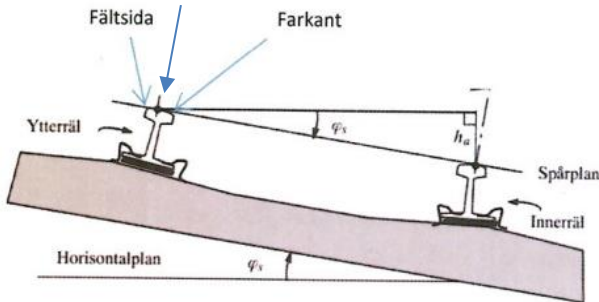


ReRail

Nytt resurseffektivt rälsystem



Akronymer och definitioner

Driftsäkerhet	Resultatet av åtgärder för att förebygga risken att fel uppstår som orsakar driftstörningar i tågtrafiken.
Farbana	<u>Farbana</u> är den kontaktyta som uppstår mellan hjul och räl. I rakspår återfinns farbanan mitt på rälhuvudet, och i kurva återfinns denna på <u>farkanten</u> av ytterrälen och på innerräl har den förskjutits mot <u>fältsidan</u> . Se bild nedan
Farkant Fältsida	
Höjdslitage (h)	Höjdslitage är den höjdminskning på rälhuvudets ursprungliga mittlinje som orsakats av nötning
Innerräl (low rail)	Räl som ligger på innersida i en kurva
Isolerskarv	Rälsskarv med ändmellanlägg av elektriskt isolerande material för sektionering av spår
Kontrollprogram	Aktiviteter som övervakar banan genom bland annat utökad antal besiktningar som ett komplement utöver den ordinarie besiktningen av anläggningen.
Långräl	En lång sammanhängande räl, typiskt med längd upp till 420 m, och som består av sammansvetsade kortare räl.
OFP	Oförstörande provning
Passräl	Räl med längd minst fem meter, som används vid t.ex. reparation av rälsbrott, åtgärdande av OFP-anmärkning eller inläggning av fabrikslimmad 6-håls isolerskarv.
Provräl	En 8 m lång specialtillverkad räl med 3 st ReRail kappor faller inom begreppet passräl, men benämns i denna rapport som provräl.
Rälsförhöjning	För att minska påverkan av centrifugalkraften i en kurva ges spåret en lutning i sidled, ytterrälen ligger högre än innerrälen (kurvdosering)
RCF	Rolling Contact Fatigue, ytlig sprickbildning på rälshuvudet
RUK	Räls undre kant
RÖK	Räls övre kant
Sidoslitage (s)	Sidoslitage är den nötning på rälens farkant som orsakar profilavvikelse vågrätt 14 mm under RÖK för den slitna rälens största tillåtna axellast
STAX	största tillåtna axellast
STH	största tillåtna hastighet
TGM	Tekniskt Godkänt Material (TDOK 2014:0307)

Ytterräl (High rail)

Övergångszon

Räl som ligger på yttersidan i en kurva

Ett lokalt område där stålsort/rälprofil/spårstyvhet går från en variant till en annan.

Förord

Projektet vill först och främst tacka InfraSweden2030, Trafikverket och BDX för deras finansiella stöd och engagemang som möjliggjort genomförandet av detta arbete.

Följande personer har medverkat med sin kompetens och kunskap i detta projekt:

- Anders Sundgren, ReRail
- Matthias Asplund, Trafikverket
- Stefan Kallander, Trafikverket
- Fredrik Johansson, Trafikverket
- Lars Nilsson, Trafikverket
- Ulla Juntti, Omicold
- Daniel Jonsson, BDX
- Matti Rantatalo, Luleå tekniska universitet
- Uday Kumar, Luleå tekniska universitet

Projektgruppen vill tacka alla personer i järnvägsbranschen som har bidragit med sitt kunnande genom intervjuer och workshops.

Övergripande sammanfattning

Rälen är en kritisk komponent i banöverbyggnaden, med stor påverkan av hela järnvägssystemets prestanda genom tillförlitlighet och tillgänglighet på järnvägen. Punktlighet och merförseeningstider påverkas också av rälen, likväl säkerheten på spåret.

ReRail är ett nytt rälskoncept som bygger på att man har en utbytbar slityta (kappa) och att man kan välja material på slitytan mer flexibelt. Konceptet möjliggör användning av mer slitagetåligt material och reducerade underhållsinsatser. När den tekniska/ekonomiska livslängden uppnåtts byts endast den delen som är utsliten vilket ökar återförbrukningsgraden med en faktor 10 av rälstål som är en ändlig naturresurs. I tillägg så bidrar ReRail med reducerat utsläpp av CO2 jämfört med vanlig räl då mindre stålmaterial slits och behöver bytas ut. Innovationen ReRail är internationellt patenterad och känd som en ny potentiell, miljövänlig rälprodukt i Europa, i Japan via regeringens samarbetsprojekt, Vinter och Järnväg, samt via konferensbidrag.

ReRail ligger i dag för provdrift på malmbanan, där nästa steg är erfarenhetsdrift och TGM-märkning (tekniskt godkänt materiel).

Resultaten från tidigare undersökningar och pågående provdrift är lovande men ett antal problemställningar behöver fortsatt utveckling innan denna innovation kan kommersialiseras som färdig produkt, exempel på detta är möjlighet att utföra underhållsbesiktning med ultraljud, genomföra lokala reparationer av skador samt effektivare skarvningsteknik. Även inom produktionsmetoder av ReRail och underliggande stomme så är det behov för vidare utveckling och effektivisering.

Projektet har identifierat tre olika implementeringsmöjligheter; 1) En fullskalig implementering genom att helt ersätta standardrälen i ett rälssystem med ReRail, 2) endast använda ReRail i högt belastade banavsnitt eller 3) ersätta skadad slitbana i befintligt spår. Projektet har enats om att bäst genomslagskraft för att nå marknaden erhålls om implementering påbörjas genom att använda ReRail i hårt belastade banavsnitt med begränsad längd (alt 2.) då detta då inte kräver stor utveckling av reparationsteknik samt skarvningsteknik. Fortsatt arbete pågår med uppföljning av pågående provdrift, analys av ReRail:s degraderingsförlopp, planering för demonstration i högt belastat spår samt byggnad av produktions- och affärsteam.

Innehållsförteckning

FÖRORD	4
ÖVERGRIPANDE SAMMANFATTNING	5
1 BAKGRUND	7
1.1 PROVDRIFT	7
1.2 KVARSTÅENDE UTVECKLINGSARBETE SAMT IMPLEMENTERINGSFÖRSLAG	10
1.3 PROJEKTETS MÅL OCH SYFTE	11
2 PROJEKTETS ARBETSPAKET	12
3 PROVDRIFT OCH KVALIFICERING I TRAFIKERAT SPÅR	13
3.1 RESULTAT PROVDRIFT	14
4 IMPLEMENTERING AV RERAIL I DAGENS JÄRNVÄGSSYSTEM	18
4.1 SKARVNINGSMETODER	20
4.2 DEMONSTRATION AV METOD OCH TEKNOLOGI FÖR ATT BYTA RERAIL – KAPPA I TRAFIKERAT SPÅR	21
5 UPPSKALERING OCH AFFÄRSPLAN SAMT LCC	22
5.1 TILLVERKNING AV RERAIL STOMME	22
5.2 TILLVERKNING AV RERAIL-KAPPA	23
5.3 MONTERING AV RERAIL KAPPA	23
5.3.1 Rehabilitering av gamla räler i spår	23
5.3.2 Prefabricerade räler i verkstad på ny respektive gammal stomme	23
5.3.3 Rehabilitering av gamla räler	24
5.4 HÅLLBARHET OCH LÖNSAMHETSANALYS	24
5.5 AFFÄRS- OCH MARKNADSPLAN	24
6 DISKUSSION OCH SLUTSATSER	26
6.1 INNOVATION READINESS LEVEL	26
7 REFERENSER	28
BILAGA 1. INVENTERING GÄLLANDE KRAV	29
BILAGA 2. LCC FÖR YTTRESTRÄNSBYTET 420M LÅNGRÄL	30

1 Bakgrund

Järnväg är ett av de mest miljövänliga alternativen för transportinfrastruktur och för att göra den ännu mer attraktiv så behöver driftsäkerheten förbättras samt kostnader och resursförbrukning reduceras.

Rälen är en kritisk komponent för järnvägen och bildar ett viktigt system tillsammans med hjulet, där rälen utgör farbana för hjulen. Prestandan på hjul och räl är avgörande för hela järnvägens funktion och kostnad. Rälen är således en viktig komponent för att få en driftsäker och hållbar anläggning på kort och långt sikt. Med hållbar inkluderas den samhällsekonomiska vinsten/kostnaden och livscykelkostnader för järnvägssystemet.

Rälen bryts ned av tid och trafik och behöver bytas ut efter en viss tid. Rälen bryts ned på olika sätt bl.a. genom slitage där rälen får en ofördelaktig form, genom sprickbildning och plastisk deformation. Om dessa nedbrytningsförlopp kan bromsas ökar prestanda och livstid på både hjul och räl vilket gynnar hela järnvägssystemet. Rälen måste kontinuerlig underhållas genom slipning, reprofilerings och rälsmörjning. Underhåll som reprofilerings av räl är tidskrävande och dyrt, det kräver också tid i spår, dvs. förbrukar möjlig kapacitet för tågtrafiken. När livslängden på rälen är slut måste rälen bytas. Hela rälen byts då ut och inte endast det slitna området. Sverige har ca 14 000 mil räls installerad och rälen är en av Trafikverkets dyraste komponent att underhålla och medför stor miljöbelastning då det åtgår ca 6000 ton/år stål vid tillverkning.

ReRail är en ny innovation som skall bidra till en resurseffektiv infrastruktur för spårbundna transporter. Konceptet bygger på ett tidigare utvecklingsarbete inom svensk produktions- och stålindustri och innebär att ca 8-10 mm av rälhuvudet på en standardräl, ersätts med en C-formad omslutande kappa i varmformat och härdat stål, som ger bättre slitage- och utmattningsegenskaper än standardrälen. ReRail bedöms kunna appliceras på alla godkända modeller av räl och medför då en mer resurssnål och miljövänlig räl, då man i stället för att byta ut hela den förslitna rälen, endast byter ut ytskiktet av rälen, dvs. ca 10-12 % i stället för 100 %. En produktionsteknisk begränsning är att det material som används i kappan inte kan svetsas med traditionell metodik, då det härdade stålet kan tappa härdning vid svetsning och därmed får försämrade hållfasthetsegenskaper.

En räl med bättre prestanda än dagens räl skulle föranleda stor nytta. Man kan identifiera två områden där ReRail medför potentiell förbättring. Det första att minska underhållsbehovet under livstiden genom bättre hållfasthetsegenskaper, och det andra är att detta möjliggör att bara byta ut den delen som slits efter att den tekniska/ekonomiska livslängden uppnåtts. De positiva effekterna ges då i form av lägre kostnader för material och underhåll, mindre utsläpp av växthusgaser och även mer tillgänglig tid på spår för trafik. ReRail har en potential att uppfylla dessa förbättringar och därför har Trafikverket valt att titta närmare på ReRail genom en provdrift i trafikerat spår.

1.1 Provdrift

Sammanlagt så har Trafikverket beviljat provdrift för ReRail i två omgångar, varav **Provdrift 1**: kördes mellan 2016-06-08 – 2017-09-26 i ett samarbetsprojekt finansierat av Energimyndigheten. Och nu som en del av detta projekt: **Provdrift 2**. Denna provdrift startade redan 2020-11-05 med ett femårigt tillstånd från Transportstyrelsen. Provdrifterna genomförs på driftplats Luleå (bandel 122) i spår 21 i

längposition definierat med km 1182+536 till km 1182+544. ReRail har där placerats i en kurva med radie 600 m och med en rälsförhöjning (kurvdosering) på 30 mm. Provpplatsen trafikeras av malmtåg med 31 tons axellast och tåg med bentonitvagnar med max hastighet på 40 km/h. Platsen har valts ut då detta är högt belastat och identifierat som ett s.k. problemställe med frekvent återkommande problem såsom slitage, ytsprickor i form av head-checks och spalling samt plastisk deformation. Vid tågpassage har även s.k. pumpande slipers observerats, dvs. rörelse i spår.

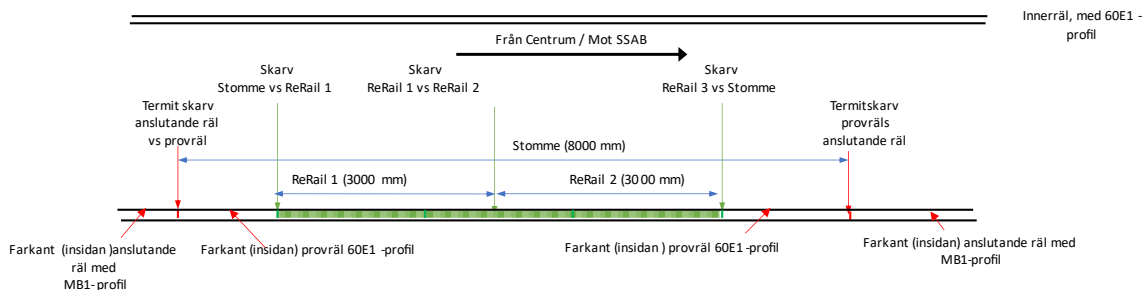
Vid **provdrift 1** användes en "passräl på 8 m" härefter benämnd provräl, som installerades i ytterräl (höger räl respektive den höga rälen i en doserad kurva med radien 600 m). Provrälen tillverkades på Berglunds Rostfria i Boden. Stommen bestod av en 60 E1 R350HT räl, vars rälhuvud bearbetades ned 10 mm medels fräsning. I vardera änden lämnades en meter av ursprunglig profil kvar för att möjliggöra termitsvetsning till anslutande räl med kvalitet 1100 (huvudhärdat rälstål). På den avverkade ytan monterades två ReRail-kappor som vardera var 3 m långa med hjälp av en kantpress, se figur 1. Dessa kappor tillverkades genom att en homogen kvadratisk stång 70 x 70 mm, av Hardox 400 frästes ur till den form som visas i figur2. Denna metod för prototyp tillverkning gjorde att kappans yta och farkant kom att hamna i mitten av den kvadratiske stängens, vilket visade sig sedan ha ogynnsamma effekter på utmattningsegenskaper.

Innan provrälen installerades kontrollerades rälhuvudet med ultraljud med avseende på ev. sprickor på/i kappan, samt rälets konduktivitet (ledningsförmåga) kontrollerades genom resistansmätning.

På grund av misstag i kommunikation till underhållsentreprenören så slipades ReRail kappan i spår under provdrift 1. Detta är en vanlig procedur för vanlig räl men måste anpassas för ReRail då slipning kan orsaka höga temperaturer och därigenom anlöpa härdat stål.



Figur 1. Montering av ReRail kappan på nedfräst standardprofil med hjälp av en kantpress.



Figur 2. Provdrift 1, provräl 1. Totalt 6 övergångszoner, från MB1->E601->ReRail->till ReRail->E501->MB1

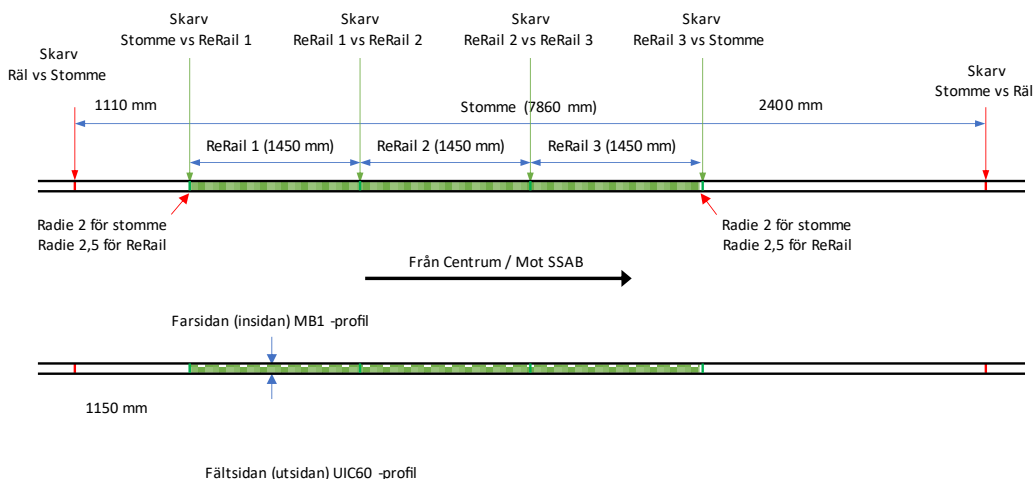
Resultat från den första provdriften visar att konceptet med en utbytbar kappa fungerar på så sätt att den gick att fästa på en räl och att den var på plats under hela provdriften, dvs. belastad med en trafik av 15,3 miljoner bruttoton. Dock var det några problem med klämkräften vilket uppmärksammades 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.

Vid **provdrift 2** används två provräler, med längd strax under 8 m som lagts in på höger respektive vänster räl i samma spårparti som vid provdrift 1. Båda provrälen har denna gång MB1 profil.

MB1 profil är en specifik malmbaneprofil som utvecklats för att minska head-checks (fiskfjällsliknande sprickbildning) på ytterrälen (Asplund et al 2017, Asplund 2018). MB1 är ca 2 mm lägre på farkanten jämfört mot 60E1 profilen. Innerrälen har (60E1).

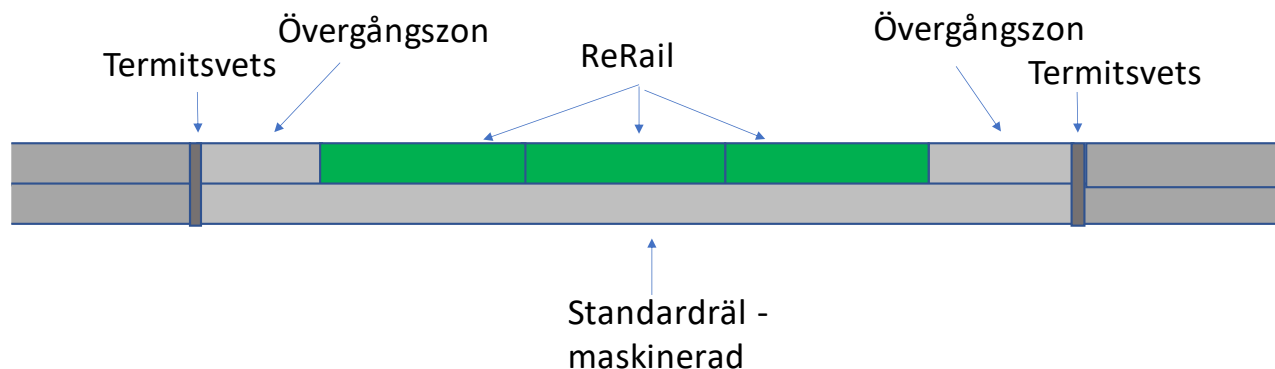
Materialet i kappan utgörs av Hardox450, men bestod av Hardox 400 vid provdrift 1.

För att erhålla riktiga materialegenskaper i ReRail kappan vid **provdrift 2** så tillverkades kappor genom presshärdning på Deform AB. På grund av produktionsbegränsningar hos Deform, begränsades kappornas längder till 1,5 meter och totalt levererades 14 kappor. Vid leveranskontroll upptäcktes att härdning på insidan av kappan var lägre än 300 HB, men fullt härdat på ovansidan ca 480 HB, vilket tyder på att pressverktygets kylning från insidan inte hade fungerat fullt ut. Samtliga kappor återsändes för härdning till Deform AB. Eftersom detta var tillverkning med prototypverktyg så fick kapporna varierande kvalitet på formtoleranser, vilket i slutändan medförde att endast 6 kappor kunde användas. Den varierande kvaliteten på ReRail-kapporna medförde också att godstjockleken på kappan reducerades från 10 mm till 8 mm. Av dessa bearbetade Nova Industri medelst fräsning de sex kvarvarande kapporna till rätt tvärsnitt, varefter de monterades på nedfräst stomme med hjälp av kantpressen, se figur 1. Kapporna limmades och tätades på samma sätt som för provdrift 1. Resultatet blev två provrälerna med tre sammanfogade kappor vardera, med en total längd på ReRail på 4,35 m, se figur 3.



Figur 3. Provdrift 2. Provräl 2 är höger räl, yttersträng, High Rail, och provräl 3 är innerrälen.

På grund av att materialet i ReRail:s kapp inte bör svetsas med konventionella metoder då den tappar hårdning och hållfasthet, har ReRail försetts med en övergångszon mellan ReRail och anslutande räl, se figur 4. Skarvningstekniken vid provdrift 1 och 2 har varit termitsvetsning mellan anslutande standardräl och ReRail:s övergångszon på stommen. ReRail:s kappor är placerade direkt efter varandra, utan någon form av skarvningsteknik dem emellan, se figur 4. Beräkningar och simulationer har visat att klämkraften i kapporna gentemot stommen kommer att förhindra glidning av skenan på stommen.



Figur 4. Skarvmetodik – provräl.

1.2 Kvarstående utvecklingsarbete samt implementeringsförslag

Parallellt med provdriften så fortlöper arbete med att utveckla och finna lösningar för hur sprickdetektering av stommen ska kunna genomföras genom oförstörande provning (OFP) med ultraljud, kontroll av ReRail:s spårledningsförmåga (förutsättning för att kunna detektera om tåg finns på en sektionerad bansträcka) samt hur skarvar mellan ReRail-ReRail, respektive ReRail-standardräl skall utformas. Vid Provdriften ska också eventuella nya problem identifieras, studeras och om möjligt elimineras.

Parallellt med provdriften undersöks hur ReRail på bästa sätt kan implementeras som ett Tekniskt Godkänt Material (TGM-märkt) och en ny rälprodukt i svensk och europeisk järnväg. Nästa steg är att ta fram en affärsplan med bästa möjliga implementeringsmetod.

Tre olika implementeringsmöjligheter har föreslagits:

1. Fullskalig implementering genom att helt ersätta standardräl med ReRail vid räls/spårbyte, och med ett vidare underhållsscenario att det endast är kappan som sedan byts ut (i trafikerat spår) när den uppnått gräns för utbyte.
2. Endast använda ReRail i högt belastade banavsnitt (typiskt skarpa kurvor på malmbanan) där ökat slitagemotstånd och utmattningshållfasthet ger fördelar i ökad livslängd och lägre spårunderhållskostnader.
3. Att i befintligt spår ersätta skadad räl med ReRail:s borstålskappa. Den utslitna rälsytan på räls huvudet tas då bort genom fräsning eller hyvling. Återstående stommen förses med en pålagd ny slitbana med en tjocklek upp till 10 mm.

Tidigare arbeten, beräkningar och bedömningar har visat att investeringsinsatsen i tid, pengar och material är av betydande omfattning, gällande alternativ 1 och 3, varpå arbetet i detta projekt har fokuserat på en implementering av ReRail i hårt belastade banavsnitt. (alt 2)

Trafikverket är den primära behovsägaren, kravställaren samt kvalitetssäkrare i detta projekt i egenskap av infrastrukturförvaltare. Sekundära behovsägare är andra infrastrukturförvaltare av kommunala och industriella anläggningar. Till övriga behovsägare räknas entreprenörer som upphandlas för ny- och ombyggnation samt underhållsåtgärder.

Utvecklingen av ReRail har pågått sedan 2003 och erhållit finansiering bl.a. från Vinnova, Energimyndigheten, Trafikverket och nu i detta projekt från InfraSweden2030 som är ett strategiskt innovationsprogram finansierat av Vinnova, Energimyndigheten och Formas.

1.3 Projektets mål och syfte

Målet med detta projekt är att demonstrera och kvalificera ReRail i fullskalig provdrift, samt att säkerställa implementation i ett industriellt system/ användning. Detta inkluderar att anpassa metoder för oförstörande provning, underhållsåtgärder, samt skarvningsteknik i befintligt rälsystem.

Det övergripande syfte är att innovationen ReRail ska bli en färdig produkt som går att sälja till infrastrukturägare i hela Europa, för att möjliggöra minskat slitage och underhållskostnad på räl och banöverbyggand.

2 Projektets arbetspaket

Projektet innehåller tre arbetspaket förutom projektledning och rapportering. Dessa är:

- Uppföljning av pågående provdrift och kvalificering i fullskalig test, som förväntas bevisa att ReRail har bättre motståndskraft mot slitage och sprickbildning jämfört mot standardräl.
- Implementering av ReRail i dagens järnvägssystem med avseende på nya kriterier för detektering av sprickbildning, förändring av underhållsåtgärder för slipning och smörjning, påverkan på spårledningsförmåga, skarvningsmetoder samt byte av ReRail kappa i trafikerat spår.
- Uppskalering, affärsmodell samt LCC (Life Cycle Cost) som ska resultera i en affärsplan för ReRail som inkluderar framtida samarbetspartners, en plan för hur ReRail succesivt ska få ökad tillämpning och användning genom att påvisa ökad hållbarhet och lönsamhet

3 Provdrift och kvalificering i trafikerat spår.

För att godkännas som en rälprodukt krävs att europeiska och nationella krav är uppfyllda. Ett antal steg ska genomföras för att bevisa att produkten inte medför några större risker jämfört en godkänd produkt. Detta har genomförts genom beräkningar, simuleringar, tester i laboratorier och fullskaliga tester i provanläggningar. 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 2024-06-07. Utfaller provdriften väl blir näste fas att ansöka om erfarenhetsdrift. Om resultat från denna också är positivt, blir nästa steg att sammanställa underlag för att få produkten klassad som Tekniskt Godkänt Material (TGM).

Uppföljning av provdrift genomförs via en upprättad kontrollplan som kontrollerats och godkänts av Transportstyrelsen. Kontrollprogram har som syfte att övervaka och ge återkoppling om vad som inträffar under provdriften, dels på ReRail kappan, och dels på referensrälen (anslutande 60E1 kvalitet 1100, på provstället) samt beskriva eventuella konsekvenser. Vid varje kontroll, kontrolleras alla skarvpunkter på båda rälen extra noga, dvs (se figur 6):

Skarv 1. Termitsvets mellan inkommande anslutande E160 – 1100 räl (med MB1 profil i ytterräl och med standardprofil i innerräl) och Passrälen övergångszon med standardprofil med MB1profil.

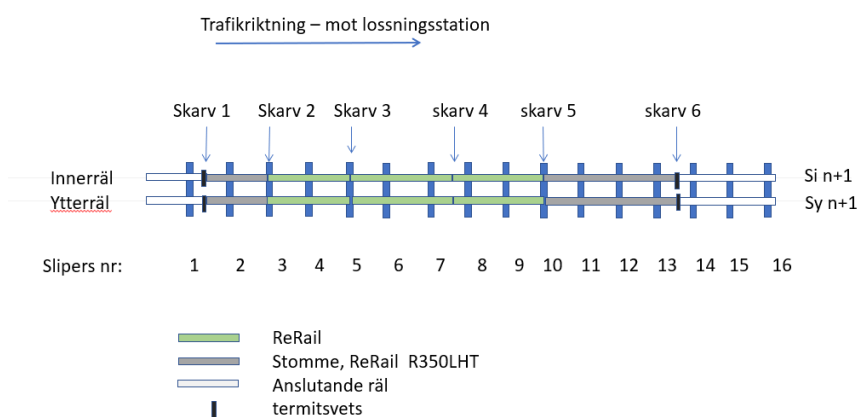
Skarv 2: Passrälen övergångszon med MB1-profil mot ReRail:s kappa nr 1

Skarv 3: ReRail:s kappa 1, mot ReRail:s kappa 2.

Skarv 4: ReRail:s kappa 2 mot ReRail:s kappa 3

Skarv 5. ReRail:s kappa 3 mot passrälen övergångszon med MB1 profil

Skarv 6. Passrälen övergångszon med MB1 profil mot anslutande standardräl (med kvalitet 1100 och MB1 profil i ytterräl respektive med standardprofil i innerräl).



Figur 6. Kontrollpunkter vid provdrift 2.

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

- Okulär besiktning och fotografering, där räl och skarvar granskas med avseende på slitage, spricktillväxt, skarvtäthet, plastisk deformation och mätning av kontaktband.
- Rälprofilmätning med verktyget "Miniprof" för att bedöma rälsslitage på ReRail och ReRail:s övergångszoner av standardräl, genomförs varje halvår.
- Sprickdetektering genom oförstörande provning med ultraljud, genomförs varje halvår.
- Kontroll av ReRail:s spårledningsförmåga.

I övrigt förs dagbok över:

- Passerat tonnage och axlar, data hämtas från JVTC forskningsstation
- Väderleken – luftfuktighet - temperatur, vind, typ av nederbörd, snabba temperaturvariationer.

3.1 Resultat provdrift

Totalt har 18 månadsrapporter genomförts tom. april 2022, varvid ca 20 Miljoner Bruttoton (MBrT) har passerat över provstället. Under perioden har ett flertal extra okulära kontroller genomförts på plats och via den overheadkamera som monterats över provstället i kontaktledningssystemets bärlina. Kameran visar bilder i realtid och det är möjligt att styra och zooma in mot intressanta områden att studera. Den har också ett antal fördefinierade kontrollpunkter, t. ex. skarv 1, 2, 3., rakt ner, riktning hamnen, riktning mot Luleå. Extra kontroller har genomförts för att kontrollera eventuella spaltöppningar i skarv ReRail-ReRail vid kall väderlek, extrakontroll av en ytskada i form av en urskalning av material på ytterrälens fältsida (Sy5) som observerades den 20 april 2021 se figur 7 samt en spricka på innerrälens farbana vid skarv ReRail (Si2) övergångszon-ReRail kapp 1 som observerades i början av april 2022, se figur 8.



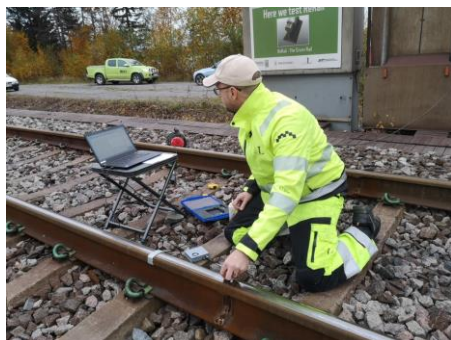
Figur 7. Ytskada observerad på ytterrälens fältsida skarv 5, till höger skadan dokumenterad via overheadkamer.



Figur 8. Spricka med längd 20 mm, Övervakningsbild tagen med OH-kamera i syfte att bevaka spricktillväxt.

Totalt har två spårledningsmätning genomfört, där inga skillnader i spårledningsförmåga uppmätts mellan ReRail och standardräil.

Rälprofilmätning med MiniProf har genomförts vid tre tillfällen. Den första genomfördes den 9 december 2020 och visade inga avvikelser gentemot projekterat läge. Mätning nummer två genomfördes den 21 maj 2021 och visade att profilen på ytterrälen inte slitits nämnvärt och för profilen på innerrälen finns inget att anmärka på. Mätning nummer tre genomfördes i december 2021 men avbröts på grund av isbildning på rälen. Oförstörande provning med ultraljud har genomförts två gånger våren 2021 och september 2021. Vid dessa mätningar kontrollerades de områden där rälskador observerats, se figur 9. Kontrollens utlåtande var att defekterna endast var ytliga och att rälsaterialet inunder var homogent och utan sprickor. Vid septemberkontrollen genomfördes mätningar på tre punkter. Den första på standardräil, utan observerade skador, den andra på vid Sy5 där längsgående urskalningar observeras på ytterrälens fältsida och den tredje vid Sy2, där en misstänkt squat observerats. Mätningarna visade även denna gång att det inte fanns några tydliga tecken på underliggande defekter.



Figur 9. OFP-kontroll (Oförstörande provning med ultraljud).

Några övriga observationer är:

- Efter ca 2,9 MBrT observerades spricktillväxt i form av Head-Checks på anslutande räl.
- Skillnader med avseende på bredd på kontaktband observeras också i skarv mellan ReRail och standardräl. Kontaktbandet på standardrälen är bredare jämfört med ReRail.
- Det lim som applicerats mellan kappa och stomme trycktes ganska omgående ut, ner över räslivet.
- Att sista ReRail-kappan i färdriktning mot lossningshamn, vid två tillfällen har underhållslipats av misstag.
- Vidare konstaterades att spårviddsjustering genomförts på provstället, genom att utnötta mellanlägg mellan klämma och fot bytts ut.

Ett innersträngsbyte av anliggande standardräl har sedan tidigare planerats pga. stora urflisningar på standardräkens rälhuvud. Med anledning av detta samt att det uppstått en spricka på ReRail-innerräl vid Si2 så har Trafikverket av säkerhetsmässiga skäl, tagit beslut om att fasa ut ReRail:s provräl på innerrälen i samband med detta spårbyte. Provräl på yttersträng kvarliggare i spår för fortsatt provdrift. Den demonterade provrälen har nu transporterats till Luleå tekniska universitet för materialanalys.

Efter provdriftens slut, dvs. efter att även provrälen i yttersträng demonteras, genomförs en utvärdering av projektet för provdrift, med stöd av all insamlade fakta och alla delrapporter. Kontroll sker att alla krav är uppfyllda. En sammanfattande slutlig rapport skrivs och distribueras till målgruppen och övriga berörda inom Trafikverket för att om behov finns kunna vidta erforderliga åtgärder.

Resultaten hittills från provdriften visar att konceptet med en kappa fungerar men att en del utmatningar kvarstår innan ReRail går att använda fullt ut i normal drift. Antal bruttoton som passerat provsträckan beräknas teoretiskt att uppgå till 20 miljoner ton. Axellasterna för de lastade vagnarna har varierat mellan 30 och 32,5 ton.

Lärdomar och misstag från pågående provdriften nr 2 är följande:

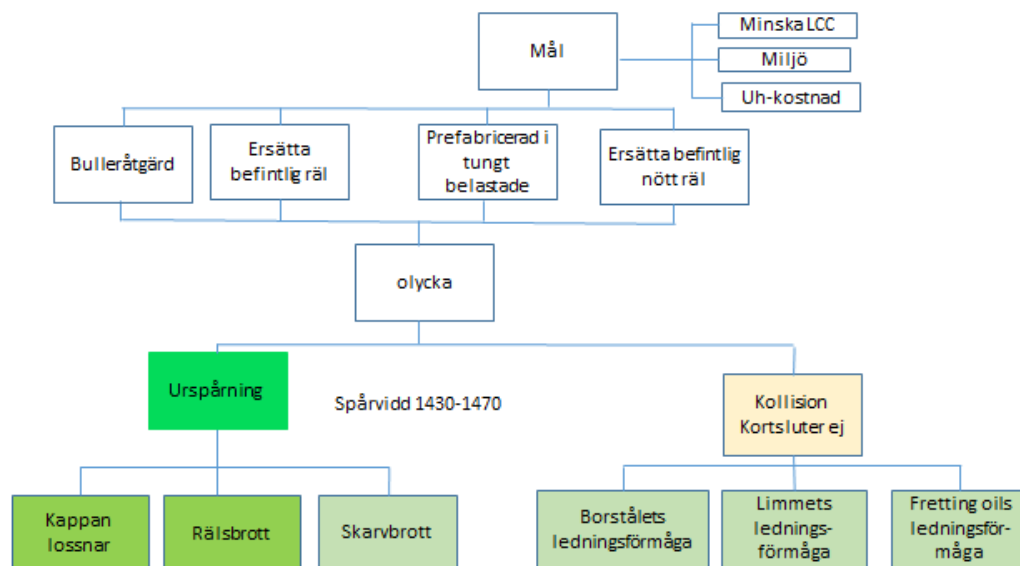
1. ReRail har tillverkats med MB1 profil både på inner- och ytterräl. Detta har medfört att malmtågens hjul möter sex övergångszoner på innerrälen då de kommer från en E1 60 kg-profil med 1100 kvalitet, möter en MB1 profil med 350H kvalitet på ReRail:s övergångsräl, för att sedan möta tre ReRail-kappor med MB1 profil, därefter ReRail:s andra övergångsräl med MB1 profil för att sedan slutligen rulla över på en nött E1profil på anslutande räl. Det är känt att geometriska och materialtekniska övergångar skall undvikas och dessutom inte ske i nära anslutning.
2. Underhållsslipning av ReRail genomfördes trots att provplatsen märkts ut samt att underhållsentreprenören underrättats om att slipning av ReRail ej var tillåten. Slipningen kan ha påverkat hårdningen av materialet: aktivitet blir att utföra efterföljande materialanalys – samt rälprofilmätning.
3. En långsgående spricka har uppstått i farbanan på ReRail kappan vid skarv (Si2) mellan passräkens övergångszon och ReRail:s första kappa. Ett fenomen som även observerades då ReRail testades i fullskalig provrigg i Pueblo. Huruvida detta beror på att det uppstår

nivåskillnad pga. skillnad i räl-materialens hårdhet, eller att kappan tillåts böjas mot stommen på grund av toleransavvik, måste nu utredas.

4. Vidare var det svårt att dokumentera underhållshistorik då åtgärder utfördes och inte registrerades i de underhållssystem som skulle användas.

4 Implementering av ReRail i dagens järnvägssystem

Inför den första provdriften gjordes en bedömning att ReRail inte har negativ säkerhetspåverkan jämfört mot standardräl och vedertagen praxis, men då standardrälen är en högriskkomponent med avseende på risk för kollision och urspårning ansågs det att ReRail dock bör bedömas som en ändring som kan påverka säkerheten. De mål och risker som initialt har identifierades finns illustrerad i figur 10, där målet med ReRail är att minska underhålls- och livscykelkostnaden samt minska miljöpåverkan med avseende på koldioxidemission. ReRail kan även användas för bullerdämpande åtgärder (Sundgren, 2015). Vid installation av ReRail räl finns risk för olycka i form av urspårning pga. att ReRail:s kappan lossnar, att det uppstår ett räls- eller skarvbrott eller att tågfordon krockar pga. av spårledningsförmågan som detekterar att det finns fordon på banan fallerat.



Figur 10. Mål, användning och risk.

Inför provdrift 1 kvarstod fyra frågeställningar som krävde fortsatt validering:

1. Om ReRail:s något lägre ledningsförmåga påverkar ReRail:s förmåga att detektera spårbeläggning?
2. Hur oförstörande provning (OFP) på underliggande stommes rälhuvud ska genomföras och huruvida detta är nödvändigt?
3. Hur märkning av ReRail kappan med avseende på spårbarhet, till exempel tillverkningsår?
4. Adhesion (vidhäftning), dvs. om ReRail:s friktionsegenskaper innebär att tåg lättare slirar i branta uppförlut?

Beträffande den första frågeställningen har vare sig provdrift 1 eller 2 visat på att ReRail påvisar försämrade möjlighet att detektera spårbeläggning.

Frågeställningen om hur oförstörande provning ska genomföras på stommens rälhuvud är fortfarande under utveckling. En fråga som ställts är huruvida denna detektering kan göras från ett ultraljudståg som har en mät hastighet på 70 km/h eller om mätningen måste göras manuellt av besiktningsman i spår. Att övergå till manuell besiktning är dock inte att rekommendera eftersom detta är tidskrävande och medför att tågkapaciteten reduceras.

Ett förslag på den tredje frågeställningen – att märka ReRail har – har tagits fram (2016-02-20, av Anders Sundgren). Tillverkningskrav på toleranser på slutprodukten ska verifieras och dokumenteras genom all kontroll, ReRail:s id präglas under rullformningsprocessen på kappans nedre kant, vilket omvandlar Medel Risk till låg risk.

Den fjärde frågeställning handlar mer om att utreda huruvida ReRail:s lägre friktionsegenskaper jfr standardräl medför att tågen lättare kommer att slira i branta stigningar. Med kunskap om ReRail:s eventuella sämre friktionsegenskaper kan nya direktiv för användning och ev. tekniska lösning utvecklas, t.ex. förse ReRail med en mer skrovlig yta vid placering i stigningar större än 10 %. Frågeställningen bevakas och friktionsmätning planeras genomföra under provdrift 2.

Under provdrift 2 har fortsatt utvecklingsarbete med avseende på sprickdetektering fortlöpt samtidigt som i detta projekt har genomförts en studie med avseende att identifiera befintliga och ev. nya krav som måste beaktas eventuellt uppdateras. Beträffande befintliga krav i gällande regelverk har metodiken varit att:

- Identifiera vilka styrande dokument som måste ses över TDOK, TRVInfra, etc för tillståndsovervakning, OFP, spårunderhåll, signalövervakning.
- Identifiera vad i dessa styrande dok som måste ses över
- Föreslå ändringar
- Identifiera remissorgan

Totalt har 25 styrande dokument identifierats (se bilaga 1), vara 10 bedöms behöva kompletteras med information och krav på ReRail.

Vidare har två workshops genomförts där experter deltog från Trafikverket, BDX och LTU. Vid dessa identifierades ytterligare frågeställningar som behöver studeras närmare och lösas. Dessa är:

- Om den underhållsslipning som av misstag genomförts vid två tillfällen, för att ta bort ev. sprickor och den nivåskillnad som uppstår mellan ReRail:s övergångszon och ReRail:s kapp, kan ha medfört anlöpning, som reducerar hållfastheten på ReRail.
- Hur stort sidoslitage kan tillåtas på ReRail:s farkant respektive hur stort höjdslitage kan tillåtas mitt på rälhuvudet, med avseende på att kvarvarande godstjocklek ska klara gränser för underhåll respektive säkerhet.
- Vid spårriktning lyfter spårriktningsfordonet rälen med hjälp av ett verktyg som klämmer under rälhuvudet. Finns det risk att ReRail lossnar? Vid spårriktning så böjs också spåret till en viss grad, kan detta påverka klämkräften i ReRail?
- Ny form för termitsvetsning av ReRails stomme måste tas fram och kvalitetssäkras.

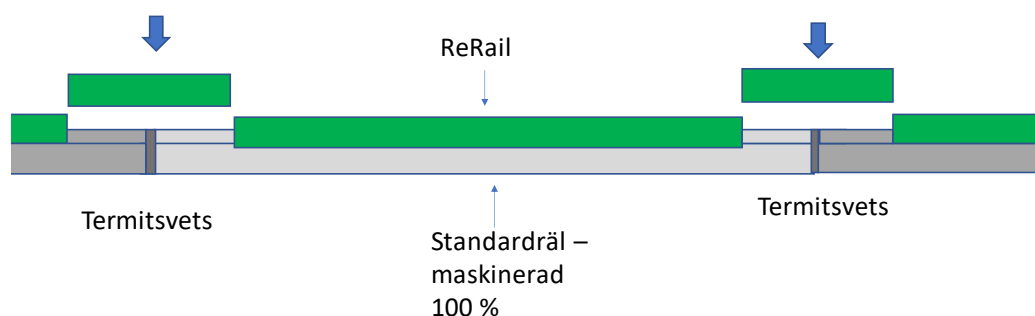
- Vid yttersträngsbyte måste man kontrollera om det finns isolerskarvar på den sträcka som skall bytas, emedan dessa sektionerar rälen med ett isolat.
- En procedurbeskrivning för hur reparation av ett eventuellt rälsbrott i stommens liv/fot på en ReRail sträcka ska genomföras, efterlyses. Vad ska bytas. Endast del av stomme eller hela ReRail sträckan?
- En procedurbeskrivning för hur reparation av ett eventuellt rälsbrott i ReRail kapp ska genomföras, efterlyses.

Utöver detta så observerades också att det uppstår extra påfrestning på provrälen när den övergår från ett "mjukt" rälsmaterial till ett "hårt" rälsstål på provrälen. Frågan är då om man behöver använda hårdare stål i övergångszonen direkt före ReRail-kappan, alternativt att man använder ett mindre hårt material än Hardox 450 på ReRail.

4.1 Skarvningsmetoder

Beroende på vilken affärsplan som väljs, kan skarvarna utformas olika.

Vid användning i kortare sektioner och i hårt belastade spår, t.ex. vid utbyte av kurvvråler med räler från 40 upp till 420 meter kan nuvarande skarvmetodik tillämpas. Vid längre längder kan sk. "lockteknik" tillämpas. ReRail:s stomme består då av en standardräl men med 10mm reducerat höjd av rälhuvudet över hela sträckan producerad genom vanlig rälvalsning eller maskinering av en standardräl i 100% av längden. I detta koncept appliceras ReRail:s kapp på huvuddelen av stommen, men där det i vardera änden lämnats kvar en övergångszon som är möjlig att termitsvetsa, se figur 11. ReRail-stomme termitsvetsas därefter in i spår, minsta avstånd mellan termitsvetsar är 5 meter. Termitsversen efterbearbetas och svetsssvulster avverkas, varefter en kortare ReRail-kappa monteras över svetsskarven i spår.



Figur 11. Skarvning av ReRail i långa spårpartier.

Vid denna skarvningsmetodik uppstår följande frågeställningar:

- Hur långa måste ReRail:s ned-maskinerade övergångszon minst vara för att inte påverkas av den värmeutveckling som uppstår vid termitsvetsning?
 - -Detta kan studeras genom enkla analyser och experiment.
- Om ReRail ska användas som "lock" över svetsskarven, måste en ny slipmetod utvecklas som inkluderar bortslipning av svets bulb under rälhuvudet.
 - Standard slipmetod i dag måste anpassas till att slipa under rälhuvudets kant.

- Vad händer om ett "ReRail-Lock" lossnar? Är klämkraften beroende av längd?
 - Klämkraft av ReRail kappor efter provdrift behöver utredas.
- Om man behöver byta ut en ReRail kappor på grund av att den uppnått säkerhetsgräns. Hur säkerställs då skarvning ReRail mot ReRail?

4.2 Demonstration av metod och teknologi för att byta ReRail – kappor i trafikerat spår

Att ta fram en metod och en teknologi samt demonstrera denna lösning i detta projekt, bedöms bli svårt pga. av att projekttiden är för kort. Vi förslår att detta demonstreras i den stund man planerar demontering av ReRail på grund av avslutad provdrift. En demonstration i laboratoriemiljö är under planering.

5 Uppskalering och affärsplan samt LCC

Det finns olika alternativ för hur de ingående komponenterna stomme respektive den c-formade kappan till ReRail ska tillverkas.

5.1 Tillverkning av ReRail stomme

Stommen utgörs av en TGM godkänd standardräl som kan variera i storlek (BV50, E60) samt i kvalitet B260, 350 och kan i en framtida produktion utgöras av en:

- nytillverkad ny standardräl anpassad för ReRail-kappa med profil designad som ReRail stomme.
- återanvända/bruka begagnad standardräl som fräses ned till stomme-profil.
- nytillverkad standardräl som fräses ned ca 10mm för att utgöra stomme till ReRail.

Ny standardräl med profil som ReRail-stomme kräver att rälstillverkarna skapar en ny produktionslina för ReRail-stomme. Detta är mogen teknologi och standardförfarande för produktion av räl men då ny profil kräver en investering i valsningsutrustning så kräver leverantörer en viss volym för att ta fram detta.

I tillfälle att en original standardräl måste fräsas ner till den profil(stomme) som ska passa till ReRail kappan så kan detta göras i Trafikverkets rälsverkstad i Sannahed, men kräver då att Sannahed får en produktionslina för nedfräsning av rälhuvud. Vid besök och diskussioner med Lars Nilsson vid Sannahed så har vi fått information om att detta är möjligt under förutsättning att utrustning för detta finansieras. I diskussion med Linsinger Maschinenbau och Seco Tools AB, så har vi fått information om att detta är mogen och utvecklad teknologi som är färdigt att implementeras. Nytillverkad standardräl tillverkas av bl.a. Vossloh och Voestalpine Steel och levereras i längder, vanligtvis 60 m, till Sannahed. Längder över 60 m kräver speciella rältransportvagnar och maxlängd för rältransport på järnväg är 420 m. I Sannahed svetsas rälerna samman medels brännsvets till upp till 420 m längder, men de kan också leverera räl med 20 meters längder. Reprofilering av nya räl kan också upphandlas av externa mekaniska verkstäder.

Att återanvända begagnad standardräl medför stora miljövinster och förlänger också järnvägens livslängd emedan rälstål är en ändlig naturresurs. För närvarande är återanvändning av begagnade räl lite, merparten går till skrot eller tillfaller spårbytesentreprenören. Det finns dock redan idag möjligheter att rehabilitera begagnade räl upp till 40 meters längder i Sannaheds rälsverkstad. Begagnad räl måste dock uppfylla de krav som ställs i TRVINFRA-00018 med avseende bl.a. på rakhet. Även uppnådd livslängd måste beaktas samt rälens historik av utmattningsbelastning. I ett framtida återanvändningsscenario bör demontering av begagnad räl ske innan rälens har slitit ned till sin säkerhetsgräns, så att eventuella ytskador och deformationer kan avlägsnas med marginal kvar för att skapa/fräsa ned profilen till ReRail-stomme. Ytterligare krav som kommer att ställas är att stommarna kontrolleras med avseende på sprickbildning. Begagnade räl delas in i reviderings-sort och får användas enligt TRVINFRA-00018. Med detta följer behov av att ändra underhållstrategin, där man i stället för att slipa, smörja sätter en säkerhetsgräns för ReRail-till kappan avseende på sidoslitage och

när denna uppnås, skiftas den gamla ReRail:s kappan mot en ny i spår, dvs. utan att den tas in till verkstad för byte.

5.2 Tillverkning av ReRail-kappa

Målsättningen är att ReRail-kappan ska rullformas med den teknologi som utvecklats av Accra AB där rullformning och härdning sker i en produktionslina. Denna teknologi är vidareutvecklad och implementerad hos tillverkare till bilindustrin (t.ex. Linde-Wiemann och Gestamp) samt av tillverkare som VoestAlpine och ArcelorMittal. Tillverkning av kappa har diskuterats med SSAB Finland som har anläggning för rullformning. Inför provdrift 2 påbörjades diskussion om ett uppköp för tillverkning hos Outokumpu, numera SSAB, som tyvärr inte kunde erbjuda småskalig prototypstillverkning då produktionsvolymen var för liten och produktionskostnaderna för höga för ett enkelt test. För småskalig tillverkning och för prototyper kan kappan tillverkas genom presshärdning hos leverantörer som exempelvis Deform AB.

5.3 Montering av ReRail kappa

Vid tillverkning av prototyper /provvråler till provdrift 1 och provdrift 2 så användes en kantpress vid Nova industri AB för att pressa kappan över stomme. Hela längden på 1,5 m blev då pressad direkt mot stommen. I industriell produktion och montering av ReRail på långräl så behöver kappan rullpressas längs stommen. Detta sker genom att hjul pressar kappan ned längs stommen från ena sidan och rullar längs stommen. Denna process är under utveckling och preliminära beräkningar visar att påläggningskrafter är rimliga för industrialisering. Projektgruppen arrangerade också en workshop 3/3 2022 samt 10/3 2022 med deltagare från Trafikverket, ReRail AB, Luleå tekniska universitet och Omicold AB. I denna workshop definierade vi ett antal olika områden för användning av ReRail och dessa var:

5.3.1 Rehabilitering av gamla räler i spår

En potentiell användning för ReRail är för rehabilitering av gamla räler liggande i spår. För att detta skall vara möjligt krävs att liggande originalräl fan fräsas ned till Rerail-stomme. Projektgruppen har varit i diskussion med LinMAG som har fräståg med kapacitet att fräsa ned rälen 3,6mm per pass. I diskussion med Bob Hardwell från Linsinger/LinMAG har vi förstått att det är fullt möjligt att fräsa till ReRail-stomme. Design och produktion av nytt fräsverktyg måste dock påräknas.

5.3.2 Prefabricerade räler i verkstad på ny respektive gammal stomme

Workshopen enades om att fräsning i spår tar för mycket tid i anspråk och förordar att ReRail AB går vidare med att fokuserar på prefabricerade långräler i ett första skede.

Bytesintervaller idag. Tidsperiod idag för byte på hårt trafikerade sträckor är 8 – 9 år, på det värsta sträckorna kan byte ske redan efter 300 MBT. Ett byte kräver ett servicefönster på 4 – 5 h, oftast erhålls max 4 h. Planerade byten är beslutade i Trafikverkets underhållsplan, i genomsnitt 4 mil per år, men på malmбанan förekommer 8 mil/år.

5.3.3 Rehabilitering av gamla räler.

Idag när en räl slits, slipas och degraderar så görs det en analys av rälens restlevetid baserat på när ett gränsvärde för utbyte har uppnåtts. Det finns flera kriterier men ett av de viktigaste är då svärsnittet har slitits och slipats ned så att mindre än 85 % är kvar av rälens ursprungligt böjmotstånd. Livslängden mäts i hur mycket utmattningsbelastning som rälsfot och liv utsatts för. Är böjspänningen mindre än 215 MPa så anses den vara under utmattningsgränsen och har då teoretiskt oändlig livslängd. Ett annat alternativt mått för byte av räl är – då rälerna har trafikerats med totalt 1 000 000 MBT. Genom att justera lite i dessa gränsvärden kan det vara möjligt att återbruka rälerna genom att förse dem med ett nytt rälhuvud.

En annan begränsning för rehabilitering av gammal räl är att Trafikverkets rälverkstad i Sannahed bara kan hantera begagnade räler upp till 40m i dag. Teoretisk maxlängd för rehabiliterad räl borde vara en långräl, dvs 420 m men detta behöver då en ny produktionslinje på trafikverkstaden. Rehabiliterade räler i 40 meters längder har lågt kommersiellt intresse då dessa ej används så mycket idag då det inte anses vara tidseffektivt, och endast i undantagsfall används 20 och 40 m längder. En annan begränsning med att återanvända gammal räl är att om rälerna är äldre än 40 – 50 år så anses materialet ha så dålig kvalitet att den skickas till skrot. Andra utmaningar med att återanvända gammal räl är att rost, hål, svetsar måste avlägsnas från räl som ska återanvändas och detta kan bli kostbart och arbetskrävande. Även övriga krav som ställs (via föreskrift) måste uppfyllas.

5.4 Hållbarhet och lönsamhetsanalys

I arbetet med uppskalering och samt ta fram en affärsplan har en Livscykelanalys för ReRail genomförts baserat på implementering som förstärkning av hårt belastade delavsnitt i befintligt spår. Exemplet som är valt är då att vid ett Yttersträngsbyte i en kurva med radie 600 m ersätta långräl på 420m i standard R350LHT E60-profil med en monterad ReRail på 420 m långräl, Se Bilaga 2. Analysen visar att ReRail långräl kostar ca 80% av standardräl vid första installationen under dess livstid, samt att ReRail då möjliggör både återanvändning av stomme, samt i framtiden också byte av endast ReRail i spår vilket rå reducerar installationskostnaden ytterligare.

Tidigare livscykel kostnadsanalys (LCC) har visat att under en längre period på ca 60 år så reduceras livscykelkostnaden med 21% : *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.*

5.5 Affärs- och marknadsplan

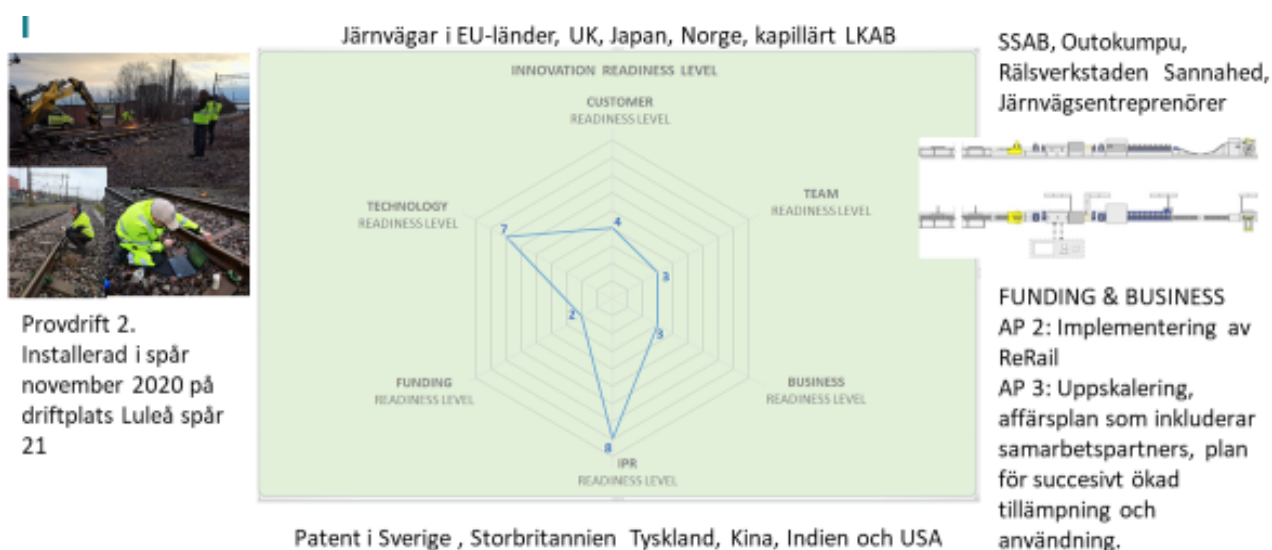
Sedan projektstart har ReRail AB inlett diskussioner med Arctic Business Incubator(ABI) för att utveckla en finansieringsplan och vidare affärsutveckling av företaget och innovationen. ReRail AB är nu en del av programmet "Arctic Business Accelerator" med både personlig coaching, stöd till nätverk och deltagande i workshops och möter med investorer. I skrivande stund har ReRail AB diskussion med ABI för externa finansiärer för utveckling av företaget. Affärsmodellen för ReRail består i att utveckla

samarbeten med underleverantörer av räl (Voest Alpine , Arcelor Mittal) samt rullformningsproducenter (SSAB, Linde+Wiemann). För att så erbjuda färdigmonterad ReRail i form av långräl som monteras i rälverkstäder (som fex trafikverkets rälverkstad i Sannahed). I järnvägsbranschen så består marknadsföring i stor grad av synlighet i internationella seminarier och konferanser samt att produkter uppnår TGM i de olika ländernas godkänningsorgan. Detta är en långsam process och vi har valt att starta med Svenska trafikverket som behovsägare och huvudsakliga kund. Första område för implementering av ReRail har då med Trafikverket valts till att vara för vid utbyte av yttersträng långräl (420 m) i hårt belastade kurvor för malmbanan med hög axellast 31 ton och högt slitage. Nu pågår diskussioner med Trafikverket om hur detta kan utföras förutsatt att fullskalig produktionsanläggning ännu inte är utvecklad.

6 Diskussion och slutsatser

6.1 Innovation Readiness Level

Vid start av projektet genomfördes en bedömning av innovationens mognad med avseende på teknik, marknad, team/organisation, affärsmässighet, immateriella rättigheter och finansiering. Projektet bedömde att de mest kritiska områdena att utveckla var att bygga en organisation och ta fram en affärsplan för att ta produkten ut på marknaden och för detta krävs givetvis finansiering, se figur 12.

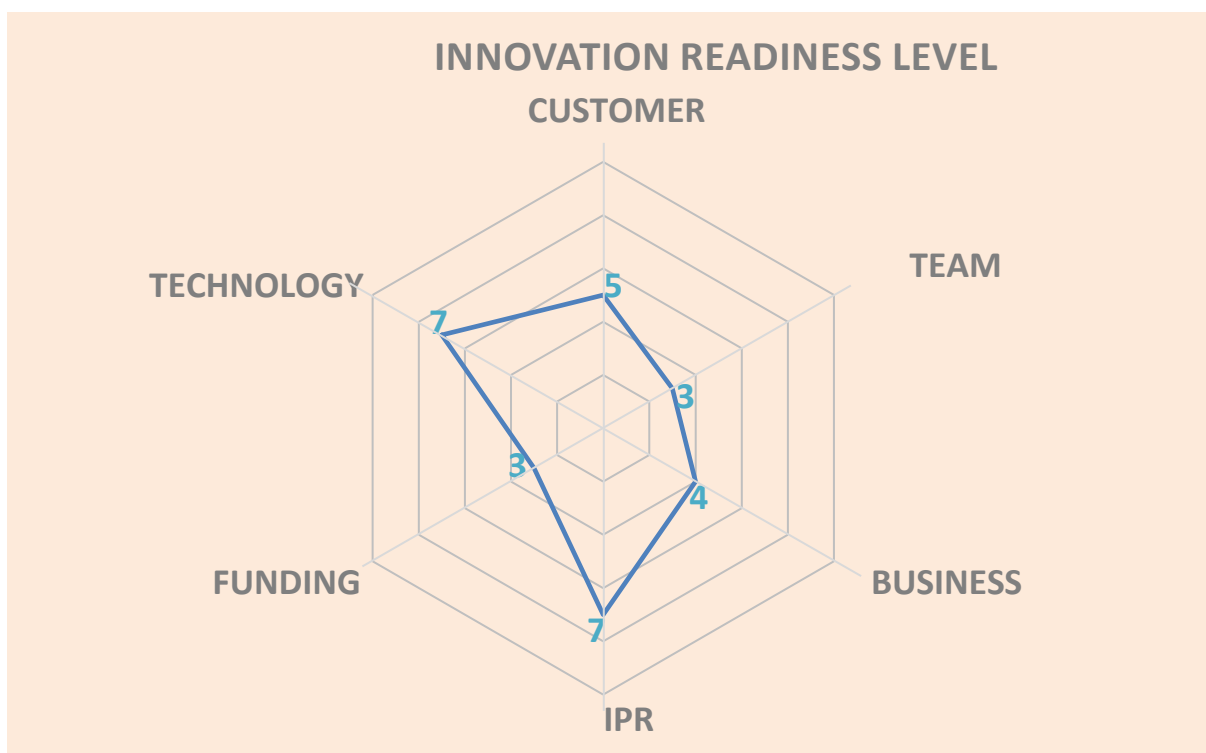


Figur 12.

Det övergripande målet för företaget ReRail AB är att ReRail ska bli en färdig produkt som går att sälja till infrastrukturägare i hela Europa. Projektets mål är demonstrera och kvalificera ReRail i fullskala provdrift, samt att säkerställa implementation i ett industriellt system/användning. Demonstration och kvalificering har genomförts i fullskalig provdrift med målsättning att lyfta TRL från 7 till 8. Resultat från provdrift och workshops med behovsägaren visar att konceptet med en kappa fungerar men att ytterligare problemställningar av teknisk karaktär identifierats och som kräver förnyad analys och provning, dvs ReRail kvarstår på TRL 7-nivå. Parallellt med provdrift har en studie genomförts i syfte att identifiera de regelverk som ev. behöver ändras och uppdateras vid en implementering av ReRail. För att säkerställa implementation i industriell användning har en vi arbetat med implementationsplan som prövats gentemot behovsägare via workshops, teamsmöten och studiebesök. Ett koncept för en möjlig produktionslina har diskuterats och preliminärt förankrats med framtida produktionspartners samt med behovsägare, dvs. projektets målsättning med denna aktivitet har uppnåtts. Parallellt har projektet enats om en möjlig uppskaleringsplan och en första implementering för ReRail.

En försiktig bedömning har gjorts där vi har ökat innovationens mognadsgrad något. Dock återstår det behov att förstärka företagets finansiering, samt utveckla samarbetet med underleverantörer för produktion och montering. Teamet behöver också förstärkas då företagets grundare Anders Sundgren

är över 70år och har planer på pension. Övriga deltagare i Teamet, som Ulla Juntti är ytterst kompetenta inom området och villiga till att bidra i teknologisk utveckling. Vi har utvecklat samarbetet med Luleå tekniska universitet , prof Uday Kumar och adj prof. Matti Rantatalo samt Prof Esa Vuorinen och har därigenom förstärkt kompetensen inom både järnvägsteknik och materialteknologi. Sammanfattningsvis har nivåerna för FRL, BRL och CRL ökat en nivå emedan TMRL är oförändrad, och IPR något svagare då patenter åldrats. Projektet ser detta som ett godkänt och positiv resultat, med tanke på att projektet tidslängd endast varit ett år. Se figur 13



Figur 13.

7 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.

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.

Sundgren, A. (2015). ReRail ett alternativ för att sänka underhållskostnaden för järnväg. Arbetsmaterial.

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.

Bilaga 1. Inventering gällande krav

Dokumenttyp	Version	Krav	Rådtext	Anläggningsyp	Titel	Identifiera krav som måste uppdateras, samt föreslå ändring	Remissorgan
TRVINFRA	271	1.0	x	Banöverbyggnad	Teknisk säkerhetsstyrning	Intet	
TRVINFRA	19	1.0.1	x	Banöverbyggnad	Makadamballast	Intet	
TRVINFRA	18	1.0.0	x	Banöverbyggnad	Spårkomponenter	Måste uppdateras med Rälprofil, stålsort, bl tabell KS.1, samt krav på tillåtet höjd och sidoslitage på ReRail	Trafikverket
TRVINFRA	16	1.0.1	x	Banöverbyggnad	Svetsning, bearbetning och smörjning	Kompletteras med avseende på vad som gäller för ReRail och ev. tillkommande krav	Trafikverket
TRVINFRA	15	1.0.1	x	Banöverbyggnad	Oförstörande provning	Kompletteras med provningsmetodik för ReRail	Trafikverket
TRVINFRA	13	1.0.1	x	Banöverbyggnad	Spåråge		
TRVINFRA	12	2	x	Banöverbyggnad	Spårssystem		
TRVINFRA	17	2.0	x	Banöverbyggnad	Spårväxel		
TRVINFRA	14	3.0	x	Banöverbyggnad	Stabilitetspåverkande arbete	7.1 Spänningsfri temperatur	Trafikverket
TRVINFRA	3	2.0	x	Ban- och stationsutformning	Spårgeometri	5.8 Vertikal kurva, gäller samma krav på ReRail som stål räl	Trafikverket
TDOK	2013-0143	3.0			Underhåll järnväg, feirapportering		
TDOK	2013-0195				Säkerhetsbesiktning - behörighetshandtering		
TDOK	2014-0072				TRV interna hantering av TP GK process för jyg		
TDOK	2014-0240	4.0	x		Säkerhetsbesiktning av fasta järnvägsanläggningar	Kompletteras med besiktninginstruktioner för ReRail	Chief VO Underhåll
TDOK	2014-0307				Tekniskt godkänt jyg mtrl TFM-införande		
TDOK	2013-0347	4.0	x	Banöverbyggnad	Banöverbyggnad - Spåråge krav vid byggande och underhåll	Kompletterad med krav för ReRail	Chief VO Underhåll
TDOK	2013-0393	1.0		Banöverbyggnad	Banöverbyggnad - Spårsvetning	Kapitel 6, Svetning av specialräler, kompletteras med ReRail	Chief VO Underhåll
TDOK	2014-0581				CSM-RA Bedömningsstöd för planerade ändringar i underhållsverksamheten		
TDOK	2013-0658	1.0			Urspråningsråliga spårågestel - Anmälan och trafikala åtgärder	Kompletteras med anmälningsrutiner för ReRail	Chief VO Underhåll
BVH	524.12	1.0		Banöverbyggnad	Måttuppgifter för räler och tungämnen, standardprofiler samt ålder och utgådda profiler	Kompletterad med måttuppgifter för ReRail	Chief VO Underhåll
TMALL	0377				Ibruktagningsbesiktning bananläggning		
TMALL	0387				Säkerhetsbevisning banöverbyggnad		
TMALL	0681				Leverans-underliga till linjeboken		
TMALL	0824				Ibruktagningsbesiktning bana efter spårarbete		
BVF	544.14002	2001	x	Signal	Krav på säker kortslutning av spårledning	Axelresistans. Elektriskt motstånd hos axeln, uppmätt på löpytorna från hjul till hjulring får inte överstiga : 1) 0.1 Ohm för axlar i drift. 2) 0.01 Ohm för nya eller renoverade axlar. Nej avser fordons uppfyllelse	

Bilaga 2. LCC för yttersträngsbyte 420m långräil

LCC Yttersträngsbyte (ReRail)		Case 1 & 2: Sträckan Svappavaara-Råtsi har två kurvor som kan vara av intresse.	
Kurvradie 600 m		1. Radie av 606 m och en totallängd av ink övergångskurva är <u>414 m</u> .	
12 Mbt/år		2. Radie av 704 m och en totallängd av ink övergångskurva är <u>343 m</u> .	
R350LHT E60-profil		slipning 1 ggr/år på bana radie under 850 (svappavaara-råtsi) Bana 116	
		Påsvetsat hårt material i övergången från vanlig räil till ReRail. "evt Hårdgörning"	
Installationskostnad	504000	ReRail (E60 eller MB1 profil)	
Materialkostnad	273840	Installationskostnad + spårledningskontroll	600600
Underhållskostnad (Slipning) 1 ggr/år	462000	Materialkostnad 100 meter (Stomme + kappa)	357000
Underhållskostnad (OFP, tåg) 1ggr/år	126000	Underhållskostnad (Slipning 1 ggr) Nedast Vid skarvar då anslutning nö	220
20 m byte 1 ggr	37040	Underhållskostnad (OFP, manuell kontroll, krävs procedur)	693000
		20 m byte 1 ggr (Kappan inkl arbete, maskiner etc)	45600
Kostnad/år	70144	Kostnad/år	56547
		Skillnad ReRail mot R350 LHT E60 profil	0,80616066

	R350LHT	ReRail
Curve radius [m]	-600	
Length [m] (del av kurva)	420	420
Annual load [MGT/year]	12	12
Axle load [ton]	25	25
Maintenance interval [MGT] (Slipning)	24	0
Grinding depth (W1) [mm]	0,2	0
Grinding costs [SKR/m Track]	55	55
Wear on high rail 2016 [mm]	W2=7 W1=5	
Rate of interest [%]	0	0
Inflation rate [%]	0	0
Costs for rail implementation (logistics, costs for welding) [SKR/m Track]	1200	1430
Rail investment (construction costs) [SKR/m]	652	
Rail investment Rerail (construction costs) [SKR/m]	Materialkostnad stomme+kappa (meterpris)	850
Service Lives of rails under investigation [years]	20	30