

Skapat av (Efternamn Förnamn, org.) Asplund Matthias, UHtsv	Dokumentdatum 2018-12-21	Version 1.0
Fastställt av (Efternamn Förnamn, org.) Pettersson Melker, UHtsv	Ärendenummer TRV 2016/35560	
Dokumenttitel Slutrapport: Utvärdering av ReRail efter 16 månaders provdrift		

Slutrapport: Utvärdering av ReRail efter 16 månaders provdrift



Skapat av (Efternamn, Förnamn, org)	Dokumentdatum	Version
Asplund Matthias, UHtsv	2018-12-21	1.0

Distributionslista

Melker Pettersson, UHtsv

Bilagor

Bilaga 1-Aktivitetslista

Sammanfattning

Denna rapport summerar provdriften av ReRail mellan 2016-06-08—2017-09-27.

Rälen är en kritisk komponent i banöverbyggnaden. Den har verkan på hela järnvägssystemets prestanda genom tillförlitlighet och tillgänglighet på järnvägen. Punktlighet och merförseningstider påverkas också av rälen, likväl säkerheten på spåret.

ReRail är ett nytt koncept för räl som bygger på en utbytbar slityta (kappa) på rälstommen. Fördelarna med ReRail är att det möjliggör ett flexiblere materialval. Rätt materialval minskar underhåll under rälens livstid och när den tekniska/ekonomiska livslängden uppnåtts byter man endast den del som är utsliten på rälen. Dessutom bidrar till ReRail med mindre utsläpp av CO₂ jämfört med vanlig räl.

Vid introduktion av nya koncept uppstår oftast nya problem och utmaningar vilka är svåra att upptäcka i testmiljö utan kan behöva testas i normal drift. Följaktligen valde Trafikverket att testa ReRail på bangården i Luleå, där syftet var att prova konceptet i stort men samtidigt se vilka utmaningar och problem som uppstod.

Resultaten från provdriften visar att konceptet med en kappa fungerar men att en del utmaningar kvarstår innan ReRail går att använda fullt ut i normal drift. En förteckning av kvarvarande utmaningar är beskrivna i Bilaga 1, aktivitetslista och under sektion 11.1. Rekommendationen är att systematiskt åtgärda kvarstående utmaningar samt att planera för en ny provdrift.

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org) Asplund Matthias, UHtsv	Dokumentdatum 2018-12-21	Version 1.0
--	-----------------------------	----------------

Innehållsförteckning

1.	Inledning	5
2.	Bakgrund och problembeskrivning	6
2.1	Intressenter	6
3.	Konceptbeskrivning.....	7
4.	Syftet och projekt mål.....	7
5.	Genomförande.....	7
5.1	Godkännandeprocess	7
5.2	Provplats infrastruktur	8
5.3	Tillverkning av ReRail med passräk	8
5.4	Installation av ReRail.....	9
5.5	Kontrollplan för ReRail.....	10
6.	Resultat.....	11
6.1	Drifttid och driftförhållande	11
6.2	Spårunderhåll.....	11
6.3	Resultat kontrollplan	11
6.3.1	Okulär besiktning och fotografering.....	11
6.3.2	Slitage – Rälsprofil.....	12
6.3.3	Ledningsförmåga, konduktivitet.....	12
6.3.4	Oförstörande provning	12
6.4	Materialanalys.....	13
6.4.1	LTU	13
6.4.2	SSAB	14
6.5	Korrosion.....	15
6.6	Sinusgång.....	15

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org) Asplund Matthias, UHtsv	Dokumentdatum 2018-12-21	Version 1.0
--	-----------------------------	----------------

7. Resultat mot projektmål enligt projektspecifikation	15
8. Diskussion	16
9. Utmaningar	16
10. Slutsats	16
11. Förslag på fortsatt arbete	17
11.1 Viktiga faktorer inför provdrift 2 med ReRail	17
11.2 Aktivitetsplan	18
12. Tillkännagivande	18
13. Referenser.....	18
14. Bilaga 1 – Aktivitetslista	21

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org)	Dokumentdatum	Version
Asplund Matthias, UHtsv	2018-12-21	1.0

1. Inledning

Rälen är en kritisk komponent för järnvägen och bildar till ett viktigt system tillsammans med hjulet, dvs. hjul/räl-systemet. Prestandan på hjul/räl-systemet är avgörande för hela järnvägens funktion och kostnad. Rälen en viktig komponent för att få en driftsäker och hållbar anläggning på kort och långt perspektiv. Med hållbar inkluderas den samhällsekonomiska vinsten/kostnaden och livscykelkostnader för järnvägssystemet. Vidare är dagens koncept och utformning av rälen nästan oförändrad sedan järnvägens introduktion på 1800-talet.

Rälen är en slitagekomponent som bryts ned av tid och trafik. Rälen degraderas på olika sätt bl.a. genom att den får en ofördelaktig form genom slitage och att den får ytsprickor vid belastningen. Om dessa båda nedbrytningsfenomen skulle kunna bromsas skulle prestandan på hela hjul/räl-systemet bli bättre, därmed gynna hela järnvägssystemet. Rälen måste kontinuerlig underhållas och sedan bytas ut efter en viss tid i trafikering. Underhåll som reprofilering av räl är tidskrävande och dyrt, samt kräver tid i spår, dvs. förbrukar möjlig kapacitet. När rälen livslängd uppnåtts byts hela rälen ut.

Med bäring på problembilden ovan finns ett behov av en räl med längre livslängd med mindre underhållsinsatser under sin livscykel. ReRail har en potential att uppfylla dessa båda kriterierna genom att endast byta den slitna delen av rälen (kappan), vilket bidrar till lägre materialkostnader, mindre utsläpp av växthusgaser samt mindre omfattande underhåll. Dessutom går det att öka prestandan via ReRail genom att välja stålsort mer flexibelt, vilket bidrar till att man kan anpassa stålsort till applikation och får därav ökad livslängd. En räl med mindre underhållsbehov och endast ett utbyte av den slitna delen skall bidra med många positiva aspekter som en lägre kostnader med också mindre utsläpp av växthusgaser, och även mer tillgänglig tid på spår.

Trafikverket väljer att titta närmare på ReRail genom en provdrift under 2016-2017 på totalt ca 16 månader.

Genom att introducera ett nytt koncept introduceras också nya problem och utmaningar vilka måste identifieras, studeras och om möjligt elimineras. Denna studie innefattar en provdrift av ReRail för att identifiera eventuella nya utmaningar och förslag på hur dessa kan tas hand om. Hur problemen elimineras exkluderas detta åtagande.

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org)	Dokumentdatum	Version
Asplund Matthias, UHtsv	2018-12-21	1.0

2. Bakgrund och problembeskrivning

Järnvägsinfrastrukturens viktigaste komponent är rälen som utgör kontakt- och farbana för tågen. Rälen är en av de komponenter som utsätts för stor belastning, vilket medför problem i form av slitage, sprickbildning, rälsbrott, utvalsning, plasticering, räfflor och vågor. Förekomsten av problemen ovan är vanligt förekommande i kurvor och ”backar” och medför ökade underhållsåtgärder i form av slipning, påläggsvetsning och rälsbyte, vilket ökar livscykelkostnaden, förkortar livslängden och ökar risken för bl.a. urspårning.

Konceptet ReRail presenterades 2003 som en projektidé för Järnvägstekniskt Centrum (JVTC) vid Luleå tekniska universitet, som bedömde att idén var intressant att testa. ReRail är ett nytt rälskoncept för att förlänga livslängden på räl och samtidigt göra miljöbesparingar genom att minska åtgången av stål. Slitbanan på befintlig räl byts ut mot en ”kappa” av borstål som är mer slittåligt än befintliga rälstål (Kassfeldt, et al, 2007, Åberg & Sundgren, 2005).

Livscykelkostnaden (LCC) för ReRail är dessutom 35% lägre än för en befintlig räl sett på en teknik livslängd på 50 år (Sundgren et al, 2017). I olika studier har risker inom ReRail-konceptet systematiskt studerats och identifierats utifrån dess funktion och gränssnitt vilket har validerats:

- av expertgrupp,
- genom simuleringar och beräkningar,
- i laboratorier,
- i fullskalig testrigg och i normaldrift.

Utifrån tester och studierna ovan bedöms att ReRail har bättre egenskaper jämfört med befintlig räl, vilket medfört Trafikverkets intresse att testa detta i operativ miljö. Sedan 2016 testas ReRail i provdrift på driftplats Luleå och spår 21. Provdriften är godkänd av Transportstyrelsen till och med sista december 2019.

2.1 Intressenter

Specifika projektintressenterna är:

- Trafikverket, kund och slutanvändare
- ReRail AB, innovatör

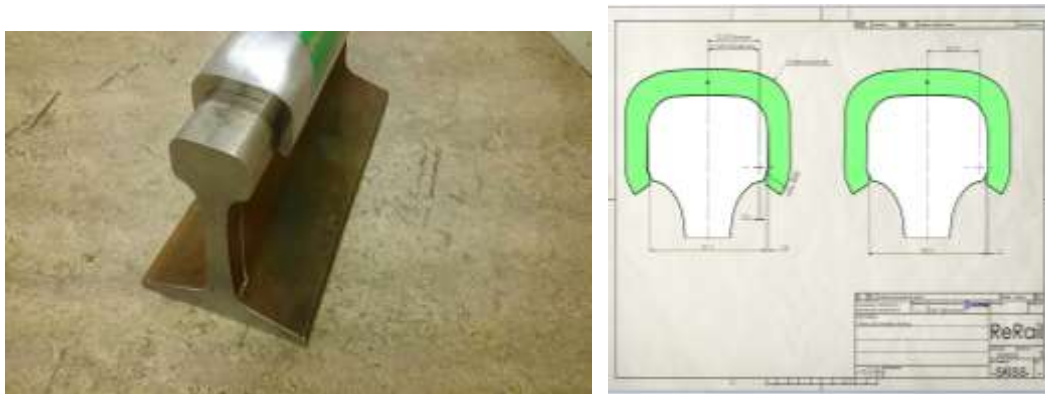
Generella projektintressenter är:

- Rältillverkare
- Materialleverantörer, SSAB eller annan
- Underhålls-entreprenörer
- Järnvägsföretag som SJ AB, Gren Cargo etc.

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org)	Dokumentdatum	Version
Asplund Matthias, UHtsv	2018-12-21	1.0

3. Konceptbeskrivning

ReRails konceptet bygger på att forma och härda kappan i samma process. Metoden utvecklades vid företaget Accra Teknik AB i Öjebyn. En av grundarna till detta företag är initiativtagare till ReRail AB. Konceptet ReRail innebär att ca 10 mm av rälens rälhuvud avlägsnas (exempelvis genom fräsning eller hyvling) och ersätts med en ”kappa” av t.ex. borstål, se Figur 1 för konceptet. ReRail kan appliceras på alla godkända modeller av befintlig räl.



Figur 1: Nedfräst räl som är kompletterad med ny slitbana, en kappa, enligt ReRail konceptet.

4. Syftet och projekt mål

Syftet är att testa och utvärdera egenskaperna av ReRail i normal drift för att kunna verifiera om ReRail kan användas som alternativ till godkänd befintlig räl, där det övergripande målet är att minska rälens livscykelkostnader (LCC). Syftet kan delas upp i följande två projekt mål:

1. Leverera resultat från test av ReRail i skarp operativ miljö.
2. Verifiera om ReRail kan användas som ett alternativ till godkänd befintlig räl.

5. Genomförande

Nedan beskrivs kort genomförandet av provdriften för ReRail.

5.1 Godkännandeprocess

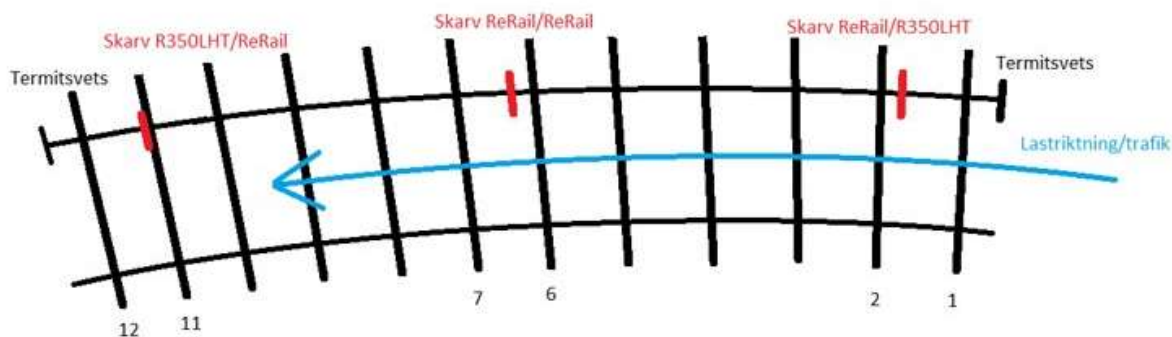
För att godkännas som en rälprodukt måste ett antal steg genomföras för att bevisa att produkten inte medför några större risker jämfört med en befintlig räl. Detta har genomförts genom beräkningar, simuleringar, tester i laboratorier och fullskaliga tester. Därefter har en systembeskrivning, riskbedömning och riskanalys genomförts och upprättas enligt EG/402/213 CSM-RA (Juntti & Sundgren, 2016). Slutligen har en ansökan för provdrift lämnats in till Transportstyrelsen, som beviljats till och med sista december 2019.

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org)	Dokumentdatum	Version
Asplund Matthias, UHTsv	2018-12-21	1.0

5.2 Provpplats infrastruktur

Val av plats för provdrift har skett med utgångspunkt att spåravsnittet bör vara hårt belastad av tung trafik, ha redundans (omledningsförmåga), medföra minimum risk för personer, miljö och omgivning vid ett ev. rälsbrott och i värsta fall med urspårning som följd.

Med anledning av ovan blev valet av provdriftplats BDL122, spår 21 på driftplats Luleå. Den aktuella platsen för inläggning av ReRail ligger mellan km 1182+536 till km 1182+544 i höger räl, sett i längdriktningen (mot Luleå malmhamn). Spåret trafikeras av malmtrafik med axellast 32,5 ton (tre lastade tåg per dag). ReRail har placerats i en kurva med en radie på 600 m och med rälsförhöjning på 30 mm. Hastigheten över provplatsen är max 40 km/h. Figur 2 visar layouten för ReRail med skarvar och riktningen för lastade tåg. Malmtågen är konfigurerade med två dragande lok och 68 vagnar.



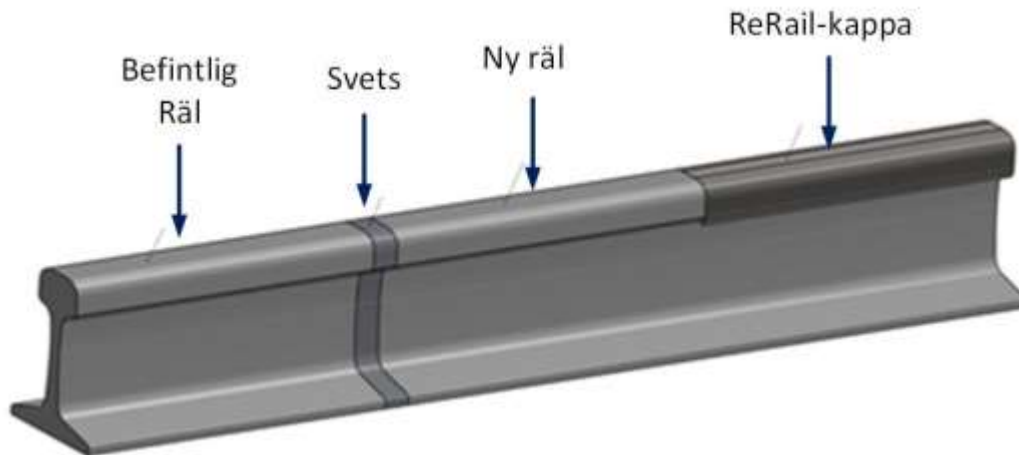
Figur 2. Placering av ReRail på BDL122 spår 21, mellan KM1182+536 till 544.

Rälerna kommer att belastas på olika sätt eftersom de ligger i kurva, ReRail ligger i yttekurva och kommer att utsättas för farkantsslitage och farkantssprickor medan innerrälerna kommer att belastas mer mitt på rälhuvudet genom ytutmattnings RCF (Rolling Contact Fatigue).

5.3 Tillverkning av ReRail med passräl

Inför provdrift (2016-06-08–2017-09-27) tillverkades en åtta meters lång räl som svetsades fast i aktuellt spåravsnitt. Den tillverkade rälerna var dessutom urfräst (ca sex meter långt och 10 mm djupt) där två stycken tre meters långa ReRail-kappor klämdes fast. Återstående del av den tillverkade rälerna (ca 90 cm i vardera änden) förblev orört, vilket svetsades fast mot anslutande räl med hjälp av termitsvetsning (ca 10 mm lång svetsskarv). Figur 3 illustrerar ReRailen som placerades ut. Arbete gjordes av Berglunds Rostfria i Boden.

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org)	Dokumentdatum	Version
Asplund Matthias, UHTsv	2018-12-21	1.0



Figur 3. Skarvning av befintlig räl och tillverkande räl inkl. ReRail gjordes med hjälp av termitsvetsning. Från vänster kommer anslutande räl, därefter en svetsskarv (10 mm), följt av tillverkad räl (åtta meter) på vilken två ReRail-kappor klämts fast (3 meter vardera, ca 90 cm från svetsskarv), slutligen (ej med på bild) kommer ytterligare en svetsskarv mot fortsättningen av befintlig räl.

Inför provdriften tillverkades ReRail enligt följande*:

1. Ämnet vattenskars från härdad plåt, längd ca 2 meter.
2. Slitbanans ut och insida grovbearbetades för att slippa inbyggda spänningar i materialet.
3. Slitbanans insida frästes till färdig geometri.
4. Slitbanan monterades på stommen, därefter frästes utsidan till färdig geometri.
5. Bearbetning av ändarna samt frigång för skarvjärn.
6. Slitbanans geometri kontrollerades samt kontroll med ultraljud med avseende på ev. sprickor på/i kappan (Infranord, OFP-rapport).
7. Passrärens konduktivitet (ledningsförmåga) kontrollerades.

* I fullskalig drift är planen att ReRail ska tillverkas genom rullformning och härdning.

Prototypen är tillverkad för att efterlikna en rullformad profil, dvs. ReRail har en form som kan rullformas. Om önskemål finns om en form som påminner exakt om dagens räl så kan detta åstadkommas genom att underkanten på ReRail urfräses till rätt form.

5.4 Installation av ReRail

Passrälen installerades den 8 juni 2016 som ytterrälen, där rälen hade ”nyprofil” (60E1). Rälen på ömse sidor om ReRail hade speciell malmбанeprofil (MB1). MB1 profil är en specifik malmбанeprofil som utvecklats för att minska head checks (fiskfjällsliknande sprickbildning) på ytterrälen (Asplund et Al 2017). MB1 är ca 2 mm lägre på fartanten jämfört mot 60E1 profilen. Innerrälen har profil 60E1.

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org)	Dokumentdatum	Version
Asplund Matthias, UHTsv	2018-12-21	1.0

På installationsdagen transporterades ReRail till platsen. Rälen lyftes och lastades på ett sådant sätt att den inte utsattes för böjspänningar och lossades med en traktor och laststroppar. Ca 30 cm av passräkens ytterända (bit med befintlig räl) kapades så att svetsskarv räl/räl inpassades enligt Trafikverkets krav. Kapning och svetsning utfördes av certifierade svetsare från SBB Signal och banbyggare, vilka är underentreprenörer till Infranord. Vid installationen hade ReRail en rältemperatur på 6,5 °C.

Installationen påbörjades genom att befintlig räl kapades, avbefästes och lyftes åt sidan. Under provtiden kommer den utbytta rälen att ligga kvar som en säkerhetsåtgärd för att kunna återinstalleras om ReRail snabbt måste bytas ut. Därefter lyftes ReRail in i spåret, befästes samt svetsades samman med befintlig räl.

5.5 Kontrollplan för ReRail

Planen för kontroll och validering har haft som syfte att övervaka och ge återkoppling av vad som inträffar under provdriften dels på ReRail dels på referensrälen (60E1, vänster räl på provstället) samt beskriva eventuella konsekvenser.

Kontrollprogrammet innehåller information om vilka besiktningar och kontroller som ska utföras samt vid hur många tillfällen de ska utföras under året. De kontrollmoment som genomförts är:

- Fotografering och okulär besiktning av ytstruktur, slitage, plastisk deformation, spricktillväxt (RCF) – okulärt, varannan vecka det första halvåret, därefter varje månad.
- Mätning och dokumentation av plastisk deformation/slitage med hjälp av MiniProf – en gång per halvår.
- Fotografering och okulär besiktning av spricktillväxt ("rolling contact fatigue") – varannan vecka det första halvåret, därefter varje månad.
- Mätning av spricktillväxt via OFP – en gång per halvår.
- Plasticering vid övergång vid ReRail till befintlig räl (foto) – varannan vecka det första halvåret, därefter varje månad.
- Deformation i svets räl mot räl
- Makadamstruktur och befästning
- Hårdhet, deformationshärdning – efter avslutat test.
- Ledningsförmågan – vid installation och under provdriften, se respektive TDOK nedan.

Från säkerhetsbesiktningen TDOK 2014:0240 (7.2.2)

- Att rälerne inte är rostangripna eller har annan beläggning så att den elektriska ledningsförmågan mellan räl och hjul kan äventyras (gäller där spårledning finns). Frekvens enligt säkerhetsbesiktning.

Från BVH 807.34 TDOK 2014:0469 – Underhållsbesiktningar av signalanläggningar (7.7.1)

- Likriktarens sekundärspänning med eventuellt batteri vid fritt spår.
- Reläspänning vid fritt spår. Även spänningen över ReRail ska mätas.
- Spårspänning vid fallshunt.
- Spårspänning vid dragshunt.

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org)	Dokumentdatum	Version
Asplund Matthias, UHTsv	2018-12-21	1.0

Efter provdriftens slut görs en slutlig utvärdering av projektet med stöd av all insamlad data och delrapporter. Kontroller görs för att se till att alla krav är uppfyllda. En sammanfattande slutlig rapport skrivs och distribueras till målgruppen och övriga berörda inom Trafikverket för att vid behov kunna vidta erforderliga åtgärder. Denna sammanfattande rapport från erfarenhetsdriften ska lämnas till Transportstyrelsen.

6. Resultat

Resultaten är uppdelade i sektioner enligt nedan.

6.1 Drifftid och driftförhållande

Provdriften var ursprungligen planerad som en sammanhängande provperiod, men har delats upp i två etapper där den första pågick mellan 2016-06-08–2017-09-27 och den andra beräknas starta i maj 2019 om förutsättning finns. Antalet bruttoton som passerat teststräckan för första etappen är 15,3 miljoner ton (12,4 miljoner ton lastade och 2,9 miljoner ton tomma). Spår 21 trafikeras av 3–4 lastade malmtåg per dygn och 3–4 olastade. Axellasten för de lastade vagnarna har varierat mellan 30 och 32,5 ton.

Resultat från provdriften visar att konceptet med en ReRail-kappa fungerar men att det fortfarande finns utmaningar kvar att lösa. Utmaningarna är att säkerställa att kappans klämraft är nog på lång sikt och att glidning mellan kappa och stomme inte inträffar, samt att förhindra att fukt tränger in mellan stomme och kappa.

6.2 Spårunderhåll

Utfört underhåll på provdriftsområdet:

- Spårslipning är utfört vid tre tillfällen, två 2016 och en 2017.
- Korrigering spårvidd genom byte av isolatorer hösten 2016.
- Spårriktning, är gjort innan testet under 2015.

6.3 Resultat kontrollplan

6.3.1 Okulär besiktning och fotografering

Okulärbesiktning och fotografering har genomförts med frekvens enligt kontrollplanen. Totalt har 6 punkter på ReRail (ytterräl) utvärderats.

Dessa punkter är (i färdriktning mot malmhamnen):

1. Termitsvetsskarv, befintlig räl mot tillverkad räl inkl. ReRail.
2. Skarv, tillverkad räl mot ReRail kappa 1.
3. ReRail kappa 1, 80 cm från skarv mot tillverkad räl.[†]
4. Skarv, ReRail kappa 1 mot ReRail kappa 2.
5. Skarv ReRail kappa 2 mot tillverkad räl.
6. Termitskarv, tillverkad räl mot befintlig räl.

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org)	Dokumentdatum	Version
Asplund Matthias, UHtsv	2018-12-21	1.0

*Kontrollpunkt 3 lades till som extra punkt, då det på denna punkt utvecklades head-checks (fiskfjällsliknande sprickbildning).

Under kontrollperioden observerades spricktillväxt på kontrollpunkt 3 samt plasticering av rälsmaterial på rälhuvudet på motsvarande plats på referensrälen. I övrigt observerades att ReRail kappa 1 rört sig (kontrollplats 3) under provperiodens kalla period (december till januari), som mest med 1,4 mm (-25 °C i lufttemp). En hypotes, som dock inte är konstaterad, är att detta beror på att klämkraften inte varit tillräcklig eftersom kappan både anlöpts vid slipningen och inte haft tillräcklig hårdhet. Observera att under test hos TTCI i Pueblo Colorado förändrades inte klämkraften under provet, man bör ha i minne att testet i Pueblo utfördes på en testrigg och endast enaxlig rörelse. Observationer utfördes även på innerrälen (vanlig räl) där man såg skador på rälen pga. för stor spårvidd. Resultat från dessa kontroller dokumenterades i månadsrapporter "ReRail ny rälsprodukt", som skickades till Transportstyrelsen samt diarieförts hos Trafikverket (TSJ 2015–2519). Under den operativa provdriften sammanställdes 16 rapporter.

6.3.2 Slitage – Rälsprofil

Rälsprofil är utförd fem gånger enligt kontrollplan, 2016-06-16, 2016-07-20, 2016-11-18, 2017-06-02 och 2017-09-21. Nöttningsbeständigheten på ReRail skiljer sig inte mot R350LHT räl (Asplund 2018).

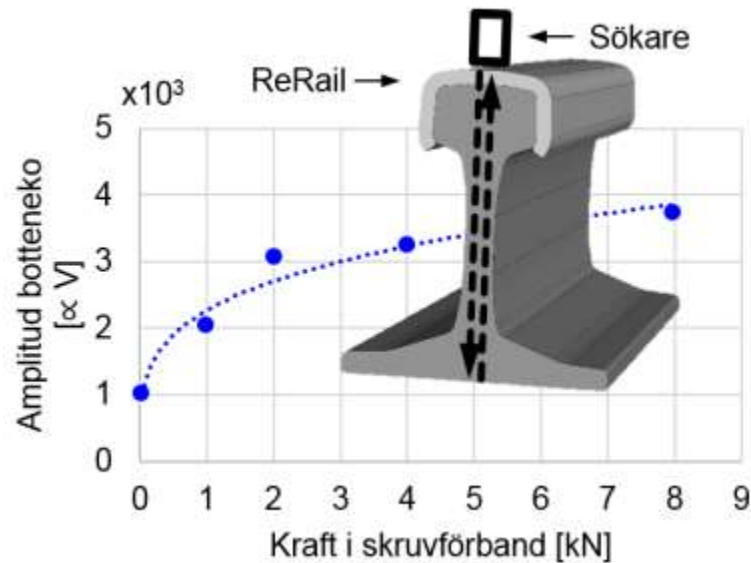
6.3.3 Ledningsförmåga, konduktivitet

Ledningsförmåga för ReRail har kontrollerats fyra gånger. Först kontrollen genomfördes på EMC Lab vid LTU och visade likvärdigt resultat som för vanlig räl (Wisten, 2014). Andra och tredje kontrollmätningen genomfördes vid installation och utbyte av befintlig räl, dvs. före inläggning av ReRail och direkt efter inläggning, även här konstaterades likvärdiga resultat. Den fjärde mätningen genomfördes 2017-11-10 och likvärdiga resultat visades mellan ReRail och befintlig räl. Likvärdigt resultat betyder ingen betydande skillnad av resistansen mellan ReRail som har kappa och vanlig räl utan kappa.

6.3.4 Oförstörande provning

Med befintlig teknik går det inte att inspektera ReRail rälen med ultraljud, därför behövs detta utredas. Vid LTU pågår ett projekt "ReRail the environmentally friendly rail: Ultrasonic testing", där målet med projektet är att studera möjligheten att inspektera ReRail och underliggande räl med hjälp av ultraljud från ovan. Utmaningen är i huvudsak en fråga om att hitta ett hållbart gränssnitt mellan ReRail och räl som möjliggör att en tillräckligt stor del av ultraljudsenergin kan överföras via gränssnittet, se Figur 4. Flera försöksupställningar har undersökts och bedömningarna är att det är möjligt att genomföra oförstörande provning genom ReRail. Projektet pågår ytterligare ett år och avslutas under 2019. Informationen kommer från ett utkast av slutrapporten (Stenström 2018).

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org)	Dokumentdatum	Version
Asplund Matthias, UHTsv	2018-12-21	1.0



Figur 4. Flat-bottom echo amplitud som funktion av ReRails fastspänningskraften, (Stenström 2018).

6.4 Materialanalys

ReRail inkl. räl från etapp 1 demonterades och transporterades till Berglunds Rostfria, där det kapades upp i provbitar för vidare analys.

Först okulärbesiktigades de nedkapade bitarna och följande kunde iaktas:

- På en av provbitarna gick det att skjuta kappan längs efter stommen.
- Rost/korrosion gick ej att observera.

Provbitar skickades sedan till två oberoende parter (SSAB och LTU) där följande tester och analyser gjordes:

- Hårdhet, struktur och materialanalys.
- Sprickbildning i materialet.
- Profilförändringar.

För mer information se referenserna; Asplund 2018, Vuorinen 2018A och 2018B samt Waara 2018A.

6.4.1 LTU

Det avsedda material för provrälen skulle vara Hardox 450 men vid analys visade det sig att fel material levererats för tillverkning av ReRail, nämligen Hardox 400 vilken har lägre hårdhet. Dessutom har materialet anlöpts vid slipning av rälen/ReRail.

Vid avdelningen för materialvetenskap vid LTU genomfördes omfattande tester och analyser av materialet som användes vid provdrift från den operativa provdriften och på en provbit från

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org)	Dokumentdatum	Version
Asplund Matthias, UHtsv	2018-12-21	1.0

ReRail som testats på TTCIs anläggning i Pueblo. Detta för att få en uppfattning av skillnaden i hårdhet mellan Hardox 400 och 450.

Resultat från undersökning av Hardox 400 med (hårdhet Brinell 370–430) visar att hårdheten och mikrostrukturen är den förväntade för stålet (Vuorinen, 2018A). Resultat från undersökningarna av Hardox 450 (från försöket i Pueblo) visar även här att hårdheten och mikrostrukturen är den förväntade för stålet (Vuorinen, 2018B). Vid en jämförelse mellan ReRail från Pueblo och den från provdriften på malmbanan så skiljer sig hårdheten väsentligt med fördel för materialproverna från Pueblo rälen.

6.4.2 SSAB

SSAB har genomfört tester och analyser av provbitar från ReRail. Dessutom testas SSAB härdning och anlöpning av andra material med syfte att hitta ett bättre och mer anpassat material inför kommande provdrift.

Resultat från undersökning av ReRail visar att de underhållsslipningar som utfördes i spår kan ha påverkat hårdheten i det yttersta skiktet på rälhuvudet (0–1,0 mm). Där ytan slipats och ingen ny kallvalsning (vilket sker via trafikering av rälen) var hårdheten på ytan endast 380 HV. Dessutom kan slipning gynnat tillväxten av de små head checks på rälen farkant. Head checks är dock vanliga på rälen farkant i kurvor och på sträckor med tung trafik. I det område där head-checks bildas har även centrumsegringar lokaliserats i material. Sprickorna som startat som head checks har enkelt kunnat växa vidare i centrumsegringar och slutligen har hela profilen spruckit. Centrumsegring är områden mitt i ett stålämne med sämre hållfasthetsegenskaper än på stålåmnets ytor. Vid tillverkning av kappan skars kappan ut så att det kom att innehålla material med centrumsegring. Centrumsegringarnas låga hårdhet samt anlöpning som orsakats av slipning har inneburit att hårdheten var 41 % lägre än förväntat (Waara, 2018A).

För en detaljerad beskrivning av resultatet från härdning och anlöpning, se referens (Waara, 2018B). Hård räl kan åstadkommas genom att öka mängden kol, där är det möjligt att gå upp till 1% kol. Nackdelen blir en räl som är spröd och känslig för slag, dvs. rälen har låg slagseghet. Ett annat sätt att åstadkomma en räl med önskade egenskaper är att härda och anlöpa stålet. Då kan en räl med hög hårdhet och hög slagseghet åstadkommas. I detta fall rekommenderas ett material med 0,27% C. Detta är dock inte garantivärden eftersom det finns en spridning i vald tillverkningsprocess. Härdningen sker från ca 930–950 °C med efterföljande anlöpning vid 200 °C, vilket verkar ge en bra seghet (bättre slagsegheten fås vid >500 °C). Anlöpning ska inte ske i intervallet 300–400 °C eftersom segheten blir låg inom det området, även kallad ”mellan temperaturanlöpning”.

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org)	Dokumentdatum	Version
Asplund Matthias, UHTsv	2018-12-21	1.0

6.5 Korrosion

Vad gällande korrosion går det att se att viss oxidering har bildats på huvudets övre yta (där det inte är blankt) men det är svårt att avgöra om det har uppstått efter att den tillverkade rälen inkl. ReRail tagits ur provdrift. Bedömningen är att under denna testperiod har ingen betydande korrosion uppstått. (Sundgren et al, 2018)

6.6 Sinusgång

Ingen sinusgång gick att identifiera på teststräckan eftersom slitageytan endast varierade med ± 1 mm (Lundkvist & Juntti, 2018).

7. Resultat mot projektmål enligt projektspecifikation

Enligt ”Projektspecifikation för Test av ReRail i operativ järnvägsmiljö” med datering 2015-01-25 är projektmålen följande:

- *Målet är leverera resultat från test av ReRail i skarp operativ miljö i syfte att verifiera att ReRail kan användas som alternativ till godkänd standardräl.*

Målen från projektspecifikation delas upp i två olika mål;

1. Leverera resultat från test av ReRail i skarp operativ miljö
2. Verifiera om ReRail kan användas som ett alternativ till godkänd befintlig räl.

Vad gäller projektmål 1: Att leverera resultat från skarp operativ miljö

Här har projektet levererat enligt projektmålen dvs. levererat resultat i form av mätresultat, observationer etc. från test av ReRail i operativ miljö. Detta genom okulära besiktningar under testet, kontinuerliga rälprofilmätningar och jämförelse med vanlig räl (R350LHT), ledningsförmåga, och materialanalys efter att rälen är utplockad från drift. Vidare har man verifierat att ultraljud går att använda för att lokalisera skador i kappan men också i stommen om rätt förutsättningar råder, detta från laboratorier tester. För mer information se referenserna Asplund 2018, Stenström 2018, Vuorinen 2018A och 2018B och Waara 2018A.

Vad gäller projektmål 2: Verifiera att ReRail kan användas som ett alternativ till godkänd befintlig räl

Detta projektmål har inte uppfyllts då det fortfarande finns utmaningar i ReRail som behöver definieras, undersökas och elimineras. Denna provdrift har dock gett mer information om utmaningar med ReRail förtecknade i 11.1 och Bilaga 1.

Summeringen är att hälften av projektmålen är uppfyllda genom denna provdrift av ReRail. För mer detaljer kring projektspecifikationen se Sundgren, Juntti, 2015.

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org)	Dokumentdatum	Version
Asplund Matthias, UHtsv	2018-12-21	1.0

8. Diskussion

Resultat från den första provdriften visar att konceptet med en utbytbar kappa fungerar på så sätt att den gick att fästa på en räl och att den var på plats under hela provdriften, dvs. belastad med en trafik av ~15 miljoner bruttoton. Dock var det lite problem med klämkraften vilket uppmärksammandes i spår och efter demontering av provbiten. Vidare fanns vissa tendenser till materialutmattning på ReRail-kappan vilket troligen berodde på två anledningar; den första att materialet var förväxlat till ett material med lägre kvalitet och den andra att centrumsegringarna från grundmaterialet hamnade precis på farbanan, dvs. kontakten mellan hjul och räl.

Före och under provdriften har misstag begåtts vilka har i sig lett till att resultatet av provdriften inte representerar det som i grunden var tänkt. Dessa bör till nästa provdrift tas hand om och i möjliga fall elimineras. Listan på lärdomar och misstag under provdriften finns under sektion 11.1. Erfarenheten av provdriften har bidragit med kännedom om att konceptet, med utbytbar kappa på rälen, går att använda ute i drift. Man har lärt sig mer om rälens allmänna egenskaper och vilka krav som ska ställas vid liknande provdrift av räler eller rätkomponenter. Man har också insett att det fortfarande finns utmaningar med konceptet.

Fortsättningsvis kvarstår intresset av en bättre prestanda på räl i allmänhet (den räl man idag använder). Detta kan åstadkommas genom att ha en utbytbar kappa på rälhuvudet med möjlighet till ett flexiblare materialval och där igenom få ett bättre motstånd mot nötning och utmattning.

9. Utmaningar

De mest signifikanta utmaningar som kvarstår med konceptet är att man behöver utreda vidare vad som händer med kappan efter att den varit utsatt för trafik under en längre tid, hur man kan fästa kappan till rälstommen på ett säkert och enkelt sätt, och hur man kan säkerställa att man inte får korrosion mellan kappan och stommen. Vidare så behöver man också validera att materialvalet kan klara belastningen av trafiken utan att behöva reprofileras rälen med avseende på formändringar av rälen och spricktillväxt på ytan. Sedan så behöver man kontrollera att ledningsförmågan mellan kappan och rälstommen är god under en längre tid i drift. Till sist så behöver man undersöka hur många gånger man kan byta kappan och bibehålla samma rälstomme.

10. Slutsats

Denna provdrift under 16 månader har gett värdefulla insikter och erfarenheter om konceptet ReRail med utbytbar kappa på räl. Fördelarna med en kappa är att minska underhållsbehovet och höja prestandan på räl, samt att minska CO2 utsläppen vid tillverkning av räl. Provdriifterna har identifierat utmaningar med konceptet vilket beskrivs under kapitel 8 och kapitel 11, där en punktlista även beskriver viktiga aspekter vid en eventuell ny provdrift, se 11.1. Projektet har till 50% uppfyllt projektmålen enligt projektspecifikationen, (Sundgren, Juntti, 2015). ReRail har en

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org)	Dokumentdatum	Version
Asplund Matthias, UHTsv	2018-12-21	1.0

god potential men ett antal kvarvarande och nya utmaningar måste lösas innan fördelarna med ReRail kan åtnjutas.

11. Förslag på fortsatt arbete

Förslaget för fortsatt arbete är att jobba igenom alla identifierade utmaningar och åtgärdade de viktigaste innan en påföljande provdrift. Nedan finns förslag på fortsatt arbete genom aktivitetsplan och viktiga aspekter att ta med inför provdrift. Bilaga 1 beskriver aktiva och stängda aktiviteter.

11.1 Viktiga faktorer inför provdrift 2 med ReRail

Denna sektion beskriver vad som är lämpligt att ta med sig vid en fortsatt provdrift med ReRail.

Bör beaktas innan och under nästa provdrift:

- Tillverka ReRail med rätt räl profil beroende på om den ska läggas in som inner- eller ytterräl.
- Undersök sinusgångens inverkan på testområdet (randomisera) = Försöksplan.
- Slipa eller fräs inte ReRail-kappan under provdriften.
- Använda rätt material för ReRail (rutin hantering av material) = Kravspec. material ReRail med mottagningsrutin.
- Ta fram ReRail korrekt från materialbitarna (undvika centrumsegring).dvs. att inte grundmaterialets centrumsegringar hamnar på slitytan av ReRail-kappan = Kravspecifikation tillverkning av ReRail
- Beakta var centrumsegringarna lokaliserar i kappan.
- Ta hänsyn till centrumsegringen vid ev. rullformning, bibehålla centrumsegringen i mitten av ReRail = Kravspecifikation tillverkning av ReRail.
- Undersöka hur slipningen påverkar klämkraften i ReRail, hur mycket kan vi slipa innan klämkraften försvinner? = Eget test?
- Mätning/kvantifiering av korrosion ska göras i samband med lossning av ReRail.
- Beställa material direkt från SSAB, inte från någon underleverantör, för att säkerställa leverans = Leverans material.
- Gör leveranskontroll på material att verifiera rätt hårdhet och struktur på ämnet.
- Ta fram förslag för fastsättning av ReRail mot ReRail samt ReRail std. räl. = Test lim och skarv.
- Kunna använda ultraljud för att se djupgående sprickor = Test lim.
- Kontroll över underhåll på testplatsen (slipning, spårriktning, komponentbyte).
- Beakta att dokumentation av underhållshistorik registrerades i underhållssystem.
- Ha kontroll över spårvidden på provdriftplatsen.
- Kontrollerad provdrift – ha koll på tonnage
- Använd referensräl i samma kurva och på samma sida med material R350LTH.
- Definiera kontrollpunkter, väl märkt för både ReRail och R350LTH.

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org)	Dokumentdatum	Version
Asplund Matthias, UHTsv	2018-12-21	1.0

- Validera att glidning mellan stomme och kappa inte förekommer.
- Validera att fukt inte kan tränga in mellan kappa och stomme.
- Validera att klämraften mellan kappa och stomme är tillräcklig under hela kappans livstid.
- Spårledningsförmåga var bra, men då signalsäkerhetkraven är höga, så kommer detta att kvarstå som kontrollmoment även vid nästa provdrift.
- Utför friktionsmätningar under provdriften.
- Föreslaget material för provdrift är B27.

11.2 Aktivitetsplan

Det fortsatta arbetet inkl. provdrift 2 inom ReRail-projektet ska utföras enligt aktivitetsplanen nedan.

Tabell 1. Aktivitetsplan inför provdrift 2 inom ReRail-projektet.

Aktivitet	Ansvarig för aktivitet	Ansvarig för utförande av aktivitet	Slutdatum
Leverans material ReRail	Anders Sundgren, ReRail	Patrik Waara, SSAB	2018-12-14
Kravspec ReRail	Anders Sundgren, ReRail	Anders Sundgren, ReRail	2019-02-01
Försöksplan	Peder Lundkvist, Licab	Peder Lundkvist, Licab	2019-02-22
Leverans material stomme	Matthias Asplund, TRV	Trafikverket	2019-03-01
Test lim	Anders Sundgren, ReRail	Christer Stenström, LTU	2019-03-01
Presshårdning ReRail	Anders Sundgren, ReRail	Patrik Virtanen, Deform	2019-03-08
Hårdning ReRail	Anders Sundgren, ReRail	Patrik Virtanen, Deform	2019-03-08
Fräsning ReRail	Anders Sundgren, ReRail	Jonas Nordkvist, Berglunds Rostfria	2019-04-12
Kontroll hårdhet ReRail	Anders Sundgren, ReRail	Esa Vourinen, LTU	2019-04-26
Test påbörjas	Samtliga	-	2019-05-15
Test avslutas	Samtliga	-	2019-12-15

12. Tillkännagivande

Projektet har bestått av en projektgrupp som utfört merparten av jobbet, gruppen har skrivit denna rapport. Projektgrupp har bestått av Matthias Asplund Trafikverket, Anders Sundström ReRail, Ulla Juntti Omicold, och Peder Lundkvist Licab.

13. Referenser

Asplund, M. (2018) Utvärdering slitage ReRail. PM Trafikverket, TRV 2015/69246.

Asplund, M., Famurewa, S. M., & Schoech, W. (2017) A Nordic heavy haul experience and best practices. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit, 0954409717699468.

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org)	Dokumentdatum	Version
Asplund Matthias, UHtsv	2018-12-21	1.0

CSM-RA. Kommissionens förordning (EG) nr 402/2013 av den 30 april 2013 om gemensam säkerhetsmetod för riskvärdering och riskbedömning och om upphävande av förordningen (EG) nr 352/2009.

Juntti, U. & Sundgren A. (2016) Riskbedömning och riskanalys för ReRail enligt EG/402/2013. ReRail-001-2016.

Kassfeldt, E., Lundmark, J. (2009) Tribological properties of hardened high strength Boron steel at combined rolling and sliding condition. Wear, 2009 – Elsevier.

Kassfeldt, E., Lundmark, J., Prakash, B. & Sundgren, A. (2007) Wear properties of hardened high strength boron steel for rail cover. Proceedings. International Heavy Haul Conference.

Lundkvist, P. & Juntti, U. (2018) Kartläggning av sinusgång. Trafikverket Rapport.

Stenström, C. (2018) Ultraljudsinspektion av ReRail, Järnvägsräl med rullformad utbytbar slitbana, Järnvägstekniskt centrum (JVTC) Drift- och underhållsteknik, Luleå tekniska universitet, december 2019 (utkast 2018-09-18).

Sundgren, A., Juntti, U. (2015) Projektspecifikation för test av ReRail i operativ järnvägsmiljö (20150125).

Sundgren, A., Juntti, U. & Asplund, M. (2018) Utvärderings stomme ReRail. Trafikverket PM.

Sundgren, A., Juntti, U., Famurewa, S. & Asplund, M. (2017) ReRail-Capping system for improved performance and LCC. Conference proceedings International Heavy Haul Association, Cape Town.

Vuorinen, E. (2018A) Rapport: undersökning av räl Hardox 400. Avdelningen för materialvetenskap, Luleå tekniska universitet.

Vuorinen, E. (2018B) Undersökning av rälsyta från ReRail. Avdelningen för materialvetenskap, Luleå tekniska universitet.

Waara, P. (2018A) Metallografisk underökning av Rälsprofil. Wear Technology Knowledge Service Center, SSAB.

Waara, P. (2018B) Härdning och anlöpnings av Borstål B27 bör ge rätt hårdhet och seghet. Wear Technology Knowledge Service Center, SSAB.

Wisten, Å. (2014) Resistans i järnvägsräl - Jämförelse mellan UIC60 standardräl och UIC60 räl med utbytt slityta enligt ReRail-metoden. EMC Center. Luleå tekniska universitet.

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org)	Dokumentdatum	Version
Asplund Matthias, UHtsv	2018-12-21	1.0

Åberg, S. & Sundgren, A. (2005) ReRail Förstudie. Teknisk rapport 2005:29. ISSN:1402 – 1536
ISRN: LTU – TR - 05/29 – SE.

Skapat av (Efternamn, Förnamn, org) Asplund Matthias, UHTsv	Dokumentdatum 2018-12-21	Version 1.0
--	-----------------------------	----------------

14. Bilaga 1 – Aktivitetslista

Inom ReRail-projektet har följande aktivitetslista använts för att underlätta arbetet och skapa en tydlig framdrift av projektet.

Tabell 2. Aktuell aktivitetslista (2018-12-21) för ReRail-projektet.

#	Projekt	Delmoment	Ansvarig för delmoment	Ansvarig för projektet	Aktivitet/resultat	Status
1	Slitage (Δt)	Sammanställa profilmätningar Jämföra ReRail mot std.räl	Matthias Asplund, TRV	Matthias Asplund, TRV	Ingen signifikant skillnad uppmätt mellan ReRail och std.räl. Slipat väldigt mycket (Rapport Matthias 2018-06-21).	Klart
2	Total belastning	Sammanställa data	Per Gustafsson, LKAB	Ulla Juntti, Omicold	Ulla kompletterar Pers data (netto -> brutto) från tidigare testperiod.	Klart
3	Djupgående sprickor	Ultrajudsanalys	Christer Stenström, LTU Örjan Johansson, LTU	Anders Sundgren, ReRail	Rapport från Christer inkommen. Fler tester kommer att göras. Även Örjan Johansson (akustik) är involverad i testet. Allt klart förutom rapport.	Pågående
4	Kvantifiering av ytsprickor	Jämföra std.räl vs ReRail (första änden) Jämföra ReRail vs std.räl (andra änden)	Esa Vourinen, LTU	Anders Sundgren, ReRail	Ingen signifikant skillnad uppmätt mellan ReRail och std.räl (Rapport Esa 2018-06-20), dvs ovasidan av bitar som ligger bredvid varandra (0,5 m vardera).	Klart
5	Nivåskillnad mellan skarvar	Jämföra std.räl vs ReRail Jämföra ReRail vs ReRail Jämföra ReRail vs std.räl	Esa Vourinen, LTU	Anders Sundgren, ReRail	Skillnaden mellan std. räl och ReRail är uppmätt till 0,1 mm, i övriga fall fanns ingen skillnad (Månadsrapport 8 2017-01-05).	Klart
6	Ytsprickor	Analysera ovasidan Analysera undersidan Analysera djupet på sprickorna	Esa Vourinen, LTU	Anders Sundgren, ReRail	Uppkomst av ytsprickor från centrumsegring (Rapport Esa 2018-06-20), dvs likande resultat som SSAB. Esa har valt vilka bitar som var av intresse.	Klart
7	Stålkvalitet	Strukturanalys Hållfasthetsanalys Grundämnesanalys Jämföra ny vs testad ReRail	Esa Vourinen, LTU Patrik Waara, SSAB Patrik Waara, SSAB Per-Olov Kull, SSAB	Anders Sundgren, ReRail	Utifrån mötet med Patrik beslutade vi följande. Rekommenderat materialval: BRN (Boron) 24/27 (Borstål 2,4/2,7 % C). Längd: 3,1 m. Tjocklek: 13 mm. Önskad hårdhet: 450HV. Patrik testar Boron 24/27 samt en referensbit gällande hårdning och slipning, återkommer senast 2018-09-28. Undersöka påverkan av ökad deformationshårdning (valsning)? SSAB kan leverera BRN-27 omgående, 1,2 x 3 m med en tjocklek på 12 mm. Slipstestet görs på BRN-27, med en tjocklek på 10 mm. Esa färdigställer slutsatser utifrån gjorda analyser.	Klart Klart
8	Klämkraft	Sammanställa analys	Jörgen Kajberg, LTU	Anders Sundgren, ReRail	Enligt egen analys försvagas klämkräften efter slipning, kantsidermätt från -0,3 mm till 0 mm. Anders sammanställer resultaten i en rapport.	Klart
9	Korrosion	Mellan ReRail och nedfräst räl	Stefan Kallander, TRV	Anders Sundgren, ReRail	Bedömningen är att ingen betydande korrosion har skett på stommens översida (Utvärdering stomme ReRail 2018-04-25).	Klart
10	Stommen	Påverkan av ReRail, spec. vid skarven	Stefan Kallander, TRV	Anders Sundgren, ReRail	En viss nötning har skett (blank yta på räls huvudets radier på ömse sidor), vilket kan tyda på glidning mellan ReRail och stomme (Utvärdering stomme ReRail 2018-04-25).	Klart
11	Pueblo-provbiten	Undersöka struktur och hårdhet.	Esa Vourinen, LTU	Anders Sundgren, ReRail	Esa återkommer med slutsatser utifrån gjorda analyser (struktur och hårdhet).	Klart
12	Avsluta tidigare ReRail-projekt	Skriva rapport		Matthias Asplund, TRV	Sammanfatta och dokumentera det tidigare ReRail-projektet i en skriven rapport.	Pågående
13	Fastsättning av ReRail	Mellan ReRail och nedfräst räl Mellan ReRail och ReRail	Olle Sävenberg, ÄF	Anders Sundgren, ReRail	Anders kontaktar Olle. Projektering av nytt ReRail-fäste.	Pågående
14	Test skrav	Inför test	Olle Sävenberg, ÄF	Anders Sundgren, ReRail	Anders verifierar att det i praktiken går att montera med vald skrav. Ej intressant, kör med rak skrav.	Ej utförd
15	Test lim	Inför test	Christer Stenström, LTU	Anders Sundgren, ReRail	Christer verifierar att valt lim fungerar med ultraljud för att identifiera och analysera djupgående sprickor i stommen. Testar mellan två metallbitar.	Påbörjad
16	Rullformning av ReRail	Inför test	Torbjörn Hansén, Mefos Patrik Virtanen, Deform	Anders Sundgren, ReRail	Anders utreder vem som ska stå för rullformningen/preshårdning av ReRail samt undersöker hur lång tid det tar att rullforma ReRail. Slutsatsen är att Deform ska göra detta mha presshårdning eftersom Mefos ej klarade bredden på ämnet. Deform testar att presshärda under mars månad, vilket görs två gånger. Tre stycken 1,5 meters och en 2 meters ReRail (där 0,5 meter ska teststas).	Pågående
17	Hårdning av ReRail	Inför test	Patrik Virtanen, Deform	Anders Sundgren, ReRail	Se ovan.	Pågående
18	Fräsning av ReRail	Inför test	Jonas Nordkvist, Berglunds Rostfria	Anders Sundgren, ReRail Matthias Asplund, TRV	Anders kontaktar Jonas och undersöker hur lång tid det tar att fräsa stommen inför testet. Matthias tar fram två åtta meters långa stommar, där den ena ska vara slipad som MB1 (ytterräl) och den andra som 60E1 alt MB1 (innerräl).	Pågående
19	Val av stomme	Inför test	Anders Ekberg, Chalmers	Matthias Asplund, TRV	Undersöka om det går att använda befintlig stomme till ReRail utifrån utmattning.	Ej påbörjad
20	Kartläggning testplats och sinusgång	Inför test	Peder Lundkvist, Liacb	Peder Lundkvist, Licab	Första tester kommer att utföras 2018-10-08.	Klart