

Bestämning av tvärfall med bogserad mätvagn

Metodbeskrivning 108:1994

1. Orientering	3
2. Sammanfattning	3
3. Benämningar	4
4. Utrustning.....	4
5. Kvalitetskrav	6
6. Kvalitetssäkring.....	6
7. Kalibrering	6
8. Mätning	8
9. Beräkning	9
10. Rapport.....	12

1. Orientering

Bestämning av tvärfall med manuella avvägningsmetoder är tidsödande. Krav på sådan bestämning aktualiserar behovet av bättre hjälpmedel och metoder. En mätutrustning apterad på och integrerad med en bogserad vagn har tagits fram inom Vägverket under 80-talet.

2. Sammanfattning

Metodbeskrivningen avser mätning av tvärfall och därtill hörande längdmätning med en godtagbar, bogserad mätvagn. Utrustningen mäter vinkelavvikelsen från en punkt på ett horisontalplan genom endera av två mätjul till en punkt på ett horisontalplan genom det andra mätjulet. Lutningen bestäms med hjälp av en pendel. Resultatet presenteras vanligen som en kontinuerlig linje på en avläsbar pappersremsa - s k analog visning. Lutningen (tvärfallet) redovisas i procent.

Den bogserade mätvagnen har två huvuddelar:

- en fordonsdel som bär en teleskopiskt förskjutbar mätbalk (tvärfallsbom) för mätning av lutande plan.
- en centralenhet som innehåller en digitalomvandlare och ger signaler till centralenhetens olika funktioner samt en analog signalbehandlingsenhet.

Mätvagnen skall vara registrerad för transporthastigheten 70 km/h och vara utrustad med två rotationsljus samt ha föreskriven skyddssignalering.

Mätområdet för tvärfallsmätning får inte understiga $\pm 10\%$.

Mätoslaggrannheten för tvärfallsmätning får inte överstiga $\pm 0,2\%$ på bundna ytor och får för längdmätning inte överstiga $\pm 2,5\%$ av den mätta sträckan.

Typgranskningsintyg för bogserat mätfordon skall kunna visas. Typgranskningsintyg utfärdas av Statens Maskinprovningar, Alnarp.

Hastigheten får vid mätning normalt inte överstiga 10 km/h.

Längdmättnings- och tvärfallsfunktioner måste kalibreras inför mätningssuppdragen.

Mätningarna skall utföras av personal som är väl insatt såväl i kalibrering, mätning och mätfordonets handhavande som i behovet av eventuell skyddssignalering (vid mätning på trafikerad väg).

Efter mätning och beräkning skall rapportering ske.

Alla kontrollobjekt som omfattas av statistisk acceptanskontroll skall redovisas med avseende på:

- identifikation
- utsträckning, fastlagd i objektets längdmätningssystem (koordinatbestämt eller på annat varaktigt, reproducerbart sätt)
- resultatet genom att ritpapperet (remsan) överlämnas och då försedd med förklaringar så att missförstånd beträffande resultatet undviks.

3. Benämningar

Tvärfall

Tvärfallet definieras som vinkeln mellan horisontalplanet och en linje representerande vägens lutning tvärs längdriktningen

Mätområde

Minst ± 10 % kring horisontalplanet

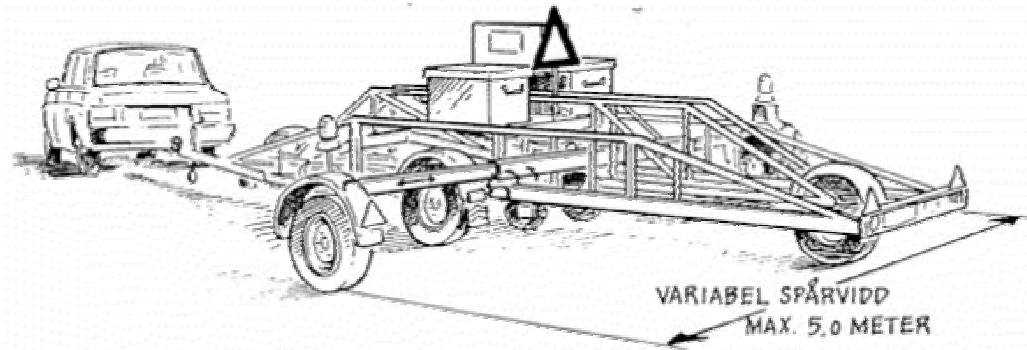
4. Utrustning

Den bogserade mätvagnen har två huvuddelar:

- en fordonsdel som är bärare av mekaniska apparater, mätgivare och elektroniska komponenter.
- en centralenhet för behandling av mätsignalerna från mätgivarna och skrivare för presentation av mätdata.

Exempel på godtagbar bogserad mätvagn är de inom Vägverket förekommande bogserade mätvagnarna, kallade Libella. Tvärfallsmätningfunktionen är kontrollerad med godtagbart resultat. Den får därför åskådliggöra metodbeskrivningens bogserade mätvagn.

Mätvagnarna finns i några varianter. Variationerna beror på utveckling av mätvagnen. De flesta har analog visning av mätvärdena, dvs resultaten ritas upp på en pappersremsa (skrivarpapper). Två utrustningar har datoriserad (digitaliserad) presentation, varav den ena är mer avancerad än den andra. Metodbeskrivningen begränsar sig till dem med analogvisning av mätdata och omfattar principerna för kalibrering och mätning samt anger krav på mätnoggrannhet.



Figur 1. Skiss av bogserad mätvagn av den typ som bl a Vägverket använder (Libella).

Fordonsdelen är en ramkonstruktion, buren av en enaxlig, fjädrande transportaxel och bär en teleskopiskt förskjutbar mätbalk (tvärfallsbom) för mätning av lutande plan.

Ett 85 A batteri försörjer elektronik och skrivare med 12 V spänning. Två batterier av samma typ försörjer rotationsljus och lyftmotorer med ström. Skilda strömkällor minskar risken för störningar i mätresultaten. Kabelvinda och batteriladdare är lämpliga tillbehör.

Mätvagnen skall ha draganordning för 50 mm kula och vara utrustad med två rotationsljus samt ha föreskriven skyddssignalering. Mätvagnen skall vara registrerad för transporthastigheten 70 km/h.

Centralenheten med kringutrustning innehåller:

- digitalomvandlare för längdmätningssgivaren som ger signaler för framdrivning av skrivarpapper och signaler till centralenhetens olika funktioner.
- analog signalbehandlingsenhet för tvärfallsgivaren som via en skrivarkanal ritar tvärfallskurvan på en pappersremsa av för ändamålet lämplig typ.

Centralenheten styr skrivaren så att pappersremsan matas fram i skalenlig takt med mätfordonets hastighet. Den styr också olika färgpennors rörelser. Längdmätningssfunktionen markerar 10 - och 100 - meterssektionerna men ger inga siffervärden.

Tvärfallsfunktionen ger en kontinuerlig kurva som beskriver tvärfallet. Kurvans värden avläses med hjälp av pappersremsans hjälplinjer, se figur 2.

För kalibrering och användning av centralenhet och skrivare hänvisas till deras respektive manualer.

Centralenhet och skrivare skall finnas i dragfordonet under mätning. Dragbilen är lämpligen automatväxlad eller lågväxlad på grund av den låga mät hastigheten.

Mätbommen för tvärfallsmätning är lagrad i en gaffelliknande konstruktion och har personbilshjul av standardtyp i vardera änden. Tvärfallsbommen höjs och sänks vid behov med eldrivna lyftmotorer. Tvärfallsbommens längd kan varieras från 2,2 till 5,0 m för anpassning till önskad mätbredd. Under mätning är tvärfallsbommen utsatt för dynamiska påkänningar, vilka skapar deformationer som får påverka mätresultatet med högst 1,5 %. Däckkvaliteten hos tvärfallsbommens hjul får inte överstiga 1 mm. Hjulens lufttryck skall normalt vara 200 kPa och lika.

Mätgivaren för lutningsregistreringen är centralt placerad på tvärfallsbommen. Mätgivaren är av pendeltyp men andra typer av lutningsmätare kan förekomma. De skall ha tillräcklig upplösning för att innehålla mättoleransen. Mätgivaren för längdmätning sitter vid ett av transporthjulen.

5. Kvalitetskrav

Mätområdet för tvärfallsmätning får inte understiga ± 10 %.

Mätonoggrannheten för tvärfallsmätning får inte överstiga $\pm 0,2$ % på bundna ytor.

Mätonoggrannheten för längdmätning får inte överstiga $\pm 2,5$ % av den mätta sträckan.

6. Kvalitetssäkring

För att säkerställa att levererade mätresultat är korrekta inom mätnoggrannhetens gränser skall kalibreringsrutinerna för mätfordonet och dess apparater noggrant följas, såväl vad avser procedur som omfattning. Kalibreringsresultaten skall dokumenteras och lagras fram till dess att mätdata utvärderats. Typgranskningsintyg för bogserade mätfordon skall kunna visas. Typgranskningsintyg utfärdas av Statens Maskinprovningar, Alnarp. Det visar vilken mätnoggrannhet som kan förväntas av mätfordonet.

Hastigheten får vid mätning normalt inte överstiga 10 km/h. Kan det bevisas att mätnoggrannheten inte påverkas av en högre hastighet är den dock tillåten.

7. Kalibrering

Kalibreringsbeskrivningen förutsätter att centralenhetens och skrivarens manualer är tillgängliga och följs. Efter kalibrering får inga kopplingsdon (ingen strömförsörjning) brytas förrän mätning avslutats.

Kalibrering av längdmätningfunktionen:

Vid kalibrering av längdmätningseenheten skall man ha tillgång till en känd sträcka, helst 1 000 m och inte kortare än 300 m. Kontrollera och vid behov justera ringtrycket till angivet värde. Ringtrycket måste vara lika vid kalibrering och mätning.

Observera att ringtrycket ändras med lufttemperaturen. Tänk på, när mätvagnen står i skugga och mätning skall utföras i starkt solsken, att vänta med kalibreringen till dess att temperaturen i längdmätningshjulet hunnit anpassa sig till aktuell yttertemperatur.

Ställ vagnen så att längdmätningshjulet står på startlinjen för kalibreringssträckan. Centralenhet och eventuellt kompensationsräkneverk skall nollställas. Se till att skrivarpennan ritar det långa tvärstrecket exakt vid sektion noll (startlinjen) på skrivarpapperet. Den kända sträckan körs, t ex 1 000 m. Stanna med längdmätningshjulet på markeringen för sträckans ändpunkt. Räkneverket skall då visa 1 000 m och pennan skall samtidigt ha ritat sitt 10:e långa tvärstreck på remsan. Om inte, justera inställningarna.

- Om den uppmätta sträckan visar sig vara längre än kalibreringssträckan, öka lufttrycket något i längdmätningshjulet, utför därefter ny mätning. Upprepa till dess att mätt längd och kalibreringssträcka överensstämmer inom toleransen.
- För centralenhet med kompensationsräkneverk förs skillnaden mellan mätt och känd längd in på räkneverket varefter ny längdmätning sker. Upprepa mätningar och kompensering till dess att längderna överensstämmer med varandra inom toleransen. När kompensationsräkneverket använts får det inte ändras efter kalibreringen förrän mätningarna slutförts.

Kalibrering av tvärfallsfunktionen före avresa till ett mätningssuppdrag:

- Lufttrycket i tvärfallsbommens hjul skall vara det angivna.
- Kontrollera rundheten hos hjulen. Ovaliteten hos ett hjul får inte överstiga 2 mm. Den mäts enklast med hjälp av ett skjutmått som ansätts mot hjulets slityta varefter hjulet sakta roteras. Efter några försök hittas maximal ovalitet.
- Justera tvärfallsbommens längd till aktuell mätbredd med inställningsnoggrannheten ± 10 mm.
- Koppla nödvändiga kablar. Dessa får sedan inte kopplas ur under tiden mellan kalibrering och mätningssuppdragets slut. Är urkoppling nödvändig måste kalibreringen göras om.
- Ställ in skrivarens vippkontakter och andra reglage enligt manualen och tag bort ritstiftens skyddslock. Stiften skall ha olika och bestämda färger.
- Redovisa tvärfallet enligt Vägverkets regler. Negativt tvärfall lutar från vägmitt, positivt tvärfall lutar mot vägmitt. För körfältet gäller att negativt tvärfall skall ritas till höger om remsans mittlinje, positivt till vänster, sett i körriktningen. Längdmätningen ritas alltid i remsans högra kant sett i

körriktningen. Kort markering avser 10 m, lång 100 m, se figur 2.

- Mätgivaren för lutning måste vibrera något vid kalibreringstillfället för att ge optimal mätnoggrannhet.
- Ställ tvärfallsbommens hjul på i förväg noggrant (± 1 mm) avvägda punkter, som ger ett horisontalplan. Kalibrera centralenheten enligt dess manual så att displayen visar 0 %. Skrivarens penna för tvärfall justeras till 0-läget. Roter vagnen 200 gon (180 grader) och gör om förfarandet. I bägge lägena skall 0-läget erhållas.
- Ställ tvärfallsbommens ena hjul på en platta som ger tvärfallsbommen en noggrant fastställd lutning nära maximalt mätområde. Såväl display som penna skall visa den fastställda lutningen, först i ena mätläget och efter det att vagnen roterats, i det andra läget. Om inte, gör korrigerings enligt manualer för centralenhet och skrivare. Vibrera (skaka) lätt tvärfallsbommens hjul för att hindra att givaren "hänger sig" då vagnen står stilla vid kalibrering.

Tillgång till en kontrollerad mätbas med noggrant fastställda olika lutningar inom mätområdet och med noggrann längdmätning, minskar tid och arbete vid kalibrering. Genom att mäta basen i bägge riktningarna kan hela mätområdets värden snabbt kontrolleras och eventuella avvikelser hos mätfunktionerna korrigeras. Korrigerings skall ske när avvikelsen överstiger $\pm 0,1$ %.

På mätplatsen

Under transporten till mätplatsen kan något ha hänt med givare eller annat i mätsystemet. Kontroll av kalibreringen skall ske på mätplatsen så att kalibreringen vid behov kan återställas. Det skall ske genom att noggrant (± 1 mm) fastställa nivåskillnaden och beräkna lutningen mellan de två punkter mätbommens hjul skall stå på under kontrollen. Det är lämpligt att använda plattor av olika tjocklek för att med dem och avvägning åstadkomma kända lutningar ute på mätplatserna. Glöm inte att vid kontrollen rotera mätvagnen 200 gon mellan mätningarna.

8. Mätning

Mätningarna skall utföras av personal, som är väl insatt i kalibrering, mätning samt mätfordonets handhavande. De skall även vara väl insatta i behovet av eventuell skyddssignalering (vid mätning på trafikerad väg).

Vid mätning av tvåfältiga vägar skall, om möjligt mätfordonet vara så placerat på körfältet att ett mät hjul går ca en halv meter från vägmitt på den sida man mäter på. Det andra mät hjulets placering styrs av körfältsbredd och tvärfallsbommens utdrag.

Undvik att köra med mät hjulen i spåren vid mätning av tvärfall på vägar med spårbildning.

1. Rutinen för ett mätningsuppdrag med bogserad mätvagn kan vara:
2. Förbered transporten.
3. Kontrollera att eventuella säkerhetslås till tvärfallsbommen är inkopplade före transport till kalibreringsplats och arbetsplats.
4. Kalibrera. Mätbommen dras ut till önskad mätbredd före kalibreringen. Det är viktigt att elkablarna mellan mätfordonet, centralenhet och skrivare i dragfordonet är inkopplade utan avbrott från och med kalibreringen till dess mätningen avslutats.
5. Notera på pappersremsan hur man skall tolka tvärfallets förlopp när man läser av resultatkurvan.
6. Vid mätning på allmän trafikerad väg får inte mätning påbörjas förrän ansvarig person från väghållaren givit sitt medgivande och föreskriven skyddssignalering anordnats.
7. Kontrollera kalibreringen. Vid behov justeras inställningarna.
8. Starta med mät hjulen på en jämn sektion, t ex 0 eller 10 m, sänk ner ritstiften mot papperet och nollställ stiftet genom att aktivera skrivaren till att rita ett långt startstreck.
9. Lyft stiftet (stiften), drag fram pappersremsan och skriv begynnelse sektionen vid startstreck. Skjut in remsan och sänk åter ner stiftet.
10. Överskrid inte tillåten mät hastighet. Stanna vid varje 500 meter eller annan vald längd och korrigera längdmätningen, om den möjligheten finns.
11. Vid backning eller vändning måste tvärfallsbommen lyftas. Den behöver då inte låsas.
12. Efter avslutad mätning hissas tvärfallsbommen upp, skjuts ihop och låses. Pappersremsan med mätresultatet tas ur och omhändertas eller överlämnas direkt till beställaren. Se till att resultaten kan tolkas av den eller de som resultaten lämnas till. Det förutsätter att tvärfallets riktvärden och, där så är möjligt, Tp-lägen och övergångssträckors lägen anges på remsan
13. Koppla bort elkablarna mellan mätfordon och centralenhet, respektive skrivare i dragfordonet.

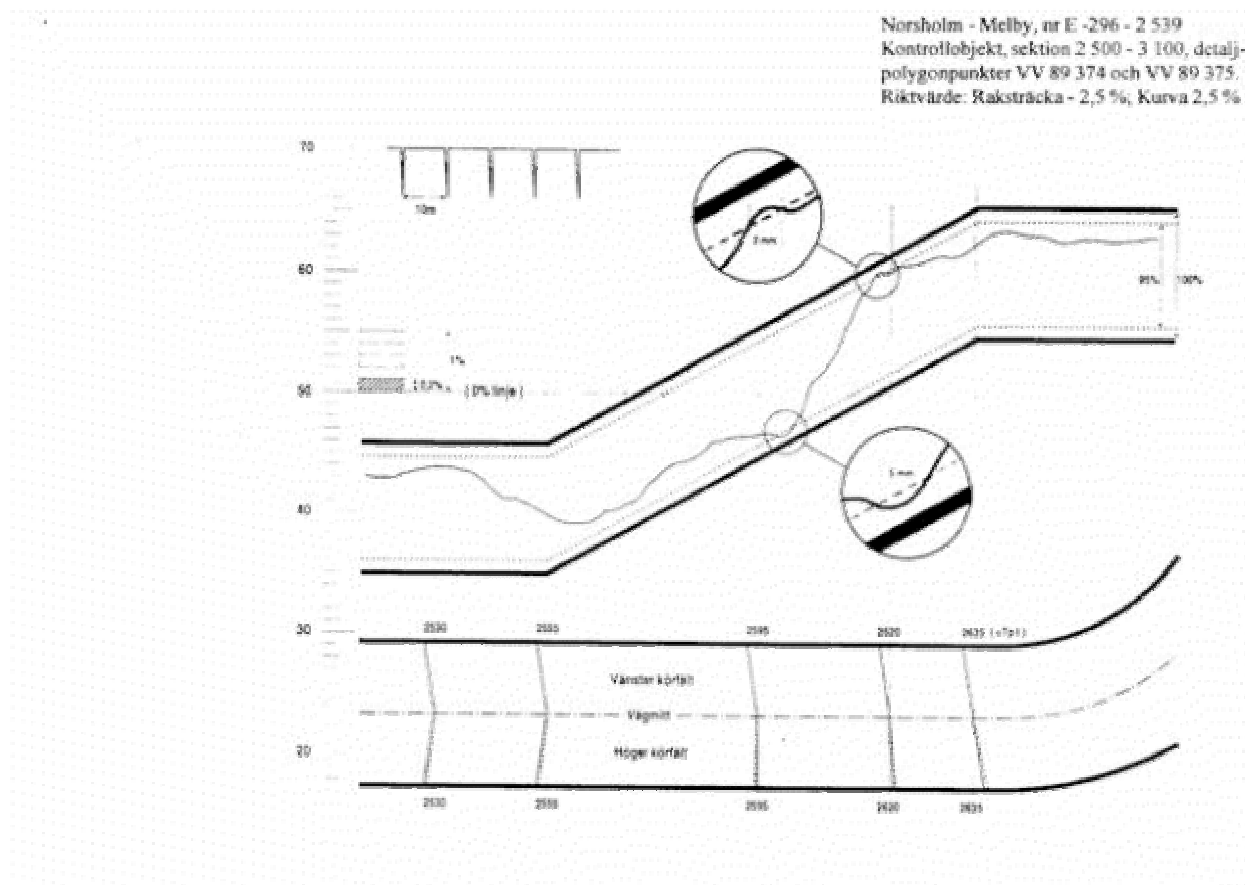
9. Beräkning

Antag att ett kontrollobjekt enligt VÄG 94 har kontrollerats. Objektet tillåts enligt kap 1, tabell 1.3-10, "Tvärfallsklass 2, Acceptansintervall vid trafikpåsläpp", ha en tvärfallsavvikelse som innebär, att alla värden skall ligga inom $0 \pm 0,9 \%$ och inom $0 \pm 0,6$ för 95 % av den kontrollerade körfältslängden. Objektet är en 8 m bred väg. Övergångssträckan börjar i sektion 2 555 och är 80 m. Tangentpunkten (Tp1) ligger i sektion 2 635.

Mätningen sker i höger körfält. Resultatredovisningen i figur 2 är en del av kontrollobjektet och visar huvudsakligen övergången från en rak-sträcka till en vänsterkurva med riktvärdet 2,5 % för tvärfallet på såväl raksträcka som kurvan.

På pappersremsan, se fig 2, skall följande anges:

- Längdmätning och tvärfall, automatiskt registrerat.
- Objektets nummer och namn samt sektionsangivelser manuellt skrivna.
- Aktuellt riktvärde.



Figur 2. Resultatremsa

Figur 2 visar en förenklad form av en vanligen använd resultatremsa med inlagda toleransgränser. Delarna utanför inre toleransområdet (95 - procentområdet) är inramade och förstorade. Tvärfallens utseende i sektionen är inlagda på remsan för ökad förståelse (det görs inte i verkligheten). Av rittekniska skäl har längdmätningen placerats i vänster kant av remsan. Enligt körriktningen skall den vara placerad i remsans högra kant.

Från VÄG 94 hämtas uppgifter om toleranser. Rita först in de bägge toleransgränserna, se figur 2. Kontrollera visuellt att alla redovisade mätvärden ligger inom de yttre toleransgränserna.

Bestämningen av längder vars mätvärden ligger utanför de inre toleransgränserna sker med utgångspunkt från mätvagnens grafiska längdredovisning av var tionde meter och med hjälp av en millimetergraderad linjal. Noggrannheten i det senare momentet bör vara ± 1 m.

Kontrollera därefter att mätvärden från minst 95 procent av den kontrollerade körfältslängden ligger inom de inre toleransgränserna. Var särskilt uppmärksam vid sk övergångssträckor.

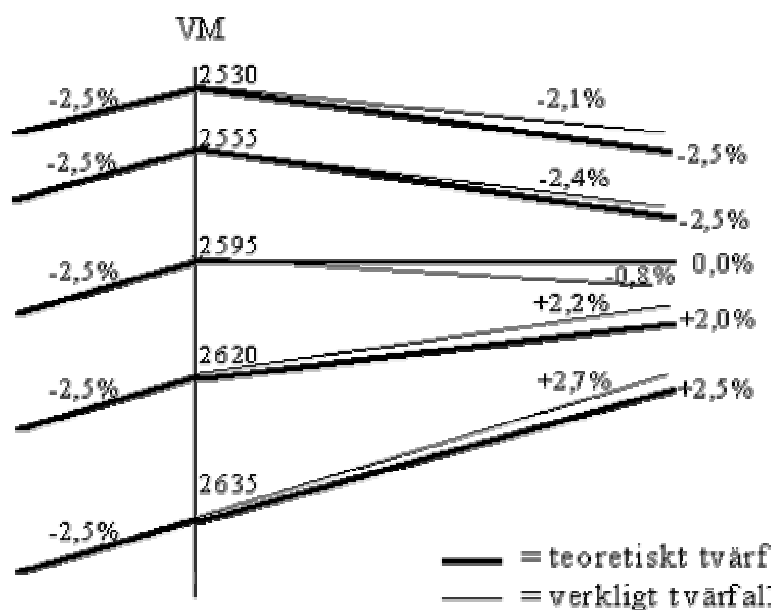
Figur 2 visar endast en del av den kontrollerade körfältslängden, som är 600 m.

Enligt figur 2 ligger alla värden inom de yttre toleransgränserna men utanför de inre inom de inramade områdena.

I exemplet är längden av sträckor med värden utanför den inre toleransen, 5 respektive 3 mm, dvs tillsammans 8 mm (horisontellt mått, mät med graderad linjal). Med hjälp av den grafiska längdredovisning av var tionde meter bestäms längden. Avståndet mellan längdmätningens pikar är 11,5 mm. varje uppmätt mm är lika med 0,87 m.

Längd med värden utanför den inre toleransen är $8 \times 0,87$ m, dvs ca 7 m.

Övriga värden inom kontrollobjektet ligger inom de inre toleransgränserna. Inom figuren tillåts därför 5 % av 600 m, dvs 30 m, ha värden utanför inre toleransgränsen. I figur 3 visar 5 tvärsektioner (tagna från figur 2 redovisad mätning) hur verkligt och teoretiskt tvärfall förhåller sig till varandra.



Figur 3. Tvärsektioner som visar verkligt och teoretiskt tvärfall i figur 2 redovisat resultat

Således, alla värden i figuren ligger inom de yttre toleransgränserna och minst 95 procent av de enskilda värdena ligger inom de inre, därför kan kontrollobjektet accepteras.

10. Rapport

Alla kontrollobjekt som omfattas av statistisk acceptansk kontroll skall redovisas enligt följande exempel:

Konstruktion:	Norsholm - Melby, nr E -296 - 2539
Kontrollobjekt:	Sektion 2500 - 3100, detaljpolygonpunkter VV 89 374 och Vv 89375
Kontrollen avser:	Bitumenbundet slitlager, tvärfallsklass 3, acceptans vid trafikpåsläpp, bestämning av tvärfall med bogserad mätvagn, krav enligt VÄG 94, tabell 1.3-10
Stickprovskontroll:	Kontinuerlig mätning
Kriterievariabler:	Skrivarremsa bifogas som visar att de enskilda observationerna ligger inom toleransen för det givna riktvärdet
Slutsats:	Kriterierna uppfyllda