

## REMPROBLEMEN TIJDENS LANDING

Doel van de werkzaamheden van de Onderzoeksraad is het voorkomen van toekomstige voorvallen of de gevolgen daarvan te beperken. Onderzoek naar schuld of aansprakelijkheid maakt nadrukkelijk geen deel uit van het onderzoek door de Raad. Verklaringen die zijn afgelegd in het kader van een onderzoek van de Raad, informatie die de Raad heeft verzameld, resultaten van technische onderzoeken en analyses, opgestelde documenten (inclusief het gepubliceerde rapport) mogen niet worden gebruikt als bewijs in strafrechtelijke, tuchtrechtelijke of civielrechtelijke procedures

## ALGEMENE GEGEVENS

Nummer voorval:	2010005
Classificatie:	Ongeval
Datum, tijd <sup>1</sup> voorval:	20 januari 2010, 14.05 uur
Plaats voorval:	Amsterdam Schiphol Airport
Registratie:	CS-DXR
Type luchtvaartuig:	Cessna Aircraft Cooperation Citation 560 XLS
Soort luchtvaartuig:	Tweemotorig straalvliegtuig
Soort vlucht:	Ferry vlucht
Fase van de vlucht:	Landing
Schade aan luchtvaartuig:	Ernstig
Aantal bemanningsleden:	Twee
Aantal passagiers:	Geen
Persoonlijk letsel:	Geen
Overige schade:	Schade aan luchthaveninfrastructuur
Lichtcondities:	Daglicht

## SAMENVATTING

Tijdens de landing op baan 06 van Amsterdam Schiphol Airport probeerde de bemanning het vliegtuig aan het einde van de baan te stoppen. Toen de eerste officier begon met remmen, had dit echter geen effect. Hierop heeft de eerste officier het noodremsysteem geactiveerd waarna het vliegtuig naar rechts de landingsbaan is uitgereden. Het vliegtuig kwam uiteindelijk tot stilstand op baan 18L-36R die zich aan het einde van baan 06 bevindt. De twee inzittenden bleven ongedeerd maar het vliegtuig raakte ernstig beschadigd.

---

<sup>1</sup> Alle tijden in dit rapport zijn lokale tijden tenzij anders vermeld.

Dit rapport is gebaseerd op verklaringen, eigen onderzoek van de Onderzoeksraad, onderzoek aan wielen uitgevoerd door de vliegtuigfabrikant en de luchtvaartmaatschappij die met de CS-DXR vliegt.

## FEITELIJKE INFORMATIE

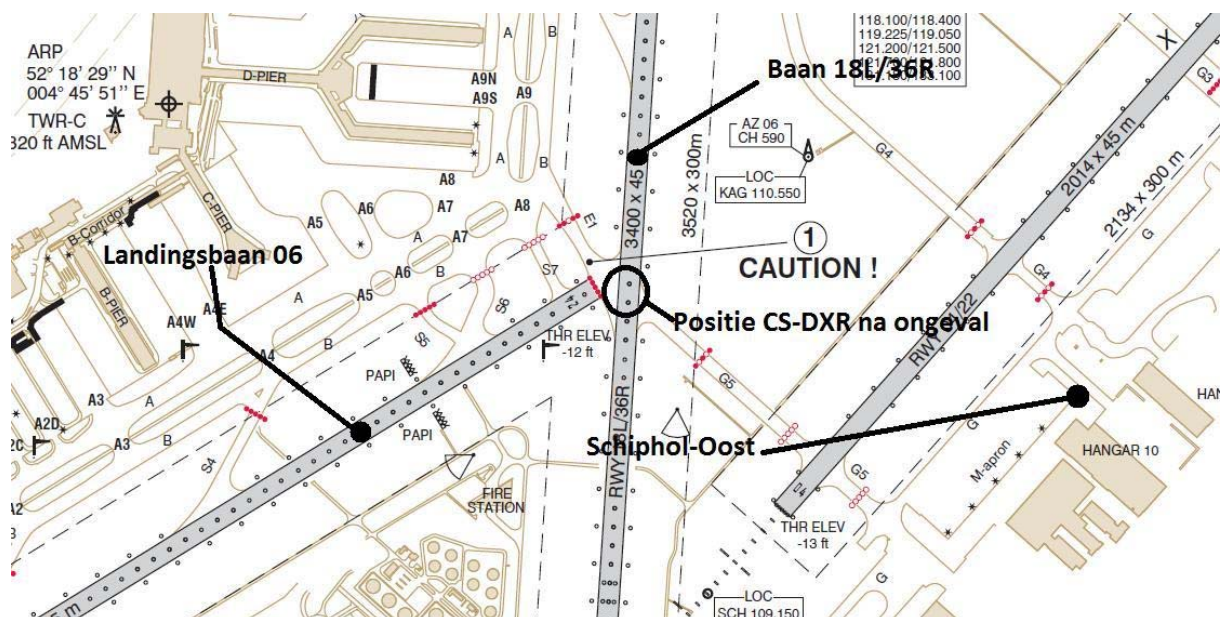
### *Omschrijving van het voorval*

Het betrof een vlucht van de luchthaven Rotterdam Airport (EHRD) naar Amsterdam Schiphol Airport (EHAM). Voor de vlucht zijn geen bijzonderheden aan het vliegtuig door de bemanning geconstateerd. Nabij de luchthaven Schiphol gaf de luchtverkeersleiding de bemanning toestemming om op baan 06 te landen. Ook werd toestemming gegeven om na de landing de landingsbaan te verlaten via het einde van baan 06. De bestemming van de vlucht was een parkeerplaats op Schiphol-Oost.

Na de landing wilde de eerste officier door het intrappen van de voetpedalen gaan remmen, maar dit had geen effect. In de cockpit lichtten de waarschuwingen "LO BRK PRESS" en "ANTISKID INOP" op. Hierna activeerde de eerste officier het noodremsysteem waarna het toestel naar rechts afboog. Tegensturen met het voetenstuur had geen effect op de beweging van het vliegtuig, waarna het vliegtuig via het gras naast de baan uiteindelijk op baan 18L-36R tot stilstand kwam (figuur 1 en 2). Het rechterwiel van het hoofdlandingsgestel is hierbij naar achter geklapt en heeft de flaps en andere delen van de rechtervleugel beschadigd. Het vliegtuig raakte hierdoor zwaar beschadigd.



Figuur 1: CS-DXR na de landing op baan 06, het vliegtuig kwam tot stilstand op baan 18L-36R



Figuur 2: de positie van de CS-DXR na het ongeval

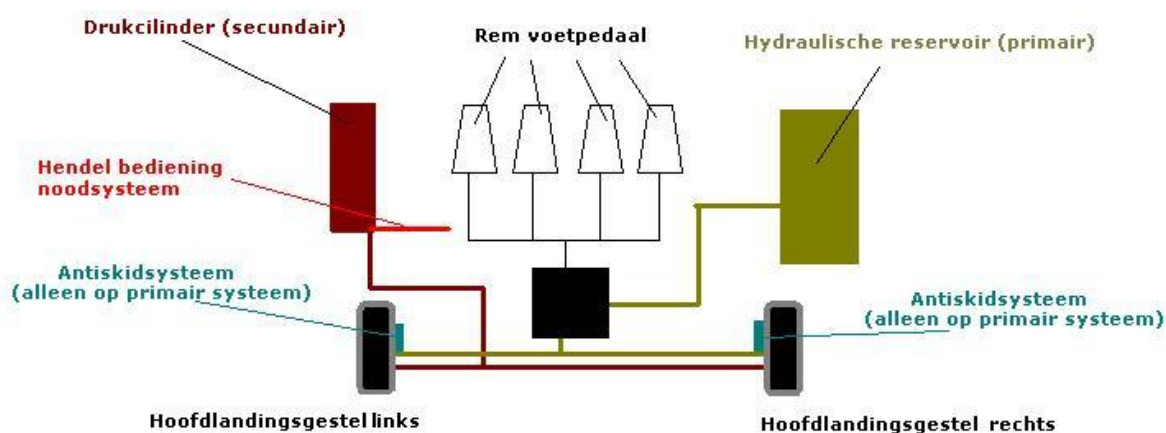
#### Het weer

Het KNMI heeft de volgende weersgegevens rond de tijd van het voorval op de luchthaven Schiphol waargenomen en bekendgemaakt via een METAR.<sup>2</sup> De temperatuur en het dauwpunt waren respectievelijk 4 °C en 2 °C met lichte bewolking op 1000 voet. De wind was 10 knopen uit oostelijke richting (80 graden).

#### Hoofdlandingsgestel en remsysteem

Het hoofdlandingsgestel van de Cessna Citation bestaat uit een linker- en rechterwielpoot. Aan elke poot is één wiel bevestigd. Elk wiel is voorzien van een set remschijven ("brake unit") die door middel van vijf cilinders worden samengeperst waardoor er geremd wordt.

Primair gaat het remmen met hydraulische druk die de bemanning met voetpedalen aanstuurt. In het geval het primaire systeem niet werkt, is er een back-up systeem ingebouwd (figuur 3). Dit secundaire systeem bestaat uit een drukcilinder met hierin stikstof die wordt bediend door middel van een hendel in de cockpit.



Figuur 3: schematisch overzicht remsysteem hoofdlandingsgestel

<sup>2</sup> Normaal weerrapport voor de luchtvaart (in luchtvaart meteorologische code).

Als het landingsgestel is uitgeklappt en de druk in het hydraulische reservoir van het primaire systeem onder de 900 psi komt, gaat in de cockpit de waarschuwing "LO BRK PRESS" en "ANTISKID INOP" branden.

Het primaire systeem is voorzien van een elektronisch antiblokkeersysteem (antiskid). Dit systeem voorkomt dat het wiel bij het remmen blokkeert waardoor een optimale remprestatie wordt verkregen. Ook zorgt dit systeem er voor dat het remvermogen per wielpoot wordt aangepast bij een asymmetrische wielsnelheid. Hierdoor zal het vliegtuig tijdens het remmen niet naar links of rechts draaien.

Bij het gebruik van het secundaire (nood)systeem is het antiblokkeersysteem niet beschikbaar. Ook zal bij het gebruik van het secundaire systeem geen aanpassing van het remvermogen plaatsvinden bij een verschil van wielsnelheid tussen de linker- en rechterhoofdlandingsgestel.

#### *Onderhoud hoofdlandingsgestel voor de vlucht*

Bij de controle ("pre-flight") van de voorafgaande vlucht constateerde de bemanning dat er niet voldoende druk in de schokdempers van het hoofdlandingsgestel ("oleo strut") aanwezig was. De bemanning had daarom een onderhoudsaanvraag ingediend bij het hoofdkantoor om op de luchthaven van Rotterdam het drukniveau te laten verhogen. Op de luchthaven Rotterdam is vervolgens onderhoud gepleegd aan het hoofdlandingsgestel. Hierbij zijn de linker- en rechterwielpoot met gas gevuld tot het in het onderhoudshandboek voorgeschreven niveau.

## **ONDERZOEK EN ANALYSE**

Na het voorval zijn onderzoekers van de Onderzoeksraad ter plaatse gegaan. Het vliegtuig werd aangetroffen op baan 18L-36R. Op de landingsbaan 06, op 765 meter van het toestel, is het begin gevonden van één remspoor (figuur 4). Dit remspoor liep over een putdeksel die zich naast de baan in het gras bevond. Op de putdeksel zijn impactsporen gevonden. Uiteindelijk leidde het spoor naar de rechterwielpoot die naar achteren was gebogen.

Verder is links van de middenlijn op de landingsbaan 06 een spoor van (hydraulische) vloeistof gevonden. Dit spoor moet van de linkerkant van het vliegtuig zijn gekomen omdat het vliegtuig in het midden (lateraal) van de baan is geland. Er zijn verder geen sporen gevonden op de landingsbaan.

Uit informatie van de dienstdoende luchtverkeersleider bleek dat tijdens het rollen na de landing een "nevelwolk" zichtbaar was achter het vliegtuig.

#### *Onderzoek opgenomen digitale gegevens*

Het vliegtuig was uitgerust met een flight data recorder (FDR) en een cockpit voice recorder (CVR). Beide recorders zijn uitgelezen en de gegevens zijn gebruikt voor het analyseren van de ongevalsvlucht. Het vliegtuig was tevens uitgerust met een quick access recorder (QAR). Voor het onderzoek is ook gebruik gemaakt van de gegevens die op de QAR zijn opgenomen. Deze waren identiek aan de gegevens van de FDR. Er waren in totaal elf vluchten opgenomen; de analyse van de data heeft zich gericht op de landing van de laatste vlucht.



*Figuur 4: CS-DXR na voorval met op de voorgrond het remspoor van het rechterhoofdlandingsgestel*

Volgens de gegevens van de QAR heeft het vliegtuig de landingsbaan van de luchthaven Schiphol aangevlogen met een magnetische koers van ongeveer 60 graden (zie bijlage A voor de grafiek van de QAR-gegevens). Op nul voet hoogte zijn twee pieken van de verticale acceleratie opgenomen, dit wordt aangemerkt als de landing. De snelheid was op dat moment 106 knopen en de longitudinale acceleratie (versnelling in de lengterichting van het vliegtuig) was maximaal -0.07 g. Na 51 seconden op de baan te hebben gereden heeft de bemanning contact opgenomen met de luchtverkeersleiding. Ongeveer achttien seconden later is een magnetische koersverandering naar rechts opgenomen. Ongeveer twaalf seconden later meldde de bemanning aan de luchtverkeersleiding dat het vliegtuig remproblemen had. De luchtverkeersleider heeft hierop direct actie ondernomen door het vliegtuig achter CS-DXR een doorstartinstructie te geven ("go-around") en de hulpdiensten naar de locatie van CS-DXR te sturen. Ongeveer vier seconden hierna kwam het vliegtuig tot stilstand op ongeveer 160 graden magnetische koers.

Op de QAR waren geen gegevens beschikbaar over de status van het remsysteem. Ook zijn er geen waarschuwingen opgenomen. Uit de analyse van de QAR-gegevens blijkt dat na de landing geen gebruik is gemaakt van "speedbrakes" (remsysteem dat gebruik maakt van een luchtrem) of "thrust reverse" (stuwkracht van de motoren in tegengestelde vliegrichting blazen om af te remmen). Omdat de landingsbaan 06 aan het einde zou worden verlaten had de bemanning besloten geen gebruik te maken van "speed brakes" of "thrust reverse" en het remmen tot het einde van de baan uit te stellen.

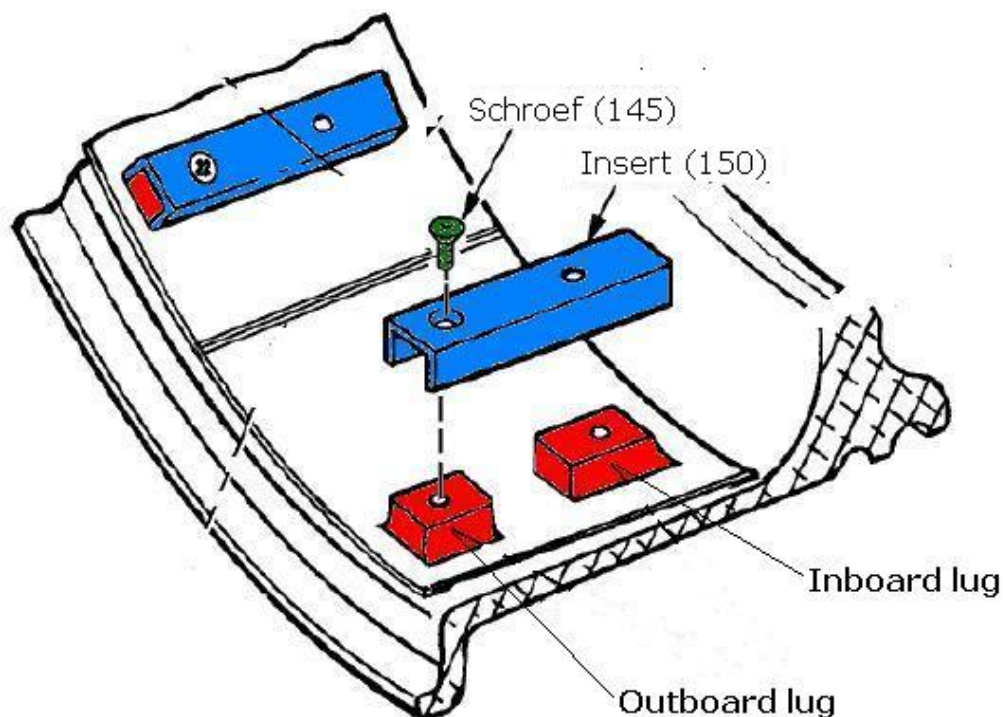
#### *Technisch onderzoek*

Uit analyse van het remspoor is gebleken dat de remmen aan de rechterkant hebben gefunctioneerd. Er waren echter geen remsporen te vinden links van de middenlijn van de landingsbaan. Daarom is bij het technisch onderzoek aandacht besteed aan het primaire en secundaire remsysteem en het linkerdeel van het hoofdlandingsgestel.

Bij het onderzoek is het reservoir met hydraulisch vloeistof voor het primaire remsysteem leeg aangetroffen. De druk in de cilinder van het secundaire back-up systeem was 600 psi, normaal is dit 2000 psi.

Bij het demonteren van het wiel van de linkerwielpoot werd een "insert", een metalen houder, deels beschadigd en los in de velg van het wiel aangetroffen (zie bijlage B). De "insert" zorgt ervoor dat de remschijven met het wiel meedraaien. De "insert" wordt op zijn plaats gehouden door twee uitsteeksels, de zogenaamde "inboard lug" en "outboard lug" (figuur 5).

Bij het onderzoek is het uiteinde van een schroef, die tussen de "outboard lug" en de "insert" zit, in de "outboard lug" gevonden. Verder zijn sporen van inslag aangetroffen op drie van de vijf hydraulische remcilinders van het linkerhoofdlandingsgestel. De gevonden sporen laten zien dat de "insert" contact heeft gehad met de remcilinders die vervolgens zijn beschadigd.



Figuur 5: detailweergave van de "insert" (blauw), de "inboard lug" en "outboard lug" (rood) en de schroef (groen)

Voor het onderzoek is het remsysteem op lekkage getest. Hierbij is het hydraulische systeem aangesloten op een handpomp met hydraulische vloeistof. Uit deze druktest kwam naar voren dat wanneer druk met hydraulische vloeistof op het remsysteem werd gezet de vloeistof uit twee van de vijf remcilinders van het linkerhoofdlandingsgestel liep. Uit inspectie van de lekkende remcilinders bleek dat deze deels losgedraaid waren waardoor het systeem niet volledig was afgesloten. Onderzoek heeft laten zien dat de loszittende "insert", als gevolg van het draaien van het wiel, de remcilinders heeft geraakt. Door herhalende inslagen van de "insert" zijn twee remcilinders gedraaid en uiteindelijk deels losgedraaid.

De druktest liet verder zien dat het niet mogelijk was om druk in de remcilinders van de linkerwielpoot op te bouwen. Geconcludeerd wordt dat bij het activeren van de remmen door de

bemanning, als gevolg van de lekkage in de twee remcilinders, de beschikbare remvloeistof van het primaire systeem is weggelopen. Deze is door de luchtverkeersleider als een "nevelwolk" achter het vliegtuig waargenomen.

Bij het remmen met het primaire systeem is de remvloeistof als gevolg van de lekkage onder het drukniveau van 900 psi gekomen met als gevolg dat de twee waarschuwingen "LO BRK PRESS" en "ANTISKID INOP" zijn gaan oplichten. Dit komt overeen met de verklaring van de bemanning die de twee waarschuwingen heeft opgemerkt. De gezagvoerder heeft vervolgens, volgens de noodremprocedure, het secundaire remsysteem geactiveerd.

Zowel het primaire en secundaire systeem maken gebruik van dezelfde remcilinders. Daarom zorgde de lekkage aan de linkerkant voor drukverlies bij de activering van het secundaire systeem. Met de lekkende remcilinders aan de linkerkant was het dus ook niet mogelijk om met het secundaire systeem remcapaciteit op te bouwen aan de linkerkant. Omdat het antiblokkeersysteem niet beschikbaar is bij het secundaire systeem werd er alleen aan de rechterkant wel geremd. Dit verklaart het remspoor van het rechterlandingsgestel en de afwezigheid van een spoor aan de linkerkant van de middenlijn van de baan 06.

Na het voorval heeft de gezagvoerder verklaard dat met volledige roeruitslag het vliegtuig niet op de baan kon worden gehouden. Het is aannemelijk dat tegensturen met het richtingsroer op lage snelheid, niet effectief genoeg is geweest en het vliegtuig daardoor niet in de baanrichting kon worden gehouden.

#### *Vlootinspectie wielen uitgevoerd door de luchtvaartmaatschappij van CS-DXR*

Naar aanleiding van dit voorval is door de luchtvaartmaatschappij onderzoek gedaan naar de wielen op hun Citation-vloot in Europa en reservewielen die op voorraad waren. Van de in totaal 92 wielen zijn er twee aangetroffen waar de schroeven van de "insert" onvoldoende vastzaten. Op één vliegtuig is soortgelijke schade aangetroffen aan de "brake unit" die overeen kwam met de schade van CS-DXR. Bij wielinspecties aan de Cessna Citation van het type XLS en 560 in de Verenigde Staten van de betreffende luchtvaartmaatschappij zijn vier losse "inserts" gevonden. Dit was op een totaal van zeventig wielen.

#### *Onderzoek wielen bij de vliegtuigfabrikant*

Het linker- en rechterwiel van CS-DXR zijn voor onderzoek naar de vliegtuigfabrikant gestuurd. De "outboard lug" van het CS-DXR wiel waar het uiteinde van de schroef was achtergebleven, is ook meegenomen in het onderzoek. Het breukvlak van de schroef is onderzocht op het faalmechanisme. Het onderzoek van het breukvlak laat zien dat breuk van de schroef is opgetreden als gevolg van cyclische belasting. Uit onderzoek blijkt verder dat de schroef, die door de "insert" en de "outboard lug" gaat, geen verbindende functie heeft. De schroef heeft enkel tot doel de "insert" op zijn plaats te houden. De verbindingsmethode tussen de "insert" en de "inboard lug" en "outboard lug" is vaste passing (interference fit). Deze verbindingsmethode is gebaseerd op de onderlinge oppervlakte-wrijving tussen twee objecten. De afmetingen en onderlinge passing van de beide componenten zijn hierdoor belangrijk.

Tijdens het onderzoek van het wiel met de loszittende "insert" is vastgesteld dat zowel de "inboard lug" als "outboard lug" waar de "insert" op zit gemonteerd, beneden de door de fabrikant gespecificeerde afmeting (dikte) waren (zie bijlage C voor meer detail). Slechts drie van de tien "lugs" voldeden aan de voorgeschreven specificaties. De vijf "inboard lug's" en vijf "outboard lug's" van het rechterwiel voldeden wel aan de voorgeschreven specificaties. Behalve de twee wielen van de CS-DXR is ook een ander wiel van dezelfde vliegtuigmaatschappij onderzocht waarbij schade

van een loszittende "insert" was aangetroffen. Bij het onderzoek van dit wiel kwam naar voren dat negen van de tien "lugs" niet aan de specificaties van de fabrikant voldeden.

Wanneer een "lug", dan wel een "insert", niet aan de specificaties voldoet, kan dit leiden tot een losse (wrijvingsloze) verbinding met het gevolg dat de schroef cyclisch wordt belast. Dit is bij het onderzoek vastgesteld. Wanneer de schroef als gevolg van cyclisch belasting uiteindelijk breekt is er geen verbinding meer om de "insert" op zijn plaats te houden. De "insert" kan dan lateraal naar buiten schuiven en bij het ronddraaien van het wiel schade toebrengen aan de remcilinders. De combinatie van de draairichting van het linkerwiel en de schroefdraad van de remcilinder zorgen ervoor dat de "insert" de remcilinder losdraait met uiteindelijk lekkage als gevolg. Opgemerkt wordt dat een losse "insert" op de rechterwielpoot wel schade aan de remcilinder kan toebrengen maar niet de remcilinder kan losdraaien.

#### *Maatregelen genomen tijdens het onderzoek*

In april 2010 hebben de vliegtuigfabrikant en BF Goodrich, de banden- en remmenfabrikant, een "Service Bulletin" uitgebracht om de inspectie van wielen te verbeteren.<sup>3</sup> De fabrikanten bevelen aan om bij elke wielwissel de "inboard lug", "outboard lug" en "insert" te inspecteren. Bij afwijkende afmetingen ten opzichte van de specificaties moeten deze onderdelen worden vervangen.

## **CONCLUSIE**

Het onderzoek kan worden samengevat met de volgende constatering:

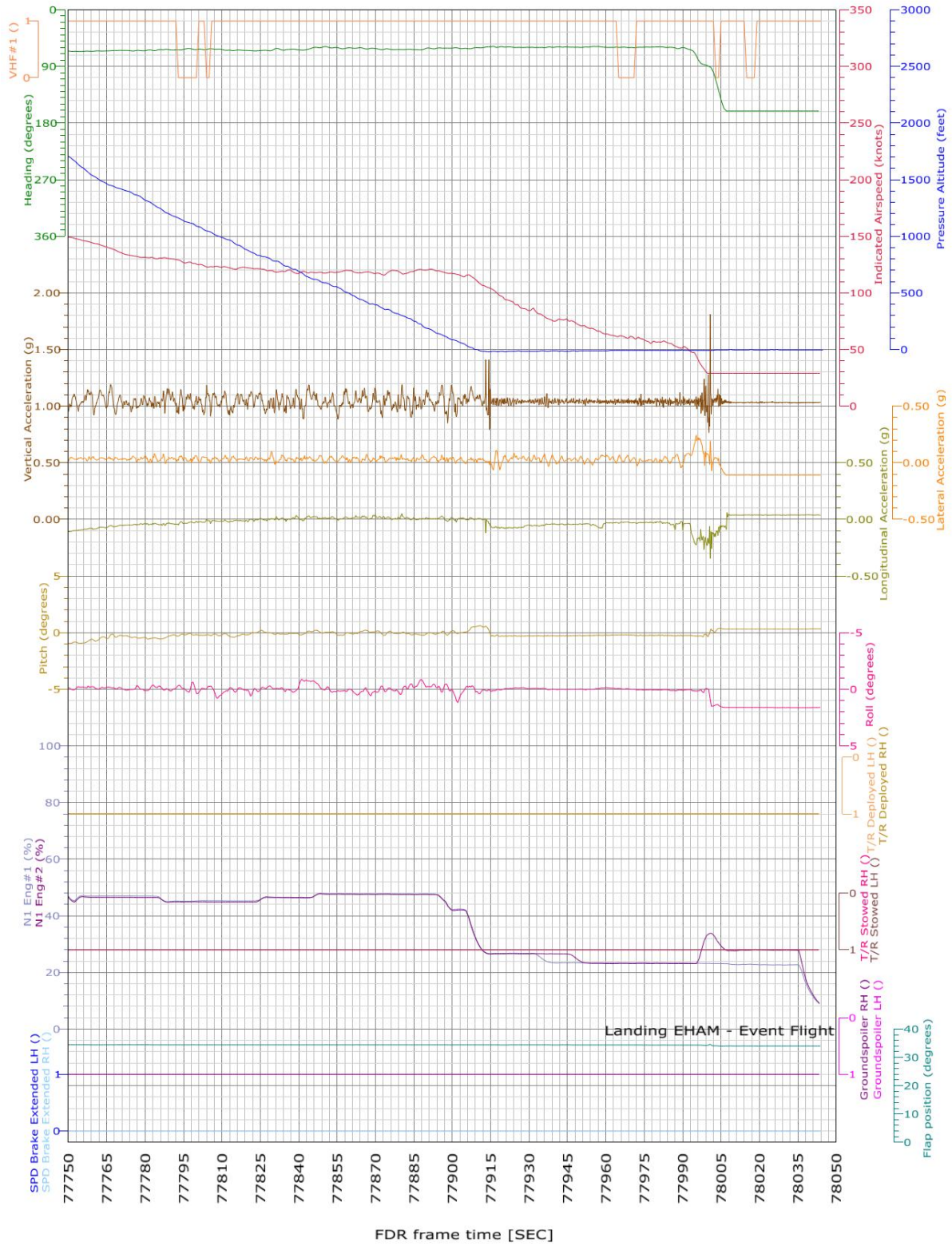
- Technisch onderzoek van het linker CS-DXR wiel heeft aangetoond dat de zowel de "inboard lug" als de "outboard lug" op de positie van de losse "insert" niet aan de door de fabrikant gestelde specificaties voldeden.
- De gekozen verbindingmethode tussen "lug's" en "insert" is vaste passing, deze verbindingmethode faalt bij afwijkende afmetingen zoals is vastgesteld bij het onderzoek.
- Als gevolg van onvoldoende passing tussen de twee "lug's" en "insert" is de schroef belast totdat deze brak waardoor de "insert" losraakte en lateraal kon bewegen.
- Als gevolg van een losse "insert" is schade ontstaan aan een aantal remcilinders van de linkerwielpoot.
- Als gevolg van de losse "insert" en de rotatie van het wiel zijn tenminste twee remcilinders losgedraaid.
- Als gevolg van de losgedraaide remcilinders kon geen remdruk worden opgebouwd aan de linkerkant.
- De remming met het noodstelsel was asymmetrisch als gevolg van de losgedraaide remcilinders.
- Door de lage snelheid kon geen richting worden gehouden met andere beschikbare stuurorganen en werd rechts de landingsbaan afgereden.

---

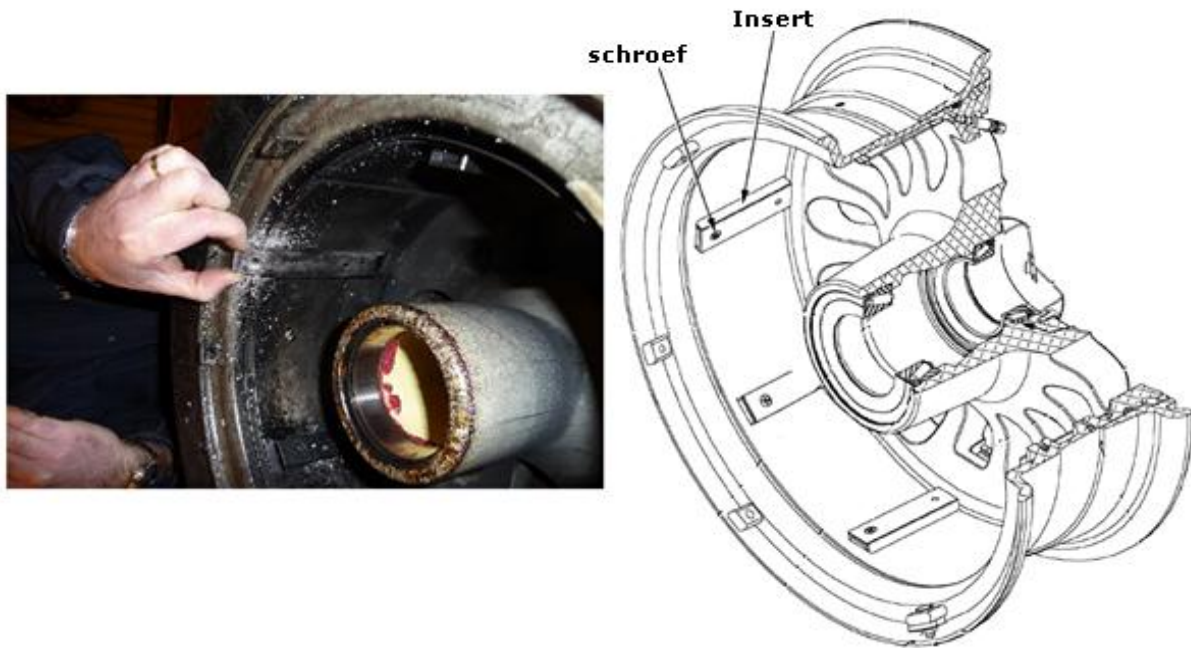
<sup>3</sup> Goodrich Service Bulletin 3-1571-32-6 16th April 2010.



# BIJLAGE A: GEGEVENS VAN DE QUICK ACCES RECORDER (QAR)



## BIJLAGE B: TECHNISCH ONDERZOEK LINKERWIELPOOT CS-DXR



*Figuur 6: De losse en beschadigde "insert" van het linkerwiel van CS-DXR [links] zoals gevonden tijdens het technisch onderzoek. Rechts een schematisch overzicht van een wiel met in detail de schroef en "insert".*



*Figuur 7: Schade aan remcilinders van de linkerwielpoot met links de remschijven. Rechts in bruin is schematisch de positie van de "insert" aangegeven op de remschijven. Op de foto is te zien dat wanneer de "insert" lateraal kan bewegen, deze de remcilinders kan raken.*

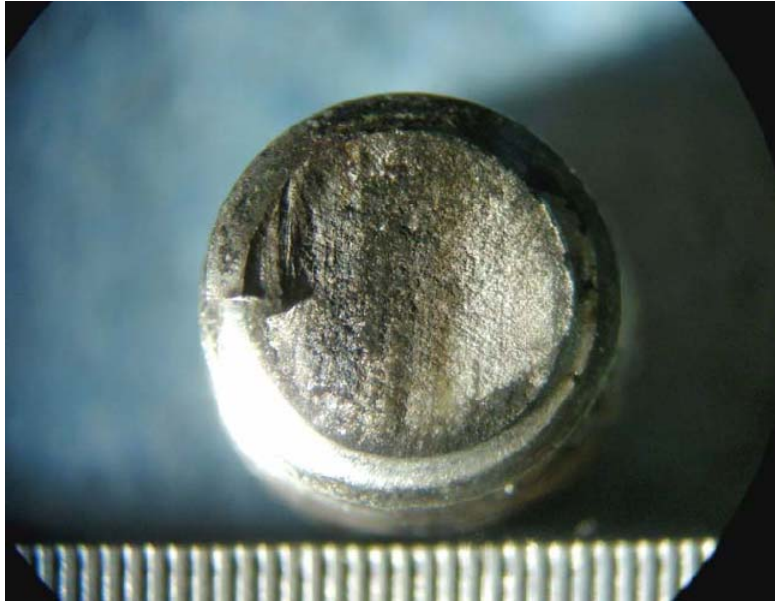


*Figuur 8: detailfoto waarop is te zien dat hydraulische vloeistof uit twee remcilinders van de linkervielspoot loopt*

## BIJLAGE C: TECHNISCH ONDERZOEK SCHROEF, "INBOARD LUG" en "OUTBOARD LUG" WIELEN

### *Onderzoek schroef linkerviel CS-DXR*

Bij het technisch onderzoek van het linkerviel is vastgesteld dat het uiteinde van de schroef, waarmee de "insert" op de "inboard lug" en "outboard lug" was verbonden, nog in de "outboard lug" zat. Het uiteinde van de schroef is verwijderd en het breukvlak van de schroef is onderzocht. Metallurgisch onderzoek aan het breukvlak van de schroef liet zien dat de breuk was ontstaan als gevolg van hoog cyclische vermoeiing met lage belasting.



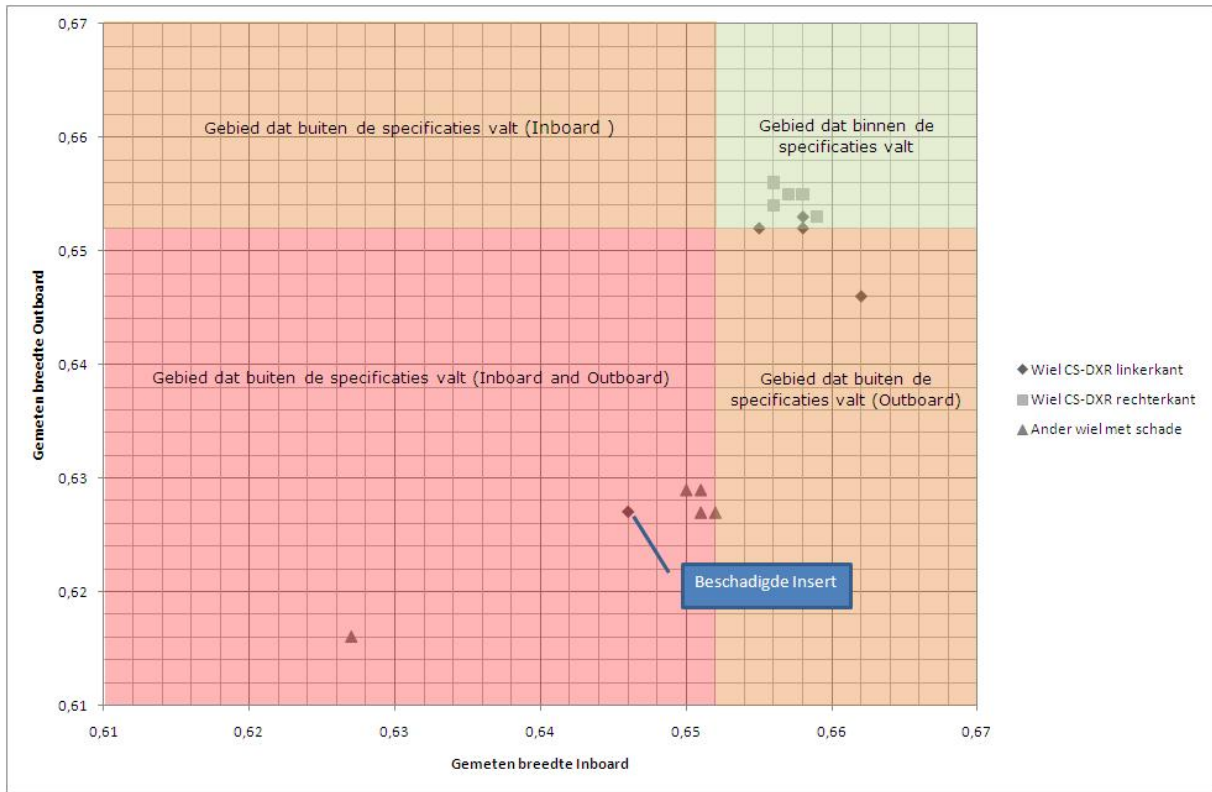
*Figuur 9: vergroting breukvlak van de schroef die in de "lug" van het linkerviel is aangetroffen  
[Bron: Cessna]*

### *Onderzoek "lug"*

Bij dit onderzoek zijn drie wielen onderzocht, het linker- en rechterviel van de CS-DXR en een wiel waar soortgelijke schade is aangetroffen als bij de CS-DXR. Dit onderzoek richt zich op de afmeting van de "lug". Er zijn vijf "inboard lug's" en vijf "outboard lug" per wiel. Een "insert" wordt op zijn plaatsgehouden door een "inboard lug" en een "outboard lug".

Analyse van de afmetingen van de verschillende "lug's" die zijn onderzocht in relatie met dit voorval zijn in een grafiek uitgezet (figuur 10). Het groene gebied geeft aan dat zowel de "inboard lug" als de "outboard lug" voldoen aan de specificaties van de fabrikant. Dit betekent dat de vaste passing (interference fit) voldoende is en aan het ontwerp voldoet.

Het oranje gebied geeft aan dat of de "inboard lug" of "outboard lug" niet aan de specificatie voldoet. Het rode gebied kenmerkt het gebied waarbij zowel de "inboard lug" als de "outboard lug" niet voldoen aan de specificaties van de fabrikant. Dit is het gebied waarbij de vaste passing (interference fit) niet is gewaarborgd. Uit analyse van figuur 10 blijkt dat de twee "lug's", waarbij schade is aangetroffen, beide in het rode gebied vallen. Hieruit wordt geconcludeerd dat wanneer zowel de "inboard lug" als de "outboard lug" niet aan de voorgeschreven specificaties voldoen kans bestaat dat de "insert" losraakt.



Figuur 10: grafische presentatie van de dimensies van de "inboard lug" als de "outboard lug" die bij het onderzoek zijn gemeten