

NGU Rapport 2000.035

Ringanalyse for laboratoriekning og
mekaniske testmetoder.

Rapport nr.: 2000.035		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Ringanalyse for laboratorieknusing og mekaniske testmetoder.				
Forfatter: Eyolf Erichsen		Oppdragsgiver: Statens vegvesen - Nordland vegkontor og NGU.		
Fylke: Nordland		Kommune:		
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 17	Pris: 45,-	
Feltarbeid utført:		Rapportdato: 15.03.2000	Prosjektnr.: 2365.00	Ansvarlig: <i>Bjørn Bengtson</i>
Sammendrag:				
<p>I et samarbeidsprosjekt mellom Statens vegvesen - Nordland vegkontor (fylkeslaboratoriet i Bodø) og Norges geologiske undersøkelse (NGU) er det blitt gjennomført en ringanalyse mellom institusjonenes laboratorier. Det er blitt utført parallelle tester for de mekaniske testmetodene fallprøven, kulemøllemetoden og Los Angeles testen. I tillegg er det undersøkt hva slags innvirkning laboratorieknusingen har for de ulike testmetodene.</p> <p>To ulike prøvematerialer er undersøkt og knust ved hvert laboratorium. Kun en av de fire laboratorieknusingene er utført optimalt. Optimal knusing oppnås ved at mest materiale havner innenfor fallprøvefraksjonen 8-11 mm. Prøvene bearbeidet ved Nordland vegkontor er noe «dårligere knust» i forhold til tilsvarende materiale knust ved NGUs laboratorium. Resultatet av «dårlig knusing» medfører at kornformen (flisighetstallet) ikke er så god som det en optimal knusing gir. Dette har igjen innvirkning på resultatet av sprøhetstallet. Kulemøllemetoden og Los Angeles testen er mindre «følsom» for kornformen og dermed mindre avhengig av laboratorieknusingen.</p> <p>De to prøvene er også knust kun ved ett laboratorium (NGU) og deretter testet både ved NGU og Nordland vegkontor. Resultatene viser at NGUs fallhammer gir 12-15% høyere sprøhetstall for de to undersøkte bergartsprøvene. For kulemøllemetoden og Los Angeles testen er det så godt som ingen avvik mellom de to laboratoriene når en tar hensyn til inhomogeniteten i materialet for den ene prøven.</p> <p>Ringanalysene mellom de to laboratoriene viser tilfredsstillende resultater. Spesielt Los Angeles testen viser god korrelasjon.</p>				
Emneord: Ingeniørgeologi		Byggeråstoff		Pukk
Mekanisk styrke		Densitet		Fallprøve
Los Angeles		Kulemølle		Fagrapport

INNHold

KONKLUSJON	4
1. FORORD.....	5
2. GJENNOMFØRING.....	6
3. LABORATORIEKNUSINGENS INNVIRKNING PÅ KORNFOrm OG MEKANISKE PARAMETRE.....	6
3.1 Generelt.....	6
3.2 Kornform.....	7
3.3 Mekaniske parametre.....	9
4. RESULTATER OG VURDERINGER.....	11
4.1 Prøvematerialet.....	11
4.2 Laboratorieknusing.....	11
4.3 Analyseresultater.....	13
4.4 Ringanalyse.....	15
LITTERATUR	17

KONKLUSJON

Ringanalysen mellom NGU og Nordland vegkontor viser at kun en av de fire laboratorieknusingene, som er utført på to ulike prøvematerialer, er gjennomført optimalt. Optimal knusing oppnås ved at mest materiale havner innenfor fallprøvefraksjonen 8-11 mm. Prøvene bearbeidet ved Nordland vegkontor er noe «dårligere knust» i forhold til tilsvarende materiale knust ved NGUs laboratorium. Resultatet av «dårlig knusing» medfører at kornformen (flisighetstallet) ikke er så god som en optimal knusing vil gi. Dette har igjen innvirkning på resultatet av sprøhetstallet. Kulemøllemetoden og Los Angeles testen er mindre «følsom» for kornformen og dermed mindre avhengig av gjennomføringen av laboratorieknusingen.

De to prøvene er også knust ved kun ett laboratorium (NGU) og deretter testet både ved NGU og Nordland vegkontor. Resultatene viser at NGUs fallhammer gir 12-15% høyere sprøhetstall (S_8) for de to undersøkte bergartsprøvene. For kulemøllemetoden og Los Angeles testen er det så godt som ingen avvik mellom de to laboratoriene når en tar hensyn til inhomogenitet i materialet for den ene prøven.

Ringanalysene mellom de to laboratoriene viser tilfredsstillende resultater. Spesielt Los Angeles testen viser god korrelasjon.

Parameter	r^2
Densitet	0,98
Sprøhetstall - S_8	0,75
Mølleverdi	0,93
Los Angeles verdi	0,99

Korrelasjon uttrykt ved r^2 for ulike parametre.

1. FORORD

I et samarbeidsprosjekt mellom Statens vegvesen-Nordland vegkontor (fylkeslaboratoriet i Bodø) og Norges geologiske undersøkelse (NGU) er det blitt gjennomført en ringanalyse mellom institusjonenes laboratorier. Det er blitt utført parallelle tester for de mekaniske testmetodene fallprøven, kulemøllemetoden og Los Angeles testen. I tillegg er det undersøkt hva slags innvirkning laboratorieknusingen kan ha for de ulike testmetodene. Ved Nordland vegkontor har Kai-Frode Solbakk hatt ansvaret for gjennomføringen av prosjektet.

Resultatene fra undersøkelsen er presentert i denne rapporten.

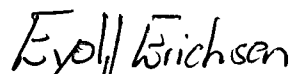
Trondheim 15. mars 2000

Hovedprosjekt for byggeråstoffer



Peer-R. Neeb

Hovedprosjektleder



Eyolf Erichsen

Forsker

2. GJENNOMFØRING

Ved ringanalyse mellom laboratorier er det fire forhold som påvirker eventuelle avvik. Prøvematerialets homogenitet/inhomogenitet, laboratorieknusing av prøvematerialet samt avvik i de mekaniske testmetodene fordi det benyttes forskjellig utstyr vil alle være faktorer som spiller inn. I tillegg vil operatøren kunne påvirke resultatene.

Ringanalysen er gjennomført etter følgende retningslinjer;

- Materiale av to bergartstyper med ulike mekaniske egenskaper er valgt ut (Veset pukkverk utenfor Mosjøen og Naurstadhøgda pukkverk utenfor Bodø).
- Prøvene er laboratorieknust ved hvert laboratorium etter standard prosedyre [1, 2] og det er utført fallprøve, kulemølle og Los Angeles test på det knuste materialet.
- Ekstra prøvemateriale for de to bergartstypene er laboratorieknust og siktet ved NGU og testet mekanisk både ved NGU og Nordland vegkontor.

Utenom selve ringanalysen for de to prøvene er det i tillegg vært tilgjengelig resultater fra tidligere undersøkelser [3] der det er blitt utført mekaniske tester ved begge laboratoriene på samme prøvemateriale for 4 bergartsprøver fra Hamarøy. For disse prøvene er det ikke utført kontroll med laboratorieknusingen ved Vegkontoret i Nordland.

3. LABORATORIEKNUSINGENS INNVIRKNING PÅ KORNFØRM OG MEKANISKE PARAMETRE

3.1 Generelt

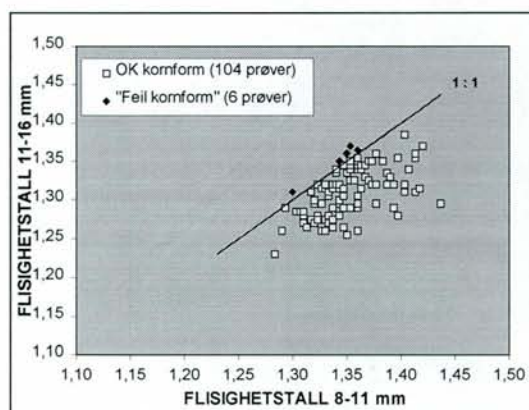
Standardisering av laboratorieknusingen er i første rekke rettet mot fallprøven. Samvariasjon mellom kornform uttrykt ved flisighetstallet og sprøhetstallet er rikelig dokumentert [4 og 5]. For de øvrige norske mekaniske testmetodene som abrasjonsmetoden, kulemøllemetoden og Los Angeles testen er det så langt ikke vist til noen klar samvariasjon med kornformen.

Erfaringer fra bransjehold tilsier at man oppnår best kornform innenfor den sorteringen som gir mest mengde materiale ved fullskala knusing. Hensikten med såkalt optimal knusing ved laboratorieknusing er å oppnå det samme, d.v.s. justere knuseren slik at mest materiale havner innenfor 8-11mm fraksjonen. Etter teorien bør en dermed få best kornform innenfor fallprøvefraksjonen.

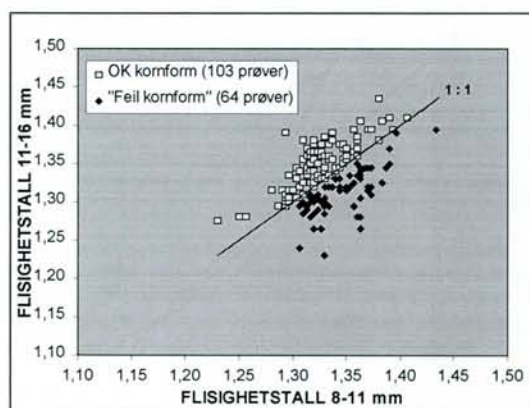
3.2 Kornform

For å undersøke om erfaringene fra fullskala knusing kan overføres til laboratorieknust materiale er det i figurene 1 til 4 framstilt hvordan kornformen varierer med knusingen. Dataene som er benyttet er fra NGUs pukkdatabase. Det er i figurene skilt mellom prøver som etter knusing gir mest materiale innenfor henholdsvis 8-11 mm eller 11-16 mm fraksjonen (figur 1 og 2). I tillegg er det vist hvordan kornformen endrer seg ved ett ekstra knusetrinn simulert ved flisighetstallet etter omslag ved fallprøven (figur 3 og 4).

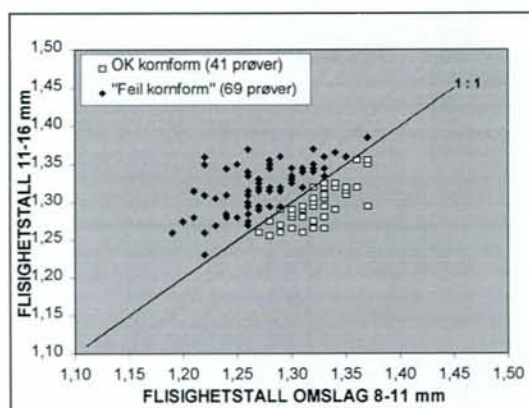
Når mest materiale produseres innenfor 11-16 mm fraksjonen etter laboratorieknusing (figur 1) gir de fleste prøvene best kornform innenfor tilhørende fraksjon (flisighetstallet for 11-16 mm fraksjonen er bedre enn flisighetstallet for 8-11 mm fraksjonen). Det er kun unntaksvis at «feil kornform» forekommer i slike tilfeller. Ved optimal knusing (figur 2), d.v.s. prøver som etter knusing gir mest innenfor 8-11 mm fraksjonen, vil en god del av prøvene (ca. 40%) gi «feil kornform» ved at kornformen er bedre innenfor 11-16 mm fraksjonen. Ved ett ekstra



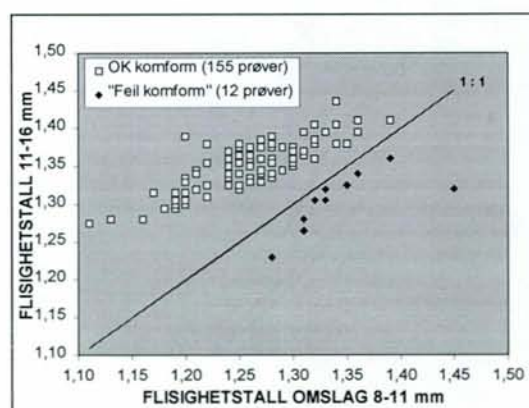
Figur 1. Registrert kornform for prøver som gir mest mengde innenfor 11-16 mm fraksjonen etter laboratorieknusing.



Figur 2. Registrert kornform for prøver som gir mest mengde innenfor 8-11 mm fraksjonen etter laboratorieknusing.



Figur 3. Registrert kornform for prøver som gir mest mengde innenfor 11-16 mm fraksjonen etter laborieknusing og omslag.



Figur 4. Registrert kornform for prøver som gir mest mengde innenfor 8-11 mm fraksjonen etter laborieknusing og omslag.

knusetrinn uttrykt ved flisighetstallet etter omslag endres dette bildet. I det tilfellet der mest materiale havner i 11-16 mm fraksjonen (figur 3) vil den opprinnelige gode kornformen forringes og et større antall prøver viser «feil kornform». Derimot der mest materiale inngår i 8-11 mm fraksjonen vil en markert økt andel av prøvene forbedre kornformen (figur 4). Det ekstra knusetrinnet har foredlet materialet og gitt en mer optimal knusing alle prøvene sett under ett. Ett fåtall av prøvene gir fortsatt «feil kornform».

Etter dagens prosedyre knuses materialet to ganger ved laborieknusing; først håndstykke for håndstykke og deretter et nytt knusetrinn der mest mulig materiale helles opp i knusekammeret for å oppnå god knusing korn mot korn (interpartikulær knusing). For å oppnå god kornform innenfor fallprøvefraksjonen kan det stilles spørsmål om et tredje knusetrinn ved laborieknusing vil gi et bedre resultat og dermed mer optimal knusing.

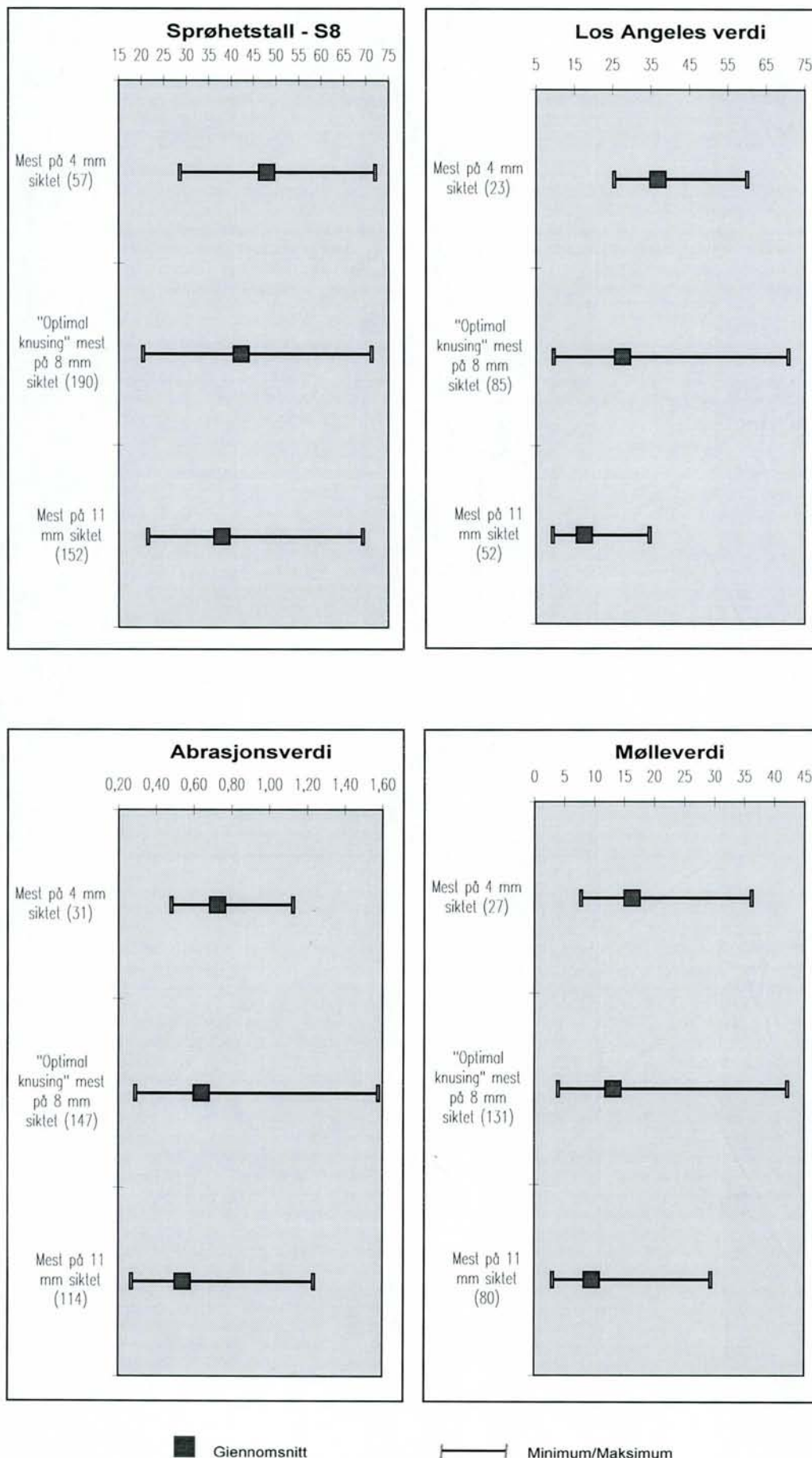
3.3 Mekaniske parametre

Flisighetstallets betydning for sprøhetstallet er årsaken til at man ønsker å optimalisere knusingen for fallprøvefraksjonen. Det er verken for mølleverdien, der testfraksjonen er 11-16 mm, eller Los Angeles verdien (10-14 mm) til nå dokumentert tilsvarende avhengighet til kornformen som for fallprøven. Fordi man ved laboratorieknusing av prøvemateriale også er ute etter å framstille tilstrekkelig med materiale innenfor 11-16 mm fraksjonen, er det ønskelig å oppnå en høy andel prøvemateriale også innenfor denne sorteringen.

Et annet poeng er at det har vist seg vanskelig å stabilisere knusingen til konstant å gi mest mulig materiale innenfor 8-11 mm fraksjonen. Erfaring og tallmateriale fra NGUs pukkdatabase viser, kanskje ikke overraskende, at det er en sammenheng mellom kornfordelingen etter knusing og de mekanisk egenskapene (figur 5).

I gjennomsnitt viser de mekaniske «sterke bergartene» en kornfordeling som er forskjøvet mot de grovere fraksjonene i forhold til de «svakere bergartene». En kan altså allerede etter laboratorieknusingen få en formening om prøvens mekaniske kvalitet.

Ideelt sett bør en ved preparering av prøvemateriale ved knusing med laboratorieknuser først gjøre en innledende knusing og deretter ved vurdering av siktekurven, eventuelt justere knuseren slik at optimal knusing oppnås. Dette ansees som lite hensiktsmessig. Som et alternativ må en godta ett visst avvik. Spørsmålet må heller være hvor stort avvik fra optimal knusing som kan godtas.



Figur 5. Forholdet mellom kornfordeling etter laboratorieknusing, gitt ved på hvilket sikt mest materiale havner etter knusing, for ulike mekaniske parametre. Antall prøver er oppgitt i parentes.

4. RESULTATER OG VURDERINGER

4.1 Prøvematerialet

I tabell 1 er det gitt en oversikt over prøvematerialet som er blitt benyttet ved ringanalysen og en vurdering av bergartenes homogenitet. Vurderingen av homogeniteten er gjort ut fra bedømmelse av bergartsnavn og for de to førstnevnte prøvene observasjoner innenfor selve bruddområdet. Prøvene 1 og 2 fra Hamarøy er utsprengt, mens prøven 3 og 4 er tatt fra henholdsvis et mindre steinbrudd og i en vegskjæring.

Tabell 1. Prøvemateriale.

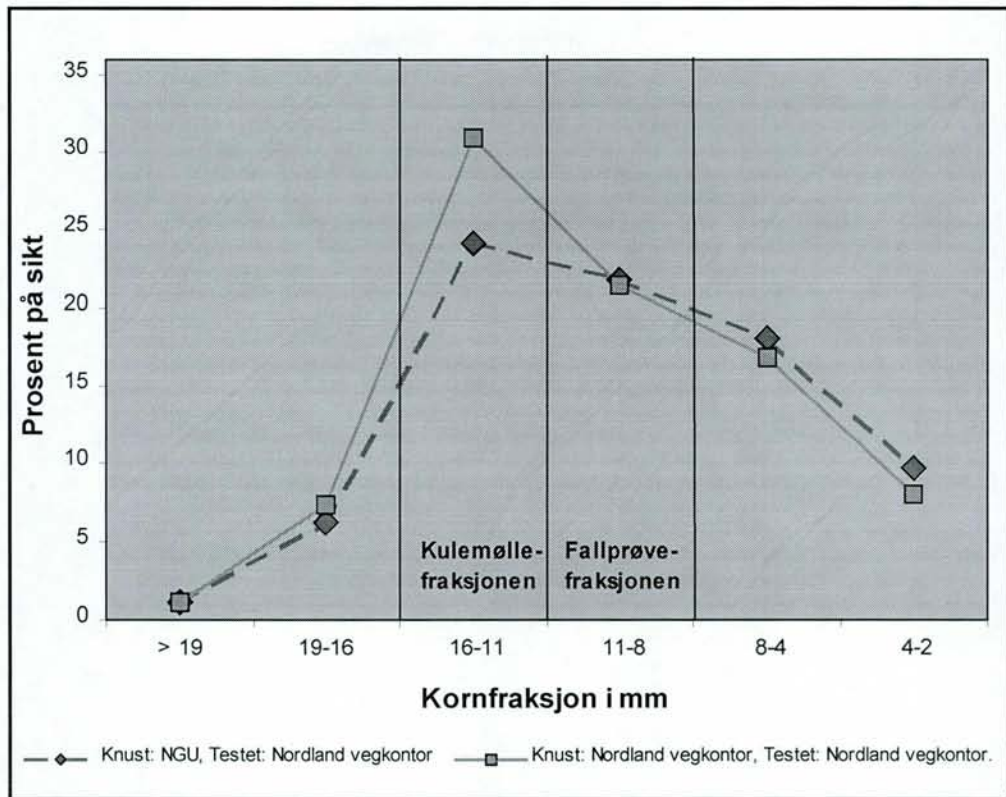
Prøve	Bergartstype	Homogenitet
Veset	Metagabbro	Homogen
Naurstadhøgda	Kalkskifer	Inhomogen
Hamarøy 1	Olivinførende monzonitt	Homogen
Hamarøy 2	Monzonitt	Homogen
Hamarøy 3	Olivinførende monzonitt	Homogen
Hamarøy 4	Diabas	Homogen

4.2 Laboratorieknusing

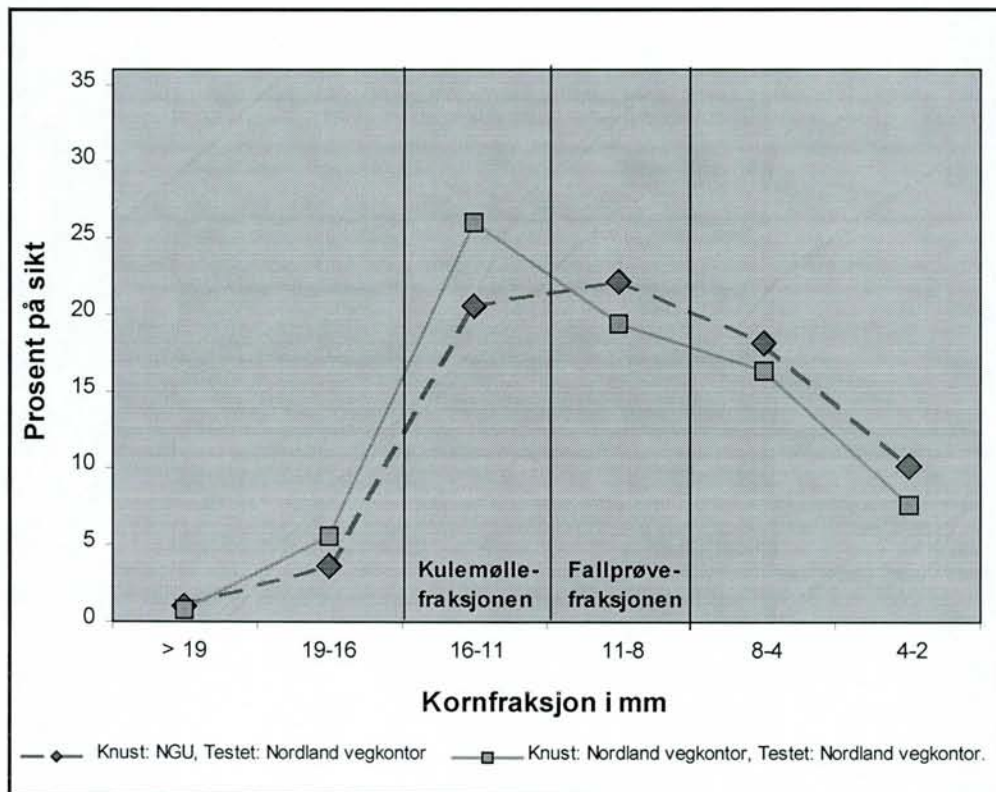
For å oppnå «god knusing» ble det benyttet ca. 30 kg prøvemateriale [6]. Stykkstørrelsen på steinmaterialet var jevn stor, omtrent på størrelse med en knyttneve (ca. 10 cm i diameter). Laboratorieknusingen ble utført kontrollert ved at materialet ble siktet etter knusing. Resultatet av knusingen, framstilt i form av siktekurver, er vist i figur 6 og 7.

Det er kun prøven fra Naurstadhøgda knust ved NGU som er optimalt knust ved at mest materiale havner innenfor 8-11 mm fraksjonen. De tre øvrige knusingene viser mest innenfor fraksjonen 11-16 mm. Forholdet mellom laboratoriene viser at Nordland vegkontor har knust noe «dårligere» i forhold til NGU.

Forholdet mellom knusing og kornform (tabell 2) stemmer godt overens for prøvematerialet fra Naurstadhøgda pukkverk. Materialet som er optimalt knust, viser best flisighet i 8-11 mm fraksjonen, mens prøven som etter knusing har gitt mest materiale innenfor 11-16 mm fraksjonen, viser tilsvarende best kornform innenfor samme fraksjon. Samme forholdet som for den sistnevnte prøven gjelder også for Veset pukkverk, men med unntak for materialet som er knust ved NGU og testet av Nordland vegkontor. Den viser best kornform innenfor 8-11 mm fraksjonen selv om prøven etter knusing har gitt mest materiale i 11-16 mm fraksjonen. I henhold til figur 1 er det kun unntaksvis at dette forekommer.



Figur 6. Kornfordeling etter laboratorieknusing, Veset pukkverk.



Figur 7. Kornfordeling etter laboratorieknusing, Naurstadhøgda pukkverk.

Ut fra bedømmelse av kornfordelingen etter knusing og kornform kan en fastslå at knusing har vært optimal for kun 2 av de 6 testene (Naurstadhøgda; knust ved NGU og testet ved NGU og Nordland vegkontor).

Tabell 2. Laboratorieknusing og kornform

Prøve	Knust	Testet	Mest materiale i kornfraksjon	Flisighetstall	
				8-11 mm	11-16mm
Naurstadhøgda	NGU	NGU	8-11 mm	1,34	1,36
	NGU	NV	8-11 mm	1,36	1,38
	NV	NV	11-16 mm	1,38	1,31
Veset	NGU	NGU	11-16 mm	1,34	1,32
	NGU	NV	11-16 mm	1,29	1,32
	NV	NV	11-16 mm	1,34	1,32

Flisighetstall for fallprøvefraksjonen (8-11 mm) og kulemålefraksjonen (11-16 mm). Best flisighetstall for de to fraksjonene er uthevet for hver prøve. Forkortelse: NV - Nordland vegkontor.

4.3 Analyseresultater

Analyser som er utført både ved NGU og Nordland vegkontor er densitet, fallprøven (sprøhet, flisighet, pakningsgrad), kulemåle og Los Angeles (tabell 3 og 4).

Tabell 3. Resultater for densitet og fallprøve.

Prøve	Densitet			Sprøhetstall - S ₈			Flisighetstall			Pakningsgrad		
	NGU	NGU/NV	NV	NGU	NGU/NV	NV	NGU	NGU/NV	NV	NGU	NGU/NV	NV
Veset	2,98	2,98	2,99	38,5	32,9	41,9	1,34	1,29	1,34	1	1	1
Naurstadhøgda	2,76	2,76	2,77	52,2	45,9	60,5	1,34	1,36	1,38	2	2	2
Hamarøy 1	3,19	-	3,20	36,0	-	39,9	1,29	-	1,29	0	-	1
Hamarøy 2	2,91	-	2,91	45,2	-	46,1	1,30	-	1,28	0	-	1
Hamarøy 3	3,40	-	3,30	39,1	-	36,3	1,31	-	1,31	1	-	1
Hamarøy 4	2,89	-	2,90	31,7	-	32,5	1,35	-	1,31	0	-	1

NGU-prøver knust og testet ved NGU.

NGU/NV-prøver knust ved NGU og testet ved Nordland vegkontor.

NV-prøver knust og testet ved Nordland vegkontor.

Tabell 4. Resultater for kulemølle, Los Angeles og S₂.

Prøve	Mølleverdi			Los Angeles verdi			Sprøhetstall - S ₂		
	NGU	NGU/NV	NV	NGU	NGU/NV	NV	NGU	NGU/NV	NV
Veset	10	9,5	9,8	21,7	20,7	20,9	8,3	7,7	9,1
Naurstadhøgda	23,9	24,0	30,3	26,5	30,3	36,0	11,1	10,6	18,1
Hamarøy 1	12,2	-	12,5	20,9	-	20,2	6,8	-	9,0
Hamarøy 2	12,0	-	11,6	28,4	-	26,8	10,7	-	11,3
Hamarøy 3	15,0	-	16,8	19,9	-	20,0	6,9	-	8,0
Hamarøy 4	8,5	-	9,4	15,2	-	15,5	5,5	-	6,3

NGU-prøver knust og testet ved NGU.

NGU/NV-prøver knust ved NGU og testet ved Nordland vegkontor.

NV-prøver knust og testet ved Nordland vegkontor.

I tabell 5 er det beregnet avvik mellom analyseresultatene der prøvematerialet som er laboratorieknust og mekanisk testet ved NGU er benyttet som referanse.

Tabell 5. Avvik mellom analyseresultater.

Prøve	Densitet		Sprøhetstall-S ₈		Flisighetstall		Pakningsgrad		Mølleverdi		Los Angeles	
	NGU/NV	NV	NGU/NV	NV	NGU/NV	NV	NGU/NV	NV	NGU/NV	NV	NGU/NV	NV
Veset	0	-0,01	+5,6	-3,4	+0,05	0	0	0	+0,5	+0,2	+1,0	+0,8
Naurstadhøgda	0	-0,01	+6,3	-8,3	-0,02	-0,04	0	0	-0,1	-6,4	-3,8	-9,5
Hamarøy 1	-	-0,01	-	-3,9	-	0	-	-1	-	-0,3	-	+0,7
Hamarøy 2	-	0	-	-0,9	-	+0,02	-	-1	-	+0,4	-	+1,6
Hamarøy 3	-	+0,1	-	+2,8	-	0	-	0	-	-1,8	-	-0,1
Hamarøy 4	-	-0,01	-	-0,8	-	+0,04	-	-1	-	-0,9	-	-0,3

NGU/NV-prøver knust ved NGU og testet ved Nordland vegkontor.

NV-prøver knust og testet ved Nordland vegkontor.

Som det framgår av tabell 5 er det en del variasjon i analyseresultatene mellom de to laboratoriene. For materiale fra Naurstadhøgda framkommer det til dels store avvik i analysene m.h.t. sprøhetstall, flisighetstall, mølleverdi og Los Angeles verdi. Spesielt gjelder dette for materiale som både er knust og testet ved Nordland vegkontor. En kan sannsynligvis forklare dette med den registrerte inhomogeniteten for bergartsmaterialet fra denne forekomsten (kap. 4.1). I tillegg framstår materiale fra Hamarøy 3 med avvik m.h.t. densitet, sprøhetstall og muligens mølleverdi. Spesielt det store avviket i densiteten tilsier at prøvematerialet som er testet ved de to laboratoriene kan være noe ulikt.

Ser en bort fra prøvematerialet fra Naurstadhøgda og Hamarøy 3 så er avvik mellom laboratoriene liten for materiale som er knust og testet ved hvert enkelt laboratorium. Spesielt analyseresultatene for kulemøllemetoden og Los Angeles testen viser små forskjeller. For

densiteten viser 4 av de 6 prøvene en differanse på -0,01 som tilsier god korrelasjon. Sprøhetstallet viser tallmessig noe større avvik, men ligger innenfor det en må vente av denne metoden. Avviket for både flisighetstallet og pakningsgraden gir et noe uklart bilde. Det er i første rekke for disse to analysetypene operatøren har muligheter til å påvirke resultatene. Pakningsgraden må betraktes som en lite objektiv registrering, mens flisighetsanalysen i høyeste grad er avhengig av hvordan testen utføres.

For materialet som er knust ved NGU og testet ved begge laboratoriene, er det spesielt fallprøven som viser avvik. NGUs resultater gir noe høyere sprøhetstall i forhold til Nordland vegkontor. NGUs fallhammer gir 12-15% høyere sprøhetstall for de to undersøkte prøvene. Los Angeles verdien for prøven fra Naurstadhøgda viser også et visst avvik. Dette avviket kan muligens forklares ved den tidligere nevnte inhomogenitet for dette materialet.

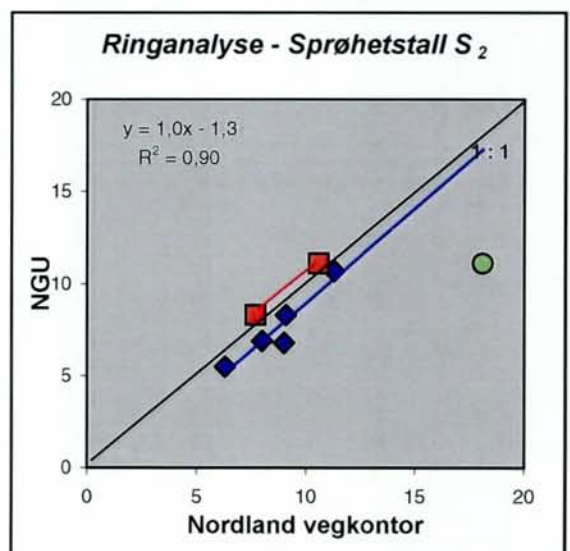
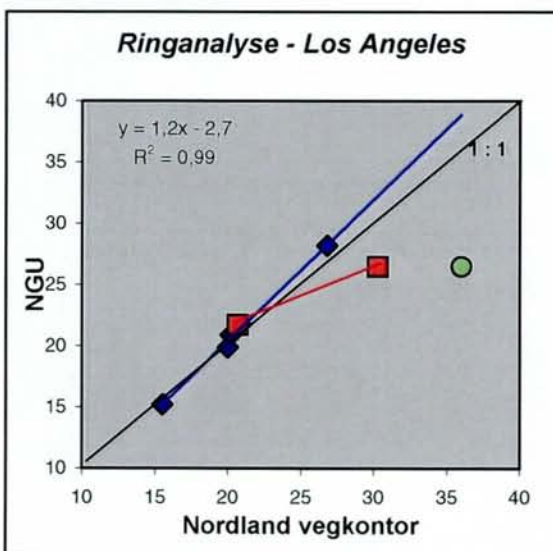
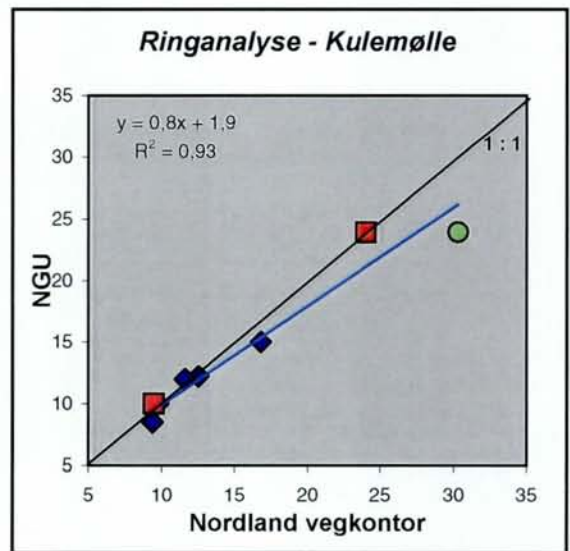
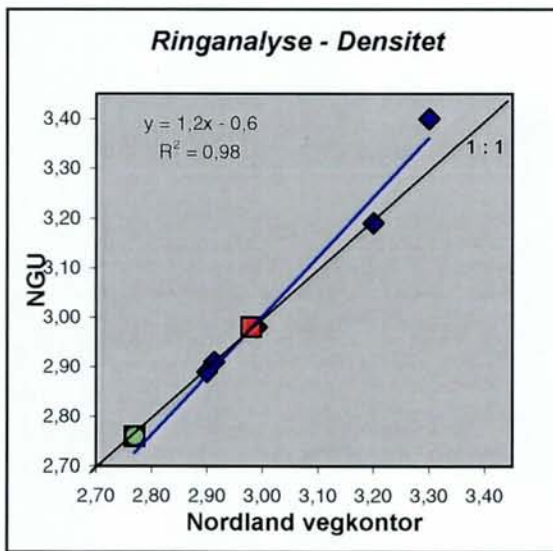
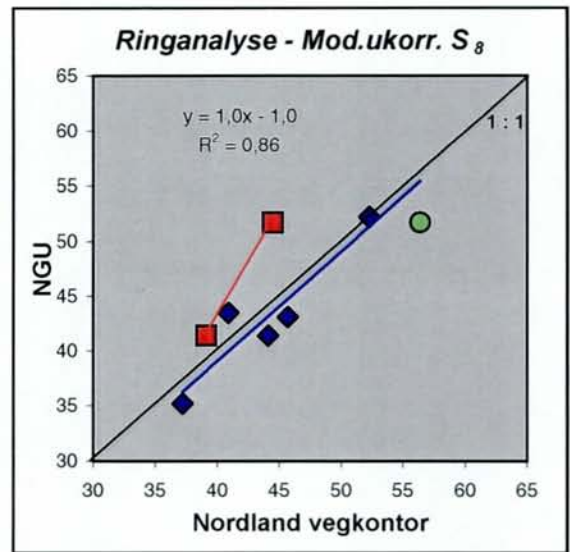
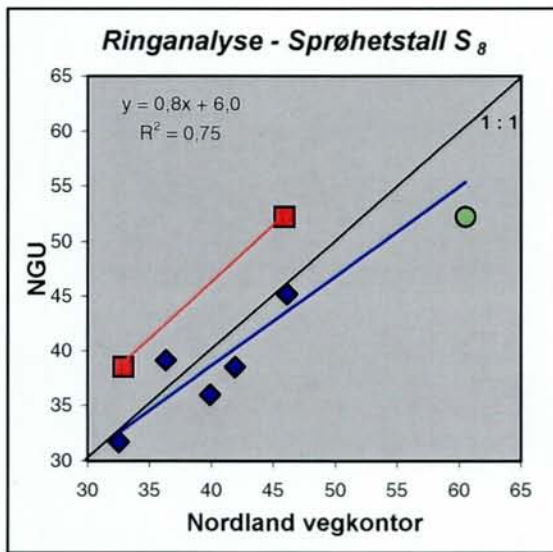
4.4 Ringanalyse

Denne mini-ringanalysen (figur 8) viser tilfredsstillende resultat mellom de to laboratoriene. Der er kun materialet som både er knust og testet ved hvert enkelt laboratorium som inngår i ringanalysen, men med unntak for materiale fra Naurstadhøgda. P.g.a. antatt inhomogenitet er dette materialet holdt utenfor ringtesten selv om prøven ligger naturlig langs regresjonslinjen for flere av ringanalysene (sprøhetstallet- S_8 , modifisert ukorrigert- S_8 , densitet og mølleverdi). Avviket fra regresjonslinjen kommer tydelig fram for Los Angeles og sprøhetstallet- S_2 (tilsvarer S_8 , men angir prosentandel < 2 mm).

Materiale som er knust ved NGU er vist sammen med ringanalysene. De to prøvene faller langs flere av regresjonslinjene i plottene i figur 8. Unntaket gjelder sprøhetstallet (S_8) som virker parallellforsjøvet med en viss avstand fra regresjonslinjen. Som tidligere nevnt skyldes dette at for disse to prøvene har NGUs fallhammer gitt 12-15% høyere sprøhetstall. Også prøven fra Naurstadhøgda knust ved NGU viser et avvik for Los Angeles testen. Igjen antas inhomogenitet å være den forklarende årsaken.

Ringanalysene viser enkeltvis gode korrelasjoner og regresjonslinjene er tilnærmet sammenfallende med forholdslinjene 1:1 som er vist i plottene. Spesielt Los Angeles metoden viser meget god korrelasjon mellom de to laboratoriene.

Årsaken til den noe lave korrelasjonen for sprøhetstallet ($r^2=0,75$) skyldes avvik i registrering av pakningsgrad og ulik måling av flisighetstall for enkelte av prøvene. Ved å benytte modifisert og ukorrigert sprøhetstall (fjerner flisighetsfaktoren og benytter sprøhetstall som ikke er korrigeret for pakningsgrad) forbedres korrelasjonen betraktelig ($r^2=0,86$).



- ◆ Ringanalyse for materiale som er knust og testet ved hvert enkelt laboratorium.
- Prøve fra Naurstadhøgda knust og testet ved Nordland vegkontor som er skilt ut p.g.a. antatt inhomogenitet i prøvemateriale.
- Materiale knust ved NGU.
- Regresjonslinje for ringanalysene.

Figur 8. Ringanalyse.

LITTERATUR

- [1] Statens vegvesen 1997: Laboratorieundersøkelser, Håndbok 014. Kap. 14.451 Flisighet og sprøhet.
- [2] Erichsen, E. 1992: Knuseprosedyrens innvirkning på fallprøven. NGU Rapport 92.289. Delrapport 1.
- [3] Erichsen, E. og Wolden, K. 2000: Pukkundersøkelser - Hamarøy, Nordland fylke. NGU Rapport 2000.004. Fortrolig til 01.02.2001.
- [4] Selmer-Olsen, R. 1949: Prøving av steinmateriale til vegdekker. Meddelelser fra Vegdirektøren nr. 12.
- [5] Nåsund, R. 1981: Metoder for kvalitetsvurdering av sand, grus og knust fjell til byggetekniske formål med hovedvekt på fallprøven. En litteraturstudie. NGU rapport 1633/12.
- [6] Ulvik, A. 1994: Knuseprosedyrens innvirkning på fallprøven. NGU Rapport 94.063. Delrapport 2.