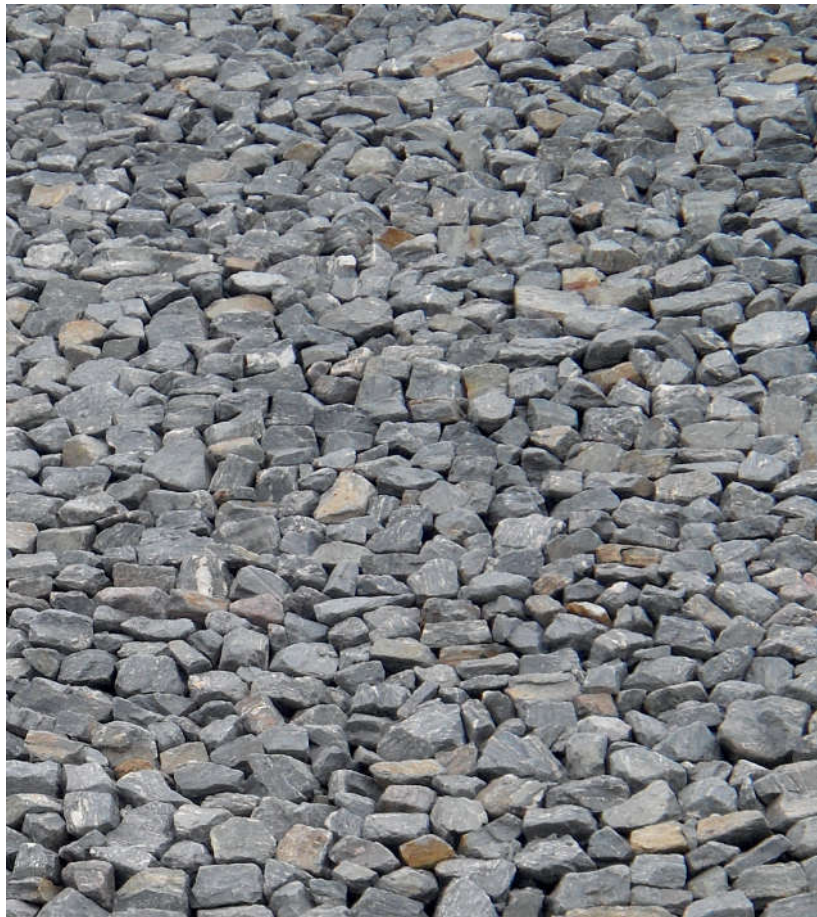


Priska Helene Hiller

Kartlegging av plastring på nedstrøms skråning av fyllingsdammer

Trondheim, januar 2016



Priska Helene Hiller

Kartlegging av plastring på nedstrøms skråning av fyllingsdammer

Trondheim, januar 2016

NTNU Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for vann- og miljøteknikk

Forord

Denne rapporten er en del av prosjektet PlaF «Plastring for fyllingsdammer» som er finansiert gjennom vannkraftbransjen og Forskningsrådet. Prosjektet koordineres av Energi Norge og utføres av Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU, av stipendiat Priska Helene Hiller med professor Leif Lia som veileder.

Kartleggingen ble utført av studenter som hadde sommerjobb i samarbeidsbedriftene Statkraft Energi, SKS Produksjon og BKK Produksjon. De kartla også noen dammer hos E-Co, SKL og Saudefaldene. Takk til samarbeidsbedriftene og kontaktpersonene som koordinerte og støttet sommerstudentene.

Takk til studentene som utførte kartleggingen sommeren 2015:

- Sigurd Sørås
- Pauli Petter Nordvåg
- Synnøve Wiger Austefjord
- Sondre Fossheim
- Åshild Huseby
- Simen Drogset Børstad

Sigurd Sørås og Pauli Petter Nordvåg bidro med bearbeiding av data og med å utarbeide rapporten.

Trondheim, januar 2016



Priska Helene Hiller
PhD stipendiat

Sammendrag

Nedstrøms skråning av fyllingsdammer i Norge sikres med såkalt plastring mot erosjon i sammenheng med ulykkeslaster fra utstrømmende vann eller overtopping. Plastring består av steiner som er lagt i forband med lengderetning og fall innover mot dammen. Plastring på 33 dammer ble kartlagt sommeren 2015 og resultatene fra de ulike dammen ble sammenlignet med hverandre og med gjeldende krav og anbefalinger i henholdsvis Damsikkerhetsforskriften og Veileder for fyllingsdammer. Steinstørrelse, -form, plassering og plastringstetthet ble registrert for plastringssteiner innenfor utvalgte områder.

Resultatet viser at 64% av dammene oppfyller anbefaling for minste steinstørrelse og ingen møter kriteriet for forholdet mellom største og minste stein. Alle dammene ville oppfylle anbefalingen om steinstørrelse hvis 5-persentilen ville blitt brukt som referanse i stedet for minste stein. Ved å justere gjeldende anbefaling fra at forholdet mellom største og minste stein må være større enn 1,7 til forholdet mellom 90-persentilen og 10-persentilen, ville 70% oppfylle dette kriteriet. I gjennomsnitt har 38% av de målte plastringsteinene ønsket steinform, og det brukes utover det flere flate og kubiske steiner. Det er ikke spesifisert om kravet til plassering gjelder for alle steiner eller bare en andel. Kartleggingen viser at for rundt 70% av dammene er 80% eller flere plastringssteiner lagt med lengste akse og fall innover dammen.

Kartlegging av plastring på 33 fyllingsdammer gir kunnskap om måten plastring blir utført på i praksis. Prinsippene som står bak dagens krav og anbefalinger, er gode og blir fortsatt ivarettatt dersom dagens kriterier justeres til persentiler i stedet for maksimale og minimale steinstørrelser. Slik ville den naturlige variasjonen i steinmaterielt blitt bedre tatt hensyn til, noe som er vanlig i spesifisering av erosjonssikringer med stein. Den anbefalte endringen vil føre til at utført plastring i felt kan oppnå kriterier som er satt i Damsikkerhetsforskriften og Veileder for fyllingsdammer, uten økt ressursbruk og målbar betydning for damsikkerheten. Videre anbefales det at en mulig endring blir diskutert med fagpersoner fra ulike brukergrupper før eventuelle endringer blir iverksatt.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
1.1	Bakgrunn og formål	1
1.2	Eksisterende krav og anbefalinger for plastring.....	1
1.3	Steinparametere.....	3
2	Metode.....	5
2.1	Kartlagte dammer.....	5
2.2	Undersøkte parametere	7
3	Resultater og diskusjon	9
4	Konklusjon	19
5	Referanser	21

Vedleggsfortegnelse

A.	Kornfordelingskurver	A-1
B.	Zingg diagrammer	B-1
C.	Utdrag fra befaringsrapportene	C-1
C1.	Dammer i konsekvensklasse 4.....	C-1
C2.	Dammer i konsekvensklasse 3.....	C-4
C3.	Dammer i konsekvensklasse 2.....	C-16
C4.	Dammer i konsekvensklasse 1.....	C-33

Figur- og tabellfortegnelse

Figur 1 Definisjon av steinens tre akser (tatt fra Jenssen & Tesaker (2009), opprinnelig i Bunte & Abt (2001)).	3
Figur 2 Ønsket steinform for plastringsteiner (fra presentasjon Hyllestad (2007)).	4
Figur 3 Skisse over nedstrøms skråningsvern på en skråning $S = 1: N$. Helningen av steinens akse som peker inn mot dammen kan oppgis i forhold til skråningen (vinkel α) eller i forhold til horisontale, β .	4
Figur 4 Kart over Norge. Demningene der plastring ble kartlagt er merket.(Kartkilde: http://atlas.nve.no).	5
Figur 5 Bestemmelse av plastringstetthet i et 5x5 meter område.	7
Figur 6 Dam Akersvatn i Rana, Nordland	9
Figur 7 Kornfordelingskurve for plastringsstein på dam Akersvatn. $d_{50} = 89$ cm, $d_{\min} = 48$ cm og $d_{\max} = 110$ cm.	10
Figur 8 Boksplott av de ulike steinaksene og nominell steindiameter for dam Akersvatn. Boksen begrenses av 25- og 75-persentilen (nedre og øvre kvartil), de horisontale strekene i boksene står for median, middelverdien indikeres med en diamant, nedre og øvre strek viser henholdsvis minimum og maksimum.	10
Figur 9 Zingg diagram for målte plastringsstein på dam Akersvatn. Steinene som er innenfor det ønskete området for steinform er merket med grønne sirkler.	11
Figur 10 Kornfordelingskurver for de undersøkte dammene i konsekvensklasse 4. Anbefalingen fra Veilederen for fyllingsdammer $V_{\min} = 0,15$ m ³ tilsvarer en $d_{\min} = 0,63$ m med antakelsene som er spesifisert i Tabell 1.	12
Figur 11 Forhold mellom største og minste steindiameter eller henholdsvis utvalgte persentiler.	13
Figur 12 Zinggdiagram for plastringssteinene på dammene i konsekvensklasse 4.	14
Figur 13 Relativ antall steiner som møter ulike kriterier i henhold til plassering og steinform i forhold til året når plastringen ble bygd.	15
Figur 14 Normert plastringstetthet i forhold til år for plastring.	16
Figur 15 Oppsprukken plastringsstein som dessuten ligger med a-aksen på tvers og i dårlig forband. Dam Kvittingvatn.	17
Figur 16 Området med store forskjell i steinstørrelse og dårlig kontakt mellom plastringsstein. Gjømmervatn sperredam øst.	17
Figur 17 Vegetasjon i plastringen. Staffivatn sperredam.	17
Figur 18 Stor variasjon i steinstørrelse og mange små steiner. Vessingsjø sekundærdam.	17
Figur 19 Kornfordelingskurver for dammer i konsekvensklasse 3.	A-1
Figur 20 Kornfordelingskurver for dammer i konsekvensklasse 2.	A-2
Figur 21 Kornfordelingskurver for dammer i konsekvensklasse 1.	A-2
Figur 22 Zingg diagram for dammer i konsekvensklasse 3.	B-1
Figur 23 Zingg diagram for dammer i konsekvensklasse 2.	B-1
Figur 24 Zingg diagram for dammer i konsekvensklasse 1.	B-2

Tabell 1 Anbefalinger for steinstørrelse fra Veileder for fyllingsdammer, samt omregning til steindiameter (med $S = 0,67$ og $C_f = 0,6$).	2
Tabell 2 Oversiktstabell over dammene der nedstrøms plastring ble kartlagt.	6
Tabell 3 Oversikt over hvor mange dammer møter anbefalingene om steinstørrelse fra Veileder for fyllingsdammer og noen alternative forslag for kriterier	12
Tabell 4 Antall dammer der en viss andel steiner ligger med lengste akse og med fall innover i dammen.	14

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Fyllingsdammer i Norge er i hovedsak bygget for oppdemning av vann i sammenheng med produksjon av vannkraft. I utgangspunktet skal det ikke renne vann på nedstrøms skråning av fyllingsdammer, men ved et ulykkestilfelle kan vann strømme gjennom og/eller over dammen. Derfor skal nedstrøms skråning sikres med steinplastring mot erosjon. En prosjektoppgave på Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU, analyserte plastring på fire ulike steinfyllingsdammer (Bogfjellmo, 2013). Konklusjonen var at ingen av de fire undersøkte plastringene oppfylte alle anbefalingene fra myndighetene. Dette førte til denne kartleggingsstudien for å få et større datagrunnlag til vurdering.

Kartlegging av eksisterende plastring skal gi en oversikt over hvordan plastring i praksis blir utført og om den møter gjeldende krav og anbefalinger for dimensjonering. I tillegg gir det et grunnlag for å sammenligne plastringer som ble bygd på ulike tidspunkt og fra ulike dameiere. Kartleggingsstudien er et delprosjekt innenfor forskningsprosjektet «Plastring av fyllingsdammer» som skal utvikle et verktøy for optimal plastring av fyllingsdammer.

1.2 Eksisterende krav og anbefalinger for plastring

Regelverk i Norge

Olje- og energidepartementet, OED, utga Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg, Damsikkerhetsforskriften, (OED, 2009) med hjemmel i Vannressursloven. Forskriften forvaltes av Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE. Plastring på nedstrøms skråning av fyllingsdammer blir omhandlet i Damsikkerhetsforskriften og følgende krav er gitt i § 5-10. Fyllingsdammer, f) nedstrøms skråning:

«Nedstrøms skråning skal ha skråningsvern som sikrer at dammen tåler stor vanngjennomstrømning og/eller overtopping som følge av ulykkeslaster eller skade på dam. Stein i skråning skal ha tilfredsstillende størrelse og kvalitet og være stabilt ordnet i forband. Steinene skal plasseres med fall og lengderetning innover i dammen. Overgang mot støttefylling må utføres slik at utvasking av innenforliggende materiale ikke finner sted.»

Veileder for fyllingsdammer (NVE, 2012) gir anbefalinger på hvordan kravene fra Damsikkerhetsforskriften kan bli oppfylt. Andre løsninger kan aksepteres hvis like god sikkerhet blir dokumentert. Sikringstiltakene er avhengig av dammens konsekvensklasse (klassifiseringskriterier er gitt i Damsikkerhetsforskriften § 4-2). Anbefalinger for nedstrøms

skråningsvern er gitt i kapittel 3.2.4.2 på side 23 og 24. Formel 3.2 i veilederen gir forholdet mellom minste steinstørrelse d_{min} , skråning S ($S = 0,67$ for en skråning 1: 1,5) og enhetsvannføring q .

$$d_{min} = 1,0 \cdot S^{0,43} \cdot q^{0,78} \quad (1)$$

Minimum steinvolum for konsekvensklasse 4 bør være $0,15 \text{ m}^3$. For konsekvensklasse 2 og 3 settes enhetsvannføringen ikke lavere enn $0,5 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ og for konsekvensklasse 1 ikke lavere enn $0,3 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$. Formel 2.4 kan brukes for å regne om steinvekt W til steindiameter d ,

$$d = \left(\frac{W}{C_f \cdot \gamma_s} \right)^{1/3} \quad (2)$$

med steinens formfaktor C_f og steinens tyngdetetthet γ_s . Dessuten bør forholdet mellom største og minste steinstørrelse i diameter ikke overstige 1,7.

Det er også gitt anbefalinger for gradvis overgang fra skåningsvernet til støttefyllingen og at behovet for å sikre skråningen ved vederlaget og mot damfoten må vurderes.

Anbefalingene for steinstørrelser er beregnet ved hjelp av formlene over og sammenfattet i Tabell 1.

Tabell 1 Anbefalinger for steinstørrelse fra Veileder for fyllingsdammer, samt omregning til steindiameter (med $S = 0,67$ og $C_f = 0,6$).

Konsekvens-klasse	Min. enhetsvannføring [m ³ /s/m]	Min. steinvolum [m ³]	Beregnet min. steindiameter [m]
4	Ikke oppgitt	0,15	0,63
3	0,5	Ikke oppgitt	0,49
2	0,3	Ikke oppgitt	0,33
1	0,3	Ikke oppgitt	0,33

Generell litteratur om erosjonssikring med stein

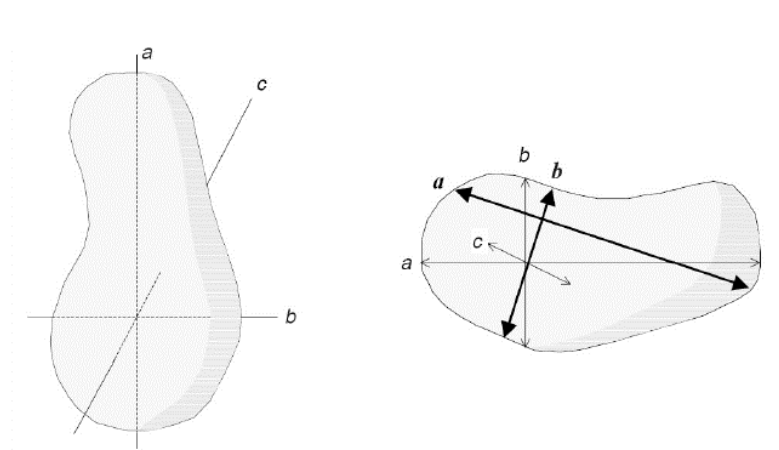
Erosjonssikring er et godt dokument fagfelt. Erosjonsprosesser er imidlertid sterkt påvirket av lokale topografiske forhold og strømningsforhold på stedet og det finnes derfor mange internasjonale studier. De fleste studiene tar for seg erosjonssikring med rauset stein, altså ikke plastring, i forholdsvis slake skråninger (helning mindre enn 2%). På engelsk brukes ordet «riprap» for både rauset steinsikring og plastring. Den som bruker litteraturen, må derfor være oppmerksom på grunnlagene som en studie eller formel baseres på.

Vassdragshåndboka (Fergus et al., 2010), kapittel 5 og 6, og NVE Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein (Jenssen and Tesaker, 2009) gir god oversikt over erosjonsprosesser og mulige sikringstiltak på norsk. På engelsk er The rock manual (CIRIA, CUR, CETMEF, 2007) ei omfattende håndbok om bruk av stein innenfor vassdragsteknikk.

1.3 Steinparametere

Steinstørrelse og steinens form

Steinstørrelse kan beskrives med blant annet steinvekt, -volum eller -diameter. Mindre steiner blir siktet for å bestemme steinstørrelse og kornfordelingskurver. Plastringssteiner er så store at sikting ikke er hensiktsmessig. En annen måte å finne steinstørrelse på er å måle steinens tre akser som vist i Figur 1, der a er steinens lengste akse, b den mellomste akse og c den korteste akse.

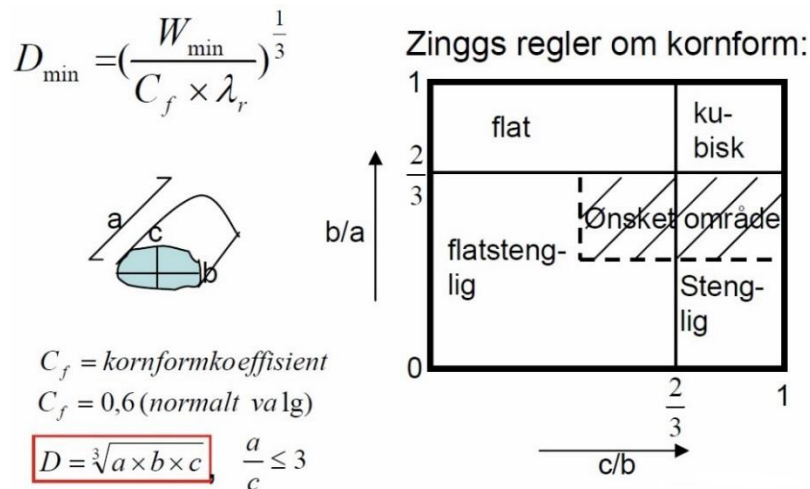


Figur 1 Definisjon av steinens tre akser (tatt fra Jenssen & Tesaker (2009), opprinnelig i Bunte & Abt (2001)).

Den nominale diameteren til steinen d er lik

$$d = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c} \quad (3)$$

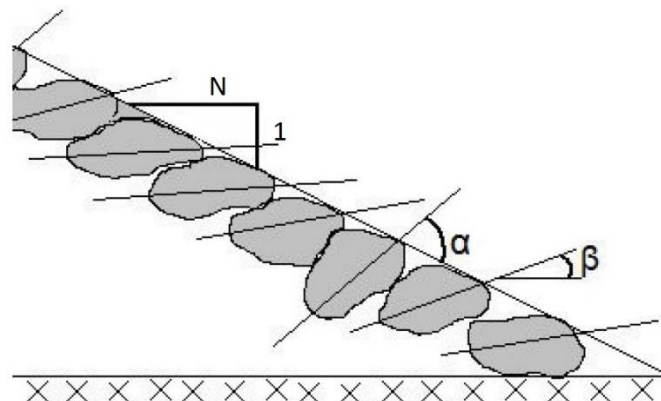
Forholdet mellom steindiameter, -vekt og -volum kan beregnes med Formel (2). Forholdet mellom de ulike aksene beskriver steinens form og kan bli framstilt i et Zingg diagram (Zingg, 1935). NVE anbefaler å bruke plastringsstein som ligger innenfor det skraverte området i Zingg diagrammet i Figur 2.



Figur 2 Ønsket steinform for plastringsteiner (fra presentasjon Hyllestad (2007)).

Plassering og plastringstetthet

Steinene skal etter Damsikkerhetsforskriften plasseres i forband med helning innover dammen. Helningen av steinens akse som peker inn mot dammen kan måles i forhold til skråningen, vinkel α , eller til horisontale, vinkel β , som vist i Figur 3.



Figur 3 Skisse over nedstrøms skråningsvern på en skråning $S = 1 : N$. Helningen av steinens akse som peker inn mot dammen kan oppgis i forhold til skråningen (vinkel α) eller i forhold til horisontale, β .

Plastringstetthet er et mål for antall plastringssteiner per areal. Brukt steinstørrelse, steinform, helningen til plastringssteinene og hvor bra steinene er lagt i forband påvirker plastringstettheten.

2 Metode

2.1 Kartlagte dammer

Plastring på nedstrøms skråning av 33 dammer ble kartlagt i sommer 2015, se kart i Figur 4 og oversikt i Tabell 2. Kartleggingen ble gjennomført av tre grupper sommerstudenter som var plassert i Bergen, Trondheim, Mo i Rana og Fauske. Dermed ble dammer i ulike deler av Norge og av forskjellige dameiere kartlagt.



Figur 4 Kart over Norge. Demningene der plastring ble kartlagt er merket. (Kartkilde: <http://atlas.nve.no>).

Alle feltmålinger ble dokumentert for hver dam med en kort befarringsrapport som omfatter:

- Generell informasjon om dammen (blant annet: konsekvensklasse, byggeår og eventuelt år for fornying/ plastring, damhøyde og –lengde, helning på nedstrøms skråning)
- Bilder fra befaring samt en kort beskrivelse (oversikt, damfot, -krone)
- Vurdering av plastring med hensyn til kvalitet og plastringsparametere som er beskrevet i Avsnitt 1.3.
- Dokumenterte målinger
- Tegninger for dammen

Befaringsrapportene er tilgjengelig på Institutt for vann- og miljøteknikk på NTNU. Utvalgte tall fra befaringsrapportene er i Vedlegg C.

Tabell 2 Oversiktstabell over dammene der nedstrøms plastring ble kartlagt.

Dam navn	NVE damnummer	Konsekvensklasse	Damhøyde [m]	Damlengde [m]	Byggeår, år for fornying/ år for plastret	Nedstrøms skråning [1:N]	Antall innmålte steiner [-]	d ₅₀ [cm]	d _{min} [cm]	d _{maks} [cm]	d _{maks} /d _{min} [-]	Steiner med a-aksen mot dammen [%]	Steiner som heller mot dammen [%]	Normert plastringstetthet [-]
Stolsvatn	4038	4	25	600	1948/ 2009	1,5	57	103	55	163	3,0	93	77	1,3
Nesjø Hoveddam	2162	4	45	1030	1978/ 1999	1,5	76	123	41	167	4,1	86	96	1,4
Akersvatn	1007	4	53	485	1968/ 2009	1,5	58	89	48	110	2,3	91	72	1,4
Krokevatn	1813	3	21	150	1964/ 2011	1,5	58	92	57	114	2,0	88	93	1,5
Skjerjevatnet Hoveddam	2447	3	30	251	1960/ 1991	1,3	49	100	44	123	2,8	76	92	1,6
Svartavatnet hoveddam	2699	3	50	266	1966/ 1981	1,4	71	94	36	171	4,8	70	85	1,4
Svartevatnet hoveddam	2706	3	34	173	1923/ 1983	1,4	38	126	68	153	2,3	82	100	1,6
Vestredalstjern	2947	3	36	455	1980	1,5	58	117	37	179	4,8	88	78	1,7
Arstaddalen dam	1030	3	60	255	1963/ 2007	1,7	50	87	47	133	2,8	86	100	1,5
Heggmovatn Hoveddam	1567	3	23	100	1973/ 2005	1,7	73	82	44	116	2,6	89	96	1,5
Aursjø	3112	3	38	887	1958/ 1984	1,4	49	106	55	147	2,7	88	98	1,7
Finnkoihøgda hoveddam	1324	3	20	285	1969/ 2014	1,5	76	100	57	139	2,4	88	100	1,7
Bleikvassdammen	3772	3	26	95	1999	1,6	35	127	41	159	3,9	89	86	1,7
Røssvassdam sør	2348	3	23	300	1957/ 2000	1,6	36	128	66	154	2,3	81	92	1,6
Røssvassdam nord	2348	3	23	300	1957/ 2000	1,6	35	117	68	169	2,5	89	89	1,2
Kvittingvatn seksjon II og III	1853	2	12	125	1931/ 2014	1,5	45	107	65	139	2,1	93	98	1,4
Skjerjevatnet sekundærdam I	3578	2	19	101	1960/ 1992	1,3	53	96	69	144	2,1	89	92	1,3
Stølsvatn, matre	2674	2	29	185	1974/ 1999	1,5	47	78,3	46	138	3,0	60	36	0,9
Årsdalsvatn	3095	2	44	125	1968/ 2011	1,5	33	114	80	141	1,8	88	88	1,2
Øvre Sandavatn	2385	2	14	161	1924/ 2003	1,9	52	93,7	47	122	2,6	96	92	1,4
Blådalvatn hoveddam	1115	2	52	460	1963/ 1988	1,5	55	86,3	33	132	4,0	60	56	1,3
Blådalvatn sperredam	1117	2	28	80	1975	1,7	52	86,5	43	122	2,8	67	44	1,2
Fjellhaugvatn	1342	2	52	73	1960/ 2005	1,5	48	92,5	49	112	2,3	81	65	1,2
Midtbotnvatn hoveddam	2038	2	50	334	1958/ 1991	1,4	45	98,7	38	116	3,1	84	73	1,4
Møsevatn	2088	2	28	119	1965/ 2007	1,4	44	100	38	148	3,9	70	80	1,3
Staffivatn hoveddam	2521	2	24	126	1976	1,4	58	79	30	131	4,4	72	48	1,1
Staffivatn sperredam	2522	2	18	66	1976	1,4	56	92	32	151	4,7	63	68	1,5
Gjømmervatn	1435	2	5	140	1954/ 2006	1,5	19	84	52	101	1,9	0	89	1,7
Langvatn hoveddam	1897	2	13	190	1963/ 2010	1,7	126	61	33	86	2,6	97	92	1,5
Vessingsjø sekundærdam	2931	2	5	70	1959/ 2008	1,5	156	54	19	95	5,0	81	87	0,9
Svartavatn (SKL)	2695	1	14	19	1920/ 2007	1,7	55	94	46	137	3,0	84	80	1,6
Dam Nedre Mardalsvatn	3196	1	10	155	1975/ 2011	1,5	37	115	48	133	2,8	89	95	1,6
Dam Store Sandgrovvatn	3195	1	10	330	1974/ 2012	1,5	32	105	60	141	2,4	91	97	1,2

2.2 Undersøkte parametere

Målingene ble utført i grupper på to og to personer, der *en* utførte målingene, mens den andre noterte. Det ble tatt stikkprøver på ulike områder av dammen som beskrevet under. Steinstørrelse, vinkel inn mot dam og plastringstetthet var parametrene som var i fokus. Dette er parametere som er enkle å måle ute i felt, og krever beskjedent med utstyr, samt at de gir et godt inntrykk av utført plastring.

Valget av måleområdene skulle gi et representativt inntrykk for plastringen og sikre et objektivt utvalg av steinene som ble målt. Derfor ble tre ulike områder valgt tilfeldig mellom damkrone og damtå: et 5 x 5 meter firkant, en 10 x 10 meter firkant og en 10 meters linje. Områdene ble merket av med tråd. Steinene som lå rett under tråden nederst og på venstre side av firkanten, sett fra nedstrøms side, ble ansett som innenfor og målt eller telt, mens de steinene som lå under tråden øverst og på høyre side ble ansett som utenfor området, se Figur 5. For 10 meters linjen, ble alle steinene under tråden målt. I noen tilfeller avviker størrelse på firkanten eller lengden på linjen på grunn av geometrien til dammen eller vær- og snøforhold. Slike avvik ble beskrevet og begrunnet i befarringsrapportene.



Figur 5 Bestemmelse av plastringstetthet i et 5x5 meter område.

Steinstørrelse og steinens form

I felt ble de tre aksene av hver enkelt stein i et 5 x 5 meter firkant og under en 10 meters linje målt med meterstav. Dette er den enkleste måten å få et inntrykk av plastringens steinstørrelse, men det kan være utfordrende å måle hvis steinene ligger tett og det var vanskelig å komme ordentlig til. Aksen til steinen som gikk inn mot dammen, ble konsekvent målt først. Dersom den aksen som ligger inn mot dammen ikke var den lengste, ble dette notert.

Nominell steindiameter ble beregnet med hjelp av Formel (3). Steinens vekt ble beregnet med Formel (2) for å tegne kornfordelingskurve og til å beregne persentiler for steindiameteren. Det ble brukt en formfaktor for steinene $C_f = 0,6$ (vanlig valg i henhold til Figur 2) og en gjennomsnittlig tyngdetetthet for stein $\gamma_s = 26 \text{ kN/m}^3$.

Plassering og plastringstetthet

Plasseringen ble målt for de samme utvalgte steinene. Helning på steinens akse som pekte mot dammen ble målt ved hjelp av en håndholdt avstands- og vinkelmåler med laser (type Leica DISTO X310 eller lignende). Vinkelen ble målt i forhold til horisontale, altså som vinkel β , og regnet om til vinkel α ved å addere vinkelen til skråningen. Det var utfordrende å bestemme vinkelen fordi steinene var innbygd i plastring og ikke var fullstendig synlige.

Plastringstetthet ble målt ved å telle antall stein innenfor to områder. To firkanter på henholdsvis 5 x 5 meter og 10 x 10 meter ble slått opp i plastringen ved hjelp av tråd. Etter at områdene var merket, ble steinene telt. Steinene ble merket med kritt etter de var telt for å unngå å telle en viss stein flere ganger. Plastringstetthet ble registrert som «antall steiner per m^2 ». Steinstørrelsen påvirker plastringstettheten. Den registrerte plastringstettheten ble derfor multiplisert med d_{50}^2 og betegnes som normert plastringstetthet. Slik er det mulig å sammenligne plastringstetthet fra plastring med ulik steinstørrelse.

Observasjoner

Plastringsstein som skilte seg ut, ble notert og dokumentert med bilder.

3 Resultater og diskusjon

Resultater for én utvalgt dam presenteres som eksempel. Deretter blir resultatene fra de kartlagte dammene sammenlignet med krav og anbefalinger for plastring. Resultater for hver enkelt dam ligger i Tabell 2 og i Vedlegg C.

Dam Akersvatn (eksempel)

Dam Akersvatn (NVE damnummer: 1007) i Figur 6 er i konsekvensklasse 4, ligger i Rana kommune i Nordland fylke og eies av Statkraft. Den 53 m høye fyllingsdammen med morenekjerne ble bygd i 1968 og fornyet i 2009.

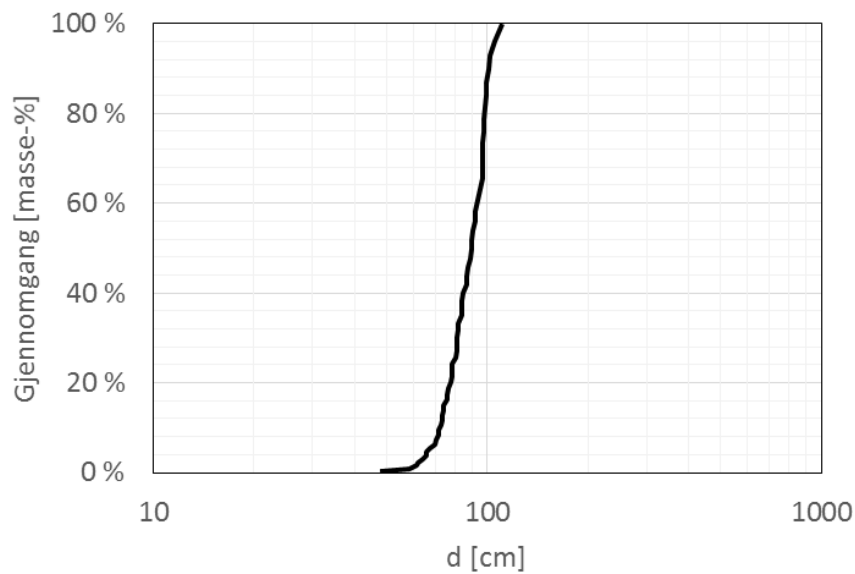


Figur 6 Dam Akersvatn i Rana, Nordland

Plastringen er dermed ny og omtales i befaring rapporten:

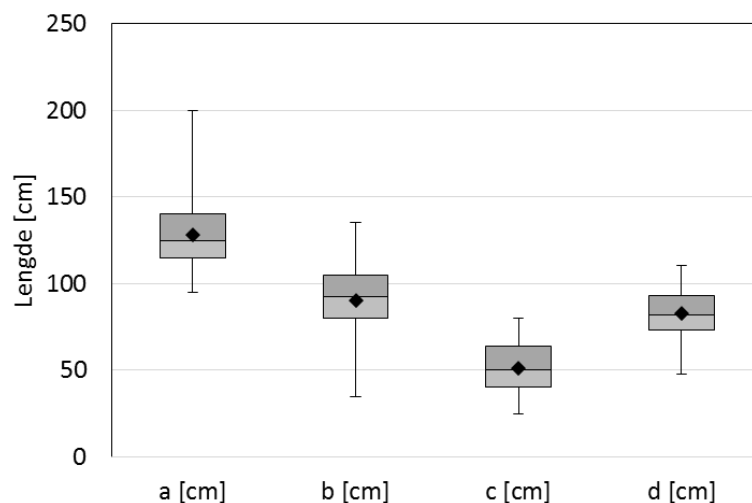
Akersvassdammen har konsekvensklasse 4, og er preget av stor plastringstørrelse. De ulike lagene i dammen er også godt synlig. Plastringen ved Akersvatn oppleves som svært god, det er inntrykk av god homogenitet, god kontakt mellom steinene i alle kontaktflater, samt få tegn til forvitring. Dammen er relativt ny (2009), og bærer preg av et godt utført arbeid. I følge NGUs berggrunnskart er det antatt at bergarten er kalksilikatgneis. I følge kontaktperson Sturla Lenningsvik er denne dammen og Røssvassdammen plastret av samme gravemaskinfører. Begge dammene er i følge han imponerende godt plastret. Gravemaskinføreren skal være godt kjent for å være flink til akkurat dette arbeidet.

Totalt ble 58 steiner målt inn under befaring. Midlere steindiameter av plastringssteinene er $d_{50} = 89$ cm. Minste steinen har $d_{\min} = 48$ cm som tilsvarer en steinvolum på $0,7$ m³, største målte steinen har $d_{\max} = 110$ cm. Forholdet mellom største og minste steinen er dermed $d_{\max}/d_{\min} = 2,3$. Kornfordelingskurven er vist i Figur 7 og boksplott av de ulike aksene og nominell steindiameter i Figur 8.



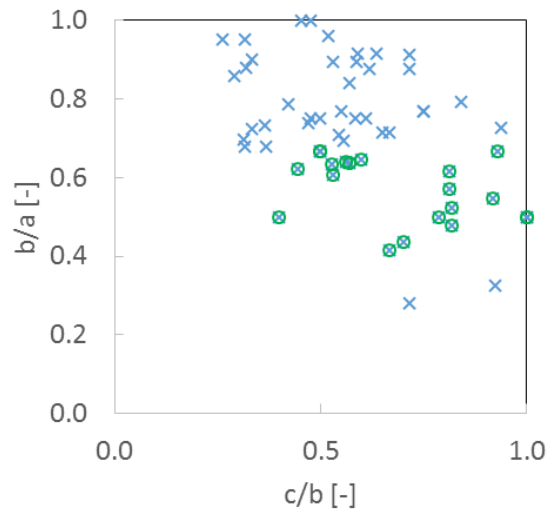
Figur 7 Kornfordelingskurve for plastringsstein på dam Akersvatn. $d_{50} = 89 \text{ cm}$, $d_{min} = 48 \text{ cm}$ og $d_{maks} = 110 \text{ cm}$.

Boksplotten viser at det er tydelig lengdeforskjell mellom a og b-aksene. Fordelingen av b-aksen ligner mest fordelingen av den nominelle diameteren. De fleste steinene, 91 %, hadde a-aksen mot dammen og 82% la med helning mot dammen. Samlet sett var det 39 av 58 steiner, eller 67%, som la med a-aksen og helning innover mot dammen. Plastringstettheten er på 1,75 stein/m². Den normerte plastringstettheten som er uavhengig av steinstørrelsen, er lik 1,38.



Figur 8 Boksplott av de ulike steinaksene og nominell steindiameter for dam Akersvatn. Boksen begrenses av 25- og 75-persentilen (nedre og øvre kvartil), de horisontale strekene i boksene står for median, middelverdien indikeres med en diamant, nedre og øvre strek viser henholdsvis minimum og maksimum.

Figur 9 presenterer forholdet mellom aksene c/b og b/a i et Zingg diagramm. Sammenlignet med det ønskete området for steinform som er vist i Figur 2, ligger 20 av de 58 målte steinene innenfor, altså 34 %. Flere steiner er flattere enn ønsket, altså $b/a > 2/3$.



Figur 9 Zingg diagram for målte plastringstein på dam Akersvatn. Steinene som er innenfor det ønskete området for steinform er merket med grønne sirkler.

Plastringen på dam Akersvatn oppfyller dermed delvis kravene i Damsikkerhetsforskriften. Steinene skal plasseres med fall og lengderetning (altså a-aksen) innover dammen, det er tilfellet av 67% av de oppmålte plastringsteinene som utover det er plassert bra i forband. Anbefalingene fra Veileder for fyllingsdammer er ikke oppfylt for de oppmålte steinene og dermed ikke heller for hele plastringen. Steinvolum på den minste steinen er mindre enn $0,15 \text{ m}^3$ og forholdet mellom $d_{\text{maks}}/d_{\text{min}} = 2,3 > 1,7$. Ved å bruke 5-persentilene, altså d_5 og d_{95} , i stedet for ytterpunktene d_{min} og d_{maks} ville begge anbefalingene vært oppfylt.

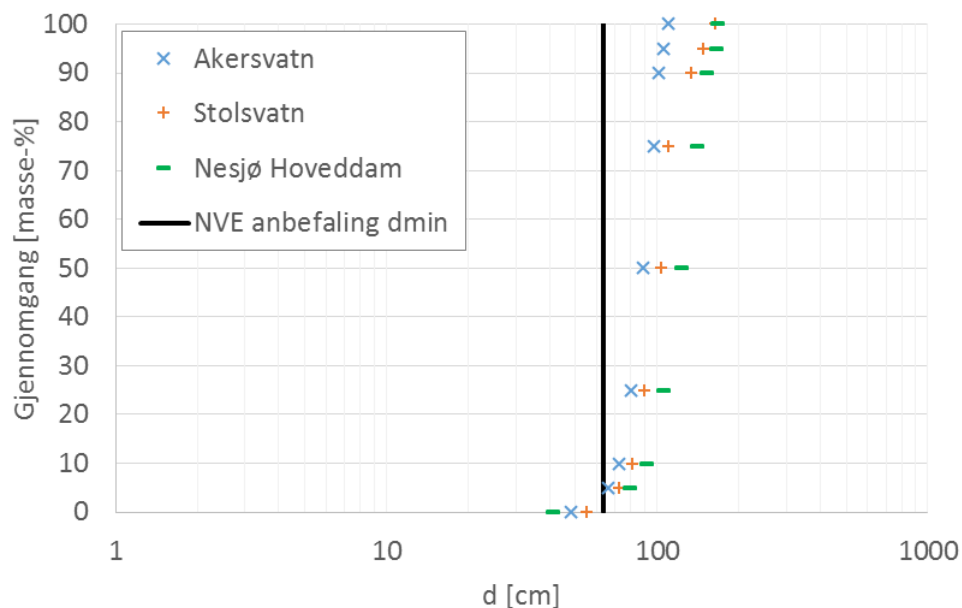
Steinstørrelse og steinens form

De kartlagte plastringene oppfylte ikke anbefalingene om steinstørrelse fra Veileder for fyllingsdammer. Hvor mange dammer som oppfyller anbefalingene, er oppsummert i Tabell 3 oppdelt etter konsekvensklasse.

Tabell 3 Oversikt over hvor mange dammer møter anbefalingene om steinstørrelse fra Veileder for fyllingsdammer og noen alternative forslag for kriterier

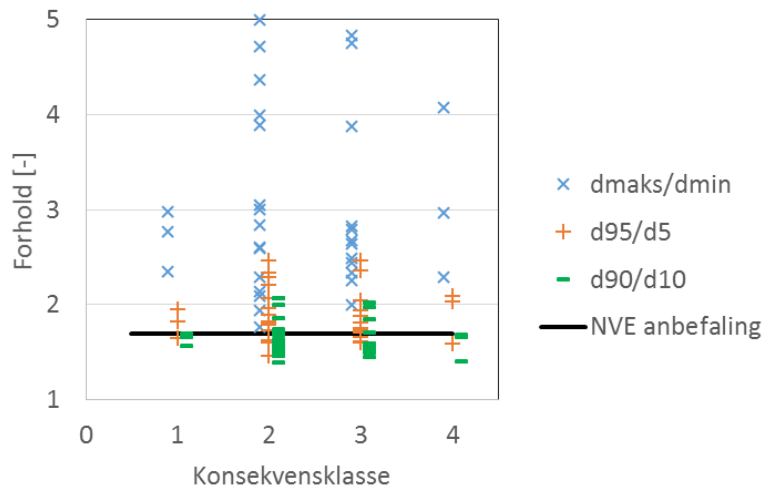
Kriteriet	Antall dammer som oppfyller kriteriet					
	Kl. 4	Kl. 3	Kl. 2	Kl. 1	Totalt	Totalt i %
Antall dammer kartlagt	3	12	15	3	33	100
Anbefalinger fra veilederen						
$d_{\min} \leq d_{\min, \text{anbefalt}}$	0	6	12	3	21	64
$d_{\text{maks}}/d_{\min} \leq 1,7$	0	0	0	0	0	0
Alternativer						
$d_5 \leq d_{\min, \text{anbefalt}}$	3	12	15	3	33	100
$d_{95}/d_5 \leq 1,7$	1	3	3	1	8	24
$d_{90}/d_{10} \leq 1,7$	3	8	9	3	23	70

Ingen av de tre dammene i konsekvensklasse 4 oppfylte anbefaling på minste steinstørrelse på $0,15 \text{ m}^3$ og bare seks av tolv dammer i klasse 3 møtte anbefalingen på $d_{\min} = 49 \text{ cm}$ i henhold til tall i Tabell 1. For klasse 2 og 1 oppfyller 15 av 18 plastringer anbefalingen om minste steinstørrelse. Anbefalingen ville imidlertid bli oppfylt av alle plastringene om kriteriet ville gjelde for d_5 i stedet for d_{\min} . Dette vises også i Figur 10 hvor kornfordelingskurvene for klasse 4 dammene er tegnet inn samt anbefalingen fra Veilederen for fyllingsdammer. Lignende figurer med kornfordelingskurvene til dammene for konsekvensklassene 3, 2 og 1 ligger i Vedlegg A.



Figur 10 Kornfordelingskurver for de undersøkte dammene i konsekvensklasse 4. Anbefalingen fra Veilederen for fyllingsdammer $V_{\min} = 0,15 \text{ m}^3$ tilsvarer en $d_{\min} = 0,63 \text{ m}$ med antakelsene som er spesifisert i Tabell 1.

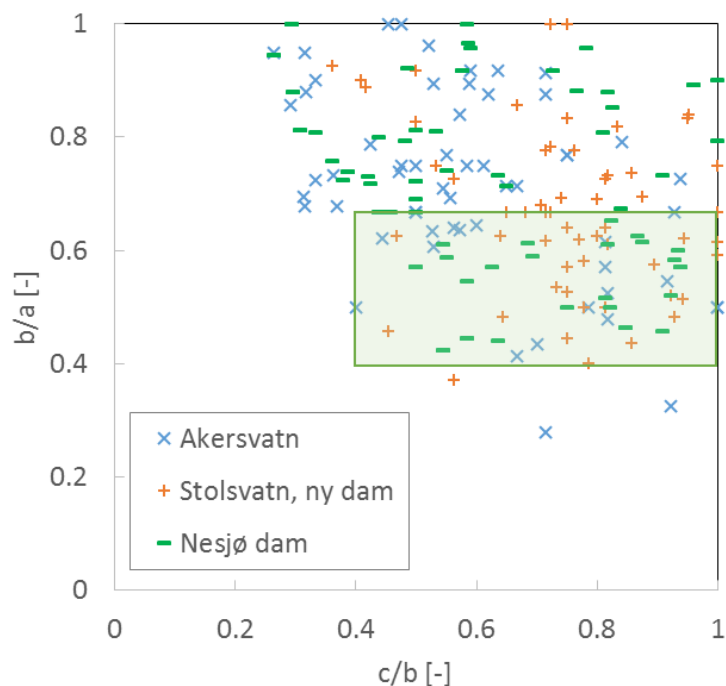
Det er imidlertid anbefalingen om forholdet mellom største og minste stein $d_{maks}/d_{min} \leq 1,7$ som fører til at ingen av de kartlagte plastringene oppfyller anbefalingen. Figur 11 viser d_{maks}/d_{min} for dammene gruppert etter konsekvensklasse. Figuren viser i tillegg hvordan forholdet forandrer seg hvis 5- og 10-persentilene brukes i stedet for minimum og maksimum.



Figur 11 Forhold mellom største og minste steindiameter eller henholdsvis utvalgte persentiler.

Kriteriet i Veileder for fyllingsdammer er hentet fra en anbefaling om å bruke ensgradert materiale i Practical Guide - Riprap Sizing (Société d'énergie de la Baie James, 1997). I NVE Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein (Jenssen & Tesaker, 2009, side 67) er kriterier for ensgradert materiale fra ulik litteratur ført opp: $d_{60}/d_{10} < 5$ (opprinnelig fra Håndbok 016, Statens vegvesen 2006), The rock manual (CIRIA, CUR, CETMEF, 2007) bruker $d_{85}/d_{15} < 1,5$. For dam Akersvatn som er presentert som eksempel, er $d_{60}/d_{10} = 1,29$ og $d_{85}/d_{15} = 1,34$. Forholdet mellom største og minste stein $d_{maks}/d_{min} = 2,3 > 1,7$ og dagens anbefaling er dermed ikke oppfylt. Forholdet mellom 95- og 5-persentilen er $d_{95}/d_5 = 1,6$. Kornfordelingskurvene i Figur 10 og i Vedlegg A viser en lignende tendens for alle dammer og at det er mindre forskjell mellom 5-, 10- og 15-persentilen enn mellom 5-persentilen og den minste steinen. En tilpasning av kriteriet til for eksempel $d_{90}/d_{10} \leq 1,7$ vil bidra til at mange flere dammer, 70% av de kartlagte dammene i stedet for 0%, oppfyller anbefalingene i Veilederen for fyllingsdammer, samt at det fortsatt er et ensgradert steinmateriale.

Zinggdiagrammet over steinform av plastringssteinene på dammene i konsekvensklasse 4 i Figur 12 illustrerer at 44% av plastringssteinene ligger innenfor det ønskete området av NVE. Kriteriet for forholdet c/b ble oppfylt av 88%, mens 44% møter kriteriet for forholdet b/a. Diagrammet viser også at det er flate og kubiske steiner som ble brukt utover de med ønsket steinform.



Figur 12 Zinggdiagram for plastringssteinene på dammene i konsekvensklasse 4.

Zingg diagrammene for konsekvensklasse 3, 2 og 1 viser den samme tendensen og er vist i Vedlegg B. Sett over alle målte plastringssteinene møter 91% anbefalingen for forholdet c/b og 39% for henholdsvis b/a . Tidspunkt for bygging av plastring ser ikke ut til å påvirke steinform som vist i Figur 13.

Plassering og plastringstetthet

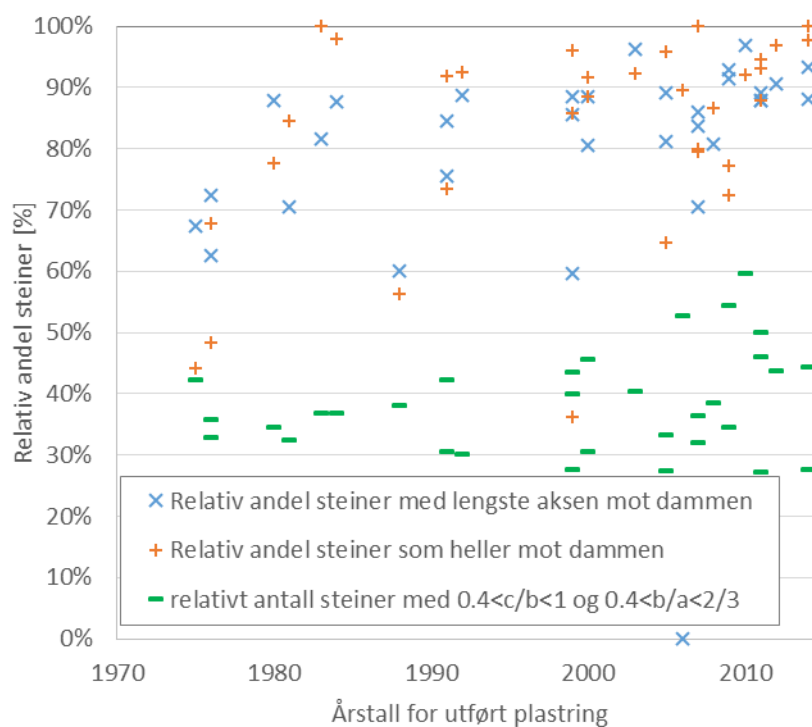
Plastringssteinene skal etter Damsikkerhetsforskrivten plasseres med fall og lengderetning (altså a -aksen) innover i dammen ($\beta > 0^\circ$). Det er vanligvis ikke tilfellet for absolutt alle steiner. Derfor er i Tabell 4 notert hvor mange dammer som har en andel av plastringsstein på 90%, 80% og 50% som oppfyller kravene om retning av lengste aksen og henholdsvis fall innover i dammen. Tallene for hver dam står i oversiktstabellen (Tabell 2).

Tabell 4 Antall dammer der en viss andel steiner ligger med lengste aksen og med fall innover i dammen.

Plassering av stein	Antall dammer som oppfyller kriteriet					
	Kl. 4	Kl. 3	Kl. 2	Kl. 1	Totalt	Totalt i %
Antall dammer kartlagt	3	12	15	3	33	100
a-aksen mot dammen						
90% av målte steiner ok	2	0	3	1	6	18
80% av målte steiner ok	3	10	8	3	24	73
50% av målte steiner ok	3	12	14	3	32	97
Fall innover mot dammen						
90% av målte steiner ok	1	8	4	2	15	45
80% av målte steiner ok	1	11	7	3	22	67
50% av målte steiner ok	3	12	12	3	30	91

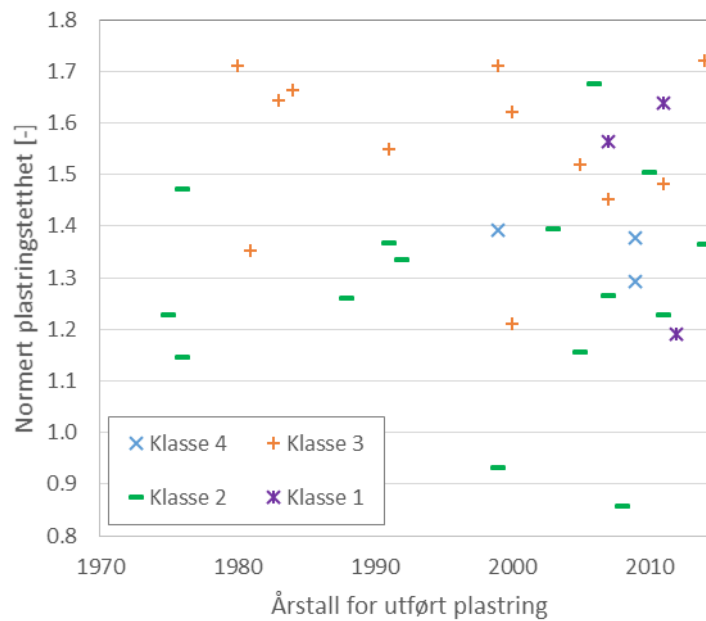
For alle dammene i konsekvensklasse 4, 3 og 1 ligger mer enn 50% av plastringssteinene med lengste akse og fall innover dammen. Øker man sammenligningskriteriet til > 80% av plastringssteinene, er det 83% av dammene. For klasse 2 dammene er det 47% som har en andel av > 80%. Det var ingen dam der alle oppmålte plastringsstein lå med lengderetning og fall innover dammen. Det er imidlertid ikke spesifisert i Damsikkerhetsforskriften om kravene for plassering gjelder for absolutt alle steiner eller om det er tillatt at bare en viss prosentandel av steinene oppfyller dem. Ut ifra resultatene fra kartleggingen er det vanlig at for rundt 70% av dammene ligger 80% eller flere steiner med lengderetning og fall innover dammen. For de øvrige 30% av dammene ligger mer enn 60% av plastringssteinene med lengderetning mot dammen, unntatt *en* plastring der konsekvent b-aksen ble lagt mot dammen. Andelen plastringsstein som heller mot dammen varierer mellom 35% og 70%.

I Figur 13 ble kriteriene for plassering og ønsket steinform plottet i forhold til året når dammen ble plastret sist (år for fornying eller byggeår for nyere dammer). Det er ingen synlig tendens for at plassering og brukt steinform har endret seg i forhold til når plastringen ble lagt fram til 2010. Deretter er andelen av plastringsstein med fall og lengderetning mot dammen høyere enn 85%. Det gjenspeiler kravet i den endrete Damsikkerhetsforskriften som trådte i kraft 1. januar 2010.



Figur 13 Relativ antall steiner som møter ulike kriterier i henhold til plassering og steinform i forhold til året når plastringen ble bygd.

Den normerte plastringstettheten varierer mellom 0,9 og 1,7 for de kartlagte plastringene, med et gjennomsnitt på 1,4. Plastringstettheten ser ikke ut til å ha blitt større eller mindre avhengig av når plastringen ble bygd, som vist i Figur 14.



Figur 14 Normert plastringstetthet i forhold til år for plastring.

Observasjoner

Plastringsstein som skilte seg ut ble dokumentert med bilder. Det var mest vanlig med oppsprukne stein (Figur 15). Videre er det eksempel på stein som ikke ligger i forband (Figur 15), store forskjell i steinstørrelse (Figur 16 og Figur 18) eller vegetasjon i plastringen (Figur 17).



Figur 15 Oppsprukken plastringsstein som dessuten ligger med a-aksen på tvers og i dårlig forband. Dam Kvittingvatn.



Figur 16 Området med store forskjell i steinstørrelse og dårlig kontakt mellom plastringsstein. Gjømmervatn sperredam øst.



Figur 17 Vegetasjon i plastringen. Staffivatn sperredam.



Figur 18 Stor variasjon i steinstørrelse og mange små steiner. Vessingsjø sekundærdam.

4 Konklusjon

Kartleggingen viser at det er avvik mellom anbefalingene i Veileder for fyllingsdammer og hvordan plastring er utført på nedstrøms skråning av fyllingsdammer i Norge. Som følge av resultatene fra kartleggingen, bør anbefalingene tilpasses en utførelse som er oppnåelig i felt.

Hovedårsaken til at anbefalingene ikke blir møtt av utført plastring, er at det benyttes maksimale og minimale kriterier. Steinene som brukes til å bygge plastring, er et naturlig materiale og det er vanlig med variasjon. Anbefalinger bør ta hensyn til denne naturlige variasjonen for eksempel ved å bruke persentiler av steinstørrelse slik at ikke den største og den minste steinen blir avgjørende. Resultatene viser at hvis dimensjonskriteriet for steinstørrelse justeres til d_5 i stedet for d_{min} , så ville alle kartlagte plastringene oppfylle kriteriet i stedet for bare 64% med dagens anbefaling. Det mest utfordrende kriteriet er forholdet mellom største og minste diameter $d_{maks}/d_{min} \leq 1,7$ som skal sikre at det brukes ensgradert steinmateriale til plastring. Det anbefales å gå bort fra å bruke den maksimale og minimale nominelle diameteren og heller bruke persentiler for å ivareta den naturlige variasjonen i steinmateriale. Et materiale med $d_{90}/d_{10} \leq 1,7$ er fortsatt ensgradert og vil føre til at 70% av de kartlagte plastringene ville oppfylt kriteriet sammenlignet med 0% med dagens anbefaling. Det er vanlig å bruke persentiler innenfor vassdragsteknikk. Både i Vassdragshåndboka (Fergus et al., 2010), NVE Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein (Jenssen and Tesaker, 2009) og The rock manual – The use of rock in hydraulic engineering (CIRIA, CUR, CETMEF, 2007) brukes persentiler for å beskrive steinmateriale og for å dimensjonere erosjonssikring. Derfor anbefales det å bruke persentiler også i sammenheng med plastring på fyllingsdammer. En justering fra d_{min} til d_{10} og henholdsvis fra d_{maks} til d_{90} vil ikke ha målbar betydning for damsikkerheten fordi pågående forskning viser at det gir en betydelig sikkerhetsfaktor ved å bygge plastring i stedet for rauset steinsikring (Hiller & Lia, 2015). I gjennomsnittlig har 38% av plastringssteinene ønsket steinform og det brukes flere flate og kubiske steiner enn ønsket.

Kravet i Damsikkerhetsforskriften om å plassere steinene med lengderetning og fall innover dammen blir ikke oppfylt av alle plastringsstein. Det er imidlertid ikke spesifisert om kravet gjelder for alle stein. For 70% av dammene er kravet oppfylt for 80% av steinene. Plastringstettheten for de oppmålte steinene på de kartlagte dammene varierer mellom 0,9 og 4,0 stein/ m² og er avhengig av brukt steinstørrelse. Den normerte plastringstettheten, som er plastringstetthet uavhengig av steinstørrelse, varierer mellom 0,9 og 1,7 med et gjennomsnitt på 1,4. Det er ikke noen tendens til at plassering av steinene eller plastringstettheten er avhengig av årstall når dammene ble plastret, fram til 2010. På dammer med plastring som er nyere enn 2010, ligger mer enn 85% av plastringssteinene med fall og lengderetning mot dammen.

Resultatene fra kartlegging av plastring på 33 fyllingsdammer i Norge gir ny kunnskap om hvordan plastring blir utført i praksis. Prinsippene som ligger bak krav og anbefalinger i henholdsvis Damsikkerhetsforskriften og Veileder for fyllingsdammer, er gode. Det er imidlertid de valgte referansepunktene som fører til at krav og anbefalinger ikke blir oppnådd i praktisk utførelse i felt. Derfor anbefales det på grunnlag av resultatene av kartleggingen å benytte persentiler som referansepunkt i stedet for minimale og maksimale verdier. Det anbefales at en mulig endring blir diskutert med fagpersoner fra ulike brukergrupper før eventuelle endringer blir iverksatt.

5 Referanser

Bogfjellmo, E. 2013. *Nedstrøms skråning av steinfyllingsdammer - Analyse av eksisterende plastringer*. Prosjektoppgave. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU.

Bunte, K. & Abt, S. R. (2001). Sampling surface and subsurface particle-size distributions in wadable gravel- and cobble-bed streams for analyses in sediment transport, hydraulics, and streambed monitoring. United States Department of Agriculture.

CIRIA, CUR, CETMEF (2007). *The Rock manual: the use of rock in hydraulic engineering* (2nd edition). C683, CIRIA, London.

Fergus, T., Hoseth, K. A. & Sæterbø, E. 2010. *Vassdragshåndboka: håndbok i vassdragsteknikk*. Trondheim, Tapir akademisk forlag.

Hiller, P. H. & Lia, L. (2015). *Placed riprap as erosion protection on the downstream slope of rockfill dams exposed to overtopping*. 25th Congress on Large Dams. Stavanger: International Commission On Large Dams.

Hyllestad, E. (2007). *Retningslinjer for fyllingsdammer*. Presentasjon under EBLs vårmøte 23.5.2007: Norges vassdrags- og energidirektorat.

Jenssen, L. & Tesaker, E. (2009). *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein*. Oslo, Norges vassdrags- og energidirektorat.

Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE (2012). *Veileder for fyllingsdammer*. 4/2012. NVE, Oslo.

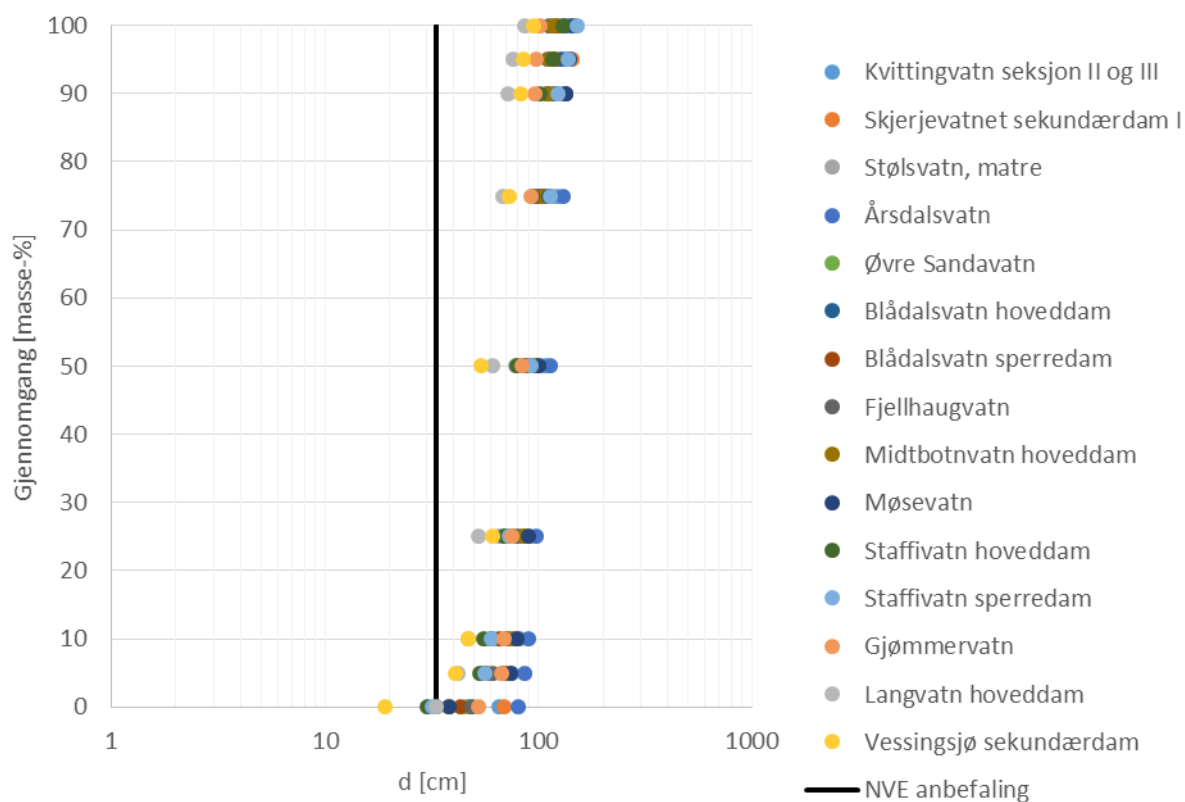
Olje- og energidepartement, OED (2009). *Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (Damsikkerhetsforskriften)*. FOR 2009-12-18 nr 1600.

Société D'énergie De La Baie James (1997). *Practical Guide. Riprap Sizing.*, Société d'énergie de la Baie James.

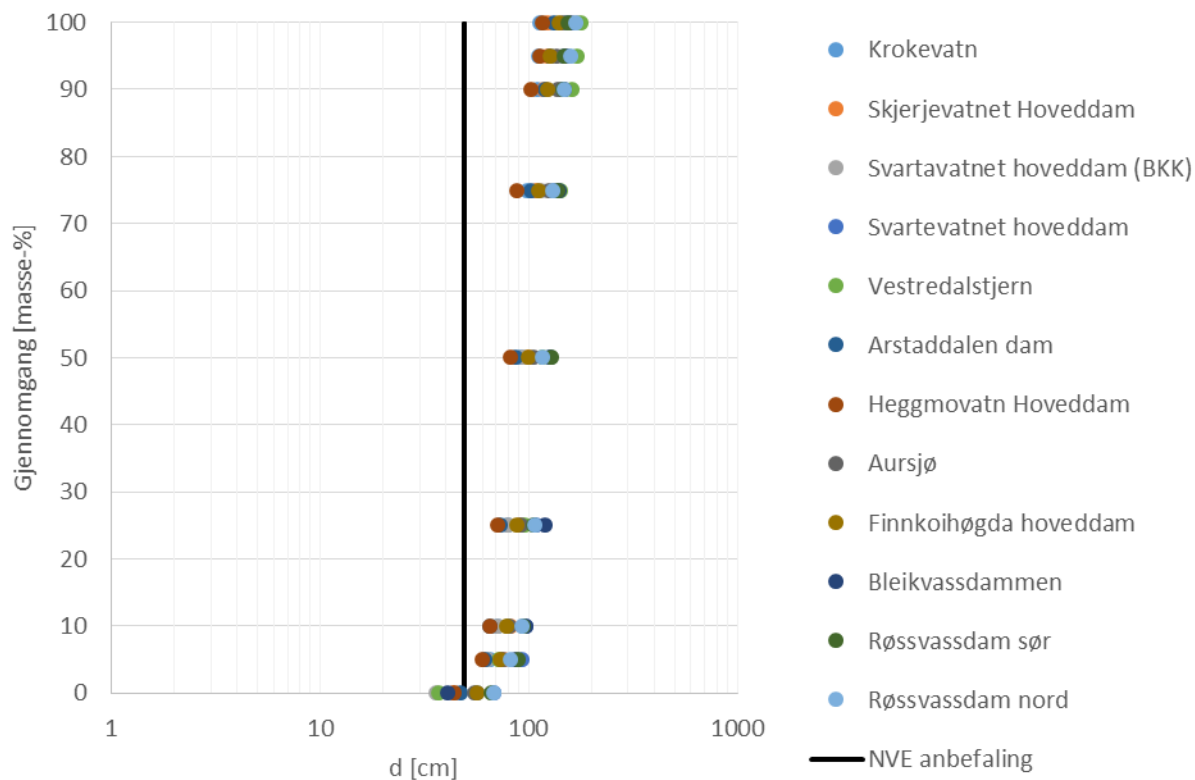
Zingg, T. (1935). *Beitrag zur Schotteranalyse*. PhD thesis, Eidgenössische technische Hochschule, ETH. Zürich.

Vedlegg

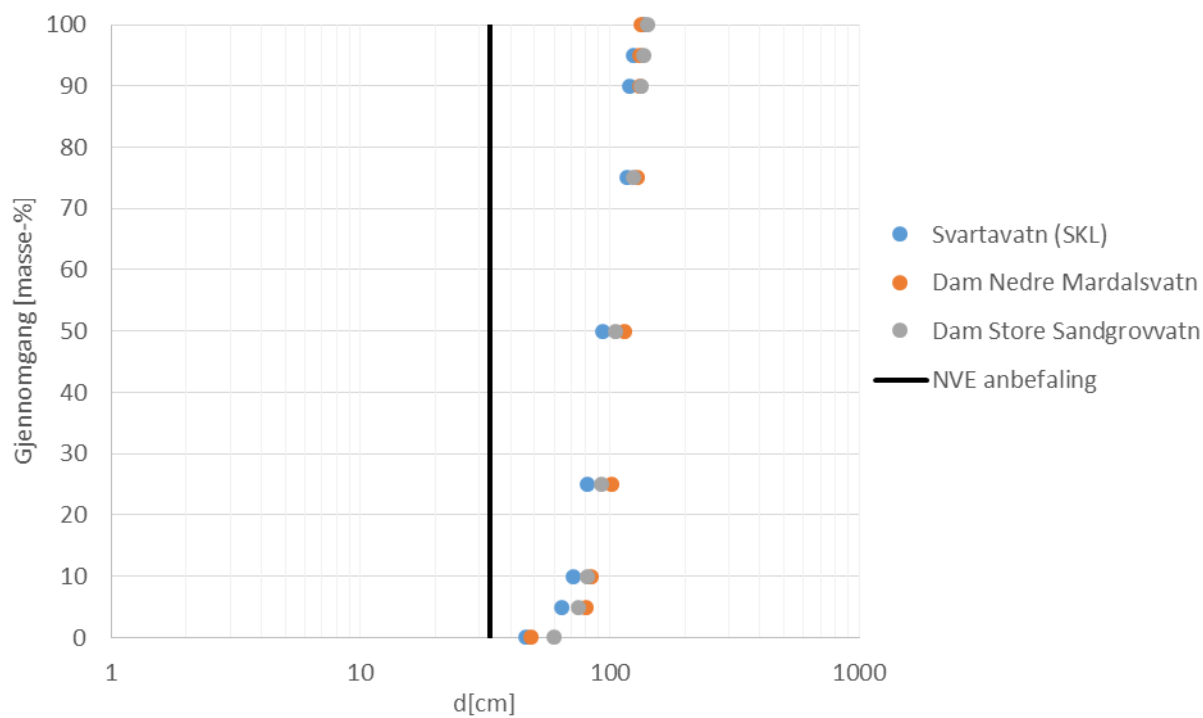
A. Kornfordelingskurver



Figur 19 Kornfordelingskurver for dammer i konsekvensklasse 3.

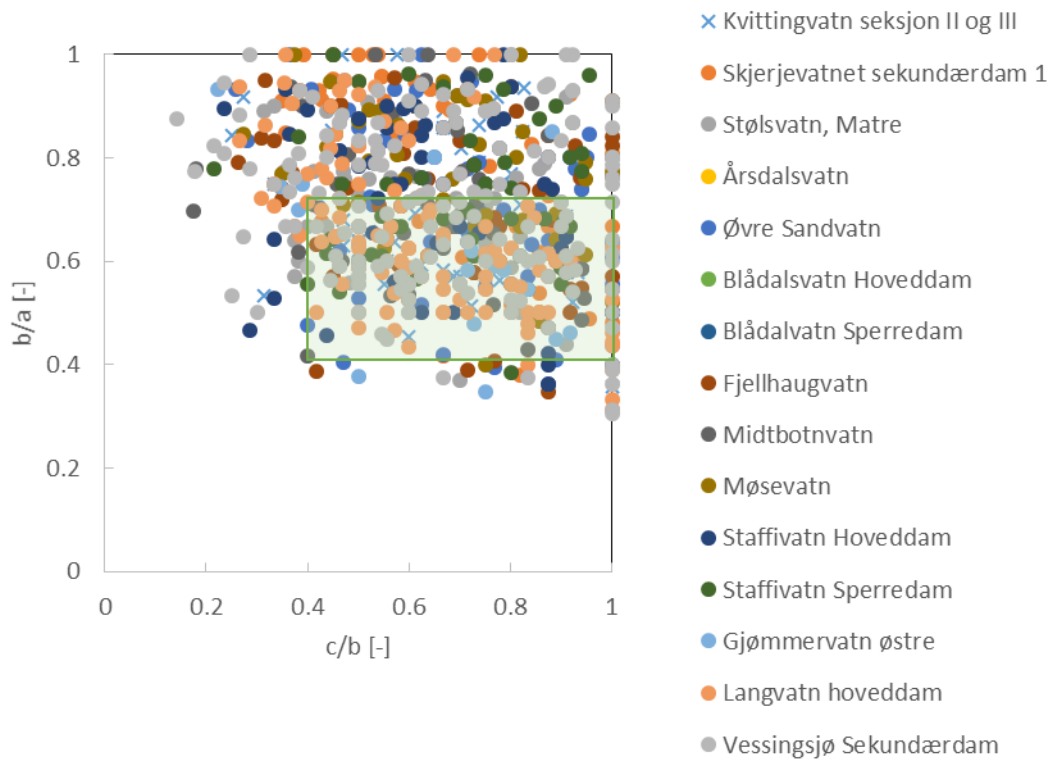


Figur 20 Kornfordelingskurver for dammer i konsekvensklasse 2.

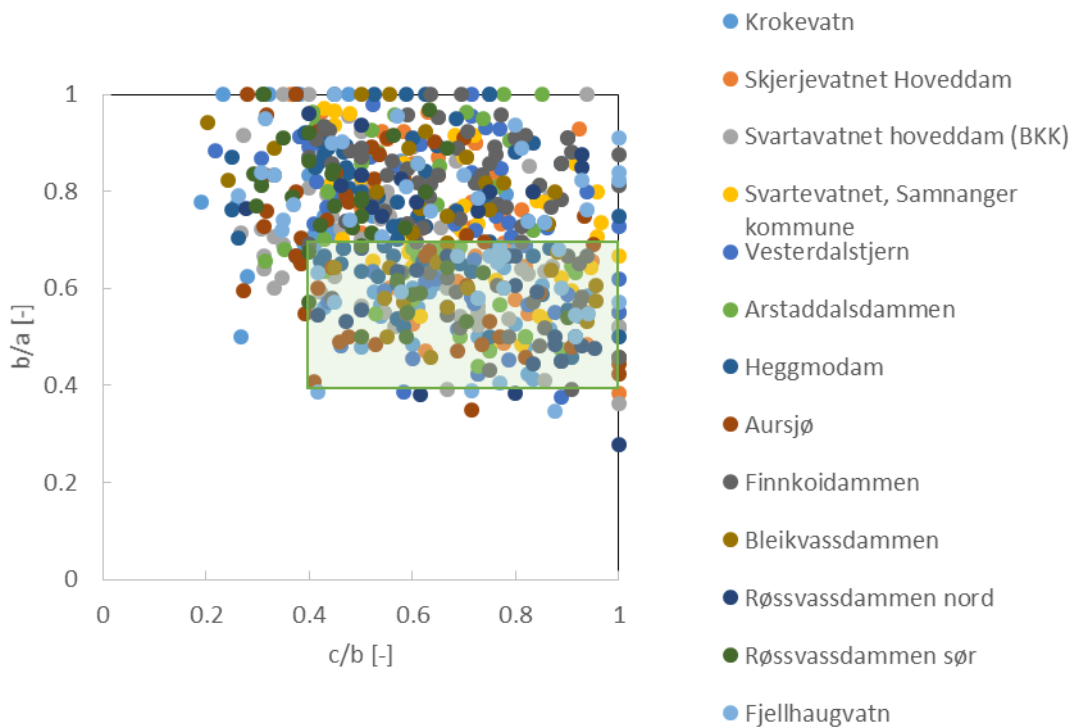


Figur 21 Kornfordelingskurver for dammer i konsekvensklasse 1.

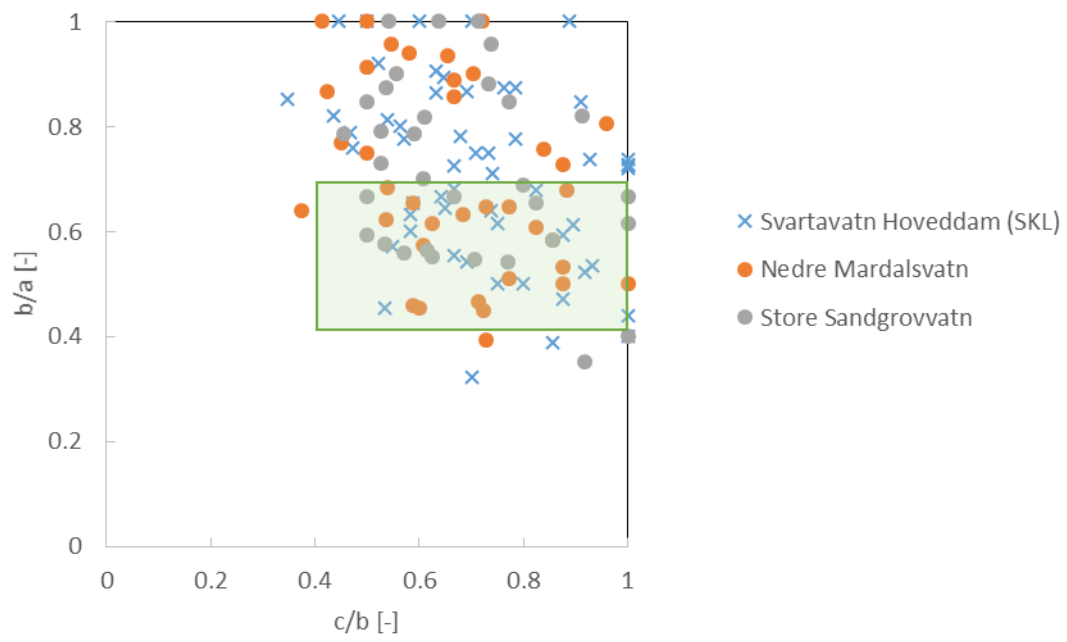
B. Zingg diagrammer



Figur 22 Zingg diagram for dammer i konsekvensklasse 3.



Figur 23 Zingg diagram for dammer i konsekvensklasse 2.



Figur 24 Zingg diagramm for dammer i konsekvensklasse 1.

C. Utdrag fra befaringsrapportene

C1. Dammer i konsekvensklasse 4

Stolsvatn



Fyllingsdammen er ny og ligger i forkant av den gamle flerhvelvsdammen. Hvelvdammen bak ligger der enda. Like over damfoten går en grusvei som gir lett tilgang til lekkasjehus midt på dammen. Fundamentert på berg.

Førsteintrykk er en ryddig dam, med noenlunde homogen steinstørrelse. Men noen av steinene er til dels forvitret, og enkelte sprukket. Dammen har også enkelt hull, disse er «skjult» med løse steiner.

Generelt en plastring med godt forband mellom steinene. Enkelte steder fant man «skjulte» hull, der mindre stein var lagt for å skjulte hullene. Noen steiner har også veldig lav vinkel i forhold til hva lengdeaksens vinkel bør være.

Steinstørrelse er ganske homogen. Noe tegn på forvitring og avskalling. Noen steiner hadde flere tydelige riss og sprekker.

Plastring bestod mest av kvartsitt og kvartsittisk meta-arkose.

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	138	90	66	10	-	44	93
Minimum	-	80	55	25	-38	-	-4	55
Maksimum	-	240	150	120	62	-	96	163
Median	-	135	85	65	9	-	43	92
25 persentil	-	120	75	55	3	-	37	82
75 persentil	-	153	105	80	21	-	54	104

Nesjø hoveddam



Godt utført plastringsarbeid. Samtlige oppmålte plastringsstein var lagt med fall og nesten alle med lengste akse inn i mot dammen. Dette så ut til å være gjennomgående i de resterende delene av dammen. Plastringssteinene så ut til ligge stabilt og med god kontakt mellom hverandre. Noe hulrom enkelte plasser mellom sideliggende stein. Plastringssteinen besto av bergartene grønnstein og amfibolitt, og det var tydelige tegn til forvitring, spesielt på sørsiden av dammen. Det var både oppsprekket og avskallet plastringsstein.

	Steinnummer fra topp				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α , [°]	abc [-]
Middelverdi	-	161	114	77	24	-
Minimum	-	70	40	25	-14	-
Maksimum	-	220	165	145	53	-
Median	-	165	115	68	26	-
25 persentil	-	130	89	55	19	-
75 persentil	-	194	145	99	30	-

Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
α [°]	d [cm]
57	111
20	41
87	174
59	112
53	90
63	134

Akersvatn



Akersvassdammen har konsekvensklasse 4, og er preget av stor plastringstørrelse. De ulike lagene i dammen er også godt synlig. Plastringen ved Akersvatn oppleves som svært god, det er inntrykk av god homogenitet, god kontakt mellom steinene i alle kontaktflater, samt få tegn til forvitring. Dammen er relativt ny (2009), og bærer preg av et godt utført arbeid. I følge NGUs bergrunnskart er det antatt at bergarten er kalksilikatgneis.

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskrånningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{(1/3)}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	128	90	51	27	-	54	83
Minimum	-	95	35	25	0	-	34	48
Maksimum	-	200	135	80	47	-	81	110
Median	-	125	93	50	26	-	56	82
25 persentil	-	115	79	40	20	-	34	73
75 persentil	-	140	105	65	34	-	64	94

C2. Dammer i konsekvensklasse 3

Krokevatn



Fyllingsdammen ble rehabilitert i 2010-2011. Fylkesvei 92 går over damkrona. Plastringen ser hovedsakelig jevn og fin ut.

Plastring ser generelt bra ut. Hovedsakelig har alle steinene godt forband og lite tegn til forvitring og oppsprekking. Homogen steinstørrelse. Bergart av plastrings stein er antagelig en forgneiset amfibolitt eller gabbro.

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d = (abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	135	90	50	20	-	54	83
Minimum	-	90	50	20	-10	-	24	57
Maksimum	-	200	150	90	50	-	84	114
Median	-	135	88	50	20	-	54	83
25 persentil	-	115	74	40	14	-	47	72
75 persentil	-	151	105	60	28	-	61	94

Skjerjevatnet hoveddam



Mye snø gjør data ved damfot og vederlag utilgjengelig. Førsteintrykk det samme som ved Svartavatnet (Haugsdalsvassdraget) og Skjerjevatnet Sekundærdam 1; rotete plastring med ulik størrelse på stein og flere hull. Vanskelig å gå i dammen, da alle steiner er lagt forskjellig og skeivt. Mosegrodd og noen steder små trær som vokser frem. Plastring er fra 1991.

Rotete/uordnet plastring. Flere steder med hull, eller steiner uten forbånd/støtte i toppen. Gneis/kvartsitt. Veldig ulik størrelse på steiner. Mange med b-akse inn mot dam, også noen med c-akse. I tillegg flere med negativ helning mot dam. Litt oppsprekking på noen steiner, men ikke utpreget. Flere steiner uten «funksjon», som bare ligger midt i plastringen.

	Steinnummer fra bunn	a [cm]	b [cm]	c [cm]	Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Beregnete verdier	
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	Helning i forhold til damskråningen α [°]	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$ d [cm]
Middelverdi	-	127	92	62	24	-	61	88
Minimum	-	65	40	25	-23	-	15	0
Maksimum	-	185	145	90	57	-	95	123
Median	-	130	90	65	24	-	60	92
25 persentil	-	103	80	55	17	-	53	78
75 persentil	-	148	110	75	37	-	73	103

Svartavatnet hoveddam (BKK)



Dam fundamentert delvis på fjell og faste morenemasser. Mye snø i dammen langs vederlag og i bunnen/foten av dammen. Likevel bart nok til å få representativt utvalg av målinger. Første inntrykk er rotete plastring med ulik størrelse på stener og lite orden. Generelt inntrykk er rotete plastring med lite homogen steinstørrelse og en del huller. Finner stener som har er vanskelig å si hvilken av aksene som ligger inn, noen har negativ helning, en del huller og noen stener har c-akse liggende innover. Også dårlig forbånd på flere. Usikker på plastringsstype, men mest sannsynlig gneis og/eller kvartsitt.

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	128	90	51	13	-	54	81
Minimum	-	65	35	20	-20	-	21	0
Maksimum	-	240	155	135	40	-	81	171
Median	-	120	90	50	12	-	53	78
25 persentil	-	105	70	40	6	-	46	69
75 persentil	-	145	105	60	20	-	61	90

Svartevatnet hoveddam



Nedre del av dam er rehabilitert og plastret på nytt i 2012, alle målinger er tatt i område med ny plastring. Hele dammen ble rehabilitert i 1983. Opprinnelig en betongdam. Dam fundamentert på fjell. Plastring ser bra ut, men enkelte veldig store plastringssteiner. Størrelsen på steinene ser ut til å være noenlunde homogen. Litt snø i bunn av dammen. Plastring generelt homogen, med ganske store steiner. Noen veldig store. Fant ingen med negativ helning mot dam, men noen få hadde b-akse inn mot dam. Noe dårlig forband på enkelte steiner. Ingen åpenbare hull. Lite forvitring. Plastringen antas å være av lys kvartsitt. Dette er en sprø bergart, og man finner steiner som har sprukket opp.

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α , [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	157	116	81	24	-	60	113
Minimum	-	115	65	40	10	-	46	68
Maksimum	-	220	175	135	73	-	109	153
Median	-	155	118	80	22	-	57	112
25 persentil	-	140	98	64	17	-	53	98
75 persentil	-	171	136	96	27	-	63	127

Vestredalstjern



Det er ikke gjort noen rehabiliteringstiltak etter at dammen ble bygget 1980. Plastringen ble lagt i 1982-1983. Vestlig side av dammen var dekket av en del snø. Oppmålinger ble gjort på østlig side

Plastringen er rotete, og steinene er lagt veldig tilfeldig. Lite homogenitet i steinstørrelse og mange steder med dårlig forband. Bergarten er antatt å være en granittisk gneis.

Plastringstettheten er noe ulik på de oppmålte stedene. Tyder på forskjellig steinstørrelse.

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskrånningen	Ekvivalent steindiameter $d = (abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	140	100	64	15	-	49	95
Minimum	-	60	35	20	-27	-	7	37
Maksimum	-	250	220	125	68	-	102	179
Median	-	140	105	60	14	-	48	93
25 persentil	-	114	70	50	5	-	38	73
75 persentil	-	155	125	80	29	-	63	111

Arstaddalen dam



Plastringen gir inntrykk av å være svært tett. Det var vanskelig å måle a-akse og vinkel, da det ofte var svært god kontakt mellom steinene. Steinstørrelsen er også homogen. Kalkspatmarmor. Lite forvitring og avskalling.

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	114	85	51	35	-	66	78
Minimum	-	80	40	30	4	-	35	47
Maksimum	-	185	160	95	48	-	79	133
Median	-	110	80	45	36	-	66	74
25 persentil	-	99	69	39	30	-	61	65
75 persentil	-	130	95	60	41	-	72	87

Heggmovatn Hoveddam



Tydelig lagdelt, ikke plastret i det midterst laget.

Plastringa i Heggmodammen er delt i tre lag. Nederst damtfot, steinplastring og øverst kronevernet, se figur for lagskille mellom kronevernet og plastring.

Steinene i sone 2 var dumpet ned i skråningen, og ikke lagt ordnet som det skal gjøres i plastring. Steinene var løse og lå ustabil i forhold til hverandre. Plastringa så mer ut som støttefylling da steinene var veldig små. Det var ikke hensiktsmessig å måle opp steinene i denne sonen, istedenfor gjorde vi målinger fra sone 3. Steinene i denne sonen lagt oppå hverandre, og ikke dumpet ned i skråningen.

Steinene som lå 10-11 meter under damkrona og oppover, og er vel av den grunn strengt tatt kronevernet. Steinene var ganske homogene i størrelsen. Steinene var stabil og lagt med god innbyrdes kontakt mot under-, over- og sideliggende stein. Det var få hull i plastringen. Plastringa var god, men ikke blant de aller beste. Det var noen lokale uten erfaring i plastringsteknikk som hadde plastret den. Bergarten var Meta-arkose med lag av kvartsitt. Det var ingen tegn til forvitring av bergarten.

	Steinnummer fra topp				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α , [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	109	82	47	23	-	54	74
Minimum	-	55	45	20	-4	-	27	44
Maksimum	-	200	130	85	56	-	87	116
Median	-	110	80	45	22	-	53	72
25 persentil	-	95	70	40	18	-	49	66
75 persentil	-	120	95	55	29	-	60	83

Aursjø



Overordnet inntrykk er et det er god plastring nedstrøms, spesielt med tanke på alder (ca 30 år). Enkelte steder vises tydelige rader med lengre stein (b-akse). Steinstørrelse varierer noe, noen tilfeller hvor stein stikker rundt en meter ut av plastring. Lite hull, men finnes tilfeller. Noe klyving av stein, spesielt hvor det er hull under. Nesten ingen avskalling. God kontakt mellom steiner med noen unntak. Fra geologikart fra NGU antar vi steintype tonalitt. Plastringsstein er hentet fra kanal nedstrøms flomløp.

Nøkkeltall for oppmålte plastringsstein område 5x5

	Steinnummer fra topp				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{(1/3)}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	145	96	53	22	-	58	89
Minimum	-	90	55	25	-20	-	16	55
Maksimum	-	300	175	110	39	-	75	147
Median	-	140	90	50	24	-	60	86
25 persentil	-	115	80	43	15	-	51	77
75 persentil	-	163	113	60	31	-	67	100

Nøkkeltall for oppmålte plastringsstein 10 m linje

	Steinnummer fra topp				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{(1/3)}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	188	122	63	17	-	53	111
Minimum	-	130	70	45	3	-	39	92
Maksimum	-	270	170	95	37	-	73	143
Median	-	185	120	63	15	-	51	108
25 persentil	-	149	106	50	12	-	48	104
75 persentil	-	214	138	74	23	-	58	119

Finnkoihøgda hoveddam



Sigurd og Pauli

Fyllingsdammen og plastringen har blitt rehabilitert i de senere årene. Dette kommer også fram i plastringen som har forholdsvis like steinstørrelser som har blitt lagt ut systematisk. Det er god kontakt mellom plastringsteinen, med noen unntak, uten større betydning. Ingen tegn til forvitring, da steinen er relativt ny. Bergart: gabbro

Åshild, Simen

Generelt god kontakt mellom steiner, men noen små avvik. Ikke observert noe forvitring. Steinetype som benyttet i plastringen er gabbro og amfibolitt. Steinene er transportert fra et annet område, pga dårlig steinkvalitet med mye skifrige bergarter i område rundt dammen. Overordnet inntrykk er at det er ok plastring, med jevnt store steiner benyttet. Enkelte forskjeller i størrelse kommer fram ved å se på differanse ekvivalent steindiameter, som er 75 cm, hvor minste diameter er 64 cm og største diameter er 139 cm.

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{(1/3)}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	124	93	64	27	-	60	90
Minimum	-	70	55	40	3	-	37	57
Maksimum	-	175	145	100	38	-	72	127
Median	-	120	90	65	25	-	59	91
25 persentil	-	110	80	53	22	-	56	75
75 persentil	-	145	110	70	33	-	67	99

Bleikvassdammen



Steinstørrelsen på Bleikvassli var lite homogen. Et flertall av plastringsteinene på Bleikvassdammen var gjennomgående stor, mens et mindre tall var mye mindre. Steinene var veldig kantede og hadde varierende fasong, noe plastringen bærer preg av. Store og deformerte steiner gjør det vanskelig for maskinfører å legge steinene med god kontakt mellom over-, under- og sideliggende steiner. I plastringen var det generelt dårlig kontakt innbyrdes mellom steinene, noe som ga plastringen større hull, se bilde.

Det var vanskelig å finne riktig bergart på plastringsteinene. Området rundt er veldig jernrikt, og steinene i plastringen er av den grunn ganske rød. Dammen består hovedsakelig av granatglimmerskifer som er hentet fra området rett ved dammen. Den inneholder små røde prikker (granat), glimmer (det grå mineralet) og kvarts og feltspat som gjør den hvit.

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	160	115	71	18	-	50	108
Minimum	-	50	40	30	-12	-	20	41
Maksimum	-	260	245	120	48	-	80	159
Median	-	165	115	70	20	-	52	118
25 persentil	-	130	90	50	9	-	41	86
75 persentil	-	200	135	95	25	-	57	131

Røssvassdam sør



Plastringen på Røssvassdammen er generelt god, men har noen i noen tilfeller lite homogene steiner som fører til noen områder med store hull, selv om steinene har relativt god kontakt med hverandre. Ingen tegn til forvitring. Bergart: Anfibolitt og Metabasalt. Noe forvitring og oppsprekking, men ikke av stor grad.

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d = (abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	173	129	62	13	-	45	110
Minimum	-	100	65	40	-5	-	27	66
Maksimum	-	245	205	95	33	-	65	154
Median	-	170	123	60	14	-	46	107
25 persentil	-	146	100	50	8	-	40	94
75 persentil	-	200	158	70	18	-	50	132

Røssvassdam nord



Plastringen på Røssvassdammen er generelt god, men har dårlig homogenitet som fører til noen områder med store hull, selv om steinene har relativt god kontakt med hverandre. Ingen tegn til forvitring. Bergart: Anfibolitt og Metabasalt

Kraftig regnvær og kjølig luft kan ha påvirket oppmåling av 10x10 området. Dette er et arbeid som krever tålmodighet og presisjon, noe som er vanskelig å opprettholde i dårlig vær. Mistenker at 10x10 området ble dårlig oppsatt.

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskrånningen	Ekvivalent steindiameter $d = (abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	167	109	70	17	-	49	106
Minimum	-	80	50	40	-7	-	25	68
Maksimum	-	235	190	130	53	-	85	169
Median	-	165	105	70	12	-	44	107
25 persentil	-	150	80	50	8	-	40	93
75 persentil	-	180	130	80	25	-	57	122

C3. Dammer i konsekvensklasse 2

Kvittingvatn seksjon II og III



Fyllingsdammen har betongkjerne og rehabilitert i nyere tid. Plastring ser ok ut, noe oppsprukket stein enkelte steder tyder på sprø plastrings stein. Har antagelig sprukket ved tillegging. Dammens sørlige ende møter et sakseoverløp.

Damkrone har ikke tydelig større stein enn plastring, dette er heller ikke spesifisert i tegningen at det skal være. Fra øyemål virker det som om steinene i krona er mindre enn de i plastringen. Krone bredde er omtrent 3 meter

Plastring er lagt ganske jevnt, lite hull. Noen store steiner innimellom, men ellers homogen steinstørrelse. Enkelte steiner har sprukket opp og er derfor litt små. Lite forvitringsskade på steinene. Noen plastringssteiner har dårlig forband. Plastringssteinen er antatt å være en grønnstein.

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskrånningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	147	101	63	20	-	54	96
Minimum	-	100	50	25	-42	-	-8	65
Maksimum	-	190	160	120	43	-	77	139
Median	-	145	95	60	20	-	54	93
25 persentil	-	130	80	48	15	-	48	82
75 persentil	-	165	115	75	28	-	62	109

Skjerjevatnet sekundærdam I



Av tegning er damen stort sett fundamentert på rensket fjell.

Mye snø gjør data ved damfot og vederlag utilgjengelig. Førsteintrykk det samme som ved Svartavatnet (Haugsdalsvassdraget) og Skjerjevatnet Sekundærdam 1; rotete plastring med ulik størrelse på stein og flere hull. Vanskelig å gå i dammen, da alle steiner er lagt forskjellig og skeivt. Mosegrodd og noen steder små trær som vokser frem. Plastring er fra 1991.

Rotete/uordnet plastring. Flere steder med hull, eller steiner uten forbånd/støtte i toppen. Gneis/kvartsitt. Veldig ulik størrelse på steiner. Mange med b-akse inn mot dam, også noen med c-akse. I tillegg flere med negativ helning mot dam. Litt oppsprekking på noen steiner, men ikke utpreget. Flere steiner uten «funksjon», som bare ligger midt i plastringen.

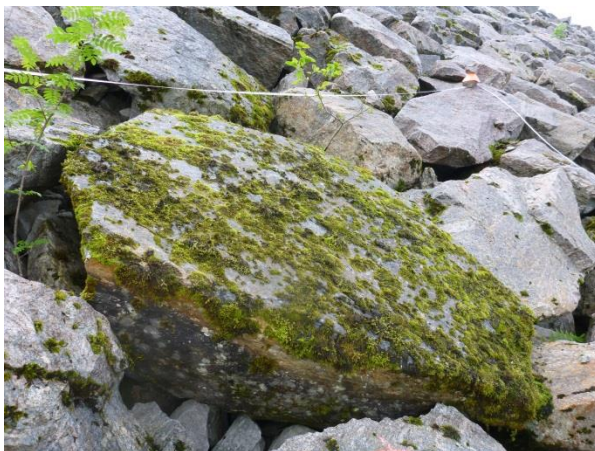
	Steinnummer fra bunn	a [cm]	b [cm]	c [cm]	Helning i forhold til horisontalen α_r [°]	Akse inn mot dammen abc [-]	Beregnete verdier	
							Helning i forhold til damskråningen α [°]	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$ d [cm]
Sammendrag	SID							
Middelverdi	-	128	95	65	22	-	59	90
Minimum	-	85	50	35	-53	-	-15	0
Maksimum	-	235	145	110	54	-	92	144
Median	-	125	95	60	25	-	62	88
25 persentil	-	110	80	55	15	-	52	81
75 persentil	-	143	110	70	34	-	71	99

Stølsvatn, matre



Fyllingsdam med plastring lagt i «trappetrinn». Overløp på vestlig side av dammen. Plastring ser generelt ok ut. Steinstørrelsen er varierende. Verdelaget i øst som møter overløpet er noe usystematisk lagt og består stort sett av små steiner. Vederlaget i vest ser bedre ut. Under oppmålingen viste det seg at lengdeaksen som regel var innover mot dammen. Helningsvinkel i forhold til dalskråningen er noe lav i forhold til hva den bør være. Bergart er diorittisk til granittisk gneis. Lite tegn på forvitring.

Siden denne plastringen ikke er så høy ble det lagt opp et felt som var 20x5 meter. Dette for å unngå å komme for høyt opp i kronevernet. Forskjellig tetthet se spesielle kommentarer. Under oppmåling var det en stein som lå rett under øvre linje. Derfor ble ikke denne steinen med i oppmålingen (bilde). Det var en kjempestor stein som derfor kan ha innvirkning på at tettheten ble så forskjellig fra 20x5 m og 5x5m.



	Steinnummer fra topp				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskrånningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	108	76	46	-6	-	27	71
Minimum	-	50	50	25	-55	-	-21	46
Maksimum	-	260	145	80	69	-	103	138
Median	-	100	75	45	-12	-	22	66
25 persentil	-	90	60	40	-27	-	7	61
75 persentil	-	120	85	50	12	-	46	76

Årsdalsvatn



Plastringen ble lagt i 2011 og ser bra ut. Ingen hull. Stort sett homogen steinstørrelse. Overordnet inntrykk av plastringen er bra. Steinene har god kontakt og ligger generelt med lengdeakse og helning inn mot dam. Plastringen ble lagt i 2011 og det er ingen tegn på forvitring. Ut i fra våre observasjoner så det heller ikke ut til at noen steiner hadde sprukket. Bergarten er forgneiset amfibolitt eller gabbro.

Det er et sprang mellom de to stedene der plastringstettheten er funnet. Dette kan i hovedsak komme av at tettheten er ulik og at det er noe større steiner på nordlig side av dammen, men det kan også være tilfeldigheter som har gjort at enkelte steiner kommer akkurat med eller ikke med.

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	145	110	74	20	-	53	104
Minimum	-	105	70	45	-32	-	2	80
Maksimum	-	200	175	115	60	-	94	141
Median	-	145	115	75	17	-	50	100
25 persentil	-	125	85	58	11	-	45	90
75 persentil	-	160	125	85	30	-	64	118

Øvre Sandavatn



Dam Øvre Sandavatn er en steinfyllingsdam som består av to separerte deler, et overløp deler fyllingsdammen.

Overordnet inntrykk er at plastringen generelt er lagt fint, med vinkel inn mot dam og lengdeakse innover. Steinstørrelsen er noe ujevn med enkelte mindre hull. Noen steiner har sprukket av frostsprengning. Bergart er gneis med foliert monzonitt noe glimmerskifer ligger også i bergarten.

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	126	87	58	24	-	52	85
Minimum	-	70	45	20	-9	-	19	47
Maksimum	-	250	165	105	57	-	85	122
Median	-	120	83	55	23	-	50	84
25 persentil	-	105	70	46	12	-	40	73
75 persentil	-	145	105	70	36	-	64	99

Blådalsvatn hoveddam



Generelt stor spredning i steinstørrelse. Flere hull er fylt igjen med mindre stein. Ingen tendens til at lengdeakse peker innover mot dammen. Bergart er amfibolitt eller finkornet granitt. Gjennomsnittlig steinstørrelse er ok i forhold til konsekvensklasse.

	Steinnummer fra topp				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d = (abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	109	73	44	9	-	44	70
Minimum	-	55	30	15	-36	-	-2	33
Maksimum	-	205	145	90	68	-	102	132
Median	-	100	65	40	10	-	44	66
25 persentil	-	85	60	30	-10	-	24	56
75 persentil	-	135	85	55	27	-	61	84

Blådalsvatn sperredam

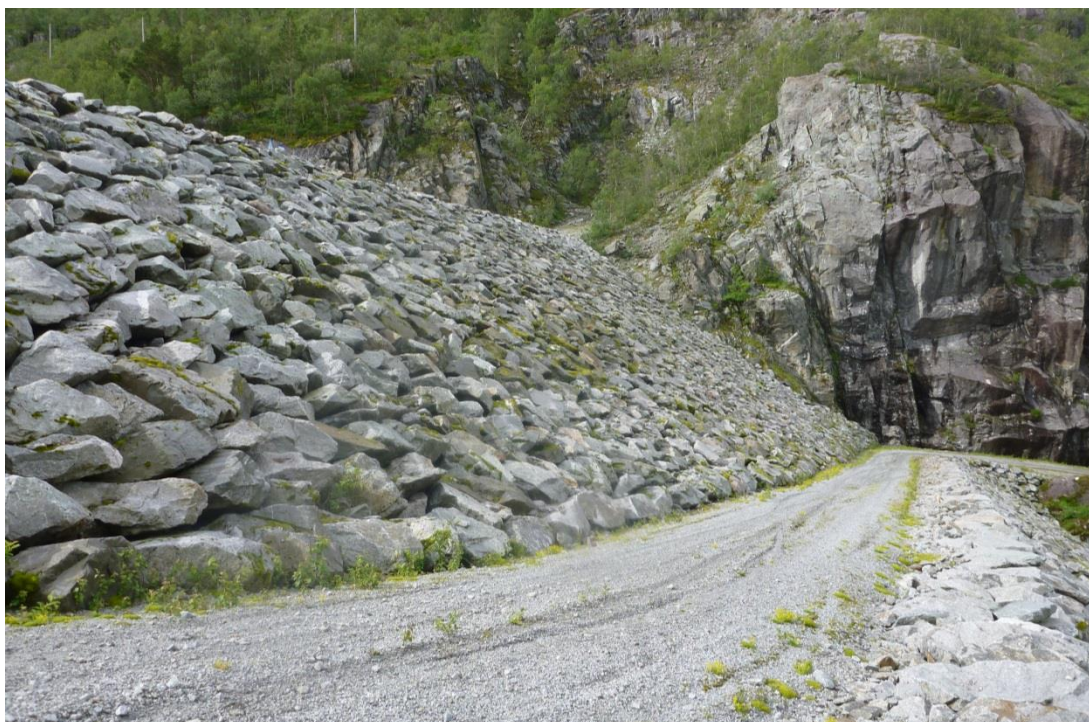


Plastring er stort sett veldig lik som Blådalsvatn hoveddam. Plastringen er litt bølgete og buler ut enkelte plasser.

Plastring har variasjon i steinstørrelse, flere steiner ligger uten forband. Steinen har god bestandighet, lite forvitring og oppsprekking. Bergart er en amfibolitt eller finkornet granitt.

	Steinnummer fra topp				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α , [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	111	78	54	1	-	32	77
Minimum	-	55	40	25	-36	-	-5	43
Maksimum	-	185	125	85	64	-	95	122
Median	-	108	75	53	-3	-	28	75
25 persentil	-	90	63	41	-12	-	19	63
75 persentil	-	129	90	69	15	-	46	88

Fjellhaugvatn



Dam er laget med kjørebane tvers over som går helt opp til damkrona. Kjørebanelen deler dammen i to seksjoner. Dammen ligger mot fjell.

Plastring er generelt fin. Hovedsakelig går lengdeaksen innover med helning inn mot dam. Steinene har noe ulike størrelser. Lite hull i plastring. Enkelte steiner i plastringen har sprukket. Bergart amfibolitt eller finkornet granitt.

	Steinnummer fra topp				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d = (abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α , [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	122	86	55	7	-	41	81
Minimum	-	70	40	25	-48	-	-14	49
Maksimum	-	180	150	105	54	-	88	112
Median	-	118	85	55	9	-	42	80
25 persentil	-	96	65	40	-7	-	27	71
75 persentil	-	155	100	65	21	-	54	94

Midtbotnvatn hoveddam



Plastringen her er veldig varierende. Enkelte hull er fylt med mindre stein. Flere steder med dårlig forband. Lite forvitring på steinene enda plastringen er 25 år gammel. Lengdeaksen til steinene ligger stort sett innover på de oppmålte steinene. Bergart antas å være finkornet granitt eller amfibolitt.

Plastringstettheten er veldig forskjellig fra de to oppmålte stedene.

	Steinnummer fra topp				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	130	91	56	9	-	45	86
Minimum	-	60	30	20	-27	-	9	38
Maksimum	-	180	150	90	53	-	89	116
Median	-	130	85	60	11	-	47	89
25 persentil	-	108	75	40	-3	-	33	74
75 persentil	-	158	110	70	17	-	53	101

Møsevatn



Plastringen på Møsevatn ligger generelt bra. Steinene er hovedsakelig ganske runde som gjør det vanskelig å avgjøre lengdeakse. Enkelte stein har sprukket. Det er også tydelig at plastringen enkelte steder har hull og disse hullene er fylt igjen med mindre steiner som har dårlig forband. Noen mellomstore steiner ligger bare løst i plastringen. Bergarten er antagelig granitt eller amfibolitt. Noen av steinene har antagelig sprukket på grunn av frostsprengning og andre viser tegn til avskalling.

	Steinnummer fra topp				Helning i forhold til horisontalen α_r [°]	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskrånningen α [°]	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	122	93	62	15	-	50	88
Minimum	-	55	35	15	-35	-	1	38
Maksimum	-	205	165	95	47	-	83	148
Median	-	123	95	63	16	-	51	90
25 persentil	-	101	81	46	5	-	40	75
75 persentil	-	144	104	75	30	-	65	101

Staffivatn hoveddam



Plastring er fra 1976 og har ikke hatt noen større rehabilitering siden det ble bygget. Plastringen ligger derfor veldig usystematisk med mye varierende steinstørrelser. Det er mye løse steiner i plastringen som enkelte steder ikke har noe forband eller dårlig forband med de andre steinene. Noen små trær har begynt å vokse inne i plastringen. Denne plastringen har en stor variasjon i steinstørrelse og generelt er steinene ganske små. Det er tilfeldig hvilken akse på steinene som peker innover. Det er ikke mange store hull i plastringen, og generelt lite tegn på forvitring av plastringsstein. Dette tyder på en veldig god og bestandig bergart siden den ble lagt der for 40 år siden. Bergarten er mulig en finkornet granitt eller amfibolitt.

	Steinnummer fra topp				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	100	70	44	6	-	41	67
Minimum	-	55	30	10	-49	-	-14	30
Maksimum	-	205	130	85	57	-	93	131
Median	-	95	70	45	-1	-	35	63
25 persentil	-	80	54	35	-13	-	22	54
75 persentil	-	111	85	50	24	-	60	79

Staffivatn sperredam



Plastringen på sperredammen er veldig lik plastringen på hoveddammen. Generelt varierende steinstørrelse, lite hull i plastring, dårlig kontakt mellom steinene og uorganisert plassering.

Plastring ligger generelt uordnet og tilfeldig. Bergart er antagelig finkornet granitt eller amfibolitt. Lite forvitring. Noen busker i plastring. Veldig lik Staffivatn hoveddam.

	Steinnummer fra topp				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskrånningen	Ekvivalent steindiameter $d = (abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	102	74	53	15	-	51	73
Minimum	-	60	25	15	-28	-	8	32
Maksimum	-	175	140	140	51	-	87	151
Median	-	100	70	45	20	-	55	67
25 persentil	-	81	55	35	-8	-	28	57
75 persentil	-	119	90	65	39	-	74	87

Gjømmervatn



Dam Gjømmervatn østre er en liten fyllingsdam som har stor steinstørrelse. Plastringen er preget av store hull, og det er ved noen områder dårlig kontakt mellom sideliggende steiner. Noen av steinene har en tydelig skifrihet. Selv om det er store steinstørrelser, er de relativt homogene. Granitt.

Gjømmervatn østre er en relativt liten dam. Den er delt opp slik at det i noen områder er damfot, mens på andre områder er bunnen av dammen løst ved å bruke teknikken med tåstein. Dammen har også tydelig store lekkasjer, som kan forklares i mulig sprekkedannelse i den sentrale tetteveggen.

På grunn av at dammen er såpass liten, og det blir umulig å ta en måling med et 5x5m-område, da høyden fra damtåa og opp til krona er mindre enn 5m. **Det ble derfor gjort et valg om å ta to målinger på 2x2m.**

Plastringensteinene hadde gjennomgående dårlige vinkler inn mot dammen.

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	127	79	49	15	-	48	77
Minimum	-	95	40	30	-10	-	24	52
Maksimum	-	185	135	75	27	-	61	101
Median	-	120	70	50	17	-	51	75
25 persentil	-	110	60	40	10	-	44	70
75 persentil	-	145	95	60	20	-	54	86

Langvatn hoveddam



Det er ikke prosjektert damfot til dammen. Tåstein er derimot større en plastringssteinene. Tåstein er fundamentert med bolter av Ø25 2,5 meter fra fjell. God plasting. God kontakt til over-, under- og sideliggende steiner. Plastringa er rotete på en god måte, slik plasting skal være. Veldig liten og homogen steinstørrelse. Helningen til plastringssteinene mot dammen er varierende. Ingen tegn til forvittringer. Bergart: granattisk gneis.

Steinstørrelsen til plastringa var veldig liten og uoversiktlige og vanskelige å telle, så vi valgte å måle opp et 5x5 metersområde istedenfor et på 10x10m.

	Steinnummer fra topp				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α , [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	88	57	33	14	-	45	54
Minimum	-	55	25	20	-22	-	9	33
Maksimum	-	135	100	60	33	-	64	86
Median	-	85	58	30	15	-	45	54
25 persentil	-	75	49	25	10	-	41	47
75 persentil	-	100	66	40	21	-	52	63

Vessingsjø sekundærdam



Jevnt over benyttet små steiner, mange ligger på overflaten og er ikke en del av plastringen. Noe forvitring og en del avskalling. Steinkvaliteten virker å være dårlig. Steintype: Amfibolitt og glimmerskifer. God kontakt mellom stein, mye pga. liten størrelse, men enkelte steder med dårlig kontakt og hull er observert. Lite homogen steinstørrelse, da plastringstettheten varierer mye for de to oppmålte områdene.

Nøkkeltall for oppmålte plastringsstein område 1

	Steinnummer fra topp				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{(1/3)}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	75	52	33	18	-	52	49
Minimum	-	35	25	5	-23	-	11	19
Maksimum	-	110	85	60	56	-	90	71
Median	-	75	50	35	20	-	53	50
25 persentil	-	65	40	25	7	-	41	42
75 persentil	-	85	65	40	29	-	63	56

Nøkkeltall for oppmålte plastringsstein område 2

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]
Middelverdi	-	94	63	41	20	-
Minimum	-	45	35	15	-22	-
Maksimum	-	145	110	70	64	-
Median	-	95	60	40	19	-
25 persentil	-	80	50	30	10	-
75 persentil	-	110	75	50	27	-

Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
α [°]	d [cm]
54	61
12	36
98	85
53	61
43	54
60	66

Nøkkeltall for oppmålte plastringsstein linje 5 m

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]
Middelverdi	-	104	72	49	21	-
Minimum	-	60	45	15	5	-
Maksimum	-	140	110	80	30	-
Median	-	110	70	50	21	-
25 persentil	-	93	60	38	18	-
75 persentil	-	115	80	58	27	-

Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
α [°]	d [cm]
55	71
39	34
64	95
55	73
52	62
61	83

C4. Dammer i konsekvensklasse 1

Svartavatn (SKL)



Dam fundamentert delvis på fjell og faste morenemasser. Mye snø i dammen langs vederlag og i bunnen/foten av dammen. Likevel bart nok til å få representativt utvalg av målinger.

Første inntrykk er rotete plastring med ulik størrelse på stener og lite orden.

Generelt inntrykk er rotete plastring med lite homogen steinstørrelse og en del huller. Finner stener som har er vanskelig å si hvilken av aksene som ligger inn, noen har negativ helning, en del huller og noen stener har c-akse liggende innover. Også dårlig forbånd på flere.

Usikker på plastringsstype, men mest sannsynlig gneis og/eller kvartsitt.

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	128	90	51	13	-	54	81
Minimum	-	65	35	20	-20	-	21	0
Maksimum	-	240	155	135	40	-	81	171
Median	-	120	90	50	12	-	53	78
25 persentil	-	105	70	40	6	-	46	69
75 persentil	-	145	105	60	20	-	61	90

Dam Nedre Mardalsvatn



Jevnt over stor og god stein er benyttet. Størrelse varierer noe, enkelte mindre steiner er å finne. God plastring med grei kontakt. Lite hull og observere. Bergart er granittisk gneis, og har tilnærmet ingen tegn til oppsprekking eller forvitring. Steinen er hentet fra steinbrudd ved Store Sandgrovatn.

Stein er hentet fra steinbrudd ved Store Sandgrovatn. Noe av plastringsstein som er benyttet er også fra gammelt kronevern

Nøkkeltall for oppmålte plastringsstein for område 5x5

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d = (abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	151	104	68	17	-	51	101
Minimum	-	80	40	30	-11	-	23	48
Maksimum	-	225	160	120	38	-	72	133
Median	-	150	110	70	21	-	55	105
25 persentil	-	130	80	50	9	-	43	82
75 persentil	-	165	130	80	24	-	58	124

Nøkkeltall for oppmålte plastringsstein for linje 5 meter

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d = (abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	152	110	69	24	-	57	104
Minimum	-	115	90	55	18	-	52	91
Maksimum	-	200	130	90	35	-	69	114
Median	-	150	110	65	22	-	56	104
25 persentil	-	123	94	59	20	-	53	96
75 persentil	-	178	126	83	28	-	61	113

Dam Store Sandgrovatn



Godt førsteinntrykk fra avstand, men ved nærmere inspeksjon ser vi at mye steiner har dårlig kontakt og det er en del hull. Lag med finere masser mot dam er også veldig synlig og det virker som at steiner ikke stikker godt nok inn i plastringen. A- og B-akse er ofte like store. Mye variasjon i steinstørrelse. Steintype er granittisk gneis og er tatt ut fra steinbrudd 100 meter oppstrøms overløp. Nesten ingen tegn til forvitring. Noen steiner ligger på overflaten av plastring og er løse. Dette er steiner på om lag 1 m³.

Antall stein i område er 27 noe som gir en plastringstetthet lik 1,08 stein/m²

Siden damfot er godt dekt med snø var det ikke mulig å vite hvor denne ligger. Oppmerket område ble da tatt så nær snøkanten som mulig for å unngå at damkronen ble en del av de oppmålte steinene.

Nøkkeltall for oppmålte plastringsstein for område 5x5

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen	Helning i forhold til damskråningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{1/3}$
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]	α [°]	d [cm]
Middelverdi	-	139	96	63	20	-	54	93
Minimum	-	90	60	40	-17	-	17	60
Maksimum	-	230	140	105	49	-	83	134
Median	-	130	95	60	18	-	52	92
25 persentil	-	120	80	50	13	-	47	82
75 persentil	-	150	115	80	25	-	59	105

Nøkkeltall for oppmålte plastringsstein for linje 5 meter

	Steinnummer fra bunn				Helning i forhold til horisontalen	Akse inn mot dammen
Sammendrag	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]
Middelverdi	-	133	108	77	25	-
Minimum	-	100	70	50	10	-
Maksimum	-	170	150	110	39	-
Median	-	133	98	70	24	-
25 persentil	-	115	85	58	18	-
75 persentil	-	151	143	103	35	-

Helning i forhold til damskrånningen	Ekvivalent steindiameter $d=(abc)^{(1/3)}$
α [°]	d [cm]
59	103
44	77
73	141
58	97
52	79
69	129

Stordalsvatn (ikke plastret, ble derfor ikke tatt med i resultatdelen)



Plastring ble lagt i 1963, og det er ikke gjort noen endringer på dammen siden den gang. Steinene er generelt små og har stor forskjell i størrelse. Plastringen er mosebelagt. Veldig slett og jevn overflate.

Plastringen tilfredsstillter ikke dagens krav. Steinene er små og det er ingen tendens til at lengdeaksen ligger inn mot dammen. Steinene er generelt lagt pent og det er ikke noe hull i plastringen. Bergart er muligens en gabbro. Ikke noe tegn til forvitring.

Her ble det talt opp alle steiner innenfor et 2x2 m kvadrat. Antall steiner var 51, dette tilsvarer en plastringstetthet på 12,75 steiner/meter.

Av sikkerhetsgrunner tok vi ikke en 5x5 måling på denne plastringen. Vi tok derimot en linjemåling på 1 meter.

Målte verdier	SID	a [cm]	b [cm]	c [cm]	α_r [°]	abc [-]
Oppmåling xxx	L1	40	35	15	35	a
	L2	90	35	35	40	b
	L3	65	35	30	30	b
	L4	30	25	20	23	b
	L5	30	25	25	35	b

ISBN-10: 978-827598-095-1

