

Rapportage beproevingen SileNS LL-remblokken C952

Colofon

Opdrachtgever : NS Reizigers
Systeemgroep : Remsystemen
Auteur : Roger van Mil
Kenmerk : TR/RM/0767/03-265350
Versie : 1.1
Status : Definitief
Datum : 2 mei 2006
Vrijgave auteur :

Collegiaal getoetst:

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Uitgangspunten & voorbereiding	4
2.1	L-blokken of LL-blokken	4
2.2	Remblokhouders	4
2.3	Volgorde beproevingen beide blokken	4
2.4	Rembeproevingen met beladen rijtuigen	4
2.5	Beproeving met oud-ICR rijtuigen	5
2.6	Configuratie	5
3	Meetmethode en meetverwachtingen	6
3.1	Meetdoelen	6
3.2	Opzet beproevingen	7
3.2.1	Statische opname	7
3.2.2	Wijze van beladen	7
3.2.3	Beladen van ICR tot ICRm "leeg"	7
3.2.4	Beladen tot maximaal beladen toestand	7
3.2.5	Verificatieritten	8
3.2.6	Dynamische beproevingen	8
3.3	Meetverwachtingen	9
3.3.1	Statische metingen	9
3.3.2	Dynamische metingen	9
4	Resultaten beproevingen	11
4.1	Beproevingen leeg	11
4.1.1	Statische opname	11
4.1.2	Verificatiemetingen	13
4.1.3	Inslijtritten	14
4.1.4	Dynamische beproevingen	14
4.2	Beproevingen beladen	16
4.2.1	Statische opname	16
4.2.2	Dynamische beproevingen	17
4.3	Conclusies beproevingen	19
5	Synthese	20
5.1	Remberekening	20
5.2	Gevolgen voor ICRm	22
6	Conclusies	23
7	Aanbevelingen	23

1 Inleiding

In 2005 is door NTC onderzoek gedaan naar mogelijke geluidsreducerende maatregelen op materieel van NS reizigers. Een van de mogelijke maatregelen voor het reduceren van bron-geluid van rollend materieel is de toepassing van alternatieve remblokken. Op basis van de haalbaarheidsstudie van deze maatregel, [1], is het project SileNS voortgezet. Deze fase heeft tot doel te komen tot toelating van alternatieve remblokken op ICRm materieel en aansluitend een proeftraject van enkele maanden waarbij een beperkt aantal rijkstrijtuigen uitgerust zal worden met alternatieve remblokken. Dit proeftraject wordt ingericht om te komen tot een gefundeerde Life Cycle Cost analyse en een analyse van de geluidsreductie.

Om tot toelating te komen van alternatieve blokken voor ICRm zal onder andere moeten worden aangetoond dat het remvermogen van de rijkstrijtuigen voldoet aan de wettelijke eisen. In deze rapportage worden beproevingen beschreven die zijn uitgevoerd met LL-blokken van het type C952.

Naast bepaling van het rempercentage worden de resultaten ook gebruikt om een inschatting te maken van de wrijvingscoëfficiënten van de gebruikte remblokken. Deze resultaten worden vervolgens gebruikt om te komen tot een geverifieerde remberekening, op basis waarvan het effect van wijzigingen aan het remsysteem kan worden ingeschat.

2 Uitgangspunten & voorbereiding

2.1 L-blokken of LL-blokken

In het voortraject, zie [1], wordt uitgegaan van toepassing van LL-remblokken. Omdat op basis van de op dat moment beschikbare gegevens niet zeker was dat de wrijvingscoëfficiënt van deze blokken hoog genoeg zou zijn, zijn L-remblokken als alternatief achter de hand gehouden. De LL-blokken IB116 en C952 zijn geselecteerd op basis van de voorlopige UIC toelating.

De wrijvingscoëfficiënt μ van beide geselecteerde remblokken zijn onderzocht met behulp van simulatie van de situatie van een toegevoegde blokkenrem op de proefbanken van beide leveranciers. Op basis van de resultaten van deze proefbank is een remberekening opgesteld, zie [2]. Hieruit blijkt dat de verwachte μ van het C952 blok lager zijn dat de aangenomen wrijvingscoëfficiënten van de huidige remblokken (gietijzer - P30). De μ van de IB116 blokken vallen hoger uit. De onzekerheden in beide beschouwingen zijn echter groot en de gegevens kunnen hooguit als richtinggevend worden beschouwd.

2.2 Remblokhouders

Vanwege het lagere gewicht van alternatieve blokken is er in het voortraject reeds voor gekozen om de multi-remblokken te vervangen door Bg of Bgu blokken. Hierdoor kunnen standaard blokken worden besteld, waarmee verwacht wordt dat de aanschafprijs lager zal zijn.

De maat van de remblokken kan invloed hebben op de wrijvingscoëfficiënt μ , omdat deze afhankelijk is van de vlaktedruk, zie [3] en [4]. Een kleiner oppervlak zal leiden tot een hogere vlaktedruk. Met name het IB116 remblok lijkt bij een lage vlaktedruk een hogere μ te hebben.

Oorspronkelijk waren de ICR rytuigen uitgerust met Bg remblokken. Keuze voor Bg blokken zou leiden tot een hogere vlaktedruk, wat een lagere wrijvingscoëfficiënt tot gevolg heeft. Dit is met name gunstig bij IB116 blokken; de invloed van de vlaktedruk lijkt bij de C952 blokken klein. Naast deze argumenten zijn ook de LCC van Bg blokken lager, waardoor de keuze voor Bg remblokken en daarmee ook Bg remblokhouders voor de hand ligt.

2.3 Volgorde beproevingen beide blokken

In [12] is vastgesteld dat het C952 blok van Cosrail het meest geschikt is om als eerste te beproeven. De belangrijkste voordelen zijn: betere vooruitzichten voor LCC, minder kans op inluitsels en grootste kans op volledige UIC toelating.

2.4 Rembeproevingen met beladen rytuigen

Om het rempercentage te bepalen van rytuigen in beladen toestand worden proefritten gereden met werkelijk beladen rytuigen. Vanwege de in de loop der tijd veranderde remei-

genschappen en het onbekende gedrag van de alternatieve remblokken is extrapolatie van het remvermogen in lege toestand naar beladen toestand niet betrouwbaar.

Vanwege een te hoge adhesieuitnutting is het niet mogelijk de beproevingen uit te voeren in "gesimuleerde" beladen toestand, waarbij de remkracht zou worden verhoogd, maar de werkelijke massa niet, zie [7]. Er zijn dan ook remproeven uitgevoerd met een beladen ICRm stam.

2.5 Beproeving met oud-ICR rijtuigen

Het is niet mogelijk gebleken om gemoderniseerde ICRm rijtuigen te onttrekken voor de protobeproevingen. In plaats daarvan zijn ICR rijtuigen gebruikt. Aangezien het remwerk tijdens de modernisering niet gewijzigd is, kunnen ook met de oude rijtuigen beproevingen worden gedaan, waarmee het remgedrag van de gemoderniseerde bakken kan worden onderzocht. Hiertoe moet de massa van de rijtuigen gelijk worden gemaakt aan de massa van gemoderniseerde rijtuigen.

De massa van gemoderniseerde rijtuigen is bepaald na de modernisering. De massa van de oude rijtuigen is echter door verschillende wijzigingen aan het materieel in de loop der jaren niet meer nauwkeurig bekend. Om deze massa te bepalen is een ICR A-rijtuig in Tilburg gewogen, zie [25]. Tijdens de eerste serie beproevingen wordt het gewicht van deze rijtuigen gelijk worden gemaakt aan het gewicht van lege ICRm rijtuigen met behulp van water vaatjes.

De beladen beproevingen, zie paragraaf 2.4, zijn uitgevoerd met een belading groter dan het gewicht van "maximale belading" van ICRm rijtuigen. Op deze manier wordt zeker gesteld dat de beproevingen worden uitgevoerd met maximale remcilinderdruk. Zo kan het juiste remgewicht worden vastgesteld.

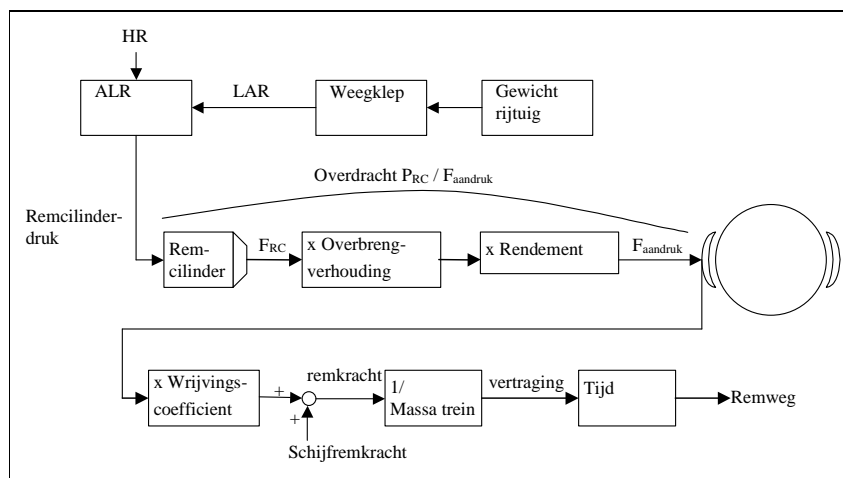
2.6 Configuratie

Zoals in het projectplan vastgesteld is gekozen voor een materieelconfiguratie van 7 rijtuigen ICRm (BAB – BAB – BDs) plus een 1700 locomotief. Deze configuratie is voldoende lang om de verschillen in remgedrag tussen de individuele rijtuigen uit te middelen en derhalve het rempercentage van een rijtuig te kunnen bepalen.

3 Meetmethode en meetverwachtingen

3.1 Meetdoelen

In [6] wordt de opzet van de beproevingen beschreven. Het doel van de beproevingen is tweeledig. Ten eerste zullen de resultaten worden gebruikt om aan te tonen dat de rijtuigen veilig in de reizigersdienst kunnen worden ingezet en daarnaast zal de remberekening zo goed mogelijk worden geverifieerd. In Figuur 1 is het remsysteem van ICR schematisch weergegeven.



Figuur 1: Schematische weergave remsysteem

De statische opname zal worden gebruikt om de overdracht te bepalen tussen remcilinderdruk en aandrukkraft.

Tijdens de dynamische beproevingen worden de remwegen vanuit verschillende aanvangssnelheden vastgelegd. Op deze manier kan het rempercentage van de stam worden bepaald. Met behulp van de remberekening zal dit rempercentage worden toegekend aan de afzonderlijke rijtuigen. Naast het rempercentage wordt ook de remberekening verder afgestemd op de praktijk. Hiertoe zullen ook enkele remcilinderdrukken en de treinvertraging worden geregistreerd.

Ten behoeve van validatie van de remberekening worden tevens de momentane vertragingen geregistreerd. Hieruit wordt de totale remkracht berekend. De remberekening zal in overeenstemming worden gebracht met de gemeten vertragingen en remwegen. Ter verificatie wordt tijdens de beproevingen ook een aantal drukken geregistreerd.

3.2 Opzet beproevingen

3.2.1 Statische opname

Tijdens de statische beproevingen wordt de overdracht bepaald van remcilinderdruk naar aandrukkracht van blokken en voeringen. Ook worden de verschillende systeemdrukken geregistreerd om een idee te krijgen van de praktische werking van het remsysteem van de te beproeven rijtuigen en de spreiding van verschillende grootheden. De systeemdrukken van alle rijtuigen worden vastgelegd tijdens een snelremming.

Om de aandrukkracht te meten wordt gebruik gemaakt van een krachtmeter die geschikt is voor het meten van aandrukkrachten op blokken en van remvoeringen op de remschijven.

Zoals in [6] is vastgelegd, worden tijdens de statische opname de volgende metingen gedaan:

- Visuele inspectie van de staat van het remsysteem. Bij eerste bediening vaststellen of remwerk even "blijft hangen". Vóór verdere opname eerste bij 5 opeenvolgende snelremmingen de aandrukkracht van dezelfde voering meten waarbij blokkenrem uitgeschakeld (of afgesloten) is. Vervolgens, na inschakelen van de blokkenrem, hetzelfde voor een remblok.
- Remblok en – voeringkracht
- Remcilinderdruk (blokken en schijf apart als er verschil is)
- Treinleidingdruk
- ALR stuurdruk
- Vultijd remcilinders bij snelremming

3.2.2 Wijze van beladen

Het beladen van de stam kan worden opgedeeld in 2 fasen:

1. Beladen van ICR tot ICRm (ICRm BAB BAB BDs en Loc 1700);
2. Beladen tot maximaal beladen toestand.

3.2.3 Beladen van ICR tot ICRm "leeg"

Het ICR B rijtuig 672 weegt 40180 kg [25]

De massa van ICRm A leeg is 43200 kg

De massa van ICRm B leeg is 42900 kg

Dit houdt in dat er voor een ICRm A rijtuig 3020 kg wordt toegevoegd aan het ICR B rijtuig.

Dit houdt in dat er voor een ICRm B rijtuig 2720 kg wordt toegevoegd aan het ICR B rijtuig.

3.2.4 Beladen tot maximaal beladen toestand

In eerste instantie worden de remproefritten gereden in lege toestand. Daarna zullen de remwegmetingen herhaald worden in beladen situatie. Het beladen van het treinstel zal gebeuren om een maximaal beladen reizigerstrein te simuleren. De trein zal worden beladen met gietijzeren remblokken die hetzelfde gewicht zullen hebben. Na belading zullen de remproefritten weer worden herhaald.

De massa van ICRm A leeg is 43200 kg

De massa van ICRm B leeg is 42900 kg
De massa van ICRm A maximaal beladen is 51300 kg
De massa van ICRm B maximaal beladen is 53000 kg

Dit houdt in dat er voor een ICRm A rijtuig 8100 kg wordt toegevoegd aan het gesimuleerde ICRm A rijtuig.

Dit houdt in dat er voor een ICRm B rijtuig 10100 kg wordt toegevoegd aan het gesimuleerde ICRm B rijtuig.



Figuur 2: Foto's belading ICRm met behulp van kratten met remblokken

3.2.5 Verificatieritten

De verificatieritten zijn gereden om een eerste indruk te krijgen of het remgedrag van de trein enigszins binnen verwachting ligt, ondanks het feit dat de remblokken niet ingesleten zijn.

Hiertoe zijn enige snelremmingen gedaan vanaf 140 km/h met een beremde lok (situatie vergelijkbaar met normale dienst). Er zijn geen verrassende zaken uitgekomen en de dynamische beproevingen konden gewoon doorgaan.

3.2.6 Dynamische beproevingen

De dynamische beproevingen worden in de ene rijrichting uitgevoerd met onberemde lok en in de andere rijrichting met beremde lok. De metingen met onberemde lok zullen worden gebruikt om het rempercentage van de losse rijtuigen te bepalen. Dit gebeurt conform UIC fiche 544-1. De geldigheid van de metingen wordt beoordeeld volgens versie 4 van 544-1, omdat versie 3 geen voorwaarden stelt aan de spreiding van de metingen. Versie 3 wordt vervolgens, zoals voorgeschreven wordt door de RKS, gebruikt om het rempercentage van de stam te bepalen.

Met behulp van het vastgestelde rempercentage wordt het remgewicht van de stam bepaald door het gewicht van de stam te vermenigvuldigen met het rempercentage. Vervolgens wordt het remgewicht toegekend aan de verschillende rijtuigen, waardoor ook het rempercentage van de losse rijtuigen vastgelegd is.

Aangezien het remsysteem van alle rytuigen gelijk is, zal het rempercentage gelijk worden verdeeld over de 7 rytuigen. Een eventueel verschil in lege massa zal dan leiden tot een onderscheidend remgewicht.

Er zullen snelremmingen worden uitgevoerd vanuit de volgende snelheden: 40, 60, 80, 120, 140 en 160 km/h. Voor de snelheden van 100 t/m 160 km/h gelden de UIC richtlijnen van 4 geldige metingen per aanvangssnelheid. Het streven is om ook voor de overige 3 aanvangssnelheden 4 geldige metingen te bereiken. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in metingen in trekbedrijf en in duwbedrijf, vanwege het al dan niet meerremmen van de lok. Deze beproevingsopzet is beschreven in het beproevingsprogramma, [5].

Voor de beladen situatie zal op dezelfde manier het remgewicht per rytuig worden vastgesteld. Om het rempercentage per rytuig te bepalen zal worden gerekend met het gewicht van een "maximaal beladen" rytuig, zoals dat in de huidige gegevens (certificaat van overeenstemming of indienststellingsaansrijving) is vastgelegd.

Naast bepaling van het rempercentage uit de remwegen zullen tijdens de beproevingen ook een aantal grootheden worden geregistreerd die worden gebruikt ter validatie van de remberekening. Ook worden deze metingen gebruikt om eventuele onverwachte resultaten te kunnen verklaren. Zoals in [6] is vastgelegd worden tijdens de dynamische beproevingen de volgende grootheden geregistreerd:

- Remweg (primaair doel)
- Verloop van vertraging, snelheid en afgelegde weg in de tijd
- Remcilinderdruk van schrijfrem en blokkenrem van minimaal 2 draaistellen uit twee verschillende rytuigen in de tijd

3.3 Meetverwachtingen

3.3.1 Statische metingen

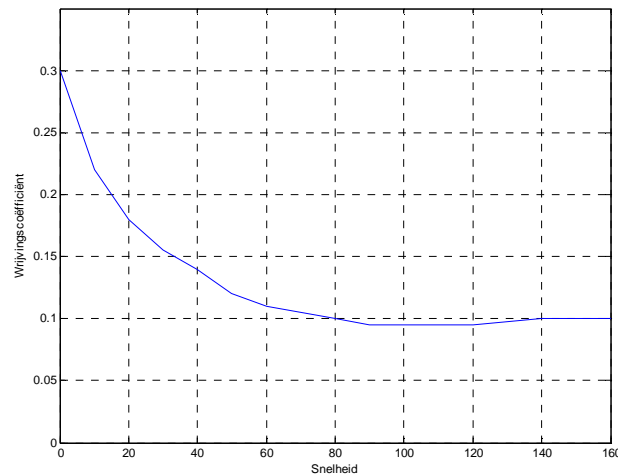
Tijdens de statische metingen wordt het verband tussen de druk uit de weegkleppen (LAR druk) en de remcilinderdruk gemeten. Deze relatie zal vanwege de gebruikelijke toleranties niet exact de theoretische ALR karakteristiek volgen, maar het uitgangspunt is wel dat de spreiding klein genoeg is om tijdens de dynamische beproevingen op basis van de drukken van twee draaistellen een uitspraak te kunnen doen over de gemiddelde drukken in de overige draaistellen.

Met behulp van een aandrukkraftmeting wordt de overdracht bepaald van remcilinderdruk naar aandrukkraft. Vanwege de eenvoud van de constructie ten opzichte van goederenmaterieel en de frequentie van onderhoud wordt verwacht dat spreiding in de overdracht over de verschillende remunits (blokken en schijven) klein zal zijn. Op basis van de metingen kunnen dan aannames worden gemaakt over het gemiddelde rendement van het remwerk over alle rytuigen.

3.3.2 Dynamische metingen

Hoewel LL-blokken zijn ontwikkeld om als 1-op-1 vervanging te kunnen dienen voor gietijzeren remblokken is het niet zeker dat het rempercentage ongewijzigd zal blijven.

Voorafgaand aan de beproevingen is een remberekening opgesteld waarin wrijvingscoëfficiënten van de remblokken zijn verwerkt die afkomstig zijn uit resultaten van proefbankproeven, zie [8]. De inschatting van de wrijvingscoëfficiënt van de C952 remblokken is weergegeven in Figuur 3. De inschatting van het rempercentage is 162% zowel in lege als in max. beladen toestand. De onzekerheid in deze remberekening zit vooral in de gebruikte remcilinderdrukken. Het is bekend dat de ALR van ICRm rijtuigen niet ideaal werkt. In de remberekening wordt echter uitgegaan van de theoretische situatie.



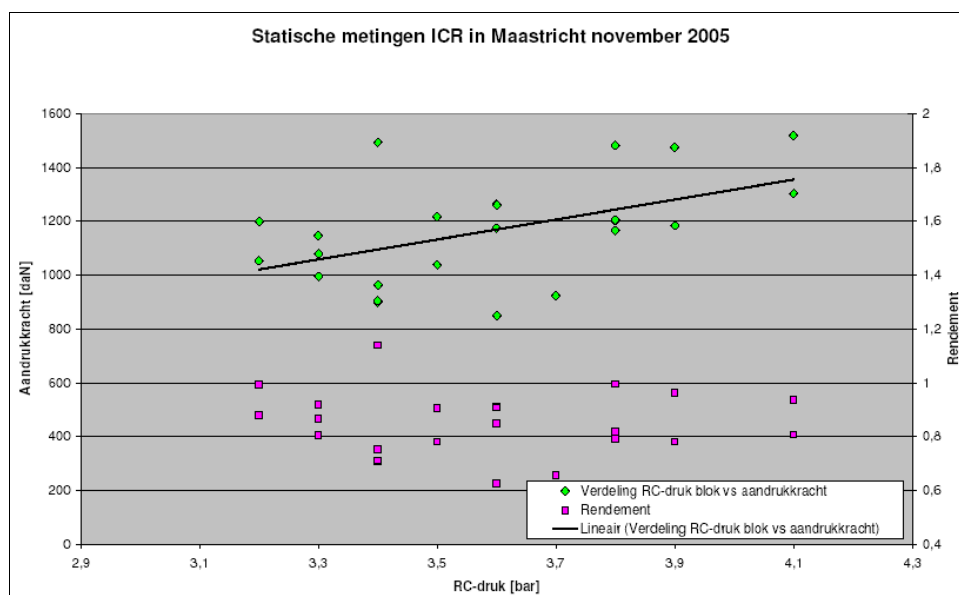
Figuur 3: Verloop wrijvingscoëfficiënt C952 blokken o.b.v. proefbank

4 Resultaten beproevingen

4.1 Beproevingen leeg

4.1.1 Statische opname

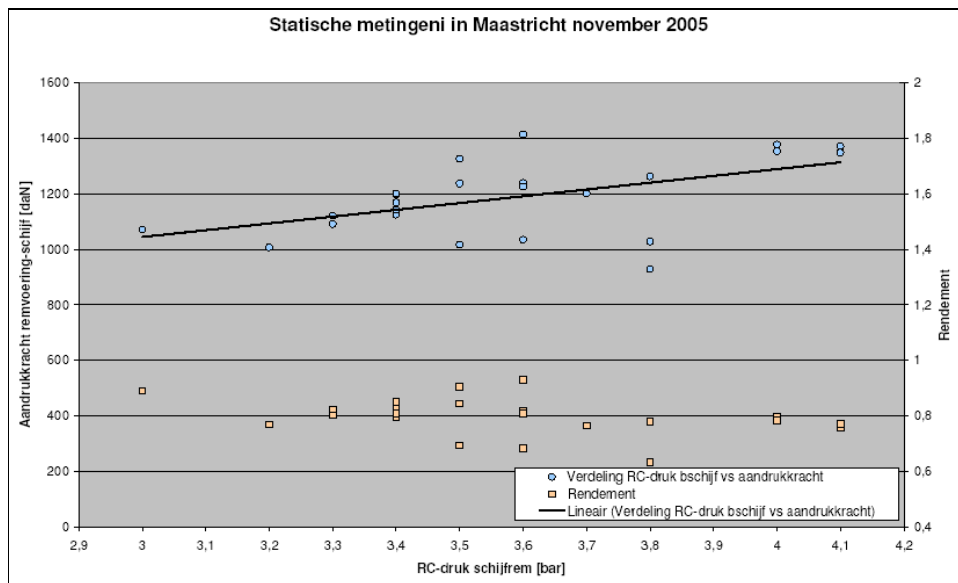
Resultaten van de statische opname van de rijtuigen is vastgelegd in [9], [10] en [11]. Met behulp van de vastgelegde gegevens, is de statische overdracht van remcilinderdruk naar aandrukkracht bekend, Figuur 1. Door de theoretische waarden aan te nemen voor veerkrachten en overbrengverhoudingen kan het rendement van de betreffende overdracht worden bepaald. In Figuur 4 en Figuur 5 worden de gemeten remcilinderdrukken met bijbehorende aandrukkrachten gegeven voor de blokkenremunits respectievelijk het schijfremwerk van één zijde van de trein. In deze figuren is ook het theoretisch rendement weer gegeven. Uitleg hierover wordt gegeven in hoofdstuk 5.



Figuur 4: Relatie aandrukkracht-RC druk blokkenrem

Uit deze meetresultaten blijkt dat er een grote variatie zit op de relatie tussen aandrukkracht en remcilinderdruk. De grootste afwijking van de lineaire relatie is 37%. Dit meetpunt (bij een remcilinderdruk van 3,4 bar) leidt, bij aanname van standaard getallen voor terugstelveerkrachten tot een rendement >1.

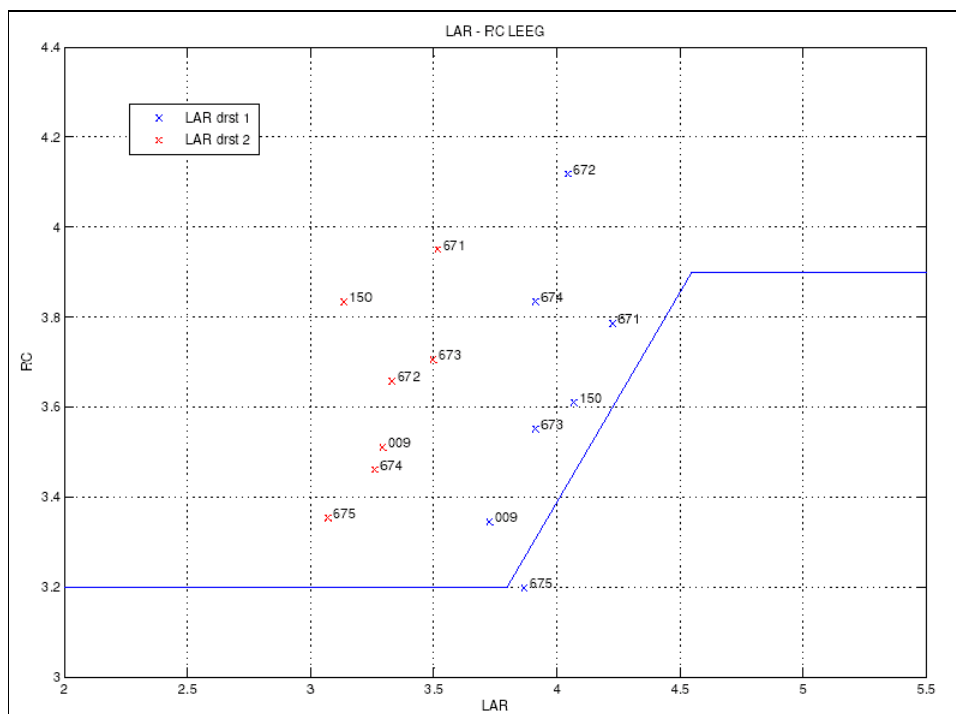
Waarschijnlijk wordt deze hogere kracht veroorzaakt door het feit dat de remkracht niet gelijk verdeeld wordt over beide zijden van de remschijf. Als een kant van het remwerk minder gangbaar is, dan zal de aandrukkracht aan deze kant lager zijn en de aandrukkracht aan de andere kant groter.



Figuur 5: Relatie aandrukkraacht-RC druk schijfrem

De afwijkingen van de aandrukkrachten van de remvoeringen op de remschijven zijn kleiner dan die van de blokkenremmen. De grootste afwijking van de lineaire trend bedraagt -20% (bij een RC druk van 3,8 bar).

Uit de statische opnames is ook de relatie tussen LAR (druk uit de lastafhankelijke regelklep) druk en RC druk bepaald. Deze relatie is weergegeven in Figuur 6. Uit deze metingen blijkt dat meetwaarden afwijken van de theoretische relatie tussen LAR druk en RC druk (doorge-trokken blauwe lijn). De gemeten LAR drukken komen wel overeen met de verwachting. Het feit dat de LAR drukken van draaistellen "1" systematisch afwijken van draaistellen "2" kan worden verklaard door verdeling van de "leeg belading". Vanwege plaatsgebrek is er geen rekening gehouden met een gelijke verdeling van de massa over de bak. Naast de aangebrachte "belading tot lege ICRm" kunnen ook de watertanks boven het balkon bij het toilet van invloed zijn geweest.



Figuur 6: Relatie Laststuurdruk (uit weegklep) – Remcilinderdruk van lege rijtuigen

Omdat er tijdens de statische metingen een grote spreiding in remcilinderdrukken werd gevonden zijn de LAR drukken in "simulatie beladen" opgenomen door een monteur in Maastricht om vast te stellen of deze drukken binnen de STG specificaties vielen. De gemeten waarden zijn weergegeven in Tabel 1. De bijbehorende STG waarde is $4,5 \pm 0,2$ bar.

Tabel 1: LAR drukken in gesimuleerde beladen toestand

Rijtuig	LAR drst 1	LAR drst 2
10-675	4,6	4,6
10-671	4,7	4,7
10-672	4,6	4,7
10-674	4,5	4,6
20-150	4,4	4,4
10-673	4,7	4,7
82-009	4,4	4,7

Hoewel de drukken aan de hoge kant zijn, voldoen ze wel aan de STG. Omdat de LAR drukken niet afgesteld kunnen worden in Maastricht is besloten met de gemeten drukken de beproevingen te doen. Gemiddeld zijn de LAR drukken 2% hoger dan de nominale waarde. Volgens de LAR karakteristieken (bijv. tek 379989013), wordt de remcilinderdruk dan ook 2% hoger. Dit kan een effect op het rempercentage van ca. 4 rem% hebben.

4.1.2 Verificatiemetingen

Na het plaatsen van de nieuwe remblokken wordt, voordat gestart gaat worden met inslijt-ritten, het voorlopige rempercentage bepaald. De ervaring tot op heden is dat het rempercentage afhankelijk is van het contactvlak van het remblok op het wiel. Naar mate het blok

meer de vorm van het wiel aan neemt kan het rempercentage wijzigen. Aan de hand van de resultaten van de verificatie metingen wordt bepaald met welke snelheid de ICR stam kan worden ingezet tijdens de inslijtritten.

Resultaten

De resultaten van deze metingen zijn vastgelegd in [13]. Het voorlopig rempercentage van de Cosid blokken is 186 remprocent, volgens de methode uit [14]. Dit is ruim voldoende om tijdens de inslijtritten 140 km/h te kunnen rijden, waarvoor een rempercentage van minimaal 119 rem% vereist is.

4.1.3 Inslijtritten

Om er voor te zorgen dat ten behoeve van de bepaling van het definitieve rempercentage de remblokken het vereiste draagvlak van minimaal 80% hebben, worden inslijtritten gereden. Afhankelijk van het aantal remmingen en de slijtsnelheid van de remblokken werd verwacht wordt dat deze inslijtritten ongeveer twee weken duren. De inslijtritten zijn uitgevoerd van 15-11-05 tot 25-11-05. Er zijn ongeveer 60 remmingen per dag uitgevoerd. De gemiddelde temperatuur tijdens deze ritten was 2 graden Celsius en het was droog. Resultaat van de inslijtritten van een draagbeeld van ongeveer 80%.

Tijdens de inslijtritten zullen alle remsystemen van de Loc1700 in dienst zijn. Let op: de blokkenrem wordt pas boven remstand 4 bijgeschakeld; Ten behoeve van het inslijten zal dan dus ook boven remstand 4 moeten worden geremd. Tijdens de inslijtritten zullen geen snelheden boven de 140 km/u worden gereden.

De blokken onderscheidden zich vanaf het begin door een zeer constante remweg. De remwegen varieerden slechts enkele meters vanuit gelijke beginomstandigheden. Er is geen noemenswaardig inslijteffect waargenomen.

Er is effectief zes dagen gereden, uitgaande van 50 à 60 remmingen per dag betekent dit dat ca. 300 à 350 remmingen nodig zijn om het Cosid blok in deze remconfiguratie in te slijten tot 80% draagbeeld.

4.1.4 Dynamische beproevingen

Metingen zijn uitgevoerd van 28-11-06 tot 02-12-06. De gemiddelde temperatuur tijdens deze ritten was 2 graden Celsius en het was droog. Tijdens de remwegmetingen zijn nauwelijks ABI ingrepen geconstateerd.

Tijdens de dynamische beproevingen zijn remwegmetingen uitgevoerd in duwbedrijf en in trekbedrijf. In trekbedrijf zijn ook metingen uitgevoerd waarbij de remmen van de lok werden uitgeschakeld. De gemeten remwegen worden overzichtelijk weergegeven in [15]. De remwegen worden op basis van uitgave 4 van fiche 544-1, zie [21]. Uit deze remwegen wordt volgens uitgave 3 van fiche 544-1, zie [14]. In [16], [17] en [18] worden de ingevulde rekenbladen weergegeven, zoals ze door de meetgroep zijn aangeleverd.

Uit deze werkwijze volgen de volgende rempercentages voor de stam van 7 rijtuigen plus lok:

Situatie	Rempercentage
Lok1700+BAB-BAB-BDs leeg, duwbedrijf, lok beremd	193%
Lok1700+BAB-BAB-BDs leeg, trekbedrijf, lok beremd	187% (weinig metingen)
Lok1700+BAB-BAB-BDs leeg, trekbedrijf, lok onberemd	151%

Zoals voorgeschreven in [14] wordt het rempercentage per rijtuig berekend via het totale remgewicht van de stam. Dit remgewicht wordt gelijk verdeeld over de 7 rijtuigen, omdat ze hetzelfde remwerk hebben. Vervolgens wordt op basis van dit remgewicht per rijtuig en het gewicht van elk verschillend type rijtuig een rempercentage per rijtuigtype berekend.

Deze berekening is gedocumenteerd in [22]. De rempercentages voor de losse rijtuigen, met en zonder snelremversnellingsklep, zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Rempercentages ICRm leeg met C952

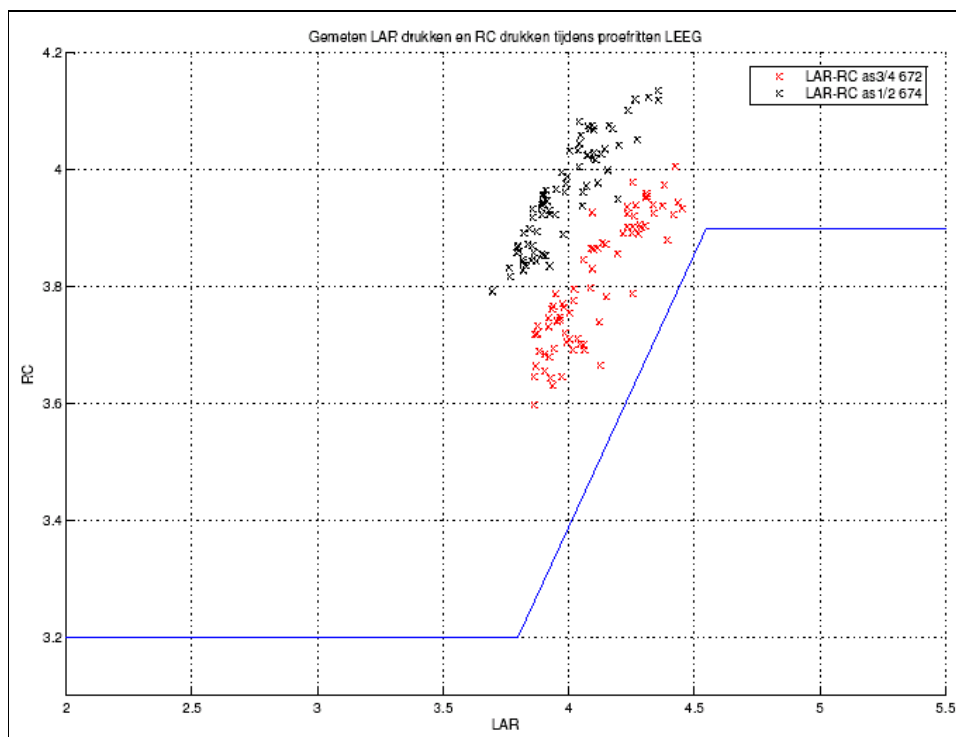
Rempercentages rijtuigen leeg	%
<i>Hele stam uit gemeten remwegen</i>	<i>151</i>
A rijtuig	193
B rijtuig	195
BDs rijtuig	196
<i>Rijtuig 43t</i>	<i>194</i>
Oorspronkelijk, gietijzer remblokken	180
A rijtuig geen SVK	184
B rijtuig geen SVK	185
BDs rijtuig geen SVK	187
<i>Rijtuig 43t geen SVK</i>	<i>185</i>
Oorspronkelijk, gietijzer remblokken geen SVK	169

SVK = snelremversnellingsklep

Bij deze vergelijking moet worden opgemerkt dat er bij de bepaling van de huidige rempercentages (met gietijzeren remblokken) uit is gegaan van een gemiddeld ledig gewicht van een rijtuig, terwijl er in deze bepaling gerekend is met een gemiddeld gewicht per rijtuigtype. Ter vergelijking is ook het rempercentage bepaald bij een gemiddeld rijtuiggewicht van 43t.

Door inzet van de LL-blokken C952 blijkt het rempercentage in lege toestand toe te nemen. Ter relativering wordt hierbij opgemerkt dat de LAR drukken gemiddeld 2% hoger zijn dan de nominale waarde, waarbij ze nog wel binnen de STG waarde vallen. De meest waarschijnlijke situatie is dat de remcilinderdrukken ook 2% hoger zijn dan de nominale waarde, waardoor de remwegen bij benadering 2% korter zijn. Dit lijkt een verwaarloosbaar klein aandeel maar bij een rempercentage rond de 190 rem% heeft een 2% remwegverkorting een stijging van het rempercentage met ongeveer 4 à 5 procent tot gevolg.

Analyse van de overige meetgegevens laat zien dat de remcilinderdrukken die gemeten zijn bij 2 draaistellen hoger zijn dan de theoretische nominale waarden. De nominale waarden zijn weergegeven als doorgetrokken lijn.

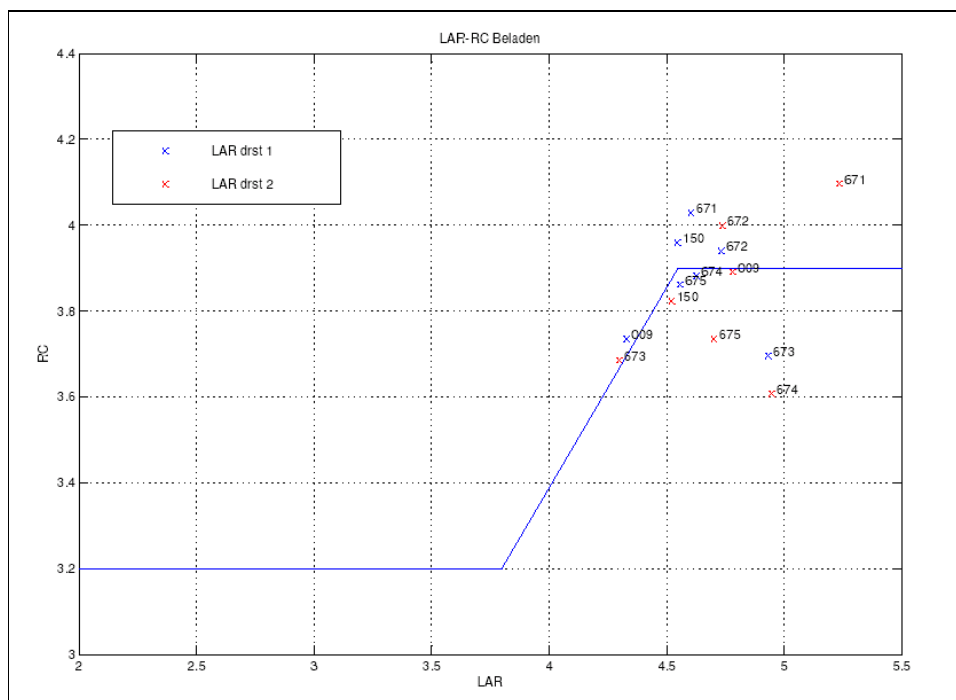


Figuur 7: Relatie LAR-RC tijdens dynamische beproevingsritten leeg

4.2 Beproevingen beladen

4.2.1 Statische opname

Uit de statische opnames is de relatie tussen LAR druk en RC druk bepaald. Deze relatie is weergegeven in Figuur 8. De meetwaarden van deze metingen wijken minder af van de theoretische relatie tussen LAR druk en RC druk (doorgetrokken blauwe lijn) dan in lege situatie.



Figuur 8: Relatie Laststuurdruk (uit weegklep) – Remcilinderdruk van beladen rijtuigen

Naast de kleiner spreiding is ook het structurele verschil tussen beide draaistellen niet meer aanwezig. Dit ondersteunt de veronderstelling dat de "belading tot lege ICRm" niet gelijk verdeeld is geweest over de rijtuigen.

4.2.2 Dynamische beproevingen

Metingen zijn uitgevoerd van 19-12-06 tot 23-12-06. De gemiddelde temperatuur tijdens deze ritten was 7 graden Celsius en er was deels lichte neerslag. Tijdens de remwegmetingen zijn nauwelijks ABI ingrepen geconstateerd.

Ook met de beladen treinstam zijn remwegmetingen uitgevoerd in duwbedrijf en in trekbedrijf. De gemeten remwegen worden overzichtelijk weergegeven in [23]. De remwegen worden op basis van uitgave 4 van fiche 544-1, zie [21]. Uit deze remwegen wordt volgens uitgave 3 van fiche 544-1, zie [14]. In [19] en [20] worden de ingevulde rekenbladen weergegeven, zoals ze door de meetgroep zijn aangeleverd.

Uit deze werkwijze volgen de volgende rempercentages voor de stam van 7 rijtuigen plus lok:

Situatie	Rempercentage
Lok1700+BAB-BAB-Bds leeg, duwbedrijf, lok beremd	177%
Lok1700+BAB-BAB-Bds leeg, trekbedrijf, lok onberemd	140%

Zoals voorgeschreven in [14] wordt het rempercentage per rijtuig berekend via het totale remgewicht van de stam. Dit remgewicht wordt gelijk verdeeld over de 7 rijtuigen, omdat ze hetzelfde remwerk hebben. Vervolgens wordt op basis van dit remgewicht per rijtuig en

het gewicht van elk verschillend type rijtuig een rempercentage per rijtuigtype berekend. Deze berekening is gedocumenteerd in [22]. De rempercentages voor de losse rijtuigen, met en zonder Snelrem Versnellings Klep, zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3: Rempercentages ICRm beladen met C952

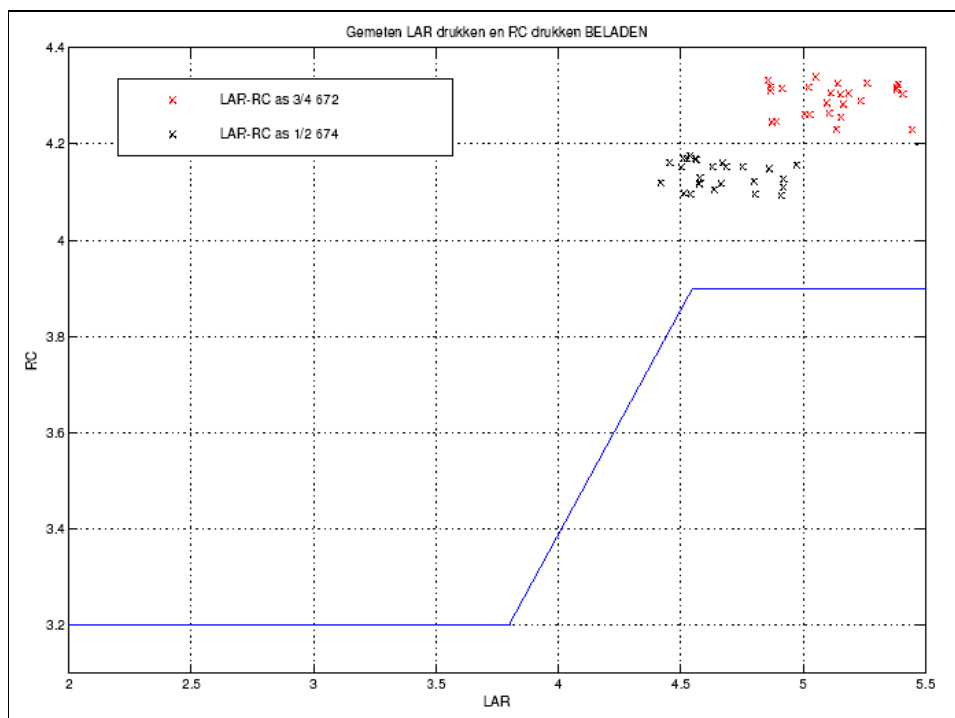
Rempercentages rijtuigen leeg	%
<i>Hele stam uit gemeten remwegen</i>	<i>140</i>
A rijtuig	180
B rijtuig	174
BDs rijtuig	176
Oorspronkelijk, gietijzer remblokken	176
A rijtuig geen SVK	168
B rijtuig geen SVK	166
BDs rijtuig geen SVK	169
Oorspronkelijk, gietijzer remblokken geen SVK	167

De invloed van de hogere LAR drukken is in de beladen toestand niet meer van invloed. Hoewel de LAR druk nog wel hoger zal zijn, is de remcilinderdruk al op zijn maximale waarde en zal dus niet hoger zijn dan bij een nominaal afgesteld rijtuig.

Door inzet van de LL-blokken C952 blijkt het rempercentage in beladen toestand niet toe te nemen. Het B-rijtuig heeft zelfs een rempercentage van 174% ten opzichte van 176% oorspronkelijk.

Opvallend is dat de rempercentages in beladen toestand niet zijn toegenomen, terwijl de rempercentages in lege toestand wel zijn toegenomen. Dit is te verklaren door de manier waarop de rempercentages in beladen toestand tot stand zijn gekomen. Na de modernisering van de rijtuigen zijn geen beproevingen uitgevoerd met een werkelijk beladen trein, maar is op basis van een remberekening en beproevingen in lege toestand rempercentage voor de beladen toestand bepaald.

Uit de metingen van drukken tijdens de beproevingen blijkt dat het remsysteem zijn maximum remgewicht heeft bereikt. Dit is te zien aan het feit dat, in tegenstelling tot de metingen in lege toestand, de gemeten punten zich rond een horizontale lijn bevinden. De hoogte van de RC druk is echter wel hoger dan de nominale waarde van 3,9 bar.



Figuur 9: Relatie LAR-RC tijdens dynamische beproevingsritten beladen

4.3 Conclusies beproevingen

Uit de statische beproevingen is gebleken dat de spreiding op verschillende drukken in het remsysteem groot is. Dit geldt ook voor de aandrukkracht van zowel de blokken als de remvoeringen. Tijdens de statische opname in beladen toestand zijn de spreiding op de LAR drukken en RC drukken kleiner.

Zowel uit de statische metingen als uit de remcilinderdrukken tijdens dynamische beproevingen blijkt dat de remcilinderdrukken veel afwijken van de nominale waarde. Ook is de spreiding van drukken over de verschillende rijtuigen groot in de lege situatie.

De gemeten rempercentages bedragen 193%, 195% en 196% voor de lege rijtuigen en 174%, 176% en 180% voor de beladen rijtuigen.

5 Synthese

5.1 Remberekening

Er is voor aanvang van de beproevingen een uitgebreide en gedetailleerde remberekening gemaakt. Met behulp van deze remberekening kunnen gevolgen van eventueel noodzakelijke wijzigingen in het remwerk beter worden ingeschat. De berekening bevatte voor aanvang van de beproevingen 2 zwakke punten. Zowel het rendement van het remwerk als de wrijvingskarakteristieken zijn niet bekend. De invloed van beide factoren op de remweg is echter aanzienlijk.

Er is een poging gedaan om de onbekende grootheden in te vullen op basis van metingen in de praktijk. Voor bepaling van het rendement is gebruik gemaakt van een krachtmeter waarmee de aandrukkrachten van blokken en voeringen zijn gemeten. In de paragrafen 4.1.1 en 4.2.1 zijn de resultaten van deze metingen uitgezet met de bijbehorende remcilinderdrukken.

Uit de meetresultaten is de overdracht van RC-druk naar aandrukkracht bekend, zie Figuur 1. Met aanname van terugstelveerkrachten en overbrengverhoudingen is hieruit een statische rendement bepaald, zoals ook weergegeven in Figuur 4 en Figuur 5. Het gemiddelde statische rendement van de blokkenrem is 0,84. Het gemiddelde statische rendement van de schijfrem is 0,82.

Tijdens de voorbereidingen vanuit is gegaan dat het rendement van reizigersmaterieel hoog is, waardoor het statische rendement en het dynamisch rendement ongeveer gelijk zouden zijn. Uit de meetresultaten blijkt dit niet het geval te zijn. Hierdoor is het rendement in rijdende toestand niet exact bekend. Als uitgangspunt wordt de UIC methodiek toegepast waarbij het dynamische rendement als volgt wordt bepaald:

$$\mu_{dyn} = \frac{\mu_{stat} + 1}{2}$$

Het dynamisch rendement wordt daarmee 0,92 voor de blokkenrem en 0,91 voor de schijfrem.

Tijdens de dynamische beproevingen is ook de deceleratie geregistreerd. Met behulp van deze deceleratie is in matlab een inschatting gemaakt van de wrijvingscoëfficiënten van de blokken. Naast de aanname van het berekende dynamische rendement zijn voor de berekening van de wrijvingscoëfficiënten van de remblokken ook de volgende aannames gemaakt:

- De wrijvingscoëfficiënt van de remvoeringen
- Voor de terugstelveerkrachten zijn dezelfde waarden aangenomen als bij de bepaling van het rendement
- De remcilinderdrukken van de hele trein worden gelijk verondersteld aan de gemiddelde remcilinderdruk van beide meetdraaistellen
- Treinweerstand is berekend uit de algemeen geldende formule, zoals die ook voor de remberekening wordt gehanteerd

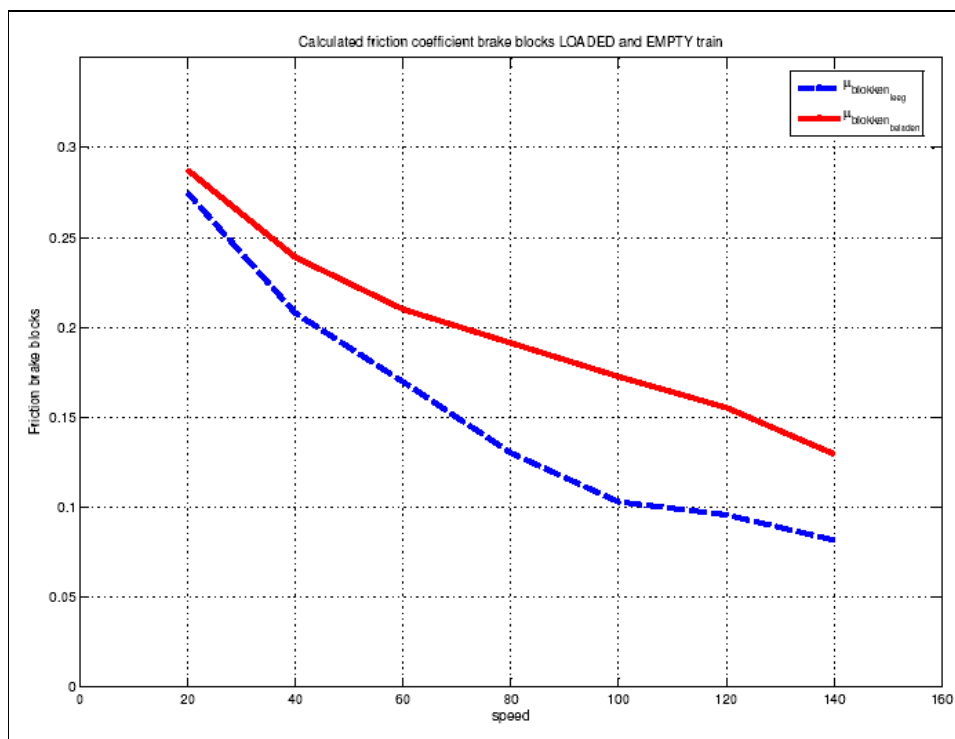
In de praktijk zullen niet alle remcilinderdrukken gelijk zijn aan de gemeten draaistellen. Als echter de gemiddelde remcilinderdruk gelijk is aan de gemiddelde remcilinderdruk van de

gemeten draaistellen, dan zal de berekende wrijvingscoëfficiënt overeenkomen met de gemiddelde wrijvingscoëfficiënt.

De resultaten van de berekening zijn grafisch weergegeven in Figuur 10. Het is duidelijk dat de berekende wrijvingscoëfficiënten voor de beladen situatie anders zijn dan in de lege situatie. Hiervoor zijn een aantal mogelijke oorzaken aan te wijzen:

- De wrijvingscoëfficiënten zijn in de beladen situatie daadwerkelijk hoger dan in de lege situatie onder invloed van de veranderde aandrukkraft. Dit strookt echter niet met de verwachting, zie paragraaf 3.3.2. De invloed van aandrukkraft op dit soort remblokken lijkt in de beproevingen klein. Bij andere remblokken is de invloed juist omgekeerd; een hogere aandrukkraft zorgt voor een lagere wrijvingscoëfficiënt.
- De wrijvingscoëfficiënten van de remvoeringen wijken in lege of beladen situatie sterker af van de aanname, waardoor de berekende schijfremkracht afwijkt. De berekende blokkenremkracht zal dan ook afwijken en daarmee zal ook de berekende wrijvingscoëfficiënt afwijken.
- In lege toestand zijn er grote verschillen gemeten in remcilinderdruk van verschillende rijtuigen tijdens de statische metingen. Als de remcilinderdruk van beide dynamisch gemeten draaistellen hoger is dan het gemiddelde over alle draaistellen, dan zal de berekende wrijvingscoëfficiënt lager zijn dan de werkelijke wrijvingscoëfficiënt. Omdat in beladen toestand de verdeling in remcilinderdrukken kleiner was worden de resultaten uit de beladen situatie betrouwbaarder geacht.

Vergeleken met de verwachtingen op basis van proefbankgegevens, zie Figuur 3, zijn vooral de wrijvingscoëfficiënten bij lagere snelheden hoger. Ook begint (bij teruglopende snelheid tijdens een remming) het oplopen al bij hogere snelheid.



Figuur 10: Berekende wrijvingscoëfficiënten uit beladen en lege beproevingen ICRm

Ondanks de onzekerheden die zijn ontstaan door spreiding op de meetresultaten is er een remberekening gemaakt waarmee binnen een acceptabele marge van enkele remprocenten het rempercentage van de beproefde stamconfiguraties kan worden berekend. Deze remberekening kan dan ook gebruikt worden om de gevolgen van kleine wijzigingen in de toekomst te voorspellen. Een voorbeeld hiervan is het toepassen van een ander soort remblokken waarvan de wrijvingscoëfficiënten bekend zijn.

5.2 Gevolgen voor ICRm

Het rempercentage van de rijtuigen is in de lege situatie hoger dan het oorspronkelijk rempercentage. Met de nieuwe blokken stijgt het rempercentage van 180% naar 194%. In beladen situatie blijft het rempercentage nagenoeg gelijk. Het B rijtuig heeft in beladen toestand een rempercentage dat 2 remprocent lager is dan de huidig geldende rempercentages (174% ten opzichte van 176%), voor alle overige rempercentages geldt dat ze hoger zijn dan de nu geldende waarden. Het is mogelijk om de C952 remblokken voor ICR toch uitwisselbaar te verklaren met gietijzeren remblokken omdat:

- de daling in rempercentage van de B rijtuigen erg klein is\
- de marge ten opzichte van de eis van 160% groot is
- de rempercentages van de A rijtuigen zijn gestegen, waardoor het rempercentage van een stam ongeveer gelijk zal blijven

6 Conclusies

Toelating/Rempercentage

De LL-remblokken van het type 952 kunnen ingezet worden als alternatief voor de toegevoegde gietijzeren remblokken op ICRm rijtuigen.

Metingen

De statische metingen hebben aangetoond dat verschillende grootheden van het remsysteem zoals drukken, krachten en rendementen een grote spreiding vertonen. Gevolg hiervan is dat de remberekening niet zodanig kan worden aangepast dat de werkelijk er altijd mee getroffen zal worden. Ook zal in de berekening van de wrijvingscoëfficiënten van de C952 blokken een onzekerheid blijven bestaan

De metingen hebben tevens aangetoond dat het inslijteffect bij de Cosid blokken zo goed als afwezig is. Gedurende het inslijten (ca 300 snelremmingen) is geen noemenswaardige daling of stijging van de remweg waargenomen.

Tevens bleef de remweg gedurende de beproevingen constant binnen enkele meters.

Remberekening

De remberekening is aangepast op basis van de praktijkresultaten. Onzekerheden die zijn blijven bestaan zijn de wrijvingscoëfficiënten van de remvoeringen en de werkelijke dynamische rendementen. Verder zijn de wrijvingscoëfficiënten van de blokken bepaald met een lage nauwkeurigheid. Ondanks deze onzekerheden kan met behulp van deze remberekening een goede inschatting worden gemaakt van het rempercentage van de rijtuigen als er wijzigingen worden doorgevoerd aan het remsysteem.

7 Aanbevelingen

Duurproef

De C952 LL-remblokken zijn geschikt als vervanging van gietijzeren remblokken. Deze blokken kunnen volgens plan worden ingezet tijdens de duurbeproeving. Als extra aandachtspunt kan worden meegenomen dat het rempercentage in lege toestand is toegenomen, waardoor de kans op vlakke plaatsen ook zou kunnen toenemen. Gezien de geringe mate van stijging kan de duurbeproeving zonder aanpassingen aan het remsysteem doorgang vinden.

Aanpassingen aan materieel

Uit de metingen is gebleken dat binnen het remsysteem een grote spreiding bestaat in drukken en krachten. Met name de ALR werking lijkt voor onverwachte spreiding te zorgen. Ook is de gangbaarheid van het remwerk (uitgedrukt in het rendement) niet zo goed als voorafgaand aan de metingen werd verondersteld. Het verdient aanbeveling om een nader onderzoek te doen naar mogelijke gevolgen van deze bevindingen.

Protobeproevingen met alternatieve blokken variant 2

De beproevingen met een volgend type remblok kunnen op dezelfde manier worden uitgevoerd. Statische opname van de trein kan worden beperkt, omdat de beproevingen met dezelfde rijtuigen wordt uitgevoerd.

Referenties

- [1] *Haalbaarheidsonderzoek LL-blokken op ICRm en DDM-1*, B. van Os, 18 mei 2005, TR/BVO/641/03-239456, [H03-239456](#)
- [2] *Remberekening inschatting ICRm LL-blokken*, R. van Mil, 10 oktober 2005, TR/RM/0767/03257761, [H03-257761](#)
- [3] *Becorit IB116 - Untersuchung Zusatz-klotzbremse*, Becorit [H03-257614](#)
- [4] *Cosrail C952 - Prüfstandversuche für Zusatzblöcke*, Cosrail, [H03-257613](#)
- [5] *Beproeversplan LL blokken ICRm*, B. van Os, 6 januari 2006, TR/BVO/767/03-258434, [H03-258434](#)
- [6] *Plan van aanpak protobeproevingen SileNS*, R. van Mil, 11 oktober 2005, TR/RM/SileNS/767/03-255159, [H03-255159](#)
- [7] *Mogelijkheid "beladen"remproeven ICRm zonder belading*, R. van Mil, 3 oktober 2005, [H03-258909](#)
- [8] *Remberekening inschatting ICRm LL-blokken*, R. van Mil, 21 september 2005, TR/RM/757/03-257761, [H03-257761](#)
- [9] *Statische meting ICR met drukken*, R. van Mil/ R. van Vliet, 16 november 2005, [H03-262462](#)
- [10] *SileNS ICRm drukmeting statisch LEEG*, R. van Mil, 10 januari 2006, [H03-266559](#), [H03-266560](#), [H03-266561](#), [H03-266562](#), [H03-266563](#), [H03-266564](#)
- [11] *SileNS ICRm drukmeting statisch LEEG LAR-RC*, R. van Mil, 10 januari 2006, [H03-266565](#)
- [12] *Terugvalscenario L-/LL-blokken SileNS; keuze LL-blok en gevolgen voor proefopzet*, F. Chang, TR/FC/767/03-255676, [H03-255676](#)
- [13] *Rempercentage verificatierit 14-12-06 ICRm SileNS leeg ICR C952 LL-blokken*, R. van Vliet, TR/RV/767/03-267981, [H03-267981](#)
- [14] *UIC, UIC 544-1 Bremse - Bremsleistung(3e editie van 1-1-'66 herdruk 1-7-'85 inclusief 9 wijzigingsbladen van 1-1-'85)*
- [15] *SileNS overzicht remwegen ICRm met LL-blokken C952 leeg*, R. van Mil, d.d. 5-1-2006, [H03-263549](#)
- [16] *Rempercentage ICRm SileNS leeg trek onberemd*, R. van Mil, [H03-266205](#)
- [17] *Rempercentage ICRm SileNS leeg trek beremd*, R. van Mil, [H03-266206](#)
- [18] *Rempercentage ICRm SileNS leeg duw beremd*, R. van Mil, [H03-266209](#)
- [19] *Rempercentage ICRm SileNS beladen trek onberemd*, R. van Mil, [H03-266207](#)
- [20] *Rempercentage ICRm SileNS beladen duw beremd*, R. van Mil, [H03-266208](#)
- [21] *UIC 544-1 Bremse – Bremsleistung (4e editie van 05-2004)*, UIC, [H03-202562](#)
- [22] *SileNS overzicht rempercentages rijtuigen ICRm uit beproevingen*, R. van Mil, d.d. 12-01-2006, [H03-266823](#)
- [23] *SileNS overzicht remwegen ICRm met LL-blokken C952beladen*, R. van Mil, d.d. 5-1-2006, [H03-265381](#)
- [24] *Projectplan Pilot Geluid NS Reizigers, Beproeving LL-blokken ICRm en DDM-1, SileNS*, K. de Wolff, oktober 2005.
- [25] *Meetrapport massabepaling ICR (rijtuig 508410-70672-7)*, [H03-266722](#)