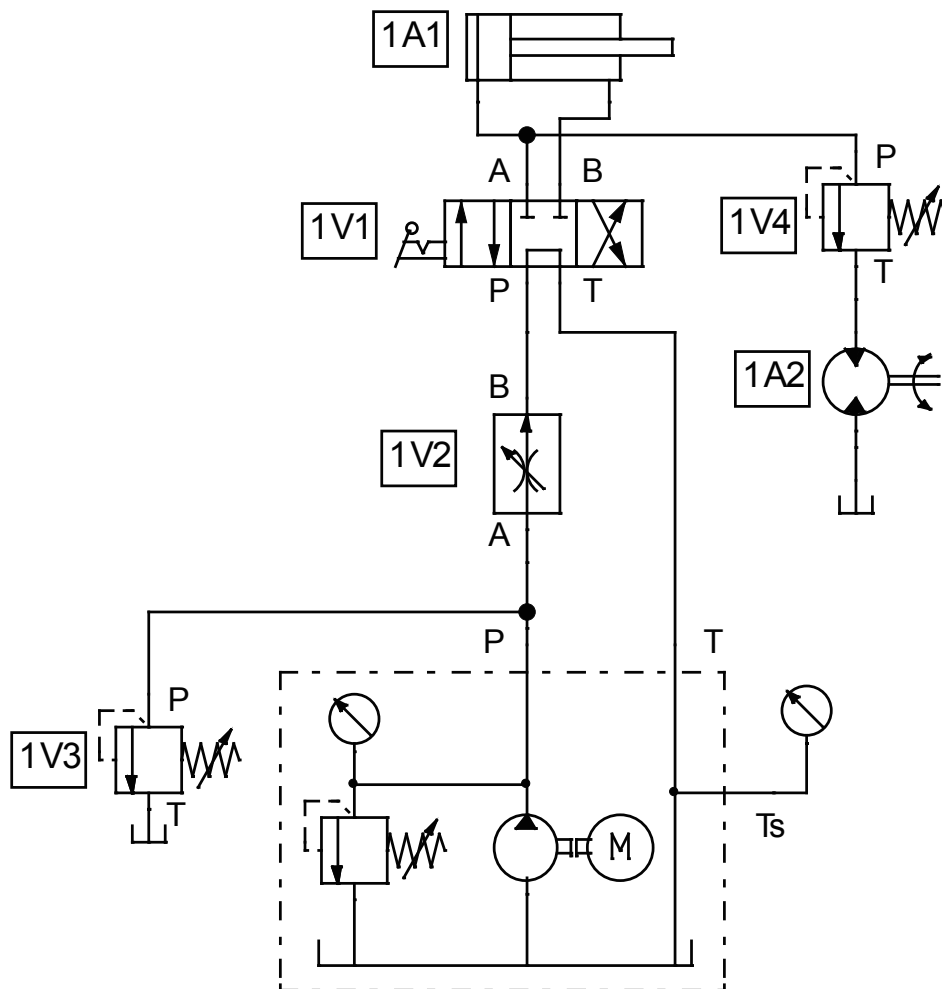
I denne øvingen skal du koble opp en differensialkrets. Fordelen med en differensialkrets er at man kan oppnå stor hastighet en liten pumpe. Dersom forholdet mellom areal på pluss-siden og minus-siden er 2:1 får vi samme hastighet i pluss og minus. Ulempen er at vi får redusert kraft i pluss-retning.



Figur 28: Differensialkrets

## 13.5 Øving 5 – sekvensventil - seriekobling

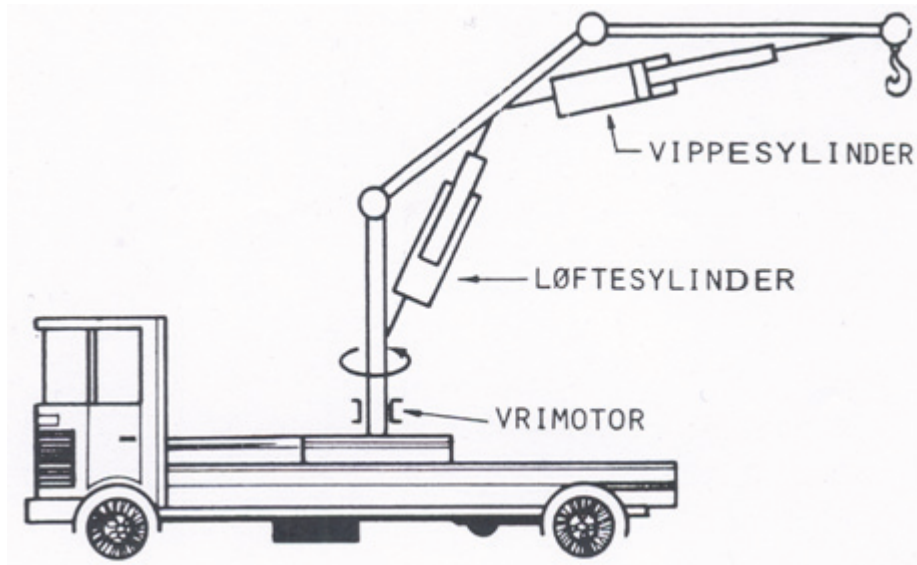
Rekkefølgeventil blir også kalt sekvensventil. Men en rekkefølgeventil kan vi på en enkelt måte og uten sensorer oppnå at et arbeidselement ikke starter før det forrige er i endeveisposisjon. Dette gjør vi ved å seriekoble komponentene.



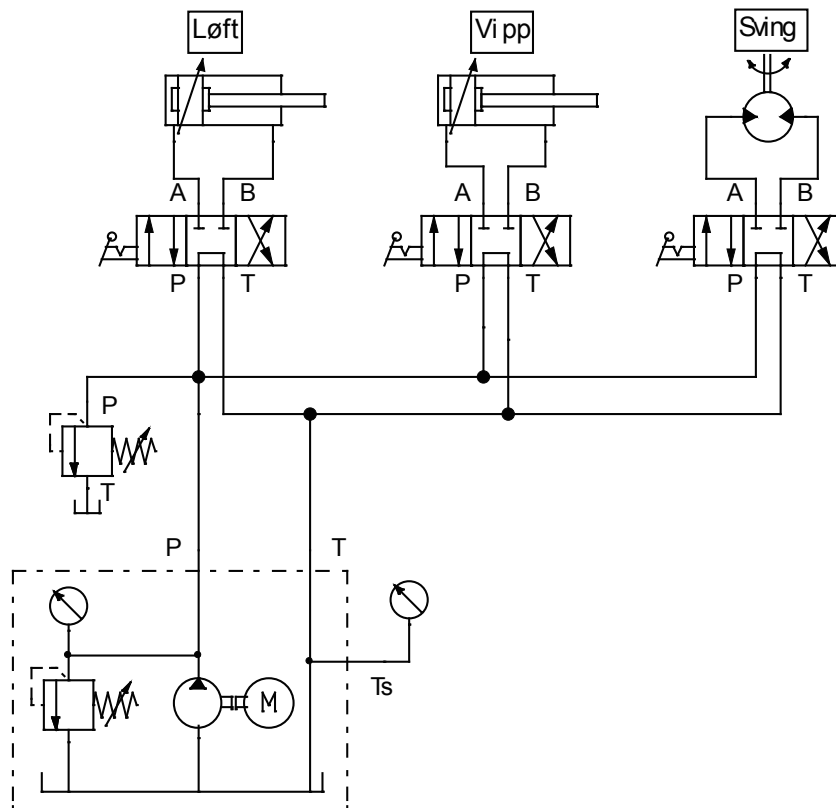
Figur 29: Sylinder og motor med sekvensventil

## 13.6 Øving 6 – lastebilkran, parallellkopling av styreventiler

Lastebiler utstyres ofte med hydraulisk kran for å underlette lasting og lossing. I denne øvingen skal vi simulere hvordan denne er bygget opp. Mens vi i andre sammenhenger seriekopler ventiler, vil vi på en lastebilkran benytte parallellkoblede komponenter.



Figur 30: Hydraulisk kran på lastebil



Figur 31: Hydraulikkskjema for lastebilkran



## 14 Vedlikehold av hydrauliske anlegg

### 14.1 Feilsøking

#### Arbeidselementet beveger seg ikke.

Sjekk at det er olje på anlegget

Går pumpa rundt, eller er det akselbrudd eller brudd i kobling?

Er trykket riktig?

Stiller retningsventil om?

Står motor / sylinter fast?

#### Trykket fra pumpa er for lavt

Er trykkbegrensningsventil riktig stilt? Er der 2 stk.?

Er det gammel pumpe eller eventuelt slitt? (maks. ca 25 % reduksjon)

#### Ulyd fra pumpe

Sjekk oljenivå

Sjekk pumpeoppfesting

Er det kavitasjonslyd?

Sjekk sugefilter / sil

Er det riktig temperatur?

Trekker pumpa luft? (slå på olje på tvilsomme steder og lyden endrer seg)

Skjevhet pumpe / motor

Slitt pumpe

#### For lav hastighet på arbeidsenhet

Luft i oljen?

Oljenivå?

Pumpa slitt?

Lekkasje stempelpakning sylinter? (kjør sylinter til endestilling løsne retur og belast sylinter i endestilling, lekker det nå har du funnet det)

Motor? (kontroller turtall å belastet og ubelastet)

Er der strupeventiler? Juster

Lekker det i retningsventil? ( sett den i midtstilling, belast så arbeids enhet, Kommer det olje i returledning? Da fant du det )

#### Anlegget blir for varmt

Lite olje??

Stor slitasje i pumpe og / eller arbeidselement.

Feil olje?? (tynn olje)

#### Lekkasje

Små lekkasjer som ser uskyldige ut vil over tid føre til stort oljeforbruk!

1 dråpe pr. sekund = 7 liter pr. døgn = 200 l pr. mnd.

Drypp over i stråle = 90 l. pr. døgn.

= 2700 pr. mnd. Større lekkasjer vil du vel da gjøre noe med umiddelbart?!

#### Nødvendig måleutstyr

Manometer

Volumstrømsmåler (flowmeter)

Temperaturmåler

Disse 3 fås som testapparat, men vanligst er å bruke manometer og temperaturmåler samt at man kontrollerer dreiehastigheter.

**Manometer** kobles til uttak som er plassert rundt på anlegget hvor det er aktuelt å foreta målinger.

**Temperaturmåler** bør være av en type som er rask og lett å bære med seg. Det finnes temperaturmålere som måler ved IR (infrarødt lys).

**Multimeter** er oftest godt å ha med fordi det nesten alltid er elektriske komponenter som må sjekkes på hydraulisk anlegg. Videre må en ha håndverktøy som fastnøkler, unbraco - (sekskantnøkler) og skruetrekere.

### Feilsøkingsmetode

Den må du som reparatør vurdere ut fra symptomene.

Synlige grove feil er som regel enkle å konstantere, mens periodiske feil er meget brysomme, alt fungerer som regel når du ankommer reparasjonsstedet.

Snakk med operatøren, han har ofte en mening om hvor feilen ligger. Sett deg godt inn i skjemategninger før du starter.

Undersøk om det er hydraulisk eller elektrisk feil, før du går videre. Sjekk oljenivå.

Kjør anlegget varmt før du feilsøker. Test aktuelle trykk, volumstrømmer/ hastigheter og temperaturen til komponenter.

Da bør konklusjonen komme, hvis ikke kontakt leverandør for tips.

### 14.2 Kontrollrutiner

#### Daglig

Oljestand  
Mekaniske fester  
Rør / slanger / pakninger  
Manometer  
Beskyttelser

#### Ukentlig / månedlig

Oljetemperatur  
Ytre lekkasjer  
Trykk  
Støy / vibrasjoner  
Oljefilter indikatorer  
Luftfilter  
Vanntapping tank?

#### Månedlig / kvartalsvis

Vurdere generell ytre tilstand (skader / nedstøving)  
Volumstrøm / hastigheter og trykk.  
Akkumulatører sjekk forladingstrykk.  
Oljetilstand (prøver tas under drift og før returfilter) 2 – 4 ganger pr. år  
Sjekk tilstand til tank / system innvendig Årlig

## Reparasjonsarbeid

Typisk arbeid du vil drive med som mekaniker kan være:

- Reparere skadde deler
- Skifte av komponenter / utslitte deler
- Stille inn / justere etter skift / reparasjon (teste)
- Dokumentere arbeid og tilstand

Arbeidet vil avhenge av hva slags verksted du er ansatt ved.