



ONDERZOEKRAAD
VOOR VEILIGHEID

Botsing in de lucht



Botsing in de lucht

Den Haag, juni 2014

De rapporten van de Onderzoeksraad voor Veiligheid zijn openbaar.

Alle rapporten zijn beschikbaar via de website van de Onderzoeksraad www.onderzoeksraad.nl

Bron coverfoto: Onderzoeksraad voor Veiligheid

De Onderzoeksraad voor Veiligheid

In Nederland wordt er naar gestreefd het gevaar van ongevallen en incidenten zoveel mogelijk te beperken. Wanneer het toch (bijna) misgaat, kan herhaling voorkomen worden door, los van de schuldvraag, goed onderzoek te doen naar de oorzaak. Het is dan van belang dat het onderzoek onafhankelijk van de betrokken partijen plaatsvindt. De Onderzoeksraad voor Veiligheid kiest daarom zelf zijn onderzoeken en houdt daarbij rekening met de afhankelijkheidspositie van burgers ten opzichte van overheden en bedrijven. De Onderzoeksraad is in een aantal gevallen verplicht onderzoek te doen.

Onderzoeksraad

Voorzitter: mr. T.H.J. Joustra
prof. mr. dr. E.R. Muller
prof. dr. P.L. Meurs

Algemeen secretaris: mr. M. Visser

Bezoekadres: Anna van Saksenlaan 50 Postadres: Postbus 95404
2593 HT Den Haag 2509 CK Den Haag

Telefoon: +31 (0)70 333 7000 Telefax: +31 (0)70 333 7077

Internet: www.onderzoeksraad.nl

Samenvatting	6
1. Feitelijke informatie.....	8
1.1 Algemene gegevens	8
1.2 Vluchtvoorbereiding.....	9
1.3 Het verloop van de vlucht.....	10
1.4 Gegevens filmopnamen	11
1.5 De inzittenden van de Diamond DA-40D	15
1.6 De inzittenden van de F-22B.....	16
1.7 De vliegtuigen	18
1.8 Weergegevens	19
1.9 Autopsie slachtoffers.....	20
2. Analyse.....	22
2.1 Inleiding.....	22
2.2 Technisch onderzoek	22
2.3 De General Avia F22-B	23
2.4 Onderzoek motorsteunen (brackets).....	24
2.5 Motorvermogen en vliegp pad tijdens manoeuvre (limitations)	24
2.6 De voorschriften en vluchtvoorbereiding	25
2.7 Vluchttuitvoering	26
2.8 Het weer en stand van de zon.....	27
2.9 Het zicht vanuit de cockpit.....	27
2.10 Reconstructie van het botsingsmoment	29
3. Overzicht scenario's	33
3.1 Algemeen.....	33
3.2 Het afwijken van de pre-flight briefing.....	33
3.3 Technische oorzaak	33
3.4 Verminderd motorvermogen tijdens manoeuvre	33
3.5 Stuurfout of inschattingsfout.....	34
3.6 Invloed van de tweede piloot	34
3.7 Medische oorzaak	34
4. Conclusies	35

Bijlage A. Analyse van de filmopnamen.....	37
Bijlage B. Onderzoek F22-B	39
Bijlage C. Metallurgisch onderzoek	41
Bijlage D. Air to air opnamen	44
Bijlage E. Reacties op conceptrapport	45

SAMENVATTING

Een General Avia F22-B en een Diamond DA-40D, beide eigendom van een luchtvaartbedrijf, vlogen in formatie om filmopnamen te maken van de F22-B vanuit de DA-40D. Tijdens een aerobatic manoeuvre van de F22-B botste dit toestel tegen de DA-40D. De DA-40D raakte onbestuurbaar en stortte neer. De twee inzittenden kwamen om het leven. De F22-B raakte zeer zwaar beschadigd en stortte eveneens neer, waarbij de twee inzittenden zwaar gewond raakten.

Het onderzoek naar de oorzaak van de botsing heeft geen eenduidige oorzaak opgeleverd. Het weer speelde geen rol en een technische oorzaak is niet waarschijnlijk.

De door de F22-B uitgevoerde aerobatic manoeuvre in de directe nabijheid van de DA-40D was niet voor aanvang van de vlucht gebriefd en bracht hierdoor meer risico met zich mee dan de oorspronkelijk geplande vluchttuitvoering. De stand van de zon en het verminderd vrije zicht van de gezagvoerder vanuit de F22-B op de DA-40D hebben mogelijk bijgedragen aan het ontstaan van een inschatting- of stuurfout die tot de botsing leidde. Ook een mogelijk verlies van motorvermogen van de F22-B kan van invloed zijn geweest op het vliegp pad van dit vliegtuig.

1 FEITELIJKE INFORMATIE

1.1	Algemene gegevens	8
1.2	Vluchtvoorbereiding.....	9
1.3	Het verloop van de vlucht.....	10
1.4	Gegevens filmopnamen	11
1.5	De inzittenden van de Diamond DA-40D	15
1.6	De inzittenden van de F-22B.....	16
1.7	De vliegtuigen	18
1.8	Weergegevens	19
1.9	Autopsie slachtoffers.....	20

1 FEITELIJKE INFORMATIE

1.1 Algemene gegevens

Nummer voorval:	2012107
Classificatie:	Ongeval
Datum, tijd ¹ voorval:	22 oktober 2012, ongeveer 16.30 uur
Overige schade:	Geen
Plaats voorval:	Tussen Dronten en Lelystad
Lichtcondities:	Daglicht

Luchtvaartuig 1

Registratie luchtvaartuig:	PH-TDE
Type luchtvaartuig:	Diamond DA-40D TDI
Soort luchtvaartuig:	Eenmotorig propellervliegtuig
Soort vlucht:	Lokale vlucht voor foto- en filmopnamen
Fase van de vlucht:	En route
Schade aan luchtvaartuig:	Totaal vernield
Aantal bemanningsleden:	Twee
Persoonlijk letsel:	Twee overleden

Luchtvaartuig 2

Registratiekenmerk:	D-EDMJ
Type luchtvaartuig:	General Avia F22-B
Soort luchtvaartuig:	Eenmotorig propellervliegtuig
Soort vlucht:	Lokale vlucht voor foto- en filmopnamen
Fase van de vlucht:	En route
Schade aan luchtvaartuig:	Totaal vernield
Aantal bemanningsleden:	Twee
Persoonlijk letsel:	Twee zwaargewond

¹ Alle tijden in dit rapport zijn lokale tijden tenzij anders vermeld.

1.2 Vluchtvoorbereiding

Het luchtvaartbedrijf had sinds een maand een tweepersoons propellervliegtuig in gebruik dat diende als vervanging van een vergelijkbaar vliegtuig dat kort daarvoor was afgeschreven vanwege een ongeval. Van het recent aangeschafte toestel, een General Avia F22-B, geregistreerd als D-EDMJ en verder genoemd F22-B, zouden luchtfoto's en filmopnamen worden gemaakt voor plaatsing op de website van het luchtvaartbedrijf. Deze opnamen zouden worden gemaakt vanuit een vierpersoons propellervliegtuig van het bedrijf, te weten een Diamond DA-40D TDI, geregistreerd als PH-TDE en verder genoemd DA-40D. Aan boord van de DA-40D waren een fotocamera en een vast opgestelde filmcamera. De filmcamera bevond zich aan de rechterzijde van de cockpit en was horizontaal naar rechts gericht onder een hoek van ongeveer 90 graden ten opzichte van de langsas van de DA-40D. De fotocamera is niet teruggevonden.

De vier inzittenden van beide vliegtuigen zaten voor de vlucht bij elkaar zonder verdere aanwezigheid. De gezagvoerder van de F22-B, verder genoemd *de gezagvoerder*, verklaarde dat hij en de gezagvoerder van de DA-40D, verder genoemd *de gezagvoerder van de DA-40D*, een briefing hielden. De gezagvoerder verklaarde dat de briefing niet langer duurde dan 5 à 10 minuten en dat beide tweede piloten daarbij aanwezig waren. Het doel was een formatievlucht uit te voeren met de DA-40D waarbij filmopnamen zouden worden gemaakt van de F22-B. Na het beëindigen van de formatievlucht zou hij direct daaropvolgend een aerobaticvlucht² met zijn tweede piloot uitvoeren.

Voor de formatievlucht was besproken wat de doelstelling was, op welke radiofrequentie ze onderling zouden communiceren, wat de noodfrequentie was en welke signalen (handgebaren) bij nood van toepassing waren. Volgens de gezagvoerder zouden ze als de formatie niet goed zou gaan, uitbreken. Via de vooraf afgesproken radiofrequentie konden wijzigingen worden doorgegeven. Dit laatste is volgens de gezagvoerder gebruikelijk bij formatievliegen.

Voor de formatievlucht zou de DA-40D op constante hoogte (2000 ft) en koers (noordwestelijk) vliegen met een constante snelheid (95 knopen). Tijdens de briefing had de gezagvoerder in dit verband tegen de tweede piloot van de DA-40D, die het vliegtuig zou besturen, gezegd dat zij 'strak rechtdoor' moest blijven vliegen, alsof het vliegtuig als het ware op de automatische piloot zou vliegen. Haar gezagvoerder kon dan film- en foto-opnamen maken vanuit de DA-40D.

De gezagvoerder had aangegeven hoe ze de formatievlucht gingen uitvoeren. De gezagvoerder zou in de rechterstoel plaatsnemen, waarbij het volgens hem voor de opnamen meerwaarde had dat de linkerstoel werd ingenomen door een tweede persoon. De tweede piloot mocht, aldus de gezagvoerder, tijdens de formatievlucht nergens aan komen.

² Aerobatic-vlucht (kunstvlucht): een vlucht waarbij met opzet bewegingen worden uitgevoerd, welke een plotselinge verandering in de stand, een abnormale stand of een abnormale verandering in de snelheid van het luchtvaartuig meebrengen.

Tijdens het interview merkte de gezagvoerder op dat het voor de website niet nodig was om aerobatics-filmopnamen te maken. Daar kwam bij dat, volgens de gezagvoerder, de combinatie F22-B en DA-40D niet geschikt is voor aerobaticsvliegen. Het formatievliegen zou zich beperken tot het naast elkaar in positie komen (line abreast) om vervolgens horizontaal met een scherpe bocht van de DA-40D weg te draaien (break out). Dit moest op de film komen. Ten behoeve van de filmopnamen zou rekening worden gehouden met de positie van de zon. De Onderzoeksraad kreeg informatie dat vooraf bekend zou zijn geweest dat onder andere opnamen zouden worden gemaakt van de F-22B terwijl deze ondersteboven vloog. Deze informatie kon niet worden bevestigd.

De gezagvoerder verklaarde dat niet hij, maar de gezagvoerder van de DA-40D de F22-B had getankt. Informatie van vliegveld Lelystad liet zien dat kort voor de vlucht de F22-B met 35 liter brandstof was bijgetankt. Het tanken van de DA-40D bleek niet relevant en is derhalve niet onderzocht.

1.3 Het verloop van de vlucht

De bemanning van de DA-40D meldde zich voor aanvang van de vlucht op de frequentie van Lelystad Radio voor een lokale vlucht van een half uur tot drie kwartier vanaf vliegveld Lelystad. De bemanning bestond uit twee personen: de gezagvoerder (man, 36 jaar) en een tweede piloot (vrouw, 23 jaar). Getuigen die de twee personen zagen instappen, verklaarden dat de tweede piloot plaats nam in de linkerstoel en de gezagvoerder in de rechterstoel.

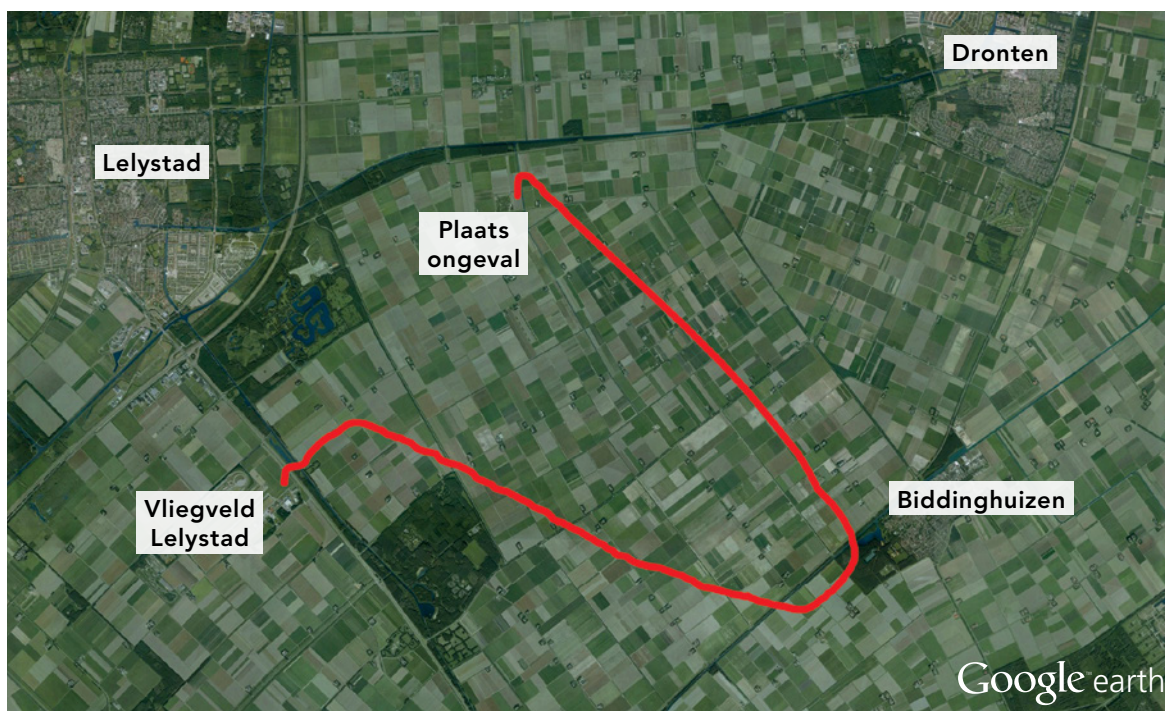
Korte tijd later meldde de bemanning van de F22-B zich op de frequentie van Lelystad Radio voor een vlucht van een half uur. De radio werd bediend door de gezagvoerder (man, 63 jaar), een ervaren aerobaticpiloot. De gezagvoerder was de formatieleider en zat, zoals voor hem als instructeur te doen gebruikelijk is, op de rechterstoel. Omdat de gezagvoerder een geringere lengte heeft dan de tweede piloot, stond, aldus de gezagvoerder, zijn stoel verder naar voren. In de linkerstoel zat een tweede piloot (man, 59 jaar).

Beide toestellen taxieden naar het begin van startbaan 05 van vliegveld Lelystad. Volgens het luchthavenregister steeg de DA-40D om 16.19 uur als eerste op in noord-oostelijke richting. De F22-B volgde om 16.20 uur waarbij volgens de verklaring van de gezagvoerder, de tweede piloot de start vanaf Lelystad uitvoerde.³ De gezagvoerder van de DA-40D meldde op de frequentie van Lelystad Radio dat hij het circuit verliet. De gezagvoerder meldde zich kort daarna af.

³ De gezagvoerder werd door de politie gehoord op 2 april 2013.

De gezagvoerder riep daarna op Lelystad Radio de DA-40D op. Nadat de DA-40D antwoordde, instrueerde de gezagvoerder om over te gaan naar 'de volgende frequentie' zonder die uit te spreken. De F22-B riep nog een keer op zonder dat daar een antwoord op volgde.

Radarbeelden laten zien dat de DA-40D na het verlaten van het circuitgebied van vliegveld Lelystad in de richting van Biddinghuizen vloog, zie ook figuur 1. Vanaf Biddinghuizen volgde het vliegtuig een noordwestelijke koers (ongeveer 315°) met een lichtsnelheid van 108 tot 113 knopen. De F22-B was niet zichtbaar op de radar. De transponder⁴ was niet geactiveerd. Beide toestellen bevonden zich op de grens van luchtruim klasse G⁵ en E. In luchtruim G en E kunnen piloten contact opnemen met de luchtverkeersleiding voor het ontvangen van vluchtinformatie of het informeren van de luchtverkeersleiding over hun intenties. Navraag bij de militaire luchtverkeersleiding, die verantwoordelijk is voor luchtverkeersleiding in het betreffende gebied, leerde dat de piloten van beide vliegtuigen van deze mogelijkheid geen gebruik hebben gemaakt.



Figuur 1: De route van de DA-40D. (Bron: Google Earth)

1.4 Gegevens filmopnamen

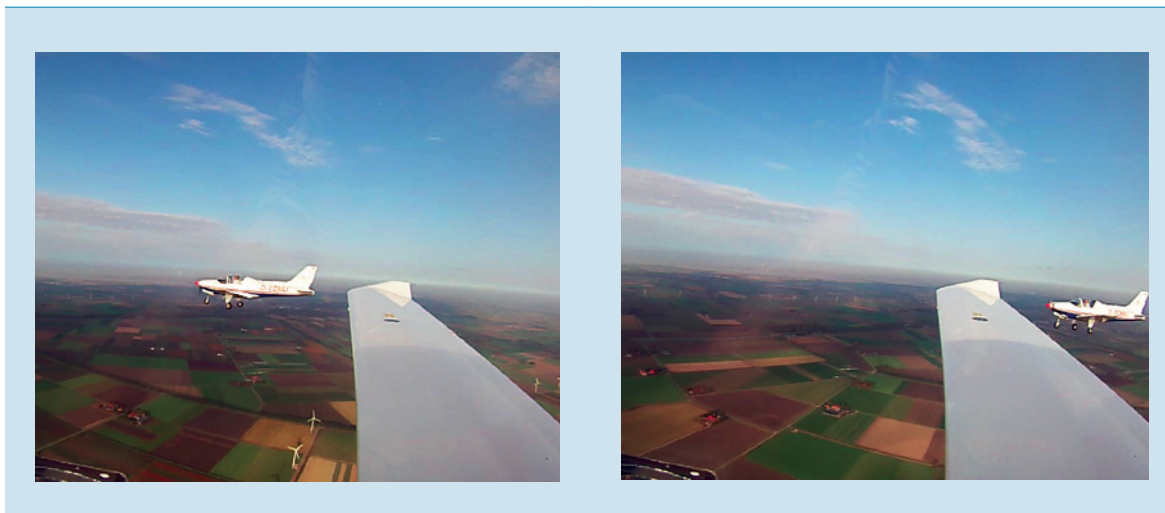
De beelden van de filmcamera zijn gebruikt om een beeld te verkrijgen van het verloop van de vlucht en van de gevlogen manoeuvres van de F22-B. Naast beelden werd ook

⁴ Een transponder is een apparaat aan boord van een vliegtuig dat communiceert met een grondradarstation om ondermeer het vliegtuig te kunnen identificeren op het radarscherm.

⁵ Luchtruimstructuur ter plaatse: Luchtruim klasse G: luchtruim vanaf de grond tot 1500 voet, waarin voor vluchten onder visual flight rules (VFR-vluchten) is vereist dat ze minimaal 1500 meter zicht hebben, vrij zijn van wolken en zicht houden op de grond. E-airspace: luchtruim vanaf 1500 voet tot 6500 voet (vliegniveau 65), waarin voor VFR-vluchten een minimaal zicht van 8 km zicht is vereist en een minimale afstand tot wolken van verticaal 1000 voet en horizontaal 1500 m.

geluid opgenomen. Stemmen van de inzittenden waren op de opname niet hoorbaar. Aan de hand van de beschikbare filmbeelden en de tijdspanne kon inzicht in een deel van de vlucht worden verkregen. Voor de figuren: 2, 3, 4 en 6 kan de volgende bronvermelding worden aangehouden vaste filmcamera van luchtvaartbedrijf.

Start filmopname, tijdstip 0 minuut 00 seconden.



Figuur 2: Posities van de F22-B, gezien vanuit de DA-40D.

Beide toestellen vlogen kort voor de botsing op dezelfde hoogte naast elkaar. De hoogte varieerde van ongeveer 1460 tot 1660 voet in het gebied ten zuidwesten van Dronten en ten noordwesten van Biddinghuizen. Daarbij vloog de DA-40D links en de F22-B rechts op een geschatte afstand van ongeveer 20 tot 30 meter van elkaar op een relatieve positie⁶ variërend van 2 uur tot 4 uur gezien vanuit de DA-40D, zie figuren 2 en 3. Vanaf het moment dat de opnamen startten, handhaafden de beide vliegtuigen gedurende ongeveer 40 seconden deze posities ten opzichte van elkaar.

Tijdstip 0 minuut en 55 seconden.



Figuur 3: Positie van de F22-B op 4 uurpositie van de DA-40D.

⁶ Relatieve posities: alle posities zijn overeenkomstig de verdeling op een wijzerplaat van een uurwerk: 12 uur recht voor, 3 uur precies rechts, 6 uur recht achter en 9 uur precies links.

Hierna verwijderde de F22-B zich ten opzichte van de DA-40D naar achteren richting de 4 uur positie, tot een geschatte horizontale afstand van ongeveer 50 tot 60 meter, zie figuur 3. De DA-40D hield koers en hoogte. Na ongeveer 55 seconden vanaf het begin van de opname verdween de F22-B uit het zicht van de camera.

Tijdstip 1 minuut en 02 seconden.

Op tijdstip 1 minuut en 2 seconden kwam de F22-B opnieuw rechts in beeld op de 4 uurpositie waarbij het met geringe daalsnelheid de DA-40D inhaalde. Inmiddels op de 3 uurpositie vloog het vliegtuig ongeveer 50 tot 100 voet lager, zie figuur 4. Vanuit deze 3 uurpositie ten opzichte van de DA-40D klom de F22-B, onder een geschatte hoek van 45 graden, ondersteboven draaiend, naar een hoogte boven die van de DA-40D, zie figuur 4.



Figuur 4: De startpositie van de F22-B en het vervolg van de manoeuvre, gezien vanuit de DA-40D.

Tijdstip 1 minuut en 07 seconden.

Tijdens deze klim rolde de F22-B linksom om de langsas ondersteboven naar een geschatte hoogte van 50 tot 100 voet boven de DA-40D. De DA-40D hield koers en bleef op dezelfde hoogte. Op 1 minuut en 7 seconden vanaf het begin van de filmopname was er initieel een horizontale afstand van naar schatting 50 tot 100 meter tussen de beide vliegtuigen en de F22-B verplaatste zich ondersteboven in de richting van de DA-40D. Op 1 minuut en 13 seconden verdween de F22-B bovenin uit beeld.



Figuur 5: De neergestorte DA-40D. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Tijdstip 1 minuut en 20 seconden.

Op tijdstip 1 minuut en 20 seconden was een klap hoorbaar op de filmopname en schudde de DA-40D. Daarna dook de DA-40D voorover waarbij het toerental van de motor hoorbaar opliep. De neus van het vliegtuig draaide door waarna het vliegtuig ondersteboven vloog en met een min of meer constante koers en hoge snelheid, onder een steile hoek met de neus naar beneden daalde. Uit de filmbeelden bleek dat tijdens deze fase de rechterstuurknuppel heftig bewoog. Het vliegtuig stortte neer, zie figuur 5. De inzittenden van de DA-40D kwamen om het leven.

De F22-B stortte rechtsomdraaiend in een tolvlucht naar beneden waarbij het motorblok deels was losgebroken, zie figuur 6. Daarna raakte de F22-B uit beeld en stortte neer.



Figuur 6: De F22-B met een deels losgebroken motor (links voor de vleugel).



Figuur 7: De neergestorte F22-B. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

1.5 De inzittenden van de Diamond DA-40D

De gezagvoerder

De gezagvoerder van de DA-40D was in het bezit van een bewijs van bevoegdheid als privépiloot (private pilot license, PPL) geldig tot 26 januari 2014 met een bevoegdverklaring voor eenmotorige vliegtuigen met een zuigermotor geldig tot 1 februari 2013. Zijn medische verklaring klasse II was geldig tot 17 januari 2013.

Hij was sinds juni 2012 in dienst van het luchtvaartbedrijf en was lid van een formatieteam bij een vliegclub op vliegveld Lelystad. Volgens de gezagvoerder was de gezagvoerder van de DA-40D voor het formatievliegen getraind door voormalig militaire piloten. Daardoor zou hij bekend zijn met de handelswijze en de briefing zoals die door de gezagvoerder in de praktijk is gebracht.

De tweede piloot

De tweede piloot zat in de linkerstoel. Zij was in het bezit van een bewijs van bevoegdheid als commercieel piloot (commercial pilot license, CPL) met bevoegdverklaringen voor één- en meermotorige vliegtuigen, waaronder een type verkeersvliegtuig. Zij was tevens in het bezit van een bevoegdverklaring voor instrumentvliegen en een zweefvliegbewijs. Haar medische verklaring was afgegeven op 6 december 2011. Deze was geldig tot 29 december 2012 (klasse I) voor commerciële vluchten en geldig tot 29 december 2015 (klasse II) voor privévluchten.

Zij had zich eerder die dag door een instructeur laten uitchecken op de F22-B, waarna zij als gebrevetteerd piloot zelfstandig nog een vlucht met dit toestel maakte. Zij zou oorspronkelijk niet deelnemen aan de formatievlucht, maar werd uitgenodigd om mee te vliegen.

1.6 De inzittenden van de F-22B

De gezagvoerder

De gezagvoerder heeft als voormalig militair piloot en als instructeur van het luchtvaartbedrijf (zeer veel) ervaring met aerobatics en formatievliegen. Hij was in het bezit van een bewijs van bevoegdheid als commercieel piloot (CPL), geldig tot 1 februari 2015. In zijn CPL waren, voor zover relevant voor dit onderzoek, vermeld de bevoegdverklaring voor eenmotorige vliegtuigen met zuigermotor geldig tot 1 april 2013 en de bevoegdverklaring voor vlieginstructeur op vleugelvliegtuigen voor PPL (FI(A)) geldig tot 1 februari 2015. Zijn medische verklaring werd afgegeven op 27 april 2012. Deze was geldig tot 27 oktober 2012 (klasse I) voor commerciële vluchten en geldig tot 27 april 2013 (klasse II) voor privévluchten.

Navraag bij ILT en KIWA⁷ leerde dat het dossier van de gezagvoerder actueel was tot en met 27 mei 2009 en geen kopieën van logboeken bevatte.⁸ De laatste opgave van uren dateerde van december 2008, waaruit bleek dat hij totaal circa 21.000 uren vlieginstructie had gegeven. De gezagvoerder verklaarde dat hij tot het ongeval ongeveer 22.000 uren als instructeur had gevlogen en ervaring had op alle typen vliegtuigen van de fabrikanten Cessna, Piper en Diamond. Op het type Pitts Special, een hoogwaardig type aerobatic vliegtuig, had hij minstens 1500 vlieguren gemaakt. De gezagvoerder schatte zijn totaal aantal aerobatic vlieguren⁹ op ongeveer 10.000 en zijn totaaluren op bijna 30.000.

Volgens de gezagvoerder had hij veel ervaring met formatievliegen, zowel met militaire piloten als met piloten die deze militaire ervaringsachtergrond niet hadden. Uit verklaringen is gebleken dat de gezagvoerder ook ervaring had met 'air to air' fotografie.

⁷ KIWA is kwaliteitszorgbedrijf dat organisaties verbetert, onder andere door inspecties. KIWA is ook verantwoordelijk voor de afgifte van brevetten.

⁸ ILT vraagt steekproefsgewijs logboeken op, bijvoorbeeld na aanvraag van een nieuwe type bevoegdheid.

⁹ Aerobatic vlieguren zijn niet separaat gelogd.

Uit verklaringen kwam naar voren dat de gezagvoerder enkele dagen voor het ongeval een geplande aerobaticvlucht met de tweede piloot aan boord had afgezegd, omdat hij niet fit was om te vliegen. De gezagvoerder kon zich dit niet herinneren, hij vermoedde dat het eerder vanwege het weer moet zijn geweest. Volgens informatie verkregen van het luchtvaartbedrijf, vloog de gezagvoerder in de week voorafgaande aan het ongeval iedere werkdag. Uit de bedrijfsadministratie bleek dat de gezagvoerder minimaal 9 check out uren had gevlogen op de D-EDMJ.

De tweede piloot

De tweede piloot zat in de linkerstoel. Hij was in het bezit van een bewijs van bevoegdheid als privépiloot (PPL) geldig tot 7 maart 2016 met de bevoegdverklaring voor eenmotorige vliegtuigen met zuigermotor geldig tot 1 mei 2013. Hij beschikte over een medische verklaring klasse II geldig tot 1 juli 2013.

De tweede piloot was ten gevolge van letsel, opgelopen tijdens het ongeval, niet in staat informatie te verstrekken. Uit onderzoek is gebleken dat hij geen ervaring had met formatievliegen of fotovluchten. Met enige regelmaat vloog hij voor zijn plezier samen met de gezagvoerder aerobatic-manoeuvres, zonder de intentie zich hierin zodanig te bekwamen dat hij dergelijke vluchten zelfstandig kon uitvoeren.

De massa van de F22-B is medebepalend voor de prestaties van het vliegtuig. Voor de briefing was van belang met hoeveel personen de vlucht zou worden uitgevoerd. Volgens de gezagvoerder was de tweede piloot aanwezig bij de briefing en ging hij direct mee met de formatievlucht. Aansluitend kon dan de aerobaticvlucht plaatsvinden. Een andere verklaring duidde erop dat, omdat de tweede piloot laat was, het aannemelijk was dat hij niet bij het begin van de briefing aanwezig was.

DA-40D	Brevet	Uren	Opmerking
Gezagvoerder (36 jr)	PPL	282	
Tweede piloot (23 jr)	CPL	289	261 uren eenmotorig

F22-B	Brevet	Uren	Opmerking
Gezagvoerder (63 jr)	CPL	Bijna 30.000	
Tweede piloot (59 jr)	PPL	618 ¹⁰	eenmotorig

Tabel 1: Bewijzen van bevoegdheid en totaaluren van de piloten.

10 Gegevens verstrekt door familie.

1.7 De vliegtuigen

De Diamond DA-40D

De DA-40D is een eenmotorig propellervliegtuig met vier zitplaatsen. Het in Oostenrijk ontworpen en gebouwde vliegtuig was in 2008 afgeleverd en volgens het Bewijs van Inschrijving (Bvl) sinds 22 oktober 2008 ingeschreven in het Nederlandse luchtvaartuigregister op naam van het luchtvaartbedrijf. Het vliegtuig was voorzien van een Bewijs van Luchtwaardigheid (BvL) afgegeven op 3 december 2008 met bijbehorend geldig Airworthiness Review Certificate (ARC) afgegeven op 26 april 2012 en geldig tot 26 april 2013. Het BvL vermeldde geen beperkingen of opmerkingen ten aanzien van de luchtwaardigheid.

Op 15 augustus 2012 was de laatste inspectie (100 uren inspectie) uitgevoerd. Volgens het vliegtuigjournaal mocht tot de ongevalsvlucht nog ruim 37 uren worden gevlogen tot de eerstvolgende verplichte onderhoudsbeurt. Het totale aantal uren van de DA-40D tot aan het ongeval bedroeg 1057 uur. Het journaal bevatte geen relevante vermeldingen of beperkingen met betrekking tot de technische staat van het vliegtuig. De op de boordradio ingestelde frequentie kon niet worden vastgesteld.

De General Avia F22-B

De F22-B is een eenmotorig propellervliegtuig met twee zitplaatsen. Het vliegtuig was voorzien van een motor met een vermogen van 112 kW en een propeller met verstelbare spoed. Het in Italië ontworpen en gebouwde vliegtuig was in 1997 afgeleverd aan de eerste eigenaar. Het vliegtuig was gestationeerd in Duitsland. Het bedrijf dat dit vliegtuig heeft ontworpen en gebouwd bestaat niet meer.

Volgens het Bvl stond de F22-B sinds 4 november 2004 ingeschreven in het Duitse luchtvaartuigregister. Het vliegtuig was voorzien van een BvL afgegeven op 4 november 2004 met het bijbehorend geldige ARC afgegeven op 24 oktober 2011 en geldig tot 3 december 2012. Het BvL vermeldde geen beperkingen of opmerkingen ten aanzien van de luchtwaardigheid. Ten tijde van het voorval had de F22-B een Duitse registratie. Op 18 september 2012 voerde het luchtvaartbedrijf de laatste inspectie (een 50-uren inspectie) aan het toestel uit. Het totale aantal vlieguren bedroeg volgens het journaal op dat moment 1446 uur. Ten tijde van het ongeval bedroeg het aantal uren bijna 1470 uur. De eerstvolgende 50-ureninspectie moest plaatsvinden bij 1496 uren of uiterlijk op 28 juni 2013.

De F22-B (PH-MRB) waarmee het luchtvaartbedrijf tot kort voor het ongeval opereerde, beschikte over een propeller met vaste spoed en had een motorvermogen van 119 kW. In tegenstelling tot een propeller met verstelbare spoed haalt deze propeller de hoogste efficiëntie bij een zekere kruissnelheid. Tevens wordt bij een propeller met vaste spoed het motortoerental beïnvloed door de vliegsnelheid. Zo zal bij toenemende vliegsnelheid, bijvoorbeeld bij dalen of aanduiken, het toerental oplopen zonder dat extra gas wordt gegeven. Dit vraagt extra aandacht van de piloot. Bij een propeller met variabele spoed houdt een regelsysteem het toerental van de propeller constant (ook wel constant speed propeller genoemd). De voordelen zijn dat het minder aandacht vraagt van de piloot en dat een hogere efficiëntie van de propeller over een bredere snelheidsband aanwezig is. Dit regelsysteem was aanwezig op de D-EDMJ.

De F22-B beschikt over een rechtsdraaiende¹¹ propeller. De draairichting beïnvloedt de rolbeweging van het vliegtuig. Bij een rolbeweging linksom versnelt het motorkoppel de rolbeweging, bij een rolbeweging rechtsom werkt het motorkoppel de rolbeweging tegen.

De brandstoftank bevindt zich in de romp achter de zitplaatsen van de piloten. Tijdens een normale vlucht stroomt brandstof onder invloed van de zwaartekracht naar de carburateur. Het brandstofsysteem is voorzien van een door de motor aangedreven mechanische pomp die brandstof onder druk naar de carburateur pompt. Daarnaast heeft de F22-B een elektrisch aangedreven brandstofpomp welke dient als back-up in het brandstoftoevoersysteem in het geval de mechanische pomp onvoldoende druk levert. Het vlieghandboek schrijft voor dat de elektrische pomp tijdens kritische fasen van de vlucht moet worden ingeschakeld als back up. Het gaat dan om de start en de landing en aerobatic manoeuvres.

De F22-B is voorzien van een 'gewone carburateur' die is ontworpen om bij krachten gelijk aan of groter dan 1g brandstofmengsel te leveren aan de motor. Bij krachten minder dan 1g is de mengseltoevoer niet meer gegarandeerd en bij negatieve g-krachten zal de mengseltoevoer van de carburateur naar de motor stagneren. Het vlieghandboek vermeldt verder dat alle manoeuvres met een 'load factor' van minder dan 1g mogen worden uitgevoerd voor maximaal 5 seconden, met het gas dicht (stationair) en met een oliedruk van minimaal 25 PSI. Deze limieten (oliedruk, vermogen, tijdsduur) spelen geen rol als het een manoeuvre betreft van 1g of hoger.

Uit onderzoek van de radio-apparatuur bleek dat de ingestelde frequentie van de boordradio 120.000 MHz was. Deze frequentie is in Nederland niet bij een grondstation in gebruik en wordt soms gebruikt voor 'air to air' radiocontact tussen vliegtuigen. De communicatie op deze frequentie wordt niet door een officiële instantie opgenomen. De stand-by frequentie van de boordradio stond ingesteld op 123.670 MHz van Lelystad radio.

Van beide vliegtuigen is de documentatie en, voor zover relevant, de technische staat onderzocht. Een ander deel van het onderzoek richtte zich op de vluchtuitvoering. Daarbij is gebruik gemaakt van opnamen met de filmcamera in de cockpit van de DA-40D.

1.8 Weergegevens

Het weerrapport van het KNMI gaf het volgende beeld ten tijde van het ongeval. Onder een inversie op ongeveer 2000 voet voerde een zwakke oostelijke stroming continentale lucht aan. Het horizontale zicht op het vliegveld Lelystad was aan de grond circa 10 km. Volgens het weerbericht kon het vliegzicht plaatselijk aanzienlijk minder zijn geweest als gevolg van een temperatuursinversie. Dit vliegzicht wordt echter niet gemeten en een waarde kan dan ook niet worden gegeven. De inversie op circa 2000 voet verhinderde uitwisseling met hogere luchtlagen, waardoor het aannemelijk is dat zich beneden

¹¹ Gezien vanuit de cockpit kijkend in de vliegrichting.

2000 voet een heilige laag bevond. De zon stond in het zuidwesten (228 graden) met een elevatie van 14,5 graden boven de horizon. Boven het ongevalgebied was alto cumulus bewolking met een basis van 11.000 voet en toppen tot 13.000 voet. De bedekkingsgraad was 5/8 tot en met 7/8 (vanaf half tot zwaar bewolkt).

1.9 Autopsie slachtoffers

Op de lichamen van de inzittenden van de DA-40D werd autopsie uitgevoerd. Er werden geen afwijkingen aan organen aangetroffen die een rol konden spelen bij het ontstaan van het ongeval of het overlijden. Toxicologische sporen van onder andere koolmonoxide of andere stoffen zijn niet aangetroffen of waren zodanig laag dat die niet het bewustzijn of het gedrag kunnen hebben beïnvloed of een aanwijzing van overlijden konden zijn. Op grond van de verwondingen is vastgesteld dat de inzittenden op het moment van de botsing in de lucht waarschijnlijk direct het bewustzijn hebben verloren of direct zijn overleden.

2 ANALYSE

2.1 Inleiding.....	22
2.2 Technisch onderzoek	22
2.3 De General Avia F22-B	23
2.4 Onderzoek motorsteunen (brackets).....	24
2.5 Motorvermogen en vliegp pad tijdens manoeuvre (limitations)	24
2.6 De voorschriften en vluchtvoorbereiding	25
2.7 Vluchtuitvoering	26
2.8 Het weer en stand van de zon.....	27
2.9 Het zicht vanuit de cockpit.....	27
2.10 Reconstructie van het botsingsmoment	29

2.1 Inleiding

De gezagvoerder bleek de enige informant van de briefing. Hij had, behalve van de start vanaf vliegveld Lelystad, geen herinnering meer aan de ongevalsvlucht. Vanwege medische redenen kon de gezagvoerder pas in een laat stadium van het onderzoek worden geïnterviewd. De door de Raad ontvangen informatie dat vooraf zou zijn gepland dat de F22-B in formatie onderste boven zou vliegen, kon in het onderzoek niet worden bevestigd.

De inzittenden van de DA-40D en de F22-B stonden naar alle waarschijnlijkheid in radio-contact met elkaar op de frequentie 120.000 MHz. Over de onderlinge communicatie is niets bekend. Het radioverkeer is, voor zover bekend, niet opgenomen. Ook hebben zich geen getuigen gemeld die communicatie tussen de beide vliegtuigen hebben gehoord. Aan boord van de F22-B bleek geen data aanwezig waarmee het vliegpad en de vliegsnelheid konden worden gereconstrueerd. De vluchten werden deels in formatie uitgevoerd.

Omdat beide toestellen niet in formatie opstegen, had de gezagvoerder de plicht de transponder¹² te activeren. Hieraan werd niet voldaan. Vanwege het niet inschakelen van de transponder¹³ ontbrak ook radarinformatie over de route, vlieghoogte en vliegsnelheid van de F22-B.

De filmbeelden laten zien dat een aerobatic manoeuvre wordt gemaakt, waarna een botsing volgt. Analyse van de beelden gaf geen eenduidig antwoord op de vraag welke manoeuvre de F22-B uitvoerde op het moment van de botsing. De inzet van de beweging lijkt in eerste instantie het meest op een 'barrel-roll' die linksom werd uitgevoerd, maar een andere rolbeweging is ook mogelijk. De gezagvoerder was echter van mening dat, gezien het doel van de vlucht, een barrel-roll geen logische manoeuvre was. Het is onduidelijk welke manoeuvre werd gemaakt en wat het doel hiervan was. Zie ook bijlage A.

2.2 Technisch onderzoek

De Diamond DA-40D

Documenten en vliegtuigboeken van de DA-40D

Het BvI en BvL van de DA-40D waren geldig, het onderhoud was volgens het onderhoudsprogramma uitgevoerd. De documentatie liet geen bijzonderheden zien die verband zouden kunnen houden met het ontstaan van het ongeval. De filmbeelden

¹² Het is gebruikelijk dat in formatie alleen de formatieleider de transponder heeft geactiveerd.

¹³ Het zou dan gaan om transponder mode C, waarin ook hoogte-informatie door de transponder wordt doorgegeven.

tonen een stabiele vlucht en geven geen aanleiding te veronderstellen dat de technische staat van de DA-40D niet in orde was.

FADEC en storingsmelding autopilot module

De film-opnamen van de DA-40D lieten een zodanig stabiel vlieggedrag zien, dat het aannemelijk is dat het vliegtuig op de automatische piloot vloog. De storingsmodule van de automatische piloot en de elektronische data van de motorregelaar (Full Authority Digital Engine Control (FADEC)) zijn onderzocht. Met de beschikbare data kon niet worden bevestigd dat de automatische piloot stond ingeschakeld.

2.3 De General Avia F22-B

De D-EDMJ beschikte over 7 kW motorvermogen minder dan de F22-B (PH-MRB) waarmee het luchtvaartbedrijf tot kort daarvoor opereerde. Daarentegen was de D-EDMJ uitgerust met een propeller met verstelbare spoed. Minder motorvermogen is een nadeel, maar dat wordt gecompenseerd door de voordelen van een verstelbare propeller, die een bijna constante efficiëntie uit het motorvermogen haalt bij verschillende vliegsnelheden. Omdat dit systeem het toerental van de motor constant houdt, hoeft de piloot dit zelf niet meer te regelen. Dit is met name een voordeel tijdens aerobatic manoeuvres.

De F22-B was voorzien van een geldig BvL en BvL, het onderhoud was volgens het onderhoudsprogramma uitgevoerd. De documentatie liet geen klachten zien die verband zouden kunnen houden met het ontstaan van het ongeval. Op basis van het technisch onderzoek leek de motor technisch in orde, maar vanwege de schade aan de motor kon dit niet met zekerheid worden vastgesteld, zie verder bijlage B.

Gewicht en zwaartepuntligging van de F22-B

Kort voor de vlucht is 35 liter brandstof getankt. Omdat de reeds aanwezige hoeveelheid brandstof aan boord niet kon worden achterhaald, is de startmassa van de F22-B niet exact bekend. Volgens de gezagvoerder bleef de totale massa binnen de maximum take-off mass (MTOM) limiet van 800 kg.

Afhankelijk van de exacte ligging van het zwaartepunt, lag de maximaal toegestane startmassa voor deze vlucht tussen de 790 en 800 kg, (zie bijlage B). Uitgaande van een limiet van 800 kg kon maximaal 26 kg (36 liter) brandstof worden meegenomen.

Het is niet aannemelijk dat de F22-B vertrok met 36 liter of minder. Uitgaande van een half uur reserve (15 liter) na de voorgaande vlucht is het waarschijnlijker dat de meegenomen brandstof tenminste 51 liter (36 kg) was. Dit betekende een overschrijding van 10 kg. Evenmin kan worden uitgesloten dat meer brandstof aan boord was na de vorige vlucht, of dat reeds brandstof voor de volgende vlucht aan boord was. Uit bovenstaande volgt dat de vlucht is uitgevoerd met een overschrijding van de maximale startmassa met 10 kg of meer.

Uit het vlieghandboek blijkt dat naarmate de startmassa toeneemt, de toegestane manoeuvres worden beperkt. De exacte invloed van de overschrijding van de MTOM op de ongevalsvlucht is niet bekend.

2.4 Onderzoek motorsteunen (brackets)

Omdat uit de filmbeelden blijkt dat de motor van de F22-B na de botsing, maar voordat het vliegtuig de grond raakte, deels was losgetrokken, is onderzocht of de motor al voor de botsing uit positie was. In het geval de motor van de F22-B tijdens de formatievlucht en/of de aerobatic manoeuvre voorafgaand aan de botsing was losgetrokken, is het waarschijnlijk dat dit het vliegpad van de F22-B zou hebben beïnvloed en een factor zou zijn geweest bij het ontstaan van de botsing.

De motorsteunen werden metallurgisch onderzocht op vermoeiingscheuren, legeringsamenstelling en materiaaldikte. De aangetroffen uitbreekrichtingen en vervorming rondom de boutgaten wijzen erop dat de motor, als gevolg van de botsing, met geweld van het brandschot is losgetrokken.

Geconcludeerd wordt dat drie motorsteunen van de F22-B zijn bezweken als gevolg van de botsing en één door impact met de grond. De details van het metallurgisch onderzoek zijn weergegeven in bijlage C.

2.5 Motorvermogen en vliegpad tijdens manoeuvre (limitations)

Zoals versnellingskrachten invloed hebben op inzittenden van een vliegtuig (g-krachten), beïnvloeden ze ook het olie- en brandstofsysteem. Hierbij bestaat de kans dat de motor tijdelijk minder olie en/of brandstofmengsel krijgt. Daarom zijn in het vlieghandboek limieten en voorwaarden vastgesteld om de werking van oliesmering en brandstoftoevoer voldoende te garanderen.

De brandstoftoevoer

Het vlieghandboek schrijft voor dat voor start en landing en voor het uitvoeren van aerobatic manoeuvres, de elektrische brandstofpomp dient te worden ingeschakeld. Onderzoek van de F22-B liet zien dat de schakelaar van de elektrische brandstofpomp in de positie OFF stond. Voor het in formatie vliegen en daarna wegdraaien van de DA-40D, zoals de gezagvoerder verklaarde te hebben gebriefd, was het niet voorgeschreven om de elektrische brandstofpomp van de F22-B in te schakelen.

Gelet op de manoeuvre die in de filmopname daadwerkelijk werd uitgevoerd, was het inschakelen van de elektrische brandstofpomp volgens het vlieghandboek wel vereist. In geval van een hapering van de mechanische pomp was er geen elektrische back up (redundantie) die borgde dat voldoende brandstof naar de carburateur bleef stromen.

Omdat geen aanwijzingen zijn gevonden dat de mechanische pomp niet functioneerde, is de conclusie dat het niet inschakelen van elektrische brandstofpomp geen gevolgen had voor het motorvermogen. Echter, ook bij het normaal functioneren van de

mechanische en de elektrische brandstofpomp garandeert het type carburateur van de F22-B geen correcte en voldoende mengseltoevoer aan de motor wanneer met minder dan 1g wordt gevlogen.

De olietoevoer

De limieten (oliedruk, vermogen, tijdsduur, zie feitelijke informatie in paragraaf 1.7) speelden geen rol als het een manoeuvre betrof met krachten van meer dan 1g.

Vliegpap

Tijdens vluchtsituaties met krachten minder dan 1g bestaat de kans dat het vliegtuig energie verliest in de vorm van hoogte, snelheid of een combinatie van beiden, waardoor het vliegpap verandert. Scenario's met g-krachten tot -1g zijn niet uit te sluiten (zie bijlage A) en derhalve zijn bovenstaande limieten en g-krachten relevant voor zowel de smering van de motor als voor de mengseltoevoer (brandstof) naar de motor. Alles overziend kan niet worden uitgesloten dat tijdens de manoeuvre energie werd verloren, waardoor het vliegpap onbedoeld veranderde, met de botsing tot gevolg.

2.6 De voorschriften en vluchtvoorbereiding

De medische certificaten en de brevetten van beide gezagvoerders waren geldig en voorzien van de benodigde bevoegdverklaringen. Ook de beide tweede piloten aan boord van de F22-B en de DA-40D waren gekwalificeerde piloten.

Beide gezagvoerders hadden ervaring met formatievliegen en onderkennen, aldus de gezagvoerder, het belang van het maken van afspraken voorafgaande aan een dergelijke vlucht. De gezagvoerder verklaarde te hebben aangegeven hoe ze de formatievlucht zouden uitvoeren. De formatievlucht werd uitgevoerd in het luchtruim met classificaties G en E, waar geen beperkingen golden voor het uitvoeren van formatievluchten.

Uit paragraaf 1.2 en 1.6 blijkt dat naar alle waarschijnlijkheid de beide gezagvoerders en de beide tweede piloten bij de pre-flight briefing aanwezig waren. Mogelijk was de tweede piloot van de F22-B niet bij het begin van de briefing aanwezig. Uit verklaringen bleek dat de deelname van de tweede piloot van de DA-40D berustte op een toevallige uitnodiging om te assisteren bij de vluchtuitvoering. De tweede piloot van de F22-B zou onmiddellijk na de formatievlucht een aerobaticvlucht met de gezagvoerder vliegen.

De deelname van de tweede piloot van de F22-B leidde mogelijk tot het overschrijden van de maximaal toegestane massa voor het uitvoeren van aerobatic manoeuvres, zie analyse 'De General Avia F22-B'. Voor een 'normale vlucht', ligt deze limiet hoger.

De bezetting van de linkerstoel leidde weliswaar tot verminderd vrij zicht van de gezagvoerder, maar hij vond dat hij daar geen last van had omdat hij - met zijn rechterstoel in een meer voorwaartse positie ten opzichte van de linkerstoel - nog voldoende langs de tweede piloot kon kijken.

Gelet op het gebriefte programma van de formatievlucht, was het niet onbegrijpelijk dat de gezagvoerder de tweede piloot meenam, want de 'line abreast' gevolgd door een 'break out' naar rechts zijn geen kritische manoeuvres in relatie tot de separatie met de DA-40D.

2.7 Vluchtuitvoering

Op basis van de verklaring van de gezagvoerder is het aannemelijk dat de tweede piloot van de DA-40D tijdens de formatievlucht zou assisteren bij de vluchtuitvoering, terwijl de gezagvoerder van de DA-40D bezig was met filmen of fotograferen. Naar alle waarschijnlijkheid bestuurdde de tweede piloot de DA-40D (pilot flying) tijdens de opnamen. Vast staat dat de DA-40D op vrijwel constante hoogte en op constante koers vloog, vermoedelijk met gebruikmaking van de automatische piloot.

Voor 'air to air' fotografie en film bestaan geen wettelijke regels, zie bijlage D. Het is gebruikelijk dat de piloot in het vliegtuig waaruit gefotografeerd of gefilmd wordt de separatie bewaakt en zelf beweegt ten opzichte van het te fotograferen vliegtuig dat min of meer rechtdoor vliegt. Dat in dit geval de piloot in het te filmen vliegtuig (F22-B) verantwoordelijk was voor de separatie in plaats van het filmende vliegtuig (DA-40D), was ongebruikelijk, maar niet strijdig met enig voorschrift. De gezagvoerder verklaarde tegenover de politie dat ook vanuit de F22-B opnamen gemaakt zouden worden. Hiervoor is geen bewijs gevonden.

Het is onbekend welk aandeel de tweede piloot van de F22-B had in de vluchtuitvoering behalve dat hij volgens de gezagvoerder de start vanaf vliegveld Lelystad uitvoerde en tijdens de formatievlucht 'nergens aan mocht komen'. Het kan niet worden uitgesloten dat de tweede piloot tijdens de aerobatic manoeuvre interfereerde met de besturing. Gezien het feit dat hij regelmatig met deze gezagvoerder aerobatic-vluchten uitvoerde is dit echter niet aannemelijk. Het kan ook niet geheel worden uitgesloten dat de tweede piloot, onder verantwoordelijkheid van de gezagvoerder, de besturing van het toestel na de formatievlucht heeft overgenomen en de aerobatic manoeuvre uitvoerde. Hij zou immers aansluitend op de formatievlucht een aerobaticvlucht met de gezagvoerder vliegen. Het is mogelijk dat hiermee meteen na het beëindigen van de 'line abreast' werd begonnen.

De gezagvoerder gaf aan dat een formatievlucht met de F22-B en de DA-40D als combinatie ongeschikt was om een aerobatic manoeuvre uit te voeren. Het was, volgens hem, ook niet de bedoeling een dergelijke manoeuvre op film vast te leggen. Echter, de geplande 'line abreast' werd niet gevolgd door een wegdraaiende bocht, zoals gebriefd. De realiteit was dat de F22-B zich eerst verwijderde naar een positie rechtsachter de DA-40D. Van daaruit werd een rolbeweging ingezet, zie verder bijlage A.

Het besluit om af te wijken van de briefing is waarschijnlijk tijdens de formatievlucht genomen. Mogelijk werd dit via de radio gecommuniceerd. De conclusie is dat tijdens de formatievlucht is afgeweken van wat in de pre-flight briefing was afgesproken. Daarmee lijkt dit deel van de vlucht niet te zijn voorbereid. Het is onbekend waarom deze aerobatic manoeuvre toch werd uitgevoerd.

De F22-B (D-EDMJ) verschilde enigszins van de F22-B waarmee het luchtvaartbedrijf eerder vloog. Uit de bedrijfsadministratie bleek dat de gezagvoerder in de maand voorafgaand het ongeval ruim negen uren instructie had gegeven aan andere aerobatic piloten om ze de detailverschillen te laten ervaren. Uit verklaringen bleek dat het voornamelijk aerobatic instructie betrof. Geconcludeerd wordt dan ook dat de gezagvoerder vertrouwd was met de recent aangeschafte F22-B.

2.8 Het weer en stand van de zon

Voor de locatie Dronten vermeldde het weerrapport gebroken cumulusbewolking¹⁴ vanaf 11.000 voet tot 13.000 voet. Een inversie rond 2000 voet verhinderde uitwisseling met hogere luchtlagen, waardoor het aannemelijk is dat zich beneden 2000 voet een heilige laag bevond. Op de filmbeelden is te zien dat een 'flets zonnetje' onder de hogere bewolking door scheen.

Op basis van de filmbeelden wordt geconcludeerd dat het zicht met de zon in de rug goed was. De formatie vloog in noordwestelijke richting met de DA-40D links en aanvankelijk de F22-B op ongeveer dezelfde hoogte rechts. Dat was gunstig voor de filmopnamen vanuit de DA-40D en was om die reden ook zo gepland. Voor het zicht vanuit de F22-B was dit bij aanvang van de manoeuvre ongunstig omdat voor de onderlinge oriëntatie de inzittenden van de F22-B in de richting van de (lage) zon moesten kijken. Onder dergelijke atmosferische omstandigheden is het zicht tegen de zon in minder dan met de zon in de rug. Echter, gezien de korte afstand tussen de beide vliegtuigen tijdens deze vlucht, speelde het mindere zicht waarschijnlijk geen rol bij het houden van voldoende separatie. Of de gezagvoerder tijdens de manoeuvre hinder heeft ondervonden van het tegen de zon in kijken, kon niet worden vastgesteld.

Geconcludeerd wordt dat het weer geen rol speelde bij het ontstaan van het ongeval. De mogelijke invloed van de stand van de zon kon niet worden vastgesteld.

2.9 Het zicht vanuit de cockpit

De DA-40D canopy is voorzien van een afscherming tegen de zon over (vrijwel) de gehele bovenkant. Vanuit de voorste twee stoelen is in de normale zithouding geen uitzicht naar boven, zie figuur 8.

Geconcludeerd wordt dat, gelet op hoe beide vliegtuigen in botsing kwamen (zie figuur 10), de inzittenden van de DA-40D de F22-B niet meer in zicht hadden. Derhalve konden zij de naderende botsing niet zien aankomen, laat staan ingrijpen om deze te voorkomen.

¹⁴ Type alto cumulus (AC) met een wolkenbasis van 11.000 voet en toppen tot 13.000 voet met een bedekkingsgraad van 5/8 tot en met 7/8 (bij 8/8 is sprake van een gesloten wolkendek).



Figuur 8: Canopy met zonwering van het type DA-40D. (Bron: Internet)

Alleen de inzittenden van de F22-B konden tijdens de manoeuvre zicht op het andere vliegtuig houden. Vanuit de F22-B moest de onderlinge separatie worden gewaarborgd. Het uitzicht in de cockpit van de F22-B is met één inzittende aan boord rondom vrij en vanuit de cockpitstoel naar boven kijkend is tot ver naar achteren (schatting meer dan 45 graden ten opzichte van verticaal) vrij zicht. In het geval een tweede persoon in de linkerstoel plaatsneemt, wordt voor een piloot in de rechterstoel het zicht naar links deels bemoeilijkt. Dit was bij deze formatievlucht ook het geval. De gezagvoerder gaf aan dat bij het formatievliegen een extra paar ogen voordelen biedt. Naar de mening van de Raad weegt het voordeel van het extra paar ogen bij positiewisselingen zoals bij de manoeuvres op de filmbeelden, niet op tegen de beperking van het zicht van de gezagvoerder door de aanwezigheid van een tweede persoon.

Bij een 'line abreast' was het in stand houden van voldoende separatie vrij eenvoudig omdat de DA-40D rechtdoor vloog. Dat de gezagvoerder verklaarde dat hij nog voldoende voorlans de tweede piloot kon kijken, was in dit niet-kritische scenario voorstelbaar. In die zin was het botsingsrisico beperkt en bij een 'break out' naar rechts zou de separatie alleen maar toenemen.

Echter, tijdens de daadwerkelijk uitgevoerde (aerobatic) manoeuvre veranderden de relatieve posities van de beide vliegtuigen voortdurend en diende de bemanning van de F22-B de positie van de DA-40D nauwgezet te volgen, temeer omdat door een linker rolbeweging de F22-B de onderlinge separatie verminderde. Vanwege de aanwezigheid van de tweede piloot verminderde het vrije zicht van de gezagvoerder op de DA-40D bij de aanvang van de rolbeweging. Daarna, dat wil zeggen nadat het vliegtuig linksom rolde en zich vervolgens ondersteboven verplaatste richting de DA-40D, had de gezag-

voerder vrij zicht op de DA-40D. Indien de F22-B links van de DA-40D uit wilde komen kon de gezagvoerder zicht houden op de DA-40D. In het geval dat hij rechts van de DA-40D wilde blijven zou de gezagvoerder tijdens de voortgaande linkerrolbeweging de DA-40D gedurende een groot deel van de rolbeweging volledig uit het zicht verliezen. In de eindfase van de rol zou het zicht van de gezagvoerder op de DA-40D mogelijk weer beperkt worden door de tweede piloot.

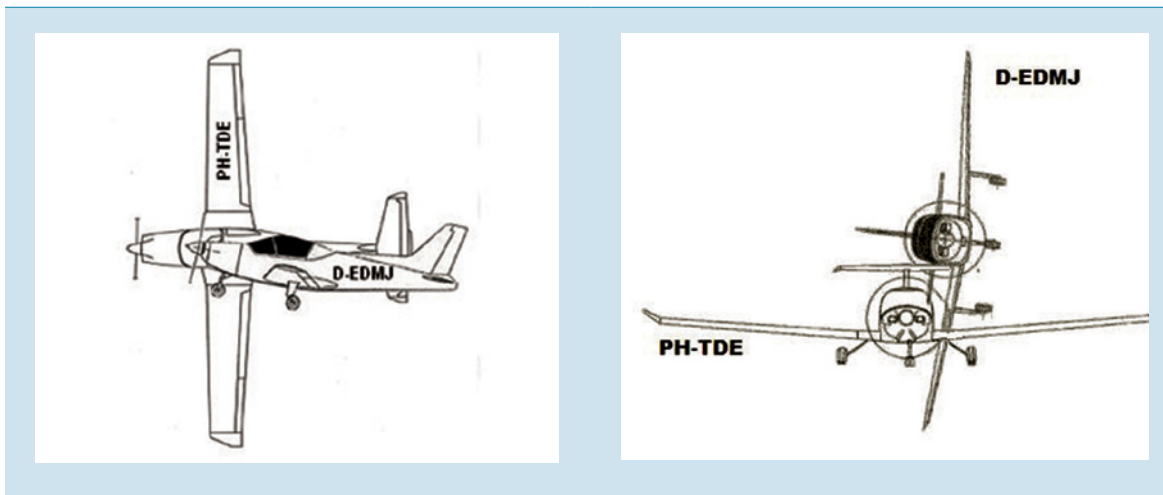
2.10 Reconstructie van het botsingsmoment

De botsing zelf was niet zichtbaar op de filmopname. Wel was te zien dat de botsing zich voordeed, kort nadat de F22-B een manoeuvre inzette. Sporen op de bovenkant van het stabilo van de DA-40D toonden ondermeer een verfafdruk van de rode letters van de registratie van de F22-B, zie figuur 9.



Figuur 9: Verfsporen van de registratie van de F22-B op het stabilo van de DA-40D. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Op het linkerdeel van de bovenzijde van het stabilo van de DA-40D bevonden zich rode en blauwe verfsporen. De rode verf vormde een afdruk in spiegelbeeld van de registratieletters "E" en letter "D" overeenkomstig met de letters op de rechtzijde van de romp van de F22-B. De vermoedelijke manier waarop de F22-B botste met de DA-40D is weergegeven in figuur 10.



Figuur 10: Bovenaanzicht en vooraanzicht van de vermoedelijke positie van de vliegtuigen tijdens de botsing. (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Door de botsing brak het stabilo van de DA-40D af, zie figuur 11. De stabiliteit om de dwars-as viel weg, waarop de DA-40D voorover kantelde en ondersteboven hoogte verloor. Het vliegtuig was niet meer bestuurbaar.



Figuur 11: Stabilo met hoogteroer (links) en de bovenhuid stabilo (rechts). (Bron: Onderzoeksraad voor Veiligheid)

Op de filmopname is hoorbaar dat het toerental van de motor van de DA-40D opliep. Op de beelden is af en toe een spiegeling in de canopy waarneembaar van een deel van de cockpit en de gezagvoerder in de rechterstoel. Te zien is dat de stuurknuppel van de gezagvoerder van de DA-40D na de botsing heftige bewegingen maakte, maar de gezagvoerder reageerde niet. Aangezien de stuurknuppel van de tweede piloot mechanisch was gekoppeld aan die van de gezagvoerder, valt daaruit af te leiden dat de tweede piloot de stuurknuppel ook niet bediende.

De communicatie tussen de twee piloten in de DA-40D verliep via koptelefoons, luid spreken was daarom niet noodzakelijk. Gedurende de vlucht waren de stemmen van de inzittenden als gevolg van het motorgeluid en het windgeruis niet hoorbaar op de opname. Na het botsingsmoment werden geen stemverheffingen van de inzittenden geregistreerd.

De beelden toonden na de botsing kortstondig de F22-B die in een tolbeweging van de langsas en rollend om de langsas hoogte verloor. Het motorblok raakte uit positie en hing linksonder aan het brandschot. Vermoedelijk bevond de F22-B zich in een overtrekconditie. Gelet op de ervaring en de vaardigheden van de gezagvoerder is het mogelijk dat hij het vliegtuig uit deze conditie haalde, waarmee de impact met de grond overleefbaar werd voor beide inzittenden.

Het lijkt aannemelijk dat de uitgevoerde manoeuvre ten dienste stond van de te maken filmopnamen. Hierbij zou de F22-B dan de rolbeweging rechts van de DA-40D moeten uitvoeren om in beeld van de daarin gemonteerde camera te blijven. Gezien de te bewaken separatie lijkt het logisch dat deze rol rechtsom gemaakt zou worden. Dan zou de initiële beweging van het filmende vliegtuig af zijn en komt, als de F22-B voor de tweede maal met de vleugels haaks op de horizon vliegt (op 3/4e van de rolbeweging), de DA-40D boven de cockpitkap in beeld bij de bemanning van de F22-B. Vervolgens kon, met zicht op de DA-40D, tijdens de afronding van de rolbeweging de separatie geleidelijk worden teruggebracht tot dezelfde onderlinge afstand zoals die bestond op het moment van inzetten van deze manoeuvre.

Op de film is echter te zien dat een rol naar links wordt ingezet, in de richting van de DA-40D. De redenen daarvoor zouden kunnen zijn dat de F22-B sneller linksom kan rollen dan rechtsom, vanwege de draairichting van de propeller. Bij sneller rollen is het eenvoudiger de diameter van de beweging kleiner te houden om beter in beeld van de camera te blijven. Een andere reden waarom de keuze voor een rol linksom is gemaakt, is dat bij rechtsom rollen (en maximale uitslag van de rechter stuurknuppel naar rechts) de linker stuurknuppel de rechter knie van de tweede bestuurder tegen de middenconsole drukt, op de plaats waar de gezagvoerder het gashendel moet bedienen.

Alles afwegende lijkt het meest logisch dat een rol is gemaakt met het doel deze zoveel mogelijk op beeld te laten vastleggen, waarbij de F22-B rechts zou blijven van de DA-40D. Bij deze manoeuvre werd initieel in de richting van de DA-40D bewogen waardoor de separatie werd verkleind. Vervolgens werd onvoldoende afstand gehouden, met de botsing tot gevolg. Een inschattingfout van de onderlinge afstand met betrekking tot de uit te voeren manoeuvre of een sturfout kan hieraan ten grondslag hebben gelegen. Het kan niet worden uitgesloten dat de tweede piloot interfereerde met de besturing of dat de tweede bestuurder het vliegtuig bestuurde.

De controle van het vliegp pad en de daarmee samenhangende separatie was tegelijkertijd lastiger dan de aanvankelijk geplande 'line abreast' en 'brake out'. Kortom, de aerobatic manoeuvre en de aanwezigheid van de tweede piloot brachten extra risico met zich mee.

3 OVERZICHT SCENARIO'S

3.1 Algemeen	33
3.2 Het afwijken van de pre-flight briefing.....	33
3.3 Technische oorzaak	33
3.4 Verminderd motorvermogen tijdens manoeuvre	33
3.5 Stuurfout of inschattingsfout.....	34
3.6 Invloed van de tweede piloot	34
3.7 Medische oorzaak	34

3 OVERZICHT SCENARIO'S

3.1 Algemeen

Het onderzoek naar de oorzaak van de botsing is bemoeilijkt doordat beperkte informatie beschikbaar was. Er waren geen getuigen aanwezig bij de briefing. Het interview met de gezagvoerder kon vanwege zijn gezondheid pas doorgang vinden in januari 2014. De tweede piloot van de F22-B kon vanwege de gevolgen van het ongeval geen bijdrage leveren aan het onderzoek. Daarnaast ontbraken onder andere data uit de GPS, radarbeelden van de F22-B en getuigen die of radioberichten hoorden of de daadwerkelijke botsing hebben waargenomen. Wel hebben de filmbeelden een belangrijke bijdrage geleverd in het onderzoek.

Door het ontbreken van essentiële informatie is de oorzaak van de botsing niet eenduidig vast te stellen. Wel is een aantal factoren geïdentificeerd dat mogelijk een bijdrage leverde aan het ontstaan van de botsing. Hierdoor blijft een beperkt aantal scenario's over. Daarbij was het rechtuit vliegen van de DA-40D steeds het uitgangspunt.

3.2 Het afwijken van de pre-flight briefing

De filmopnamen laten zien dat de F22-B na de 'line abreast' een aerobatic manoeuvre uitvoerde die niet was gebriefd. Onduidelijk is of deze afwijking van het oorspronkelijke plan via de radio is besproken of dat de manoeuvre zonder overleg werd uitgevoerd. Het uitvoeren van dergelijke manoeuvres brengen extra risico's met zich mee. Des te meer wanneer deze niet voorafgaand aan de vlucht zijn doordacht en besproken. De reden van het afwijken van de planning is niet achterhaald.

3.3 Technische oorzaak

Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat de F22-B voor aanvang van de vlucht technische gebreken had. Onderzoek wijst uit dat de motorophanging in orde was. Een andere technische oorzaak die van invloed was op het vliegpad is onwaarschijnlijk, maar vanwege de schade aan de F22-B kan dit niet volledig worden uitgesloten.

3.4 Verminderd motorvermogen tijdens manoeuvre

Gelet op het type carburateur en de limieten van de motor was de F22-B gevoelig voor de g-krachten die tijdens de manoeuvre optraden. Alles overziend kan niet worden

uitgesloten dat tijdens deze manoeuvre energie werd verloren, waardoor het vliegp pad onbedoeld veranderde, met de botsing tot gevolg.

3.5 Stuurfout of inschattingsfout

De gezagvoerder had recentelijk meerdere uren instructie gegeven op de onlangs aangeschafte F-22B. Het valt ondanks de ervaring van de gezagvoerder niet uit te sluiten dat tijdens de manoeuvre een stuurfout of inschattingsfout is gemaakt.

3.6 Invloed van de tweede piloot

Het is aannemelijk dat de gezagvoerder tijdens de manoeuvre het vliegtuig bestuurd. Het kan echter niet worden uitgesloten dat de tweede piloot onbedoeld interfereerde of de F-22B bestuurd.

3.7 Medische oorzaak

Hoewel geen informatie beschikbaar is die daar op wijst, is niet uit te sluiten dat de gezagvoerder tijdens de manoeuvre een moment onwel is geworden. Tijdens een aerobic manoeuvre als deze, zou dit de vlieg baan direct hebben beïnvloed.

4 CONCLUSIES

De DA-40D handhaafde een min of meer constante hoogte, koers en snelheid. De F22-B manoeuvreerde in de nabijheid en de gezagvoerder moest zorg dragen voor de separatie.

De F22-B voerde een aerobatic manoeuvre uit in de directe nabijheid van de DA40D. Het is onduidelijk welke manoeuvre de F22-B uitvoerde en waarom deze de botsing tot gevolg had.

Door de botsing zijn de inzittenden van de DA-40D direct buiten bewustzijn geraakt dan wel overleden. Met het afbreken van het stabilo werd de DA-40D onbestuurbaar en stortte neer. De F22-B stortte eveneens neer. Mogelijk hebben de ervaring en de vaardigheden van de gezagvoerder bijgedragen aan de overleefbaarheid van het ongeval voor de inzittenden van de F22-B.

Oorzaak

Uit het onderzoek naar de botsing is geen eenduidige oorzaak naar voren gekomen. Een technische oorzaak is onwaarschijnlijk. Het weer speelde geen rol bij het ontstaan van het ongeval.

Mogelijke factoren die hebben geleid tot het ontstaan van de botsing zijn:

- Een afwijking van de geplande vluchtuitvoering door de F22-B, door het uitvoeren van een aerobatic manoeuvre in de nabijheid van de DA-40D die niet voorafgaand aan de vlucht door de beide gezagvoerders is doordacht en besproken.
- Een stuurfout door het uit het oog verliezen van de DA-40D. Omstandigheden die daarbij mogelijk hebben bijgedragen zijn de stand van de zon en de belemmering van het zicht van de gezagvoerder door de aanwezigheid van de tweede piloot. In het geval de linkerrollbeweging in zijn geheel rechts van de DA-40D moet plaatsvinden, raakt de DA-40D gedurende een deel van de rollbeweging van de F22-B volledig uit het zicht.
- Een onverwachte wijziging van het vliegp pad van de F22-B door kortstondig verlies van motorvermogen door krachten van minder dan 1g of het buiten de limieten van de motor opereren.

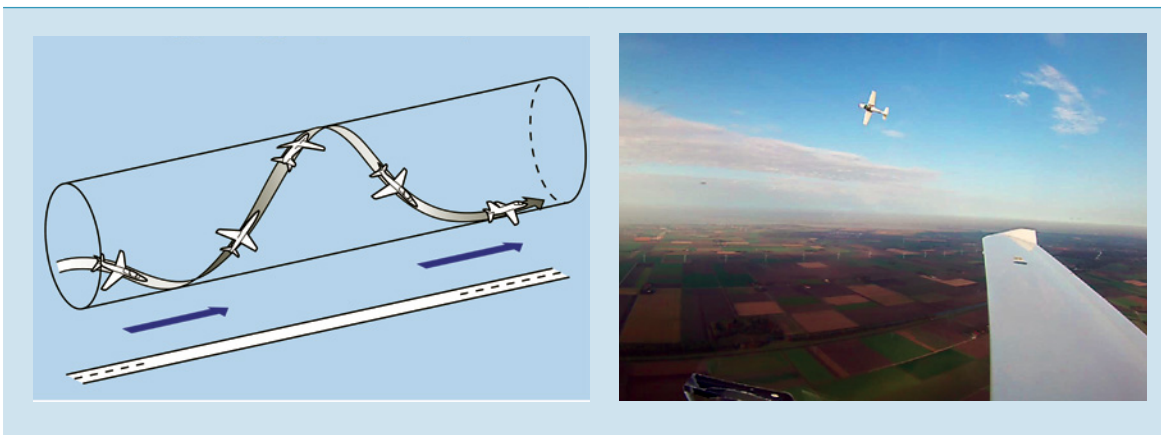
Bijlage A. Analyse van de filmopnamen.....	37
Bijlage B. Onderzoek F22-B	39
Bijlage C. Metallurgisch onderzoek	41
Bijlage D. Air to air opnamen	44
Bijlage E. Reacties op conceptrapport	45

ANALYSE VAN DE FILMOPNAMEN

Volgens de verklaring van de gezagvoerder zou de F22-B rechts van de DA-40D blijven, omdat de F22-B ten behoeve van de filmopnamen in beeld moest blijven. Het zou gaan om een 'line abreast' met een 'break out' naar rechts. Echter, de op de film opgenomen aerobatic manoeuvre wijkt hier van af.

Analyse van de filmbeelden laat zien dat de F22-B en de DA-40D in eerste instantie parallel aan elkaar vlogen. Verder valt op dat tijdens het optrekken van de neus van de F22-B de langsassen van beide vliegtuigen niet meer parallel waren, waardoor de F22-B zich ten opzichte van de DA-40D eerst naar rechts verplaatste.

De manoeuvre die de F22-B maakte lijkt in eerste instantie op een 'barrel roll', een beweging die volgens de contouren van een kurkentrekker plaatsvindt, zie figuur 12. De mate van rol (roll rate) en de mate van optrekken van de neus van het vliegtuig (pull rate) moeten per kwartdeel¹⁵ in de juiste verhouding worden toegepast. Dit vereist concentratie en precisie. De positie van het vliegtuig na het voltooien van een correct uitgevoerde barrel roll zal daarbij in het verlengde liggen van de uitgangspositie en op ongeveer op dezelfde hoogte liggen als bij het begin van de manoeuvre. Het vliegtuig zal zich daarbij niet lateraal verplaatst hebben. Tijdens een correct uitgevoerde barrel-roll blijft de belasting (load factor) positief en is die algemeen niet meer dan 3g.



Figuur 12: De barrel-roll (links) en de manoeuvre van de F22-B vlak voor de botsing (rechts).

¹⁵ De barrel-roll is op te splitsen in vier delen.

Indien een barrel-roll wordt verondersteld, is onduidelijk of de rol geheel rechts van de DA-40D zou worden uitgevoerd of dat de rol zodanig zou worden uitgevoerd dat de F22-B om de DA-40D heen zou draaien waarbij de DA-40D het middelpunt van de denkbeeldige cirkel zou vormen. De eerste mogelijkheid lijkt het meest waarschijnlijk omdat de F22-B dan het langst in beeld van de camera zou blijven.

Bij het bekijken van de beelden valt op dat na het eerste kwart van de manoeuvre de afstand tussen beide vliegtuigen nog steeds groot was. Dit was, naast de hierboven genoemde verplaatsing naar rechts, ook het gevolg van relatief sneller rollen dan optrekken (verminderde synchronisatie tussen roll rate en pull rate). Na het eerste kwart van de manoeuvre horen de vleugels verticaal te staan (angle of bank 90 graden), maar de vleugels lijken al verder te zijn gerold. Hierdoor verplaatst het vliegtuig zich eerder in de richting van de DA-40D dan de bedoeling is. Dit is ook zichtbaar op de laatste filmbeelden waarop de F22-B nog te zien is; het vliegtuig verplaatst zich op dat moment horizontaal, onderste boven in de richting van de DA-40D. Dit zou tot gevolg hebben dat de (beoogde) separatie na het derde kwart (270 graden), teveel afnam. Dit verklaart voor dit scenario de afdruk van de rechterkant van de romp van de F22-B op het stabilo van de DA-40D. Immers, deze stand van de F22-B past in het plaatje van een roll waarvan het derde kwart is afgerond.

Op de filmbeelden is de F22-B tijdens de rolbeweging zichtbaar in een min of meer onderste boven stand (vleugels horizontaal) rechts van de DA-40. Dit pleit niet voor de uitvoering van een barrel roll rondom de DA-40D. Daarnaast verklaarde de gezagvoerder dat hij 'gezien het doel van de vlucht (fotografie) een barrel roll geen logische beweging' achtte die hij nooit zou uitvoeren in een formatievlucht.

Het is daarom ook denkbaar dat de F22-B vanuit een formatievorm beginnend aan de rechtervleugel van de DA-40D een aileron roll linksom wilde maken. Daarbij lijkt het waarschijnlijker, mede gezien het doel om filmopnamen te maken, om rechts van de DA-40D te blijven. Bovenstaande laat zien dat meerdere scenario's mogelijk waren, waarin een belasting kan voorkomen van 0 tot -1g.

ONDERZOEK F22-B

Motoronderzoek

Er heeft een technisch onderzoek plaatsgevonden aan de motor van de F22-B. Voor zover controleerbaar werkte het ontstekingsstelsel en waren alle bougies in goede conditie. Tijdens de vlucht stonden beide magneetsystemen aan. De motor zag er uitwendig en inwendig schoon en onderhouden uit en bij de controle van de krukas en de kleppen werden geen onregelmatigheden geconstateerd. Het systeem dat de stand van de propellerbladen instelt (propeller governor)¹⁶ was als gevolg van de botsing en impact met de grond ernstig beschadigd en de carburateur was geheel vernield.

Startmassa en limieten

Volgens het vliegtuighandboek ligt de maximale toegestane massa van het vliegtuig in de kunstvliegcategory (aerobatic category) tussen 760 kg en 800 kg. Deze waarden zijn afhankelijk van de ligging van het actuele zwaartepunt, afgekort CG (centre of gravity). De voorste limiet van het CG is 20% Mean Aerodynamic Cord¹⁷ (MAC) en de achterste limiet is 29% MAC. Voor de normale en semi-kunstvliegcategoryën (normal and utility categories) is de maximaal toegestane massa 850 kg.

De startmassa van de F22-B tijdens de ongevalsvlucht is niet exact bekend. Om 15.52 uur werd 35 liter brandstof getankt. De F22-B kan maximaal 135 liter ofwel 97 kg¹⁸ brandstof meenemen. Voor het berekenen van de benodigde brandstofvoorraad van de F22-B wordt uitgegaan van een brandstofverbruik van minimaal 30 liter per uur. Voor de stoelen bestaan drie standen: een voorste, middelste en achterste stand. Afhankelijk van de lichaamslengte van de piloot zet hij of zij de stoel in de gewenste stand om de voetpedalen te kunnen bedienen voor het richtingsroer en de remmen.

Voor de berekening van het gewicht en de zwaartepuntligging van de F22-B tijdens dit ongeval, is uitgegaan van de volgende gegevens:

- Leeggewicht van het vliegtuig 608 kg, dit is gebaseerd op het weegrapport van 30 november 2008.
- De inzittenden wogen samen 166 kg. Voor deze berekening wordt aangenomen dat de stoelen in de middelste posities stonden.

¹⁶ De propeller governor houdt bij variërend motorvermogen het door de piloot ingestelde toerental van de propeller constant door de stand van de propeller aan te passen.

¹⁷ 'Mean Aerodynamic Cord' is de afstand tussen de voorrand en de achterrand (de koorde) van een (imaginaire) rechthoekige vleugel waar hetzelfde moment op werkt als de werkelijke vleugel, die meestal niet rechthoekig is. De positie van het zwaartepunt is de afstand langs de koorde gerekend vanaf de voorrand van de vleugel uitgedrukt in een percentage van de lengte van de koorde, ofwel % MAC.

¹⁸ Bij een dichtheid van 0,72 kg /liter.

- Een halfvolle brandstoftank (aannname) bij vertrek van het vliegtuig, dit resulteert in een brandstofmassa van 50 kg.

Voor bovenstaande situatie is het totale gewicht 824 kg met een CG van 23% MAC. Volgens het vliegtuighandboek loopt tussen 20% MAC en 23% MAC het maximum toegestane gewicht lineair op van 760 kg naar 800 kg. Daarnaast is gekeken naar de limieten voor de massa als de beide stoelen in de voorste positie staan en als de gezagvoerder alleen aan boord was geweest, zie tabel 2.

Personen	Stoelpositie	Tot. massa	C.G. positie	Limiet	Overschrijding
2	Midden	824 kg	23,0 %	800 kg	24 kg
2	Voor	824 kg	22,5 %	790 kg	34 kg
1	Voor	740 kg	22,0 %	780 kg	-40 kg
1	Midden	740 kg	23,0 %	800 kg	-60 kg

Tabel 2: Limieten bij halfvolle brandstoftank.

Bovenstaande calculatie veronderstelt een halfvolle tank met 50 kg brandstof. Een overschrijding van de limiet is in het algemeen ongunstig voor de vliegeigenschappen. Of het kritisch is, hangt af van de uit te voeren manoeuvre, de mate van overschrijding en de vaardigheden van de piloot.

De posities in de cockpit

Uit onderzoek blijkt dat wanneer een tweede persoon in de linkerstoel zit, deze het vrije zicht vanuit de rechterstoel naar links kijkend deels wegneemt. De persoon in de rechterstoel dient naar voren of naar achteren te buigen om voorlangs of achterlangs de persoon op de linkerstoel te kijken. Afhankelijk van verschil in stoelposities verdraait de blinde hoek naar achteren of naar voren.

Wanneer beide stoelen zijn bezet, hebben beide piloten de stuurknuppels tussen de knieën. Bij een zo'n volledig mogelijke uitslag van de stuurknuppel naar rechts, wordt de rechterknie van de piloot in de linkerstoel (in dit geval de tweede piloot) tegen het middenconsole gedrukt. In die situatie zit de rechterknie van de tweede piloot dichtbij het gashendel, dat door de gezagvoerder wordt bediend. Bij een uitslag van de stuurknuppel naar links blijft de gashendel vrij.

METALLURGISCH ONDERZOEK

Aanleiding onderzoek motorsteunen: Airworthiness Directive 2008-0015

In 2004 is door de Italiaanse burgerluchtvaartautoriteit Ente Nazionale Aviazione Civile (ENAC) een luchtwaardigheidsaanwijzing¹⁹ (Airworthiness Directive (AD)) uitgegeven nadat scheuren waren aangetroffen in motorsteunen van General Avia²⁰ F22 toestellen. De mogelijke gevolgen kunnen zijn dat de motor losraakt van de vliegtuigconstructie. Dit kan het vliegpad beïnvloeden. Ten tijde van het vliegongeval zaten de oorspronkelijke motorsteunen op de F22-B gemonteerd.²¹

In navolging van ENAC heeft de European Aviation Safety Agency (EASA)²² op 18 januari 2008 een luchtwaardigheidsaanwijzing (airworthiness directive (AD)) uitgevaardigd. AD 2008-0015 van EASA vereiste dat vanaf februari 2008 eerst een visuele inspectie van de motorsteunen²³ moest worden uitgevoerd alvorens een volgende vlucht gemaakt mocht worden. Deze verplichte onderhoudsactie verlangt dat in geval van scheurvorming in de motorsteunen, deze eerst worden vervangen. Met de inwerkingtreding van AD 2008-0015 op 1 februari 2008 waren door EASA goedgekeurde gemodificeerde motorsteunen²⁴ beschikbaar. Indien de motorsteunen geen scheurvorming tonen en niet worden vervangen, worden limieten voor het maximaal aantal vliegreizen voorgeschreven voor volgende inspecties.

EASA verklaarde dat voor het bepalen van het maximum aantal vliegreizen waarbinnen de inspectie²⁵ moet plaatsvinden, in dit geval niet gebruikt is gemaakt van de zogenoemde 'critical crack length' als onderbouwing van de limiet, maar van een inschatting op basis van andere kennis en inzichten. Hierdoor kon in het metallurgische onderzoek de 'critical crack length', zoals hieronder weergegeven, niet als controlemiddel worden gebruikt om het falen van motorsteunen als gevolg van vermoeiing vast te stellen.

¹⁹ Het ging om ENAC Italy 2004-376 (EASA approval number 2004-9763 dated 17 September 2004).

²⁰ De Italiaanse fabrikant General Avia ging eind jaren negentig failliet. Dit heeft het achterhalen van de oorspronkelijke ontwerpgegevens bemoeilijkt. Wel is gebruik gemaakt van de ontwerpgegevens van de leverancier van de gemodificeerde motorsteunen.

²¹ Tijdens het aankooptraject werden geen scheuren geconstateerd, maar uit voorzorg bestelde het luchtvaartbedrijf nieuwe (versterkte) motorsteunen.

²² Het Europese agentschap voor luchtvaartveiligheid.

²³ De motor en motorsteunen blijven in gemonteerde toestand op het vliegtuig, waarbij de boutverbinding intact blijft.

²⁴ De gemodificeerde motorsteunen zijn voorzien van een 5 mm dikke verstevigingsplaat. Uit de ontwerpgegevens (jaar 2006) van de huidige leverancier blijkt dat de aluminiumlegering van de motorsteunen en van de verstevigingsplaat dezelfde chemische samenstelling hebben.

²⁵ Om tijdig scheurvorming te ontdekken worden inspectie-intervallen voorgeschreven, uitgedrukt in vliegreizen, cycles of tijdsverloop. Voor metalen is het gebruikelijk om de 'critical crack length' te gebruiken: de lengte waarbij onder normaal gebruik (belasting) de constructie stuk gaat.

Het metallurgisch laboratoriumonderzoek

Vanwege AD 2008-0015 zijn in het kader van het onderzoek naar de oorzaak van het ongeval de motorsteunen van de F22-B metallurgisch onderzocht op vermoeiingscheuren, legeringsamenstelling en materiaaldikte.

Legering en materiaaldikte

De legeringsamenstelling en de materiaaldikte van de gemodificeerde motorsteunen van de huidige leverancier waren 3.1354 T351 en 1,5 mm. Gemodificeerde motorsteunen hebben ter plaatse van de boutverbinding een extra verstevigingsplaat, maar zijn verder geometrisch identiek aan het originele model. Het laboratoriumonderzoek toont aan dat de dikte van het materiaal van de F22-B inclusief de verflaag 1,6 mm is. De chemische samenstelling van de F22-B komt overeen met de specificaties van 3.1354 T351 materiaal, ook wel aangeduid als AA2024-T351. Dit is een in de luchtvaart vaak toegepaste aluminiumlegering. Verder voldeden de motorsteunen van de F22-B aan de eisen voor wat betreft de materiaalsterkte.

Vermoeiingscheuren

De motorsteunen van F22-B laten vermoeiingscheuren (fatigue) zien aan één kant van het boutgat met een lengte van zo'n 12,7 mm gerekend vanaf de rand van het boutgat. In gemonteerde toestand waren de scheuren nauwelijks zichtbaar omdat ze op enkele millimeters na waren afgedekt door bevestigingsmateriaal zoals 'washers' en moeren.

Ter plaatse van vermoeiingscheurtjes zal bij aanhoudende belasting doorgaans eerst een geleidelijke vervorming optreden totdat het resterende (intacte) deel uiteindelijk bezwijkt. In het geval een constructie plotseling door overbelasting bezwijkt, is de vervorming – ook ter plaatse van vermoeiingsscheurtjes - doorgaans gelijkmatiger.

In de motorsteunen is de vervorming ter plaatse van de aangetroffen vermoeiingscheurtjes vergelijkbaar met de rest van het materiaal rondom het boutgat. Verder vertonen alle uitgescheurde boutgaten uitbreekrichtingen die afwijken van de richting van de trekkracht van de propeller (vliegrichting). Het bovenstaande wijst erop dat de motor als gevolg van de botsing met geweld van de vier bevestigingspunten is losgetrokken.

Vermoeiingsscheuren in andere vliegtuigen

Omdat 'critical crack length' in dit onderzoek niet kon worden gebruikt, zijn de scheuren van de F22-B (D-EDMJ) vergeleken met andere scheuren. In de periode 2006 - 2007 werden bij twee andere General Avia F22's²⁶ scheuren in de motorsteunen gevonden die zelfs in gemonteerde toestand duidelijk zichtbaar waren. In één geval liepen de scheuren vanaf het boutgat aan één kant helemaal door tot over de hele breedte van de steunen met een lengte van ongeveer 15 mm en aan de andere kant van het boutgat tot bijna de hele breedte. De scheuren in de steunen van de andere F22 waren iets korter maar ook hier was de motorsteun voor meer dan de helft doorgescheurd. De boutverbindingen waren intact en de motoren van beide F22's bleven in positie.

²⁶ Deze voorvallen deden zich voor in de periode 2006/2007, dus nog voor de uitgifte van AD 2008-0015.

Navraag bij de operator leert dat bovengenoemde F22's regelmatig²⁷ aerobatic manoeuvres maakten, waarbij ze - binnen de vliegenveloppe²⁸ - werden blootgesteld aan krachten van ruim +4g. De krachten behorend bij de manoeuvre van de D-EDMJ worden op basis van de filmbeelden geschat op -1g tot maximaal +3g, afhankelijk van het scenario.

²⁷ Van deze 'referentievluchten' is bijgehouden welke maximale krachten zich voordeden tijdens de vlucht. De frequentie van krachten en tijdsduur zijn ook van invloed op scheurgroei maar die zijn niet geregistreerd.

²⁸ De maximale toegestane belasting volgens het vlieghandboek is +6 g tot -3g in de aerobatic category.

AIR TO AIR OPNAMEN

Bij het maken van 'air to air' opnamen wordt gewoonlijk in formatie gevlogen. Dat was ook hier het geval. Formatievliegen is wettelijk²⁹ niet toegestaan, tenzij de betrokken gezagvoerders dit vooraf onderling hebben afgestemd en voor zover dit niet in strijd is met de regels van het luchtruim waarin wordt gevlogen. Voor 'air to air' fotografie en filmopnamen bestaan geen wettelijke regels voor de vluchtuitvoering. Omdat het fotograferende vliegtuig en het te fotograferen vliegtuig zich ten opzichte van elkaar bewegen, is het 'common practise' dat betrokken gezagvoerders en de fotograaf in de pre-flight briefing duidelijke afspraken maken over hoe opnamen gemaakt moeten worden. Daarbij hoort dat zij hun individuele ervaringen en beperkingen op het gebied van 'air to air' fotografie en formatievliegen in acht nemen. De essentie is dat directe controle van de onderlinge afstand (veiligheid) en de coördinatie voor de uit te voeren manoeuvre bij één bestuurder ligt. In het geval van de ongevalsvlucht lag de directe controle bij de gezagvoerder van de F22-B.

De afspraken (bij air to air opnamen) betreffen algemene onderwerpen zoals de duur van de vlucht, het gebied waarin wordt gefilmd of gefotografeerd en op welke hoogte dit zal worden uitgevoerd en meer specifiek welke manoeuvres elk vliegtuig gaat uitvoeren. De formatievlucht werd uitgevoerd in luchtruimen met classificaties G en E, waarvoor geen beperkingen golden voor het uitvoeren formatievliegen.

Voor het maken van 'air to air' opnamen is het gebruikelijk dat het vliegtuig van waaruit de opnamen worden gemaakt zich op advies van de fotograaf of filmer kan bewegen in de richting van het te fotograferen vliegtuig dat min of meer rechtdoor vliegt. De fotograaf of filmer geeft aan hoe dicht de vliegtuigen elkaar moeten naderen om de gewenste foto of filmopname te kunnen maken. De piloot van het fotograferende vliegtuig houdt daarbij het andere toestel in zicht en volgt de aanwijzingen alleen op zolang hij dit veilig acht. Wanneer het te fotograferen vliegtuig zich vrij beweegt ten opzichte van het fotograferende vliegtuig, zijn specifieke en heldere afspraken nodig wie op welk moment de formatie-leider³⁰ is en hoe wordt gecommuniceerd. Daarnaast moet de piloot er op bedacht zijn dat de fotograaf, die zich voor de foto concentreert op het andere vliegtuig en mogelijk niet meer in een normale houding op zijn stoel zit, geen hendels van gas of flaps aanraakt of de besturing beïnvloedt. Bij de ongevalsvlucht vloog de DA-40D als vliegtuig waaruit de opnamen werden gemaakt, met constante koers op constante hoogte.

²⁹ Luchtverkeersreglement, artikel 17.

³⁰ Voor een fotovlucht: de formatie-leider houdt het overzicht en bewaakt de separatie wanneer hij op basis van aanwijzingen van de fotograaf het vliegp pad verandert .

REACTIES OP CONCEPTRAPPORT

Niet overgenomen commentaar van de gezagvoerder van de F22-B

Commentaar: Punt 2.5 van de analyse: Motorvermogen en vliegp pad tijdens manoeuvre: op de foto's is zichtbaar dat er een positieve G manoeuvre wordt gemaakt, waarbij het al dan niet aanstaan van de brandstofpomp geen invloed heeft op het functioneren van de motor (tenzij aangetoond kan worden dat de mechanische brandstofpomp defect is). Als de mechanische brandstofpomp defect zou zijn geweest, had ik dit opgemerkt.

Antwoord van de Raad: de Raad kan op basis van de foto's uit het rapport en de film niet vaststellen welke g-krachten de F22-B ondervond. Dit geldt ook voor de 7 seconden die de F22-B tot het moment van de botsing uit beeld was. Ten aanzien van de elektrische brandstofpomp is de tekst in de analyse aangepast.

Commentaar: Punt 2.9 van de analyse: Aangegeven wordt dat het zicht naar links bemoeilijkt werd door de aanwezigheid van de 2e vlieger. In de praktijk is dit niet het geval om de volgende redenen: de 2e vlieger is aanzienlijk langer dan ik zelf en zat dus verder naar achteren, daarnaast wordt bij een hogere bocht naar links het zicht voor mij alleen maar beter (ik zat immers op de rechter stoel). Tevens houd je bij formatie vliegen elkaar altijd in beeld. Met formatievliegen heb ik zeer ruime ervaring en zal ik altijd zorg dragen voor voldoende zicht op het andere toestel. De aanwezigheid van een 2e (ervaren) vlieger is geen belemmering bij een formatievlucht. Het wordt er eerder veiliger van (extra paar ogen).

Antwoord van de Raad: uit onderzoek blijkt dat een persoon op de linker stoel altijd een deel van het zicht wegneemt, waarbij het verschil in postuur tussen de twee inzittenden van de F22-B eerder een nadeel dan een voordeel was. In die zin was het extra paar ogen dan ook geen voordeel voor de veiligheid tijdens de uitgevoerde manoeuvre. Bij een hogere bocht naar links wordt het zicht in die fase van de manoeuvre beter. De rapporttekst is aangepast. De ruime ervaring van de gezagvoerder van de F22-B is de Raad bekend, maar de Raad kan op basis van de in de analyse van het rapport vastgestelde aanwezige ongunstige factoren niet uitsluiten dat het zicht op de DA-40D werd verloren.

Niet overgenomen commentaar van de nabestaanden van de tweede piloot van de DA-40D

Commentaar: Zover ons bekend heeft de raad de vlucht niet na gevlogen in een F22-B met vergelijkbaar gewicht en CG zoals ingeschat bij de ongevalsvlucht. Na incidenten en accidenten worden vluchten vaak na gevlogen in 'simulators'. Waarom heeft de raad dit niet gedaan? Hiermee zou de raad vast kunnen stellen of de motor na meer dan 5 seconden inverted, met of zonder ingeschakelde elektrische brandstofpomp, nog functioneert. Tevens zou de raad dan vast kunnen stellen of een 'inverted aerodynamic stall' bij een luchtsnelheid van 108 tot 113 knopen een mogelijke oorzaak zou kunnen zijn geweest bij dit ongeval.

Antwoord van de Raad: zowel het vlieghandboek als de gebruikservaring van vliegers leert dat tijdens 'inverted conditions' na 5 seconden het motorvermogen terug kan lopen, ongeacht of de elektrische brandstofpomp is ingeschakeld. De Raad heeft niet kunnen vaststellen of tijdens de ongevalsvlucht een inverted conditon optrad en zo ja, hoelang die duurde. Het kan evenmin worden uitgesloten. Het navliegen met een F22-B of het gebruikmaken van een vluchtsimulator, voor zover al mogelijk voor de F22-B, kan geen antwoord geven op de vraag of deze situatie zich heeft voorgedaan.

De genoemde luchtsnelheid van 108 – 113 knopen betreft de snelheid van de DA-40D en niet van de F22-B. De snelheid van de F22-B is onbekend, maar gelet op de afgelegde weg – die op basis van de filmbeelden langer is dan die van de DA-40D - moet de gemiddelde luchtsnelheid hoger zijn geweest. Daarmee is het niet aannemelijk dat een stall conditie heeft kunnen optreden.

**Bezoekadres**

Anna van Saksenlaan 50
2593 HT Den Haag
T 070 333 70 00
F 070 333 70 77

Postadres

Postbus 95404
2509 CK Den Haag

www.onderzoeksraad.nl