

# RAPPORT

SL 2019/04



## RAPPORT OM LUFTFARTSULYKKE VED ÅNGARDSVATNET, OPPDAL KOMMUNE 26. FEBRUAR 2017 MED DYN AERO MCR 4S, LN-DLH

 This report is also available in English

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 skal unngås.

ISSN 1894-5902 (digital utgave)

Statens havarikommisjon for transports virksomhet er hjemlet i lov 11. juni 1993 nr. 101 om luftfart § 12-1 jf. forskrift 19. desember 2014 nr. 1848 om offentlige undersøkelser av luftfartsulykker og luftfartshendelser innen sivil luftfart § 3.

Foto: SHT og Trond Isaksen/OSL

**RAPPORT OM LUFTFARTSULYKKE VED ÅNGARDSVATNET, OPPDAL KOMMUNE  
26. FEBRUAR 2017 MED DYN AERO MCR 4S, LN-DLH**

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](mailto:post@aibn.no)

Avgitt dato: 22.03.2019  
SL Rapport: 2019/04

---

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.: Dyn Aero MCR 4S, LN-DLH (Experimental)
- Produksjonsår: 2010
- Motor: Rotax 912 ULS

**Operatør:**

Privat

**Dato og tidspunkt:**

Søndag 26. februar 2017 kl. 1503

**Hendelsessted:**

Ångardsvatnet, Oppdal kommune, Trøndelag (62°40'N 09°11'Ø)

**ATS luftrom:**

Ikke-kontrollert luftrom, klasse G

**Type hendelse:**

Luftfartsulykke, motorhavari med påfølgende nødlanding

**Type flyging:**

Privat

**Værforhold:**

Vindstille. Skyfritt. Temperatur: 3 °C. QNH: 994 hPa

**Lysforhold:**

Dagslys

**Flygeforhold:**

VMC

**Reiseplan:**

VFR

**Antall om bord:**

3; fartøysjef og 2 passasjerer

**Personskader:**

Ingen

**Skader på luftfartøy:**

Skader på neseunderstell, struktur rundt brannskott, motor og propell

**Andre skader**

Ingen

**Fartøysjef:**

- Alder: 53 år
- Sertifikat: PPL(A)
- Flygererfaring: 240 timer, hvorav 105 timer på typen. Siste 90 dager 26 timer, alle på typen. Siste 24 timer: 2, alle på typen

**Informasjonskilder**

NF-2007 «Rapportering av ulykker og hendelser i sivil luftfart» fra fartøysjef, samt SHTs egne undersøkelser.

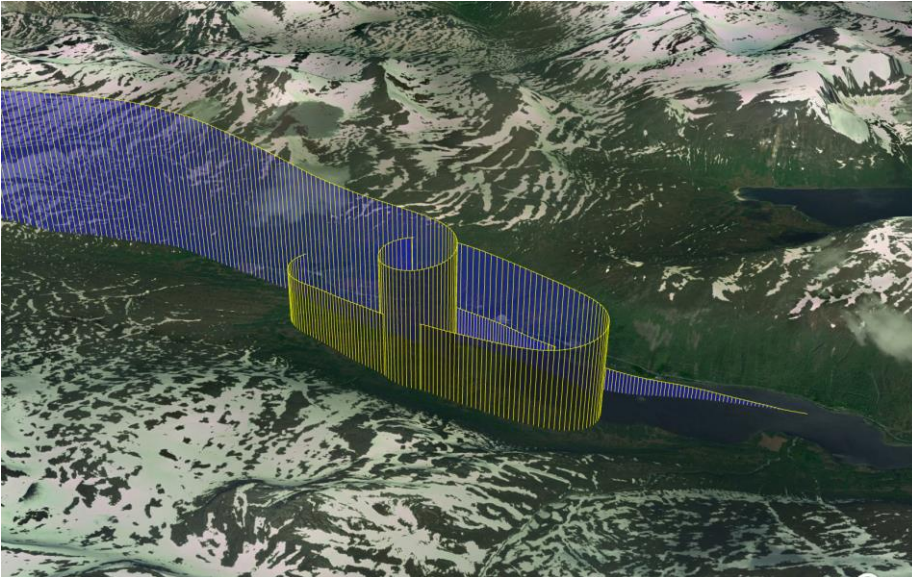
## FAKTISKE OPPLYSNINGER

Flyturen begynte fra Flesland (ENBR), og var opprinnelig planlagt som en rundflyging med stopp ved Sandane (ENSD), på Kvernberget (ENKB) og på Røros (ENRO) før retur til Flesland. På grunn av værforholdene på Sandane gikk turen direkte til Vigra (ENAL) for en stopp. Værforholdene på Kvernberget var såpass dårlige at fartøysjefen bestemte seg for å fly direkte mot Røros fra Vigra. En stund etter passering av Molde i en høyde av ca. 9 000 ft. kom det et lite smell fra motoren med påfølgende vibrasjoner og oljelukt i flyet. Motoren ble stoppet og nødmelding ble gitt til lufttrafikkjenesten. Fartøysjefen valgte Ångardsvatnet for nødlanding siden dette vannet var innenfor glidedistanse fra punktet hvor motoren stoppet (se figur 1).



Figur 1: Flyets posisjon i forhold til Ångardsvatnet under glideflukt. Foto: Kamera i LN-DLH

På glideflukt mot Ångardsvatnet ble motoren startet. Den vibrerte slik at den ble stoppet etter en kort stund. Fartøysjefen foretok to 360 graders svinger for å komme i riktig høyde for siste del av innflygingen mot det islagte vannet (se figur 2).



Figur 2: Siste fase av flygingen. Kilde: Google Earth og data fra flyets instrumentering

Flyet ble satt ned med en hastighet på ca. 55 knop. Snøen var 20-30 cm dyp og det var overvann på isen. Under landing røk neseunderstellets innfesting og et propellblad. Flyet groundloopet og roterte nesten 180 grader. Det ble stående på hovedunderstellet med nesen ned i snøen. Det oppstod ikke brann i flyet. Fartøysjef og begge passasjerene var uskadet og evakuerte etter hvert flyet. Lufttrafikkjenseten ble informert om at assistanse ikke var nødvendig.

Flyet hadde fulle drivstofftanker (ca. 130 liter) ved avgang fra Flesland og hadde ca. 90 liter igjen på tankene da ulykken skjedde. Det ble benyttet 98 oktan bensin (Mogas) uten etanol.

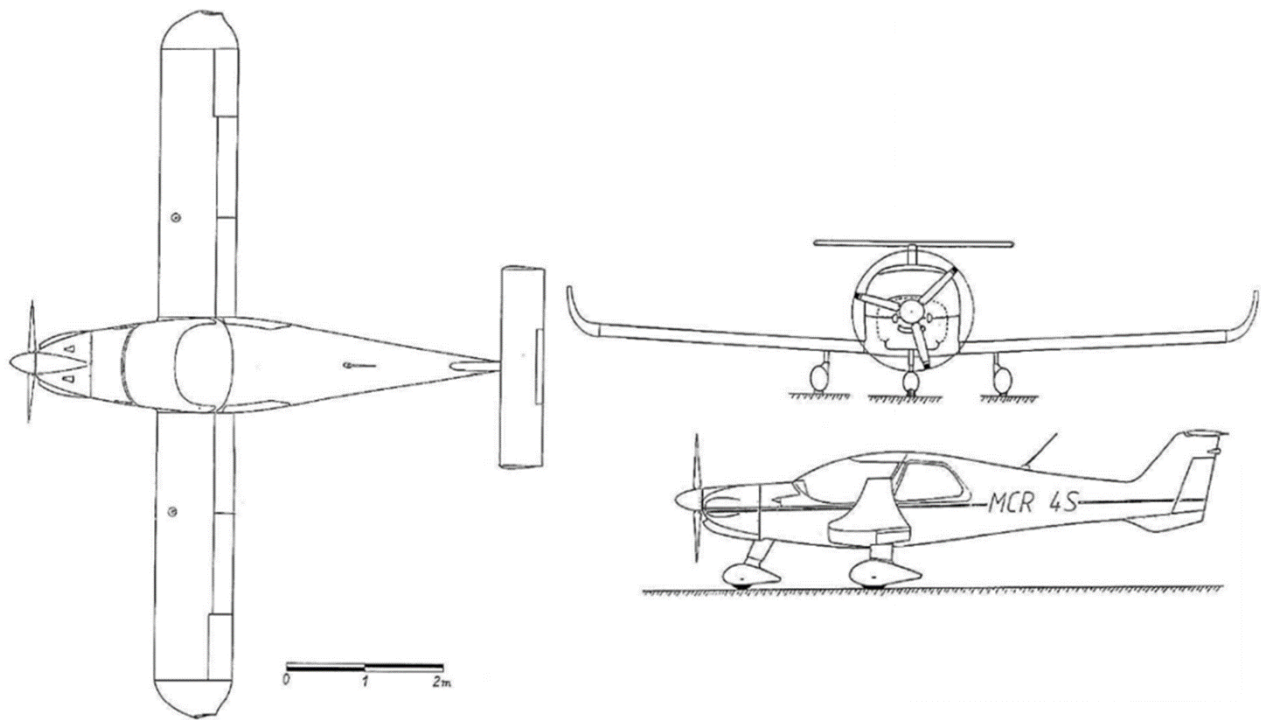
Flyet ble berget til land ved hjelp av en improvisert slede som ble trukket av en løypemaskin, og ble deretter transportert videre med bil til et flyverksted på Eggemoen.

Det var 3 °C, og overvann under snøen på isen. Fartøysjefen og en av passasjerene hadde ikke egnet skotøy og måtte låne av noen som bodde i nærheten og som kom ut til flyet.

### Flyet

Flyet har en motor, fast understell og har en maksimum avgangsmasse på 750 kg. Flyet er levert som byggesett, og er bygget i Sverige av en privatperson. Det er klasset som «Experimental» og er derved underlagt bestemmelser i BSL B 2-3 § 6 «Vedlikeholdsklasse III». Eieren av LN-DLH kjøpte flyet brukt med original Rotax 912ULS motor som yter ca. 100 hk. For å kunne bruke 95 oktan Mogas på steder hvor 98 oktan bensin ikke var tilgjengelig, bygde han selv om motoren med et «Big Bore Kit» som gav motoren et slagvolum på 1417 cm<sup>3</sup> og et noe lavere kompresjonsforhold enn det originalmotoren hadde. Ombyggingssettet var levert av EdgePerformance. Settet var tidligere benyttet på en motor som leverandøren hadde hatt i sitt fly. Komponentene hadde gått ca. 12 flytimer i dette flyet. Motoren i LN-DLH akkumulerte ca. 78 flytimer etter installasjon av modifikasjonen før den feilet på denne flygingen.

Flyet hadde på ulykkestidspunktet en total flytid på 231:45 flytimer. Motor og propell hadde samme antall flytimer. Siste vedlikehold, en 100-timers inspeksjon, ble utført på flytid 204:30. Siste luftdyktighetsbevis var utstedt 19.12.2016.



Figur 3: Dyn Aero MCR 4S. Illustrasjon: Dyn Aero

### Modifikasjon av motoren (Big Bore Kit)

Hensikten med denne modifikasjonen var å øke motorens effekt samt å muliggjøre bruk av 95 oktan Mogas. Dette gjøres ved å øke motorens slagvolum, noe som gjøres ved å øke sylinderdiameteren og installere nye stempler med større diameter og med et annet design enn de originale Rotax stemplene. Motoren fikk øket slagvolumet fra  $1352 \text{ cm}^3$  til  $1417 \text{ cm}^3$ , noe som ifølge EdgePerformance gir en effektøkning på 7 hk og et lavere kompresjonsforhold enn i originalmotoren. Stemplene som leveres med ombyggingssettet hadde ikke stempelskjørt i full omkrets slik motorfabrikantens originale stempler hadde (se figur 4). Modifikasjonen innebar også at motorfabrikantens originale sylindere ble boret opp til en større indre diameter. Større diameter medfører mindre materialtykkelse i sylinderveggene. Modifikasjon til  $1417 \text{ cm}^3$  slagvolum var ment for turboladede motorer. Motoren til LN-DLH var ikke utstyrt med turbo.

EdgePerformance har ingen dokumentasjon som beskriver gangtidsbegrensninger eller vedlikeholdsintervall på modifiserte motorer eller som gir eventuelle krav til drivstoffkvalitet. Havarikommisjonen er gjennom undersøkelsen blitt kjent med at det generelt anbefales å benytte 98 oktan bilbensin (Mogas) på motorer med Big Bore modifikasjon og ikke 95 oktan som var fartøysjefens intensjon når 98 oktan ikke var tilgjengelig.





Figur 4: Sammenligning. Originalt stempel fra Rotax til høyre. Foto: SHT/FOLAT

### Skader på flyet

Flyet fikk omfattende strukturelle skader i neseseksjonen.

### Undersøkelse av motoren

Det ble foretatt en initiell undersøkelse av motoren ved flyverkstedet på Eggemoen. Skader ble funnet og dokumentert. I sylinder nr. 2 hadde stempelråden bøyd seg og knekt, og stempelskjørtet hadde brukket av på den ene siden av stempelet. På grunn av manglende stempelskjørt på den ene siden av stempelet hadde det dreid seg rundt kryssbolten, og sto skjevt i sylinderen med deformert stempeltopp og stempelringseksjon (se figur 5 og figur 6). Videre demontering av motoren ble gjort i verkstedet til EdgePerformance, hvor nødvendig spesialverktøy var tilgjengelig. Den demonterte motoren ble tatt med til SHTs lokaler for videre undersøkelse.



Figur 5: Stempel i sylinder nr. 2. Foto: SHT

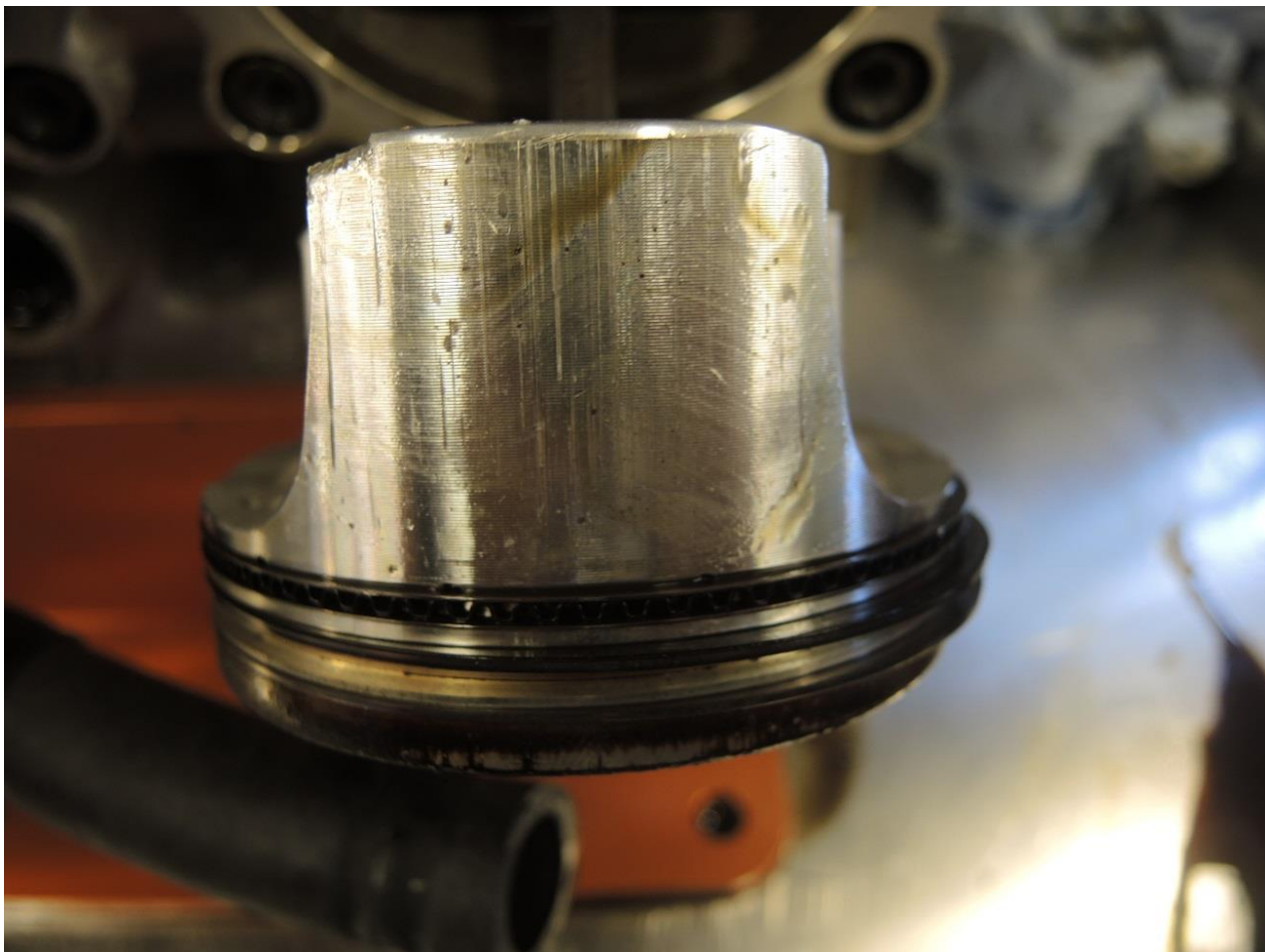
Stempelringene og stempelringsporene på stempel nr. 2 bar ikke preg av å ha vært utsatt for unormalt høye temperaturer. Omkretsen på stempeltoppen bar preg av polering som et resultat av at stempellet hadde beveget seg skjevt i sylindren etter at stempelskjørtet hadde brukket av.



Figur 6: Skader på stempel nr. 2. Kilde: Rotax

Det hadde oppstått riss på stempelskjørtene på alle fire stempler. Omfanget av riss kan tyde på at de er forårsaket av metallfragmenter som ble slått løs av den avbrukne råden til stempel nr. 2 (se figur 7).





*Figur 7: Riss i stempelskjørtet på et av stemplene. Foto: SHT*

Stemplene ble først bragt til Forsvarets laboratorietjenester (FOLAT) for analyse. Resultatet av denne analysen var at materialet hadde en grov granulær struktur og at det hadde oppstått intergranulære brudd og transgranulære knusningsskader.

Sylindre, cylindertopper, stempler, veivaksling med råder og kamaksel ble senere bragt til motorfabrikanten Rotax for videre undersøkelse. Denne undersøkelsen viste at den brukne stempelråden hadde slagmerker i bruddsonen som indikerte at motoren hadde gått litt på tre sylindre etter at stempelet i sylinder nr. 2 hadde satt seg fast. Den nedre delen av sylinder 1 og 2 hadde fått avslått biter av nedre del av sylinderveggene. Dette var sekundærskader som oppstod etter at råden i sylinder nr. 2 brakk (se figur 8). Avslåtte fragmenter ble spredd rundt i veivhuset.



Figur 8: Sylindere nr. 2 med stempel og øvre del av råde. Foto: SHT

Det ble funnet merker på stempeltopper og sylindertopper som kunne tilsi at det hadde oppstått detonasjoner eller at fremmedlegemer hadde kommet inn i sylindrene mens motoren gikk. En nærmere undersøkelse viste at fragmenter hadde kommet inn i sylindrene mens motoren gikk. Spesielt stempel nr. 4 hadde markante skader (se figur 9 og figur 10).



Figur 9: Skader i stempelkrone på stempel nr. 4. Foto: SHT





Figur 10: Spor etter fremmedlegemer på stempeltopp på sylinder nr. 4. Foto: SHT/FOLAT

EDS<sup>1</sup> analyse ved SEM<sup>2</sup> mikroskopering viste at fragmentene som ble funnet i den mest skadede stempeltoppen (stempel nr. 4) hovedsakelig besto av jern (se figur 12). Det har ikke vært mulig å fastslå hva som har forårsaket at disse fragmentene har kommet inn i sylindrene. Tilsvarende skader ble funnet på toppen av stempel nr. 2, det ødelagte stampelet (se figur 11).

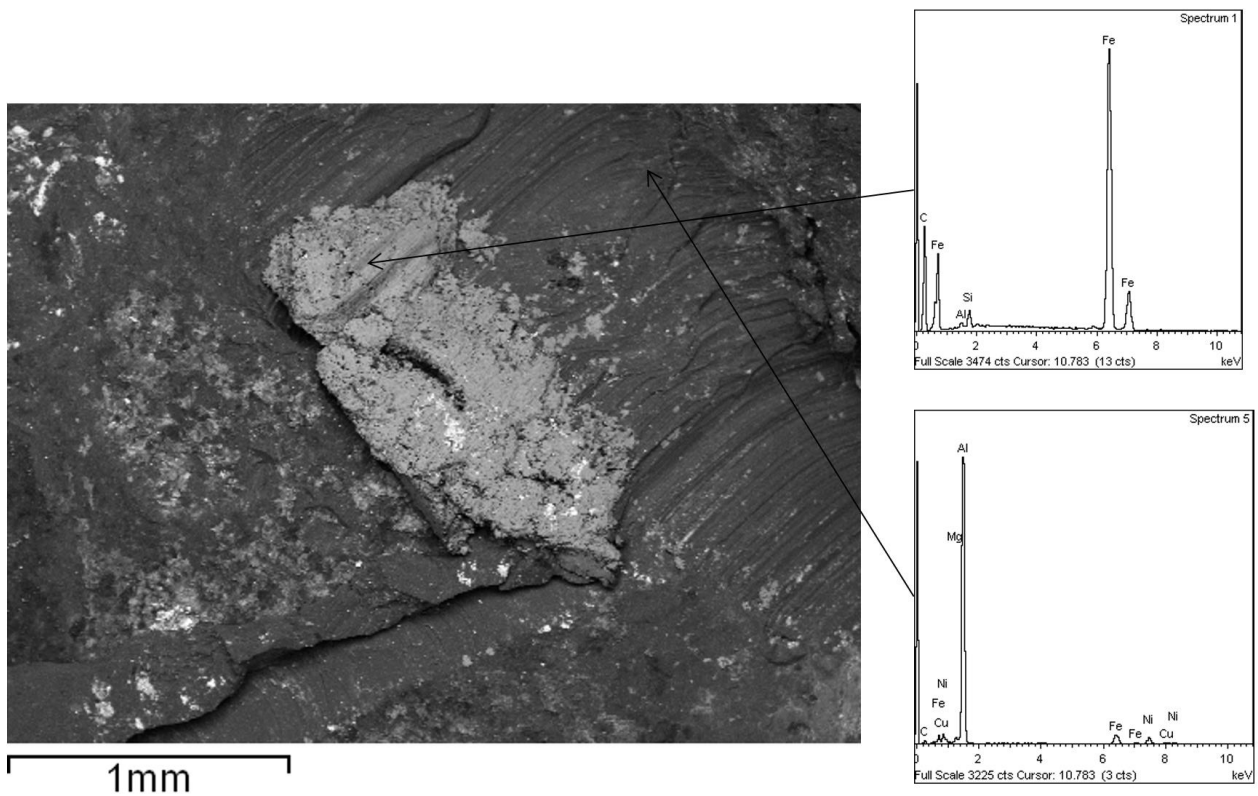


Figur 11: Skader på stempeltopp på sylinder nr. 2. Foto: SHT

---

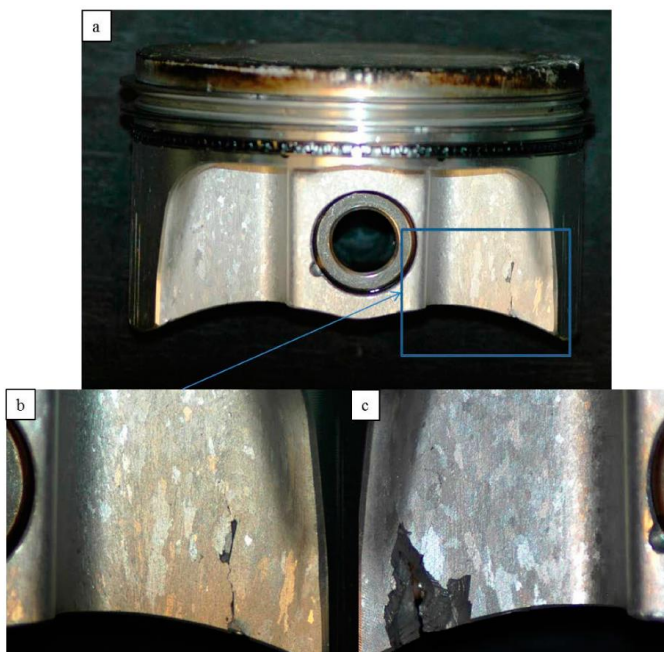
<sup>1</sup> Energy Dispersive X-ray Spectroscopy

<sup>2</sup> Scanning Electron Microscope



Figur 12: SEM mikroskopering og EDS spektrum av partikler på stempelkrone på stempel nr. 4.  
Foto/illustrasjon: SHT/FOLAT

Det ble funnet sprekker på forsterkningene som støtter stempelskjørtene. Hullene som kryssboltene er montert i er plassert ca. 1 mm fra midtlinjen på stemplene. Disse sprekken hadde oppstått på samme side på alle fire stempler (se figur 13). Det ble undersøkt om stemplene kunne ha vært montert i feil retning i forhold til tilsvarende asymmetri på originale Rotax stempler. I stempelkronen på Rotax stempler er det slått inn en pil som viser hvilken retning stemplene skal monteres i. Big Bore stemplene var installert på tilsvarende måte som de originale Rotax stemplene.

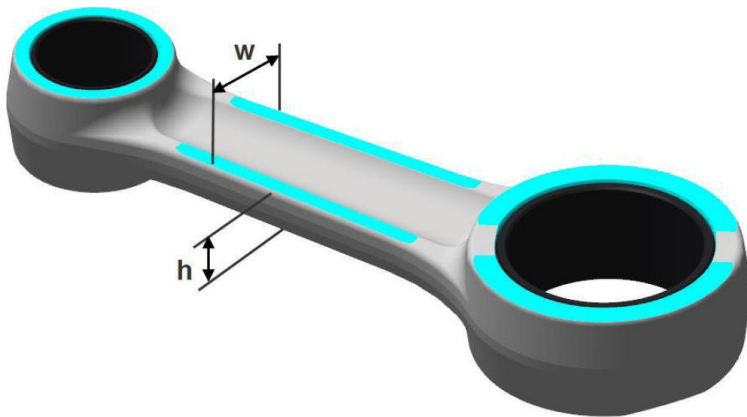


Figur 13: Sprekker i forsterkningene for stempelskjørtene i et av stemplene. Foto: SHT/FOLAT



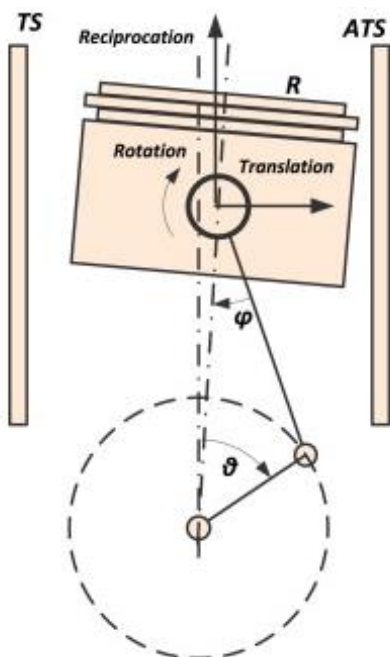
## Designaspekter

Stempelskjørt som ikke går rundt hele stempelet, noe som var tilfelle i motoren til LN-DLH, setter i følge Rotax større krav til dimensjonering av rådene som forbinder stemplene til veivakslingen. Rådene er en del av styringen av stemplene sideveis (i lengderetning av kryssboltene). Bevegelsene oppstår på grunn av den klaringen som må være mellom stemplene og sylinderveggene. Rotax sine stempler har stempelskjørt i full omkrets, noe som muliggjør å ha råder som er ca. 6 mm tykke (detalj «h» på figur 14). Rotax ville ha benyttet en tykkelse på ca. 13 mm (detalj «h» på illustrasjonen) på rådene for å ha tilstrekkelig stivhet til å kunne fange opp kreftene fra stemplenes sideveis bevegelser i sylindrene dersom de hadde brukt stempler av samme design som de som var installert i motoren. Dette forholdet var ikke ivarettatt da «Big Bore» stemplene ble installert i motoren til LN-DLH.



Figur 14: Skisse av råde. Illustrasjon: Rotax

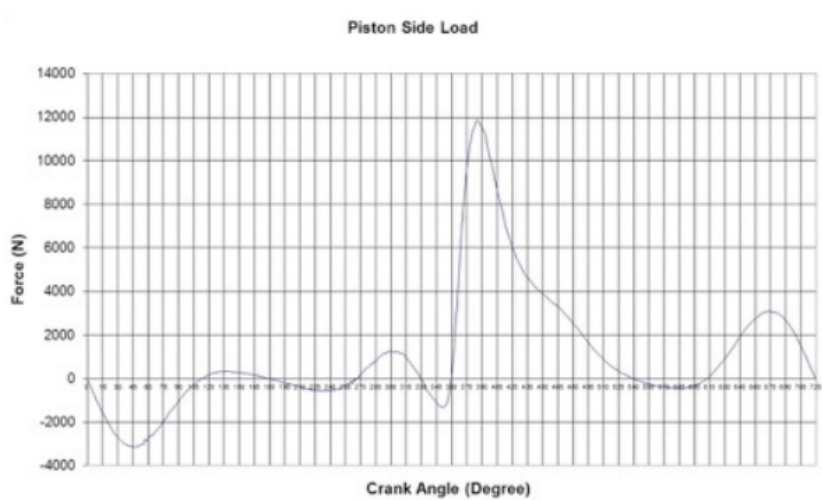
Klaringen mellom stempel og sylinder forårsaker også laterale bevegelser på stemplene som skal fanges opp av stempelskjørtens utforming. Stempelskjørtene skal dermed bidra til å styre stempelet i sylindren. Figur 15 viser hvordan et stempel beveger seg om kryssboltens akse på grunn av denne klaringen (overdrevet illustrasjon).



Figur 15: Illustrasjon av lateral bevegelse på stempel. Kilde: Sciencedirect.com



Følgende diagram gir et uttrykk for hvilke asymmetriske krefter som påvirker et stempel i forhold til veivakselens rotasjonsvinkel. Tallene i diagrammet representerer ikke spesifikt motoren i LN-DLH, men er et uttrykk for store asymmetriske variasjoner i de kreftene et stempel er utsatt for. Disse kreftene må absorberes av strukturen i stempelskjørtene (se figur 16).



*This crank angle diagram shows the dramatic difference in loading on the major thrust side of the piston. The profile above the reference line indicates loading on the major thrust side. The profile below the reference line is the minor thrust side.*

Figur 16: Asymmetriske krefter som virker på et stempel. Kilde: JE pistons.com

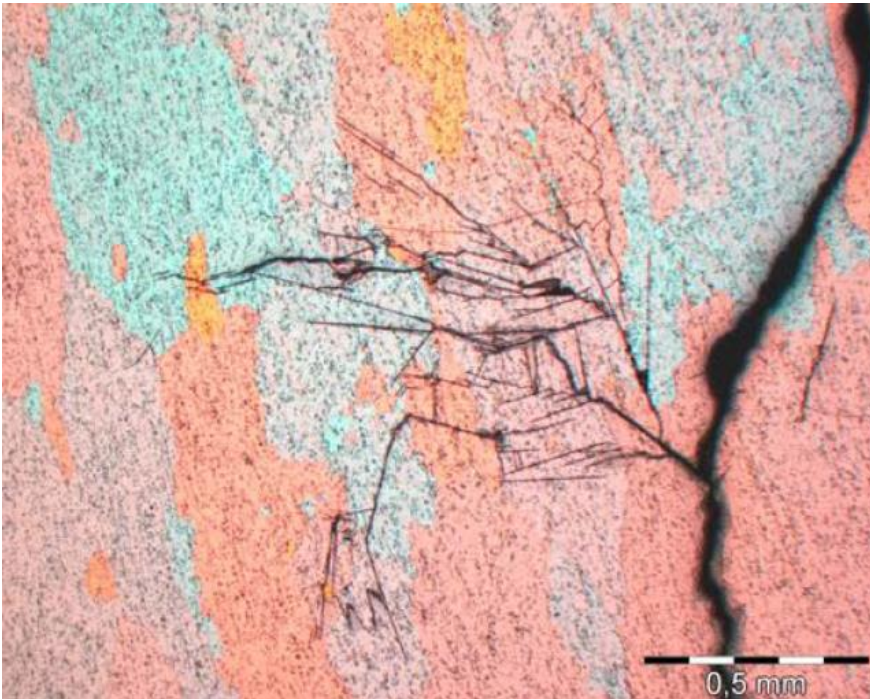
### Metallurgisk undersøkelse av brudd i struktur i stemplene

En metallurgisk undersøkelse utført av FOLAT viste en grov granulær struktur i stempelet. Slik struktur oppstår i dette materialet ved en temperatur på over 300 °C. Stemplene var smidd og laget av AA2618 legering. I følge Rotax vil ikke driftstemperaturen i dette området i stemplene overstige 170 °C. I følge FOLAT er det sannsynlig at den grove granulære strukturen i materialet oppstod i produksjonsprosessen (se figur 17). Dette ble også bekreftet av firmaet som produserte stemplene for EdgePerformance.



Figur 17: Grov granulær struktur i stempler. Foto: Rotax

Denne strukturen vil svekke materialets mekaniske egenskaper. Det ble funnet intergranulære brudd på samme sted i alle fire stemplene. Det har også oppstått transgranulære knusningsskader i materialet, noe som indikerer at strukturen nær bruddflatene har vært utsatt for kompressive krefter (se figur 18).



Figur 18: Transgranulære knusninger i stempelmaterialiet. Foto: SHT/FOLAT

#### Undersøkelse utført av Rotax

Rotax gjennomførte en undersøkelse av relevante komponenter fra motoren til LN-DLH. Rapporten konkluderer med følgende:

##### ***Conclusion and Summary of finding***

*The reported engine malfunction is caused by the cracked modified piston of cylinder 2. A failure always occurs when a design cannot withstand the loads.*

##### ***Loads causing the failure***

*From the fact that all 3 other pistons had cracks in the same area and the Technical Report 80528-09 (provided by the Norwegian Defense Laboratories), it can be deduced that the failure is clearly a fatigue failure. Based on the location of the failure and the cracks on the three other pistons, the loads responsible for the failure are caused by the piston secondary movement. During the up and down movement of the piston, the piston changes the side at which it contacts the cylinder. This is due to the change in force, the changing orientation of the conrod and the clearance between piston and cylinder (see Lit. 1<sup>3</sup>). During this event, the piston impacts the cylinder with the top end and the bottom end. An exemplary description can be seen in Lit. 2<sup>4</sup> figure 2. The impact described in {6} in this figure is causing the loads leading to this failure. This type of failure has been observed a few times*

<sup>3</sup> N. Dolatabadi, S. Theodossiades, S.J. Rothberg 2015 [«On the identification of piston slap events in internal combustion engines using tribodynamic analysis»](#)

<sup>4</sup> Momani W. 2017 [«Influence of Internal Combustion Engine Parameters on Gas Leakage through the Piston Rings Area»](#)

*in the past in other Rotax pistons for other engine types (no aircraft pistons) during the early development stage but not in production engines.*

### Endring av design av Big Bore stempler

Det eksisterer nå et nytt design på stemplene som EdgePerformance leverer. Stempelskjørtet har fått større areal og tykkere vegger, og stemplene er belagt med teflon og keramisk belegg nedenfor stempelingene (se figur 19) for å redusere friksjonen mellom stempelskjørt og sylindervegger. Dette designet, slik SHT vurderer det, er ment å være bedre i stand til å absorbere de kreftene som stempelenes laterale bevegelser i sylindrene genererer.



Figur 19: Nytt design på «Big Bore» stempler. Foto: EdgePerformance

### Rotax' forbehold om tredjeparts ombyggingssett

Rotax har gjennom Service Letter SL-912-006 R1 datert 23. juli 2014 advart mot bruk av ombygginger på følgende måte:

- *The use of any third party, after-market replacement pistons for ROTAX® engine type 912 (Series), 912 and 914 (Series) is NOT approved by ROTAX® and is very strongly discouraged.*
- *Use of any third party replacement piston may cause engine damage resulting in catastrophic engine failure.*
- *Use of any third party replacement pistons will void all ROTAX® engine warranties.*

Prinsipielt sier Rotax at en motor som er ombygget med Big Bore kit ikke lenger er å betrakte som en Rotax motor.

## Forskriftsverk

LN-DLH er et selvbygd luftfartøy som definert i BSL B 3-1 «Selvbyggerforskriften». Regelverket som er laget for selvbyggere (BSL B 3-1 «Selvbyggerforskriften» og BSL B 2-3 «Vedlikeholdsforskriften – privat») er ikke fulgt på flere punkter. Flyet tilhører «Vedlikeholdsklasse III» som definert i § 5 i BSL B 2-3.

- **Design og produksjon av «Big Bore» kits:**

I BSL B 3-1 fremkommer det at motorer som skal benyttes i fly og som ikke har typesertifikat skal være godkjent av Luftfartstilsynet. Ordlyden i § 8 er som følger:

*Dersom ikke annet er spesifisert av luftfartøytypens konstruktør, fabrikant eller rettighetshaver skal motor og propell enten ha typesertifikat eller være godkjent av Luftfartstilsynet.*

*For motorer uten ordinært typesertifikat gjelder følgende:*

- a) motoren eller identisk motor skal ha vært i bruk i minimum 60 driftstimer,*
- b) motoren skal ha vært brukt med samme elektriske system, drivstoffsystem og kjølesystem som i luftfartøyet,*
- c) de 60 driftstimene kan gjennomføres i prøvebenk, i luftfartøy eller i en kombinasjon av disse.*

*Luftfartstilsynet skal godkjenne modifikasjon av flymotor.*

*Ved bygging i samsvar med tidligere fastsatte krav og hvor kravene i første til tredje ledd ikke er oppfylt, kan Luftfartstilsynet dispensere fra denne bestemmelsen.*

Rotax 912ULS motoren faller inn i denne klassen motorer. I samme forskrifts § 21 settes det krav til godkjennelse av produksjon av flymateriell. Motorer som skal benyttes i fly er kritiske komponenter uavhengig av om de er typesertifiserte eller ei. Design og produksjon av deler som skal benyttes til ombygging av flymotorer skal være gjenstand for en godkjenning fra luftfartsmyndighet. «Big Bore» modifikasjonen har ikke vært gjenstand for en slik godkjenningsprosess.

- **Ombygging av motor:**

BSL B 3-1 § 8 «Motorkrav» var ikke fulgt, da Luftfartstilsynet ikke har hatt kjennskap til ombyggingen av motoren. Det forelå ikke godkjenning fra Luftfartstilsynet for ombygging av motoren med «Big Bore Kit». Luftfartstilsynet ble ikke gjort kjent med at ombyggingen hadde funnet sted. Ombyggingen ble gjennomført i februar 2016. Havarikommisjonen er også kjent med at eier i en e-post datert 8. juli 2016 informerte Luftfartstilsynet om at ombygging av motoren ble «satt på vent», selv om motoren allerede var ombygget i februar samme år.

- **Godkjenning av utførende personell:**

BSL B 2-3 § 6 «Vedlikehold av luftfartøy i vedlikeholdsklasse I, II og III» var ikke fulgt, da det ikke var utstedt spesialtillatelse fra Luftfartstilsynet til eieren av luftfartøyet for å kunne utføre arbeidet selv som angitt i underpunkt (4) b) i denne paragraf.

- **Dokumentasjon av utført arbeide:**

BSL B 2-3 § 27 «Tekniske journaler» var ikke fulgt, da modifikasjonen som ble utført på motoren ikke var journalført i flyets fartøyjournal.



## HAVARIKOMMISJONENS VURDERINGER

Havarikommisjonen mener at denne ulykken ble forårsaket av at et stempel feilet og kilte seg i sylindren. Stemplene i denne motoren er levert som deler av et ombyggingssett fra en tredjeparts leverandør, EdgePerformance. Stemplene som fulgte med i dette settet var av et annet design enn de originale, blant annet hadde de ikke stempelskjørt med full omkrets. Strukturen i stempelskjørtene fikk større belastning ved kompresjon og forbrenning enn det Rotax sine originalstempler fikk. Det ble funnet grov kornstruktur i materialet stemplet var laget av. Denne kornstrukturen oppstod sannsynligvis ved produksjon av stemplene. Det var trolig kombinasjonen av grov kornstruktur og større mekanisk belastning på strukturen i stempelskjørtet på denne typen stempler som medførte at det oppsto sprekker på samme sted i alle fire stempler, og en del av stempelskjørtet i sylinder nr. 2 gikk til fullt brudd.

Det var merker på stempeltoppene og sylindertoppene etter fremmedlegemer som hadde kommet inn i sylindrene. Spesielt stempel nr. 4 hadde markante merker, og det ble funnet jernholdige fragmenter i overflaten av dette stempelet. Årsaken til disse skadene er ikke funnet. Det kan antas at disse fragmentene på et tidspunkt har blitt sugd inn i motoren. Skadene har, slik Havarikommisjonen vurderer det, sannsynligvis ikke forårsaket motorhavariet, siden disse skadene var mest markante på et stempel der stempelskjørtet ikke hadde gått til fullt brudd og at skadene var mindre markert på det stempelet som forårsaket motorhavariet.

Alle stempeltoppene og sylindertoppene hadde varierende grad av overflateskader. Det er kjent at økt kompresjon, feil tenning og drivstoff med feil oktantall kan gi detonasjon med påfølgende motorskade. Flyet var i en høyde av 9 000 ft da motorhavariet skjedde, noe som også kan ha påvirket blandingsforholdet luft/bensin i en ugunstig retning. Havarikommisjonen kan ikke utelukke at det har oppstått detonasjon i motoren til LN-DLH, men mener at skadene som er observert i stempeltopper og sylinderhoder er atypiske for de skadene som oppstår ved detonasjon. Dette sannsynliggjør at motorhavariet skjedde på grunn av strukturell feil i stemplene.

Havarikommisjonen er kjent med at EdgePerformance har solgt ca. 200 ombyggingssett på verdensbasis. De ombygde motorene har ifølge Rotax stempelråder som ikke er dimensjonert for denne typen stempler. Dette kan være en latent kilde til motorhavari. Gjennom Service Letter SL-912-006 R1 advarer Rotax også sterkt mot å gjøre slike endringer. Ved ulykken med LN-DLH var skadene som oppstod på råden til stempel nr. 2 sekundære skader forårsaket av at stempelet slo i sylindertoppen etter at det hadde skråstilt seg i sylindren.

SHT har gjort Luftfartstilsynet (LT) klar over at det finnes flere ombygde motorer montert i norske luftfartøy. Havarikommisjonen forventer at LT gjør nødvendige flysikkerhetsmessige vurderinger.

Rotax har definert vedlikeholdsintervaller for motoren. Fabrikanten anser ikke ombygde motorer for lenger å være Rotax motorer og har frasagt seg ansvar for disse. Definisjon av gangtidsbegrensninger og vedlikeholdsintervaller for ombygde motorer er derved en oppgave som leverandøren av «Big Bore» kit må påta seg. Havarikommisjonen anser at denne problemstillingen bør inngå i Luftfartstilsynets sikkerhetsvurdering.

Havarikommisjonen mener at denne ulykken og det som er avdekket i ettertid med hensyn til motorens status bærer preg av mangel på etterfølgelse av BSL B 3-1 «Selvbyggerforskriften» og BSL B 2-3 «Vedlikeholdsforskriften – privat».

Havarikommisjonen mener at eier/fartøysjef burde være seg bevisst at han har et luftfartøy med en ombygd motor som ikke var godkjent i henhold til eksisterende forskrifter. Havarikommisjonen



finner det kritikkverdig at han tok med to passasjerer på ulykkesturen som han derved utsatte for en risiko de var ukjent med.

Da motoren brøt sammen var flyet i nærheten av det islagte Ångardsvatnet, og det var lite vind og god sikt i klart vær. Slik sett var dette et optimalt utgangspunkt for nødlanding. Det er viktig å gjøre riktige valg av flygetrasé ved flyging med enmotors luftfartøyer slik at muligheten for sikker nødlanding ivaretas på best mulig måte.

Fartøysjefen håndterte situasjonen korrekt og valgte isen på Ångardsvatnet som landingsområde. Han gjorde riktige vurderinger ved å sirkle ned til riktig høyde og sørge for minimum hastighet ved landing. Det var ikke mulig for fartøysjefen å forutse at det var overvann på isen som medførte stor rullemotstand med påfølgende kollaps av neseunderstell og ground loop.

Manglende utstyr for nødlandinger under vinterforhold medførte ved denne ulykken at to av de som var om bord måtte låne egnet skotøy av noen som bodde i nærheten av ulykkesstedet. Det var vinterforhold i området de landet i. Det er viktig å være riktig kledd, og ha med seg riktig utstyr for de forholdene som man flyr i. Luftfartstilsynet har utarbeidet «[Veileder for Vinterflyging](#)» som også informerer om egnet bekledning og utstyr. Havarikommisjonen mener at alle som flyr vinterstid må gjøre seg kjent med denne veilederen.

Statens havarikommisjon for transport

Lillestrøm, 22. mars 2019