

Rapportage beproevingen SileNS LL-remblokken Jurid 777

Colofon

Opdrachtgever : NS Reizigers
Systeemgroep : TR
Auteur : Roger van Mil
Robbie Woldendorp
Kenmerk : TR/RW/0767/03-284430
Versie : 1.0
Status : Definitief
Datum : 21 september 2006
Vrijgave auteur :

Inhoudsopgave

Inleiding	3
1 Uitgangspunten en voorbereiding	4
1.1 L-blokken of LL-blokken	4
1.2 Remblokhouders	4
1.3 Rembeproevingen met beladen rijtuigen	4
1.4 Beproevingen met DDM1-IC rijtuigen	5
1.5 Configuratie	5
2 Meetmethode en meetverwachtingen	6
2.1 Meetdoelen	6
2.2 Opzet beproevingen	7
2.2.1 Statische opname	7
2.2.2 Verificatieritten en inslijtritten	7
2.2.3 Dynamische beproevingen	7
2.3 Meetverwachting	9
2.3.1 Statische metingen	9
2.3.2 Dynamische metingen	10
3 Resultaten beproevingen	11
3.1 Beproevingen leeg	11
3.1.1 Statische opname	11
3.1.2 Verificatiemetingen	13
3.1.3 Inslijtritten	13
3.1.4 Dynamische beproevingen	14
3.2 Beproevingen beladen	14
3.2.1 Statische opname	14
3.2.2 Dynamische beproevingen	15
3.3 Validatiemeting	16
3.4 Conclusies beproevingen	16
4 Synthese	18
4.1 Conclusie synthese voor DDM1	20
5 Conclusies en aanbevelingen	21
5.1 Conclusies	21
5.1.1 Statische metingen	21
5.1.2 Dynamische metingen	21
5.1.3 Synthese	21
5.2 Aanbevelingen	21
5.2.1 Duurproef	21
5.2.2 ALR-installatie	21
5.2.3 Rempercentage rijtuigen	22
Lijst met verwijzingen	23

Inleiding

In 2005 is door NedTrain Consulting (NTC) onderzoek gedaan naar mogelijke geluidsreducerende maatregelen op materieel van NS reizigers. Een van de mogelijke maatregelen voor het reduceren van brongeluid 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 DDM-1 materieel en aansluitend een proeftraject van enkele maanden waarbij een beperkt aantal rijkundigen 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 DDM-1 zal onder andere moeten worden aangetoond dat het remvermogen van de rijkundigen voldoet aan de wettelijke eisen. In deze rapportage worden beproevingen beschreven die zijn uitgevoerd met LL-blokken van het type Jurid 777.

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.

1 Uitgangspunten en voorbereiding

1.1 L-blokken of LL-blokken

In het voortraject van het SileNS project is uitgegaan van de toepassing van LL-remblokken [1]. Omdat op basis van de op dat moment beschikbare gegevens echter niet te garanderen was dat de wrijvingscoëfficiënt van deze blokken hoog genoeg zou zijn, is destijds besloten om L-blokken als alternatief achter de hand te houden. De oorspronkelijke plannen hebben erin voorzien om de LL-blokken IB116 en C952 te beproeven in het kader van SileNS. Deze keuze is gemaakt op basis van het feit dat voor deze twee blokken een voorlopige UIC toelating gold.

Het C952 blok is, voorafgaand aan de beproevingen met DDM1, daadwerkelijk beproefd op ICRm-materieel [2]. De voorlopige UIC toelating van het IB116 blok is in de loop van het project echter ingetrokken. Er is daarop besloten om, in plaats van IB116, een L-blok van Ferodo (3325F) te beproeven op ICRm-materieel [3].

Gelijktijdig met het intrekken van de voorlopige UIC toelating van IB116, is een voorlopige UIC toelating afgegeven voor het Jurid 777 LL-blok, ook bekend onder de naam Jurid PM132.

Op basis van de resultaten met ICRm is besloten om de beproevingen met DDM1 met LL-blokken uit te voeren. Tevens was het gewenst om een alternatief voor C952 te beproeven. Daarom is het Jurid 777 LL-blok geselecteerd om een breder beeld te kunnen vormen van het aanbod en de eigenschappen van LL-blokken. De opzet van de proef, de resultaten en de hieraan verbonden conclusies worden in dit rapport besproken.

1.2 Remblokhouders

Vanwege het lagere gewicht van alternatieve blokken is er in het voortraject reeds voor gekozen om de multi-remblokken te vervangen door Bg-blokken [2]. Hierdoor kunnen standaard blokken worden besteld, waarmee verwacht wordt dat de aanschafprijs lager zal zijn. Omdat de blokken van het type Bg zijn, moeten de remblokhouders dat ook zijn. Er is een CW opgesteld voor het vervangen van de multi-remblokhouders van DDM1 door exemplaren van het Bg-type [4].

1.3 Rembeproevingen met beladen rijtuigen

Om het rempercentage te bepalen van rijtuigen in beladen toestand worden proefritten gereden met werkelijk beladen rijtuigen. Vanwege de in de loop der tijd veranderde remeigenschappen 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. Voor ICRm is deze mogelijkheid onderzocht [5], de resultaten zijn

overgenomen voor de proeven met DDM1. Er zijn dan ook remproeven uitgevoerd met een beladen DDM1 stam.

1.4 Beproevingen met DDM1-IC rytuigen

Het is niet mogelijk gebleken om een standaard DDM1 stam te onttrekken voor de protobeproevingen. In plaats daarvan zijn DDM1-IC rytuigen ter beschikking gesteld, deze zijn tijdens de zomerdienstregeling niet benodigd door NSR. Het grootste verschil tussen de standaard en de IC-rytuigen is dat de laatste variant is voorzien van een eigen statische omzetter. Het massaverschil is echter nihil en het remwerk is ongewijzigd, de IC-rytuigen zijn voor de protoproef daarom zonder verdere ingrepen inzetbaar.

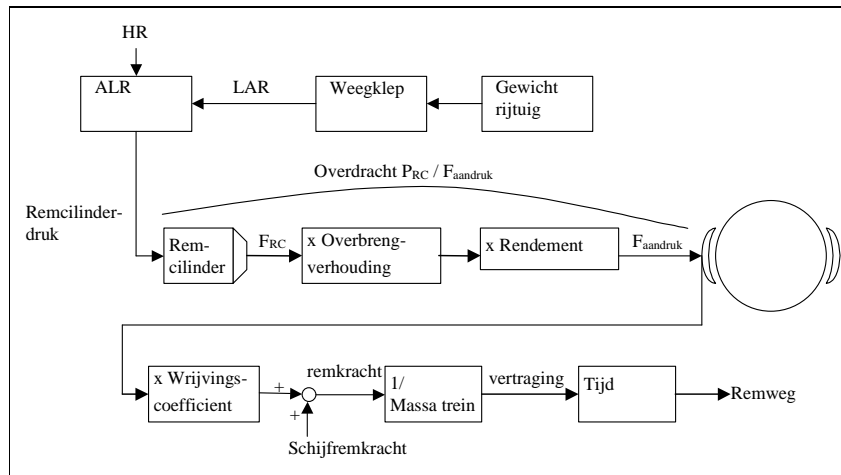
1.5 Configuratie

Er is gekozen voor een materieelconfiguratie van 6 DDM1-IC rytuigen en een loc1700. Omwille van de beperkte beschikbaarheid van dit type locomotief is het echter noodzakelijk gebleken om uit te wijken naar een loc1600 van Railion. Voor het bepalen van het rempercentage van de rytuigen is dit niet van invloed. De configuratie van 6 rytuigen en een locomotief is voldoende lang om de verschillen in remgedrag tussen de individuele rytuigen uit te middelen en derhalve het rempercentage van één rytuig te kunnen bepalen.

2 Meetmethode en meetverwachtingen

2.1 Meetdoelen

In [8] 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 DDM1 schematisch weergegeven.



Figuur 1: Schematische weergave remsysteem

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

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.

Naar aanleiding van ervaringen met statische metingen met ICRm wordt de statische meting minder uitgebreid uitgevoerd. Met name de metingen met oplopende remstanden wordt overgeslagen omdat het nut de kosten niet waard is. De spreiding in meetresultaten van deze meting was bij ICRm te groot om resultaten te kunnen gebruiken. Dit werd

veroorzaakt door de slechte gangbaarheid van het remwerk waardoor de relatie tussen remcilinderdruk en aandrukkraft niet meer lineair is.

2.2 Opzet beproevingen

2.2.1 Statische opname

Tijdens de statische beproevingen wordt de overdracht bepaald van remcilinderdruk naar aandrukkraft 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 aandrukkraft te meten wordt gebruik gemaakt van een krachtmeter die geschikt is voor het meten van aandrukkraften op blokken en van remvoeringen op de remschijven.

Analoog aan de protobeproevingen met ICR [2], 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 aandrukkraft van dezelfde voering meten waarbij blokkenrem uitgeschakeld (of afgesloten) is. Vervolgens, na inschakelen van de blokkenrem, hetzelfde voor een remblok.
- Remblok en – voeringkraft
- Remcilinderdruk (blokken en schijf apart als er verschil is)
- Treinleidingdruk
- ALR stuurdruk
- Vultijd remcilinders bij snelremming

2.2.2 Verificatieritten en inslijtritten

Na plaatsing van de Jurid 777 LL-blokken wordt een verificatierit gereden waarin een voorlopig rempercentage bepaald wordt. Op basis van dit voorlopig rempercentage wordt de maximale inzetsnelheid voor de inslijtritten vastgesteld. De inslijtritten worden gereden om ervoor te zorgen dat het draagbeeld van de remblokken op de wielen voldoende groot is om een betrouwbare remwegmeting te doen. Tijdens de inslijtritten worden met grote regelmaat remmingen uitgevoerd. Omdat de blokken pas in de snelremstand worden bijgeschakeld, is het zaak om deze PNS-stand te gebruiken. Er wordt niet tot stilstand geremd. In plaats daarvan wordt afgeremd tot zo'n 60km/u, waarna de remmen gelost worden. Dit om het risico op het ontstaan van vlakke plaatsen zo beperkt mogelijk te houden.

2.2.3 Dynamische beproevingen

De dynamische beproevingen worden uitgevoerd met onberemde locomotief. 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 [20], omdat versie 3 geen voorwaarden stelt aan de spreiding van de metingen. Versie 3 [19] 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 rijtuigen gelijk is, zal het remgewicht gelijk worden verdeeld over de 6 rijtuigen. Dit is voorgeschreven in UIC 544-1, versie 3 [19].

Er zullen snelremmingen worden uitgevoerd vanuit de volgende snelheden: 40, 60, 80, 120, en 140 km/h. Voor de snelheden van 100 t/m 140 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. Deze beproevingsopzet is beschreven in het beproevingsprogramma [22].

Voor de beladen situatie zal op dezelfde manier het remgewicht per rijtuig worden vastgesteld. Om het rempercentage per rijtuig te bepalen zal worden gerekend met het gewicht van een "maximaal beladen" rijtuig, zoals dat in de huidige gegevens (certificaat van overeenstemming of indienststellingsaanschrijving) 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. Conform de methode die bij de protobeproeving van ICR gehanteerd is [2], worden tijdens de dynamische beproevingen de volgende grootheden geregistreerd:

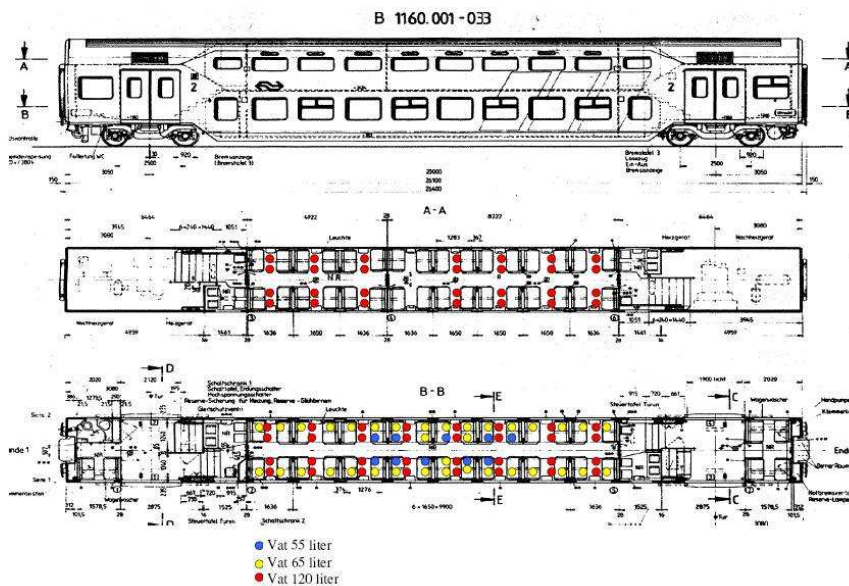
- Remweg (primair doel)
- Verloop van vertraging, snelheid en afgelegde weg in de tijd
- Remcilinderdruk van schrijfrem en blokkenrem van minimaal 2 draaistellen uit twee verschillende rijtuigen in de tijd

Nadat het remvermogen van de rijtuigen in lege toestand is bepaald, zullen de rijtuigen worden beladen. De verschillende beladingspunten van de rijtuigen zijn als volgt:

- Theoretisch leeg: De massa waarbij de automatische lastafremming de minimale remcilinderdruk uitstuurt.
- Leeg: De massa zonder reizigers. In deze toestand worden de proefritten "leeg" gereden. Voor DDM1 is dit 43,8 t per Bv-rijtuig [30].
- Normaal beladen. De remwerking in deze toestand wordt niet bepaald. Voor DDM1 is dit 54 t per Bv-rijtuig [30].
- Maximaal beladen. Massa waarbij de automatische lastafremming de maximale remcilinderdruk uitstuurt. Voor DDM1 is dit 56,8 t per Bv-rijtuig [30].
- Overbeladen. Maximaal mogelijk belading waarmee gereden kan worden. Voor DDM1 is dit 65,6 t per Bv-rijtuig [30].

De beladingsgraad tijdens de proef moet hoger zijn dan "maximaal beladen". Boven deze belading zal de remcilinderdruk, en dus het remgewicht, niet meer wijzigen en heeft een massaverhoging een lineaire invloed op de remweg.

Tijdens de proef is de belading gerealiseerd van 59,8 t per rijtuig [21]. Hiervoor zijn er kratten met remblokken geplaatst op de balkons en zijn er aanvullend watervaten in de rijtuigen geplaatst volgens Figuur 2, het beladingsplan [31].



Figuur 2: Beladingsplan DDM1

2.3 Meetverwachting

2.3.1 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. De ALR karakteristiek is gegeven in [23]. Uit de STG, [24], volgen remcilinderdrukken gesimuleerd leeg van 3,7 +/- 0,2 bar en gesimuleerd beladen van 4,7 +/- 0,2 bar.

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 rijtuigen.

2.3.2 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.

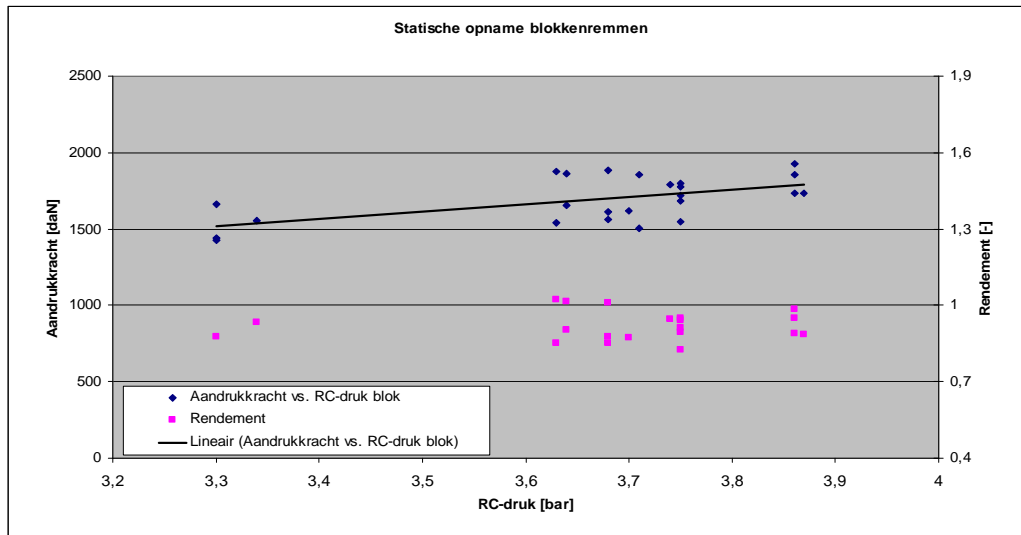
Uit [25] blijkt dat de wrijvingscoëfficiënten van de LL-blokken een grote afhankelijk van aandrukkracht te vertonen. Als inschatting van de wrijvingscoëfficiënten voorafgaand aan de metingen worden de wrijvingscoëfficiënten daarom overgenomen van de metingen met Cosid LL-blokken op ICRm. Met behulp van de remberekening, worden de rempercentages van een stam van 6 rijtuigen (zonder lok) geschat op 192% en 195% in lege respectievelijk beladen toestand. Voor een stam met onberemde lok worden de rempercentages respectievelijk 138% en 149%.

3 Resultaten beproevingen

3.1 Beproevingen leeg

3.1.1 Statische opname

Resultaten van de statische opname van de rijtuigen zijn vastgelegd in [6]. Met behulp van de vastgelegde gegevens, is de statische overdracht van remcilinderdruk naar aandrukkraft bekend, zie Figuur 1. Door de theoretische waarden aan te nemen voor veerkrachten en overbrengverhoudingen kan het theoretisch rendement van de betreffende overdracht worden bepaald. In Figuur 3 en Figuur 4 worden de gemeten remcilinderdrukken met bijbehorende aandrukkraften gegeven voor de blokkenremunits respectievelijk het schijfremwerk van één zijde van de trein. In deze figuren is ook het theoretisch rendement weergegeven. In hoofdstuk 4 wordt dieper op het theoretisch rendement in gegaan.

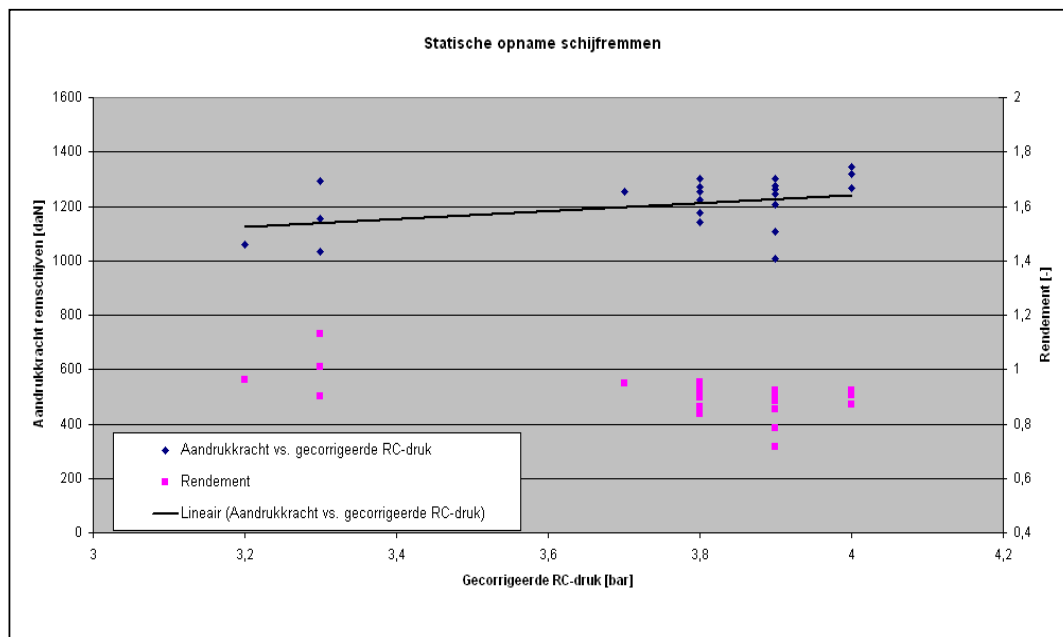


Figuur 3: Relatie aandrukkraft vs RC-druk blokkenrem

Uit deze meetresultaten blijkt dat de relatie tussen RC-druk en aandrukkraft van de remblokken bij benadering lineair te noemen is. De maximale afwijking van de meetpunten t.o.v. de trendlijn is zo'n 12%, zowel in positieve als in negatieve richting. Dergelijke afwijkingen kunnen worden veroorzaakt door bijzonderheden in het remsysteem, zoals een hoge interne weerstand (werkt verlagend op de aandrukkraft) of een veer die aan stijfheid verloren heeft (werkt verhogend op de aandrukkraft).

Figuur 4 toont de relatie tussen remcilinderdruk en aandrukkraft van de remvoeringen op de remschijven. Hierbij wordt opgemerkt dat tijdens de statische opname van de remschijven er een verstoring op de meetwaarden van de RC-drukken is opgetreden als gevolg van een aardingsprobleem. Dit houdt in dat de werkelijke drukken niet overeen

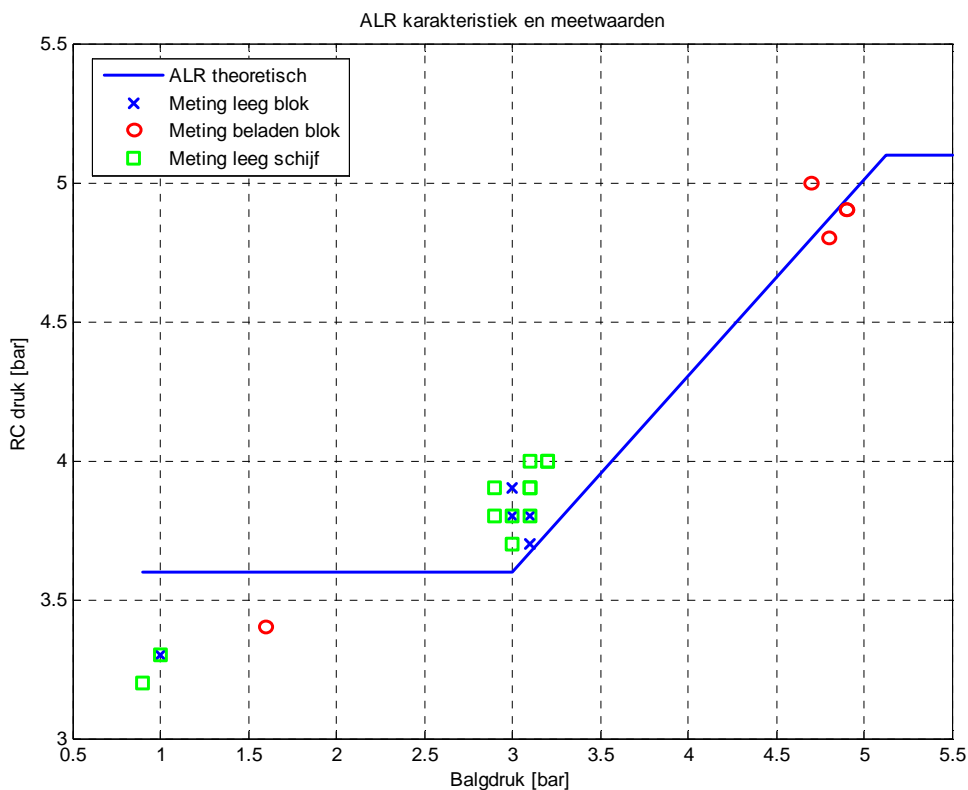
komen met de gemeten waarden. Het is echter wel mogelijk gebleken om de grootte van deze verstoring achteraf vast te stellen. De gemeten RC-drukken zijn hiermee vervolgens gecorrigeerd en verwerkt in onderstaande figuur.



Figuur 4: Relatie aandrukkraft vs. RC-druk schijfremmen

Ook hier is een bij benadering lineaire relatie tussen de remcilinderdruk en de aandrukkraft zichtbaar. De meetpunten liggen over het algemeen dicht bij de trendlijn. De grootste afwijking bedraagt ongeveer 13% in positieve richting en 17% in negatieve richting. Ook hier geldt dat de toestand van het remwerk een invloed kan hebben op de aandrukkraft. Tevens dient te worden opgemerkt dat de krachtmeter, waarmee de meting is uitgevoerd, op een schijfremstelsysteem minder nauwkeurig werkt dan op een blokkenremstelsysteem. Het is dus niet ondenkbaar dat de meetonnauwkeurigheid iets groter is dan in het geval van de blokkenremmen.

Uit de statische opnames is ook de relatie tussen LAR-druk (druk uit de lastafhankelijke regelklep) en RC druk bepaald. Deze relatie is weergegeven in Figuur 5. Uit deze figuur blijkt dat de remcilinderdrukken redelijk goed overeen komen met de theoretische karakteristiek. Eén van de gemeten ALR-installaties was defect, dit is terug te zien in de meetpunten waarbij de balgdruk rond de 1 à 1,5 bar ligt.



Figuur 5: ALR karakteristiek DDM1 in theorie en in praktijk

3.1.2 Verificatiemetingen

Om te bepalen met welke maximale snelheid de inslijtritten gereden mogen worden, is een verificatiemeting uitgevoerd. De remmen van de locomotief zijn tijdens deze rit in dienst. De resultaten van deze verificatiemeting zijn vastgelegd in [9] en [10]. Het behaalde rempercentage tijdens de verificatiemeting is 172%, gemeten en berekend volgens de methode uit [19]. Een officiële remwegmeting is dit niet vanwege het feit dat er niet op officiële rempunten is geremd en de blokken niet zijn ingesleten. De berekende waarde ligt echter zo ver boven de benodigde 119%, dat met ruim voldoende zekerheid gesteld kan worden dat deze gedurende de gehele inslijtperiode ook boven deze 119% zal blijven. Hiermee is een veilige inzet tot 140 km/u gewaarborgd.

3.1.3 Inslijtritten

In de periode van 11-07-2006 t/m 17-07-2006 zijn inslijtritten uitgevoerd om ervoor te zorgen dat tijdens de remproefritten het draagvlak van de remblokken minstens 80% van het totaaloppervlak is. Hiertoe zijn rondritten door Nederland gereden waarbij op zoveel mogelijk plaatsen een remming is uitgevoerd.

Omdat de remblokken enkel in de pneumatische snelremstand (PNS) bijgeschakeld worden, is tijdens de inslijtritten in deze stand geremd. Het remsysteem van de locomotief is tijdens het inslijten in dienst geweest. Er is een maximumsnelheid van 140 km/u gehanteerd.

Op woensdag 19-07-2006 is het draagbeeld van de remblokken gecontroleerd. De blokken bleken ruim voldoende draagvlak te hebben; ze waren bij benadering volledig ingesleten.

3.1.4 Dynamische beproevingen

De dynamische beproeving (remwegmeting) is uitgevoerd op dinsdag 18-07-2006. De gemiddelde temperatuur bedroeg deze dag 25,9°C en het was droog. Het remsysteem van de locomotief was tijdens de remproefritten uitgeschakeld om het rempercentage van de rijtuigen te kunnen vaststellen. De gemeten remwegen zijn beoordeeld op geldigheid volgens de methodiek uit [20]. Vervolgens zijn op basis van een geldige set metingen de rempercentages berekend volgens de methode uit [19]. De resultaten van de dynamische beproevingen met een lege trein zijn gedocumenteerd in [13] en [14]. Hieruit is het rempercentage van de stam bepaald. Op basis van dit rempercentage en de massa's van de loc en de rijtuigen is het rempercentage van de rijtuigen te bepalen. Deze berekening is gedocumenteerd in [21]. Tabel 1 toont de resultaten.

Configuratie	Rempercentage
Stam (loc1600 + 6 Bv-rijtuigen)	163%
Los Bv-rijtuig	214%
Remgewicht Bv rijtuig	94t

Tabel 1: rempercentages DDM1 (leeg) met Jurid 777 LL-blokken

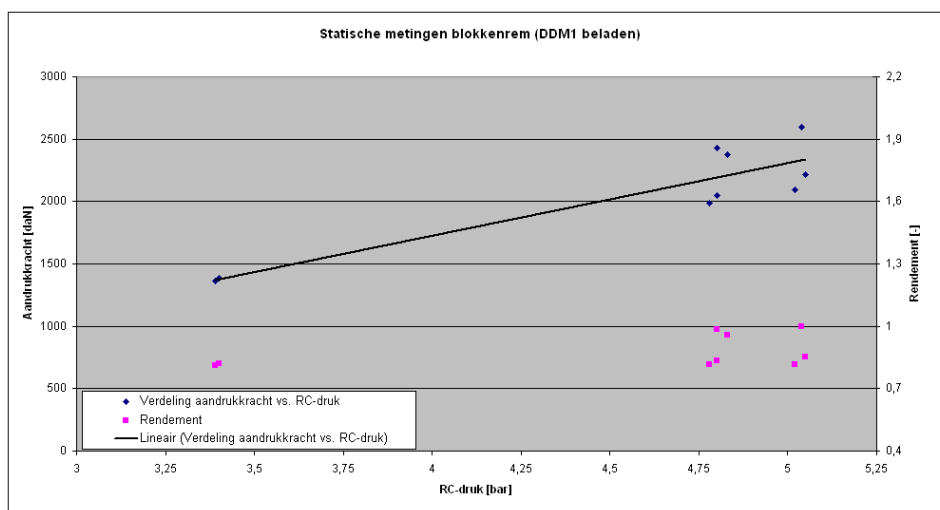
De gevonden rempercentages zijn fors hoger dan de opgeschreven 135%. Hierover wordt in paragraaf 3.3 dieper ingegaan.

3.2 Beproevingen beladen

3.2.1 Statische opname

Ook in beladen toestand is er een statische opname uitgevoerd. Vanwege de beperkte werkplaatscapaciteit is het aantal metingen echter beperkt gebleven tot 9. De resultaten van deze metingen zijn weergegeven in Figuur 6.

Ook in deze figuur is goed te zien dat één ALR-installatie defect was. Dit blijkt uit de twee meetpunten met een RC-druk van ca. 3,4 bar. De overige meetpunten zijn in overeenstemming met de ALR-karakteristiek en vertonen een rendement tussen 0,8 en 1. Deze brandbreedte kan, zoals reeds eerder opgemerkt, een gevolg zijn van kleine onderlinge verschillen in het remwerk (veerstijfheden, slijtagegraad etc.).



Figuur 6: relatie aandrukkraft vs. RC-druk in beladen toestand

3.2.2 Dynamische beproevingen

Na het beladen kon meteen worden aangevangen met de dynamische beproevingen, omdat de remblokken tijdens het beladen niet gewisseld zijn. Een verificatierit en een inslijtperiode zijn daarmee niet noodzakelijk. De dynamische beproevingen zijn uitgevoerd op 31-07-2006, de gemiddelde temperatuur bedroeg die dag 19,4°C en het was droog. Ook nu was het remsysteem van de locomotief tijdens de remproefritten uitgeschakeld om het rempercentage van de rijtuigen te kunnen vaststellen. De gemeten remwegen zijn beoordeeld op geldigheid volgens de methodiek uit [20]. Vervolgens zijn op basis van een geldige set metingen de rempercentages berekend volgens de methode uit [19]. De resultaten van de dynamische beproevingen met een beladen trein zijn gedocumenteerd in [15] en [16]. Hieruit is het rempercentage van de stam bepaald. Op basis van dit rempercentage en de massa's van de loc en de rijtuigen is het rempercentage van de rijtuigen te bepalen. Deze berekening is gedocumenteerd in [21]. Tabel 2 toont de resultaten.

Configuratie	Rempercentage
Stam (loc1600 + 6 Bv-rijtuigen)	155%
Los Bv-rijtuig	191%
Los Bv-rijtuig max beladen (berekend)	201%
Los Bv-rijtuig overbeladen (berekend)	174%
Remgewicht Bv rijtuig	114t

Tabel 2: rempercentages DDM1 (beladen) met Jurid 777 LL-blokken

Hierbij dient overigens opgemerkt te worden dat het rempercentage vanwege de defecte ALR-installatie van één van de rijtuigen iets lager is uitgevallen. Indien alle ALR-installaties in orde geweest zouden zijn, zou het rempercentage enkele procenten hoger geweest zijn. Correctie van deze afwijking is wel mogelijk, maar kan niet met zekerheid worden bewezen. Daarom wordt er voor gekozen om het gemeten rempercentage te hanteren.

Volgens UIC voorschriften, [20], moeten de remwegen gecorrigeerd worden naar halvesleets banden. De gemiddelde wiel diameter is echter boven halvesleets, zie [29]. De rempercentages hoeven daarom niet te worden gecorrigeerd.

3.3 Validatiemeting

In lege en beladen toestand zijn rempercentages voor de rijtuigen gevonden van 214 resp. 191%. Omdat dit hoge rempercentages zijn, is de behoefte ontstaan om deze te spiegelen aan de rempercentages van dezelfde stam met de oorspronkelijke gietijzeren remblokken. Daarom is op 24-08-2006 een validatiemeting uitgevoerd in lege toestand. De gemiddelde temperatuur die dag was 15,8°C en er was enige lichte neerslag. De resultaten van de dynamische beproevingen met een beladen trein zijn gedocumenteerd in [17] en [18]. Hieruit is het rempercentage van de stam bepaald. Op basis van dit rempercentage en de massa's van de loc en de rijtuigen is het rempercentage van de rijtuigen te bepalen. Deze berekening is gedocumenteerd in [21]. Tabel 3 toont de resultaten.

Configuratie	Rempercentage
Stam (loc1600 + 6 Bv-rijtuigen)	160%
Los Bv-rijtuig	211%
Remgewicht	92t

Tabel 3: rempercentages DDM1 (leeg) met gietijzeren P30 blokken

Opmerking hierbij is dat de blokken kort voor de meting nieuw geplaatst waren en derhalve wellicht nog niet volledig ingesleten. De ervaring heeft geleerd dat de blokken na het inslijten een hogere wrijvingscoëfficiënt hebben dan vóór het inslijten. Het rempercentage stijgt daardoor licht gedurende de inslijtperiode. Het is dus mogelijk dat de waarden uit Tabel 3 enkele remprocenten te laag zijn. Die marge is echter zo klein dat met zekerheid gesteld kan worden dat het remgedrag van DDM1 met LL-blokken nagenoeg overeenkomt met het remgedrag van DDM1 met gietijzeren blokken. De gevonden rempercentages met LL-blokken zijn dus zeker niet uitzonderlijk hoog.

3.4 Conclusies beproevingen

De aandrukkrachten van blokkenremmen en schijfremmen zijn bij benadering lineair afhankelijk van de remcilinderdruk. Omdat tijdens het uitvoeren van de krachtmetingen een offset op de drukmeting is opgetreden als gevolg van een aardingsfout, zijn de gemeten waarden niet exact. In de verwerking van de meetdata zijn de meetgegevens gecorrigeerd voor deze offset. De dynamische beproevingen hebben rempercentages opgeleverd voor de complete stam, inclusief de onberemde locomotief. Hieruit zijn de rempercentages van de rijtuigen berekend. Vanwege de hoge waardes is een validatiemeting gedaan met de originele gietijzeren remblokken. Tijdens deze metingen is een vrijwel gelijk rempercentage vastgesteld. De conclusie is dat de Jurid 777 LL-blokken remtechnisch gezien als vervanging voor de P30 gietijzeren remblokken kunnen dienen. Daarnaast is geconcludeerd dat het rempercentage van DDM1 in de praktijk flink hoger is dan op basis van opgeschilderde remgewichten mag worden verwacht.

Het officiële en opgeschilderde rempercentage van DDM1 rijtuigen bedraagt 135%. Het is daarmee beduidend lager dan op basis van de huidige metingen is vastgesteld; 214% in lege toestand, 201% in max. beladen toestand. Bij toepassing van LL-remblokken blijven de huidige inzetgegevens geldig en hoeven de opschriften niet te worden gewijzigd.

4 Synthese

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 van de remblokken 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 3.1 en 3.2 zijn de resultaten van deze metingen uitgezet met de bijbehorende remcilinderdrukken.

Uit de meetresultaten is de overdracht van RC-druk naar aandrukkraft bekend, zie Figuur 1. Met aanname van terugstelveerkrachten en overbrengverhoudingen is hieruit een statische rendement bepaald, zoals ook weergegeven in Figuur 3, Figuur 4 en Figuur 6. Het gemiddelde statisch rendement van de blokkenrem is 0,92 in lege toestand en 0,88 in beladen toestand. Het gemiddelde statische rendement van de schijfrem is 0,90.

De gemeten rendementen zijn aannemelijke waarden voor reizigersmaterieel. Het is waarschijnlijk dat de rendementen in rijdende toestand hoger worden, doordat trillingen de gangbaarheid positief beïnvloeden. De standaard UIC methode om een statisch rendement om te rekenen in een dynamisch rendement is als volgt:

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

Met deze correctie worden de dynamische rendementen 0,96 en 0,94 voor de blokkenremmen in respectievelijke lege en beladen toestand en 0,95 voor de schijfremmen.

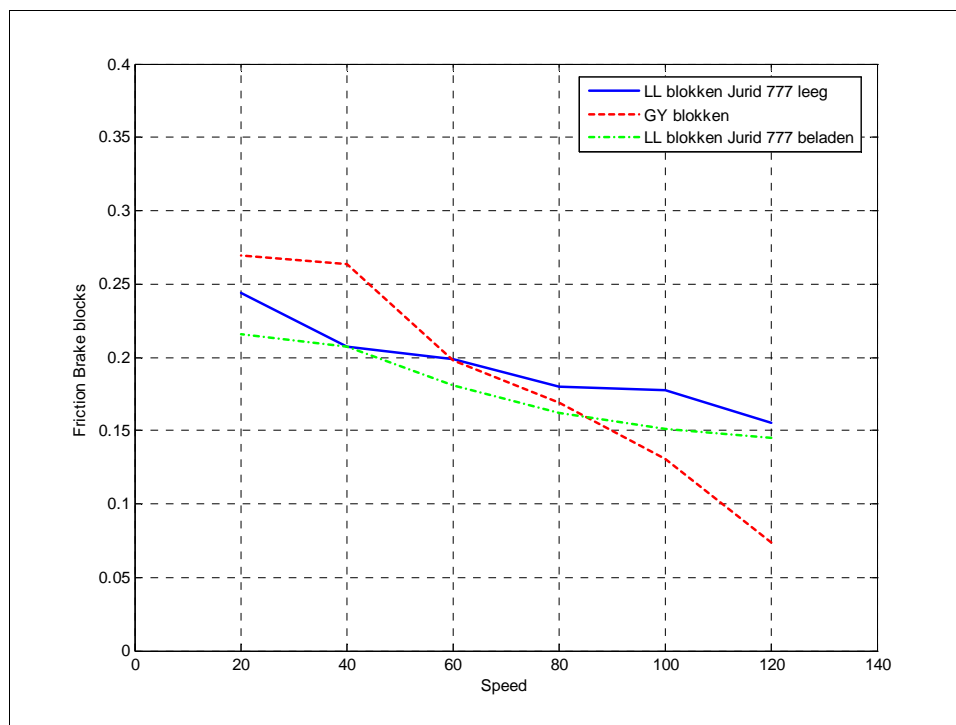
De berekende rendementen zijn aan de hoge kant. Dit zou erop kunnen duiden dat door de constructie van het remwerk het verschil tussen statisch en dynamisch rendement niet zo groot is als uit de UIC formule blijkt. Dit komt overeen met de constructie omdat de overbrengingen eenvoudig zijn en de blokkenrem zelfs uit geïntegreerde units bestaat. Omdat de gevonden waarden echter de beste inschatting geven worden deze waarden voor de synthese gebruikt. Gevolg is dat de absolute waarden die gevonden worden voor de wrijvingscoëfficiënten afhankelijk zijn van het werkelijke rendement.

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. Hiervoor wordt een waarde van 0,36 aangenomen.
- 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

Tijdens de dynamische proefritten zijn de remcilinderdrukken gemeten van 2 draaistellen. Eén van deze draaistellen werd echter in beladen toestand niet met de juiste remcilinderdruk aangestuurd vanwege een defect in de automatische lastafremming. Tijdens de ritten met gietijzeren remblokken zijn de remcilinderdrukken niet gemeten. Voor deze beide situaties wordt uitgegaan van de gemiddelde remcilinderdruk zoals die is gemeten tijdens statische beproevingen.

De resultaten van de analyse zijn grafisch weergegeven in Figuur 7. Door de spreiding in meetresultaten en onzekerheden die in de analyse zijn geïntroduceerd zijn de wrijvingscoëfficiënten in lege en beladen toestand niet helemaal gelijk. De afwijking is echter gering. Uit de resultaten blijkt dat de wrijvingscoëfficiënten van de LL-blokken constanter zijn over het hele snelheidsgebied. De gietijzeren remblokken hebben bij lage snelheden hoge wrijvingscoëfficiënten. Bij hogere snelheden liggen de wrijvingscoëfficiënten duidelijk lager.



Figuur 7: Berekende wrijvingscoëfficiënten uit beladen en lege beproevingen DDM1

Ondanks de onzekerheden die zijn ontstaan door spreiding op de meetresultaten is er een remberekening gemaakt, zie [27], 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.

In de protoproeven is het Bvk rijtuig niet meegenomen. Omdat het remgedrag met LL-blokken echter vrijwel gelijk is aan het remgedrag met gietijzeren blokken, mag worden aangenomen dat ook de Bvk met LL-remblokken een gelijk remgewicht zal hebben ten opzichte van gietijzer. Verder kan met behulp van de afgestemde remberekening het te verwachten rempercentage worden berekend.

4.1 Conclusie synthese voor DDM1

Het rempercentage van de rijtuigen is met LL-remblokken ongeveer gelijk aan het rempercentage met gietijzeren remblokken. De blokken zijn voor wat betreft remwerking uitwisselbaar.

De invloed van de snelheid op de wrijvingscoëfficiënt van de Jurid 777 remblokken is kleiner dan de in voor de gietijzeren remblokken. Met name de daling van de wrijvingscoëfficiënten bij hogere snelheden zijn bij gietijzer veel sterker.

Met behulp van de synthese in dit hoofdstuk is een werkpunt gevonden voor het remgedrag van de DDM1 rijtuigen. De tussenresultaten, zoals wrijvingscoëfficiënten van de remblokken kunnen echter niet als absolute waarden worden beschouwd, omdat afwijkingen van de analyse ten opzichte van de praktijk elkaar kunnen compenseren. Zo zal de aanname van de wrijvingscoëfficiënten van de remvoeringen invloed hebben op de gevonden wrijvingscoëfficiënten van de remblokken. De remberekening kan echter wel worden gebruikt om het effect van kleine aanpassingen te voorspellen.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

5.1.1 Statische metingen

De aandrukkrachten van blokkenremmen en schijfremmen zijn bij benadering lineair afhankelijk van de remcilinderdruk. Omdat tijdens het uitvoeren van de krachtmetingen een offset op de drukmeting is opgetreden als gevolg van een aardingsfout, zijn de gemeten waarden niet exact. In de verwerking van de meetdata zijn de meetgegevens gecorrigeerd voor deze offset.

5.1.2 Dynamische metingen

Voor de rijtuigen, uitgerust met Jurid 777 LL-blokken, is in lege toestand een rempercentage van 214% gevonden, in max. beladen toestand is het rempercentage 201%. Omdat de gevonden rempercentages ver boven de verwachte 135% liggen, is er een referentiemeting uitgevoerd met dezelfde rijtuigen met de originele gietijzeren remblokken. Tijdens deze test is een rempercentage van 211% vastgesteld (in lege toestand), een verwaarloosbaar klein verschil t.o.v. 214% met LL-blokken. Qua remgedrag zijn de Jurid 777 LL-blokken voor DDM1 daarom gelijkwaardig te noemen met gietijzer. Jurid 777 kan daarom veilig op DDM1 kunnen worden ingezet in de reizigersdienst. De opschriften hoeven vanwege het kleine verschil in veilige richting niet te worden aangepast.

5.1.3 Synthese

Op basis van de meetgegevens zijn de gemiddelde statische rendementen van de blokkenrem bepaald, in lege en in beladen toestand. Dit bedraagt 0,92 resp. 0,88. Het gemiddelde statisch rendement van de schijfrem is 0,90. Wanneer deze waarden middels een correctieformule worden omgerekend in gemiddelde dynamische rendementen dan levert dat een gemiddeld rendement op van 0,96 en 0,94 voor de blokkenrem (leeg resp. beladen). Voor de schijfrem komt het gemiddeld rendement dan op 0,95. De Jurid LL-blokken zijn over het gehele snelheidsgebied constanter dan de gietijzeren remblokken. Deze laatste kennen een hoge wrijvingscoëfficiënt bij lage snelheden en andersom. Jurid 777 laat hetzelfde gedrag zien, maar dan minder sterk.

5.2 Aanbevelingen

5.2.1 Duurproef

De Jurid 777 LL-remblokken zijn geschikt als vervanging van gietijzeren remblokken op DDM1. Aanbevolen wordt om de duurproef zoals gepland door te laten gaan, zonder verdere aanpassingen aan het remsysteem. Dit advies is vastgelegd in [28].

5.2.2 ALR-installatie

Ondanks het feit dat de defecte ALR-installatie van één van de rijtuigen een verwaarloosbare invloed op het rempercentage gehad zal hebben, is dit tijdens de duurproef een ongewenst fenomeen. Door de defecte ALR valt de remcilinderdruk lager uit, waardoor er minder remkracht wordt opgebracht en er daardoor minder slijtage op zal treden. Aanbevolen wordt om deze situatie te vermijden.

5.2.3 Rempercentage rijtuigen

Tijdens de proef is geconstateerd dat de DDM1 rijtuigen een zeer hoog remgewicht hebben. Hierdoor is het rempercentage van een stam met DDM1 rijtuigen ook erg hoog. Het verdient aanbeveling om te onderzoeken of het remvermogen van de rijtuigen kan worden verlaagd, door aanpassing van het remsysteem.

Lijst met verwijzingen

- [1] *Haalbaarheidsonderzoek LL-blokken op ICRm en DDM-1*, B. van Os, 18 mei 2005, kenmerk [TR/BVO/641/03-239456](#)
- [2] *Rapportage beproevingen SileNS LL-remblokken C952*, R. van Mil, 2 mei 2006, kenmerk [TR/RM/0767/03-265350](#)
- [3] *Rapportage beproevingen Ferodo 3325F op ICRm rijtuigen*, R. Woldendorp, 21 maart 2006, kenmerk [TR/RW/767/03-271868](#)
- [4] *CW vervangen P30 door LL remblokken toegevoegde blokkenrem DDM1*, T. Oosterom, 5 april 2006, [TR/TO/767/03-268516](#)
- [5] *Mogelijkheid "beladen"remproeven ICRm zonder belading*, R. van Mil, 3 oktober 2005, kenmerk [H03-258909](#)
- [6] *Meetstaat statische metingen DDM1 SileNS leeg*, R. van Mil, 2 augustus 2006, kenmerk [TR/RM/767/03-283606](#)
- [7] *Meetstaat statische metingen DDM1 SileNS beladen*, R. van Mil, 2 augustus 2006, kenmerk [TR/RM/767/03-283603](#)
- [8] *Plan van aanpak protobeproevingen SileNS*, R. van Mil, 11 oktober 2005, TR/RM/SileNS/767/03-255159, [H03-255159](#)
- [9] *Rempercentage DDM1 10-07-2006 verificatierit VERSIE 4*, R. Woldendorp, september 2006, kenmerk [TR/RW/0767/03-286971](#)
- [10] *Rempercentage DDM1 10-07-2006 verificatierit VERSIE 3*, R. Woldendorp, september 2006, kenmerk [TR/RW/0767/03-286972](#)
- [11] *Rempercentage DDM1 17-07-2006 extra inslijtrit VERSIE 4*, R. Woldendorp, september 2006, kenmerk [TR/RW/0767/03-286977](#)
- [12] *Rempercentage DDM1 17-07-2006 extra inslijtrit VERSIE 3*, R. Woldendorp, september 2006, kenmerk [TR/RW/0767/03-286978](#)
- [13] *Rempercentage DDM1 18-07-2006 remproefrit leeg VERSIE 4*, R. Woldendorp, september 2006, kenmerk [TR/RW/0767/03-286983](#)
- [14] *Rempercentage DDM1 18-07-2006 remproefrit leeg VERSIE 3*, R. Woldendorp, september 2006, kenmerk [TR/RW/0767/03-286984](#)
- [15] *Rempercentage DDM1 31-07-2006 remproefrit beladen VERSIE 4*, R. Woldendorp, september 2006, kenmerk [TR/RW/0767/03-286998](#)
- [16] *Rempercentage DDM1 31-07-2006 remproefrit beladen VERSIE 3*, R. Woldendorp, september 2006, kenmerk [TR/RW/0767/03-286999](#)
- [17] *Rempercentage DDM1 24-08-2006 validatierit VERSIE 4*, R. Woldendorp, september 2006, kenmerk [TR/RW/0767/03-287002](#)
- [18] *Rempercentage DDM1 24-08-2006 validatierit VERSIE 3*, R. Woldendorp, september 2006, kenmerk [TR/RW/0767/03-287003](#)
- [19] *UIC 544-1 Bremse – Bremsleistung, uitgave 3*, Union Internationale des Chemins de Fer, januari 1966 (herdruk juli 1985 inclusief 9 wijzigingsbladen van januari 1985), [03-270682](#)
- [20] *UIC 544-1 Bremse – Bremsleistung, uitgave 4*, Union Internationale des Chemins de Fer, mei 2004, [03-270097](#)
- [21] *Rempercentages DDM1 rijtuigen*, R. Woldendorp, september 2006, kenmerk [TR/RW/0767/03-287067](#)

- [22] *Beproevingplan LL-blokken DDM1*, B. van Os, juni 2006, kenmerk [TR/BVO/767/03-273620](#)
- [23] *Drukverloopdiagram WB ALR 240 var 004*, NS 379989010 blad 5.
- [24] *STG Rembeproeving DDM-1*, NS 914505016
- [25] *Jurid 777 PM132 Datasheet*, Jurid, [03-266157](#)
- [26] *Remberekening DDM1 voor SileNS (versie 5)*, R. van Mil, april 2006, kenmerk 03-240894
- [27] *Remberekening DDM1 voor SileNS*, R. van Mil, april 2006, kenmerk [03-240894](#)
- [28] *Go - No Go Duurproef DDM1 LL-blokken nav remgedrag*, R. van Mil, September 2006, kenmerk [TR/RM/767/03-287137](#)
- [29] *Wieldiameter remwegmetingen SileNS DDM1 LL-blokken Jurid 777*, R. van Mil, September 2006, kenmerk [287810](#)
- [30] *Massa's DDM1 voor remberekening*, J. Dormans, september 2005, kenmerk 03-[256534](#)].
- [31] *Beladingsplan DDM1*, R. Woldendorp, juli 2006, kenmerk [TR/RW/0767/03-282638](#)