

TRVMB 112

Deflektionsmätning vid provbelastning med fallviktsapparat

TRV 2012:050

Titel: TRVMB 112 - Deflektionsmätning vid provbelastning med fallviktsapparat
Utgivningsdatum: 2012-02-10
Utgivare: Trafikverket
Kontaktperson: Per Viktorsson
Uppdragsansvarig: Per Andersson
Publikationsnummer: 2012:050
Distributör: Trafikverket, 781 87 Borlänge, telefon: 0771-921 921.

Förord

Deflektionsmätning vid provbelastning med fallviktsapparat (TRVMB 112).

Metodbeskrivningen ersätter VVMB 112.

Metoden innebär att mäta vägkonstruktionens nedsjunkning under provbelastning med hjälp av en fallviktsapparat. Detta förfarande motsvarar överfart av ett tungt fordon.

Efter lämplig bearbetning kan data från deflektionsmätningar bl.a. utnyttjas som:

- underlag för bärighetsklassning
- utformning av belastningsrestriktioner,
- prognostisera tillståndsutveckling,
- planering av strukturella åtgärder, samt
- utvärdering av genomförda åtgärders uppnådda effekter.

Metodbeskrivning för bearbetning av mätdata se TRVMB 114.



Mats Karlsson
cIVt

Innehåll

1	Orientering	2
2	Begrepp	3
2.1	Benämningar.....	3
3	Utrustning	5
3.1	Fallviktsapparat	5
3.1.1	Kraftpuls	5
3.1.2	Kraftgivare	5
3.1.3	Belastningsplatta	6
3.1.4	Deflektionsmätutrustning	6
3.2	Positioneringsutrustning	7
3.3	Temperaturmätutrustning	7
4	Kalibrering och kontroll	7
4.1	Kalibrering.....	7
4.2	Kontroll.....	8
5	Mätclass	8
5.1	Val av mätclass.....	9
6	Beställning av deflektionsmätning	11
7	Planering av mätning	11
8	Mätning	11
8.1	Temperaturmätning	11
8.2	Gränsvärden.....	12
8.3	Små deflektioner.....	12
8.4	Vid varje mätpunkt	13
9	Rapport	13

1 Orientering

Provbelastning med fallviktsapparat är ett hjälpmedel för bedömning av vägars styvhetsgenskaper. Vägars bärighet beror bl.a. av de konstruktiva lagrens tjocklekar och styvheter och terrassens styvhet. Styvheten varierar dessutom bland annat på grund av temperatur och/eller fukthalt. Man brukar dessutom relatera bärigheten till den belastning, förväntad trafikmängd, som vägen är avsedd för.

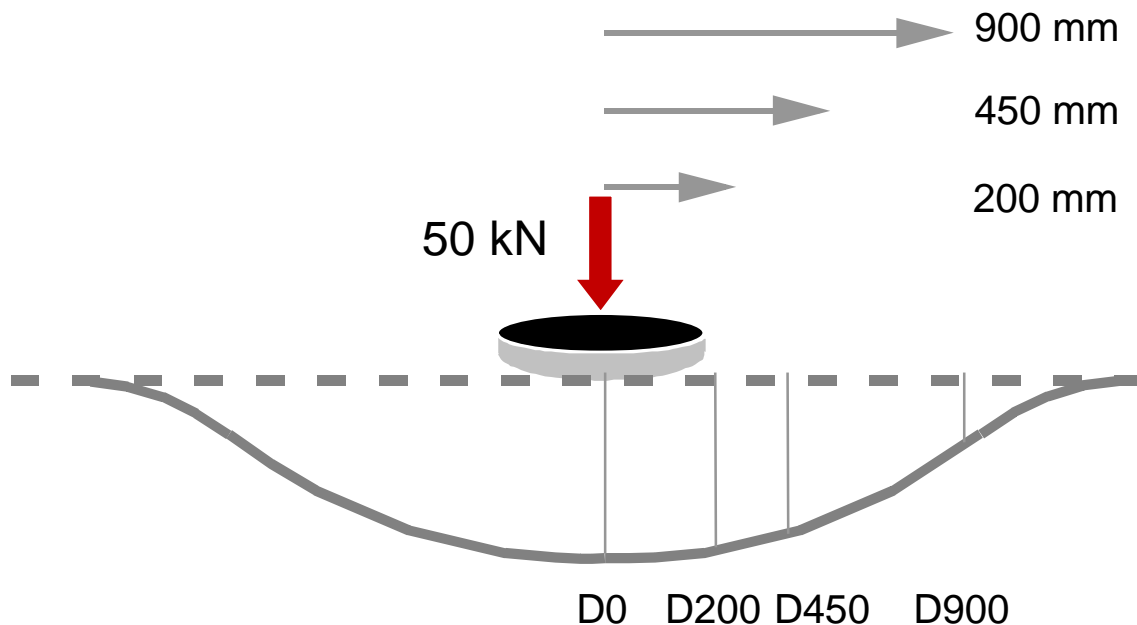
Fallviktsapparaten anbringar på vägens yta en belastning som får vägen att deformeras på ungefär samma sätt som vid överfart med ett lastbilshjul.

Belastningen åstadkommes genom att en vikt får falla på ett fjädersystem ovanpå en belastningsplatta, vilken överför masskraften till vägen.

Kraftpulsens maxvärde och tidsförlopp beror av viktens massa, fjädersystemets egenskaper, fallhöjden och väggkroppens styvhet. Vägytans deflektion under stöten registreras, dels i belastningscentrum, dels i flera punkter på valda avstånd från belastningscentrum.

Storleken på deflektionerna, eller sammantaget; deflektionsbassängens utseende, är en funktion av styvheter och tjocklekarna hos de underliggande

materiallager som påverkas av provbelastningen. Deflektionen i belastningscentrum påverkas av alla lager. Kvoten mellan centrumdeflektionen och deflektionen närmast vid sidan av belastningsplattan påverkas i huvudsak av de översta lagren. Deflektionen från den yttersta givaren påverkas främst av förhållandena i underbyggnad / undergrund.



Metodbeskrivningen behandlar fallviktsapparaten, mätförfarande, mätprocedur, val av mätklass samt rapportering av mätdata. Andra undersökningar, såsom provhålstagning med efterföljande materialanalyser, kontinuerlig icke-förstörande tjockleksmätning med georadar, inventering av omgivande markförhållande, fotografering, skadekartering, undersökning av dräneringstillstånd samt grundvattennivåbestämning är värdefulla komplement som indata till olika analyser, samt av stort värde vid utvärdering av erhållna beräkningsresultat. Kännedom om vilka andra undersökningar som kommer att finnas kan påverka valet av mätklass.

2 Begrepp

2.1 Benämningar

Belastningstid

Tiden för kraftpuls, räknat från den tidpunkt då kraften stigit till 5% av sitt maxvärde vid pålastning, till den tidpunkt då kraften sjunkit till 10% av maxvärdet vid avlastning

<i>Bärighet</i>	Högsta last, enstaka eller ackumulerad, som kan accepteras med hänsyn till uppkomst av sprickor eller deformationer.
<i>Deflektion</i>	Vägytans momentana nedböjning under en last.
<i>Deflektionsbassäng</i>	Vägytans deflektion uppmätt i belastningscentrum och i andra punkter på olika avstånd därifrån.
<i>Fallviktsapparat</i>	Apparat som på vägytan applicerar en last som förorsakar ungefär samma deflektion som överfarten av ett lastbilshjul, samt mäter densamma. Eng: <i>Falling Weight Deflectometer, FWD</i> .
<i>Mätklass</i>	Standardiserade mätprocedurer med syfte att uppnå ett för ändamålet anpassat resultat.
<i>Mätlinje</i>	Linje som fallviktsapparaten skall följa angivet med ett mått tvärs vägen.
<i>Mätprocedur</i>	Ett urval av mätparametrar för det specifika uppdraget (t.ex. fallhöjd, antal slag, avstånd mellan mätpunkter, antal punkter som skall sparas).
<i>Pulsformsregistrering</i>	Registrering av deflektion och/eller kraft som funktion av tid. Eng: Time History.
<i>Pulsformsvisning</i>	Visning av deflektion och/eller kraft på datorskärm som funktion av tid. Eng: Time History.
<i>Pålastningstid</i>	Den sammanlagda tid under vilken kraften först ökar från 5% upp till sin maximala storlek, dels sjunker ned till 95% av detta värde.
<i>Rekonstruktion</i>	Underhållsåtgärd där både obundna och bundna lager berörs. Befintlig beläggning avlägsnas, varefter obundna material förädlas, utskiftas eller byggs på. Därefter sker utläggning av nyblandad beläggning, ofta med återanvänt material.
<i>Underhållsbeläggning</i>	Underhållsåtgärd avseende enbart bundna lager. <i>U</i> kan utgöras av enbart påbyggnad med slitlager, alternativt med bundet bärlager + slitlager. Den kombineras ofta med geometrijusteringar; fyllning i svackor, samt fräsning av toppar. Geometrin kan optimeras.

3 Utrustning

3.1 Fallviktsapparat

Fallviktsapparaten åstadkommer en belastning genom att en vikt får falla på ett fjädersystem ovanpå en belastningsplatta, vilken överför masskraften till vägen. Kraftpulsens beror av viktens massa, fjädersystemets egenskaper, fallhöjden och väggkroppens styvhet. Vägytans deflektion under stöten registreras, dels i belastningscentrum, dels i flera punkter på valda avstånd från belastningscentrum.

Fallviktsapparater finns av olika fabrikat, vilka har varierande detaljutformning. Detta innebär att tekniskt viktiga egenskaper kan skilja dem åt.

3.1.1 Kraftpuls

- Normalt skall belastningen vara $50 \text{ kN} \pm 5\%$ vid mätning på färdig väg. I vissa mätklasser tillkommer andra belastningar.
- Ofta är det aktuellt med andra belastningar, exempelvis vid mätning på terrass eller vid bestämning av spänningsberoende egenskaper. Vid dessa fall bör någon eller några av följande belastningar väljas: 10 kN, 20 kN, 30 kN, 40 kN, 50 kN, 60 kN, 70 kN, 90 kN. Vid mätning på betongväg bör belastningen väljas så att deformationerna inte blir för små. Det innebär att man får välja $\geq 70 \text{ kN}$ men ofta 125 kN och mer.
- Pålastningstiden (se ”Benämningar för definition) skall vara minst 10 millisekunder.
- Totala belastningstiden ska vara mellan 1,8 och 2,5 gånger pålastningstiden
- Om deflektionen är större än deflektionsgivarens mätområde skall belastningen minskas stegvis tills maximala deflektionen ligger inom givarens mätområde. I sådana fall skall även resultaten från slagen med överstyrning sparas, så att eventuell olinjäritet kan detekteras av givare på stort avstånd från belastningsplattan. Belastningen ska vara så nära den från början avsedda som möjligt.
- Inom varje mätobjekt ska samma belastningsnivåer och -tider användas.
Väsentliga skillnader avseende kraftpulsens längd och form föreligger mellan fallviktsapparater av olika konstruktionstyp. Därför bör upprepade mätningar, utförda i jämförande syften, uteslutande utföras med fallviktsapparater av samma konstruktionstyp.

3.1.2 Kraftgivare

Följande krav ställs på upplösning, noggrannhet och precision:

- Upplösning: 0,1 kN.
- Noggrannhet: systematiskt fel $\leq 0.5\%$ av hela mätområdet eller 2% av mätvärdet. Strängaste kravet ska gälla.
- Precision: slumpmässigt fel $\leq 0.1 \text{ kN}$, beräknat som en standardavvikelse.

3.1.3 Belastningsplatta

- Vid belastning på färdig väg ska normalt en belastningsplatta med diametern 300 mm användas.
- Belastningsplattan ska vara försedd med ett minst 5 mm tjockt gummiunderlägg. Underlägget ska vara räfflat eller ha annat mönster som medger god anliggning mot vägytan.
- Belastningsplattan skall vid mätning på beläggning som trafikerats vara segmenterad, för att trots ytans ojämnheter medge jämn fördelning av lasten.

3.1.4 Deflektionsmätutrustning

Antalet givare som krävs, respektive lämpliga avstånd från belastningscentrum, beror av den strukturella styrkan hos vägkonstruktionen som provbelastas. Exempelvis bör vissa av givarna placeras närmare belastningscentrum vid mätning på en väg med tunn asfaltbeläggning, jämfört med om beläggningsen är tjock.

Genom att välja fler givare, minskas behovet att anpassa givaravstånden till aktuell vägkonstruktion. Fasta positioner för givarna medför även att risken för fel minskar.

- Fallviktsapparat ska vara försedd med minst sju givare för deflektionsbestämning.
- Givare ska alltid finnas placerade på följande avstånd från centrum: 0, 200, 300, 450, 600, 900 samt 1200 mm, Eventuella ytterligare givare placeras i första hand 1500 och 1800 mm från centrum. Samtliga dessa givare placeras antingen framför eller bakom belastningsplattan.
- Vid mätning över skarvar på betongvägar skall det finnas en givare 300 mm bakom belastningsplattan. Alternativt kan mätning utföras både före och efter fogen för att undersöka lastöverföringen. Se 3.1.1 beträffande lämplig last.
- Noggrannheten ska vara sådan, att det systematiska felet är mindre än $1 \mu\text{m} + 2\%$ av mätvärdet.
- Precisionen ska vara sådan, att det slumpmässiga felet är mindre än $1 \mu\text{m} + 1\%$ av mätvärdet, beräknat som en standardavvikelse.

3.2 Positioneringsutrustning

Varje mätpunkt skall positionsbestämmas med GPS och anges i systemet SWEREF99. Om annat referenssystem används skall detta anges.

Upplösning: Enlig vald mätklass (Se kap 5 mätklasser)

Noggrannhet och precision: Enlig vald mätklass (Se kap 5 mätklasser)

3.3 Temperaturmätutrustning

Lufttemperaturen och beläggningsytans temperatur skall alltid mätas.

Luftertermometern skall så långt möjligt vara skyddad från sol, avgaser och andra störningskällor, i ett väl ventilerat utrymme.

Temperaturen i beläggningsens inre skall mätas om det finns asfaltbeläggning tjockare än 4 cm. För åtkomst av beläggningsens inre kan exempelvis användas en kraftig slagborrmaskin, med kapacitet att borra 150 mm djupa hål.

Borrmaskinen skall ej vara så svag att hålet måste nötas upp, med åtföljande onödigt värmeutveckling.

Termometrarna skall ha upplösning och mätnoggrannhet enligt följande:

– Upplösning: 0.5 °C.

– Noggrannhet: ± 1.0 °C inom mätområdet -10 °C till + 60 °C.

4 Kalibrering och kontroll

4.1 Kalibrering

Absolut kalibrering av givare för mätning av deflektion, kraft, lufttemperatur och temperatur i borrarade hål skall göras en gång per år, samt dessutom om någon åtgärd som kan påverka kalibreringen, exempelvis byte av givare, vidtagits.

IR-termometrar kontrolleras vid kalibreringstillfället, men behöver ej kalibreras om behov ej framkommer vid kontrollen.

Absolut kalibrering enligt ovan skall utföras av utrustningens tillverkare eller av annat ackrediterat provningsorgan.

Längmätningsutrustningen skall kalibreras av användaren löpande under året, på ett sådant sätt att kraven för den använda mätklassen uppfylls.

4.2 Kontroll

- Varje provbelastning ska föregås av en automatisk kontroll av hela mätsystemet, genom en signalkontroll av nivån på bakgrundsbruset från alla givare.
- Precisionen hos givare för deflektionsbestämning kontrolleras efter 10.000 belastningar, eller minst var 6:e månad. Kontrollen görs genom 12 belastningar i samma punkt. De två första belastningarna tas ej med i kontrollen. För de tio återstående beräknas standardavvikelsen för deflektionerna normaliserade till samma kraft (50 kN). För varje givare ska standardavvikelsen vara $\leq 2 \mu\text{m}$ eller $1.5 \mu\text{m} + 1,25\%$ av medelvärdet.
- Kraftgivaren som kontrolleras på samma sätt som för övriga givare enligt ovan. Kravet är att standardavvikelsen ska vara mindre än 2 % av medelvärdet för de tio belastningarna.
- En relativ jämförelse mellan givare för deflektionsbestämning ska göras minst 2 ggr / år. Givarna placeras i en hållare, där de utsätts för samma deflektion. Kontrollen ska utföras med en deflektion mellan 300 μm och 600 μm . Kravet är att skillnaden mellan det största och minsta mätvärdet ska vara mindre än $2 \mu\text{m} + 1\%$ av medelvärdet.

Ovanstående kontroller ska alltid göras efter större serviceåtgärder, vilka innefattat utbyte av viktigare delar.

5 Mätklass

Vägarnas tillstånd och Trafikverkets mål är varierande och olika kombinationer av mätparametrar och med fallviktsmätningen associerade andra aktiviteter kan väljas för att uppnå rätt kvalitet och högre effektivitet i mätningen. Beställning kan också göras med andra mätsätt som inte relateras till mätklass.

Tabell 5.1 Beskriver ett antal *rekommenderade* standardiserade kombinationer, (mätklasser)

Parameter	Värde	Mätklass			
		1	2	3	4
mätlinje läge	höger hjulspår	X	X	X	
"	exklusive höger hjulspår		X	X	X
punkttäthet	c/c 50 m saxat	X	X		
"	c/c 100 m saxat		X		
"	30 - 50 pkt/km			X	
"	annat (specificera)			X	X
belastning	50 kN	X	X	X	
belastningsförändring	ökande		X	X	
"	specificera			X	X
antal slag	2, (spara 1)	X	X	X	
"	Enligt 8.4	X	X		
"	Flera slag spara alla			X	X
punktlägen forskning mm	specificeras			X	X
deflektionsförlopp m.h.t. tid	1 per lastnivå		X	X	X
längdavvikelse	1,0 m	X	X	X	X
koordinatavvikelse (SWEREF99)	≤ 2,0 m	X			
"	≤ 1,0 m		X	X	X

5.1 Val av mätklass

Val av mätklass bör beslutas enligt följande ordning:

- 1 – Beskrivning av vägen, förutsättningar
- 2 – Beställarens syfte med mätningen
- 3 – Tänkt entreprenadform
- 4 – Uppföljning av åtgärd

Mätklass	Beskrivning
MK1	Objekt längre än 10 km där resultaten skall vara en översiktlig utredning. Vägar med likartade markförhållande då mätpunkterna blir representativa för vägens tillstånd även om mätpunkterna är förbestämda med fasta c/c avstånd. Belagda och smala vägar med låg Ådt.
MK2	Objekt kortare än 10 km, då varje enkilda mätpunkten har ett större betydelse för analys och dimensionering. Objekt anpassade utredningar med högre krav på tillståndbeskrivning och dimensionering. Grusvägar och belagda vägar som skall breddas, där tvärsektionens bärrighet är kraftigt varierande och ett riskmoment i dimensioneringsarbete. Vägar med vägren.

MK3	Högtrafikerade vägar oavsett längden på objekt. Objekt anpassade utredningar med högre krav på tillståndbeskrivning och dimensionering. Vägar där befintlig vägren skall användas som körfält (T.ex. 2+1 vägar) Väg där den tänkta åtgärden inkluderar: Ny dragning, profiländring, breddning. Vägar med kraftig- /snabbt växlande bärighetstillstånd. Vägar som går genom varierande terrängförhållande. Vägar med misstänkta vattenmättnad i överbyggnaden. Objekt som är tänkbara som totalentreprenader.
MK4	Forsknings uppdrag eller särskild utredning. Uppföljning / återkommande mätningar. (Kan också vara MK1 till 3 beroende på ansats och vad som gjordes i inledningen).

6 Beställning av deflektionsmätning

Vid beställning av deflektionsmätningar med fallviktsapparaten skall minst följande anges:

- Mätklass eller specifikation av mätsätt.
(Beskrivning av mätproceduren dvs antal linjer, punkter och avstånd etc.)
- Beställaruppgifter (Kontaktperson, tfn nummer)
- Start och slut med referens till SWEREF99 och NVDB. Nya vägar som inte är med i NVDB kan anges med byggsektion och referens till SWEREF99.
- Önskat datum för mätning.

7 Planering av mätning

Mätningar ska planeras.

Mättillfälle m.h.t trafik och beläggningstemperatur

- Belastningsnivå (normalt 50 kN), se Kap 3
- Placering av givare, se Kap 3
- Var i sidled mätningen ska utföras, se Kap 5
- Avstånd mellan mätpunkterna, se Kap 5
- Antal belastningar i varje mätpunkt, se Kap 5

8 Mätning

Fältarbete ska utföras i enlighet med IFS 2009:4

Mätning får endast utföras av speciellt utbildade operatörer. Operatör skall ha genomgått minst 5 dagars utbildning.

Utbildningens innehåll (teori, handhavande, felsökning etc) skall vara godkänt av Trafikverkets enhet för Väg- och Banteknik.

Mätpunkt ska inte tas där ytan är täckt av stillastående vatten. Dock kan mätning utföras på beläggning som är fuktig av nederbörd.

Om risk finns för att överbyggnadslager kan ha vattenmättats, ska mätning föregås av samråd med beställaren.

Referenspunkter bör mätas invid hål för temperaturmätning, när högsta / lägsta temperaturer råder.

8.1 Temperaturmätning

Vid deflektionsmätningen ska rådande temperaturer i beläggningen betämmas. Temperaturmätningarna är särskilt viktiga när temperaturen varierar mycket under deflektionsmätningen. Syfte är att möjliggöra en korrigering av mätresultaten till en referenstemperatur. Detta är nödvändigt, eftersom en asfaltbeläggnings styvhet är temperaturberoende. Höga temperaturer i en asfaltbeläggning innebär att mätresultaten påverkas av viskoelastisk dämpning.

Dessa effekter är i regel tydliga vid $c:a + 30^{\circ}\text{C}$ för en ny asfaltbetong. Om ytan är mycket varmare än underkanten av beläggningen är det svårt att tolka resultatet med en elastisk modell.

Vid låga temperaturer kan delar av väggkroppen vara frysta, och därmed mycket styvare än normalt. När islinser bildas kommer fallvikten att bryta dessa.

Upprepade slagserier visar detta tydligt genom att deflektionerna ökar vid upprepad mätning.

Mättillfälle ska om möjligt väljas så att beläggningstemperaturen ligger så nära vanliga (beläggnings-)referenstemperaturer i övrigt, t.ex. 10 eller 15°C .

Beläggningstemperaturen skall mätas minst 1 gång per timme under deflektionsmätningens gång eller om marktemperatur varierar mer än 5°C från föregående mätpunkt t.ex vid ett uppehåll..

Temperaturmätning i beläggningen utgår om den är tunnare än 4 cm

Mätning av ytemperaturen ska ske vid varje belastningspunkt med IR temperaturmätare el. likvärdig utrustning.

- Hål ska borras minst 0.5 m från varandra, samt minst 0.3 m från beläggningsskanten. Borrningen ska göras minst 10 minuter innan temperaturmätningen, för att värmen genererad av borrningen inte ska påverka resultatet.
- Hål kan borras utanför körfältet som ska fallviktsmätas, om uppbyggnaden där är densamma och ytan har samma färg.
- Riktvärden för mätdjupen är var 5:te cm
- De verkliga djupen ska mätas och antecknas tillsammans med tidpunkten för mätningen.

Några droppar glycerol, mineralolja eller liknande vätska ska appliceras i botten på hålen, för att säkerställa god värmeledning mellan termometer och beläggning.

8.2 Gränsvärden

Temperaturen i asfaltbeläggningar ska på djup större än 40 mm från vägytan vara $> 0^{\circ}\text{C}$ och $< +30^{\circ}\text{C}$.

Obundna material (samt betong) i överbyggnad, underbyggnad och undergrund ska vara otjälade, om inte syftet med deflektionsmätningen är att studera förhållandena under exempelvis tjällossning.

8.3 Små deflektioner

När deflektionen från givaren D1200 är mindre än $20\ \mu\text{m}$, ökar osäkerheten i mätresultaten kraftigt. Man kan då välja ett av följande alternativ:

1. Acceptera större osäkerhet i mätresultaten och konstatera att styvheten hos undergrund/underbyggnad är stor.
2. Öka belastningen stegvis tills deflektioner större än $20\ \mu\text{m}$ erhålles.

Inom en och samma delsträcka bör belastning och givaravstånd vara konstant.

8.4 Vid varje mätpunkt

- Minst 2 belastningar ska genomföras i varje mätpunkt. Första belastningen ska säkerställa god kontakt med vägytan. Mätdata från denna belastning lagras normalt inte.
- Skillnaden i centrumdeflektion mellan två efterföljande belastningar ska vara mindre än 5 %. Deflektionsdata ska sparas från åtminstone den sista belastningen.

Erforderligt antal belastningar per mätpunkt för att uppfylla ovanstående krav får bestämmas enligt följande metod:

1. Erforderligt antal extra belastningar för att verifiera godkänt resultat i var och en av mätobjektets 10 första mätpunkter bestäms.
2. Mätprocedur som tar hänsyn till deflektionen vid varje belastning och utför erforderligt antal i varje mätpunkt för att uppnå kravet.

Om felaktigt antal valts, ska hela mätobjektet mätas om.

9 Rapport

Rapport skall minst innehålla följande:

- Kartskiss över start- och slutpunkt med skalangivelse
- Kortfattad beskrivning av mätningens utförande.
- Beskrivning av väderförhållanden under mätningen.
- Eventuella anmärkningar av betydelse för utvärderingen.
- Rådatafiler från mätningen ska bifogas rapporten i format enl. ASCII eller ANSI.



Trafikverket, 781 87 Borlänge. Besöksadress: Röda vägen 1.
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 0243-795 90

www.trafikverket.se