

# **MÅLEVOGN FOR KALIBRERING AV RULLERØVERE**

**Prosjektnummer 601067**  
**Vegdirektoratet / Bremsesakademiet Svein Svenningsen**

## **SLUTTRAPPORT**

Oslo, november 2004  
Svein Svenningsen / Teje Moen

## **Bakgrunn**

I periodisk kontroll av tunge kjøretøyer med trykkluftmekaniske bremses skal bremsevirkningen ved tillatt totalvekt beregnes ut fra målinger med ulastede eller delastede kjøretøyer.

På denne bakgrunn har Vegdirektoratet gjort en sammenligning av ca. 50 rulleprøvere i Agderfylkene og i Rogaland. Lastebileierforbundet har gjort to undersøkelser i Oslo-området. Alle undersøkelsene tyder på at det er forskjeller mellom de enkelte rulleprøvere og det stilles spørsmål ved om kalibrering og justering av rulleprøverene utføres riktig. Det har derfor vært tenkt på om det skulle være mulig å lage et verktøy som kunne kalibrere rulleprøverene direkte ved å sammenligne bremsekraft målt på rulleprøverene med bremsekraft målt av en kalibreringsvogn som stilles på rullene og bremses som en vanlig aksel. Det er laget en slik målevogn i Finland, bygd på en toakslet 20 tonns tilhenger og det foreligger et patent i Tyskland med en måleaksel bygd på en kassevogn.

Bremseakademiet har laget en målevogn basert på en skivebremset 11 tonns tilhengeraksel og laget slik at den kan fraktes og bukses på og av rulleprøverene med en personbil. Belastning av akselen skjer ved et nedtrekkssystem forankret i graven under rulleprøverene.

I prosjekt 601067 har Vegdirektoratet finansiert utprøving av målevognen for å bringe på det rene om den kan brukes til slik "direkte kalibrering" av rulleprøvere.

## **Prosjektbeskrivelse:**

"Prosjektet består i utprøving av Bremseakademiets patentsøkte "Målevogn for kalibrering av rulleprøvere" og skal gi svar på om målevognen kan brukes til "direkte kalibrering" av rulleprøvere som brukes i periodisk kontroll av tyngre kjøretøyer, med tilstrekkelig nøyaktighet.

Prosjektet vil omfatte undersøkelser, oppmåling og prøving for å fastlegge måleprosedyrer, videre gjøre eventuelle justeringer av målevogn/utstyr samt kalibrere et antall rulleprøvere etter nærmere avtale med oppdragsgiver når måleprosedyrer er fastlagt og målevognen er operativ."

## **Gjennomføring av prosjektet**

Første del av prosjektet bestod i å modifisere opprinnelig utførelse av målevognen til den utførelse som skulle brukes ved måling av et antall rulleprøvere som var avtalt. Denne modifiseringen bestod bl.a. å gå over til kompakthjul for å ha bedre kontroll på hjulenes virksomme radius.

Andre del av prosjektet bestod i måling av 11 rulleprøvere i Oslo-området.

**Utførelse av målevognen før målingene som var avtalt i prosjektet:**

Målevognen består av en 11 tonns tilhengeraksel med skivebrems som opereres med trykkluft fra hallens anlegg. Den har singelmonterte hjul med kompaktgummi, hjuldiameter ca. 650 mm.

Under akselen er det med draband festet to ben fremover, ca 1 m lange, med en tverrbjelke i enden, kalt målearmen. Ben og tverrbjelke er av rektangulære rør 80x140.

Oppå akselen som er rund med diameter 146 mm, ligger en belastnings-og støtteramme som via et arrangement med kulelager kan overføre belastning til akselen med et minimum av friksjon, slik at målearmen (med akselen) kan beveges med så liten motstand at det ikke regnes å ha innvirkning på målingen. Belastnings-og støtterammen består av en kanal 180 som ligger over og langsetter akselen med en kulelagerenhet festet under i hver ende og overfører belastningen til akselen via disse. På denne kanalen er det påsveist to ben parallelle med målearmens ben, med en tverrbjelke på fremre ende. På hver ende av denne tverrbjelken er det påsatt justerbare støtteben. Belastnings-og støtterammen er like lang som målerammen og er sammensveist av rektangulære rør 80x140.

Belastningen påføres med to hydrauliske sylindere med stempeldiameter 25,4 mm og en hydraulisk pumpe som gir opp til 600 bar. Dette gir en belastning på 10,33 kg aksellast pr.bar. Sylindrene står på kanalen som ligger over akselen og presser mot en spesialutformet bjelke som ligger over og langsetter kanalen. Denne bjelken er forankret med 10 mm kjetting i graven under rulleprøveren ved hjelp av en eller to bjelker på tvers. Når rulleprøveren har nedtrekkssystem, forankres det i dette. Det er foreløpig ikke laget noe system for forankring når rulleprøveren ikke ligger over grav. For å ha kontroll med aksellastens størrelse, måles trykket fra pumpen med et manometer.

Under de regulerbare støttebenene foran ligger det ruller som tillater en viss forskyvning av belastningsrammen med et minimum av friksjon, når akselen går bakover ved bremsing.

Målerammen "henger" i en vekt.som er festet i belastningsrammen foran. Vekten har digital fjernvisning.

På enden av målerammen kan det påsettes et rør med tilhengerfeste for 50 mm kule og hele målevognen kan bukses med en bil.

For frakt av målevognen er det laget en tilhenger med vinsj og 1500 kg totalvekt. På tilhengeren monteres en avtagbar ramme med kjørebroer som målevognen vinsjes opp på. Tilhenger med ramme, målevogn og utstyr kan trekkes av en passende personbil.

### **Gjennomføring av målingene.**

Målingen har foregått ved at sammenhørende verdier for bremsekrefter på rulleprøverens viserinstrument og vektens visning fotograferes med et digitalt kamera og avleses av utskrifter fra en PC etter at målingene er ferdige. For å kunne kontrollere og sammenligne, er det også foretatt visuell avlesning av rulleprøverens viserinstrumenter og vektens viserinstrument under prøvingen. Ved noen målinger var fotoapparatet ute av funksjon slik at det da bare er visuelle avlesninger mens målingene pågikk.

Siden målevognen ikke måler rullemotstanden, må denne avleses på rulleprøverens viserinstrument ved den ønskede aksellast uten brems og trekkes fra de avleste verdier for bremsekraft på rulleprøveren. Rullemotstanden antas å være den samme under bremsing når nedtrekkskraften holdes konstant. Manometertrykket har imidlertid i noen av målingene økt noe ved økende bremsekraft. Økningen har maksimalt ligget mellom 10 og 20 bar fra 0 brems til en bremsekraft på ca. 2000 daN. Det kan se ut som forankring med en eller to bjelker og rulleprøverens geometri spiller en rolle. På grunn av at dette har variert, men har vært ganske beskjedent, er det ikke tatt hensyn til det i beregningene. Den "rullemotstanden" som målevognen måler, er hovedsakelig lagerfriksjon og eventuell "subbing" av bremseklossene og blir trukket fra ved at vekten "nulles" før bremsing..

Hjulenes virksomme radius,  $H$ , må fastlegges for å kunne beregne målevognens bremsekraft. Virksom hjulradius regnes å være ubelastet radius minus inntrykningen,  $F$ , i kompaktgummien.  $F$  måles i løpet av målingene mens rullene står stille ved å måle avstanden fra rullene som hjulene står på, til motstående felgkant og tilsvarende fra medløpsrullen. Forskjellen blir inntrykningen. Dersom det er forskjell mellom høyre og venstre hjul, brukes gjennomsnittet. Det er forskjell på rullenes overflatene og dette gir forskjellig inntrykning i gummiene. Disse forskjellene gjør også måling av inntrykning og dermed hjulradien noe usikker. På ruller med langsgående riller er det målt til toppen av den rillen som er nærmest midten av hjulets berøringsflate mot rullen. På ruller som har en glatt ståloverflate med noe som ligner "sveisesprut" pålagt for å oppnå god friksjon, er det målt til den glatte overflaten. Den pålagte "sveisesprut" er da trykket inn i gummiene. På ruller som har en glatt overflate av asfaltlignende belegg, er det målt til denne overflaten.

Når hjulradien er fastlagt, kan målevognens bremsekraft beregnes ut fra målearmens lengde og vektens visning og sammenholdes med rulleprøverens.

Målingene er gjort i serier med noe tilfeldige antall målinger mens bremsetrykket holdes konstant. Før hver serie slippes bremsekraften av og aksellasten kontrolleres og justeres hvis nødvendig.

Det er valgt bare å måle ved en samlet bremsekraft mellom 2000 og 3000 daN på rulleprøverens viserinstrument. Dette er i hovedsak for å spare kompaktgummien på hjulene fordi det er tydelig at med høyere aksellast og større bremsekraft, går det hardt ut over gummiene. Imidlertid skjer oppregningen for ulastede kjøretøyer i periodisk kontroll ved bremsekraft i dette område slik at målenivået er noenlunde realistisk.

### **Beregninger:**

Målerammens lengde L fra akselsenter til senter festepunkt: 1108 mm  
Hjulenes radius er i ubelastet tilstand målt til 325 mm. Den virksomme radien blir:

$$H = 325 - F \text{ mm}$$

Ut fra dette beregnes målevognens faktor, M, dvs. det tall som den avleste verdi, P, på vekten må ganges med for å få bremsekraften målt med målevognen.

M beregnes som følger:

$$\text{Bremsekraft målevogn, } B_M \text{ (daN)} = M \times P \text{ (kg)}$$

$$M = \frac{L \text{ (mm)} \times 0,981}{H \text{ (mm)}} = \frac{1108 \times 0,981}{H} = \frac{1086,948}{H}$$

For å sammenligne målevognens resultater med rulleprøverens, beregnes en rulleprøvefaktor, R, som er forholdet mellom bremsekraften målt med målevognen og bremsekraften målt på rulleprøveren. Rulleprøvefaktoren blir da det tall som rulleprøverens bremsekraft skal ganges med for å få samme bremsekraft som målevognen.

$$R = \frac{\text{Målevognens bremsekraft, } B_M \text{ (daN)}}{\text{Rulleprøverens sum bremsekraft, } B_{SUM} \text{ (daN)} - \text{sum rullemotstand, } R_M \text{ (daN)}}$$

### Mulige feil:

- 1 mm feil i virksom hjulradius H, utgjør ca. 0,003 på rulleprøverfaktoren. Det er usikkert hvor stor feil som ligger i måling av inntrykning, men den antas å måtte være under 3 mm, dvs. 0,009 på rulleprøverfaktoren.
- En økning på ca. 20 bar i det hydrauliske systemet ved en bremsekraft på ca. 2000 daN på rulleprøveren, øker aksellasten fra ca 5000 kg til 5200 kg. Dette gir en økning i rullemotstanden på ca. 10 daN. Ved å neglisjere denne, blir feilen i rulleprøverfaktoren ca. 0,006.
- Avlesning av rulleprøverens visning:  
Rulleprøverens viserinstrument har deling på 50 eller 100 daN. Avlesningsusikkerheten er antageligvis minst 5 daN, men neppe over 10 daN. Siden det avleses to viserinstrumenter, vil en avlesningsfeil på 10 daN gi en maksimal feilavlesning på 20 daN, noe som gir en forskjell i rulleprøverfaktor på ca. 0,012. Med 5 daN feil blir forskjellen ca 0,006.
- Viserinstrumentet til vekten som måler kraften fra bremsemomentet i målearmen, viser hele kg, dvs. maksimal avlesningsfeil er 0,5 kg, noe som tilsvarer ca. 0,0003 i rulleprøverfaktoren.
- Ut fra dette, må det regnes med en måleunøyaktighet på  $\pm 0,025$  på rulleprøverfaktoren.

### Gjennomførte målinger

Med målevognen i den foran beskrevne utførelse ble det gjort målinger på følgende steder: 14/7 og 2/8 Oslo trafikkstasjon (Rullesett 1 i løp 8 begge gangene), 22/7 Jessheim trafikkstasjon, 23/7 Scania på Kløfta, 26/7 Bertel O. Steen på Lørenskog (to rullesett), 27/7 Scania Oslo (to rullesett), 28/7 Volvo Truck Oslo (to rullesett), 29/7 Oslo vei, og 30/7 Tine, i alt 12 målinger på 11 rulleprøvere.

Rullemotstanden ble avlest ved den aktuelle aksellast uten brems og denne verdien er brukt ved utregningen for alle målinger.

Under målingene ble det brukt den belastning som var nødvendig for å få ut en samlet bremsekraft på vel 2000 daN på rulleprøveren. Dette var 4 – 5 tonn aksellast. Avlesningene er gjort visuelt på stedet samt at viserinstrumentene er fotografert med digitalt kamera og avlesningen foretatt fra utskriftene.

## **Kommentarer til målingene**

På grunn av at målevognen opprinnelig var konstruert for vanlige luftfylte gummihjul med en radius på 465 mm, ble den veldig lav da det ble skiftet til kompakthjul med radius 325 mm. Dette gjør at når målearmen skal være horisontal under målingene, kommer tverrbjelken på framenden veldig nær stålkanten som mange graver har, for at man ikke skal kjøre ned i grava. Ved målingene på Tine ble det oppdaget at målearmen muligens kunne ha vært nedpå gravkanten under målingene noe som kanskje kan forklare at serie 1 og 5 er noenlunde like, men klart forskjellig fra seriene 2,3,4 og 6. For senere bruk vil målearmen bli innfestet høyere på akselkroppen slik at det blir bedre klaring mot gravkanter mv.

Det er større forskjeller mellom seriene på noen steder enn på andre. Det er ingen forklaring på dette.

Det ser ut til at resultatene ved avlesning av måleverdier under prøvingen gir noenlunde samme resultater som fotoavlesning. Dette medfører at senere målinger bare vil bli avlest fra foto fordi dette er vesentlig enklere og tidsbesparende.

Avviket fra gjennomsnittsverdiene for rulleprøvefaktoren fra målingene ser ut til å ligge under 0,03 og stemmer noenlunde med det som er sagt foran.

Det er antagelig mulig å "forfine" målingene noe ved å endre på systemet for nedtrekk slik at kjettingene ikke "låser" på kanten på kanalen over akselen samt å følge opp aksellasten under måling slik at den er konstant under alle bremsinger.

## **Konklusjon**

Prosjektet skulle gi svar på om målevognen kunne brukes til "direkte kalibrering" av rulleprøvere, dvs. om den aktuelle rulleprøver kan tildeles en rulleprøvefaktor som bremsekraften målt på rulleprøveren skal ganges med for å få "riktig verdi", les målevognens verdi.

Det foreligger ingen "fasit" for måling av bremsekraft på rulleprøver. Det ligger en usikkerhet i om fremgangsmåten for kalibrering og justering av rulleprøveren er nøyaktig nok og om utførelsen er foretatt etter anvist fremgangsmåte og med god nok nøyaktighet.

Det er ingen åpenbar feil i teorien som ligger til grunn for bruk av målevognen til å måle bremsekraft på rulleprøver. I grunnlaget for målingene er det påvist feilkilder som i størrelsesorden stemmer med de praktiske resultater.

De utførte målinger viser at det er en gjennomsnittlig spredning i måleresultater på ca.  $\pm 0,025$  forhold til gjennomsnittsverdien for rulleprøverfaktoren

Ved å tildele alle rulleprøvere en rulleprøverfaktor ut fra måling med målevognen, vil alle rulleprøvere måle innenfor ca.  $\pm 2,5\%$  i forhold til "riktig" verdi, dvs. målevognens. I alle tilfelle vil de forskjellige rulleprøvere bli like innenfor dette toleranseområdet noe som vil ha betydning i periodisk kontroll av tunge kjøretøyer.

### Tabeller:

I de etterfølgende tabeller fra 1 – 12 er alle prøveverdier og de utregnede verdier oppført.

Benevnelser i tabellene:

$B_V$  = Bremskraft venstre hjul på rulleprøver

$B_H$  = Bremskraft høyre hjul på rulleprøver

$B_{SUM}$  = Sum bremskraft på rulleprøver

$R_M$  = Sum rullemotstand på rulleprøver

$B_M$  = Bremskraft målevogn = Avlesning på vekt x faktor M

$$R = \text{Rulleprøverfaktor} = \frac{B_M}{B_{SUM} - R_M}$$

(R er den faktor man må gange rulleprøverens bremskraft med for å få den lik målevognens bremskraft)

$R_{Gj\text{sn}}$  = Gjennomsnittlig rulleprøverfaktor

### Vedlegg:

5 fotografier som viser målevognen koblet til bil, belastningssystemet, innretningen for overføring av belastning på akselen, oppheng av dynamometeret og et eksempel på fotografi av rulleprøverens viserinstrumenter sammen med vektens viserinstrument.



Tabell 1. Målinger på Oslo trafikkstasjon 14/7-04  
 Rullemotstand 250 daN  
 Innpresning F = 5 mm, dvs. faktor M = 3,4

Rulleprøver						Målevogn		Rullepr.faktor	
	B <sub>V</sub> daN	B <sub>H</sub> daN	B <sub>SUM</sub> daN	R <sub>M</sub> daN	B <sub>SUM</sub> - R <sub>M</sub> daN	Vekt kg	B <sub>M</sub> daN	R	R <sub>Gjsn</sub>
<b>Serie 1</b>									
Visuell avlesning	1050	1000	2050	250	1800	595	2023	1,12	1,114
	1075	1025	2100	250	1810	608	2067	1,12	
	1130	1100	2230	250	1980	649	2207	1,11	
	1140	1100	2240	250	1990	649	2207	1,11	
	1050	1110	2260	250	2010	654	2224	1,11	
<b>Serie 2</b>									
Visuell avlesning	1050	1000	2050	250	1800	582	1979	1,10	1,108
	1050	1010	2060	250	1810	590	2006	1,11	
	1060	1010	2070	250	1820	591	2009	1,10	
	1060	1010	2070	250	1820	595	2023	1,11	
	1080	1020	2100	250	1850	605	2057	1,11	
	1100	1030	2130	250	1880	615	2091	1,11	
	1100	1040	2140	250	1890	617	2098	1,11	
	1110	1050	2160	250	1910	625	2125	1,11	
1120	1060	2180	250	1930	630	2142	1,11		

Visuell avlesning:  $R_{Gjsn} = 1,11$  ( Maks 1,12 / Min 1,10)

Tabell 2. Målinger på Jessheim trafikkstasjon 22/-04.

Rullemotstand: 180 + 180 = 360 daN

Innpresning F= 6,5 mm dvs. Faktor M = 3,41

Rulleprøver						Målevogn		Rullepr.faktor	
	B <sub>V</sub> daN	B <sub>H</sub> daN	B <sub>SUM</sub> daN	R <sub>M</sub> daN	B <sub>SUM</sub> - R <sub>M</sub> daN	Vekt kg	B <sub>M</sub> daN	R	R <sub>Gjsn</sub>
<b>Serie 1</b>									
Foto 1	960	1000	1960	360	1600	---	---	---	1,115
Foto 2	980	1000	1980	360	1620	528	1800	1,11	
Foto 3	950	1030	1980	360	1620	531	1811	1,12	
<b>Serie 2</b>									
Foto 4	1040	1100	2140	360	1780	---	---	---	1,145
Foto 5	1020	1090	2110	360	1750	591	2015	1,15	
Foto 6	1040	1090	2130	360	1770	593	2022	1,14	
Visuell avlesning	1060	1100	2160	360	1800	595	2029	1,13	1,127
	1080	1120	2200	360	1840	608	2073	1,13	
	1090	1130	2220	360	1860	610	2080	1,12	
Foto 7	1020	1030				---			1,115
Foto 8	1000	1030	2030	360	1670	540	1842	1,10	
Foto 9	1020	1020	2040	360	1680	556	1846	1,13	
<b>Serie 3</b>									
Visuell avlesning	1050	1050	2100	360	1740	569	1940	1,11	1,098
	1080	1080	2160	360	1800	575	1960	1,09	
	1080	1080	2160	360	1800	576	1964	1,09	
	1090	1090	2180	360	1820	585	1995	1,10	
Foto 10	1090	1100				---			1,115
Foto 11	1060	1100	2160	360	1800	594	2026	1,13	
Foto 12	1100	1090	2190	360	1830	588	2005	1,10	

Visuell avlesning:  $R_{Gjsn} = 1,11$  (Maks. 1,13 / Min.1,09)Avlesning av foto:  $R_{Gjsn} = 1,122$  (Maks. 1,15 / Min.1,10)

Tabell 3. Målinger på Scania Kløfta 23/7-04

Rullestand 125 + 120 = 245 daN

Innpresning  $F = 8 / 9,5 = 8,75$  mm dvs. Faktor  $M = 3,44$ 

Rulleprøver						Målevogn		Rullepr.faktor	
	B <sub>V</sub> daN	B <sub>H</sub> daN	B <sub>SUM</sub> daN	R <sub>M</sub> daN	B <sub>SUM</sub> - R <sub>M</sub> daN	Vekt kg	B <sub>M</sub> daN	R	R <sub>Gjsn</sub>
<b>Serie 1</b>									
Visuell avlesning	980	1050	2030	245	1785	580	1995	1,12	1,107
	1000	1090	2090	245	1845	593	2040	1,11	
	1025	1120	2145	245	1900	603	2074	1,09	
Foto 1	1080	1130	2210	245	1965	641	2205	1,12	1,117
Foto 2	1090	1140	2220	245	1975	647	2226	1,13	
Foto 3	1140	1150	2290	245	2045	656	2257	1,10	
<b>Serie 2</b>									
Visuell avlesning	1080	1080	2160	245	1915	628	2160	1,13	1,13
	1090	1100	2190	245	1945	637	2191	1,13	
	1100	1120	2220	245	1975	650	2236	1,13	
Foto 4	1130	1160	2290	245	2045	673	2315	1,13	1,125
Foto 5	1140	1200	2340	245	2095	680	2339	1,12	
<b>Serie 3</b>									
Visuell avlesning	1050	1060	2110	245	1865	615	2116	1,13	1,13
	1050	1070	2120	245	1875	625	2150	1,15	
	1080	1100	2180	245	1935	640	2202	1,14	
	1090	1120	2210	245	1965	648	2229	1,13	
Foto 6	1100	1120	2220	245	1975	652	2243	1,14	1,14
Foto 7	1100	1140	2240	245	1995	659	2267	1,14	
<b>Serie 4</b>									
Visuell avlesning	1020	1020	2040	245	1795	594	2043	1,14	1,133
	1030	1030	2060	245	1815	595	2047	1,13	
	1040	1040	2080	245	1835	601	2067	1,13	
Foto 8	1050	1040				---			1,13
Foto 9	1040	1050	2090	245	1845	605	2081	1,13	
Foto 10	1050	1050	2100	245	1855	609	2095	1,13	
<b>Serie 5</b>									
Foto 11	1260	1270				---			1,13
Foto 12	1290	1290	2580	245	2335	765	2632	1,13	
Foto 13	1290	1280	2570	245	2325	765	2632	1,13	
Visuell avlesning	1290	1290	2580	245	2335	757	2604	1,12	1,115
	1450	1500	2950	245	2705	870	2993	1,11	
Foto 14	1450	1470	2920	245	2675	882	3034	1,13	

Visuell avlesning:  $R_{Gjsn} = 1,122$  (Maks 1,15 / Min 1,09)Avlesning av foto:  $R_{Gjsn} = 1,127$  (Maks 1,14 / Min 1,10)

Tabell 4. Målinger hos Bertel O Steen, Lørenskog 26/7-04

**Rullesett 1**

Rullemotstand: 360 daN

Innpresning  $F = 8$  mm, dvs. faktor  $M = 3,43$ 

Rulleprøver						Målevogn		Rullepr.faktor	
	B <sub>V</sub> daN	B <sub>H</sub> daN	B <sub>SUM</sub> daN	R <sub>M</sub> daN	B <sub>SUM</sub> - R <sub>M</sub> daN	Vekt kg	B <sub>M</sub> daN	R	R <sub>Gjsn</sub>
<b>Serie 1</b>									
Visuell avlesning	1050	1050	2100	360	1740	440	1509	0,87	0,868
	1050	1075	2125	360	1765	445	1526	0,86	
	1100	1075	2175	360	1815	464	1592	0,88	
	1150	1100	2250	360	1890	474	1626	0,86	
Foto 1	1110	1220	2330	360	1970	481	1650	0,84	0,863
Foto 2	1100	1190	2290	360	1930	485	1664	0,86	
Foto 3	1130	1190	2320	360	1960	509	1746	0,89	
<b>Serie 2</b>									
Visuell avlesning	1000	1100	2100	360	1740	463	1588	0,91	0,897
	1050	1100	2150	360	1790	468	1605	0,89	
	1050	1100	2150	360	1790	467	1602	0,89	
Foto 4	1130	1240	2370	360	2010	512	1756	0,87	0,883
Foto 5	1140	1160	2300	360	1940	505	1732	0,89	
Foto 6	1110	1280	2390	360	2030	521	1787	0,89	
<b>Serie 3</b>									
Visuell avlesning	980	1050	2030	360	1670	430	1475	0,88	0,88
	980	1060	2040	360	1680	432	1482	0,88	
	990	1060	2050	360	1690	434	1489	0,88	
	990	1070	2060	360	1700	436	1495	0,88	
Foto 7	990	990	1980	360	1620	432	1482	0,91	0,897
Foto 8	1000	1020	2020	360	1660	433	1485	0,89	
Foto 9	980	1060	2040	360	1680	436	1495	0,89	
<b>Serie 4</b>									
Visuell avlesning	980	1050	2030	360	1670	438	1502	0,90	0,895
	980	1050	2030	360	1670	436	1495	0,90	
	980	1050	2030	360	1670	434	1489	0,89	
	970	1030	2000	360	1640	427	1465	0,89	
Foto 10	990	990	1980	360	1620	426	1461	0,90	0,903
Foto 11	990	990	1980	360	1620	426	1461	0,90	
Foto 12	990	990	1980	360	1620	431	1478	0,91	
<b>Serie 5</b>									
Visuell avlesning	1550	1600	3150	360	2790	720	2470	0,89	0,883
	1600	1650	3250	360	2890	741	2542	0,89	
	1550	1600	3300	360	2940	748	2566	0,87	
Foto 14	1650	1680	3330	360	2970	748	2566	0,86	0,86
Foto 15	1590	1690				---			
Foto 16	1590	1690				---			

Visuell avlesning:  $R_{Gjsn} = 0,885$  (Maks 0,91 / Min 0,86)Avlesning av foto:  $R_{Gjsn} = 0,886$  (Maks 0,91 / Min 0,84)

Tabell 5. Målinger hos Bertel O Steen, Lørenskog 26/7-04

**Rullesett 2**

Rullemotstand: 295 daN

Innpresning  $F = 8$  mm, dvs. faktor  $M = 3,43$ 

Rulleprøver						Målevogn		Rullepr.faktor	
	B <sub>V</sub> daN	B <sub>H</sub> daN	B <sub>SUM</sub> daN	R <sub>M</sub> daN	B <sub>SUM</sub> - R <sub>M</sub> daN	Vekt kg	B <sub>M</sub> daN	R	R <sub>Gjsn</sub>
<b>Serie 1</b>									
Visuell avlesning	1020	1020	2040	295	1745	557	1910	1,09	1,08
	1050	1050	2100	295	1805	562	1928	1,07	
	1060	1060	2120	295	1825	572	1962	1,08	
Foto 17	1090	1090	2180	295	1885	585	2007	1,06	1,067
Foto 18	1090	1100	2190	295	1895	591	2027	1,07	
Foto 19	1090	1100	2190	295	1895	589	2020	1,07	
<b>Serie 2</b>									
Visuell avlesning	1000	980	1980	295	1685	540	1852	1,10	1,087
	1030	1000	2030	295	1735	550	1887	1,09	
	1050	1010	2060	295	1765	552	1893	1,07	
Foto 20	1000	1050	2050	295	1755	550	1887	1,08	1,083
Foto 21	1000	1050	2050	295	1755	563	1931	1,10	
Foto 22	970	1080	2050	295	1755	548	1880	1,07	
<b>Serie 3</b>									
Visuell avlesning	1550	1430	2980	295	2685	875	3001	1,12	1,097
	1590	1490	3080	295	2785	882	3025	1,09	
	1590	1480	3070	295	2775	873	2994	1,08	
Foto 23	1450	1570	3020	295	2725	884	3032	1,11	1,11
Foto 24	1460	1540	3000	295	2705	880	3018	1,12	
Foto 25	1450	1500	2950	295	2655	848	2909	1,10	

Visuell avlesning:  $R_{Gjsn} = 1,085$  (Maks 1,12 / Min 1,07)Avlesning av foto:  $R_{Gjsn} = 1,086$  (Maks 1,12 / Min 1,06)

Tabell 6. Målinger hos Scania Oslo 27/7-04

**Rullesett 1**

Rullemotstand 365 daN

Innpresning  $F = 9$  mm, dvs. faktor  $M = 3,44$ 

Rulleprøver						Målevogn		Rullepr.faktor	
	B <sub>V</sub> daN	B <sub>H</sub> daN	B <sub>SUM</sub> daN	R <sub>M</sub> daN	B <sub>SUM</sub> - R <sub>M</sub> daN	Vekt kg	B <sub>M</sub> daN	R	R <sub>Gj.sn</sub>
<b>Serie 1</b>									
Visuell avlesning	1000	1000	2000	365	1635	528	1816	1,11	1,11
	1000	1020	2020	365	1655	533	1834	1,11	
<b>Serie 2</b>									
Visuell avlesning	1030	1050	2080	365	1715	556	1913	1,12	1,127
	1040	1060	2100	365	1735	568	1954	1,13	
	1050	1080	2130	365	1765	579	1992	1,13	
<b>Serie 3</b>									
Visuell avlesning	1000	1040	2940	365	1675	534	1837	1,10	1,103
	1000	1040	2040	365	1675	541	1861	1,11	
	1030	1040	2070	365	1705	543	1868	1,10	
<b>Serie 4</b>									
Vis. avl.	960	990	1950	365	1585	510	1754	1,11	1,11

Visuell avlesning:  $R_{Gj.sn} = 1,113$  (Maks 1,13 / Min 1,10)

Tabell 7. Målinger hos Scania Oslo 27/7-04

**Rullesett 2**

Rulle motstand: 375 daN

Innpresning  $F = 9$  mm dvs. faktor  $M = 3,44$ 

Rulleprøver						Målevogn		Rullepr.faktor	
	B <sub>V</sub> daN	B <sub>H</sub> daN	B <sub>SUM</sub> daN	R <sub>M</sub> daN	B <sub>SUM</sub> - R <sub>M</sub> daN	Vekt kg	B <sub>M</sub> daN	R	R <sub>Gj.sn</sub>
<b>Serie 1</b>									
Visuell avlesning	1100	1000	2100	375	1825	607	2088	1,14	1,127
	1100	1150	2250	375	1875	610	2098	1,12	
	1120	1160	2280	375	1905	619	2129	1,12	
<b>Serie 2</b>									
u ell avlesning	1080	1080	2160	375	1785	591	2033	1,14	1,14
	1090	1100	2190	375	1815	599	2061	1,14	
	1100	1120	2220	375	1845	609	2095	1,14	
<b>Serie 3</b>									
Visuell avlesning	1030	1050	3080	375	1705	563	1937	1,14	1,13
	1040	1060	2100	375	1725	569	1957	1,13	
	1050	1080	2130	375	1755	578	1988	1,13	
	1080	1100	2180	375	1805	590	2030	1,12	
<b>Serie 4</b>									
Visuell avlesning	1280	1290	2570	375	2195	721	2480	1,13	1,133
	1300	1300	2600	375	2225	735	2528	1,14	
	1320	1320	2640	375	2265	745	2563	1,13	

Visuell avlesning:  $R_{Gj.sn} = 1,132$  (Maks 1,14 / Min 1,12)

Tabell 8. Målinger hos Volvo Trucksenter Oslo 28/7-04

**Rullesett 1**

Rullemotstand: 375 daN

Innpresning  $F = 9$  mm, dvs. faktor  $M = 3,44$ 

Rulleprøver						Målevogn		Rullepr.faktor	
	B <sub>V</sub> daN	B <sub>H</sub> daN	B <sub>SUM</sub> daN	R <sub>M</sub> daN	B <sub>SUM</sub> - R <sub>M</sub> daN	Vekt kg	B <sub>M</sub> daN	R	R <sub>GjSn</sub>
<b>Serie 1</b>									
Visuell avlesning	1020	1020	2040	375	1665	572	1968	1,18	1,167
	1040	1080	2120	375	1745	590	2030	1,16	
	1060	1110	2170	375	1795	606	2085	1,16	
Foto 1	1080	1150	2230	375	1855	629	2164	1,17	1,158
Foto 2	1100	1140	2240	375	1865	624	2147	1,15	
Foto 3	1120	1170	2290	375	1915	643	2212	1,16	
Foto 4	1140	1180	2320	375	1945	652	2243	1,15	
<b>Serie 2</b>									
Visuell avlesning	1020	1020	2040	375	1665	565	1944	1,17	1,18
	1040	1040	2080	375	1705	590	2030	1,19	
	1060	1060	2120	375	1745	600	2064	1,18	
Foto 5	1080	1080	2160	375	1785	618	2126	1,19	1,187
Foto 6	1100	1110	2210	375	1835	629	2164	1,18	
Foto 7	1100	1120	2220	375	1845	636	2188	1,19	
<b>Serie 3</b>									
Visuell avlesning	1050	1070	2120	375	1745	590	2030	1,16	1,17
	1070	1090	2160	375	1785	612	2105	1,18	
	1100	1100	2200	375	1825	623	2143	1,17	
Foto 8	1120	1120	2240	375	1865	632	2174	1,17	1,17
Foto 9	1100	1120	2220	375	1845	634	2181	1,18	
Foto 10	1140	1140	2280	375	1905	646	2222	1,16	
<b>Serie 4</b>									
Visuell avlesning	1050	1050	2100	375	1725	592	2038	1,18	1,183
	1060	1060	2120	375	1745	598	2057	1,18	
	1075	1075	2150	375	1755	605	2081	1,19	
Foto 11	1120	1120	2240	375	1785	616	2119	1,19	1,183
Foto 12	1090	1090	2180	375	1805	619	2129	1,18	
Foto 13	1070	1090	2160	375	1785	610	2098	1,18	
<b>Serie 5</b>									
Visuell avlesning	1250	1250	2500	375	2125	735	2528	1,19	1,18
	1270	1270	2540	375	2165	740	2546	1,18	
	1280	1280	2560	375	2185	744	2559	1,17	
Foto 14	1270	1300	2570	375	2195	750	2580	1,18	1,187
Foto 15	1290	1300	2590	375	2215	765	2632	1,19	
Foto 16	1280	1290	2570	375	2195	759	2611	1,19	

Visuell avlesning:  $R_{GjSn} = 1,176$  (Maks 1,19 / Min 1,16)Avlesning av foto:  $R_{GjSn} = 1,174$  (Maks 1,19 / Min 1,15)



Tabell 9. Målinger hos Volvo Trucksenter Oslo 28/7-04

**Rullesett 2**

Rullemotstand: 375 daN

Innpressing  $F = 9$  mm, dvs. faktor  $M = 3,44$ 

Rulleprøver						Målevogn		Rullepr.faktor	
	B <sub>V</sub> daN	B <sub>H</sub> daN	B <sub>SUM</sub> daN	R <sub>M</sub> daN	B <sub>SUM</sub> - R <sub>M</sub> daN	Vekt kg	B <sub>M</sub> daN	R	R <sub>Gjsn</sub>
<b>Serie 1</b>									
Visuell avlesning	1050	1050	2100	375	1725	591	2033	1,18	1,19
	1080	1080	2160	375	1785	610	2098	1,18	
	1070	1070	2140	375	1765	619	2129	1,21	
Foto 17	1110	1110	2220	375	1845	629	2163	1,17	1,173
Foto 18	1110	1120	2230	375	1855	629	2163	1,17	
Foto 19	1100	1100	2200	375	1825	628	2160	1,18	
<b>Serie 2</b>									
Visuell avlesning	1000	1040	2040	375	1665	571	1964	1,18	1,167
	1020	1075	2095	375	1720	577	1985	1,15	
	1010	1075	2085	375	1710	583	2006	1,17	
Foto 20	1000	1100	2100	375	1725	582	2002	1,16	1,18
Foto 21	1000	1080	2080	375	1705	588	2023	1,19	
Foto 22	1000	1070	2070	375	1695	584	2009	1,19	
<b>Serie 3</b>									
Visuell avlesning	940	1020	1960	375	1585	553	1902	1,20	1,183
	1000	1075	2075	375	1700	580	1995	1,17	
	1010	1090	2100	375	1725	590	2030	1,18	
Foto 23	1000	1100	2100	375	1725	598	2057	1,19	1,18
Foto 24	1000	1100	2100	375	1725	591	2033	1,18	
Foto 25	1020	1090	2110	375	1735	588	2023	1,17	
<b>Serie 4</b>									
Visuell avlesning	970	1070	2040	375	1665	576	1981	1,19	1,18
	1000	1080	2080	375	1705	585	2012	1,18	
	1020	1080	2100	375	1725	586	2016	1,17	
Foto 26	1020	1080	2100	375	1725	584	2009	1,16	1,187
Foto 27	1020	1080	2100	375	1725	606	2085	1,21	
Foto 28	1020	1060	2080	375	1705	588	2023	1,19	
<b>Serie 5</b>									
Visuell avlesning	1290	1350	2640	375	2265	784	2697	1,19	1,18
	1320	1360	2680	375	2305	788	2711	1,18	
	1330	1330	2660	375	2285	786	2704	1,17	
Foto 29	1290	1300	2590	375	2215	784	2697	1,22	1,197
Foto 30	1300	1310	2610	375	2235	776	2669	1,19	
Foto 31	1300	1300	2600	375	2225	766	2635	1,18	

Visuell avlesning:  $R_{Gjsn} = 1,180$  (Maks 1,21 / Min 1,15)Avlesning av foto:  $R_{gjsn} = 1,184$  (Maks 1,22 / Min 1,16)

Tabell 10. Målinger hos Oslo Vei 29/7-04  
 Rulle motstand: 360 daN  
 Innpresning  $F = 7$  mm, dvs. faktor  $M = 3,42$

Rulleprøver						Målevogn		Rullepr.faktor	
	B <sub>V</sub> daN	B <sub>H</sub> daN	B <sub>SUM</sub> daN	R <sub>M</sub> daN	B <sub>SUM</sub> - R <sub>M</sub> daN	Vekt kg	B <sub>M</sub> daN	R	R <sub>Gjsn</sub>
<b>Serie 1</b>									
Visuell avlesning	1100	1070	2170	360	1810	612	2093	1,16	1,15
	1180	1100	2280	360	1920	639	2185	1,14	
	1190	1120	2310	360	1950	658	2250	1,15	
	1220	1170	2390	360	2030	681	2329	1,15	
Foto 1	1240	1200	2440	360	2080	690	2360	1,13	1,133
Foto 2	1290	1190	2480	360	2120	700	2394	1,13	
Foto 3	1280	1200	2480	360	2120	709	2425	1,14	
<b>Serie 2</b>									
Visuell avlesning	1150	1100	2250	360	1890	642	2196	1,16	1,143
	1190	1130	2320	360	1960	655	2240	1,14	
	1230	1170	2400	360	2040	675	2309	1,13	
Foto 4	1270	1180	2450	360	2090	696	2380	1,14	1,143
Foto 5	1260	1190	2450	360	2090	706	2415	1,16	
Foto 6	1290	1200	2490	360	2140	709	2425	1,13	
<b>Serie 3</b>									
Visuell avlesning	1030	930	1960	360	1600	550	1881	1,18	1,15
	1070	980	2050	360	1690	564	1929	1,14	
	1100	1000	2100	360	1740	577	1973	1,13	
Foto 7	1100	1000	2100	360	1740	586	2004	1,15	1,157
Foto 8	110	1040	2140	360	1780	606	2073	1,16	
Foto 9	1080	1010	2090	360	1730	588	2011	1,16	
<b>Serie 4</b>									
Visuell avlesning	1090	1000	2090	360	1730	594	2031	1,17	1,163
	1120	1020	2140	360	1780	601	2055	1,15	
	1150	1060	2210	360	1850	631	2158	1,17	
Foto 10	1180	1100	2280	360	1926	635	2172	1,13	1,143
Foto 11	1160	1060	2220	360	1860	625	2138	1,15	
Foto 12	1120	1080	2200	360	1840	619	2117	1,15	
<b>Serie 5</b>									
Visuell avlesning	1420	1350	2770	360	2410	816	2791	1,16	1,16
	1440	1350	2790	360	2430	821	2818	1,16	
	1440	1350	2790	360	2430	827	2828	1,16	
Foto 13	1430	1360	2790	360	2430	826	2825	1,16	1,163
Foto 14	1400	1360	2770	360	2410	824	2818	1,17	
Foto 15	1420	1390	2810	360	2450	831	2842	1,16	

Visuell avlesning:  $R_{Gjsn} = 1,153$  (Maks 1,18 / Min 1,13)

Avlesning av foto:  $R_{gjsn} = 1,148$  (Maks 1,17 / Min 1,13)

Tabell 11. Målinger hos Tine 30/7-04  
 Rullestand: 360 daN  
 Innpresning F = 9 mm, dvs. faktor M = 3,44

Rulleprøver						Målevogn		Rullepr.faktor	
	B <sub>V</sub> daN	B <sub>H</sub> daN	B <sub>SUM</sub> daN	R <sub>M</sub> daN	B <sub>SUM</sub> - R <sub>M</sub> daN	Vekt kg	B <sub>M</sub> daN	R	R <sub>Gjns</sub>
<b>Serie 1</b>									
	1050	1020	2070	360	1710	547	1832	1,10	1,088
Visuell avlesning	1060	1040	2100	360	1740	555	1909	1,10	
	1090	1070	2160	360	1800	557	1916	1,06	
	1100	1090	2190	360	1830	580	1995	1,09	
	1120	1100	2220	360	1860	590	2030	1,09	
Foto 1	1150	1110	2260	360	1900	615	2116	1,11	1,103
Foto 2	1160	1140	2300	360	1940	620	2133	1,10	
Foto 3	1150	1150	2300	360	1940	621	2136	1,10	
<b>Serie 2</b>									
Visuell avlesning	1040	1030	2070	360	1710	558	1920	1,12	1,138
	1050	1040	2090	360	1730	568	1954	1,13	
	1070	1070	2140	360	1780	587	2019	1,17	
	1100	1100	2200	360	1840	602	2071	1,13	
Foto 4	1150	1120	2270	360	1910	623	2143	1,12	1,127
Foto 5	1180	1140	2320	360	1960	641	2205	1,13	
Foto 6	1180	1150	2330	360	1970	649	2233	1,13	
<b>Serie 3</b>									
Visuell avlesning	1075	1060	2135	360	1775	592	2026	1,15	1,14
	1100	1070	2170	360	1810	604	2078	1,15	
	1120	1180	2200	360	1840	605	2081	1,13	
	1130	1180	2210	360	1850	609	2095	1,13	
Foto 7	1140	1100	2240	360	1880	615	2116	1,13	1,133
Foto 8	1150	1090	2240	360	1880	621	2136	1,14	
Foto 9	1160	1060	2220	360	1860	618	2126	1,14	
Foto 10	1150	1120	2270	360	1910	624	2147	1,12	
<b>Serie 4</b>									
Visuell avlesning	1060	1000	2060	360	1700	575	1978	1,16	1,138
	1100	1050	2150	360	1790	589	2026	1,13	
	1120	1060	2180	360	1820	601	2067	1,14	
	1130	1080	2210	360	1850	604	2078	1,12	
Foto 11	1100	1100	2200	360	1840	611	2102	1,14	1,143
Foto 12	1110	1100	2210	360	1850	616	2119	1,15	
Foto 13	1100	1090	2190	360	1830	606	2085	1,14	
Foto 14	1100	1100	2200	360	1840	612	2105	1,14	

Tabell 11 forts.

Rulleprøver						Målevogn		Rullepr.faktor	
	B <sub>V</sub> daN	B <sub>H</sub> daN	B <sub>SUM</sub> daN	R <sub>M</sub> daN	B <sub>SUM</sub> - R <sub>M</sub> daN	Vekt kg	B <sub>M</sub> daN	R	R <sub>Gj.sn</sub>
<b>Serie 5</b>									
Visuell avlesning	1050	1000	2050	360	1790	567	1950	1,10	1,085
	1060	1020	2080	360	1820	569	1957	1,08	
	1060	1030	2090	360	1830	575	1978	1,09	
	1080	1040	2120	360	1860	580	1995	1,07	
Foto 15	1050	1040	2090	360	1830	583	2006	1,10	1,095
Foto 16	1060	1040	2100	360	1840	587	2019	1,10	
Foto 17	1090	1060	2150	360	1890	603	2074	1,10	
Foto 18	1090	1040	2130	360	1870	587	2019	1,08	
<b>Serie 6</b>									
Visuell avlesning	1490	1490	2980	360	2620	880	3027	1,15	1,153
	1500	1500	3000	360	2640	886	3048	1,15	
	1500	1500	3000	360	2640	886	3048	1,15	
	1490	1500	2990	360	2630	884	3041	1,16	
Foto 19	1490	1490	2980	360	2620	872	3000	1,15	1,148
Foto 20	1460	1500	2960	360	2600	869	2989	1,15	
Foto 21	1440	1460	2900	360	3540	852	2931	1,15	
Foto 22	1440	1490	2930	360	2570	855	2941	1,14	

Visuell avlesning:  $R_{Gj.sn} = 1,122$  (Maks 1,17 / Min 1,06)

Avlesning fra foto:  $R_{Gj.sn} = 1,125$  (Maks 1,15 / Min 1,08)

Visuell avlesning Serie 1 og 5:  $R_{Gj.sn} = 1,087$  (Maks 1,10 / Min 1,06)

Avlesning fra foto Serie 1 og 5:  $R_{Gj.sn} = 1,099$  (Maks 1,11 / Min 1,08)

Visuell avlesning Serie 2,3,4 og 6:  $R_{Gj.sn} = 1,142$  (Maks 1,17 / Min 1,12)

Avlesning fra foto Serie 2,3,4 og 6:  $R_{Gj.sn} = 1,138$  (Maks 1,15 / Min 1,12)

Tabell 12. Målinger på Oslo Trafikkstasjon 2/8-04

**Rullesett 1**

Rullemotstand 385 daN

Innpresning  $F = 7$  mm, dvs. faktor  $M = 3,42$ 

Rulleprøver						Målevogn		Rullepr.faktor	
	B <sub>V</sub> daN	B <sub>H</sub> daN	B <sub>SUM</sub> daN	R <sub>M</sub> daN	B <sub>SUM</sub> - R <sub>M</sub> daN	Vekt kg	B <sub>M</sub> daN	R	R <sub>Gj.sn</sub>
<b>Serie 1</b>									
Visuell avlesning	1120	1040	2160	385	1775	561	1919	1,08	1,087
	1125	1060	2185	385	1800	570	1949	1,08	
	1140	1070	2210	385	1825	585	2001	1,10	
Foto 1	1140	1050	2190	385	1805	590	2018	1,12	1.13
Foto 2	1170	1020	2190	385	1805	606	2073	1,15	
Foto 3	1180	1080	2260	385	1875	614	2100	1,12	
<b>Serie 2</b>									
Visuell avlesning	1080	1000	2080	385	1695	561	1919	1,13	1,117
	1120	1040	2160	385	1775	577	1973	1,11	
	1140	1050	2190	385	1805	588	2011	1,11	
Foto 4	1140	1070	2210	385	1825	608	2059	1,13	1,125
Foto 5	1200	1100	2300	385	1915	625	2138	1,12	
<b>Serie 3</b>									
Visuell avlesning	1150	1050	2200	385	1815	598	2045	1,13	1,11
	1190	1170	2360	385	1975	618	2114	1,07	
	1200	1075	2275	385	1890	626	2141	1,13	
<b>Serie 4</b>									
Foto 6	1060	970	2030	385	1645	536	1833	1,11	1,12
Foto 7	1040	1000	2040	385	1655	532	1819	1,10	
Foto 8	1080	1000	2080	385	1695	543	1857	1,10	
Foto 9	1160	1080	2240	385	1855	620	2120	1,14	
Foto 10	1160	1075	2235	385	1850	615	2103	1,14	
Foto 11	1200	1090	2290	385	1905	629	2151	1,13	
<b>Serie 5</b>									
Visuell avlesning	1110	1000	2110	385	1725	566	1936	1,12	1,14
	1150	1040	2190	385	1805	605	2069	1,15	
	1160	1050	2210	385	1825	614	2100	1,15	

Visuell avlesning:  $R_{Gj.sn} = 1,113$  (Maks 1,15 / Min 1,07)Avlesning av foto;  $R_{Gj.sn} = 1,124$  (Maks 1,15 / Min 1,10)

