

Adkomstorganer i kraftverksvannveien

Beskrivelse

Forfatter: Ragnar Hartmann, Statkraft Engineering as

07.10.95

Dette manuskript er betalt av Energiforsyningens 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. Betegnelser, terminologi.	2
3. Hoveddata for adkomstorganer.	3
4. Ribbekonstruksjon.	6
5. Skallkonstruksjon.	9
6. Endebunnkonstruksjon.	12
7. Strekkskallkonstruksjon.	14
8. Demontasjerør.	16
9. Rørstuss med blindlokk.	17
10. Oppsummering vedr. tilstandskontroll.	18

1. Hensikt og målsetting.

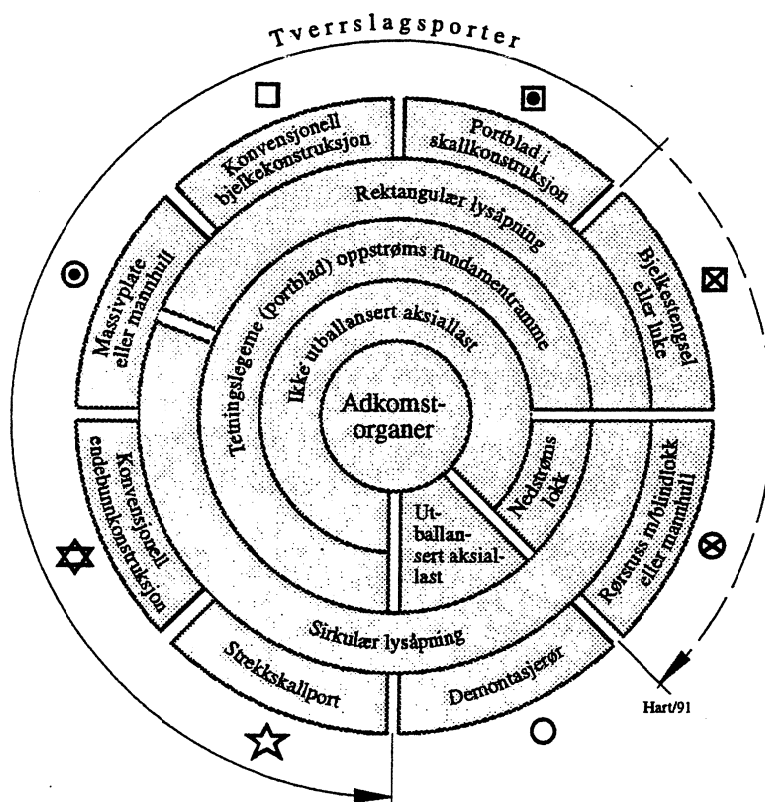
Manuskriptet er laget i tilknytning til et kurs om luker, ventiler, rør og varegrinder, herunder også adkomstorganer. Ulike konstruksjoner blir beskrevet. Det gis praktiske råd for bruk.

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 er dog ingen forutsetning.

2. Betegnelser, terminologi.

Et adkomstorgan er en demonterbar avstengning som plasseres mot et vannsystem og gir adkomst til dette når vannsystemet er nedtappet. Normalt står adkomstorganet i stengt posisjon og begrenser da vannsystemet. Åpning og stenging skjer for de aller fleste konstruksjoner manuelt og ved tømt vannsystem.

Ofte blir adkomstorganets funksjon dekket av en tverrslagsport. I andre tilfeller benyttes det demonterbare rørseksjoner, rørstusser med blindlokk eller bjelkestengsler. Er det ikke krav om adkomst for større maskiner eller kjøretøyer, kan et mannhull gjøre nytten.



Figur 2.1: Systematisk gruppering av adkomstorganer.

I figur 2.1 har man forsøkt å lage et grupperingssystem for ulike adkomsorganer. Det antydes at selv kraftverksluker kan fungere som adkomstorgan. Ved mange kraftverk er det da også adkomst til vannsystemet via luker.

Figurens angivelse av hvilke konstruksjoner man kan omtale som tverrslagsport, er diskutabel. Ved definisjon av begrepet tverrslagsport bør man imidlertid legge til grunn ordets to ledd. Et tverrslag er en sidetunnel og port betyr åpning. Det er dessuten en oppfatning at åpningen skal ha en viss størrelse for å kunne omtales som port. Kan man gå gjennom åpningen, blir betegnelsen port. Må man kripe, er det et mannhull. Videre bør

det kunne hevdes at en tverrslagsport skal være et adkomsorgan plassert i en sidetunnel til vannsystemet, og at det denne bak adkomstorganet fører til friluft.

Bjelkestengsel anvendt som adkomstorgan omtales vanligvis ikke som tverrslagsport. Der løsningen forekommer, dreier det seg som regel om tverrslag hvor vann-nivået ligger under installasjonens nivå, men hvor massesvingninger i vannsystemet kan medføre at adkomstorganet blir trykksatt. Det er ikke uvanlig at det i slike tilfeller anvendes betong-bjelker.

At en konstruksjon ser ut som tverrslagsport, betyr nødvendigvis ikke at den er en tverrslagsport. Det finnes eksempler på portlignende konstruksjoner installert for seksjonering av vanntunneler med tanke på vedlikeholdsarbeider. Denne konstruksjonstype er ikke adkomstorgan slik dette defineres foran, og kan følgelig heller ikke kalles tverrslagsport.

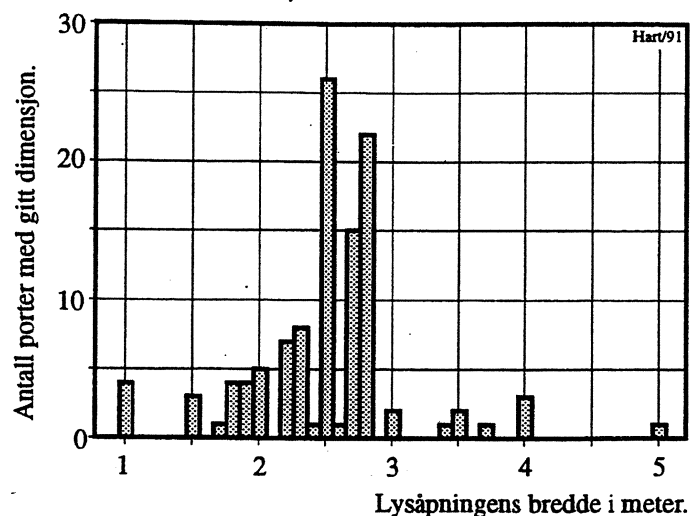
Mange adkomstorganer kombineres med en stålutforing i betongproppen som adkomstorganet er montert i. Utforingen bidrar til å etablere tetning mellom ståldeler og betong. Betegnelser som anvendes er: Stålutforing, pansring og platekasse. Disse benyttes tildels om hverandre. Betegnelsen platekasse er dog forbeholdt stålutforingen i kvadratiske og rektangulære åpninger.

Adkomstkonstruksjon er et begrep som omfatter ledere, rekkverk og heiser. Adkomstkonstruksjon er derfor ikke synonymt med adkomstorgan.

3. Hoveddata for adkomstorganer.

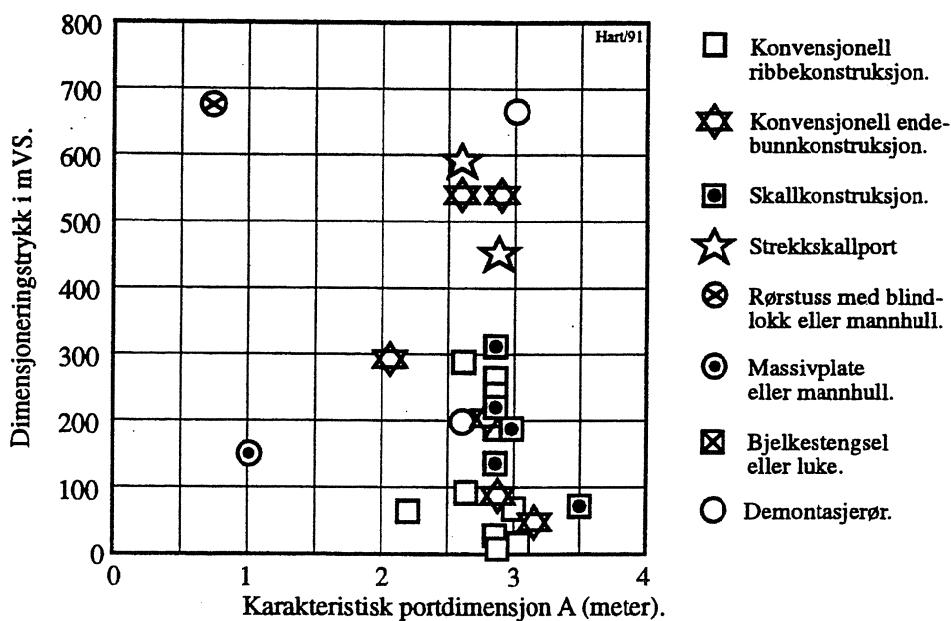
Adkomstorganer er i offentlig forskriftssammenheng ansett som stengeorgan, konfr. NVE-publikasjon 1-91. Hoveddata for et adkomstorgan kan være:

- Fri åpning: For rektangulære tverrsnitt angis dette ved bredde og høyde. For sirkulære tverrsnitt er det tale om innvendig diameter.
- Trykk: Dette angis som det maksimalt forekommende trykk i meter vannsøyle, uten lastfaktor.
- Lengde av stålutforing: Denne størrelse er aktuell for adkomstorganer som står innstøpt i betongpropper og angis som stålutforingens aksiell utstrekning. I noen tilfeller skilles det mellom utforing opp- og nedstrøms portbladets opplagringsramme.



Figur 3.1: Fri kjørebredde i norske tverrslagsporter.

Når det gjelder aktuelle portdimensjoner, gjengir figur 3.1 portåpninger representert ved fri kjørebredde i rektangulære/kvadratiske tverrslagsporter. Dataene er hentet fra referanselistene til norske firmaer som gjennom de siste to-tre tiår har produsert slike konstruksjoner.

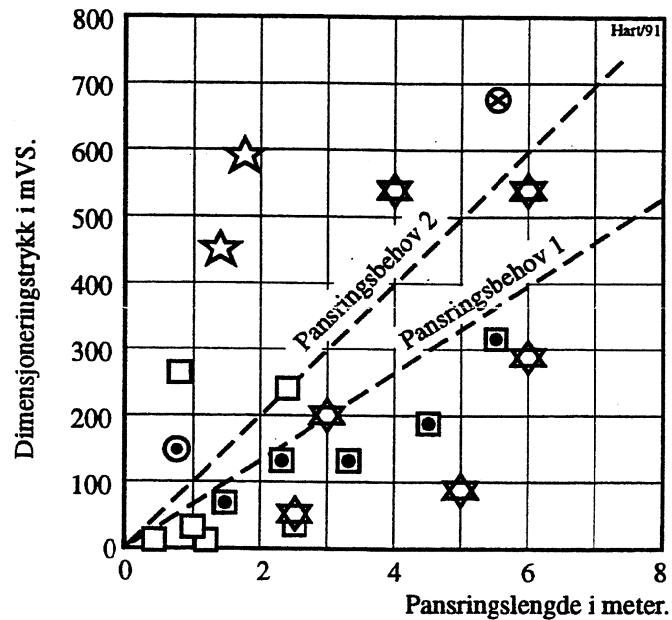


Figur 3.2: Bruksområde for tverrslagsporter.

Vanntrykket for et utvalg ulike norske adkomstorganer fremgår av figur 3.2. Karakteristisk dimensjon A er for adkomstorganer med rektangulær åpning, åpningens bredde. For adkomstorganer med sirkulær åpning blir: $A = 0,75 \cdot d$.

Ved fastleggelse av stålutføringslengde har det vært en noe uensartet praksis. Et ytterpunkt representeres av en gammel håndregel som sier at betongproppens lengde skal

være minst 10 % aktuelt vanntrykk, målt i meter. Dette er i enkelte tilfeller også gjort gjeldende for stålutforingen. Statkraft har på sin side anvendt korte utføringer og har eksempelvis gode erfaringer med lengder på 0,7 og 1,4 meter ved henholdsvis 264 og 447 mVS.



Figur 3.3: Bruksområde for tverrslagsporter.

Figur 3.3 angir pansringslengden for tverrslagsportene fra figur 3.2. Linjene representerer det "pansringsbehov" som to ulike undersøkelser gjennomført i de senere 10-15 år, har konkludert med. Ifm. "pansringsbehov 2" foreligger det en offentlig tilgjengelig rapport publisert ved "Hydropower 92" som ble arrangert på Lillehammer i 1992.

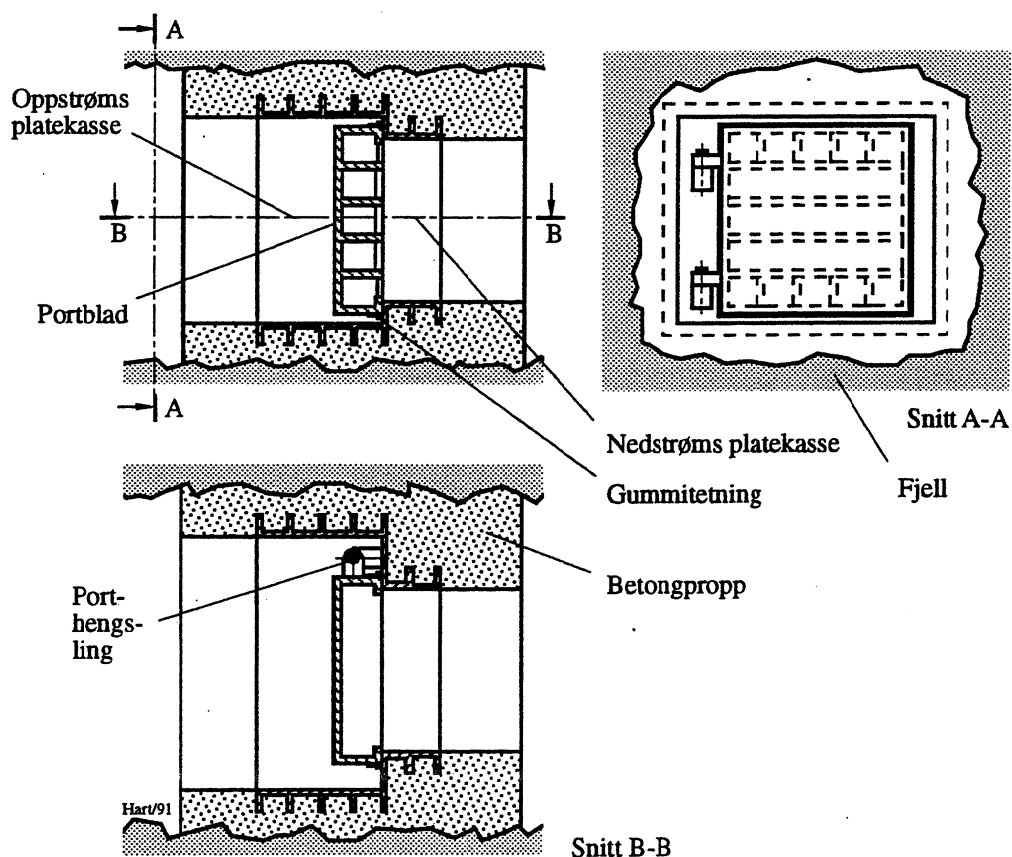
Det kan imidlertid hevdes at ribber og betongkvalitet mer enn pansringslengde blir av betydning for vellykket tetning mellom innstøpte ståldeler og betong. En tommelregel har i denne sammenheng sagt 1 ribb pr. 40 mVS.

På den annen side kan man spørre hvorfor tetning ikke kan etableres på samme måte som ved rørflens hvor det benyttes o-ring. Således kunne man for platekassen definere tetningsstedet til en av de første ribbene. Denne utstyres da med påmonterte injeksjonsledninger eller tetningslister. Om man skal velge første eller annen ribb, avhenger av konstruksjonens utseende. Det er av betydning at man ikke risikerer riss i betongen slik at vannlekkasje ledes forbi tetningsstedet. Samspillet mellom stålkonstruksjon og betong blir også viktig. Der tetningen legges, bør helst kraftfluxen i betongen være slik at det her oppstår trykkspenninger som tetter eventuelle riss.

Konstruksjonsmaterialer som anvendes i tverrslagsporter er stort sett ulegert eller lavlegert stål, i noen tilfeller finkornbehandlet. Fordi adkomstorganer vanligvis enkelt kan gjøres tilgjengelig for vedlikehold, blir det lite aktuelt å benytte korrosjonstrege materialer.

4. Ribbekonstruksjon.

En tradisjonell portkonstruksjon med rektangulær lysåpningen, fremgår av figur 4.1. Løsningen blir i dette manuskript omtalt som "konvensjonell ribbekonstruksjon". Vanlig oppfatning har vært at designet kan være aktuelt i trykkområdet 0-100 mVS, men konstruksjonen er anvendt ved trykk langt over dette. Beregninger viser at økonomisk grense egentlig er langt lavere enn det forannevnte, se kapittel 5.



Figur 4.1: Tverrslagsport med portblad som ribbekonstruksjon.

Tverrslagsporter utført som konvensjonell ribbekonstruksjon kan inndeles i portblad og opplagringsramme samt oppstrøms og nedstrøms platekasse. Ofte bygges sistnevnte sammen med opplagringsrammen slik at de to delene danner en integrert enhet.

Portbladet i figur 4.1 har bæresystem bestående med horisontale plateribber. Kreftene fra vannlasten føres av disse ut til sidene og belaster her opplagringsrammen. Tidligere var det vanlig å benytte flensbjelker i stedet for plateribber i portbladet, men dette gir som regel utilfredsstillende adkomst for blåserensing og maling mellom bjelkene.

I tillegg til at bjelker/ribber i portbladet understøtter frontplate og sideplater, må som regel topp- og bunn-platen avlastes med vertikale ribber ført til nærmeste horisontale ribb, eventuelt bjelke.

Ved opplagringsrammens sider er det viktig at man ved utformingen har tatt hensyn til betonginnstøpingen. Denne må kunne gjennomføres på rasjonell måte som samtidig sikrer forbindelsen mellom ståldeler og betong. Dette har ikke alltid blitt vist nødvendig oppmerksomhet.

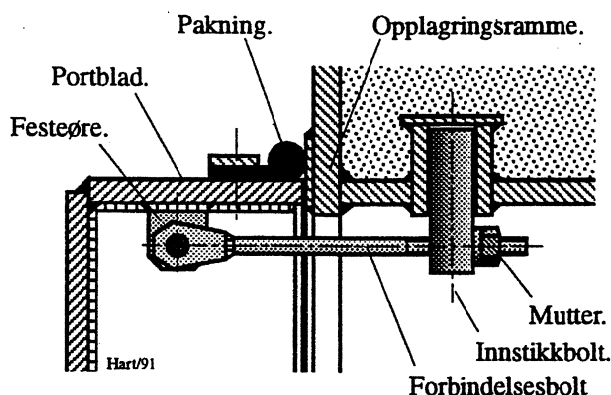
Oppstrøms del av platekassen skal som regel sørge for vanntetning mellom ståldeler og betong. Her er det som tidligere nevnt platekassens ribber, ikke dens vegger, som bør forutsettes som tettende elementer.

Normal trykkbelastning på oppstrøms del av platekassen vil med den foreslåtte plassering av tetning stål/betong bli innvendig overtrykk. For dette understøttes platekassen av bakenforliggende betong. Forholdet bidrar til at riss som måtte ha oppstått i grenseflaten mellom stål og betong under betongherdingen, klemmes sammen når vanntrykket belaster konstruksjonen.

Nedstøm del av platekassen er det derimot vanlig å dimensjonere for utvendig vanntrykk. Tradisjonell tankegang har vært at det blir fullt utvendig vanntrykk frem til opplagringsrammen og at det utvendige trykket avtar til null ved platekassens nedstrøms kant. Kan ribbene med spesifisert tillatt heft til betongen ikke overføre kreftene fra det utvendige vanntrykk, må kreftene overføres til bolter eller klør. Et kritisk tverrsnitt kan imidlertid bli flaten som tangerer ribbetoppene, eventuelt endene på klørne. Det har her forekommet brudd i betongen ved det at denne ikke var istand til å overføre de nødvendige strekkspenninger. I slike tilfeller må kreftene føres til fjellet.

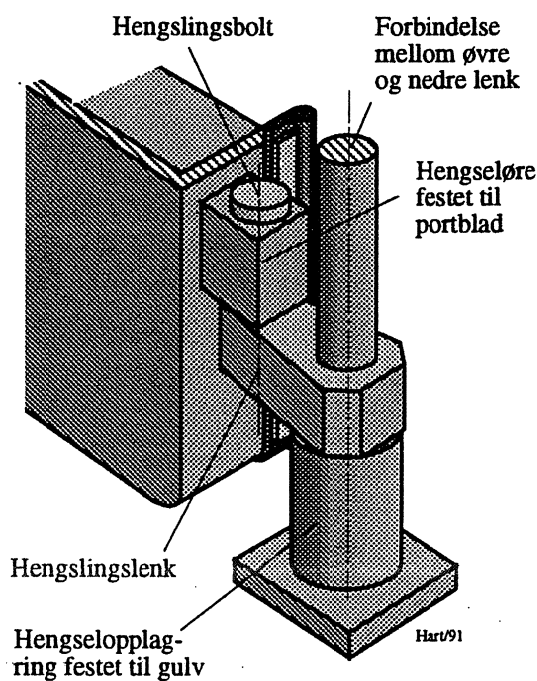
Til tross for det forannevnte er det imidlertid ofte de krefter som oppstår ved innstøping og injeksjon som blir bestemmende for platekassedimensjoneringen. Oppstår det etter noen år lekkasje som man ønsker å tette, er det likeledes viktig at kontrollberegninger for innknekking med aktuelle stemplinger, blir foretatt.

Nedstrøms del av platekassen understøtter portopplagringen og den omkringliggende betong. For betongens del kan det foreligge fare for riss som følge av trykkspenningskonsentrasjonene under opplagringsrammen.



Figur 4.2: Detalj av låsemekanisme for tverrslagsport.

Vannlasten bidrar til å presse portbladet inn mot opplagingsrammen. Under normale forhold er det da ikke nødvendig med bolter som fester portbladet til rammen. Derimot vil man ved oppfylling av vannsystemet ha behov for et mindre antall bolter som sikrer at portens gummipakning ligger tilfredsstillende an mot motgående tettingsflate. Med tanke på ferdselen gjennom porten er det upraktisk at braketter eller festeører ifm. forannevnte bolter rager inn i portens frie tverrsnitt. En måte dette kan løses på, er antydnet i figur 4.2.



Figur 4.3: Detalj av hengsling for tverrslagsport.

Av både figur 4.2 og figur 4.3 fremgår det at gummitetningen på portbladet er en notepakning. Ofte påsveises det portrammen rustfrie lister som motgående tetnings- og opplagingsflate. Pakningsfestet på portbladet kan ellers utformes med avrundede hjørner. Dette gjør det mulig å legge pakningen rundt disse. I motsatt tilfelle bør det for pak-

ningshjørnene benyttes helstøpte hjørnestykker. Hjørneskjøter som limes på montasjestedet har man mindre gode erfaringer med.

Portbladet er hengslet til opplagringsrammens ene side. I noen tilfeller forekommer det støttehjul som er montert under portbladet og som ruller mot en bane i platekassens bunn. Hjulet bør sløyfes hvis det kan legges seg sand eller stein foran porten.

Det er viktig at porten når den av vanntrykket presses mot opplagringsrammen, ikke gir ekstrabelastinger i hengslingen. For dette er det anvendt ulike løsninger, hvor hengslingsforinger med ovale borer blir en. Mest vanlig er imidlertid en dobbel hengslingsmekanisme. Nedre del av en slik fremgår av figur 4.3. For at portbladet ikke skal bli ukontrollerbart ved manøvrering, legges det vanligvis inn visse bevegelsesrestriksjoner i denne type hengslinger.

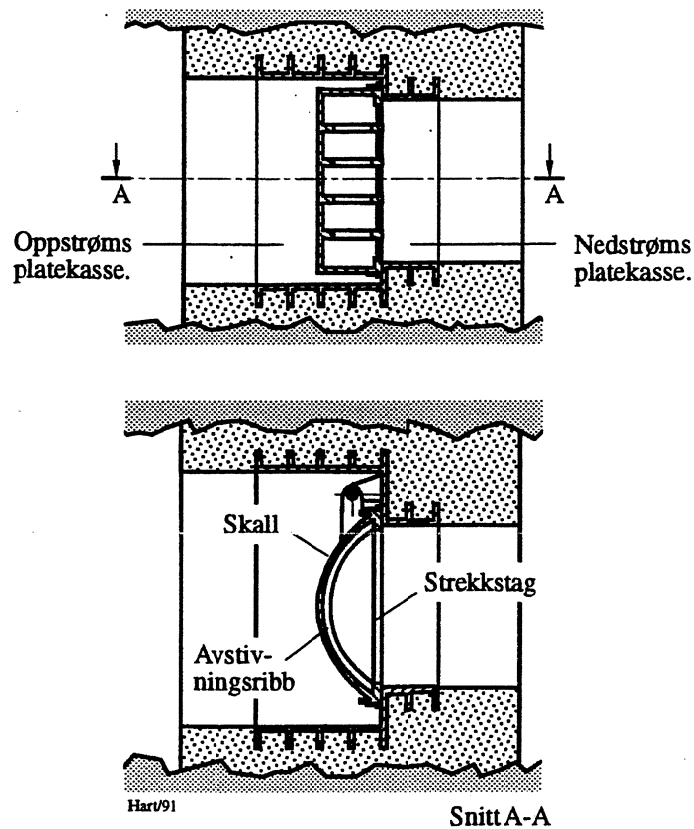
5. Skallkonstruksjon.

En tverrslagsporttype som i prinsipp avviker fra bjelkekonstruksjonen, har portblad utført som skallkonstruksjon, se figur 5.1. Grunnideen er at kreftene fra vanntrykket skal føres som membranspenninger gjennom portbladet til portrammen.

Utførelsen i figur 5.1 lykkes kun delvis med dette. Årsaken er at ribber og endeplater virker forstyrrende inn på spenningsflyten i konstruksjonen og at de i virkeligheten skaper et forholdsvis komplisert spenningsbilde.

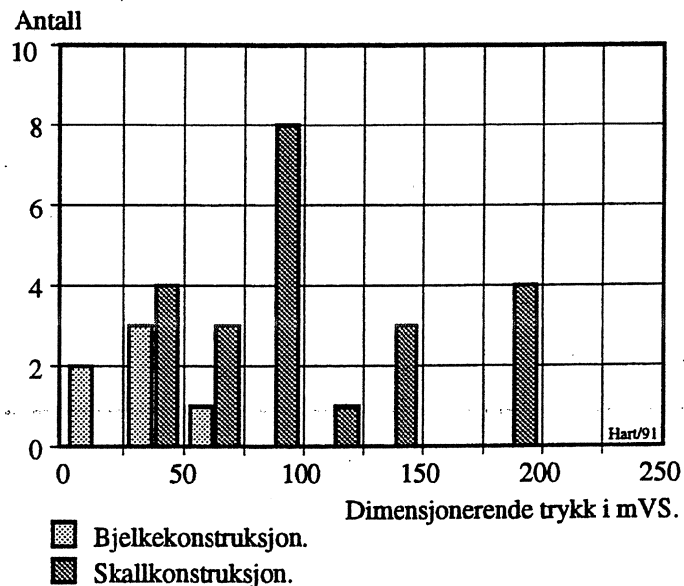
Det har vært hevdet at skallkonstruksjonen er mest aktuelt ved trykk over 150 mVS. Beregninger viser imidlertid at den for portbredder fra 2500 mm og oppover kan være økonomisk selv ved trykk ned mot 20-30 mVS. Dette indikeres også av en referanseliste fra Kværner Energy. Opptelling i denne listen av rektangulære porter med portblad som henholdsvis bjelke- og skallkonstruksjon, med bredde fra 2500 mm til 2800 mm, sortert i trykkintervall på 25 mVS, gir resultat som presentert i figur 5.2.

Skallkonstruksjonens bruddgrensetilstand blir knekking. Dette gir vesentlig forskjell fra bjelkekonstruksjonen hvor bruddgrensen definisjonsmessig nås ved materialflyt, men hvor faktisk brudd ofte først kan forventes ved bruddspenning. I en skallkonstruksjon blir derimot faktisk brudd å henregne til flytespenning. Denne opptrer som maksimalspenning i det tverrsnitt hvor middelspenningen tilsvarer knekkspenningen. Det er dessuten grunn til å påpeke at mens egenspenninger, deformasjoner og andre geometriavvik kan ha liten betydning for bruddsikkerheten i en bjelkekonstruksjon, vil slike forhold i vesentlig grad bidra til å redusere bruddsikkerheten i en skallkonstruksjon.



Figur 5.1: Tverrslagsport med portblad som sylinderskall.

Det må derfor konkluderes at skallkonstruksjoner stabilitetsmessig "har mindre å gå på" enn tilsvarende bjelkekonstruksjoner.

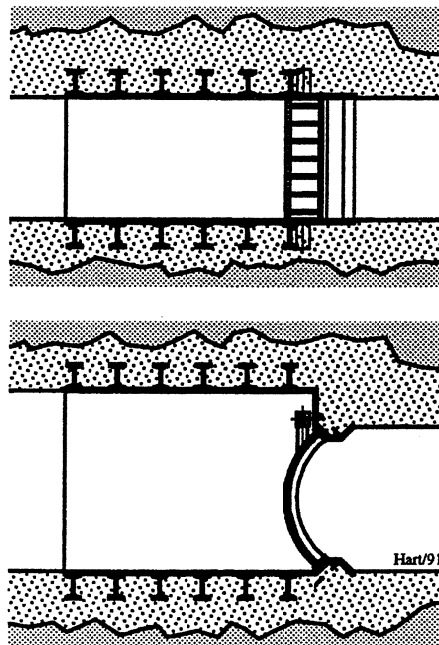


Figur 5.2: Hyppighet av portblad med sylinderskall og ribbekonstruksjon.

Det forannevnte gjør således at skallets geometri ved enhver tilstandskontroll må vies oppmerksomhet. Deformasjoner som eksempelvis har oppstått ved påkjøring av tyngre utstyr eller kjøretøy eller ved uforsiktig behandling, må alltid i utgangspunktet anses skadelig.

Riktignok har man mulighet for å sikre skallet med ribbeavstivning, men dette endrer spenningsfluxen og vil etter hvert som ribbingen øker, omdanne konstruksjonen til en ribbekonstruksjon. Portblad av denne type er egentlig det mest vanlige. Skulle man vært korrekt, ville det defor her vært riktig å benytte betegnelsen "ribbekonstruksjon med buet frontplate".

Som vist i figur 5.1 er portblad med sylindriske skall vanligvis utstyrt med strekkstag. Disse medfører at opplagringskreftene blir parallelle med portens lengdeakse. En konstruksjon uten strekkstag har imidlertid vært levert av tidligere firma Ulf Løvhaug, se figur 5.3.



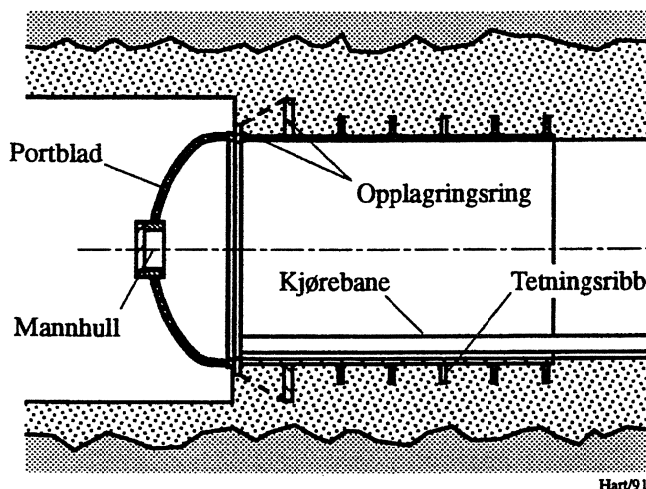
Figur 5.3: Skallkonstruksjon.

Fordi opplagringskreftene i denne konstruksjonen blir tangensielle ift. skallet ved opplagringen, får man et gunstig forhold for videre kraftflux gjennom betong til fjell. Løvhaug-portens portblad har ellers ingen topp- og bunnplate, og skallet er avstivet med ribber uten at dette i særlig grad ødelegger membranspenningene i konstruksjonen. Installasjoner med lysåpning $2,8 \times 2,8 \text{ m}^2$ er levert til flere kraftverk. Dimensjoneringstrykket varierer. Ved et par kraftverk er det over 300 mVS.

Et forhold som kan være uheldig for alle typer skallkonstruksjoner, gjelder innfestingen av hengslingen. Ofte har man sett løsninger hvor denne er påsveist skallet. Ekstraspenningene som dette introduserer, kan være uheldige for konstruksjonens knekkstabilitet. Å kvantifisere virkningen av dette ved beregninger, er særdeles komplisert. I de fleste tilfeller må man derfor nøye seg med å si at løsningen er lite ønskelig.

6. Endebunnkonstruksjon.

En tverrslagsport som benyttes ved trykk over det forannevnte, er den "konvensjonelle endebunnkonstruksjon". Denne har sirkulær lysåpning. Portbladet består av en endebunn som vender sin konvekse side mot vannsystemet. Løsningen fremgår av figur 6.1. En vanlig benyttet lysåpning er $\varnothing 3500$ mm.



Figur 6.1: Endebunnkonstruksjon.

Portbladet presses av vanntrykket mot opplagringen. Denne kan bestå av to flensringer, innbyrdes forbundet via portens stålforing og radielle ribber. Ringkonstruksjonens oppgave er å føre opplagingskreftene ut i den omkringliggende betong. Krefte som virker på den og som det bør tas hensyn, til er komplekse. Oppsummeringsmessig nevnes:

- Kraft fra portbladet, F_p .
- Opplagingskraft fra betongen, F_b .
- Utvendig vanntrykk, F_v .
- Krefte fra nedstrøms stålforing, F_p .
- Vridningsmoment pga. at F_p , F_b og F_s virker på ulike radius.

Et forhold som gir usikkerhet, er overføringsmuligheten for radielle krefte i anleggsflaten mellom portblad og opplagingsring. Ved trykksetting vil de to delene få ulike

tangensialspenninger og derved ulik radiell deformasjon. Dette tilsier en relativ bevegelse, noe friksjonskreftene mellom delene søker å forhindre. Skulle det imidlertid oppstå usymetriske radialbevegelser, oppheves portskallets rotasjonssymmetriske spenningstilstand. Dette virker i neste omgang uheldig for konstruksjonens knekkstabilitet. Smell som er observert fra konstruksjoner under trykksetting, tas til inntekt for at nevnte bevegelser forekommer.

Usikkerheten som følger av det forannevnte, har medført at man har tenkt seg styrekanter eller konsentriske riller i anleggsflatene mellom portblad og opplagringsring for her å frembringe fortanningseffekt. Problemet er imidlertid at opplagringsringen ved innstøping og injeksjon kan bli urund slik at rillene ikke passer til hverandre. En mulig løsning blir selvsagt da at rillene i maskineres på anleggsstedet. Dette er imidlertid både kompliserende og fordyrende. De fleste tverrslagsporter av angjeldende type er derfor laget med plane anleggsflater. Det må også understrekes at det ikke er registrert skader/uhell som kan forbindes med det antatte problem.

Stålforingen nedstrøms opplagringsringen skal i minimal grad overføre opplagringskrefter. Derimot støtter foringen betongen ved opplagringsringen og hindrer at det her skjer skjærspenningsbrudd.

I tillegg skal stålforingen etablere vanntetning mellom stål og betong og utstyres derfor med ribber. Disse øker dessuten pansringens evne til å motstå utvendig overtrykk. Vanlig krav er at dette forutsettes lik det maksimale statiske trykk ved opplagringsflensen, avtagende til en tredjedel av dette ved nedstrøms kant. Til dette kan det imidlertid være ulike synspunkter.

Usikkerhet knyttet til forannevnte stålforing skyldes risiko for riss som kan oppstå etter utharding av betong eller som følge av deformasjoner når porten trykkesett. Rissene vil kunne gå fra ribbetopp til ribbetopp og derved lede vanntrykket inn langs pansringen på utsiden av denne, utenom ribbene. Forholdet påfører konstruksjonen nye deformasjoner med ytterligere vekst av rissene som mulig resultat. Selv om intensjonen er å etablere tetning ved pansringens oppstrøms ende, vanskeliggjøres dette av de nevnte riss og mekanismen som kan få disse til å videreførplante seg. To tiltak kan imidlertid gjøres for å hindre dette.

- Etter utharding og nedkjøling av betongproppen injiseres det mellom stålutforing og betong med et trykk som overskrider det maksimale vanntrykk. Ved dette etableres det en forspenning som også bør kunne være tilstede etter at konstruksjonen er vanntrykkbelastet.
- Tunnel med propp hvor tverrslagsporten står montert, utformes konisk slik at det ved trykksatt konstruksjon oppstår radielle trykkspenninger i betongproppen.

Tetningen mellom portblad og opplagringsring består vanligvis av en gummisnor med sirkulært tverrsnitt, $\varnothing 10 - \varnothing 15$ mm. Snoren ligger ofte fastlimt i et o-ring-spor i portbladets flens. Ettersom anleggsflatene mellom portblad og opplagringsring i alle tilfeller bør maskineres, blir denne løsningen rimeligere enn en løsning med notepakning. Rustfrie flater i tetningsområdet anses ofte fordelaktig.

Når det gjelder hengslinger og festebolter for portbladet, vises det til det som tidligere er nevnt for tverrslagsporter med rektangulær lysåpning. I tillegg er det også her viktig at man ikke sveiser braketter eller festepunkter for bolter og hengslinger inn i de områder av endebunnen som blir mest knekkutsatt, se også siste avsnitt i kapittel 4.

Spesielt for adkomstorganer med sirkulær lysåpning blir at pansringen er lite skånsom for hjulene til de kjøretøyer som skal gjennom den. Ofte kan det derfor være aktuelt å bygge opp en kjørebane. Provisoriske kjørebane vil imidlertid kunne skade rørpansringens korrosjonsbeskyttelse. En god og permanent løsning er betongoppstøping som vist i figur 5.1. Dette skjer i forskallingskasser av stål som portleverandøren besørger sammen med rørpansringen. Ved oppstrøms og nedstrøms ende kan man ha ramper for å komme opp fra tunnelsålsens nivå til kjørebane i porten. Oppstrøms rampe må være demonterbar.

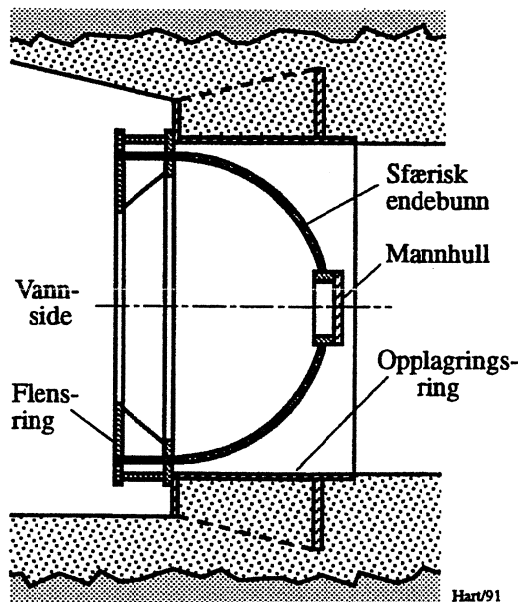
6. Strekkskallkonstruksjon.

Statkraft fikk i sin tid utviklet en portkonstruksjon for store dimensjoner og høye trykk. Denne kan kalles strekkskallport fordi portskallet er laget av en halvkuleformet endebunn som får innvendig overtrykk. Konstruksjonen er produksjonsmessig mer komplisert enn den konvensjonelle endebunnkonstruksjonen og blir følgelig dyrere.

Kuleskallet er festet inn i en flensring sammensatt av to solide plane plateringer. Disse forbindes med radielle ribber. I tillegg lukkes ringtverrsnittet mot den ytre periferi med plater som samlet danner en sylinderflater. Denne understøtter også flensringens anleggsflate mot opplagringsringen. At flensringen gis vrenningsstivhet blir viktig mhp. spenningene i kuleskallet. Ribbene er dessuten av betydning for overføringen av kreftene fra skallet til flensringen.

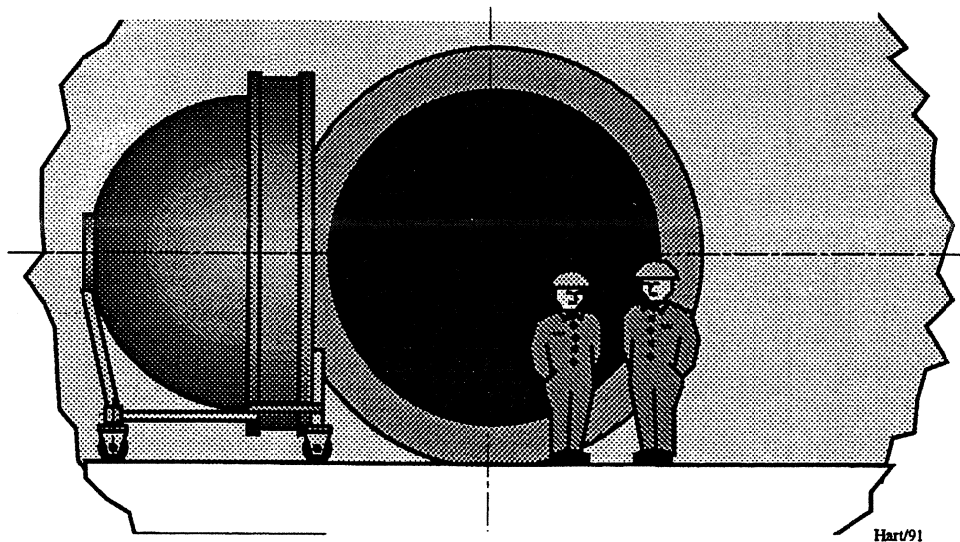
I første utgave av konstruksjonen ble portbladet spent fast til opplagringsringen ved hjelp av kiler slik at radielle krefter kunne overføres mellom delene. Dette medførte at den innstøpte opplagringsflensen ved trykksettingen av konstruksjonen ble presset utover. Ved dette håpet man å klemme sammen og tette eventuelle betongriss rundt ringens periferi.

En videreutvikling er siden foretatt og fremgår av figur 4.4.15. Her har man valgt å sløyfe kileforbindelsen mellom portblad og opplagingsring. Det forutsettes da at flatene skal gli mot hverandre. Av denne grunn skal friksjonskoeffisienten her være lavest mulig. Risikoen for at skadelige sjokkbelastninger skal oppstå i konstruksjonen, er vurdert. Relativ radiell bevegelse mellom delene blir mellom 1 og 2 mm.



Figur 7.1: Strekkskallport.

I oppstrøms pansringsende er det lagt en tetningsmembran som forutsetningsvis ikke skal skades av pansringens radielle bevegelser. Skulle det likevel her oppstå vanntrykkførende betongriss i pansringens lengderetning, vil disse stoppes når de når trykksone ved pansringens nedstrøms ende.

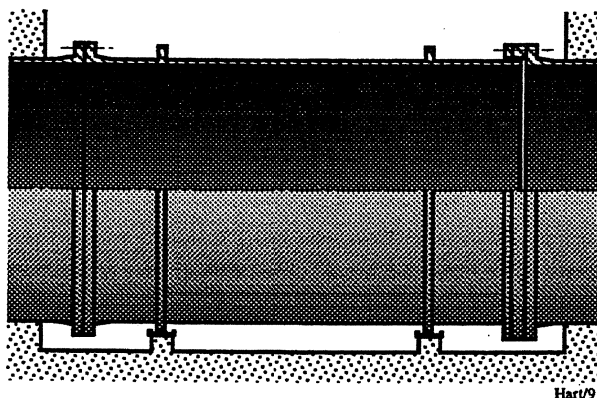


Figur 7.2: Strekkskallport parkert i åpen posisjon

De to portene som av nevnte type er laget, mangler hengsling. Dette skyldes utformingen av betongproppen som gjør det vanskelig å få svingt portbladet bort fra kjøretverrsnittet. Ved første utgave vippes porten 90° slik at den blir liggende med oppstrøms side ned. Da kan den kjøres på 4 skinnegående hjul til parkeringsplass lenger inn i tverrslaget. Den siste porten blir også utstyrt med hjul når den skal demonteres, dog slik at den kjøres stående. Det benyttes 3 hjul hvorav det ene er svingbart. Portbladet kan derved settes inn mot tunnelveggen umiddelbart oppstrøms betongproppen, se figur 7.2. Under første fase av portdemontasjen bæres portbladets nedstrøms ende av en talje opphengt i pansringens tak.

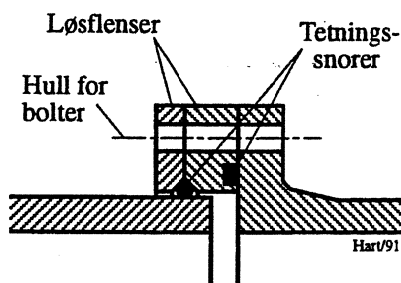
8. Demontasjerør.

Ved mange kraftverk har man et tverrslag til undervannstunnelen som krysser tilløpsrørets trasé. Tilfredsstill tilløpsrøret et adkomstorgans tverrsnittsspesifikasjoner, kan det bli aktuelt å installere demontasjerør for å dekke adkomstfunksjonen, se figur 8.1.



Figur 8.1: Demontasjerør.

Demontasjerøret har vanligvis fast flens i oppstrøms ende, mens nedstrøms flens er utført med løsslens, se figur 8.1.



Figur 8.2: Detalj av demontasjeflens.

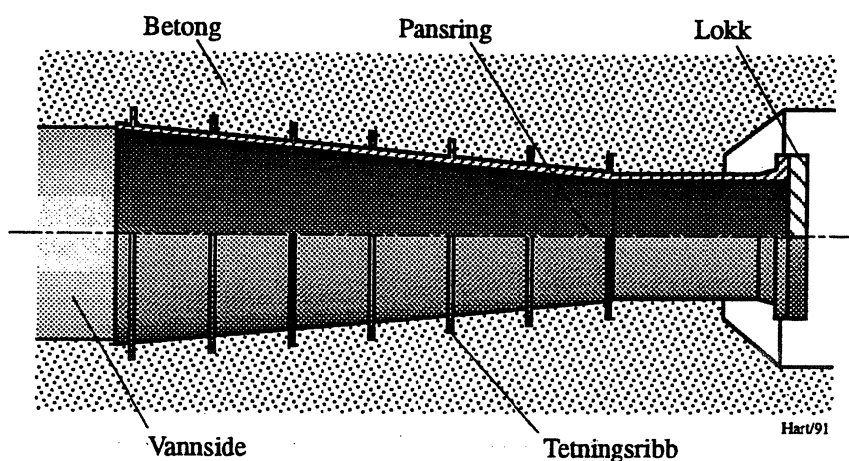
Ved demontasje rulles røret til side på et plant og fast underlag, eksempelvis bjelker. Det bør også lages styrekanter som fikserer demontaserøret i aksial retning. En annen løsning er at det i taket over demontaserøret monteres en kjørbar talje. Dette krever imidlertid nøyaktig plassering av både talje og løfteører.

Når røret er trukket tilbake fra oppstrøms flens og ligger an mot nevnte styrekant, bør det av hensyn til o-ringene i oppstrøms flens her være en klaring på 20-25 mm. Dessuten er det praktisk at man ved oppstrøms flens har trykkskruehull for å skille flensene. Festepunkter for utstyr med hvilket man kan vri demontaserøret slik at flensenes bolthull passer overens, blir nyttige detaljer.

For demontasjeflensen på rørets nedstrøms ende kan liten klaringen mellom løslensers og rør by på problemer hvis det her er tykke lag med maling. En kostbar, men praktisk løsning blir det om det utenpå røret, under flensene, legges et rustfritt beleg. Løslensene bør utstyres med hull for trykkskruer både med tanke på å skille løslensene innbyrdes samt for å trekke dem bort fra motgående flens.

8. Rørstuss med blindlokk.

Rørstuss med nedstrøms flens og blindlokk blir sjelden benyttet som tverrslagsport. Ikke desto mindre har man i nyere tid installert en slik port. Av hoveddata refereres:
Trykk = 673 mVS og åpning = $\varnothing 900$ mm



Figur 8.1: Rørstuss med blindlokk for høyt trykk.

Dimensjonsmessig ligger konstruksjonen i grenseområdet mellom port og mannhull. Medvirkende ved valg av utførelse var det beskjedne tverrsnittet. Portarrangementet fremgår av figur 8.1. Aksialbelastningen overføres til betongen fra pansringens koniske del og ledes herfra på skrå ut mot fjellet.

9. Oppsummering vedr: tilstandskontroll.

For kontroll og vedlikehold vises det generelt til "Tilstandskontroll av vannkraftverk. Håndbok: Vannvei." Enkelte forhold som det kan være grunn for å tillegge spesiell vekt blir:

- Alle porter bør ved både lavt og høyt trykk kontrolleres mhp. lekkasje. Lekkasje-kontroll omfatter både tetningen mellom portblad og opplagingsramme samt tetningen mellom stålforing og betong. Oppmeksomhet bør man dessuten ha på eventuelle lekkasjer i selve betongproppen.
- Det kontrolleres at det på stålforing ikke har oppstått innbuling. Spesiell oppmerksomhet bør vies utforingen umiddelbart nedstrøms portopplagringen. Buling her kan indikere skjærspenningsbrudd i bakenforliggende betong og at portopplagringen svikter.
- Portblad med ribbekonstruksjon er vanligvis robuste. Viktigst blir det å kontrollere at konstruksjonen i høyt påkjente deler ikke er uakseptabelt skadet av korrosjon.
- Et spesialtilfelle er portblad med nedstrøms plate på oppstrøms bjelker. For denne konstruksjon blir det særdeles viktig at forbindelsen mellom plater og bjelker kontrolleres.
- Skallkonstruksjoner med trykkspenninger må kontrolleres mhp. bulker. Slike kan gi betydelig bruddsikkerhetsreduksjon. Spesielt bør man vurdere skallstabiliteten hvis hengslingen er innfestet i skallet.
- Henslede porter som det ved tunnelinspeksjon skal renne vann ut av og som åpner mot vannstrømmen, bør mhp. sikkerhet for at den ikke skal lukkes når det er personell innenfor, være utstyrt med låsemekanisme for åpen stilling.
- Tapperør som er montert i tilknytning til tverrslagsporter, må kontrolleres mhp. korrosjon som eventuelt kan svekke røret slik at det oppstår fare for brudd.
- Åpner porten innover mot vannsystemet, må det kontrolleres at et ikke legger seg opp løsmasser foran porten slik at denne blokkeres.

De viktigste skademekanismene for et adkomstorgan blir dessuten:

- Korrosjon pga. dårlig korrosjonsbeskyttelse.
- Deformasjon pga. uforsiktig behandling.

- Blokkering pga. løsmasser.
- Pakningsskade pga. uforsiktig behandling.
- Innknekking av platekasse pga. utilstrekkelig forankring/dimensjonering.
- Kalkutvasking pga. lekkasje.