

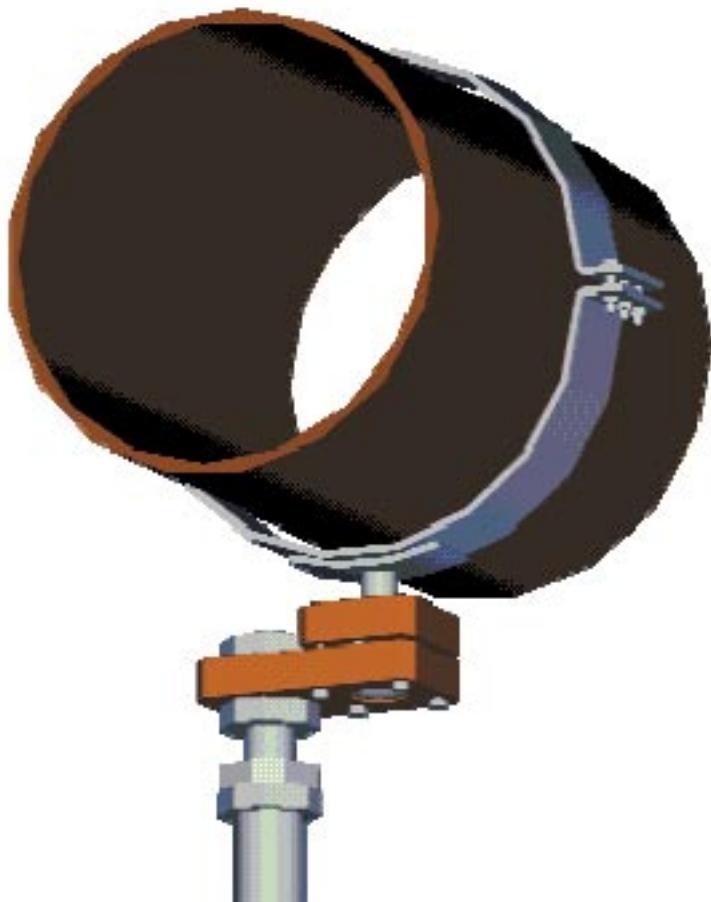


Utvikling av brakettarrangement for rørgate

Jan Slapgård (Red.)

7
2005

R A P P O R T



Utvikling av brakettarrangement for rørgate

Norges vassdrags- og energidirektorat
2005

Utvikling av brakettarrangement for rørgate

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Jan Slapgård

Forfatter: Bjarne Fjørstad

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 30

Forsidefoto:

ISSN 1501-2832

ISBN 82-410-0545-8

Sammendrag: NVE har sett et behov for enklere og billigere rørforankring for rørgater i dagen. Rørledninger er tilnærmet enerådende som vannveg for små kraftverk med mindre slukeevne enn 3-4 m³/s. I utgangspunktet ønsker de fleste å grave ned rørgater. Der småkraftpotensialet er størst, på Vestlandet og i Nord-Norge, må rørgater ofte legges på støpte fundamenter i dagen på grunn av mye fjell og vanskelige graveforhold.

Bjarne Fjørstad AS har utviklet et fundament der kreftene overføres til bakken via rørklemme, kuleledd, brakett og stålror festet i fjell. Bakgrunnen for forslaget er å redusere fundamenterkostnadene ved påmontering av brakett på et stålror som enkelt forankres ved innstøping i boret hull i fjellet. Tradisjonelt benyttes betongfundamenter. Viktig for utvikling av braketten har vært at det må være mulig å justere innfestingen av rør, både i høyden, i sideretningen og i vinkel i forhold til horisontalplanet.

Braketten er testet i fullskalaforsøk med et stålror med diameter på 610 mm under påkjenninger som forventes å kunne oppstå i praksis dvs. krefter fra egenvekt, vann i røret og snø. Belastningsprøvene ble utført med betonglodd og tøyningene ble målt ved hjelp av påmonterte strekklapper. Teoretiske og

observerte tøyninger stemte godt overens. Teoretiske beregninger vil derfor bli benyttet videre ved dimensjonering av braketten for andre rørdimensjoner.

Braketten planlegges benyttet på Skår minikraftverk der GRP-rør må fundamenteres i dagen på øverst del av rørgata.

Markedet for en slik teknologi burde være tilstede dersom det medfører en kostnadsreduksjon og/eller er tidsbesparende ved fundamentering på fjell.

Emneord: Små kraftverk, rørgatefundament, brakett

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Mai 2005

Innhold

Forord	1
1 Innledning	2
1.1 Mål med testen	2
1.2 Deltakere på testen	2
2 Teoretiske beregninger	4
2.1 Materialer.....	4
2.2 Dimensjonering.....	4
3 Planlegging av test	6
4 Kostnader	6
4.1 Budsjett av test.....	6
4.2 Produksjon av braketten.....	6
5 Test.....	7
5.1 Gjennomføring av testen	7
6 Resultater fra test.....	9
7 Konklusjon	13
8 Videre arbeid	13

Forord

NVE er de siste årene tilført midler for å støtte FoU-prosjekter med formål å utvikle teknologi og kunnskap for en mer effektiv utnyttelse av små vannkraftressurser. Midlene kan også benyttes til FoU-prosjekter innen opprusting og utvidelse av eksisterende større vannkraftverk eller til øvrige prosjekter for bevaring og videreutvikling av norsk vannkraftkompetanse.

De fleste prosjektene som er støttet er utført av konsulenter eller utdanningsinstitusjon (NTNU) på oppdrag fra NVE.

Denne rapporten er en av mange som er et resultat av disse bevilgningene.

Oslo, mai 2005

Marit d. Fossdal
Marit Lundteigen Fossdal
avdelingsdirektør

Torodd Jensen
Torodd Jensen
seksjonssjef

1 Innledning

1.1 Mål med testen

Tradisjonelt har rørgater for kraftverk og andre installasjoner vært opplagt på betongfundament eller forankret med overfylling. I de tilfeller rørgatene er plassert over områder med fjellgrunn, har det vært benyttet betongfundament. På grunn av kostnader med forankring til fjell, forskaling og støping av disse fundamentene har man sett på muligheten for å kunne utføre dette på en enklere og mer kostnadsriktig måte. En har etter lengre tid med utvikling kommet frem til en konstruksjon / fundament for innfesting av rørgater. Denne konstruksjonen festes ved å bore ett hull i fjellet hvor den limes fast, eller den kan benyttes tilsvarende som en friksjonspell ved andre grunnforhold.

For å dokumentere de teoretiske beregninger som er utført, har man valgt å gjennomføre en test i full skala for å se at det i praksis er en konstruksjon som er enkel å montere og at den tåler de belastninger som kan oppstå.

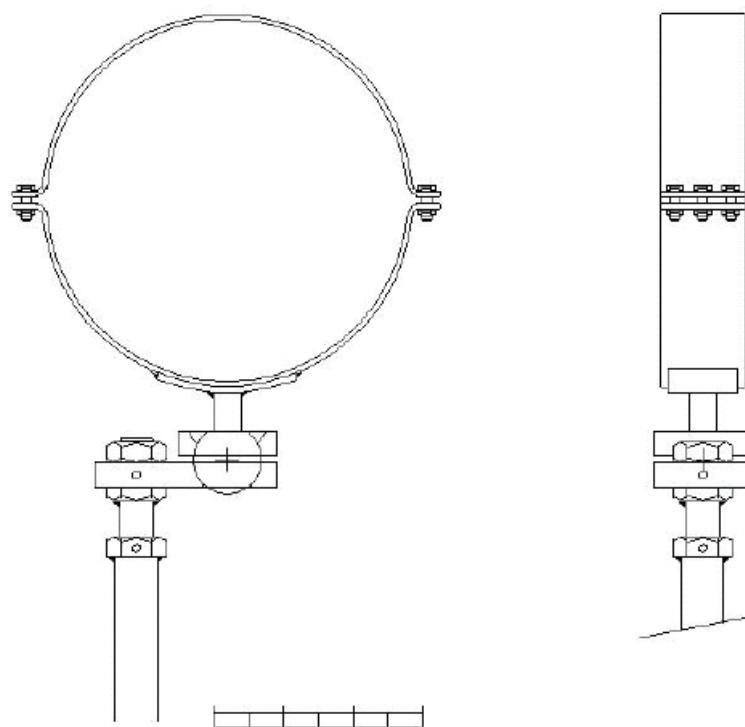
1.2 Deltakere på testen

For å kunne utføre denne testen ble det leid inn tjenester fra andre firma. Følgende firma har vært med:

- Ing. firma Bjarne Fjørstad Ide, planlegging, test
- Dr. ing. Steinar Trygstad AS Prosjektering, planlegging, test
- NTNU/Sintef Registrering av data ved gjennomføring av test
- Engeset mek AS Bygging av modell
- Rano AS Test
- Trygstad Bygg AS Test
- Det Norske Veritas Observatør

En viktig del i utformingen av rørbraketten er fleksibilitet. Dvs. at det må være mulig å justere innfestingen av rør, både i høyden, i sideretning og vinkel i forhold til horisontalplanet.

Figur 1 viser snitt av rørbrakettens øvre del.



Figur 1 rørbraketts øvre del



Figur 2 modell av braketten

2 Teoretiske beregninger

2.1 Materialer

For at braketten skulle bli mest mulig anvendelig er det vurdert flere typer materialer. Utgangspunktet var å benytte stål i god kvalitet. Det ble også vurdert å benytte aluminium eller stål med lavere kvalitet. I kombinasjon med de laster som den skal dimensjoneres for og pris på det ferdige produkt, er det endt opp med stål i kvalitet S355 (flytespenning 355N/mm²), bolter og muttermaterial av 8.8 kvalitet (flytespenning 640 N/mm²). Røret som braketten skal dimensjoneres for er av dimensjon Ø 610 x 11,9 mm.

2.2 Dimensjonering

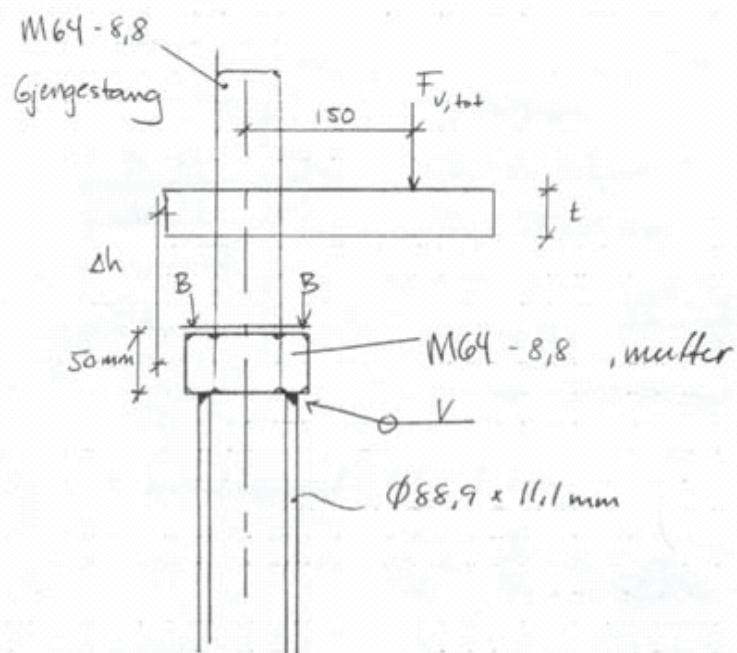
Dr. ing. Steinar Trygstad AS utførte den teoretiske dimensjonering av braketten etter gjennomgang med ing. Bjarne Fjørstad. Rørgaten vil bli utsatt for påkjenning fra egenvekt, snø, vind og vann i røret. Sannsynligheten for full snølast og full vindlast samtidig er relativt liten, så det er valgt å se bort fra vindlasten.

Som grunnlag for beregningene er følgende forutsetninger lagt til grunn:

- Support staget er 800 mm høyt (over bakkenivå).
- En brakett belastes med last fra 5 meter rør (c/c brakett 5 meter).
- Support stag kan ha en vinkel på +/- 10 grader i forhold til vertikal posisjon.
- Klammeret kan ha en vinkel på +/- 35 grader i forhold til support staget.
- Konstruksjonen beregnes for vannfylt rør med 600 mm våt snø over.

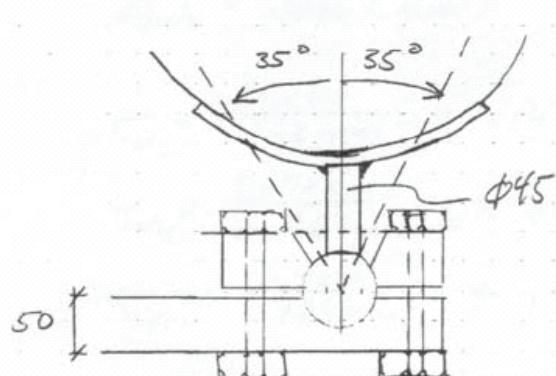
Total last pr opplegg (brakett) blir, for valgt rørgate med diameter 610 mm, 30 kN i bruksgrensetilstand. Dimensjon på supportstag, figur 2, er valgt til Ø 88,9 x 11,1 mm, alternativt kan Ø 101,6 x 7,1 mm benyttes. Ø 88,9 x 11,1 mm gir en utnyttelsesfaktor på 0,62. Gjengestag som skrus inn i support stag er valgt til dimensjon M64, med 8.8 kvalitet. Dette på grunn av at M64 mutter enkelt lar seg sveise direkte til support staget med dimensjon Ø 88,9 x 11,1 mm. Utnyttelsesfaktor på gjengestag er 0,62. Eventuelt kan kvalitet endres til 5.8 som gir en utnyttelsesfaktor på 0,86, men 8.8 kvalitet er valgt. I prinsippet kan gjengestaget bære hele lasten og benyttes som supportstag, men ved å benytte den løsningen vil kostnadene øke. Oppleggsplaten som skal overføre last fra rør til support stag skal være justerbart 150 mm i hver retning. Dvs. at det blir ett moment i denne platen med arm 150 mm. Oppleggsplaten er valgt til dimensjon 120 mm bredde og 50 mm tykkelse. Tilsvarende plate er benyttet over kulen. Disse platene er koblet sammen med 4 stk M14 8.8 kvalitet bolter med en total klemkraft på 300 kN.

Det mest kritiske snitt er i stag mellom klammer og kule, figur 3. Staget som er valgt har diameter 45 mm og lengde 100 mm. Dette dimensjoneres for en vinkel på 35 grader i forhold til support stag. Dette gir en utnyttelsesfaktor på 0,66. Dimensjon Ø 40 mm gir utnyttelsesfaktor 0,94.



Bolt M64 over og
under hor. plate
ikke vist på skisse.

Figur 3



Antar at kuleleddet
har et maksimalt
utslag på $\pm 35^\circ$.

Figur 4

3 Planlegging av test

For at fullskala testen av rørbraketten skulle kunne gjennomføres, måtte man først produsere en prototyp. Flere mekaniske verksteder ble forespurt, men valget ble å produsere den hos Engeset mekaniske verksted AS. Videre skulle det finnes en egnet plass til å gjennomføre testen. Dvs. en plass som gir mest mulig identiske forhold til hva en kan forvente seg ved en virkelig rørgate. Man endte opp på en tomt som Trygstad Bygg AS har under arbeid. I samarbeid med NTNU/Sintef ble det vurdert antall strekklapper og plassering av disse på braketten for å gi de resultater som var ønskelig. Til å belaste braketten ble det benyttet betonglodd som på forhand ble montert sammen for å gi den totale vekt på 30,5 kN. Rano AS stilte med maskiner til å løfte på plass lasten. Målet var å belaste braketten med maks vinkel på røret i forhold til support staget. I tillegg ble det foretatt en belastning med redusert måling ved horisontalt rør. Strekklapper som er montert til braketten er koblet til en pc som registrerer alle tøyninger.

4 Kostnader

4.1 Budsjett av test

Før testen ble iverksatt ble det utarbeidet et budsjett som bygger på prisforespørsel fra de aktører som var med i gjennomføringen av testen.

Budsjett:

1 stk. Prototyp brakett	15.000,-
NTNU/Sintef	65.000,-
Entreprenører	55.000,-
Dr. ing. Steinar Trygstad AS	135.000,-
Forundersøkelse, produktutvikling, konstruksjon, tegninger, koordinering m.m.	200.000,-
Uforutsett, 20 %	94.000,-
Prosjektledelse	24.000,-
Sum eks. mva	588.000,-

4.2 Produksjon av braketten

Før og etter at testen ble gjennomført har det blitt arbeidet videre med å hente inn pris på produksjon av braketten. Firma i innland og utland er forespurt. Produsenter i Kina kan produsere braketten, men vil benytte stålkvaliteter som ikke er kjent i Europa og er derfor utelukket. I Europa er det flere aktører som kan være aktuell til å produsere, men det er i skrivende stund ikke avklart om produksjon skal foregå i Norge eller utenlands.

5 Test

5.1 Gjennomføring av testen

Belastringsfesten av braketten ble utført den 8. juni 2004. Tilstede var representanter fra NTNU/Sintef, Dr. ing. Steinar Trygstad AS, ing. Bjarne Fjørstad, Trygstad Bygg AS og Rano AS. I tillegg var der en observatør fra Det Norske Veritas. Braketten ble limt fast i fjell med Epoxy-L dagen før testen skulle utføres. Første belastning var med rør i horisontal stilling, se figur 5. Lasten ble påført ved hjelp av en gravemaskin som løftet betongloddene opp på braketten. Over loddene var det en vekt som ble avlest etter hvert som belastningen øker. Tøyninger fra strekkklapper festet til braketten, figur 6, blir registrert på pc for videre behandling. Første belastning ble avsluttet med en last på 30 kN. Etter første forsøk var avsluttet ble røret justert til maksimal vinkel, se figur 7. Deretter ble ny belastning utført til samme maks last. Det var noe problem med å løse kulen fra de to platene som den ligger mellom på grunn av at galvaniseringen ”festet” kulen mot platen.



Figur 5 Klargjøring før første belastning

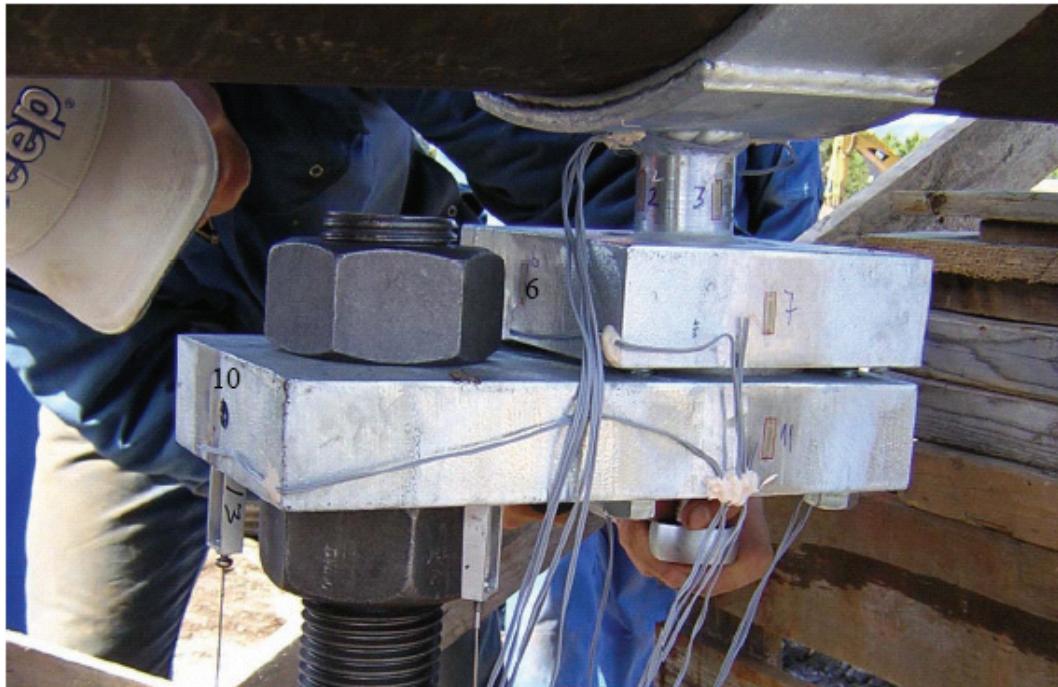


Figur 6 Strekkapper



Figur 7 Rør med maksimal vinkel

6 Resultater fra test

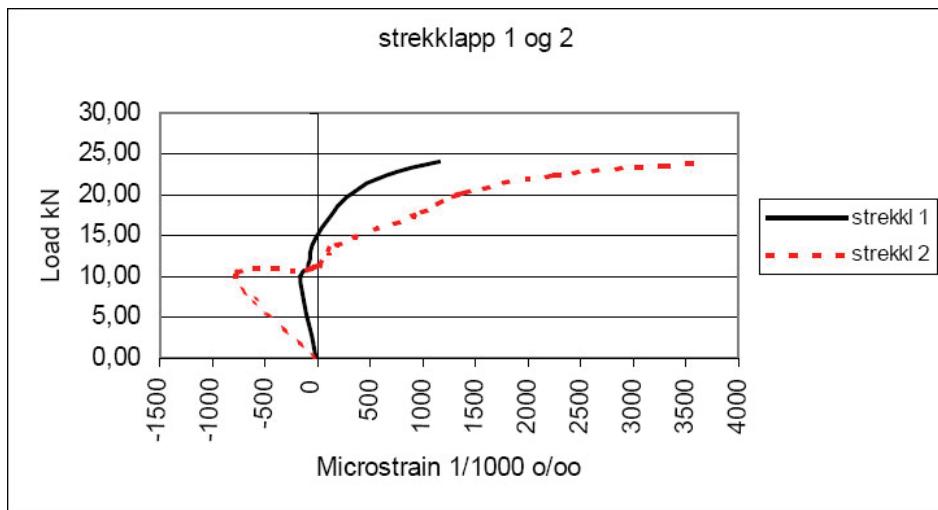


Figur 8 Plassering av strekklapper

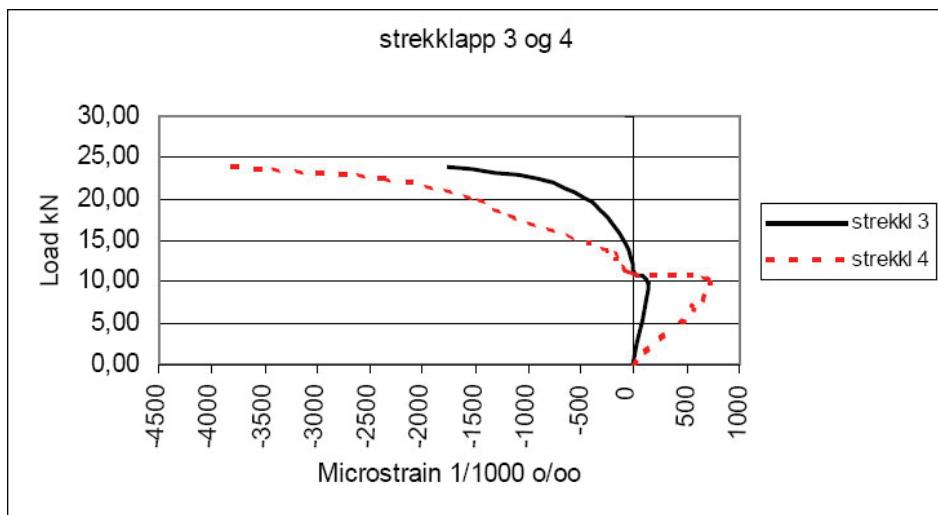
Følgende strekklapper er montert med plassering:

Nr 1	Stag under klammer	Motsatt side av nr 3
Nr 2	Stag under klammer	90 grader på nr 1 og nr 3
Nr 3	Stag under klammer	Motsatt side av nr 1
Nr 4	Stag under klammer	Motsatt side av nr 2
Nr 5	Ikke montert	
Nr 6	Plate over kule	Mot support stag
Nr 7	Plate over kule	90 grader på nr 6
Nr 8	Plate over kule	Motsatt side av nr 6
Nr 9	Plate under kule	Motsatt side av nr 11
Nr 10	Plate under kule	Bak support stag
Nr 11	Ikke montert	
Nr 12	Plate under kule	Motsatt side av nr 10

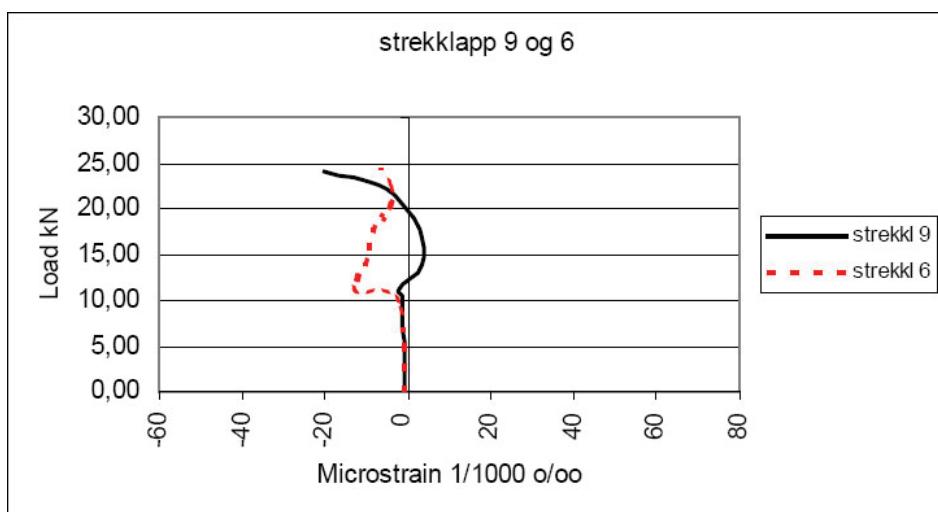
I tillegg er det montert induktive givere som måler deformasjon. Disse er plassert under enden av plate (kanal 12) og under siden på plate (kanal 11). Figur 9 - 13 viser tøyninger som er målt ved belastning av rør ved maksimal vinkel, belastning nr 2. Siden det er maksimal belastning som er mest interessant da den er mest ugunstig, vises kun den.



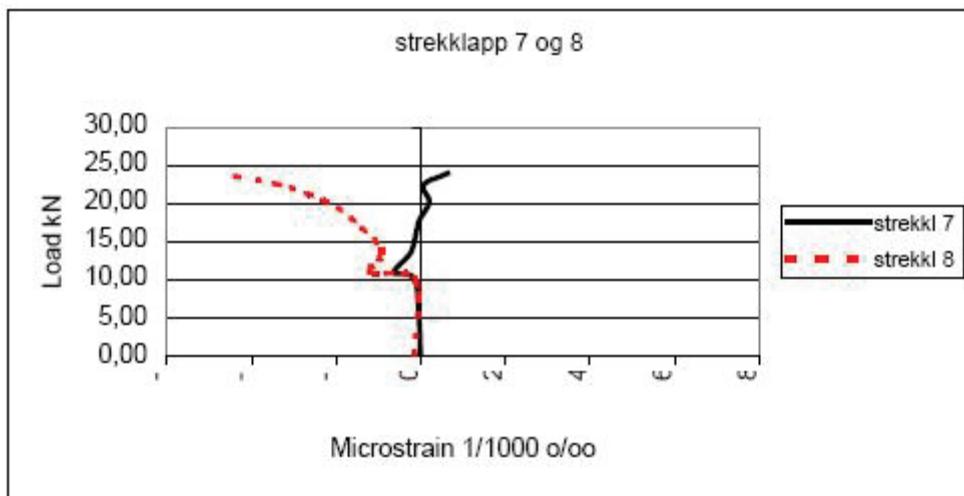
Figur 9 Strekkapp 1 og 2



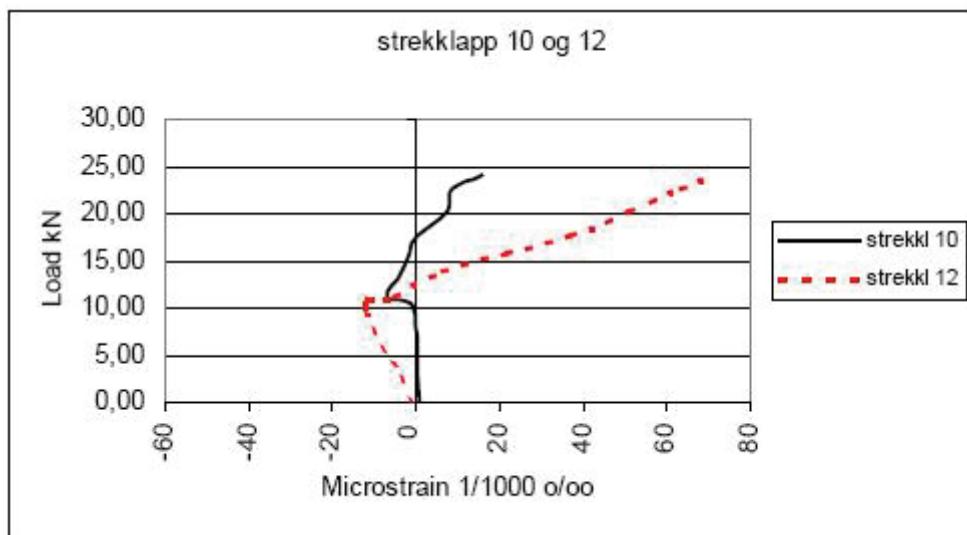
Figur 10 Strekkapp 3 og 4



Figur 11 Strekkapp 6 og 9



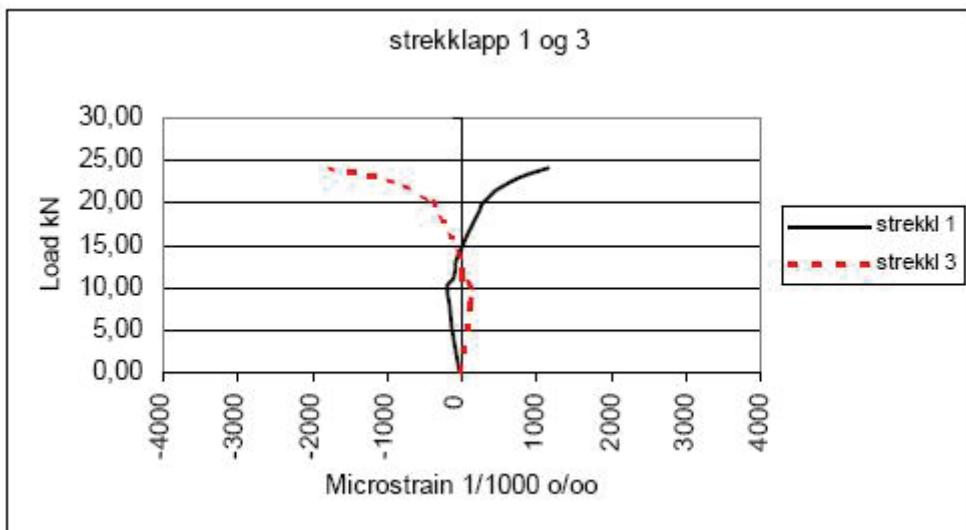
Figur 12 Strekkapp 7 og 8



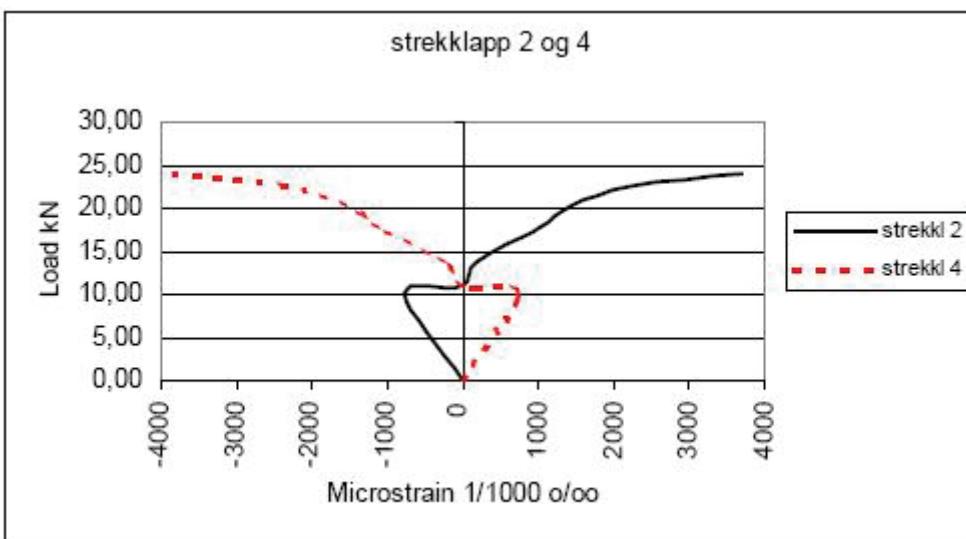
Figur 13 Strekkapp 10 og 12

Figur 10, 11 og 12 viser at tøyningene i disse punktene, som alle er i platene under staget til klammer, er små, opp til ca 75 microstrain ved last 25 kN. Dette viser at tøyningene i platen rundt kulen er neglisjerbar.

Om en ser på figur 9 og 10 som viser tøyninger i stag mellom plater/kule og klammer, så er den mer av interesse. For å sammenligne dette mer viser figur 14 tøyninger i strekkapp 1 og 3, som står på motsatt side av hverandre og vinkelrett på ”rør retning”. Figur 15 viser tøyninger for strekkapp 2 og 4 som er festet på stag i ”rør-retning”.



Figur 14 Strekkapp 1 og 3



Figur 15 Strekkapp 2 og 4

Maksimal tøyning oppstår i strekkapp nr 4 med 3821 microstrain i trykk. Strekkapp nr 2 på motsatt side har nesten tilsvarende tøyning, men strekk. For strekkapper på siden, nr 1 og 3 er maks tøyning 1757 microstrain. Hvis strekkapp nr 1 og 3 er montert 100 % vinkelrett på rør retningen og kule/rør ikke er vridd i forhold til plate under kule, skulle en forvente at strekkapp 1 og 3 hadde samme verdier. Dette viser at små vridninger i kulen medfører forskjellige tøyninger på siden av stag mellom kule og klammer. Det mest kritiske punkt er vist ved strekkapp 2 og 4 hvor det oppstår maksimale strekk-/trykkspenninger.

7 Konklusjon

Testen bekrefter at platene under og over kule får små tøyninger som følge av lasten som ble påført under testen. Som antatt før testen ble utført er det i område på stag over kule hvor det oppstår største tøyninger. Figur 13 og 14 viser at det oppstod tøyninger opp til 3-3,5 o/oo. Dette er pga at lasten som er påført i overkant rør blir mer ugunstig enn det som vil være tilfelle med fylt rør med vann og snø last over rør. Verdier som beregnes med den last som er utført i testen gir tøyninger på over 3 o/oo. Dvs. at teoretiske og observerte verdier stemmer godt over ens. Ved en last på 9 kN vil en oppnå det moment i stag mellom kule og klammer som vil oppstå ved maksimal ”naturlig” belastning. Tøyninger ved dette lasttrinnet viser seg å ligge i størrelsesorden 0,75 – 0,80 o/oo. Siden observerte og teoretiske tøyninger stemmer så godt over ens, anbefales det at det arbeides videre med samme forutsetninger for å utforme klammer til andre rørdimensjoner. Deformasjoner/nedbøyning av plate lengst fra support stag er ved maksimal last ca 2 mm.

8 Videre arbeid

Testen ga svar på flere spørsmål som man hadde før belastningen og flere av antagelsene stemte. Denne erfaringen vil bli brukt til videre arbeid med andre dimensjoner av rørgate, ned til 200 mm og opp til 1200 mm. Det er videre tenkt å undersøke nærmere spenninger i platen som er festet på support staget. Dette på grunn av at det kan være økonomisk å gå ned i tykkelse på denne.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Rapportserien i 2005

- Nr. 1 Tor Arnt Johnsen (red.): Kvartalsrapport for kraftmarkedet, 4. kvartal 2004 (70 s.)
- Nr. 2 Hervé Colleuille, Tina Vestersager: Nasjonalt overvåkingsnett for grunnvann og markvann (Fysiske parameter). Driftrapport 2004. Status pr. januar 2005 (75 s.)
- Nr. 3 Jan Henning L'Abée-Lund (red.): Miljøeffekter av små kraftverk erfaringer fra Telemark og Rogaland (78 s.)
- Nr. 4 Panagiotis Dimakis: Grunnvannsanalyse ved to utvalgte strekninger langs Jong-Asker tunnelen (31 s.)
- Nr. 5 Trond Reitan, Asgeir Petersen-Øverleir: Evaluering av Homogenitet i Hydrologiske Tidsreiser ved hjelp av Bayesiansk Regresjon (27 s.)
- Nr. 6 Asle Tjeldflåt (red.): Nettselskapenes rolle i sluttbrukermarkedet. Vurderinger av ulike tiltak for et effektivt kraftmarked (84 s.)
- Nr. 7 Jan Slapgård (red.): Utvikling av brakettarrangement for rørgate (17 s.)