



ONDERZOEKRAAD
VOOR VEILIGHEID

Stick shaker waarschuwing tijdens ILS eindnadering

Eindhoven Airport



Stick shaker waarschuwing tijdens ILS eindnadering

Eindhoven Airport 31 mei 2013

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: Pictures by Pascal.

De Onderzoeksraad voor Veiligheid

In Nederland wordt ernaar 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
2593 HT Den Haag

Postadres: Postbus 95404
2509 CK Den Haag

Telefoon: +31 (0)70 333 7000

Telefax: +31 (0)70 333 7077

Internet: www.onderzoeksraad.nl

N.B. Dit rapport is zowel in het Engels als in het Nederlands verschenen. Indien er verschil bestaat in de interpretatie van het Nederlandse en Engelse rapport, is het Engelse rapport leidend.

Samenvatting	6
Lijst van afkortingen	7
Definities	10
1. Inleiding	12
1.1 Aanleiding voor het onderzoek.....	12
1.2 Onderzoeksvragen en reikwijdte	13
1.3 Doelstellingen	14
1.4 Leeswijzer	14
2. Feitelijke informatie.....	16
2.1 Verloop van de vlucht.....	16
2.2 Meteorologische informatie	21
2.3 Schade aan het luchtvaartuig of andere voorwerpen	22
2.4 Gegevens van de bemanning	22
2.5 Luchtverkeersleiding	23
2.6 Informatie over het vliegtuig	24
2.7 Informatie over de luchthaven.....	24
2.8 Navigatiehulpmiddelen	25
2.9 Vluchtrecorders	29
2.10 Tests en nadere onderzoeken	30
2.11 Informatie omtrent organisatie en beheer	32
2.12 Luchtverkeersleiding	33
3. Analyse.....	36
3.1 Algemeen	36
3.2 Weersomstandigheden en baankeuze.....	36
3.3 De nadering.....	37
3.4 Onderschepping van het glijpad	47
3.5 Vluchtpadbeheer en Automatisering	53
3.6 Maatregelen die de betrokken partijen hebben genomen	55
4. Conclusies	58
5. Aanbevelingen	61

Bijlage A. Onderzoeksverantwoording	63
Bijlage B. Commentaar betrokken partijen	65
Bijlage C. Veiligheidswaarschuwing: Onverwacht gedrag van automatische piloot tijdens ILS nadering	66
Bijlage D. Documentatie	71
Bijlage E. ATC Transcript 31 mei 2013 vlucht 3531	72
Bijlage F. Plot van WQAR gegevens	74
Bijlage G. Tijdlijn	75
Bijlage H. Boeing 737 Flight Crew Operations Manual	76

SAMENVATTING

Een Boeing 737-800 kreeg instructies van de luchtverkeersleiding om een kortere route te vliegen naar het instrumentlandingssysteem (ILS) van de landingsbaan van Eindhoven Airport. Door de bewolking had de bemanning geen zicht op de landingsbaan, zij vlogen op de automatische piloot. De automatische piloot volgde de signalen van het ILS. Door de kortere route kwam het vliegtuig boven het normale glijpad van het ILS terecht. Het glijpad is de route die het vliegtuig volgt om vanuit de juiste positie een veilige landing te kunnen maken. Normaliter wordt een 3-graden glijpad gevolgd. Toen het vliegtuig het glijpad van bovenaf wilde onderscheppen, kwam de neus van het vliegtuig abrupt omhoog en volgde er een waarschuwing (stick shaker) die een naderende overtreksituatie aangaf. Een overtreksituatie in deze fase van de vlucht kan ertoe leiden dat het vliegtuig neerstort. Na de herstelmanoeuvre te hebben uitgevoerd, maakte de bemanning een geslaagde doorstart en landde op Eindhoven Airport.

De aanbevelingen uit het onderzoek zijn gericht aan de minister van Defensie (verantwoordelijk voor de naderingsverkeersleiding) en aan de betrokken luchtvaartmaatschappij.

LIJST VAN AFKORTINGEN

AFDS	autopilot flight director system (automatische piloot)
AFE	above field elevation (boven grondniveau)
ANU	aircraft nose up (neus-hoge stand van het vliegtuig)
AOA	angle of attack (invalshoek)
AOCS (NM)	Air Operations Control Station (Nieuw Milligen) Luchtverkeersleidingsinstantie Nieuw Milligen
APP	approach (nadering)
AT	autothrottle (automatische gashendel)
ATC	air traffic control (luchtverkeersleiding)
ATIS	Automatic Terminal Information Service
ATPL	airline transport pilot licence (bewijs van bevoegdheid als verkeersvlieger)
B737	Boeing 737
B738	Boeing 737, variatie 800
B737NG	Boeing 737 Next Generation
BEA	Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile (Frankrijk)
CAA	Civil Aviation Authority (burgerluchtvaartautoriteit)
CDU	control display unit
CLSK	Commando Luchtstrijdkrachten
CMD-B	Command – B (automatisch besturingssysteem B)
CTR	control zone (verkeersleidingsgebied)
CVR	cockpit voice recorder (geluidsopnameapparatuur in de cockpit)
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile (Frankrijk)
DME	distance measuring equipment (afstandmeetapparatuur)
EASA	European Aviation Safety Agency (Europees Agentschap voor de veiligheid van de burgerluchtvaart)
EFIS	electronic flight instrumentation system (elektronisch vlieginstrumentensysteem)
EU	Europese Unie
FAP	final approach point (eindnaderingspunt) (ook wel Final Approach Fix (FAF) genoemd)
FAS	final approach speed (eindnaderingssnelheid)
FCC	flight control computer
FCTM	flight crew training manual (trainingshandboek voor cockpitbemanning)
FDR	flight data recorder
FL	flight level

FMC	flight management computer
FMS	flight management system (vluchtmanagementsysteem)
FPM	feet per minute (voeten per minuut)
FO	first officer (copiloot)
FOQA	flight operations and quality assurance (vluchtuitvoering en kwaliteitsbewakingsysteem)
FSP	flight safety program (vliegveiligheidsprogramma)
GPS	global positioning system (wereldwijd plaatsbepalingssysteem)
GPWS	ground proximity warning system (grondnaderingswaarschuwingssysteem)
GS	glide slope (glijpad)
HAT	height above threshold (hoogte boven baandrempel)
HDG	heading (koers)
hPa	hectoPascal
ICAO	International Civil Aviation Organization (internationale burgerluchtvaartorganisatie)
IF	intermediate fix
IFR	instrument flight rules (instrumentzichtvliegvoorschriften)
ILS	instrument landing system (instrumentlandingssysteem)
ILS/DME	combined ILS and DME system (combinatie van ILS en afstandmeetapparatuur)
IMC	instrument meteorological conditions (instrumentweersomstandigheden)
JAR	Joined Aviation Requirements
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
LNAV	laterale navigatie, navigatie over een track met hulp van navigatiehulpmiddelen
LOP	local operating procedures (lokale procedures)
MCP	mode control panel (bedieningspaneel voor de vluchtmodi)
ME	multi engine (meermotorig)
MHz	Megahertz
MPA	multi pilot aeroplane (vliegtuig waarvoor meer dan één piloot is benodigd)
N1	percentage omwentelingen van de compressorturbine
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NM	nautical mile(s) (zeemijl(en))
NTSB	National Transportation Safety Board (VS)
PF	pilot flying
PFD	primary flight display (beeldscherm dat de primaire vluchtgegevens toont)
PM	pilot monitoring

QNH	plaatselijke barometrische luchtdruk aangepast naar zeeniveau
SA	situational awareness (omgevingsbewustzijn)
SMS	safety management system (veiligheidsmanagementsysteem)
SOP	standard operating procedure(s) (standaardprocedure(s))
STAR	standard arrival route (standaard naderingsroute)
TAWS	terrain awareness and warning system (terreinsignalerings- en waarschuwingssysteem)
TOGA	take-off / go around
VMC	visual meteorological conditions (zichtweersomstandigheden)
VSD	vertical situation display (beeldscherm voor de presentatie van de verticale situatie)
V/S	vertical speed (verticale snelheid)
WQAR	wireless quick access recorder

- Glijpad (ILS glide path) Het glijpad is de lijn in het verticale vlak waarbij het verschil in modulatie (Difference in Depth Modulation, DDM) nul is en het dichtst bij het horizontale vlak ligt. [ICAO Annex 10 Volume 1].
- Glijpadhoek (ILS glide path angle) De hoek tussen het horizontale vlak van het glijpad en een rechte lijn. [ICAO Annex 10 Volume 1].
- Vals glijpad (ILS false glide path) Het valse glijpad is de lijn in het verticale vlak waarbij de DDM nul is en niet het dichtst bij het horizontale vlak ligt. Dit zijn glijpaden die niet voor de landing zijn ontworpen, maar een neveneffect zijn van het ontwerp van de ILS.

De term “vals glijpad” wordt in de luchtvaart gebruikt om aan te geven dat het niet het normale landingsglijpad is voor landing. In enkele gevallen staat in het rapport het glijpad met de hoek vermeld, dit is voor de duidelijkheid. In het geval van 3-graden betreft het hier het “normale” glijpad; in alle andere gevallen betreft het een vals glijpad.

1 INLEIDING

1. Inleiding	12
1.1 Aanleiding voor het onderzoek.....	12
1.2 Onderzoeksvragen en reikwijdte	13
1.3 Doelstellingen	14
1.4 Leeswijzer	14

1.1 Aanleiding voor het onderzoek

1.1.1 Initieel onderzoek

Op 31 mei 2013 kreeg een Boeing 737-800 bij de nadering van Eindhoven Airport radargeleiding naar de landingsbaan 21 voor een landing met het instrumentlandings-systeem¹ (ILS). Het vliegtuig vloog onder instrumentweers-omstandigheden (IMC). Tijdens de nadering daalde het vliegtuig minder dan voor de situatie was vereist en vloog het derhalve boven de normale hoogte voor de nadering. Nadat het signaal van de localiser² was opgevangen, werd het ILS glijpad van bovenaf onderschept. De automatische piloot³ (AFDS) en de autothrottle⁴ (AT) waren op dat moment geactiveerd. De naderingsmodus van de automatische piloot werd geactiveerd en het vliegtuig werd geconfigureerd voor de landing.

Op short final, op ongeveer 0,85 NM van de baandrempel en op een vlieghoogte van 1060 voet, werd het glijpad onderschept. Tijdens het onderscheppen van het glijpad kwam de neus van het vliegtuig in circa 8 seconden 24,5 graden omhoog. De vliegtuigbemanning drukte op de TOGA-knop (opstijgen/doorstarten) voor een doorstart waarop een korte stick shaker waarschuwing volgde. Tijdens de daaropvolgende herstelmanoeuvre van de bemanning werd de stick shaker korte tijd voor een tweede maal geactiveerd. De bemanning maakte een geslaagde doorstart om vervolgens op Eindhoven Airport te landen.

De activering van de stick shaker tijdens een ILS nadering met de automatische piloot op korte afstand van de landingsbaan was voor de Onderzoeksraad voor Veiligheid aanleiding een onderzoek in te stellen. Het voorval (hierna het 'Eindhoven incident' genoemd) is door de Onderzoeksraad voor Veiligheid als een ernstig incident geclassificeerd.

1.1.2 Betekenis van het Eindhoven incident

Het onderzoek naar het Eindhoven incident heeft kenmerken van het ILS signaal aan het licht gebracht die nog niet algemeen bekend waren. Daarnaast is tijdens het onderzoek gebleken dat het Eindhoven incident niet het enige in zijn soort is. Er hebben zich vier⁵ andere incidenten voorgedaan waarbij de automatische piloot een pitch-up veroorzaakte

¹ Zie paragraaf 2.8.2 voor gedetailleerde informatie over het instrumentlandingsstelsel.

² Een localiser is onderdeel van het instrumentlandingsstelsel en bepaalt de grondkoers van de eindnadering voor de landingsbaan.

³ Het automatische besturingsstelsel van de Boeing 737-800 bestaat uit het automatische vluchtgeleidingsstelsel en de autothrottle.

⁴ Met een autothrottle (automatische gashendel) kan een piloot het vermogen van de motoren van het toestel regelen op basis van de gewenste vluchtkenmerken en hoeft hij de brandstoftoevoer dus niet handmatig te regelen.

⁵ Twee van de vier incidenten waren vóór de publicatie van de veiligheidswaarschuwing bekend.

tijdens ILS naderingen van boven het 3-graden glijpad. Deze incidenten vonden plaats met verschillende typen vliegtuigen van verschillende luchtvaartmaatschappijen, tijdens het aanvliegen van verschillende luchthavens.

Op grond van deze bevindingen concludeerde de Onderzoeksraad dat onbekende ILS signaalkenmerken een significante bedreiging van de luchtvaartveiligheid vormen. Dit aangezien ze tot onverwacht gedrag van het vliegtuig kunnen leiden en daarmee de veiligheid van passagiers en bemanningsleden in gevaar kunnen brengen. Gezien de frequentie waarmee dit verschijnsel zich voordoet, in combinatie met de potentiële ernst van het risico, heeft de Onderzoeksraad besloten deze kwestie afzonderlijk in behandeling te nemen. De voorlopige bevindingen van de ILS signaalafwijkingen zijn op 18 november 2013 uiteengezet in een veiligheidswaarschuwing (zie bijlage C).

Dit rapport behelst het onderzoek naar het Eindhoven incident. Het eindrapport over de ILS signaalafwijking *Pitch-up upsets als gevolg van een vals glijpad bij ILS* is afzonderlijk gepubliceerd op 26 juni 2014.

1.2 Onderzoeksvragen en reikwijdte

In het onderzoek naar het Eindhoven incident staan de volgende twee vragen centraal:

1. Hoe heeft het handelen van de luchtverkeersleiding en de bemanning bijgedragen aan het van bovenaf onderscheppen van het glijpad, en door welke factoren kan dit handelen worden verklaard?
2. Hoe heeft het handelen van de bemanning bijgedragen aan de ILS pitch-up upset⁶ en het overtrekherstel, en door welke factoren kan dit handelen worden verklaard?

In het onderzoek is voornamelijk gekeken naar het optreden van de luchtverkeersleiding en van de bemanning voorafgaand aan de stick shakerwaarschuwing en het daaropvolgende herstel. Tevens zijn de melding van het incident en de door de exploitant getroffen maatregelen kort onderzocht. Dit onderzoek omvat noch het onderzoek naar soortgelijke voorvallen wereldwijd, noch het gedrag van de automatische piloot met betrekking tot de ILS signalen. Deze aspecten worden belicht in het eerder genoemde rapport over de ILS signaalafwijking, dat gelijktijdig met dit rapport is gepubliceerd.

Bijlage D bevat een overzicht van de bij dit onderzoek geraadpleegde regelgeving en handboeken.

⁶ Een upset wordt door de fabrikant omschreven als een ongewenste situatie waarbij de neusstand van het vliegtuig meer dan 25 graden boven of 10 graden onder de horizon bedraagt, de dwarshelling meer dan 45 graden bedraagt, of een situatie waarbij gevlogen wordt binnen de hiervoor genoemde parameters met een snelheid die niet past bij het gevlogen vluchtprofiel.

1.3 Doelstellingen

Het onderzoek heeft twee doelstellingen. De eerste is lering te trekken uit het Eindhoven incident om herhaling te voorkomen en de gevolgen van soortgelijke incidenten in de toekomst te beperken. Ten tweede wordt met dit onderzoek beoogd de belanghebbenden - piloten, exploitanten van luchtvaartmaatschappijen, luchtverkeersleidinginstanties, vliegtuigfabrikanten en regelgevende instanties - in te lichten over de potentiële ernst van het risico.

In lijn met het gestelde in Annex 13 van de Conventie voor Internationale Civiele Luchtvaart, is het onderzoek niet bedoeld om partijen impliciet of expliciet verantwoordelijk of aansprakelijk te stellen. Dit onderzoek en het bijbehorende onderzoeksrapport zijn slechts bedoeld de veiligheid te vergroten en eventuele vergelijkbare voorvallen in de toekomst te voorkomen.

1.4 Leeswijzer

De internationale burgerluchtvaartorganisatie (ICAO) heeft ten behoeve van het onderzoek van ongevallen en ernstige incidenten in de burgerluchtvaart, richtlijnen en aanbevolen werkwijzen vastgesteld. Deze zijn opgenomen in Annex 13, 'Aircraft Accident and Incident Investigation'. Een rapport op basis van Annex 13 heeft een vaste opbouw: feitelijke informatie, analyse, conclusies en aanbevelingen.

Hoofdstuk 2 beschrijft de feitelijke toedracht van het incident. Hoofdstuk 3 beschrijft de factoren die aan het incident ten grondslag liggen en bevat de analyse van de feiten. De volgende onderwerpen zijn geanalyseerd: het oplijnen van het vliegtuig voor de nadering door de luchtverkeersleider, het vluchtpadbeheer tijdens de nadering door de bemanning, de pitch-up upset en het herstel, de procedures voor het van bovenaf onderscheppen van het glijpad, afstand/hoogte-controle en de invloed van automatisering op het vluchtpadbeheer van de bemanning. De analyse eindigt met een overzicht van de maatregelen die door de betrokken partijen zijn genomen. In hoofdstuk 4 worden de conclusies gepresenteerd. Hoofdstuk 5 bevat de aanbevelingen.

2 FEITELIJKE INFORMATIE

2. Feitelijke informatie.....	16
2.1 Verloop van de vlucht.....	16
2.2 Meteorologische informatie	21
2.3 Schade aan het luchtvaartuig of andere voorwerpen	22
2.4 Gegevens van de bemanning	22
2.5 Luchtverkeersleiding	23
2.6 Informatie over het vliegtuig	24
2.7 Informatie over de luchthaven.....	24
2.8 Navigatiehulpmiddelen	25
2.9 Vluchtrecorders	29
2.10 Tests en nadere onderzoeken	30
2.11 Informatie omtrent organisatie en beheer	32
2.12 Luchtverkeersleiding	33

2 FEITELIJKE INFORMATIE

2.1 Verloop van de vlucht

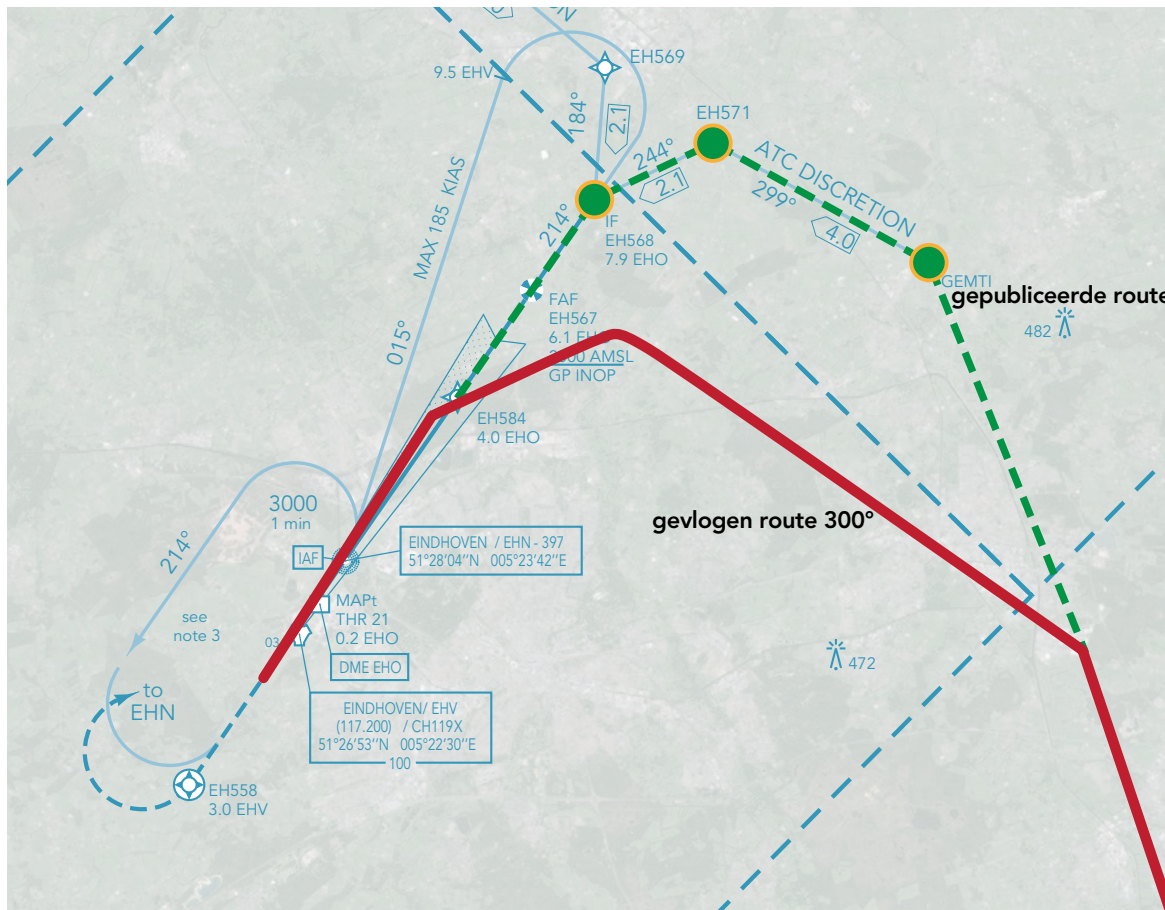
De Boeing 737-800 met registratie EI-ENL verliet Palma de Mallorca (Spanje) om ongeveer 07.00 uur lokale tijd⁷ voor een passagiersvlucht met vluchtnummer FR3531 (vlucht 3531) naar Eindhoven Airport. Aan boord bevonden zich 124 passagiers, vier cabineleden en drie cockpit bemanningsleden. De gezagvoerder zat op de linkerstoel en de first officer (FO, copiloot) op de rechterstoel. Een derde persoon zat als leerling op de stoel voor waarnemers in de cockpit in het kader van een training om zich de standaard-procedures (SOP) van de maatschappij eigen te maken. De FO trad op als pilot flying (PF) voor de vlucht naar Eindhoven, en de gezagvoerder was de pilot monitoring (PM).

Voordat het vliegtuig het Nederlandse luchtruim binnenvloog, ontving de bemanning het bericht uitgezonden door de Automatic Terminal Information Service (ATIS)⁸ van Eindhoven Airport. Op de ATIS werd baan 21 als actieve baan weergegeven. Volgens de bemanning werd de 'voor-de-landing briefing' uitgevoerd en werden alle relevante checklists gecontroleerd voordat de daling vanaf kruishoogte werd ingezet. De bemanning memoreerde tijdens de 'voor-de-landing briefing' de mogelijkheid van een kortere route die kon worden opgegeven door de luchtverkeersleiding en was ervan op de hoogte dat die kortere route tijdens de daling tot een verhoogde werkdruk zou kunnen leiden.

Het vliegtuig vloog bij Maasbracht het Nederlandse luchtruim binnen, op een hoogte van FL70 (flight level 70, ongeveer 7000 voet) en schakelde kort daarna over naar Air Operations Control Station Nieuw Milligen (Dutch Mil). Dutch Mil gaf de bemanning toestemming voor een daling naar 3000 voet. De bemanning vloog vervolgens naar het OSGOS navigatiepunt, en verwachtte daarna het GEMTI navigatiepunt (zie figuur 1).

⁷ Alle in dit rapport vermelde tijden hebben betrekking op de Nederlandse lokale tijd, tenzij anders vermeld. Aangezien tijdstempels in gegevens van het vliegtuig niet overeenstemmen met de tijdstempels in de transmissiegegevens van de luchtverkeersleiding, hebben de tijden in dit rapport betrekking op de gegevens van het vliegtuig. De tijden in bijlage E zijn de tijden zoals vastgelegd door het spraakopnamesysteem van de luchtverkeersleiding en tonen circa één minuut verschil met de tijden van het vliegtuig.

⁸ Automatic Terminal Information Service (ATIS) is een continue uitzending van vastgelegde luchtvaartinformatie van buiten de verkeersleiding in drukke terminalgebieden (luchthavens). ATIS-uitzendingen bevatten essentiële informatie, zoals weersinformatie, actieve banen, beschikbare naderingsroutes en andere gegevens waarover de piloten moeten beschikken. Piloten luisteren doorgaans naar een beschikbare ATIS-uitzending alvorens contact op te nemen met de lokale verkeersleiding. Hierdoor wordt de werkdruk van de luchtverkeersleiders verlicht en wordt frequentiecongestie teruggedrongen.



Figuur 1: Bovenaanzicht van de gepubliceerde nadering (groen) en de daadwerkelijk gevlogen nadering (rood) van Eindhoven Airport

In de omgeving van Venlo nam de bemanning contact op met de naderingsverkeersleiding van Eindhoven (Eindhoven Arrival). Vervolgens ontving de bemanning van de verkeersleiding radarkoersinstructies richting Eindhoven Airport om het ILS te onderscheppen voor een landing op baan 21. De automatische piloot (AFDS) en de autothrottle (AT) waren tijdens deze fase van de vlucht geactiveerd. De vlucht werd uitgevoerd onder instrumentweersomstandigheden (IMC).

Vlucht 3531 landde die dag als vierde vliegtuig op de luchthaven van Eindhoven. Twee eerdere vluchten kwamen uit het zuidoosten en het oosten via de meldingspunten ROTEK en OLNO, en de derde vlucht arriveerde uit het westen via REDFA. Het derde vliegtuig was om 08.40 uur geland.

Om 08.44 uur vloog vlucht 3531 op een koers van 340 op circa 4200 voet en 4 NM alvorens GEMTI te bereiken, en gaf de naderingsverkeersleiding in Eindhoven de opdracht een koers van 310 te volgen. Het vliegtuig vloog op de automatische piloot in de V/S (verticale snelheid)-modus, ingesteld op een daalsnelheid van 500 voet per minuut.

Vertical Speed modus (V/S mode)

In deze modus van de automatische piloot stijgt of daalt het vliegtuig met een door de bemanning geselecteerde verticale snelheid. De pitch-commando's van het AFDS behouden de geselecteerde verticale snelheid. De vliegsnelheid wordt in deze modus gecontroleerd door de autothrottle.

Op dat moment kreeg de bemanning de opdracht te dalen naar 2000 voet. Volgens de gegevens van het KNMI kwam de wind op 2000 en 3000 voet uit richting 010 en had een snelheid van 30 knopen. In de cockpit wordt de door het Flight Management Systeem (FMS) berekende wind weergegeven in het Navigation Display.

De daling op het dwarswindbeen nam ongeveer twee minuten in beslag. Op het dwarswindbeen, ongeveer 6 NM voor de ILS nadering op een hoogte van ongeveer 3400 voet, begon de bemanning het vliegtuig te configureren voor de nadering. Op circa 3200 voet werden de flaps van het vliegtuig op 5 graden geselecteerd en werd een luchtsnelheid van 160 knopen geselecteerd. Om 08.46 uur gaf de naderingsverkeersleiding van Eindhoven het vliegtuig instructies naar een koers van 250 te draaien om de eindnadering naar de landingsbaan te onderscheppen. De bemanning kreeg toestemming voor de nadering en werd verzocht te melden wanneer zij gestabiliseerd waren op de ILS. Aangezien deze nieuwe koers van 250 de route nog korter maakte, nam de werklast van de bemanning toe.

Door de nieuwe koers van 250 kwam de positie van het vliegtuig uiteindelijk tussen 4 en 5 NM van de baandrempel te liggen. De bemanning stelde vast dat het vliegtuig zich bij de daling nog op te grote hoogte bevond en trachtte de daalsnelheid te verhogen door de modus 'level change' (niveauwijziging) van het AFDS te selecteren.

'Level change' modus (LVL CHG mode)

Met de automatische piloot in deze modus stijgt of daalt het vliegtuig met een door de bemanning geselecteerde vliegsnelheid naar de in de Mode Control Panel (MCP) geselecteerde hoogte. De modus LVL CHG autopilot pitch coördineert de neusstand van het vliegtuig en de benodigde stuwkracht (autothrottle) zodat het vliegtuig met de geselecteerde snelheid naar een vooraf geselecteerde hoogte kan stijgen of dalen. De verticale snelheid is daarbij een resultaat en wordt niet rechtstreeks bepaald. Dalingen worden doorgaans in deze modus uitgevoerd met de motoren in de stationaire stand.

De naderingsmodus van het AFDS werd geselecteerd om de ILS nadering te volgen. De speed brakes (remklappen) werden gebruikt in een poging om op het berekende dalingsprofiel te komen. Nadat de remklappen waren ingetrokken, werden de flaps geselecteerd in stand 15. Dit gebeurde kort voordat de bemanning opdracht kreeg contact op te nemen met de verkeersstoren van Eindhoven. Vervolgens werd de snelheid ingesteld op 150 knopen en werd het landingsgestel neergelaten. De remklappen

werden geactiveerd voor de landing en de flaps ingesteld op stand 30. De snelheid werd nu ingesteld op 140 knopen, terwijl de bemanning contact opnam met de verkeerstoren van Eindhoven. De bemanning configureerde het vliegtuig voor de landing door de flaps op stand 40 in te stellen en de snelheid voor de eindnadering (FAS) op 135 knopen, waarna de landingschecklist was afgewerkt.

Speed brakes (remklappen)

Speed brakes zijn uitklapbare panelen die op vliegtuigen worden gebruikt om de luchtweerstand te verhogen of de naderingshoek tijdens de nadering te vergroten. Vanwege de hoge daalsnelheden en bijbehorende risico's is het gebruik van remklappen niet mogelijk bij meer dan 10 graden flaps. Dit is een ingebouwde beveiliging.

Vrijwel alle straalvliegtuigen hebben speed brakes of - in het geval van de meeste verkeersvliegtuigen - spoilers die ook fungeren als remklappen.

Om 08.47 uur gaf de verkeerstoren van Eindhoven toestemming voor de landing en meldde dat de grondwind tijdens de landing uit de richting 330 kwam met een snelheid van 8 knopen, met een maximum van 16 knopen. De bemanning bevestigde de landingstoestemming en vroeg opnieuw naar de wind, die werd opgegeven als 310 met 10 knopen, wat aangaf dat de wind tijdens de landing variabel was met een kleine staartwindcomponent. Op een hoogte van ongeveer 1300 voet deelde de gezagvoerder de FO mee dat een succesvolle landing zeer onwaarschijnlijk zou zijn en dat ze zich moesten voorbereiden op een doorstart.

Bij de eindnadering omstreeks 08.48 uur vloog het vliegtuig met de neus 0,5 graden onder de horizon (-0,5 aircraft nose up, ANU). De vliegsnelheid bedroeg 140 knopen en het vliegtuig bevond zich op een hoogte van 1060 voet. De glijpadindicatie op het Primary Flight Display (PFD) begon te bewegen. Volgens de bemanning ging de indicatie van het glijpad eerst helemaal omlaag en daarna volledig omhoog. De neus van het vliegtuig kwam snel omhoog en om de ingestelde vliegsnelheid te behouden liep de stuwkracht (N1) van beide motoren op van 30% naar 90%. De gezagvoerder beoordeelde dat als een onverwacht systeemgedrag en gaf de FO de opdracht een doorstart uit te voeren. De neusstand steeg verder tot 24 graden (ANU) boven de horizon en de stick shaker werd geactiveerd. Vrijwel tegelijkertijd drukte de FO eenmaal op de TOGA-knop en werd de automatische piloot uitgeschakeld.

Waarschuwingssysteem voor overtrekken (stick shaker)

Er ontstaat een overtreksituatie wanneer de luchtstroom over de vleugels het vleugelprofiel niet meer kan volgen vanwege een toename van de invalshoek (angle of attack, AOA) van de vleugel.⁹ De vleugel verliest dan een groot deel van zijn draagkracht, waardoor het vliegtuig onbestuurbaar kan worden als de piloot of de piloten niet ingrijpen. Met het waarschuwingssysteem voor overtrekken wordt een waarschuwing aan de bemanning afgegeven voordat een daadwerkelijke overtrek plaatsvindt, zodat de bemanning ruim de tijd heeft om in te grijpen en de situatie onder controle te krijgen. Bij een Boeing 737 bestaat deze overtrekwaarschuwing uit een heftige trilling van de stuurkolom in combinatie met een hard ratelgeluid (een zogeheten stick shaker). Het vliegtuig vliegt nog steeds bij de invalshoek waarbij de stick shaker wordt geactiveerd. Als de invalshoek nog groter wordt, zal het vliegtuig daadwerkelijk overtrekken en snel hoogte verliezen, mogelijk resulterend in een situatie waarbij geen controle meer is over het vliegtuig.

Bij de Boeing 737 wordt de stick shaker veelal eerder geactiveerd door een hoge invalshoek dan door een lage vliegsnelheid. De stick shaker waarschuwing kan worden geactiveerd als de invalshoek boven de activeringswaarde van de invalshoek (vaanstand) komt of als de vliegsnelheid beneden de 90 knopen komt.

Tijdens dit voorval werd de stick shaker in beide gevallen geactiveerd door een hoge invalshoek boven de activeringswaarde. De stick shaker snelheid die tijdens de vlucht aan de bemanning wordt gepresenteerd is een indicatie voor de bemanning wanneer de stick shaker wordt geactiveerd (gebaseerd op de activeringswaarde van de invalshoek). De Pitch Limit Indicator (PLI) op het display van de flight director geeft de neusstand aan waarbij de stick shaker wordt geactiveerd.

Om 08.48:51 uur was de neusstand van het vliegtuig toegenomen tot 26,5 graden. De bemanning greep in en twee seconden later bedroeg de minimaal opgenomen snelheid 97,5 knopen. Het vliegtuig bevond zich op een hoogte van 1267 voet, op 0,65 NM van de baandrempel. De FO vervolgde de manoeuvre voor het overtrekherstel en twee seconden later kwam er een einde aan de overtrekwaarschuwing.

Om 08.48:56 uur werd de stick shaker voor een tweede maal geactiveerd. De gezagvoerder hielp de FO de invalshoek te verkleinen om zodoende de luchtsnelheid te vergroten, waardoor de waarschuwing na drie seconden ophield. Het vliegtuig bevond zich nu op een hoogte van 1429 voet, op 0,45 NM van de baandrempel. De vliegsnelheid bedroeg 103 knopen en nam toe. De bemanning beëindigde de procedure voor overtrekherstel en zette een klim in naar 2000 voet voor een tweede landingspoging. De bemanning configureerde het vliegtuig vervolgens opnieuw door het landingsgestel en de flaps in te trekken en informeerde de verkeerstoren van Eindhoven dat een doorstart was ingezet. De verkeerstoren van Eindhoven gaf de bemanning de opdracht naar

⁹ In de aerodynamica is de invalshoek de hoek tussen de koordlijn van de vleugel van een luchtvaartuig met vaste vleugels en de vector voor de relatieve beweging tussen het vliegtuig en de atmosfeer.

2000 voet te blijven klimmen in de baanrichting en contact op te nemen met de naderingsverkeersleiding van Eindhoven.

De bemanning schakelde de radiofrequentie over op de naderingsverkeersleiding van Eindhoven en vloog de tweede nadering op 2000 voet. De bemanning gaf hierbij aan de naderingsverkeersleiding van Eindhoven door dat er een vals glijpad was onderschept en dat zij bezig waren met een doorstart voor een tweede landingspoging. Er werden geen nadere details verstrekt over de vliegsituatie en het vliegtuig werd gepositioneerd op 10 NM van Eindhoven Airport voor een tweede nadering. Dit keer onderschepte het vliegtuig het 3-graden glijpad en werd de nadering zonder bijzonderheden uitgevoerd. De bemanning zette het vliegtuig om 08:59 uur aan de grond en taxiede het vervolgens naar het terminalgebouw van de luchthaven.

De naderingsverkeersleider van Eindhoven Airport maakte geen melding van de doorstart in het logboek. De torenverkeersleider maakte wel een melding van de doorstart in het logboek, het betrof echter geen melding van een gevaarlijke situatie en om die reden werd geen veiligheidsrapport inzake luchtverkeersmanagement ingediend.

Om 09.10 uur nam de gezagvoerder via zijn mobiele telefoon contact op met de vlieger van dienst van Ryanair. Hij stelde de vlieger van dienst op de hoogte van zijn zienswijze van het voorval en vroeg of voor de volgende vlucht de gegevens van de cockpit voice recorder en de vluchtdaterecorder zeker gesteld moesten worden. Op dat moment was de cockpitbemanning zich niet bewust van de ernst van het voorval, waardoor deze niet werd geuit in het telefoongesprek. De vlieger van dienst oordeelde op grond van de hem beschikbare gegevens dat het om een minder belangrijk voorval met de stick shaker handelde, waarvoor de gegevens van de vluchtreorders niet bewaard hoefden te worden. Na dit telefoongesprek, waarbij door de vlieger van dienst werd geverifieerd dat beide bemanningsleden fit waren om te vliegen, trof de bemanning de voorbereidingen voor de retourvlucht naar Palma de Mallorca. Om 09.30 uur steeg het vliegtuig volgens schema op van Eindhoven Airport.

2.2 Meteorologische informatie

Tijdens de gehele nadering was er sprake van instrumentweersomstandigheden. Het grondzicht bedroeg circa 1900 meter, met een gebroken tot gesloten wolkendek op 300 voet. De grondwind kwam uit richting 330 met een snelheid van 8 knopen. De plaatselijke atmosferische druk (QNH) bedroeg 1010 hectopascal (hPa).

Het weerbericht van het KNMI gaf aan dat de wind op een hoogte van 2000 en 3000 voet uit richting 010 kwam met een snelheid van 30 knopen.

Gezien de weersomstandigheden werd de vlucht naar Eindhoven Airport uitgevoerd onder instrumentweersomstandigheden zonder grondzicht tot kort voor de landing.

2.3 Schade aan het luchtvaartuig of andere voorwerpen

Er was geen schade aan het vliegtuig of andere voorwerpen.

2.4 Gegevens van de bemanning

De gezagvoerder had de Spaanse nationaliteit en had circa 3700 vlieguren op Boeing 737 vliegtuigen ten tijde van het voorval.

Ervaring van het cockpitpersoneel - gezagvoerder

Bewijs van bevoegdheid	JAA bewijs van bevoegdheid als verkeersvlieger A (ATPL(A))
Bevoegdverklaring	Boeing 737 300-900, ME IR
Laatste vaardigheidstest	23 december 2012
Laatste lijntest	2 februari 2013
Check/training gezagvoerder:	2 mei 2013
Boeing 737 typerating:	4 mei 2011, geldig tot 28 februari 2014
Medische verklaring	6 februari 2014
Vliegervaring:	Totaal: 4260 uur Boeing 737: 3700 uur Laatste 90 dagen: 160 uur Laatste 24 uur: 0

De first officer had de Spaanse nationaliteit en had 410 vlieguren in totaal op Boeing 737 vliegtuigen ten tijde van het voorval.

Ervaring van het cockpitpersoneel – first officer

Bewijs van bevoegdheid	JAA bewijs van bevoegdheid als verkeersvlieger A (ATPL(A))
Bevoegdverklaring	Boeing 737 300-900, ME IR
Laatste vaardigheidstest	15 maart 2013
Laatste lijntest	15 mei 2013
Boeing 737 typerating:	17 september 2012, geldig tot 31 maart 2014
Medische verklaring	31 augustus 2014
Vliegervaring:	Totaal: 670 uur Boeing 737: 410 uur Laatste 90 dagen: 295 uur Laatste 24 uur: 7 uur

De vlucht van het voorval was voor de bemanning de eerste vlucht van de dag. Vóór de vlucht had de bemanning de mogelijkheid om rust te nemen. De gezagvoerder had een vrije dag gehad en de first officer had tussen de twee opeenvolgende vliegdagen meer dan 15 uur rust gehad. De minimaal vereiste rusttijd tussen vliegdagen bedraagt 12 uur.

Op de ochtend van de vlucht van het voorval meldden beide bemanningsleden zich bij het basisstation van Palma voor hun dienst. Op het basisstation voegde een leerling zich in het kader van zijn typebevoegdheid bij hen in de cockpit. Tijdens de vlucht zat de leerling op de stoel voor waarnemers en had hij geen functie in de cockpit.

2.5 Luchtverkeersleiding

Nadat het vliegtuig het Nederlandse luchtruim was binnengevlogen had de bemanning radiocontact met de algemene verkeersleiding van het AOCS NM (DutchMil), de naderingsverkeersleiding van het AOCS NM (Centralized Approach) en de plaatselijke verkeersleiding van Eindhoven (Eindhoven TWR).

De algemene verkeersleiding, de naderingsverkeersleiding en de plaatselijke verkeersleiding worden verzorgd door de Koninklijke Luchtmacht (Commando Luchtmacht, CLSK). De naderingsverkeersleiding van Eindhoven bevindt zich niet op het vliegveld, maar heeft voor interne communicatie rechtstreekse telefoon- en intercom-verbindingen met de verkeerstoren van Eindhoven.

Voor dit onderzoek waren de opnamen van de gesprekken tussen de bemanning en de laatste twee verkeersleidingsinstanties (de naderingsverkeersleiding en torenverkeersleiding van Eindhoven) van belang (bijlage E). Deze gesprekken werden vastgelegd op een spraakopnamesysteem (voice logging system, VLS) van het CLSK. De opnamen waren beschikbaar voor het onderzoek.

De naderingsverkeersleider van Eindhoven heeft de kwalificatie voor naderingsverkeersleider in december 2010 behaald en heeft zich sindsdien hoofdzakelijk toegelegd op het luchtverkeer, zowel militair als civiel, van de Vliegbases Eindhoven en Volkel. Uit de geschiedenis van de diensttijden van de verkeersleider is gebleken dat de verkeersleider voldeed aan de regels en normen voor werk- en rusttijden. Aangezien de verkeersleider verantwoordelijk was voor de eerste shift van de werkdag, had er nog geen overdracht met een eventuele voorganger plaatsgevonden.

Ervaring - luchtverkeersleider	
Jaar van kwalificatie	2010
Totaal aantal diensturen in 2012	1055
Totaal aantal diensturen in 2013 op de datum van het voorval	295
Vereist minimum aantal diensturen ¹⁰	170 uur per jaar

2.6 Informatie over het vliegtuig

Het vliegtuig was een Boeing 737 met een geldig bewijs van luchtwaardigheid en had geen achterstallig onderhoud. Volgens de aanwezige gegevens met betrekking tot massa en zwaartepuntligging van het vliegtuig dat bij het voorval was betrokken, werd het geëxploiteerd binnen de hiervoor gestelde grenzen.

Na het voorval werd de ILS apparatuur aan boord van het vliegtuig getest door de onderhoudsdienst van de maatschappij. Uit deze tests kwamen geen gebreken van de apparatuur naar voren, en deze werd dan ook bedrijfsklaar bevonden.

2.7 Informatie over de luchthaven

Eindhoven Airport heeft één baan die in beide richtingen wordt gebruikt en maakt deel uit van de Vliegbasis Eindhoven die wordt geëxploiteerd door het CLSK. De magnetische koersen van de banen zijn 035 graden en 215 graden. Op het moment van het incident waren de banen 03 en 21 beschikbaar. De dag vóór het incident waren de banen opnieuw genummerd, van 04 en 22 naar 03 en 21, dit naar aanleiding van het gewijzigde aardmagnetisch veld (verschuiving van de variatie). De wijziging werd doorgevoerd in alle aankomst- en vertrekprocedures en de baanwijziging werd opgenomen in de software voor navigatie en radarcontrole van de luchtverkeersleiding.

¹⁰ Op grond van de "Regeling certificering opleidingsinstellingen en goedkeuring opleidingenplannen luchtverkeersdienstverlening en luchtvaartterreininformatieverstrekking" (de Nederlandse nationale regelgeving voor de opleiding en certificering van luchtverkeersleiders), vaardigheden, paragraaf 4.1, vereisten voor personeel op het gebied van luchtverkeersleiding.

Vliegbasis Eindhoven is een militaire vliegbasis die voor zowel militair als civiel vliegverkeer wordt gebruikt. De vliegbasis heeft een civiele enclave voor de accommodatie van commercieel passagiersverkeer (Eindhoven Airport). In dit rapport zal daar waar wordt gesproken over de luchthaven deze worden benoemd als Eindhoven Airport.

De luchthaven voldoet aan de meest recente Annex 14¹¹ en nationale regelgeving voor civiel gebruik van luchthavens (gebruik van apparatuur, verkeersleiding, brandweer en reddingsdiensten).

Tijdens de eerste fase van de nadering voor Eindhoven Airport wordt de verkeersleiding verzorgd door AOCS Nieuw Milligen, RAPCON¹² Zuid en/of Eindhoven Arrival.¹³

De luchthaven is uitgerust met de Thales (LS420) M-array ILS. Het signaal van de afstandsmeetapparatuur (distance measuring equipment, DME) is voor de banen 03 en 21 gekoppeld aan het ILS glijpadsignaal. Dit ILS heeft na installatie in 2003 een acceptatiecontrole ondergaan. De ILS voldoet aan de ICAO CAT II standaard.

De luchthaven is van maandag tot en met vrijdag van 06.00 uur t/m 23.00 uur open voor verkeer, en in het weekend van 07.00 uur t/m 23.00 uur.

Op Eindhoven Airport werd baan 21 gebruikt. Op het moment van de nadering werd een grondwind uit richting 330 gemeld met een snelheid van 8 knopen.

2.8 Navigatiehulpmiddelen

2.8.1 Gepubliceerde instrumentnadering voor Eindhoven Airport

Voor de landing op baan 21 van Eindhoven Airport vanuit het zuiden, bestaat de gepubliceerde naderingsprocedure¹⁴ uit naar het navigatiepunt GEMTI te vliegen en dan naar links te draaien via de navigatiepunten EH571 en EH568. EH568 is het tussenliggende punt (intermediate fix, IF). Op 6,1 NM, het eindnaderingspunt (final approach fix, FAF, of final approach point, FAP) dient te worden gevlogen op een hoogte van ten minste 2000 voet. Na het eindnaderingspunt kan de bemanning toestemming voor ILS nadering verwachten van de verkeersleiding en kan de daling naar de landingsbaan worden ingezet (zie figuur 2).

2.8.2 Instrumentlandingssysteem (ILS)

Algemene informatie

Het ILS helpt bemanningen om een veilige landing te maken, ook wanneer het zicht beperkt is en er laaghangende bewolking aanwezig is. Het ILS is een op de grond geïnstalleerd systeem dat werkt op basis van radiogolven. Het (be)geleidt vliegtuigen onder alle weersomstandigheden; zowel lateraal als verticaal.

¹¹ Annex 14 omvat de standaarden en specificaties voor ontwerp en karakteristieken van luchthavens.

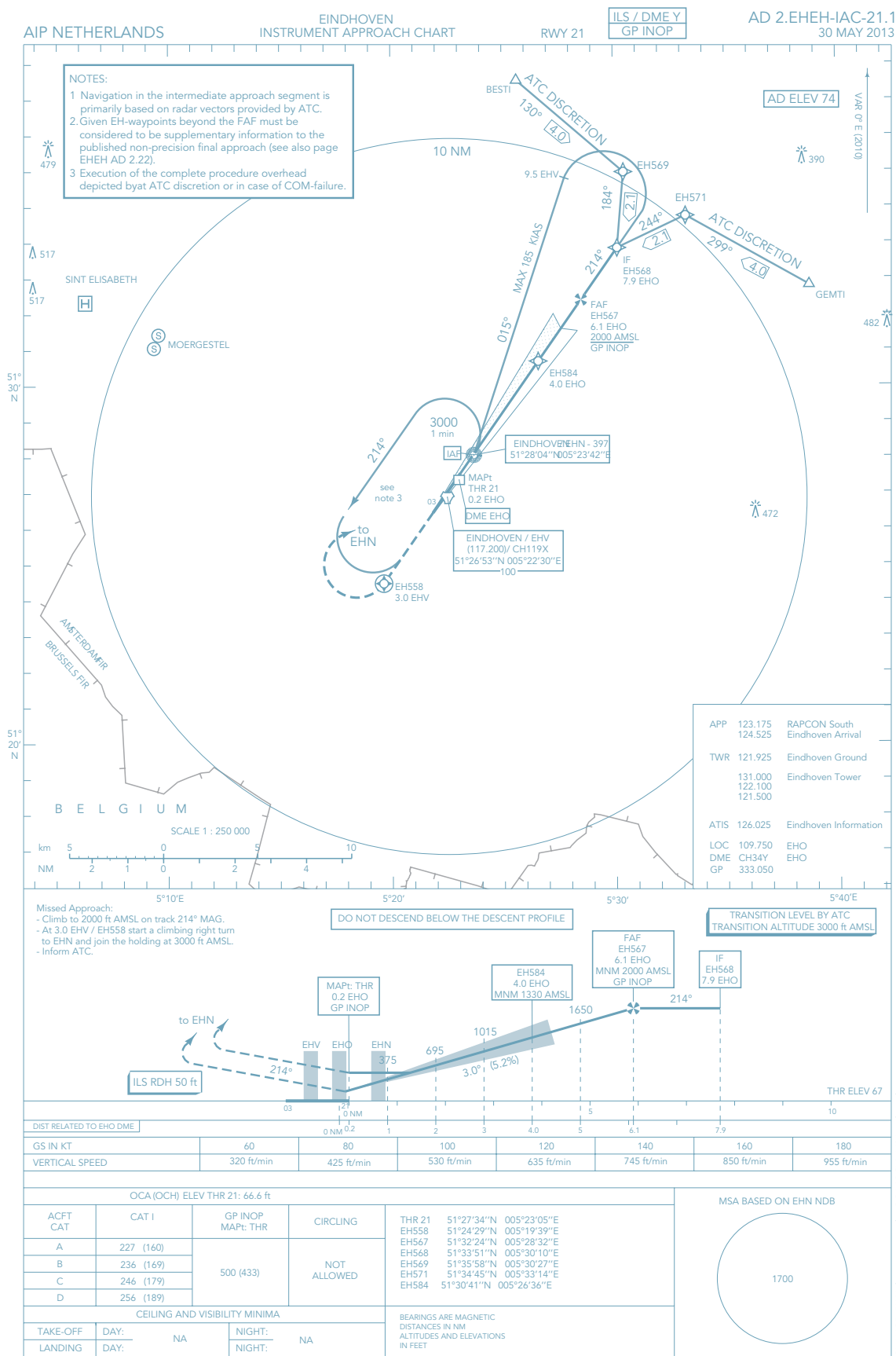
¹² Naderingsleiding via radar.

¹³ De procedures voor aankomst, instrumentnadering en wachten zijn gebaseerd op ICAO bijlage 2 en ICAO Doc. 4444-ATM/501 (PANS-ATM), Doc. 7030 (SUPPS) en Doc. 8168-OPS/611 (PANS-OPS).

¹⁴ Aeronautical Information Publication Nederland (bundel met luchtvaartinformatie).

De ILS op Eindhoven bestaat uit een localiser voor de laterale geleiding, een glijpad voor de verticale geleiding en DME voor het bepalen van de afstand tot de landingsbaan. Eindhoven Airport is niet uitgerust met zogenaamde Marker Beacons, en hoeft dat ook niet te zijn. Het onderzoek heeft zich niet gericht op de werking van de localiser.

Tijdens de ILS nadering volgen luchtvaartuigen een standaard gepubliceerde instrument-nadering of vliegen zij volgens de aanwijzingen (radarkoersen) van de luchtverkeers-leiding.



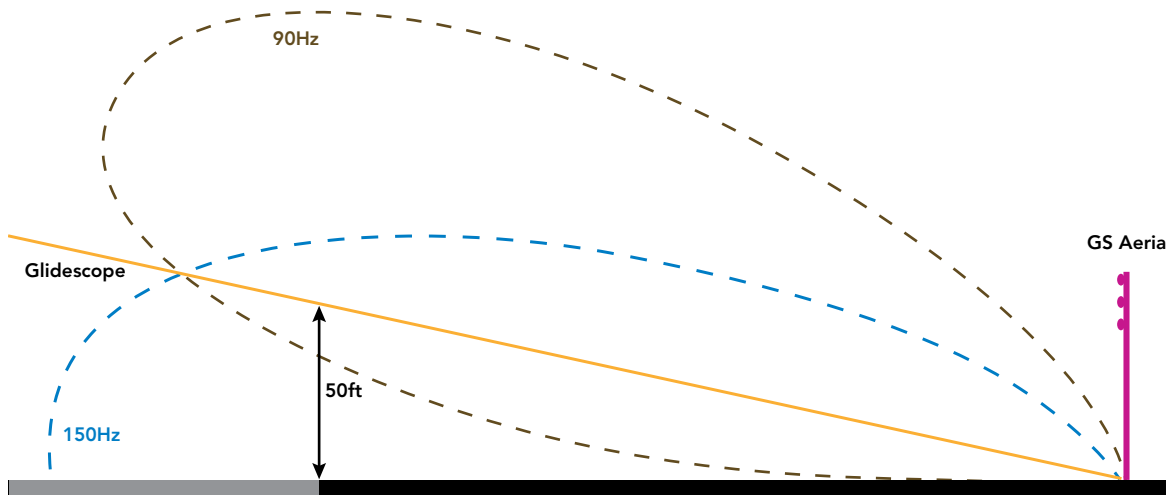
© Air Traffic Control the Netherlands

AIRAC AMDT 06/2013

Figuur 2: Gepubliceerde instrumentnadering voor baan 21 op Eindhoven Airport. Bron: AIP Netherlands

Glijpad - verticale begeleiding

De glijpadantenne van het ILS bevindt zich aan één kant van de landingsbaan (naast de 'touchdown zone') en zendt een signaal uit waarin het glijpad wordt aangegeven. Het centrum van het glijpadsignaal definieert een glijpad van circa 3 graden boven de horizon (het grondniveau).



Figuur 3: Signaal voor verticale begeleiding.

Het glijpad biedt verticale (be)geleiding naar de baan. Om het standaardglijpad van 3 graden te volgen, stuurt de (automatische) piloot het vliegtuig dusdanig dat het op de denkbeeldige naderingslijn van 3 graden vliegt.

Afstandsmetapparatuur (DME)

Luchtvaartuigen bepalen de afstand tot het DME baken met behulp van afstandsmetapparatuur. Een DME baken kan zich op dezelfde plaats bevinden als een ILS localiser wanneer dit een nauwkeurige afstand tot het landingspunt biedt. Op Eindhoven Airport is DME apparatuur beschikbaar, deze bevindt zich op dezelfde plaats als de localiser.

ILS afwijkingen

Vaak wordt gedacht dat een ILS een gerichte localiser- en glijpadstraal uitzendt die een smalle elektronische 'trechter' vormt die naar de landingsbaan leidt. In werkelijkheid zendt een ILS antenne een complex stralingsveld uit. Door de complexiteit van dit veld kunnen er twee verschillende type fouten worden onderscheiden.

- Een foutief (Erroneous) localiser- of glijpadsignaal;
- Een vals (False) localiser- of glijpadsignaal.

Een foutief signaal type is een afwijking van het signaal als gevolg van een fout. Die fout kan statisch van aard zijn, bijvoorbeeld wanneer het signaal wordt weerkaatst door vaste voorwerpen, zoals een hangaar of hekwerk op het vliegveld. Er kan echter ook sprake zijn van een dynamische fout, wanneer het signaal wordt weerkaatst door bewegende voorwerpen, zoals een in de nabijheid van de baan taxiënd vliegtuig. Om die reden worden er rond localiser- en glijpadapparatuur ILS-kritische en -gevoelige gebieden

aangewezen; zodat aanvliegende vliegtuigen worden beschermd tegen zogenaamde multipad-effecten, die ervoor zouden kunnen zorgen dat het ILS signaal in de lucht de toegestane afwijkingen en marges overschrijdt.

De tweede type afwijking in het ILS signaal is het valse glijpad. Deze fout is anders, omdat hij wordt veroorzaakt door de glijpadantenne zelf. Valse glijpaden verschijnen op 6, 9, 12 graden en verder. Boven het 3-graden glijpad kunnen zich afwijkingen voordoen die zich manifesteren in onverwacht gedrag van de glijpad indicaties.¹⁵

2.8.3 Status van het ILS en DME-systeem

Elektronische bewaking

De status van het ILS van de luchthaven wordt permanent elektronisch bewaakt en in de verkeerstoren weergegeven middels indicatorlichten. Hieruit kunnen de status van het systeem en het gebruikte ILS/DME (actieve baan) worden afgeleid. Het bewakingssysteem van de verkeerstoren van Eindhoven Airport was ten tijde van het voorval operationeel en er werden vóór, tijdens en na het incident geen problemen gemeld.

Vluchtinspectie in de lucht

Op grond van ICAO-regelgeving moeten alle radionavigatiemiddelen die door vliegtuigen in de internationale luchtvaart kunnen worden gebruikt, periodiek op de grond en tijdens de vlucht worden getest.¹⁶ Met speciaal daartoe uitgeruste vliegtuigen, die precies zijn gepositioneerd (lateraal en verticaal), wordt twee keer per jaar het signaal in de lucht gekalibreerd en de procedure voor instrumentvluchten geëvalueerd. Met vluchtinspecties worden instrumentnaderingen gecertificeerd om te waarborgen dat luchtvaartuigen op de laagst toegestane hoogte geheel worden vrijgehouden van hindernissen.

Tijdens de vluchtinspecties wordt het 3-graden ILS glijpadsignaal op verschillende wijzen geïnspecteerd om te controleren of er een geldig 3-graden glijpadsignaal is. Volgens de fabrikant van het ILS antennesysteem zijn er geen voorschriften op grond waarvan het systeemsignaal boven 5,25 graden moet worden gecontroleerd. Daarom is het gebruik van ILS boven het 5,25-graden glijpad niet gecertificeerd.

Op 23 april 2013 zijn de ILS en van Eindhoven Airport voor beide banen geïnspecteerd. Er zijn toen geen tekortkomingen vastgesteld en het systeem werd bedrijfsklaar verklaard. Er zijn in het recente verleden geen meldingen ontvangen over ILS of DME problemen rondom Eindhoven Airport.

2.9 Vluchtrecorders

De Boeing 737-800 is volgens de voorschriften uitgerust met een flight data recorder (FDR) en een cockpit voice recorder (CVR), waarmee na eventuele voorvallen onderzoek kan worden verricht. De FDR heeft een opslagcapaciteit van 25 uur. De capaciteit van de

¹⁵ Zoals beschreven in de veiligheidswaarschuwing van de Onderzoeksraad voor Veiligheid.

¹⁶ ICAO Annex 10 Volume I, Hoofdstuk 2, 2.7.

cockpit voice recorder bedraagt 2 uur. Zodra het geheugen van de recorders vol is, worden de opgenomen gegevens overschreven door nieuwe gegevens en gaan de eerder opgeslagen gegevens verloren.

De luchtvaartmaatschappij was zich initieel niet bewust van de ernst van het voorval, tot het moment dat de data in het kader van het Flight Data Monitoring (FDM) programma was geanalyseerd. Dit gebeurde op 4 juni, volgend op een landelijke feestdag. Nadat de ernst van het voorval bekend was werden zowel de Onderzoeksraad, als de lokale luchtvaartautoriteiten op de hoogte gesteld en werd geclassificeerd als ernstig incident. Op dat moment, bevatten de FDR en de CVR voor het onderzoek geen bruikbare gegevens meer over het incident omdat de gegevens waren overschreven tijdens de vluchten van het toestel na het voorval.

In het kader van het programma voor de kwaliteitsbewaking van vluchttuitvoering (FOQA) was de betrokken Boeing 737 ook uitgerust met een draadloze quick access recorder (WQAR). Dit apparaat slaat gegevens op die vergelijkbaar zijn met die van de vluchtgegevensrecorder en worden na de landing via het mobiele netwerk digitaal doorgegeven aan de thuisbasis. Op verzoek van de Onderzoeksraad zijn de WQAR-gegevens door de maatschappij aan de raad verstrekt.

De WQAR-gegevens worden op een ander medium opgeslagen dan de gegevens in de vluchtgegevensrecorder. Een overzicht van deze gegevens is weergegeven in bijlage F.

2.10 Tests en nadere onderzoeken

Op basis van de analyse van opgenomen gegevens heeft de Onderzoeksraad voor Veiligheid het naderingsincident gereconstrueerd. Dit deed de Onderzoeksraad in een Boeing 737-800-simulator met informatie van de WQAR en het transcript van de gesprekken tussen de verkeersleiding en de bemanning. Tijdens de vluchtsimulaties werd de wind tussen 2000 en 3000 voet geprogrammeerd uit de richting 010 met een snelheid van 30 knopen. De hoogte van het vliegtuig op het keerpunt vóór koers 310 bedroeg 4300 voet.

De vliegbaan in de simulator werd nagevlogen op basis van de instructies van de luchtverkeersleiding. De positie en parameters van het vliegtuig waren gebaseerd op gegevens van Eurocontrol en de WQAR. De koersveranderingen werden uitgevoerd op basis van de instructies van de luchtverkeersleiding: *'FL070, descend to 3000, left heading 310, continue descend to 2000, left heading 250 cleared for the ILS, call established'*. In de simulator leidde de opgegeven koers van 310 tot een gevlogen grondkoers op het dwarswindbeen tussen 298 en 302 graden, afhankelijk van de positie van het vliegtuig bij aanvang van de bocht naar koers 310 tijdens de diverse runs.

De werklast tijdens het dwarswindbeen was laag; er hoefden door de bemanning slechts enkele handelingen te worden verricht. De localiser werd onderschept op circa 4 NM van de baan, op een hoogte van circa 1000 voet boven het normale dalingsprofiel.

Na de bocht naar koers 250 bevond het vliegtuig zich boven de vereiste hoogte, passend bij de afstand tot de landingsbaan. De staartwind zorgde voor een hogere grondsnelheid waardoor in een kortere tijd alle vereiste taken moesten worden verricht. De bemanning probeerde het glijpad te onderscheppen en bereidde zich voor op de landing, waardoor de werklast in de cockpit toenam.

Tijdens de sessies in de simulator werd niet waargenomen dat de neus van het vliegtuig zich omhoog begaf na het kruisen van het 9-graden glijpad. Tijdens het incident zelf volgde de automatische piloot de valse 9-graden glijpadsignalen en bewoog de neus van het vliegtuig omhoog. Geconcludeerd werd dat het 'valse glijpad' niet in de software van de vluchtnabootser is geprogrammeerd. De exploitant van de vluchtnabootser heeft dit later bevestigd. Vragen aan andere exploitanten leverden dezelfde resultaten op. In de vluchtnabootser werd op een hoogte tussen 1100 en 1200 voet een handmatige upset geïnitieerd door de stuurkolom naar achteren te trekken. Tijdens deze gesimuleerde upset werd de neus van het vliegtuig opgetrokken tot 24 graden, wat leidde tot een sterke daling van de vliegsnelheid. In een poging van de autothrottle de ingestelde snelheid te behouden, bewogen de gashendels naar voren. Na circa 10 seconden werd een overtrekwaarschuwing (stick shaker) afgegeven en werd een herstelmanoeuvre voor de overtrek uitgevoerd.

In een andere simulatortest werd dezelfde vliegbaan gevlogen als in de eerste test. Na de instructies van de luchtverkeersleiding: *'left heading 310, continue descend to 2000'* werd de daalsnelheid echter ingesteld op 1500 voet per minuut; overeenkomstig de in de Boeing Flight Crew Training Manual (FCTM) voorgestelde techniek bij het van bovenaf onderscheppen van het glijpad. Ook in deze test was het dalingsprofiel niet toereikend om het ILS glijpad tijdig te onderscheppen en vloog het vliegtuig de hele route ruim boven het glijpad.

In plaats van de V/S modus werd de 'LVL CHG' modus gebruikt om te onderzoeken of de vlucht hiermee anders zou zijn verlopen. Hetzelfde laterale profiel werd gevlogen, maar door de afnemende snelheid en het selecteren van de flaps op het dwarswindbeen werd er geen significant verschil in het verticale profiel waargenomen. In de beide tests bleef de positie van de gashendels in de stand stationair.

Om vast te stellen of het überhaupt mogelijk was om het vereiste dalprofiel te onderscheppen, werd in een andere test zowel het landingsgestel vroeg naar beneden gedaan en de flaps vroeg geselecteerd na de draai naar koers 310. Hierdoor ging het vliegtuig in de simulator horizontaal vliegen op 2000 voet voordat de luchtverkeersleiding opdracht had gegeven voor de draai naar koers 250.

Aangezien het glijpad niet kon worden onderschept tijdens het voorval, werd geconcludeerd dat het door de invloed van de wind op het basisbeen (dwarswind) en zelfs nog meer bij de eindnadering (staartwind), onmogelijk was om dusdanig te dalen

dat het glijpad na het inzetten van de draai naar koers 310 kon worden onderschept zonder daarbij langdurig gebruik te maken van de remklappen.¹⁷

2.11 Informatie omtrent organisatie en beheer

2.11.1 Ryanair

Algemeen

Ryanair voert dagelijks meer dan 1600 vluchten uit (meer dan 500.000 per jaar) en verzorgt vluchten vanaf 186 luchthavens in 30 landen. De maatschappij heeft een vloot van 303 toestellen van het type Boeing 737-800.

Vliegveiligheidsprogramma

Ryanair heeft een ongevalspreventie- en vliegveiligheidsprogramma (FSP) opgesteld en houdt dit ook bij.¹⁸ Dit programma maakt onlosmakelijk deel uit van het veiligheidsmanagementsysteem van de maatschappij en wordt gedetailleerd beschreven in haar veiligheidshandboek.

Procedures voor de afhandeling, melding en rapportage van incidenten worden beschreven in deel A - 'Veiligheids- en noodprocedures' van het Operator's Manual (OM) van de maatschappij. Als onderdeel van het vliegveiligheidsprogramma is de maatschappij of de gezagvoerder van een vliegtuig verplicht bij de nationale burgerluchtvaartautoriteit een rapport in te dienen over elk incident waarbij de veiligheid van een vlucht in het geding is - of zou kunnen zijn geweest. Incidentrapporten dienen binnen 72 uur nadat het incident heeft plaatsgevonden te worden ingediend, tenzij bijzondere omstandigheden dat verhinderen. De eerste signalering van een incident dient te geschieden door de gezagvoerder of de dienstdoende operations controller op de wijze- en volgens de procedures die in de handboeken voor veiligheids- en noodprocedures worden beschreven.

In bepaalde gevallen is het verplicht om na een voorval de CVR- en FDR-data te bewaren. Het is de verantwoordelijkheid van de gezagvoerder om na een voorval, ook in die gevallen die niet in het OM zijn genoemd maar waarvan hij denkt dat de data belangrijk kan zijn bij een eventueel onderzoek van een ernstig incident, zo spoedig mogelijk na de landing de geelgekleurde zekering van de CVR te trekken. In de door de maatschappij in hoofdstuk 8 van deel A van het vluchthandboek beschreven procedure, staat niet dat aan de zekering dient te worden getrokken in het geval van een overtrekwaarschuwing of ILS upset.

Nadat tot de maatschappij de ernst was doorgedrongen van de upset in combinatie met een bijna-overtreksituatie tijdens het onderscheppen van het ILS glijpad, werd een onderzoek ingesteld. De resultaten van dit onderzoek zijn aan de Onderzoeksraad aangeleverd.

¹⁷ Analyse van Boeing geeft aan dat additioneel gebruik van de speedbrakes voordat de bocht naar final werd ingezet, de bemanning in de gelegenheid had gebracht om voldoende te dalen om een normale eindnadering uit te voeren en een 3-graden glijpad te onderscheppen.

¹⁸ Conform de vereisten van EU-OPS 1.037.

Kwaliteitsbewaking

Ryanair heeft een programma voor Flight Operation and Quality Assurance (FOQA). In het kader van FOQA worden de gegevens van de DFDR doorgestuurd aan de WQAR aan boord van het vliegtuig. De data van de WQAR wordt na de vlucht via het mobiele netwerk (GSM) gecodeerd verstuurd naar de maatschappij. De data wordt automatisch geladen in een dataserver (AirFASE) waar een analyse plaatsvindt van de data, die vervolgens aan een data-analist wordt gepresenteerd. Alle overschrijdingen van vooraf door de maatschappij ingegeven limieten (Class 3 en Class 2 events, middel en hoog risico) worden automatisch aan de analist weergegeven als aandachtspunt. Er zijn door de maatschappij ongeveer 90 punten in het programma aangegeven die automatisch worden weergegeven. De aandachtspunten worden teruggekoppeld met training captains (instructeurs) en gebruikt om de veiligheid te verhogen. Het programma wordt ook gebruikt om terug te koppelen met bemanningen tijdens eventuele debriefing sessies. De gegevens uit het FOQA programma zijn niet openbaar en worden binnen de maatschappij niet algemeen beschikbaar gesteld aan de vliegers.

2.12 Luchtverkeersleiding

Algemeen

Het Air Operations Control Station Nieuw Milligen (AOCS NM) maakt deel uit van het Commando Luchtstrijdkrachten en is centraal in Nederland gelegen. Het AOCS NM is wat betreft luchtverkeersleiding onder andere verantwoordelijk voor de algemene- en naderingsverkeersleiding binnen het Nederlandse militaire luchtruim, inclusief het inkomend verkeer van alle luchtmachtbases; waaronder Eindhoven Airport. Er zijn directe telefoon- en intercomverbindingen tussen de verkeersleiders in de verkeerstorens op alle luchtmachtbases en de naderings^verkeersleiders van het AOCS NM.

In gebruik zijnde baan

Op Eindhoven was baan 21 in gebruik. De torenverkeersleider van Eindhoven Airport bepaalt welke baan wordt gebruikt. Daarbij wordt in lijn met de locale voorschriften gekeken naar de grondwind, de baan in gebruik op de nabij gelegen Vliegbasis Volkel, de beschikbaarheid van navigatiehulpmiddelen, het vliegzicht, de beschikbaarheid van baan- en naderingsverlichting, en eventuele operationele consequenties. De torenverkeersleider van Eindhoven Airport heeft alleen de beschikking over informatie betreffende de grondwind.

De inrichting van Eindhoven Airport is zodanig dat de taxibaan en het platform aan weerszijden van de baan liggen. Hierdoor is de baankeuze mede van invloed op de hoeveelheid verkeer die de in gebruik zijnde baan tijdens het taxiën moet oversteken, waardoor vertragingen of onveilige situaties kunnen ontstaan. Om die reden geven de verkeersleiders in de toren de voorkeur aan baan 21. Dit impliceert dat in sommige gevallen een staartwind wordt geaccepteerd, maar uitsluitend als de uiteindelijke staartwindcomponent minder dan 10 knopen bedraagt.

Vliegveiligheidsprogramma

Als onderdeel van het veiligheidsmanagementsysteem (SMS) van het CLSK hebben AOCS NM en de Vliegbasis Eindhoven een afgeleid veiligheidsmanagementsysteem op schrift gesteld. Het systeem van het CLSK omvat de melding, rapportage en het onderzoek van voorvallen; ook die waarbij de luchtverkeersleiding is betrokken. De betreffende procedures zijn vastgelegd in het Voorschrift Bedrijfsveiligheid van het Commando Luchtstrijdkrachten en in de handboeken voor veiligheidsmanagement van Dutch Mil en de Vliegbasis Eindhoven. Als onderdeel van het veiligheidsmanagementsysteem dienen voorvallen te worden gerapporteerd door middel van een veiligheidsrapport inzake luchtverkeersmanagement (ATMSR). Een dergelijk rapport wordt opgesteld wanneer de veiligheid op het gebied van de luchtverkeersleiding in het geding is (voorvallen), of als er lessen kunnen worden getrokken (incidenten). Het voltooide rapport wordt vervolgens naar de onderdeels vliegveiligheidsofficier van de vliegbasis gestuurd, die zo nodig een onderzoek start. Indien uit het onderzoek blijkt dat er sprake is van een ernstig voorval, wordt het veiligheidsrapport voor verder onderzoek naar de Stafgroep Bedrijfsveiligheid op de staf van het Commando Luchtstrijdkrachten gestuurd.

Nadat de doorstart was ingezet, meldde de vliegtuigbemanning aan de naderingsverkeersleiding dat zij dit deden omdat zij een vals glijpad hadden onderschept. Op dat moment werd aan de luchtverkeersleiding geen gevaarlijke situatie gemeld, noch werd gesproken over een bijna-overtreksituatie. Pas toen de Onderzoeksraad met zijn onderzoek begon, besepte de luchtverkeersleiding dat er sprake was geweest van een potentieel gevaarlijke situatie. Het CLSK heeft geen eigen onderzoek ingesteld.

3. Analyse.....	36
3.1 Algemeen	36
3.2 Weersomstandigheden en baankeuze.....	36
3.3 De nadering.....	37
3.4 Onderschepping van het glijpad	47
3.5 Vluchtpadbeheer en Automatisering	53
3.6 Maatregelen die de betrokken partijen hebben genomen	55

3.1 Algemeen

De volgende factoren waren niet van invloed op het glijpad van het vliegtuig en hadden geen causaal verband met het ontstaan van het voorval:

- Beide bemanningsleden waren gekwalificeerd en voldeden aan de eisen die aan piloten worden gesteld. Uit de werktijdenroosters bleek dat zij voldeden aan de voorschriften en normen voor werk- en rusttijden.
- De naderingsverkeersleider voor Eindhoven was gekwalificeerd. Uit de werktijdenroosters bleek dat de verkeersleider voldeed aan de voorschriften en normen voor werk- en rusttijden.
- Er zijn geen aanwijzingen dat het vliegtuig niet volgens de specificaties functioneerde.
- Er waren geen problemen met de ILS apparatuur aan boord en ook niet met de automatische piloot of de autothrottle.
- Het ILS in Eindhoven was zonder restricties voor gebruik vrijgegeven.
- Het veranderen van de baannummering van 22 naar 21 op de dag voorafgaande aan het incident, heeft geen invloed gehad op het ontstaan van het incident.

De parameters van het FOQA programma zijn niet beschikbaar voor de lijnvliegers. Zij kunnen derhalve niet anticiperen op eventuele activering van de FOQA data tijdens de vlucht. De werking en parameters van het FOQA programma zijn niet verder onderzocht.

De analyse in dit hoofdstuk richt zich op het effect van de bovenwind, de nadering, de onderschepping van het glijpad, de invloed van automatisering in de cockpit op vluchtpadbeheer en de handelingen van de direct betrokken partijen.

3.2 Weersomstandigheden en baankeuze

Vanwege instrumentweersomstandigheden tijdens de gehele nadering was er geen grondzicht mogelijk. Daarom diende de bemanning geheel op instrumenten te vertrouwen om de positie van het vliegtuig te bepalen.

Bij de keuze van de baan heeft de verkeersleider in de toren alleen informatie over de grondwind. De grondwind kwam uit een richting van 330 graden met een snelheid van 8 knopen. Doordat baan 21 in gebruik was, was tijdens de landing een dwarswind aanwezig met een geringe staartwindcomponent van 2 knopen. Deze staartwind lag binnen de operationele grens waarbij de luchtverkeersleiding baan 21 als landingsbaan mag gebruiken. De noordenwinden op 2000 en 3000 voet impliceerden echter dat voor baan 21 op het dwarswindbeen een zijwind van 30 knopen aanwezig was. Door deze

zijwind werd het radargeleide vliegtuig in de richting van de landingsbaan 'geduwd' en werd de lengte van de gevlogen route verkleind. Bovendien ondervond het vliegtuig door de noordenwinden op 2000 en 3000 voet een staartwind tijdens de eindnadering. De staartwind zorgde voor een toename van de grondsnelheid tijdens de eindnadering waardoor de bemanning de daalsnelheid moest verhogen.

De torenverkeersleider van Eindhoven Airport was niet op de hoogte van de bovenwinden, omdat deze informatie voor de verkeersleider niet beschikbaar is. Op grond van de in paragraaf 2.11.2 genoemde factoren, werden baan 21 en de bijbehorende nadering gebruikt. De effecten van de bovenwinden zouden aanzienlijk kleiner zijn geweest indien baan 03 in gebruik was geweest. Daarbij zou het effect van de wind op het dwarswindbeen niet tot een afname van de afstand van de grondkoers ten opzichte van de baandrempel hebben geleid, maar eerder tot een toename (zie paragraaf 3.3). Tijdens de eindnadering zou de resulterende tegenwind meer tijd en een lagere daalsnelheid hebben geboden vanwege een lagere grondsnelheid.

Conclusies

De torenverkeersleiding van Eindhoven had geen informatie over de wind op grotere hoogte. Bij de keuze voor de te gebruiken baan werd geen rekening gehouden met de invloed van de bovenwind.

Door het gebruik van baan 21 was sprake van bovenwinden die de vliegbaan en de daalsnelheid dusdanig beïnvloedden, dat de onderschepping van het ILS glijpad ernstig werd belemmerd.

3.3 De nadering

3.3.1 Algemeen

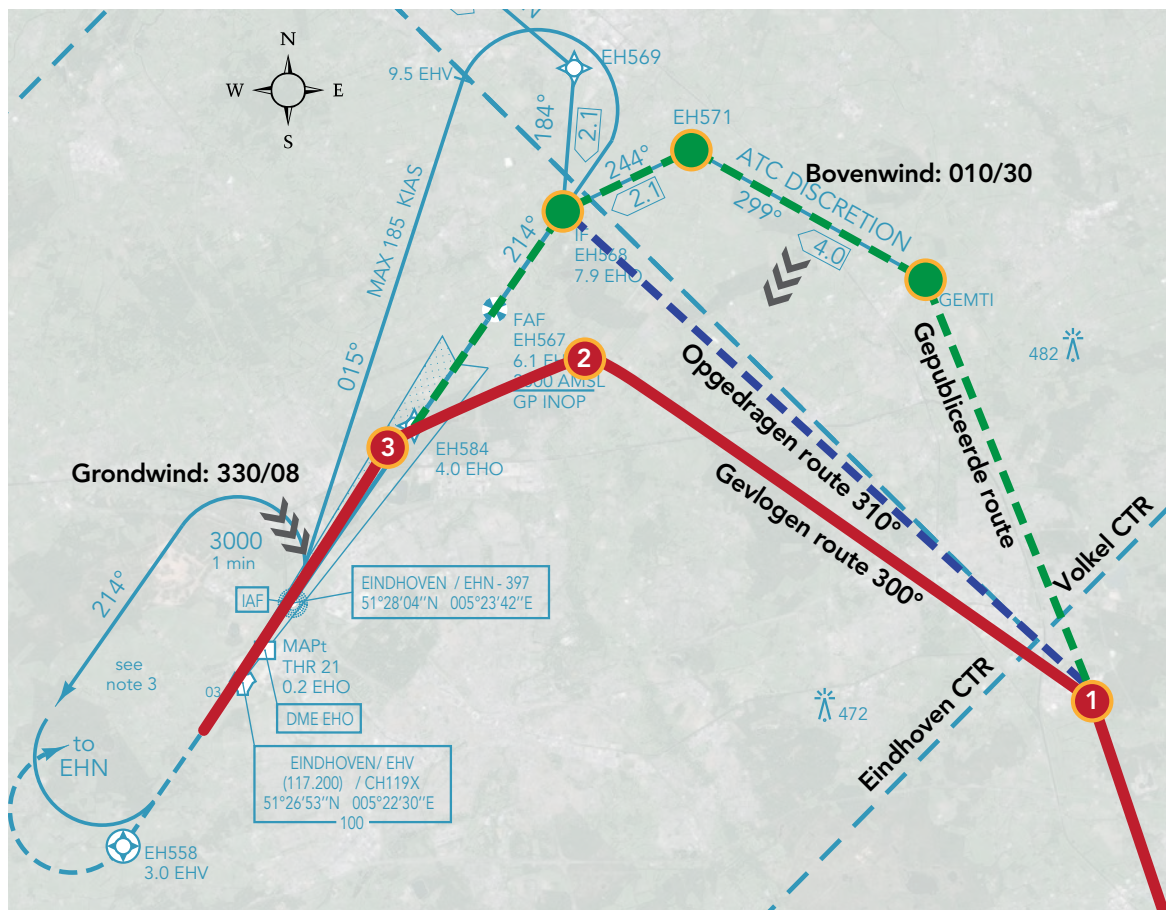
Het vliegtuig vloog het Nederlandse luchtruim vanuit het zuiden binnen om ongeveer 08.30 uur en schakelde kort daarna over naar Dutch Mil. Dutch Mil gaf de bemanning opdracht naar 3000 voet te dalen. De bemanning verwachtte dat zij via het navigatiepunt GEMTI zou vliegen. In de regio Venlo werd het vliegtuig overgedragen aan de naderingsverkeersleiding van Eindhoven Airport. Vanaf dat moment ontving de bemanning radarkoersinstructies naar Eindhoven Airport om het ILS te onderscheppen voor de landing op baan 21.

Voordat vlucht 3531 de nadering inzette, waren er nog drie andere vliegtuigen op Eindhoven Airport geland. Dat was om 08.11, 08.15 en 08.45 uur. Van een vijfde vliegtuig dat nog moest landen, was de nadering ingepland na de geplande landingstijd van vlucht 3551. Er was geen aanleiding voor de naderings^verkeersleider om vlucht 3531 een kortere route te laten volgen om tijd te winnen of ruimte te maken voor het latere vliegtuig. Het was ten tijde van het voorval de normale werkwijze om vluchten middels radarkoersinstructies naar Eindhoven te begeleiden. Omdat de eerste drie vliegtuigen de gepubliceerde route volgden en derhalve verantwoordelijk waren voor hun eigen

navigatie, wist de naderings verkeersleider niet van het bestaan van de sterke bovenwind en de noodzaak voor windcorrecties om de grondkoers te kunnen handhaven.

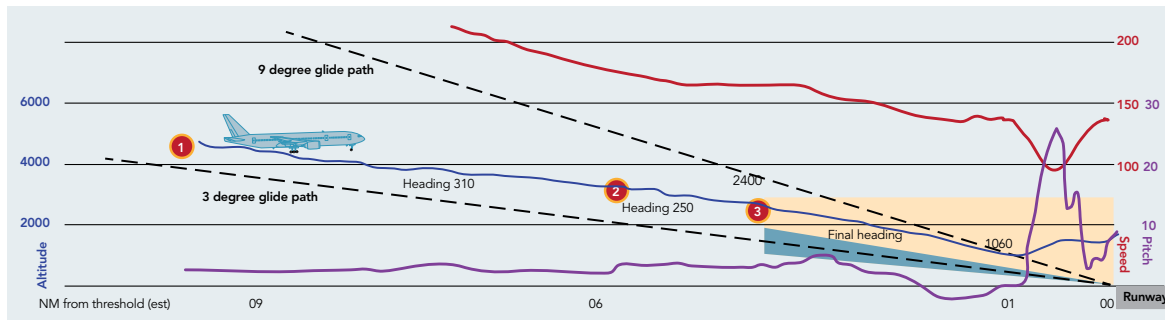
3.3.2 Radarkoers naar het dwarswindbeen

Om 08.44:19 was het vliegtuig van 7000 voet naar 3000 voet aan het dalen en passeerde het de 4300 voet 4 NM vóór navigatiepunt GEMTI (zie figuur 4, positie ①). De naderingsverkeersleider gaf de bemanning opdracht de koers te verleggen naar 310 graden en naar 2000 voet te dalen. Deze koers werd door de naderingsverkeersleiding van Eindhoven vaker gebruikt om vliegtuigen vanuit het zuiden een route te laten vliegen van de intersectie van de verkeersleidingsgebieden (CTR) van Eindhoven en Vliegbasis Volkel in het zuidoosten, naar een positie van ongeveer 8 NM op de ILS eindnadering (van positie ① naar positie ② in figuur 4). Door deze route te vliegen, komt het luchtverkeer niet in de buurt van het militaire luchtverkeer van de nabij gelegen Vliegbasis Volkel, die noordoostelijk van Eindhoven Airport ligt. Het afhandelen van het verkeer volgens deze route behoort tot een gebruikelijke handelswijze van de luchtverkeersleiding en mag niet worden beschouwd als een 'korte ILS line-up', waarvoor speciale instructies gelden.¹⁹



Figuur 4: Bovenaanzicht van de geplande (groene lijn, doorgegeven nadering), de opgedragen (blauwe lijn) en de daadwerkelijk gevlogen (rode lijn) nadering voor Eindhoven Airport.

¹⁹ Het LOP AOCS NM is een intern handboek dat wordt gebruikt door ATC AOCS NM. Het LOP beschrijft de procedures, voorschriften en regels die door militaire luchtverkeersleiders worden gebruikt voor zowel de naderingsverkeersleiding als de torenverkeersleiding op vliegbases van het Commando Luchtstrijdkrachten.



Figuur 5: Tijdlijn en daalprofiel; gedetailleerde informatie is te vinden in bijlage G. Op de verticale as staan hoogte (links) en snelheid en neusstand (rechts). Horizontaal wordt de geschatte afstand tot de baandrempel weergegeven.

Zowel voor als tijdens de verkeersgeleiding van het vliegtuig gaf de naderingsverkeersleider voor Eindhoven Airport de bemanning geen extra informatie over de voorgenomen vliegroute. Volgens ICAO Doc 4444 *Procedures for Air Navigation Services - Air Traffic Management* dienen bemanningen te worden geïnformeerd als zij een radarkoers krijgen die hen van de eerder toegewezen route doet afwijken. Zij behoren daarbij een specificatie te ontvangen van de koers en de bijbehorende limiet. De verkeersleiding was niet bekend met deze regeling en aan de bemanning werd derhalve niet gemeld dat zij radarkoersinstructies konden verwachten en een kortere nadering moesten vliegen dan was gepubliceerd. De mogelijkheid van een kortere route was weliswaar vermeld tijdens de 'voor-de-landing briefing', maar het lijkt dat de bemanning er niet op was voorbereid om deze route daadwerkelijk te vliegen.

Tijdens het interview verklaarde de gezagvoerder dat zij zich niet geheel bewust waren van de afstand waarop het vliegtuig zich bevond in de nadering. De bemanning had zich voorbereid op de gepubliceerde instrumentlanding en het bijbehorende daalprofiel. Zij zetten geen vraagtekens bij de instructies van de luchtverkeersleiding om van de doorgegeven nadering af te wijken. Ze volgden deze instructies op en accepteerden daarmee de kortere route en de noodzaak het vluchtpatroon aan te passen. De bemanning moest snel handelen om het nieuwe daalprofiel te kunnen volgen en de configuratie van het vliegtuig te kunnen aanpassen voor de eindnadering.

3.3.3 Wind op dwarswindbeen en bij eindnadering

Op de dag van het incident kwamen de winden op een hoogte van 2000 en 3000 voet uit de richting 010 graden met een snelheid van 30 knopen. Dit zorgde voor een zijwind van 30 knopen op het dwarswindbeen, wat resulteerde in een gevlogen grondkoers van 300 graden. Uit de WQAR en de radargegevens blijkt dat de gevlogen grondkoers inderdaad 300 graden was. Daardoor kwam het vliegtuig circa 2 NM dichterbij de baan dan de bedoeling was van de naderingsverkeersleider van Eindhoven. De lengte van de gevlogen route en de voor de daling beschikbare tijd namen hierdoor verder af. De naderingsverkeersleider was niet op de hoogte van de winden op grotere hoogten en heeft daarom niet gecorrigeerd voor de windsituatie tijdens de nadering. Alleen de grondwind is bij de luchtverkeersleiding bekend; winden op hoogte worden doorgaans voor de nadering niet meegenomen. Indien nodig worden koerscorrecties gegeven als het gevlogen patroon aanzienlijk afwijkt van het geplande patroon. Bij navraag ver-

klaarden meerdere luchtverkeersleiders dat windcorrecties uitsluitend worden gemaakt nadat is vastgesteld dat het luchtverkeer duidelijk hinder van de wind ondervindt. Deze windcorrecties worden vervolgens doorgegeven aan het volgende luchtverkeer.

Omdat vlucht 3531 die dag als eerste met behulp van radarkoersen werd begeleid, was de naderingsverkeersleider niet op de hoogte van de invloed van de wind op het gevlogen patroon. Op het moment dat de verkeersleider bemerkte dat het vliegtuig een andere koers vloog dan was gepland, dacht hij dat de bemanning een kortere route rechtstreeks naar het eindnaderingspunt (FAF) nam om tijd te winnen. Dit gebeurt volgens de verkeersleider wel vaker en is toegestaan zolang daardoor geen gevaarlijke situaties ontstaan.

3.3.4 Dwarswindbeen

Voor de bocht naar het dwarswindbeen (koers 310) volgde het vliegtuig nagenoeg het door de Flight Management Systeem (FMS) berekende verticale profiel. Na de bocht naar koers 310 heeft de gezagvoerder de Flight Management Computer (FMC) geüpdate naar de kortere route (6 NM op de ILS nadering). Vanaf het dwarswindbeen vloog het vliegtuig boven het berekende verticale profiel. Dit werd aangegeven door de verticale afwijkingsschaal en aanwijzer ('vertical deviation indicator') rechtsonder in de hoek van het navigatiedisplay. Omdat het vliegtuig toen op een dwarswindbeen zat met een hoge snelheid en boven het verwachte glijpad, moest het vliegtuig snel dalen en de vliegsnelheid verlagen. De bemanning selecteerde een vliegsnelheid van 180 knopen en selecteerde de flaps naar stand 5. Zij gebruikten de V/S modus van de automatische piloot (AFDS) om de verticale snelheid te verlagen naar 500 voet per minuut en zodoende ook de vliegsnelheid in een hoger tempo te verlagen.

De V/S modus werd aangehouden tot de vliegsnelheid rond 184 knopen lag. Omdat de modus V/S modus werd gebruikt, daalde het vliegtuig minder per NM. Dit had tot gevolg dat het vliegtuig zich 1000 voet boven het dalprofiel bevond. Bij het bereiken van 2650 voet, om ongeveer 08.46 uur, werd de LVL CHG modus ingeschakeld.

3.3.5 Bocht naar eindnaderingsbeen

Om 08.46 uur gaf de naderingsverkeersleiding van Eindhoven de bemanning de instructie de koers naar 250 graden te verleggen om zodoende het ILS signaal te onderscheppen en dit laatste te bevestigen. Ook dit was een koers die regelmatig door de naderingsverkeersleider werd gebruikt om een vliegtuig van de voorgenomen koers van 310 graden, naar de positie van 6 NM (FAF) voor de baan op het eindnaderingsbeen te leiden. Door de koers te verleggen naar 250 heeft de bemanning feitelijk de vereiste horizontale afstand tot de baandrempel verkleind. Op het moment van draaien bevond het vliegtuig zich al op 6,85 NM van de landingsbaan op een hoogte van circa 3000 voet. Normaal vliegt het vliegtuig bij die afstand tot de baan op een hoogte van ongeveer 2055 voet. De bemanning had 250 graden als nieuwe koers ingesteld op het MCP. Tien seconden nadat toestemming was gegeven voor het onderscheppen van de ILS, werd de naderingsmodus ingeschakeld. De localiser werd om 08.47:25 uur onderschept en het vliegtuig draaide naar de eindnaderingskoers van 215 graden. Op 4,1 NM was het vliegtuig opgelijnd met de localiser. De hoogte was op dat moment 2400 voet, dit is normaal 1300 voet.

Nadat het vliegtuig naar een koers van 250 graden was gedraaid, kreeg de bemanning te maken met een staartwindcomponent. Uit de WQAR-gegevens bleek dat de grond-snelheid van het vliegtuig tijdens de eindnadering 20 knopen hoger lag dan de vliegsnelheid. De combinatie van een kortere afstand, hoogte en staartwind maakte het onmogelijk het ILS glijpad tijdig te onderscheppen voor de landing, zonder langdurig gebruik te maken van remklappen tijdens het dwarswindbeen. Deze bevinding werd bevestigd tijdens de simulatorvluchten die na het voorval zijn uitgevoerd door de Onderzoeksraad (zie paragraaf 2.10). Dit gold zelfs bij een ingestelde verticale snelheid van 1500 voet per minuut tijdens de eindnadering. Testen door de fabrikant geven aan dat langdurig gebruik van remklappen (ongeveer 70 seconden) op het dwarswindbeen een landing mogelijk had kunnen maken.

Het vliegtuig vloog relatief hoog en ondervond staartwind. De naderingsverkeersleider heeft de bemanning echter niet gevraagd welke actie zij wilden ondernemen ten aanzien van de hoogte en gaf geen instructies de vliegbaan of de daalsnelheid aan te passen. Ook de bemanning maakte geen opmerkingen over de hoogte ten opzichte van de afstand tot de baan en verzocht niet om een andere vliegroute. Dientengevolge vloog het vliegtuig tijdens de eindnadering op een hoogte van ongeveer 1000 voet, parallel aan het glijpad.

Ondanks dat de bemanning niet had gemeld dat het vliegtuig op het ILS gestabiliseerd was, gaf de naderings^verkeersleider de bemanning om 08.47 uur de opdracht contact op te nemen met de verkeerstoren van Eindhoven. Normaal wordt het luchtverkeer pas aan de torenverkeersleider overgedragen als het vliegtuig het ILS heeft onderschept en de bemanning dat ook heeft gemeld of als wordt verwacht dat het vliegtuig spoedig 'gestabiliseerd' zal zijn voor de ILS-nadering. In dit geval was de verkeersleider in de toren weliswaar op de hoogte van het binnenkomend verkeer maar het vliegtuig vloog tijdens de nadering op slechts enkele mijlen voor het begin van de landingsbaan en was niet gestabiliseerd in de nadering. Toen de naderingsverkeersleider de bemanning instructie gaf om over te schakelen naar de torenverkeersleider, ging de bemanning hiermee akkoord en werd niets gezegd dat kon duiden op een mogelijke doorstart.

Conclusies

Ander vliegverkeer dat voor vlucht 3531 landde op Eindhoven Airport, heeft de gepubliceerde nadering gebruikt. Dit verkeer vormde geen hinder of bedreiging voor vlucht 3531. De naderingsverkeersleider heeft bij de voorgaande vluchten geen informatie over de wind ingewonnen.

Het gebruik van radarkoersinstructies om vliegtuigen naar Eindhoven Airport te begeleiden, waarbij werd afgeweken van de standaard gepubliceerde route, was ten tijde van het voorval gebruikelijk. De naderingsverkeersleider heeft de bemanning niet geïnformeerd over de te verwachten radarkoersinstructies die het vliegtuig van de eerder toegewezen route zou doen afwijken.

De naderingsverkeersleider bezat geen informatie over de wind op grotere hoogten. Toen het vliegtuig van de geplande koers afweek, heeft de verkeersleider geen koerscorrecties gemaakt en bleef de nadering volgens plan doorzetten.

De door de naderingsverkeersleider gegeven radarkoers, en de wind op het dwarswindbeen en de eindnadering, resulteerden in een kortere route. Deze factoren zorgden ervoor dat het vliegtuig tijdens de eindnadering te hoog zat.

Ondanks het feit dat het vliegtuig tijdens de nadering te hoog vloog, heeft noch de naderingsverkeersleider, noch de bemanning iets gezegd over de hoogte ten opzichte van het vluchtpad of om een andere vliegroute verzocht.

Met de door de bemanning ingestelde daalsnelheid op dwarswindbeen van 500 voet per minuut kon het vliegtuig niet snel genoeg dalen om de kortere route te compenseren.

De naderingsverkeersleider droeg het vliegtuig over aan de torenverkeersleider zonder dat het vliegtuig gestabiliseerd was voor de nadering en zonder het vereiste vooroverleg.

3.3.6 Short final, upset en overtrekwaarschuwing

Om 08.47:45 uur werd het landingsgestel naar beneden geselecteerd, tien seconden later gevolgd door het activeren van de remklappen en het selecteren van de flaps in stand 30. Om 08.48 uur werd de snelheid van 140 knopen ingesteld, gevolgd door flaps stand 40 en snelheid 135. De gezagvoerder informeerde de FO rekening te houden met een doorstart. De door de maatschappij voorgeschreven procedure gaf aan dat een nadering moest worden afgebroken en een doorstart geïnitieerd als het vliegtuig onder de instrumentweersomstandigheden op een hoogte van 1000 voet niet was gestabiliseerd. Als de bemanning op 1000 voet zicht op de startbaan zou hebben gehad, mochten zij het vliegtuig laten dalen naar 500 voet. Zij moesten dan uiterlijk op 500 voet gestabiliseerd zijn. Analyse van de vluchtgegevens geeft aan dat alle 'voor-de-landing checklist' punten op 1400 voet waren afgewerkt. Vanaf die positie was het voor het vliegtuig niet mogelijk om een veilige landing te maken.

De bemanning maakte een 'monitored approach' zoals omschreven in het vlieghandboek (Flight Crew Operations Manual, FCTM) van de maatschappij. Een dergelijke nadering houdt in dat de gezagvoerder de beslissing maakt voor een eventuele doorstart. De FO trachtte het glijpad te onderscheppen voordat 1000 voet werd bereikt. De gezagvoerder was onzeker of de nadering voor het bereiken van die hoogte met succes kon worden uitgevoerd. Het vliegtuig was geconfigureerd voor de landing en de 'voor-de-landing checklist' was afgewerkt. Er waren geen veiligheidsbelemmeringen om de landing door te zetten en een eventuele doorstart uit te stellen tot het bereiken van deze 1000 voet.

Indien de bemanning tijdens de daling zicht op de landingsbaan zou hebben verkregen of adequater de door Boeing in het FCTM voorgestelde checks voor de vergelijking van hoogte en afstand had uitgevoerd, zou het voor hen meteen duidelijk zijn geworden dat een landing niet meer mogelijk was. Omdat de bemanning geen zicht op de baan had was het bewustzijn over de hoogte-afstand verhouding niet of onvoldoende aanwezig en waren zij zich niet bewust van de onmogelijkheid om veilig te landen en de noodzaak een doorstart te initiëren.

De Raad is van mening dat de bemanning een doorstart moet initiëren indien de vluchtparameters aangeven dat een veilige nadering niet kan worden uitgevoerd. De maatschappij staat dit toe en kent geen sancties voor bemanningen als een doorstart wordt gemaakt. Bemanningen worden getraind in het maken van doorstarts in alle fases van de nadering als zij vinden dat het onveilig is om de nadering door te zetten, ondanks het feit dat de beslissingshoogte van 1000 voet door de maatschappij wordt aangegeven als limiet (gate). De hoogte van 1000 voet is dan ook een laatste limiet, en niet een hoogte waarop moet worden gewacht voor het maken van een doorstart.

Om 08.48:41 uur werd het glijpad op 1060 voet en op een afstand tot de landingsbaan van ongeveer 1 NM onderschept. De bemanning verklaarde later dat de glijpadaanwijzer in de cockpit eerst helemaal naar beneden aanwees en vervolgens volledig omhoog. Analyse van de vluchtgegevens geeft aan dat het vliegtuig parallel vloog aan het 3-graden glijpad en hierbij het 9-graden glijpad had onderschept. Het 9-graden glijpad is een zogenaamd vals glijpad waarbij de signalen omgekeerd zijn aan die van het 3-graden glijpad. Het vliegtuig kruiste het 9-graden glijpad en ontving vervolgens het omgekeerde 9-graden signaal. Dit gaf de bemanning de indruk dat zij het glijpad hadden onderschept en dat het signaal valide was. Er werd geen waarschuwing vlag op de PFD weergegeven ten teken dat zich een onrechtmatig signaal voordeed en er was derhalve voor de bemanning geen sprake van enig gevaar. Omdat de signalen bij het 9-graden glijpad omgekeerd zijn, kreeg het vliegtuig een 'stuur-omhoog' signaal in plaats van een 'stuur-omlaag' signaal dat bij het 3-graden glijpad wordt verzonden. Dit resulteerde in een snelle toename van de neusstand van het vliegtuig vanaf -0,5 graden ANU bij het kruisen van het 9-graden glijpad. De afwijking met het glijpad nam daarmee toe.

Toen de gezagvoerder de indicatie van de ILS zag en de pitch up van het vliegtuig bemerkte, informeerde hij de rest van de cockpitbemanning dat het mogelijk een valse glide slope was en vroeg om een doorstart, twee seconden later werd de stick shaker waarschuwing geactiveerd. Op dat moment was hij zich niet bewust van de snelle snelheidsafname.

Pitch-up upsets als gevolg van ILS vals glijpad

Tijdens het onderzoek bracht de Onderzoeksraad verschillende kenmerken van het ILS systeem naar voren die niet algemeen bekend waren bij de gebruikers van het systeem. Bovendien werd duidelijk dat dit incident niet op zichzelf stond. Op grond van deze bevindingen heeft de Onderzoeksraad geconcludeerd dat de bedoelde kenmerken van het ILS systeem een mogelijke bedreiging vormen voor de vliegveiligheid. Ze kunnen aanleiding geven tot onverwacht gedrag van het vliegtuig en zo de veiligheid van passagiers en bemanningsleden in gevaar brengen. De Onderzoeksraad heeft daarom een afzonderlijk onderzoek gedaan naar pitch-up upsets en ILS kenmerken. Het rapport van dat onderzoek is gelijk met dit rapport gepubliceerd.

De volgende aanwijzingen waren in de cockpit aanwezig die de bemanning een beeld konden geven van de situatie:

- De glijpadindicatie gaf 2 zogenaamde dots afwijking aan voor de duur van de nadering, tot ongeveer 1,5 NM DME.
- De afwijking van de dots nam niet af zoals gebruikelijk bij het naderen van het glijpad van onderaf.
- De aanwijzingen van de DME in verhouding tot de hoogte waren afwijkend van die tijdens een normale nadering.

Er werden in de cockpit geen waarschuwingen gegeven die duiden op een vals glijpad. Er was voor de bemanning geen reden aan te nemen dat hier sprake was van een abnormale situatie, omdat het onderscheppen van het glijpadsignaal een item is op de checklist. Het feit dat sprake was van het onderscheppen van het signaal gaf de bemanning de gelegenheid om de nadering door te zetten. Terwijl het vliegtuig op de glijpad signalen reageerde, steeg de neusstand van het vliegtuig uit boven normale waarden tijdens een ILS nadering, gewoonlijk niet meer dan enkele graden boven de horizon. Terwijl de neusstand steeg werd één van de criteria voor een upsetconditie overschreden (neusstand meer dan 25 graden ANU).

Gelet op de combinatie van omgekeerde valse glijpadsignalen en de reactie van het vliegtuig waarop een upset werd gecreëerd, kan worden gesproken van een zogenaamde automation surprise. De huidige simulatoren zijn niet in staat om te trainen voor een nadering van een vals glijpad. Daarnaast is de theoretische kennis van de bemanning beperkt tot hetgeen terug te vinden is in de diverse vlieg- of traininghandboeken. Het is niet gebruikelijk dat hiervoor wordt getraind. De bemanning had derhalve geen gedegen kennis van de eigenschappen van valse glijpadsignalen en waren niet getraind om hierop te reageren. Navraag bij diverse fabrikanten en gebruikers van vluchtnabootsers toonde aan dat moderne vluchtnabootsers niet in staat zijn om valse glijpaden na te bootsen. Hiermee is het trainen van de aanwezigheid van deze glijpaden niet mogelijk.

Na het activeren van de stick shaker-waarschuwing werd de neusstand van het vliegtuig onmiddellijk verlaagd door het naar voren bewegen van de stuurkolom, zodat de

invalshoek werd verlaagd. De door het vliegtuig ondervonden toenemende staartwind, als gevolg van de toenemende hoogte, leidde tot een gering verlies van vliegprestaties. Ondanks de initiële handelingen van de bemanning de stick shaker-waarschuwing op te heffen, nam de invalshoek tot boven de activeringswaarde toe en werd de stick shaker wederom geactiveerd. Toen de stick shaker voor de tweede maal werd geactiveerd, assisteerde de gezagvoerder de FO bij het naar voren drukken van de stuurkolom om de hoge neusstand van het vliegtuig te verlagen.

Onderzoek naar de training van de bemanning in relatie tot herstel van upset situaties leerde dat de laatste overtrektraining van de gezagvoerder dateerde van januari 2011 tijdens een zogenaamde Multi Pilot Aeroplane (MPA) skill test. De FO heeft zijn laatste overtrektraining gedaan in september van 2012.

Normale upset recovery training in de simulator omvat geen scenario waarbij het vliegtuig tijdens de nadering met lage snelheid en maximaal motorvermogen in een upset terecht komt. Simulatoren zijn bovendien niet geprogrammeerd om upset-scenarios na te bootsen waarbij sprake is van sterk toenemende staartwind tijdens de klim. De normale upset recovery training in de simulator omvat geen scenario waarbij het vliegtuig tijdens de landing vliegt met lage snelheid, hoge neusstand en maximaal motorvermogen. Het effect van toenemende wind met de hoogte tijdens een upset recovery training wordt niet in de simulator beoefend.

Conclusies

De bemanning was zich onvoldoende bewust van hun daalprofiel tijdens de nadering in relatie tot de afstand tot de baan.

Voor het bereiken van de 1000 voet beslissingshoogte werd de bemanning verrast door een automation surprise gevolgd door een ILS upset.

Doordat het vliegtuig het 'stuur-omhoog' signaal van het valse glijpad van 9 graden volgde, kwam de neus van het vliegtuig dusdanig hoog te staan dat de activeringswaarde van de invalshoek werd overschreden waardoor de stick shaker-waarschuwing werd gegeven.

De upset zoals door de bemanning werd ondervonden is geen onderdeel van de reguliere simulatortraining, noch wordt de upset beoefend waarbij sprake is van toenemende staartwind met hoogte. Simulatortraining omvat geen scenario waarbij de hevige upset en de herstelprocedures die daarbij horen worden getraind.

De initiële handeling tijdens de Stall Recovery Manoeuvre werd door de bemanning juist uitgevoerd. Desondanks nam de invalshoek toch toe tot boven de waarde waarbij de stick shaker wordt geactiveerd. Vervolgens activeerde de stick shaker-waarschuwing voor de tweede keer.

3.3.7 Effect van de wind

Gedurende de gehele nadering ondervond het vliegtuig een sterke noordenwind die van grote invloed is geweest op de gevlogen nadering. Het is onduidelijk in hoeverre de bemanning gedurende de nadering op de hoogte was van de heersende wind, die als berekende wind zichtbaar is op het navigatiedisplay in de cockpit. Gedurende de kortere route werd door de bemanning maximaal getracht om de snelheid van het vliegtuig te verlagen zodat flaps kunnen worden geselecteerd en het landingsgestel naar beneden kan. Hiertoe werden initieel de remklappen gebruikt.

Alleen het verleggen van de route, of het verlengd gebruik van remklappen, waren mogelijkheden geweest om het daalprofiel en daarmee de hoogte bij aanvang van de eindnadering significant aan te passen. Met een gerapporteerde wind vanuit de richting 330 en met een snelheid van 8 knopen op grondniveau had de bemanning geen idee over het verloop van de wind met de hoogte. Indien de bemanning de tijdens het vliegen op het dwarswindbeen berekende wind (FMS) op het navigatiedisplay had waargenomen, had zij niet kunnen vermoeden wanneer de heersende wind op hoogte voldoende was afgenomen om het ILS glijpad te kunnen onderscheppen. Na de bocht naar de eindnaderingskoers met het vliegtuig geconfigureerd voor de landing, was er niets meer mogelijk om de mate van daling te verhogen. Met de staartwind tijdens de eindnadering was de daling gelijk aan de benodigde daling voor het 3-graden glijpad en bleef het vliegtuig parallel aan het glijpad vliegen. Zonder de staartwind zou een daling van 1500 voet per minuut mogelijk zijn geweest om vervolgens het 3-graden glijpad te onderscheppen.

Conclusie

Gedurende de kortere route werd door de bemanning maximaal getracht om de snelheid van het vliegtuig te verkleinen, om daarmee de mogelijkheid te hebben de flaps en het landingsgestel te kunnen selecteren. Hiertoe werden initieel de remklappen gebruikt.

Alleen het verleggen van de route, of het verlengd gebruik van remklappen, waren mogelijkheden geweest om het daalprofiel en daarmee de hoogte bij aanvang van de eindnadering significant aan te passen.

3.3.8 Rapportage van het incident

Tijdens de doorstart schakelde de bemanning over naar de naderingsverkeersleiding van Eindhoven Airport. De bemanning deelde de naderings^verkeersleider op rustige toon mee dat zij tijdens de ILS nadering een vals glijpad hadden onderschept. Er is de verkeersleider niets verteld over een bijna-overtreksituatie. Aangezien de naderingsverkeersleider van Eindhoven niet op de hoogte was gebracht van de ernst van het incident, is van de doorstart geen notitie gemaakt in het logboek van de luchtverkeersleiding. De torenverkeersleider van Eindhoven heeft wel een melding gemaakt, maar omdat onduidelijk was wat de ernst van de doorstart was, is geen veiligheidsrapport inzake luchtverkeersmanagement opgesteld. De luchtverkeersleiding heeft het incident dus niet onderzocht.

Om 09.10 uur nam de gezagvoerder per mobiele telefoon contact op met de vlieger van dienst van de maatschappij om hem over het voorval in te lichten. Tijdens dit gesprek is besproken dat de bemanning een stick shaker waarschuwing had gehad en dat een doorstart was uitgevoerd. De gezagvoerder heeft de vlieger van dienst over het voorval geïnformeerd en gevraagd of voor aanvang van de volgende vlucht de zekeringen van de vluchtdaterecorders moesten worden getrokken. Volgens de vlieger van dienst verzorgt de luchtvaartmaatschappij meer dan 1600 vluchten per dag en kortstondig durende stick shaker waarschuwingen komen vaker voor, meestal bij turbulent weer tijdens de nadering. Tijdens het telefoongesprek is de vlieger van dienst niet geattendeerd op de ernst van dit incident. Volgens hem deed de bemanning haar best het vliegtuig onder controle te houden en waren zij zich niet bewust van de ernst van de tijdelijk lagere vliegsnelheid. Om die reden is de ernst van het incident niet goed gecommuniceerd.

De verplichte rapportage van het veiligheidsincident is gedaan toen de bemanning aan het einde van de dag op de thuishaven terugkeerde. Vanwege een nationale feestdag in Ierland is het incident pas op 4 juni 2013 bij de Onderzoeksraad voor Veiligheid gerapporteerd, vier dagen na het incident. De gegevens op de FDR en CVR waren toen niet meer voor onderzoek beschikbaar en de bemanning werd pas op een later moment geïnterviewd, waardoor de verkregen informatie aanzienlijk minder gedetailleerd was dan direct na het voorval. Een onderzoek zonder veel contextuele informatie, in het bijzonder die van de CVR en FDR, is minder efficiënt qua diepgang en tijd. Er zijn regels en procedures voor veiligheidsonderzoeken in het leven geroepen, zodat uit voorvallen lering kan worden getrokken en zij in de toekomst kunnen worden voorkomen. Om die reden is het van belang dat voorvallen direct aan de juiste instantie worden gemeld. Onderzoeken kunnen dan zonder tijdverlies worden ingesteld, zodat de onderzoekers in staat zijn noodzakelijke informatie te verzamelen.

Conclusie

Het Eindhoven incident is aanvankelijk door de maatschappij gemeld en beoordeeld als een minder belangrijk incident waarvoor de data op de CVR en FDR niet bewaard hoefden te worden.

3.4 Onderschepping van het glijpad

3.4.1 Eindhoven incident

Een nadering kan worden gevlogen met gebruikmaking van verschillende niveaus van geautomatiseerde systemen aan boord. Voor landingen zonder ILS wordt een hoog niveau van gebruik van automatische systemen aanbevolen om de bemanning te ontlasten. Onder normale omstandigheden wordt een vliegveld aangevlogen met gebruik van de automatische piloot en de autothrottle. De operator schrijft een beslissingshoogte voor waarop het vliegtuig gestabiliseerd moet zijn om de landing uit te voeren. Is het vliegtuig op de beslissingshoogte niet gestabiliseerd, dan is de piloot verplicht een doorstart uit te voeren. Afhankelijk van de weersomstandigheden en het

feit of er op instrumenten (IMC) of visueel (VMC) wordt gevlogen, ligt de beslissingshoogte op respectievelijk 1000 of 500 voet. Vanwege de instrumentweersomstandigheden die op Eindhoven golden ten tijde van het incident, lag de beslissingshoogte voor deze vlucht op 1000 voet.

Volgens de FCTM van Boeing mag een nadering met gebruik van HDG SEL of LNAV worden uitgevoerd voor laterale navigatie en VNAV, LVL CHG of V/S modi voor hoogteveranderingen. VNAV heeft de voorkeur bij het dalen als het FMS voor de geplande aankomst is geprogrammeerd. Indien VNAV niet beschikbaar is, dan wordt LVL CHG modus ingesteld voor hoogteveranderingen van meer dan 1000 voet. Voor kleinere hoogteveranderingen is de V/S modus geschikter voor de daalsnelheid.

Bij de landingsconfiguratie van het vliegtuig heeft de bemanning de LVL CHG modus van het vluchtbesturingssysteem gebruikt. In de LVL CHG modus gebruikt de automatische piloot de vliegtuigneusstand om de gekozen vliegsnelheid te handhaven. In de V/S modus wordt een geselecteerde daalsnelheid gehandhaafd. Indien de snelheid hoog genoeg is, bestaat de mogelijkheid dat - zelfs bij stationaire stuwkracht - de vliegsnelheid zal toenemen. De snelheidslimieten voor de flaps kunnen dan worden overschreden. Om onderschepping van het glijpad van bovenaf mogelijk te maken, moest de bemanning voorkomen dat het vliegtuig de daling zou stoppen op 2000 voet; waarvoor toestemming was gegeven. Daartoe selecteerde de bemanning een lagere hoogte op het Mode Control Panel (MCP). Aanvankelijk was 0 voet op het MCP ingesteld, maar dit werd direct gewijzigd in 600 voet. Boeing adviseert dat het glijpad wordt onderschept voor het bereiken van de FAF, maar dat een doorstart pas is vereist na het bereiken van een hoogte van minder dan 1000 voet.

Terwijl het vliegtuig voor de landing werd geconfigureerd, nam de vliegsnelheid af van 180 naar 144 knopen. De motorstuwkracht werd teruggebracht naar stationair om de snelheidsafname mogelijk te maken. Omdat de LVL CHG modus was geselecteerd, werd niet de daalsnelheid direct geregeld maar de vliegsnelheid. Dientengevolge daalde het vliegtuig niet voldoende om onderschepping van het 3-graden glijpad mogelijk te maken. Het vliegtuig bleef parallel aan het 3-graden glijpad vliegen, ongeveer 1000 voet hoger. Zoals in de simulator is aangetoond (paragraaf 2.10), leverde ook het gebruik van de V/S modus om het glijpad te onderscheppen, onvoldoende resultaat op.

Conclusies

De selectie van de LVL CHG modus tijdens de eindnadering resulteerde in onvoldoende hoogteverlies. Uit simulatortests is gebleken dat de selectie van de V/S modus ook tot onvoldoende hoogteverlies zou hebben geleid.

Het vliegtuig bevond zich tijdens de eindnadering in een positie van waaruit het 3-graden glijpad niet kon worden onderschept.

3.4.2 Onderschepping van het glijpad van bovenaf

Aanbevolen techniek voor de Boeing 737NG

Het trainingshandboek voor bemanningsleden (FCTM) van de Boeing 737 Next Generation bevat technieken voor het van bovenaf onderscheppen van het glijpad ('Intercepting glide slope from above'). Het handboek begint met een toelichting dat normaal gesproken het vliegtuig het ILS glijpad van onderen onderschept in horizontale vlucht. Het komt echter voor dat de vliegtuigbemanning toestemming krijgt voor een ILS nadering terwijl het vliegtuig zich boven het glijpad bevindt. In dat geval moet worden geprobeerd het glijpad vóór het eindnaderingspunt te onderscheppen. Daarvoor kan de 'map display' op het navigatiedisplay in de cockpit worden gebruikt om de afstand tot de FAF in de gaten te houden. Boeing adviseert ook de automatische piloot te gebruiken.

Wat betreft ILS procedures kan volgens het FCTM bij sommige vliegtuigen het glijpad vóór de localiser worden onderschept. Deze mogelijkheid is echter niet in alle vliegtuigen aanwezig. Gesteld wordt dat het glijpad zowel van bovenaf als van onderaf kan worden onderschept.

Onderschepping van het glijpad van bovenaf – Boeing 737NG FCTM

(vertaald vanuit B737NG FCTM Juni 2013, pagina's 5.17 en 5.18)

'Voor ILS kan de volgende techniek worden toegepast (...); dit wordt echter niet aanbevolen voor naderingen met gebruikmaking van VNAV.

De volgende techniek helpt de bemanning het glijpad veilig te onderscheppen en criteria vast te stellen voor een gestabiliseerde nadering 1000 voet boven terreinniveau (AFE):

- *selecteer APP op het MCP en controleer of het glijpad is ingesteld*
- *stel de configuratie voor het laatste deel van de landing in en stel de MCP-hoogte in op minimaal 1000 voet AFE*
- *selecteer de V/S modus en stel -1000 tot -1500 vpm in om het glijpad te kunnen onderscheppen en het vliegtuig te stabiliseren voor de eindnadering op 1000 voet AFE. Het gebruik van het VSD (indien geïnstalleerd) of de groene boog van het hoogtebereik kan helpen bij het vaststellen van de juiste daalsnelheid.*

Houd de daalsnelheid en de luchtsnelheid in het oog om te voorkomen dat de voorgeschreven flapsnelheden worden overschreden en de Flap Load Relief wordt geactiveerd. Let zodra het glijpad wordt onderschept op meldingen over de juiste vliegmodus en houd afwijkingen van het glijpad in de gaten. Hervat de reguliere procedures na onderschepping van het glijpad. Volg de aanbevelingen voor het gebruik van de remklappen uit hoofdstuk 4 van deze handleiding.

NB: Initieer een doorstart als het glijpad niet wordt onderschept of als de nadering bij 1000 voet AFE nog niet is gestabiliseerd. Vanwege de criteria voor glijpadonderschepping moet het glijpad zijn onderschept en moeten de criteria voor gestabiliseerde nadering zijn vastgesteld op 1000 voet AFE, zelfs in zichtweersomstandigheden.'

Boeing Proprietary Copyright © Boeing

Reprinted with permission of The Boeing Company.

This information may be subject to Export Administration Restrictions under EAR99

Het doel van de geadviseerde techniek is om op een hoogte van 1000 voet boven de landingsbaan te voldoen aan de criteria voor een gestabiliseerde nadering. Door verticale geleiding kan het glijpad van bovenaf worden onderschept. Boeing schrijft voor dat de bemanning moet proberen het glijpad vóór het eindnaderingspunt te onderscheppen; lukt dat niet, dan mag het vliegtuig verder dalen tot 1000 voet. De beschreven techniek in hoofdstuk 'final approach' (pagina 5.16) biedt richtlijnen voor het bepalen van de afstand van het vliegtuig ten opzichte van de landingsbaan.

Het is bij deze techniek mogelijk de daling tot 1000 voet voort te zetten terwijl het glijpad vanwege de positie en energietoestand van het vliegtuig niet kan worden onderschept als het dalprofiel niet in de gaten wordt gehouden en beheerst.

Buiten de in de FCTM omschreven handelingen zijn mogelijk aanvullende acties van de bemanning vereist om het gewenste dalingsprofiel te bewerkstelligen. Bij dit voorval bevond het vliegtuig zich veel dichterbij de landingsbaan en op lagere hoogte dan gebruikelijk bij een normale onderschepping van het glijpad op 1000 voet. Als het bewaken van de daling om het 3-graden glijpad op een juiste wijze te onderscheppen niet goed plaatsvindt, neemt de kans op het onderscheppen van een vals glijpad toe.

Luchtverkeerprocedures

In overeenstemming met ICAO Doc 4444 *Procedures for Air Navigation Services - Air Traffic Management* wordt in de lokale operationele procedures voor AOCS NM het volgende beschreven:

- De onderscheppingshoogte voor de ILS eindnadering wordt vermeld op naderingskaarten voor het desbetreffende vliegveld. Deze hoogten moeten worden gebruikt. De laatste koers voor de eindnadering moet vliegtuigen in staat stellen de localiser horizontaal op te pikken om het glijpad van onderaf te kunnen onderscheppen. De onderscheppingskoers voor de ILS eindnadering wijkt maximaal 30 graden af van de eindnaderingskoers.
- In de laatste fase van de nadering hebben de piloten een hoge werklast, en daarom dienen korte line-ups te worden vermeden. Als luchtverkeersleiders niet adequaat anticiperen op korte line-ups, zullen vliegtuigen het glijpad van bovenaf onderscheppen. In dat geval dienen piloten in kortere tijd meerdere handelingen te verrichten, waardoor de al hoge werklast nog groter wordt. Mocht om welke reden

dan ook een korte line-up worden gevlogen, dan zal de hoogte worden aangepast om glijpadonderschepping van onderaf mogelijk te maken. De bemanning zal hiervan altijd een melding ontvangen.

De noodzaak van het van onderaf naderen van het ILS glijpad is onderschreven in een separate brief van de squadroncommandant van de luchtverkeersleiding aan al zijn personeel in juli 2010. Hoewel de inhoud van dergelijke brieven normaal ook in de trainingssyllabus van de luchtverkeersleiding worden opgenomen, was de dienstdoende verkeersleider niet op de hoogte van het bestaan van deze brief. Het LOP AOCS NM maakt echter deel uit van de training voor de luchtverkeersleiding en de dagelijkse operationele handelingen, en de procedures voor glijpadonderschepping behoren tot de parate kennis.

Conclusies

De Flight Crew Training Manual van de Boeing 737NG bevat geen waarschuwing voor onderschepping van een vals glijpad met een pitch-up upset wanneer van het glijpad van bovenaf wordt onderschept.

De procedures van AOCS NM schrijven voor dat een ILS glijpad waar mogelijk van onderaf dient te worden onderschept.

ICAO Doc 4444 *Procedures for Air Navigation Services - Air Traffic Management* geeft aan dat de laatste koers voor de eindnadering vliegtuigen in staat moet stellen de localiser horizontaal op te pikken, om het glijpad van onderaf te kunnen onderscheppen.

3.4.3 Afstand/hoogte-verificaties

De afstand tot de landingsbaan in relatie tot de gevlogen hoogte, kan met behulp van bepaalde apparatuur worden gecontroleerd, indien beschikbaar aan boord van het vliegtuig:

- Afstandsmmeetapparatuur;
- FMS en navigatiedisplays;
- Vertical Deviation Indicator;
- Vertical Situation Display (VSD, deze was aan boord van vlucht 3551 geïnstalleerd, maar stond niet ter beschikking van de bemanning).

Deze paragraaf omschrijft de diverse mogelijkheden.

Afstandsmmeetapparatuur

Een manier om de afstand ten opzichte van de hoogte te meten, is het gebruik van de DME bakens. De afstand tussen het vliegtuig en het DME baken dat zich op het vliegveld bevindt, wordt weergegeven op het PFD. Tijdens de naderingsprocedure moet de aangegeven afstand worden gecontroleerd ten opzichte van de vlieghoogte.

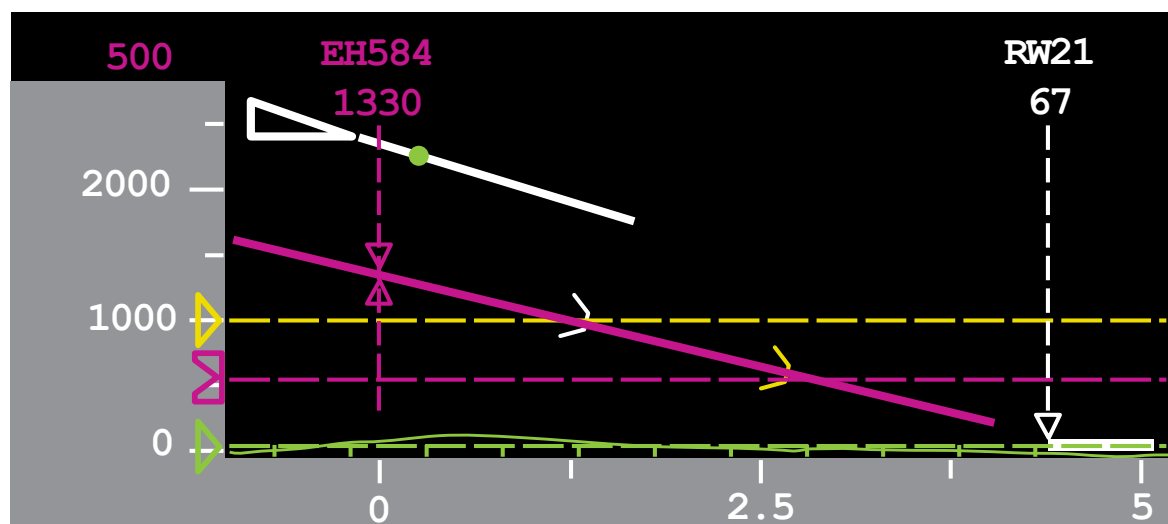
De beste strategie is om tijdens de daling de hoogte van het vliegtuig regelmatig te controleren ten opzichte van de afstand. De DME is daarvoor het meest geschikt: deze is tijdens de nadering immers op ieder moment beschikbaar. De interpretatie van de DME in relatie tot de hoogte vereist echter wel enige aandacht. Voor een 3-graden glijpad dient de hoogte circa 300 voet per NM afstand tot de landingsbaan te bedragen.

FMS en navigatiedisplays

Een tweede optie is het gebruik van het FMS en het navigatiedisplay. Het FMS geeft de totale te vliegen afstand tot de landingsbaan op de corresponderende Control Display Unit (CDU)-pagina in de cockpit weer. Het navigatiedisplay kan deze afstand weergeven in cirkels op het beeldscherm. De cirkels geven de voor de daling, decelleratie en benodigde afstand weer ten opzichte van de huidige positie.

Een derde optie is het gebruik van de 'verticale afwijkingsschaal en aanwijzer' (Vertical Deviation Indicator). Dit is een symbool rechtsonder in het PFD dat de verticale vliegbaan van het vliegtuig aangeeft, zoals berekend door de FMC. Aan dit symbool kan de bemanning tijdens de daling en nadering zien of het vliegtuig zich hoog of laag ten opzichte van het berekende daalprofiel bevindt.

Een vierde optie is het gebruik van het 'Vertical Situation Display' (VSD) op het navigatiedisplay. Het VSD is een extra modus (CTR MAP) van het Electronic Flight Instrumentation System (EFIS) en biedt een grafische weergave van de verticale vliegbaan van het toestel. Het VSD werkt met het Terrain Awareness and Warning System (TAWS) om een verticaal profiel van de verwachte baan van het vliegtuig weer te geven, in het onderste gedeelte van het navigatiescherm.



Figuur 6: Voorbeeld van het Vertical Situation Display (VSD) met het vliegtuig op 1000 voet boven het glijpad. De witte driehoek geeft het vliegtuig weer. De ononderbroken roze lijn is het 3-graden glijpad met de beslismomenten (symbolen) op 1000 voet (wit) en 500 voet (geel).

De VSD is bedoeld om een heldere grafische weergave te bieden van de verticale vliegbaan van het vliegtuig, zodat de bemanning zich goed bewust blijft van de verticale

situatie. De VSD geeft in alle fasen van de vlucht een weergave van de verticale situatie van het vliegtuig ten opzichte van het terrein. Daarnaast geeft de VSD een beeld van de verticale situatie van het vliegtuig ten opzichte van de landingsbaan tijdens de eindnadering. Zo kan de positie van het vliegtuig ten opzichte van het geselecteerde glijpad voortdurend worden gecontroleerd. Als er navigatiegegevens beschikbaar zijn, toont een ononderbroken roze lijn het 3-graden glijpad. Daarbij worden ook de beslis-momenten op 1000 voet en 500 voet weergegeven.

De VSD kan achteraf in elke B737NG worden ingebouwd, maar er zijn dan wel enkele softwarewijzigingen nodig voor de displays en de FMC en ook voor een aantal hardwaredisplays. Deze software is geïnstalleerd in de B737-vloot van Ryanair. Piloten kunnen dit display echter alleen gebruiken als ze daarin getraind zijn. De bemanning van vlucht 3531 was niet bevoegd de apparatuur te gebruiken. Ryanair heeft echter aangegeven dat het een standaard procedure aan het ontwikkelen is voor de introductie van VSD in lijnoperaties (zie paragraaf 3.6.1).

Conclusies

Zoals aangegeven in de Boeing 737NG Flight Crew Training Manual dient de bemanning afstand-hoogtecontroles uit te voeren en/of VNAV-gegevens te gebruiken om te bevestigen dat de doorgegeven ILS nadering wordt gevolgd.

Er zijn diverse mogelijkheden om de afstandgegevens tot de baan te controleren ten opzichte van de actuele vlieghoogte. Hiermee kan worden bepaald of het verticale dalprofiel kan worden gevolgd.

3.5 Vluchtpadbeheer en Automatisering

Een hoge mate van automatisering is inmiddels de 'norm' in alle moderne luchtvaartuigen, zoals in alle moderne transportmiddelen. De automatisering heeft de vliegveiligheid verbeterd, maar heeft in de loop van de jaren ook geleid tot verandering van de taken van bemanningen en de eisen die aan hen worden gesteld. Het 'handmatige' vliegen is vervangen door een situatie waarin de piloot vooral controleert of de geprogrammeerde systemen naar behoren functioneren. Vanuit deze optiek is de bemanning op de automatisering gaan vertrouwen voor meer complexe handelingen. Daaronder valt ook het onderscheppen van glijpaden van bovenaf, als onderdeel van de dagelijkse praktijk. Uit verschillende onderzoeken naar menselijk gedrag in de luchtvaart is gebleken dat piloten veel vertrouwen stellen in een hoge automatiseringsgraad en daar ook afhankelijk van zijn, juist omdat de systemen zo betrouwbaar zijn. Dit is een natuurlijke reactie van mensen die voortvloeit uit de betrouwbare interactie met machines. De Onderzoeksraad heeft deze kwestie al eerder aan de orde gesteld in zijn onderzoek naar het ongeval met een vliegtuig van Turkish Airlines in 2009.²⁰

²⁰ Het rapport van dit onderzoek is gepubliceerd op de website van de Onderzoeksraad voor Veiligheid: http://www.onderzoeksraad.nl/uploads/items-docs/714/Rapport_TA_NL_aangepast.pdf

Automation bias²¹

Door de beschikbaarheid van automatisering ontstaat bij piloten een natuurlijke neiging om te kiezen voor het alternatief dat de minste cognitieve inspanning vereist. Wanneer zij voor beslissingen staan vertrouwen piloten op deze automatisering ter vervanging van hun eigen waakzaamheid en het actief vergaren en verwerken van informatie voor het uitvoeren van de vlucht.

Tijdens het Eindhoven incident was de bemanning zich bewust dat zij tijdens het dwarswindbeen boven het naderingsprofiel vlogen, zo ook dat zij tijdens de eindnadering boven het 3-graden glijpad zaten. Zij waren zich ook bewust dat zij sneller moesten dalen om het glijpad te onderscheppen. Hun verwachtingen over de positie waarop zij het glijpad zouden onderscheppen was echter niet correct en in dit geval onrealistisch. Als de bemanning zicht op de landingsbaan zou hebben gehad, dan zou het voor hen duidelijk zijn geweest dat de daling onvoldoende was om te kunnen landen. De juiste inschatting van de hoogte-afstand relatie was echter afgenomen omdat onder IMC werd gevlogen.

Om een betere inschatting van de afstand-hoogte relatie mogelijk te maken, zouden aanvullende middelen in de cockpit moeten worden gebruikt of procedures moeten worden ontwikkeld om bemanningen te beschermen tegen het automatisch onderscheppen van valse glijpaden. Dit help bemanningen om beter in te kunnen schatten of naderingen veilig kunnen worden uitgevoerd of dat in een eerder stadium van de nadering een doorstart moet worden uitgevoerd. In moderne vliegtuigen zijn navigatiedisplays met het verticale daalprofiel aanwezig (zoals omschreven in paragraaf 3.4.3). Deze displays verhogen in grote mate het bewustzijn over de positie van het vliegtuig ten opzichte van de landingsbaan en anticiperen op de positie van het vliegtuig in relatie tot het te onderscheppen ILS glijpad.

Hoewel de hulpmiddelen helpen voorkomen dat in de ILS kritische gebieden met valse glijpaden wordt gevlogen, zijn zij geen alternatief voor het voortdurend controleren van de hoogte versus de afstand die deel uitmaakt van de basisvaardigheden van piloten. In dat verband is de Onderzoeksraad van oordeel dat het gebruik van geavanceerde geautomatiseerde apparatuur kan leiden tot situaties waarbij het vluchtpadbeheer door bemanningen degradeert. Het is zaak dat vliegtuigbemanningen zich hier beter bewust van worden. Een recent gepubliceerde studie naar luchtvaartongevallen tussen 1995 en 2009 en de rol die cockpit automatisering daarbij heeft gespeeld bevestigt het beeld van de Raad, zie onderstaande box.²²

²¹ Civil Aviation Authority (VK) (2004). Flight crew reliance on automation (CAA-rapport nr. 2004/10). Gatwick: CAA Safety Regulation Group (opgesteld door S. Wood, Cranfield University).

²² Operational Use of Flight Path Management Systems, Final Report of the Performance-based operations Aviation Rulemaking Committee/Commercial Aviation Safety Team, Flight Deck Automation Working Group, September 5, 2013.

Operationeel gebruik van vluchtpadbeheersystemen

Twee van de 18 aanbevelingen in het voornoemde rapport geven het volgende aan:

Vluchtpadbeheer: leer bemanningen zich te concentreren op het vliegp pad, niet op de geautomatiseerde systemen. De automatisering is bedoeld als hulpmiddel om het vliegp pad te managen.

Bemanningen moeten eraan herinnerd worden dat zij voorbereid moeten zijn om de luchtverkeersleiding in sommige gevallen mede te delen dat niet kan worden voldaan aan de opgedragen instructies omdat deze operationeel te veel risico's inhouden.

Voor verbetering van de luchtvaartveiligheid is het van belang dat de training van piloten gelijke tred houdt met de ontwikkeling van geautomatiseerde systemen in vliegtuigen. Er moet een evenwicht worden gevonden tussen het gebruik van de basisvliegvaardigheden, kennis en de inzet van automatisering bij vluchtpadbeheer in een moderne en complexe omgeving.

Conclusie

Door de hoge mate van betrouwbare automatisering in de cockpit kunnen basis vliegvaardigheden op het gebied van vluchtpadbeheer worden verwaarloosd.

3.6 Maatregelen die de betrokken partijen hebben genomen

3.6.1 Ryanair

Onmiddellijk na het Eindhoven incident publiceerde de Ryanair een veiligheidswaarschuwing op de website voor hun bemanningsleden. Die waarschuwing bevatte ook een aanbeveling omtrent het voorkomen van dergelijke incidenten.

Verder werd het Eindhoven incident opgenomen in de novembereditie (2013) van *Hotspots*, een veiligheidsnieuwsbrief die op de pilotenwebsite wordt gepubliceerd en in papieren vorm onder alle vestigingen van de luchtvaartmaatschappij wordt verspreid.

Naast de recente bulletins voor bemanningsleden en een artikel in *Hotspots* heeft Ryanair gemeld dat een presentatie over het onderwerp veiligheid is ontwikkeld om de aandacht van bemanningsleden te vestigen op incidenten met valse glijpaden. Deze presentatie is verspreid onder alle vestigingen van de luchtvaartmaatschappij en wordt verzorgd door Flight Operations managers van de onderneming.

Na dit incident zijn de preventieve barrières en herstelbarrières in de Loss of Control In-flight (LOC-I) risicoanalyse van de luchtvaartmaatschappij opnieuw beoordeeld en is de luchtvaartmaatschappij meer prescriptieve maatregelen gaan ontwikkelen voor het onderscheppen van het glijpad van bovenaf.

Het herziene beleid bevat nieuwe operationele limieten ten aanzien van de afstand tot de landingsbaan ('horizontal landing gate') voor het onderscheppen van de ILS van bovenaf; zijnde de eerste van de volgende: de FAF, 5 DME, 4 NM voor VMC operaties en 5 NM voor IMC operaties. Naast de horizontale (en verticale) operationele limieten ontwikkelt Ryanair een SOP voor de invoering van VSD in lijnoperaties. Ryanair heeft aangegeven haar nieuwe beleid en procedures te hebben geëvalueerd in de simulator.

Een audio-visuele e-learning module is ontwikkeld die bemanningen informeert over de gevaren verbonden aan onderscheppen van valse glijpaden en de nieuwe landingsgrenzen (hieronder) uitlegt.

Een full flight simulator Flight Path Management module is in voorbereiding en zal aan de bemanningen worden gepresenteerd tussen 1 mei en 31 oktober 2014. De module bestaat uit theoretische kenniselementen en praktische trainingen.

Ryanair geeft binnenkort een revisie uit op haar Operations Manual waarin het automatisch onderscheppen van de ILS glijpaden binnen de 5 NM DME onder IMC condities (4 NM DME onder VMC) niet meer is toegestaan.

3.6.2 Boeing

Boeing heeft aangekondigd in de eerstvolgende versie van haar FCTM voor de B737NG een waarschuwing op te nemen voor pitch-up upsets tijdens het vliegen boven het 3-graden glijpad.

Boeing heeft ook laten weten een wijziging te zullen aanbrengen in haar Rockwell Collins Control Computer (FCC) software voor de B737NG, in het kader van de doorlopende verbetering van de B737NG. Als gevolg van deze wijziging zal de stijgsnelheid in de glijpadmodus beperkt blijven. Deze verandering zal de pitch up elimineren wanneer het vliegtuig het omgekeerde 9-graden glijpadsignaal onderschept.

Deze geplande softwarewijziging wordt in nieuwe B737NG's ingevoerd in het vierde kwartaal van 2014. De luchtvaartmaatschappijen worden door middel van een Boeing Service Letter ingelicht over de beschikbaarheid van de nieuwe FCC-software. De softwarewijziging kan ook worden aangebracht in vliegtuigen die al in gebruik zijn.

3.6.3 AOCS NM

Na de publicatie van de veiligheidswaarschuwing door de Onderzoeksraad is deze onder alle luchtverkeersleiders verspreid. Tezamen met deze veiligheidswaarschuwing werd het personeel opnieuw gewezen op het feit dat in ICAO Doc 4444 en het LOP van AOCS NM vastgelegde procedures voor ILS eindnaderingen wanneer mogelijk dienen te worden gevolgd om te voorkomen dat een ILS glijpad van bovenaf wordt genaderd.

Tijdens de jaarlijkse bewustwordingsdag over vliegveiligheid in 2013 is aan alle militaire verkeersleiders aanvullende informatie over dit onderwerp verstrekt.

Het Luchtverkeersvoorschrift voor de Koninklijke Luchtmacht, LVV, L5-1 par. 8, en de lokale operationele procedures voor AOCS NM, par. 3.5.2.5, zijn aangepast. Hierin is thans geregeld dat wanneer een radarkoersinstructie wordt gegeven voor een ILS nadering, het glijpad van onderaf dient te worden onderschept.

4 CONCLUSIES

De analyse heeft geleid tot onderstaande conclusies als antwoord op de twee onderzoeksvragen:

- Hoe heeft het handelen van de luchtverkeersleiding en de bemanning bijgedragen aan het van bovenaf onderscheppen van het glijpad, en door welke factoren kan dit handelen worden verklaard?
- Hoe heeft het handelen van de bemanning bijgedragen aan de ILS pitch-up upset en het overtrekherstel, en door welke factoren kan dit handelen worden verklaard?

Hoofdconclusies

Torenverkeersleiding in Eindhoven

1. De torenverkeersleiding van Eindhoven had op het moment dat de keuze werd gemaakt voor de baan in gebruik, geen informatie beschikbaar over de bovenwind en heeft daarom geen rekening met deze wind gehouden in het vluchtpatroon voor IFR-vluchten. De keuze voor de betreffende landingsbaan resulteerde erin dat het vliegtuig op dwarswindbeen afweek en tijdens de eindnadering met een staartwind te maken kreeg die de daalsnelheid beïnvloedde.

Naderingsverkeersleiding in Eindhoven

2. De naderingsverkeersleiding van Eindhoven had geen informatie over de bovenwind en heeft derhalve geen rekening gehouden met de invloed van de deze wind bij het bepalen van het te vliegen patroon. Hierdoor ontstond een voor de eindnadering te kort oplijnen van het vliegtuig.
3. De naderingsverkeersleiding in Eindhoven heeft ten aanzien van de volgende punten niet de juiste procedures gevolgd:
 - Bemanningen dienen vooraf te worden geïnformeerd als zij radar begeleiding kunnen verwachten voor de nadering.
 - De onderschepping van een ILS glijpad gebeurt in principe van onderaf in lijn met het gestelde in gepubliceerde voorschriften.
 - Tijdens de radargeleiding dient de baan van het vliegtuig actief in de gaten te worden gehouden.
 - De overdracht van het vliegtuig door de naderingsverkeersleiding aan de torenverkeersleiding mag niet plaatsvinden zonder de bevestiging dat het vliegtuig op het ILS gestabiliseerd is, of overleg heeft plaatsgevonden met de torenverkeersleiding.

Bemanning

4. De bemanning heeft geen rekening gehouden met de invloed van de bovenwind. In combinatie met het hoge verticale profiel en de hoge snelheid ten opzichte van de afstand tot de landingsbaan, was een landing volgens de standaardprocedure onmogelijk geworden.
5. De bemanning heeft zonder navraag de instructies van de luchtverkeersleiding gevolgd en stelde de beslissing om een doorstart uit te voeren uit. Het is waarschijnlijk dat het vertrouwen van de bemanning in de betrouwbare geautomatiseerde systemen in de cockpit hieraan heeft bijgedragen.
6. De bemanning beschikte niet over goede procedures om de onderschepping van het valse glijpad te voorkomen. Dit gebeurde onder instrumentvliegomstandigheden en met een ingeschakelde automatische piloot.
7. De bemanning heeft de initiële handelingen tijdens de eerste overtrekherstelmanoeuvre conform de voorgeschreven procedure in het Flight Crew Training Manual uitgevoerd. Door het tijdelijk verminderen van de stuurkrachten op de stuurkolom is een tweede stick shaker waarschuwing opgetreden die door de bemanning correct is opgeheven.

Boeing

8. Tijdens een met de automatische piloot uitgevoerde ILS nadering op een hoogte boven het normale 3-graden glijpad, volgde het vliegtuig het 'Fly Up'-commando voor het valse 9-graden glijpad. Dit had een hoge neusstand van het vliegtuig tot gevolg, waardoor de instelhoek toenam tot boven de grens waarbij de stick shaker waarschuwing activeerde.
9. Het Flight Crew Training Manual van de Boeing 737NG bevatte geen waarschuwing voor een mogelijke glijpadonderschepping met een pitch-up upset tijdens een met de automatische piloot uitgevoerde ILS nadering. De bemanning werd hierdoor verrast door een 'automation surprise'.

Ryanair

10. Het Eindhoven incident is aanvankelijk door de maatschappij gemeld en beoordeeld als een voorval van minder belang waarvoor de CVR en FDR niet bewaard hoefden te worden.

Separaat onderzoek naar de werking van het ILS

Het onderzoek naar het Eindhoven incident heeft kenmerken van het ILS signaal aan het licht gebracht die nog niet algemeen bekend waren. Daarnaast is tijdens het onderzoek gebleken dat het Eindhoven incident niet enig in zijn soort is. Andere incidenten vonden plaats met verschillende typen vliegtuigen van verschillende luchtvaartmaatschappijen, tijdens het aanvliegen van verschillende luchthavens. De Onderzoeksraad concludeerde dat deze ILS-kenmerken een significante bedreiging van de luchtvaartveiligheid vormt en heeft besloten deze kwestie in een afzonderlijk onderzoek in behandeling te nemen. De relevante hoofdconclusies uit het separate onderzoek zijn:

1. De signaalkenmerken van valse glijpaden en de bijbehorende waarschuwingen van cockpitinstrumenten komen niet overeen met de bestaande kennis, training en handleidingen.
2. Signaalomkering treedt soms op bij een glijpadhoek van ongeveer 6 graden en altijd bij het glijpadhoek van 9 graden. Voorts geven cockpitinstrumenten geen bijbehorende ILS-waarschuwingen af.
3. Het gebied boven het gecertificeerde 3-graden ILS glijpad, dat het glijpad van 5,25 graden en verder betreft, maakt het geen deel uit van het ILS gecertificeerde operationele gebied. Als gevolg daarvan staan vliegtuigen die boven dit gecertificeerde operationele gebied vliegen, bloot aan risico's in verband met omgekeerde ILS-signalen en een daaruit voortkomend onverwachte respons van het automatische vluchtbesturingssysteem die resulteert in ernstige pitch-up.
4. Geautomatiseerde boordsystemen dienen ter ondersteuning van de cockpitbemanning en mogen bij gebruik het vliegtuig, de passagiers en de bemanning niet in gevaar brengen zonder dat daaraan vooraf een duidelijk herkenbare waarschuwing is gegaan en waarop voldoende tijd beschikbaar is om in te grijpen.
5. Het besluit van de vliegtuigbemanning om een doorstart uit te voeren of om op instructies van de luchtverkeersleiding te reageren lijkt te lang te worden uitgesteld wanneer tijdens een ILS-nadering hoog boven het verticale profiel van het vliegtuig wordt gevlogen. Er zijn aanwijzingen om aan te nemen dat de vergaande en betrouwbare automatisering van de cockpit hieraan bijdraagt en dat de basisvaardigheden op het gebied van hoogte ten opzichte van afstand tot de landingsbaan voor vluchtpadbeheer onvoldoende worden beoefend.

Het onderzoeksrapport met de conclusies over de ILS-signaalafwijking is afzonderlijk gepubliceerd.

5 AANBEVELINGEN

Op basis van de bevindingen en conclusies komt de Onderzoeksraad tot de volgende aanbevelingen.

De Onderzoeksraad doet de volgende aanbevelingen aan de minister van Defensie.

1. Zorg ervoor dat de naderingsverkeersleiding voor burger vliegverkeer in militair luchtruim rekening houdt met het effect van de bovenwind.
2. Zorg ervoor dat bij de keuze van de start- en landingsbaan in gebruik op Eindhoven Airport naast de heersende grondwind ook rekening wordt gehouden met de invloed van de bovenwind tijdens de nadering.

De Onderzoeksraad doet de volgende aanbevelingen aan de luchtvaartmaatschappij Ryanair.

3. Zorg ervoor dat de lijst met te rapporteren voorvallen in het Operations Manual van de maatschappij expliciet wordt aangevuld met 'stick shaker' en 'pitch-up upset' incidenten.
4. Zorg ervoor dat bij twijfel of het voorval moet worden gemeld bij het eerste contact met de maatschappij het incident op zijn merites wordt beoordeeld waarbij CVR en FDR retentie tevens onderwerp van de beoordeling zijn.

Bijlage A. Onderzoeksverantwoording	63
Bijlage B. Commentaar betrokken partijen	65
Bijlage C. Veiligheidswaarschuwing: Onverwacht gedrag van automatische piloot tijdens ILS nadering	66
Bijlage D. Documentatie	71
Bijlage E. ATC Transcript 31 mei 2013 vlucht 3531	72
Bijlage F. Plot van WQAR gegevens	74
Bijlage G. Tijdlijn	75
Bijlage H. Boeing 737 Flight Crew Operations Manual	76

ONDERZOEKSVERANTWOORDING

In overeenstemming met internationale voorschriften is contact opgenomen met alle betrokken Staten: Ierland (Staat van registratie van het betrokken vliegtuig en thuisland van de luchtvaartmaatschappij), Verenigde Staten van Amerika (Staat van fabricage en ontwerp van het vliegtuig). Het Europese Agentschap voor de veiligheid van de burgerluchtvaart (European Aviation Safety Agency, EASA) is tevens op de hoogte gebracht van het onderzoek.

In lijn met ICAO Annex 13, is door alle betrokken Staten een geaccrediteerd vertegenwoordiger met adviseurs aangewezen ter ondersteuning van het onderzoek.

De volgende partijen en organisaties hebben aan het onderzoek meegewerkt:

- Commando Luchtstrijdkrachten
 - Air Operations Control Centre Nieuw Milligen
 - Vliegbasis Eindhoven
 - Vliegbasis Woensdrecht
- Luchtvaartmaatschappij Ryanair

De volgende onderzoeken en activiteiten hebben plaatsgevonden:

- 21-06-2013 - VLS radiocommunicatie Eindhoven
- 17-07-2013 - Amsterdam Airport Schiphol – B737-simulator
- 13/14-11-2013 Bezoek Dublin Technical Review meeting, luchtvaartmaatschappij en bemanning
- 27-01-2014 - Amsterdam Airport Schiphol – B737-simulator

Interviews en gesprekken

- 01-07-2013 Eindhoven – Bemanning
- 26-07-2013 Luchtverkeersleider en Supervisor luchtverkeersleiding
- 12-09-2013 naderingsluchtverkeersleider
- 13/14-11-2013 Ryanair, Veiligheidsmanager, Chef-vlieger en bemanning
- 26-11-2013 naderingsluchtverkeersleider

Begeleidingscomissie

Prof. Mr. Dr. E.R. Muller	voorzitter
Ir. J.B. Benard	gezagvoerder B747 Martinair
Prof. Dr. P.M.J. Mendes de Leon	hoogleraar Universiteit van Leiden
Prof. Dr. Ir. M. Mulder	hoogleraar mens-machine interactie in Lucht- en Ruimtevaart, Technische Universiteit Delft
L.F.M. Ruitenbergh	consultant luchtvaartveiligheid
Mr. Dr. R.M. Schnitker	juridisch deskundige luchtvaart

Projectteam

Ing. K.E. Beumkes MSHE	projectleider
Lt-Kol vl. G.J. de Rover	senior onderzoeker
Ir. M. J. Schuurman	senior onderzoeker
Dr. N. Smit	adviseur onderzoek en ontwikkeling
H. Kiffen	expert militaire verkeersleiding
G. Stigter	gezagvoerder B737, expert Vereniging Nederlandse Verkeersvliegers – Accident Investigation Group
Kol mr. H. van Duijn	onderzoeksmanager

Geraadpleegde deskundige

V.H. Telkamp	gezagvoerder A330
--------------	-------------------

COMMENTAAR BETROKKEN PARTIJEN

Een conceptrapport (zonder beschouwing) is ter beoordeling op feitelijke onjuistheden aan de direct betrokken partijen voorgelegd, conform de Rijkswet Onderzoeksraad voor Veiligheid. De Onderzoeksraad heeft de ontvangen commentaren, voor zover het niet-tekstuele, technische aspecten en feitelijke onjuistheden betreft, verwerkt in het definitieve rapport. De opmerkingen die niet zijn overgenomen staan apart vermeld in een tabel en zijn voorzien van de reden waarom de Raad het rapport op deze punten niet heeft aangepast. De in de opmerkingen aangehaalde paragraaf- of hoofdstuknummers verwijzen naar de nummering van het conceptrapport en komen niet altijd meer overeen met de nummering in het definitieve rapport. De tabel staat bij het betreffende onderzoek op de website van de Onderzoeksraad: www.onderzoeksraad.nl.

De inzageversie van dit rapport is voorgelegd aan de volgende betrokken personen en partijen:

- Vliegtuigbemanning vlucht 3531:
 - Gezagvoerder van het vliegtuig
 - Copiloot van het vliegtuig
 - Derde cockpitbemanningslid
- Naderingsverkeersleider Eindhoven Airport
- Luchtvaartmaatschappij Ryanair, Ierland
- Air Accidents Investigation Unit, Ierland
- Boeing Aircraft Company, Verenigde Staten
- National Transportation Safety Board, Verenigde Staten
- Minister van Infrastructuur en Milieu
- Minister van Defensie:
 - Directie Aansturing Operationele Gereedheid
 - Militaire Luchtvaartautoriteit
 - Commandant luchtmachtstrijdkrachten
 - Commandant Vliegbasis Eindhoven

VEILIGHEIDSWAARSCHUWING

VEILIGHEIDSWAARSCHUWING

Datum: Den Haag, 18 november 2013

ONVERWACHT GEDRAG VAN AUTOMATISCHE PILOOT TIJDENS ILS NADERING

Tijdens naderingen waarbij het instrument landingsysteem (ILS) wordt aangevlogen vanaf een grotere hoogte dan normaal, genereert de automatische piloot mogelijk een hoge neusstand van het vliegtuig hetgeen kan leiden tot een (bijna) overtrek-situatie.

De bijzonderheden

- Wereldwijd zijn verschillende typen ILS in gebruik. De signaalkarakteristieken in het gebied boven het (normale) 3 graden glijpad zijn afhankelijk van het type ILS.
- Bij diverse vliegtuigtypen worden de glijpadsignalen door de automatische piloot op een gelijke manier omgezet in stuursignalen. Het betreft hier vliegtuigtypen die wereldwijd in gebruik zijn bij diverse luchtvaartmaatschappijen.
- Indien het ILS glijpadsignaal vanaf een grotere hoogte dan normaal wordt aangevlogen, met de automatische piloot ingeschakeld, kan het voorkomen dat het vliegtuig plotseling een verkeerd glijpad volgt. Dit resulteert in hoge neusstanden

van het vliegtuig (onverwachte vliegtuigbewegingen met de automatische piloot ingeschakeld).

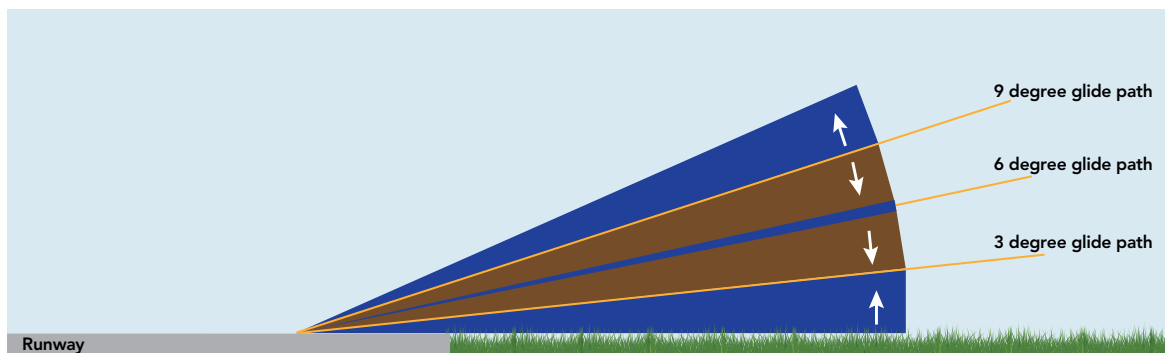
Voorlopige onderzoeksresultaten

De Onderzoeksraad voor Veiligheid is een onderzoek gestart naar een voorval uit 2013 waarbij tijdens de ILS nadering het vliegtuig plotseling een hoge neusstand aannam. Door de plotselinge hoge neusstand nam de vliegsnelheid sterk af tot een punt waarbij de overtrekwaarschuwing werd geactiveerd. De vliegtuigbemanning maakte vervolgens een doorstart. Gedurende het onderzoek kwamen soortgelijke voorvallen onder de aandacht van de Onderzoeksraad. Een eerste vergelijking tussen de verschillende voorvallen bracht een gemeenschappelijke factor aan het licht, namelijk de aanwezigheid van een zogenaamde "M-array" ILS antenne. Dit type ILS antenne is wereldwijd in gebruik, ook op de grotere vliegvelden en op militaire vliegbases in Nederland.

De ILS systemen worden conform de voorschriften regelmatig gekalibreerd middels meetvluchten zodat het gebruik is toegestaan. Deze meetvluchten richten zich uitsluitend op het gebied rondom het normale 3 graden glijpad. De signaalkarakteristieken in het gebied hoger dan het 3 graden glijpad vormen nu het aandachtsgebied van het onderzoek door de Onderzoeksraad. Door middel van testvluchten zijn de uitgezonden signalen van verschillende "M-array" ILS antennes gemeten. Hierbij zijn de karakteristieken van de glijpadsignalen boven het 3 graden glijpad in kaart gebracht.

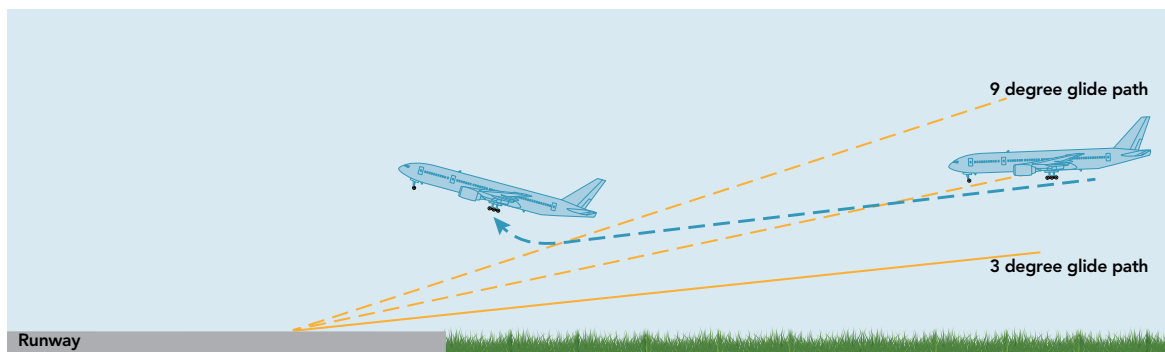
Uit analyse van de metingen blijkt dat in het gebied tussen het 3 en 9 graden glijpad de signaalsterktes variëren. Dit leidt tot waarneembare variaties van het glijpadsignaal op de vlieginstrumenten. Op dit moment zijn twee belangrijke karakteristieken van de "M-array" ILS antenne voor het glijpad gebied geïdentificeerd:

1. Bij het 9 graden glijpad trad er in alle gevallen een omkering van het signaal plaats waardoor ook het vliegtuig omgekeerd reageerde (vlieg hoger / vlieg lager).
2. Bij het 6 graden glijpad trad er soms een omkering van het signaal plaats.²³



Figuur 1: Dwarsdoorsnede van het ILS "M-array" signaal. Schematisch zijn de vlieg hoger (blauw) en vlieg lager (bruin) indicaties weergegeven

²³ Tijdens metingen op twee verschillende vliegvelden in Nederland werd de signaalomkering bij het 6 graden glijpad niet in alle gevallen waargenomen.



Figuur 2: Voorbeeld van een vlucht op een verkeerd glijpad liggend boven het normale 3 graden gebied resulterend in een abnormale vliegtoestand.

Afhankelijk van het gemeten glijpadsignaal van verschillende ILS antennes werd er soms bij het 6 graden glijpad, maar bij alle 9 graden glijpaden, een signaalomkering waargenomen. Deze signaalomkering zorgt ervoor dat de automatische piloot het verkeerde glijpadsignaal gaat volgen zonder daarbij beperkt te worden in de maximale stuuruit-slagen. Tijdens testvluchten resulteerde deze omkering van het signaal in een plotselinge hoge neusstand door stuursignalen van de automatische piloot. Daarbij nam de snelheid van het vliegtuig af. Snel ingrijpen van de vliegtuigbemanning van het testvliegtuig was noodzakelijk om het toestel weer in een normale vliegtoestand te krijgen.

De testvluchten hebben aangetoond dat de gangbare theorie omtrent verkeerde glijpaden (internet, studieboeken en literatuur) een beperkt en niet altijd een juist beeld geeft van alle in gebruik zijnde ILS systemen. In sommige vlieghandboeken staat bijvoorbeeld beschreven dat verkeerde vliegpaden herkend kunnen worden aan een hogere daalsnelheid dan normaal. Deze beschrijving vormt geen nauwkeurige weergave van wat daadwerkelijk verwacht kan worden indien een verkeerd glijpad van een "M-array" antenne wordt gevolgd.

Onderzoek heeft een aantal recente voorvallen aan het licht gebracht waarbij sprake was van een onverwachte hoge neusstand ten gevolge van een verkeerd glijpad. Het betrof hierbij vliegtuigen van verschillende makelij en in gebruik bij diverse luchtvaartmaatschappijen

De voorlopige onderzoeksresultaten hebben de Onderzoeksraad doen besluiten de voorliggende veiligheidswaarschuwing uit te geven teneinde de luchtvaartwereld attent te maken op de karakteristieken van het ILS glijpad en te waarschuwen voor de gevaren die het verkeerd aanvliegen van de ILS met zich mee kan brengen.

Gerelateerde incidenten

Tijdens het huidige onderzoek heeft de Onderzoeksraad kennis genomen van nog een vergelijkbaar voorval met een ander vliegtuigtype op Amsterdam Airport Schiphol in 2011.

In 2012 heeft het Franse onderzoeksbureau "Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile" (BEA) onderzoek gedaan naar een voorval met hoge neusstanden tijdens de nadering van een passagiersvliegtuig op Paris Charles de Gaulle

Airport. Ook bij dit voorval nam de vliegsnelheid plotseling af als gevolg van een hoge neusstand waarna de bemanning een doorstart heeft gemaakt. De Onderzoeksraad heeft informatie ontvangen dat ook op Paris Charles de Gaulle gebruik wordt gemaakt van "M-array" ILS antennes.

Meer informatie over dit voorval is te vinden op <http://www.bea.aero> - rapport "*Approach above glide path, interception of ILS sidelobe signal, increase in pitch angle commanded by autopilot*", september 2013.

Informatie voor piloten; wat kunt u doen?

Piloten dienen bedacht te zijn op de gevaren die verschillende ILS glijpadkarakteristieken kunnen veroorzaken indien boven het normale 3 graden glijpad gevlogen wordt tijdens de nadering. In het bijzonder geldt dit voor de stuursignalen die de automatische piloot kan genereren bij het actief worden van het glijpadvolgsysteem.

Informatie voor luchtvaartmaatschappijen; wat kunt u doen?

Luchtvaartmaatschappijen dienen na te gaan of additionele procedures of richtlijnen noodzakelijk zijn om het gevaar te verminderen van onverwacht stuurgedrag van de automatische piloot bij ILS naderingen.

Indien u na het lezen van deze veiligheidswaarschuwing denkt dat een soortgelijk voorval zich heeft voorgedaan binnen uw bedrijf dan wordt u verzocht contact op te nemen met de Onderzoeksraad voor het verstrekken van relevante informatie.

Informatie voor luchtverkeersleiders; wat kunt u doen?

Verkeersleiders dienen de voorgeschreven naderingsprocedures te volgen. Het volgen van de naderingsprocedures vermindert de werkbelasting van vliegtuigbemanningen en voorkomt gevaarlijke situaties tijdens de nadering.

Informatie voor vliegtuigfabrikanten; wat kunt u doen?

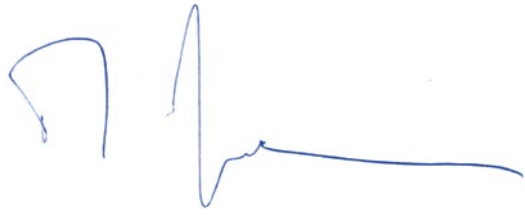
Vliegtuigfabrikanten dienen na te gaan of additionele richtlijnen noodzakelijk zijn om het gevaar van onverwacht stuurgedrag van de automatische piloot bij ILS naderingen te verminderen.

Wat kunnen de luchtvaartautoriteiten doen?

De luchtvaartautoriteiten dienen na te gaan in hoeverre de betrokken partijen afdoende maatregelen hebben genomen om de risico's te verminderen ten gevolge van het volgen van verkeerde glijpaden. Zij dienen er verder op toe te zien dat maatregelen worden genomen.

Deze veiligheidswaarschuwing heeft niet ten doel om enige schuld of aansprakelijkheid vast te stellen. Het enige doel van deze veiligheidswaarschuwing is de luchtvaartsector opmerkzaam te maken op de geconstateerde potentiële gevaren die de Onderzoeksraad heeft geïdentificeerd bij onderzoek naar dit voorval.

Publicatie van het onderzoeksrapport (Stick shaker waarschuwing tijdens ILS nadering, Boeing 737-800, 31 mei 2013 Eindhoven Airport) wordt verwacht in mei 2014.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'J' followed by a series of loops and a long horizontal stroke.

mr. T.H.J. Joustra
Voorzitter Onderzoeksraad voor Veiligheid

DOCUMENTATIE

Overzicht van tijdens het onderzoek geraadpleegde regelgeving en handboeken

- Annex 13 Aircraft Accident and Incident Investigation, International Civil Aviation Organization, 10th edition July 2010
- Regulation (EU) No 996/2010
- ICAO Doc 4444, Procedures for Air Navigation Services – Air Traffic Management
- AIP Netherlands, Airport, Aerodromes, Eindhoven
- Local Operating Procedures Air Operations and Control Station Nieuw Milligen
- Luchtverkeersvoorschrift voor de Koninklijke Luchtmacht
- Ryanair Operations Manual delen A en B
- Boeing 737 Flight Crew Operations Manual
 - GoAround and Missed Approach procedure
 - Approach to Stall or Stall Recovery manoeuvre
- Boeing 737NG Flight Crew Training Manual
 - Intercepting Glide Slope from Above

ATC TRANSCRIPT 31 MEI 2013 VLUCHT 3531

(locale tijden van Voice Logging Systeem Vliegbasis Eindhoven)

Eindhoven Arrival

08.43:00 Arrival: RYR 3531, left heading 310, continue descent A2000 feet
RYR 3531: Heading 310 degrees, descent 2000 feet RYR 3531
08.46:00 Arrival: RYR 3531, left heading 250, cleared ILS 21, report established
RYR 3531: Heading 250 degrees ,approach rwy21, report established RYR 3531
08.47:00 Arrival: RYR 3531, contact tower frequency 131.000
RYR 3531: 131.000, RYR 3531

Eindhoven Tower

RYR 3531: Eindhoven, hello RYR 3531
Tower: RYR 3531 Eindhoven tower, good morning, rwy 21, cleared to land, the wind 330 8 knots maximum 16
RYR 3531: Cleared to land rwy21 and say again the wind please
Tower: 330 10 knots, maximum 16
08.48:00 Tower: RYR 3531, climb rwy track at 2000 feet, continue with arrival 124.525
RYR 3531: 124.525, continue rwy track, 2000 feet RYR 3531

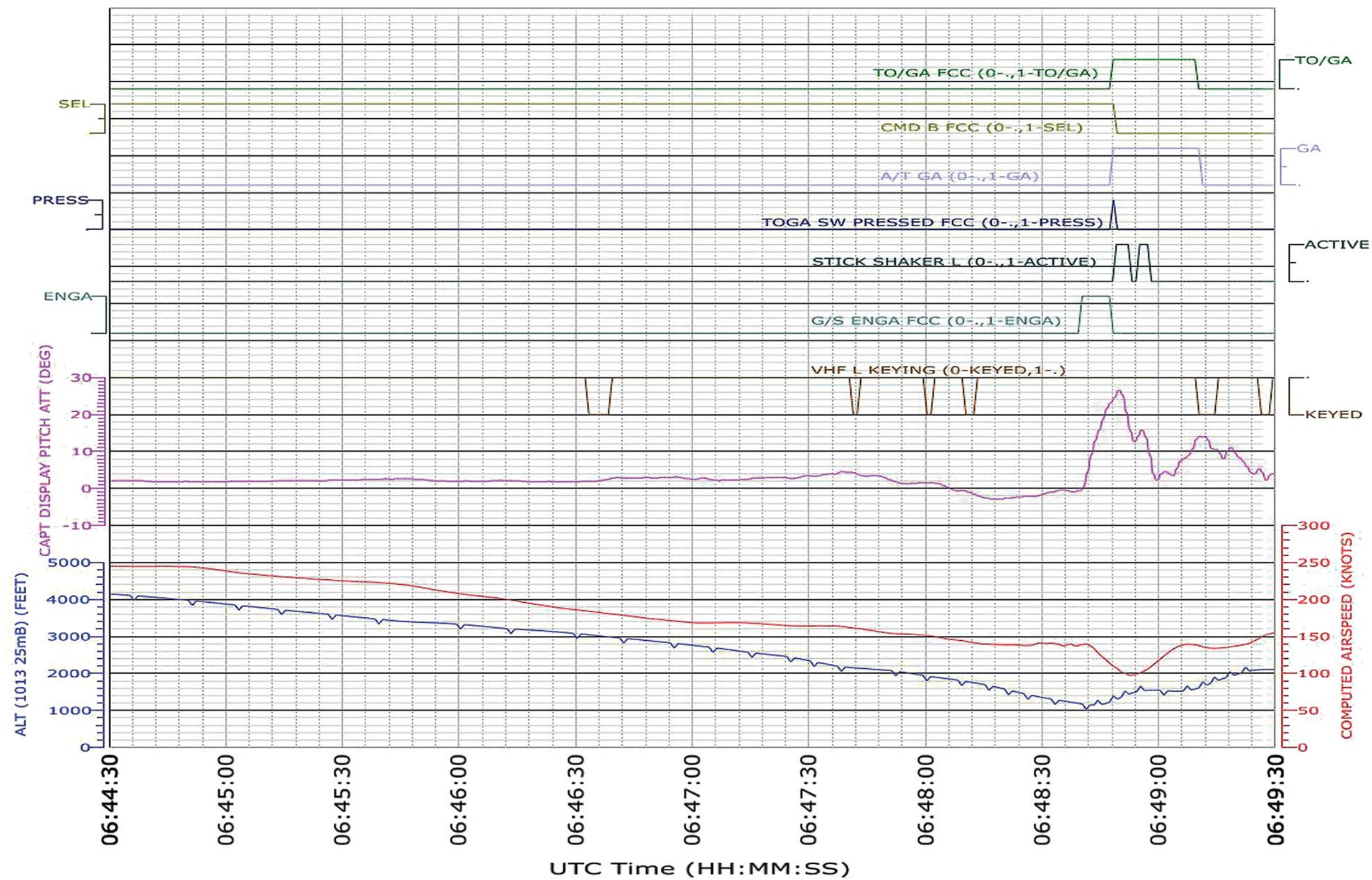
Eindhoven Arrival

RYR 3531: Eindhoven RYR 3531 go around
Arrival: RYR 3531, identified again after 3 DME right heading north
RYR 3531: Say again please
Arrival: Identified again after 3dme heading 360
RYR 3531: After 3dme right heading 360
Arrival: RYR 3531, right heading 040
RYR 3531: 040 RYR 3531, uhm, just for your information, the reason for missed approach that we had a fault glide slope capture. And there I can't want to climb again. That's the reason we went around
Arrival: RYR 3531 copied
08.56:00 Arrival: RYR 3531 right heading 130
RYR 3531: RYR 3531
Arrival: RYR 3531 right heading 190, cleared ILS rwy21
RYR 3531: Right heading 190, cleared ILS approach rwy21 RYR 3531

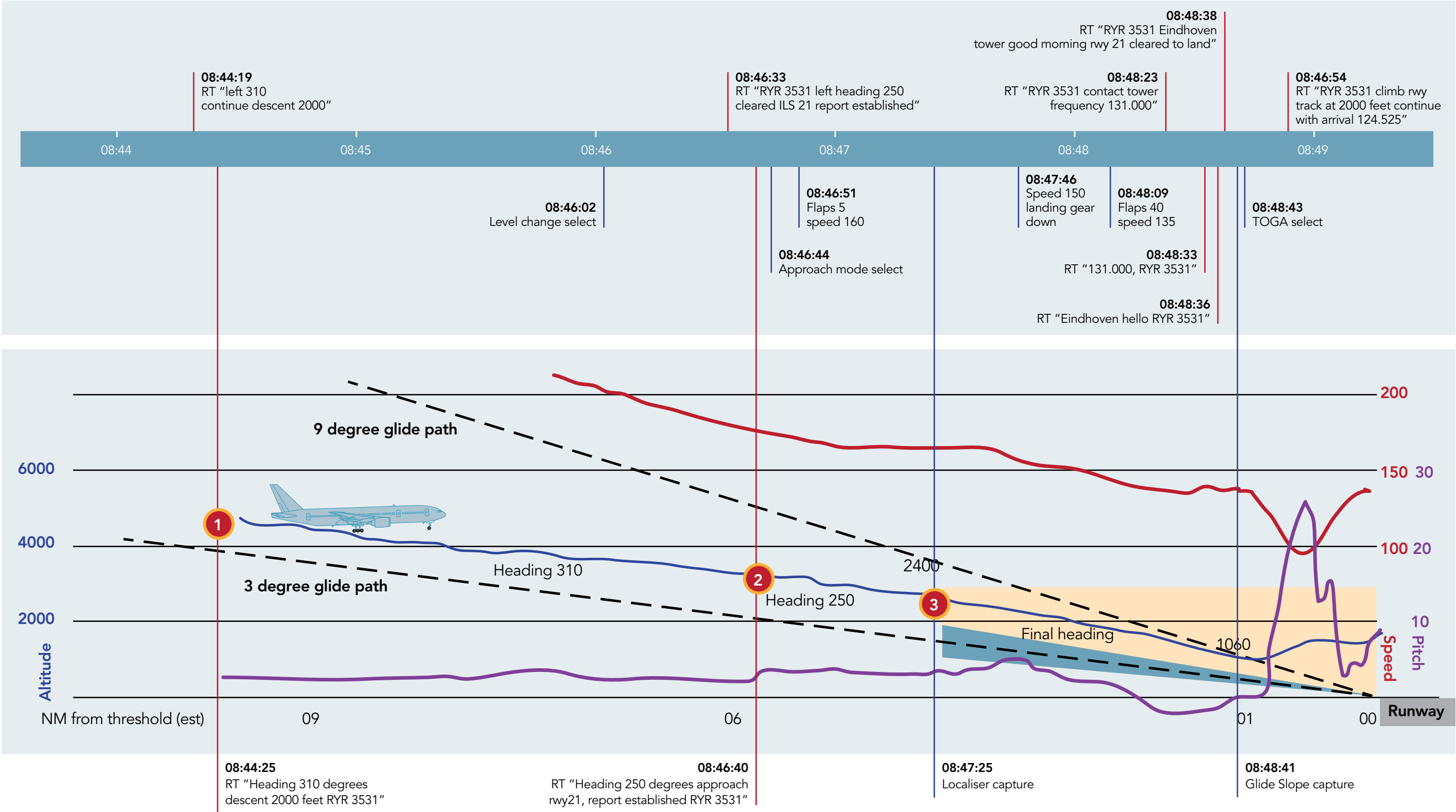
Eindhoven Tower

08.58:00 RYR 3531: Eindhoven RYR 3531 established
Tower: RYR 3531 Eindhoven tower good morning, the wind 320 10 knots
maximum 14, rwy 21 cleared to land
RYR 3531: Cleared to land rwy21, RYR 3531
Tower: RYR 4021, contact Dutch mill 128 decimal 35 bye bye
RYR 4021: 12835 goeiedag [Dutch, translated: good day] RYR 4021
09.00:06 Tower: RYR 3531 Echo right, contact ground 121925
RYR 3531: Echo vacated (unintelligible) 1 (unintelligible) 75 RYR 3531

PLOT VAN WQAR GEGEVENS



TIJDLIJN



BOEING 737 FLIGHT CREW OPERATIONS MANUAL



737 Flight Crew Operations Manual

Maneuvers

Non-Normal Maneuvers

Chapter MAN

Section 1

Approach to Stall or Stall Recovery

All recoveries from approach to stall should be done as if an actual stall has occurred.

Immediately do the following at the first indication of stall (buffet or stick shaker).

Note: Do not use flight director commands during the recovery.

Pilot Flying	Pilot Monitoring
- Initiate the recovery: - Hold the control column firmly. - Disconnect autopilot and autothrottle. - Smoothly apply nose down elevator to reduce the angle of attack until buffet or stick shaker stops. Nose down stabilizer trim may be needed.*	- Monitor altitude and airspeed. - Verify all required actions have been done and call out any omissions. - Call out any trend toward terrain contact.
- Continue the recovery: - Roll in the shortest direction to wings level if needed.** - Advance thrust levers as needed. - Retract the speedbrakes. - Do not change gear or flap configuration, except - During liftoff, if flaps are up, call for flaps 1.	- Monitor altitude and airspeed. - Verify all required actions have been done and call out any omissions. - Call out any trend toward terrain contact. - Set the FLAP lever as directed.
- Complete the recovery: - Check airspeed and adjust thrust as needed. - Establish pitch attitude. - Return to the desired flight path. - Re-engage the autopilot and autothrottle if desired.	- Monitor altitude and airspeed. - Verify all required actions have been done and call out any omissions. - Call out any trend toward terrain contact.

Boeing Proprietary. Copyright © Boeing. May be subject to export restrictions under EAR. See title page for details.

April 28, 2011

D6-27370-8AS-RYR(AS)

MAN.1.1

Reprinted with permission of The Boeing Company.
This information may be subject to Export Administration Restrictions under EAR99

Normal Procedures -
Amplified Procedures



737 Flight Crew Operations Manual

PILOT FLYING	PILOT MONITORING
Verify airplane levels off at selected altitude.	
Call "AFTER TAKEOFF CHECKLIST."	Accomplish the AFTER TAKEOFF checklist.

Go-Around Procedure Single Channel or Manual - Pilot Flying and Pilot Monitoring < RYR >

PILOT FLYING	PILOT MONITORING
Push TO/GA switch. Call "GO-AROUND - FLAPS 15." If full G/A thrust is required, push the TO/GA switch again after reduced G/A thrust is established.	Confirm thrust advances toward G/A. Call "FLAPS 15", position FLAP lever to 15 and monitor flap retraction.
Rotate to go-around attitude and call "SET GO-AROUND THRUST."	
Verify mode annunciation.	
When positive rate of climb is indicated, call "GEAR UP" and monitor acceleration.	Verify that both VSI and altimeter indicate a positive rate of climb and call "POSITIVE RATE" and move the gear lever to the UP position.
Check flight instrument indications (MCP speed window blanks.)	
Above 400 feet, call for appropriate roll mode and commence flap retraction.	Verify annunciation. Position FLAP lever as directed, monitor flaps and slats retraction and call "FLAPS UP, NO LIGHTS." Call ATC.
Call "TUNE RADIOS FOR MISSED APPROACH."	Tune radios as directed.
Level off at selected altitude and maintain flaps-up maneuvering speed.	
Engage autopilot and call "COMMAND A/B."	Verify annunciation.
Call "AFTER TAKEOFF CHECKLIST."	Accomplish the AFTER TAKEOFF checklist.

76 van 77

**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