

Innehåll

1. Orientering	2
2. Sammanfattning	2
3. Begrepp	2
3.1 Beteckningar	2
3.2 Benämningar	3
4. Utrustning	6
4.1 Mätfordon	6
4.2 Utrustning för bestämning av ojämnhet i längsled	6
4.3 Utrustning för bestämning av ojämnhet i tvärled	7
4.4 Utrustning för bestämning av tvärfall	7
4.5 Längdmätning	8
5. Mätning	8
6. Kalibrering	8
7. Beräkning av storheter	9
7.1 IRI H	9
7.2 Spår djup max	9
7.3 Tvärfall	10
8. Krav på noggrannhet	11
9. Metod och utvärdering	11
10. Gränser för godkännande av mätning	12
11. Beställning och rapportering	13

1. Orientering

Metodbeskrivningen avser utförande av objektmätning av belagda vägar med mätbil. Mätresultatet har i flertalet fall till syfte att användas vid kontroll av entreprenads utförande.

Mätning skall utföras genom beröringsfri mätning av vägbanans längsprofil i höger hjulspår samt tvärprofil och tvärfall. Bestämning sker härvid av ojämnheter i tvärled redovisat som *spår djup max*, ojämnheter i längsled redovisat som *IRI H* och *tvärfall*.

Metod för utförande av mätningar och beräkningar beskrivs. Mätningen är åsatt kravgränser som skall underskridas för att mätningen i sig skall vara godkänd. Metodbeskrivningen skall användas i sin helhet om inga särskilda skäl talar för annat.

Mätuppdrag får endast utföras av leverantör som godkänts av Vägverket och med utrustningstyp som godtagits av Vägverket.

För att erhålla ett godkännande krävs normalt särskild utredning avseende bl a teknisk förmåga, leveransvillkor och kvalitetssäkring.

Avsteg från krav som anges i denna metodbeskrivning kan medges av Vägverket efter behandling i särskild utredning.

2. Sammanfattning

Denna metodbeskrivning, som avser vägytemätning av objekt, anger förfarande vid insamling, bearbetning och rapportering av mätdata, liksom krav på mätdatas kvalitet, för bestämning av belagda vägars ojämnheter i längs- och tvärled samt tvärfall.

Metodbeskrivningen redovisar även hur ojämnheter i längs- och tvärled samt tvärfall skall beräknas och redovisas i form av storheterna *IRI H*, *spår djup max* och *tvärfall*. Tvärfallets beräkning och redovisning utgår normalt från regressionslinjen.

3. Begrepp

3.1 Beteckningar

IRI

International Roughness Index, mått på vägens ojämnheter i *längsled*.
Enhet mm/m.

3.2 Benämningar

Knutpunkt

En punkt i vägkorsning etc, som definierar en vägsträckas början respektive slut.

Kontrollobjekt

Sträckor inom ett objekt med väldefinierad geografisk utsträckning för vilka kravuppfyllelse skall avgöras.

Längsprofil

Tvådimensionell representation av vägojämnheten uppmätt i en eller flera linjer i vägens längsriktning.

Mätton

Don för insamling av data, t ex avståndsmätande sensor.

Mätpunkt

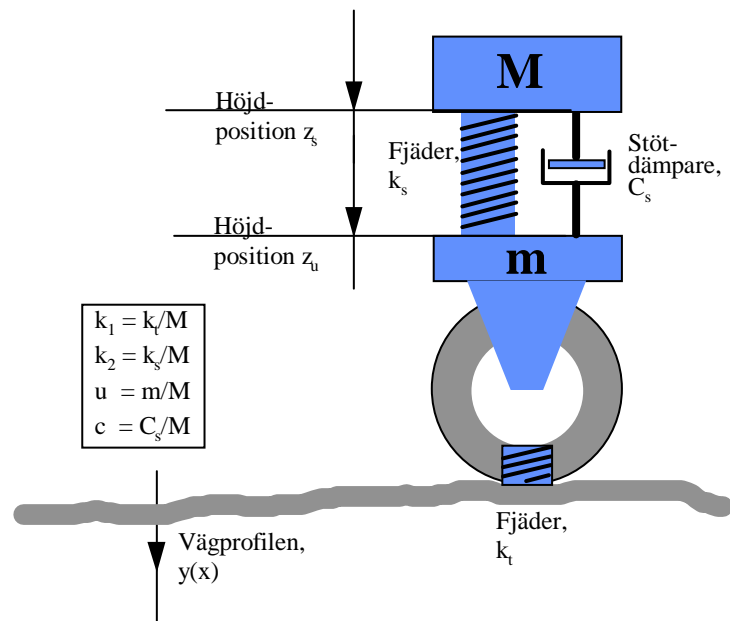
Punkt på vägytan mot vilken mätning med mätton sker.

Ojämnhet i längsled

Ojämnheten i längsled rapporteras som IRI-värde beräknat från en längsprofil.

Beräkningen av IRI tillgår så att den uppmätta längsprofilen används som insignal till en matematisk modell av ett enhjuligt fordon - en fjärdedels personbil.

Denna matematiska modell kallas "Quarter-car-simulator". Modellen innehåller fordonskarosseriets och hjulets massor, vilka är förbundna med varandra genom en fjäder och en svängningsdämpare (stötdämpare). Hjulmassan har slutligen kontakt med vägytan genom ytterligare en fjäder (figur 3).



Figur 3. Quarter-car-simulator

Konstanterna i systemet har bestämts till:

$$k_1 = 653\text{s}^{-2}$$

$$k_2 = 63,3\text{s}^{-2}$$

$$u = 0,15$$

$$c = 6,00\text{s}^{-1}$$

Den hastighet med vilken modellen rullar över vägens längsprofil skall vara 80 km/h.

Ojämnhetstalet IRI fås ur den summerade relativrörelsen mellan de två i modellen ingående massorna, dividerad med längden av den mätsträcka över vilken summeringen skett. IRI skall redovisas i enheten mm/m.

Beräkning av IRI skall ske enligt "State Transition Matrix"-metoden. Redogörelse för algoritmer med mera för denna metod finns definierade i "World Bank Technical Paper Number 46: Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements".

Detta dokument definierar konstanterna dx (samplingavståndet) och b (längden av däckets vidrörning vid vägkontaktyta).

Konstanten b används för hänsynstagande till bildäckets tillplattning i kontaktytan mot vägen (tyre enveloping effect). De värden som skall användas vid beräkning av IRI för Vägverkets räkning är:

$$dx = 0,125 \text{ m}$$

$$b = 0,25 \text{ m}$$

IRI H

IRI beräknat från mätt längsprofil i höger hjulspår. Se beskrivning av benämningen "ojämnhets i tvärled" och stycke 7.3.

Ojämnhets i tvärled

Spårdjupet är ett uttryck för vägens ojämnhets i tvärled.

Spårdjupet beräknas som avståndet mellan den uppmätta tvärprofilen och en tänkt tråd spänd över tvärprofilen mellan körfältsbegränsningarna, den sk trådprincipen. Spårdjupet över 20 m beräknas enl stycke 7.1 och benämns, *spårdjup max*.

Spårdjup max

Se beskrivning av benämningen "ojämnhets i tvärled".

Tvärfall

Tvärfallet definieras som vinkeln mellan horisonten och en linje representerande vägens lutning tvärs längsriktningen, se figur 1. Denna linje kan beräknas enligt tre alternativa metoder:

-Ytlinje

Tvärfallet definieras som vinkeln mellan horisonten och en linje tangerande vägytan i en punkt till vänster om vänster hjulspår och en punkt till höger om höger hjulspår, se figur

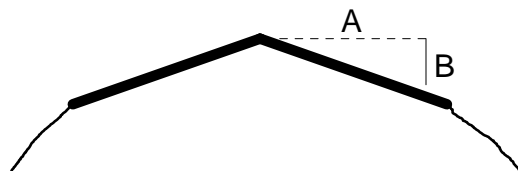
-Spårbottenlinje

Tvärfallet definieras som vinkeln mellan horisonten och en linje tangerande höger och vänster spårbotten.

-Regressionslinje

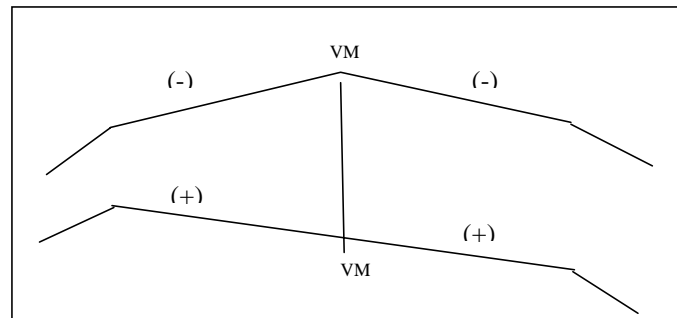
I de mätsystem som denna metodbeskrivning avser, representeras vägens tvärprofil av ett begränsat antal punkter, motsvarande antalet avståndsmätande mätton. Med hjälp av minsta kvadratmetoden beräknas regressionslinjen genom dessa punkter. Vinkeln mellan denna linje och horisonten definierar tvärfallet enligt regressionslinjemetoden.

Tvärfallet redovisas i %, d v s den vertikala förflyttningen (B) relativt den horisontella (A) vid rörelse från vägens mitt vinkelrätt mot vägens längdriktning, se figur 1.



Figur 1. Tvärfall

Det är viktigt att i protokollet ange tvärfallet med rätt tecken enligt de teckenregler som används inom Vägverket och som framgår av figur 2.



Figur 2. Tvärfallsprofil, teckenregler

Vägojämnhet

Vägytans avvikelse från ett plan. Avvikelsen beskrivs med karakteristiska dimensioner som påverkar fordonsdynamik, åkkomfort, dynamisk hjullast, buller och vattenavrinning.

4. Utrustning

4.1 Mätfordon

Mätsystemet utgörs av ett fordon försett med mätton för mätning av vägytans form samt datorer för insamling, bearbetning, lagring och presentation av data.

Mätfordonet skall uppfylla gällande bestämmelser för fordon i trafik och vid mätning vara utrustat med påbjuden varningsutrustning.

4.2 Utrustning för bestämning av ojämnhet i längsled.

För bestämning av den längsprofil från vilken ojämnheten i längsled beräknas erfordras dels ett mätton för mätning av avståndet mellan mätfordon och vägyta, dels ett mätton för bestämning av fordonets vertikallrörelser. För den förstnämnda uppgiften kan en av de avståndsmätande mättonen i tvärprofilmätaren utnyttjas, medan en accelerometer utnyttjas för det sistnämnda ändamålet. Dessa mätningar skall ske medan mätfordonet framförs längs vägen.

De enskilda avståndsmätande mättonens mätvärde skall ligga inom $\pm 0,1$ mm i noggrannhet vid varje enskild avståndsmätning.

4.3 Utrustning för bestämning av ojämnhet i tvärled

Ojämnhet i tvärled uppmäts med hjälp av minst 17 mätton placerade längs en balk monterad tvärs mätfordonet. Mättonen mäter avståndet mellan balken och vägytan och skall täcka mätning av en vägbredd på minst 3,2 m.

Mättonen skall vara monterade symmetriskt med avseende på ett vertikalplan i fordonets längdriktning gående genom dess geometriska mittpunkt samt placerade så att vägytans tvärprofil vid datainsamling blir så väl återgiven som möjligt.

För bestämning av spårdjup skall två mätpunkter, från lämpliga mätton, placeras så att det inbördes avståndet på vägytan motsvarar spåravståndet hos vanligast förekommande personbilarna (~1,5 m). Detta för att möjliggöra att mätning kan ske i botten på respektive spår.

De enskilda avtåndsmätande mättonens mätvärde skall ligga inom $\pm 0,1$ mm i noggrannhet vid varje enskild avtåndsmätning.

4.4 Utrustning för bestämning av tvärfall

Tvärfallet uppmäts med hjälp av minst 17 mätton placerade längs en balk monterad tvärs mätfordonet. Mättonen mäter avståndet mellan balken och vägytan och skall täcka mätning av en vägbredd på minst 3,2 m.

Mättonen skall vara monterade symmetriskt med avseende på ett vertikalplan i fordonets längdriktning och gående genom dess geometriska mittpunkt samt placerade så att vägytans tvärprofil vid datainsamling blir så väl återgiven som möjligt.

Vid beräkning av tvärfallet med spårbottnemetoden skall två mätpunkter, från lämpliga mätton, placeras så att det inbördes avståndet på vägytan motsvarar spåravståndet hos vanligast förekommande personbilarna (~1,5 m). Detta för att säkerställa att mätning kan ske i botten på respektive spår.

Mättonen mäter avståndet mellan balken och vägytan. Dessa avtåndsmätningar skall ske under det att mätfordonet framförs längs vägen.

De enskilda avtåndsmätande mättonens mätvärde skall ligga inom $\pm 0,1$ mm i noggrannhet vid varje enskild avtåndsmätning.

I mätbalken eller i anslutning till denna skall finnas ett system av mätton för bestämning av balkens lutning relativt horisonten.

4.5 Längdmätning

Fordonet skall vara utrustat med ett system för noggrann bestämning av den geografiska placeringen av mätningen.

5. Mätning

Mätningarna utförs av speciellt utbildad personal. I fordonet skall vid alla tillfällen finnas utförliga manualer för samtliga av fordonets mätsystem.

Under mätning skall fordonet framföras med varningsljus.

Mätning skall utföras enligt Vägverkets gällande bestämmelser för arbete på väg.

Mätning skall ske med noggrann avståndsangivelse, exempelvis genom stillastående start före objektet eller genom fotocellsanordning.

Vid mätning körs fordonet med normal hastighet (15 - 90 km/h) och placeras i tvärled så att mätton kan mäta i botten av eventuellt befintliga hjulspår.

Vid mätning av vägar smalare än 2 ggr mätbredden placeras fordonet i tvärled så att lämpliga mätton följer botten av eventuellt befintliga hjulspår utan att mätpunkterna från de yttersta mättonen hamnar utanför vägkanten.

Vid mätning av vägar som saknar hjulspår placeras fordonet mitt i det aktuella körfältet.

Vid mätning skall hänsyn tas till eventuellt behov av insvängningstid hos mätsystemet, innan fordonet påbörjar mätning på den aktuella sträckan.

Mätning och hantering av data skall ske enligt respektive leverantörs gällande kvalitetssystem. Detta kvalitetssystem får inte vara sämre än vad som gällde när leverantör erhöll godkännande av Vägverket.

6. Kalibrering

Kalibrering skall utföras varje dag före mätningarnas början samt vid alla tillfällen då det finns anledning till misstanke att systemet på ett eller annat sätt är stört.

Kalibrering av mätsystemet skall dokumenteras och lagras under föreskriven tidsrymd, dock minst 3 månader, samt inom denna tidsrymd vid anfordran överlämnas till beställaren för kontroll.

7. Beräkning av storheter

7.1 IRI H

Ojämnhet i längsled beräknas med utgångspunkt från mätning av vägens längsprofil. Denna beräkning skall utföras enligt följande:

Det avståndsmätande mättonets utsignal utgör en bild av vägens längsprofil sedd från mätplattformen. Mätplattformen rör sig emellertid i vertikalled på grund av vägens ojämnheter under körningen. Den verkliga längsprofilen kommer därför att representeras av det vertikala avstånd som mäts mellan vägytan och mättonet justerat för tillskott av

vertikal rörelse som uppstår p g av mätplattformens rörelse i vertikalled. Längsprofilen skall beräknas som funktion av tillryggalagd vägsträcka.

Andra procedurer för beräkning av vägens längsprofil får utnyttjas om de kan visas ge ekvivalenta mätresultat.

Den enligt ovan, i högra hjulspåret, uppmätta längsprofilen skall användas för beräkning av jämnhetsmättet IRI H.

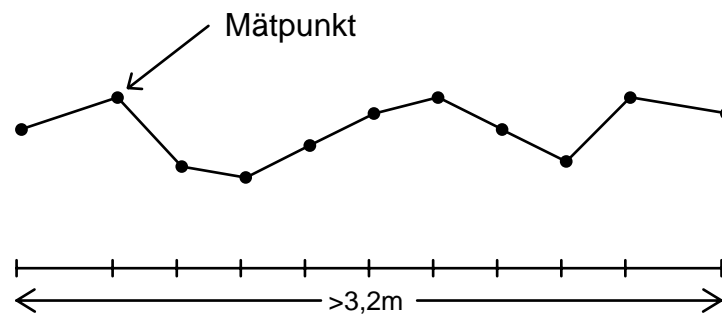
IRI H skall uträknas över en sträcklängd om 20 m. Det är detta beräknade värde på IRI H över 20 m som mätbilen skall redovisa som mätresultat för varje mätöverfart.

Andra procedurer för beräkning av IRI H får användas om de kan visas ge ekvivalenta mätresultat.

7.2 Spårdjup max

Spårdjupet beräknas med utgångspunkt från mätning av tvärprofilens form. Denna beräkning skall utföras enligt följande:

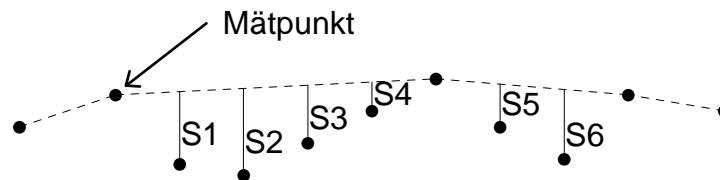
En medeltvärprofil beräknas för varje 0,1 m av vägens längd. Medeltvärprofilen beskrivs av de minst sju mätpunkter som motsvarar mättonen i tvärprofilmätaren, se figur 4. Varje sådan mätpunkt utgörs av medelvärdet över delsträckan av avståndet mellan resp mätton och dess mätpunkt. Varje avståndsmedelvärde baseras på minst 50 enskilda mätningar med respektive mätton.



Figur 4. Medeltvärprofil, skall beskrivas av minst 17 punkter i tvärled.

Beräkningen av spårdjupet skall ske enligt den s k trådprincipen. En tänkt tråd sträcks mellan tvärprofilens ytterkanter. Tråden spänns upp av de höga punkterna i tvärprofilen och spårdjupet tas som det största av de rätvinkliga avstånden mellan den tänkta tråden och vägytan (S1, S2, S3 osv).

Se figur 5.



Figur 5. Trådprincipen implementerad på en uppmätt tvärprofil.

Spårdjupet beräknas från varje tvärprofil. Ett medelspårdjup (i mm) över 20 m redovisas sedan som det aritmetiska medelvärdet av de 200 största spårdjup från på varandra följande tvärprofiler. Detta spårdjup benämns *spårdjup max*. Det är detta beräknade värde på spårdjup max över 20 m som mätbilen skall redovisa som mätresultat för varje mätöverfart.

Andra procedurer för beräkning av spårdjup max får utnyttjas om de kan visas ge ekvivalenta mätresultat.

7.3 Tvärfall

Tvärfallet beräknas med utgångspunkt från tvärprofilens form. Denna beräkning skall utföras enligt följande:

En medeltvärprofil beräknas för varje 0,1 m av vägens längd (delsträcka). Medeltvärprofilen beskrivs av de minst sjutton mätpunkter som motsvarar mätdonen i tvärprofilmätaren, se figur 4. Varje sådan mätpunkt utgörs av medelvärdet över delsträckan av avståndet mellan resp mätton och dess mätpunkt. Varje avståndsmedelvärde baseras på minst 50 enskilda mätningar med respektive mätton.

Lutningen (vinkeln mot horisonten) för den mätbalk på vilken mättonen är placerade, mäts med hjälp av lämpligt mätton och korrigeras i förekommande fall för inverkan av mätfordonets sidacceleration. Noteras bör att direkt mätning av sidaccelerationen medelst accelerometer medför vissa mätfel och får därför inte utnyttjas utan erforderlig korrigerings.

Mätbalkens lutning subtraheras från medeltvärprofilen varvid en tvärfallskorrigerad medeltvärprofil erhålls.

Tvärfallet beräknas från den tvärfallskorrigerade medeltvärprofilen enligt vald metod, se benämningar, tvärfall. Normalt används regressionslinjen för beräkning av tvärfall. Ett medeltvärfall över 20 m beräknas som det aritmetiska medelvärdet av 200 stycken på varandra följande

tvärfallsvärden. Det är detta beräknade värde på tvärfall över 20 m som mätbilen skall redovisa som mätresultat för varje mätöverfart.

Andra procedurer för beräkning av tvärfall får utnyttjas om de kan visas ge ekvivalenta mätresultat.

8. Krav på noggrannhet

För att erhålla godkännande som leverantör av vägytemätning av objekt på det statliga vägnätet krävs bl a genomförande av testmätningar. Vid testmätningarna sker bl a jämförelse av leverantörs mätvärden mot av Vägverket anvisade verifikationsinstruments mätvärden.

Om förnyad testmätning, med på ett av Vägverket angivet förfarande, genomförs eller påkallas av Vägverket får inte avvikelserna i mätvärden vid jämförelse mot verifikationsmätning skilja sig med mer än nedan angivna procentsatser från det resultat som tidigare erhållits och utmynnat i ett godkännande. Godkännandet kan återkallas av Vägverket om nedanstående gränser överskrids.

Avvikelse i leverantörs mätvärden är alltid satta i relation till aktuell verifikationsmätningens mätvärden. Jämförelsen av resultat mellan två testmätningar görs genom att beräkna differens avvikelse mellan det nya mätresultatet, från leverantör mot verifikationsmätning, med det gamla resultatet och därefter kontrollera om denna differens i avvikelse mellan testmätningarna är större än nedan angivna gränser.

Det nya resultatet godkännes när följande krav uppfylls:

- Spår djup max

Differensen i avvikelse från mätresultat mellan gamla och nya testmätningen, på sektioner om 20 m, får ej överstiga 10 % eller 0,2 mm.

- IRI H

Differensen i avvikelse från mätresultat mellan gamla och nya testmätningen, på sektioner om 20 m, får ej överstiga 6 % eller 0,05 mm/m.

- Tvärfall

Differensen i avvikelse från mätresultat mellan gamla och nya testmätningen, på sektioner om 20 m, får ej överstiga 8 % eller 0,08 procents lutning.

Förutom ovanstående krav på noggrannhet för respektive storhet skall lägesredovisningen av sektioner om 20 m inte avvika med mer än 0,5 m + 0,1 % mätt från objektets start.

9. Metod och utvärdering

Objektmätningen skall utföras med fyra överfarter av objektet. Den fjärde överfarten avser reservvärden. Reservöverfart behöver inte att

utföras om utvärdering sker på plats direkt i anslutning till mätning och ett godkänt mätresultat uppnås. Avgörande av om mätningen är godkänd eller inte sker för sträckor om 400 m.

Mättnings- och beräkningsgång:

1) Objektet mäts i tre överfarter.

2) Mätningarna från de tre första överfarterna används för att beräkna medianvärdet för varje sträcka om 20 meter. Dessa medianvärden bildar det representativa mätresultatet.

På den avslutande sträckan av varje objekt som i flertalet fall inte uppgår till 20 m beräknas även här ett medianvärde baserat på de tre första överfarterna. Även på dessa sträckor kortare än 20 m är det medianvärdena som bildar det representativa mätresultatet.

3) Standardavvikelse och aritmetiskt medelvärde baserat på mätvärden per 20 meter beräknas för varje sträcka om 400 m. Beräkning skall ske enskilt för samtliga tre överfarter.

4) Mätningarnas variationsvidd testas gentemot gränserna för godkännande angivna i avsnitt 10. på de kontrollobjekt som uppnår 400 m enligt följande:

- Jämförelse skall ske mellan den av de tre första överfarterna som avviker mest från beräknade medianvärden. Kontrollen mot medianvärden avser både medelvärde över 400 m och standardavvikelse över 400 m för respektive storhet.

5) Om kontrollen medför ej godkänt i någon av testerna skall den 4:e överfarten tillföras beräkningen för den eller de storheter som underkändes. Resultatet från de tre mest lika överfarterna, bedömt utifrån medelvärden över 400 m, väljs ut och förnyad medianberäkning och prövning mot gränserna för godkännande utförs.

6) Innebär kontrollen att den eller de i punkt 5) underkända storheterna nu återigen blir underkända gentemot gränserna är mätningen av kontrollobjektet underkänd för dessa storheter.

Det underkända kontrollobjekten mäts om med avseende på de underkända storheterna.

Avviker hela objektets längdmätning med mer än vad som anges i avsnitt 10. är det upp till leverantören av mättjänst att påvisa för beställaren att det har haft ringa eller ingen påverkan vad beträffar kvaliteten på det redovisade representativa resultatet av de beräknade storheterna. Kan inte detta påvisas kan reservöverfarten sättas in, om den är outnyttjad vid beräkning av storheter, för att pröva om kravet på längdmätning härigenom uppnås. Används reservdraget skall även förnyad beräkning utföras av alla storheter med tillhörande kontroll av dess resultat enligt ovan beskriven metod. Uppnås fortfarande inte kravet på längdmätning skall objektet mätas om.

10. Gränser för godkännande av mätning

Resultatet från redovisning av respektive storhet och kontrollobjekt godkänns när avvikelserna från mediandraget för varje mätöverfart / för var och en av de tre mätöverfarterna (beräknade enligt avsnitt 9) uppfyller följande krav:

IRI H:

- Medelvärde, över 400 m, för varje mätöverfart avviker med högst 8 % eller 0,08 mm/m (från medianvärdenas medelvärde).

- Standardavvikelsen 20 m över 400 m inom mätöverfart avviker med högst 20 % eller 0,20 mm/m (från medianvärdenas standardavvikelse).

Spår djup max:

- Medelvärde, över 400 m, för varje mätöverfart avviker med högst 15 % eller 0,4 mm (från medianvärdenas medelvärde).

- Standardavvikelsen 20 m, över 400 m, för varje mätöverfart avviker med högst 25 % eller 0,5 mm (från medianvärdenas standardavvikelse).

Tvärfall:

- Medelvärde, över 400 m, för varje mätöverfart avviker med högst 10 % eller 0,25 procentenheters tvärfall (från medianvärdenas medelvärde).

- Standardavvikelsen 20 m, över 400 m, för varje mätöverfart avviker med högst 20 % eller 0,15 procentenheters tvärfall (från medianvärdenas standardavvikelse).

Längdmätning:

- Längdmätning mätöverfarterna sinsemellan får inte avvika med mer än 0,5 m + 0,10 % av objektets längd.

- Avvikelser i redovisning av den geografiska placeringen gentemot Vägverkets referenssystem får inte överstiga 10 m + 0,15 % från närmast belägna knutpunkt.

11. Beställning och rapportering

Normalt används formulär "UPPDRAGSSPECIFIKATION avseende objektmätning" vid beställning av mättjänst från godkänt mätbolag. Formuläret kan beställas av vägavdelningen vid Vägverkets huvudkontor i Borlänge eller erhållas av godkänt mätbolag i samband med förfrågan avseende mättjänst.

Mätresultatet skall rapporteras till beställaren på det medium, sätt och inom den tidsrymd som överenskommes vid beställning och enligt den termidentifikation för respektive storhet som Vägverket fastställt.

Alla mätresultat skall vara geografiskt fastlagda i Vägverkets referenssystem vid leverans.

Mätdata från alla mätöverfarter och alla storheter (IRI H, spår djup max, tvärfall) som det beställts mätning av avseende:

- medelvärde 20 m

-
- medianvärdet för sträckor om 20 m och kontrollobjektets aritmetiska medelvärde baserat på medianvärdena
 - standardavvikelse 20 m inom kontrollobjekt
 - avvikelse i löpande längd mellan mätdragen på objektet
- skall levereras till Vägverkets Huvudkontor i Borlänge lagrat på CD.

Mätdata från den sista delen av varje objekt, som i normalfallet understiger 20 m, skall även de levereras på samma sätt som övriga mätdata. Längden på denna sträcka skall anges.

Den eller de beställda storheternas (IRI H, spårdjup max och tvärfall) representativa mätresultatet, medianvärdet baserat från tre mätöverfarter, skall redovisas för beställaren av objektmätning avseende:

- medianvärdet för sträckor om 20 m och kontrollobjektets aritmetiska medelvärde baserat på medianvärdena
- medianvärde för den avslutande delen på varje objekt, som i normalfallet understiger 20 m, med angivande av sträckans längd.
- Standardavvikelse 20 m inom kontrollobjekt.