

Manøvreringsutstyr for kraftverksluker

Beskrivelse

Forfatter: Ragnar Hartmann, Statkraft Engineering as

01.11.95

Dette manuskript er betalt av Energiforsynings Fellesorganisasjon (EnFO) og kan fritt benyttes ved alle EnFOs nåværende og fremtidige kurs. Bruk til andre formål, omarbeidelser eller viderebearbeiding, krever forfatters godkjenning. Statkraft Engineerings eventuelle bruk av manuskriptet skal ikke skje slik at dette kommer i konkurranse med EnFOs virksomhet. Privatpersoner har anledning til å ta enkeltkopier når formålet er egen opplæring. Ved kopiering ut over dette for andre enn EnFO, Statkraft Engineering eller forfatter, må tillatelse på forhånd være innhentet fra EnFO. Manuskriptet tillates ikke benyttet som referanse i spørsmål gjeldende sikkerhet eller når resultatet kan medføre betydelig økonomisk konsekvens.

Innholdsfortegnelse.

	Side
1. Hensikt og målsetting.	1
2. Generelt.	2
3. Oljehydrauliske manøvreringsinnretninger.	3
4. Skrue- og tannstangspill.	9
5. Ståltau-, kjetting- og kjedespill.	11
6. Andre manøvreringsinnretninger.	12

1. Hensikt og målsetting.

Manuskriptet er laget i tilknytning til et kurs om luker, ventiler, rør og varegrinder. Ulike lukemanøvreringer blir beskrevet. Det gis praktiske råd for drift og vedlikehold.

Kursets målgruppe er personell ved vannverk og i kraftforsyning. Det kan være fordelaktig om deltagerne på forhånd har noe kjennskap til de elementer som omtales. Dette blir dog ingen forutsetning.

2. Generelt.

Av manøvreringsinnretninger er det ulike typer. Et forsøk på gruppeinndeling er gitt nedenfor.

- Oljehydraulisk manøvreringsinnretninger.
- Skruespill.
- Tannstangspill.
- Ståltau- og kjettingspill.
- Kjedespill
- Andre typer manøvreringsinnretninger.

I beredskapssammenheng kan andre betegnelser for utstyret komme til anvendelse. Man opererer da med:

- Ordinært manøvreringsutstyr.
- Reserve energikilde, eks. mobilt strømaggregat, mobilt oljehydraulikkaggregat, etc.
- Reserve manøvreringsutstyr, eks. mobilkraner, jekkemekanismer, etc.

Offentlige regelverk som kommer til anvendelse for kraftverklukers manøvreringsutstyr, blir damforskriftene, arbeidstilsynets regler samt forskriftene for elektriske anlegg.

Damforskriftene fokuserer primært bygningskonstruksjoner i vassdrag. I praksis vil derfor damforskriftene i liten grad kunne anvendes som kravspesifikasjon for et lukemanøvreringsutstyr.

Av arbeidstilsynets regler kommer flere til anvendelse. Reglene for løfteinnretninger får sjelden gyldighet for kraftverklukers manøvreringsutstyr. Dette gjelder selv om manøvreringsinnretningen er en elektrotalje. Så lenge taljen kun benyttes for å manøvrere en luke og dette skjer på slik måte at luken ikke løftes ut av føringene og kan svinge fritt, blir ikke taljen å anse som løfteinnretning i forskriftenes betydning av dette. I motsatt tilfelle er det en selvfølge at "lukeopptrekket" må klassifiseres og sertifiseres som løfteinnretning. Tvilstilfeller bør avgjøres av Arbeidstilsynet.

Det kan være grunn til å påpeke at selv om et utstyr tilfredsstiller forskriftene for løfteinnretninger, betyr dette ikke nødvendigvis at utstyret tilfredsstiller kravene for en manøvreringsinnretning. Forholdet aktualiseres hvis manøvreringsinnretningen skal installeres i et kaldt og fuktig fjellrom.

Fokuseres bør videre det at mange motoriserte manøvreringsinnretninger har utstyr for betjening med håndkraft. Selv om det er teoretisk mulig å sveive opp en større luke, bør man ikke satse på at dette kan gjøres i en nødsituasjon. Det er neppe sannsynlig at et menneske over tid kan yte mer enn 0,05 - 0,10 kW. Hvis lukevekten og høyden den skal løftes er kjent, kan man beregne varigheten av lukemanøvreringen. Spilletets mekaniske virkningsgrad som man må benytte i beregningen, kan anslagsvis settes $\eta_m = 0,5$. Nevnte beregning illustreres nedenfor med et eksempel.

Manøvreringskraften for en luke er $F = 200 \text{ kN}$. Luken skal løftes $H = 3 \text{ meter}$. Mekanisk virkningsgrad $\eta_m = 50\%$. Sveiveeffekt $P = 20 \text{ W}$. Nødvendig effektiv manøvreringstid T blir da:

$$T = (1 / \eta_m) \cdot F \cdot H / P = 2 \cdot 200000 \cdot 3 / 20 = 60000 \text{ sek} = \underline{\underline{16 \text{ h } 40 \text{ min}}}$$

Skal et spill opereres manuelt, er det ellers viktig at kraftoverføringen fra menneske til maskin skjer på veltilpasset måte. Dette medfører at både kraft og bevegelseshastighet må være av en størrelsesorden som gjør det mulig å utføre arbeidet over lang tid. Videre er det også av betydning at arbeidsstillingen ikke gir nevneverdige ekstrabelastninger ut over som kreves for å utføre det primærarbeidet.

For hydrauliske håndpumper bør pumpekraften helst ikke overskride $F = 100 \text{ N}$. Dessuten er det heller ikke å anbefale at det regnes med mer enn $n = 40$ pumpeslag pr. minutt. Er bevegelsen $L = 0,5 \text{ meter}$, tilsvarer dette en effekt på:

$$P = F \cdot L \cdot n / 60 = 100 \cdot 0,5 \cdot 40 / 60 = \underline{\underline{33 \text{ W}}}$$

3. Oljehydrauliske manøvreringsinnretninger.

For moderne luker hvor manøvreringshøyden skal være av samme størrelsesorden som lukehøyden, er oljehydraulisk manøvrering i dag den vanligste. Hovedkomponentene består da av hydraulikksylinder med tilhørende ventiler og hydraulikkaggregat.

Det er teknisk mulig å lage oljehydrauliske manøvreringsinnretninger med kapasitet på mer enn 5000 kN, og manøvreringssylindere med slaglengde på 30 meter har forekommet i utlandet. For norske kraftverk har man en slaglengde på i overkant av 13 meter som en av de største.

Er dobbelvirkende manøvreringsutstyr med store manøvreringskrefter nødvendig, blir et oljehydraulisk manøvreringsutstyr ikke bare en god praktisk og økonomisk løsning. I mange tilfeller vil dette også bli det eneste brukbare alternativ.

Men oljehydrauliske manøvreringsinnretninger oppviser konkurransedyktighet også for småluker ned til 500 x 500 mm² lysåpning. Her kan hydrauliske opptrekk betjent med transportabelt hydraulikkaggregat gi fordelaktig løsning.

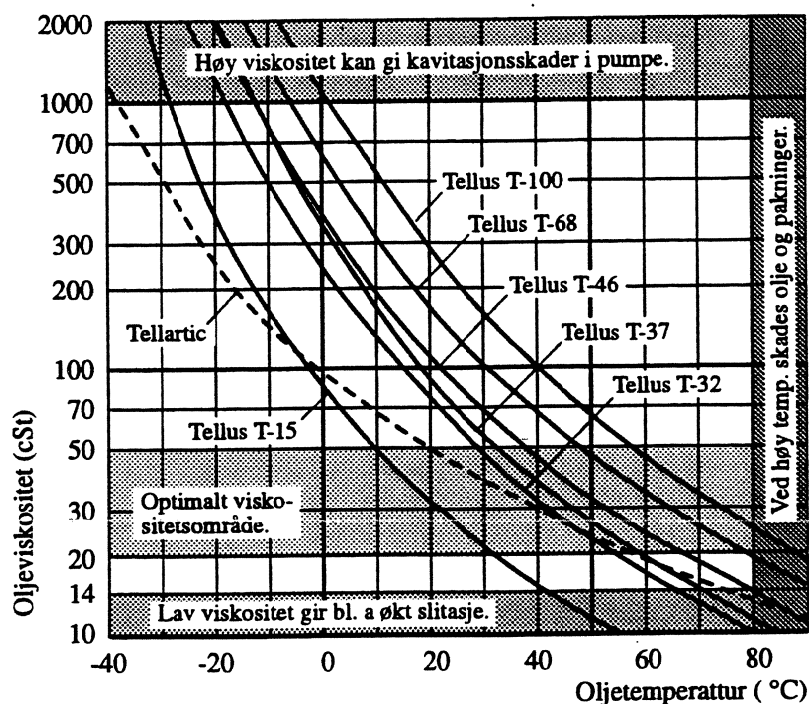
Et oljehydraulisk manøvreringssystem er intet entydig produkt hvor byggherren kan forutsette at han ved en løst spesifisert bestilling uten videre får det han er tjent med. Ofte spares det på bekostning av kvalitet. Mot dette står det faktum at kvaliteten ofte blir av stor betydning for påliteligheten av de funksjoner som et utstyr skal fylle. Prisforskjellen mellom kvalitetsnivåene representerer derimot kun en liten del av lukeanleggets totalpris. Enkelte forhold som bør fokuseres i forbindelse med et hydraulikkanlegg, er:

- Ventiltyper og ventildimensjoner.
- Materialet i hydraulikkslager med tanke på levetid.
- At tynnveggede lavlegerte hydraulikkrør ikke skal anvendes i fuktige fjellrom.
- Rørkoblingene må være egnet for bruk på de valgte rør.
- Hydraulikksylindres stempelstenger bør utføres i rustfritt materiale med minst 30 µm krom som overflatebelegg.
- Omløpstallet for store hydraulikkpumper bør ikke være for høyt.
- Egnet filtreringssystem.
- Rengjøring/spyling etter montasje.

I tillegg blir også oljetypen av betydning for anleggets funksjon. En viktig parameter er her oljens viskositet. Denne må velges slik at den for aktuelt temperatur-område ligger innenfor akseptverdier. Det optimale viskositetsområdet er ansett å ligge innenfor grensene 20-50 cSt. Grenser som ikke bør overskrides er:

Nedre viskositetsgrense:	14 cSt
Øvre viskositetsgrense:	1000 cSt
Øvre temperaturgrense:	80 °C

Viskositets-temperatur-diagrammet i figur 3.1 tegnet for forskjellige hydraulikkoljer fra oljeselskapet Shell illustrerer dette. Aktuelle begrensninger for oljen er her inntegnet sammen med begrunnelsen for de nevnte begrensninger. Som det ellers fremgår gir ingen av de angitte oljer mulighet for å kjøre et hydraulikkanlegg optimalt innen det temperatur-området som kan være aktuelt for kraftverksluker, eksempelvis -20 °C til +25 °C.



Figur 3.1: Viskositetsdiagram for hydraulikkoljer.

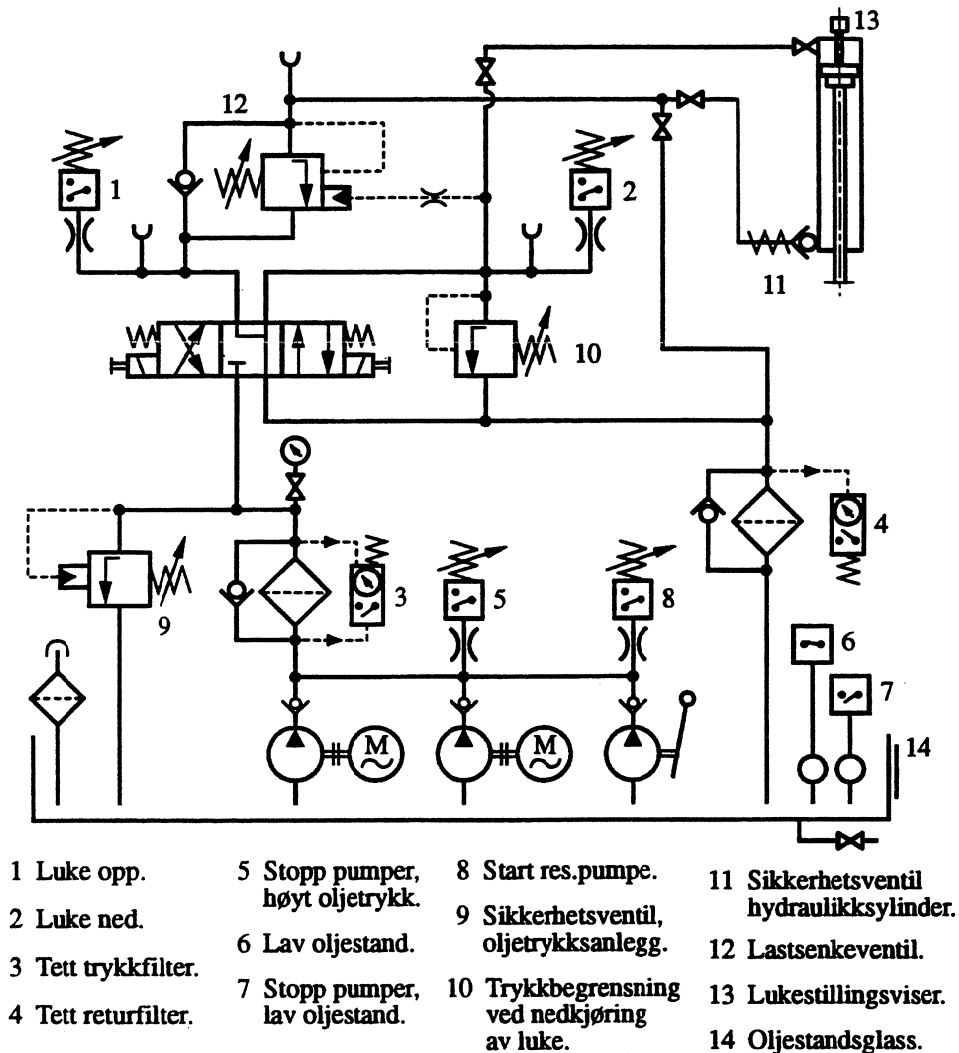
Prinsippielt inndeles oljehydrauliske manøvreringssystemer i enkelvirkende og dobbel-virkende systemer.

For et enkelvirkende system føres trykkoljen inn i hydraulikksylinderen på stampelets ene side, men det er en fordel om sylinderens andre del også er fylt med olje. Dette motvirker korrosjon og unødvendig slitasje. For en utstyrsleverandør kan imidlertid en slik løsning ved utarbeidelsen av et tilbud hvor han forventer skarp priskonkurranse, bli ansett som en fordyrende detalj han ikke våger å inkludere. Byggherren bør derfor spesifisere denne type ekstrasystem dersom slikt system er ønskelig.

Figur 3.2 viser et eksempel på et dobbelvirkende system for en større tappeluke. Karakteristisk for denne type anlegg er at man har to vekselstrømsdrevede hydraulikkpumper. I spesielle tilfeller kan det også være installert likestrømspumpe. At man har flere hydraulikkpumper, medfører vanligvis at en oljehydraulisk manøvreringsinnretning har større driftsikkerhet enn det man får med et mekanisk manøvreringssystem hvor det kun er en motor i drivverket.

Normalt er sikkerheten for at en luke med hydraulisk opptrekk ikke brytes istykker dersom det legger seg noe i føringene, basert på pressostater. Disse stopper pumpene ved et på forhånd innstilt maksimalt oljetrykk. Skulle pressostaten mot formodning ikke

virke, har man en mekanisk trykkgrensingsventil (sikkerhetsventil) som åpner og avlaster oljetrykket.



Figur 3.2: Eksempel på prinsippskjema for oljehydraulisk system med dobbelvirkende sylinder for større tappeluke.

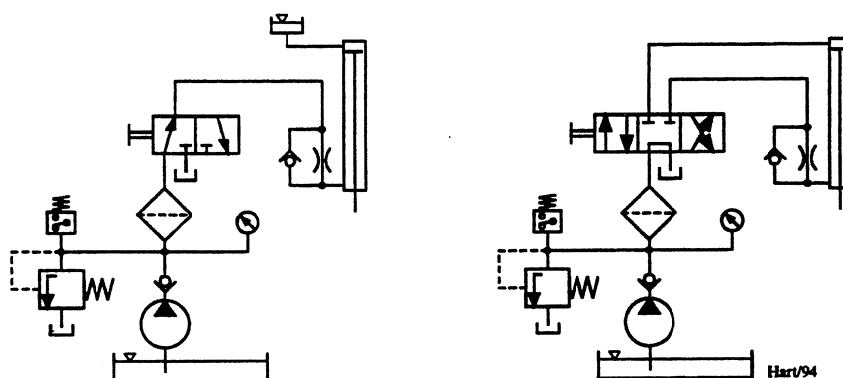
Den mekaniske trykkgrensingsventilen blir derfor en viktig sikkerhetsdetalj. I figur 3.2 er denne, ventil 9, forstyrt. En ikke forstyrt ventil oppviser mengdeavhengig begrensnings av trykket. Ved bruk av håndpumpe i en situasjon da man har behov for maksimalt trykk, kan en ikke forstyrt trykkgrensingsventil gi opphav til problemer. Trykkgrensingsventilen bør forøvrig være innstillbar.

En annen sikkerhetsdetalj i figur 3.2 er ventil 10. Denne har man installert fordi en dobbelvirkende hydraulikksylinder som regel avgir ulik kraft i sine to manøvreringsret-

ninger. Årsaken til dette er at stempelstangen på stemplets ene side reduserer det trykk-eksponerte areal. For vanlige lukearrangementer medfører dette at hydraulikksylinderen vil kunne avgi større kraft ved senking av luken enn ved heving. Kraftbehovet er derimot på grunn av lukens vekt størst ved heving. For å unngå unødvendig knekkdimensjonering av opptrekkstangen, blir derfor oppgaven til ventil 10 å begrense hydraulikksystemets trykk ved nedkjøring av luken.

Funksjonen for ventil 12 bør det også knyttes bemerkninger til. Dette er en lastholdeventil som ofte blir benyttet i forbindelse med hydraulisk hevbare arbeidsplattformer. I lukestyringen skal denne ventilen hindre at hydraulikksylinderens volum på undersiden av stemplet dreneres ukontrollert når hovedventilen (3-posisjons-ventilen) styres over til posisjonen for senking av luken. Dette kan være praktisk hvis man har en luke som for deler av sin lukkebevegelse kan gå igjen av egen tyngde.

En annen funksjon som ventil 12 har, oppnås ved at hovedventilen i normalposisjon kortslutter over- og undersiden av manøvreringssylinderen. Ved plutselig stenging av hovedventilen under nedkjøring av luken vil lastsenkeventilen sørge for en vesentlig mykere retardasjon enn det man ellers ville fått.



Figur 3.3: Eneltvirkende og dobbeltvirkende spill, enklere type

Av enklere typer hydraulikksystemer fremgår to av figur 3.3. Sikkerhetsdetaljer som lastholdeventil, slangebruddsventil, etc. er sløyfet. Som sikkerhet mot for rask senking er det her kun montert blende. Det kan også bemerkes at sylindertoppen for det enkeltvirkende systemet kommuniserer med oljetank. Dette er gjort for å sikre at sylinderen til enhver tid skal være oljefyllt. I det dobbeltvirkende systemet har man den fordel at oljepumpen kan kjøres med styreventilen i nøytralposisjon. Ved dette kan man oppnå oljefiltrering uten at luken må kjøres.

Når det gjelder filtrene i systemet, bør overordnet krav være at en viss renhets-grad kan bevares i oljen. Aktuelt krav er klasse 17/14 i henhold til ISO 4406. For å oppnå dette, kan det være riktig med et trykfilter som tilfredsstiller 10 µm absolutt, mens et returfilter, i den grad dette kommer til anvendelse, skal tilfredsstille 25 µm absolutt. Har man støv i det området hydraulikkaggregatet er plassert, bør man også ved oljepåfyllingen montere et "pustefilter" som antydnet i figur 2.1. Her kan kravet settes til 60 µm absolutt. Før systemet tas i bruk skal det spyles i henhold til NS 5910.

Et fornuftig krav til hydraulikkør er at disse utføres i rustfritt stål SIS 2333, serie (S). Rør under Ø30 mm skal normalt ha koblinger av type kravekobling med utflenset rør. For rørdimensjoner over Ø30 mm benyttes det flenser. Skjærringkoblinger tillates kun hvor rørbrudd medfører små konsekvenser. Benyttes det trykkslanger, skal disse ha påpres-sete koblinger og trykk-klasse minst 300 bar.

Lekkasje i det oljehydrauliske system kan gi opphav til lukesig, men ved bruk av egnede ventiler er det mulig å redusere dette til stort sett å tilsvare hydraulikksylinderens olje-lekkasje.

Lukens endeposisjoner bestemmes av endebrytere og/eller pressostater i hydraulikkan-legget. Benyttes kun det siste, vil man ved utløsning av pressostaten egentlig ikke vite om luken har kommet i endeposisjon eller om den har buttet i et eller annet fremmedlegeme.

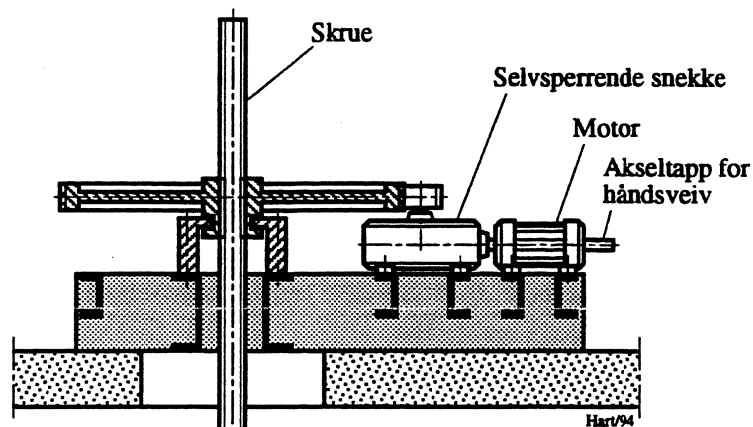
Av stillingsvisningssystemer eksisterer det flere. Spesiell for hydraulisk manøvrerings-utstyr er metoden å registrere oljemengden i hydraulikkaggregatets oljekasse. Dette blir en svært lite presis posisjonsangivning som vanligvis ikke kan anbefales. Best synes digitale stillingsgivere å være. Disse kan om ønskelig også monteres innvendig i manøvrerings-sylinderen.

Benyttes det oljehydrauliske manøvreringssystemer for luker med tosidige "opptrekk", må man normalt ha et system som samkjører de to sylindrene. Mengdereguleringsventiler gir i denne sammenheng ingen tilfredsstillende løsning.

4. Skrue- og tannstang-spill.

Av skrue- og tannstang-spill er de førstnevnte i dag mest aktuelle. Tannstangspill hører hjemme på eldre konstruksjoner. Maksimalkapasiteten for et skruespill kan ligge rundt 500 - 600 kN. Over denne grense vil oljehydrauliske innretninger bli sterkt å foretrekke.

Skruespillenes manøvreringslengde bestemmes av maskineringsmessige hensyn og av skruens knekksikkerhet hvis det kreves nedtrykkingskraft. I praksis benyttes det neppe skruespill for luker med manøvreringshøyde over 5 meter .



Figur 4.1: Skruespill.

Sigproblemet som man kan ha med hydrauliske manøvreringsutstyr, gjelder vanligvis ikke skrue- og tannstangspill. I skruespill er skruen vanligvis selvsperrende. Tannstangspill har brems eller en selvsperrende snikkeveksel.

Vanligvis utføres spillene slik at de alternativt kan manøvreres med håndsveiv. Som tidligere demonstrert viser betraktninger vedrørende den energi som er nødvendig for å manøvrere luken fra en endeposisjon til en annen, at håndsveiven i få tilfeller gir praktisk mulighet for dette. Håndsveiven kan på den annen side være nyttig ifm. vedlikehold etc.

Spillet motor må aldri startes når håndsveiven er innkoblet. En slik start vil ikke bare ha store muligheter for å påføre spillet skade. Hendelsen vil også medføre betydelig fare for personell som eventuelt oppholder seg ved spillet. Av denne grunn er det et krav at sveiven er utstyrt med bryter som hindrer start av det elektriske drivverket når sveiven er innkoblet.

Ved lukens endeposisjoner bør man ha endebrytere som stopper motoren. Kjøres luken mot posisjonen "stengt luke", kan det være et problem at spillet i mange tilfeller må stoppes før luken har lukket helt. Den resterende del av lukkingen foretas da med håndsveiv. Det finnes imidlertid også spesielløsninger hvor spillet opplagres ettergivende slik at automatisk kjøring til stengt posisjon kan tillates.

Sikkerheten for at lukespillet stopper når luken når sin endeposisjon, bør ellers ikke avhenge av en endebryter alene. To endebrytere i parallellkobling for denne viktige funksjonen anbefales.

Hvis endebryteren svikter i en situasjon da man ikke har noen reservebryter som eventuelt kan tre i funksjon, kjøres luken mot anslag hvorefter det høyst sannsynlig oppstår skade. Det er et faktum at det ved tidligere tiders dimensjoneringstradisjon ikke var vanlig å kontrollere lukenes "opptrekk" med tanke på motorens maksimalmoment. Dette kan være to til tre ganger større enn det moment som opptrer ved vanlig drift.

Motorvern-bryteren kan man ved kjøring mot anslag ikke sette lit til. Denne er konstruert for å verne motoren mot overoppvarming og sikrer ikke opptrekket mot overbelastning. I en aktuell situasjon hvor luken kjøres mot anslag vil antagelig motorvernet først løse ut etter at motoren har kjørt seg opp til sitt maksimalmoment.

Lastbegrensningsvern benyttes for luker på kontinentet, men har fått liten anvendelse i Norge.

5. Ståltau-, kjetting- og kjedespill.

Ståltau-, kjetting- og kjede-spill har meget til felles med de forannevnte skrue- og tannstang-spill.

Elektrotaljer fremstår i denne sammenheng som en billigløsning. Ofte har man imidlertid hatt driftsproblemer i forbindelse med disse hvis de brukes sjelden samtidig som de står i et korrosivt miljø.

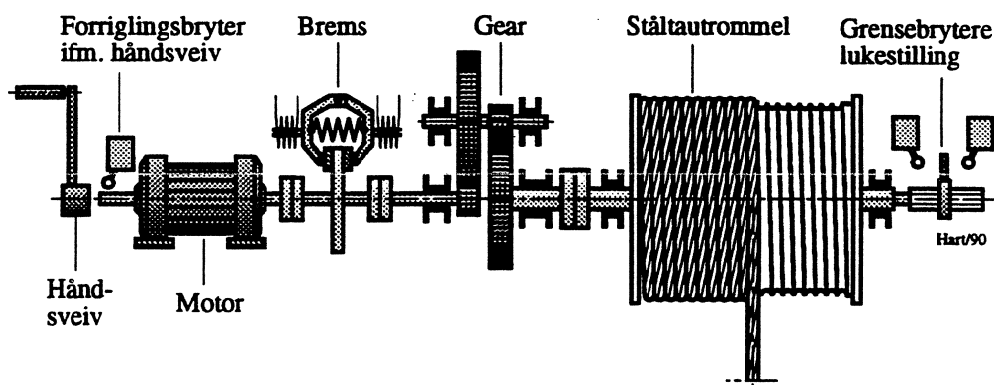
De angitte spills kapasitet og manøvreringshøyde varierer med utstyrstypen.

Benyttes det en standard elektrotalje forholder man seg til det som av dette utstyr er tilgjengelig i markedet.

For andre typer ståltauspill blir dataene å tilpasse de stedlige forhold. Med tanke på revisjonsluker som skal kjøres fra parkeringsposisjon i et lukehus ned en dyp sjakt til luke-løpet nederst i denne, kan manøvreringshøyden bli 100 meter eller mer. Kapasiteten er da beskjedne, ofte under 100 kN.

Kjedespill er for moderne luker lite aktuelt. Med tanke på historiske konstruksjoner kan maksimalkapasiteten for kjedespill settes til ca. 200 kN.

I kjettingspill bør man så langt det er mulig benytte standarddimensjoner. Med utgangspunkt i vanlige handelsdimensjoner for kjetting og kabelarer kan maksimalkapasiteten for et kjettingspill settes til ca. 300 kN.



Figur 5.1: Prinsskisse for ståltauspill.

Av ståltau, kjettinger og kjeder er sannsynligvis kjettingen det mest robuste element. For både ståltau og kjeder er smøring viktig. Ved manglende smøring øker både korrosjons- og slitehastigheten. Særlig blir ståltauet med sine mange tynne tråder sterkt utsatt i korrosivt miljø.

For kjeder er det et problem at leddene har tendens til å bli stive. Årsaken er vanligvis korrosjon og manglende smøring. Det er registrert tilfelle hvor et kjede som lå på oppstrøms side av en segmentluke, var så stivt at lukevekten ikke maktet å rette det ut ved heving av luken. Under slike forhold er det heller ikke merkelig at man har eksempler på stive kjeder som har forårsaket vesentlig ødeleggelse av vendekassene ved kjedehjulene.

Kjedelenkene som vanligvis er bygget opp av tynne plateelementer, kan dessuten pga. korrosjon være sterkt svekket. Kjedebrudd har skjedd fordi materialet som skulle overføre de opptredende kreftene har blitt tæret bort.

Skadede kjeder er i enkelte tilfeller erstattet med kjetting. Skal kjettingen legges an mot den krumme frontplaten på eksempelvis en segmentluke, må man være klar over torsjonskrefter som oppstår i lenkene hvis det ikke samtidig blir montert støtte-/anleggslister for kjettingen.

Bemerkningene som ble gjort for skrue og tannstangspill om sikring mot motorstart med innkoblet håndsveiv samt sikring mot kjøring til anslag i toppstilling, gjelder selvsagt også for ståltau-, kjetting- og kjede-spill.

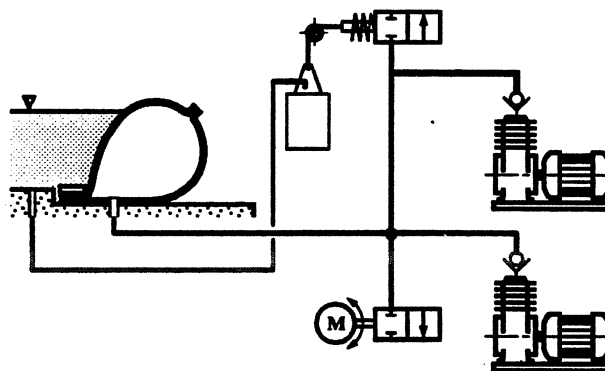
For ståltauspill hvor tauet løper gjennom blokk med vendeskive nede ved luken, er det viktig at tauet ikke kan komme ut av sporet i vendeskiven når det slakkes ved kjøring av luken til bunnstilling. Minst en nestenulykke har skjedd fordi slik sikring ikke var tilstede.

5. Andre manøvreringsinnretninger.

Både manøvreringsinnretningene for gummiluker og for sektordammer hører inn under denne gruppe.

Enklest er systemet for en sektordam. Her har man vanligvis en sylinderluke og/eller ventiler som regulerer vannstanden inne i sektordammen og derved også setordammens høyde. Systemet er vist skjematisk under avsnittet sektorluker i heftet "Kraftverksluker".

Selv om sektordammens manøvreringssystem er ukomplisert, viser det seg at det for enkelte eldre luker har blitt neglisert i vedlikeholdssammenheng. Dette har i neste omgang medført problemer for lukemanøvreringen fordi styresystemets elementer er så sterkt korrodert at de ikke lar seg betjene på normal måte.



Figur 5.1: Skjematisk styreskjema for luftfylt gummiluke.

For trykkluftmanøvrerte gummiluker, se figur 5.1, har man en kompressor som presser luft inn i luken. Da løftes denne. Motsatt slippes det luft ut fra systemet gjennom en ventil når luken skal åpne.

Gummiluker er vanligvis også utstyrt med et nødstyresystem. Dette kan være slik innrettet at en bøtte fylles med vann når vannstanden oppstrøms stiger over et gitt nivå. Vekten av bøtten vil så åpne en ventil som drenerer gummiluken.

Det finnes også vannfylte gummiluker. Manøvreringssystemet for disse kan være kombinert med et system for sirkulasjon av vannet i luken slik at dette ikke skal fryse vinterstid.