

# Spoorstaven

## Spoorkracht 11: spoorstaafonderhoud

03-06-2026



**ProRail**

Verbindt. Verbetert. Verduurzaamt.



## Wie ben ik?

- ***Dr.Ir. Bart Schotsman***
- Systeemspecialist spoor
  
- Spoorstaven
  - Staalsoorten
  - Profielen
  - Onderhoud
    - Defectdetectie
    - Preventief slijpen
    - Correctief frezen

# Waar kennen jullie mij van?



# Waar kennen jullie mij van?

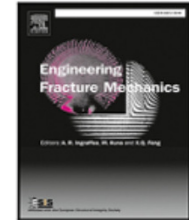
Engineering Fracture Mechanics 313 (2025) 110657



Contents lists available at ScienceDirect

## Engineering Fracture Mechanics

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/engframech](http://www.elsevier.com/locate/engframech)



## Experimental investigation on the fatigue and fracture toughness properties of hypereutectoid rail steel

B. Schotsman <sup>a,b,\*</sup>, V. Mattos Ferreira <sup>a</sup>, D. Leonetti <sup>c</sup>, R.H. Petrov <sup>a,d</sup>, M.J. Santofimia <sup>a</sup>, J. Sietsma <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Delft University of Technology, Department Materials Science and Engineering, Mekelweg 2, 2628 CD, Delft, The Netherlands

<sup>b</sup> ProRail, Moreelsepark 3, 3511 EP, Utrecht, The Netherlands

<sup>c</sup> Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands

<sup>d</sup> Ghent University, Department of Electrochemical, Systems and Metal Engineering, Technologiepark 46, Ghent, Belgium

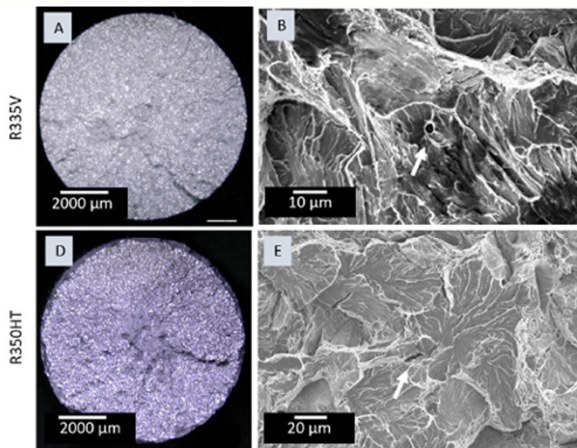
### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Hypereutectoid  
Crack growth  
Fracture toughness  
LEFM  
Fractography

### ABSTRACT

Increasing train speeds and the reduction of maintenance slots places high demands on the railway rails. To meet the challenging demands, producers regularly introduce new steel types. In this experimental investigation is the mechanical behavior of an air-cooled vanadium-alloyed hypereutectoid rail steel presented. The rail is produced applying conventional hot rolling of a reheated bloom and is then cooled on a cooling bed. The mechanical behavior is determined by performing standardized linear elastic fracture mechanics tests. The necessary specimens



# Waar kennen jullie mij van?

## Symposium: Railway rails and rail maintenance, now and in the future

[Home](#) / [m2i.News](#) / [Symposium: Railway rails and rail maintenance, now and in the future](#)

The M2i research project *Fundamental study of contact fatigue strength of rail after grinding* has resulted in a thesis entitled ***Damage behavior of ground pearlitic railway steel***. Researcher Bart Schotsman and promoters Em Prof.Dr.Ir. Jilt Sietsma, Prof.Dr. Maria Santofimia Navarro and Prof.Dr.Ir. Roumen Petrov of the Department of Materials Science and Engineering (Faculty of Mechanical Engineering, TU Delft), organize a symposium to mark the completion of the project.

When? 19 November 2025, 09:30-14:00 o'clock

***Symposium: Railway rails and rail maintenance, now and in the future***

Where? Industrial Design Engineering Hall 0 - Hans Dirken,  
34.D-1-810 of Delft University of Technology



Waar kennen  
jullie mij van?

TNOvector

Contact

EN ▾



Expertise ▾

Articles

Calendar

About ▾



## ProRail leads the way in Europe with green rails

Published on 7 April 2026

The production of rails generates substantial CO<sub>2</sub> emissions. ProRail, the Dutch rail infrastructure manager, therefore aims to switch to green rails, made largely from recycled steel and produced using green electricity. However, such rails are still scarcely available on the market. ProRail asked TNO Vector to investigate the options and pathways for turning this ambition into reality.

# InnoRail

## Netwerkdag

14 juni 2018



# Spoorstaven

Waar kennen  
jullie mij van?



Spoorkracht 11 - Spoorstaafonderhoud

# Spoorstaven: er gebeurt veel

- Verduurzaming van de staalindustrie

**Spoorstaven worden straks niet meer met *erts*, kolen en gas gemaakt...**

**...maar met schroot, herbruikbare energie en groene waterstof...**

**...wat zorgt bij ProRail voor een reductie van 55% CO<sub>2</sub> op sps...**

**...en een keten die heel anders wordt...**

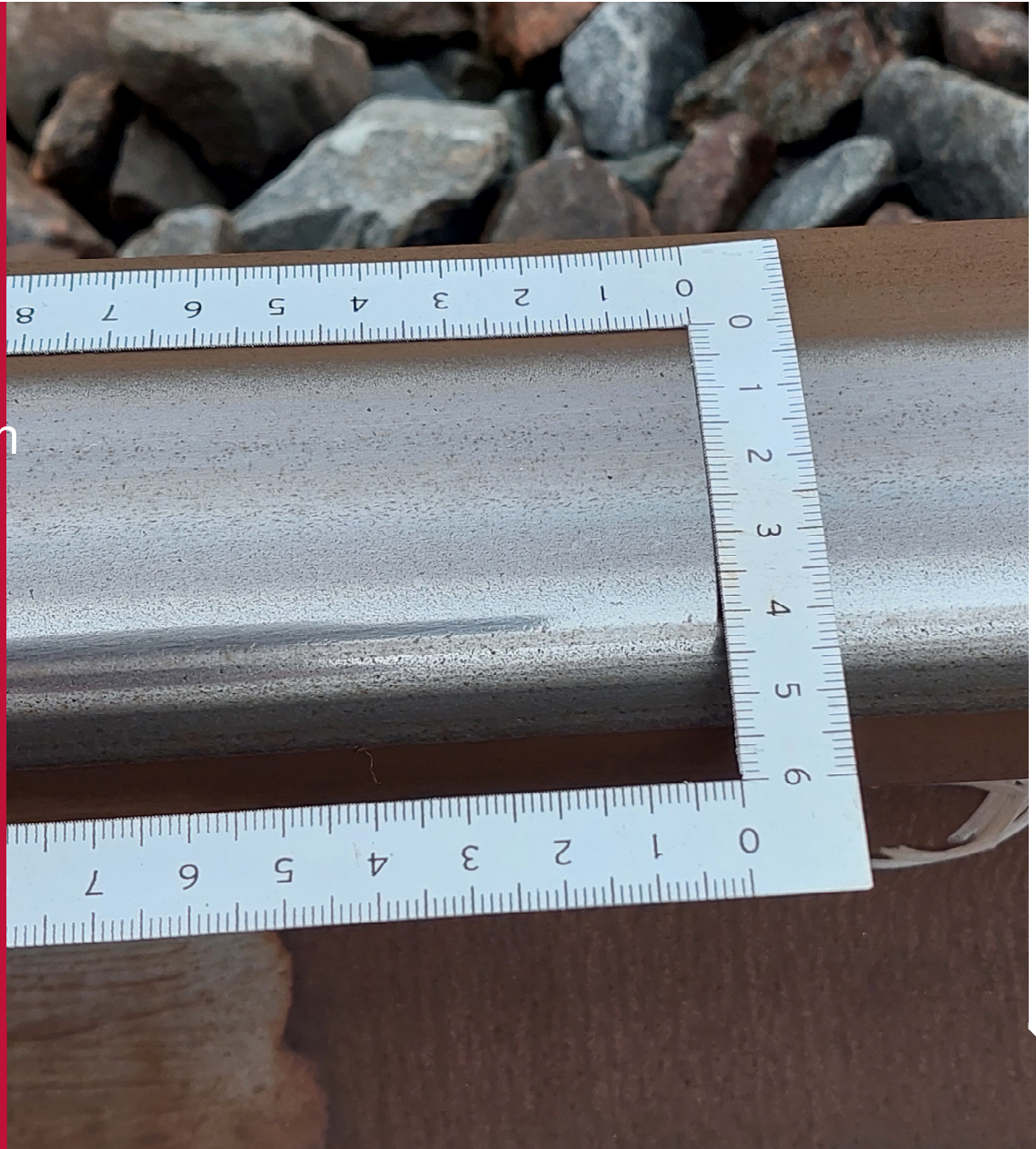


# Spoorstaven: er gebeurt veel

- Testen van nieuwe staaltypen:
  - Bainitische staalsoorten
  - Hypereutectische staalsoorten

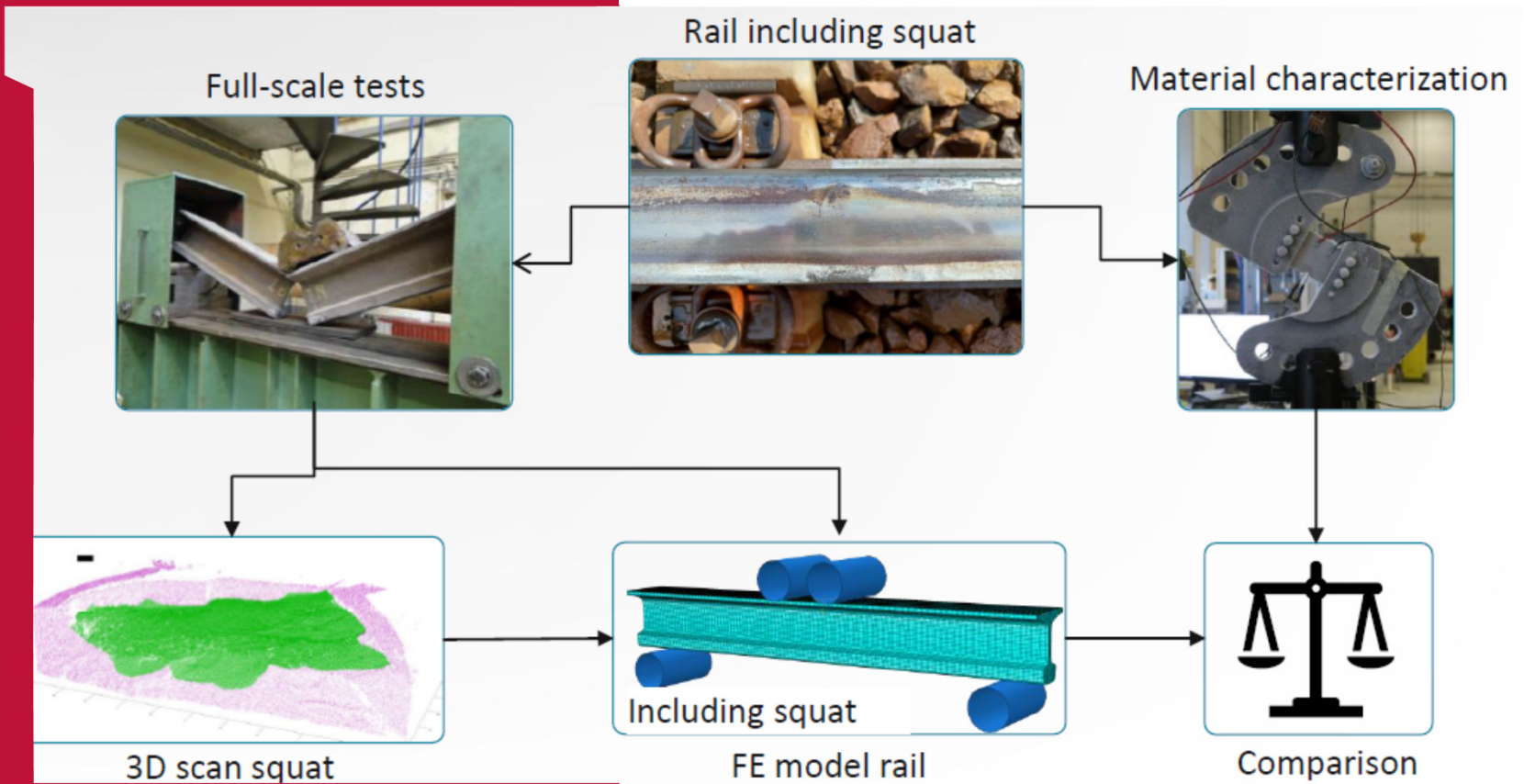


Spoorkracht 11 - Spoorstaafonderhoud



# Spoorstaven: er gebeurt veel

Onderzoek naar scheurgroeisnelheden van squats



# Spoorstaven: er gebeurt veel

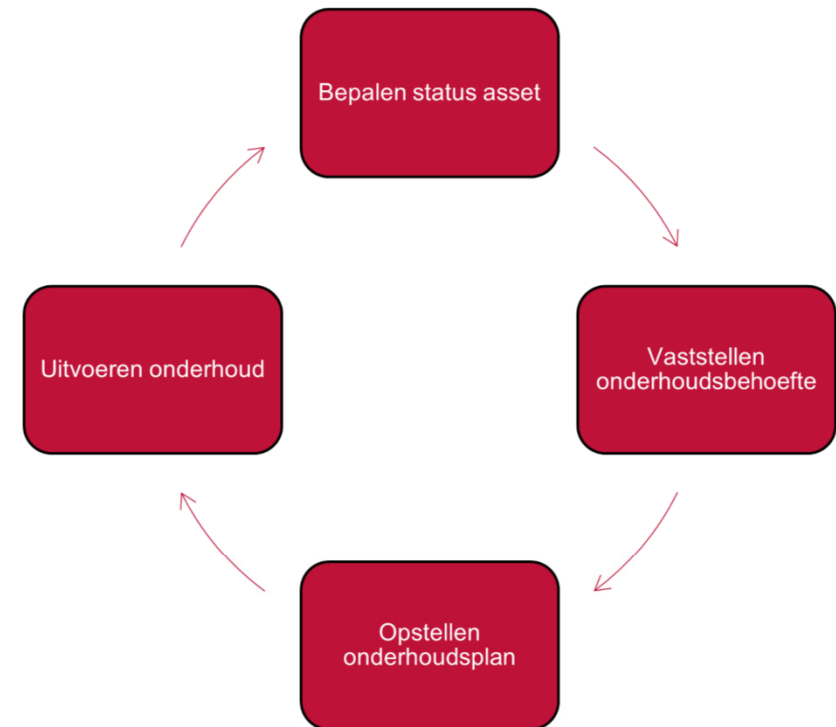
## Onderhoud

Hou het simpel;

- Verzandt vaak in optimalisatie;
- Verdelingsvraagstukken.

Spoorstaven:

- Cyclisch slijpen als basislaag
- Correctief waar nodig

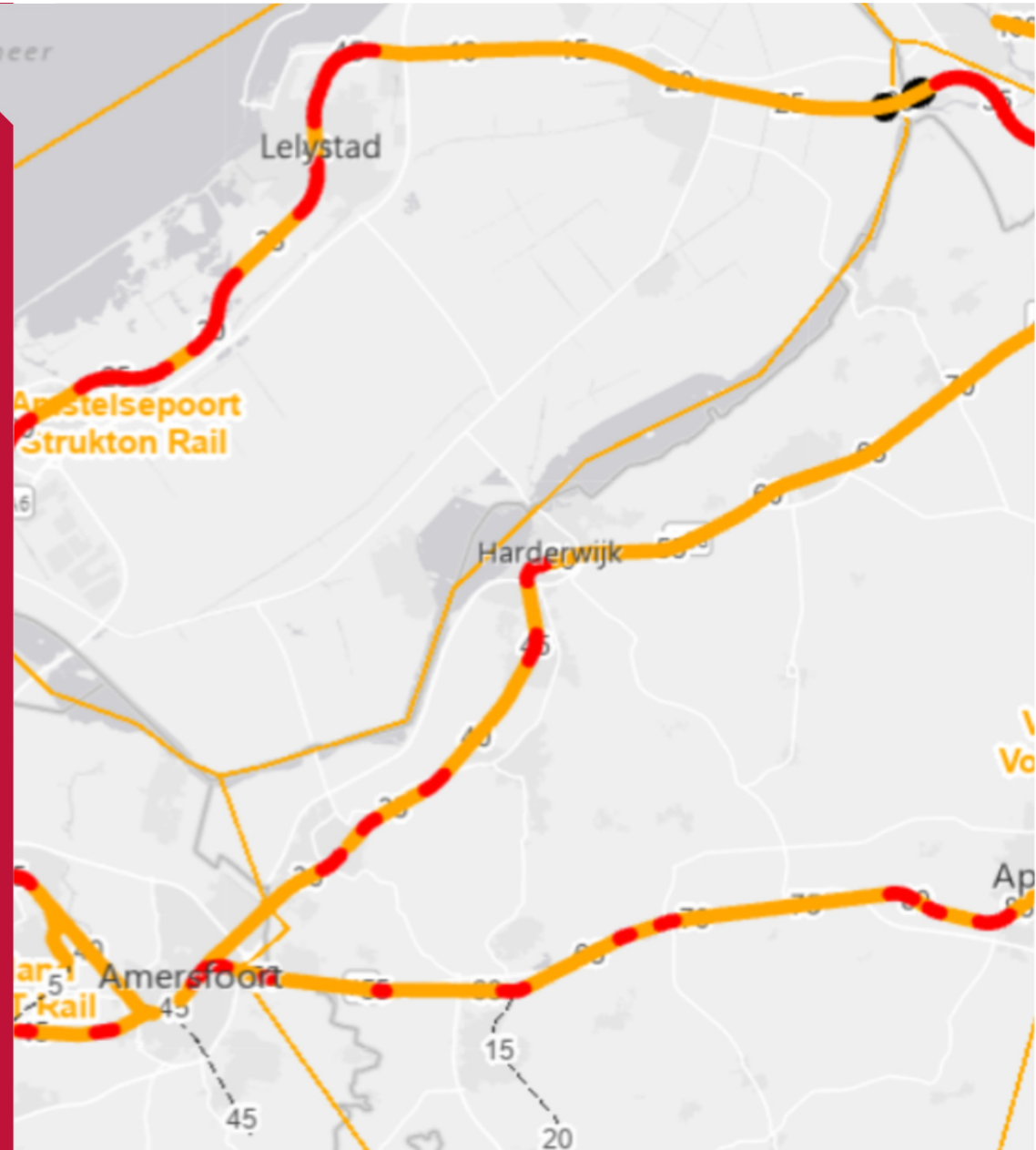




# Spoorstaven: er gebeurt veel

## Wijzigingen in 2027

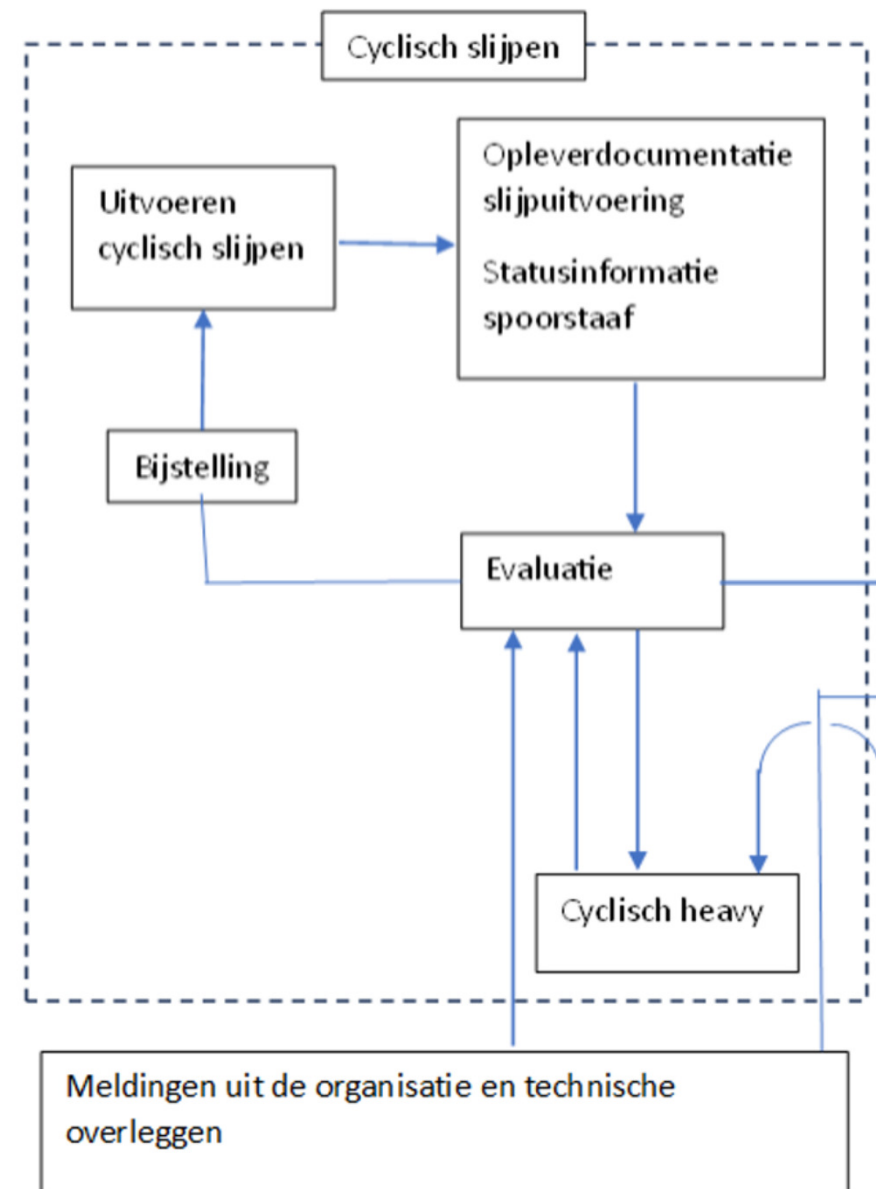
- Nieuw slijpcontract (2027-2029):
  - Slijpinterval spoor:
    - 15 MGT
    - Kleiner interval div spoorlijnen en knooppunten
  - Toevoeging correctief slijpen
- Frezen (2027-2030):
  - 140 km; 10 km voor 14 contractgebieden
  - PGO4 tranche 1-3 op afroep



# Spoorstaven: er gebeurt veel

## Wijzigingen in 2027

- ProRail gaat meer datagestuurd werken.
- Voor aansturing van het onderhoud aan spoorstaven betekent dit:
  - Afstemming slijp- en freesprogramma's
  - Afstemming met OH-aannemers (technisch overleg)
  - Gevraagd en ongevraagd advies over uit te voeren onderhoud
- Data-analyse en besluiten over aanvullend onderhoud op basis van datasets die Eurailscout data en RCF-inspectie aanvullen:
  - EC-data van Speno en Vossloh
  - Dwarsprofieldata van Speno



# Spoorstaven; er gebeurt veel

Vanaf 2027

- ProRail neemt zo meer regie;
- Een lijnanalyse levert een beeld op zoals schematisch weergegeven.

	Baanvak (opgedeeld) Activiteit	A	B	C	D	E	F	G
1	Vervangen		-----	—————	-----			
2	Frezen		—————		—————	-----		
3	Slijpen, correctief					—————	—————	
4	Slijpen, herprofilering	—————		—————	—————			
5	Lokale reparatie			-			-	
	<del>Onderhouds-activiteit</del>	Herprofileren	Afweging tussen activiteit	Vervangen gaat boven herprofilering	Afweging tussen activiteit. Bij frezen mogelijk nog lokale reparatie	Afweging tussen activiteit	Correctief slijpen	Geen actie
—	—————	OH activiteit						
	-----	Optie						



## Spoorstaven: er gebeurt veel

- Hoe je spoorstaafonderhoud inricht is bekend, niet vernieuwend en de vernieuwing betreft vooral organisatieinrichting
- Mijn oproep: laten we spoorstaven weer gaan onderhouden zoals we vroeger deden. Met aandacht maar nu in de nieuwe eeuw.
- Daar kijk ik naar uit!



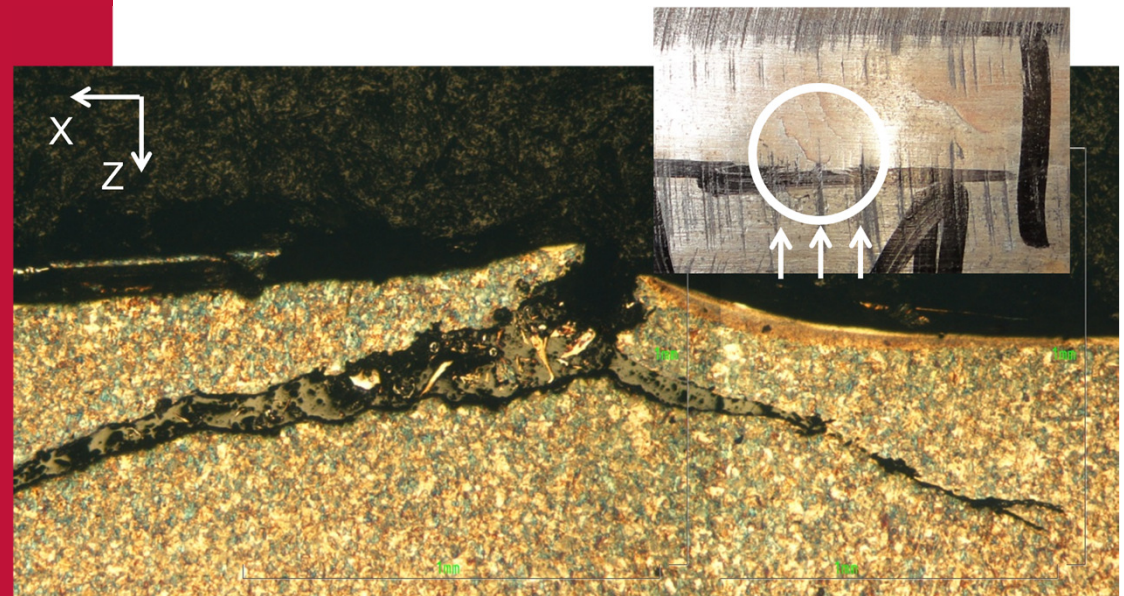
# Het toetje; PhD onderzoek

## Defecten in kopgeharde spoorstaaf

- Rond 2015 een sterke toename van defecten in R370CrHT spoorstaven
- Ontstaan vanuit diepe slijpgroeven aan de zijkant van de contactzone.



Typical spalling, Koekange (Dekra Rail, 2016)



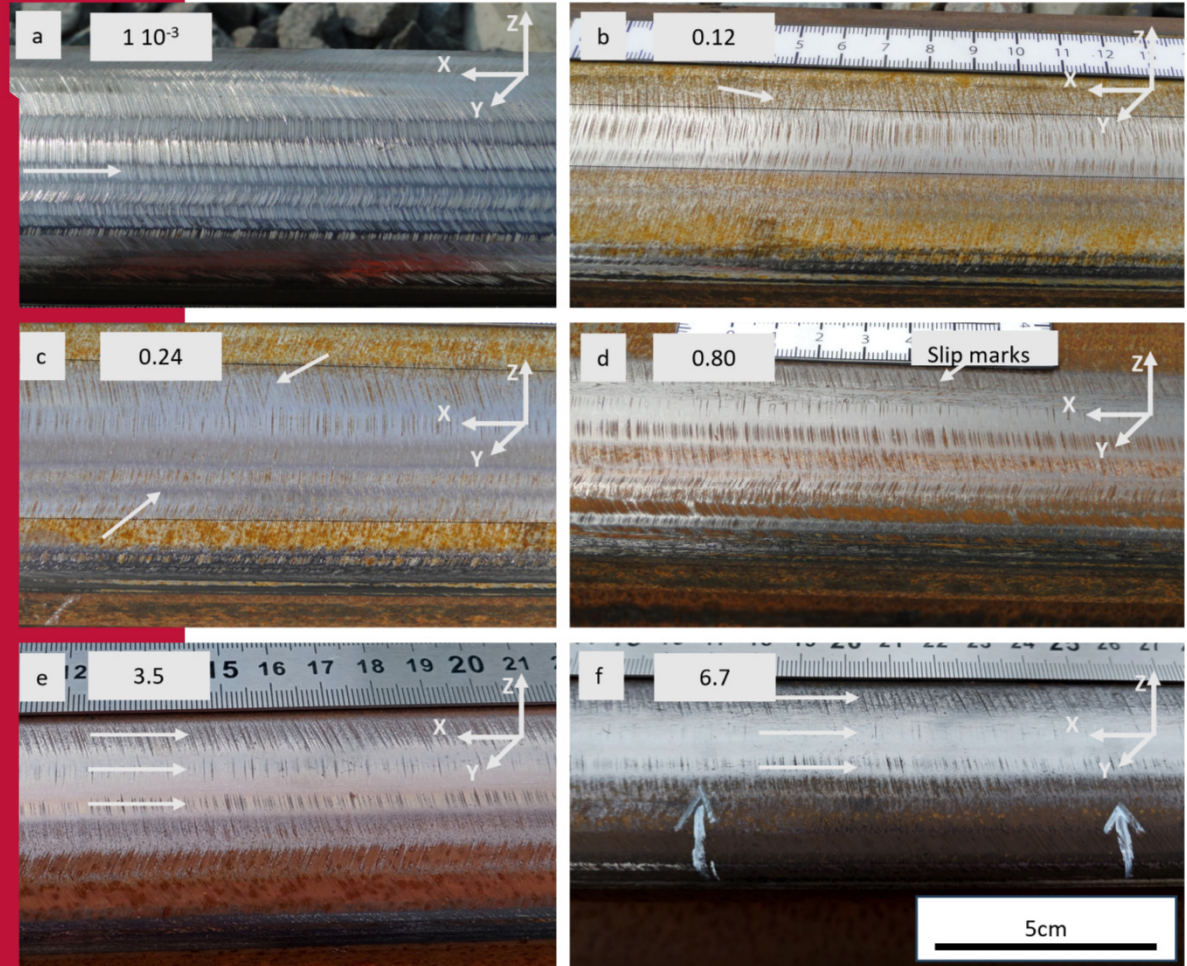
Scheurinitiatie, MHH, fly-over Blauwkapel (Schotsman, 2017)



# Het toetje; PhD onderzoek

## Vorming van het contactoppervlak

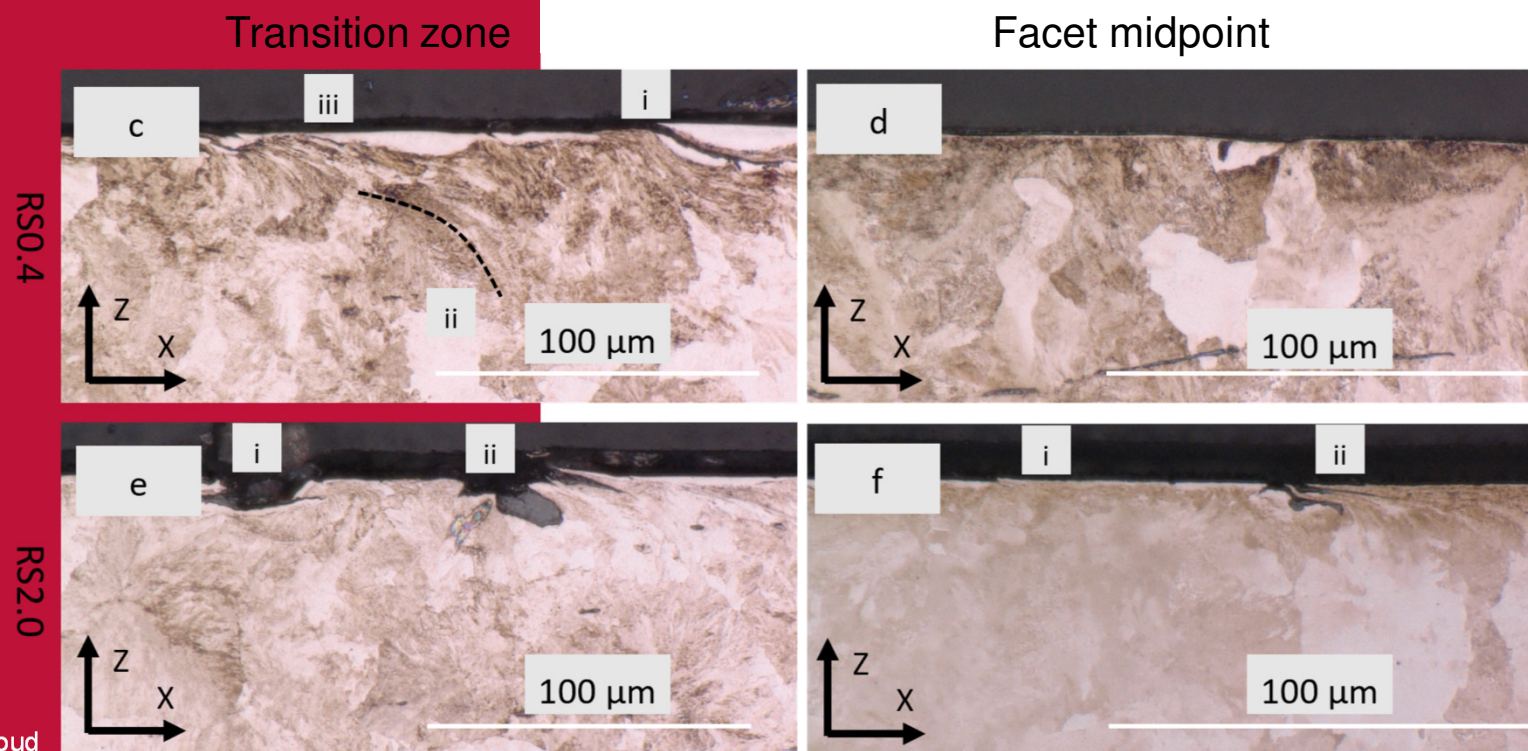
- $r \sim 1850$  m, UIC54E5 profiel
- Cumulatieve belasting in Mt
- Ontwikkeling:
  1. Verbreding van de facetovergangen
  2. Verbreding van het contact
  3. Afname van de dichtheid van de slijpgroeven



# Het toetje; PhD onderzoek

## Vorming van het contactoppervlak

- Afdekking van slijpgroeven
- Vervorming
- Vorming van een White Layer



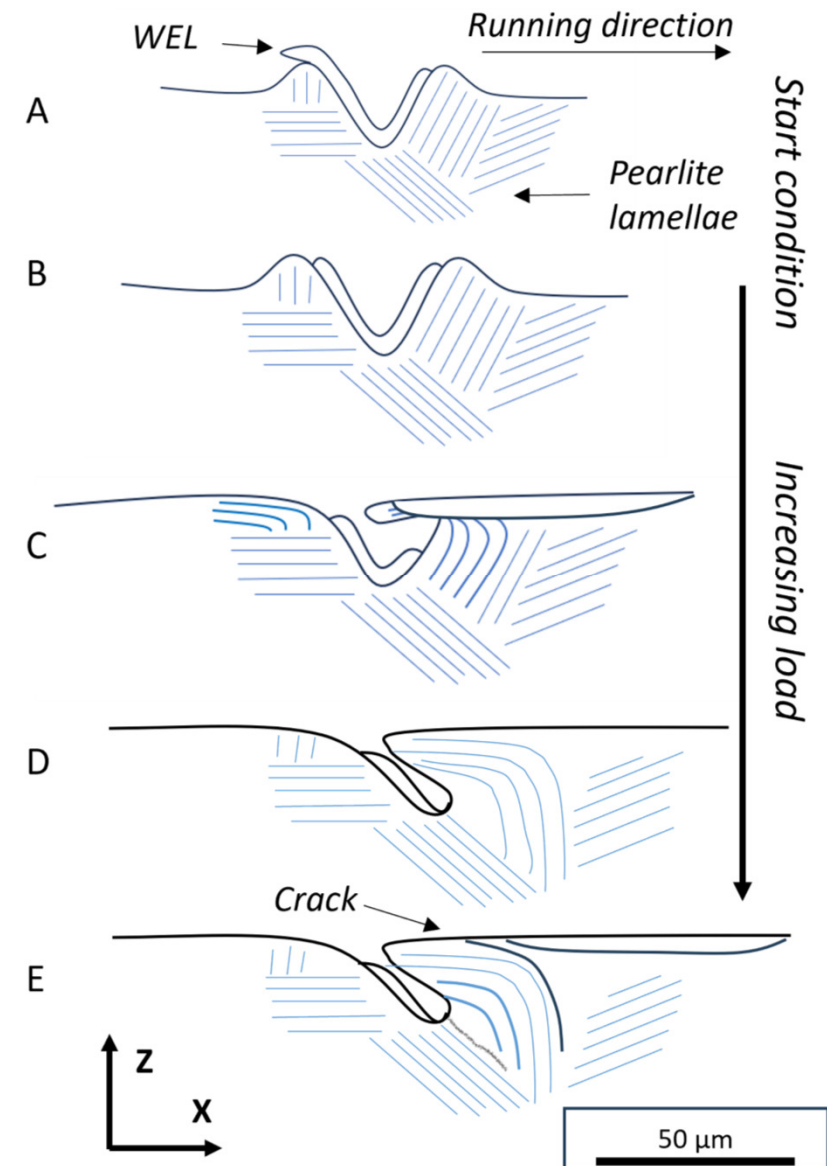
# Het toetje; PhD onderzoek

Het schade-initiatie model voor defectinitiatie uit het geslepen spoorstaafoppervlak

C: gedurende de breaking-in, de vorming van, het contactoppervlak bereikt het oppervlak een hoge temperatuur.  $\gg 730\text{ }^{\circ}\text{C}$

D: de diepere groeven worden dichtgereden, WEL verdwijnt, en ontstaat vervolgens als de slijtage zijn evenwichtspunt bereikt.

E: defecten beginnen te ontstaan. Voorkeurslocaties zijn in de groefbodem en aanliggend.



# Take aways

Spoorstaven: er gebeurt veel

- Bestudering van scheurgroei-eenheden
- Uitrol Advies op Maat
- Nieuwe contracten voor slijpen en frezen
- Inrichting van een nieuwe organisatie en datagedreven werken
- Samenwerking binnen ProRail met OH-aannemers op het gebied van onderhoud



# Vragen



Damage behavior of ground  
pearlitic railway steel

Spoorkracht 11 - Spoorstaafonderhoud

# Robotisering

Spoorstaaf



Puntstuk



# De LasRobot

Vertrouwelijk

**ProRail**

Verbindt. Verbetert. Verduurzaamt.

# Unieke samenwerking: 4 jaar geleden gestart



4,17 cm



# De branche staat voor flinke uitdagingen

- Duurzaamheidsagenda;
- Kostenreductie;
- Prestatie verbeteren;
- Beschikbaarheid verbeteren;
- Tekort technisch personeel;
- Verbeteren arbeidsomstandigheden;.

Verdere mechanisering, automatisering, robotisering gaat een grotere rol in het RailInfra onderhoud spelen.

# Issue/Kans

## Wat is het probleem?

- Ongeplande hinder door breuken
- Vroegtijdige vervanging door schade (RCF/USH)
- Veel passtukken
- Spoorstaaf, psk/ksk haalt levensduur niet.
- Tekort aan vakmensen

4,17 cm

## Wat is het belang voor ProRail?

- Minder storingen en minder hinder
- Levensduur verbetering systemen = duurzaam
- Toekomstbestendig onderhoud ondanks personeelstekort;

## Wat biedt de LasRobot?

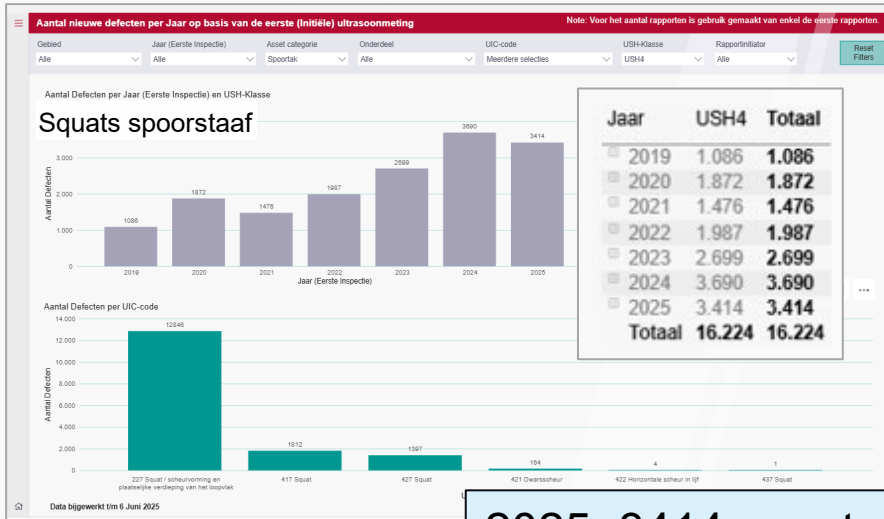
- Constante hoge kwaliteit van lassen
- Langere levensduur van spoor en puntstukken
- Capaciteitsvergroting, ook bij schaarste aan oplassers

## Wat vraagt dit van ProRail?

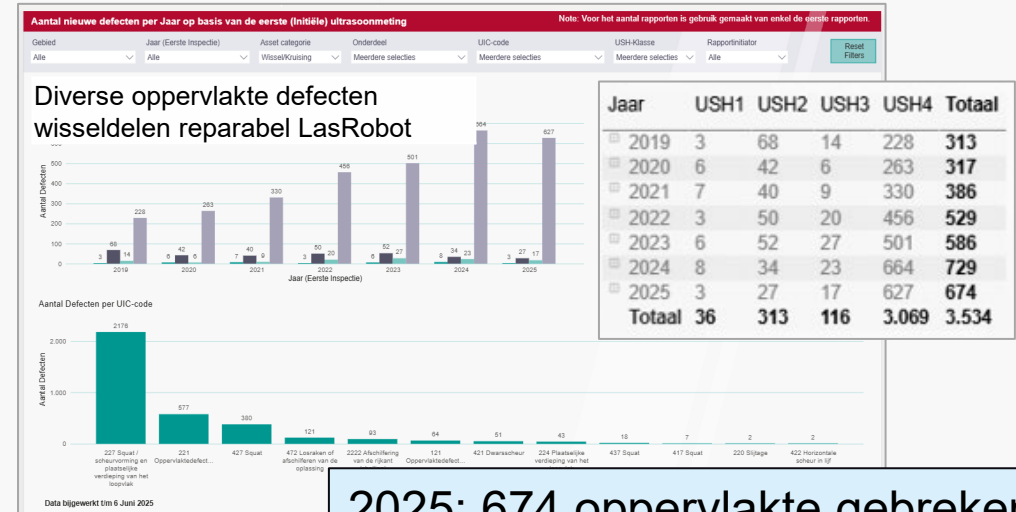
- Juiste **kaders** creëren om inzet LasRobot maximaal te ondersteunen;

# Veel vervangingen vóórdát slijtagenorm is bereikt

De LasRobot: focus op **Spoorstaaf** en **Puntstuk/Kruisstuk**



2025: 3414 squats USH4



2025: 674 oppervlakte gebreken

4,17 cm

Spoorstaaf



Puntstuk



# Doel: Optimaal Assetmanagement **Spoorstaaf** en **Puntstuk**

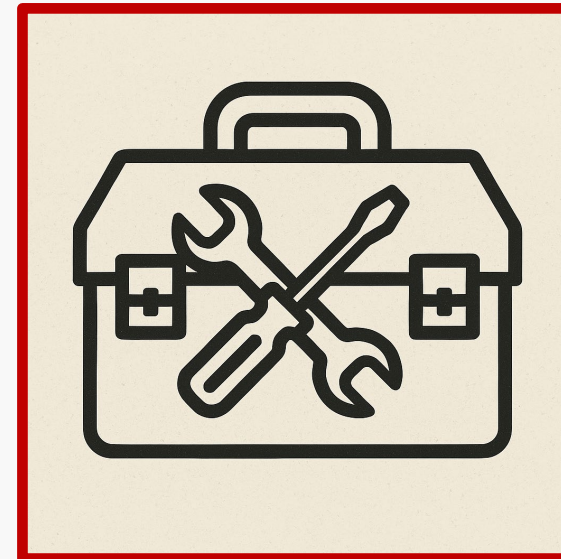
Activiteiten uitgevoerd in de juiste samenhang leveren het gewenste doel:

- Doel: *optimale prijs-prestatie*;
- Duurzaam, hoge beschikbaarheid, veilig, kostenefficiënt;
- Middels geoptimaliseerd onderhoud uiteindelijk vervangen vanwege maximale slijtage.

1. Stabiele ligging
2. Cyclisch slijpen
3. Additioneel: correctief slijpen of frezen
4. **Oplassen**
5. Passtuk
6. Vervangen op basis slijtage

4,17 cm

Juiste activiteit op het juiste moment



# Hoe verder?

ProRail onderzoekt welke voorwaarden, beleidskaders en ondersteunende maatregelen nodig zijn om robotisering te faciliteren en te integreren in de instandhouding van de RailInfra.

Specifiek LasRobot: ikzelf probeer binnen de ProRail organisatie de kaders voor perspectief voor de LasRobot aangepakt te krijgen. Belangrijkste zijn:

- ✓ (langere) Trein Vrije Periodes → *of* rollende TVP's *of* als 'trein' werk uitvoeren;
- ✓ Enkelsporig werken;
- ✓ Preventieve aanpak defecten → dus vóór USH4 wordt vastgesteld;
- ✓ Juiste contractvorm → level playing field is natuurlijk belangrijk



# Waar staan we?

## Homologatie:

- 260Mn → afgerond
- 350HT → loopt
- X120Mn12 → loopt



**ProRail**

Verbindt. Verbetert. Verduurzaamt.

# Waarom een lasrobot?

## Techniek

- Constante kwaliteit
- Gestandaardiseerde werkwijze
- Hogere levensduur van spoor en wisseldelen

- Focus op preventief werk
- Voorkomen grote defecten

## De Mens

- Schaarste bij oplassers
- Meer werk met minder mensen
- Hoge werkdruk met kans op fouten

- Dus: capaciteitsvergroting

- De robot voor “standaard” werk
- De oplassers voor complexe gevallen

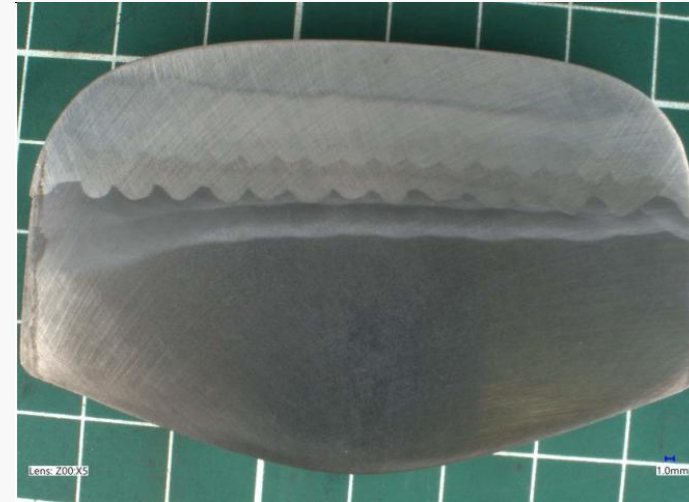
4,17 cm



# Het proces



# Het proces – labtesten (pre-homologatie)



17 cm



# Het proces – labtesten (pre-homologatie)



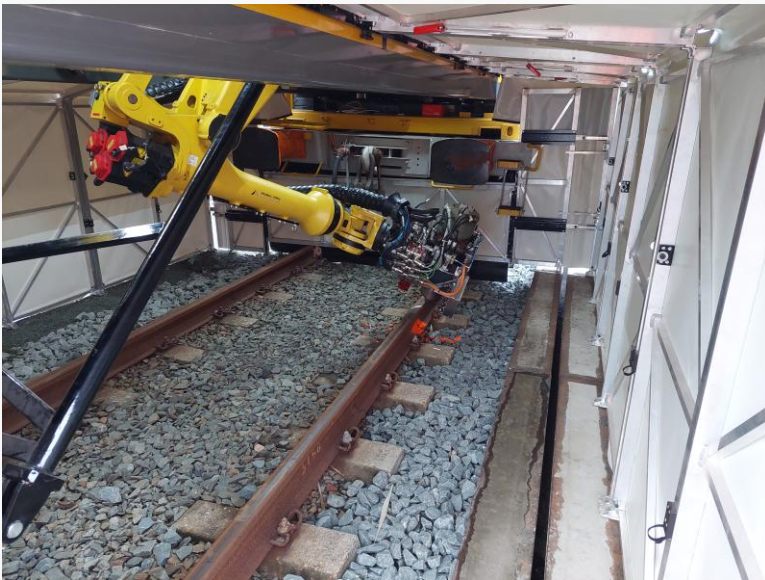
## Stappen:

- Inspecteren
- Frezen
- Voorverwarmen
- Lassen
- Grof frezen
- Fijn frezen / slijpen





# Het proces – Fieldtest



Spookracht 3 juni 2026



# Het proces – Fieldtest



Spookkracht 3 juni 2026



# Vooruitblik

## Pre-homologatie

- Onderzoek bij DEKRA/Certifer

## Voorlopige toelating voor:

- R350HT
- X120Mn12

## Fieldtest

- Inzetten lasrobot Q3 2026

4,17 cm

## Lasmethodekwalificatie voor:

- R260Mn





# Data-driven rail milling



Prorail, Railcenter, 03-06-2026

By: Carsten Jörn Rasmussen

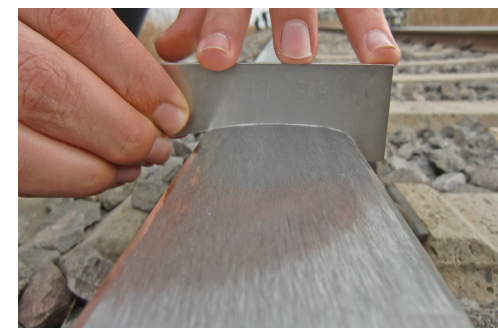
### Rail Maintenance Specialist (MSE, IWE)

- **12 years** testing of rails at FORCE Technology, DK
- **12 years** as Engineering Rail Manager, Banedanmark
- **5 years** as Rail Maintenance Consult at COWI, DK
- **Today** – Rail Maintenance Specialist at Linsinger Maschinenbau, Austria



### Content:

- Introduction to rail milling
- Case study from Finland
- Strategies of rail maintenance



## What is rail milling?



**Material removal on-site**  
rotating milling tools



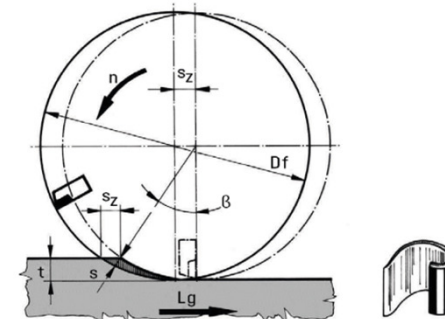
**Restores exact rail profile**  
smooth surface



**Controlled removal**  
removes all defects



**Clean & spark-free**



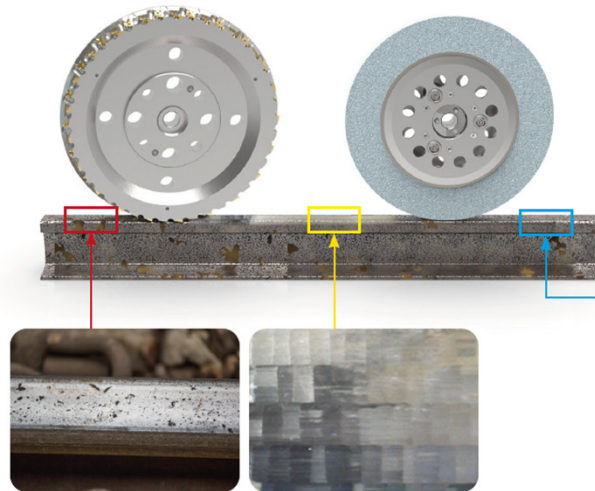
# How does rail milling work?

Two step process  
in one pass

## 1. Measure



## 2. Milling

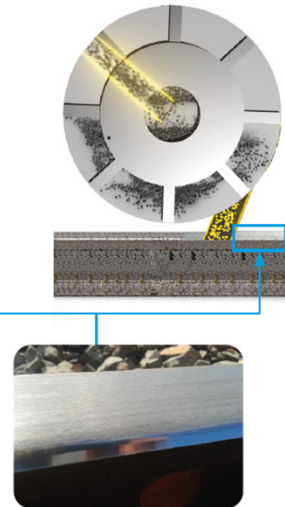


DEFECT

MILLED

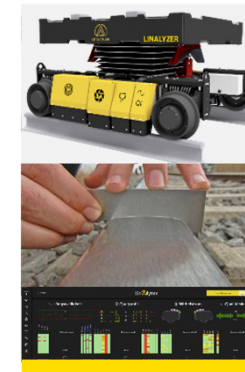
## 3. Finishing

- Polishing or  
- LINSINGER Smart Surface Technology (LSST)



MILLED & FINISHED

## 4. Report



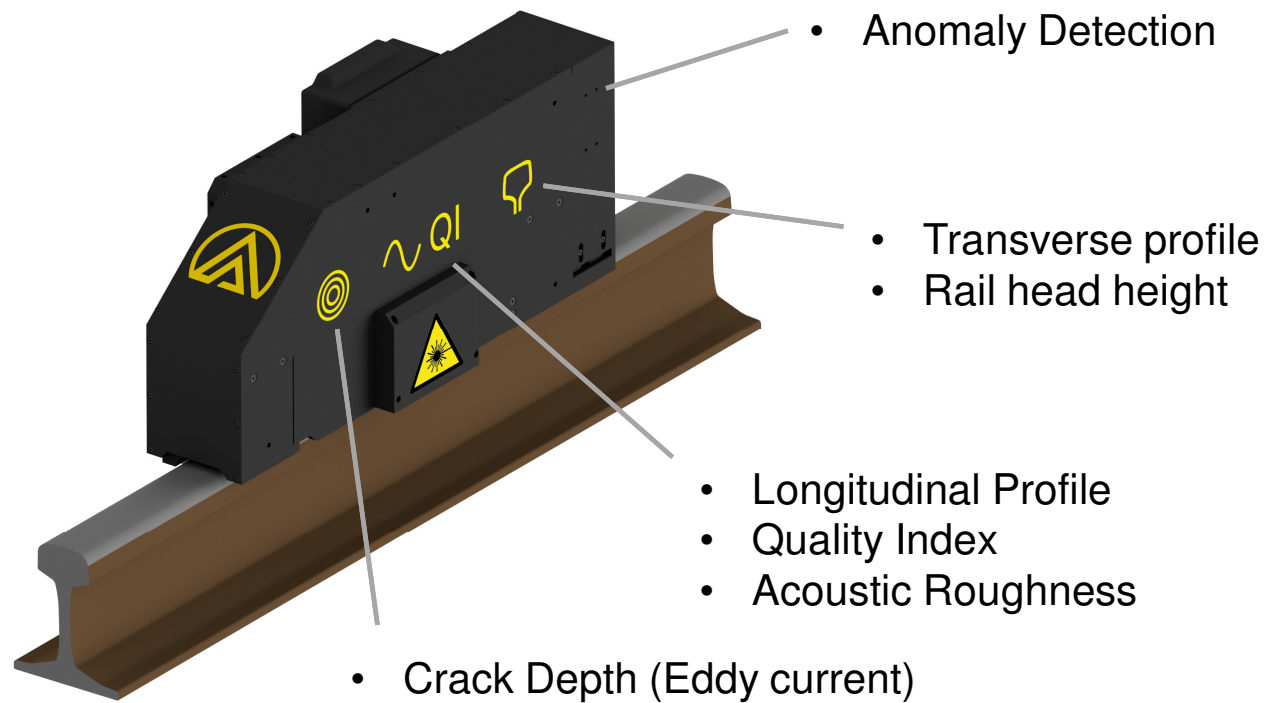


# Linsingers mobile rail milling machines

	RM21 Railmaster®	<b>MAIN-LINE</b> First rail milling train with two independent drives
	MG31	<b>MAIN-LINE</b> The fastest rail milling train in the world
	SF06-FFS Plus	<b>MAIN-LINE</b> Developed for maximum performance
	SF03-FFS	<b>MAIN-LINE</b> Universal usage, equipped for all challenges
	SF02T-FS	<b>URBAN AREA</b> Featuring low axle loads
	SF02-Truck	<b>HOT SPOT</b> Maximum flexibility and mobility
	MG11	<b>METRO</b> Designed especially for small track gauges

6 | © Copyright | Linsinger Maschinenbau GmbH

## Linalyzer from Linsinger



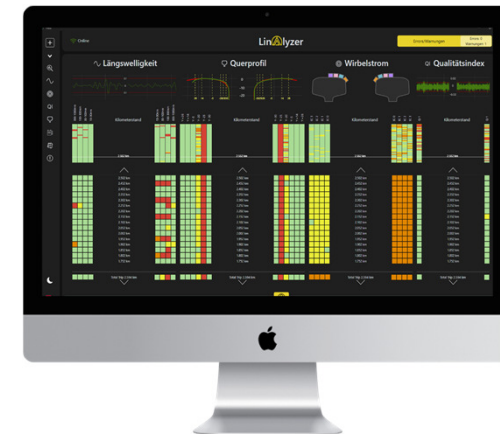
On milling machines



Linalyzer-to-go  
(walking)

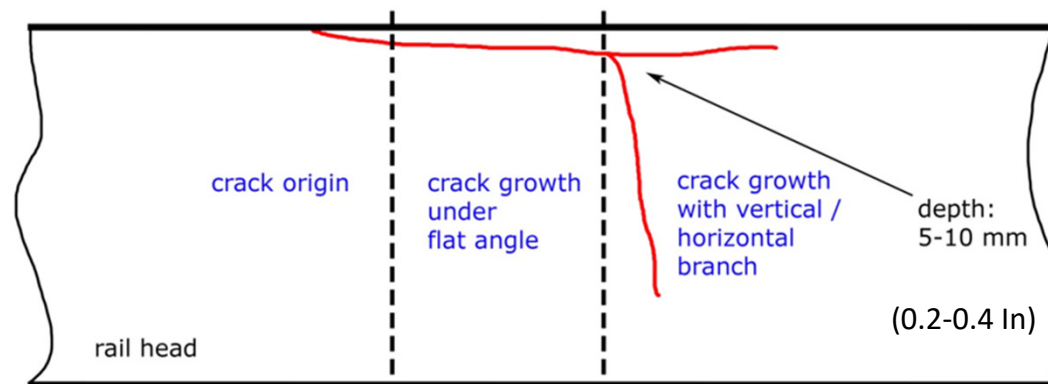


Monitoring and  
analyzing of data



**All measurements of both rails**  
**at the same time and same location!**

**Efficient monitoring of rail surface**  
**Efficient removal of surface defects**  
in right time and location.



*Ref. crack propagation according Dr. René Heyder, DB, VTZ 35, 2008*



## Purpose of data-driven milling in Finland for FTIA

---

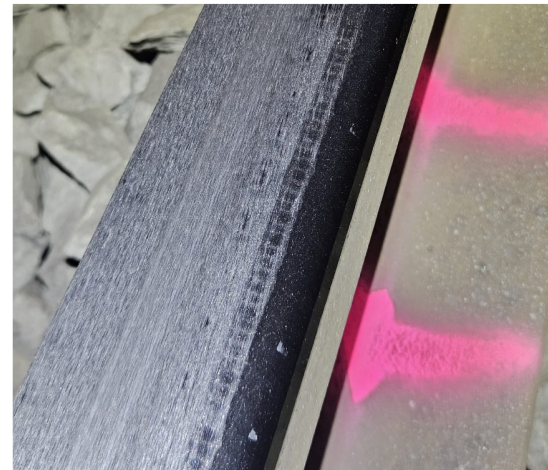
### Initial Rail Condition:

- RCF damage in rails
- Corrugation
- Worn rail cross profile
- Costly rail exchanges

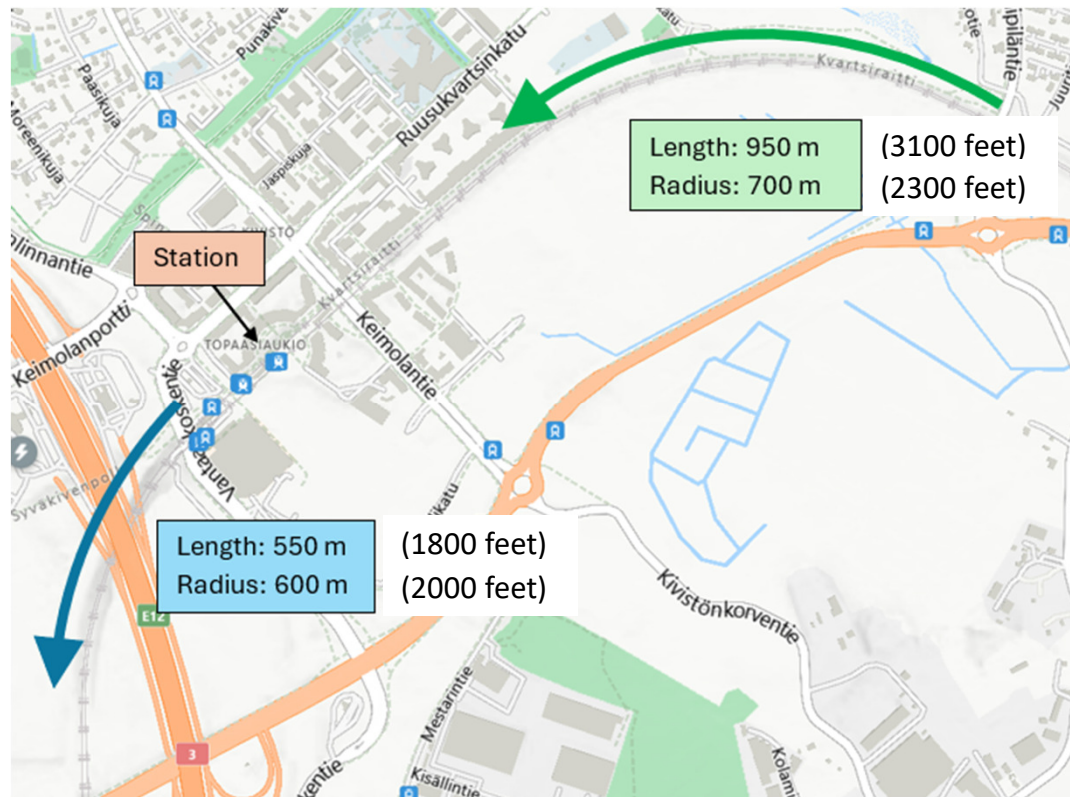


### Post Data-driven Milling:

- ✓ Removal of RCF cracks and corrugation
- ✓ Restore target profile
- ✓ Extend remaining rail lifetime
- ✓ Potential business case and benefits



## Case study from two curves



### Rails in two curves with radius 600/700 m:

- E60E1, R260, 1:40
- Rails 10 years in service
- Total traffic load is 70 MGT
- Vertical rail wear limit 14 mm (0.56 In)

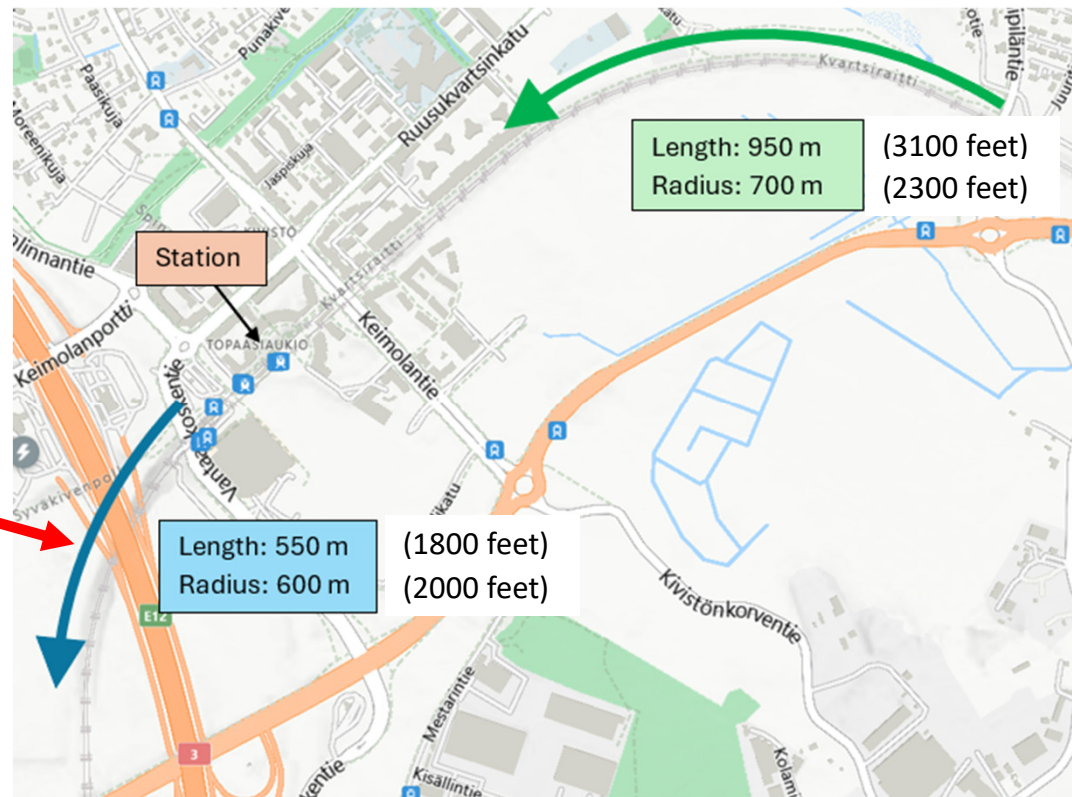
### Two-way milling truck from Linsinger

- Reprofile speed: 600 m/h (0.375 Miles/h)
- Removal per pass: 1,0 mm (0.04 In)



## Case 1: Head Checks, high rail, blue curve

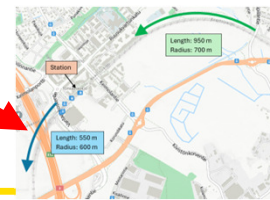
Case 1





# Case 1: Head Checks in high rail in the curve

This curve



(1800 feet)

Defect depths measured by ET in 550 m long curve

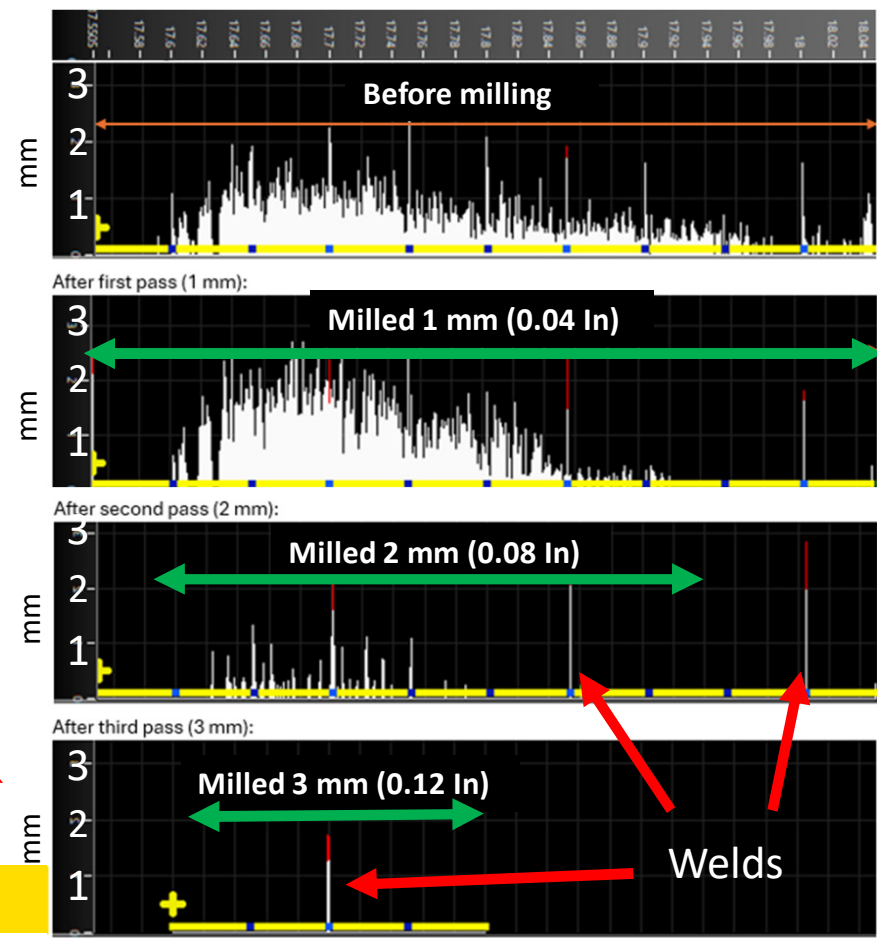
(0.08-0.12 In)

2-3 mm deep defects before milling



Milling of up to 3 mm (0.12 In) only where needed thanks to ET!

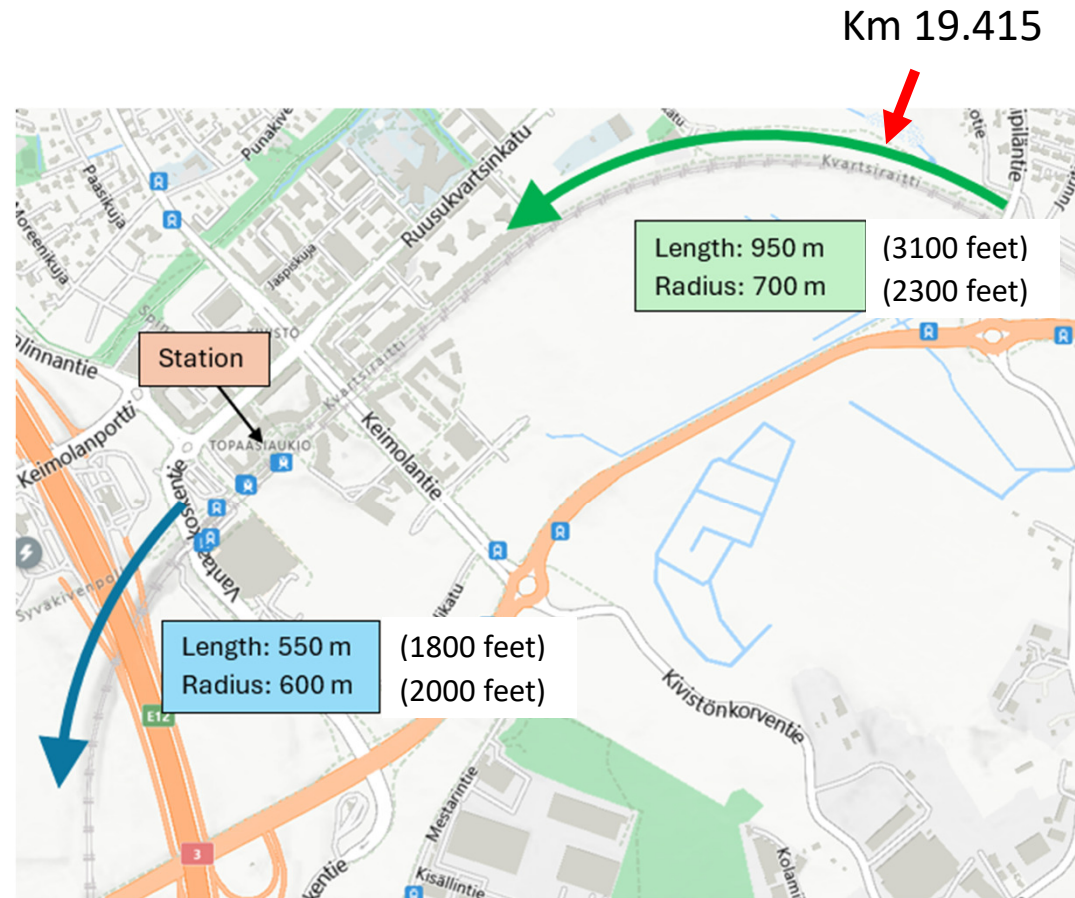
Defect free after milling



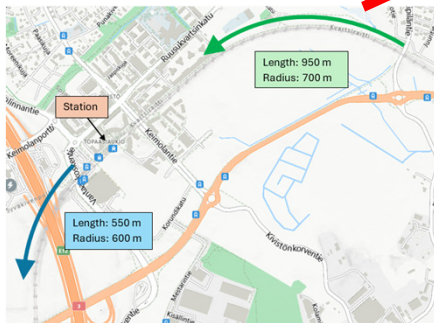




## Case 3: RCF, high rail, green curve, km 19.415



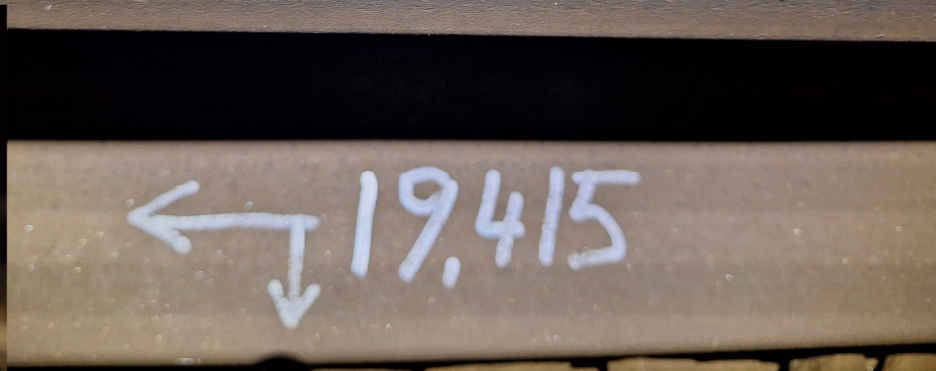
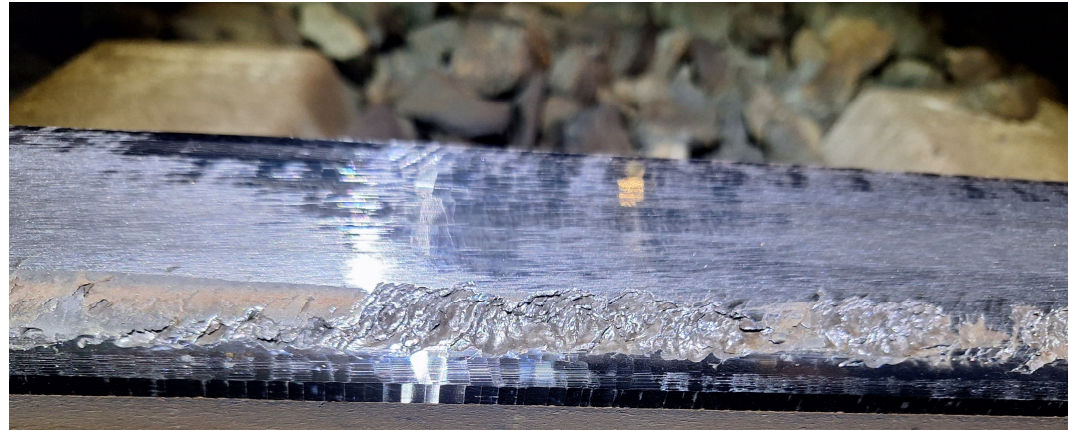
**Before milling.  
Severe visible  
gauge corner  
cracks and  
spallation**



## Case 3: RCF, high rail, km 19.415

**1 mm removed.** (0.04 In)

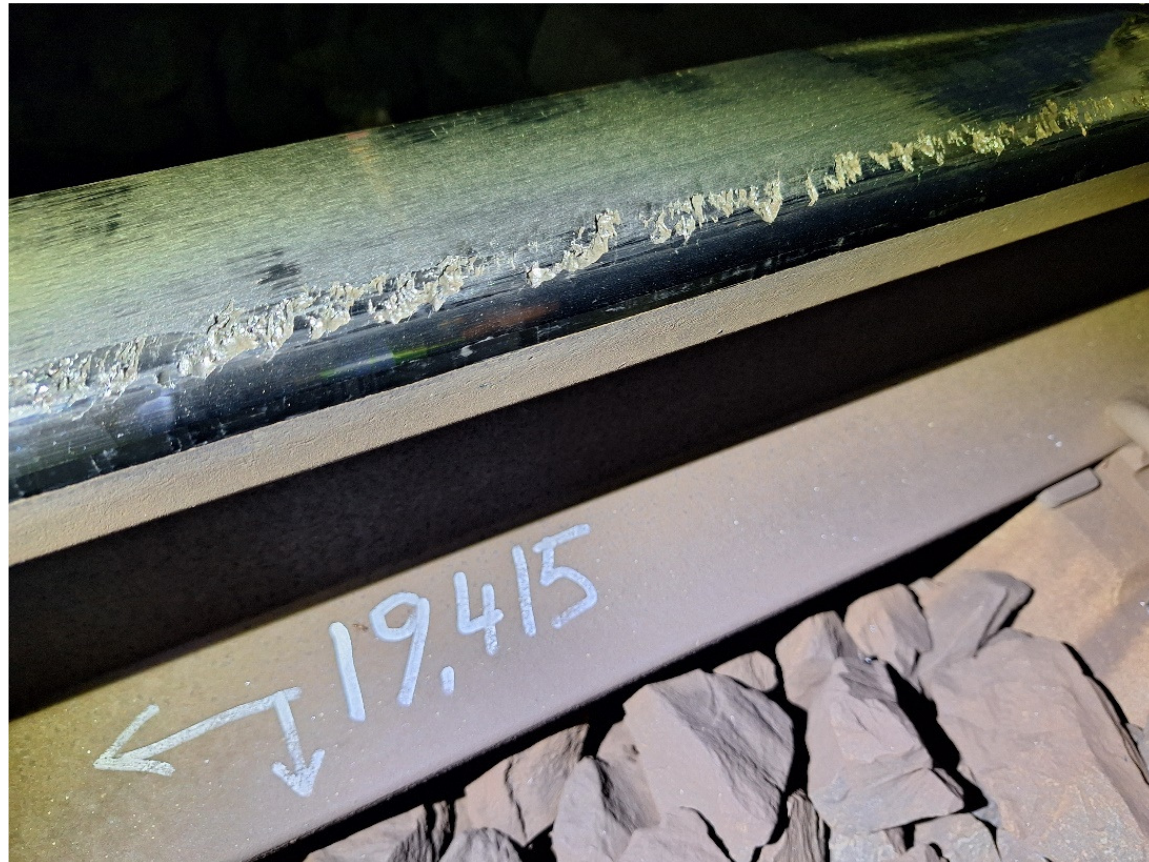
**More severe  
spallation**



## Case 3: RCF, high rail, km 19.415

**2 mm removed.** (0.08 In)

**Spallation  
reduced**





## Case 3: RCF, high rail, km 19.415

(0.12 In)  
**3 mm removed**

**Looks better**



(0.16 In)  
**4 mm removed**

**Looks defect free**



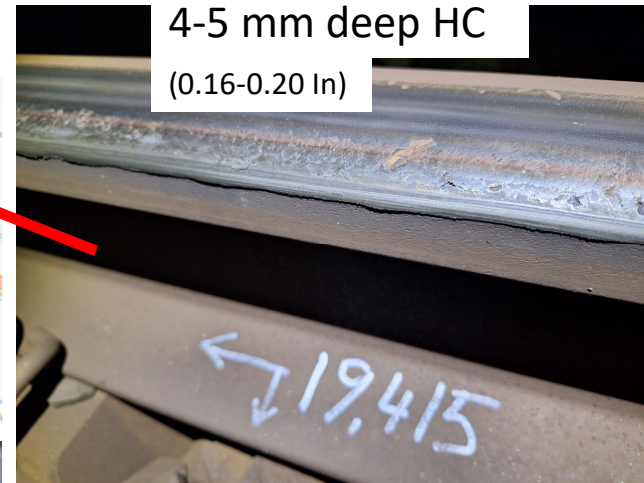
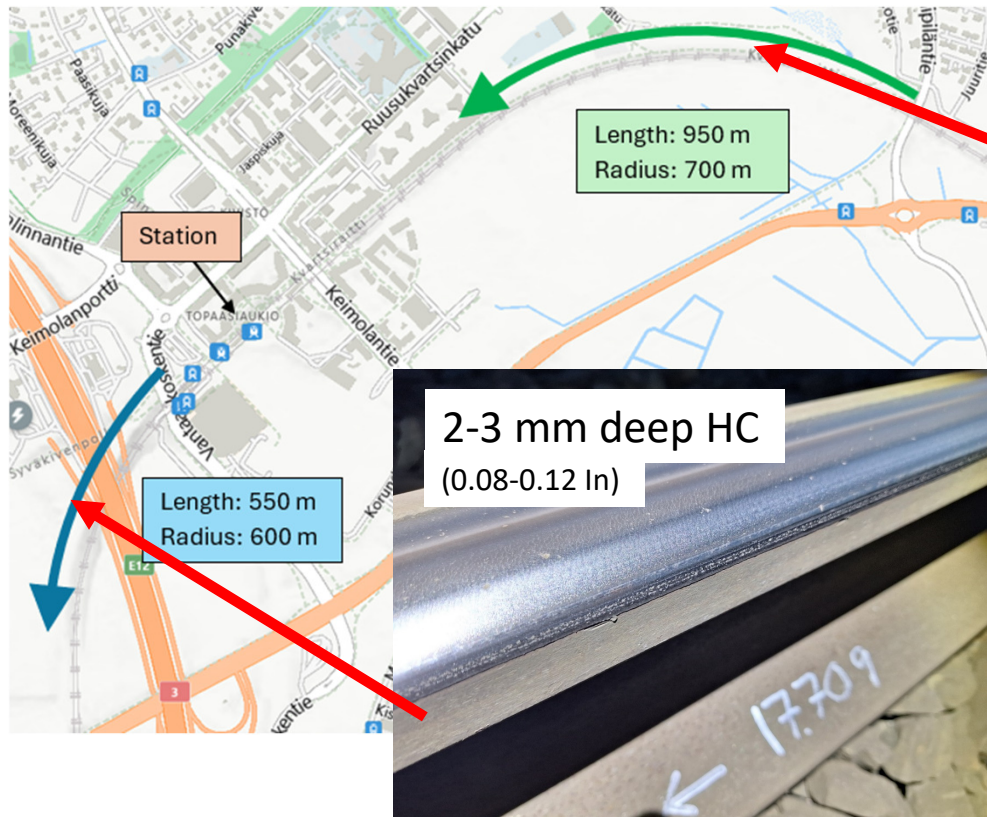
(0.20 In)  
**5 mm removed**

**All defects removed**





## Case study: Rail Milling in Two Curves

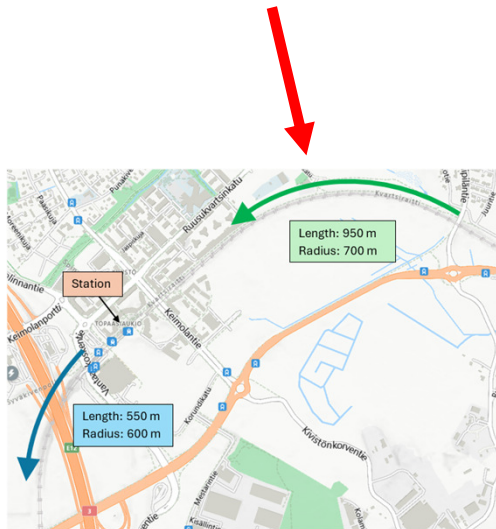


- After a total of 70 MGT
- Rail wear only 1.5 mm (0.06 In)
- Removal up to 5.0 mm (0.2 In)
- Wear limit 14 mm (0.56 In)

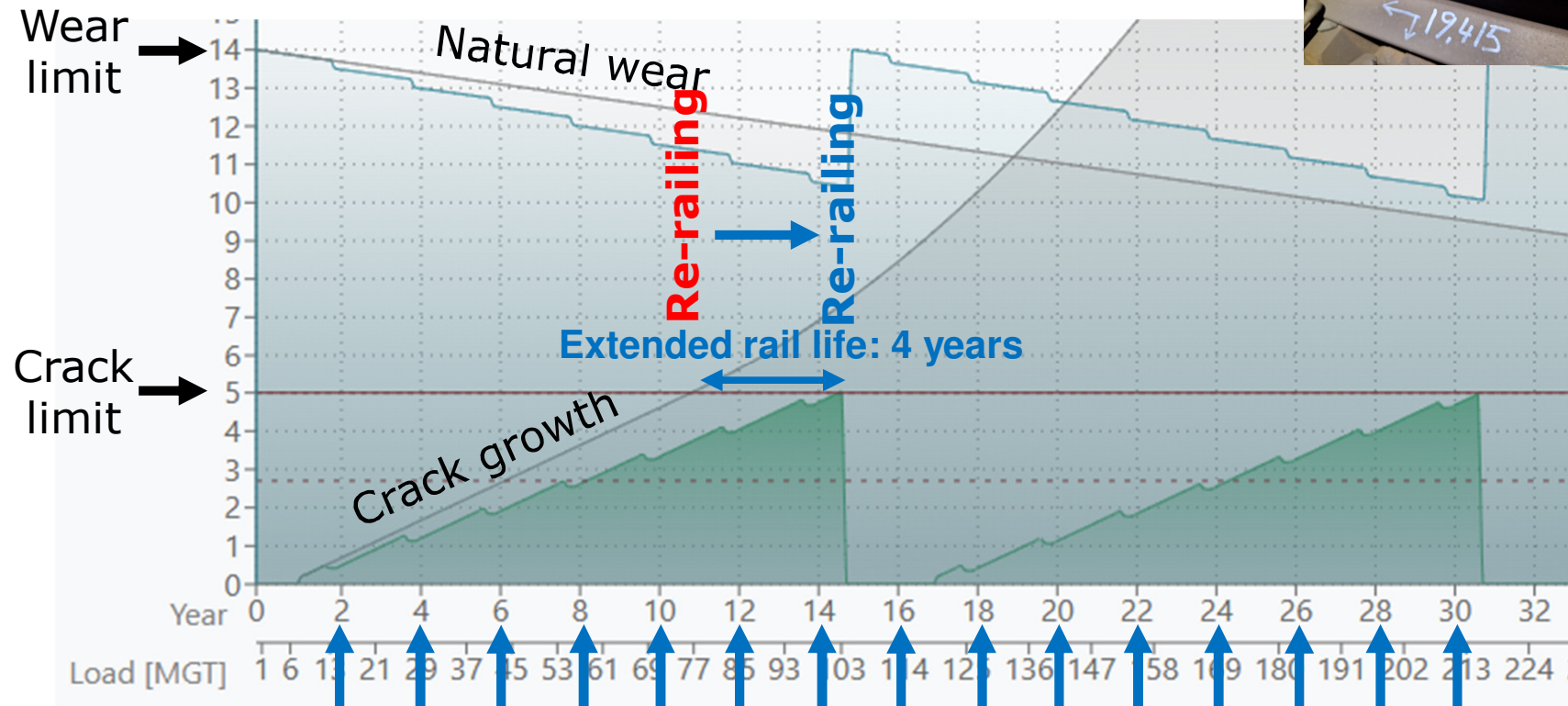
**Service lifetime of the rails  
extended more than 100%**

Is it possible with a more optimal future maintenance strategy for the rails in this curve?

Severe 5 mm deep damages in curve after 70 MGT

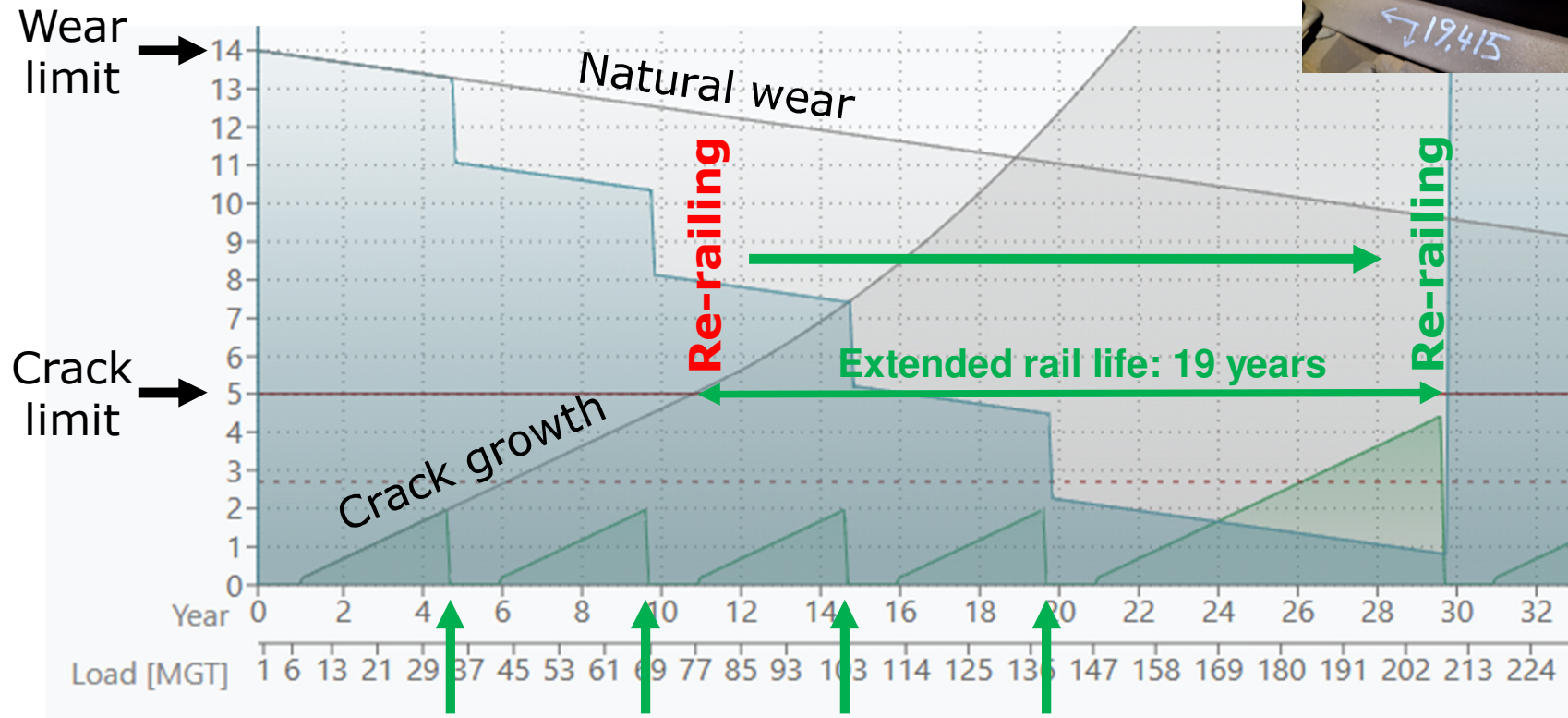


(0.008 In)  
**CASE: GRINDING of 0,2 mm every 15 MGT**



**GRINDING every 15 MGT**

(0.09 In)  
**CASE: MILLING of 2,2 mm every 35 MGT**



**MILLING every 35 MGT (based on monitoring!!)**

# Rail maintenance strategy for the specific curve

## Rail conditions:

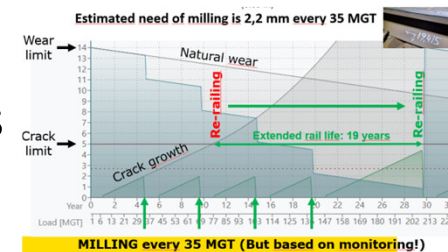
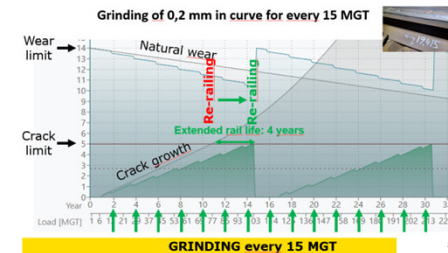
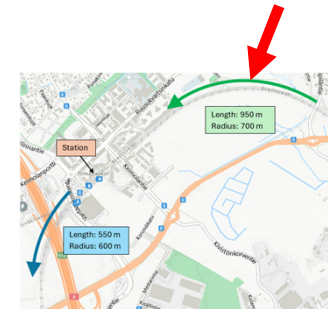
- 5 mm deep cracks in high rail
- After a total of 70 MGT

## Cyclic grinding strategy (0,2 mm/15 MGT):

- 7 grinding campaigns
- Rail life extended from 11 to 15 years = **36%**

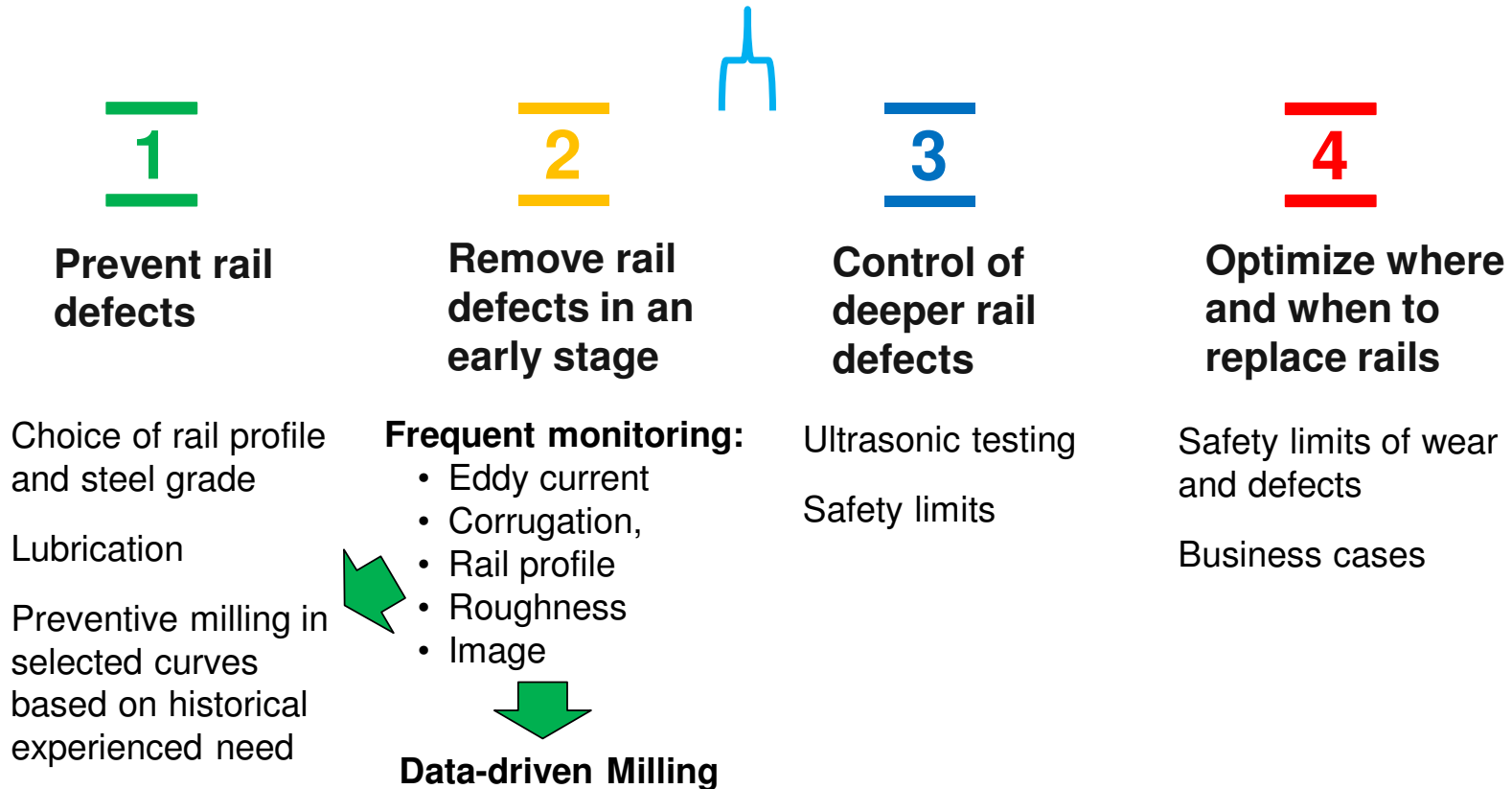
## Data-driven milling strategy (2,2 mm/35 MGT):

- Monitoring and estimated 4 milling campaigns
- Rail life extended from 11 to 30 years = **170%**



# Recommended Rail Maintenance Strategy

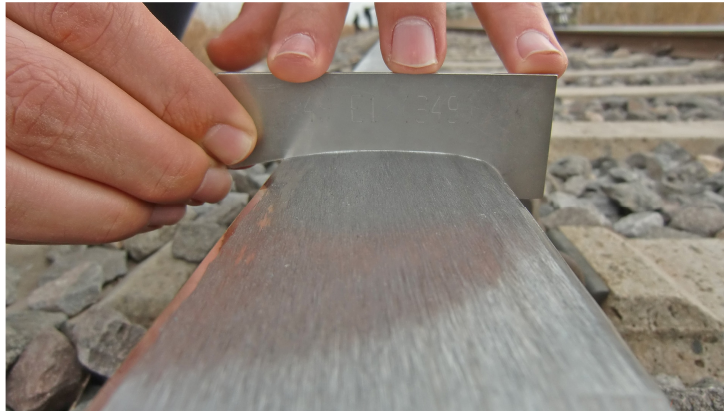
Software system  
to enable efficient data-driven maintenance



## Recommended rail maintenance strategy

---

- ✓ Efficient Monitoring
- ✓ Data-driven Rail Milling
- ✓ Maintenance When, Where and How as needed





**Thank You for  
Your Attention**



Contacts:

**Johannes Hainbucher**, Senior Sales Manager, C. +43 7613 8840-170, [j.hainbucher@linsinger.com](mailto:j.hainbucher@linsinger.com)

**Carsten Jörn Rasmussen**, Rail Maintenance Specialist, C. +43 699 188 40 058, [c.rasmussen@linsinger.com](mailto:c.rasmussen@linsinger.com)

Prorail, Data-driven rail milling