

Funktionsstyrning av beläggning Del 5

Projekt 11831



Peter Ekdahl och Bo Sävinger

Rapport 2007-06

Förord

Detta projekt är nr 5 i en serie av planerade delprojekt. Första projektet var en förstudie som skulle redovisa de planerade program för bearbetning av uppmätta laser RST data som erhålles vid underhållsmätningar. Projektdel 2, 3 och 4 var testarbeten som gav projektet värdefulla kunskaper för det fortsatta arbetet. Denna projektdel redovisar ett fjärde fälttest på en planerad underhållsbeläggning. Objektet, som var i stort behov av underhållsätgard, är beläget på en sträcka av väg 41 öster om Varberg.

Arbetsgrupp för projektet är

Bo Sävinger	NCC Roads	Projektledare
Peter Ekdahl	Ramböll RST	
Berne Nielsen	Ramböll RST	
Bo Oldenfeldt	Scanlaser AB	

Utöver arbetsgruppen har nedanstående grupp från Vägverket väst och NCC Roads deltagit med stort intresse.

Bo Eierborg	Vägverket väst, Halland
Daniel Andersson	Vägverket väst, Göteborg
Fredd Larsson	Vägverket väst, Teknik
Thomas Asp	Vägverket väst
Sven Dölerud	NCC Roads

Ett särskilt tack riktas till Bo Eierborg som med ett positivt och engagerat arbete gett oss möjlighet att genomföra och följa upp projektet på väg 41.

Göteborg i juli 2007.

Bo Sävinger

Innehållsförteckning

Förord 1	
Förord 2	
Innehållsförteckning	3
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 Inmätning.....	9
2.3 Beläggningsprojektering	9
2.4 Syn.....	10
3 Massautläggning.....	11
3.1 Beläggningsstart	11
3.2 Längdkalibrering	11
3.3 Maskinstyrning	11
4 Utläggingsresultat.....	12
4.1 Planerad och utförd mängd asfaltmassa	12
4.2 Utläggningsteknik	12
4.3 Maskinstyrning.....	13
4.4 Längdmätning.....	13
4.5 Tvärfall – projekterat och uppmätt.....	13
4.6 Längsgående jämnhet (IRI)	15
5 Slutsats och kommentarer.....	21
6 Fortsatt arbete	22
Bilaga 1 Minnesanteckningar av Bo Oldenfeldt	23
Bilaga 2 Transport -och motagningshistorik	24
Bilaga 3 Lag -och maskinuppställning	26
Bilaga 4 Moba Pave Control	28
Bilaga 5 Pave - Computer - System	29

Sammanfattning

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. Projektet i dess olika delar 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.

Denna projektdel (del 5) är den fjärde 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 otillfredsställande resultat för längsgående jämnhet (IRI). Projektdel 3 definierades sedan i avsikt att pröva nödvändiga korrigeringar och utfördes med lyckat resultat. Projektdel 4 visade på ett problem med kvalitetssäkring av inmätning/projektering som resulterade i ett längdfel. Detta längdfel gav i sin tur ojämnheter på vägytan eftersom tjocklekarna hamnade på fel ställe. Visas produktionstekniska svårigheter belystes också. Fälttestet visade att rätt tvärfall lades ut enligt projekteringen och styrfilen.

Testprojektet del 5 är genomfört på väg 41 öster om Varberg i Västra Götalands län.

Följande krav ställdes som förväntades att uppfyllas i projektet.

- Bestämd genomsnittlig tjocklek med min (20mm) och max (70mm) tjocklek.
- En jämnhet med IRI under 2,0 mm/m eftersträvas, kravet för sträckan ligger på 2,4 enligt ATB.
- Tvärfallet ska i huvudsak följa de befintliga förhållandena
- Jämnheter i tvärled prioriteras för en jämn tvärprofil med minimala beläggningmängder.

Utfallet gentemot målet var gott. Varje målpunkt uppnåddes enligt listan nedan.

- **Projekterat tvärfall** motsvarar det som verkligen går att mäta upp efter beläggningsarbete på ett mycket bra sätt. Denna punkt är klar för rationell produktion.
- Den framtagna **kvalitetssäkringen** av inmätta Laser RST värden fungerar väl.

- **Jämnheten i längsled** (IRI) blir i stort sett tillfredställande. Förbättringar finns att söka i 1/ packningsarbetet, 2/ genom att introducera en sensorfaktor i styrfilerna när asfalttjockleken skall varieras, 3/ ojämnheter kortare än 1.7 meter bör kunna tas upp av läggarens utjämnande egenskaper utan styrpunkter genom att blockera signalen från höjdsensorn. För att uppnå mycket bra jämnhet krävs också att man har en rimlig avvägning mellan tilldelad asfaltmängd och önskad jämnhet.
- **Den förbättrade proceduren för längdmätning/kalibrering fungerar väl.** Ett längdfel på maximalt 1-2 dm anses vara tillfredställande för normal produktion.
- **Tid för planering** och förberedelse är viktigt inför utförandet. Med fördel hålls ett möte efter avslutad projektering, där lösningar som valt tvärfall och tänkta utjämningsåtgärder diskuteras och jämförs med aktuell läggares möjligheter och begränsningar.
- **Maskinstyrning** bör undvikas i andradraget. Det räcker med normal skarvföljning mot mittskarv. Däremot kvarstår att maskinstyra efter den inprogrammerade tvärfallsstyrningen för att uppnå fullgod jämnhet i längsled
- **Ytorna skall besiktigas** i god tid före utläggning, främst med avseende på visade ojämnheter och uppmätt tvärfall.
- Projekteringen skall utföras med förutsättningen att **asfalttjocklekar** över 7 cm inte skall överstigas och inga tjocklekar tunnare än $2 \cdot \text{max stenstorlek}$ skall användas (förjustering/fräsning inkluderas i arbetet).
- **Tidigt samråd med beläggningsansvarig** är nödvändig. Läggjarlaget skall tidigt informeras om vad som skall göras och hur det eventuellt påverkar produktionen.
- **Bestämd genomsnittlig tjocklek** har inte uppnåtts pga. de totala mängderna avvek något från planeringen. Trolig orsak är förjusteringar och skillnad i bredd mellan projektering och utläggning.

Projektet har också gett värdefull kunskap om följande punkter. Dessa bör testas ytterligare i ett nytt fältförsök.

- **Fräsning och justering** kan nu inkluderas i arbetet så länge man inte gör något i styrlinjen (20 cm från mittlinjen). På så vis ökar möjligheten att uppnå normala produktionsprocedurer och rimliga beläggningstjocklekar.
- Vid variation av lagertjocklekar skall en **”sensorvohalt”** inkluderas. Normalt är denna på 20 % och motsvarar de effekter som fås av att det är ett visst (maskinberoende) avstånd mellan läggarens dragpunkt och skridens bakkant.
- Där man har **korta ojämnheter**, som saknar styrpunkter (under 1.7 m), bör signalen från höjdsensorn blockeras så att skridens naturliga utjämningsförmåga utnyttjas maximalt. Om man inte gör detta fås en reducerad jämnhetsförbättring med konstant tjocklek, vilket inte är optimalt.
- **En jämn och rätt utförd packning** är mycket viktig vid varierande asfalttjocklekar.
- Under arbetet med skrivning av projektrapporten har framkommit att en utrustning kallad **GeoRog** skulle kunna modifieras för att genomföra maskinstyrning. Med denna utrustning kan man också lösa problemet med längdmätningen via GPS.

Funktionsstyrning av beläggningsarbete – Del 5

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 med en uppskattning av rimliga krav och översiktligt tekniska lösningar med tillhörande kostnader. 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.

Förstudie 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:

- att se hur en styrfil, med den ideala profilen fungerar i praktiken.
- att studera hur det utförda resultatet blir, i förhållande till idealet.
- att 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:

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

Jämnhet 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 projekt del 2 och 3.

Delprojekt 3, definierades i avsikt att slutföra och testa den nya filtreringsmetoden. Resultatet blev lyckat med ett lågt IRI för hela sträckan. Även övriga parametrar uppfyllde ställda krav och förväntningar. Testobjektet var relativt ”snällt” och beläggningen tunn, vilket underlättade möjligheten att uppnå ett bra resultat.

I delprojekt 4 verifierades och finjusterades arbetssättet och metodiken som befanns framgångsrik i del 3.

En felaktig hantering av mätdata upptäcktes och en metodik för kvalitetssäkring utformades. Brister i lägningsarbetet dokumenterades. Asfaltläggaren fick en omedveten överstyrning av känsligheten på skriden med en ojämnhet i längsled som följd. Jämnhet och tjocklekar gick inte att utvärdera på grund av ovanstående fel med längdmätningen i mätdata.

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna rapport har varit att utifrån erfarenheter från tidigare fältförsökstest verifiera slutsatser från delprojektet 4.

De punkter som främst avses prövas i detta delprojekt var:

- att testa kvalitetssäkring av projektering/inmätning.
- att testa påverkan av känsligheten hos läggaren, genom nya minimilängder mellan styrpunkter.
- att testa en förbättrad metod för kalibrering av längdmätningen
- att pröva kraftigare restriktion på tillåtna asfalttjocklekar.

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

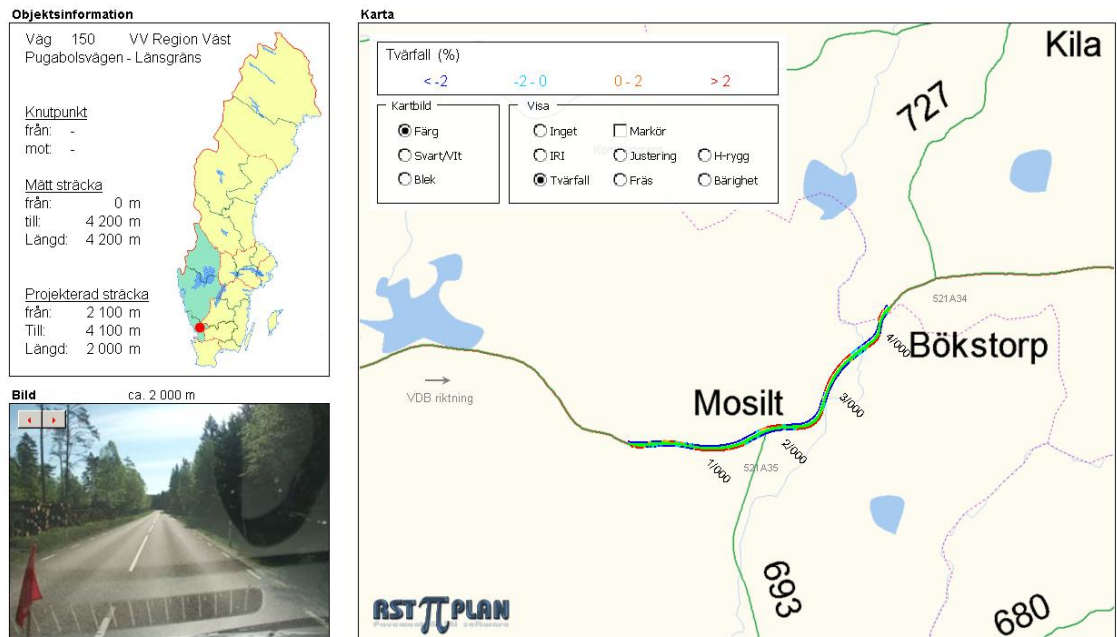
Detta är det fjärde fältförsöket som utförs. För att slutligt bedöma om metodiken är ett bra hjälpmedel att föredra i det praktiska arbetet, krävs sannolikt ett fältförsök till som i sin tur baseras på erfarenheterna från de fyra första försöken.

2 Planering och projektering

2.1 Allmänt

Försöken har utförts på en sträcka av väg 41 som ingick i den ordinarie beläggningsplanen hos VVÄ. Objektet ligger öster om Varberg och är ca 650 meter långt och går igenom det lilla samhället Sundholmen.

Objektet ligger i ett parti med både kurvor och tvärfallsvariationer. Objektet hade en betydande mängd lagningar med gjutasfalt som medförde överhöjningar på ytan. Dessa ytor behövdes fräsas bort innan projektets lägningsarbete påbörjades.



Figur 2.1 Aktuell försökssträcka 650 m på väg 41 öster om Varberg

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. Såväl tvärfall som beläggningstjocklek bestäms därmed av styrfilen i varje sektion. Filen har sedan styrt läggaren utifrån den befintliga vägytan under hela fältarbetet som utförts av NCC.

2.2 Inmätning

Inmätning med Laser RST gjordes 2006-09-27. Eftersom mätsystemet har 17 laserkameror och en mätbredd på 3,2 m erhöles efter bearbetning heltäckande tvärsektioner med minst 5 höjdvärden per breddmeter. Varje medeltvärsektion representerar ett område 5 m innan given position, t ex är medeltvärprofilen i sektion 100 ett medelvärde längs sträckan 95 – 100 m.

2.3 Beläggningsprojektering

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

Beläggningsprojekteringen gjordes med utgångspunkt i följande parametrar:

- Projekteringen skall utföras för sträckan mellan 0 – 650 m. Beläggningsen utförs med ABb 16 och ska inte understiga 25 mm annat än vid kortare höjder/bulor i vägen.
- En jämnhet med IRI under 2,0 mm/m eftersträvas, kravet för sträckan ligger på 2,4 enligt ATB.
- Tvärfallet ska i huvudsak följa de befintliga förhållandena men ska ligga mellan 1-4 % för raksträckor samt mellan 2-7 % i kurvor.
- Mängder och jämnhet optimeras utifrån villkoren ovan.
- En mätlinje ska användas. Linjen placeras 20 cm från mittlinje på ömse sidor.
- Vältmån fastställd till 20 %.
- Max tjocklek sattes till 70 mm och absolut min till 20 mm. Projekterad lösning gav beläggningstjocklekar som normalt varierade mellan 25 och 60 mm per 5 m sektion.
- Där tjocklekar över 70 mm inte kan undvikas får förjustering utföras.
- På sträckan finns ett antal kortare ojämnheter från lagningar med gjutasfalt. Många av dessa kommer att fräsas bort för att undvika blödningar, fräsning i styrlinjen undviks.

Den beräknade medeltjocklek var i höger riktning 38,5 mm (92,4 kg/m²) och i vänster riktning 42 mm (102 kg/m²). Beräknat med medelbredden 3,38 meter.

För denna projekterade lösning åtgår följande justeringsmängder.

<u>Typ av arbete</u>	<u>Sida</u>	<u>Mängd</u>
Förstärkning/justering	Vänster	225
	Höger	203
	Summa	428 ton

Dessutom beräknades ca 1 ton fräsmassor.

Resultatet från beläggningsprojekteringen finns sammanfattad i nedanstående utdrag från π -PLAN. Mer detaljerade plankartor med tvärprofiler finns i bilaga 1.

Sammanfattning	Befintliga förhållande				Åtgärd							
	Vänster		Höger		Vänster				Höger			
	Tvärfall	IRI	Tvärfall	IRI	Tvärfall	Fräs	Justering		Tvärfall	Fräs	Justering	
	(%)	(mm/m)	(%)	(mm/m)	(%)	(ton)	(ton)	(mm max)	(%)	(ton)	(ton)	(mm max)
ByggL. 0 - 650												
Summa					0,0	225			0,7	203		
<u>Statistik per 5m</u>												
Medelvärde		3,8		4,1	0,00	1,73	53		0,07	1,58	48	
Standardavvikelse		2,4		3,2	0,00	0,43	11		0,02	0,33	9	
Minsta värde	-7,9	0,8	-8,0	0,9	-7,0	0,00	0,96	31	-5,5	0,05	1,01	32
Största värde	3,1	15,9	7,0	26,9	3,5	0,00	2,99	94	7,0	0,11	2,53	89
10 percentil		1,6		1,8	0,00	1,28	40		0,05	1,20	39	
25 percentil		2,1		2,3	0,00	1,42	46		0,05	1,33	42	
50 percentil		3,2		3,1	0,00	1,67	52		0,08	1,47	47	
80 percentil		5,1		5,6	0,00	2,03	62		0,07	1,79	55	
95 percentil		7,9		8,5	0,00	2,58	74		0,11	2,17	62	
Antal värden utanför önskat intervall	22	112	55	117	20				53			
	17%	88%	42%	90%	15%				41%			
Totalt 428 ton justering & 1 ton fräsmassor												

2.4 Syn

Syn utfördes ett par veckor innan utläggning med genomgång av planerad beläggningsprojektering. Med på detta möte var också representant från läggjarlaget. På mötet diskuterades max och min tjocklekar, avstånd mellan styropunkter samt hur man skulle betrakta befintligt tvärfall i förhållande till det man önskade. Typ av beläggning gick igenom samt de genomsnittliga mängder som fanns tillgängliga för projektet.

Sträckan hade ett flertal (ofta överhöjda) partier som lagats med gjutasfalt. Dessa partier försökte man i projektet att delvis fräsa bort innan ny beläggning påfördes. Dock fanns restriktionen att inte fräsa i den linje där man har höjdsensorn. Om man hade fräst här så hade inte referensytan (höjden) funnits kvar för höjdsensorn under lägningsarbetet. Detta är ett måste eftersom referensytan är den avgörande kopplingen mellan projektering och utförande.



Figur 2.2 Exempel på partier med gjutasfalt

3 Massautläggning

3.1 Beläggningsstart

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

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

3.2 Längdkalibrering

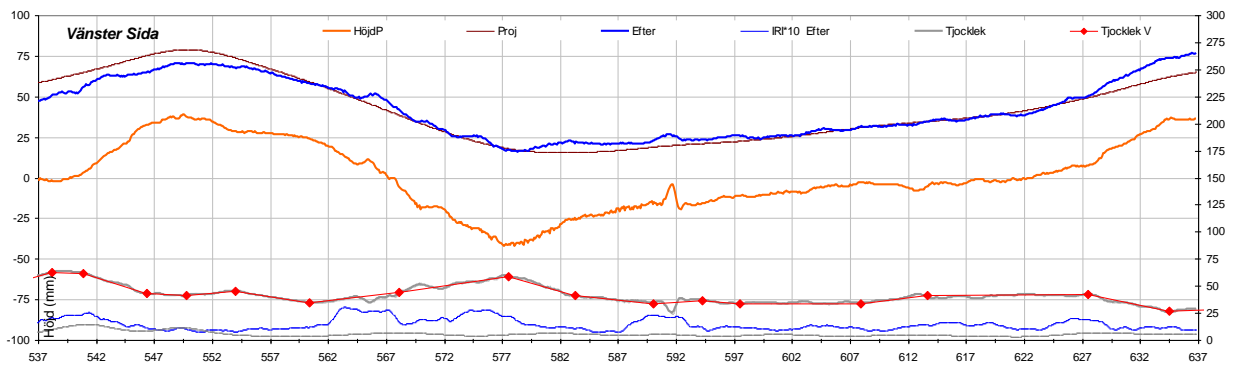
Innan beläggningsarbetena startade gjordes en längdkalibrering av asfaltläggaren gentemot den med Laser RST inmätta sektioneringen. Inför detta försök hade Ramböll ändrat konfigurationen på sin längdmätning så att en högre upplösning kunde ses på skärmen i mätbilen. Kalibreringen gjordes mot markerade 50-m intervall på vägen längs sträckan.

Under läggningsarbetets gång noterades avvikelser i längdmätning mellan asfaltläggaren och de 50-m markeringar som fanns på vägen. Generellt var avvikelsen mellan 0 och 2 dm. Avvikelsen var inte systematisk och återfinns i detalj i bilaga 2. Den avvikelse som uppstod i detta försök är troligtvis densamma som man kommer att kunna förvänta i ett framtida produktionsskede. Skillnaderna i längd är inte markant avgörande för det slutliga resultatet.

3.3 Maskinstyrning

På detta objekt styrdes den projekterade beläggningstjockleken efter befintliga höjd- och lågpunkter i vägprofilen. Totalt resulterade detta i 224 styrpunkter för höger sida och 220 för vänster sida. Avståndet mellan styrpunkterna varierade och var som längst 9.5 m och i snitt 2.96 m.

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. Korta ojämnheter tas inte med i styrningen, dessa antas istället jämnas ut automatisk av läggarmekanikens inbyggda utjämningsförmåga och styrsystemets tröghet. Exempel på sådana ojämnheter finns i bilden nedan mellan 537-637 m.



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

Den totala sträckan för projektet var 2x650 m. Både riktning 1 och 2 utfördes med maskinstyrning. Mindre justeringar fick göras för att få mittskarven bra. Störningar, lastbyten mm. följdes noga under hela utförandet (se bilaga 2).

4 Utläggingsresultat

4.1 Planerad och utförd mängd asfaltmassa

En ur entreprenörens synvinkel intressant uppgift är att få en samstämmighet mellan projekterad volym och utförd volym. För projektet planerades en beläggningensvolym på 228 ton fördelat över ytan med 203 ton på höger sida (södra) och 225 ton på vänster sida (norra) i sektion 0 - 650. Beräknad mängd fräsmassor var ca 1 ton.

Utförd mängd blev 203 ton på höger sida och 195 ton på vänster. Höger sida stämmer därmed fullt ut medan det blev något mindre åtgång i andradraget. Differensen på 30 ton kan möjligen förklaras i att beläggningen utfördes något tunnare än beräknat och att några planerade utjämnningar av svackor uteblev.

Under läggningen konstaterades det att dragningar uppstod som härrörde från kall massa. Att massan var så avkyld kan ha sin upprinnelse i att antingen var tillverkningen inställd på fel nivå eller så har materialet svalnat på flaket under transport och sedan i väntan på arbetsplatsen. Det senare verkar mest troligt då starten var fördröjd 2 timmar. Detta problem verkar dock inte ha påverkat jämnheten något nämnvärt.

4.2 Utläggningsteknik

Arbetslagets insats och utrustningens tekniska förmåga, i kombination med hur massan transporteras har betydelse för hur den slutliga produktens resultat. Inför detta det fjärde testarbetet bestämdes att resurserna skulle vara utformade för vägbeläggningar med en stabil utläggare. Därför valdes en tunnskiktsgläggare med tillhörande utrustning och personal med erfarenhet av stora vägbeläggningar.

Transporterna av asfaltmassa till projektet genomfördes med rundbottnade bilar, men några av bilarna var bil och släp. Med bil och släp ökar antalet lastbyten men detta ser inte ut att ha gett någon påverkan på utförd jämnhet.

Arbetet var bedömt att genomföras på ett skift. Detta stämde bra men förberedelsearbetet med fräsning och viss justering före blev större än beräknat. Beläggningsarbetet var dock igång vid 10-tiden och genomfördes sedan programenligt. Det upplevdes ganska

tydligt att det var stor skillnad mellan utförandet på V 150 och här. Skridens tyngd och maskinens längd upplevdes som avgörande för ett bättre utförande. Synpunkten att trailer är det bästa transportfordonet kvarstår, men tillgången på bilar gör att det idag inte alltid är möjligt att få dessa.

För att få en säker och kvalitetsmässig hantering i transportarbetet är trailers det bästa konceptet. Även ur ekonomiskt perspektiv är trailers bättre, då en effektivare transport utvecklas och någon bil mindre behöver anlitas.

Under pågående läggning noterades de stopp som inträffade. Alla lastbyten, stopp och längdkalibreringar är noterade i bilaga 2.

4.3 Maskinstyrning

Utläggning har utförts konventionellt med maskinstyrning dvs. maskinen styrs av en särskild maskinstyrningsdator typ Moba. Studien indikerar att den känslighet som använts i arbetet med maskinstyrningen måste testas mer ingående inför kommande projekt. Alla läggare är individuella och särskild hänsyn bör tas till skridens vikt och arbetsyta i kombination med känslighetsintällning av styr och reglerutrustning för höjdsensorn.

4.4 Längdmätning

Längdmätning är ofta ett återkommande problem som man hittills valt att hantera genom att använda laser RST bilens inmätning och utsättning som utgångsnivå. Vid beläggningsstart kalibreras sedan maskinstyrningssystemet in med ett eget mätjul monterad på dragarmen. Kalibreringen utförs till 50, 100, 150 och 200 m. Under arbetet kunde konstateras mindre skillnader i längd (0-2 dm) mellan projektering och läggning. Efter förbättringar i inmätning och utmärkning så är skillnaderna numera så små att man kan acceptera detta som en godtagbar nivå för normal produktion.

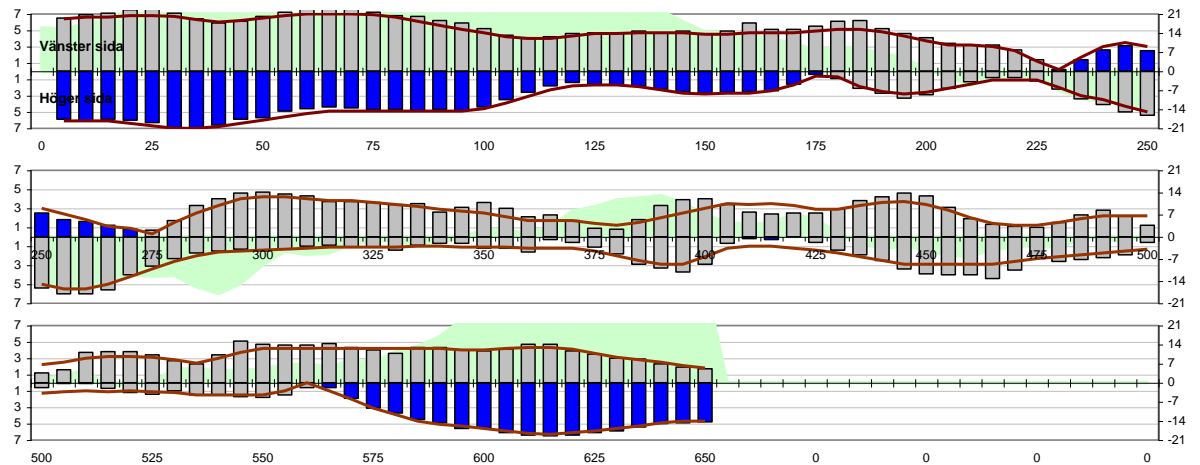
Ett annat sätt att komma åt problemet är att styra via GPS, men i nuläget och kanske även i framtiden, krävs en basstation vilket gör att detta blir ett fördyrande moment som bör undvikas om inte tekniken utvecklas.

4.5 Tvärfall – projekterat och uppmätt

Tvärfallet på försökssträckan skulle enligt önskemål i stort sett följas. Justeringar planerades bara på partier med stora avvikelser. Detta innebär att endast mindre förändringar projekterades gentemot det inmätta tvärfallet före beläggningsåtgärd. Utjämning eftersträvades bara för partier med oacceptabelt lågt eller högt tvärfall.

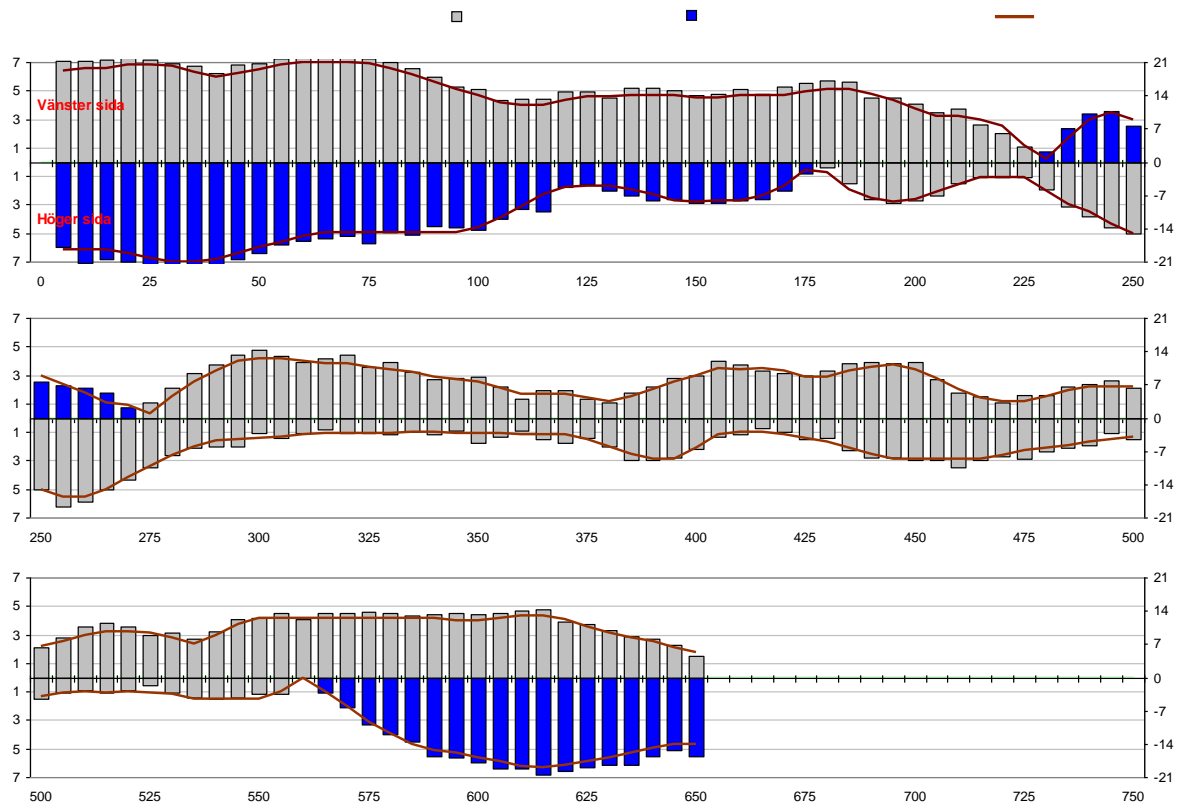
Tvärfall och Kurvatur
Väg 41

■ Negativt Tvärfall (%) — Projekterat Tvf (%) ■ Kurvatur (10000/Radien) Y-axel 2
■ Positivt Tvärfall, Ytterkurva (%)



Figur 4.1 Uppmätt (före åtgärd) och projekterat tvärfall

Det nya tvärfallet följer på ett bra sätt det projekterade. Diagrammen nedan visar tvärfallet beräknat som medelvärden över 20 meter. Bilden visar att man med mycket små avvikelser kan säga att projekterat tvärfall som går till styrfilen också hamnar på vägen.



Figur 4.2: Uppmätt tvärfall efter åtgärd samt projekterat tvärfall

I figurerna ovan kan man konstatera att det projekterade tvärfallet följdes mycket bra vid utförandet. Både styrning och metodik för tvärfallet kan därför anses vara framgångsrikt i projektet.

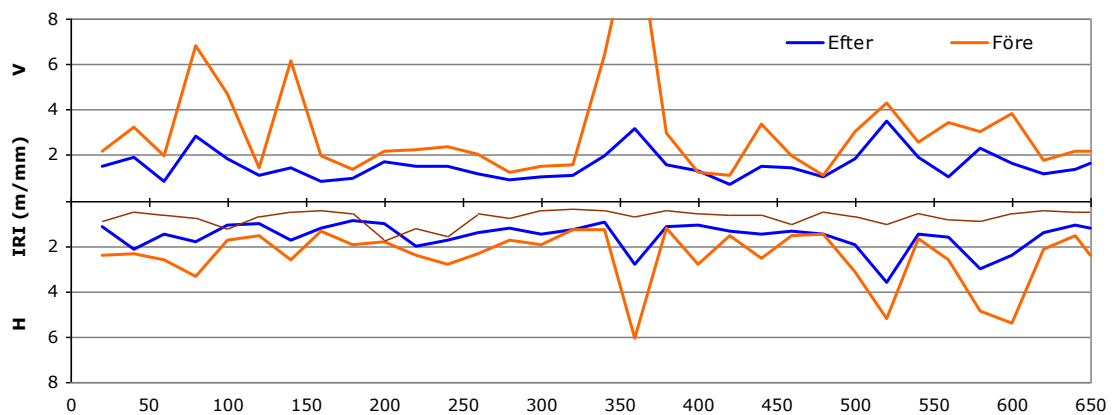
För det fel som befanns i den föregående projektdelen (del 4) har en fungerande kvalitetssäkring arbetats fram och i denna projektdel (del 5) kan man konstatera att processen fungerar väl för produktionsliknande förhållande.

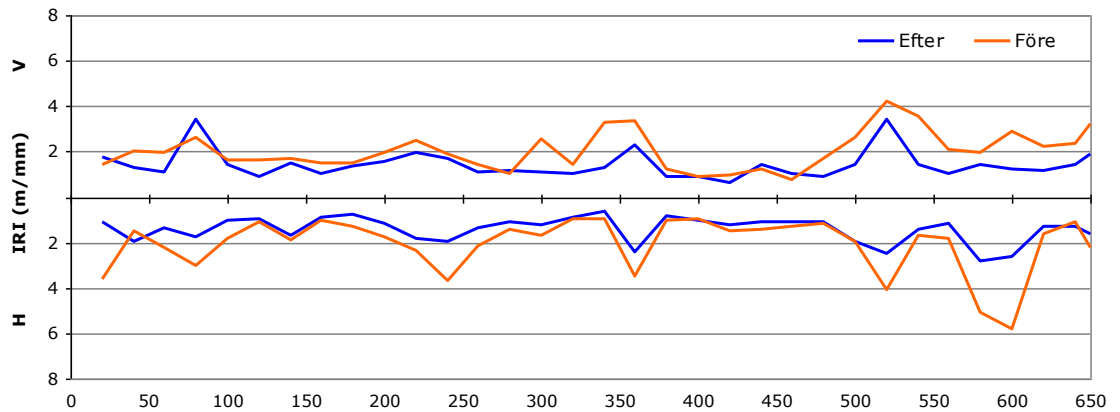
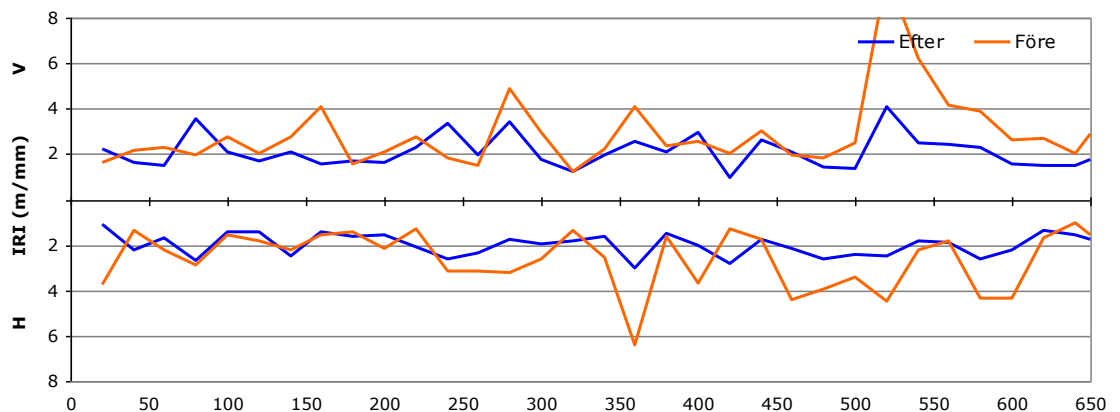
4.6 Längsgående jämnhet (IRI)

Teststräckan hade, innan åtgärd, ett varierande IRI med några toppar över 4 mm/m. Ojämnheten varierade beroende på vilken längsprofil man studerar. Figurerna nedan visar reducering av IRI i tre olika linjer tvärs vägen. I vissa partier har man inte fullt ut lyckats reducera IRI. Detta har flera orsaker men de mest troliga är:

- En fördröjning i läggarens mekanism - vid förändring i asfalttjocklek - gör att de höjjusteringar som angivits i projekteringen inte lagts ut av läggaren i alla lägen.
- Eftersom läggaren hela tiden arbetar mot relativa tjocklekar jämfört med befintlig yta följer man med ner i korta svackor med en angiven konstant tjocklek (eftersom man inte vill ha för kort mellan styrpunkterna). Önskvärt vore att man kunde använda sig av läggarens naturliga utjämningsmekanism på korta ojämnheter.
- Existerande ojämnheter innehåller en del långa våglängder. Dessa kan inte fullt ut åtgärdas med tunnare lager med asfalt utan extra förjustering.
- Projektering gjordes främst mot utjämnning av tvärprofilen.
- Massamängden som har beställts i detta projekt räcker inte för att uppnå sökt resultat.
- Vältarbetet har ökad betydelse vid varierande tjocklekar.
- En styrning i projekteringsarbetet bör tas fram för att räkna ut hur stor tvärfallsvariation som kan accepteras för höger hjulspår. Detta är nödvändigt för att bl. a bedöma hur en eventuell justering ska genomföras.

- Om man studerar IRI-resultaten närmare ser man också att det finns mer ojämnheter ju längre man kommer från styrlinjen (styrlinjen är 20 cm från vägmitt). Detta dilemma tros ha sitt ursprung i att den utlagda tjockleken främst varierar närmast vägkanterna. En variation i tjocklek innebär att packningen blir mer betydelsefull. Om vältningen inte är homogen finns risken att man får oväntade ojämnheter. För att undvika detta bör man se till att ha erfaren och skicklig personal i välten, samt påpeka för densamma att deras arbete ökar i betydelse vid den här typen av arbete.



Figur 4.3 IRI för höger och vänster hjulspår före och efter åtgärd -20 cm från mittlinje)**Figur 4.4** IRI för höger och vänster hjulspår före och efter åtgärd -85 cm från mittlinje)**Figur 4.5** IRI för höger och vänster hjulspår före och efter åtgärd -235 cm från mittlinje)

I sektionerna 350 m på höger sida och 385 m på vänster sida hade man under produktionen lastbyte. Eftersom man innan åtgärd hade ganska stora ojämnheter just runt dessa sektioner kan man konstatera att en fritt flytande produktion förmodligen hade lett till en bättre reduktion i IRI i dessa sektioner. I princip alla lastbyte ger en viss ökning i ojämnheterna. Mellan 325 och 385 m på vänster sida hade man också vissa problem med kallt material. Även detta kan bidra till en ökad ojämnhet.

I de sektioner som har ojämnheter på både höger och vänster sida kan man konstatera att dessa framförallt härrör från längre svackor/ojämnheter. Sådana defekter kan inte fullt ut korrigeras med en starkt begränsad asfaltjocklek och utan förjustering.

Lastbyten och andra produktionshändelser kan ses i bilaga 2.

Tabell 4.1 Genomsnittligt IRI före och efter utförande

	Före	Efter	Sänkning
Höger – 20 cm	2.5	1.6	0.9
Vänster – 20 cm	3.0	1.5	1.5
Höger – 85 cm	2.1	1.4	0.7
Vänster – 85 cm	2.0	1.4	0.6
Höger – 235 cm	2.6	2.0	0.6
Vänster – 235 cm	2.9	2.1	0.8

Tabell 4.2 IRI före och efter beläggning i tre olika sidopositioner räknat från mittlinjen.

Sektion		IRI Efter						IRI Före					
Från	Till	Sidoposition cm						Sidoposition cm					
		H 235	H 85	H 20	V 20	V 85	V 235	H 235	H 85	H 20	V 20	V 85	V 235
0	20	-1.1	-1.1	-1.2	1.5	1.7	2.2	-3.7	-3.7	-2.4	2.2	1.4	1.6
20	40	-2.2	-2.0	-2.2	1.9	1.3	1.6	-1.4	-1.5	-2.4	3.2	2.0	2.2
40	60	-1.7	-1.4	-1.5	0.8	1.1	1.5	-2.2	-2.2	-2.6	2.0	2.0	2.3
60	80	-2.7	-1.8	-1.9	2.8	3.4	3.6	-2.9	-3.0	-3.3	6.8	2.6	2.0
80	100	-1.4	-1.0	-1.1	1.8	1.4	2.1	-1.6	-1.8	-1.8	4.7	1.6	2.7
100	120	-1.4	-1.0	-1.0	1.1	0.9	1.7	-1.9	-1.1	-1.6	1.4	1.7	2.1
120	140	-2.5	-1.7	-1.8	1.5	1.5	2.1	-2.2	-1.9	-2.6	6.1	1.7	2.8
140	160	-1.4	-0.9	-1.3	0.9	1.0	1.5	-1.6	-1.0	-1.4	2.0	1.5	4.1
160	180	-1.6	-0.8	-0.9	1.0	1.4	1.7	-1.4	-1.3	-2.0	1.4	1.5	1.6
180	200	-1.5	-1.2	-1.1	1.7	1.6	1.6	-2.2	-1.8	-1.8	2.2	2.0	2.1
200	220	-2.1	-1.8	-2.0	1.5	1.9	2.3	-1.3	-2.4	-2.4	2.2	2.5	2.8
220	240	-2.6	-2.0	-1.8	1.5	1.7	3.4	-3.1	-3.7	-2.8	2.3	1.9	1.9
240	260	-2.4	-1.4	-1.4	1.2	1.1	1.9	-3.2	-2.1	-2.4	2.0	1.5	1.5
260	280	-1.7	-1.1	-1.2	0.9	1.2	3.4	-3.3	-1.4	-1.8	1.2	1.0	4.9
280	300	-2.0	-1.2	-1.5	1.0	1.1	1.7	-2.6	-1.7	-2.0	1.5	2.6	3.0
300	320	-1.8	-0.9	-1.3	1.1	1.0	1.2	-1.4	-1.0	-1.3	1.6	1.5	1.3
320	340	-1.6	-0.6	-1.0	2.0	1.3	2.0	-2.6	-1.0	-1.3	6.4	3.3	2.3
340	360	-3.0	-2.4	-2.8	3.2	2.3	2.6	-6.4	-3.5	-6.1	12.5	3.4	4.1
360	380	-1.5	-0.9	-1.2	1.6	0.9	2.1	-1.7	-1.1	-1.2	3.0	1.2	2.4
380	400	-2.0	-1.0	-1.1	1.3	0.9	3.0	-3.7	-1.0	-2.9	1.2	0.9	2.6
400	420	-2.8	-1.2	-1.4	0.7	0.6	1.0	-1.3	-1.5	-1.6	1.1	1.0	2.0
420	440	-1.8	-1.1	-1.5	1.5	1.4	2.6	-1.8	-1.4	-2.6	3.4	1.3	3.1
440	460	-2.2	-1.1	-1.4	1.4	1.0	2.1	-4.4	-1.3	-1.6	2.0	0.8	2.0
460	480	-2.7	-1.1	-1.5	1.0	0.9	1.4	-4.0	-1.2	-1.5	1.1	1.7	1.8
480	500	-2.4	-1.9	-2.0	1.8	1.4	1.4	-3.4	-2.0	-3.2	3.0	2.6	2.5
500	520	-2.5	-2.5	-3.7	3.5	3.4	4.1	-4.5	-4.1	-5.2	4.3	4.2	9.9
520	540	-1.8	-1.5	-1.5	1.9	1.4	2.5	-2.2	-1.7	-1.7	2.5	3.5	6.2
540	560	-1.9	-1.1	-1.7	1.0	1.0	2.4	-1.8	-1.8	-2.6	3.5	2.1	4.2
560	580	-2.6	-2.8	-3.0	2.3	1.4	2.3	-4.4	-5.1	-4.9	3.0	2.0	3.9
580	600	-2.2	-2.6	-2.4	1.6	1.2	1.6	-4.4	-5.8	-5.4	3.8	2.9	2.6
600	620	-1.4	-1.3	-1.4	1.2	1.1	1.5	-1.7	-1.6	-2.1	1.8	2.2	2.7
620	640	-1.6	-1.3	-1.1	1.4	1.4	1.5	-1.0	-1.1	-1.6	2.2	2.3	2.0
640	650	-1.8	-1.6	-1.2	1.6	1.9	1.8	-1.6	-2.2	-2.4	2.2	3.2	2.9

Tabell 4.3 Förändring av IRI genom beläggningsåtgärd (Före-Efter)

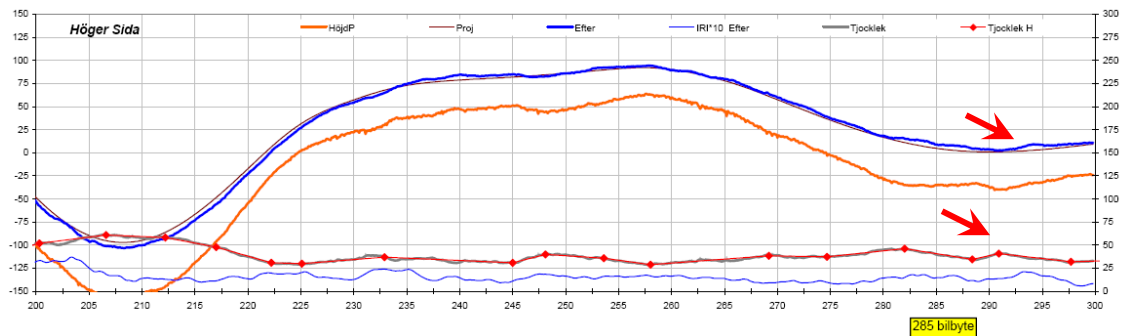
IRI Före - IRI Efter						
Sidoposition cm						
H 235	H 85	H 20	V 20	V 85	V 235	
2.6	2.5	1.2	0.7	-0.3	-0.6	
-0.9	-0.4	0.2	1.3	0.7	0.5	
0.5	0.8	1.1	1.1	0.9	0.8	
0.2	1.2	1.5	4.0	-0.8	-1.6	
0.1	0.8	0.7	2.9	0.2	0.6	
0.4	0.1	0.6	0.3	0.8	0.3	
-0.3	0.2	0.9	4.7	0.3	0.7	
0.1	0.1	0.1	1.1	0.4	2.5	
-0.2	0.5	1.1	0.4	0.1	-0.1	
0.6	0.6	0.8	0.5	0.4	0.5	
-0.8	0.5	0.4	0.7	0.5	0.5	
0.5	1.7	1.1	0.9	0.2	-1.5	
0.8	0.7	0.9	0.8	0.3	-0.4	
1.5	0.3	0.6	0.3	-0.2	1.4	
0.7	0.5	0.5	0.5	1.5	1.2	
-0.5	0.0	0.0	0.5	0.4	0.0	
1.0	0.3	0.3	4.4	2.0	0.3	
3.4	1.1	3.3	9.3	1.1	1.5	
0.2	0.2	0.0	1.4	0.3	0.3	
1.6	-0.1	1.8	-0.1	0.0	-0.4	
-1.5	0.2	0.2	0.4	0.4	1.1	
0.0	0.3	1.0	1.9	-0.2	0.4	
2.2	0.2	0.2	0.6	-0.3	-0.2	
1.3	0.0	0.0	0.1	0.7	0.4	
1.0	0.0	1.2	1.2	1.2	1.1	
2.0	1.6	1.6	0.8	0.8	5.8	
0.4	0.2	0.2	0.7	2.1	3.7	
-0.1	0.7	1.0	2.4	1.0	1.8	
1.7	2.3	1.9	0.7	0.5	1.6	
2.2	3.2	3.0	2.2	1.7	1.0	
0.4	0.4	0.7	0.6	1.1	1.2	
-0.6	-0.1	0.4	0.8	0.9	0.5	
-0.2	0.6	1.2	0.6	1.3	1.1	

Målet om att nå max IRI på 2.0 mm/m nåddes inte fullt ut i alla sektioner. Om man jämför med föreskrifter och krav från ATB Väg (max 2.4 mm/m) ser man att resultatet är något tveksamt. IRI mäts normalt i höger hjulspår och här har man i höger riktning 4 st. värden som inte klarar kravet. I höger riktning är motsvarande siffra 7 st. värden.

Som ovan beskrivs så är utjämningen av IRI inte det som främst styr projekteringen. Istället var störst fokus på att åstadkomma önskad geometri i vägens tvärprofil. Att ta upp tvärgående ojämnheter med små asfaltmängder är ett avgörande beslut i alla projekteringar.

En speciell studie har utförts för att ge en förklaring på frågan: varför upplever man ibland att den föreskrivna förändringen i utlagd asfalt (från styrfilen) inte verkligen läggs där man projekterat?

Ett exempel på detta kan ses i figuren 4.6 nedan. Vid vissa höjdförändringar hinner inte rätt tjocklek läggas ut i den punkt som man önskat. Figuren nedan visar en sektion (mellan 290 och 295 m) där den projekterade ökade tjockleken (med styrpunkt) verkar ha haft en fördröjning innan den hamnat på vägen.



Figur 4.6 Exempel på en angiven ökad asfalttjocklek som verkar ha viss fördröjning jämfört med projekteringen innan den hamnar på vägen

Hela sträckans projekterade styrpunkter, längsprofiler och tjocklekar återfinns i bilaga 2.

Efter kontakt med maskintillverkare har det framkommit att man vid arbete med kontinuerlig förändring av utlagd tjocklek, med hjälp av en höjdsensor, också inkluderar en faktor som på tyska kallas ”sensorvorhalt” - sensorfaktor.

När man skall göra en tjockleksförändring så förändrar man skridens attackvinkel. Eftersom dragpunkten sitter långt ifrån skridens bakkant, som blir utlagd tjocklek, så måste man höja eller sänka dragpunkten mer än önskad tjockleksförändring. Det blir en form av utväxlingsförhållande som normalt beräknas till 1:1,5. I klartext innebär detta att om man skall öka tjockleken med 1 cm så måste dragpunkten höjas med 1,5 cm. Om man t.ex. kör manuellt och vill ha en tjocklek på 5 cm så måste mätskalan vid dragpunkten stå på 7,5. Förhållandet 1:1,5 är ett mått som de flesta maskintillverkare rekommenderar. Vill man öka tjockleken till t.ex. 8 cm måste mätskalan vid dragpunkten höjas till 12 o.s.v. Det exakta förhållandet på den aktuella läggaren kan man kontrollera med personalen.

Sensorn sitter ungefär mitt emellan dessa två punkter och sensorn utväxlingsförhållande beräknas då till ungefär 1:1,2. Detta kan illustreras med en triangel där en 90 graders vinkel motsvarar dragpunkten och en annan vinkel motsvarar skriden. Om man ställer

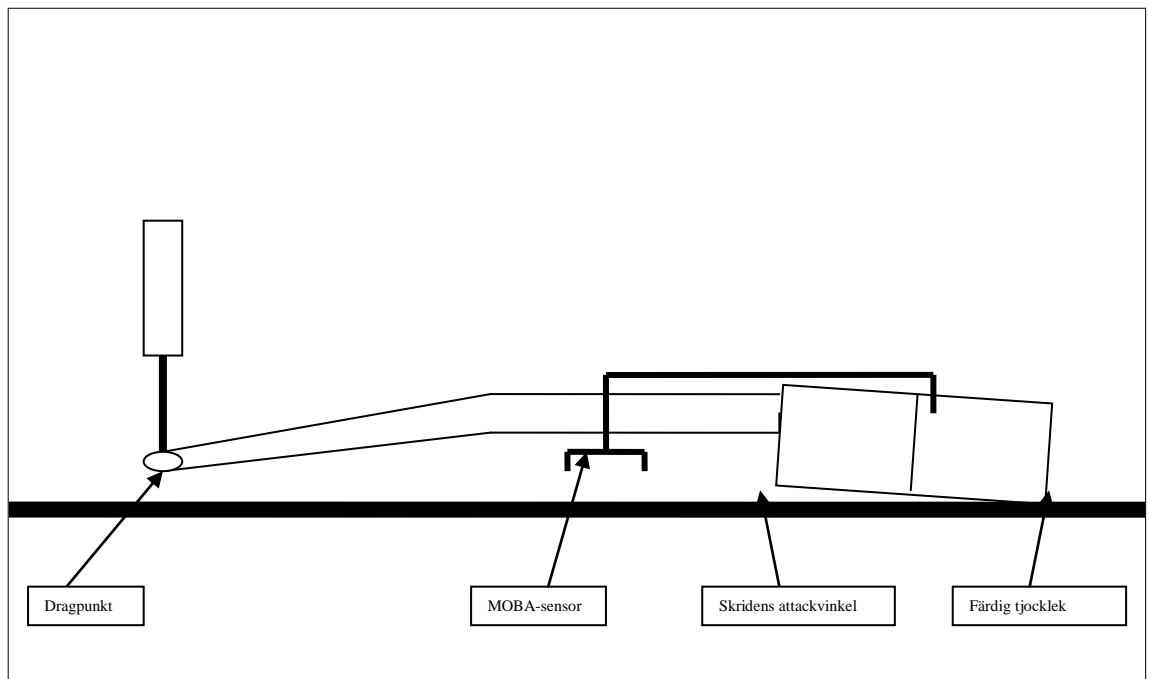
basen på skrivbordet och höjs och sänks enbart den sida med 90 grader. Man ser då att om man önskar ha 1 mm luft vid den andra vinkeln måste man höja sidan med 90 grader mer.

Om man skall styra skriden med MOBA-sensorn gäller samma förutsättningar, dock med den skillnad att sensorn sitter närmare skridens bakkant. Det exakta förhållandet kan räknas ut beroende på var man placerar sensorn men generellt gäller förhållandet 1:1,2.

Rent praktiskt innebär detta för detta projekt att höjdsensorn skall mäta tjocklek med sensorfaktorn inräknad. Man skall i fält kontrollera så att skriden lägger utan faktorn inräknad när man lägger på ganska plan yta. Ett exempel: om tabellen säger 6,3 cm skall skriden lägga 5,5 cm. Det innebär att när vi behöver en förändring i höjd så kommer sensorfaktorn att ”överstyra” skriden. På så vis får vi bort de ojämnheter som man erfarit på väg 41.

Utöver sensorfaktorn kommer vältmänen (normalt 15-20%). Totalt blir alltså styrvärdet: önskad asfalttjocklek*1.2*1.15 (15 % vältmån och sensorfaktor 1.2). Detta är en faktor på ca 1.38 - på färdig packad asfalttjocklek.

Den exakta faktorn kan man få genom att mäta utförd tjocklek på vägen och jämföra med den tjocklek man önskat (innan vältning).

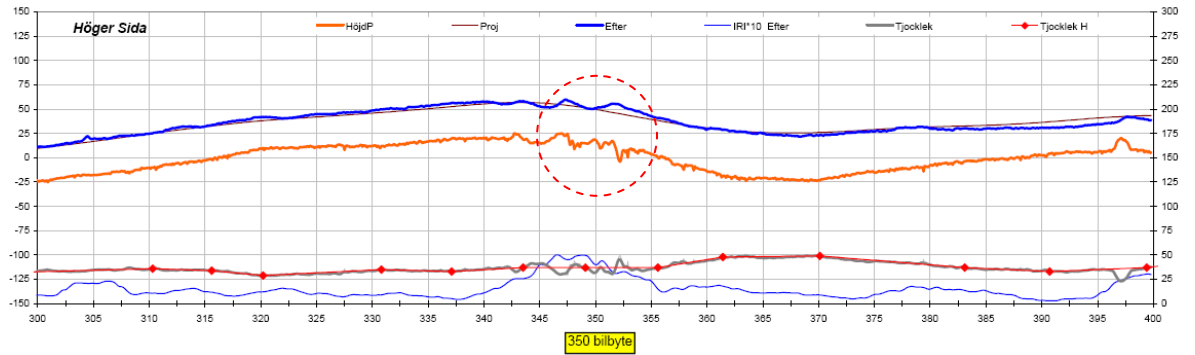


Figur 4.7. Principskiss på väsentliga delar hos asfaltläggare

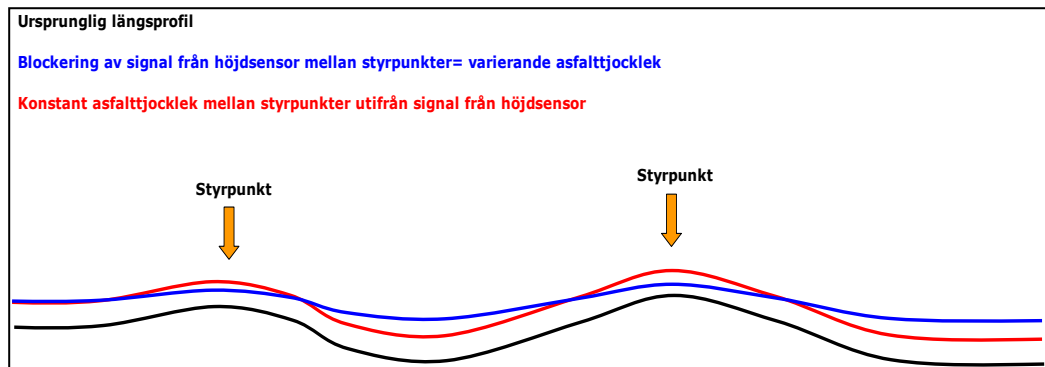
Figur 4.8 visar ett exempel där man har angivit en närmast konstant tjocklek på utlagd asfalt och förväntat sig att läggarens naturliga mekanismer skall hantera korta ojämnheter. Försöket har visat att man i dylika fall istället tvingar maskinen att lägga en närmast konstant tjocklek utan att få den naturliga utjämnningen. Man följer istället ojämnheten med att lägga en jämntjock beläggning.

Lösningen på detta kan vara att blockera impulserna från höjdsensorn vid korta ojämnheter. Man lägger enbart in en och samma tjocklek med styrvärden före och efter ojämnheten. Däremellan får läggaren arbeta utan impulser från höjdsensorn.

Ett illustrerat exempel på detta ges i figur 4.9.



Figur 4.8 Exempel på sektion där man inte uppnått önskad reduktion av ojämnheter med konstant asfalttjocklek.



Figur 4.9 Exempel på effekt från blockering av signal (från höjdsensor) mellan styrpunkter på korta ojämnheter

Den kritiska längden på ojämnheter verkar vara ca 1.7 meter. Kortare ojämnheter verkar tas upp på ett bra sätt av läggarens inbyggda utjämnande egenskaper. Längre ojämnheter ser ut att behöva styrpunkter för att utjämnas på ett bra sätt.

5 Slutsats och kommentarer

Följande huvudsakliga slutsatser kan dras från försöket:

- **Projekterat tvärfall** motsvarar det som verkligen går att mäta upp efter beläggningsarbete på ett mycket bra sätt.
- Den framtagna **kvalitetssäkringen** av inmätta Laser RST värden fungerar bra.
- **Jämnheten i längdled (IRI)** blir i stort sett tillfredställande. Förbättringar finns att söka i 1/ packningsarbetet, 2/ genom att introducera en sensorfaktor i styrfilerna när asfalttjockleken skall varieras, 3/ ojämnheter kortare än 1.7 meter bör kunna tas upp av läggarens utjämnande egenskaper utan styrpunkter genom att blockera signalen från höjdsensorn. För att uppnå mycket bra jämnhet krävs också att man har en rimlig avvägning mellan tilldelad asfaltmängd och önskad jämnhet.
- **Den förbättrade proceduren för längdmätning/kalibrering fungerar väl.** Ett längdfel på maximalt 1-2 dm anses vara tillfredställande för normal produktion.
- **Tid för planering** och förberedelse är viktigt inför utförandet. Med fördel hålls ett möte efter avslutad projektering, där lösningar som valt tvärfall och tänkta utjämnningar diskuteras och jämförs med aktuell läggares möjligheter och begränsningar.
- **Maskinstyrning** bör undvikas i andradraget. Det räcker med normal skarvföljning mot mittskarv. Däremot kvarstår att maskinstyra efter den inprogrammerade tvärfallsstyrningen för att uppnå fullgod jämnhet i längsled.
- **Ytorna skall besiktigas** i god tid före utläggning, främst med avseende på visade ojämnheter och uppmätt tvärfall.
- Projekteringen skall utföras med förutsättningen att **asfalttjocklekar** över 7 cm inte skall överstigas och inga tjocklekar tunnare än 2*max stenstorlek skall användas (förjustering/fräsning inkluderas i arbetet).
- **Tidigt samråd med beläggningsansvarig** är nödvändig. Läggjarlaget skall tidigt informeras om vad som skall göras och hur det eventuellt påverkar produktionen.
- **Fräsning och justering** kan nu inkluderas i arbetet så länge man inte gör något i styrlinjen (20 cm från mittlinjen). På så vis ökar möjligheten att uppnå normala produktionsprocedurer och rimliga beläggningstjocklekar

6 Fortsatt arbete

Detta var det fjärde fullskaleförsöket som utförts i projektet. Testet har gett svar på de flesta av de frågor som ställts, men det kvarstår två frågor som måste prövas. Den ena har nu beskrivits som att skriden ska styras matematiskt över längre ojämnheter. Detta skall projekteras in i styrfilen så att skriden automatiskt genomför tillräcklig justering i höjd för att få rätt mängd med massa för att jämna ut ojämnheten. Den andra frågan som uppstått i projektets slutskede är att en ny smidigare utrustning kallad Georog skulle kunna anpassas till styrsystemet. Detta bör utprovas för att ge branschen och metoden en bättre chans att sprida sig över landet.

De gamla punkterna från förra testytan behöver följas upp för att kunna beskrivas i en kommande handledningsmanual:

- Hur en skrid från olika maskiner arbetar med hjälp av Moba – maskinstyrningssystem eller det nya GeoRog.
- Kontinuerlig inmatning av material kontra manuell inmatning.
- Tvärfallsspridningen upplevs inte som komfortabel på smala vägar och frågan är hur man kan minimera detta?
- Fortsatt arbete med restriktionen på tillåtna asfalttjocklekar

Ytterligare fältförsök krävs för att verifiera metodens säkerhet, främst för arbetet med utjämningen i längdled och läggarens förmåga att hantera denna parallellt med snabba tvärfallsförändringar. Detta gör att även nästa objekt bör innehålla en viss grad av geometriska utmaningar.

Fungerar denna metod med föreslagna förändringar är det en logisk fortsättning att inkludera fräsning så att en fullgod metodbeskrivning och produktionsanpassning kan ske.

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.

Minnesanteckningar maskinstyrning Sundholmen.

27/11 Drag 1 höger. Montering av utrustning på morgonen. Personal har problem med värmen på läggaren. Det tar lite extra tid men vi löser det gemensamt. Vi startar arbetet ca 8 m före 0-linje. Där är det fräst en anslutning. 8 m är lite kort sträcka för att ställa in höjd- och tvärfall. Vi kollar av det gamla systemet och använder dess värde som grovkalibrering. Finjusteringen får sedan ske under arbete. Vid 0-linje aktiveras systemet men ingenting händer. Efter 10 – 15 m upptäcker jag att systemet står i stand-byläge. Med ytterligare tryck så aktiveras systemet som nu styr läggaren. Efter det kollas tjocklek och tvärfall. Maskinen lägger lite tunt så höjdsensorn justeras till rätt läge. Även tvärfall justeras och diffar nu 1 tiondel. All justering är klar efter ca 30 m. Personalen kollar om systemet uppför sig som med det gamla. Vänster sida, Göran, tycker att det inte är någon skillnad. Högersida, Fredrik, tycker dock att det går lite fortare än han är van vid. Moba-systemet är dock inställt på samma cylinderhastighet som det tidigare systemet, nämligen 2,8 – 3,0 mm/sek. Efter justeringarna verkar det flyta på som det skall. Systemet jobbar lugnt och stabilt. Läggningen sker också utan avbrott. Längdmätningen får dock justeras vid varje 50 m. Varje justering blir ungefär 15 – 30 cm. Vi hade gjort en kalibrering tidigare i höst med gott resultat. Att det nu diffar kanske kan förklaras med att mät hjulet nu inte går i samma spår. Vi kalibrerade med mät hjulet i vägmitt och nu går hjulet ca 1,5 m till vänster. Detta skulle kunna påverka i första kurvan men borda stämman sedan när vägen är ganska rak. Hur vi skall kunna få en bättre överensstämmelse med mät hjul kontra mätbil är en fråga för diskussion.

Drag 2 vänster. Läggaren riggas om för vänsterdraget och vi startar på samma sätt som drag 1, men med systemet aktiverat från första metern. Höjden får återigen justeras med sensorn till rätt tjocklek. Det blir också en viss anpassning till skarven för att få ihop den. Fredrik protesterar lite eftersom skarven inte alltid är som han vill ha den. Vi kollar tjockleken flera gånger och det verkar stämman. Skarven blir inte alltid bra. Ibland blir den lite tunn och på vissa avsnitt blir det lite tjockt. Oftast så stämmer det ganska bra. Thomas tycker att det blev lite mer tjockare än det blev tunt. Vid arbetets slut har vi ca 30 ton över. Orsak okänd. Har vi trots allt lagt för tunt eller har vi beräknat massorna fel. Thomas tycker att om vi skulle ha lagt på 30 ton till så hade vi sett att skarven hade blivit för tjock, en uppfattning som jag delar. Dessutom var det också vänsterkurvor. Vid ett tillfälle kontrolleras tvärfallet och justeras till exakt rätt värde. Då upptäcks att känsligheten har blivit ändrad från 7 som ställdes in vid start till 9 på båda sidor. Hur detta gick till har jag ingen förklaring. Ingen tillfrågad har varit och medvetet justerat detta värde. Personalen märkte i alla fall inte att systemet arbetade snabbare eller nervösare. Arbetet löper på bra även här utan större problem. Det blir ett litet stopp i körningen något hundratal meter före slutet. Läggaren avrustas och vi avslutar arbetet.

B.Oldenfeldt.

Transporter till Sundholmen

Måndagen 27/11

Höger sida

Bil nummer	Lastning	Lossning	Ton	Delsträcka	Övrigt
WOS 643	6:57	10:15-10:34	30,3	-5 till 85	
SNL 302	7:12	10:35-10:57	31	85-184	
TGD 939	7:32	10:58-11:20	30,45	184-285	
SEW 199	7:40	11:21-11:37	35,25	285-350	Bil
AVZ 308	8:13	11:38-11:45	32,5	350-405	Bil
SEW 199		11:46-12:00		405-470	Släp
AVZ 308		12:01-12:13		470-535	Släp
UPG 328	8:20	12:14-12:30	33,8	535-625	
XRD 038	8:34	12:31-12:36	(10)	625-650+5	
			203,3		

Flakens isolering

WOS 643	Trailer. Flaket isolerat med isolering. Detta gäller även fram o bakstam. Dubbelkappel.
SNL 302	Trailer. Flaket isolerat med isolering. Detta gäller även fram o bakstam. Dubbelkappel.
TGD 939	Trailer. Flaket isolerat med isolering. Detta gäller även fram o bakstam. Dubbelkappel.
SEW 199	Bil o släp. Flaket är isolerat men fram o bakstam saknar d:o. Enlagers kapell men tjock duk.
AWZ 308	Bil o släp. Flaket är isolerat men fram o bakstam saknar d:o. Dubbelkapell.
UPG 328	Trailer. Flak med dubbel luftspalt som isolering. Framstam med dubbel luftspalt och bakstam utan luftspalt eller isolering. Dubbelkapell.
XRD 038	Bil o släp. Flak med dubbel luftspalt som isolering. Fram o bakstam med luftspalt. Dubbelkapell.

Längdmätning

50 m	± 0
100 m	+ 0,3
150 m	+ 0,1
200 m	- 0,15
250 m	- 0,3
300 m	- 0,3
350 m	- 0,2
400 m	- 0,15
450 m	- 0,2
500 m	- 0,3
550 m	- 0,2
600 m	± 0
650 m	- 0,2

Övrigt

Sekt. 85 – 184	Problem med packning av tjocka massor. Massan sprack på några ställen.
Sekt. 350 - 405	Problem med kalla massor.
Sekt. 450 – 500	Problem med packning. Material fastnar på valsens.
Sekt. 540	Kalla massor. Dragningar.
Sekt. 625 – 655	Detta lass blev delat med nästa drag.

Vänster sida

Bil nummer	Lastning	Lossning	Ton	Delsträcka	Övrigt
WOS 643	11:53	13:57-14:20	29,45	0 – 85	
XRD 038	8:34	14:21-14:26	c:a 6.	85 – 105	Bil. Detta lass delat med sista på första.
SNL 302	12:20	14:28-14:50	30,15	105 – 200	Beläggstopp 2 min.
TGD 939	12:59	14:51-15:21	29,8	200 – 325	
XRD 038	8:34	15:22-15:35	17,4	325 – 385	Släp
SEW 199	13:38	15:37-15:48	34,35	385 – 445	Bil
AWZ 308	13:43	15:49-16:03	16	445 – 520	Bil
SEW 199		16:04-16:13		520 – 580	Släp
UPG 328	14:09	16:14-16:33	<u>31,55</u>	580 – 655	
			194,77		

Till ovanstående mängd tillkommer justeringston.

Flakens isolering

Se blad 1.

Längdmätning**Övrigt**

-5 m		Start klistring 13:52, Laggning 13:57 o mask.styrn. 14:00
50 m	+ 0,3	Sekt. 85 – 105. Detta lass delat med sista på förra draget.
100 m	- 0,1	Sekt. 105. Maskinstopp i 2 min.
150 m	- 0,3	Sekt. 250 – 275. Upptäcktes att känsligheten ändrats till 9.
200 m	- 0,4	Justerades tillbaka till 7.
250 m	- 0,15	
300 m	- 0,15	Sekt. 325 – 385. Detta släp lastat 8:34. Mycket kallt matrl. i
350 m	- 0,1	lasset.
400 m	- 0,3	
450 m	- 0,3	
500 m	- 0,15	Sekt. 520. Maskinstopp i c:a 2 minuter vid lastbytet.
550 m	- 0,2	
600 m	- 0,2	
650 m	- 0,3	

Maskinstyrningsprojekt

NCC

Fabrikat	Dynapac F 18 - 6 W	Dynapac F 121 - 4W	Bitelli 651 C
Serienummer	756 252	654 150	132*980079
Projekt	Skåne-Tranås	Sjöbo	V 150 Torup
MOBA:	Monterat 2003-02-11	Monterat 2004-08-24	Monterat 2005-08-15
Skarvföljare	307-045-075	307-045-075	307-045-075
Digi-Slope	6627-043-043	6627-043-043	6627-043-043
Handkontroll höger	1995-058-111	1995-058-111	1995-058-111
Handkontroll vänster	1994-058-099	1994-058-099	1994-058-099
Breddsensor höger	107-069-072		
Breddsensor vänster	108-069-051		
Anslutningsbox höger	140-069-069	140-069-069	140-069-069
Anslutningsbox vänster	104-069-069	104-069-069	104-069-069
Mäthjul	140-069-090	140-069-090	140-069-090
Monitor			
Skrivare	104-069-069		
Mjukvara	Version 4.04	Version 4.04	Version 4.04
Parametrar:			
Pulslängd höger upp	100 ms	110 ms	90 ms
Pulslängd höger ner	100 ms	120 ms	95 ms
Pulslängd vänster upp	100 ms	110 ms	90 ms
Pulslängd vänster ner	100 ms	120 ms	95 ms
Pulsfrekvens	2	2	2
Känslighet	9	9	9
Arbetsfönster	10	10	10

Arbetsledare

Björn Andersson

Torsten Westin

Charlie Christensson

Maskinist

Mats Nilsson

Einar Olsson

Morgan Eckegren

Vänster skruv

Jarl Persson

Thomas Carlbom

Lars-Bertil Bertilsson

Höger skruv

Stig Ambjörnsson

Maskinstyrningsprojekt NCC

Fabrikat	Dynapac F 15 C		
Serienummer	769 119		
Projekt	Sundholmen		
MOBA:	Monterat 2006-11-22		
Skarvföljare	307-045-075		
Digi-Slope	6627-043-043		
Handkontroll höger	1995-058-111		
Handkontroll vänster	1994-058-099		
Breddsensor höger			
Breddsensor vänster			
Anslutningsbox höger	140-069-069		
Anslutningsbox vänster	104-069-069		
Mäthjul	140-069-090		
Monitor			
Skrivare			
Mjukvara	Version 4.04		
Parametrar:			
Cylinderhastighet	2,8-3 mm/sek		
Pulslängd höger upp	80		
Pulslängd höger ner	90		
Pulslängd vänster upp	80		
Pulslängd vänster ner	85		
Pulsfrekvens	3		
Känslighet	7		
Arbetsfönster	10		

Arbetsledare

Stefan Nilsson

Maskinist

Christoffer Wierholt

Vänster skruv

Göran Olsson

Höger skruv

Fredrik Pettersson

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, styripulsängd, pulsfrekvens mm. T.ex. styripulsens längd är en mycket viktig parameter beroende på den aktuella utläggarens ventilkarakteristik. Vissa utläggare är ”tröga” medan andra utläggare reagerar snabbare på styripulserna.

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:

