

ISSN 1400-5719

Rapport C 1998:30

**Olycka med helikopter SE-HSX
den 15 mars 1997
strax söder om Lofssjön, Z län**

L-19/97

1998-09-25

L-19/97

Luftfartsverket

601 79 NORRKÖPING

Rapport C 1998:30

Statens haverikommission har undersökt en olycka som inträffade den 15 mars 1997 strax söder om Lofssjön, Z län, med en helikopter med registreringsbeteckningen SE-HSX.

Statens haverikommission överlämnar härmed enligt 14 § förordningen (1990:717) om undersökning av olyckor en rapport över undersökningen.

Olle Lundström

Monica J Wismar

Henrik Elinder

Innehåll

	SAMMANFATTNING	5
1	FAKTAREDOVISNING	7
1.1	Redogörelse för händelseförloppet	7
1.2	Personskador	7
1.3	Skador på luftfartyget	7
1.4	Andra skador	7
1.5	Besättningen	7
1.6	Luftfartyget	8
1.6.1	Allmänt	8
1.6.2	Rotorsystem	8
1.6.3	Kalkspridningsutrustning	8
1.6.4	Lastvägningsutrustning	9
1.7	Meteorologisk information	9
1.8	Navigationshjälpmedel	9
1.9	Radiokommunikationer	9
1.10	Flygfältsdata	9
1.11	Färd- och ljudregistratorer	10
1.12	Olycksplats och luftfartygsvrak	10
1.12.1	Olycksplatsen	10
1.12.2	Luftfartygsvraket	10
1.13	Medicinsk information	11
1.14	Brand	11
1.15	Överlevnadsaspekter	11
1.16	Särskilda prov och undersökningar	11
1.16.1	Teknisk undersökning av helikoptern	11
1.16.2	Metallurgisk undersökning av huvudrotormasten	12
1.17	Företagets organisation och ledning	14
1.18	Övrigt	15
1.18.1	Huvudrotormast	15
1.18.2	Tidigare händelser med samma typ av huvudrotormast	18
1.18.3	Information från helikoptertillverkaren	19
1.18.4	Delrapport	20
1.18.5	Myndighetsdirektiv	20
2	ANALYS	21
2.1	Olyckan	21
2.2	Huvudrotormast	21
2.2.1	Mastbrottet	21
2.2.2	Tillverkningsstatus	21
2.2.3	Driftsuppföljning	22
2.2.4	Säkerhetsfaktor	23
2.2.5	Konstruktion	23
2.2.6	Flygsäkerhetsrisk	23
3	UTLÅTANDE	24
3.1	Undersökningsresultat	24
3.2	Orsaker till olyckan	24
4	REKOMMENDATIONER	24

BILAGOR

- 1 Utdrag ur cert. reg. beträffande föraren
(endast till Luftfartsverket)
- 2 Beräkning av RIN-värde
- 3 Sammanfattning av metallurgisk rapport
- 4 Gångtidsbegränsningar enligt delrapport
- 5 LVD Nr 2788
- 6 AD 97-14-12

(ej bilagor i Internetutgåvan)

Rapport C 1998:30

L-19/97

Rapporten färdigställd 1998-09-25

<i>Luftfartyg: registrering och typ</i>	SE-HSX, Bell 205A-1
<i>Ägare/innehavare</i>	Heliflyg AB
<i>Tidpunkt för händelsen</i>	Överstevägen 40, 784 63 Borlänge 1997-03-15 ca kl. 08.05 i dagsljus <i>Anm:</i> All tidsangivelse avser svensk normaltid (SNT) = UTC + 1 timme
<i>Plats</i>	Strax söder om Lofssjön, Z län, (pos N6201 O1325; ca 740 m över havet)
<i>Typ av flygning</i>	Bruksflyg
<i>Väder</i>	Tännäs kl 08.00: vind 330°/2 knop, sikt 45 km, inga moln under 5 000 fot, temp./daggpunkt -9/-12°C, QNH 1006 hPa
<i>Antal ombord: besättning</i>	1
<i>passagerare</i>	-
<i>Personskador</i>	En person på marken omkom Föraren fick lindriga skador
<i>Skador på luftfartyget</i>	Totalhaveri
<i>Andra skador</i>	Skador på en manskapsbod och på kalkspridningsutrustning
<i>Förarens ålder, certifikat</i>	46 år, BH
<i>Förarens totala flygtid</i>	7 343 timmar, varav ca 1 000 timmar på typen
<i>Förarens flygtid de senaste 90 dagarna</i>	4 timmar, samtliga på typen
<i>Antal landningar de senaste 90 dagarna</i>	3, samtliga på typen

Statens haverikommission (SHK) underrättades den 15 mars 1997 om att en olycka med en helikopter med registreringsbeteckningen SE-HSX inträffat strax söder om Lofssjön, Z län, samma dag ca kl. 08.05.

Olyckan har undersökts av SHK som företräts av Olle Lundström, ordförande, Monica J Wismar, operativ utredningschef, och Henrik Elinder, teknisk utredningschef.

SHK har biträts av Nils Sundin som teknisk expert och Lars Laurell som medicinsk expert.

Undersökningen har följts av Luftfartsverket genom Carl Olsson och av National Transportation Safety Board (NTSB), USA, genom Hector R. Casanova.

Rapporten har granskats av Thomas Järlinge vid Ostermans Aero AB som är generalagent för helikoptertypen i Skandinavien.

SHK har sänt ett utkast av rapporten till NTSB för yttrande. NTSB har inte inkommit med någon synpunkt.

SHK undersöker olyckor och tillbud från säkerhetssynpunkt. Syftet med undersökningarna är att framtida olyckor skall undvikas. SHK:s undersökningar syftar däremot inte till att fördela skuld eller ansvar.

SAMMANFATTNING

Helikoptern användes för att sprida kalk i ett myrmarksområde. Spridningen utfördes med en speciellt konstruerad kalkbehållare/spridare som hängde under helikoptern. Strax efter det att helikoptern hade lyft med sin last och var på fem till tio meters höjd över marken hördes en kraftig knall och helikopterns huvudrotor separerade från helikoptern. Helikoptern slog ner i marken med vänster sida först och föraren skadades lindrigt. Efter det att ett huvudrotorblad hade slagit av helikopterns stjärtbom flög huvudrotorn med en del av masten iväg i en flack bana och kolliderade med en mobil manskapsbod ca 125 meter från påfyllningsplatsen. Vid kollisionen välte boden och en flygtekniker som var på väg ut från den dödades.

Enligt den metallurgiska undersökningen av masten orsakades brottet av att en utmattningsspricka uppstått i botten på ett låsringsspår och sedan vuxit tills masten brast under belastning. En hålkäl i botten på låsringsspåret, i vilken utmattningssprickan startade, var inte tillverkad enligt tillverkarens ritningsunderlag. Den minsta radien i hålkälen var därigenom endast 1/8 av specificerad minimiradie, vilket innebar att extra hög spänningskoncentration uppstod i materialet utefter hålkälen. Ett mastbrott vid en olycka och en utmattningsspricka vid ett tillbud har tidigare konstaterats på samma masttyp och på samma ställe på masterna.

Tillverkarens instruktioner för beräkning och uppföljning av en masts RIN¹-värde är enligt SHK:s uppfattning otydliga och risken för feltolkning är stor. Med operatörens klassificering av kalkningsflygningarna som ”Normal operations” hade tillåtet RIN-värde inte överskridits men med SHK:s klassificering av kalkningsflygningarna som ”Logging operations” hade tillåtet RIN-värde överskridits med 12 %.

På grund av SHK:s rekommendation i delrapporten den 30 maj 1997 utfärdade Luftfartsverket (LFV) ett luftvärdighetsdirektiv (LVD) nr 2788 den 7 juli 1997. Där krävde LFV av operatörerna förnyad beräkning av gångtider och RIN-värden på master i drift med återrapportering till LFV. Vidare infördes i princip de begränsningar av en masts livslängd som SHK rekommenderat.

Olyckan orsakades av att ett tillverkningsfel i rotormasten medförde mastbrott. Bidragande var att

- masttypen är olämpligt konstruerad från hållfasthetssynpunkt, att
- säkerhetsmarginalen till mastbrott är otillräcklig, samt att
- instruktionerna för beräkning av RIN-värdet är otydliga och svårtolkade.

Rekommendationer

SHK rekommenderar Luftfartsverket att

- verka för att en ny typ av huvudrotormast certifieras och sätts i drift (*C 1998:30 R1*), samt att
- tills dess att en ny typ av rotormast har satts i drift dels bibehålla angivna driftsbegränsningar enligt LVD nr 2788, dels ombesörja att instruktionerna för beräkning av RIN-värdet blir entydiga (*C 1998:30 R2*).

1 FAKTAREDOVISNING

¹ RIN = Retirement Index Number (livslängdsberäkning)

1.1 Redogörelse för händelseförloppet

Helikoptern användes för att sprida kalk i ett myrmarksområde. Spridningen utfördes med en speciellt konstruerad kalkbehållare/spridare som hängde under helikoptern. Helikoptern hade just återkommit från en kalkning och fått den tömda kalkbehållaren utbytt mot en behållare som just blivit fylld. Skiftet av behållare skedde medan helikoptern hovrade ovanför kalkpåfyllningsbilen. Strax efter det att helikoptern hade lyft med sin last och var på fem till tio meters höjd över marken hördes en kraftig knall och helikopterns huvudrotor separerade från helikoptern. Helikoptern slog ner i marken med vänster sida först och krossade samtidigt kalkbehållaren. Föraren som satt på den högra förarplatsen skadades endast lindrigt och kunde med vissa svårigheter själv ta sig ur helikoptern.

Efter det att ett huvudrotorblad hade slagit av helikopterns stjärtbom flög huvudrotorn med en del av masten iväg i en flack bana och kolliderade med en mobil manskapsbod ca 125 meter väster om påfyllningsplatsen. Vid kollisionen välte boden och en flygtekniker som var på väg ut från den dödades.

Olyckan inträffade den 15 mars 1997 i position N6201 O1325, ca 740 m över havet.

1.2 Personskador

	<i>Besättning</i>	<i>Passagerare</i>	<i>Övriga</i>	<i>Totalt</i>
Omkomna	–	–	1	1
Allvarligt skadade	–	–	–	–
Lindrigt skadade	1	–	–	1
Inga skador	–	–	–	–
Totalt	1	–	1	2

1.3 Skador på luftfartyget

Totalhaveri.

1.4 Andra skador

Skador uppstod på en manskapsbod och på kalkspridningsutrustning.

1.5 Besättningen

Föraren var vid tillfället 46 år och hade gällande BH-certifikat.

Flygtid (timmar),

<i>senaste</i>	<i>24 timmar</i>	<i>90 dagar</i>	<i>Totalt</i>
Alla typer	4	4	7 343
Denna typ	4	4	1 000

Antal landningar aktuell typ senaste 90 dagarna: 3.

Inflygning på typen gjordes den 14 februari 1991.

Senaste PFT (periodisk flygträning) genomfördes den 8 oktober 1996 på Bell 205A-1.

1.6 Luftfartyget

1.6.1 *Allmänt*

<i>Ägare/innehavare:</i>	Heliflyg AB, Överstevägen 40, 784 63 Borlänge
<i>Typ:</i>	Bell 205A-1
<i>Serienummer:</i>	30 187
<i>Tillverkningsår:</i>	1975
<i>Flygvikt:</i>	Max tillåten 10 500 lbs (4 763 kg), aktuell 10 200 lbs (4 627 kg)
<i>Tyngdpunktsläge:</i>	Inom godkända gränser
<i>Motorfabrikat:</i>	Lycoming
<i>Motormodell:</i>	T53-13B
<i>Antal motorer:</i>	1
<i>Bränsle som tankats före händelsen:</i>	Jet A-1
<i>Total gångtid:</i>	9 827 timmar
<i>Gångtid efter senaste 100-timmars tillsyn:</i>	5 timmar
<i>Motorgångtid efter grundöversyn:</i>	2 575 timmar
<i>Huvudrotorgångtid efter grundöversyn:</i>	1 224 timmar
<i>Stjärtrorgångtid efter grundöversyn:</i>	820 timmar
<i>Rotorfabrikat:</i>	Bell Helicopter Textron
<i>Rotormastens gångtid m.m.</i>	Se bilaga 2

Helikoptern hade gällande luftvärdighetsbevis.

Helikoptertypen är ca 30 år gammal och har tillverkats i drygt 1 250 exemplar. Den används i stor omfattning för olika typer av transport- och lyftuppdrag.

1.6.2 *Rotorsystem*

Helikoptertypen har en huvudrotor och en stjärtror. Motorn driver rotorerna via en huvudrotorväxel (main transmission) som är placerad i bakre delen av kabinen. Från transmissionens övre del går huvudrotormasten på vilken huvudrotorn är monterad. Masten är rörformad och tillverkad i AISI 4340-stål med godstjockleken ca 8,2 mm (0,32 in). Den har en ytterdiameter på drygt 90 mm (3,45 in) och är 1 960 mm (77,17 in) lång.

1.6.3 *Kalkspridningsutrustning*

Kalkbehållaren/spridaren utgörs av en cylindrisk behållare tillverkad i glasfiber-arterad plast. Den hänger under helikoptern i två vajrar, som är kopplade i helikopterns lastkrok under kabinen. Från förarkabinen kan föraren fjärrmanövrera behållarens bottenventil. Behållaren väger 190 kg och rymmer ca 1 500 kg kalk som kan tömmas på fem sekunder. Varje behållare är utrustad med snabbkoppling till såväl helikoptern som till det mobila kalkpåfyllningssystemet.



Kalkspridning med helikopter

1.6.4 Lastvägningsutrustning

Helikopterns lastkrok var utrustad med en våg av typ Onboard Weight System (STC SH733NW) för vägning av den hängande lasten. Vikten kunde med systemet avläsas i kilopond på ett analogt instrument som var placerat på instrumentpanelen framför föraren. Kalkpåfyllningsbilen var utrustad med en våg av typ TOLEDO med digital presentation för vägning av kalkbehållaren efter påfyllning.

1.7 Meteorologisk information

Enligt rapport från Tännäs kl. 08.00:
vind 330°/2 knop, sikt 45 km, inga moln under 5 000 fot,
temp./daggpunkt -9/-12°C, QNH 1006 hPa.

1.8 Navigationshjälpmedel

Inte aktuellt.

1.9 Radiokommunikationer

Inte aktuellt.

1.10 Flygfältsdata

Inte aktuellt.

1.11 Färd- och ljudregistratorer

Fanns inte. Erfordrades inte.

1.12 Olycksplats och luftfartygsvrak

1.12.1 Olycksplatsen

Kalkningsarbetet utfördes i fjällterräng på ett öppet myrområde. Den markbundna utrustningen för fyllning av kalkbehållare och bränslepåfyllning av helikoptern hade ställts upp på en vändplan i slutet av en mindre skogsbilväg vid myren. Helikoptern slog ner i den södra delen av vändplanen ca 10 meter söder om kalkpåfyllningsbilen.

En mobil manskapsbod var parkerad ungefär 125 meter väster om kalkpåfyllningsbilen.



1.12.2 Luftfartygsvraket

Helikoptern låg på vänster sida med nosen pekande mot öster. Stjärtbommen var avslagen i höjd med stabilisatorn. Huvudrotorn, tillsammans med den övre delen av huvudrotormasten, hade efter separation från helikoptern flugit ca 125 meter och kolliderat med manskapsboden. Efter kollisionen hamnade rotorn på vägen strax norr om boden.



1.13 Medicinsk information

Ingenting har framkommit som tyder på att förarens psykiska eller fysiska kondition var nedsatt före flygningen.

Flygteknikern omkom omedelbart när han träffades av rotorn.

1.14 Brand

Brand uppstod inte.

1.15 Överlevnadsaspekter

Helikopterns fallhöjd efter mastbrottet var endast fem till tio meter och den kalkfyllda behållaren under helikoptern fungerade som energiupptagare vid markkollisionen. Förarkabinen förblev relativt intakt och föraren, som satt fastspänd med fyrpunktsbälte, skadades endast lindrigt.

Nödsändaren av typ C1R 11-2, som var placerad på höger dörrstolpe, aktiverades inte.

1.16 Särskilda prov och undersökningar

1.16.1 Teknisk undersökning av helikoptern

En första teknisk undersökning av helikoptern och kalkspridningsutrustningen gjordes av SHK på olycksplatsen. De materiella skadorna visade att motoreffekt och rotorvarvtal var normala för den aktuella flygfasen. Förutom den brustna rotormasten hittades inget fel på helikoptern eller utrustningen som bedöms kunna ha haft betydelse för händelseförloppet.

Efter bärgning av helikoptern till hangar gjordes en omfattande undersökning av helikopterns styr- och rotordrivsystem. Transmissionen demonterades och undersöktes tillsammans med bl.a. rotorhuvudet av en auktoriserad helikopterverk-

stad. Vid undersökningen deltog bl.a. representanter från SHK och helikoptertillverkaren. Inget fel som kan ha haft betydelse för mastbrottet konstaterades.

1.16.2 Metallurgisk undersökning av huvudrotormasten

En metallurgisk undersökning av huvudrotormasten (P/N 204-011-450-007, S/N N9-20876) gjordes av CSM Materialteknik AB i Linköping. Resultatet av undersökningen har redovisats i Technical report T70297MM.471. En sammanfattning av rapporten bifogas som bilaga 3.

Brottyta

Undersökningen visade att masten hade brustit till följd av att en utmattningspricka uppstått i masten. Sprickan hade startat i den ena hålkälen² i botten på det nedre av två låsringsspår som bearbetats i en splines³ på masten ungefär 1/3 från masttoppen. Initialsprickans riktning var ca 45° i förhållande till mastens centrumlinje. När sprickan gått igenom godstjockleken i masten och vuxit till längden 90 mm (3,5 in), vilket motsvarar ungefär 1/3 av mastens omkrets, brast masten vid belastning.

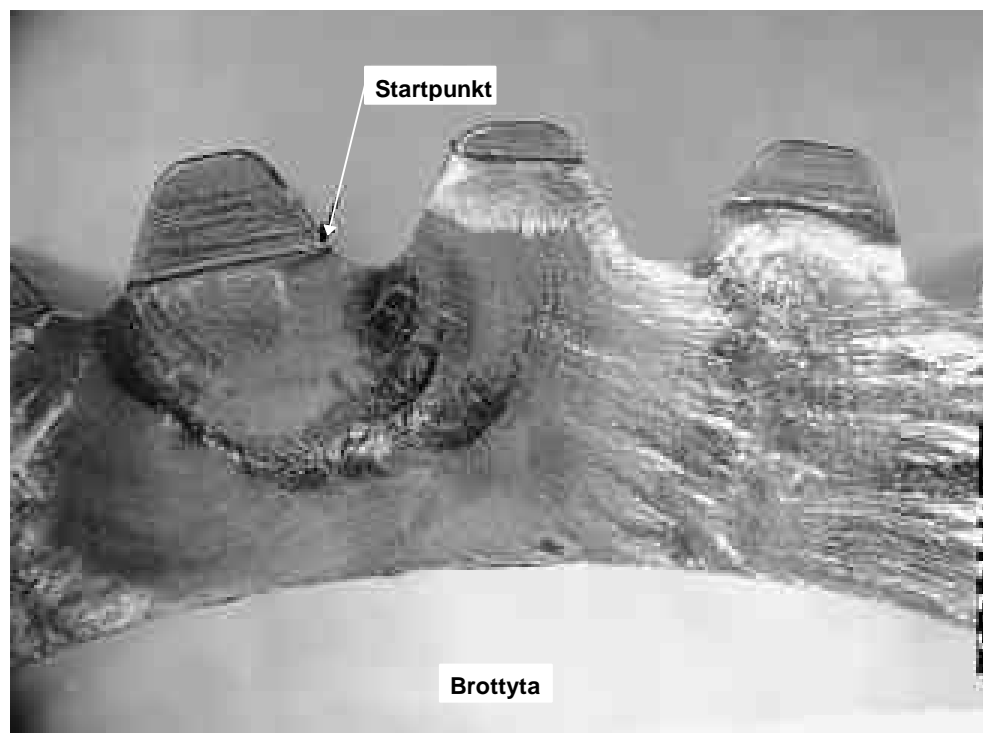


I strukturen på brottytan i den ”yngre” delen av sprickan kan tydliga ”rastlinjer” (beach-marks) urskiljas vilka motsvaras av inträffade belastningstoppar i masten. Närmare sprickans startpunkt har rastlinjerna sammanfallit och en mer homogen struktur uppstått i brottytan. Detta tyder på att sprickans tillväxthastighet till en början var långsam men sedan ökade.

En markant rastlinje uppstod när sprickan hade nått ungefär halva godstjockleken, vilket talar för att en belastningstopp inträffat vid denna tidpunkt. Tidsförloppet för sprickans tillväxt är osäker men sprickan bedöms ha uppstått och utvecklats till brott under några tusen belastningscykler.

² Hålkäl = Konkav övergång mellan två ytor

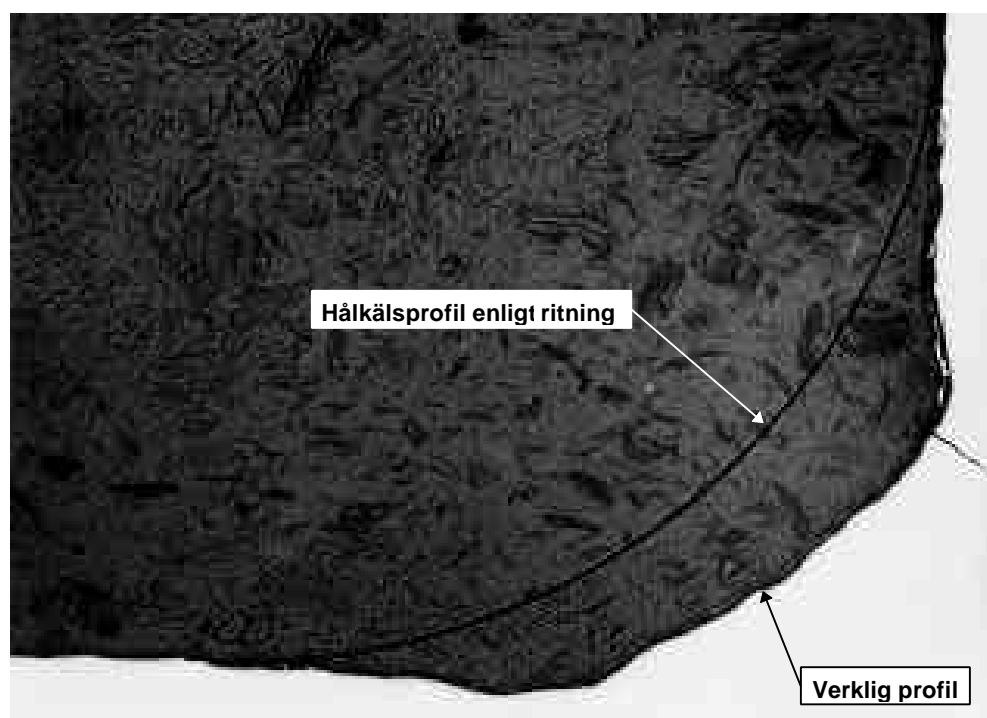
³ Splines = Längsgående bommar (räfflor) på en axel.



Tillverkningsstatus

Mastens materialkvalitet och för utredningen kritiska mått har jämförts med tillverkarens ritningsunderlag.

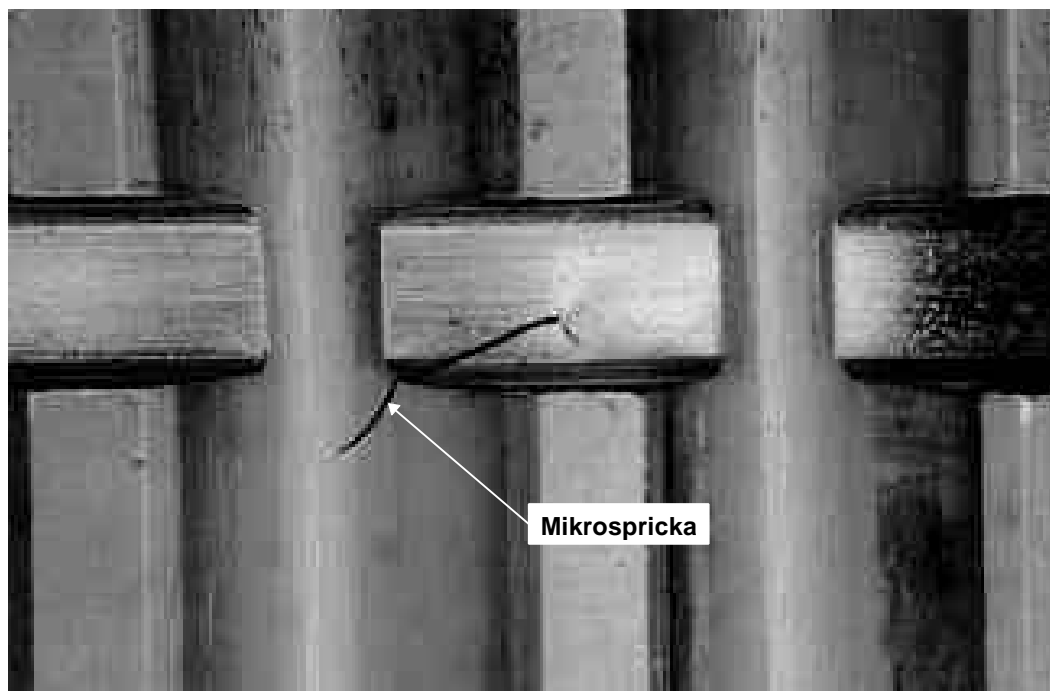
Radien på var och en av de två hålkälen i botten på låsringsspåret skall enligt ritningen vara 0,51–0,71 mm (0,020–0,030 in). Vid kontrollmätning framkom att den hålkäl i vilken utmattningssprickan startat var felaktigt tillverkad. I stället för en jämn radie inom angivna toleranser var hålkälen utförd som en ca 45° ”fasning” med hålkälsradierna 0,06 mm (0,0024 in) resp. 0,125 mm (0,0049 in) i fasningens kanter.



Utmattningssprickan hade startat i hålkälens minsta radie, 0,06 mm. Defekten gav intryck av att låsringsspåret har bearbetats med ett slitet eller skadat verktyg, vilket också är tillverkarens uppfattning.

Hålkälsradierna i mastens övriga låsringsspår uppfyllde i huvudsak gällande dimensionskrav. Materialkvalitet och hårdhet höll angiven specifikation.

Vid spricksökning av masten hittades ytterligare 12 st mikrospäckor fördelade runt omkretsen i samma hålkäl som utmattningssprickan startat. Samtliga spräckor hade riktningen ca 45° i förhållande till mastens centrumlinje.



Masten var tillverkad av Bell Helicopter Textron i USA och ingick enligt muntlig uppgift i en serie av 11 master.

1.17 Företagets organisation och ledning

Flygföretaget har sin huvudbas i Borlänge och har tillstånd för kommersiell luftfart med en- och flermotoriga tunga helikoptrar. Företaget utför olika typer av helikopteruppdrag. Kalkning av sjöar och vattendrag är en av dess huvudverksamheter och man har utvecklat en speciell metod och konstruerat särskild utrustning för att kunna utföra arbetet så effektivt som möjligt. Detaljerade instruktioner för kalkningsverksamheten finns inskrivna i företagets Drifthandbok (DHB) och Verkstadshandbok (VHB).

Exempel på DHB avsnitt

HELIFLYG AB	DRIFTHANDBOK 6-Flygnings genomförande - - Särskilda verksamhetsformer		DHB	
Datum: 1997-02-15	Giltig fr.: 1997-02-15	Utgåva nr: 14	Kap. 6.16	Sid. 6
KUNSKAP				
6.16.7.3	<u>Passtider</u>	Undvik passtider med mer än 2,2 timmar mellan rasterna, varumån rast skall omfatta en timme.		
6.16.7.4	<u>Arbetsrutin</u>	Fäst upp förlängningskrok vid ferry flygning utan behållare. Ge akt på kalkbehållares olika flygegenskaper med full respektive tom behållare. Max flygfart, fulla behållare, AS 350/Hu 50 90 kts, Bell 205 100 kts, tomma enligt max flygfart i FM.		
6.16.7.5	<u>Tankning</u>	Hu 50 tankas för ca 45 min gångtid, ca 75 liter, As 350 resp Bell 205 tankas för en timmes gångtid (175/350 liter). Använd tensur, bränslemätare och varningslampa för bestämning av tidpunkt för tankning. Tänk på hinder vid nya tankningsplatser. Starta ej efter tankning förrän klartecken ges från markpersonal.		
6.16.7.5.1	<u>Lufttankning</u>	Lufttankningssystemet är utvecklat för att kunna ta mer effektiv last vid kalkning och gödslingsuppdrag. Samtidigt minskas driftstoppen på marken och en jämn och säker bränslenivå kan hållas konstant. Beskrivning: Gödsel/Kalk-behållaren är försedd med en integrerad bränsletank för Jet A-1 och en bränslepump som under flygning trycker upp bränslet till helikopterns ordinarie tank via ett vatten och smutsavkastande filtersystem (filterhus med 5 filterpatroner). Bränsleslang och elskabtag är försedda med rycksäkring som utlöses vid belastning om lasten måste nödfällas. För stödtankning vid längre flygvästånd finns en snabbkoppling före filtersystemet. Piloten rekviderar önskad bränslemängd via radio med markpersonalen som skall kvittera beställningen tillbaka till piloten före tankning. Upptankningen från kalkbehållare till helikopter med 3 sek fördröjning efter att elkontakten är avsluten. Piloten får sin indikering genom att bränsleindikatorn visar en ökad mängd bränsle samt att en blå indikeringslampa på instrumentpanelen visar att bränslepumpen är i gång.		

1.18 Övrigt

1.18.1 Huvudrotormast

Driftsbegränsningar på huvudrotormast

Huvudrotormasten var ursprungligen inte driftsbegränsad. Sedan helikoptertypen sattes i drift har emellertid helikoptertillverkaren givit ut flera s.k. Alert Service Bulletin (ASB) som successivt föreskrivit retroaktiva och förändrade krav på drift-uppföljning. Vid uppföljningen skall hänsyn tas till gångtid och till vilken typ av flygning helikoptern har utfört. Nedan följer en sammanfattning av aktuella ASB.

ASB 205-87-26, Rev. "A" dated 8-21-87

Beräkna rotormastens gångtid enligt följande:

- Multiplicera den sammanräknade gångtiden med faktorn 2 i de fall antalet "lift events per hour" (lyft per flygtimme) med hängande last överstiger 20 st.
- För de gångtimmar där typ av flygning är okänd skall den sammanräknade gångtiden multipliceras med faktorn 2.
- Om mastens gångtid är okänd skall den korrigerade gångtiden sättas till 900 tim/år.
- Mastens totala korrigerade gångtid begränsas till 15 000 tim.

ASB 205-90-40 dated 10-02-90

Ersätter ASB 205-87-26, Rev. "A".

Beräkna rotormastens gångtid enligt följande:

- Multiplicera den sammanräknade gångtiden med faktorn 2 i de fall antalet "power change event per hour" överstiger 20 st. Exempel på "Power change event" eller "repeated heavy lift (RHL)"; "...water dropping from buckets or belly tanks, logging⁴, spraying, ski lift service, sight seeing tours or other operations where cargo or passenger are dispenced at a high rate per flight hour."
- För de gångtimmar där typ av flygning är okänd skall den sammanräknade gångtiden multipliceras med faktorn 2.
- Om mastens gångtid är okänd skall den korrigerade gångtiden sättas till 900 tim/år.
- Mastens totala korrigerade gångtid begränsas till 15 000 tim.

ASB 205-90-40, Rev. "A" dated 3-21-91

Ersätter ASB 205-87-26, Rev. "A".

Beräkna rotormastens gångtid enligt följande:

<i>Om "Events/Flt. Hr."</i>	<i>Multiplicera den sammanräknade gångtiden med faktorn</i>
1,0 – 20,00	1,0
20,01– 44,00	2,0
44,01– 69,00	3,0
Över– 69,00	Kontakta tillverkaren

- För de gångtimmar där typ av flygning är okänd skall den sammanräknade gångtiden multipliceras med faktorn 2.
- Om mastens gångtid är okänd skall den korrigerade gångtiden sättas till 900 tim/år.
- Mastens totala korrigerade gångtid begränsas till 15 000 tim.

ASB 205-95-65 dated 7-24-95

- Ersätter ASB 205-90-40, Rev. "A".
- Begreppet "Retirement Index Number (RIN)" motsvarande antalet "Torque Event"⁵ introduceras.
- Beräkna mastens ackumulerade "RIN-värde" enligt följande:
 - * Beräkna mastens ackumulerad gångtid enligt ASB 205-90-40, Rev. "A".
 - * Multiplicera den korrigerade gångtiden med faktorn 20.
 - * Öka RIN-värdet med faktorn 2 vid "Normal operations".
 - * Öka RIN-värdet med faktorn 4 vid "Logging operations".
- Max tillåten gångtid = 15 000 tim.
- Max tillåtet RIN-värde = 300 000.

ASB 205-95-65, Rev. "A" dated 2-12-96

- Förtydligar vilka helikoptrar som är berörda.

⁴ Logging = Lyft av fällda trädstammar i oländig terräng.

⁵ "Torque Event" = Belastningstoppar på masten i form av vridmoment.

- Ersätter ASB 205-90-40, Rev. ”A”.
- Förutsätter att ASB 205-90-40, Rev. ”A” är utförd.
- Beräkna mastens ackumulerade ”RIN-värde” enligt följande:
 - * Beräkna mastens ackumulerad gångtid enligt ASB 205-90-40, Rev. ”A”.
 - * Multiplicera den korrigerade gångtiden med faktorn 20.
 - * Öka RIN-värdet med faktorn 2 vid ”Normal operations”.
 - * Öka RIN-värdet med faktorn 4 vid ”Logging operations”.
- Max tillåten gångtid = 15 000 tim.
- Max tillåtet RIN-värde = 300 000.

En mast skall tas ur drift när det första av värdena ”tillåten gångtid” eller ”tillåtet RIN-värde” uppnås.

Utöver ASB har tillverkaren beträffande huvudrotormasten givit ut ”Operation Safety Notices” och Information Letters”.

Status på huvudrotormasten

SHK har i samråd med både operatören och generalagenten för helikoptertypen i Sverige, så långt det varit möjligt, kartlagt mastens status vid olyckstillfället.

Ur tillgänglig dokumentation har det i stort varit möjligt att fastställa vilken typ av flygning masten har varit utsatt för från och med oktober 1979. Dessförinnan är typ av flygning okänd. Baserat på dessa uppgifter och ovanstående ASB har ackumulerad gångtid och RIN-värde beräknats. Vid osäkerhet har konservativ bedömning⁶ gjorts.

Två beräkningar har gjorts beroende på om flygningarna efter oktober 1979 skall definieras som ”Normal operations” eller som ”Logging operations”. Vid definitionen ”Normal operations” har därvid gångtiden/RIN-värdet beräknats till 11 712 tim. / 261 579 RIN och vid alternativet ”Logging operations” till 11 712 tim./ 334 917 RIN. (Se bilaga 2.)

Baserat på egen erfarenhet från olika lyftuppdrag har flygföretaget ansett kalkningsflygning vara mer likartad vattenbombning och besprutning från luften än logging. Man har därför tolkat ASB 205-95-65 resp. ASB 205-95-65, Rev. ”A” som att sådan flygning skall klassificeras som ”Normal operations”, dvs. att faktorn 2 skall användas vid RIN-beräkning.

Under utredningens gång har mastens RIN-värde beräknats

- av Bell Helicopter Textron till 314 412 resp. 346 751 RIN
- av Luftfartsinspektionen (LFI) till 330 426 RIN, och
- av den amerikanska luftfartsmyndigheten
Federal Aviation Administration (FAA) till 329 748 RIN.

Anm. I beräkningarna som utförts av Bell, LFI och FAA har medtagits 289,6 rapporterade gångtimmar med okänd typ av flygning under mars 1991. Uppgiften har visat sig vara felaktig, till följd av ett misstag i samband med gångtidsrekonstruktionen, och är exkluderad i SHK:s beräkningar.

Översyn av masten gjordes i maj 1996. Efter återinstallationen i helikoptern den 15 maj 1996 flög helikoptern 842,5 flygtimmar innan olyckan inträffade.

1.18.2 Tidigare händelser med samma typ av huvudrotormast

Mastbrott

⁶ Konservativ bedömning = Den mest ogynnsamma från drifttidssynpunkt

Den 17 oktober 1991 inträffade i samband med logging en olycka i Schweiz med en helikopter av typ Bell 205-A1, HB-XXD, till följd av ett brott i huvudrotormasten. Föraren omkom.

Den Schweiziska haverikommissionen (Die Eidg. Flugunfall-Untersuchungs-Kommission-EFUK) har i rapport Nr 1505 konstaterat att brottet inträffade till följd av att en utmattningsspricka uppstått i masten. Sprickan hade startat i en hålkål på det nedre låsringsspåret i splinesen ungefär 1/3 från masttoppen. Masten, med P/N 204-011-450-007 (S/N okänd), hade varit i drift ca 2 800 timmar sedan översyn och dess totala gångtid var ca 5 000 timmar. Helikopterns totalvikt vid olyckstillfället har beräknats till 4 946 kg (10 903 lbs).



I rapport EMPA Nr 139 240 från den metallurgiska undersökningen av masten ansågs den primära orsaken till mastbrottet vara att den befintliga konstruktionen medfört att ett stort antal brottanvisningar skapats i de vassa hörn som fanns mellan "splines-bomarna" och låsringsspåret.



Kommissionen kom fram till att olyckan orsakades av:

- Utmattningsbrott av huvudrotormasten till följd av överbelastning.
- Överskridande av operativa gränsvärden.

Följande rekommendationer lämnades:

- För helikoptrar med totalvikt över 2 722 kg (6 000 lbs) som används för lyft-uppdrag med hängande last bör användning av flygdataregistrator (FDR) föreskrivas;
- För helikoptrar av typ Bell 205 som används vid logging bör spricksökningskontroll av huvudrotormasten föreskrivas var 250–300 gångtimme;
- Helikoptertillverkaren bör förmås att få en nyutvecklad huvudrotormast FAA-certifierad. Ett luftvärdighetsdirektiv bör därefter utges som föreskriver utbyte av nuvarande masttyp.

Mastspricka

Den 10 september 1991 demonterades huvudrotormasten, P/N 204-011-450-105, S/N 25089, från en helikopter Bell 205, HB-XRZ, på grund av att kraftiga vibrationer hade uppstått under flygning. Enligt Malfunction Report No 910911, utfärdat av det schweiziska helikopterföretaget, hade en utmattningsspricka startat i en av hålkälen i det övre låsringsspåret ungefär 1/3 från masttoppen. Sprickan hade gått genom godstjockleken och vuxit till ca 1/3 av omkretsen. Mastens sammanräknade gångtid var 8 474 tim. Mastens drifthistorik framgick inte.

1.18.3 Information från helikoptertillverkaren

Representanter från helikoptertillverkaren har deltagit i undersökningen av helikoptern och på plats tagit del av resultatet från den metallurgiska undersökningen av masten. Delar från masten har under överinseende av NTSB undersökts vid helikoptertillverkarens materiallaboratorium i USA. I skriftväxlingen med SHK har tillverkaren bl.a. uppgivit:

- * Beträffande den metallurgiska undersökningen av delar från masten har man kommit fram till i princip samma resultat som CSM-Materialteknik AB.
- * Man anser dock att de ”felaktiga hålkälsradierna” som CSM mätt upp i låsringsspåret är delvis missvisande eftersom de mätts på var sida om fasningen vilken orsakats av ett slitet skärverktyg. (“The reported under minimum fillet radii is somewhat misleading in that those dimensions were taken at undercut areas caused by a worn tool steel cutter used at the time of manufacture. The actual B/P radius requirement of .020/.030, although nominal, was retained. The vendors method of groove cutting was changed in mid-1979 to NC machines using carbide inserts”.)
- * Det finns troligen ett samband mellan de 12 sprickorna som konstaterats i hålkälen med den minsta radien, 0,06 mm (0,0024 in), och den högre spänningskoncentration som förekommit där. (“...it is likely that there is a relationship between the 12 cracks and higher stress levels at the .002 minimum spec radius...”.)
- * Kalkspridning skall klassificeras som logging. Den aktuella mastens RIN-värde vid olyckan har med olika metoder beräknats till 314 412 RIN respektive till 346 751 RIN. Det maximalt tillåtna RIN-värdet på 300 000 RIN har därför överskridits i båda alternativen.

- * Vid fastställande av max tillåtet RIN-värde används normalt säkerhetsfaktorn 4. Dvs. om det vid ett utmattningsprov inträffar ett brott vid 1 000 000 RIN sätts högsta tillåtna RIN-värde för drift till 250 000 RIN.
- * Nuvarande tillverkningsprocess av masttypen har gått igenom och befunnits vara acceptabel och några ytterligare åtgärder planeras inte.

1.18.4 Delrapport

I SHK:s delrapport, daterad den 30 maj 1997, rekommenderades LFV att som temporär åtgärd, till dess att slutrapporten publicerats, införa skärpta drifts begränsningar på huvudrotormaster (Main rotor masts) och medbringare (Main rotor trunnions) installerade i helikoptertyperna Bell 204, Bell 205A-1 och Bell 212 enligt en särskild lista. (Bilaga 4.)

1.18.5 Myndighetsdirektiv

LFV Luftvärdighetsdirektiv (LVD)

I LVD nr 2788 daterad den 7 juli 1997 har LFV av berörda operatörer krävt förnyad beräkning av gångtider och RIN-värden med återrapportering av resultatet till LFV, och infört i princip de begränsningar av en masts livslängd som SHK rekommenderat. (Bilaga 5.)

FAA Airworthiness Directive (AD)

Den amerikanska luftfartsmyndigheten FAA har efter olyckan publicerat direktivet AD 97-14-12 (bilaga 6), vilket föreskriver att huvudrotormastens ackumulerade RIN-värde skall beräknas genom att mastens gångtid enligt ASB 205-95-65, Rev. "A" först skall multipliceras med faktorn 20 och därefter:

- i) ökas med 2 för varje start och landning samt
- ii) ökas med 2 för varje lyft av extern last, eller med 4 för varje lyft av extern last där höjdskillnaden mellan lyftplats och avlastningsplats är 200 fot eller mer.
 - Max tillåten gångtid = 15 000 tim.
 - Max tillåtet RIN-värde = 300 000.

I direktivet tas ingen hänsyn till logging.

2 ANALYS

2.1 Olyckan

Det råder ingen tvekan om att flygföretagets metod för kalkspridning belastar en helikopter mycket hårt. Dess kapacitet utnyttjas maximalt för att arbetet skall kunna göras så snabbt och effektivt som möjligt. Det är emellertid SHK:s uppfattning att de instruktioner och den utrustning som företaget tagit fram för uppgiften säkerställer att arbetet utförs utan att några driftsbegränsningar överskrids.

Förutsättningarna för uppdraget den aktuella dagen var goda och arbetet hade kommit igång enligt normala rutiner. Mastbrottet inträffade helt utan förvarning. Genom att helikoptern omedelbart blev okontrollerbar hade föraren ingen möjlighet att påverka händelseförloppet. Tack vare att flyghöjden var låg och att helikoptern vid markkollisionen bromsades upp av den kalkfyllda behållaren undkom föraren med endast lindriga skador. Riktningen och storleken på retardationskraften var också sådan att helikopterns nödsändare inte aktiverades.

Av en olycklig slump kom den lossbrutna rotorn att flyga iväg i en sådan riktning och på en sådan höjd att den kolliderade med manskapsboden så långt som 125 meter från haveriplatsen och dödade flygteknikern som befann sig där. En ännu större katastrof skulle ha kunnat inträffa om helikoptern eller rotorn hade slagit ned på påfyllningsplatsen där flera människor befann sig och där bl.a. en tankbil med flygbränsle stod parkerad.

2.2 Huvudrotormast

2.2.1 Mastbrottet

Enligt den metallurgiska undersökningen av masten orsakades brottet av att en utmattningsspricka uppstått i botten på ett låsringsspår och sedan vuxit tills masten brast under belastning. Sprickans tillväxthastighet var till en början långsam men ökade successivt. Mot slutet var hastigheten så stor att enskilda belastningstoppar har kunnat identifieras i brottytans struktur i form av ”rastlinjer”, där varje linje motsvarar en belastningstopp (”Event”). Genom att den äldre delen av brottytan saknar tydliga rastlinjer har det inte varit möjligt att bestämma när initialsprickan uppstod. Det går därför inte att säga om sprickan fanns vid den senaste översynen av masten år 1996, ungefär 14 000 ”Events” före olyckan.

Någon förklaring till den kraftiga rastlinjen som bildades när sprickan vuxit till ungefär halva godstjockleken har inte kunnat ges. Linjen uppstod sannolikt i samband med en momentan belastningstopp. Om masten hade spricksökts i samband med en sådan händelse är det möjligt att sprickan hade upptäckts. Någon inträffad överbelastning har dock inte rapporterats eller dokumenterats.

2.2.2 Tillverkningsstatus

Det är väl känt att spänningskoncentrationer i materialet uppstår vid skarpa kanter och hörn på konstruktioner som utsätts för belastning. Detta kan resultera i att mikrosprickor bildas där och sedan utvecklas till utmattningssprickor. Därför anges minsta radie på hålkäl, hörn, kanter, fasningar etc. i ritningsunderlag till konstruktioner med höga hållfastighetskrav. Speciellt viktigt är detta för roterande konstruktioner – såsom t.ex. axlar – vilka ofta utsätts för komplicerade belastningsmönster. (Se 2.2.5.)

Hålkälen i botten på låsringsspåret, i vilken utmattningssprickan startade, var inte tillverkad enligt tillverkarens ritningsunderlag. I stället för en jämn hålkälsradie på 0,51–0,71 mm var hålkälen gjord som en ca ”45° fasning” med hålkälsradierna 0,06 mm respektive 0,125 mm i kanterna. Den minsta radien i denna hålkäl var

därigenom endast 1/8 av specificerad minimiradie, vilket innebar att extra hög spänningskoncentration uppstod i materialet utefter hålkälen.

Det faktum att både sprickan som ledde till brott och ytterligare 12 mindre sprickor uppstått i samma hålkäl visar att tillverkningsfelet hade en avgörande betydelse för mastbrottet.

2.2.3 Driftsuppföljning

Sedan helikoptertypen sattes i drift har helikoptertillverkaren givit ut flera ASB samt Operations Safety Notices och Information Letters med avseende på huvudrotormasten. Successivt har nya krav på driftsuppföljning införts, vilket måste tolkas som att tillverkaren blivit medveten om att masttypen har en svaghet som kräver särskild bevakning.

De instruktioner som har givits ut i olika ASB (se 1.18.1) om hur gångtid och RIN-värde skall beräknas och följas upp är enligt SHK:s uppfattning otydliga och inte anpassade till hur helikoptertypen opereras i praktiken. Risken för feltolkning är stor, i synnerhet när beräkningen skall göras retroaktivt på master som varit i drift innan beräkningskraven kom till. Detta visas också av att olika instanser under utredningens gång kommit fram till olika resultat beträffande den aktuella mastens RIN-värde.

I ASB 205-90-40, Rev. "A" skall t.ex. gångtiden multipliceras med faktorn 1,0, 2,0 eller 3,0 beroende på hur många "Events/Flt.Hr" som masten varit med om. Samtidigt anges att gångtiden skall multipliceras med faktorn 2,0 om antalet "Events/Flt.Hr" är okänt. Konsekvensen kan bli att en operatör "gynnas" av att "inte veta" hur masten har opererats. Normalt brukar ett okänt driftsförhållande innebära att masten belastas med den mest ogynnsamma beräkningen, dvs. åtminstone med faktorn 3,0 i detta fall.

Instruktionerna är vidare otydliga beträffande definitionen av "Logging operations". I ASB 205-90-40 jämföras logging med "water dropping from buckets or belly tanks, spraying, ski lift service, sight seeing tours" m.m. I de senare utgivna ASB 205-95-65 resp. ASB 205-95-65, Rev. "A" definieras flyguppdragen endast som "Logging operations" resp. "Normal operations". Helikopterföretaget har tolkat instruktionerna som att kalkspridning hör hemma inom kategorin "Normal operations" snarare än inom kategorin "Logging operations".

SHK har viss förståelse för denna tolkning eftersom logging enligt uppgift från flera helikopterförare anses vara den kanske mest påfrestande arbetsuppgiften för en helikopter. SHK anser dock, med tanke på att i stort sett varje lyft vid kalkning sker med max tillåten startvikt och innebär stor belastning på helikoptern, att denna typ av flygning borde jämföras med "Logging operations" och RIN-beräkningen ha belastas med faktorn 4.

Enligt SHK:s RIN-beräkning (se 1.18.1 och bilaga 3), som har stöd hos såväl operatören som generalagenten i Sverige, var mastens RIN-värde vid olycks-tillfället:

- 13 % under tillåtet RIN-värde om kalkningsflygningarna efter oktober 1979 definieras som "Normal operations" och
- 12 % över tillåtet RIN-värde om kalkningsflygningarna efter oktober 1979 definieras som "Logging operations".

Detta innebär att helikoptern inte var luftvärdig om kalkningsflygningarna efter oktober 1979 jämföras med "Logging operations".

I samtliga beräkningar var mastens gångtid dock inom den tillåtna gränsen, 15 000 timmar.

Ytterligare oklarhet har skapats efter olyckan genom FAA:s AD 97-14-12, vilket föreskriver en instruktion för beräkning RIN-värdet som avviker från tillverkarens instruktioner enligt ASB 205-95-65, rev. "A".

2.2.4 Säkerhetsfaktor

Helikoptertillverkaren har uppgett att man vid fastställande av maximalt tillåten gångtid/RIN-värde på kritiska konstruktionsdetaljer – såsom en rotormast – normalt använder säkerhetsfaktorn 4,0. Det innebär att den aktuella masttypen, som får gå maximalt 300 000 RIN, teoretiskt borde kunna opereras till 1 200 000 RIN eller 300 % över tillåtet värde innan brott inträffar – under förutsättning att gällande driftsbegränsningar följs.

Enligt den mest konservativa beräkningen av olycksmastens RIN-värde, som gjorts av helikoptertillverkaren, hade den tillåtna RIN-gränsen överskridits med 16 % vid olyckstillfället. Under förutsättningen att säkerhetsmarginalen är korrekt beräknad borde detta marginella överskridande inte haft någon betydelse för mastbrottet. Enligt samma resonemang borde övervikten – på knappt 4 % som den schweiziska helikoptern hade vid mastbrottet år 1991 – inte heller haft någon större betydelse i sammanhanget.

Mastbrotten och tillbudet som inträffat med masttypen tyder i stället på att dess hållfasthetsmässiga säkerhetsmarginaler för tillverkningsfel (som det aktuella), operativa överskridanden etc, är otillräckliga.

2.2.5 Konstruktion

En rotormast utsätts för ett mycket komplicerat belastningsmönster bestående av drag- och tryckkrafter samt böj- och vridmoment, vilka påverkar masten i såväl högfrekventa som lågfrekventa cykler. SHK delar därför EFUK:s uppfattning att masttypens grundkonstruktion, med flera bearbetade låsringsspår i splines på masten, är olämplig ur hållfasthetssynpunkt. Den lämpligaste och långsiktiga lösningen vore därför att konstruera om masten på ett sätt så att brottanvisningar undviks. Tills dess att en ny masttyp satts i drift bör instruktionerna för beräkning av nuvarande masters RIN-värden göras entydiga och praktiskt användbara samt deras tillåtna drifttid begränsas så att godtagbar säkerhetsmarginal uppnås.

2.2.6 Flygsäkerhetsrisk

Ett brott på en helikopterrotormast under flygning kan jämföras med att ett flygplan tappar en vinge och leder med största sannolikhet till ett totalhaveri med svåra personskador. Det är därför uppenbart att en rotormast skall vara konstruerad och tillverkad med sådana säkerhetsmarginaler att ett mastbrott i princip inte skall kunna inträffa.

SHK finner det därför anmärkningsvärt att två praktiskt taget identiska mastbrott inträffat och en allvarlig utmattningsspricka hittats på samma masttyp och på ungefär samma ställe på masterna. Händelserna tyder på att masttypen utgör en flygsäkerhetsrisk. Med tanke på att det finns drygt 1 250 helikoptrar av typen som tagits i drift världen runt finner SHK det utomordentligt allvarligt att tillverkaren ännu inte har vidtagit erforderliga åtgärder för att lösa problemet och att berörda luftfartsmyndigheter till synes har accepterat detta förhållande.

3 UTLÅTANDE

3.1 Undersökningsresultat

- a) Föraren hade behörighet att utföra flygningen.
- b) Helikoptern hade gällande luftvärdighetsbevis.
- c) Med operatörens klassificering av kalkningsflygningarna som ”Normal operations” hade tillåtet RIN-värde inte överskridits och helikoptern var luftvärdig. Med SHK:s klassificering av kalkningsflygningarna som ”Logging operations” hade tillåtet RIN-värde överskridits med 12 % och helikoptern var inte luftvärdig.
- d) Mastbrottet orsakades av en utmattningsspricka.
- e) Utmattningssprickan hade startat i en hålkäl i botten på ett låsringsspår.
- f) Utmattningssprickan berodde på tillverkningsfel.
- g) Ett mastbrott vid en olycka och en utmattningsspricka vid ett tillbud har tidigare konstaterats på samma masttyp och på samma ställe på masterna.
- h) Masttypen är olämpligt konstruerad från hållfasthetssynpunkt.
- i) Säkerhetsmarginalen till brott på masttypen är otillräcklig.
- j) Instruktionerna för beräkning av RIN-värdet är otydliga och svårtolkade.

3.2 Orsaker till olyckan

Olyckan orsakades av att ett tillverkningsfel i rotormasten medförde mastbrott. Bidragande var att

- masttypen är olämpligt konstruerad från hållfasthetssynpunkt, att
- säkerhetsmarginalen till mastbrott är otillräcklig, samt att
- instruktionerna för beräkning av RIN-värdet är otydliga och svårtolkade.

4 REKOMMENDATIONER

SHK rekommenderar Luftfartsverket att

- verka för att en ny typ av huvudrotormast certifieras och sätts i drift (C 1998:30 R1), samt att
- tills dess att en ny typ av rotormast har satts i drift dels bibehålla angivna driftsbegränsningar enligt LVD nr 2788, dels ombesörja att instruktionerna för beräkning av RIN-värdet blir entydiga (C 1998:30 R2).