

Rapport nr.: 2006.020		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Krav til materialtekniske egenskaper for bære- og forsterkningslag.				
Forfatter: Eyolf Erichsen		Oppdragsgiver: NGU og Vegdirektoratet		
Fylke:		Kommune:		
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 26	Pris: 95,-	
Feltarbeid utført:		Rapportdato: 24. mai 2006	Prosjektnr.: 2633.17	Ansvarlig:
Sammendrag:				
<p>På oppdrag fra Steinmaterialkomiteen er det utredet hvilke konsekvenser det har at tidligere krav til de abrasive egenskapene for bære- og forsterkningslag er blitt fjernet, og hvilke muligheter man har til å gjeninnføre krav, sett i lys av de nye standardmetodene som er blitt innført som en del av EØS avtalen.</p> <p>Med bakgrunn i analysedata fra NGUs Pukkdatabase anbefales det å gjeninnføre krav til de abrasive egenskapene for bære- og forsterkningslag. Det er ikke tilstrekkelig kun å stille krav til motstandsevnen mot nedknusing (Los Angeles testen) samt å antyde at det bør utføres slitasjetest (møllemetoden) for materiale som har et samlet høyt kalk- og glimmerinnhold. Fjerning av tidligere krav til abrasjonsverdien har medført til en "slakking" av kravene og det vil kunne resultere i at man benytter materiale med for svake abrasive egenskaper i bære- og forsterkningslag.</p> <p>Det anbefales at man gjennomfører et testprogram på materiale med kjente bruksegenskaper med hensyn til egnethet for bære- og forsterkningslag. På dette materiale bør det utføres både Los Angeles-, mølle- og micro-Deval analyser i henhold til standard fraksjonsstørrelser. For Los Angeles- og micro-Deval metoden bør det i tillegg testes på en grovere sortering, som er tilpasset jernbaneballast.</p> <p>Det er skissert tre alternative forslag med hensyn til å gjeninnføre krav til enten mølle- eller micro-Deval metoden for registrering av abrasive egenskaper. Det er også vurdert på hvilket nivå et eventuelt krav bør ligge for både mølle- og micro-Deval verdien for at materialet skal kunne oppnå tilfredsstillende bruksegenskaper som bære- og forsterkningslag.</p>				
Emneord: Micro-Deval		Møllemetoden	Los Angeles metoden	
Vegfundament		Bærelag	Forsterkningslag	

## INNHold

1.	FORORD .....	4
2.	KRAV TIL BÆRE- OG FORSTERKNINGSLAG.....	5
2.1	Statistikk fra Pukkdatabasen .....	5
2.2	Nye krav – møllemetoden eller micro-Deval ?.....	8
3.	REVISJON AV KRAV TIL BÆRE- OG FORSTERKNINGSLAG - ANBEFALINGER .....	13
4.	REFERANSE .....	15

- Vedlegg 1. Møllemetoden – micro-Deval**
- " 2. **Korrelasjon mellom micro-Deval og møllemetoden.**
  - " 3. **Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging – Abrasiv testmetode.**
  - " 4. **Tilslag for bituminøse masser og overflatebehandlinger for veger, flyplasser og andre trafikkarealer – Abrasive testmetoder.**
  - " 5. **Tidligere svenske krav til vegmateriale fram til 2003/04.**
  - " 6. **Svenske krav til vegmateriale, innført fra 2004.**
  - " 7. **Tilslag for jernbaneballast – Abrasiv testmetode.**

## **1. FORORD**

I tidligere versjon av Statens vegvesens håndbok 018-Vegbygging [1] ble det for tilslag som skulle anvendes i bære- og forsterkningslag, stilt krav til både slagstyrke (sprøhetstallet), uttrykt ved steinklasse, motstandsevne mot nedknusing (Los Angeles-metoden) og slitestyrke (abrasjonsverdien). I siste versjon av håndboka [2] er kravene til både slagstyrke og abrasive egenskaper fjernet og det stilles per i dag kun krav til motstandsevne mot nedknusing.

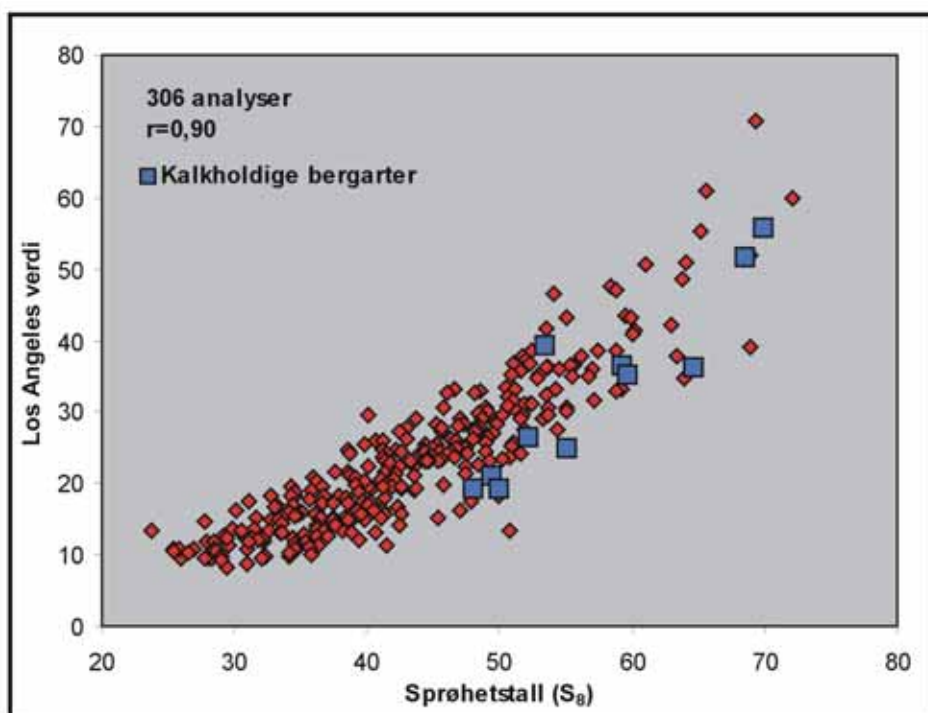
På oppdrag fra Steinmaterialkomiteen er det i denne rapporten utredet hvilke konsekvenser det har at tidligere krav til de abrasive egenskapene for bære- og forsterkningslag er blitt fjernet, og hvilke muligheter man har til å gjeninnføre krav, sett i lys av de nye standard-metodene som er blitt innført som en del av EØS avtalen.

Oppdraget er gjennomført i regi av samarbeidsavtale NGU har med Statens vegvesen ved Vegdirektoratet.

## 2. KRAV TIL BÆRE- OG FORSTERKNINGSLAG

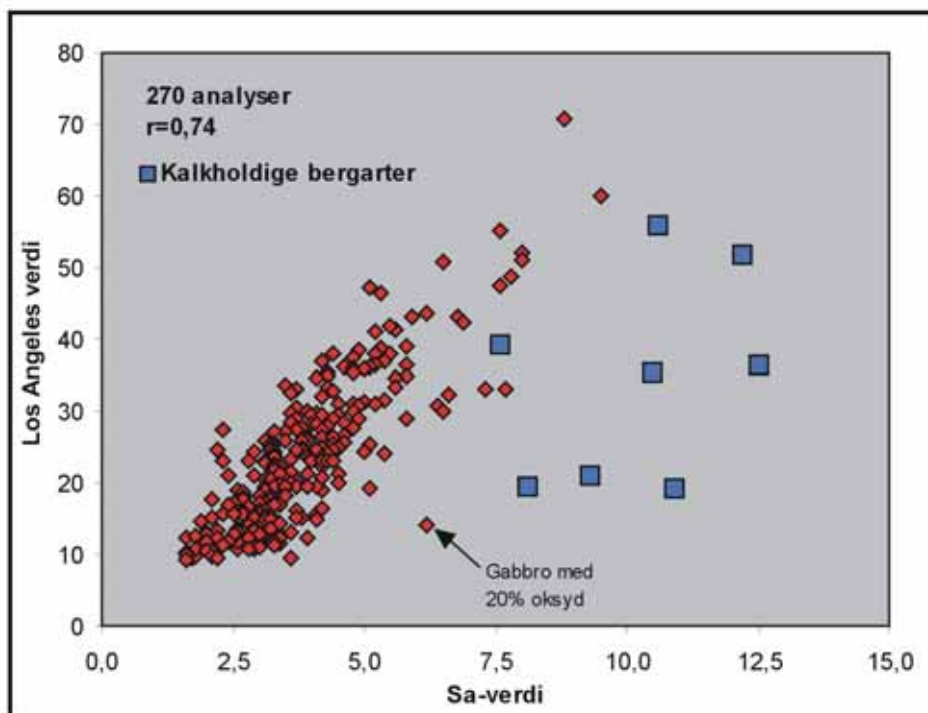
### 2.1 Statistikk fra Pukkdatabasen

Analyser fra NGUs Pukkdatabase viser god korrelasjon mellom Los Angeles-verdi og sprøhetstallet (figur 1). Los Angeles testen gir dermed uttrykk for samme mekaniske belastning som fallprøven (slagmotstand) og vil i så måte kunne erstatte de tidligere kravene til sprøhetstallet indirekte gitt ved steinklasse. Los Angeles metodens opprinnelige navnsetting (Los Angeles Abrasion test) skulle også tyde på et bidrag med abrasiv belastning.



Figur 1. Los Angeles-verdi og sprøhetstall ( $S_8$ ).

I forbindelse med siste revisjon av håndbok 018 [2] ble det tatt hensyn til at Los Angeles-metoden ikke godt nok diskriminerer materialer med svak slitasjemotstand, for eksempel kalkholdige bergarter (figur 1 og 2). Det ble derfor tatt med følgende passus: "Dersom det samlede innhold av kalk og glimmer er større enn 12%, bør materialets egnethet vurderes spesielt". Videre i kommentarspalten står det "Dersom materialet har høyt kalk- og/eller glimmerinnhold vil materiale ha lav slitasjemotstand, men tilsynelatende god nedknusingsmotstand (målt med Los Angeles-metoden). Micro-Deval er standardisert metode for bestemmelse av slitasjemotstand på materialer til mekanisk stabilisering, men metoden er ikke i bruk her i landet. Den lignende kule møllemetoden benyttes normalt kun for å måle dekkematerialets slitasjemotstand, men kan også brukes for vurdering av materialer (med høyt kalk-/glimmerinnhold) til bære- og forsterkningslag. Materialet kan brukes dersom mølleverdien ( $A_N$ ) er mindre enn 19".

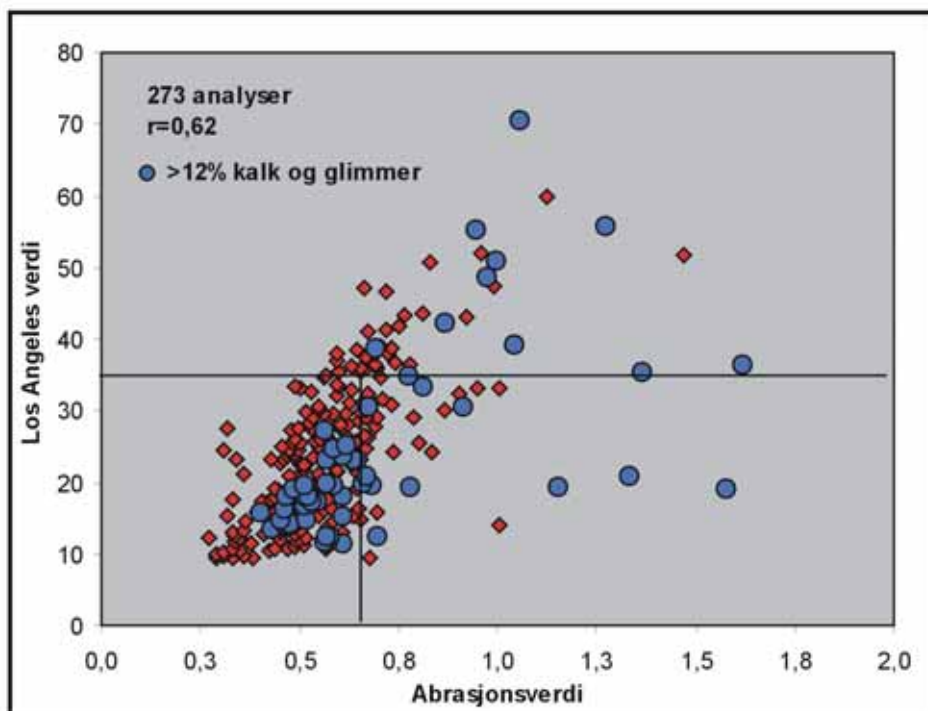


Figur 2. Los Angeles-verdi og slitasjemotstand (Sa-verdi).

Spørsmålet er om dette er et godt nok kriterium for å sikre seg mot at det blir benyttet materiale med dårlig abrasive egenskaper i bære- og forsterkningslag. Data fra Pukk-databasen tilsier at man kan risikere å benytte for dårlige tilslagsmaterialer i vegfundamentet hvis man ikke gjeninnfører krav til de abrasive egenskapene (tabell 1 og figur 3). Analyser viser at for prøver med Los Angeles-verdi (LA)  $\leq 35$ , som er kravet for bære- og øvre forsterkningslag, så har 19% av prøvene en abrasjonsverdi (Abr) som er  $> 0.65$  (tidligere krav for bærelagsmasser var maks 0.65). Av disse prøvene (LA  $\leq 35$  og Abr  $> 0.65$ ) så har 37% et mineralinnhold med kalk og glimmer som er  $> 12\%$ , dvs. de anbefales undersøkt mht. slitasjeegenskapene. Men de resterende, hele 63% av prøvene, har et lavere samlet mineralinnhold mht. kalk og glimmer, enn det som i dag anses som kritisk for når det anbefales å utføre kontrollerende test med møllemetoden. Innenfor denne gruppen opptrer en rekke bergartstyper (tabell 2) som man ikke skulle forvente ville representere noe fare mht. bruk i bære- og forsterkningslag, men som ikke ville bli godkjent etter de tidligere kravene til abrasjonsverdien. For prøver med Los Angeles-verdi (LA)  $\leq 40$  (tabell 3), som er dagens krav for nedre forsterkningslag, så har 9% av prøvene en abrasjonsverdi (Abr) som er  $> 0.75$  (tidligere krav for enkelte bære- og forsterkningslagsmasser var maks 0.75). Ved disse kravspesifikasjonene har 44% av prøvene et lavere samlet mineralinnhold mht. kalk og glimmer, enn det som er kritisk for når det bør utføres kontrollerende test med møllemetoden.

**Tabell 1. Antall prøver med Los Angeles-verdi  $\leq 35$  fordelt etter abrasjonsverdi og %mineralinnhold (kalk+glimmer).**

Abrasjonsverdi $\leq 0.65$			Abrasjonsverdi $> 0.65$		
$< 12\%$	$\geq 12\%$	Sum	$< 12\%$	$\geq 12\%$	Sum
123	31	154	22	13	35



Figur 3. Los Angeles-verdi og abrasjonsverdi (Gjeldende og tidligere kravgrenser, LA = 35 og Abr = 0.65, er inntegnet).

**Tabell 2. Bergarter med Los Angeles-verdi  $\leq 35$  og abrasjonsverdi  $> 0.65$ .**

Bergart	Antall prøver	% Kalk	% Glimmer	Gjennomsnitt % kalk + glimmer
Granodioritt	5	2 - 0	21 - 6	13
Gabbro	4	0	20 - 0	8
Gneisgranitt	3	0	15 - 0	6
Øyegneis	3	0	15 - 10	12
Larvikitt	3	2 - 0	5 - 3	5
Glimmergneis	2	0 - 1	35 - 6	21
Kalkstein	2	96 - 80	4 - 2	91
Marmor	2	84 - 93	5 - 3	93
Noritt	2	0	4 - 0	2
Gneis	1	0	20	20
Mangeritt	1	0	2	2
Migmatittisk gneis	1	0	4	4
Monsonitt	1	0	15	15
Porfyr	1	5	3	8
Porfyrgranitt	1	0	10	10
Rhyolitt	1	0	4	4
Sandstein	1	10	7	17
Trondhemitt	1	0	5	5
SUM	35	96 - 0	35 - 0	

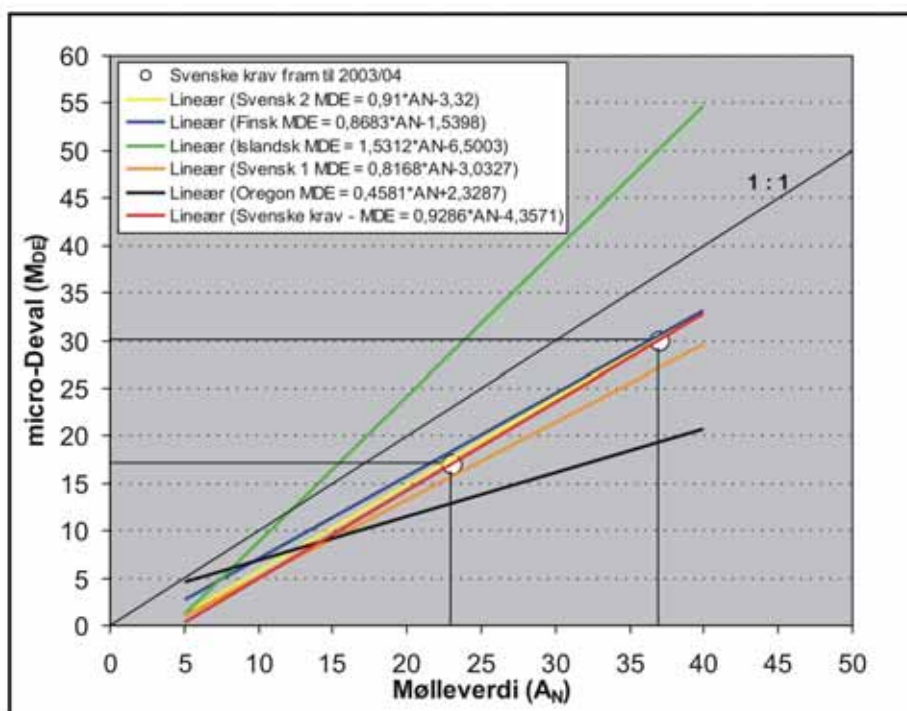
**Tabell 3. Antall prøver med Los Angeles-verdi  $\leq 40$  fordelt etter abrasjonsverdi og %mineralinnhold (kalk+glimmer).**

Abrasjonsverdi $\leq 0.75$			Abrasjonsverdi $> 0.75$		
$< 12\%$	$\geq 12\%$	Sum	$< 12\%$	$\geq 12\%$	Sum
152	37	189	8	10	18

Forutsatt at de tidligere kravspesifikasjonene mht. abrasjonsverdien var nødvendig for å dokumentere bruksegenskapene til bære- og forsterkningslag, viser resultatene at det er et absolutt behov for å gjeninnføre krav til de abrasive egenskapene spesielt for mekanisk stabiliserte materialer i vegfundamentet.

## 2.2 Nye krav – møllemetoden eller micro-Deval ?

Både møllemetoden og micro-Deval testen er europeiske standardmetoder som er ment å gi uttrykk for abrasive- eller slitasjeegenskaper. Møllemetoden er utviklet for å bestemme motstand mot piggdekksslitasje [3] i vegdekket og er mest aktuell for nordiske land. I henhold til den nye EU standarden for ubundne materialer [4] skal micro-Deval [5] benyttes som standard testmetode for å bestemme slitasjeegenskapene for grovt materiale. Metoden er til nå ikke i bruk i Norge. I utførelse er metoden på mange måter lik møllemetoden (vedlegg 1). Som for Los Angeles testen er det for micro-Deval mulig og teste på en grovere sortering tilpasset jernbaneballast [11]. Flere undersøkelser (vedlegg 2) viser god korrelasjon mellom mølle- og micro-Deval metoden (figur 4). Det er noe "sprik" mellom regresjonslinjene for de ulike undersøkelsene, spesielt mellom den islandske og den amerikanske, mens de to undersøkelsene fra Sverige og den ene fra Finland viser bra samsvar.



Figur 4. Sammenstilling av regresjonslinjer mellom møllemetoden og micro-Deval fra ulike undersøkelser (vedlegg 2).

Gjennom CEN prosessen med standardisering av testmetoder har enkelte land fått godkjent "sine gamle testmetoder" ved å vise til gode korrelasjoner med vedtatte standardmetoder. Ett eksempel på dette er den tyske "Schlagversuch testen" som gir et mål på dynamisk knusing, tilsvarende som den norske fallprøven. Begge disse metodene korrelerer godt med Los Angeles testen som er standardmetoden for bestemmelse av slagmotstand. Ved å dokumentere til god korrelasjon mellom metoder bør man kunne få gjennomslag for at også møllemetoden kan benyttes som et alternativ til micro-Deval. Spørsmålet man kan bli stilt ovenfor kan selvfølgelig dermed bli, hvorfor ikke micro-Deval istedenfor møllemetoden, men da også med hensyn til piggdekkslitasje! Det bør bemerke at for ubundne eller mekanisk stabiliserte masser er det kun micro-Deval som inngår i standarden (vedlegg 3-[4]) mht. bedømmelse av de abrasive egenskapene. Dette i motsetning til standarden for bituminøse masser (vedlegg 4-[6]), som også vil innbefatte bitumenstabilisert bærelag, hvor både den britiske "aggregate abrasion test", micro-Deval og møllemetoden inngår som abrasive testmetoder. Den britiske metoden, som for øvrig den norske abrasjonstesten er utviklet fra, er i første rekke ment for bedømmelse av abrasjonen for tilslag i slitedekke på materiale med spesielt høy poleringsverdi [7]. Møllemetoden er også ment for tilslag i slitedekke, men da som tidligere nevnt mht. piggdekkslitasje.

I en overgangsfase fram til 2003/04 ble det i Sverige stilt krav til både møllemetoden og micro-Deval for ubundne bærelag og forsterkningslag på veger med faste dekker (vedlegg 5-[8], se også figur 4). Fra og med 2004 (vedlegg 6-[9]) ble kravene harmonisert med EU standarden for ubundne tilslag [4] slik at det nå er kun micro-Deval som benyttes mht. kravspesifikasjoner knyttet til abrasive egenskaper for denne type masser.

Selv om møllemetoden og micro-Deval både er like med hensyn til utførelse og i tillegg viser god korrelasjon metodene imellom, blir det i en av undersøkelsene (vedlegg 2-[10]) antydnet at micro-Deval testen ikke godt nok skiller tilslag med hensyn til de abrasive egenskapene. Møllemetoden anses som bedre, spesielt for å skille mellom materiale med meget gode slitasegenskaper. Hvis dette er tilfelle, vil det være en fordel å benytte den metoden som gir størst belastning i forhold til de abrasive egenskapene. Dette vil spesielt gjelde for de nordiske land der byggematerialet utsettes for en ekstra hard belastning i forhold til de nedbrytingsprosesser som inntreffer pga. de klimatiske forholdene, bl.a. ved gjentatte fryse- og tine-sykluser.

#### Kravspesifikasjoner – møllemetoden

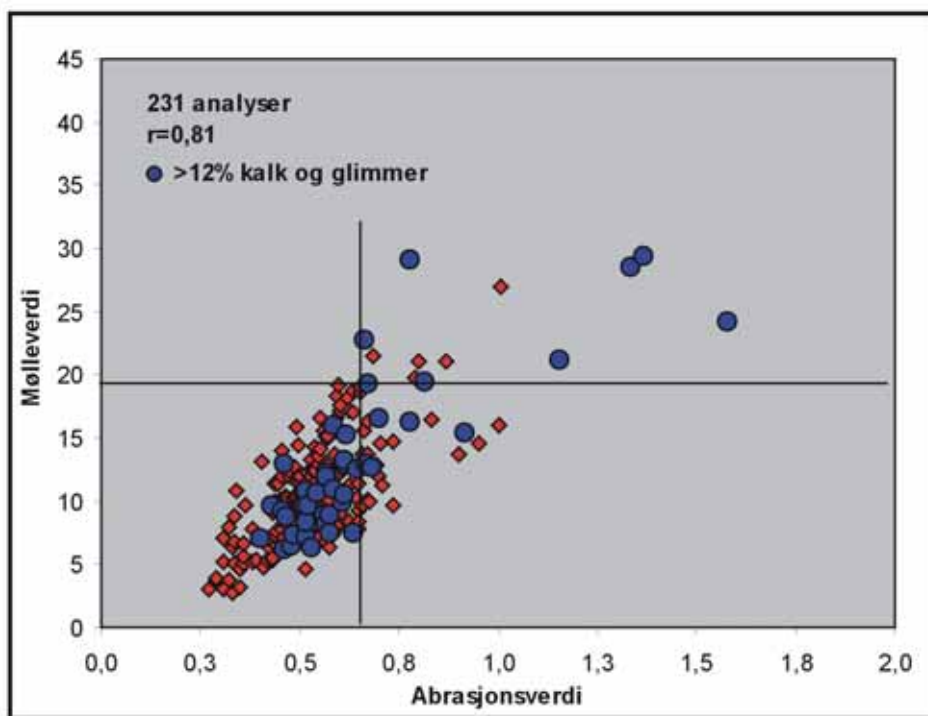
Tabell 4 og figur 5 gir en oversikt over prøver fra Pukkk databasen med Los Angeles-verdi  $\leq 35$ , som er dagens krav til bære- og øvre forsterkningslagsmasser, fordelt i forhold til mølleværdien og tidligere krav til abrasjonsverdien for bærelagsmasser. De strengeste kravene til abrasjonsverdien til mekanisk- og bitumenstabiliserte bærelagsmasser var tidligere maksimum 0.65, men kunne variere avhengig av trafikkmengde og bærelagstype [1]. Tabell 5 gir en oversikt over antall prøver med Los Angeles-verdi  $\leq 40$ , som er minimumskravet for materiale til nedre forsterkningslag, sortert for ulike mølle- og abrasjonsverdier. Det tidligere



**Tabell 4. Antall prøver med Los Angeles-verdi  $\leq 35$  fordelt etter mølle- og abrasjonsverdi.**

$A_N$	Abr $\leq 0.65$	Abr $> 0.65$	Sum	Akkumulert			
				Kategori $A_N$	Totalt	$> 0.65$	% $> 0.65$
$\leq 7$	40	-	40 (17%)	$\leq 7$	40	-	-
7 - 10	66	3 (4%)	69 (30%)	$\leq 10$	109	3	3%
10 - 14	65	10 (13%)	75 (32%)	$\leq 14$	184	13	7%
14 - 19	21	11 (34%)	32 (14%)	$\leq 19$	216	24	11%
19 - 30	2	13 (87%)	15 (7%)	$\leq 30$	231	37	16%
Sum	194	37	231				

$A_N$  - mølleverdien, Abr – abrasjonsverdi.



*Figur 5. Mølleverdi og abrasjonsverdi for prøver med Los Angeles-verdi  $\leq 35$  ( $A_N = 19$  og Abr = 0.65 er inntegnet).*

**Tabell 5. Antall prøver med Los Angeles-verdi  $\leq 40$  fordelt etter mølle- og abrasjonsverdi.**

$A_N$	Abr $\leq 0.75$	Abr $> 0.75$	Sum	Akkumulert			
				Kategori $A_N$	Totalt	$> 0.75$	% $> 0.75$
$\leq 7$	40	-	40 (16%)	$\leq 7$	40	-	-
7 - 10	72	-	72 (29%)	$\leq 10$	112	-	-
10 - 14	78	1 (1%)	79 (32%)	$\leq 14$	191	1	0,5%
14 - 19	33	5 (13%)	38 (15%)	$\leq 19$	229	6	3%
19 - 30	8	13 (62%)	21 (8%)	$\leq 30$	250	19	8%
Sum	231	19	250				

$A_N$  - mølleverdien, Abr – abrasjonsverdi.

kravet for noen typer bærelag og forsterkningslag var gitt ved en maksimumsgrense på 0.75 for abrasjonsverdien.

For prøver med Los Angeles-verdi  $\leq 35$  har kun 7% av prøvene en mølleverdi  $> 19$ . (tilsvarende tall for Los Angeles-verdi  $\leq 40$  er 8%). Av disse har de fleste av prøvene (87%) en abrasjonsverdi  $> 0.65$  (62% for Los Angeles-verdi  $\leq 40$  og med abrasjonsverdi  $> 0.75$ ). Forutsatt at kravene for den tidligere brukte abrasjonsmetoden var egnet for å skille ut materiale med dårlige abrasive egenskaper for bære- og forsterkningslag, vil et krav til mølleverdien  $\leq 30$  resultere i at materiale med for dårlige materialegenskaper ville bli godkjent. Av prøver med mølleverdi  $\leq 19$  har kun 11% en abrasjonsverdi  $> 0.65$  (3% for Los Angeles-verdi  $\leq 40$  og med abrasjonsverdi  $> 0.75$ ) og kun 7% av prøvene har for dårlig abrasjonsverdi hvis grensen settes til en mølleverdi  $\leq 14$  (0.5% for Los Angeles-verdi  $\leq 40$  og med abrasjonsverdi  $> 0.75$ ). Et maksimum antall på 10-15% av prøvene som havner utenfor de gamle kravene til abrasjonsverdien, bør kunne godtas. En grenseverdi på 19 for mølleverdien anses derfor som akseptabel ved eventuelt gjeninnføring av krav for de abrasive egenskapene for bære- og forsterkningslag.

De tidligere svenske kravene til mølleverdien for ubundne bære- og forsterkningslag (vedlegg 5) var gitt ved en maksimums mølleverdi på 23 (37 på vegger med grusdekke eller hvis bære- og forsterkningslaget ikke ble trafikkert ved bygging). Analyser fra Pukkdatabasen tilsier at ved en slik grenseverdi så vil 14% av prøvene med en Los Angeles-verdi  $\leq 35$  ha en abrasjonsverdi  $> 0.65$  (5% for Los Angeles-verdi  $\leq 40$  og med abrasjonsverdi  $> 0.75$ ). Et krav til mølleverdien  $\leq 23$  anses derfor å ligge på grensen, men bør kunne aksepteres. Dette vil dog kreve en omlegging av eksisterende terskelgrenser for kategoriinndeling for mølleverdien. For bitumenstabiliserte bærelag var de tidligere svenske kravene mer nyansert i forhold til trafikkbelastningen (vedlegg 5). Det ble operert med krav til mølleverdien på både  $\leq 10$  og  $\leq 18$  som ut fra sammenhold med abrasjonsverdien anses som tilfredsstillende.

I tabell 6 er det gitt en oversikt over hvilke micro-Deval verdier som vil samsvare med mølleverdier etter standard kategoriinndeling. Verdiene er beregnet etter formelen for regresjonslinjen ( $M_{DE} = 0,9286 \cdot A_N - 4,3571$ ) basert på tidligere svenske krav for ubundne masser for de to testmetodene (figur 4). Denne linjen samsvarer bra med gjennomsnittet for de tidligere nevnte undersøkelsene mellom mølle- og micro-Deval metoden (vedlegg 2).

**Tabell 6. Korrelerbare tallverdier mellom mølle- og micro-Deval verdi.**

Kategori $A_N$	$M_{DE}$
$\leq 7$	2,1
$\leq 10$	4,9
$\leq 14$	8,6
$\leq 19$	13,3
$\leq 30$	23,5

$A_N$  – mølleverdien,  $M_{DE}$  – micro-Deval verdi.

### Kravspesifikasjoner – micro-Deval

Hvis man skal innføre krav til micro-Deval, det være seg for mekanisk- eller bitumenstabiliserte bære- og forsterkningslag, har vi ingen erfaringstall å støtte oss til. Ved igjen å ta utgangspunkt i regresjonslinjen ( $A_N = 1,0769 * M_{DE} + 4,3571$ ) mellom de to testmetodene basert på tidligere svenske krav (figur 4), kan man beregne hvilke mølleverdier som vil samsvare med micro-Deval verdier etter standard kategoriinndeling (tabell 7).

**Tabell 7. Korrelerbare tallverdier mellom micro-Deval og mølleverdi.**

Kategori $M_{DE}$	$A_N$ (Ubundne masser)	$A_N$ (Bituminøse masser)	$A_N$ (Jernbaneballast)
$M_{DE}7$	-	-	11,9
$M_{DE}10$	-	15,1	-
$M_{DE}11$	-	-	16,2
$M_{DE}15$	-	20,5	20,5
$M_{DE}20$	25,9	25,9	-
$M_{DE}25$	31,3	31,3	-
$M_{DE}35$	42,0	42,0	-
$M_{DE}50$	58,2	-	-

$M_{DE}$  – micro-Deval verdi,  $A_N$  – mølleverdi.

Som tidligere nevnt vil en mølleverdi på 23 være på grensen, mens en verdi på 19 ble ansett som akseptabel. Dette tilsier en micro-Deval verdi i området 13-17. Kategoriinndelingen for micro-Deval variere noe i forhold til type masse (vedlegg 3, 4 og 7). For ubundne bære- og forsterkningslag begynner inndelingen først ved en micro-Deval verdi på 20 som tilsier en mølleverdi på vel 26. For denne typer masser begynner inndelingen alt for høyt i forhold til de betraktninger som tidligere er gjort med hensyn til nivå på mølleverdien relatert til abrasjonsverdien. For jernbaneballast [11] er inndelingen mer i trå med det som vil kunne korreleres mot abrasjonsmetoden, mens inndelingen for bituminøse masser er i en mellomstilling.

### **3. REVISJON AV KRAV TIL BÆRE- OG FORSTERKNINGSLAG - ANBEFALINGER**

Alle anbefalinger tar utgangspunkt i at de tidligere kravene til abrasjonsverdien for både bære- og forsterkningslag var et avgjørende kriterium for å kunne bedømme om et materiale var egnet eventuelt uegnet til formålet. Det er videre ikke blitt vurdert om, eventuelt hvordan eventuelle krav skal differensieres mht. årstdøgnstrafikk eller for ulike typer bære- og forsterkningslagsmasser. Alle vurderinger er derfor basert på et generelt grunnlag.

- Med bakgrunn i analysedata fra Pukkdatabasen (kapittel 2.1) anbefales det å gjeninnføre krav til de abrasive egenskapene for bære- og forsterkningslag. Det er ikke tilstrekkelig kun å stille krav til motstandsevnen mot nedknusing (Los Angeles testen) samt å utføre nærmere undersøkelser av de abrasive egenskapene (møllemetoden) for materiale som har et samlet mineralinnhold med mer enn 12% kalk og glimmer. De gjeldende kravene vil kunne resultere i at man benytter materiale med for svake abrasive egenskaper i bære- og forsterkningslag.

- Det anbefales at man gjennomfører et testprogram hvor det utføres både Los Angeles-, mølle- og micro-Deval analyser på samme materiale i henhold til standard fraksjonsstørrelse for de ulike testmetodene. Valg av testmateriale bør være bevist i forhold til tidligere erfaring med hensyn til bruksegenskapene. For Los Angeles- og micro-Deval metoden bør det i tillegg testes på en grovere sortering (31.5/50 mm), som i henhold til standarden er tilpasset jernbaneballast [11]. Denne sorteringen "stemmer bedre" med materialfraksjoner som benyttes for bære- og forsterkningslag.

Deretter kan man forslagsvis ta stilling til følgende tre alternativ mht. innføring av krav til metode for registrering av abrasive egenskaper for bære- og forsterkningslag;

- Alternativ 1. Benytte møllemetoden ved gjeninnføring av krav. Det bør i første omgang avklares om dette er juridisk innenfor regelverket, bl.a. ved det kan vises til god korrelasjon med gjeldende standardmetode, micro-Deval. Det anses som lite hensiktsmessig å måtte utføre to sammenfallende testmetoder for å bestemme i utgangspunktet den samme material-tekniske egenskapen. I tillegg må man få undersøkt om det er tilfelle at møllemetoden gir bedre uttrykk for de belastninger som materialet utsettes for ved bruk til bære- og forsterkningslag [10]. Det er mulig at våre klimatiske forhold krever en "tøffere" testmetode. Man vil sannsynligvis få lettere gjennomslag i CEN systemet hvis de nordiske landene står samlet om en felles løsning mht. eventuell revisjon av aktuelle testmetoder som kan benyttes.

- Alternativ 2. Få gjennomslag for i første omgang å bruke møllemetoden, for senere å gå over til micro-Deval. I og med at møllemetoden blir benyttet i Norge og at det vil kreve en viss tid å for innarbeidet og ikke minst få erfaring med en helt ny metode, vil dette være et gunstig alternativ. I og med at micro-Deval er definert som standard- eller referansemetode for bedømmelse av slitasje for grovt tilslag vil møllemetoden sannsynligvis i beste fall kun bli

tillatt brukt som en sekundær metode. Ved eventuelle tvister vil det være referansemetoden, dvs. micro-Deval, som er gjeldende.

- Alternativ 3. Innfør krav til micro-Deval fra dag en. Det er mulig at dette rent juridisk er den eneste alternative løsningen i og med at metoden er gjeldende standardmetode for bedømmelse av slitasjeegenskapene. For bære- og forsterkningslag er det gunstig at metoden også kan utføres på en grovere sortering (31.5/50 mm). Per i dag gjelder dette kun for standarden for jernbaneballast [11]. En justering av standarden for ubundne materialer til vegformål [4] med mulighet for også å teste på tilsvarende grovere sortering bør være en målsetting.

#### Krav på nivå til mølleverdi.

Eventuelle krav til mølleverdien for bære- og forsterkningslag. Et krav på maksimum mølleverdi på 19 anses som gunstig sett i forhold til tidligere krav til abrasjonsverdien, og hvis eksisterende kategoriinndeling skal benyttes. En grense på maksimum 23 vil muligens også være akseptabel, men da må kategoriinndelingen justeres.

#### Krav på nivå til micro-Deval verdi.

Eventuelle krav til micro-Deval verdien for bære- og forsterkningslag vil sannsynligvis måtte ligge i området 13-17. For ubundne masser [4] må derfor nivået på gjeldende kategoriinndelingen justeres. I et høringsutkast til revisjon av EN 13242:2002 er det foreslått en ny kategoriinndelingen (vedlegg 3) som vil tilfredsstillere de eventuelt nye kravene.

I Sverige er det ikke differensiert med hensyn til kravene for bære- eller forsterkningslag. Det bør vurderes om materiale, spesielt for nedre forsterkningslag, bør kunne godtaes med noe dårligere mølle- eller micro-Deval verdi.

Eventuelle krav, uavhengig av hvilken av de to testmetodene som velges, bør om ikke annet kontrolleres og justeres etter gjennomføring av det nevnte testprogrammet og ikke minst opp mot erfaringer man vil opparbeide fra felldata.

#### 4. REFERANSE

- [1] Statens vegvesen: Håndbok 018 Vegbygging. Vegdirektoratet, Oslo 1999.
- [2] Statens vegvesen: Håndbok 018 Vegbygging. Vegdirektoratet, Oslo 2005.
- [3] NS-EN 1097-9: Prøvningsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag – Del 9: Bestemmelse av motstand mot piggdekkslitasje. Nordisk metode, 1998.
- [4] NS-EN 13242: Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging, 2003.
- [5] NS-EN 1097-1: Prøvningsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag – Del 1: Bestemmelse av motstand mot slitasje (micro-Deval), 1993.
- [6] pr-EN 13043: Tilslag for bituminøse masser og overflatebehandlinger for veger, flyplasser og andre trafikkarealer, sep. 1997.
- [7] NS-EN 1097-8: Prøvningsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag – Del 8: Bestemmelse av poleringsverdi, 2000.
- [8] Vägverket: Vägverket krav till anläggnings ATB VÄG. VV Publikation 2000:111, 2000.
- [9] Vägverket: Vägverket krav till anläggnings AMA 98. Publikation 2005:150a, 2005.
- [10] Hunt, E.A.: Micro-Deval Coarse Aggregate Test Evaluation. Final Report SR 547. Oregon Department of Transportation, Research Group, 2001.  
[[http://www.oregon.gov/ODOT/TD/TP\\_RES/docs/Reports/MicroDeval.pdf](http://www.oregon.gov/ODOT/TD/TP_RES/docs/Reports/MicroDeval.pdf)]
- [11] pr-EN 13450: Tilslag for jernbaneballast, jan. 1999.
- [12] Bjarnason, G., Petursson, P., and Erlingsson, S.: Quality Assessment of Aggregates for Road Construction. Fragmentation, weathering and abrasion. NN.  
[[http://www.iii.is/aggregate/abstracts\\_11.pdf](http://www.iii.is/aggregate/abstracts_11.pdf)]
- [13] Kuula-Väisänen, P. and Kaivola, T.M. : Technical Requirements for Railway Ballast in Finland. Tampere University of Technology. NN.  
[[http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Pirjo/\\$file/Pirjo.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Pirjo/$file/Pirjo.pdf)]
- [14] Vuorinen, J.: The correlation between studded tyre test and Micro-Deval test. Tielaitoksen selvityksiä 32, 27pp, 1999.

- [15] Person, L. og Schouenborg, B.: Kvalitetsklassning av bergarter, N Stockholm, del 2. SP Rapport 1995:49, 1995.
- [16] Johansson, S.: Ändringar i ATB VÄG 2004. Travecon HB. Brodagen 18. aug. 2004. [<http://www.vv.se/filer/17591/%C3%84ndringar%20i%20ATB%20V%C3%84G%20004.pdf>]
- [17] Söderberg, C.: Micro-Deval or "Kulkvern"? 4th Nordic aggregate research conference, 27-28 nov. 1995. Espoo, Finland, 2pp, 1995.

## Vedlegg 1. Møllemetoden – micro-Deval

Testprosedyre	Møllemetoden <sup>1)</sup>	micro-Deval <sup>2)</sup>	micro-Deval <sup>3)</sup>
Standard testfraksjon	11,2/16 mm	10/14 mm	31.5/50 mm
Mellomsikt	14 mm	12.5 – 11.2 mm	40 mm
Prøvemengde	1000 g (korr. ift. densitet)	500 ± 2 g	10000 ± 20 g
Fordeling vekt	35% < 14 mm 65% > 14 mm	60-70% < 12.5 mm 30-40% < 11.2 mm	50% < 40 mm 50% > 40 mm
Kulevekt	7000 ± 10 g	5000 ± 5 g	Brukes ikke
Vannmengde	2.0 ± 0.01 l	2.5 ± 0,05 l	2.0 ± 0.05 l
Rotasjonshastighet	90 ± 3 omdr./min	100 ± 5 omdr./min	100 ± 5 omdr./min
Rotasjonstid	5400 ± 10 omdr. (60 min)	12000 ± 10 omdr. (120 min)	14000 ± 10 omdr.
Antall paralleller	2 (4 ved stort avvik)	2	2
Fraksjon for bestemmelse av mølleverdi (Mv) – micro-Deval	2 mm	1.6 mm	1.6 mm

Apparatur	Møllemetoden <sup>1)</sup>	micro-Deval <sup>2)</sup>	micro-Deval <sup>3)</sup>
Trommeldiameter, innside	206.5 ± 2 mm	200 ± 1 mm	200 ± 1 mm
Trommellengde, innside	335 ± 1 mm	154 ± 1 mm	400 ± 2 mm
Tykkelse på gods i trommelen	6 mm	3 mm	3 mm
Ribber i trommelen	3 stk. Krav til bytte ift vekt	Ingen	Ingen
Kuler	15 + 0.1/ - 0.5 med mer	10 ± 0.5 mm	Brukes ikke

1) - NS-EN 1097-9: Prøvmingsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag - Del 9: Bestemmelse av motstand mot piggdekkslitasje. Nordisk metode, 1998.

2) – NS-EN 1097-1: Prøvmingsmetoder for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag - Del 1: Bestemmelse av motstand mot slitasje (micro-Deval), 1993.

3) - pr-EN 13450: Tilslag for jernbaneballast, jan. 1999.



## Vedlegg 2. Korrelasjon mellom micro-Deval og møllemetoden.

I USA (Oregon) er det blitt utført korrelasjon mellom de to metodene for et fåtallig materialer med kjent kvalitet ut fra felt erfaring [10]. Pga omfattende bruk av piggedekk er slitasjeskadene på vegdekket i staten Oregon store. Tradisjonelt er Los Angeles ("abrasjon") testen blitt benyttet for å få fastlagt kvaliteten på tilslagsmaterialet i vegdekket.

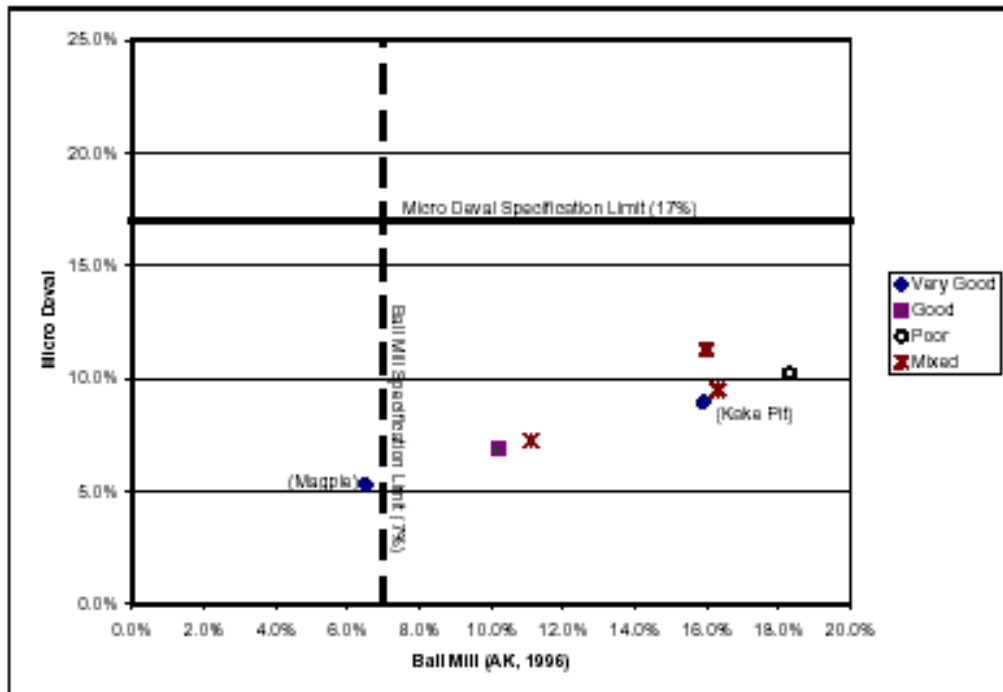


Figure 3.3: Micro-Deval test results compared to Nordic Ball Mill test results.

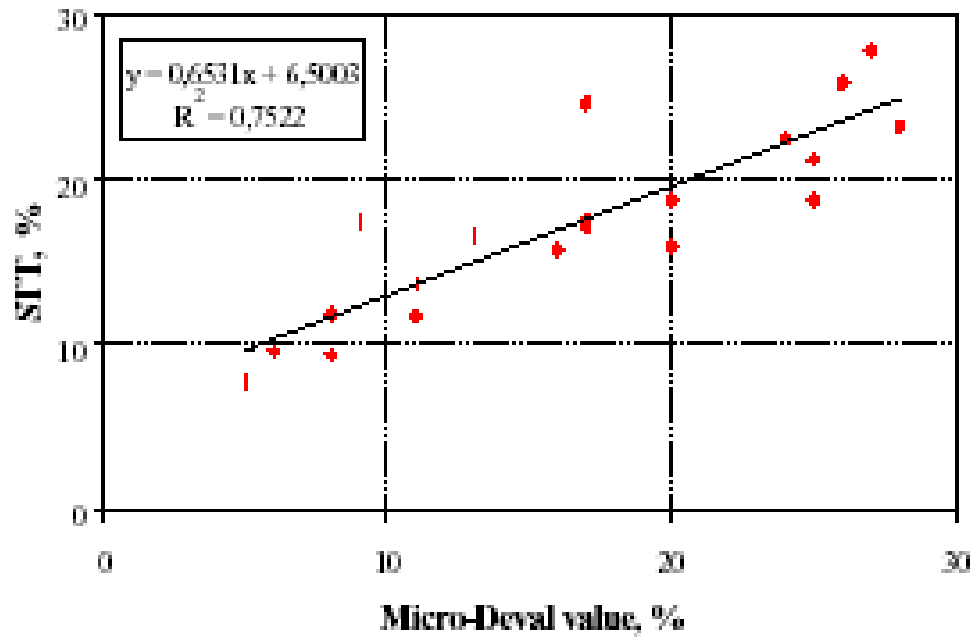
Hunt, E.A. 2001: *Micro-Deval Coarse Aggregate Test Evaluation. Final Report SR 547.*  
Oregon Department of Transportation, Research Group.

Følgende konklusjoner og anbefalinger er sakset ut fra rapporten:

Konklusjon: Basert på resultatene av micro-Deval testingen framkommer det at metoden ikke skiller bedre med hensyn til de abrasive egenskapene enn det som oppnås med Los Angeles testen. Til sammenlikning med møllemetoden klarer ikke micro-Deval testen å skille mellom forskjellig grad med slitasje. Møllemetoden derimot, klarer bedre å karakterisere tilslag med meget gode abrasive egenskaper.

Anbefalinger: Basert på denne konklusjonen er det anbefalt at videre undersøkelser blir utført med møllemetoden for identifisering av slitasjeegenskaper for tilslag.

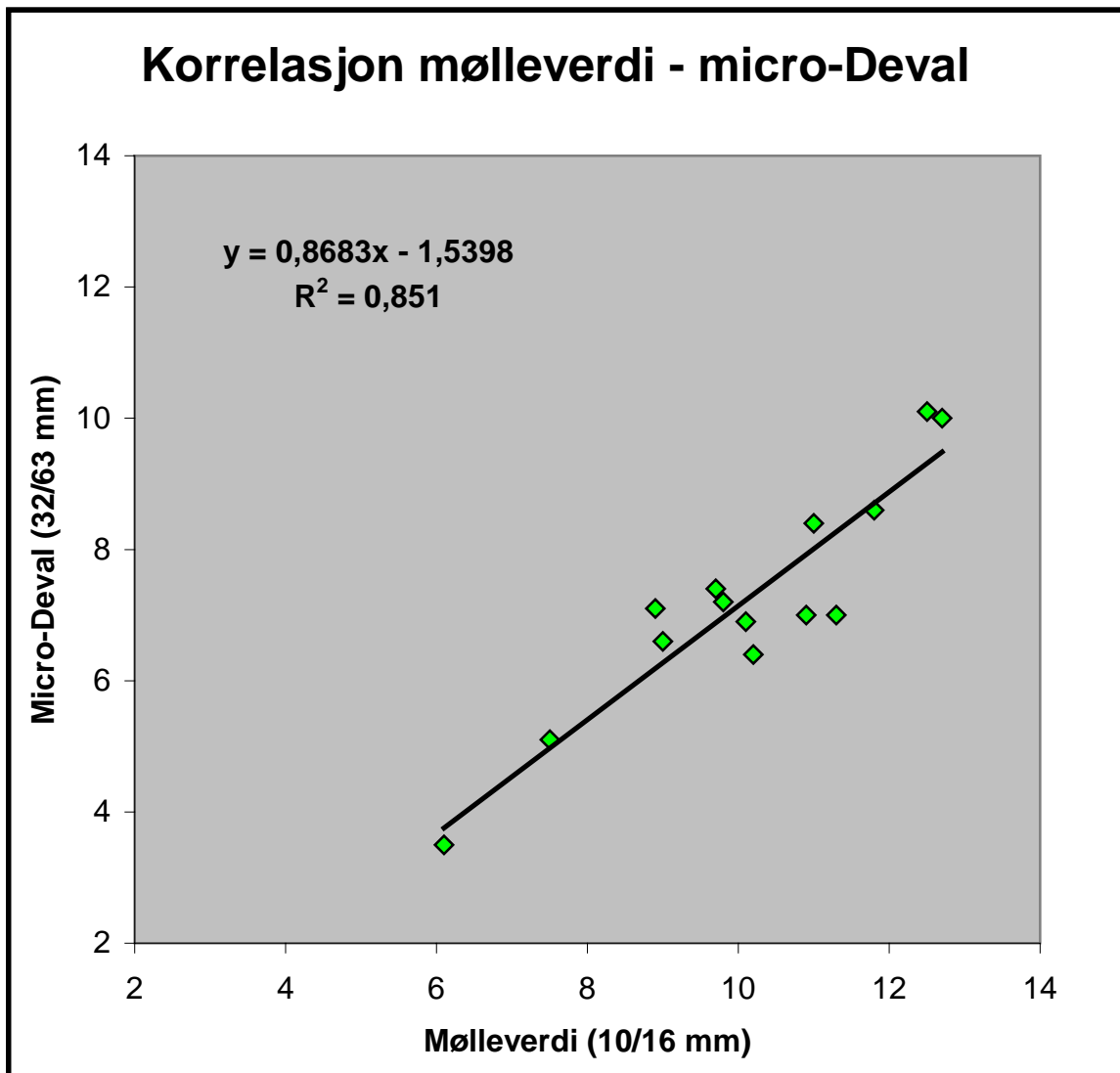
En islandske undersøkelse [12] viser tilsvarende bra samsvar mellom de to testmetodene:



**Figure 7. Correlation between the Studed Tire test (Nordic abrasion) and micro Deval test.**

*Bjarnason, G., Retursson, P. and Erlingsson, S. : Quality Assessment of Aggregates for Road Construction – Fragmentation, weathering and abrasion.*

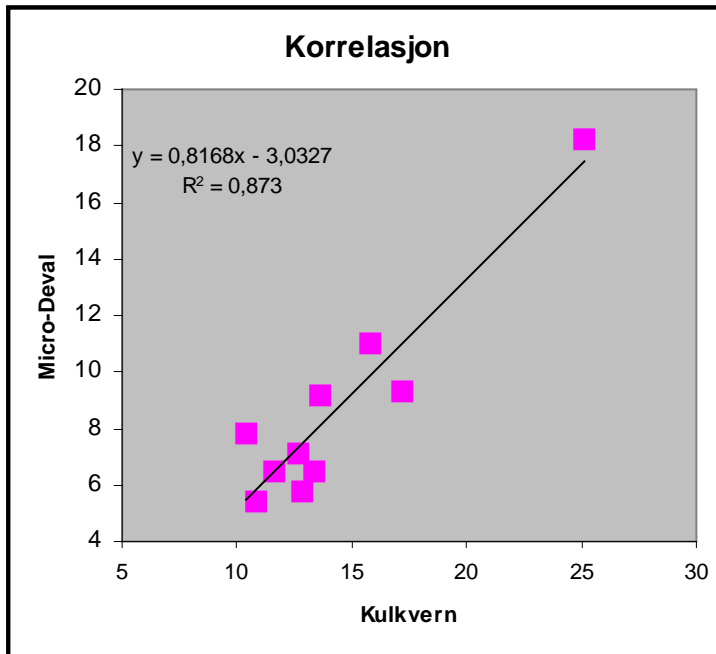
En finsk undersøkelse [13] for jernbanepukk og med noe grovere testfraksjon for micro-Deval gir følgende resultat:



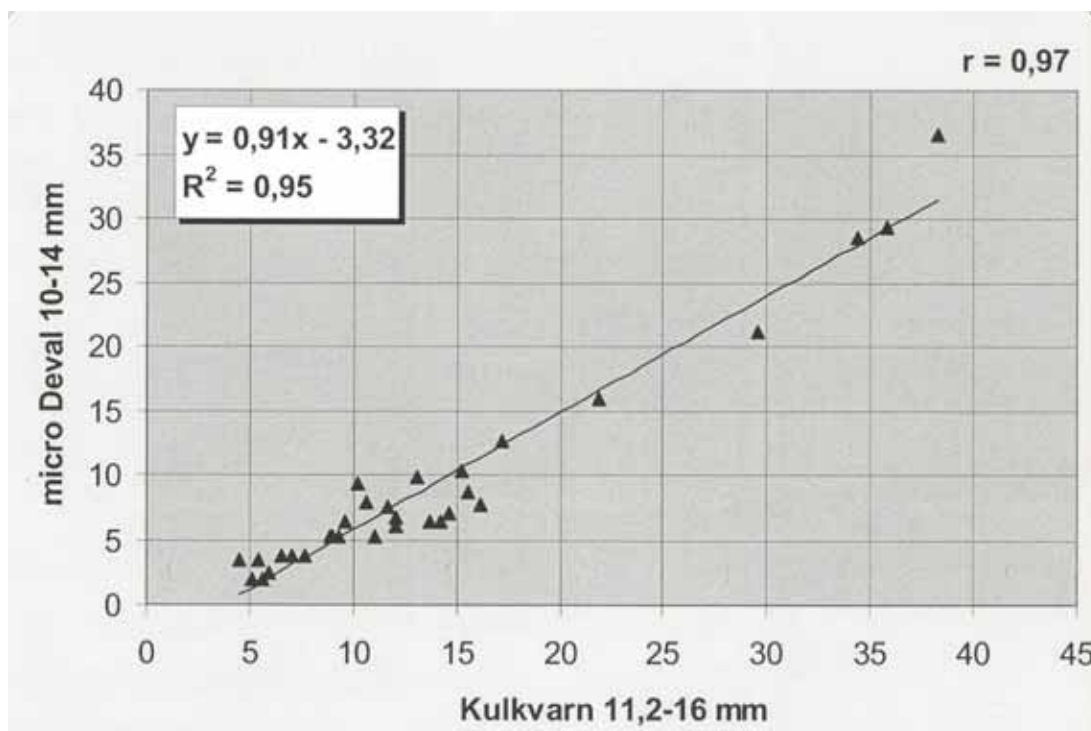
*Kuula-Väisänen, P. and Kaivola, T.M. : Technical Requirements for Railway Ballast in Finland. Tampere University of Technology.*

En annen finsk undersøkelse angir en korrelasjon i størrelsesorden 0.87-0.99 mellom de to testmetodene [14].

I Sverige viser tre undersøkelser følgende korrelasjon mellom de to parametrene:



Person, L. og Schouenborg, B. 1995: Kvalitetsklassning av bergarter, N Stockholm, del 2. SP Rapport 1995:49.



Johansson, S. 2004: Ändringar i ATB VÄG 2004. Travecon HB. Brodagen 18. aug. 2004.

Avhengig av bergartstype er det i en tredje undersøkelse angitt en korrelasjon på 0.97 [17].

### Vedlegg 3. Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging [4] – Abrasiv testmetode.

Motstand mot slitasje for grovt tilslag. Micro-Deval:

$M_{DE}$	Kategori
$\leq 20$	$M_{DE}20$
$\leq 25$	$M_{DE}25$
$\leq 35$	$M_{DE}35$
$\leq 50$	$M_{DE}50$
$> 50$	$M_{DE}$ Deklarert
Ingen krav	$M_{DE}ik$

$M_{DE}$  – micro-Deval koeffisient

I et høringsutkast til revisjon av EN 13242:2002 (Tilslag for mekanisk stabiliserte og hydraulisk stabiliserte materialer til bruk i bygg- og anleggsarbeid og vegbygging, mars 2006) er der foreslått følgende ny kategoriinndeling for micro-Deval:

$M_{DE}$	Kategori
$\leq 15$	$M_{DE}15$
$\leq 20$	$M_{DE}20$
$\leq 25$	$M_{DE}25$
$\leq 30$	$M_{DE}30$
$\leq 35$	$M_{DE}35$
$\leq 40$	$M_{DE}40$
$\leq 45$	$M_{DE}45$
$\leq 50$	$M_{DE}50$
$> 50$	$M_{DE}$ Deklarert
Ingen krav	$M_{DE}ik$

$M_{DE}$  – micro-Deval koeffisient

#### Vedlegg 4. Tilslag for bituminøse masser og overflatebehandlinger for veger, flyplasser og andre trafikkarealer [6] – Abrasive testmetoder.

Motstand mot abrasjon. Britiske "Aggregate abrasion test":

AAV	Kategori
$\leq 10$	AAV <sub>10</sub>
$\leq 15$	AAV <sub>15</sub>
$\leq 20$	AAV <sub>20</sub>
Ingen krav	AAV <sub>ik</sub>

AAV – Aggregate abrasion value

Motstand mot slitasje for grovt tilslag. Micro-Deval:

M <sub>DE</sub>	Kategori
$\leq 10$	M <sub>DE</sub> 10
$\leq 15$	M <sub>DE</sub> 15
$\leq 20$	M <sub>DE</sub> 20
$\leq 25$	M <sub>DE</sub> 25
$\leq 35$	M <sub>DE</sub> 35
Ingen krav	M <sub>DE</sub> ik

M<sub>DE</sub> – micro-Deval verdi

Motstand mot abrasjon fra piggdekk. Møllemetoden:

A <sub>N</sub>	Kategori
$\leq 7$	A <sub>N</sub> 7
$\leq 10$	A <sub>N</sub> 10
$\leq 14$	A <sub>N</sub> 14
$\leq 19$	A <sub>N</sub> 19
$\leq 30$	A <sub>N</sub> 30
Ingen krav	A <sub>N</sub> ik

A<sub>N</sub> – mølleverdien

## Vedlegg 5. Tidligere svenske krav til vegmateriale fram til 2003/04 [8].

(Vägverket krav till anläggnings ATB VÄG. VV Publikation 2000:111)	ÅDT				
	< 500	500-1500	1500-3500	3500-7000	> 7000
<b>Asfaltdekke</b>					
Flisighetstal	1.25-1.50	1.25-1.45	1.25-1.45	1.25-1.40	1.25-1.40
Mølleverdi, $A_N$	$\leq 18$	$\leq 18/14^*$	$\leq 14/9^*$	$\leq 9$	$\leq 6$
Slipvård	-	$\leq 3.2$	$\leq 2.3$	$\leq 1.8$	$\leq 1.4$
Sprødhetsal	$\leq 50$	$\leq 50$	$\leq 50$	$\leq 50/45^*$	$\leq 45$
<b>Grusdekke</b>					
Micro-Deval verdi, $M_{DE}$	7-30	< 14 bør unngås pga. fare for rullegrus			
Mølleverdi, $A_N$	11-37	< 19 bør unngås pga. fare for rullegrus			
<b>Bitumenstabiliserte bærelag</b>					
Flisighetstal	1.25-1.50/1.45*	1.25-1.45	1.25-1.45		
Mølleverdi, $A_N$	$\leq 30/18^*$	$\leq 30$	$\leq 10$		
Sprødhetsal	$\leq 50$	$\leq 50$	$\leq 50$		
<b>Ubundet bærelag på vegger med fastdekke</b>					
Micro-Deval verdi, $M_{DE}$			$\leq 17$		
Mølleverdi, $A_N$			$\leq 23$		
Micro-Deval verdi, $M_{DE}^{**}$			$\leq 30$		
Mølleverdi, $A_N^{**}$			$\leq 37$		
<b>Ubundet bærelag på vegger med grusdekke</b>					
Micro-Deval verdi, $M_{DE}$			$\leq 30$		
Mølleverdi, $A_N$			$\leq 37$		
<b>Forstærkningslag på vegger med fastdekke</b>					
Micro-Deval verdi, $M_{DE}$			$\leq 17$		
Mølleverdi, $A_N$			$\leq 23$		
Micro-Deval verdi, $M_{DE}^{**}$			$\leq 30$		
Mølleverdi, $A_N^{**}$			$\leq 37$		
<b>Forstærkningslag på vegger med grusdekke</b>					
Micro-Deval verdi, $M_{DE}$			$\leq 30$		
Mølleverdi, $A_N$			$\leq 37$		

ÅDT - For asfaltdekker: Justert årsgjennsnittstrafikk per kjørefelt. For bitumenstabiliserte bærelag: Årsgjennsnittstrafikk for tunge kjøretøy per kjørefelt. \* - Avvik avhengig av type resept, \*\* - Hvis bærelag eller forstærkningslaget ikke trafikkeres.

## Vedlegg 6. Svenske krav til vegmateriale, innført fra 2004 [9].

(Vägverkest krav till anläggnings AMA 98. Publikation 2005:150a)	ÅDT				
	< 500	500-1500	1500-3500	3500-7000	> 7000
<b>Asfaltdekke</b>					
Flisighetsindeks, FI <sub>(≥ 4mm)</sub>	≤ 20	≤ 20	≤ 20	≤ 20/15*	≤ 15
Mølleverdi, A <sub>N</sub>	≤ 19.0/14.0*	≤ 14.0	≤ 14.0/10.0*	≤ 10.0/7.0*	≤ 7.0
Los Angeles-verdi, LA	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25/20*	≤ 20
<b>Grusdekke</b>					
Micro-Deval verdi, M <sub>DE</sub>	≤ 35				
Los Angeles-verdi, LA	≤ 40				
Andel fri glimmer ****	≤ 40%				
<b>Bitumenstabiliserte bærelag</b>					
Flisighetsindeks, FI <sub>(≥ 4mm)</sub>			≤ 20		
Micro-Deval verdi, M <sub>DE</sub>			≤ 15		
Micro-Deval verdi, M <sub>DE</sub> **			≤ 10		
Los Angeles-verdi, LA			≤ 25		
<b>Ubundne bærelag på vegger med fastdekke</b>					
Micro-Deval verdi, M <sub>DE</sub>			≤ 20		
Micro-Deval verdi, M <sub>DE</sub> ***			≤ 25		
Los Angeles-verdi, LA			≤ 40		
Andel fri glimmer ****			≤ 50%		
<b>Ubundne bærelag på vegger med grusdekke</b>					
Micro-Deval verdi, M <sub>DE</sub>	≤ 35				
<b>Forstekningslag på vegger med fastdekke</b>					
Micro-Deval verdi, M <sub>DE</sub>			≤ 20		
Micro-Deval verdi, M <sub>DE</sub> ***			≤ 25		
<b>Forstekningslag på vegger med grusdekke</b>					
Micro-Deval verdi, M <sub>DE</sub>			≤ 35		

ÅDT - For asfaltdekker: Justert årstdøgnstrafikk per kjørefelt. For bitumenstabiliserte bærelag: Årstdøgnstrafikk for tunge kjøretøy per kjørefelt.

\* - Avvik avhengig av type asfaltdekke, \*\* - Ved trafikk i løpet av en vinter eller lengre enn 8 måneder, \*\*\* - Hvis bærelaget ikke trafikkeres, \*\*\*\* - Undersøkes på fraksjonen 0.125/0.25mm for følgende bergarter: granitt med >30% glimmer, syenitt, granodioritt, amfibolitt, gneis, metagråvakke og skifer (glimmerskifer, klorittskifer, grønnskifer og fyllitt).



## Vedlegg 7. Tilslag for jernbaneballast [11] – Abrasiv testmetode.

Motstand mot slitasje. Micro-Deval:

$M_{DE}$	Kategori
$\leq 7$	$M_{DE7}$
$\leq 11$	$M_{DE11}$
$\leq 15$	$M_{DE15}$
Ingen krav	$M_{DEik}$

$M_{DE}$  – micro-Deval koeffisient