

Stengsler i kraftverksvannveien

Beskrivelse

Forfatter: Ragnar Hartmann, Statkraft Engineering as

04.10.95

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. Bjelkestengsler.	2
3. Nålestengsler.	9
4. Hydroplus-systemet.	12

1. Hensikt og målsetting.

Dette manuskript er laget i tilknytning til et kurs om luker, ventiler, rør og varegrinder, herunder også stengsler. Manuskriptet beskriver bjelke- og nålestengsler. Dessuten omtales Hydroplus-systemet som er et nødåpnesystem. Det gis praktiske råd som kan være til nytte ved anskaffelse og bruk av de nevnte konstruksjoner.

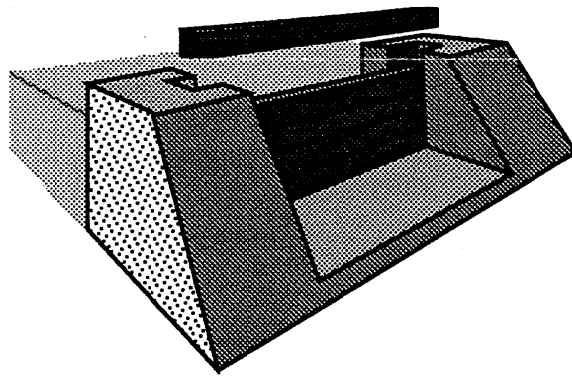
Kursets målgruppe er personell ved vannverk og i kraftforsyning. Det kan være fordelaktig om kursdeltagerne på forhånd har noe kjennskap til de elementer som omtales. Dette blir dog ingen forutsetning.

Alle dimensjoneringsformler er veiledende. Det samme gjelder de angitte kapasitetskurver. Det tillates ikke at manuskriptet benyttes som primær referanse ved faktisk dimensjonering.

Manuskriptet bygger i det vesentligste på tilsvarende manuskript utarbeidet av undertegnede for EEU-kurset "Damsikkerhet II".

2. Bjelkestengsler.

Bjelkestengslet blir for visse formål et både funksjonelt og billig avstengingsorgan. Skjematisk er bjelkestengslet vist i figur 2.1.



Figur 2.1: Bjelkestengsel.

I vannkraftsammenheng kommer bjelkestengslet til anvendelse når man har behov for avstenging uten at dette tilsier en lukeløsning.

Bjelkestengslet benyttes også som reguleringsorgan. Dette anses dog ikke som noen god løsning. Fra rapport utarbeidet av Vassdragsdirektoratet etter oktober-flommen i 1987 siteres: "Den flomløpstypen som ga flest problemer, var løp med horisontale bjelker. Når vannet begynte å gå over bjelkene ble det vanskelig, ja til slutt nærmest umulig å få opp de siste bjelkene. Dessuten ble det etter hvert sikkerhetsmessig uforsvarlig å fortsette manøvreringen."

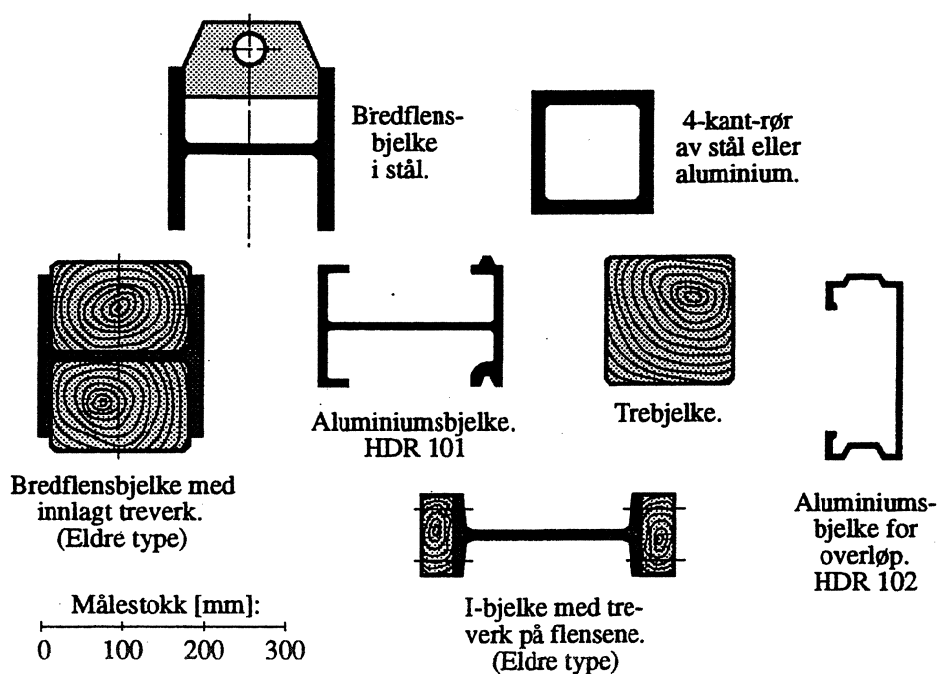
Som avstengingsorgan i kraftverksvannveien er bjelkestengslet best egnet for åpninger med moderat bredde. Praktiske hensyn gjør bjelkestengslet mindre anvendbart ved større dyp. I de fleste tilfeller blir bjelkestengslet montert til opp over frispeil. Konstruksjoner med topptetning forekommer sjelden.

Bjelkestengsler kan være utført i treverk, men stål eller aluminium anvendes når spennvidden eller trykkforholdet tilsier store belastninger. Ved de høyeste belastninger er stål enerådende. Av spesielle løsninger nevnes buebjelker og kasseelementer. For kasseele-

mentene kan det bli en definisjonssak om betegnelsen bjelkestengsel eller delt glideluke skal benyttes.

Et fjerde materialvalg, er betong. I mindre grad benyttes dette for stengsler i vannveien. Betongbjelker er først og fremst aktuelle når man ønsker bjelker i et varig materiale samtidig som vekten spiller mindre rolle. Et av bruksområdene for betongbjelker blir i tverrslag ned til avløpstunneler hvor et bjelkestengsel kan demme oppsvinget som kommer ved regulering i kraftverket.

Aluminium anses fordelaktig på grunn av lav vekt, høy fasthet og forholdsvis god korrosjonsmotstand. Mens $\rho_{\text{stål}} = 7800 \text{ kg/m}^3$ blir $\rho_{\text{alu}} = 2700 \text{ kg/m}^3$. Det finnes dessuten ekstruderte aluminiumsprofiler som er spesielt designet for bjelkestengselbruk. For disse er materialets flytegrense av samme størrelsesorden som for stål. Selv om kg-prisen kan være mange ganger stålets, vil dette i en viss grad motvirkes av forskjellen i densitet. Det er et inntrykk at mange kraftverkseiere på grunn av lavere vekt og større håndterlighet ofte foretrekker aluminiumsbjelker fremfor stålbjelker.



Figur 2.2: Forskjellige typer bjelkestengselbjelker.

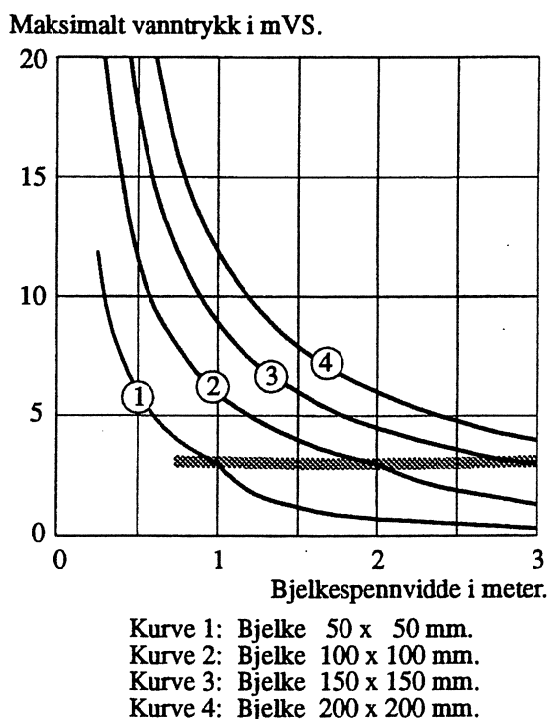
Korrosjonsmotstanden for aluminium må ikke overvurderes. Lagres bjelkene utildekket i tunnel med drypp, kan dette medføre betydelige punkttæringer. Alkaliebestandigheten for aluminium er også lite tilfredsstillende. Av denne grunn bør aluminiumskonstruksjoner ikke komme i kontakt med betong. Ved kortvarig bruk synes surt vann eller potensialforskjell i forhold til rustfritt stål i føringer å ha mindre betydning. Det kan imidlertid være en ide å legge gummilister i føringene, eventuelt lime gummi på bjelkenes anleggsflater

mot føringene. Dette isolerer aluminiumskonstruksjonen fra det edlere rustfrie stålet. Samtidig kan gummien også bidra til bedre tetting.

Noen absolutt økonomisk eller praktisk grense for overgang fra trebjelker til metalliske bjelker kan det være vanskelig å gi. Trebjelker med dimensjon $200 \times 200 \text{ mm}^2$ blir benyttet. Samtidig finnes det aluminiumsprofiler som dekker bruksområdet for aktuelle trebjelke-dimensjoner.

Tidligere ble bjelkestengsler også utført med materialkombinasjonen stål/tre. Stålet var da det bærende element, mens treverket etablerte tetning.

Forskjellige bjelketyper er antydnet i figur 2.2. Ved bruk forutsettes det at profiler som er usymetriske, belastes med vanntrykk rettet fra venstre mot høyre som orientert i figuren. For flensbjelker blir vanligvis nedstrøms flens bjelkens tettende element.



Figur 2.3: Kapasitetsdiagram for trebjelker.

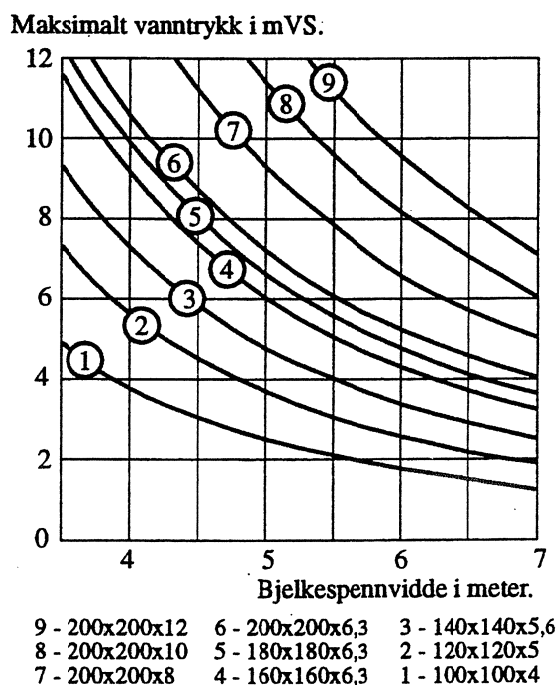
Uansett type og plassering bør bjelker dimensjoneres iht. krav som minst tilfredsstiller Damforskriftene. I den grad personell i arbeidssituasjon skal oppholde seg nedstrøms et bjelkestengsel, kan dessuten Arbeidstilsynet stille ekstrakrav. I praksis er slike krav til nå i liten grad registrert. Bjelkenes nedbøyning kan imidlertid bli fokusert. Stor nedbøyning gir ofte en følelse av utrygget for dem som oppholder seg bak avstengingen. I spesielle tilfeller skal man ikke se bort fra at et krav om maksimalt tillatt nedbøyning i praksis blir

det egentlige dimensjoneringskriteriet. I sammenheng med annet utstyr har eksempelvis 1:500 vært ansett som grenseverdi for forholdet mellom deformasjon og spennvidde.

Det må ellers påpekes at aluminium har elastisitetsmodul på omkring $7 \cdot 10^4$ MPa. Dette er størrelsesorden tredjeparten stålets elastisitetsmodul og medfører at en aluminiumsbjelke belastet til samme materialspenning som en stålbjelke, vil få tre ganger så stor utbøyning.

For konstruksjoner som dimensjoneres med tanke på et bruddkriterium, kan det nevnes at det for trebjelker gjelder spesielle forhold som en brukeren bør være klar over. Tre som konstruksjonsmateriale har varierende fasthetsegenskaper avhengig av hvordan spenningsretningen ligger i forhold til fiberretningen. Det er også et faktum at treet i liten grad tåler skjærspenninger i fiberretningen. For et bjelkestengsel med trebjelker må derfor bruddgrensetilstanden kontrolleres med hensyn på både bøyespenninger og skjærspenninger. Et kapasitetsdiagram som viser sammenhengen mellom tverrsnitt, spennvidde og tillatt vanntrykk er vist i figur 2.3.

For I-bjelker med treplanker boltet utenpå flensene som vist i figur 2.2, bør man være klar over at treverket på nedstrøms bjelkeflens blir konstruksjonens tettende element. Befestigelsen mellom treplanke og stålbjelke skal derfor med dimensjonering for ugunstigste lastsituasjon tåle fullt vanntrykk mellom planke og bjelkeflens.



Figur 2.4: Kapastetsdiagram for firkanttrør i St 44.3.

Beregning av stålbjelker skjer i henhold til NS 3472. Last- og materialfaktorer er gitt i Damforskriftene og blir henholdsvis 1,2 og 1,4. Det kan diskuteres om man skal benytte

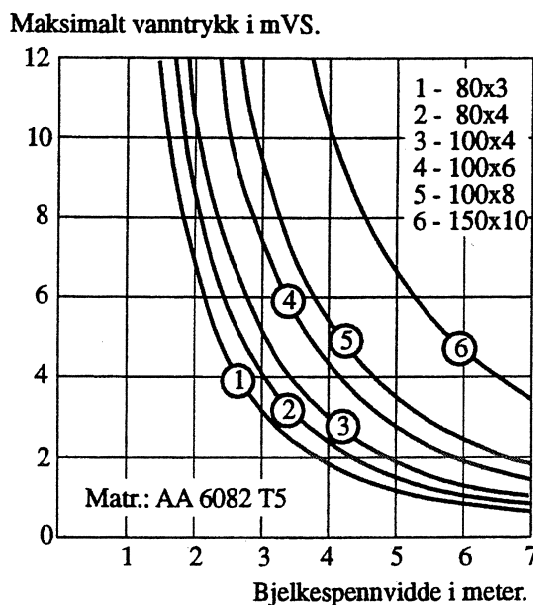
rustfradrag ved beregningen. Blir bjelkene lagret tørt samtidig som bruken er kortvarig og man sørger for at bjelkene blir grundig inspisert av kvalifisert personell før bruk, skulle det ikke være noen saklig grunn for at rustfradraget skal komme til anvendelse. Figur 2.4 gjengir kapasitetsdiagrammet for bjelkestengselbjelker av firkantør i St 44.3. I praksis viser det seg også at det er 4-kant-rør i høyfast materiale som blir billigste løsning når stålbjelker kommer til anvendelse.

Beregning av aluminiumskonstruksjoner skjer i henhold til NS 3471. Enkelte forhold som er spesielle for aluminium, kan det være grunn til å fremheve.

Karakteristisk materialfasthet skal for bruddgrensetilstandsberegninger settes lik garantert $\sigma_{0,2}$, men ikke høyere enn 80% av σ_b . Er konstruksjonen sammenhengende belastet i mer enn 1000 timer (6 uker), erstattes $\sigma_{0,2}$ med en redusert verdi. Kan langtidslasten settes lik maksimumlasten, blir den reduserte verdien: $\sigma_{0,2 \text{ red}} = 0,8 \cdot \sigma_{0,2}$

Hvis man både har langtidslast og $\sigma_{0,2} > 0,8 \sigma_b$, forlanger NVE iht. notat av 15.03.91: $\sigma_{0,2 \text{ red}} = 0,64 \cdot \sigma_b$

I samme notat åpnes det imidlertid for mulighet til å sette γ_m lik 1,26. Dette kan diskuteres. Meget taler for at verdien bør være den samme som Damforskriftene krever for stålkonstruksjoner, mao. 1,4.

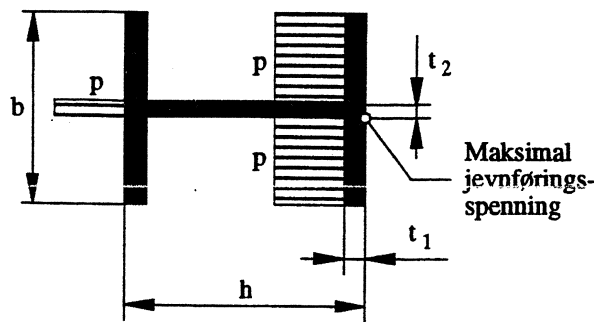


Figur 2.5: Kapasitetsdiagram for firkantør i aluminium fra Raufoss.

Et belastningsdiagram for firkantør i aluminium AA 6082 T5 fra Raufoss er beregnet i overensstemmelse med NS 3471 og fremgår av figur 2.5. Som verdier for $\sigma_{0,2}$ og σ_b be-

nyttes henholdsvis 290 MPa og 320 MPa. Ved beregningen har man satt γ_m lik 1,4. Belastningene er angitt for langtidsbruk, dvs. bruk ut over 1000 timer.

Ved dimensjoneringen av stål- eller aluminiumsbjelker slik dette er utført foran, skal en ellers være klar over at profilbjelker får toakset spenningstilstand. Tenker en seg en bredflensbjelke som vist i figur 2.6, med spennvidde l_{bjelke} , og vanntrykk p (kraft pr. flateenhet), blir spenningene å beregne som gitt nedenfor:



Figur 2.6: Snitt I-bjelke.

Maksimalt moment i bjelkeretning: $M_x = \gamma_f \cdot p \cdot b \cdot l_{bjelke}^2 / 8$

Maksimat moment på tvers av bjelkeretn.: $M_y = \gamma_f \cdot p \cdot l_{bjelke} \cdot (b - t_2)^2 / 8$

Maksimal bøyespenning i x-retning: $\sigma_x = 6 \cdot M_x / (b \cdot h^2 - (b - t_2) \cdot (h - 2 \cdot t_1)^2)$

Maksimal bøyespenning i y-retning: $\sigma_y = 6 \cdot M_y / (l_{bjelke} \cdot t_1^2)$

Punktet som i følge figur 2.6 har størst jevnføringsspenning, har strekkspenning i x-retning og trykkspenning i y-retning. I jevnføringsspenningsformelen kommer derfor σ_y ut med negativt fortegn. Setter man derfor inn spenningenes tallverdier, må formelen følgelig skrives som angitt nedenfor.

Maksimal jevnføringsspenning: $\sigma_j = (\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot (-\sigma_y) + \sigma_y^2)^{0,5}$

Tilsvarende får man for kvadratisk firkantør med spennvidde l_{bjelke} , utvendig bredde b , tykkelse t og vanntrykk p .

Maksimalt moment i bjelkeretning: $M_x = \gamma_f \cdot p \cdot b \cdot l_{bjelke}^2 / 8$

Maksimat moment på tvers av bjelkeretn.: $M_y = \gamma_f \cdot p \cdot l_{bjelke} \cdot (b - 2t)^2 / 16$

Maksimal bøyespenning i x-retning: $\sigma_x = 6 \cdot M_x / (b^3 - (b - 2t)^3)$

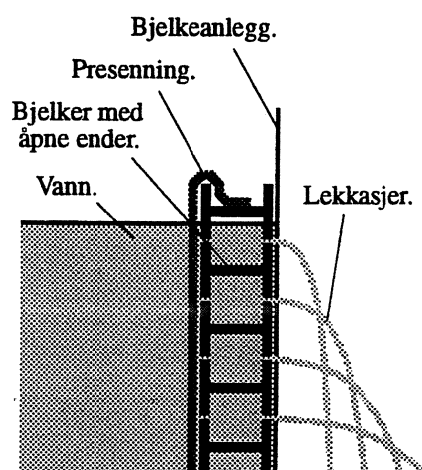
Maksimal bøyespenning i y-retning: $\sigma_y = 6 \cdot M_y / (l_{bjelke} \cdot t^2)$

For visse bjelketyper er vipping et spesielt problem. Mest utsatt blir profiler med liten torsjonsstivhet. Vippemekanismen består i at den delen av bjelken som er utsatt for trykkspenninger, knekker ut sideveis. For bjelkestengsler hvor bjelkene vanligvis er horisontale, vil dette si at bjelkene vrir seg opp i forkant. firkanttrør vil ikke være utsatt for vipping fordi et lukket tverrsnitt er meget torsjonsstivt. For stålbjelker har man videre en betydelig vekt som hindrer at de nederste og mest påkjente bjelkene løfter seg. Det er følgelig flensbjelker av aluminium som først og fremst må fokuseres i forbindelse med vipping.

Når et bjelkestengsel settes eller fjernes, er det en fordel om dette kan skje i stillestående vann. Må manøvreringen utføres i sterkt strømmende vann, blir operasjonen komplisert fordi det da oppstår betydelige hydrauliske krefter på konstruksjonene. Avhengig av bjelketypen finnes det en mengde mer eller mindre avansert utstyr for hukiing og manøvrering.

Ofte kan det mellom bjelkene i et bjelkestengsel bli forholdsvis stor lekkasje. Trebjelker med sin evne til å svulle har i denne sammenheng fordeler i forhold til bjelker av metalliske materialer. Visse spesialprofiler i aluminium er riktignok utstyrt med not og fjær. Dette gir tetning mellom bjelkene som i praksis synes å fungere godt. Ved bjelkenes anlegg i føringene kan imidlertid lekkasjen bli betydelig hvis overflaten her er ujevn.

Mauring er vanlig metode for å tette lekkasjer. Det kan også i enkelte tilfeller legges plastduk eller presenning på bjelkene. Må arbeidet utføres av dykker, bør man ha oppmerksomhet på den risiko som er tilstede ved at dykkeren kan suges inn mot et lekkasjeområde og her blir sittende fast.



Figur 2.7: U hensiktsmessig tildekking av flensbjelker med presening.

Anvender man duk som vist i figur 2.7 hvor bjelkene har åpne ender, er det lite å oppnå med duken. Her er det spaltene mellom nedstrøms bjelkeflenser som skal tette. Å legge duken på oppstrøms flenser har da liten hensikt. Var bjelkene utstyrt med endestykker,

ville saken vært en annen. Tilpassing og innsveising av endestykker innebærer imidlertid fordyrelse av stengslet.

Heller ikke med mauring vil man for eksemplet i figur 2.7 ha særlig mulighet for å lykkes. Mauremassen må i så fall inn mellom bjelkenes flenser og steg. Dette oppnår man ikke ved blott å tømme massen ut i vannet foran bjelkestengslet.

Med tanke på tettheten kan det påpekes at firkantrør vil fungere bedre enn flensbjelker. I forbindelse med rørenes hjørneavrunding får man riktignok lekkasje ved opplagringene, men dette kan tettes ved hjelp av mauremasse som tømmes ned langs føringene.

Bjelkestengslets føringer ble tidligere laget som utsparinger direkte i murverk eller betong. Stålførede føringer foretrekkes imidlertid fordi man med slik løsning oppnår tettere bjelkestengsel. Samtidig får man ved dette også bedre mulighet til å oppnå en gunstig overføring av opplagringsskreftene fra bjelkene til betongkonstruksjonen. Et tredje moment er at ståloverflaten reduserer friksjonen mellom bjelker og føring. Dette er en fordel hvis bjelker skal manøvreres i strømmende vann.

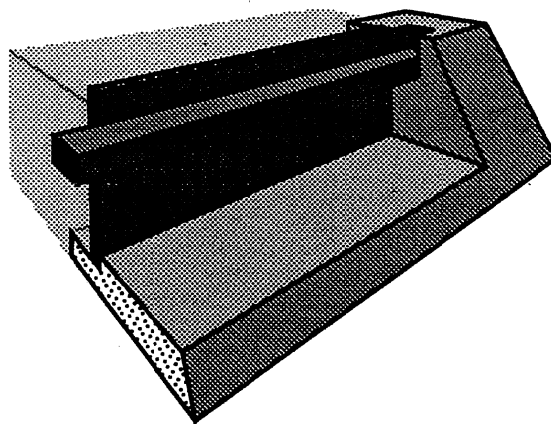
En spesiell type bjelkestengsel er buestengslet. Dette blir som regel laget av oppvalsede stålbjelker, men kasseelementer forekommer også. I noen tilfeller har disse blitt fylt med betong for å øke konstruksjonens stivhet.

Bjelkestengslet er som tidligere nevnt best egnet for sjelden forekommende avstenging av vannveien når setting og åpning kan skje i stillestående vann. Så langt det er praktisk gjennomførbart bør alle tunnelåpninger utstyres med bjelkestengselføringer. Bjelkestengslet gir da ekstra revisjonsavstengingsmulighet.

Når det gjelder uhell i forbindelse med bjelkestengsler, er det et faktum at bjelkestengsler i flere tilfeller er etablert uten at elementenes bruddsikkerhet er gitt den nødvendige vurdering. Å arbeide bak et trykkbelastet bjelkestengsel kan på mange måter sammenlignes med det å arbeide under hengende last. Det er derfor i de to tilfellene grunn til å stille samme krav til sikkerhet.

2. Nålestengsler.

Nålestengsler brukes for avstenging av brede tverrsnitt hvor det ikke er praktisk eller økonomisk å ha bjelkestengsel. Prinsippet antydes i figur 3.1. Utgjør stengslet en vesentlig del av damlengden, nyttes uttrykket nåledam.

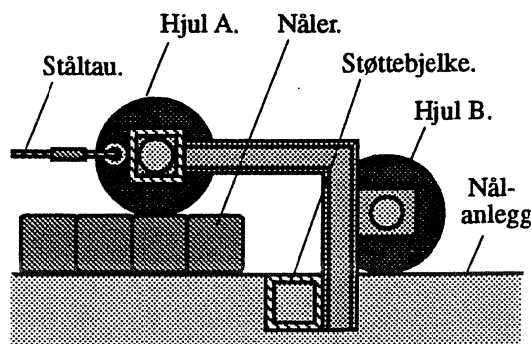


Figur 3.1: Nålestenssel.

Tidligere ble nålestengsler ofte installert som reguleringsorgan i forbindelse med dammers flomløp. Ved fjerning eller setting av nåler på stengslets ene side kunne forskjellige gjennomstrømningstverrsnitt etableres. Moderne nålestengsler benyttes først og fremst som revisjonsavstenging for luker i brede løp med frispel.

For stengsler med liten høyde har man tradisjonelt benyttet trenåler med kvadratisk tverrsnitt. Øverst er som regel nålene utstyrt med håndtak. Dette gjør håndteringen enklere.

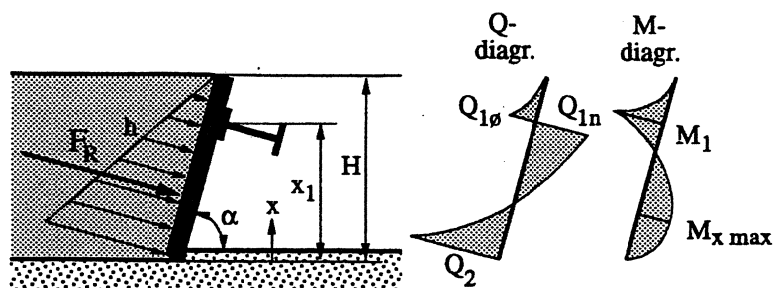
Blir nålhøyden stor, kommer firkanttrør eller profiler av stål eller aluminium til anvendelse. For sistnevnte materiale finnes det også spesialprofiler med not og fjær. Med tanke på vanntetningen mellom nålene kan dette bli en fordelaktig detalj så lenge nålene ikke er påført deformasjonsskade. Mange foretrekker likevel firkanttrør ettersom disse er mer robuste.



Figur 3.2: Redskap for fjerning og setting av nåler

Fjerning og setting av nåler kan være tungt arbeid. Over tid er det utviklet forskjellige typer redskap for forenkling av dette. Et eksempel på slik redskap er vist i figur 3.2. Erfarne damvoktere behersker imidlertid den nødvendige teknikk, men for ikke kyndig personell blir det å manøvrere nålene i sterkt strømmende vann en vanskelig og til dels farlig oppgave. Dette sammen med det faktum at bruk av nålestengsler til regulerings-

formål krever en bemanning som neppe er i pakt med dagens personellstrategi, har ført til ombygging av mange nålestengsler som tidligere var beregnet for regulering. Ved slik ombygging er det vanlig å erstatte nålestengslet med tappeluke, som regel klappeluke, segmentluge eller gummiluge.



Skjærkraft ved øvre opplagring:

$$Q_{1ø} = \frac{\gamma_f \rho g b}{2 \cos \alpha} (H - x_1)^2$$

$$Q_{1n} = \frac{\gamma_f \rho g b}{6 \cos \alpha} \frac{1}{x_1} (H^3 - 3 H^2 x_1 + 6 H x_1^2 - 3 x_1^3)$$

Skjærkraft ved nedre opplagring:

$$Q_2 = \frac{\gamma_f \rho g b}{6 \cos \alpha} \frac{H^2}{x_1} (3 x_1 - H)$$

Bøyemoment ved øvre opplagring:

$$M_1 = \frac{\gamma_f \rho g b}{6 \cos^2 \alpha} (H - x_1)^3$$

Bøyemoment som funksjon av x fra nedre til øvre opplagring:

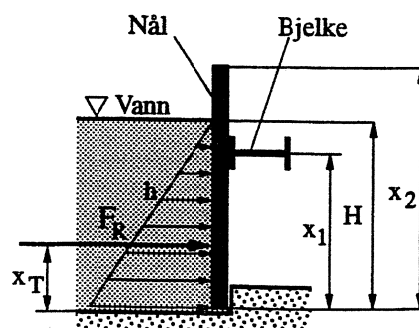
$$M_x = \frac{\gamma_f \rho g b}{6 \cos^2 \alpha} \frac{1}{x_1} (x_1 x^3 - 3 H x_1 x^2 - H^3 x + 3 H^2 x_1 x)$$

Figur 3.3: Formler for nålberegning.

Styrkeberegning av nåler skjer iht. gjeldende standarder som tidligere antydte for bjelkestengsler. Enkelte formler som kan være aktuelle for nålberegningen fremgår av figur 3.3. Er opplagingsbjelken lang, blir det aktuelt å vurdere ekstra understøttelser for denne. Understøttelsene kan utføres som bukker.

Et kompliserende forhold for fasthetsberegningen av nålene oppstår hvis det benyttes firkanttrør eller bredflensbjelker. I nålene blir det da to-akset spenningstilstand med σ_x og σ_y . Spenningen σ_y som er på tvers av nålens lengderetning, blir størst nederst hvor vanntrykket har maksimalverdi. Den andre hovedspenningen σ_x får derimot maksimalverdi enten ved øvre opplagring eller i et tverrsnitt nedenfor denne, se figur 3.3. Maksimal jevn-

føringsspenning bør derfor finnes ved at man beregner jevnføringsspenningen ved øvre opplagring og i flere tverrsnitt mellom denne og nedre opplagring.



$$H < x_2 : \quad x_T = \frac{1}{3} H$$

$$H > x_2 : \quad x_T = \frac{H x_2 - \frac{2}{3} x_2^2}{2H - x_2}$$

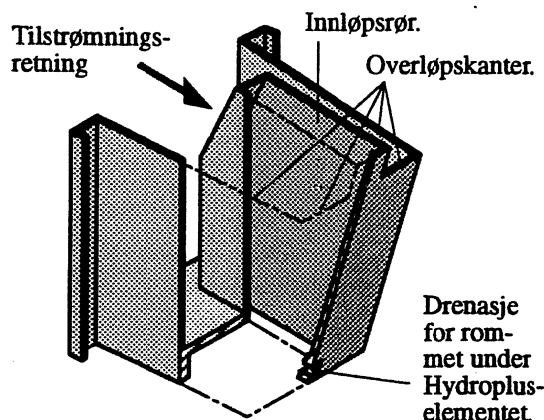
Figur 3.4: Resultantkraftens beliggenhet avhengig av vannstand.

Et spesielt forhold i forbindelse med nålestengsler belyses med figur 3.4. Som det fremgår vil beliggenheten for vannlastens kraftresultant F_R heves med økende vann-nivå H . Blir på denne måten x_T større enn x_1 , vil nålene vippe opp over opplagingsbjelken. Ved dette er det mulig å lage et nålestengsel som åpner automatisk ved en gitt flomvannstand. Man må samtidig forsikre seg om at eventuelt istrykk ikke kan åpne nålestengslet utilsikket. Oppmerksomhet bør man i denne sammenheng også ha på det faktum at is kan løfte nålene.

3. Hydroplus-systemet.

Hydroplus-systemet er utviklet i Frankrike. Systemet består av enkeltelementer som leverandøren i sin engelskspråklige brosjyre benevner "fuse gate". En direkte oversettelse av dette blir "sikringsluke". Det må imidlertid hevdes at elementene mangler enkelte av lukene vesentlige egenskaper. Av denne grunn bør elementene ikke omtales som luker.

Hydroplus-systemet er et oppdemningssystem, stengsel, for bruk i dammers flomløp. Ved stor flom har systemet selvåpningsevne og kan av denne grunn anses som nødåpne-system. Leverandøren reklamerer med at man med Hydroplus-systemet kan heve vannnivået i eksisterende kraftverksmagasiner og ved dette øke anleggets produksjonsevne. For et norsk anlegg hvor terskelen i flomløpet ligger på HRV, har dette neppe hensikt så lenge flomløpet, slik det er utformet, har nødvendig flomavledningskapasitet.



Figur 4.1: Hydroplus-element.

Hydroplus-systemet består av kasselignende elementer som plasseres side om side i flomløpet. Elementetene leveres i standstørrelser for området 0,5-2,5 m oppdemningshøyde. Større elementer kan spesialbestilles.

Mellom hvert element og mot fundamentet er konstruksjonen utstyrt med tet-ning. Et rom under kasseelementet dreneres mot nedstrøms side via en eller flere mindre åpninger. Rommet kan ovenfra fylles med vann via et innløpsrør. Dette er ført opp over kasseelementets overløpskant. En isometrisk fremstilling av elementet med snitt lagt gjennom sidevegg, bakvegg og innløpsrør fremgår av figur 4.1.

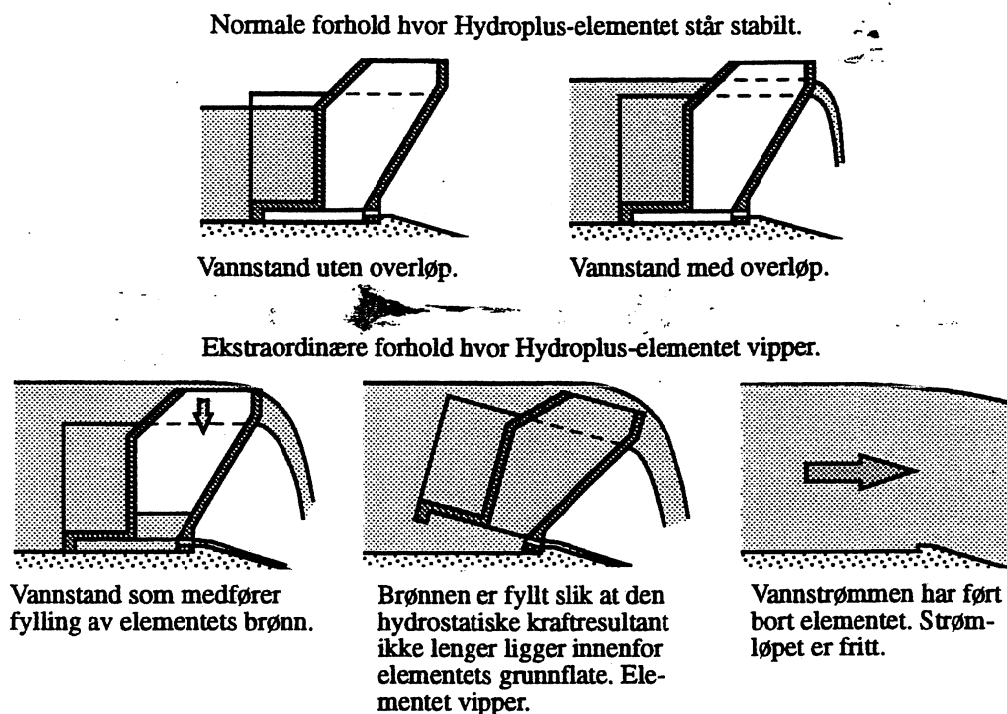
Under vanlige driftsforhold påvirkes elementet av en resulterende nedoverrettet hydrostatisk kraft. Denne får elementet til å forbi stabilt stående på underlaget i flomløpet. Flommer med vannstand under innløpsrørets nivå kan da bortledes over overløpskantene.

Ved høyere vannstand vil vann flømme ned innløpsrøret og fylle rommet under elementet. Fyllingen påvirker den hydrostatiske kraftresultanten slik at elementet vipper mot nedstrøms side og bringes bort med flomvannet. Flomløpet i dammen får ved dette frigjort et større gjennomstrømningstverrsnitt slik at flomavledningskapasiteten øker. Forskjellige faser for Hydroplus-elementets drift er vist i figur 4.2.

Fordi Hydroplus-systemets enkeltelementer har innløpsrør som er ført opp til ulike nivå, oppnår man at elementene vipper ett for ett etter hvert som flomvannstanden tiltar. Dette er fordelaktig ettersom frigjort flomløp da ikke blir større enn nødvendig.

På minussiden anføres at vippede elementer må anses tapt og erstattes av nye. Man kan heller ikke sette et nytt element før vannstanden har sunket slik at flomløpet er tørrlagt. Om dette i praksis skal tillegges vekt, er et spørsmål som bør gjøres til gjenstand for økonomiske analyser i det enkelte tilfelle. 1992-prisen for Hydroplus-elementene er av

leverandøren oppgitt til ca. 30-50 tusen kroner pr. m² flomløpstverrsnitt som skal dekkes.



Figur 3.2: Hydroplus-element i forskjellige driftsfaser.

Materialet som elementene blir laget av, varierer avhengig av elementenes størrelse og kundens ønske. Aktuelt er betong, stål eller aluminium. En spesiell kombinasjon medfører underdel i betong og overdel av stål.