


NGU Rapport 2001.072

Revisjon av Statens vegvesens håndbok 018 -
Vegbygging. Bidrag fra NGUs Pukkdatabase
med statistikk over bergarters mekaniske og
fysiske egenskaper.

Rapport nr.: 2001.072		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Revisjon av Statens vegvesens håndbok 018 - Vegbygging. Bidrag fra NGUs Pukkdatabase med statistikk over bergarters mekaniske og fysiske egenskaper.				
Forfatter: Eyolf Erichsen		Oppdragsgiver: NGU, Steinmaterialkomiteen		
Fylke:		Kommune:		
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 20	Pris: 40,-	
Feltarbeid utført:		Rapportdato: 06.08.2001	Prosjektnr.: 2446.00	Ansvarlig: 
Sammendrag: <p>I forbindelse med revisjonsarbeidet av Statens vegvesens håndbok 018-Vegbygging, bidrar NGU med tilgjengelig informasjon fra NGUs Pukkdatabase. Statistiske framstillinger over mekaniske og fysiske egenskaper til steinmaterialer gir oversikt over konsekvenser ved innføring av nye testmetoder og kravspesifikasjoner.</p> <p>Slagmotstandstestene, fallprøven (sprøhetstallet) og Los Angeles metoden, viser god innbyrdes korrelasjon. Korrelasjon mellom Los Angeles-verdien og sprøhetstallet er gitt ved formelen; $LA = S_8 - 20,0$.</p> <p>Spredning mellom mølleverdien og henholdsvis abrasjonsverdien og Sa-verdien øker med økende tallverdi. Spredningen er såpass stor at det ikke er noen entydig korrelasjon mellom de abrasive testmetodene. Det har derfor ingen verdi å fastsette krav til mølleverdien ut fra betraktning av korrelasjoner mellom mølleverdien og abrasjonsverdien/Sa-verdien. Krav til mølleverdien må fastlegges ut fra erfaring med bruk av kulemøllemetoden ved ulike vegprosjekt.</p> <p>Det er god korrelasjon mellom kornformstestene, flisighetstesten (fallprøven) og flakindekstesten, men den varierer for ulike kornfraksjoner. I og med at kornformen er såpass avhengig av knuseprosedyren bør en ikke fastsette nye krav til flakindeksen ut fra de foreliggende korrelasjoner. Nye krav for denne parameteren bør utarbeides på bakgrunn av nærmere tester både mht. flisighetstall og flakindeks av produksjonsknust materiale.</p>				
Emneord: Mekaniske egenskaper	Sprøhetstall		Los Angeles-verdi	
Abrasjonsverdi	Sa-verdi		Mølleverdi	
Poleringsverdi	Byggeråstoff		Fagrapport	

INNHold

1. FORORD.....	4
2. KONKLUSJON.....	5
3. FORDELING AV MEKANISKE EGENSKAPER.....	6
3.1 Fordeling alle bergarter sett under ett.....	6
3.2 Fordeling sortert etter bergartstyper.....	8
4. KORRELASJON MELLOM MEKANISKE- OG FYSISKE EGENSKAPER.....	11
5. INNFORING AV NYE ANALYSEMETODER OG NYE KRAV FOR BEDØMMELSE AV BYGGERÅSTOFFER.....	13
5.1 Mekaniske metoder/krav.....	13
5.2 Fysiske metoder/krav.....	17
6. REFERANSER.....	20

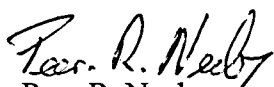
1. FORORD

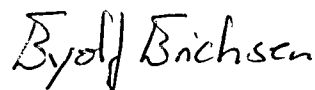
Statens vegvesen skal revidere sin håndbok 018-Vegbygging. Boka gir retningslinjer for vegbygging i Norge. Revisjonen er preget av det europeiske normaliseringsprogrammet (CEN-Comité Européen de Normalisation) der det bl.a. stilles krav til hvilke testmetoder som skal benyttes og hvilke klassifikasjoner som skal anvendes. Nye metoder vil bli gjeldende, mens andre til nå standardmetoder vil forsvinne. Planen er at den nye reviderte utgaven av håndbok 018 skal være gjeldende fra 2003.

NGU er medlem i "Steinmaterialkomiteen" som er et rådgivende organ for Statens vegvesen. Komiteen har i forbindelse med revisjonsarbeidet bl.a. hovedansvaret for å definere kravspesifikasjoner for materialer til vegbygging.

NGUs bidrag er å benytte informasjon fra Pukkdatabasen. Databasen inneholder et selektivt utvalg av prøver fra Norges berggrunn som enten er fra forekomster i drift, nedlagte brudd eller av bergarter som er vurdert som interessante for anvendelse som byggeråstoff. Statistiske framstillinger over mekaniske og fysiske egenskaper til steinmaterialer gir oversikt over konsekvenser ved innføring av nye testmetoder og kravspesifikasjoner.

Trondheim 6. august 2001
Program for Mineralressurser


Peer-R. Neeb
programleder


Eyolf Erichsen
forsker

2. KONKLUSJON

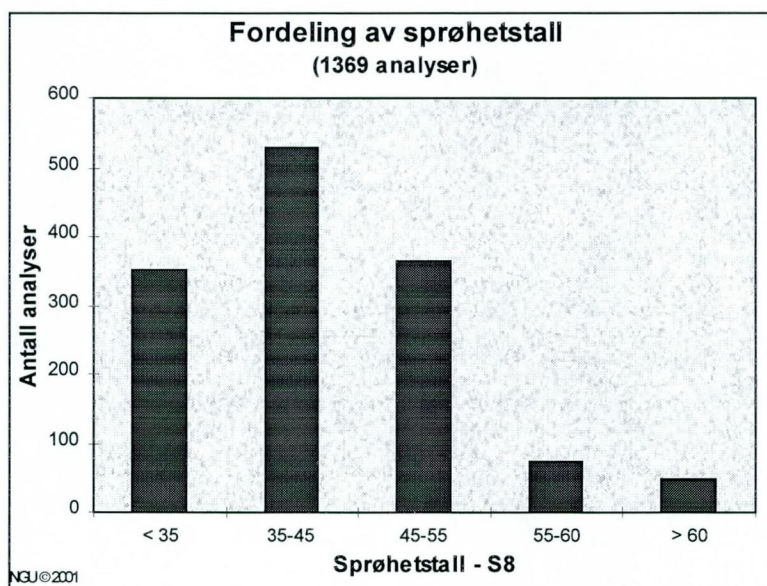
- De fleste mekaniske egenskapene viser en normalfordeling alle bergartsprøver sett under ett.
- Slagmotstandstestene, fallprøven (sprøhetstallet) og Los Angeles metoden, viser god innbyrdes korrelasjon. Korrelasjon mellom Los Angeles-verdien og sprøhetstallet er gitt ved formelen; $LA = S_8 - 20,0$.
- Det er en rimelig god samvariasjon mellom de abrasive testmetodene, abrasjonsmetoden og kulemøllemetoden. Det er stor spredning mellom mølleverdien og henholdsvis abrasjonsverdien og Sa-verdien som øker med økende tallverdi. Spredningen er såpass stor at det ikke er noen entydig korrelasjon mellom de abrasive testmetodene. Det har derfor ingen verdi å fastsette krav til mølleverdien ut fra betraktning av korrelasjoner mellom mølleverdien og abrasjonsverdien/Sa-verdien. Krav til mølleverdien må fastlegges ut fra erfaring med bruk av kulemøllemetoden ved ulike vegprosjekt.
- Selv mellom slagmotstandstestene og de abrasive testmetodene er det en viss korrelasjon. Det er ingen korrelasjon mellom poleringsverdien og de øvrige mekaniske egenskapene alle bergarter sett under ett.
- Det er god korrelasjon mellom kornformstestene, flisighetstesten (fallprøven) og flakindekstesten, men den varierer for ulike kornfraksjoner. Analysene som gir disse korrelasjonene er utført på laboratorieknust materiale som ikke er like "optimalt knust" for de ulike kornfraksjonene. I og med at kornformen er såpass avhengig av knuseprosedyren bør en ikke fastsette nye krav til flakindeksen ut fra de foreliggende korrelasjoner. Nye krav for denne parameteren bør utarbeides på bakgrunn av nærmere tester både mht. flisighetstall og flakindeks av produksjonsknust materiale.

Det må bemerkes at det i rapporten kun omhandles mekaniske og fysiske egenskaper for prøvemateriale bestående av knust fjell. Naturgrus kan gi andre effekter, spesielt for de mekaniske testmetodene.

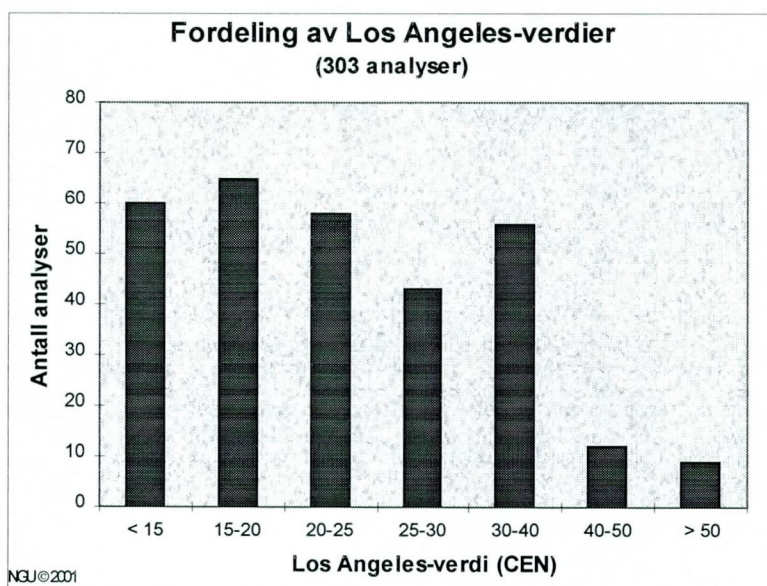
3. FORDELING AV MEKANISKE EGENSKAPER

3.1 Fordeling alle bergarter sett under ett

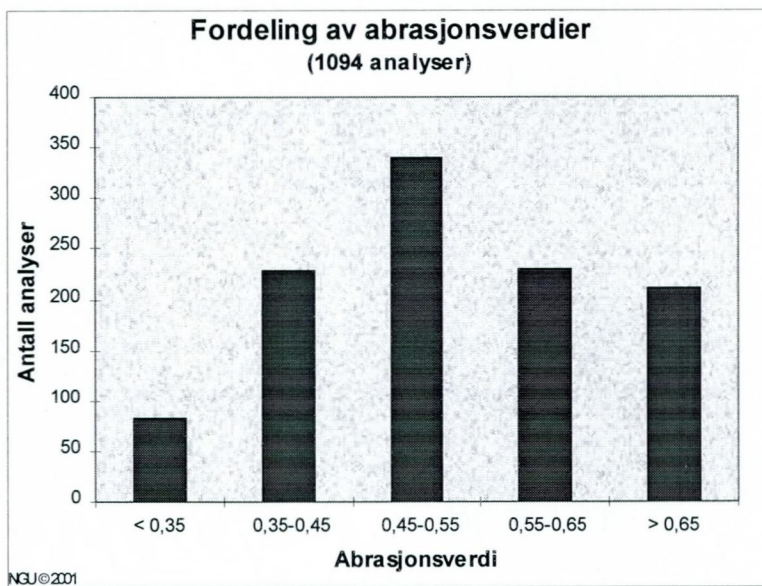
Analyser av ulike mekaniske egenskaper for alle bergartstyper sett under ett viser et vidt spekter av kvaliteter (figur 1-6). Fordelingen vil være avhengig av hvordan analysene inndeles etter tallverdi, men er for de fleste egenskapene mer eller mindre normalfordelt. En fordel med analysene i Pukkdatabasen er nettopp dette vide spekteret som gir et godt grunnlag for å kunne framstille statistikk over variasjonsbredden av bergartskvaliteter.



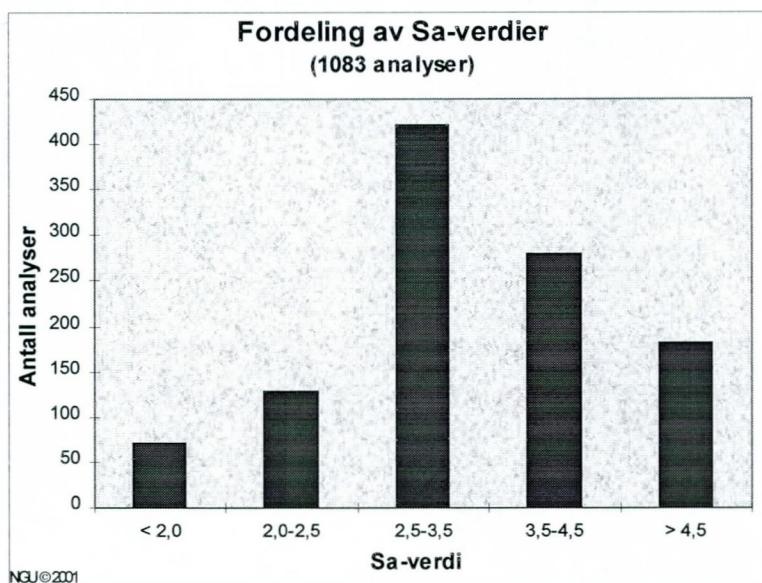
Figur 1.



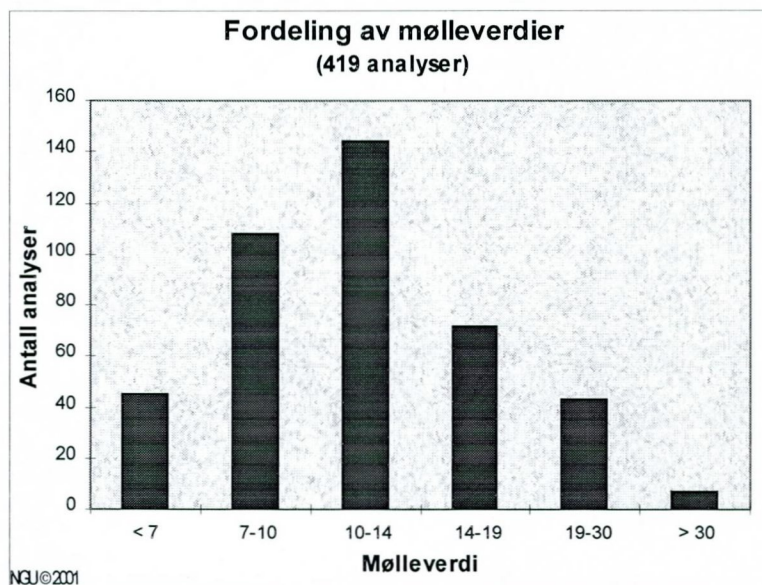
Figur 2.



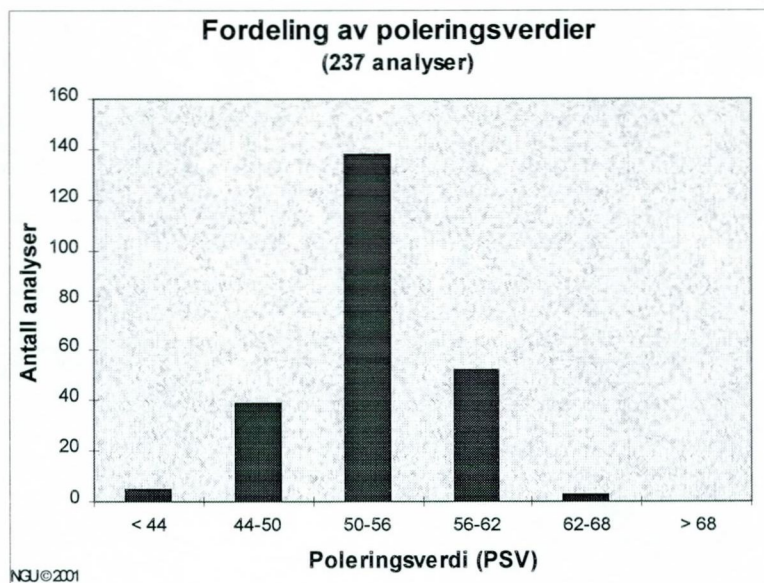
Figur 3.



Figur 4.



Figur 5.



Figur 6.

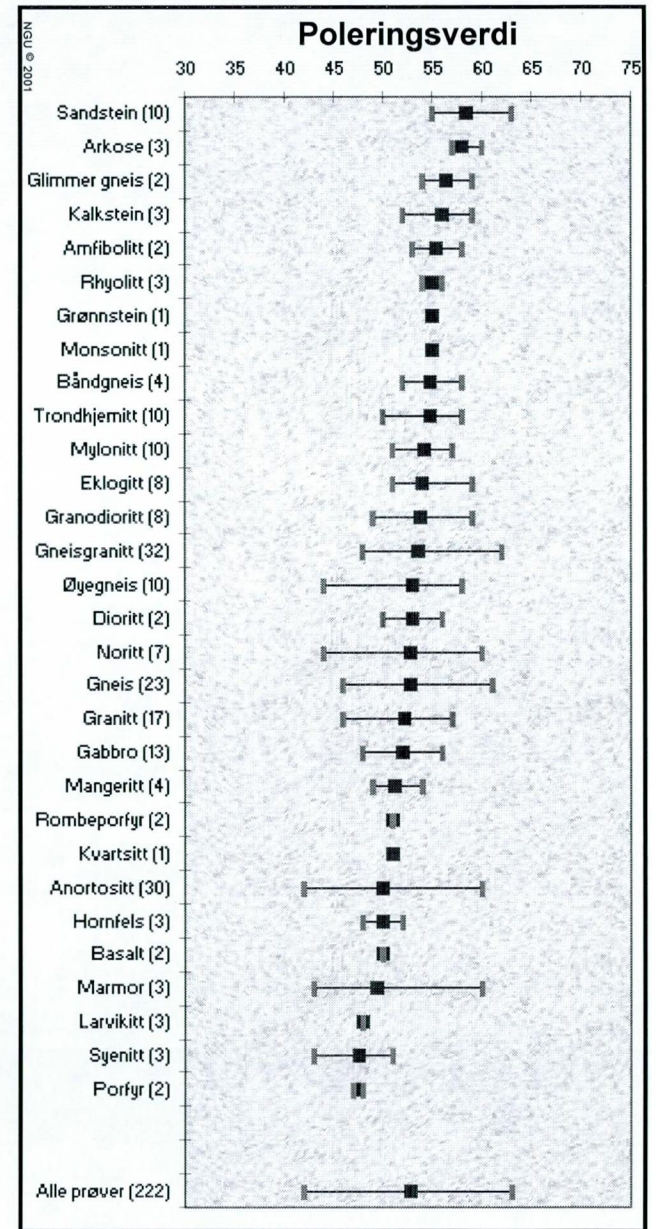
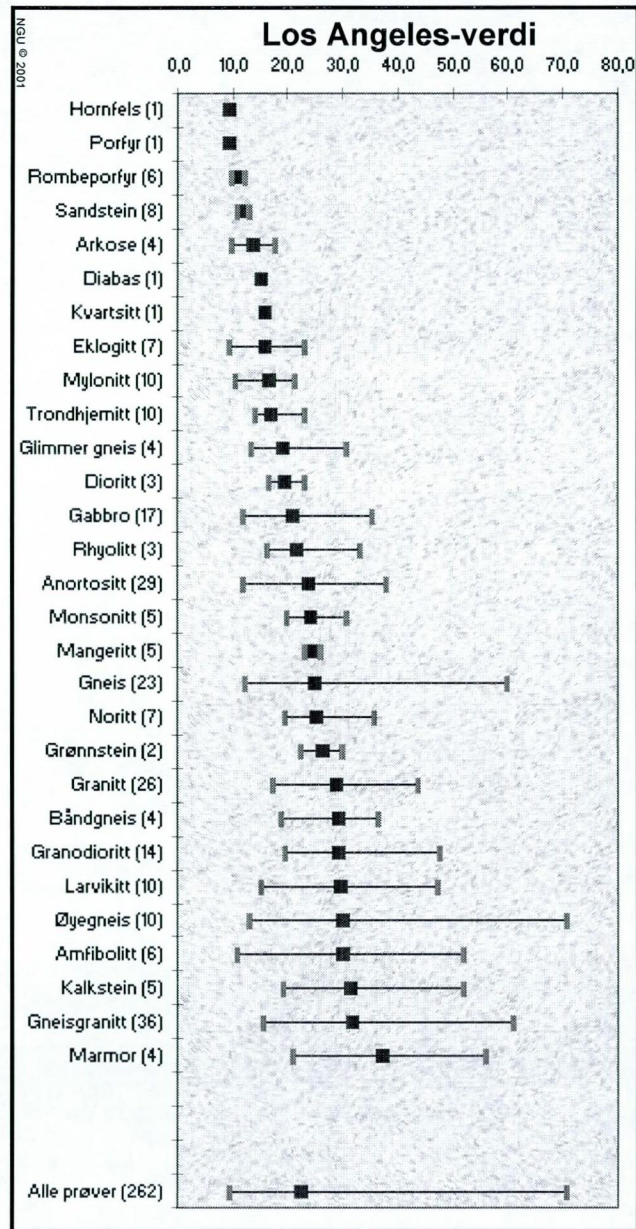
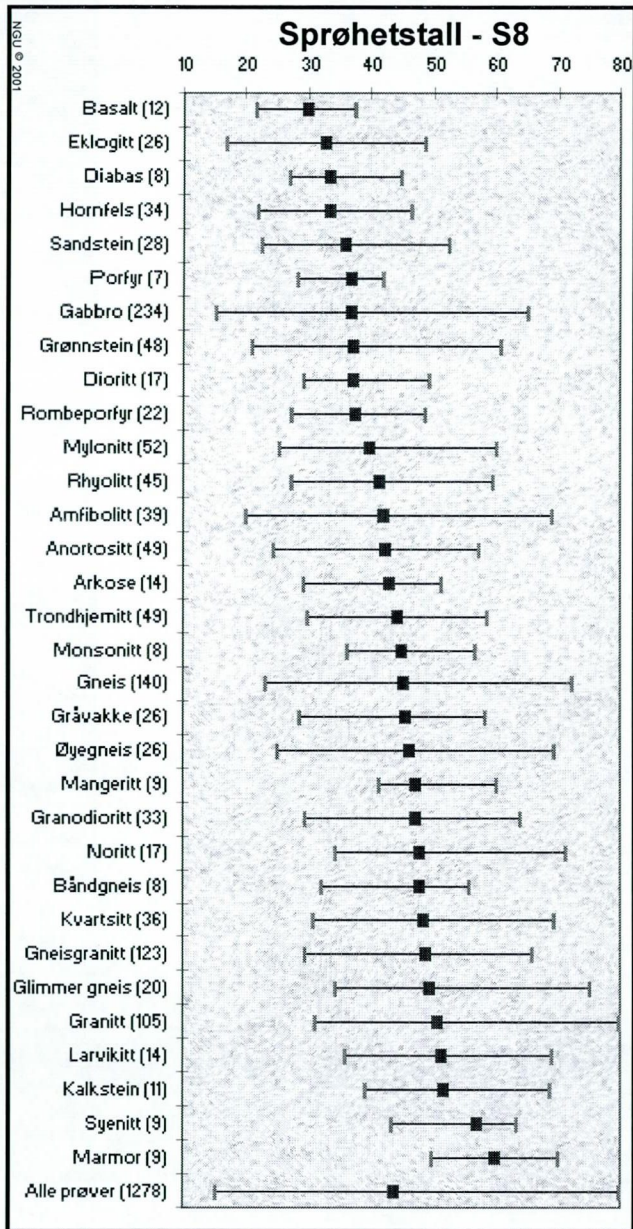
3.2 Fordeling sortert etter bergartstyper

Figur 7 og 8 viser mekaniske egenskaper uttrykt ved gjennomsnitt-, minimum- og maksimumsverdi fordelt på ulike bergartstyper. Som et resymé er det i tabell 1 laget en oversikt over "5 på topp bergarter" for hver mekanisk egenskap.

Tabell 1. Bergarter med gjennomsnittlig best mekaniske egenskaper.

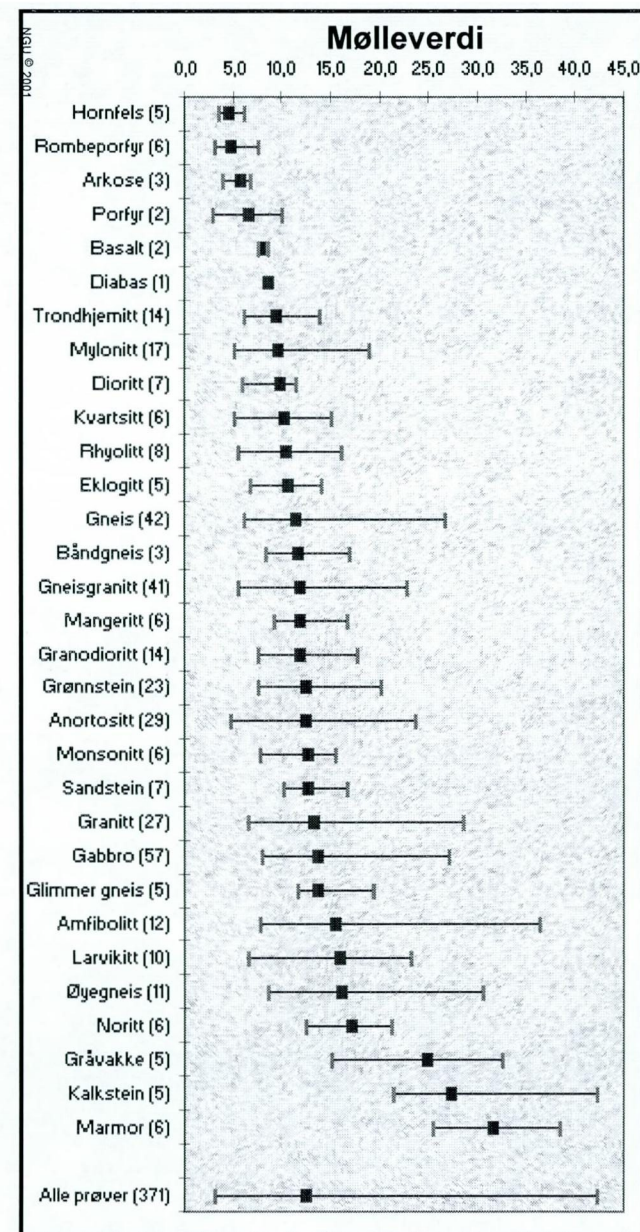
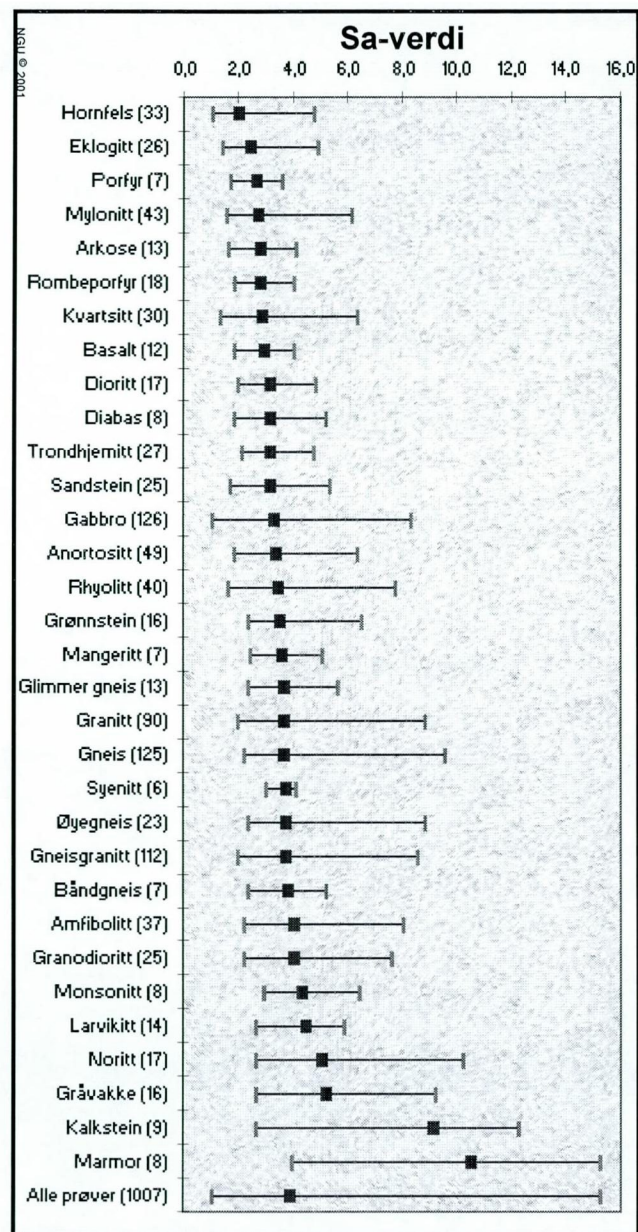
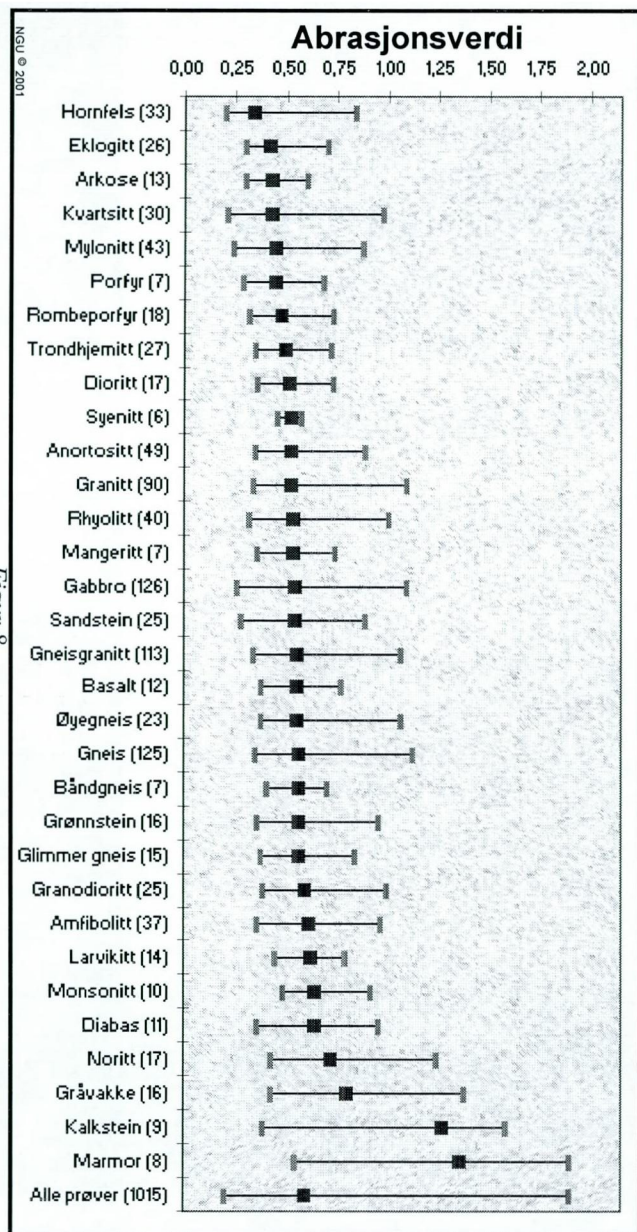
Slagmotstand		Abrasive egenskaper			Polering PSV
S ₈	LA	Abrasjon	Sa-verdi	Mølleverdi	
Basalt	Hornfels	Hornfels	Hornfels	Hornfels	Sandstein
Eklogitt	Porfyr	Eklogitt	Eklogitt	Rombeporfyr	Arkose
Diabas	Rombeporfyr	Arkose	Porfyr	Arkose	Glimmergneis
Hornfels	Sandstein	Kvartsitt	Mylonitt	Porfyr	Kalkstein
Sandstein	Arkose	Mylonitt	Arkose	Basalt	Amfibolitt

S₈ - sprøhetstall, LA - Los Angeles-verdi, PSV - poleringsverdi



■ - Gjennomsnitt

— - Minimum/Maksimum (Antall prøver står i parentes)



■ - Gjennomsnitt

— - Minimum/Maksimum (Antall prøver står i parentes)

4. KORRELASJON MELLOM MEKANISKE- OG FYSISKE EGENSKAPER.

I tabell 2 og i figur 9 er det vist hvordan de ulike mekaniske egenskapene korrelerer med hverandre alle bergarter vurdert samlet. Slagmotstandstestene (sprøhetstallet etter fallprøven og Los Angeles-verdien) viser best innbyrdes korrelasjon ($r = 0,91$). Det er også en rimelig god samvariasjon mellom de abrasive testmetodene (abrasjonsverdi og mølleverdi). Selv mellom slagmotstandstestene og de abrasive testmetodene er det en viss korrelasjon. Los Angeles metoden viser bedre korrelasjon med de abrasive egenskapene enn det sprøhetstallet gjør. Dette antas å reflektere at Los Angeles metoden også påvirkes av abrasive egenskaper i tillegg til slagmotstand.

Det er ingen korrelasjon mellom poleringsverdien og de øvrige mekaniske egenskapene for alle bergarter vurdert under ett. Når dataene sorteres etter bergartstype, endres dette bildet noe. Tidligere undersøkelser [1] har vist at det for enkelte bergartstyper er en god samvariasjon mellom poleringsverdien og de abrasive egenskapene. En mulig forklaring til den varierende korrelasjonen mellom de ulike testmetodene kan være at slagmotstandstestene hovedsakelig vil være avhengig av prøvematerialets indre styrke, mens de abrasive testene antas å være kontrollert av både indre styrke og egenskaper knyttet til overflaten i materialet. Poleringsegenskapene derimot antas i første rekke å være bestemt av overflateegenskaper til testmaterialet.

Tabell 2. Korrelasjonsmatrise for mekaniske testmetodene.

	S _g	Abr	Sa-verdi	Mv	LA	PSV
PSV						1,0
LA					1,0	-0,07
Mv				1,0	0,63	-0,01
Sa-verdi			1,0	0,79	0,74	-0,04
Abr		1,0	0,97	0,77	0,62	-0,02
S _g	1,0	0,47	0,65	0,57	0,91	-0,11

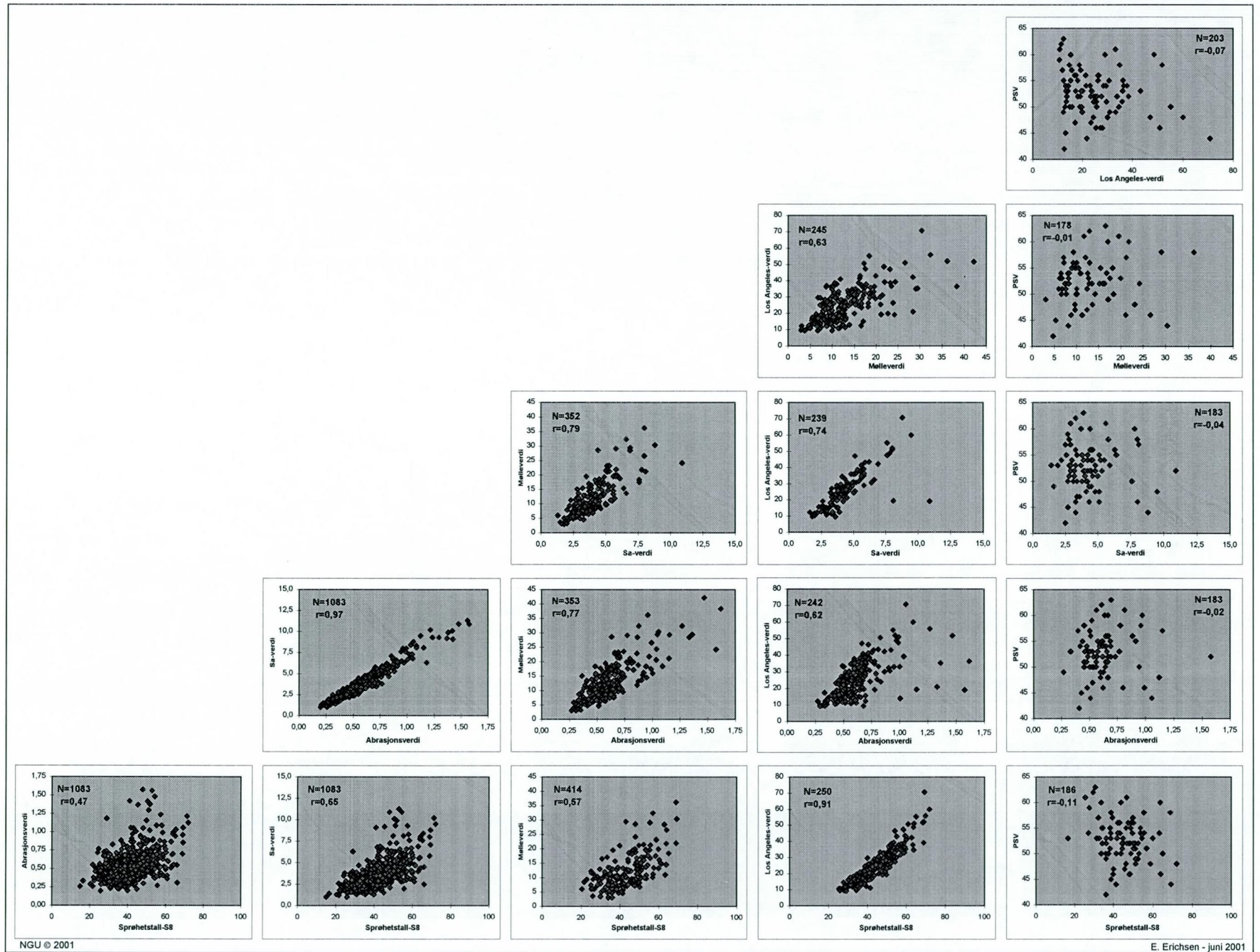
S_g - sprøhetstall, Abr - abrasjonsverdi, Mv - mølleverdi,
LA - Los Angeles-verdi, PSV - poleringsverdi.

I tabell 3 framkommer korrelasjonen for de fysiske egenskapene registrert ved henholdsvis flisighetstallet og flakindeksen for tre ulike sorteringer. Samvariasjonen mellom de to måtene å registrere kornform på er best for 8-11 mm fraksjonen ($r = 0,94$), deretter 11-16 mm ($r = 0,87$) og til slutt 10-14 mm ($r = 0,75$).

Tabell 3. Korrelasjonsmatrise for fysiske egenskaper.

		Flis	Flak	Flis	Flak	Flis	Flak
		8-11 mm		11-16 mm		10-14 mm	
Flak	10-14						1,0
Flis	mm					1,0	0,75
Flak	11-16				1,0	0,51	0,58
Flis	mm			1,0	0,87	0,52	0,47
Flak	8-11		1,0	0,60	0,74	0,47	0,72
Flis	mm	1,0	0,94	0,17	0,18	-0,18	-0,21

Flis - flisighetstall, Flak - flakindeks.



Figur 9. "Grafisk korrelasjonsmatrise" som viser parvis korrelasjon mellom de mekaniske egenskapene. N - angir antall analyser, r - korrelasjonskoeffisienten.

5. INNFORING AV NYE ANALYSEMETODER OG NYE KRAV FOR BEDØMMELSE AV BYGGERÅSTOFFER.

Ved innføring av nye "CEN-metoder" er det meningen at Los Angeles metoden skal erstatte sprøhetstallet (fallprøven) og kulemøllemetoden skal gjelde isteden for abrasjonsmetoden. I tillegg vil kornformen bli registrert ved flakindeks på bekostning av flisighetstallet.

5.1 Mekaniske metoder/krav

Slagmotstandstester

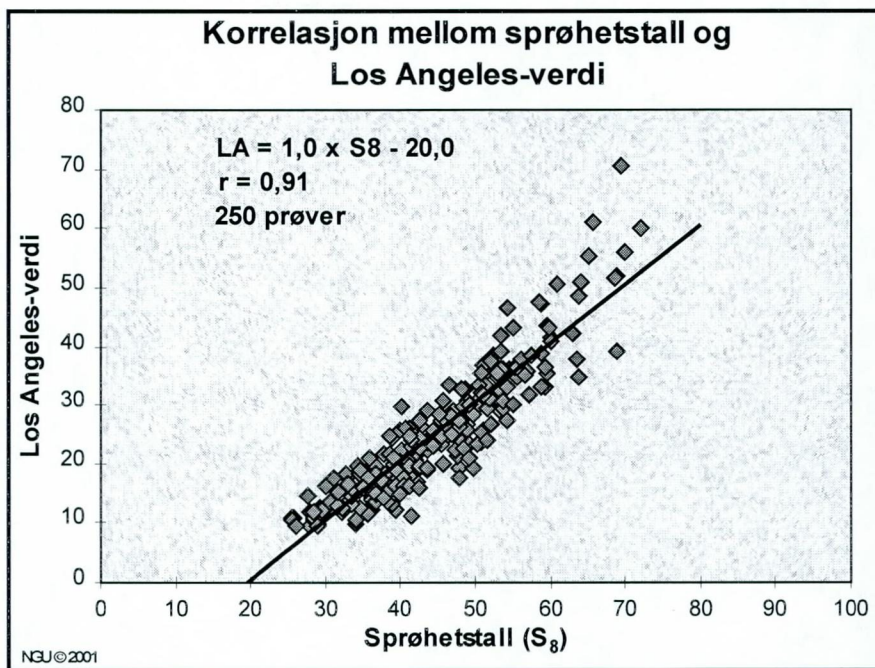
Korrelasjon mellom Los Angeles-verdien og sprøhetstallet er vist i figur 10 og 11. Regresjonslinjen er definert ved: $LA = S_8 - 20,0$.

Ved å benytte formelen og ta utgangspunkt i dagens krav til steinklasse, definert ved sprøhetstallet, vil en få følgende tilhørende grenseinndeling for Los Angeles-verdier (tabell 4);

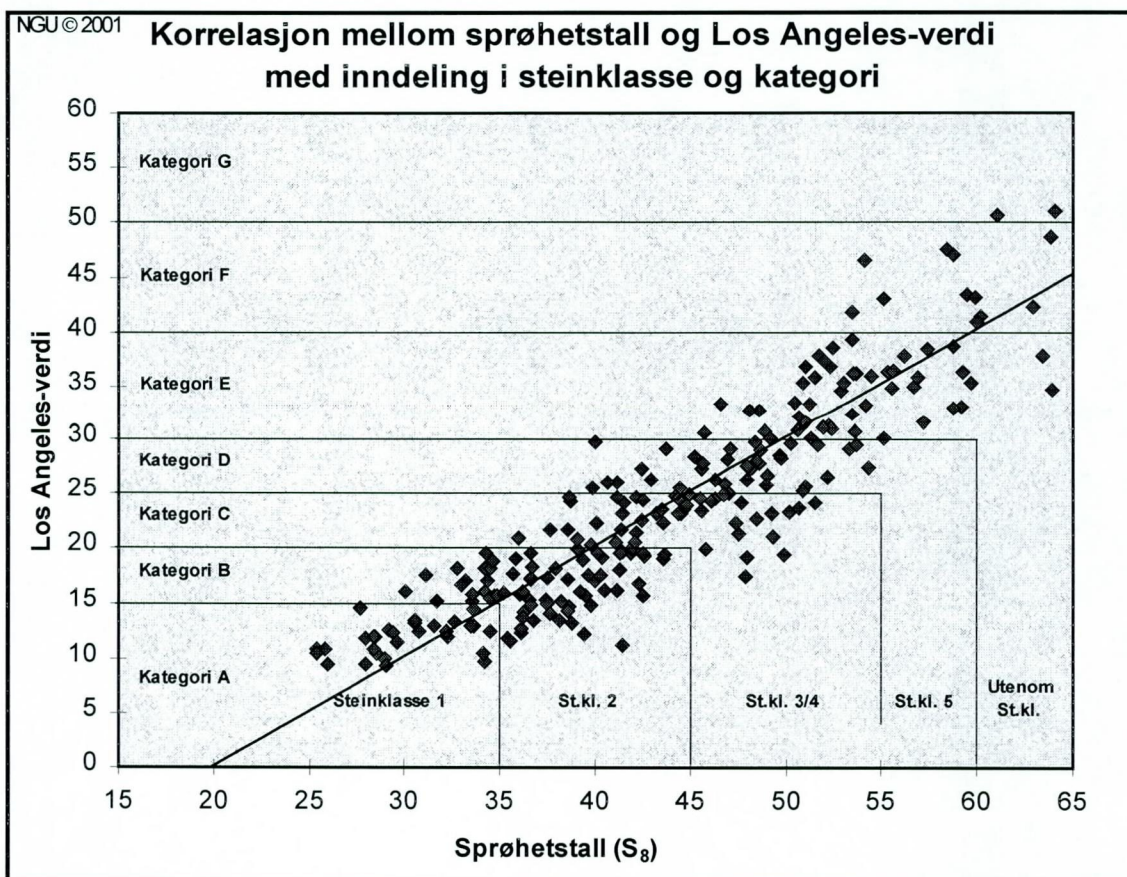
Tabell 4.

Stein-klasse	Sprøhets-tall (S_8)	Los Angeles-verdi (LA)
1	≤ 35	≤ 15
2	≤ 45	≤ 25
3 og 4	≤ 55	≤ 35
5	≤ 60	≤ 40
Utenom	> 60	> 40

Ved å velge regresjonslinjen i figur 11 som gyldig som grenselinje mellom LA-verdien og sprøhetstallet, vil kategori A sammenfalle med steinklasse 1. Hvis den videre kategoriinndelingen skulle følge "dagens steinklasseinndeling" burde kategori B ha sammenfalt med steinklasse 2. Dette er ikke tilfelle. Steinklasse 2 sammenfaller med kategori B+C. Steinklasse 3 og 4 havner innenfor kategori D og nedre halvdel av kategori E. Steinklasse 5 sammenfaller med grensekrevet for øvre halvdel av kategori E. Kategori F og G vil havne utenfor steinklasseinndelingen.



Figur 10.



Figur 11.

Forslag til nye krav til LA-verdier bør, hvis man sammenholder med dagens krav til steinklasse, være som følger;

Tabell 5. Nye krav til LA-verdier for vegformål definert ut fra eksisterende krav til steinklasse.

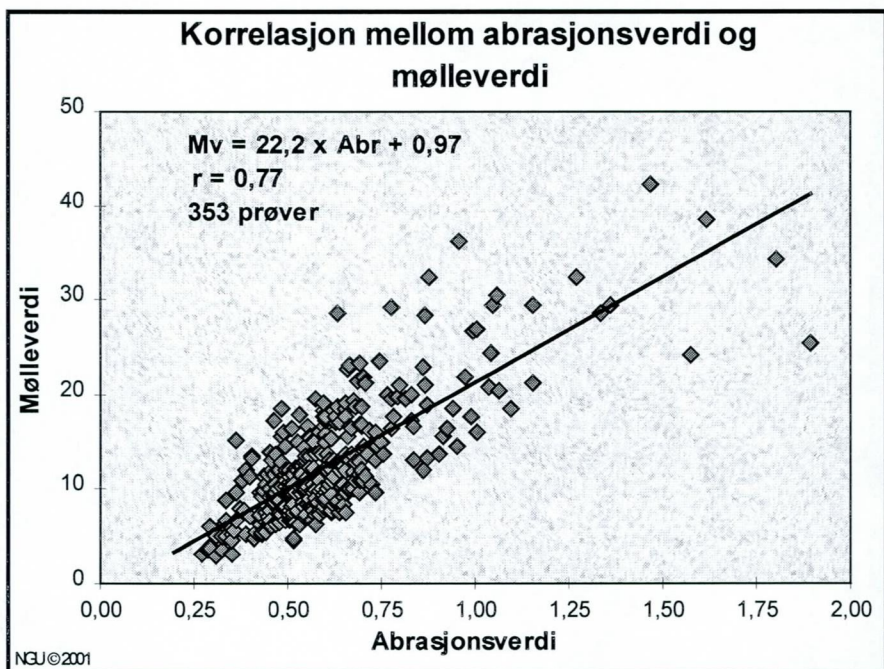
Lagtype/Egenskap for tilslaget	ÅDT					
	0-300	300-1500	1500-3000	3000-5000	5000-15000	> 15000
Dekk/slitelag (grus, asfalt, betong) (Steinklasse, maksimum) LA-verdi, maks. verdi	(3) 35	(3) 35	(3) 35	(2 el. 3) 25 el. 35	(2) 25	(1) 15
Bærelag (mekanisk stab., bitumenstab.) (Steinklasse, maksimum) LA-verdi, maks. verdi	(3 el. 4) 35	(3, 4 el. 5) 35 el. 40	(3, 4 el. 5) 35 el. 40			(3 el. 4) 35
Bærelag (sementstabilisert) (Steinklasse, maksimum) LA-verdi, maks. verdi			(5) 40			
Forsterkningslag (Steinklasse, maksimum) LA-verdi, maks. verdi	(4 i øvre forst.lag og 5 i nedre forst. lag, for atkomstveger 5) 35 i øvre forst.lag og 40 i nedre forst. lag, for atkomstveger 40					

Rastrerte felt angir "ikke vanlig bruksområde".

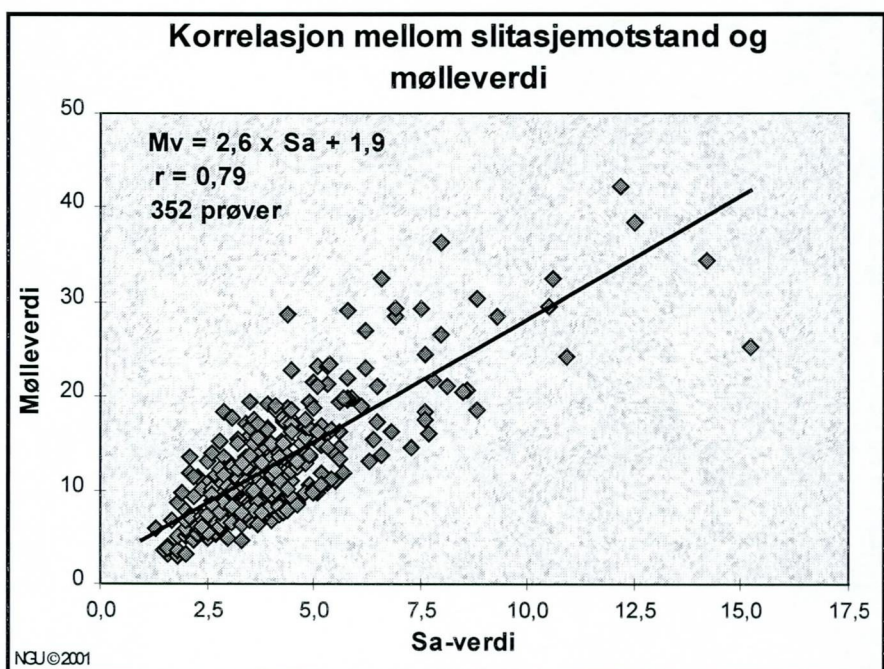
Abrasive tester

Korrelasjon mellom mølleverdien og henholdsvis abrasjonsverdien og Sa-verdien er vist i figurene 12 og 13. Det er stor spredning i analyseresultatene og spredningen øker med økende tallverdi. Selv om det i figurene er analyser med til dels ekstremt høye tallverdier, langt over for hva som vil bli anvendt til praktiske formål, må en kunne konkludere med at det *ikke er noen entydig korrelasjon mellom de abrasive testmetodene*. Det har derfor ingen verdi å fastsette krav til mølleverdien ut fra betraktning av de foreliggende korrelasjoner mellom mølleverdien og abrasjonsverdien/Sa-verdien.

Det må opparbeides praktisk erfaring med kulemøllemetoden i forhold til anvendt bruk, og ut fra dette erfaringsgrunlaget fastlegges kravspesifikasjoner til mølleverdien.



Figur 12.



Figur 13.

5.2 Fysiske metoder/krav

I figurene 14-16 er det vist korrelasjon mellom flisighetstallet og flakindeksen for fraksjonene 8-11 mm, 11-16 mm og 10-14 mm. Alle analysene er fra materiale som er knust i laboratorium. Årsaken til at det er ulik korrelasjon og fordeling mellom de forskjellige fraksjonene kan sannsynligvis forklares av selve knusingen. Det er ikke et ukjent fenomen at kornformen er avhengig av hvordan materialet er blitt behandlet gjennom knuseprosessen. NGU prøver å "optimalisere knusingen" ved å produsere mest mulig materiale innenfor fallprøvefraksjonen 8-11 mm [2]. Det er i så måte ikke overraskende at en får best korrelasjon og fordeling for denne fraksjonen.

Produksjonsknusing gir ofte noe mer flisig kornform sammenliknet med analyser utført på tilsvarende materiale knust i laboratorium. Det bør derfor spesielt undersøkes nærmere om produksjonsknusing gir tilsvarende korrelasjoner for kornformstestene som for laboratorieknust materiale.

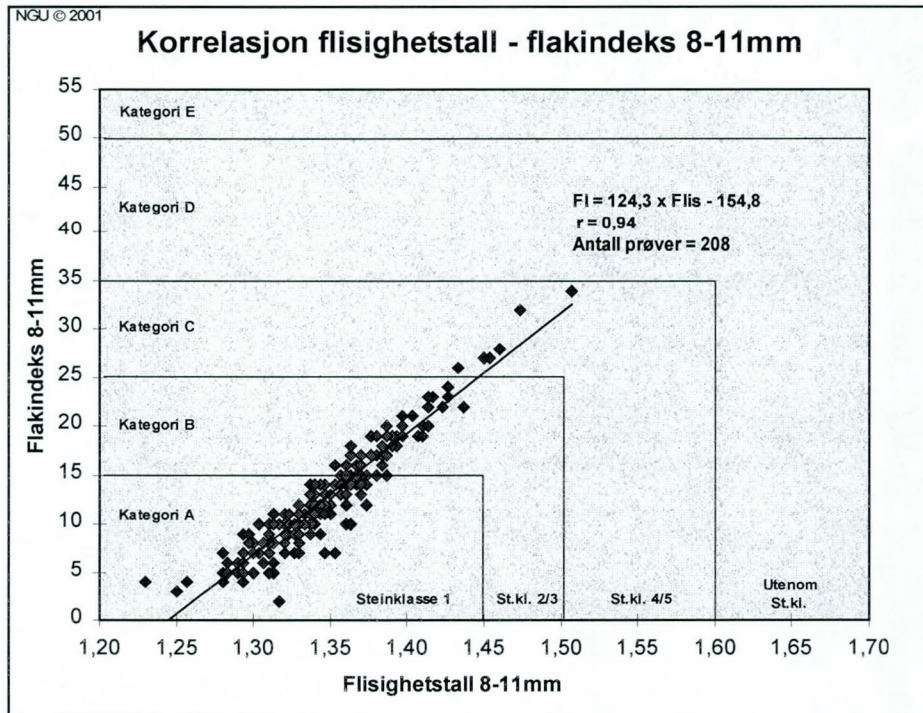
Ved å benytte formlene for regresjonslinjene for de forskjellige kornfraksjonene og ta utgangspunkt i dagens krav til steinklasse, definert av flisighetstallet, vil en få følgende tilhørende grenseinndelinger for flakindeksen;

Tabell 6.

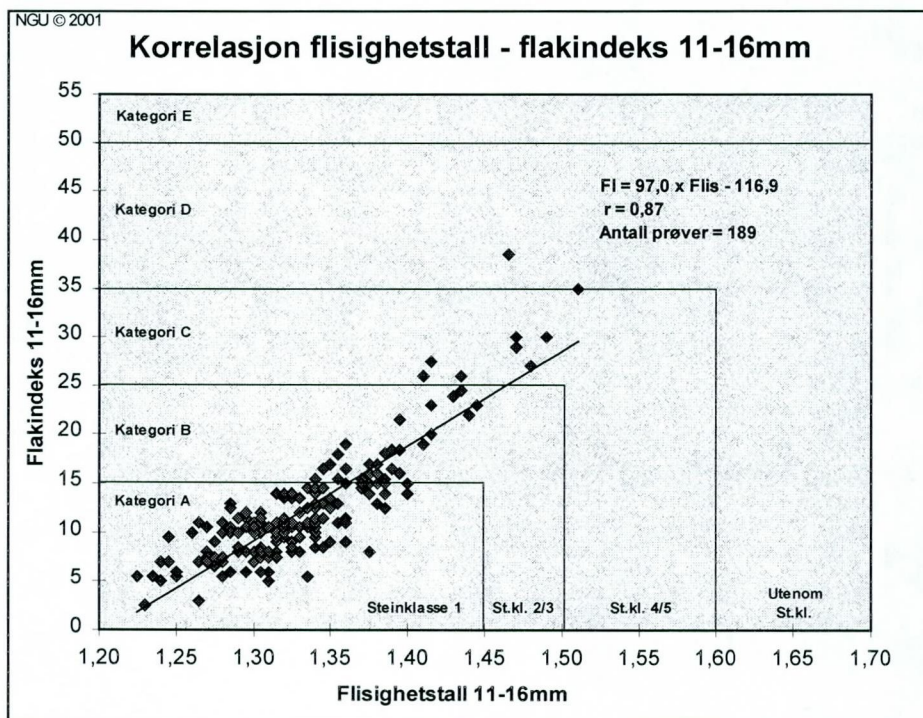
Stein-klasse	Flisighetstall 8-11 mm	Flakindeks		
		8-11 mm	11-16 mm	10-14 mm
1	≤ 1,45	≤ 25	≤ 24	≤ 21
2 og 3	≤ 1,50	≤ 32	≤ 29	≤ 25
4 og 5	≤ 1,60	≤ 44	≤ 38	≤ 32

Ved å velge regresjonslinjen i figur 14 for fraksjonen 8-11 mm som gyldig som grenselinje mellom flakindeksen og flisighetstallet, vil kategori A og B sammenfalle med steinklasse 1. Kategori C vil stort sett tilsvare steinklasse 2 og 3, mens steinklasse 4 og 5 dekkes av nedre halvdel av kategori D. Øvre halvdel av kategori D og kategori E vil havne utenfor steinklasseinndelingen.

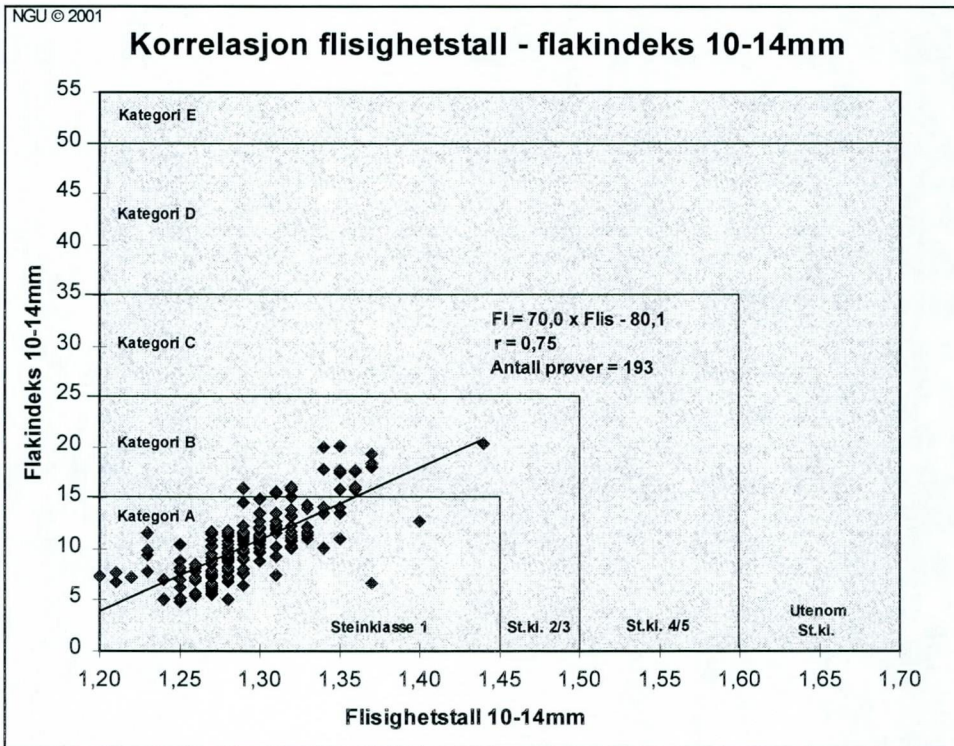
I og med at kornformen er såpass avhengig av knuseprosedyren bør en ikke fastsette nye krav til flakindeksen ut fra de foreliggende korrelasjoner. Nye krav for denne parameteren bør utarbeides på bakgrunn av nærmere tester både mht. flisighetstall og flakindeks av produksjonsknust materiale.



Figur 14.



Figur 15.



Figur 16.

6. REFERANSER

- [1] - Erichsen, E. (1999): Bergarters poleringsegenskaper uttrykt ved polished stone value (PSV). NGU Rapport 99.045.
- [2] - Erichsen, E. (1992): Knuseprosedyrens innvirkning på fallprøven. Delrapport 1. NGU Rapport 92.289.