

Rapport

Dammer Kvæningen

OPPDRAKSGIVER

YMBER Produksjon AS

EMNE

Dam Lassajavri, stabilitet med fjellbolter

DATO / REVISJON: 24. april 2025 / 01

DOKUMENTKODE: 10253097-01-RIVass-RAP-206



Multiconsult



Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt i den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult med mindre annet følger av norsk lov. Multiconsult påtar seg intet ansvar for bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn det som er godkjent skriftlig av Multiconsult. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter med mindre annet følger av norsk lov.



Rapport

OPPDRAAG	Dammer Kvænanger	DOKUMENTKODE	10253097-01-RIVass-RAP-207
EMNE	Dam Lassajavri	TILGJENGELIGHET	Begrenset
OPPDRAAGSGIVER	YMBER Produksjon AS	OPPDRAAGSLEDER	Gordon Pytten
KONTAKTPERSON	Elin Kaasa	UTARBEIDET AV	Gordon Pytten
KOORDINATER	Sone: / Øst: / Nord:	ANSVARLIG ENHET	10105060 – Dammer og undergrunnsanlegg
GNR./BNR./SNR.	/ / / Kvæningen		

SAMMENDRAG

Dam Lassajavri tilfredsstilte ikke NVE's krav til sikkerhet i lasttilfelle HRV + is. Det er nå åpnet opp for å benytte Statens Vegvesen Håndbok V220 for å beregne forankringslengde i berg. Det er dermed sett på om dette gir tilstrekkelig bidrag for å tilfredsstille krav til sikkerhet mot velting og glidning, uten å gjøre ytterligere tiltak på dammen.

Det er utarbeidet et notat med ingeniørgeologisk vurdering av bergparametere, som videre er lagt til grunn ved beregning av boltekraft i fjellboltene, se vedlegg 4.3.

Med nye beregninger oppnås det boltekraft på 95,57kN, som er vesentlig mer enn 28,6kN som ble beregnet og lagt til grunn i forrige revurdering.

Det er utført nye stabilitetsberegninger for «skjød 3» og «skjød 4». Nødvendig boltekraft for å tilfredsstille gjeldende krav til sikkerhet er minimum 50 kN. Med 95,57 kN er dammen godt innenfor disse krav.

Utført av:

Navn:

Gordon Pytten

Kontroll:

Fagansvarlig mur og betongdammer, alle klasser:

Finn Egil Hammer

01	24.04.2025	Oppdatert kontaktperson	Gordon Pytten	Finn Egil Hammer	Gordon Pytten
00	08.04.2025	Utarbeidelse av rapport	Gordon Pytten	Finn Egil Hammer	Gordon Pytten
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV



INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Bakgrunn	5
1.1	Revurdering	5
2	Fjellbolter	5
2.1	Revurdering, beregning fjellbolter	6
2.2	Nye beregninger	8
2.2.1	Forankringslengde etter SVV håndbok V220:	8
3	Stabilitetsberegning	9
4	Vedlegg	10
4.1	Revurdering Sweco	10
4.2	Tegning Lassajavri	11
4.3	10253097-01 – RIGberg-NOT-301, Ingeniørgeologisk vurdering av bergparametere	12
4.4	Beregning fjellbolt etter Statens Vegvesen Håndbok V220	13
4.5	Stabilitetsberegning dam Lassajavri	14



1 Bakgrunn

I forbindelse med opprustning av dam Šuoikkátjávri og dammer Småvatna, er det også sett på stabiliteten på dam Lassajavri, for å eventuelt utføre tiltak samtidig.

1.1 Revurdering

Revurdering er utarbeidet av SWECO ved Ingvill Storøy datert 17.09.2020. Se vedlegg 4.1.

Vedtak – godkjenning av NVE datert 24.10.2022 (NVE ID: 202219976-3)

I revurderingen er det beregnet bidrag fra fjellboltene etter NVE sine daværende retningslinjer. På grunn av forankringslengden i fjell på 2m, gir dette svært lite bidrag i stabilitetsberegningene. Det er valgt å ikke inkludere dette bidraget da det uansett ikke gir sikkerhetsfaktor som tilfredsstillende kravene til dammen.

NVE oppgir i vedtak at det er gunstig avvinkling, godt tverrsnitt på dam med tilnærmet ideelt overløpsprofil og fjellbolter satt i en utsprengt fjellgrøft. NVE kommenterer også at glidestabilitet i lastsituasjon HRV + IS er marginalt underskredet og har marginal betydning ved vurdering av dammens sikkerhet. For velting er fortsatt resultatet godt innenfor 1/6-punkt.

Det anbefales å utføre stabilitetsforbedrende tiltak innen neste revurdering.

2 Fjellbolter

På tegning 029, av Ingeniør A. B. Berdal (1968), vedlegg 4.2, er det Ø26 fjellbolter som settes med senteravstand 50cm og gyses 2,0m i fjell. Fjellboltene har for øvrig 400mm overdekning i overgang betong/fjell. God overdekning sammen med ingen synlige tegn til korrosjon, tyder på intakte fjellbolter.

Det er utført beregninger av fjellboltene basert på Statens Vegvesen, håndbok V220¹, som innebærer å benytte heftfasthet i berget. Multiconsult har utarbeidet en ingeniørgeologisk vurdering av bergparametere som benyttes videre for beregning av boltekraft som kan legges til grunn i nye stabilitetsberegninger av «skjøt 3» og «skjøt 4». NVE presenterte aksept for å godta beregning etter Håndbok V220 på VassdragsTeknisk Forum, 2025. Henvises også til godkjente vedtak av tilsvarende beregninger.

¹ <https://viewers.vegnorm.vegvesen.no/product/860018/nb>



2.1 Revurdering, beregning fjellbolter

I revurdering er boltekraft beregnet etter NVE's retningslinjer. Materialparametre benyttet i denne rapport og tidligere revurdering er presentert i Tabell 1. Det er kun beregnet boltekraft per bolt, uten å ta hensyn til lengde på seksjoner og en uvirksom bolt per seksjon. Antakeligvis da det uansett ikke er tilstrekkelig boltekraft for å tilfredsstille krave til sikkerhet.

I Figur 2-1 fremkommer det at påhengt fjellvekt, og dermed utnyttbar boltekraft per bolt er 28,6kN.

Tabell 1 Materialparametere benyttet i ny beregning i forhold til revurdering

Parameter	Fra Ingeniørgeologisk rapport (2025)	Fra revurdering (2018)
Fjellkvalitet	Amfibolitt og båndgneis (Bergartsgrense)	Amfibolitt og båndgneis
Egenvekt fjell	25 kN/m ³	26 kN/m ³
Karakteristisk heftfasthet mørtel/fjell	1,3 N/mm ²	1,5 N/mm ²
Karakteristisk heftfasthet bolt/mørtel	2,4 N/mm ²	1,50 N/mm ²
Boltediameter	26 mm	26 mm
Diameter borhull	32 mm	36 mm
Senteravstand bolter	500 mm	500 mm
Inngysningslengde	2000 mm	2000 mm
Materialfaktor, gysemidler	1,25	2
Materialfaktor, fjell	2	2
Flytespenning bolt	380 N/mm ²	400 N/mm ²
Største tillatte spenning i bolt	180 N/mm ²	180 N/mm ²



Kunde:	Kvængen kraftverk AS		Dato	Signatur
Prosjekt:	Revurderinger 2018	Utført:	08.09.20	noinst
Prosjektnr.:	10208582	Kontr:	08.09.20	nojoer
Dam:	Lassajarvi			

Kontroll av utnyttbar kraft i fjellbolter iht. Retningslinje for betongdammer, NVE, 2005.

Nødvendig forankringslengde bolt / mørtel:

$$L_{bb} = \frac{d_b \cdot f_{ak}}{4 \cdot f_{bb}}$$

Nødvendig forankringslengde mørtel / fjell:

$$L_{bf} = \frac{d_b \cdot f_{ak} \cdot d_h}{4 \cdot f_{bf} \cdot d_h}$$

D når sjikt bolt / mørtel er dimensjonerende:

$$D^2 + \frac{0,9 \cdot \pi \cdot f_{bb} \cdot d_b}{\rho_{fjell} \cdot c} \cdot D - \frac{0,9 \cdot \pi \cdot f_{bb} \cdot d_b \cdot L}{\rho_{fjell} \cdot c} = 0$$

D når sjikt mørtel / fjell er dimensjonerende:

$$D^2 + \frac{0,9 \cdot \pi \cdot f_{bf} \cdot d_h}{\rho_{fjell} \cdot c} \cdot D - \frac{0,9 \cdot \pi \cdot f_{bf} \cdot d_h \cdot L}{\rho_{fjell} \cdot c} = 0$$

Inndata:	Symbol	Verdi	Enhet
Boltdiameter	d_b	26	mm
Diameter borhull	d_h	36	mm
Karakteristisk heftfasthet bolt / mørtel	$f_{bb, kar.}$	1,50	N/mm ²
Karakteristisk heftfasthet mørtel / fjell	$f_{bf, kar.}$	1500	kN/m ²
Fjellkvalitet	Amfibolitt og båndgneis		
Egenvekt fjell	γ_{fjell}	26	kN/m ³
Senteravstand bolt	c	500	mm
Inngysningslengde	L_{ingyst}	2000	mm
Materialfaktor heftfasthet bolt / mørtel		2,00	
Materialfaktor heftfasthet mørtel / fjell		2,00	
Flytespenning bolt	f_{ak}	400	N/mm ²
Største tillatte spenning i bolt	$\sigma_{tillatt}$	180	N/mm ²
Beregning:			
$D_{bolt/mørtel}$		1482	mm
$D_{mørtel/fjell}$		1577	mm
Dimensjonerende D		1482	mm
Påhengt fjellvekt per meter	S	57,1	kN/meter
Påhengt fjellvekt per bolt		28,6	kN/bolt
Beregnet stålspenning i bolt		54	N/mm ²
Resultat:			
Tillatt utnyttet boltekraft pr. meter dam		57,1	kN/meter
Tillatt utnyttet kraft pr. bolt	Beregn boltekraft	28,6	kN/bolt
Utnyttet stålspenning pr. bolt		54	N/mm ²
Kommentar:			
Eksisterende bergbolter cc 0,5 m, ingyst 2 m i berg har utnyttbar boltekraft per 57 N/m.			

Figur 2-1 - Utklipp fra revurdering 2018, vedlegg 5 – SWECO



2.2 Nye beregninger

Det legges til grunn KS40 armering, da det ikke fremkommer noen kvalitet på tegning.

Flytegrense er 380 MPa, iht. NVE sine retningslinjer benyttes indre motstand som 50% av kapasitet. Dette utgjør 100,877kN pr. bolt.

Maks tillate spenning er 180MPa, for Ø26 vil det si:

$$180 \text{ MPa} * \frac{\pi \times 26\text{mm}^2}{4} \times 10^{-3} = 95,57\text{kN}$$

2.2.1 Forankringslengde etter SVV håndbok V220:

Tillatt boltekraft - $N_{ops}=95,57\text{kN}$

Inngysingslengde i fjell - $L = 2\text{m}$

Antall fjellbolter - $n = 9$ (seksjonslengde 4,9m) / 12 (Seksjonslengde 5,9m)

Senteravstand - $D = 0,5\text{m}$

Fjellets bruddvinkel som følge av stagets orientering - $\Psi = 30$ grader

Materialfaktor, fjell - $\gamma_{m1} = 2$

Karakteristisk heftfasthet på bruddplanet - $\tau_f = 80 \text{ kPa}$

Formel 11.6.4.5-8 i SVV håndbok V220, for flere ankere på rad:

$$L_{n\phi dv} = \frac{-(n-1) \times D + \sqrt{(n-1)^2 \times D^2 + \pi \times \tan(\Psi) \times \frac{n \times N_{OPS} \times \gamma_{m1}}{\tau_f}}}{\pi \times \tan(\Psi)}$$

$$L_{n\phi dv} = \frac{-(12-1) \times 0,5\text{m} + \sqrt{(12-1)^2 \times 0,5\text{m}^2 + \pi \times \tan(30) \times \frac{12 \times 95,57\text{kN} \times 2}{80\text{kPa}}}}{\pi \times \tan(30)} = 1,97\text{m}$$

$1,97\text{m} \leq 2\text{m}$ – OK

På grunn av begrensningen med maks 180MPa, tillates det ikke mer enn 95,57kN per fjellbolt som ligger svært nær den reelle inngysningslengden. Det vil si at beregnet boltekraft er maksimum tillat spenning fjellboltene, samtidig som den er nær grense for hva forankringen i fjell kan tillate.



3 Stabilitetsberegning

Støpeskjøt 3, verdier fra revurdering.

- Seksjonslengde 5,9m
- Damhøyde = 6,2m
- Friksjonsvinkel + motfall = 60 grader

Støpeskjøt 4, verdier fra revurdering.

- Seksjonslengde 4,9m
- Damhøyde = 4,8m
- Friksjonsvinkel + motfall = 53 grader

Seksjonslengde og høyder er hentet fra revurdering, det velges konservativt å ikke hensynta motfall og benytter friksjonsvinkel på 45 grader.

Det er beregnet én uvirksom bolt per seksjon.

Kontrollert snitt	Lasttilfelle	GLIDNING		VELTING	
		KRAV ($S>$)	RESULTAT ($S=$)	KRAV ($a>$)	RESULTAT ($a=$)
Skjøt3	HRV + is	1,5	1,83	> 33,3%	44,1 %
	DFV	1,5	2,19	> 33,3%	56,8 %
	MFV	1,1	2,11	> 16,7%	55,8 %
	DFV uten bolter	1,1	1,45	> 8,3%	37,0 %
Skjøt4	HRV + is	1,5	1,91	> 33,3%	45,6 %
	DFV	1,5	2,68	> 33,3%	62,5 %
	MFV	1,1	2,56	> 16,7%	61,6 %
	DFV uten bolter	1,1	1,52	> 8,3%	38,4 %

Figur 3-1 Utklipp fra ny stabilitetsberegning

Ved å utnytte eksisterende fjellbolter er dam Lassajavri ved skjøt 3 og 4 stabil i alle lasttilfeller.



4 Vedlegg

4.1 Revurdering Sweco



4.2 Tegning Lassajavri



4.3 10253097-01 – RIGberg-NOT-301, Ingeniørgeologisk vurdering av bergparametere



4.4 Beregning fjellbolt etter Statens Vegvesen Håndbok V220



4.5 Stabilitetsberegning dam Lassajavri