



Statens vegvesen

Ringanalyser CEN-metoder for tilslag Møllemetoden

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2386



Vegteknologiseksjonen
Dato: 2005-02-12



Statens vegvesen

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: (+47 915) 02030

www.vegvesen.no

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2386

Tittel

Ringanalyser CEN-metoder for tilslag Møllemetoden

Utarbeidet av

Kristin Sævik \ Geir Andersen

Dato:

2005-02-12

Saksbehandler

Svein Ryan

Prosjektnr:

Kontrollert av

Nils Uthus

Antall sider og vedlegg:

20

Sammendrag

Prøvetaking og tillaging av prøver er utført av Sentrallaboratoriet Oslo.

Metodebeskrivelse og bruksanvisning ble lagt ved hver prøve (se vedlegg 1-3). Metodebeskrivelsen for møllemetoden er tilpasset ringanalysen og er ikke identisk med metoden i håndbok 014 Laboratorieundersøkelser. Sentrallaboratoriet har utført densitetanalysen.

Laboratoriene ble nummerert fra 1 til 13

Summary

Emneord:

Ringanalyser CEN-metoder for tilslag, Møllemetoden

FORORD	2
1 INNLEDNING.....	2
2 FORARBEID.....	2
3 RESULTATER.....	5
4 DISKUSJON	8
5 KONKLUSJON.....	9
REFERANSER	9
VEDLEGG 1.....	11
VEDLEGG 2.....	12
VEDLEGG 3.....	14
VEDLEGG 4.....	18

Forord

En ringanalyse viser hvor reproduserbar en analysemetode er. Alle laboratorier deltar på likest mulige vilkår, og analysene skal utføres så likt som mulig. Store avvik i resultater skyldes enten feilkilder ved analysemetoden, eller ved laboratoriet. Ringanalyser er et ledd i kvalitetssikring av laboratoriene.

1 Innledning

Resultatene fra ringanalysen er brukt i revisjonsarbeidet for Håndbok 014 Laboratorieundersøkelser. Mange tilslagsanalyser måtte skrives om i henhold til de nye metodene. Ringanalysen kom i stand etter avtale med Vegdirektoratet og Sentrallaboratoriet (region øst) høsten 2003. Finansieringen var klar våren 2004, og materialer til analysene ble hentet inn sommeren 2004.

Planlegging av hvilke analyser som skulle utføres og hvilke laboratorier som skulle delta, var et samarbeid mellom Vegdirektoratet og Sentrallaboratoriet. Det var enighet om at det skulle delta *to* laboratorier fra hver region, og at det burde delta to eller tre eksterne laboratorier. Ingen skulle betale, eller få betaling for å delta. De eksterne laboratoriene er Norges geologiske undersøkelse, og leverandører av steinmaterialer.

Metodene som er valgt er møllemetoden, Los Angeles-metoden, siktemetoden og bestemmelse av flisighetsindeks. De valgte materialene er en finkornet porfyr/felsittisk trachytt, en fin- til middelskornet mørk båndgneis og en middels- til grovkornet lys båndgneis. Materialene fikk vi gratis hos leverandørene, og de ble merket "Verk 1", "Verk 2" og "Verk 3". Sentrallaboratoriet hentet forskjellige sorteringer av hvert materiale til denne ringanalysen, og hver sortering ble grundig homogenisert for at de utsendte prøvene skulle være så like som mulig.

Metodebeskrivelse og bruksanvisning ble lagt ved hver prøve (se vedlegg 1-3). Metodebeskrivelsen for møllemetoden er tilpasset ringanalysen og er *ikke* identisk med metoden i håndbok 014 Laboratorieundersøkelser. Sentrallaboratoriet har nemlig bestemt densitet på forhånd og siktet ut riktige fraksjoner for sammensetning av prøven.

Laboratoriene ble nummerert fra 1 til 13 i den rekkefølge de meldte sin interesse. De er altså ikke rangert alfabetisk eller geografisk. Laboratorium 3, 8 og 9 er eksterne.

2 Forarbeid

Tidspunkt for besvarelsene fra laboratoriene er vist i tabell 1.

Lab nr.	Analyser	Mottatt	Frist	Anmerkning
---------	----------	---------	-------	------------

1	Mølleverdier LA-verdier Sikteverdier Flisighetsindekser	15.09.2004 15.09.2004 10.01.2005 10.01.2005	15.10.2004 01.11.2004 01.02.2005 15.02.2005	
2	Mølleverdier LA-verdier Sikteverdier Flisighetsindekser	15.11.2004 15.11.2004 08.04.2005 29.04.2005	15.10.2004 01.11.2004 01.02.2005 15.02.2005	Vrak
3	Mølleverdier LA-verdier Sikteverdier Flisighetsindekser	14.12.2004 14.12.2004 04.04.2005 04.04.2005	15.10.2004 01.11.2004 01.02.2005 15.02.2005	Problem med postgang Problem med postgang Faks Faks
4	Mølleverdier LA-verdier Sikteverdier Flisighetsindekser	31.01.2005 31.01.2005 15.03.2005 15.03.2005	15.10.2004 01.11.2004 01.02.2005 15.02.2005	Og 04.04.2005 Og 04.04.2005
5	Mølleverdier LA-verdier Sikteverdier Flisighetsindekser	08.02.2005 08.02.2005 21.03.2005 21.03.2005	15.10.2004 01.11.2004 01.02.2005 15.02.2005	
6	Mølleverdier LA-verdier Sikteverdier Flisighetsindekser	10.03.2005 04.03.2005 04.04.2005 04.04.2005	15.10.2004 01.11.2004 01.02.2005 15.02.2005	
7	Mølleverdier I Mølleverdier II LA-verdier Sikteverdier Flisighetsindekser	13.09.2004 18.03.2005 13.09.2005 17.03.2005 17.03.2005	15.10.2004 15.10.2004 01.11.2004 01.02.2005 15.02.2005	
8	Mølleverdier LA-verdier Sikteverdier Flisighetsindekser	14.02.2005 14.02.2005 14.02.2005 14.02.2005	15.10.2004 01.11.2004 01.02.2005 15.02.2005	
9	Mølleverdier LA-verdier Sikteverdier Flisighetsindekser	28.02.2005	15.10.2004 01.11.2004 01.02.2005 15.02.2005	
10	Mølleverdier LA-verdier Sikteverdier Flisighetsindekser	29.07.2004 30.08.2004 31.01.2005 31.01.2005	15.10.2004 01.11.2004 01.02.2005 15.02.2005	
11	Mølleverdier LA-verdier Sikteverdier Flisighetsindekser	15.07.2004 27.12.2004 31.01.2005 31.01.2005	15.10.2004 01.11.2004 01.02.2005 15.02.2005	
12	Mølleverdier LA-verdier Sikteverdier Flisighetsindekser	18.03.2005	15.10.2004 01.11.2004 01.02.2005 15.02.2005	
13	Mølleverdier LA-verdier Sikteverdier Flisighetsindekser	30.08.2004 14.03.2005 14.03.2005	15.10.2004 01.02.2005 15.02.2005	Har ikke LA-maskin

Tabell 1: Deltakende laboratorier, dato for frister og når analyseverdiene ble mottatt.

Vekter, sikter og kulemøller ble kontrollert hos laboratoriene, før analysene ble satt i gang. Oversikt over dette er gitt i tabell 2.

Nødvendige	Lab. 1	Lab. 2	Lab. 3	Lab. 4	Lab. 5	Lab. 6
------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

kontroller						
Vekt sist kalibrert	16/8-04	7/10-04	30/8-04	15/12-04	3/1-05	25/6-04
Kontrollkort levert	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	-
Mølle sist kontrollert	2004	7/10-04	20/8-04	19/7-04	20/1-05	28/2-05
Omdr.hastighet	90	90	90	89,95 (tom)	90,8	90
Antall analyser siden siste ribbeskift	Ca. 40	9	3	24	-	Noen få
Sikter sist kontrollert	20/1-04	7/10-04	20/9-04	11/1-05	20/1-05	28/1-05
Type kontroll av 2 mm-sikt	Med kalibreringssikt	Med kalibreringssikt	Med glasskuler	Med digitalt skyvelære	Visuell	Med kalibreringssikt
Kommentarer	-	-	-	-	Ukjent antall analyser etter siste ribbeskift. 2 mm-sikten ikke kontrollert.	Ukjent antall analyser etter siste ribbeskift.

Nødvendige kontroller	Lab. 7	Lab. 8	Lab. 9	Lab. 10	Lab. 11	Lab. 12	Lab. 13
Vekt sist kalibrert	3/3-04	Selvkalibrerende	-	19/12-03	4/3-03	1/9-04	4/8-04
Kontrollkort levert	Ja	-	-	Ja	-	-	-
Mølle sist kontrollert	16/8-04	26/7-04	-	16/7-03	19/11-98	15/2-05	4/8-04
Omdr.-hastighet	91	90	-	90	90	90	90
Antall analyser siden siste ribbeskift	Ca. 50	Ca. 20	-	0	36	105	0
Sikter sist kontrollert	16/8-04	26/7-04	-	23/7-03	3/2-02	17/1-05	4/8-04
Type kontroll av 2 mm-sikt	Godtatt som ny	Visuell og med skyvelære	-	Med digitalt skyvelære	Godtatt som ny	Godtatt som ny	Visuell
Kommentarer	2 mm-sikten ikke kontrollert.	-	Analysen er ikke utført.	Betenkelig lenge siden kalibrering av vekt og kontroll av kule mølle. 2 mm-sikten ikke kontrollert.	Ukjent antall analyser etter siste ribbeskift. 2 mm-sikten ikke kontrollert.	Betenkelig mange analyser etter ribbeskift. 2 mm-sikten ikke kontrollert.	Forveksler trolig kalibrering med kontroll.

Tabell 2: Registrerte kontroller av vekter, sikter og kule møller.

3 Resultater

Tabell 3 viser en oversikt over resultatene for kulemøllemetoden. Differansen mellom parallellenes verdier skal være mindre enn 7 % av mølleverdien.

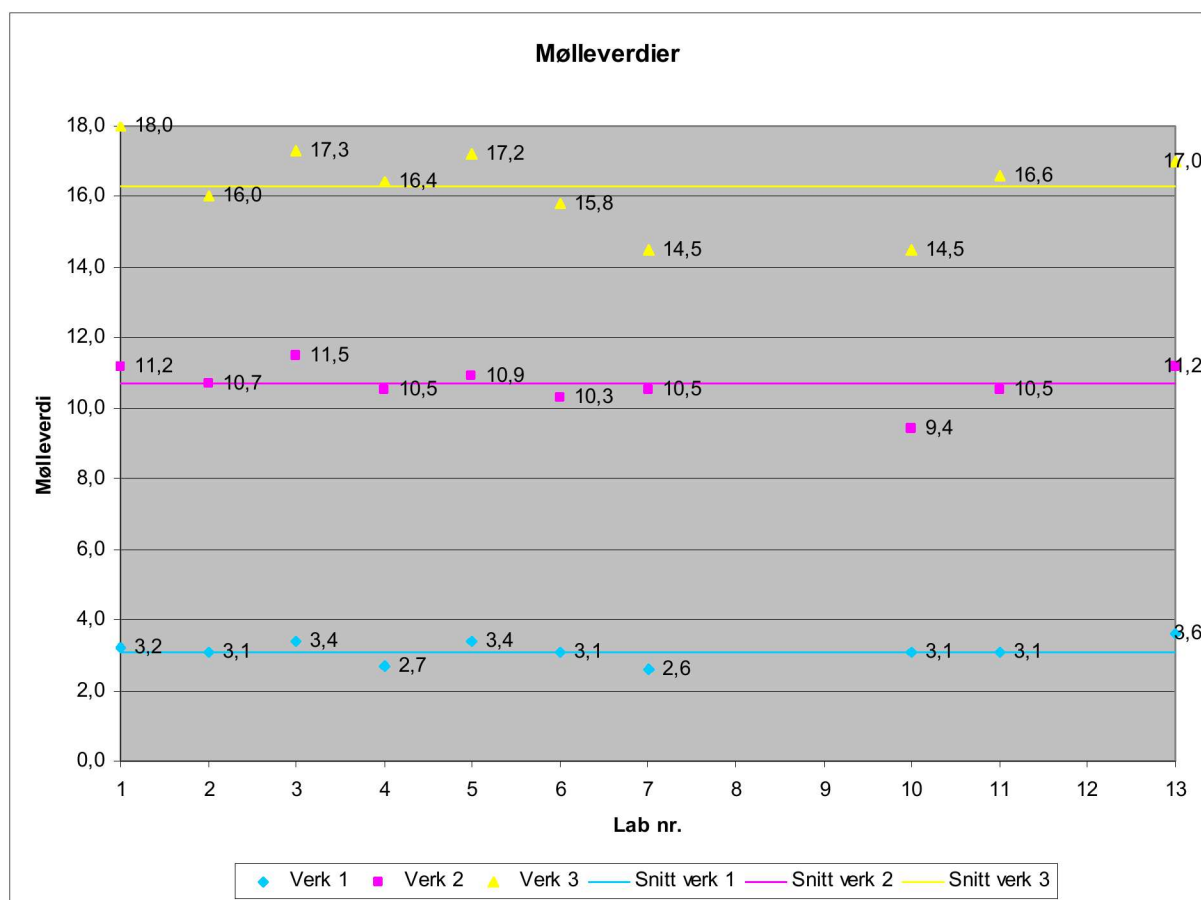
Lab	Verk	Del-verdi	Mølle-verdi	% avvik	Kom-mentar
1	1	3,24			
		3,20	3,3	1,2	
	2	11,15			
		11,33	11,2	1,6	
	3	18,18			
		17,88	18,0	1,7	
2	1	3,67			
		2,46	3,1	39,5	Avvik
	2	10,63			
		10,80	10,7	1,6	
	3	15,80			
		16,13	16,0	2,1	
3	1	3,50			
		3,34	3,4	4,7	
	2	11,47			
		11,51	11,5	0,3	
	3	17,00			
		17,52	17,3	3,0	
4	1	2,83			
		2,52	2,7	11,6	Avvik
	2	10,59			
		10,34	10,5	2,4	
	3	16,30			
		16,39	16,3	0,6	
5	1	3,38			
		3,36	3,4	0,6	
	2	10,94			
		10,88	10,9	0,5	
	3	16,99			
		17,42	17,2	2,5	
6	1	2,91			
		3,35	3,1	14,1	Avvik
	2	10,58			
		9,94	10,3	6,2	
	3	16,50			
		15,09	15,8	8,9	Avvik

Lab	Verk	Del-verdi	Mølle-verdi	% avvik	Kom-mentar
7	1	2,77			
		2,37	2,57	15,6	Avvik
	2	10,51			
		10,48	10,5	0,3	
	3	15,86			
		16,21	16,0	2,1	
8	1	2,84			
		3,10	3,0	8,8	Avvik
	2	10,64			
		11,07	11,0	2,1	
	3	16,27			
		16,86	16,6	3,6	
9					
10	1	3,10			
		2,97	3,0	4,3	
	2	9,54			
		9,19	9,4	3,7	
	3	14,89			
		14,14	14,5	5,2	
11	1	2,97			
		3,22	3,1	8,1	Avvik
	2	10,55			
		10,44	10,5	1,0	
	3	16,69			
		16,50	16,6	1,1	
12	1	3,33			
		2,92	3,1	13,1	Avvik
	2	10,30			
		10,03	10,2	2,7	
	3	15,72			
		15,38	15,6	2,2	
13	1	3,58			
		3,48	3,5	2,8	
	2	11,05			
		11,15	11,1	0,9	
	3	17,01			
		17,01	17,0	0	

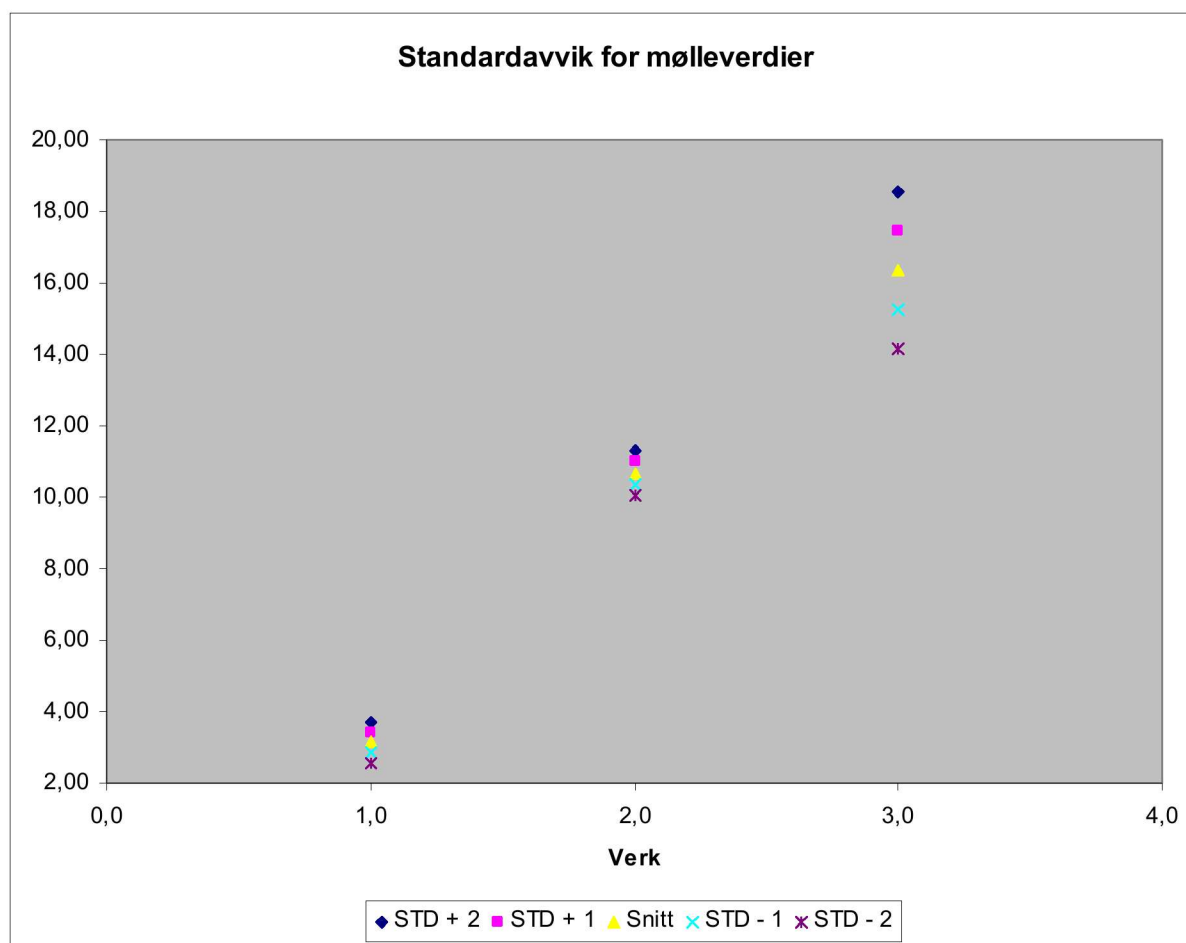
Tabell 3: Resultater for møllemetoden.

Syv laboratorier har fått for stort avvik mellom parallellene for bergarten fra verk 1. Og hos lab nr. 6 er det i tillegg blitt for stort avvik for prøven fra verk 3.

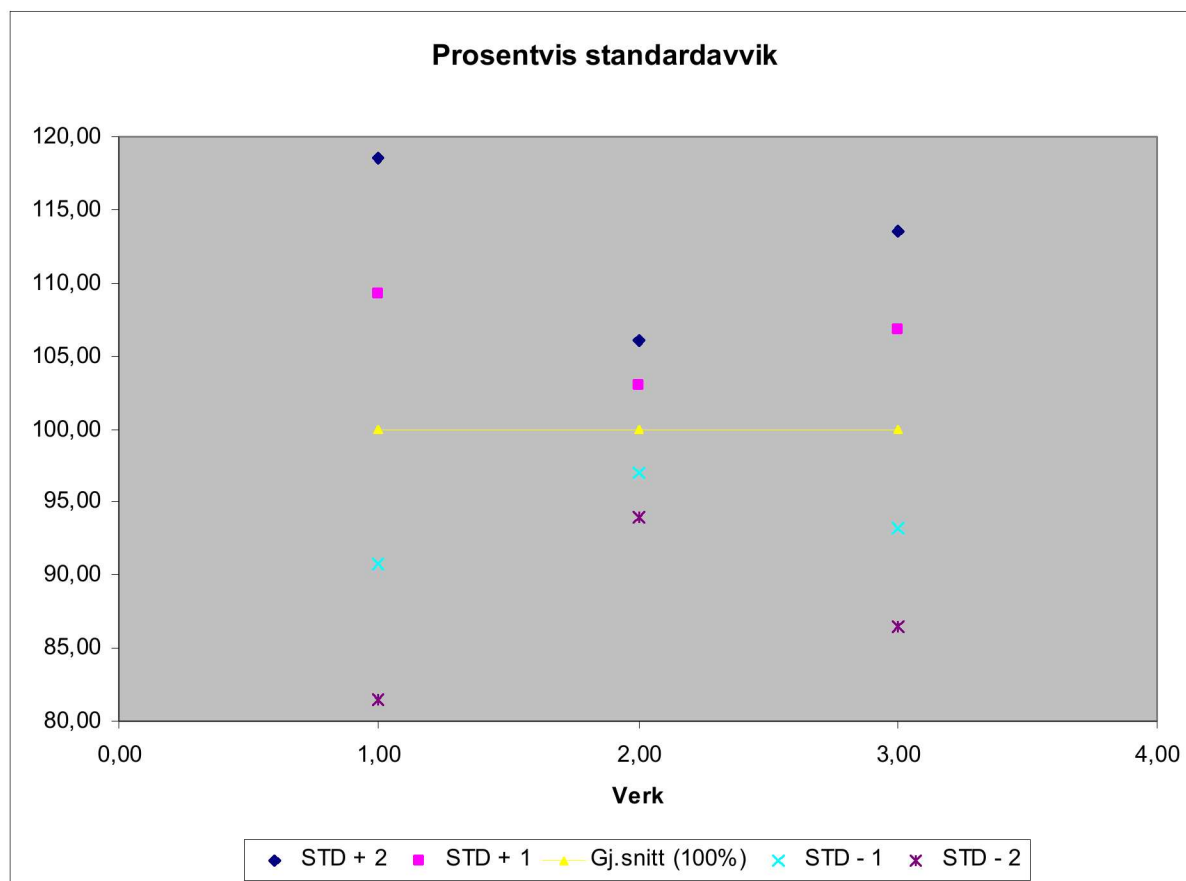
Figur 1 viser en oversikt over mølleverdiene, mens figur 2 og 3 viser spredning i resultatene.



Figur 1: Oversikt over mølleverdier fra ringanalysen.



Figur 2: Standardavvik for mølleverdiene.



Figur 3: Prosentvis standardavvik for mølleverdiene.

4 Diskusjon

Alt materiale ble grundig homogenisert før nedsplitting til prøver som ble sendt til de deltagende laboratoriene. Det betyr ikke at prøvene var identiske, men når alle tre verk får høyere eller lavere verdier enn middelverdien ved samme laboratorium, kan det bety at noe med utstyr eller utførelse bør rettes på.

Utstyret ble kontrollert før igangsetting av analysene:

- De fleste vekter ble kalibrert, og syv laboratorier har levert kontrollkort for vektene.
- Alle møllene ble kontrollert. I laboratorium 5 og 7 gikk de litt for fort.
- Mer enn 40 analyser etter skifting av ribber kan være ugunstig.
- Laboratorium 10 og 11 oppga at de ikke undersøker siktene hvert år. Det bør finnes gitte prosedyrer for dette.
- 2-mm sikten ble undersøkt med kalibreringssikt ved laboratorium 1, 2 og 6, med skyvelære ved laboratorium 4, 8 og 10, og med glasskuler ved laboratorium 3. Laboratorium 5, 8 og 13 utførte visuell kontroll, mens laboratorium 7, 11 og 12 godkjente en ny sikt uten å kontrollere den.

Samtlige verdier er med i beregningen uten å være vektet, så på grunn av de usikre mølleverdiene er også middelverdien for tolv laboratorier en usikker parameter. Når resultatene sammenliknes med middelverdiene, kan dette oppsummeres slik:

- Lab 1, 3, 5 og 13: Høyere verdier enn middelveidier for alle tre verk.
- Lab 7, 10 og 12: Lavere verdier enn middelveidier for alle tre verk.
- Lab 4 og 11: Lavere verdi enn middelveidi for verk 1 og 2, høyere for verk 3.
- Lab 2: Lavere verdi enn middelveidi for verk 1 og 3, høyere for verk 2.
- Lab 6: Lavere verdi enn middelveidi for verk 2 og 3, lik for verk 1.
- Lab 8: Lavere verdi enn middelveidi for verk 1, høyere for verk 2 og 3.

Et lavere resultat enn middelveidi kan komme av at ribbene i trommelen er slitt, eller at sikting etter tromling ikke er utført nøyaktig nok. Høyere resultat enn middelveidien kan være forårsaket av at trommelen roterer for fort eller for lenge, eller at ribbene ikke er ordentlig tilslippt før bruk. En annen feilkilde kan være at siktene som brukes etter tromling er slitt og har for store sikteåpninger. Siden siktene som er brukt her er nye, er dette lite sannsynlig.

I metodebeskrivelsen er det angitt at når forskjellen mellom parallellene overskrider 7 % av mølleverdien, skal analysen gjentas med ny prøve. Kun laboratorium nr. 7 ba om ny prøve pga dette.

Toleransegrenser er ikke beregnet, fordi datagrunnlaget er for usikkert. Ved gjentakelse av ringanalysen blir resultatene mer pålitelige, og toleransegrenser kan beregnes.

Figur 3 viser at resultatene fra verk 3 har det største standardavviket, mens resultatene fra verk 1 har størst prosentvis spredning.

Ikke alle laboratorier har driftsjournaler for utstyret sitt. Det bør komme et krav om dette, slik at utstyret etterses jevnlig og slitte deler/ sikter byttes ut. Det var få laboratorier som kunne redegjøre eksakt for hvor mange analyser som var utført med kule møllen siden siste ribbeskift.

5 Konklusjon

Resultatene fra analysen er stort sett gode, og har liten spredning. For prøven fra verk 1 ble mølleverdiene små, og avviket mellom parallellene ble i sju tilfeller for stort.

Beklageligvis var det vanskelig for noen å skaffe nye ribber til kule møllen, mens andre laboratorier hadde nedprioritert dette.

Ved ringanalyser bør laboratoriene ha lengre tid på seg til å levere analyseresultater. Det må være et minimum antall deltakere (for eksempel 10), for at en ringanalyse skal gi pålitelige resultater. Dette var første ringanalyse for møllemetoden i Statens vegvesen med mange nok deltakere.

Før analysen var det ikke alle laboratorier som hadde fått skaffet seg de riktige siktene, så denne gangen siktet Sentrallaboratoriet ut prøvenes fraksjoner før de ble sendt ut. Ved neste ringanalyse anbefales det at hvert enkelt laboratorium sikter ut riktige fraksjoner og bestemmer densiteten til det utsendte materialet. Det vil gi bedre svar på hvor godt hvert enkelt laboratorium arbeider. Alle laboratorier må ha driftsjournaler for utstyret sitt, og ringanalyse for møllemetoden må gjentas.

Referanser

Håndbok 014 Laboratorieundersøkelser, nettversjon 2005
Håndbok 015 Feltundersøkelser 1997
Håndbok 018 Vegbygging 2004

Industriell kvalitetskontroll, A. Hernes, Produksjonsteknisk Forskningsinstitut, Oslo 1972
Intern rapport nr. 1983: Første norske ringanalyse med kulemølle, B.E. Løberg, Veglab. 1997
Intern rapport nr. 2181 (2000): Resultater fra det europeiske prosjektet med ringanalyser av steinmaterialer: Testing of industrial products; aggregates for construction. MAT1-CT93-0040 (1993-1997) (norsk oversettelse)
ISO 565 (1990): Test sieves – Metal wire cloth, perforated metal plate and electroformed sheet – Nominal sizes of openings
ISO 3310-1 (1990): Test sieves – Technical requirements and testing – Part 1: Test sieves of metal wire cloth
ISO 3310-2 (1990): Test sieves – Technical requirements and testing – Part 2: Test sieves of perforated metal plate
ISO 5725-6 (1994): Precision of test methods – Part 6: Determination of repeatability and reproducibility for a standard test method by interlaboratory tests
NGU-rapport 96013 (1996): Mekaniske testmetoder – Prøvepreparering og prosedyrebeskrivelse
NS-EN 932-1 (1996): Metoder for prøvetaking
NS-EN 932-2 (1999): Metoder for deling av laboratorieprøver
NS-EN 932-6 (1999): Definisjoner av repeterbarhet og reproducerbarhet
NS-EN 933-1 (1998): Bestemmelse av kornstørrelsesfordeling, Sikteanalyse
NS-EN 1097-9 (1998): Bestemmelse av motstand mot piggdekkslitasje, Nordisk metode
SP Report 1997:21 (1994): Schouenborg, Björn og Viman, Leif: Studded Tyre Test – Precision Trials 1994
Synthesis report on the European project MAT 1-CT93-0040 Testing of aggregates for construction 1999

Alle Statens vegvesens håndbøker og interne rapporter kan skaffes av eller kjøpes hos Vegdirektoratet, Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo.

Alle standarder merket ISO eller NS-EN kan kjøpes hos Pronorm, Standard Norge, Postboks 242, 1326 Lysaker.

Vedlegg 1

Ringanalyser - CEN-metoder – Møllemetoden

Vegdirektoratets prosjektnr. 600536

Dette må være klart før analysene kan påbegynnes:

For at resultatene skal kunne brukes i denne ringanalysen, må det være *samme* person som utfører *alle* analysene for møllemetoden.

Når ble vekten sist kalibrert ?
dato

Legg ved kopi av vektens kontrollkort når analyseresultatene sendes.

Når ble kulemøllen sist kontrollert ?
dato

Hvilken omdreiningshastighet har kulemøllens trommel ?omdr./min.

Når ble dette sist kontrollert ?
dato

Hvor mange analyser er utført siden de innvendige ribber ble skiftet ?

Når ble siktene sist kontrollert ?
dato

Mølleverdien er prosent gjennomgang på 2 mm-sikten. Dette er en maskesikt. *Hvordan* er den kontrollert ?

.....
.....
.....

.....
dato Signatur av utførende laborant

Vedlegg 2

Ringanalyser - CEN-metoder – Møllemetoden

Vegdirektoratets prosjektnr. 600536

Informasjon

De tilsendte prøver har tre forskjellige nivåer. Det er ferdig siktet ut 11/14 mm og 14/16 mm. Densitet av materialene er bestemt ved Sentrallaboratoriet. Prøvene er *ikke* vasket.

Prøve fra Verk 1 har densitet: 2,62

Prøve fra Verk 2 har densitet: 2,86

Prøve fra Verk 3 har densitet: 2,68

Fremgangsmåte

- 1 Hver delprøve vaskes for seg, og vaskevannet slås ut.
- 2 Delprøvene tørkes til konstant masse ved $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- 3 Delprøvene avkjøles til værelsestemperatur.
- 4 Sett sammen kurve av 11/14 mm + 14/16 mm for hver prøve.
- 5 Utfør Møllemetoden etter vedlagte beskrivelse. Metodebeskrivelsen kan beholdes.
- 6 Det skal være to paralleller av hver prøve.
- 7 Oppgi enkeltverdier for begge paralleller og middelverdien for dem – med *en* desimal.
- 8 Hvis analyseresultatet for *en* parallell avviker mer enn 7 % fra mølleverdien, skal analysen utføres på nytt med nytt materiale.
- 9 Både arbeidsskjemaet og den utfylte tabellen i denne beskrivelsen returneres til
Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen
Seksjon for geo- og tunnelteknikk v/ Brit E. Løberg
Postboks 8142 Dep
0033 OSLO
innen 15. oktober 2004.

Rapportering

Analyseresultatene føres inn i tabellen nedenfor, og den som har utført arbeidet, signerer det.

	Verk 1	Verk 2	Verk 3
Parallell a			
Parallell b			

Mølleverdi			

Dato:
.....
signature

Kommentarer:

Vedlegg 3



Håndbok 014 Laboratorieundersøkelser

Statens vegvesen

14.4 Løsmasser, fjell og steinmaterialer

14.45 Kornform og mekaniske egenskaper

14.455 Møllemetoden

Versjon mars 2005

erstatte prosess 14.445 av juli 1997

Omfang

Metoden går ut på at tilslag i fraksjonen 11,2/16,0 mm tromles med stålkuler og vann en time. Vekttapet forteller om materialets motstandsevne mot piggdekk-slitasje. Alle typer tilslag kan benyttes i denne analysen.

Prinsipp

Testen simulerer den slitasje det grove tilslaget utsettes for i et asfalddekket trafikkkert med piggdekk. Testen skal utføres på tilslag i fraksjonen 11,2/16,0 mm. Avvik fra denne begrensning vil ikke gi pålitelige resultater.

Referanser

ISO 565 (1990): *Test sieves - Metal wire cloth, perforated metal plate and electroformed sheet. - Normal size of openings.*

ISO 683-14 (1992): *Heat-treatable steels, alloy steels and free-cutting steels Part 14: Hot-rolled steels for quenched and tempered springs*

ISO 3290 (1975): *Rolling bearings - Bearing parts - Balls for rolling bearings*

ISO 3310-1 og -2 (1990): *Test sieves. Technical requirements and testing.*

ISO 5725 (1986): *Precision of test methods - Determination of repeatability and reproducibility by inter-laboratory tests*

NS-EN 933-2 (1996): *Prøvningsmetoder for geometriske egenskaper for tilslag. Del 2: Bestemmelse av kornstørrelsesfordeling. Sikter, nominell størrelse av siktåpninger.*

NS-EN 1097-9: *Prøvningsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag Del 9: Bestemmelse av motstand mot piggdekkslitasje Nordisk metode.*

Statens vegvesen (2004): *Vegbygging. Håndbok 018. Teknologivdelingen, Oslo*

Utstyr

Kulemølle og innkjøring av den

Alle opplysninger av betydning er gitt i figur 14.455-1.

Ribber:

De tre innvendige ribbene skal være utskiftbare, av fjærstål, (se ISO 683-14, 1992) eller et annet hårdt og seigt stål og utformet i henhold til figur 14.455-1. For bruk skal de slipes til i trommelen i 24 timer. Til dette skal det brukes harde tilslag som kvartsitt eller porfyr sammen med stålkuler og vann som ellers i metoden. Ribbene slites ved bruk. Hver ribbe skal skiftes når den har tapt 15 g av sin opprinnelige vekt.

Kommentar: Det er praktisk å veie ribbene før innkjøring og etter innkjøring. Derved kan forventet slitasje beregnes.

Stålkuler:

Stålkulene skal være kulelagerkuler i henhold til ISO 3290 med diameter 15,0 (+0,01 / -0,5) mm og med HRC-hardhet mellom 62 og 65.

Kalibreringsbrett:

Til å skille ut kuler som er blitt for små, skal det brukes et kalibreringsbrett med spalteåpninger på 14,5 mm. Dette er et presisjonsinstrument, så en stavsikt er ikke god nok.

Magnet:

En sterk magnet (ikke elektromagnet !) skal kunne fjerne stålkulene fra prøven etter test. For sterk magnet vil magnetisere stålkulene.

Tørkeskap:

Kontrollert tørkeskap skal være ventilert og kunne holde jevn temperatur på $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Vekt:

Kalibrert vekt med stor nok kapasitet og nøyaktighet på $\pm 0,1 \text{ g}$.

Sikter:

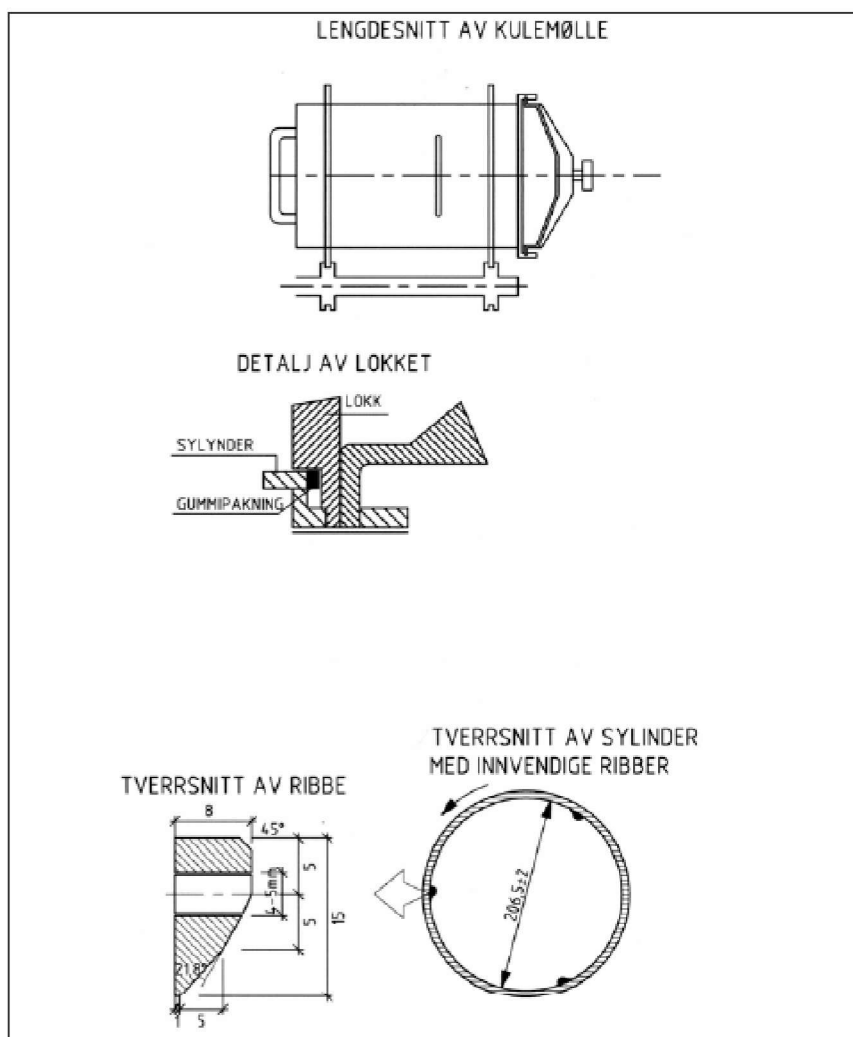
Sikter i henhold til ISO 3310 skal ha følgende åpninger: 2,0; 8,0; 11,2; 14,0 og 16,0 mm. Det er bare 8 mm-sikten det ikke er krav til. Den er foreslått for å få god dryssingseffekt ved oppveiing etter testen.

Balje:

Et kar stort nok til å samle opp prøve, vann og stålkuler etter forsøket.

Vaskestyr:

Vaskestyr for rengjøring av prøven og av alt utstyr.



Figur 14.455-1 Kulemøllens dimensjoner. Alle mål er angitt i mm.

Provetillaging

Til prøven er det nødvendig å ha minst 5 kg av graderingen 11,2/16,0 mm. Proven neddeles på foreskrevet måte. Møllemetoden består i å analysere to like delprøver på ca. 1 kg hver (avhengig av provens densitet). Hver delprøve skal vaskes og tørkes til konstant masse ved $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$. Sikt prøvene på: 16,0, 14,0, og 11,2 mm-sikter.

Sett sammen hver delprøve av fraksjoner som angitt nedenfor:

- Fraksjonen 11,2-14,0 mm = $(65 \pm 1) \%$
- Fraksjonen 14,0-16,0 mm = $(35 \pm 1) \%$

Provens masse i forhold til densitet er gitt i figur 14.455-2. Vær spesielt oppmerksom på eventuelle regnefeil hvis densiteten er mindre enn 2,60. Norske bergarter har sjelden så lav densitet.

Provestørrelsen beregnes slik:

$$m_1 = \frac{1000 \rho_s}{2,66} \pm 5 \text{ g}$$

hvor

m_1 = provens masse i gram

ρ_s = materialets densitet angitt som g/cm^3 (Mg/m^3)

Fremgangsmåte

Sikt kulene på kalibreringsbrettet, og kassér de som faller igjennom. Tilsett nye kuler til massen av kulene blir $(7000 \pm 10) \text{ g}$.

Ha så stålkulene $(7000 \pm 10) \text{ g}$ og deretter prøven i trommelen, og tilsett $(2000 \pm 10) \text{ ml}$ vann. Fest lokket på trommelen, og senk den til vannrett posisjon. Trommelen skal rotere med hastigheten 90 omdr./min. til (5400 ± 10) omdreininger, dvs. en time. Deretter tomme møllens innhold i en balje.

Vask prøve og stålkuler på siktene 14,0, 8,0 og 2,0 mm, og fjern stålkulene med magneten. For å unngå overbelastning av siktene, kan prøven deles i mindre porsjoner.

Kommentar 1: Ikke sikt prøven med stålkulene i, for de kan slipe ned materialet ytterligere, og siktene kan ta skade.

Kommentar 2: Hvis siktene tåler det, kan materialet tørkes på siktene i varmeskap. Vei opp sikterestene separat.

Resultater

Mølleverdien beregnes slik:

$$A_N = \frac{100 \times (m_1 - m_2)}{m_1}$$

hvor:

A_N = mølleverdien

m_1 = tørr prøves masse i gram før test

m_2 = summen av sikterester fra tørrsiktning etter test på sikter med åpninger større enn 2 mm (f.eks.: 14,0, 11,2, 8,0 og 2,0 mm)

$m_1 - m_2$ = vekttap i test

Mølleverdien er prosent gjennomgang på 2 mm-sikten.

Rapportering

Rapporten skal inneholde:

- navn og adresse på ansvarlig for analysen
- prøvenummer og dato for analysen
- navn og adresse på oppdragsgiver og anlegg
- sted og dato for prøveuttaket
- eventuelle avvik fra metodebeskrivelsen
- både mølleverdien (A_N) og verdier for de to delprøvene skal rapporteres. Mølleverdien angis med én desimal.
- beskrivelse av prøvetakingsprosedyren

Hvis differansen mellom mølleverdiene for delprøvene avviker mer enn 7 % fra mølleverdien (A_N), skal analysen utføres på nytt med nytt materiale. Det er derfor viktig at den leverte prøve er stor nok.

Regneeksempel:

Parallellen a får verdien 10,05, og parallellen b får verdien 10,89. Mølleverdien er middelværdi av disse, og blir da 10,5. Men differansen mellom parallellene er 0,84 som er 8,1 % av mølleverdien. Altså er resultatet ikke akseptabelt.

Kommentar: I Norsk Standard NS-EN 1097-9 har mølle-verdien symbolet A_N for Abrasion Nordic type (Nordisk type abrasjonsverdi). Derfor benyttes denne betegnelsen i denne metodebeskrivelsen.

Presisjon

Repetisibiliteten (r) og reproduktibiliteten (R) er bestemt ved en ringanalyse mellom 11 laboratorier i Norden. Det var 8 nivåer og 2 paralleller av hver prøve.

Mølleverdiens presisjon for verdier mellom 5 og 16 er:

Repetisibiliteten r : $r = 0,13 A_N - 0,17$

Reproduktibiliteten R : $R = 0,14 A_N + 0,27$

Prøvemengder til kulemolle (m_1) innveid i gram avhengig av densitet. $m_1 = [(1000 \rho_s / 2,66) \pm 5]$ gram

Densitet g/cm ³	65 % 11,2/14,0 mm gram	35 % 14,0/16,0 mm gram	100 % innveid gram
2,50	610,9	328,9	939,8
2,51	613,3	330,3	943,6
2,52	615,8	331,6	947,4
2,53	618,2	332,9	951,1
2,54	620,7	334,2	954,9
2,55	623,1	335,5	958,6
2,56	625,6	336,8	962,4
2,57	628,0	338,2	966,2
2,58	630,5	339,5	969,9
2,59	632,9	340,8	973,7
2,60	635,3	342,1	977,4
2,61	637,8	343,4	981,2
2,62	640,2	344,7	985,0
2,63	642,7	346,1	988,7
2,64	645,1	347,4	992,5
2,65	647,6	348,7	996,2
2,66	650,0	350,0	1000,0
2,67	652,4	351,3	1003,8
2,68	654,9	352,6	1007,5
2,69	657,3	353,9	1011,3
2,70	659,8	355,3	1015,0
2,71	662,2	356,6	1018,8
2,72	664,7	357,9	1022,6
2,73	667,1	359,2	1026,3
2,74	669,5	360,5	1030,1
2,75	672,0	361,8	1033,8
2,76	674,4	363,2	1037,6
2,77	676,9	364,5	1041,4
2,78	679,3	365,8	1045,1
2,79	681,8	367,1	1048,9
2,80	684,2	368,4	1052,6
2,81	686,7	369,7	1056,4
2,82	689,1	371,1	1060,2
2,83	691,5	372,4	1063,9
2,84	694,0	373,7	1067,7
2,85	696,4	375,0	1071,4
2,86	698,9	376,3	1075,2
2,87	701,3	377,6	1078,9
2,88	703,8	378,9	1082,7
2,89	706,2	380,3	1086,5

Densitet g/cm ³	65 % 11,2/14,0 mm gram	35 % 14,0/16,0 mm gram	100 % innveid gram
2,90	708,6	381,6	1090,2
2,91	711,1	382,9	1094,0
2,92	713,5	384,2	1097,7
2,93	716,0	385,5	1101,5
2,94	718,4	386,8	1105,3
2,95	720,9	388,2	1109,0
2,96	723,3	389,5	1112,8
2,97	725,8	390,8	1116,5
2,98	728,2	392,1	1120,3
2,99	730,6	393,4	1124,1
3,00	733,1	394,7	1127,8
3,01	735,5	396,1	1131,6
3,02	738,0	397,4	1135,3
3,03	740,4	398,7	1139,1
3,04	742,9	400,0	1142,9
3,05	745,3	401,3	1146,6
3,06	747,7	402,6	1150,4
3,07	750,2	403,9	1154,1
3,08	752,6	405,3	1157,9
3,09	755,1	406,6	1161,7
3,10	757,5	407,9	1165,4
3,11	760,0	409,2	1169,2
3,12	762,4	410,5	1172,9
3,13	764,8	411,8	1176,7
3,14	767,3	413,2	1180,5
3,15	769,7	414,5	1184,2
3,16	772,2	415,8	1188,0
3,17	774,6	417,1	1191,7
3,18	777,1	418,4	1195,5
3,19	779,5	419,7	1199,2
3,20	782,0	421,1	1203,0
3,21	784,4	422,4	1206,8
3,22	786,8	423,7	1210,5
3,23	789,3	425,0	1214,3
3,24	791,7	426,3	1218,0
3,25	794,2	427,6	1221,8
3,26	796,6	428,9	1225,6
3,27	799,1	430,3	1229,3
3,28	801,5	431,6	1233,1
3,29	803,9	432,9	1236,8

Figur 14.455-2: Prøvestørrelser til mollemetoden i forhold til prøvens densitet

Vedlegg 4

Laboratorium nummer:			Mølle-verdier Arbeidsskjema for målinger							Ringanalyse stein Verk: 1, 2 og 3 Dato: Sign:		
Verk nr	Prøve nr	Innveid i gram	Gram sikterest på		Gram gj. 2 mm		% Sikterest på		% gj.- 2 mm	Mølleverdi er (a+b)/2	Avvik fra mid.ver.	
		65% 11,2-14 mm	14,0 mm	8,0 mm	2,0 mm	2 mm	14,0 mm	8,0 mm	2,0 mm			
Verk 1	a	35 % 14-16 mm										
		a Innveid før test										
		65% 11,2-14 mm										
Verk 1	b	35 % 14-16 mm										
		b Innveid før test										
		65% 11,2-14 mm										
Verk 2	a	35 % 14-16 mm										
		a Innveid før test										
		65% 11,2-14 mm										
Verk 2	b	35 % 14-16 mm										
		b Innveid før test										
		65% 11,2-14 mm										
Verk 3	a	35 % 14-16 mm										
		a Innveid før test										
		65% 11,2-14 mm										
Verk 3	b	35 % 14-16 mm										
		b Innveid før test										

Merknader:



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

Tlf. (+47 915) 02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1504-5005