

RAPPORT

SL 2011/14



RAPPORT OM ALVORLIG LUFTFARTSHENDELSE VED MOLNES I MØRE OG ROMSDAL 1. APRIL 2009 MED EUROCOPTER AS 350 B3, LN-OWB

Statens havarikommisjon for transport (SHT) har utarbeidet denne rapporten utelukkende i den hensikt å forbedre flysikkerheten. Formålet med undersøkelsene er å identifisere feil og mangler som kan svekke flysikkerheten, enten de er årsaksfaktorer eller ikke, og fremme tilrådinger. Det er ikke havarikommisjonens oppgave å ta stilling til sivilrettslig eller strafferettslig skyld og ansvar. Bruk av denne rapporten til annet enn forebyggende sikkerhetsarbeid bør unngås.

RAPPORT

Statens havarikommisjon for transport
Postboks 213
2001 Lillestrøm
Telefon: 63 89 63 00
Faks: 63 89 63 01
<http://www.aibn.no>
E-post: post@aibn.no

Avgitt dato: 25.05.2011
SL Rapport: 2011/14

Denne undersøkelsen har hatt et begrenset omfang. Av den grunn har SHT valgt å benytte et forenklet rapportformat. Rapportformat i henhold til retningslinjene gitt i ICAO Annex 13 benyttes bare når undersøkelsens omfang gjør dette påkrevd.

Alle tidsangivelser i denne rapport er lokal tid (UTC + 2 timer) hvis ikke annet er angitt.

Luftfartøy:

- Type og reg.: Eurocopter AS 350 B3, LN-OWB
- Produksjonsår: 2002
- Motor: Turbomeca Arriel 2B

Operatør:

NORD Helikopter AS

Dato og tidspunkt:

Onsdag 1. april 2009 kl. 1430

Hendelsessted:

Molnes ved Vigra i Giske kommune, Møre og Romsdal

Type hendelse:

Alvorlig luftfartshendelse, temporært tap av kontroll

Type flyging:

Ervervsmessig, ikke regelbunden, lasteflyging

Værforhold:

Klart vær, lite vind

Lysforhold:

Dagslys

Flygeforhold:

VMC

Antall om bord:

1

Personskader:

Ingen

Skader på luftfartøy:

Skade på "cargo swing" og på forbindelsen mellom vektcelle og lastekrok

Andre skader:

Ingen

Fartøysjef:

- Kjønn og alder: Mann, 40 år
- Sertifikat: CPL (H)
- Flygererfaring: Total flygetid: 2 418 timer, hvorav 772 på typen.
Flygetid siste 90 dager: 62 timer, hvorav 52 på typen.
Flygetid siste 24 timer: 5 timer, alt på typen.

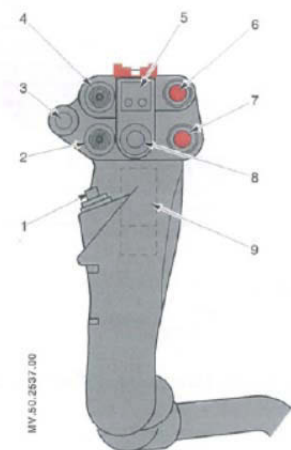
Informasjonskilder:

"NF-2007 Rapportering av ulykker og hendelser i sivil luftfart",
NORD Helikopters interne undersøkelse og SHTs egne
undersøkelser.

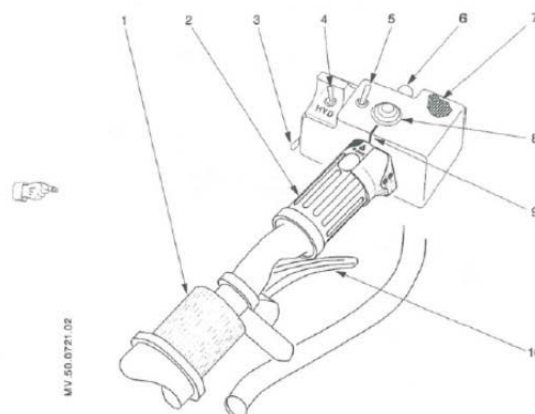
FAKTISKE OPPLYSNINGER

NORD Helikopter AS gjennomførte transportoppdrag med underhengende last med helikopter over flere dager ved Molnes i Giske kommune. Området ligger innenfor kontrollsonen til Ålesund lufthavn Vigra (Vigra CTR). Oppdraget bestod i å frakte ukvistet tømmer ned fra et utilgjengelig område oppe i en ås til en losseplass i strandkanten. Bakkemannskap på lasteplassen fordelte tømmerstokkene i passende store hiv, stropet dem opp i rotenden med 6 meter lastestropper og kroket dem på en lastekrok i enden av en langline (longline) på 30 meter (2 x 15 meter flettet nylon) som igjen var festet til en lastekrok under buken på helikopteret. Kroken nederst på langlinen var utstyrt med en elektrisk utløsningsmekanisme som ble brukt til normal festing og utløsning av last, mens kroken under buken på helikopteret, der den andre enden av linen var festet, var utstyrt med en mekanisk utløsning som kunne benyttes i nødstilfelle. Helikoptertypen har en mulighet for styring av den elektriske utløsermekanismen for lastekrokene, med en vippebryter på venstre side av instrumentpanelet der en kan velge mellom at den elektriske utløsningen skal rutes til kroken under helikopteret eller til kroken i enden av langlinen. Flygingen ble utført med vertikale referanser ved at flygeren kunne se den nedre lastekroken gjennom et vindu på høyre side i dørken i førerrommet.

Flygingene foregikk etter et fast mønster. Lasten ble kroket på helikopteret oppe i lia, løftet opp og fløyet ned til losseplassen. Der ble toppenden av trærne satt ned og helikopteret beveget seg framover og nedover slik at stokkene etter hvert la seg over og ble liggende i haug sammen med tømmeret som allerede var transportert ned. Når tømmeret lå helt nede og stroppen var avlastet, utløste flygeren den elektrisk kontrollerte kroken nederst på langlinen med en bryter på styrestikka (se figur 1) og satte kursen tilbake for å hente neste hiv. Flygetraseen krysset en kraftlinje ca. 75 meter før losseplassen, slik at siste del av innflygingen måtte være relativt bratt. Hver runde tok ca. 3 minutter. Helikopteret var utstyrt med en vektcelle på lastekroken. Det er opplyst at massen på hivene lå på mellom 700 kg og 1 250 kg. Den samlede lengden på et hiv med langline og trær er anslått til 45-50 meter.



Figur 1: Typisk stikkegrep på styrestikke i AS 350 B3. Nr 6 er knapp for elektrisk utløsning av lastekrok.



Figur 2: Typisk kollektivstikke i AS 350 B3. Nr 10 er håndtak for manuell utløsning av lastekroken. Nr 1 er friksjonsanordningen. Nr 2 er motorregulerings-kontrollen der flygeren normalt holder fingrene på venstre hånd under flyging.

Hendelsen skjedde på det 22. løftet den tredje dagen av oppdraget. Flygeren hadde gjennomført et stort antall løft også de to foregående dagene. På dette løftet var tømmerlasten 780 kg og drivstoffmengden i helikopteret ca. 60 liter.

Da helikopteret kom ned til losseplassen ble trærne som vanlig satt ned på toppenden og fartøysjefen reduserte motorkraften slik at helikopteret beveget seg nedover og langsomt framover for å legge stokkene ned på vanlig måte. Omtrent halvveis i denne manøveren begynte helikopteret en hoppende bevegelse, samtidig som det fortsatte å synke mot bakken. Fartøysjefen har forklart at bevegelsene startet meget raskt og fort ble store. Han ble kastet rundt i setet og hang tidvis i sikkerhetsselet, slik at han blant annet ikke helt nådde fram til pedalene og hadde problemer med å kontrollere helikopteret. Han har forklart at han ble overrasket over hvor store krefter som kom i spill. Helikopteret holdt retningen med en liten fart framover mens det fortsatte hoppebevegelsene og nærmet seg bakken. Bevegelsene kan gradvis ha blitt noe langsommere, men med større utslag. Fartøysjefen holdt taket i kontrollene og tror han instinktivt kan ha senket kollektiven noe for å komme ned.

Mens dette forgikk skjønnte fartøysjefen at problemet hadde å gjøre med at kollektiv oscillerte og fikk mistanke om at dette kunne være flygerindusert oscillasjon (pilot induced oscillation/PIO), se vedlegg. Han kjente til fenomenet, særlig fordi han mener han kan ha opplevd noe lignende da han satt på med en annen flyger i en AS 350 B2 noen år før.

Da helikopteret nærmet seg bakken, dreide fartøysjefen halen til venstre for å unngå at halerotoren skulle treffe trærne som han nettopp hadde lagt ned. Han innså da at han kom til å gå i bakken om han ikke foretok seg noe. Underlaget var ugunstig for landing i den grad at han var bekymret for at hovedrotoren kunne treffe haugen med last. Ca. 3 meter over bakken fikk han skikkelig tak i kollektiven og dro kraftig. Han opplevde da at den hoppende bevegelsen umiddelbart opphørte, og at helikopteret fløy normalt og begynte å stige mens det fortsatte sakte framover.

Langlinen var som normalt fremdeles fast i helikopteret, men fartøysjefen skjønnte at den ikke var løst ut nede ved tømmerlasten som den skulle ha vært. Han var sikker på at han tidligere under nedleggingen hadde forsøkt å løse ut lasten på vanlig måte ved å trykke på knappen for den elektriske utløsning av kroken. Han vurderte derfor at det var nødvendig å benytte den mekaniske utløsermekanismen for kroken under buken for å bli fri fra lasten. Denne løses ut ved å klemme inn et håndtak som er montert under kollektivstikka (se figur 2). I dette tilfellet viste det seg at utløserhåndtaket var montert med en vinkel på 20-30 grader til høyre / inn fra vertikalen. Dette krevde dermed en vanskelig bevegelse under og rundt til håndtaket for å nå det fra et vanlig grep om kollektiven. Supplementet til helikopterets flygehåndbok som omhandler lastekrokinstallasjonen sier at håndtaket er montert på undersiden av kollektiven og at det før start skal sjekkes at håndtaket åpner kroken, men ikke noe spesifikt om at posisjonen til dette håndtaket skal sjekkes. SHT har heller ikke funnet dette spesifisert i helikoptertypens vedlikeholdsdokumentasjon.

Fartøysjefen mente på dette tidspunktet at det ikke var trygt å heve nesa for å stoppe framoverbevegelsen siden det ville senke halen og medføre fare for at langlinen kunne komme inn i halerotoren. Helikopteret hadde ikke steget mye og vinkelen til linen var liten slik at han hadde følelsen av at linen var i høyde med, om enn noe til høyre for halerotoren. I samme øyeblikk som linen strammet opp slik at helikopteret fikk et rykk, fikk han forandret grep ved å slippe taket i kollektiv. Han klarte da å operere håndtaket fra den andre siden slik at linen løste ut fra kroken under buken.

Fartøysjefen gjenvant umiddelbart full kontroll over helikopteret og landet på vanlig måte ved losseplassen og foretok en inspeksjon. Han så da at det var oppstått skader på ett stag til "cargo swing" og på forbindelsen mellom vektcellen og lastekroken (se figur 3).

Fartøysjefen fikk bekreftet at den elektrisk styrte kroken i enden av langlinen ikke hadde løst ut, noe han mener kan skyldes at selve kroken lå på bakken da han trykte på knappen på styrespaken. Han kontaktet tekniker på telefon og helikopteret ble tatt ut av tjeneste i påvente av nærmere undersøkelse og reparasjon.

Data som lagres i helikopterets "Vehicle and Engine Multifunction Display" (VEMD) viste ingen overskridelser av motorbegrensninger i forbindelse med hendelsen. Selskapet har opplyst at en kontroll av sporing og balansering av helikopterets hovedrotor etter hendelsen viste verdier (0,46 ips) godt utenfor de normale begrensningene (0,20 ips). I følge selskapet er det trolig at ubalansen hadde eksistert før hendelsen. Balansering og sporing ble justert før helikopteret ble satt inn i tjeneste igjen.



Figur 3: Skadet lastekrok med innfesting i "cargo swing". (Foto: NORD helikopter)

Fartøysjefen hadde betydelig erfaring med flyging med langline, men beskjeden erfaring med flyging av tømmer med langline før dette oppdraget tok til. Selskapet hadde prosedyrer for flyging med langline generelt, men ingen spesifikk for flyging med tømmer.

Selskapet tok kontakt med Eurocopter for å få opplysninger om det kunne være noen kombinasjoner av hovedrotorblad og hovedservoer som kunne være mer utsatt for PIO enn andre. Henvendelsen førte ikke til konkrete tilbakemeldinger eller tiltak fra fabrikanten. SHT har fulgt opp denne kontakten, og fått følgende svar fra Eurocopter:

"There is no update of AFM planned to introduce recommendations concerning the PIO. This phenomenon is remote and considered as a closed loop involving helicopter and specific pilot sensitivity.

There is no incompatibility between AS 355 blades and SAMM or Dunlop Servos or new servo-controls with longer input lever.

Goodrich servos with longer input lever can also attenuate the controls sensitivity but the friction setting, already included in the AFM (chapter 4.1 of § 5), remains the most efficient means to avoid such phenomenon occurrence.

Except for AS 350 B and D versions, AS 355 blades are fitted on all AS 350 (around 85% of the fleet)."

Havarikommisjonen har også vært i kontakt med andre norske operatører av samme helikoptertype for å forhøre seg om de har opplevd lignende. Svarene tyder på at dette er et fenomen som flygere av og til opplever, men sjelden eller aldri rapporterer inn i rapporteringssystemene med mindre det oppstår skader. Luftfartstilsynet (LT) har ikke funnet lignende hendelser i den norske databasen som

skal samle alle rapporter fra rapporteringspliktige hendelser. Slike hendelser vil være rapporteringspliktige som alvorlig luftfartshendelse iht. rapporteringsforskriften BSL A 1-3 selv om det ikke oppstår skade¹. LT opplyser at den felleseuropeiske databasen (ECCAIRS) for hendelsesrapporter ikke er organisert slik at det er hensiktsmessig å forsøke å søke etter lignende hendelser der.

Kollektiven i denne typen helikoptre har en friksjonsanordning som justerer hvor tung den skal være å bevege. Den er i utgangspunktet meget lett når hydraulikken er i drift, som under vanlig flyging. Flygeren kan justere friksjonen etter eget ønske, også underveis på en flyging. I helikopterets startsjekkliste er det en merknad (Note) som sier at friksjonen på styrestikke og kollektiv skal justeres slik at det er mulig å kjenne motstand når en beveger kontrollene². Fartøysjefen har forklart at han hadde satt på relativt lite friksjon på kollektiv denne dagen. Vanligvis bruker han ganske mye. Han har forklart at han hadde fløyet 70 hiv dagen før og dette var hiv nr. 22 denne dagen, så han begynte å kjenne seg litt sliten i venstrearmen og hadde derfor åpnet friksjonen litt. Det var ingen tekniske anmerkninger til friksjonsanordningen verken før eller etter hendelsen, selv om det er blitt antydning at det kanskje kunne kjennes ut som kollektiv på LN-OWB gikk litt lettere i enkelte områder enn i andre, særlig i nedoverbevegelse.

Flygeren har opplyst at da han fløy LN-OWB på tilsvarende oppdrag etter at det var satt inn i tjeneste igjen, syntes han å kjenne at dette helikopteret hadde en tendens til å starte en hoppende bevegelse, uten at det på noen måte utviklet seg slik som under hendelsen ved Molnes. Han hadde mer friksjon på, og da han trakk litt i kollektiven ble det borte med en gang. En annen flyger i selskapet syntes også å ha merket en tendens til slik hopping. Som naturlig er, er det blitt snakket en del om dette i selskapet etter hendelsen og de er derfor noe usikre på om tendensen til hopping skyldes fysiske forhold ved helikopteret eller om det har sammenheng med at de er blitt mer oppmerksomme på problemet.

Kollektiven i denne versjonen av AS 350 er annerledes enn på eldre versjoner. Den har blant annet et dreiehåndtak for motorregulering. I den aktuelle versjonen er det vanlig at flyger holder noen fingre rundt kollektiv ved motorreguleringshåndtaket og samtidig hviler tommelen på seteputen. LN-OWB hadde også montert mekanisk utløser for lastekrok på kollektiven. Noen helikopterindivider har i tillegg montert en forlenger som gjør arbeidsstillingen mer behagelig ved at avstanden blir kortere til kollektiv når flygeren lener seg til høyre for å se ned, noe som er vanlig under operasjon med langline. Disse tilleggene gjør massen av selve kollektiven større. LN-OWB hadde ikke forlenger montert.

PIO fenomenet, se vedlegg, er ikke beskrevet i helikoptertypens flygehåndbok. Fartøysjefen har fortalt at han kjente til fenomenet PIO fra den nevnte opplevelsen noen år tidligere, men hadde ikke fått trening i å unngå, oppdage eller eventuelt komme ut av det. Dette er heller ikke spesifisert som en del av flygerutdanningen til helikoptersertifikater (PPL (H), CPL (H) eller ATPL (H)). SHT kan ikke se at fenomenet, utover det helt grunnleggende, er behandlet i litteraturen som benyttes i utdanningen av helikopterflygere i Norge.

Selskapet har utført en egen, grundig undersøkelse av hendelsen som konkluderer med at helikopteret kom ut av kontroll som følge av at det oppstod PIO, muligens knyttet til tekniske faktorer som friksjonsanordningen og sporing og balanse av hovedrotor. Rapporten anbefaler at PIO fenomenet tas med i treningsprogrammet i selskapets operasjonsmanual part D, og at det tas opp i

¹ BSL A 1-3, vedlegg 1 pkt. 13 Systemfeil, værforhold, flyging utenfor godkjent flyoperativt begrensingsområde eller andre hendelser som kan gjøre det vanskelig å bevare kontroll over luftfartøyet

² Note til AS 350 B3 Flight Manual kapittel 4.4.1 Before Take-off Check

Flysikkerhetsforum for innlandhelikoptervirksomheten (FsF) for å utveksle erfaringen med andre operatører. Videre anbefales det blant annet at selskapet bør se på fysisk plassering av det mekaniske utløserhåndtaket.

FsF ga, uavhengig av denne hendelsen, ut et informasjonsark om PIO i februar 2010 for å peke på noen av problemstillingene. Der ble det også oppfordret til å melde fra om slike hendelser på e-post til lederen for FsF. SHT har fått opplyst at det så langt ikke er kommet inn noen slike meldinger.

HAVARIKOMMISJONENS VURDERINGER

Havarikommisjonen finner det sannsynlig at flygeren kom opp i en PIO situasjon. I dette tilfellet vil det eventuelt ha vært snakk om "collective bounce" (se vedlegg), muligens utløst av utilsiktet stramming og slakking av lastelinen under nedlegging av lasten. Det er mulig at den hoppende bevegelsen startet med en ujevnhet i bevegelsen da trærne ble lagt over på siden under nedlegging av lasten. En slik ujevn bevegelse kunne for eksempel oppstå ved at en topp eller grein knakk slik at stammen gjorde et rykk som kunne forplante seg gjennom langlinen og til helikopteret. Situasjonen kan ha videreutviklet seg ved at flygerens arm, som holdt fast i kollektiv, ble slengt opp og ned på grunn av de kraftige bevegelsene i helikopteret. Kombinert med lite tilstrammet friksjon på kollektiv, utviklet dette seg slik at flygeren etter hvert ikke hadde tilstrekkelig kontroll over helikopteret. Dersom kollektiv beveget seg noe ujevnt på grunn av friksjonsanordningen, vil dette kunne ha bidratt til måten situasjonen utviklet seg på.

Helikopterets sjekklister gir kun vage retningslinjer om hvor mye friksjon som skal settes på kontrollene. Erfaring har vist at det kan være stor forskjell mellom bruken av friksjon fra flyger til flyger, og avhengig av type flyging og fase av flygingen. I dette tilfellet er det forståelig at flygeren valgte å bruke lite friksjon på grunn av at det var et langt og anstrengende oppdrag. Lite friksjon på kollektiven kan ha bidratt til at PIO situasjonen utviklet seg som den gjorde.

Helikopteret må ha mistet 30-40 meter i høyde i løpet av den perioden fartøysjefen knapt hadde kontroll, fra bevegelsene startet og til han var overbevist om at han kom til å treffe bakken på en ukontrollert måte i ulendt terreng. Det synes som faren for å treffe bakken var det utslagsgivende for at han grep bestemt inn ved å trekke i kollektiv. Selv om dette ikke først og fremst var for å stoppe PIO fenomenet, var dette likevel en korrekt inngripen fra flygerens side.

Det er forståelig at treningsprogram ikke omfatter praktiske øvelser med PIO. Dette fordi det i meget liten grad er simulatorer tilgjengelig for trening på denne klasse helikoptre, og det er neppe tilrådelig å bedrive slik trening i selve helikopteret. Det bør likevel være mulig å gi flygerne undervisning som gir en god forståelse av fenomenet, slik at de kan unngå å komme i slike situasjoner, gjenkjenne tendenser til det tidlig og vite hvordan de om nødvendig skal komme ut av det. Dette burde inngå som standard del av pensum ved grunnutdannelsen til helikoptersertifikat.

Havarikommisjonens kontakt med Eurocopter for å få fabrikantens vurdering av eventuelle problemstillinger når det gjelder kombinasjoner av ulike versjoner av hovedrotorblader og hydraulikk servoer har gitt en klar tilbakemelding om at de ikke har sett noe som tyder på at kombinasjonen av AS 355 rotorblader og enkelte versjoner av servoer skal være mer utsatt for PIO. SHT kan heller ikke se at det finnes annen, konkret informasjon som tyder på at dette har vært et problem.

Etter at fartøysjefen hadde løst det første problemet endte han så å si umiddelbart i et nytt, uavhengig og svært alvorlig problem. Dersom flygeren ikke hadde klart å løse ut lastelinen, kunne

det meget raskt ført til at helikopteret hadde kommet helt ut av kontroll (dynamic rollover). Dette ville ført til at helikopteret hadde stupt mot bakken med en økende hastighet. Da ville det ikke vært mulig å forhindre et havari selv med full bruk av styrestikka, uten at helikopteret hadde kommet fri fra forankringen til lasten på bakken. Det er derfor fundamentalt viktig at det finnes en nødutløser for raskt å bli kvitt lasten, plassert slik at den lett kan nås i en vanskelig situasjon. Det bør vurderes å legge inn et sjekklistepunkt om at flygeren før start ved lasteoppdrag, samtidig med at det sjekkes at den mekaniske utløsingen fungerer, også sikres at plasseringen av utløserhåndtaket er tilfredsstillende.

Dersom flygerne i dette segmentet av ervervsmessig luftfart i større grad rapporterte hendelser som ikke åpenbart er rapporteringspliktig på grunn av skader, ville dette kunne bidra i en dugnad til felles erfaringsoppsamling og en mulighet for å oppdage potensielle problemer før det fører til ulykker. Slik det er nå, har SHT hørt om flere PIO-lignende hendelser, men det har ikke vært mulig å finne dem verken i NF-2007 rapporter eller fra selskapenes interne rapporter. Det finnes dermed ikke konkrete data om hendelsene. Rapporteringsvilje er tidligere behandlet i [SHT RAP 2006/30](#), se særlig punktene 2.7.2 og 2.8.

SHT mener det neppe er hensiktsmessig at FsF etablerer noe som ligner et eget rapporteringssystem utenfor de allerede etablerte kanalene slik at informasjon om hendelser blir mer fragmentert. Derimot burde Luftfartstilsynet legge til rette for en systematisk utveksling mellom selskapene av informasjon som finnes i deres interne rapporteringssystemer, samt gi enkel tilgang til informasjon om hendelser rapportert på NF-2007. Slik utveksling av informasjon om mindre alvorlige hendelser vil være i tråd med utviklingen av et "State Safety Programme"³ som Norge har forpliktet seg til å innføre, og samsvarer også med forslag til retningslinjer for interne rapporteringssystemer i det kommende regelverket for organisasjoner som bedriver luftfartsvirksomhet⁴. Utveksling framholdes også som en viktig informasjonskilde for å identifisere farer i forbindelse med risikovurdering av egne operasjoner i en veiledning som SINTEF utarbeidet for Luftfartstilsynet i 2002⁵.

SHT har sammenstilt et vedlegg til denne rapporten som omtaler fenomenene PIO, "collective bounce" og dynamisk rullefenomen med underhengende last, siden dette i liten grad er omtalt i litteraturen som benyttes for utdanning av flygere.

Statens havarikommisjon for transport

Lillestrøm, 25. mai 2011

Vedlegg

³ Punkt 3.2 i State Safety Programme Framework (ICAO Doc 9859 Safety Management Manual, Chapter 11.3)

⁴ Punkt 2 b i EASA Part-OR om Internal Occurrence Reporting Scheme (GM1-OR.GEN.200(a)(3) Management system i CRD med dato 4 Oct 2010)

⁵ <http://www.sintef.no/Teknologi-og-samfunn/Sikkerhet/Rapporter--Reports/Flysikkerhetsprogram-i-henhold-til-JAR-OPS-1234037-og-BSL-D-2-1-pkt-37--Forslag-til-veiledning-for-sma-og-mellomstore-flyselskaper/>

FLYGERINDUSERT OSCILLASJON OG DYNAMISK RULLEFENOMEN

1. Flygerindusert oscillasjon og ”Collective bounce”

Flygerindusert oscillasjon (pilot induced oscillation¹, PIO) er et kjent fenomen fra både fly- og helikopteroperasjoner. Fenomenet omtales i liten grad i pensumlitteraturen som benyttes ved utdanning av helikopterflygere og i helikoptrenes flygehåndbøker (Flight Manuals). SHT har derfor valgt å sette sammen noe informasjon om fenomenet i dette vedlegget.

PIO er kjent fra flere ulykker, særlig ved at overkontrollering, kombinert med følsomme kontroller eller når kontrollene delvis er datamaskinstyrt, i seg selv kan være nok til å initiere en PIO situasjon. Noe lignende inntreffer når flygerens kontrollkorreksjoner påvirkes av selve fartøyets bevegelse og slik opprettholder eller til og med forsterker bevegelsen i stedet for å dempe og stoppe den. I dette tilfellet trengs det en utløsende, gjerne brå bevegelse for å sette dette i gang. Når dette fenomenet oppstår i kollektivstikka på et helikopter har det vært kalt ”collective bounce”². Dette oppstår som følge av en brå vertikalbevegelse av helikopterent enten ved en brå bevegelse av kollektiven eller ved en ytre påvirkning. Flygeren og særlig armen som holder kollektiven vil påvirkes av den brå bevegelsen samtidig som flygeren bevisst vil forsøke å motvirke den brå bevegelsen med motsatt bevegelse av kollektivstikka. Det vil alltid være en forsinkelse før helikopteret reagerer på kontrollbevegelser. Dersom den første brå bevegelsen er nedover, vil dette gi flygeren en relativ bevegelse oppover i setet. Samtidig vil hun/han korrigere for nedbevegelse ved å trekke i kollektiv. Disse to faktorene vil virke i samme retning og gjør at korreksjonen opp kan bli for stor slik at helikopteret vil bevege seg brått opp. Nå vil flygeren få en relativ bevegelse ned i setet, samtidig som det er naturlig å korrigere for oppbevegelsen ved å senke kollektiven. På nytt blir korreksjonen for stor og helikopteret vil synke brått. Slik vil opp og nedbevegelsene fortsette som en tilbakeføringssløyfe mellom helikopter, flyger og kollektivstikka. Dersom flygeren sitter lent vekk fra kollektiven for å se ut gjennom høyre sidevindu/dør, vil armen bokstavelig talt bli lengre og fenomenet kan forsterkes³.

Den teknikken som anbefales for å stoppe disse bevegelsene er at flygeren tar seg selv ut av sløyfen. Dette skjer ved at hun/han slipper kollektiven. I noen tilfeller kan selve kollektivstikkas masse likevel være nok til at oscillasjonene fortsetter. Om det ikke hjelper å slippe kollektiven eller helikopteret er for lavt, anbefales det å løfte kollektiven for å vinne høyde og dempe bevegelsene.

Dersom kollektiven er lett å bevege kan fenomenet lettere oppstå, og det er derfor bygget inn friksjonsanordninger i en del helikoptertyper for å gi motstand i kontrollsystemet. SHT har funnet det omtalt i teknisk dokumentasjon for Bell 206 og sammenhengen med justering av friksjon beskrives slik:

An adjustable friction bearing mounted on the jackshaft allows the pilot to adjust the friction to his own requirements. A minimum friction adjustment clamp located at the left end of the jackshaft ensures that the collective stick will always have a preset minimum friction to eliminate collective bounce.

¹ ”Pilot assisted oscillation” og ”pilot involved oscillations” er også uttrykk som er brukt om fenomenet.

² Collective bounce (H. E. Roland, jr og J. F. Detwiler: Fundamentals of Fixed and Rotary Wing Aerodynamics (USC 1967) s. 311)

³ Omtalt i TSB of Canadas rapport A08P0265 om havari med Bell 206L C-FRCL 13. august 2008.

Vedlagt er et utsnitt fra H. E. Roland, jr og J. F. Detwiler: Fundamentals of Fixed and Rotary Wing Aerodynamics (USC 1967) s. 311 ff.

Collective Bounce

The control of vertical motion of the helicopter is, of course, by the pilot's action on the collective. Coordinated with this action must be throttle opening to provide increased torque from the engine to match the increased torque of the blades at the higher angle of attack. This throttle increase may be provided manually or automatically by an automatic throttle device. The build-up of the vertical force will depend upon the rotor elastic properties and the rate of pitch change of the rotor in response to the pilot's action. However, compared to the pilot's response

time, the build up of the vertical force following a pilot input is almost instantaneous. Therefore, if the pilot is to observe and alter his inputs, he will find the changes in vertical force and the resultant motion will occur at a much more rapid rate than he is capable of reacting to.

Up and down collective movements normally control the pitch of the rotor and provide the immediate vertical force input, with up motion of the collective providing the up force. A friction screw is often provided which allows the pilot the option of restricting the free movement of the collective or causing the collective to be moved only with increased effort on the part of the pilot. Precise control of the hovering maneuver will require a low breakout force while cruising flight may be more comfortable with higher forces.

The problem arises when a sudden vertical force is placed on the helicopter either by the pilot's activation of the collective or by an external force. The pilot in correcting the sudden resultant vertical motion finds that due to the response lag in system, the corrective action is out of phase and the resultant motion of the helicopter is divergent. No amount of concentration by the pilot will correct the divergent oscillations once they commence.

Assuming that the initial input is a down force resulting in a down motion of the helicopter, the following description will describe the resulting actions.

The pilot will move up in his seat and simultaneously apply up collective. The up collective will be greater than anticipated because of the pilot's up motion. The aircraft will then move up abruptly and the pilot will move down in his seat. His evaluation of the situation will indicate down collective but because of the pilot's down motion in the seat, the collective application will be greater than anticipated. This oscillation will continue and will become divergent unless the pilot is sufficiently restrained. The oscillation may also be made stable if there is sufficient friction applied to the collective to prevent easy and sudden movements.

Once the action is initiated by the pilot, he does not need to make a conscious effort to apply collective. The natural arrangement of the collective control actuator with respect to the pilot's body can cause inputs to the rotor thrust which will be amplified and continued by the response of the pilot's body to the previous thrust application.

While it may be possible to eliminate this divergent oscillation with proper damping, the stiffness of the collective control the addition of an external load may destabilize an otherwise stable aircraft at some combination of sling stiffness and load magnitude.

The addition of an external sling load will cause a situation depicted in Figure 180.

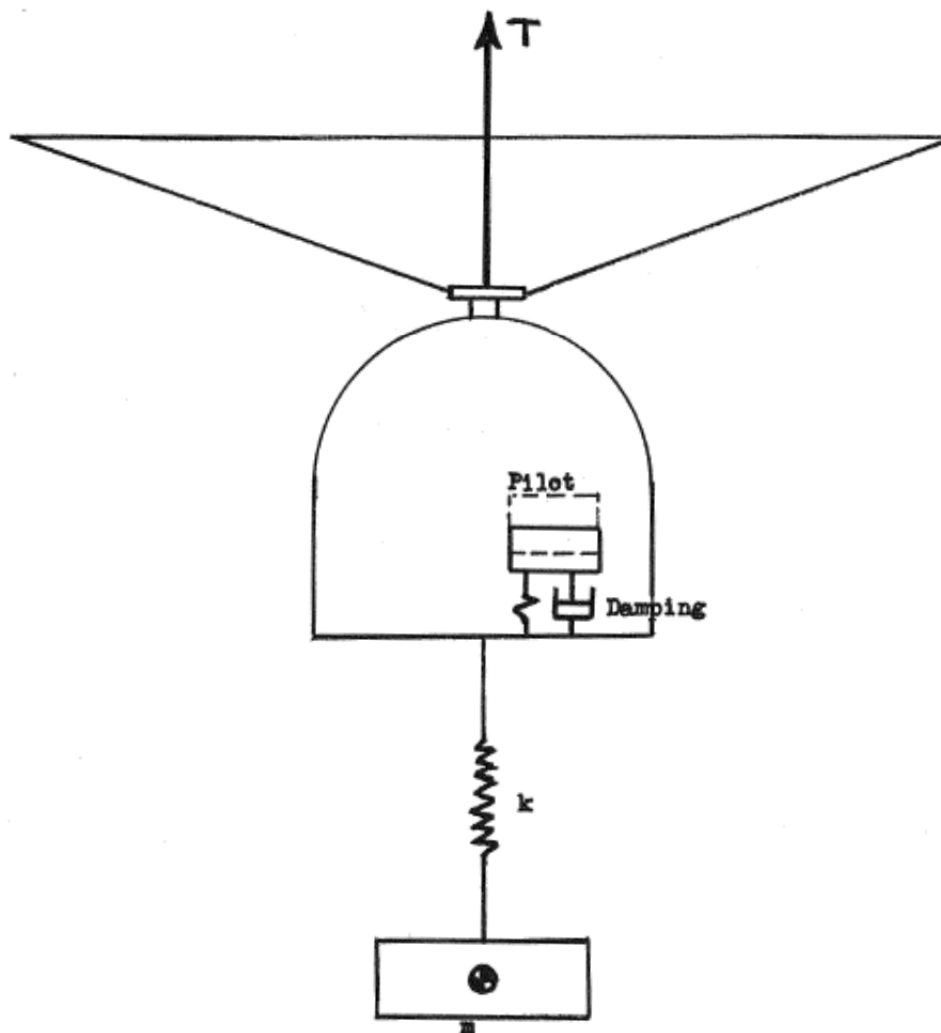


FIGURE 180

The addition of the above sling load may cause a helicopter with sufficient seat damping for the unloaded

case to be stable, to become unstable. The instability will become greater as the spring (k) becomes stiffer and the spring natural frequency higher. Furthermore, the instability will increase as the external load increases.

The most direct way of curing both the no load and external load case of instability is to take the pilot out of the control loop. If the pilot can be persuaded to remove his hand from the collective, the oscillation will damp out very quickly. It is possible that in severe cases, the mass of the collective handle will be sufficient to maintain the oscillation.

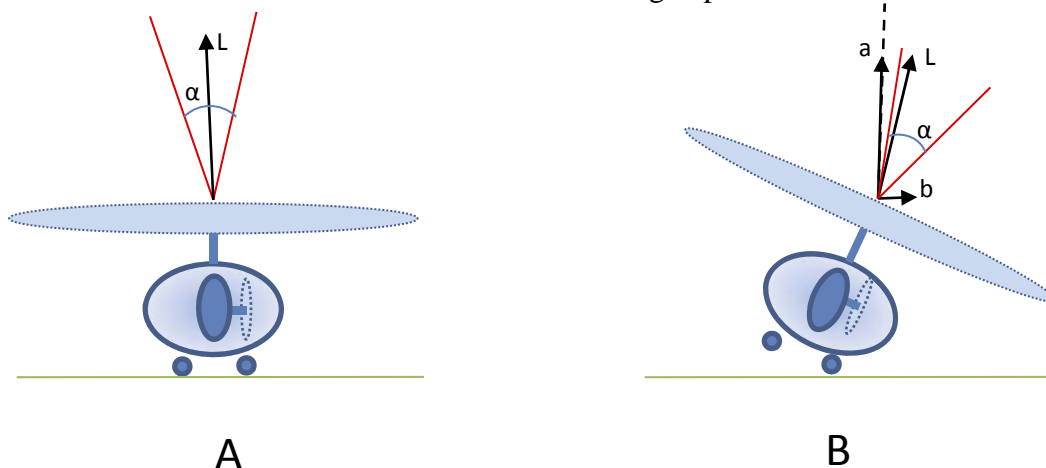
Only the mass of the control itself may tend to maintain the oscillation. Further increases in the collective breakout forces, or redesign of the collective control movement may also solve both instability situations. If the pilot is too low to be able to remove his hand from the collective, recovery may be effected by continuous up collective. As the pilot remains in contact with the control system, the oscillations will continue but tend toward one direction. This may provide the necessary damping and if not, the aircraft may attain sufficient altitude for the pilot to remove himself from the control loop.

2. Dynamisk rullefenomen

Vanlig dynamisk rullefenomen (dynamic rollover) er velkjent for helikopterflygere og er del av pensum til de grunnleggende sertifikatene. En variant av fenomenet kan oppstå under flyging med underhengende last. (Ref U-tube video der et helikopter forsøker å slepe en liten båt [http://www.youtube.com/watch?v=L6TWtwaKl_Q]) Havarikommisjonen har ikke funnet dette fenomenet omtalt i litteraturen, men antar at det i noen grad er kjent blant aktuelle flygere.

Dynamisk rullefenomen inntreffer gjerne ved at helikopteret, med rotor i gang, får en rotasjons hastighet i rulleplanet om et kontaktpunkt i bakken som overstiger det helikopterets kontroller er i stand til å motvirke. Dersom bevegelsen blir så kraftig eller vinkelen så skrå at helikopteret passerer et punkt hvor fullt kontrollutslag ikke lengre er tilstrekkelig til å motvirke bevegelsen, vil løftkraften fra rotoren heller akselerere rotasjonsbevegelsen.

Prinsippskissen i figur 1 illustrerer dette og viser et helikopter sett bakfra. I A viser en normal situasjon på bakken med pådrag på kollektiven hvor L representerer den totale rotorkraften. Flygeren kan styre helikopteret ved å bevege styrestikka slik at rotordisken og dermed kraften peker i ønsket retning. Kontrollområdet er mekanisk begrenset i kontrollsystemet og kraften kan således kun styres innenfor en kjeGLE med toppunktet i rotorhodet og med en vinkelåpning α . Dette kontrollområdet er fast i forhold til retningen på rotormasten.



Figur 1: Prinsippskisse av en klassisk dynamisk rullebevegelse

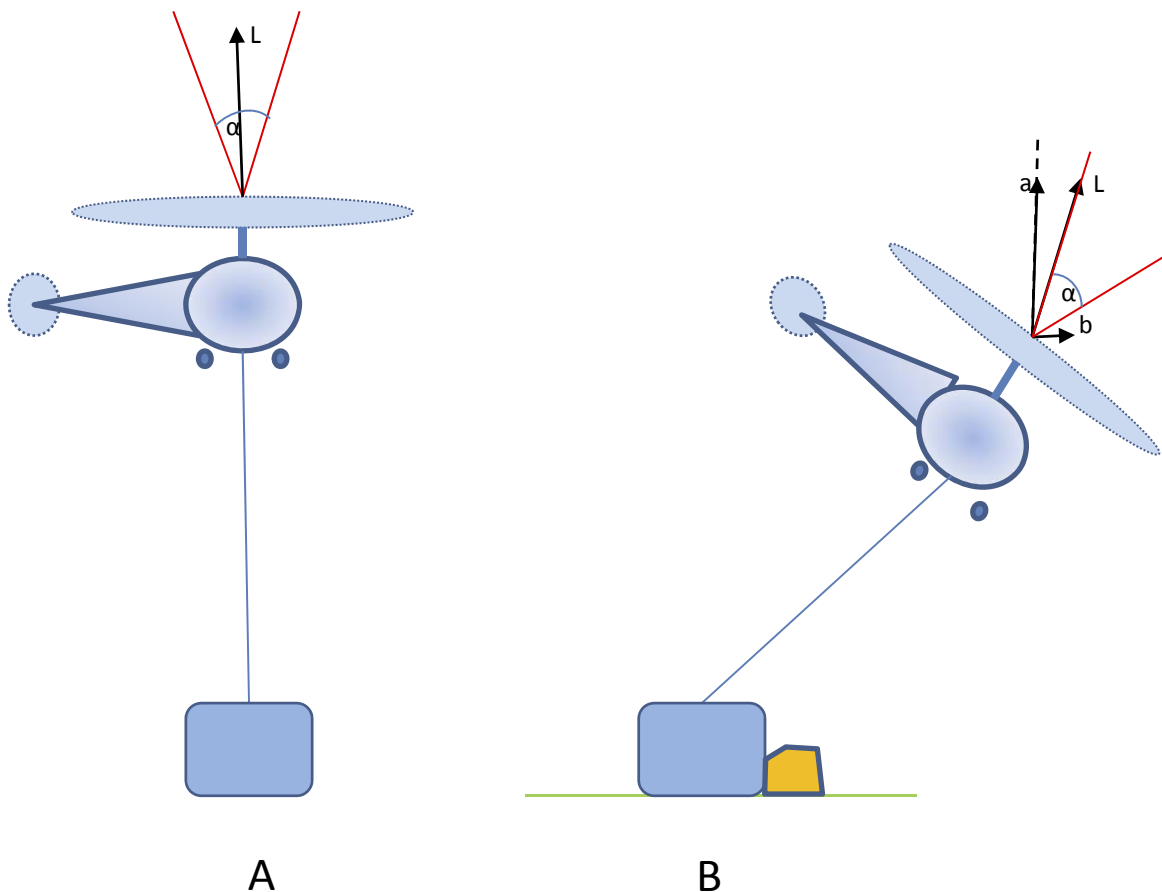
I 4 B er helikopteret kommet i en rullebevegelse til høyre. Styrestikka er ført nesten helt til venstre for å stoppe bevegelsen, men rotorkraften L har likevel en vinkel til høyre. Kraften L dekomponeres i en løftkomponent a og en horisontalkomponent b . Av disse er det a som løfter helikopteret, mens b beveger det sideveis. Det framgår av skissen at uansett om styrestikka føres helt til venstre vil L fortsatt ha en horisontalkomponent b til høyre som vil akselerere rullebevegelsen. Dette vil uvilkaarlig føre til at helikopteret velter. Dette er en klassisk situasjon for dynamisk rullefenomen som er beskrevet i litteraturen⁴. For å forhindre at helikopteret ruller må flygeren oppfatte problemet i en tidlig fase og gripe inn med å senke kollektivstikka hurtig, uten å være så rask at helikopteret ruller til motsatt side. Fenomenet er omtalt i treningsbrosjyren “Safety Considerations”⁵ utgitt av European Helicopter Safety team (EHEST).

⁴ For eksempel: W.J. Wagtendonk: Principles of helicopter flight (Aviation Supplies & Academics Inc. Second US edition 2006) eller H. R. Quantick: Pooley’s JAR PPL-CPL Helicopter Manual (Pooleys Flight Equipment Ltd. 2005)

⁵ <http://easa.europa.eu/communications/docs/ehest/EHEST%20Training%20Leaflet.pdf>

Dersom helikopteret er i luften vil skroget svinge etter når rotordisken blir lagt over med styrestikka. Dette gir masten en helningsvinkel i samme retning og dermed dreies kontrollområdet α slik at styrestikka kan beveges videre i samme retning om ønskelig. Tilsvarende skjer dersom flygeren vil stoppe bevegelsen. Da plasseres styrestikka i motsatt retning, kraften fra rotoren får en komponent motsatt bevegelsen og bevegelsen retarderer. Om det ikke er tilstrekkelig autoritet til å bevege styrestikka langt nok i første omgang, vil helikopterskroget likevel pendle etter rotordisken, mastens vinkel rettes opp og det blir mer autoritet for styrestikka slik at helikopteret etter hvert stopper opp. Dette gir muligheter for full kontroll over horisontalkomponenten b . Som vist i figur 1 B skjer ikke en slik oppdatering når helikopteret er i kontakt med bakken og horisontalkomponenten er begrenset av den mekaniske begrensningen i kontrollutslaget. Det kan derfor i noen tilfeller være mulig å redde en dynamisk rulle situasjon ved å dra helikopteret i luften, men om en ikke kommer fri fra bakken vil dette resultere i at helikopteret ruller enda raskere over på siden.

I figur 2 er en lignende rulleeffekt illustrert for et helikopter i luften med underhengende last. 2 A viser et helikopter som hovrer med underhengende last i en langline. Den totale rotorkraften er representert ved vektoren L og kontrollområdet ved en kjegele med vinkelåpning α .



Figur 2: Illustrasjon av effekt dersom en underhengende last henger fast i bakken

I 2 B er det illustrert en situasjon der helikopteret er forankret til bakken for eksempel ved at den underhengende lasten blir hengende fast. Helikopteret har her en bevegelse framover. Dette fører til at langlinen strammes og helikopterets lastekrok under buken trekkes nedover og bakover. Dette fører til at helikopteret og dermed rotoren tipper framover. Flygeren vil forsøke å stoppe framoverbevegelsen ved å trekke styrestikka bakover. Da rettes rotorkraften

bakover. I illustrasjonen er tippebevegelsen kommet så langt at selv et fullt utslag på styrestikka ikke er tilstrekkelig til å rette rotorkraften nok bakover at det blir en horisontalkomponent c bakover. Siden helikopteret henger fast i bakken gjennom langlinen, kan ikke skroget, som normalt, pendle framover og gi mulighet for mer kontrollutslag bakover. Dermed tipper helikopteret mer framover og b øker ytterligere, noe som samtidig gjør løftekomponenten a mindre. Dette betyr at helikopteret vil dras fram og ned i en bue og akselerere til det treffer bakken. Til forskjell fra en rullsituasjon på bakken, vil det ikke hjelpe stort å senke kollektiven, med mindre det er tidlig i utviklingen av situasjonen og at linen er så lang at en får en tilstrekkelig slakk ved å gå ned. For å forhindre at situasjonen utvikler seg, må helikopteret komme seg fri fra linen, enten ved at lastekroken løses ut eller at linen ryker.