

14071IG - Fortrolig

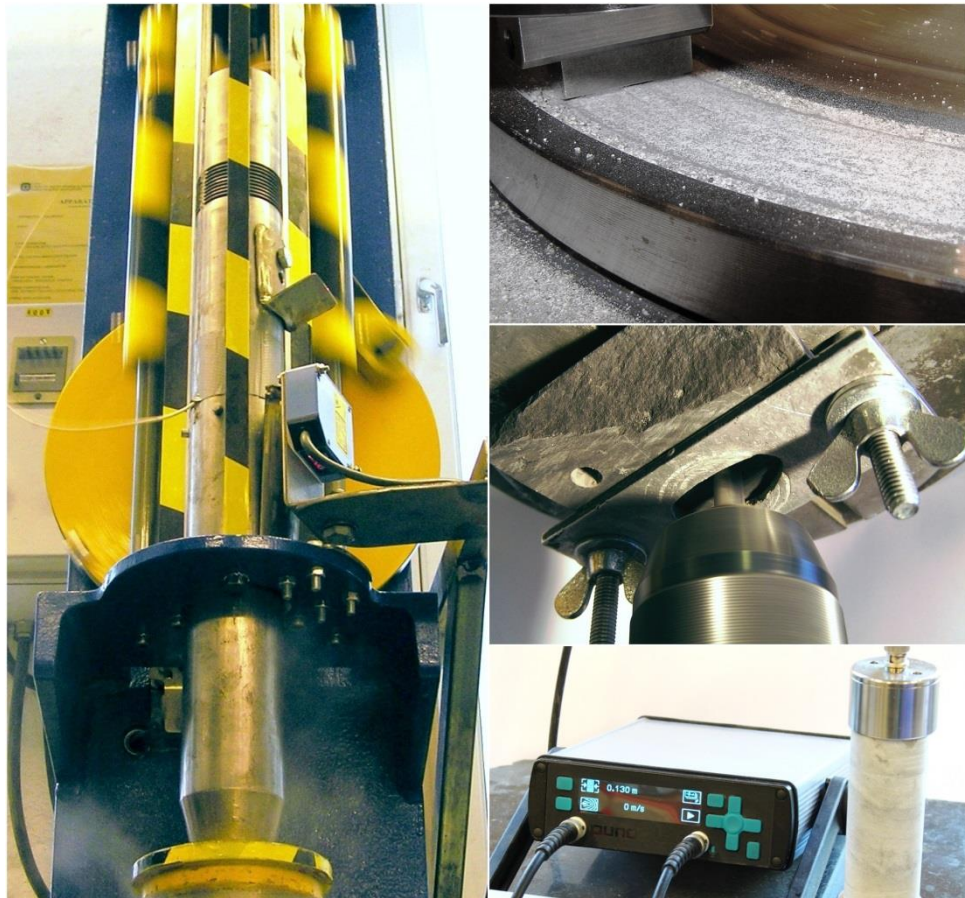
Prøvingsrapport

Borbarhetsegenskaper

Bestemmelse av borbarhetsegenskaper til en bergartsprøve fra Helgeland Kraft merket Kaldåga

Forfatter

Joakim Eggen



SINTEF ByggforskPostadresse:
Postboks 4760 Sluppen
7465 TrondheimSentralbord: 73593000
Telefaks: 73593380byggforsk@sintef.no
<http://www.sintef.no/Byggforsk/>
Foretaksregister:
NO 948007029 MVA

Samarbeidende laboratorium

EMNEORD:

Borbarhet
Mineralogi

Foreløpig prøvingsrapport

Borbarhetsegenskaper

Bestemmelse av borbarhetsegenskaper til en bergartsprøve fra Helgeland Kraft merket Kaldåga

VERSJON

1

DATO

2014-11-25

FORFATTER

Joakim Eggen

OPPDRAUGSGIVER

Sweco Norge AS

OPPDRAUGSGIVERS REF.

Asgeir Samstad Gylland

PROSJEKTNR

102006983-1

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

18

PRØVEOBJEKT

1 blokkprøve

PRØVEOBJEKT MOTTATT

2014-10-06

PRØVEPROGRAM

DRI™, BWI™, Petrografi

PRØVESTED

Ingeniørgeologisk
laboratorium

PRØVEDATO

Fra 2014-10-06
Til 2014-11-24

SAMMENDRAG

Borsynkindeks (DRI™) og Borslitasjeindeks (BWI™) er bestemt i henhold til:
<http://www.drillability.com>, SINTEF/NTNU (2003), *Suggested Methods for determining DRI™, BWI™ and CLI™*.

Følgende analyser er utført:

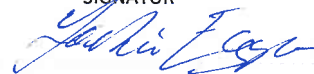
- Sprøhet (S_{20}) og flisighet (f) inklusive bestemmelse av densitet (ρ)
- Sievers' J-verdi (SJ)
- Slitasjetest hardmetall (AV)
- Petrografisk analyse

Prøveresultatene gjelder kun de objekter som er prøvd.

UTARBEIDET AV

Joakim Eggen

SIGNATUR



GODKJENT AV

Filip Dahl

SIGNATUR



RAPPORTNR

14071IG

GRADERING

Fortrolig

Innholdsfortegnelse

1	Oppsummering testresultat bestemmelse av borbarhet	3
2	Borbarhetsanalyse for bestemmelse av DRI™ og BWI™	4
3	Vurdering og klassifisering av resultat fra borbarhetstester	5
3.1	Sprøhetstall (S_{20})	5
3.2	Sievers' J-verdi (SJ)	6
3.3	Slitasjeverdi hardmetall (AV)	7
3.4	Borsynkindeks (DRI™)	8
3.5	Borslitasjeindeks (BWI™)	9
4	Sievers' J miniatyr borerer fremstilt grafisk og foto av benyttet prøvestykke	10
5	Individuelle resultat fra borbarhetstester	11
6	Foto av mottatt prøvemateriale	11
7	Foto av testmetoder for bestemmelse av borbarhet, utstyr og metodikk	12
8	Petrografisk analyse	16

1 Oppsummering testresultat bestemmelse av borbarhet

Testresultat, kalkulerte indekser og klassifisering er oppsummert i nedstående tabell.

Prøve nr. (gitt av SINTEF)	1
Prøvemerkning (gitt av oppdragsgiver)	Kaldåga
Sprøhetstall (S_{20})	61.9 <i>Meget høyt</i>
Sievers' J (SJ)	5.2 <i>Høy overflatehardhet</i>
Slitasjeverdi hardmetall (AV)	22.0 <i>Middels</i>
Borsynkindeks (DRI™)	59 <i>Høy</i>
Borslitasje indeks (BWI™)	29 <i>Lav</i>

Klassifisering av S_{20} , SJ, AV og AVS iht. Dahl, F., et al. 2012. Classifications of properties influencing the drillability of rocks, based on the NTNU/SINTEF test method. Tunnelling and Underground Space Technology 28 (2012) 150-158.

Klassifisering av DRI™, BWI™ og CLI™ iht. Prosjekt rapport "13A-98 Drillability Test Methods", utgitt av Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU.

2 Borbarhetsanalyse for bestemmelse av DRI™ og BWI™

Grunnlag: Project Report 13A-98 DRILLABILITY Test Methods, utgitt av Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

TESTRESULTAT

Prøve nr. (gitt av SINTEF)	1
Prøvemerkning (gitt av oppdragsgiver)	Kaldåga
Sprøhetstall (S_{20} , 11,2 - 16,0 mm) [%]	61.9
Flisighet (f)	1.27
Pakningsgrad	1
Densitet (ρ) [g/cm ³]	2.63
Sievers' J (SJ) [mm/10]	5.2
Slitasjeverdi (AV) [mg]	22.0

BEREGNEDE INDEKSER

Borsynkindeks (DRI™)	59
Borslitasjeindeks (BWI™)	29

KLASSIFISERING

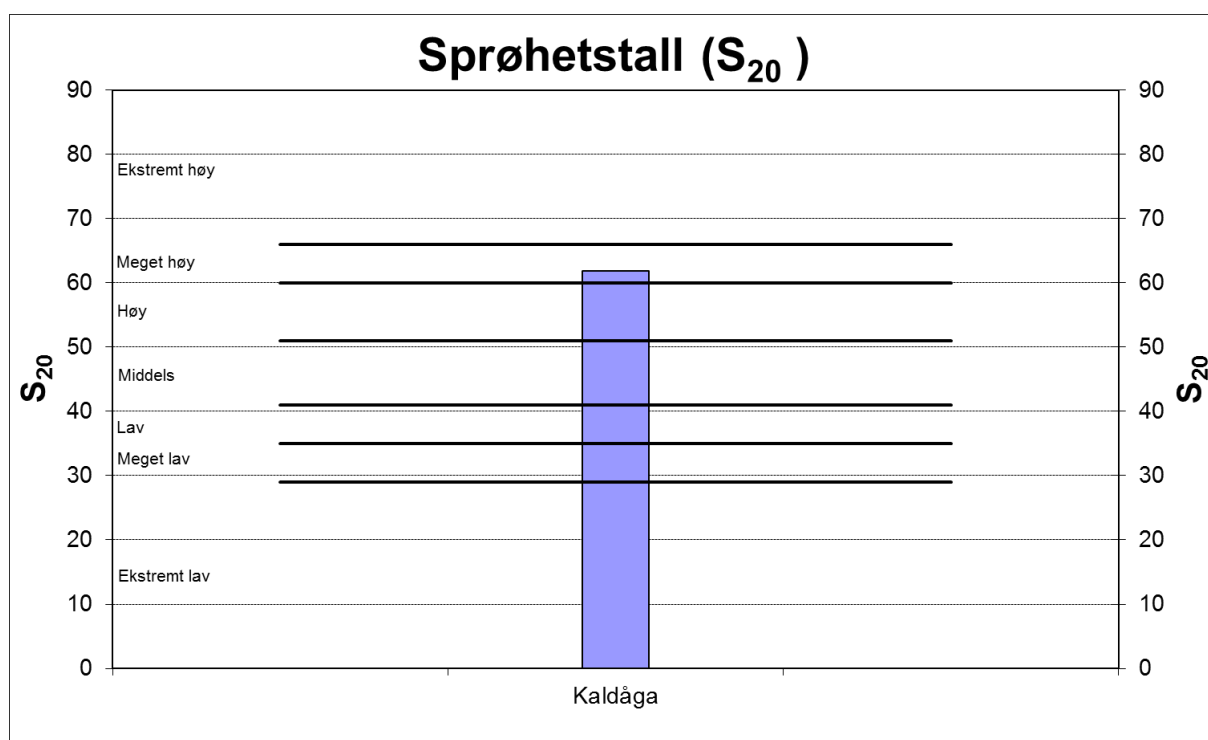
Kategori	DRI™	BWI™
Ekstremt lav	≤ 25	≤ 10
Meget lav	26 - 32	11 - 20
Lav	33 - 42	21 - 30
Middels	43 - 57	31 - 44
Høy	58 - 69	45 - 55
Meget høy	70 - 82	56 - 69
Ekstremt høy	≥ 83	≥ 70

3 Vurdering og klassifisering av resultat fra borbarhetstester

3.1 Sprøhetstall (S_{20})

Sprøhetstallet (S_{20}) er et mål for bergartens evne til nedknusing ved gjentatt slagpåkjenning. Et lavt sprøhetstall indikerer en bergart med stor motstandsdyktighet mot nedknusing, og omvendt indikerer et høyt sprøhetstall en bergart med lav motstandsdyktighet mot nedknusing.

Testen utføres på delprøver som er ekstraherte fra en homogenisert prøve bestående av laboratorieknust og utsiktet bergartsmateriale. Sprøhetstallet (S_{20}) anses derfor å utgjøre en representativ gjennomsnittsverdi for den testede bergarten.



Figur 1. Grafisk fremstilling av resultat for bestemmelse av sprøhetstall.

Tabell 1. Klassifisering av sprøhet eller evne til nedknusing ved gjentatt slagpåkjenning i henhold til Dahl, F., et al. TUST 28 (2012) 150 -158.

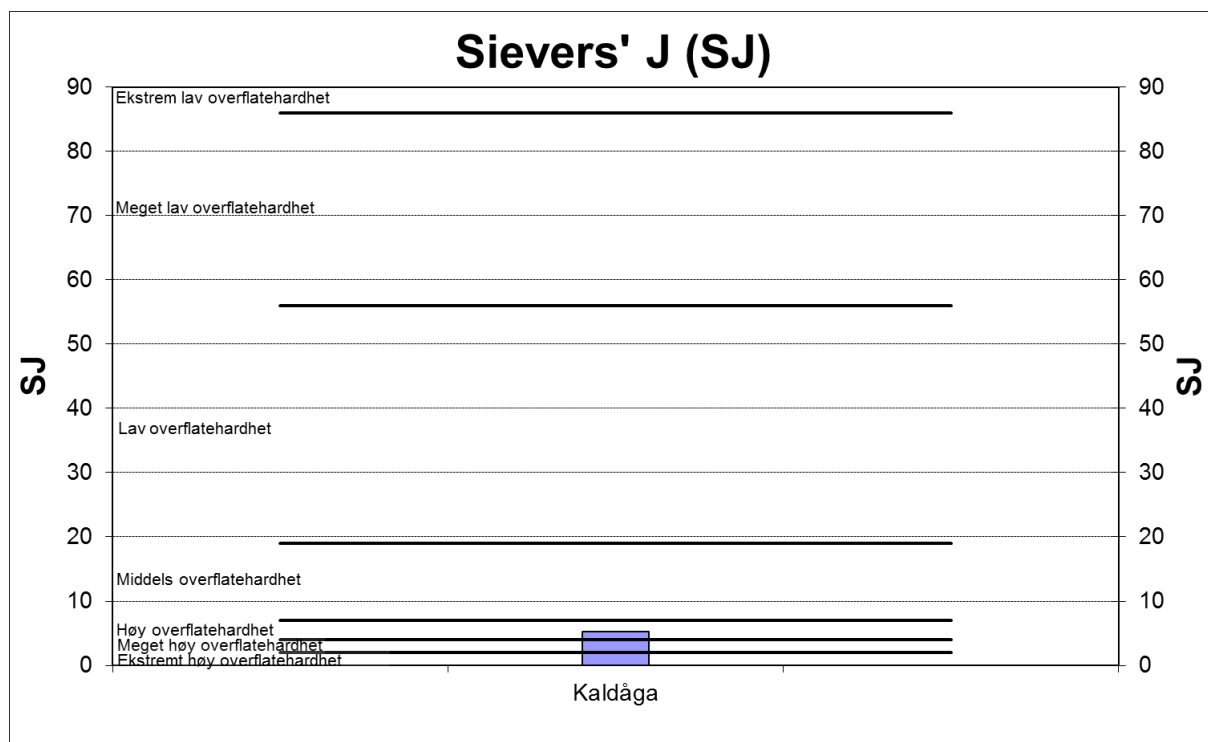
Kategori – Sprøhet	S_{20} [%]	Kumulativ prosentdel
Ekstremt lav	$\leq 29,0$	0 – 5 %
Meget lav	29,1 – 34,9	5 – 15 %
Lav	35,0 – 40,9	15 – 35 %
Middels	41,0 – 50,9	35 – 65 %
Høy	51,0 – 59,9	65 – 85 %
Meget høy	60,0 – 65,9	85 – 95 %
Ekstremt høyt	$\geq 66,0$	95 – 100 %

3.2 Sievers' J-verdi (SJ)

Sievers' J-verdien (SJ) er et mål for bergartens overflatehardhet eller motstandsdyktighet mot inntrengning. En lav Sievers' J-verdi indikerer at bergarten har høy overflatehardhet og stor motstandsdyktighet mot inntrengning, og omvendt indikerer en høy Sievers' J-verdi at bergarten har lav overflatehardhet og liten motstandsdyktighet mot inntrengning.

Testen utføres normalt som 4 – 8 boringer. Antallet og plasseringen av boringene bestemmes av den visuelt observerte variasjonen i teksturen til prøven. Sievers' J-verdien anses derfor å utgjøre en representativ gjennomsnittsverdi for den testede bergarten.

De grafiske fremstillingene av Sievers' J miniatyr boringene på side 10 viser tidsforløp i sekunder. Sievers' J-verdien er definert som inntrengningsdybden i mm/10 etter 200 omdreininger og rotasjonen av boret stoppes følgende når dette er oppnådd. Som mulig å observere i noen grafer oppnås 200 omdreininger etter boring i cirka 67 sekunder.



Figur 2. Grafisk fremstilling av resultat for bestemmelse av Sievers' J-verdi.

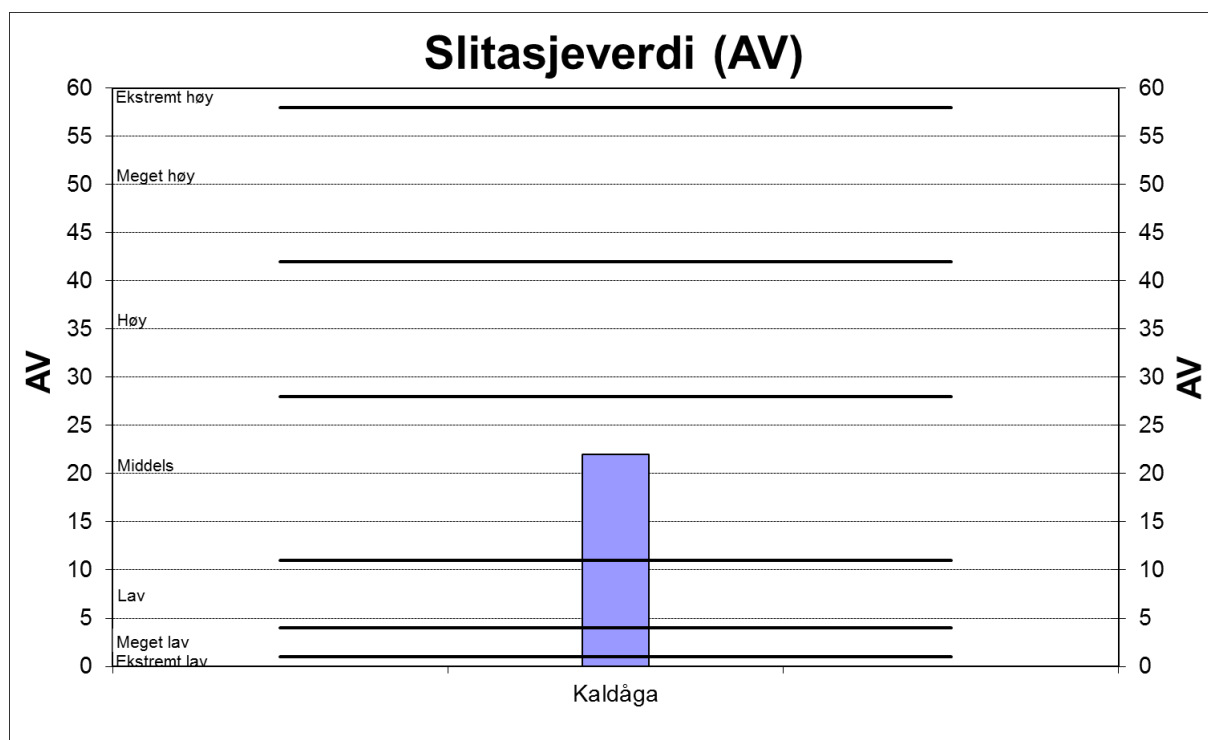
Tabell 2. Klassifisering av overflatehardhet eller motstandsdyktighet mot inntrengning i henhold til Dahl, F., et al. TUST 28 (2012) 150 -158.

Kategori – Overflatehardhet	SJ [mm/10]	Kumulativ prosentdel
Ekstremt høy	≤ 2,0	0 – 5 %
Meget høy	2,0 – 3,9	5 – 15 %
Høy	4,0 – 6,9	15 – 35 %
Middels	7,0 – 18,9	35 – 65 %
Lav	19,0 – 55,9	65 – 85 %
Meget lav	56,0 – 85,9	85 – 95 %
Ekstremt lav	≥ 86,0	95 – 100 %

3.3 Slitasjeverdi hardmetall (AV)

Slitasjeverdien for hardmetall (AV) er et mål for bergartens abrasjon eller evne til å påføre hardmetall slitasje. En høy slitasjeverdi indikerer en slitende bergart, og omvendt indikerer en lav slitasjeverdi at bergarten er lite slitende.

Testen utføres på et abrasjonspulver (< 1,0 mm) som er preparert av de ekstraherte delprøvene benyttet for bestemmelse av Sprøhetstallet (S₂₀). Slitasjeverdien (AV) anses derfor å utgjøre en representativ gjennomsnittsverdi for den testede bergarten.



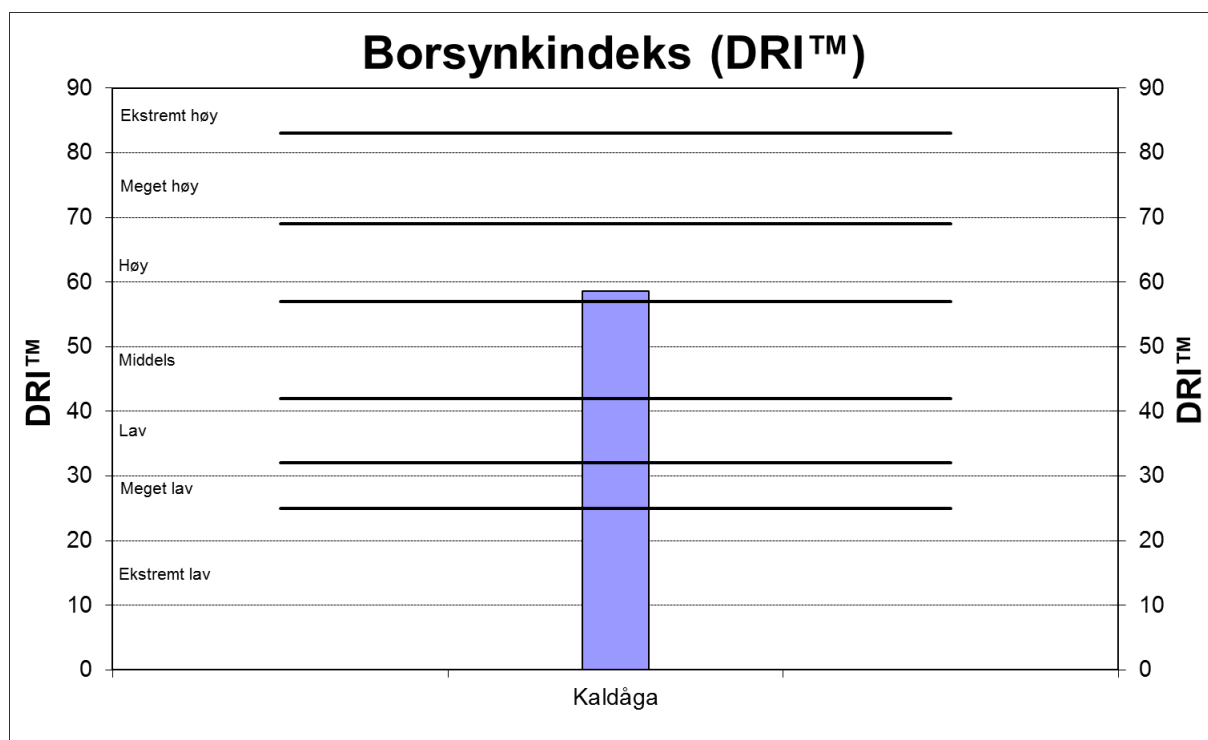
Figur 3. Grafisk fremstilling av resultat for bestemmelse av Abrasjonsverdi hardmetall.

Tabell 3. Klassifisering av abrasjon eller evne til å påføre hardmetall slitasje i henhold til til Dahl, F., et al. TUST 28 (2012) 150 -158.

Kategori – Slitasje hardmetall	AV (vekttap mg)	Kumulativ prosent
Ekstremt lav	≤ 1,0	0 – 5 %
Meget lav	1,1 – 3,9	5 – 15 %
Lav	4,0 – 10,9	15 – 35 %
Middels	11,0 – 27,9	35 – 65 %
Høy	28,0 – 41,9	65 – 85 %
Meget høy	42,0 – 57,9	85 – 95 %
Ekstremt høy	≥ 58,0	95 – 100 %

3.4 Borsynkindeks (DRI™)

Borsynkindeksen (DRI™), som beregnes på basis av bergartens sprøhetstall (S_{20}) og Sievers' J-verdi (SJ), er en indeks for forventet borsynk. DRI™ kan beskrives som bergartens sprøhetstall korrigert for overflatehardhet.



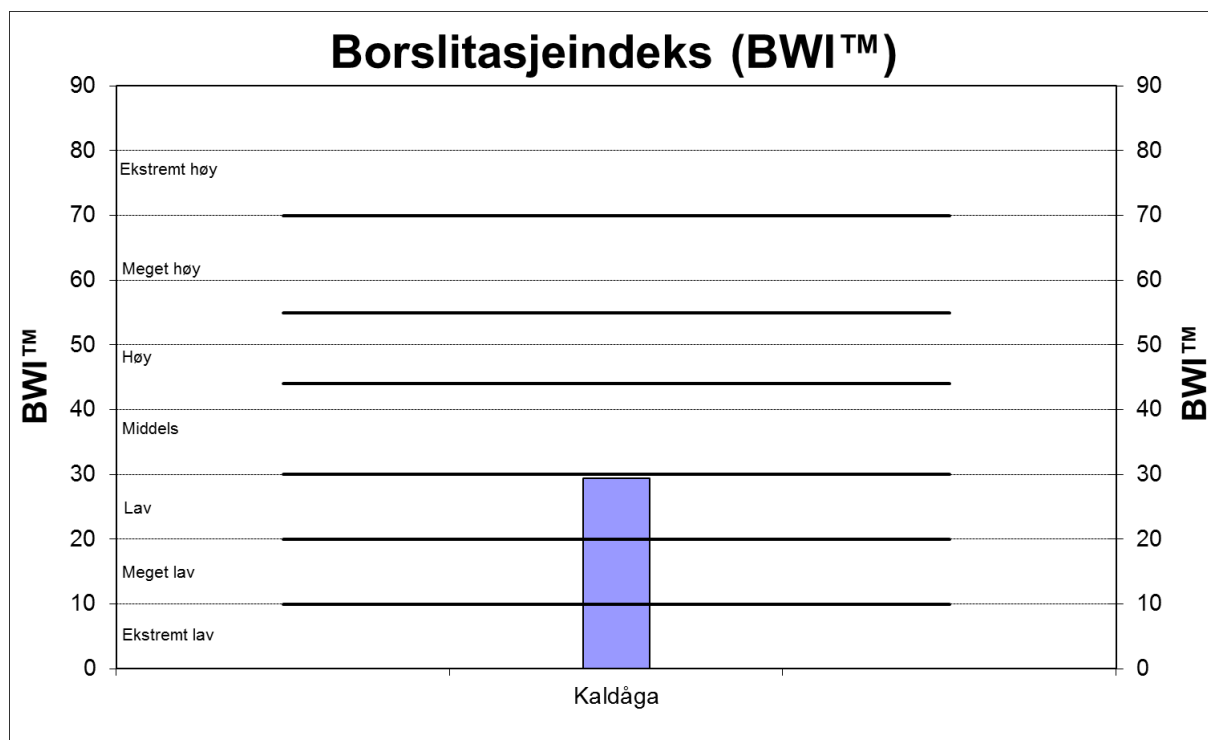
Figur 4. Grafisk fremstilling av resultat for bestemmelse av borsynkindeks.

Tabell 4. Klassifisering av borsynkindeks (DRI™) i henhold til “13A-98 DRILLABILITY Test Methods”, Institutt for bygg anlegg og transport, NTNU.

Kategori – Borsynkindeks	DRI™	Kumulativ prosentdel
Ekstremt lav	≤ 25	0 – 5 %
Meget lav	26 – 32	5 – 15 %
Lav	33 – 42	15 – 35 %
Middels	43 – 57	35 – 65 %
Høy	58 – 69	65 – 85 %
Meget høy	70 – 82	85 – 95 %
Ekstremt høy	≥ 83	95 – 100 %

3.5 Borslitasjeindeks (BWI™)

Borslitasjeindeksen (BWI™), som beregnes på basis av bergartens borsynkindeks (DRI™) og slitasjeverdi hardmetall (AV), er en indeks for forventet borslitasje. BWI™ benyttes til å estimere levetid for borkroner, borruller, etc.



Figur 5. Grafisk fremstilling av resultat for bestemmelse av borslitasjeindeks.

Tabell 5. Klassifisering av borslitasjeindeks (BWI™) i henhold til “13A-98 DRILLABILITY Test Methods”, Institutt for bygg anlegg og transport, NTNU.

Kategori-Borslitasjeindeks	BWI™	Kumulativ prosent
Ekstremt lav	≤ 10	0 – 5 %
Meget lav	11 – 20	5 – 15 %
Lav	21 – 30	15 – 35 %
Middels	31 – 44	35 – 65 %
Høy	45 – 55	65 – 85 %
Meget høy	56 – 69	85 – 95 %
Ekstremt høy	≥ 70	95 – 100 %

4 Sievers' J miniatyr borerer fremstilt grafisk og foto av benyttet prøvestykke

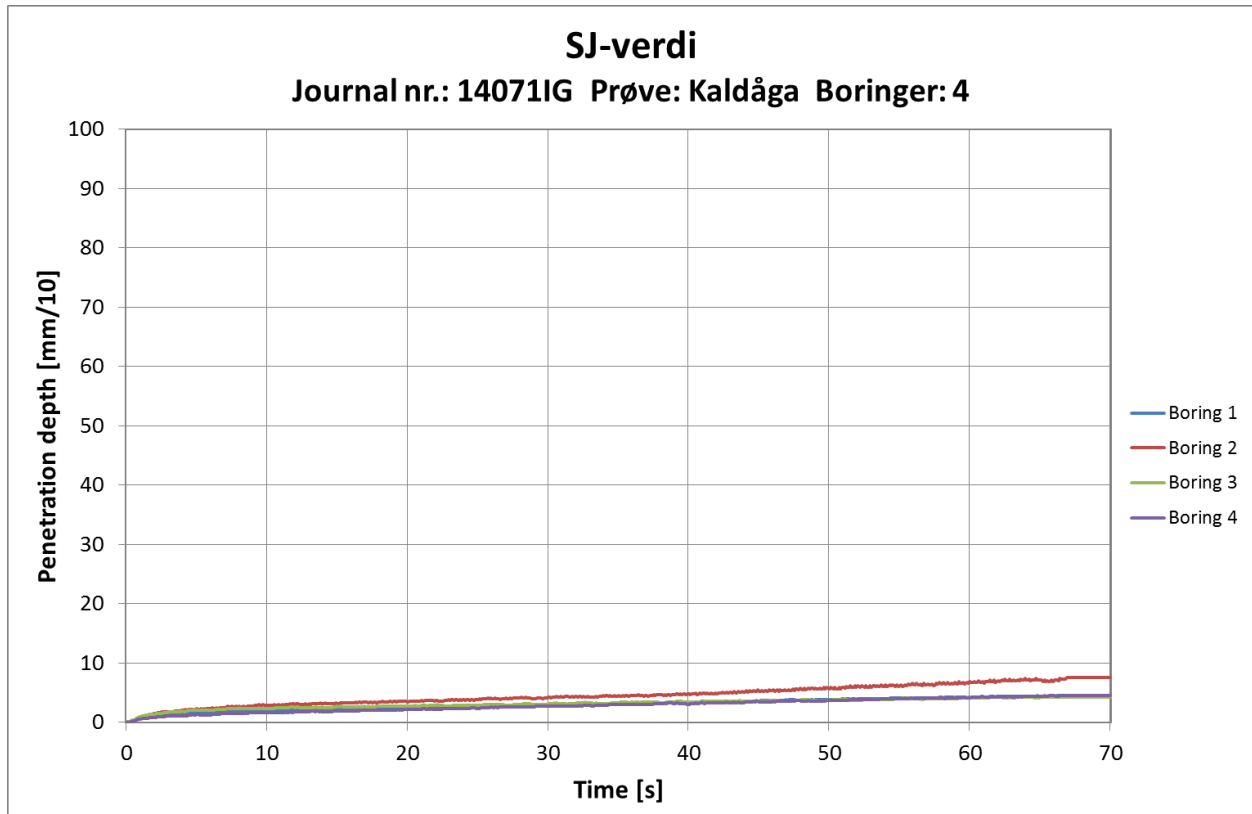


Foto av Sievers' J-stykke benyttet til testing. Blå piler indikerer posisjonen til borehullene.

5 Individuelle resultat fra borbarhetstester

Prøve nr.: 1

Prøve ID: Kaldåga

Test nr.	Sprøhetstall S ₂₀ [%]	Sievers' J SJ [1/10 mm]	Slitasjeverdi AV [mg]
1	60.5	4.5	20
2	62.7	7.5	24
3	62.5	4.3	
4		4.5	
Middel	61.9	5.2	22.0
Standardavvik	1.23	1.56	2.83

6 Foto av mottatt prøvemateriale



Prøve nr. 1 merket "Kaldåga"

7 Foto av testmetoder for bestemmelse av borbarhet, utstyr og metodikk



Kutting av et stykke fra en borkjerne for bestemmelse av Sievers' J-verdi.



En seksjon av en borkjerne med ferdig kuttet SJ-stykke (markert med rød pil) orientert i forhold til kjerneaksen og foliasjonen til bergarten.



Kjeftknuser.



Siktemaskin.



Fallapparat for sprøhetstall.



Morter med prøve.



En prøve før slagpåkjennig.



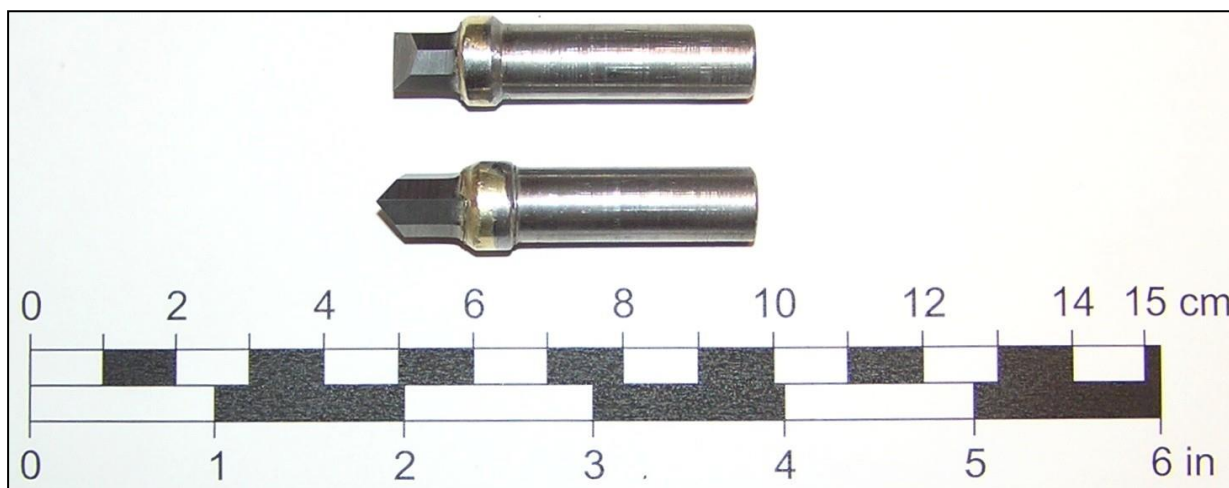
Den samme prøven etter 20 slag.



Sievers' J-verdi apparatur.



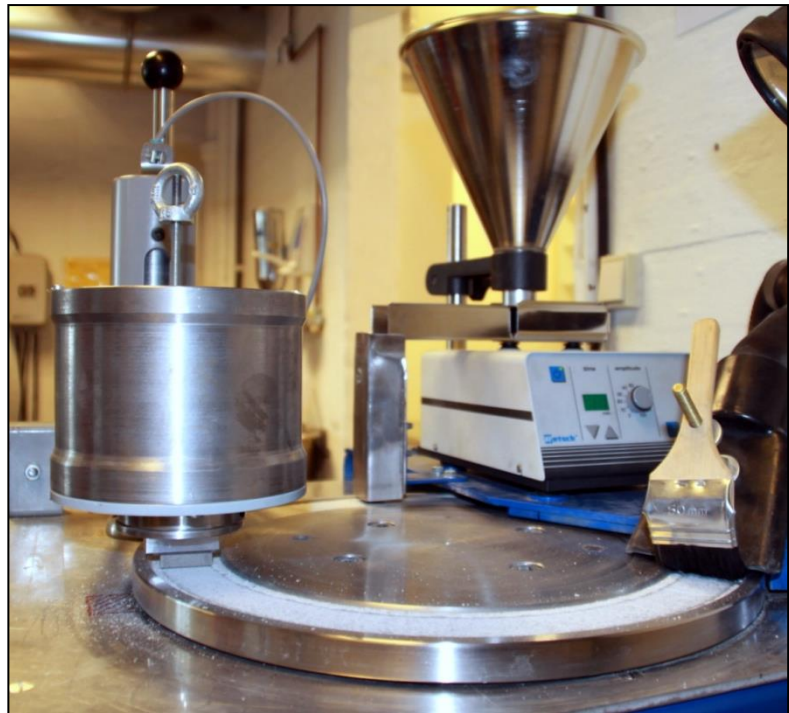
Nærbilde av boring i Sievers' J-stykke.



Miniatybor benyttet til bestemmelse av Sievers' J-verdi.



Slitasjeapparat.



Nærbilde av lodd med teststykke under testing.



Slitasjestykker etter testing. Hardmetallstykker til venstre og kutterstålstykker til høyre.

8 Petrografisk analyse

Prøve

Prøve nr 1
Prøvemerkning Kaldåga

Makroskopisk beskrivelse

Farge Lys grå bergart med sorte spetter.
Mineraler Lyse mineraler (trolig kvarts og feltspat) samt mørke mineraler (mulig biotitt).
Kornstørrelse Grov.
Struktur Massiv bergart med svak foliasjon.

Mikroskopisk beskrivelse

Tekstur

Tynnslipet viser en meget svakt foliert bergart med ujevn kornstørrelse og med rette til mer uregelmessige korngrenser. Mineralkornstørrelsen varierer mellom ca. 0,2 mm og 8,0 mm. Hovedmineralene er feltspat og kvarts, mens biotitt og muskovitt opptre i små mengder. Feltspatmineralene er lite omdannet, og primære trekk som "gittervillinger" hos alkalifeltspat og "tvillingstriper" hos plagioklas er bevart. Alkalifeltspat dominerer, men plagioklas er også representert.

Mikroriss opptre internt i mineralkorn samt langs korngrenser.

Bilder som viser karakteristisk bergartssammensetning samt mikrostruktur er vist på side 18.

Et estimat av mineralinnholdet (volum %) i den undersøkte prøven er gitt i tabellen under.

Feltspat *	Kvarts	Biotitt	Muskovitt
64	30	5	1

* Alkalifeltspat dominerer over plagioklas

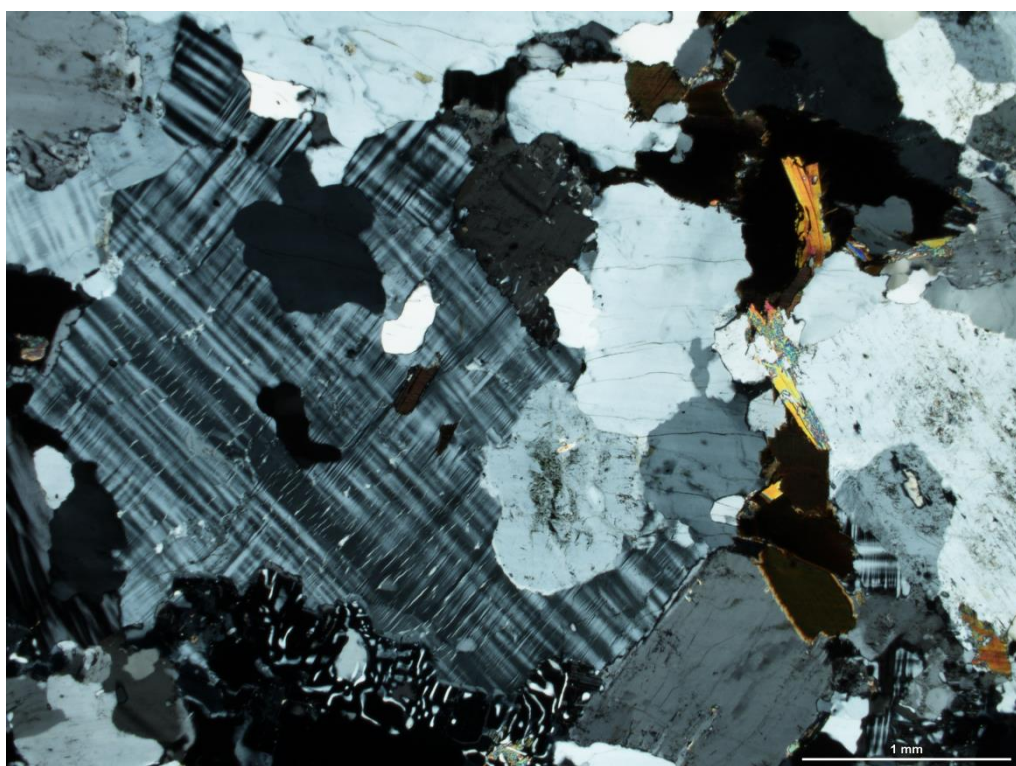
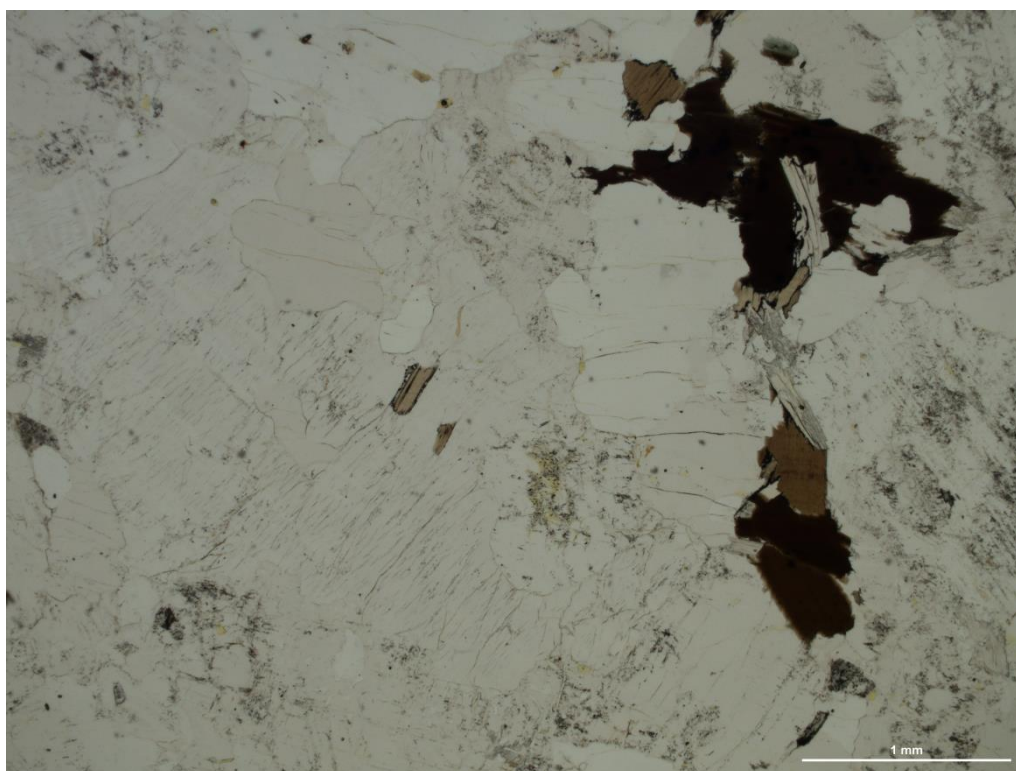
Petrografisk bergartsnavn

Granitt – granittisk gneis



Prøve 1, Kaldåga

Foto av prøvestykket som ble benyttet for preparering av tynnslip.



Prøve 1, Kaldåga

Tynnslipfoto i planpolarisert lys (øverst) og med dobbelpolarisert lys (nederst). Bildene viser mikrostrukturen og mineraltypene i bergarten. Et stort mineralkorn bestående av alkalifeltspat med "gittertvillinger" er synlig i venstre del av nederste bilde.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no