

Slutrapport

Avseende

Hjulprofilmätaren i Sunderbyn



Distributionslista

Rapporten är öppen för distribution inom Trafikverket, LKAB och LTU. Respektive part ansvarar själv för sin egen interna distribution.

Tillkännagivande

Vi vill härmed rikta en särskilt tack till följande organisationer som möjliggjort detta arbete finansiellt och intellektuellt:

- LKAB
- Trafikverket
- Luleå tekniska universitet

Vidare vill vi tacka följande personer som bidragit till framtagandet av denna rapport:

- Thomas Nordmark, LKAB
- Matthias Asplund, Trafikverket
- Robert Pallari, LKAB Malmtrafik
- Per Gustafsson, LKAB Malmtrafik
- Dan Larsson, Damill AB
- Ramin Karim, LTU

Sammanfattning

Bakgrunden till projektets genomförande har varit den ökande mängden rälsbyten och mängden trafik med 30 tons axellast på Malmbanan. Spårunderhållet och hjulunderhållet har idag de överlägset högsta underhållskostnaderna av järnvägens olika system. Hjulprofilmätaren sågs som en möjlighet att kunna plocka ut de hjul som närmade sig underhållsgränserna för slitage, och därigenom kunna styra underhållet mer kostnadseffektivt.

LKAB och Trafikverket enades därför att sätta upp ett gemensamt projekt där en ny typ av mätutrustning utprovades. För att få stöd med datalagring, bearbetning av data mm anlätades LTU och eMaintenanceLAB.

Syftet med projektet har varit att undersöka och verifiera att en utrustning för automatisk hjulprofilmätning kan klara av att registrera och larma vid hjulpassager som avviker från de säkerhetsgränser och underhållsgränser som definieras i projektet med hänsyn till vårt klimat och våra förhållanden på Malmbanan.

Den bärande idén i detta projekt har varit att man genom en kontinuerlig mätning av hjulprofiler ska kunna ta ut fordon ur trafik innan den avvikande hjulprofilen ger upphov till ett accelererande hjul- och rälsnitage och därigenom sänka underhållskostnaden och öka livslängden på både hjul och räl. Projektet har även lett till en högre säkerhet på spåret då man kan mäta hjul som passerat säkerhetsgränsen för hjulparametrar och plockar bort dem, detta var inte var möjligt tidigare.

De slutsatser som kan dras från detta projekt är följande:

- Utvecklingsprojekt kan med fördel genomföras gemensamt mellan industri, infrastrukturförvaltare och akademi.
- För att säkerställa ett bra resultat är det viktigt att genomföra alla steg i ett projekt från koncept till överlämnande. Som stöd för detta har V-modellen används som representerar livscykeln för systemet enligt EN-50126.
- Val av teknisk lösning och leverantör har gjorts utifrån teknisk nivå, referensanläggningar samt drift- och supportmöjlighet och inte enbart utifrån pris. Ett utvecklingsprojekt likt detta handlar inte primärt om att få en utrustning i drift utan överföring av "know how" kring vilka möjligheter och begränsningar det finns med denna teknik.
- Resursbehovet för test och utvärdering underskattades och gjorde att projektet försenades ett år jämfört med ursprunglig tidplan.
- Informationen som genereras från denna utrustning är mycket användbar för alla parter som arbetar med utveckling av underhåll inom järnvägen.
- Utmaningen för att tillgodogöra sig nyttan från mätstationen ligger i att kunna förädla och integrera de genererade tillståndsdata till respektive underhållsorganisation.

Innehållsförteckning

1	Projektbeskrivning.....	5
1.1	Bakgrund.....	5
1.2	Mål och syfte	5
1.3	Organisation	5
1.4	Begränsningar.....	6
1.5	Projekttidplan.....	6
2	Hjulprofilmätarens mätutfall.....	7
2.1	Krav på systemet	8
2.2	Projektgenomförande	8
2.3	Provdrift 2011-13	9
2.4	Underhåll av hjulprofilmätaren	9
2.5	Tillgänglighet och driftsäkerhet.....	9
2.6	Mätprecision.....	10
2.7	Utfall mot krav.....	12
3	Projektvärde (uppnått jämfört med förväntat).....	12
4	Projektresultat.....	13
5	Erfarenheter och lärdomar av projektet	15
5.1	Projektets styrande funktion	15
5.2	Ekonomi.....	15
5.3	Utmaningar och öppna frågor	16
5.4	Nytta av projektet.....	16
6	Forskning genererad av projektet	16
6.1	Kopplingen till forskning.....	16
6.2	Publikationer från projektet	17
7	Förbättringsförslag	17
8	Slutsats	18
9	Framtid	18
10	Referenser	19

1 Projektbeskrivning

1.1 Bakgrund

Bakgrunden till projektets genomförande har varit den ökande mängden rälsbyten och mängden trafik med 30 tons axellast på Malmbanan. Spårunderhållet och hjulunderhållet har idag de överlägset högsta underhållskostnaderna av järnvägens olika system. Hjulprofilmätaren sågs som en möjlighet att kunna plocka ut de hjul som närmade sig underhållsgränserna för slitage, och därigenom kunna styra underhållet mer kostnadseffektivt. Men även för att förbättra den viktiga hjul-rälkontakten som påverkar slitage och utmattningsskador på hjul och räl, och därigenom öka livslängden för både hjul och räl.

1.2 Mål och syfte

Den faktor som har störst påverkan på nedbrytningen av rälsen är kontakten mellan hjul och räl, 42,5% av underhållskostnaden för infrastrukturen härrör till hjul-räl interaktionen (IHHA, 2009). För LKAB:s malmvagnar så står hjulkostnaden för 50 % av underhållskostnaden. Med ökad axellast ökar betydelsen av att hjul som passerar på banan har en profil som matchar rälen. Med en automatisk hjulprofilmätare kan man ha kontroll på att hjulens profil håller sig inom de gränser, som säkerhetsvärden och även underhållsvärden, som inte orsakar onödigt slitage eller skador på rälen. Enbart LKAB:s trafik belastar Malmbanan med ca: 9.200 hjulpassager per dygn.

Syftet med projektet har varit att undersöka och verifiera att en utrustning för automatisk hjulprofilmätning kan klara av att registrera och larma vid hjulpassager som avviker från de säkerhetsgränser och underhållsgränser som definieras i projektet med hänsyn till vårt klimat och våra förhållanden på Malmbanan.

Den bärande idén i detta projekt har varit att man genom en kontinuerlig mätning av hjulprofiler ska kunna ta ut fordon ur trafik innan den avvikande hjulprofilen ger upphov till ett accelererande hjul- och rälsnitage och därigenom sänka underhållskostnaden och öka livslängden på både hjul och räl

Detta dokument rapporterar om hur väl målsättningen med detta arbete har nåtts och ger rekommendationer på hur denna teknologi kan implementeras i normal produktionsmiljö.

1.3 Organisation

Projektet har varit ett samarbetsprojekt mellan LKAB, Trafikverket och JVTC. LKAB har stått för inköp, installation samt utbildning av mätstationen. Vidare har mätdata från anläggningen i Sunderbyn samlats, vidarebearbetats och analyserats i eMaintenance LAB som är en plattform avsedd för beslutsstöd inom underhåll med hjälp av avancerad informations- och kommunikationsteknologi.

Trafikverket har stått för placering, infrastruktur samt underhåll av utrustningen. JVTC har inom ramen för eMaintenance-projektet hämtat, lagrat och gjort data tillgänglig för vidare analys för forskare och deltagande partners. Avtal har skrivits mellan LKAB och Trafikverket som reglerar ovanstående uppdelning. Projektet har varit av typen FoU/FuD och deltagande har varit begränsat till en resurs/projektledare från respektive organisation. Dessa personer har sedan internt inom sin organisation förankrat och informerat om utvecklingen inom projektet.

1.4 Begränsningar

Projektet har omfattat en provdrift på en utvald hjulprofilmätare. Projektet har begränsats till ett geografiskt område för hjulprofilmätaren, dvs. det södra omloppet av Malmbanan i Sunderbyn utanför Luleå. Projektet har vidare begränsats till att tillfällig installation av utrustningen i järnvägsnätet för att sedan kunna användas för att generera ett beslutsunderlag för eventuell permanent installation. Projektet har även beaktat frågan hur genererade data ska implementeras hos parternas underhålls- och/eller driftorganisationer. Projektet har dock inte ansvarat för implementering av data hos respektive part.

1.5 Projekttidplan

Tabellen nedan beskriver projektets ursprungliga tidplan samt avvikelser från denna. Större avvikelser i planerat datum anges inom parentes.

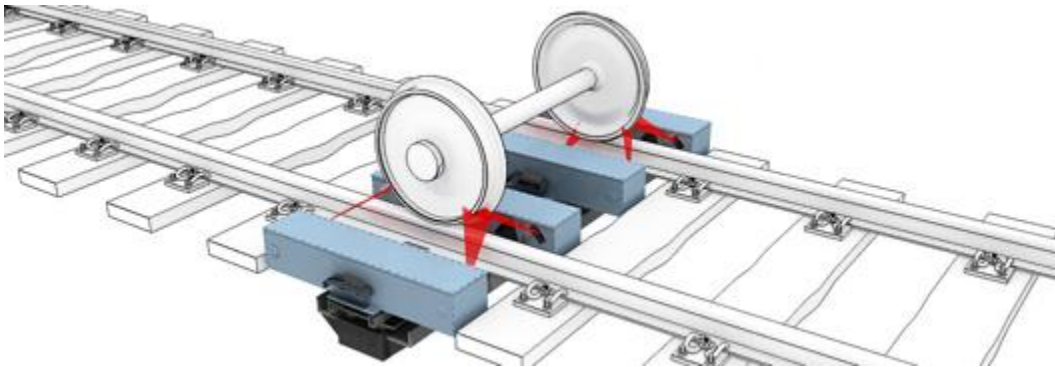
De största ändringarna beror främst på att testperioden förlängdes med 1,5 år för att kunna utvärdera utrustningens tillförlitlighet under ytterligare en vinter.

Tabell 1: Projekttidplan.

Aktivitet	Avslutad	Ansvarig
Projektstart	2010-02-01	LKAB Trafikverket
Översikt över leverantörer	2010-05-10	Damill
Besök av leverantörer	2010-10-01 till 2010-10-19	LKAB Trafikverket
Upphandling av utrustning	2011-05-01	LKAB
Installation av infrastruktur inkl. teknikhus	2011-09-30	Trafikverket
Installation av hjulprofilmätare	2011-10-15	LKAB
Start för testkörning	2011-10-15	Gemensamt
Testkörning slut	(2012-03-01) 2013-09-01	Gemensamt
Slutrapport redovisas	(2012-11-01) 2014-03-01	Gemensamt
Beslut om eventuell fortsatt drift	(2012-12-31) 2014-06-01	Gemensamt
Avveckling om annat ej beslutats	(2013-07-01) 2014-06-01	Gemensamt

2 Hjulprofilmätarens mätutfall

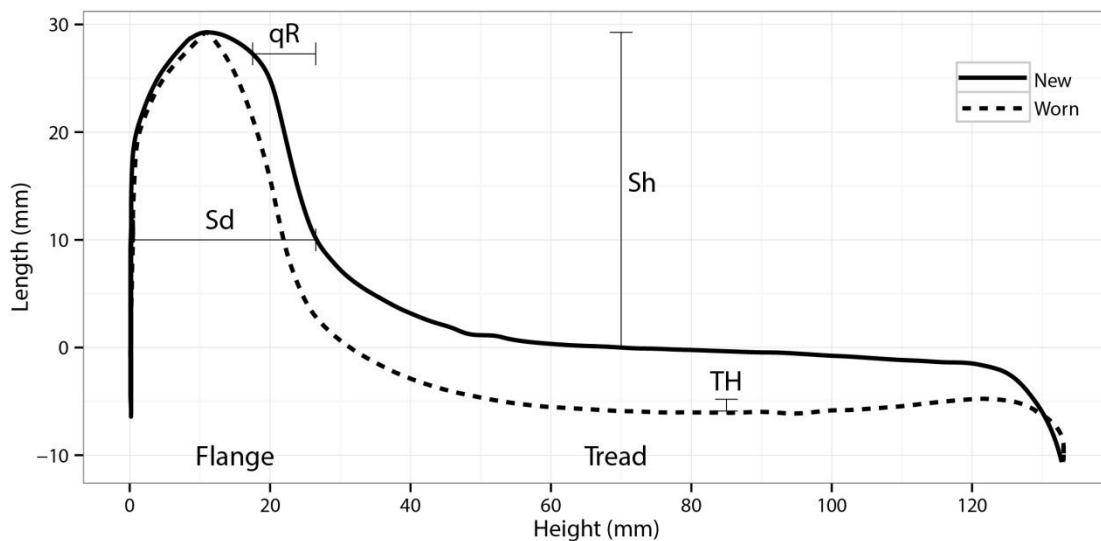
Hjulprofilmätaren mäter profilen på järnvägshjulen, figur 1 visar en principskiss på en hjulprofilmätare.



Figur 1: Principskiss på en automatisk hjulprofilmätare.

Det finns parametrar i profilen som är säkerhetsrelaterade som bl.a. flänshöjden, flänstjockleken och flänslutningen, se figur 2. Det är viktigt att ha kontroll på dessa parametrar för att bidra till en god ekonomi, förbättrad driftsäkerhet och hög säkerhet på järnvägssystemet.

Idag mäts dessa parametrar manuellt, vilket är tidsödande. Det är därför en stor fördel att kunna mäta hjulprofilparametrarna automatisk under drift med hjälp av en s.k. hjulprofilmätare. Vidare medför detta att data kan användas för att hitta trender och prediktera underhållsbehov. Ett annat användningsområde är att det går att få överblick över hela flottan genom att filtrera individer som är över eller nära gränsvärden.



Figur 2: Hjulprofil med flänshöjd (Sh), flänstjocklek (Sd) och flänslutning (qR).

2.1 Krav på systemet

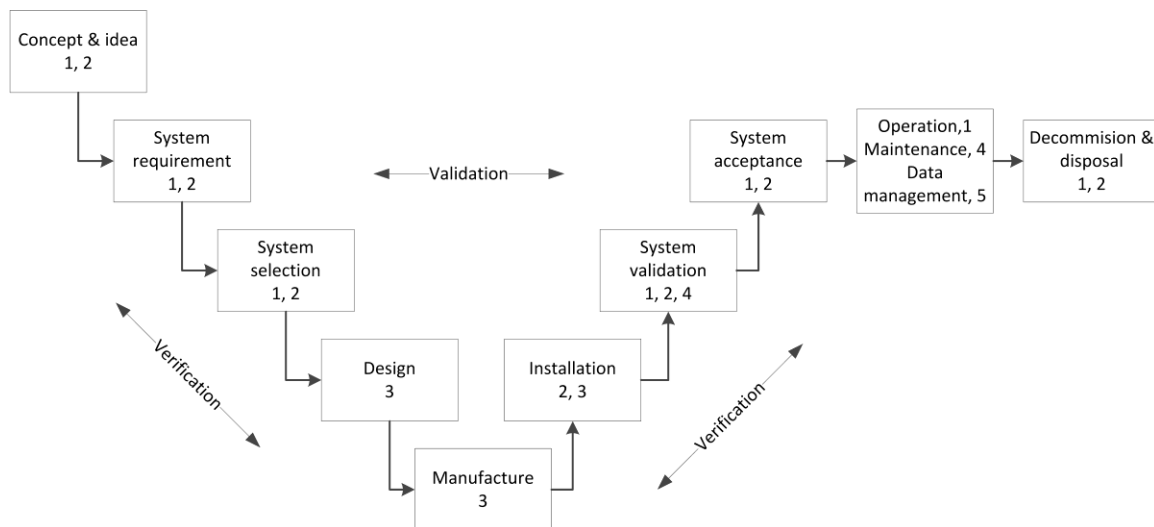
Kravspecifikationen på systemet har tagits fram av Trafikverket och LKAB tillsammans med Damill AB. Dessa krav kan sammanfattas enligt följande:

- att det ska vara ett kommersiellt tillgängligt system
- att det ska finnas system i drift av denna modell i liknande klimat
- att systemet ska mäta hjulprofilerna i linjehastighet
- att systemet ska behöva minimalt med underhåll och kalibrering
- att data som genereras är tillförlitliga
- att tillgängligheten på utrustningen är hög

Specifika måttal för respektive krav har inte bestämts utan kraven har varit av både kvalitativ och kvantitativ karaktär.

2.2 Projektgenomförande

Trafikverket har ansvarat för projektering, förberedning och anpassning av infrastruktur. LKAB och leverantören (Beena) har ansvarat för installationen av systemet. Prestandamätning, acceptanstest och funktionsutvärdering har genomförts av LKAB och Trafikverket. Projektledare för förberedelse av infrastrukturen har varit Trafikverket Investering, där beställaren är Trafikverket Underhållsutveckling. Livscyklar för systemet kan representeras av v-modellen från standard en-50126, se Figur 3. Systemet har varit på plats hösten 2011 för start av provdrift.



Figur 3: V-modellen som representerar livscykeln för systemet, EN-20126. 1-Trafikverket, 2-LKAB, 3-Leverantör av mätsystemet, 4-Damill AB, 5-JVTC.

2.3 Provdrift 2011-13

Provdriften på systemet startade i oktober 2011, efter installation, och sträcker sig till den sista december 2013. Under provdriften har systemet loggats på information som underhålls- och kalibreringsåtgärder. Förutom prestandaprov har mätningar jämförelser utförts mellan manuell mätning med MiniProf och systemet vid flera tillfällen.

2.4 Underhåll av hjulprofilmätaren

Underhållet som är gjort på utrustningen är enligt Tabell 2. Mycket av aktiviteterna kan härröras till inkörningsproblem och utveckling av systemet. Som exempel är åtgärden på jordfelsbrytaren, installation av web-kamera och installation av RFID-läsare. Vidare finns även service inkluderat i tabellen.

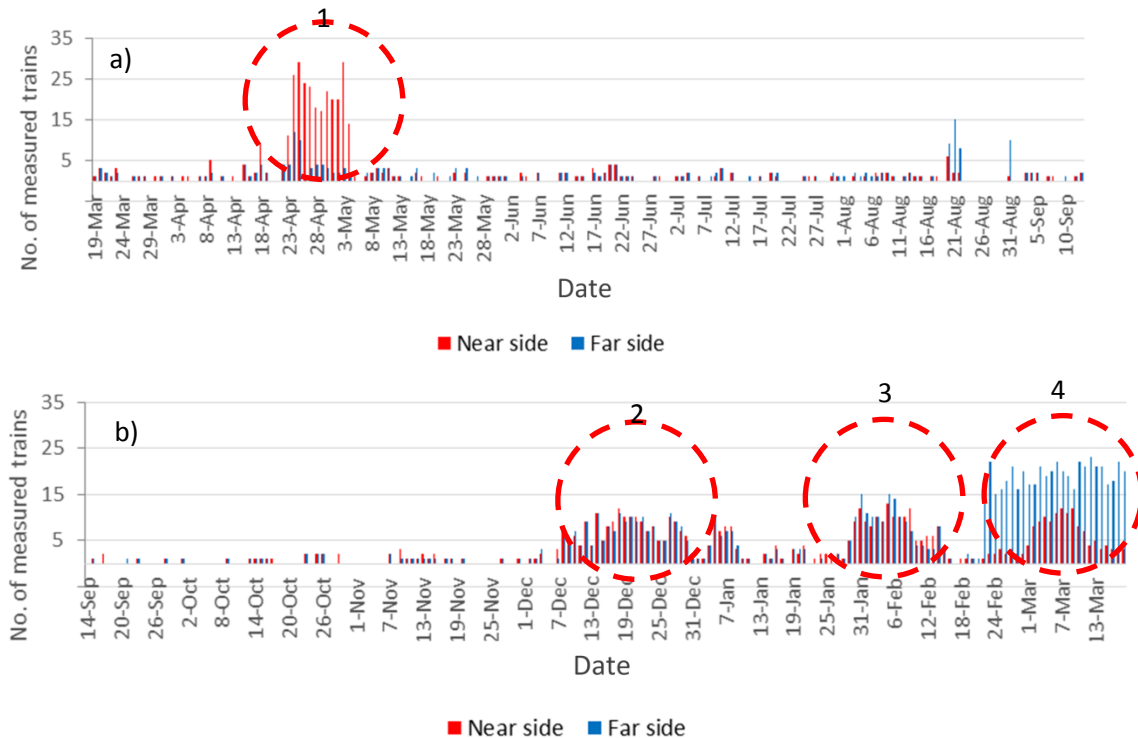
Tabell 2: Sammanfattning av underhållsbehovet utfört av Damill AB.

Datum	Problem	Åtgärd	Tid	Kommentar
111208	Strömlöst	Jordfelsbrytare återställd	4	Intrimning
111209	Samma		2	
120109	Axeldetektor norr trasig Rälsvärmare bortkopplad	Felsökning	8	
120110	Axeldetektor syd trasig	Felsökning	6	
120119	Web-kamera	Installation	27	Installation
120120	Axeldetektor norr+syd	Reparation	22	
120323	Axeldetektor norr trasig	Felsökning	4	
120423	Kamera grabberkort trasigt	Felsökning	2	
120504	Kamera grabberkort trasigt	Reparation/byte	2	
120508	Axeldetektorer trasiga	Reparation/byte	13	
120511	Axeldetektorer missar	Justering	5	Intrimning
120618	RFID-läsare	Installation	20	Installation
120831	Internet saknas	IP-adressbyte i router	2	
121213	Årsservice	Assistera Beena	8	
130308	Laser1 borta	Felsökning	3	
130402	Laser1 borta	Assistera Beenas vid rep	10	Glappkontakt
130926	Årsservice	Assistera Beena	16	En laser troligen bytt
Summa tid [h]			154	

2.5 Tillgänglighet och driftsäkerhet

Tillgängligheten på systemet har här utvärderats genom att sammanställa parametern "Process rate PR". Det är en parameter som systemet själv genererar vid varje tågpassage och som berättar hur många % av de passerande hjulen som analyserats i respektive tåg. En larmande tillgänglighetsgräns i systemet är när PR understiger 70 %. Vid sammanställning av dessa larmande tågpassager fås diagrammet i Figur 4. Diagrammet, som är uppdelat på två rader för att ge bättre läsbarhet, visar alltså hur många tåg per dygn som haft färre än 70 % analyserade hjul. Dessa siffror skall ställas i relation till total antalet tåg på sträckan vilket varit ca 35 tåg/dygn. Av dessa 35 tåg har ca 6 tåg/dygn varit malmtåg med 3 st. lastade + 3 st. tomma tåg.

Det finns fyra perioder som har problem med lågt antal mätningarna med under 70 % PR. Det är april 2012 (1), december 2012 (2), januari-februari 2013 (3) och mars 2013(4). Problemet i april 2012 (1) går att koppla ihop med trasig kamera(20120423), problemet i mars 2013 (4) går att koppla ihop med glappkontakt i laser(20130308), enligt Tabell 2. Problemen med många missade tåg under december 2012 (2) och januari-februari 2013 (3) har däremot inte kunnat kopplas till några fel i systemet. Dock var det mycket nederbörd under december 2012 och därigenom mycket snörök vilket troligen har bidragit till det låga PR-talet. Någon allmän förklaring till det försämrade utfallet i januari-februari 2013 har inte hittats men snörök skulle kunna vara orsaken även här.



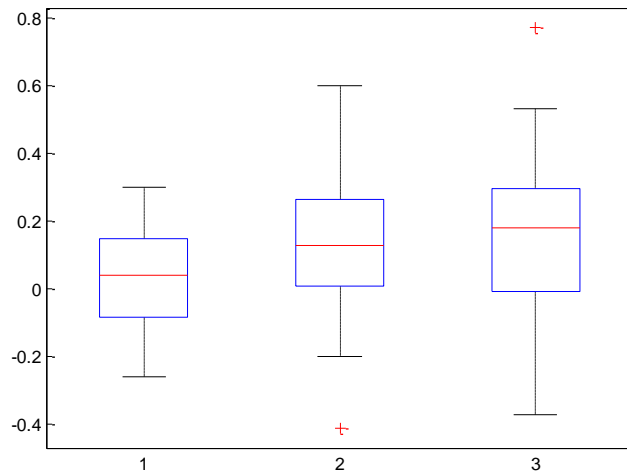
Figur 4: Här visas antalet mätta tåg under ett år som har en "Process Rate PR" under 70%. Diagrammets tidskala är uppdelad på två rader (a,b) för bättre läsbarhet. Redovisad tidsperiod är 19 mars 2012 fram till 18 mars 2013.

2.6 Mätprecision

Mätprecision på systemet har utvärderats med mätningar på fyra malmvagnar som har jämförts med MiniProf och hjulprofilmätaren. Totalt har 31 stycken hjul ingått i mätserien. Resultatet har visat att:

- flänshöjd, flänstjocklek och flänslutningen har olika precision,
- flänshöjden har det minsta medelvärdet medan fasvinkeln har det största på skillnaden mellan MiniProf och systemet.

Figur 5 visar boxplot för mätfelen av flänshöjd (1), flänstjocklek (2) och flänslutning (3). Okulärt visar bilden att; samtliga medelvärden för avvikelserna är positiv, spridningen är minst för flänshöjden och störst för flänslutningen, det finns en "utelligare" för flänstjockleken och en för flänslutningen.



Figur 5: Boxplot av mätfelen för flänshöjd (1), flänstjocklek (2) och flänslutning (3).

En summering av den statistiken för jämförelsen mellan MiniProf och hjulprofilmätaren finns i Tabell 3. Den största standardavvikelsen finns för flänslutningen, vilken också har den största avvikelsen på medelvärdet. Parametrarna tillhör två olika grupper, dvs. grupp A och B där flänshöjden tillhör grupp A och flänslutningen tillhör grupp B. Alla mätavvikelser är normalfördelade.

Tabell 3: Summering av statistiken för jämförelsen av mätningarna.

Statistik	Mätinformation		
	Flänshöjd	Flänstjocklek	Flänslutning
Medel (mm)	0.02	0.13	0.17
Standardavvikelse (mm)	0.15	0.20	0.24
Rundhetsfel inkluderat (mm) ¹ [Palo 2014]	0.151 [0.09]	0.275 [0.23]	0.315 [0.43]
Tillhör grupp	A	A and B	B
A-D goodness-of-fit test	Normal distribution	Normal distribution	Normal distribution

¹ Inkluderat orundheten på resp. parameter enligt litteraturen (Fröhling & Hettasch 2010)

2.7 Utfall mot krav

Kravställningen är av kvalitativ natur och det medför att det inte finns några exakta värden som säger att utfallet möter kraven. Kraven presenteras och kommenteras i Tabell 4, här visas också enkelt kravuppfyllelsen kvantifierat med skalan 1-5.

Tabell 4: Kravuppfyllelse för hjulprofilmätaren.

Nr	Krav	Kommentar	Krav-uppfyllelse*
1	Att det ska vara ett kommersiellt system	Detta är ett system som går att köpa	5
2	Att det ska finnas system av denna modell i liknande klimat	Finns ett antal i detta klimat	5
3	Att systemet ska mäta hjulprofilerna i linjehastighet	Klarar hastigheter upp till 130km/h. Har problem med låga hastigheter (under 40km/h). Leverantören har en lösning på detta som kan implementeras.	4
4	Att systemet ska behöva minimalt med underhåll och kalibrering,	Systemet kräver lite kalibrering och lite underhåll	4
5	Att data som genereras är tillförlitligt	Det vad vi har sett så genererar systemet tillförlitlig data vad gäller själva mätningen men frågetecken finns för missade mätningar.	3
6	Att tillgängligheten på utrustningen är hög	Tillgängligheten har inte mätts i projektet men uppskattas till 90 % under provperioden.	4

* *Kravet uppfyllt till 1-5, 1 fyller inte kraven, 5 fyller kraven helt*

3 Projektvärde (uppnått jämfört med förväntat)

Projektet har visat på att det går alldeles utmärkt att genomföra ett gemensamt projekt mellan en operatör och en banförvaltare och samtidigt ha akademien via LTU med. Projektet anser också att resultatet har blivit bättre än om det bara varit en huvudman i projektet. Detta baseras på att alla parter har känts sig mer delaktig och velat bidra med sin kompetens och sina idéer för att uppnå och kanske i vissa fall överträffa målen. En annan fördel i ett sådant utvecklingsprojekt är att man delar på riskerna vilket gör att parterna är mera benägna och sporrar varandra att nå målsättningen med projektet.

Mätstationen har också visat på en hög tillgänglighet, efter den första intrimningsfasen, samt lågt behov av underhåll och service med tanke på den komplexa tekniken. När det väl har varit

behov av åtgärder så har den lokala servicepartern varit snabb och kunnig vilket har bidragit till den höga tillgängligheten och låga driftskostnader.

Utrustningen har mött kraven på datakvalitet på mätdata under våra klimatförhållanden. Att vi skulle missa avläsningar pga. kyla och is samt drivsnö hade vi räknat med men utfallet blev bättre och klart godkänt.

Vad gäller användning av hjulprofilsdata inom LKABs verksamhet har det tagit längre tid än vad som var uppskattat. Det tog en del tid innan LKAB Malmtrafik började nyttja informationen från hjulprofilmätaren.

Den information som har nyttjats av verksamheten under projektet har främst handlat om att från larmrapporter (underhållsgränser) ta in fordon för åtgärd. Något större arbete med att integrera stationen i det dagliga underhållet har man dock inte gjort. Delvis kan det ha berott på att man har väntat på att få det nya underhållssystemet Maximo i drift och sen integrera tillståndsdata direkt via systemet till arbetsorder.

4 Projektresultat

När hjulprofilmätaren detekterar slitna hjul ger den två typer av alarm via e-post, varning och larm. Varningar baseras på underhållsgränser och larm på trafiksäkerhetsgränser. Två gruppbrevlådor har skapats hos LKAB, ett för varningar och ett för larm. Personal i Kiruna och Malmberget har följt upp dessa larm och tagit ut vagnar för hjulbyte. Underhållsingenjörer på LKAB har också haft tillgång till gruppbrevlådorna och bl.a. följt upp larmvärden mot uppmätta värden. LKAB har endast arbetat med att följa upp larm på trafiksäkerhetsgränserna, ingen uppföljning har gjorts på varningar.

Hjulprofilmätaren har kontrollerat och rapporterat fyra olika parametrar. Dessa är flänshöjd (Flange Height), flänstjocklek (Flange Thickness), hjulringens tjocklek (Rim Thickness) och dubbelfläns (Tread Hollow), se tabell 5.

Tabell 5. Varningsnivåer och larmnivåer för lok och vagnar.

Parameters	Warning Levels				Alarm Levels			
	Lower level (Minimum)		Higher level (Maximum)		Lower Level (Minimum)		Higher Level (Maximum)	
	Fanoo	lore	Fanoo	lore	Fanoo	lore	Fanoo	lore
Flange Height	N/A	N/A	34	32	N/A	N/A	36	36
Flange	22.5	25	N/A	33	22	22	N/A	N/A

Thickness								
Tread Hollow	N/A	N/A	1.5	1,5	N/A	N/A	3	3
Rim Thickness	23.5	65	N/A	N/A	21	61	N/A	N/A

Hjulringstjockleken var ett problem i början och gav många falska larm. Det orsakades av att tjockleken mäts normalt på utsidan av hjulet men hjulprofilmätaren mäter tjockleken på insidan av hjulet vid flänsen. Detta åtgärdades och mäts tillförlitligt sedan dess.

I leveransen från Beena vision ingick ett analysverktyg kallad "Wheel Query". Den ger användaren tillgång till all mätdata från Wheel View systemet. Programvaran har bl.a. följande egenskaper:

- Sökfunktioner för data för hjul eller vagn och kan göras baserat på de parametrar som rapporterats för varje hjul.
- Export av text-filer, PDF-filer och Excel-filer (andra format kan läggas till)
- Grafisk återgivning av uppmätta hjulprofiler och tillhörande data
- Profilöverlagring av samma hjul mätta under en viss period för slitageanalys
- Trender för profiluppgifter under en viss tid eller körsträcka
- Jämförelse av hjuldata mot standardprofiler

Tyvärr har verktyget inte kunnat användas av LKAB eftersom det måste vara installerat på samma databas som lagrar resultaten från hjulprofilmätaren. Under projektiden har data lagrats både hos Beena Vision och hos LTU. Det har medfört att statistik och uppföljningar inte har kunnat göras av LKAB. Det är också en bidragande orsak till att enbart larmen på trafiksäkerhetsgränserna har kunnat följas upp. Uppföljning av slitage och andra parametrar blir mycket tidsödande utan tillgång till Wheel Query, eller något liknande program.

LTU har använt Wheel Query men ansett den för begränsad för deras verksamhet och har i stället tagit fram en egen applikation för att analysera och presentera data. Leverantören har under slutet av 2013 tagit fram en webb baserad version som har offererats till LKAB. Denna applikation är kopplad mot data som lagras hos Beena Vision i USA.

För LKAB:s del har nyttan med hjulprofilmätaren varit begränsad i och med att Wheel Query inte har funnits tillgänglig för att följa trender och få ut statistik. Det har inte heller varit praktiskt möjligt att jämföra resultat från hjulprofilmätaren med resultat från den spårkraftsmätning som görs i Sävast, cirka 10 km från hjulprofilmätaren. Men rapporteringen av slitna hjul har fungerat bra och gett en god bild av nuläget. Hjul som legat utanför de satta underhållsgränserna har snabbt kunnat tas in för åtgärd. För att motivera en fortsatt drift bör Wheel Query eller annan motsvarande databashanterare användas för att koppla resultat direkt till LKAB Malmtrafik underhållssystem Maximo.

5 Erfarenheter och lärdomar av projektet

5.1 Projektets styrande funktion

Projektet har bedrivits som ett gemensamt projekt mellan LKAB och TRV med LTU som stödresurs. Varje part har haft sin projektledare som har ansvarat och styrt sina delar. Exempelvis LKAB som upphandlade utrustningen, installationen, utbildning etc. TRV ansvarade för att göra iordning platsen med teknikkur, elförsörjning, datakommunikation etc. LTU att sätta upp en IT-miljö dit all data lagras etc.

Styrning och koordination har sedan utförts via regelbundna projekt- och uppföljningsmöten. Förankring och informationsspridning har sedan gjorts via respektive projektledare i sin egen organisation. Ingen formell styrgrupp eller referensgrupp har funnits. Däremot har projektet demonstrerat anläggningen och systemet till både interna och externa intressenter vid ett flertal tillfällen.

5.2 Ekonomi

I tabellerna 6 och 7 redovisas de kostnader som LKAB och TRV har haft för detta gemensamma projekt. I det genomförande avtal som skrevs mellan parterna var avsikten att fördela kostnaden relativt lika men ändå avgränsa ansvaret för de olika delarna. Utfallet visar att totalkostnaden blev 6.9 Mkr och fördelningen mellan LKAB och TRV 60/40.

Tabell 6: Det ekonomiska utfallet för LKAB under åren 2011-2013

Kostadsslag	Utfall (SKR)	Kommentarer
Mätutrustningen	3 724 270 ,00 kr	Beena vision + tull
Support + kringutrustning	400 611,00 kr	Damill + Transcore
eMaintenance LAB	100 000,00 kr	LTU
Projektadministration	283 120,00 kr	Egen tid + omkostnader
Totalt	4 508 001,00 kr	Budget 5,5 Mkr

Tabell 7: Det ekonomiska utfallet för Trafikverket under åren 2011-2013

År	Utfall (SKR)	Kommentarer
2011	2 318 943,00 kr	Till största delen investeringskostnader
2012	148 554,00 kr	Hälften investering hälften drift och underhåll
2013	47 697,00 kr	Drift och underhåll
Totalt	2 515 194,00 kr	

5.3 Utmaningar och öppna frågor

I det genomförandeavtal som LKAB och TRV har tecknat inför projektet finns det en klausul som säger att beslut ska tas om anläggningen ska fortsätta i drift eller avvecklas när projektet är slut. Detta beslut behöver tas inom en snar framtid. Dessutom bör parterna också komma överens om ägande- och nyttjandefrågan. I dagsläget äger LKAB själva utrustningen och TRV själva infrastrukturen. Tillståndsdata är också förbehållet LKAB, TRV och LTU i dagsläget.

5.4 Nyttja av projektet

Den operativa underhållspersonalen på LKAB Malmtrafik har varit mycket nöjda med de resultat som har kunnat användas för att effektivisera underhållet av hjulen. De vagnar vars hjul har slitits snabbare än planerat har genererat larm när underhållsgränserna för hjulen har nåtts och vagnarna har då tagits in för översyn. Vilket inneburit att slitaget inte har hunnit passera säkerhetsgränserna och dyra hjulaxelbyten ute i fält har kunnat undvikas.

Projektet har bidraget med följande nyttor:

- Man har fått unik och viktig kunskap om driftsäkerheten, tillgängligheten och mätnoggrannhet på hjulprofilmätaren. Man har gjort förbättring, identifierat brister och tagit fram förslag på förbättringar på hjulprofilmätaren.
- Vidare har projektet prövat att driva projekt där infrastrukturförvaltaren tillsammans med en operatör delar på finansieringen, riskerna och får samtidigt ut full nytta av systemet.
- Man har insett komplexiteten med att hantera den stora datamängden.
- Man har utrett vilka parametrar i hjulprofilen som håller de minsta resp. största toleranserna.
- Projektet har byggt upp ett bra samarbete med leverantören av utrustningen.
- Man har sett potentialen med att utveckla underhållet på både fordon och infrastruktur med hjälp av data från på hjulprofilmätaren.

Förutom ovannämnt har kompetensen om mätningar allmänhet i järnvägsmiljö blivit bättre och i synnerhet mätningar av hjul i drift, detta är för alla parter i projektet, Trafikverket, LKAB, LTU och underhållsentreprenörer. Projektet har fört fram forskningsfronten genom att många forskningspublikationer har presenterats i konferenser och tidskrifter, se sektion 6.2.

6 Forskning genererad av projektet

6.1 Kopplingen till forskning

Projektet har jobbat i nära samarbete med LTU, detta har gett en bra och stabil värdering av utrustningen, man har visat på driftsäkerheten, tillgängligheten och mätnoggrannhet på hjulprofilmätaren. Vidare har man identifierat brister och tagit fram förslag på förbättringar på systemet. För att göra detta har verktyg och kompetens från forskningen används.

6.2 Publikationer från projektet

Här följer en lista av publikationer som helt eller delvis berör hjulprofilmätaren.

- Asplund, M., Gustafsson P., Nordmark T., Rantatalo, M., Palo M., Famurewa, M. S., Wandt, K. (2013) "A case study of condition monitoring system: reliability and measurement accuracy of automatic laser scanning for wheel profiles in extreme climate" " Journal of Rail and Rapid Transports Special-Issue. Submitted
- Asplund, M., Palo, M., Famurewa, S., Rantatalo M. (2013) "A study of railway wheel profile parameters used as indicators of an increased risk of wheel defects" Journal of Rail and Rapid Transports. Submitted
- Asplund, M., Gustafsson P., Nordmark T., Rantatalo, M., Palo M., Famurewa, M. S. Wandt K. (2013). "Automatic laser scanning of wheel profiles: condition monitoring to achieve greater capacity for existing infrastructure in an extreme climate" International Heavy Haul Association Conference, New Delhi.
- Palo M., Galar G. Nordmark T., Larsson D. Asplund M., (2013) "Wheel/Rail Condition Monitoring to Support Rolling Stock Maintenance Action". International Heavy Haul Association Conference.
- Palo M., Galar G. Nordmark T., Larsson D. Asplund M., (2013) "Condition Monitoring at Wheel/Rail Interface for Decision-making Support" JRRT Special-Issue Submitted to Journal.
- Asplund, M., (2014) "Wayside Condition Monitoring Technologies for Railway Systems", Licentiate.
- Palo M., (2014) "Condition-Based Maintenance for Effective and Efficient Rolling Stock Capacity Assurance –a study on heavy haul transport in Sweden", Licentiate.

7 Förbättringsförslag

Analysverktyg för uppföljning och underhållsplanering saknas idag vilket gör att man får inrikta sig på endast larm som överskrider underhålls och/eller trafiksäkerhetsgränser. Verktuget skulle exempelvis kunna utformas som en webbapplikation med rapportfunktion och export till excel. För att utveckla, optimera och prognostisera hjulunderhåll är det en nödvändighet att data tas om hand och bearbetas på lämpligt sätt, speciellt när det rör sig om stora datamängder som i detta fall.

Skydd mot påkörning eller annan åverkan på utrustningen kan förbättras genom bättre information till berörda entreprenörer. Systemet behöver också sänkas så att den kommer 50 mm under rök för att förhindra att två vägs fordon skadar utrustningen.

För att öka nyttan med hjulprofilmätaren och få en bättre förståelse för hur hjulprofiler påverkar spåret bör även resultaten från spårkraftsmätaren i Sävast kopplas mot hjulprofilmätarens resultat.

Montera in vibrationsmätning till hjulprofilmätaren för att kunna följa vibrationer och då indikationer på när behöver man stoppa/spårrikta under systemet.

Implementera en adaptiv algoritm för att kunna mäta fordon i låga hastigheter.

8 Slutsats

De slutsatser som kan dras från detta projekt är följande:

- Utvecklingsprojekt kan med fördel genomföras gemensamt mellan industri, infrastrukturförvaltare och akademi.
- För att säkerställa ett bra resultat är det viktigt att genomföra alla steg i ett projekt från koncept till överlämnande. Som stöd för detta har V-modellen används som representerar livscykeln för systemet enligt EN-50126.
- Val av tekniklösning och leverantör har gjorts utifrån tekniknivå, referensanläggningar samt drift- och supportmöjlighet och inte enbart utifrån pris. Ett utvecklingsprojekt likt detta handlar inte primärt om att få en utrustning i drift utan överföring av "know how" kring vilka möjligheter och begränsningar det finns med denna teknik.
- Resursbehovet för test och utvärdering underskattades och gjorde att projektet försenades ett år jämfört med ursprunglig tidplan.
- Informationen som genereras från denna utrustning är mycket användbar för alla parter som arbetar med utveckling av underhåll inom järnvägen.
- Utmaningen för att tillgodogöra sig nyttan från mätstationen ligger i att kunna förädla och integrera de genererade tillståndsdata till respektive underhållsorganisation.

9 Framtid

En installation av en hjulprofilmätstation på norra omloppet skulle ge ett mera heltäckande system med snabbare och säkrare utgallring av fordon med dåliga profiler. Flest tåg trafikerar norra omloppet och i många fall går fordon i samma omlopp under längre tid. Statistik visar att LKAB:s fordon trafikerar det norra omloppet under ca 70 % av tiden i drift.

En hjulprofilmätare på det norra omloppet skulle även medföra möjlighet att se skillnader på slitaget mellan de olika omloppen. I dag behandlas bägge omloppen likadant, med avseende på räls- och hjulprofiler, men på grund av geometriska och trafikmässiga skillnader mellan omloppen kanske olika profiler ska användas. Detta gäller främst rälsprofiler.

Vidareutveckling av underhållsplan och reservdelsförsörjning för mätutrustningen kan förbättras med exempelvis tätare kontroller av utrustning, anpassning av nödvändiga underhållsåtgärder och fler kritiska reservdelar i lager byggd på erfarenheterna från provdriften.

Placering av databas/tillgång till data är något som behöver ses över. Hur och var skall datat vara placerat? Skall man kunna hämta eller skall det skickas och från vem? Vem gör vad är frågor som inte projektet har kunnat ta fram en rekommendation för utan väljer att lyfta frågorna till underhållsorganisationerna inom TRV och LKAB.

En koppling mot underhållssystem (Maximo) och/eller ATI systemet är något som kan bli aktuellt framöver med exempelvis automatgenererade arbetsordrar och import av aktuella nyckelvärden mm.

Systemet saknar idag egen ingång för RFID-läsare av GS1-typ. Endera kan det lösas med egen extra antenn och mjukvara i systemet eller att läsinfo från andra läsplatser kan importeras. Så gör vi idag dvs. Sunderbyn får RFID-data från Sävast mätstation som har båda läsartyperna aktiva. Datat byggs nu ihop vid LTU:s databas dvs. inte i hjulprofilmätaren.

Axeldetektorerna som används idag är relativt känsliga för mekanisk påverkan. Ett byte på sikt till TRV:s standard (Siemens) axelräknare vore att föredra på lång sikt.

Framtida system bör ha den ihåliga stålslipern/kamerahuset (om möjligt) lägre placerad för att undvika påkörningsrisk. Slipern bör även ha ytan korrugerad (eller grovkorning) för att minska sättning över tid.

10 Referenser

CEN, 1999, EN 50126, Railway specifications; the specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS). Brussels: European Committee of standardization.

IHHA, 2009. Chapter 8. In: Guidelines of best practice for heavy haul railway operations: infrastructure construction and maintenance issues. Virginia Beach: IHHA PP39-40.

Fröhling, R., & Hettasch, G., 2010. Wheel-rail interface management: a rolling stock perspective. JRRT 224(5), pp491-497.