

**Funktionsstyrning av beläggning
Del 3**

Projekt 11497



Peter Ekdahl och Bo Sävinger

Rapport 2004-10

Förord

Detta projekt är nr 3 i en serie av 4 -5 planerade delprojekt. Första projektet var en förstudie som skulle redovisa de planerade program (datormjukvara) som skulle bearbeta de uppmätta laser RST data som erhålles vid underhållsmätningar. Delprojekt 2 var en första test i fält där alla funktioner från inmätning, projektering till utförande testades. Denna projektrapport (del 3) redovisar ett andra test på en planerad underhållsbeläggning i sydöstra Skåne med fokus på inmätning. Kommande projekt är planerade att drivas under 2005 och 2006.

Arbetsgrupp för projektet är

Bo Sävinger	NCC Roads	Projektledare
Peter Ekdahl	Ramböll RST	
Berne Nielsen	Ramböll RST	
Bo Oldenfelt	Wirtgen	
Johannes Segerpalm	Skanska	
Sven Dölerud	NCC Roads	

Göteborg i december 2004

Bo Sävinger

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	4
1 Inledning.....	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Syfte och mål.....	7
1.3 Avgränsningar	7
2 Planering och projektering	8
2.1 Allmänt	8
2.2 Anpassning av filtreringsmetod för längsprofiler	9
2.3 Inmätning.....	10
2.4 Beläggningsprojektering	10
2.5 Syn.....	11
2.6 Längdkalibrering	11
3 Massautläggning.....	12
3.1 Beläggningsstart	12
3.2 Maskinstyrning	12
3.3 Kommentarer på mätningarbetet under pågående läggning	13
4 Resultat.....	13
4.1 Planerad och utförd mängd asfaltmassa	13
4.2 Tvärfall	14
4.3 Längsgående jämnhet (IRI)	15
5 Slutsats och kommentarer.....	17
6 Fortsatt arbete	17
Bilagor	18-22

Sammanfattning

Denna projektdel (del 3) är den andra i sitt slag som utförts i fält. En förstudie (Funktionsstyrning av beläggning, del 1) har tidigare visat på att man med stöd av laser RST – mätningar kan simulera fram en planerad jämnhet och tvärfall med bestämd mängd massa. Rambölls benämning på denna programvara är π – PAVER. I del 2 av projektet gjordes ett första test i fält med maskinstyrning baserad på en sådan beläggningsprojektering. Detta visade på goda resultat avseende mängder och tvärfall men också ett otillfredställande resultat för längsgående jämnhet (IRI). Den troliga orsaken utreddes i del 2 och projektdel 3 definierades i avsikt att pröva nödvändiga korrigeringar.

Entreprenören saknar idag ett hjälpmedel för att beräkna, planera och styra sin läggning så att efterfrågad jämnhet i längdled i form av IRI kan uppnås. Förstudien och denna projektdel är ett viktigt led i strävan i att lösa detta dilemma.

Jämnheten i längdled för vägobjekt vid beläggningsarbete är beroende av den befintliga ytans ojämnheter, typ av utläggningsutrustning, typ av beläggning, beläggningstjocklek, om fräsning eller justering före beläggning ska utföras. En anpassning av utförandet som beror på den befintliga vägens ojämnheter och den jämnhet som beställaren önskar efter utförande är en förutsättning för att klara kvalitetskraven och minska riskerna.

Syftet med projektet i sin helhet är att utarbeta och testa en metodik för att i entreprenader med vägytekrav styra beläggningsutförandet mot ställda mål. Metodiken bygger på en planeringsfas före utförande, samt en automatisk styrning av läggaren under utförandet. Verktyget som används för planeringsfasen kallas här π – PAVER. Den automatiska styrningen är en maskinstyrningsutrustning typ Moba.

Testprojektet del 3 är genomfört på väg 11 vid Sjöbo i Skåne. Före utläggning med asfalt kalibrerades längdmätningen och en syn med projekterat resultat gjordes för att eliminera troliga felkällor och orimliga resultat.

Fyra krav ställdes som förväntades att uppfyllas i projektet. Det gällde styrning mot

- Bestämd genomsnittlig tjocklek
- Tvärfall
- Ojämnheter i tvärled
- Jämnheter i längdled, IRI

Bestämd genomsnittlig tjocklek kan sägas ha uppfyllts

Rätt tvärfall har också uppnåtts. Denna parameter var en av de viktigaste styrparametrarna i projekteringen.

Jämnheter i tvärled är en parameter i projektet som skall arbetas med vid kommande projekt, men redan här kan vi konstatera att jämnheten är god.

Jämnheter i längdled är en mycket viktig parameter ur trafikantperspektiv.

I vårt första testprojekt (del 2) med teststräcka på Rv 19 blev resultatet inte som förväntat. Uppmätt jämnhet på höger drag där arbetet utfördes med full maskinstyrning blev sämre, medan vänster drag som utfördes med skarvföljare blev något bättre.

Dessa resultat var oväntade och utan tydlig förklaring varför Ramböll RST omgående startade en utredning i saken. Utredningen visade att den filtrerade längdprofil (som i princip filtrerar bort våglängder över 60 m) som normalt skapas och används vid jämnhetsmätning inte fullt ut överensstämmer med verklig profil (med så hög precision som behövs för maskinstyrning). Eftersom beläggningssimuleringen bygger på den filtrerade längdprofilen skapade man i projektdel 2 på Rv 19 i märkbar utsträckning nya ojämnheter eller förstärkte tidigare d:o. Dock skall tilläggas att även en del andra parametrar kan ha bidragit till det slutliga resultatet.

Ramböll RST s utredning visar att man med en ny metod för behandling av längdprofilen med största sannolikhet kan skapa en betydligt jämnare vägyta.

Resultatet från detta projekt (del 3), utfört på väg 11, har till alla delar uppfyllts efter ställda krav och förväntningar. Den uppnådda jämnheten på justeringsarbetet var mycket god och gav möjlighet att utföra slitlagret till optimal jämnhet i längsled.

Sammanfattningsvis kan sägas att projektet har givit nya värdefulla erfarenheter om behandling av inmätta längdprofiler som branschen kommer att få mycket stor nytta av. Med det goda resultatet från etapp 3 har samtliga delmål uppnåtts vad gäller fyllning.

Det kvarstår ytterligare testarbete med objekt som har mer krävande väggeometri för att fastställa metodiken samt ett utvecklingsarbete med fräsning som inslag i metoden.

Funktionsstyrning av beläggningsarbete – Del 3

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Vid upphandling av nybyggnad och underhåll av vägar ställer Vägverket krav på färdig vägyta baserade på så kallad vägytemätning. Kraven gäller huvudsakligen vägens längsgående och tvärgående ojämnheter.

Entreprenören saknar idag i princip metoder för att kunna planera utförandet och dessutom styra utrustning så att den efterfrågade jämnheten i längdled i form av t ex IRI kan uppnås. Med nuvarande metoder kan entreprenören inte förutsäga vilken jämnhet som den valda åtgärden kommer att resultera i.

Jämnheten i längdled vid beläggningsarbete är beroende av den befintliga ytans ojämnheter, typ av utläggningsutrustning, typ av beläggning, beläggningstjocklek, om fräsning eller justering före beläggning ska utföras. En anpassning av utförandet som beror på den befintliga vägens ojämnheter och den jämnhet som beställaren önskar efter utförande är en förutsättning för att klara beställarens krav och minska entreprenörens risker.

Del 1 (förstudien) av projektet är tidigare avrapporterat till SBUF. Syftet med del 1 var att utarbeta och testa en metodik (π -PAVER) för att kunna styra beläggningsutförandet mot beställarens krav på vägens jämnhet. Metodiken bygger på en planeringsfas före utförande med verktygen π -PMS och π -PLAN och automatisk styrning av läggaren under utförandet.

Huvuddelarna i förstudien var:

1. Utveckla ett hjälpmedel för planering av beläggningsarbete. Uppskattning av rimliga krav och översiktliga tekniska lösningar samt tillhörande kostnader. Detta baserat på inmätt väggeometri med Laser RST.
2. Tekniska hjälpmedel för att i fält styra utförandet av beläggningsarbete mot en ideal jämnhetsprofil, för att motsvara ställda krav utifrån det aktuella objektets förutsättningar och med tillgänglig teknik.

Förstudien hade syftet att klarlägga förutsättningarna för ett fortsatt praktiskt genomförande av den andra delen och skall ligga till grund för en ny ansökan om medel för hela projektets genomförande, med tillhörande fullskaletester och fältstudier för en slutkalibrering.

Förstudien visade på lovande resultat och klarlade de delar som vidare har studerats och utvecklas i denna rapport för att göra metodiken mer produktionsfärdig.

Det fortsatta arbetet föreslogs därför i förstudien bli:

- Se hur en styrfil med den ideala profilen fungerar i praktiken.
- Studera hur det utförda resultatet blir i förhållande till idealet.
- Göra en jämförelse mellan uppskattad och verklig massaåtgång med eller utan styrfiler.

Delprojekt 2, var ett första testprojekt i fält som gick ut på att följa upp fyra mätbara mål. Dessa var:

- Ojämnhet i tvärled
- Tvärfall
- Materialåtgång
- Jämnhet i längdled

Ojämnhet i tvärled, tvärfall och materialåtgång fungerade mycket bra. Dock så blev inte jämnheten i längdled tillfredställande. Den främsta orsaken lokaliserades till att det matematiska filter för behandling inmätt av längsprofil som vanligen används vid lasermätningar inte fungerar väl för denna arbetstillämpning. En ny filtreringsmetod togs därför fram i projektdel 2 och 3. Inför fälttestet i delprojekt 3 har därför denna del varit ett av huvudmålen att kontrollera.

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna rapport har varit att utifrån erfarenheter och korrigeringar från fältförsök 1 på Rv 19 göra ytterligare ett fältförsök med avsikt att demonstrera möjligheten till maskinstyrning utifrån befintlig yta. Det var främst två frågetecken som avsågs utredas genom fältförsök 2.

1. Är den nya behandlingen av inmätta längsprofiler mer korrekt och ger detta en bättre längsgående jämnhet (IRI) genom läggarstyrning?
2. Hur hanteras längdkalibreringen så att slutresultatet påverkas minimalt?

Utifrån försökets utfall skall sedan rekommendationer för en eventuell fortsättning göras. Resultatet skall kunna ligga till grund för en ny ansökan för en slutlig utformning av metoden för läggarstyrning. Problem och möjligheter skall beskrivas för en realistisk bedömning av metodens brister och styrkor.

1.3 Avgränsningar

Detta är det andra fältförsöket som utförs. För att slutligt bedöma om metodiken är ett bra hjälpmedel att föredra i det praktiska arbetet krävs förmodligen minst ett fältförsök som i sin tur baseras på erfarenheterna från de två första försöken.

Slutlig säkerhet i metoden kräver att man prövar den på objekt med stor skillnad i geometri och med varierande åtgärdstyper.

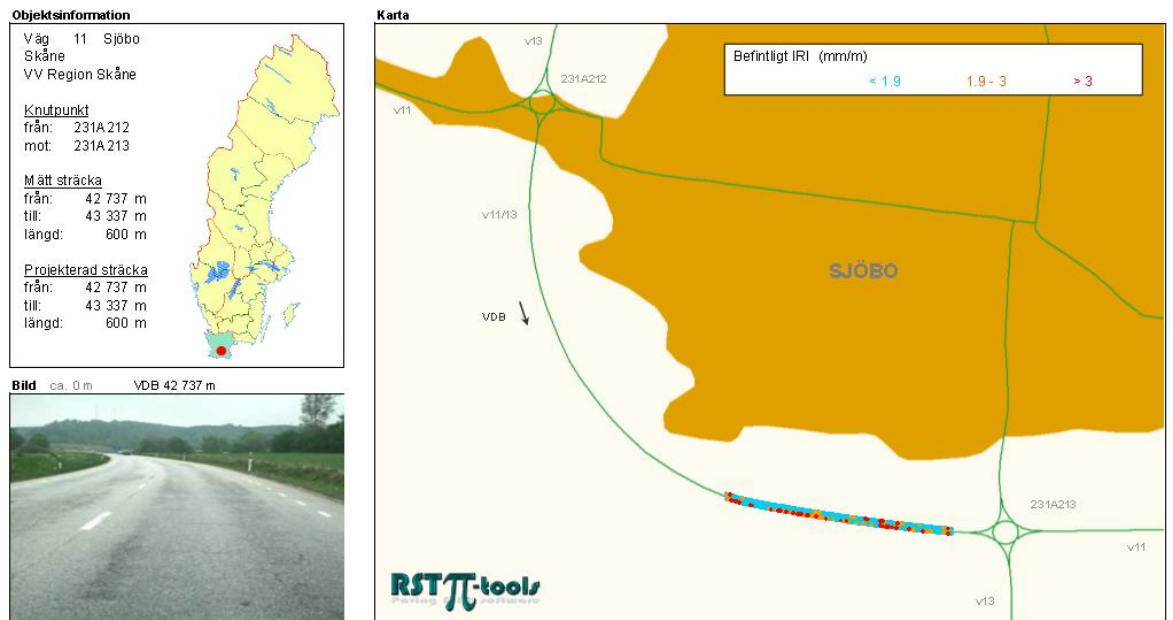
2 Planering och projektering

2.1 Allmänt

Ett avsnitt på 600 meter av väg 11 i Skåne (42/737-43/337 strax utanför Sjöbo) har använts som försöksobjekt. Sträckan har mätts av Ramböll med Laser RST före och efter åtgärd. Försöket har utförts med olika metoder för styrning över två körbanor.

Inmätt sträcka:	42/737 - 43/337 m
Längd:	600 m
Projekterad sträcka:	42/737 - 43/337 m
Längd:	600 m
Yta:	5 400 m ²

Objektet ligger i en lång vänstersväng där hela sträckan är doserad.



Figur 2.1 Aktuell försökssträcka (600 m) på väg 11 utanför Sjöbo

Ramböll RST har definierat ett nytt sätt att hantera inmätta längsprofiler så att de är användbara för läggarstyrning.

Före-mätningen har bearbetats av Ramböll RST med verktyget π -PLAN för att simulera den tänkta beläggningsåtgärden och räkna ut optimala mängder/tjocklekar i olika sektioner samt förväntad jämnhet efter åtgärd.

NCC har angivit en tänkt genomsnittlig massamängd för hela sträckan. NCC har även valt tvärfallet utifrån befintliga förhållanden.

Simuleringen med π -PLAN resulterar i en ny tänkt vägprofil/geometri. Denna har sedan programmerats om till en styrfil (π -PAVER) för asfaltläggaren. Styrfilen har sedan styrt

läggaren utifrån den befintliga vägytan under hela fältarbetet som utförts av NCC. Såväl tvärfall som beläggningstjocklek i varje sektion har bestämts av styrfilen.

Det faktiska utfallet i form av mängder, jämnhet och tvärfall har jämförts med

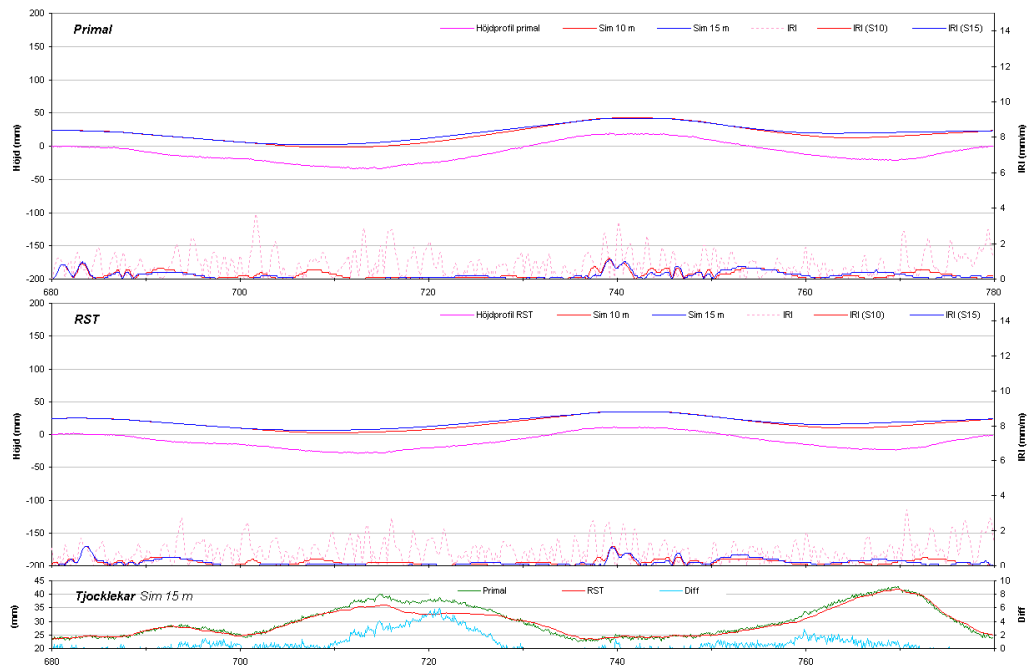
- Det som projekterats och definierats i styrfilen.
- Förhållandena innan åtgärd.

2.2 Anpassning av filtreringsmetod för längsprofiler

Baserat på erfarenheterna från projektdel 2 har även denna projektdel 3 inneburit en justering av hur man behandlar inmätta längsprofiler från Laser RST. I del 2 togs ett förslag till nytt filter fram. Detta har i del 3 utvecklats till att vara praktiskt användbart. En jämförelse har gjorts mellan vad som kan betraktas som facit (inmätning med VTI's PRIMAL) och den med Laser RST hanterade profilen. Utifrån en inmätt sträcka har de två profilerna jämförts med avseende på;

1. Profilens utseende före simulerad beläggningsåtgärd.
2. Profilens utseende efter simulerad beläggningsåtgärd med två olika utjämningslängder (10 och 15 meter).
3. Skillnad i beläggningstjocklek för beläggningsåtgärd på PRIMAL respektive Laser RST profil.

En del av resultatet från simuleringarna kan ses i figur 2.1. Generellt kan man konstatera att profilerna såväl innan som efter åtgärd liknar varandra mycket bra. Det finns dock ett 20 m långt parti (710-730) som avviker något. Här visar RST-profilen innan åtgärd på en något mindre svacka än Primalen. Följden blir att man med åtgärdssimulering på Laser RST får en något tunnare beläggning. I detta fall är det en maximal skillnad på ca 2 mm i beläggningstjocklek, vilket kan betraktas som en mycket liten skillnad. Felmarginalerna i andra aktiviteter vid asfaltläggning påverkar förmodligen resultatet avsevärt mer än så varför man bör kunna betrakta mät- och behandlingsmetoden av vägens längsprofil som tillräckligt tillförlitlig för maskinstyrning.



Figur 2.1 Del av längsprofil (Laser RST och PRIMAL) före och efter beläggningssimulering.

2.3 Inmätning

Inmätning med Laser RST gjordes 11 maj 2004. Mätningen utfördes i 6+2 mätlinjer. Eftersom mätsystemet har 17 laserkameror erhålles efter bearbetning heltäckande tvärsnitt med 5-6 höjdvärden per breddmeter. Varje medeltvärsektion representerar ett område 5 m innan given position, t ex är medeltvärprofilen i sektion 10 (42/747) ett medelvärde längs sträckan (42/742-42/747).

2.4 Beläggningssprojektering

Beläggningssprojekteringen gjordes med verktyget π -PLAN för vidare överföring till maskinstyrning via π -PAVER.

Beläggningssprojekteringen gjordes med utgångspunkt i följande parametrar:

- I snitt skulle beläggningstågärden vara knappt 2 cm ABb 11 (drygt 40 kg/m²). Därefter skulle ett slitlager läggas men detta ingår inte i försöksprojektet.
- Bästa möjliga jämnhet eftersträvas.
- Mängder och jämnhet optimeras.
- En mätlinje ska användas. Linjen är placerad 20 cm från mittlinje på ömse sidor om mitten.
- Vältmån fastställd till 15 %
- Tvärfall följer i huvudsak befintliga förhållanden.
- Maskinstyrningen/beläggningssutjämningen styrdes för att gå mellan ”toppar” och ”dalar”.
- Max tjocklek sattes till 40 mm och min till 0 mm. Projekterad lösning gav beläggningstjocklekar som normalt varierade mellan 13 och 30 mm.

För denna projekterade lösning åtgår följande justeringsmängder.

Typ av arbete	Sida	Mängd
Förstärkning/justering	Vänster	105
	Höger	127
	Summa	232 ton

Medeltjocklek höger riktning 39 kg/m², vänster riktning 47 kg/m².

Resultatet från beläggningsprojekteringen finns sammanfattad i nedanstående utdrag från π -PLAN.

Sammanfattning VDB 42737 - 43337	Befintliga förhållande				Efter Åtgärd							
	Vänster		Höger		Vänster				Höger			
	Tvärfall	IRI	Tvärfall	IRI	Tvärfall	Fräs	Justering		Tvärfall	Fräs	Justering	
	(%)	(mm/m)	(%)	(mm/m)	(%)	(ton)	(ton)	(kg/m ²)	(%)	(ton)	(ton)	(kg/m ²)
Summa					0	105	39		0	127	47	
<i>Statistik per 5 m</i>												
Medelvärde		1.4		2.3	0.00	0.87	39		0.00	1.06	47	
Standardavvikelse		0.9		1.2	0.00	0.23	10		0.00	0.23	10	
Minsta värde	-3.0	0.3	0.9	0.4	-2.9	0.00	0.32	14	2.0	0.00	0.62	28
Största värde	-1.8	5.5	2.9	5.8	-2.0	0.00	1.52	68	2.8	0.00	2.14	95
10 percentil		0.6		1.0	0.00	0.62	28		0.00	0.82	36	
25 percentil		0.8		1.3	0.00	0.71	31		0.00	0.94	42	
50 percentil		1.2		2.0	0.00	0.82	36		0.00	1.03	46	
80 percentil		1.9		3.3	0.00	1.07	47		0.00	1.18	52	
95 percentil		3.4		4.7	0.00	1.31	58		0.00	1.43	63	
Antal värden utanför önskat intervall	3	21	23	62	0				0			
	3%	18%	19%	52%	0%				0%			

2.5 Syn

Syn utfördes 4/8-2004 med genomgång av planerad beläggningsprojektering. De svackor som i beläggningsprojekteringen indikerade en något tjockare beläggning (utjämnings) var tämligen svåra att notera med ögat i fält. Objektet är förhållandevis jämnt och de ojämnheter som ger ett förhöjt IRI innan åtgärd är främst kortare ojämnheter orsakade av krackeleringar, sprickor och hål.

Uppmätning av sträckan gjordes med mätthjul längs vägkanten på vägens båda sidor. På den 600m långa sträckan ger detta en längdskillnad på ca 2 m. Eftersom Laser RST-inmätningen av sträckan har gjorts 20 cm in från vägmitt reduceras detta problem betydligt vad avser längdkalibrering mellan inmätning och asfaltläggare.

Båda mätningarna med mätthjul gav dock en längre sträcka än Laser RST inmätningarna (3.5 m i ytterkurva och 1.5 m i innerkurva) vilket tydliggör att en längdkalibrering är nödvändig innan läggning påbörjas.

2.6 Längdkalibrering

Innan beläggningsarbetena startade gjordes en längdkalibrering av asfaltläggaren gentemot den med Laser RST inmätta sektioneringen. Kalibreringen gjordes mot markerade 50-m intervall på vägen på hela sträckan. Under läggningens gång noterades avvikelser i längdmätning mellan asfaltläggaren och de 50-m markeringar som fanns på vägen. Generellt var avvikelsen mellan 1 och 2 dm vilket kan anses som fullt tillfredställande för denna typ av arbete. Avvikelserna återfinns i detalj i bilaga 2.

3 Massautläggning

3.1 Beläggningsstart

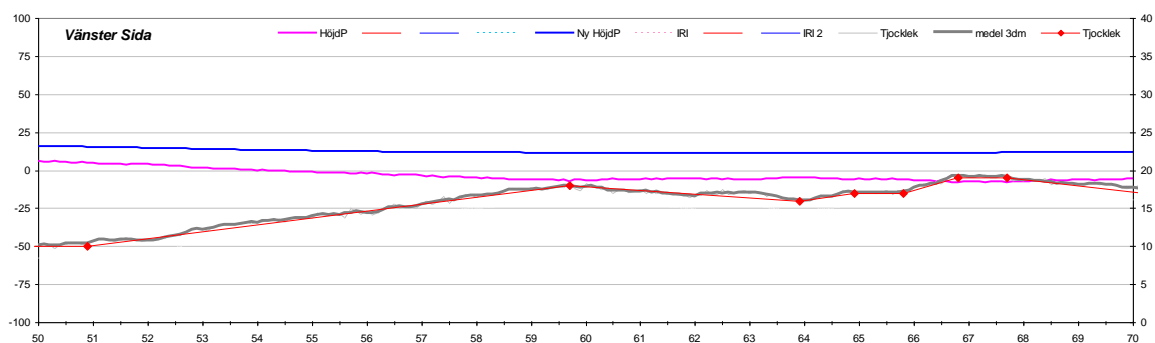
Inför beläggningsstart gjordes en genomgång av nödvändig förberedelse för att erhålla rätt slutprodukt. Följande aktiviteter utfördes:

- Före läggning kalibrerades längdmätningen in i maskinstyrningsdatorm.
- innan läggning, grovjusterades läggarens dragpunkter.
- 0-punkten sattes när skriden var i startpunkten.
- tvärfallskalibrering
- under läggning finjusterades läggarens höjdsensor för rätt höjd.

3.2 Maskinstyrning

Styrintervallen hade utifrån erfarenheter (från projektdel 2) modifierats något till att vara bättre anpassade till läggarens tekniska förmåga att reagera på förändringar. På detta objekt styrdes den projekterade beläggningstjockleken efter befintliga höjd- och lågpunkter i vägprofilen. Totalt resulterade detta i ca 200 styrpunkter i varje riktning över de 600 m. Avståndet mellan styrpunkterna varierade mellan 0.5 och 7 meter.

Där inga tjockleksförändringar är nödvändiga behövs heller inga styrpunkter. Figuren nedan visar exempel på val av styrpunkter där avståndet mellan dem varierar. Den rosa linjen motsvarar befintlig längsprofil, den blå projekterad längsprofil, den grå linjen projekterad beläggningstjocklek och den röda linjen motsvarar den tjocklek som är indata till läggarstyrningen. Mycket korta, och mindre, ojämnheter tas inte med i styrningen. Dessa antas istället jämnas ut automatisk av läggarmekanikens inbyggda utjämningsförmåga.



Figur 3.1 Exempel på val av styrpunkter för indata till läggarens styrfil.

Den totala sträckan för projektet var 600 m. Både riktning 1 och 2 utfördes med maskinstyrning längs hela sträckan. I riktning 2 utfördes små justeringar av höjdsensorn (1-2 mm) för att få en jämn skarv.

Lastbyten och andra händelser följdes noga under hela utförandet (se bilaga 2).

3.3 Kommentarer på mätningensarbete under pågående läggning

Höjdsensorjustering

Under pågående läggning visade styrsystemet att det håller de höjder och tvärfall som tabellerna anger. Inför projektstart hade läggjarlaget (på sträckan innan teststräckan) lagt 6 – 7 kg/m² mer massa än planerat. Detta var önskvärt enligt lagbasen att bibehålla en homogen yta. För att följa dessa önskemål så justerades inprogrammerade värden för vältmån från 15 till 50%. Detta värde justerades efter 100 m ned, enligt bilaga 1, till 40 %. Under arbetets gång gjordes dessutom en del justeringar på höjdsensorn, +/- 2mm, för att minimera asfaltmängden. Även detta är noterat på bilaga 1.

Upplevda höjdförändringar under beläggningsarbete

Under beläggningsarbetet kontrollerades kontinuerligt den lagda tjockleken gentemot vad som projekterats och en god överensstämmelse kunde konstateras.

Tröghetsinställning i datorn.

Under beläggningsarbetet provades några olika tröghetsinställningar. Generellt behövdes en hög känslighet (9 på en skala 1-10) vilket överensstämmer med erfarenheterna från det föregående försöket.

Längdmätning

Som redan nämnts så kalibrerades mät hjulet in efter laser RST – mätningen. Under läggningensarbete upptäcktes vid några tillfällen att läggarens mät hjul ”slirade” pga att klister fastnade på hjulet. Detta visade sig med en avvikelse vid längdnoteringarna per 50m. Erfarenheten visar således att det är viktigt att sörja för en god ”diesling” av mät hjulet.

4 Resultat

4.1 Planerad och utförd mängd asfaltmassa

En ur entreprenörens synvinkel intressant uppgift var att utröna om man med projektering och maskinstyrning kunde få en samstämmighet mellan projekterad volym och utförd volym.

För projektet planerades en beläggningsvolym på 232 ton fördelat 600 m väg. Strax innan beläggningsarbetet startade togs ett beslut i fält om att bitvis öka justeringstjockleken. Orsaken var att man dagen innan, då man lade med traditionell metod, erfor att den tilldelade mängden var för tunn och man fick oönskade separationer på ytan. Den verkliga åtgången massa blev därför 254 ton.

Projekterad och planerad massamängd kan sägas stämma väl överens med verklig massaåtgång.

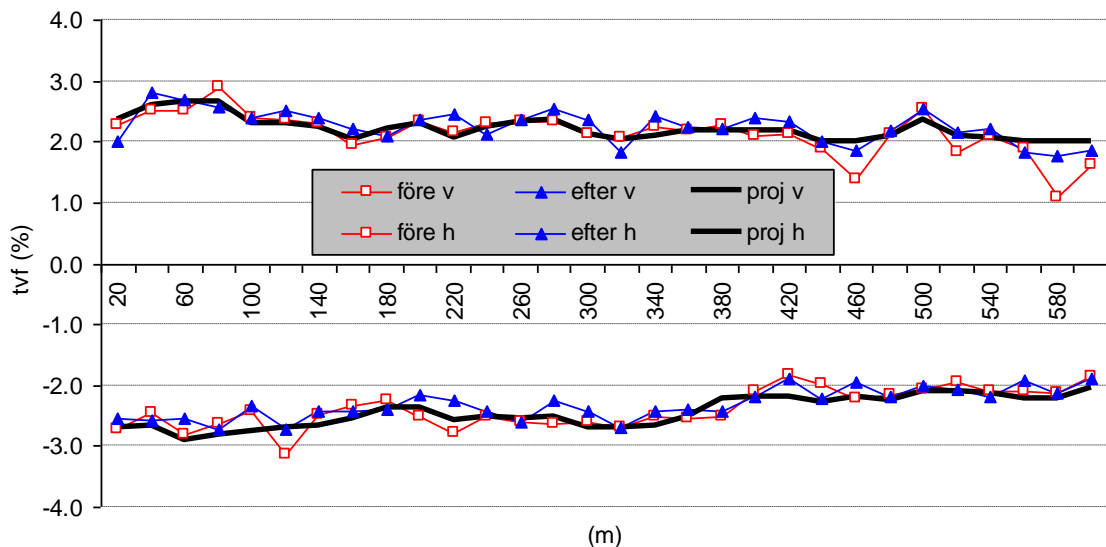
4.2 Tvärfall

Tvärfallet varierade relativt lite längs sträckan före åtgärd. Målet med beläggningståtgärden var att huvudsakligen följa befintligt tvärfall. I figur 4.1 kan man se att detta har åstadkommits. Tvärfallets variation har dessutom jämnats ut något. Projektering och verkligen presterat tvärfall kan i vissa punkter skilja något, dock relativt lite.

Tvärfallet innan åtgärd var i genomsnitt 2.1 % (max=2.9, min 0.9) på höger sida och -2.4 på vänster sida (max=-3, min=-1.8). Efter åtgärd var motsvarande siffror 2.3% (max=2.8, min 1.8) på höger sida och 2.3% (max=-2.9, min=-1.9) på vänster sida.

Eftersom projekteringen i huvudsak skulle följa befintligt tvärfall så innebär det inte någon större justering på detta objekt. Justering av tvärfall genom maskinstyrningen befanns ju dessutom redan i del 2 fungera mycket väl. Den främsta effekten av justeringen är i detta fall att man får en utjämning längs sträckan och att extremvärdena reduceras.

Projekterat och slutligt tvärfall stämmer väl överens.



Figur 4.1 Uppmätt och projekterat tvärfall (20m).

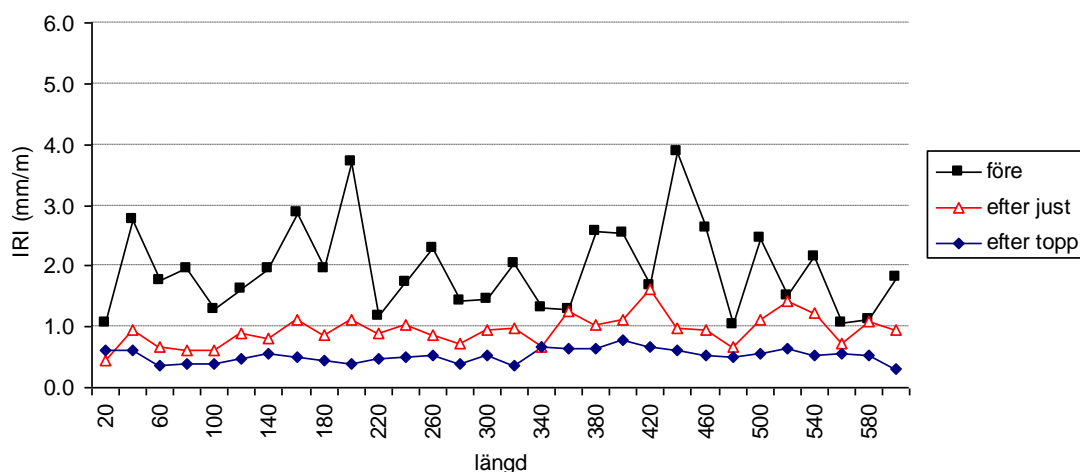
4.3 Längsgående jämnhet (IRI)

Den aktuella teststräckan hade ett antal kortare partier med förhöjt IRI, främst i höger körriktning. Observera att värdena på IRI och tvärfall är medelvärden över 5 meter. Normalt redovisas medelvärdesbildningen över 20 meter. Att förkorta intervallet till 5 m innebär att värden blir något högre och det finns inte några egentliga riktlinjer för kravställning. Däremot kan man lättare se enstaka ojämnhetsstoppar inför åtgärd.

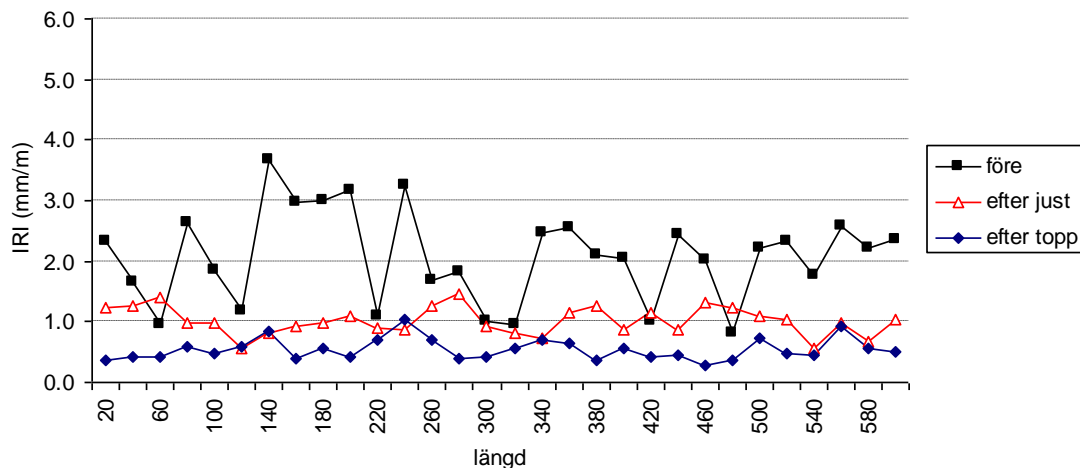
Figureerna nedan visar att man har uppnått en mycket god jämnhet med en tunn justering utförd med maskinstyrning. Medelvärdet för hela sträckan har minskat från ca 2 mm/m till 1 mm/m på båda sidor. Enstaka partier har något förhöjda IRI - värden även efter justering och dessa sammanfaller till exempel väl med de sektioner där man hade produktionsstopp pga. väntan på leverans av asfaltmassa (ca 530 m på höger sida och 515 på vänster).

Efter slitlagret (topp) har man ytterligare reducerat IRI. Det skall dock påpekas att Skillnader i IRI mellan 0.5 och 1.3 (cirka) knappt är märkbara för trafikanten. Det är således marginella förbättringar.

Generellt kan man säga att man erhållit en mycket god jämnhet i längsled med små medel. IRI runt eller under 1.0 är att betrakta som mycket bra.

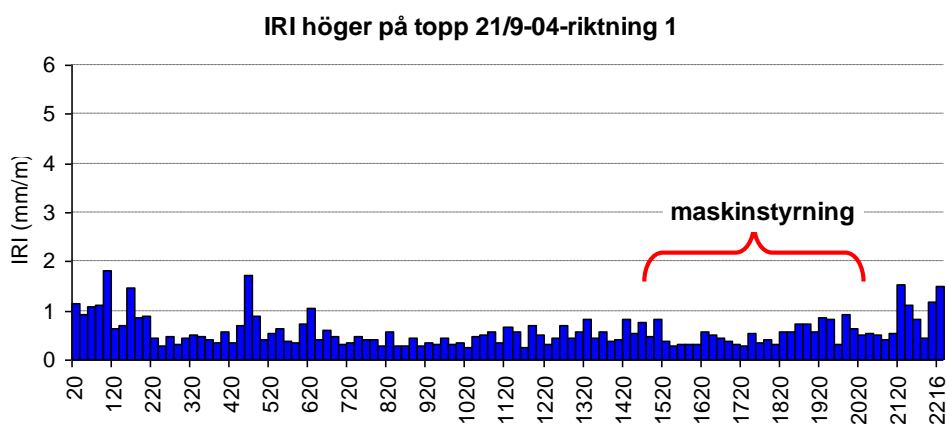


Figur 4.2 IRI före och efter åtgärd, höger sida. Medelvärden över 20 meter.



Figur 4.3 IRI före och efter åtgärd, vänster sida. Medelvärden över 20 meter.

Om man jämför den sträcka som åtgärdades med maskinstyrning och övriga delar på sträckan (som lades med traditionella metoder), kan man se att resultatet efter läggning av slitlagret är jämnbra. IRI under 1.0 är svåra att jämföra inbördes, men bilden nedan visar tydligt på att man med maskinstyrning lyckats sänka IRI till en mycket bra nivå även med maskinstyrning. Man skall ha i åtanke att IRI innan åtgärd var sämre på den del som lades med maskinstyrning än på den del som lades med traditionella metoder.



Figur 4.4 IRI på slitlagret, höger sida. Medelvärden över 20 meter.

5 Slutsats och kommentarer

Följande huvudsakliga slutsatser kan dras från försöket:

- Att **rätt mängder** totalt sett har lagts på sträckan (liksom i projekt del 2) tyder på att maskinstyrningen fungerar väl ur mängdsynpunkt.
- **Ett jämnare tvärfall** har uppnåtts med maskinstyrning, precis som tidigare.
- **Jämnheten i längdled** (IRI) blev mycket bra trots den tunna beläggningsjusteringen. Av detta kan man dra slutsatsen att de förändringar som gjorts gällande behandling av längsprofilen har haft avsedd effekt.
- **Ytorna skall besiktigas** i god tid före utläggning med ett färdigt profilmörförslag i handen för en rimlighetsbedömning.
- **Tid för planering** och förberedelse är viktigt. Tidigt samråd med beläggningsansvarig är nödvändig. Läggjarlaget skall tidigt informeras om vad som skall göras och hur det eventuellt påverkar produktionen.
- En god **kalibrering av längdmätning** är väsentligt. En utmärkning var 50 m på vägen verkar lämplig för att under arbetet kunna justera eventuella längd avvikelser i testarbetet.

6 Fortsatt arbete

Detta var det andra fullskaleförsöket som utförts i projektet. Stora framsteg har gjorts baserat på erfarenheterna från tidigare försök (projekt del 2).

Det som främst återstår för att kunna göra metodiken produktionsfärdig är ytterligare fältförsök med ett objekt som innehåller relativt stora geometriförändringar och tjockare beläggning. Därefter följer en test med fräsning som en ingående parameter. Utifrån dessa erfarenheter bör man sedan kunna finjustera metoden för en fullgod metodbeskrivning och produktionsanpassning.

Metoden med beläggningsprojektering används redan i dag i stor utsträckning vid till exempel 2+1 projekteringar. I produktionsfärdigt skick är metoden med beläggningsprojektering överförd till maskinstyrning ett ypperligt hjälpmedel att få rätt mängder på rätt plats. På så vis kan man optimera arbetsinsatsen mot önskad geometri och jämnhet till reducerad kostnad. Riskerna i mängdhantering reduceras väsentligt och arbetena blir mer kalkylerbara både vad avser kostnad och kvalitet. Produktionskostnaden bör också kunna reduceras då den automatiska styrningen medför rationaliseringsvinster i fält.

”Dies diem docet”, Den ena dagen är den andras lärare.

Dagboksanteckning, projektarbete i Sjöbo 040827

Avsikten var främst att konstatera om inmätning har blivit rätt utförd och behandlad i det nya mätsystemet som Ramböll har utvecklat, samt att höjdsättning på låg och höjd punkter i mätlinjen skulle fungera för att få en optimal jämnhet.

Arbetet började med div. monteringsarbeten av utrustning på läggaren i Torstens maskingång redan på kvällen den 24/8 och dessa monteringsjobb färdigställdes kvällen före d v s 26/8. Läggaren var en Dynapac F121 – 4W och laget var förberett på de svårigheter som kunde komma att inträffa.

På morgonen 27/8 kl. 06.15 infann sig undertecknad och Bosse Oldenfelt och gjorde slutmontaget på de delar som var lätta att montera. Gänget gick ut 06.45 och etablerade.

Vi lånade läggaren på platsen c:a 15 min för längdkalibrering av vår mätutrustning. När detta var utfört kunde läggning påbörjas. Massan var dock försenad så läggning startade först 07.25.

De första 144 m kördes på fri hand. Vid projektstart programmerades datorn. Vältmån sattes till 50 % då lagbasen var rädd för att vi skulle dra screeden i vägytan punktvis. Efter 100 m sänkte vi vältmån till 40 %.

Längdmätningen fungerade de första 200 m perfekt därefter blev felet från 10 cm upp till 40 cm/50m. Vi konstaterade under arbetets gång att mät hjulet behövde en liten dusch av släppmedel/100 m. Felet med längdmätningen kan till viss del förklaras av detta men det verkar även vara en liten differens i de utmätta 50 meterlängderna.

I övrigt kunde noteras väntetid vid två tillfällen på 45 respektive 30 min för att få ny massa som togs från verk i Malmö.

Allmänt kan sägas att ytan blev förväntat jämn och vid provkörning efteråt kändes den styrda ytan mer jämn än den yta som kördes på fri hand. Även personalen var mycket positiva över denna nyhet. Dom fick en man över i princip och det blev egentligen ingen störning i produktionen för deras del.

Vägytan mättes upp 30/8 med Laser RST .

Vid pennan

Bosse Sävinger

Bilaga 2**Anteckningar från utläggningen**

Start 7.20 144 meter före projektstart.

Läggare F121-4W - 2991 tim.

längd	Höger sida - Ystad		Vänster sida - Malmö	
	Vältmån	Uppmätt längd justerad höjd	Vältmån	Uppmätt justerad höjd
Start 0	50 %	0	40 %	0
50	50 %	50	40 %	- 2 50
100	40 %	100	40 %	100
150	40 %	150	40 %	150
200	40 %	200	40 %	+ 2 199,8
250	40 %	250;2	40 %	249,9
300	40 %	300,2	40 %	299,9
350	40 %	350,2	40 %	349,5
350,0				justerad till
400	40 %	- 2 399,8	40 %	- 2 400
450	40 %	- 2 449,9	40 %	450
500	40 %	- 2 499,4	40 %	499,9
530 – 535	massabrist i 45 minuter		515 massabrist i 30 – 40 min.	
550	40 %	- 2 549,2	40 %	549,9
600	40 %	- 2 599,3	40 %	599,9

Maskinstyrningsprojekt

NCC

Fabrikat	Dynapac F 18 - 6 W	Dynapac F 121 - 4W	
Serienummer	756 252	654 150	
Projekt	Skåne-Tranås	Sjöbo	
MOBA:	Monterat 2003-02-11	Monterat 2004-08 24	
Skarvföljare	307-045-075	307-045-075	
Digi-Slope	6627-043-043	6627-043-043	
Handkontroll höger	1995-058-111	1995-058-111	
Handkontroll vänster	1994-058-099	1994-058-099	
Breddsensor höger	107-069-072		
Breddsensor vänster	108-069-051		
Anslutningsbox höger	140-069-069	140-069-069	
Anslutningsbox vänster	104-069-069	104-069-069	
Mäthjul	140-069-090	140-069-090	
Monitor			
Skrivare	104-069-069		
Mjukvara	Version 4.04	Version 4.04	
Parametrar:			
Pulslängd höger upp	100 ms	110 ms	
Pulslängd höger ner	100 ms	120 ms	
Pulslängd vänster upp	100 ms	110 ms	
Pulslängd vänster ner	100 ms	120 ms	
Pulsfrekvens	2	2	
Känslighet	9	9	
Arbetsfönster	10	10	

Arbetsledare

Björn Andersson

Torsten Westin

Maskinist

Mats Nilsson

Einar Olsson

Vänster skruv

Jarl Persson

Thomas Carlbom

Moba Pave Control

Systembeskrivning

Moba Pave Control är ett maskinstyrningssystem som består av tre utbyggnadssteg. Vart och ett av stegen är helt eller delvis en förutsättning för att kunna maskinstyra utläggaren. Nedan beskrivs de olika stegen och de komponenter som ingår.

Steg 1: Moba-Matic (nivelleringsautomatik).

Moba-Matic består av en eller två höjdsensorer av ultraljudstyp och/eller en tvärfallssensor. Till varje sensor hör en handenhet. Höjdsensorn, Sonic-Ski, har totalt fem ultraljudssensorer för höjdmätning och en för temperaturkompensering. För avkänning på mark används tre sensorer, för avkänning på lina används fem sensorer för bästa jämnhet. Tvärfallssensorn, Digi-Slope, är en vanlig lutningssensor som placeras på balk mellan dragarmarna. Dessa sensorer ger kontinuerligt värden till handkontrollerna som i sin tur styr nivelleringsventilerna på utläggaren. I handkontrollens display visas antingen det aktuella mätvärdet i manuellt läge eller det inställda börvärdet i autoläge. I handkontrollerna ställs också in parametrar såsom känslighet, arbetsfönster, styrpuls längd, pulsfrekvens mm. T.ex. styrpulsens längd är en mycket viktig parameter beroende på den aktuella utläggarens ventilkaraktäristik. Vissa utläggare är ”tröga” medan andra utläggare reagerar snabbare på styrpulserna.

Steg 2: Moba Production Control

I detta steg ges möjlighet att registrera hur långt, brett mm utläggningen har skett. Systemet kompletteras med breddsensorer på breddökningarna. En sensor mäter också massans temperatur och en annan sensor registrerar stampknivarnas frekvens. Till detta monteras ett mätjul för längdmätning och en dator. I denna dator noterar man den mängd massa som tippas i utläggaren och med inmatad information kan nu datorn beräkna hur utläggningen har skett. På medföljande skrivare kan resultatet skrivas ut, antingen lass för lass och/eller sista lass och totalt resultat.

Steg 3: Moba Pave Control (maskinstyrning)

Med tidigare utrustning finns nu all hårdvara som behövs för maskinstyrning. Steg 3 innebär att man laddar in en speciell mjukvara i läggardatorn. Datorn har nu möjlighet att styra hand - kontrollerna och därmed nivelleringsventilerna. En tabell bearbetad i Excel-format matas in via ett Chipcard in i utläggningsdatorn som nu ”vet” höjderna i längs- och tvärfall. Datorn styr sedan utläggningen utefter dessa tabeller sektion för sektion och interpolerar också värdena mellan sektionerna. Simultant med maskinstyrningen fungerar också produktionskontrollen. Man får alltså produktionsresultat samtidigt med maskinstyrningen. Med rätt kalibrering av systemet kan hög noggrannhet i utläggningen uppnås.

Pave - Computer - System:

