

***Innholdsfortegnelse******Side***

1	INNLEDNING .....	1
2	TEKNISK INFORMASJON .....	4
3	VISUELL UNDERSØKELSE .....	5
3.1	Generelt	5
3.2	Hovedmotor	6
3.3	Kopling/akselenhet	9
3.4	Propell	11
3.5	Styremotor/rorstamme	14
3.6	Rorblad	15
3.7	Kjølstokk m/platekledning	16
3.8	Skrog/spant	19
3.9	Dekkvinsj	20
3.10	Kilremskive, 6 spor	21
3.11	Turbolader	21
3.12	Rørgjennomføring	22
3.13	Kjettingstopper	22
4	VIDERE UNDERSØKELSER/ANALYSER, DNV METALLURGISK LABORATORIUM.....	23
4.1	Brudd bladtallerken propellblad	23
4.2	Brudd hjørne regulatorhus	24
4.3	Brukket opplagringsbrakett	24
4.4	Hjørne veivromsluke	24
4.5	Deformasjonscenter rotorblad	25
4.6	Brakett med manøvreringsspaker for kopling/pitch	25
5	DISKUSJON / KONKLUSJON.....	26



## 1 INNLEDNING

Havfiskefartøyet M/K "Utvik Senior" ble utsatt for et totalforlis under retur til Steinfjorden på Senja etter fiske på Stordjupta-feltet den 17. februar 1978. Fartøyet, med en besetning på ni personer, forulykket ca. kl. 21.45. Siste ordinære radiokontakt med M/K "Utvik Senior" var kl. 21.10, uten at noen form for ekstraordinære problemer ble tilkjennegitt. Ingen nødmelding eller nødsignal ble senere registrert. Værforholdene i det aktuelle tidsrommet ble angitt til sterk nordvest kuling / liten storm, tett snøskav – ingen relevant sikt.

En egen undersøkelseskommissjon for gransking av forliset ble oppnevnt av Justisdepartementet 23. februar 1978. Kommisjonen iverksatte bl.a. flere vraksøk innen det aktuelle området, og samlet også ilanddrevet vrakgods. Noe entydig havaristed ble ikke fastslått, og det forulykkede fartøyets tyngste og mest kompakte komponenter, slik som hovedmotor, hovedvinsj, anker, etc. ble ikke funnet i forbindelse med de den gang gjennomførte vraksøk. Heller ikke søk i egen regi utført av de forulykkedes fiskerkolleger på Senja ga noe svar vedrørende entydig havaristed, dvs. hovedkomponentenes lokalisering på havbunnen.

Siste søk ble avsluttet 15. desember 1978, og daværende undersøkelseskommissjons rapport ble lagt fram i februar 1979. Kommisjonen kunne ikke gi noe entydig svar på hvorfor havfiskefartøyet forliste den 17. februar 1978.

Den 7. august 1979 og 10 dager fremover ble det gjenopptatt systematisk vraksøk med R/S "Paul Johansen" og fjernstyrt miniubåt i regi av en egen, lokal aksjonsgruppe. Søksområdet var lenger mot nordøst enn tidligere. I et farvannsområde uten nærhet av potensielle grunnstøtingsområder ble det gjort en serie funn, herunder bl.a. en stor lukekarm (stål), babord front av styrhuset (~5 mm Al-plate) og en startluftflaske, dvs. relativt tunge komponenter. Disse lokaliseringfunn medførte imidlertid ikke en gjenoppnevning av den tidligere undersøkelseskommissjonen, iflg. endelig beslutning av 10. mars 1980. Det var imidlertid klart at det aktuelle forlisområdet var lokalisert – ca. 2-3 kvartmil nordøst av den antatte kurslinjen for M/K "Utvik Senior" – og i fritt farvann med ca. 35 m dybde.

To sider av den store lukekarmen i stål ble berget av dykkerfartøyet M/S "Risøy" 26. september 1999, dvs. ca. 20 år etter at den først ble lokalisert på havbunnen.

Den 23. april 2002 ble hovedmotoren til M/K "Utvik Senior" lokalisert på havbunnen av en miniubåt fra KNM "Tyr", under et organisert vraksøk innen det sist antatte forlisområdet. Motoren lå veltet over på styrbord side, forbundet med mellomaksel, propellaksel og propell, samt kjølstokk med plateledning. I nærheten ble bl.a. pullerter og ankerkjetting lokalisert (ca. 87 m ankerkjetting strukket ut på havbunnen fra sørøst mot nordvest). Disse funnene, som etter alt å dømme måtte representere sentrum i det sist antatte forlisområdet, ble gjort i fritt farvann (ca. 7 km fra nærmeste skjær) på en dybde av ca. 36 m.

På bakgrunn av de aktuelle lokaliseringfunn ble det klart etter et møte mellom pårørende representanter og ansatte i Justisdepartementet 3. mai 2002 at en ny undersøkelseskommissjon vedrørende M/K "Utvik Senior"-forliset ville bli oppnevnt. Kommisjonen hadde sin første samling i Oslo midt i juni, og i august startet kommisjonen hevningsarbeid på forlisstedet utenfor Senja. 12. august ble en lekter med løftekran manøvrert til stedet av bergingsbåten M/S "Nautilus Survey". 14. august ble hovedmotoren hevet fra havbunnen, etter å ha blitt relokalisert dagen i forveien. I forbindelse med denne relokaliseringen ble forøvrig også fartøyets



## TEKNISK RAPPORT

store dekksvinsj samt rorstamme og rorblad funnet i motorens umiddelbare nærhet (dvs. maksimalt 20-22 m fra hovedmotor iflg. videotape). Samtlige av de nevnte komponenter ble hevet og brakt til Kaarbøverkstedet i Harstad for nærmere undersøkelse.

Etter anmodning fra "Undersøkelseskommissjonen etter M/K Utvik Seniors forlis" er det av overingeniør Knut Strengelsrud, Det Norske Veritas (DNV), foretatt nærmere undersøkelse av vrakdelene som ble hevet sensommer/høst 2002. Disse undersøkelsene ble innledet med et møte med Undersøkelseskommissjonen den 7. oktober 2002, hvor mandat og nærmere spesifisering for undersøkelsen ble gjennomgått.

Hovedelementene i det aktuelle "scope of work" var som følger:

- Nødvendig rengjøring og preservering av aktuelle skadeområder på vrakkomponentene, for å sikre en mest mulig optimal etterfølgende undersøkelse av skadestedene.
- Undersøkelse av spesifikke skader på vrakdelene, som beskrevet i utarbeidet tabell.
- Spesifisering av bruddmønster og bruddtype for påviste bruddskader.
- Vurdering av deformasjoner, sprekker og brudd med henblikk på belastningsretning og laststørrelse som har forårsaket skadene.
- Vurdering av dreieretning for motor og propell, vurdering av for- eller akterover rettet propellkraft.
- Utvendig visuell inspeksjon av motor med tilhørende og tilliggende skrogdeler, samt enkelte mindre, løse vrakdeler for om mulig å avdekke nye skader av interesse.
- Utarbeidelse av undersøkelsesrapport med billedokumentasjon i seks eksemplarer, tilstilet Undersøkelseskommissjonen.

Som bakgrunnsmateriale for undersøkelsen av de aktuelle vrakdelene er følgende mottatt fra kommissjonen:

- CD inneholdende kommissjonens fotografiske bildemateriale pr. 7. oktober 2002.
- Service Manual for Normo Diesel, motortype RSP, type RSMC, type RSMCB, utgitt 1970 av Normo-gruppen.
- Videotape, merket "Brennpunkt – Utvik Senior".
- Videotape, merket "Utvik Senior 13.08.02".
- Videotape, merket "Utvik Senior, heving av hovedmotor 14.08.2002".
- Videotape, merket "Søk KNM "Tyr", uke 41".

Etter avtale med Undersøkelseskommissjonen (v/Bård Meek-Hansen) kan bilder fra kommissjonens bildemateriale benyttes i undersøkelsesrapporten, dersom dette skulle finnes hensiktsmessig.

Den utførte rengjøring, preservering og undersøkelse av de spesifiserte vrakdelene ble foretatt på Kaarbøverkstedet i Harstad i periodene henholdsvis 7. – 8. oktober og 13. – 15. november 2002. Første undersøkelsesperiode ble – som allerede nevnt – innledet med et møte i Harstad med Undersøkelseskommissjonen, hvor en nærmere spesifisering for undersøkelsen ble gjennomgått.



## TEKNISK RAPPORT

Forut for den andre undersøkelsesperioden ble det i Oslo avviklet et møte med kommisjonen, hvor et spesifisert arbeidsprogram for den gjenværende delen av totalundersøkelsen ble forelagt kommisjonens medlemmer for vurdering. Programmet, som besto av 14 detaljerte punkter, ble bifalt av kommisjonen.

Undersøkelseskommisjonens mandat av 07.10.2002 for undersøkelsen av vrakdelene er vist i denne rapportens Vedlegg 1. Tilsvarende er det ovenfor nevnte arbeidsprogram for annen del av undersøkelsen ved Kaarbøverkstedet vist i rapportens Vedlegg 2.

Ved avsluttet undersøkelse i Harstad den 15. november ble det gjort enkelte komponent- og prøveuttak for nærmere analyse ved DNV's Metallurgiske Laboratorium på Høvik. Resultatene fra disse analysene er inkludert i denne undersøkelsesrapporten.

Rapportens bildedokumentasjon er samlet som en separat enhet, slik at det skal være relativt enkelt å følge med i bildematerialet samtidig som rapportteksten gjennomgås. Rapporten består følgelig av to deler:

- Del A: Rapportens tekstsider, samt vedlegg
- Del B: Rapportens bildedokumentasjon

For oversiktens skyld kan nevnes at rapportens del B er gitt følgende inndeling:

**Enheter/hovedkomponenter:**

Hovedmotor:	Fig. 1 – 22	side 1 – 14
Kopling/akselenhet:	Fig. 23 – 34	side 15 – 20
Propell:	Fig. 35 – 65	side 21 – 38
Styremotor/rorstamme:	Fig. 66 – 74	side 39 – 44
Rorblad:	Fig. 75 – 88	side 45 – 51
Kjølstokk m/platekledning:	Fig. 89 – 110	side 52 – 65
Skrog/spant:	Fig. 111 – 121	side 66 – 71
Dekkvinsj:	Fig. 122 – 126	side 72 – 74

**Mindre komponenter:**

Kileremskive, 6 spor:	Fig. 127 – 130	side 75 – 76
Turbolader:	Fig. 131 – 134	side 77 – 79
Rørgjennomføring:	Fig. 135 – 136	side 80
Kjettingstopper:	Fig. 137 – 138	side 81

**Videre undersøkelser/analyser DNV Metallurgisk Laboratorium:**

Brudd bladtallerken propellblad:	Fig. 139 – 146	side 82 – 86
Brudd hjørne regulatorhus:	Fig. 147 – 149	side 87 – 88
Bruket opplagingsbrakett:	Fig. 150 – 153	side 89 – 90
Hjørne veivromsluke:	Fig. 154 – 155	side 91
Deformasjonscenter rorblad:	Fig. 156 – 158	side 92 – 93



## TEKNISK RAPPORT

I forbindelse med den utførte undersøkelsen av vrakdelar fra M/K "Utvik Senior" ved Kaarbøverkstedet i Harstad, er det grunn til å berømme spesielt den mekaniske assistanse og hjelpsomhet som dette verkstedet har bistått undersøkelsen med.

## 2 TEKNISK INFORMASJON

M/K "Utvik Senior" var et 82.7' havfiskefartøy bygget ved Forra båtbyggeri i Ofoten i 1964. Fartøyet hadde kjenningssignal LMLF og fiskerimerke T.52TK. Fartøyets bredde var 22.0' og dybde 9.0'. Det ble registrert 6. august 1964 ved Trondenes skipsregister, Harstad.

Fartøyet hadde treskrog med laminerte spant (160 x 190 mm) og dekkbjelker, og trefylling mellom spantene. Overbygningen var utført i aluminiumplate (t ~5 mm).

Kjølstokken besto av trelaminat (280 x 310 mm), forsterket med og beskyttet av utvendig platekledning i stål (t ~12 mm). Alt trelaminat var av trykkimpregnert virke.

Opprinnelig hovedmotor (fra 1964) var av fabrikat og type Wickmann 3 ACA, med en effektiv ytelse på ~300 MP og en motorvekt på ~12 tonn.

Høsten 1974 ble det montert inn en ny hovedmotor ved Ibestad Mek. Verksted, Hamnvik. Dette var en Normo Diesel RSP-6, med en effektiv normalytelse på ~540 HP og en motorvekt på ~15 tonn. Den nye motoren var en firetakts sekssylindret rekkemotor med fast "anti-clockwise" rotasjon 425 r.p.m. og tenningsrekkefølge 1-4-2-6-3-5, en enkeltvirkende turboladet motor med ladeluftkjøler konstruert for fremdrift av fartøy. Motorens sylinderboring var 250 mm og slaglengde stempler 360 mm. Sylindernestrueringsvolum var 17.7 liter, kompresjonsforhold 1:12.7 og kompresjonstrykk 56 kp/cm<sup>2</sup>. Sylinderytelsen var 90 HP ved B.M.E.P. 10.8 kp/cm<sup>2</sup> og 425 r.p.m. Motorens serienummer var 7160.

Motorens turbolader var en eksosdreven lader av fabrikat "Brown Boveri". Motorens intercooler var av samme fabrikat. Motorens governor regulatordrift var av fabrikat "Woodward".

Motoren kunne fjernmanøvreres fra bro ved hjelp av teleflexkabler (regulator, kopling og propell).

Dagens fagkunnskap vedrørende den spesifikke motortypen RSD-6 finnes hos Rolls-Royce Marine A/S, Engine Dept., Bergen. Kontaktperson her i forbindelse med den utførte undersøkelsen av hovedmotoren har vært Gerhard Sundt.

Propellenheten installert i M/K "Utvik Senior" besto av et ovalt propellhode med tre dreibare blader og mekanisk innstilling av bladenes angrepsvinkel ("pitch setting") via trekkstang, trekkstempel og styreklosser/føringsklosser. Propellenheten med tilhørende akselarrangement ble levert i driftstestet stand fra Bergens Mekaniske Verksted, tilpasset motortype RSP.

Ved innkopling av propelldrift via clutch har det vært direktekopling mellom motoraksel på den ene siden og mellomaksel/propellaksel på den andre. Dette har nødvendigvis medført en "anti-



## TEKNISK RAPPORT

clockwise" rotasjon av propell med samme omdreiningshastighet som motoraksel (~425 r.p.m.), og forover eller akterover rettet propellkraft har vært bestemt utelukkende av bladenes "pitch setting".

M/K "Utvik Senior" hadde i følge mottatt informasjon 22 tonn faststøpt ballast i lasterommet. Ved installasjon av den nye motoren i 1974 ble ballasten hugget opp i akterkant av lasterom og det forsterkede maskinfundamentet forlenget inn i lasterommet. Ibestad Mek. Verksted, som utførte arbeidet, har overfor Undersøkelseskommissjonen bekreftet at det i etterkant ble ilagt samme mengde betong som den som ble hugget opp (ref. info. Nettstedet Utvik Senior).

I følge samme kilde hadde M/K "Utvik Senior" fire brenseloljetanker på tilsammen ~14 tonn i maskinrom. Videre fantes i samme rom en smøreoljetank på ~0.5 tonn og en systemtank på ~ 400 liter hydraulikkolje for servosystem. Fartøyet hadde en vanntank under bakken på babord side på ~1.4 tonn. Videre fantes vanntanker under innredning forut på tilsammen ~4-5 tonn. I følge innhentede opplysninger hadde fartøyet fylt opp brenseloljetankene og vanntankene før det gikk ut til feltet på forlisdagen.

Den etterfølgende beskrivelsen vedrørende den visuelle undersøkelsen av de aktuelle vrakdelene vil i hovedsak følge samme komponentinndeling som er angitt for rapportens bildemateriale i del B. I forbindelse med beskrivelsen vil også detaljer vedrørende komponentenes tekniske funksjon bli belyst og vurdert. Innledende lokale preserveringstiltak vil også bli beskrevet.

Vedrørende undersøkelser/analyser utført ved DNV's Metallurgiske Laboratorium er bakgrunnen for disse beskrevet i forbindelse med de individuelle prøveuttak og analyseresultat. Også disse undersøkelsene/analysene vil følge samme inndeling som for det korresponderende bildematerialet i rapportens del B.

### 3 VISUELL UNDERSØKELSE

#### 3.1 Generelt

Den visuelle undersøkelsen av de aktuelle vrakdelene ble – som innledningsvis nevnt – utført ved Kaarbøverkstedet i Harstad i tidsperiodene henholdsvis 7. – 8. oktober og 13. – 15. november 2002. Ved først angitte undersøkelsesperiode ble preservering av lokale områder på enkelte komponenter med henblikk på videre undersøkelser gitt klar prioritet, samtidig som en omfattende fotoregistrering ble utført. Annen undersøkelsesperiode var mer rettet mot detaljundersøkelser/demontasjer, samt prøveuttak for videre analyser og vurderinger.

#### 3.2 Hovedmotor

Ref. rapportens del B, fig. 1 - 22, side 1 – 14.



## TEKNISK RAPPORT

Fig. 1 viser et generelt oversiktsbilde av motor Normo Diesel type RSP-6, sett mot styrbord side. En slik motor, med motornummer (serienummer) 7160, hadde blitt installert i M/K "Utvik Senior" høsten 1974 og var fartøyets hovedmotor på havaritidspunktet.

Fig. 2 – fig. 7 viser Undersøkelseskommisjonens bilder av den aktuelle hovedmotoren, tatt ombord på hevningsfartøyets dekk. Motoren ble relokalisert på havbunnet 13. august og hevet 14. august 2002.

Undersøkelseskommisjonens bilder viser hovedmotoren liggende på styrbord side på hevningsfartøyets dekk. En umiddelbar observasjon er at meget store, sentrale deler av veivromslukene er borte på babord side, ref. fig. 3.

I enkelte lukeposisjoner er det stort sett bare rester av enkelte hjørnepartier i tillegg til lukenes tetningslist. Siden motoren hvilte på styrbord side også på havbunnen må det antas at lukene ikke er slått inn som følge av kontakt med havbunnen. De mest nærliggende forklaringer på lukenes utseende synes således å være enten en utblåsning som følge av innvendig overtrykk (mulig veivromseksplasjon), eller at lukene kan ha blitt gjennomkorrodert som følge av et langvarig opphold i sjøvann. I følge motorfabrikanten skal lukene være fremstilt av ca. 2.5 mm (først angitt 3.0 – 3.5 mm) tykk stålplate av ordinær handelsstål kvalitet, kald-valset.

Fig. 4 og fig. 5 viser hovedmotorens topp, sett henholdsvis mot motorens front og motorens akterende. Utstikkende ventilfjærer og ventilstammer angir at motorens toppdeksel og vippe- armer er borte. Det gule røret som kan sees på begge bilder representerer motorens kjølevannsmannifold.

Motorens front, henholdsvis nedre og øvre del, er vist i fig. 6 og fig. 7. Det "fortannede" drivhjulet på motorens hovedaksel er lett gjenkjennelig i nedre del av bildet vist i fig. 6. Midt på bildet vist i fig. 7 sees sylinderdekslets fremre endelokk, som tydeligvis er delvis rengjort for maritim begroing. Forøvrig er motorens overflate naturlig nok dekket med et tykt begroingsbelegg, som bidrar til å skjule mindre komponenter og geometriske detaljer.

Fig. 8 og fig. 9 viser motorens front etter ferskvannsspyling, hvilende på styrbord side i verkstedhall ved Kaarbøverkstedet i Harstad. Bokstavbetegnelse A – G angir posisjon for enkelte av motorens hovedkomponenter:

- A Drivhjul i front av motorens hovedaksel
- B Kjedefjulsdrift for duplex/triplex kjedeoverføring
- C Ferskvannspumpe
- D Sjøvannspumpe
- E Kompressor
- F Endelokk for sylinderdeksel (ref. fig. 7)
- G Startluftfordeler (startluftrelé)

Det fremgår av bildene at det ikke er noen installasjoner foran drivhjulet på motorens hovedaksel. Basert på tegning for det aktuelle området på M/K "Utvik Senior" fra Ibestad Mek. Verksted, mangler således bl.a. en flenskopling type Brattvåg H12 og en hydraulisk pumpe type Brattvåg G18 i forkant av motor.

Motorens topp etter ferskvannsspyling er vist i fig. 10 og fig. 11, sett henholdsvis skrått forfra og skrått akterfra. Motorens topp har ligget delvis nedtrykt i sjøbunnen, og dette har medført at det har dannet seg et tykt korrosjonsbelegg og et relativt hardt skall av småstein og maritim begroing



## TEKNISK RAPPORT

på den ujevne topografien som motorens topp utgjør når toppdeksel er fjernet. Når det sammenliknes med fig. 4 og fig. 5 kan det konstateres at dette skallet bare i meget liten grad har latt seg fjerne ved ferskvannsspylingen. Det kan imidlertid konstateres at vippearmsmekanismene er borte (ref. fig. 1), og at enkelte av spiralfjærene mangler. Bokstavbetegnelse H – I på bildene angir:

- H Eksosmanifold
- I Kjølevannsmannifold

Fig. 12 viser motorens aktre ende etter ferskvannsspyling, motorens topp er lokalisert til høyre på bildet. Bokstavbetegnelse J – M på bildet angir:

- J Luke over kopling for hovedaksel og trekkstangsjalting
- K Posisjon for regulatorhus
- L Smøreoljefilter
- M Utgående hovedaksel (mellomaksel) for propelldrift

Luken J over koplingen for motoraksel/mellomaksel bar på inspeksjonstidspunktet (8. oktober 2002) preg av å ha vært åpnet allerede, idet flere av festeskruene (gjengede skruer m/sekskanthode) satt løst iskrudd. Skruene gikk relativt lett rundt i de korresponderende gjengede hullene i motorhusets bakre del (også betegnet "koplingskasse" og "gearkasse" i tekniske beskrivelser).

Fig. 13 og fig. 14 viser nærbilder av posisjonen merket K i fig. 12 (foto v/Undersøkelses-kommisjonen). Bildene viser at regulator og regulatorhus er brukket løs fra motorhusets bakre endevegg, hvor nedre del av regulatorhuset har vært festet med totalt sju bolter M16 x 45 med sekskanthode. De seks boltene nærmest motorens topp viser brudd, disse er etter alt å dømme klippet eller strukket av som følge av en tilnærmet nedoverrettet, eller bakoverrettet, kraft påført fra regulatorhuset. Den syvende og siste boltforbindelsen, hvor selve bolten fortsatt er intakt, kan sees til venstre i nedre halvdel av bildet vist i fig. 13. Et lite hjørne av selve regulatorhuset er gjenværende rundt denne bolten. (Totalt fem av de sju boltposisjonene for regulatorhuset kan sees på det sistnevnte bildet).

I og med at regulatorhuset er brukket løs er således de bakre opplagringsposisjonene for kamakselens forlengelse, dvs. regulatoraksel, også borte, og kamakselens kjedehjul er blottlagt (ref. fig. 13). Når man ser skrått inn på dette hjulet kan et hjørne av fjærbraketten for sentrifugalvekten ("flyweight") og et ledd i et avrevet registerkjede sees (ref. fig. 14). Det aktuelle kjedet representerer motorens registerkjede, som hadde kilt seg fast mellom kamakselens kjedehjul og motorhusveggen.

Ved den første undersøkelsen av motoren på Kaarbøverkstedet ble det aktuelle område av motorhuset med boltfester, gjenværende hjørne av regulatorhus og kamakselens kjedehjul preservert for nærmere undersøkelser ved mekanisk børsting, påføring av rustløsende olje, avfetting med Rubisol avfettingsvæske, skylling med ferskvann og fuktighetfjerning med teknisk sprit. Etter den andre undersøkelsen av motoren ble den intakte festebolten og det gjenværende hjørnet av regulatorhuset tatt av for nærmere materialteknisk undersøkelse. Festebolten lot seg relativt lett løsne og skru ut.

Det avrevne registerkjedet ble ansett å være av spesiell interesse i forbindelse med motorundersøkelsen, og ved den andre motorundersøkelsen ble det foretatt nødvendig demontasje for å få løsnet og frigjort kjedet. Det viste seg da at både kamakselens kjedehjul, en



## TEKNISK RAPPORT

klampopplagring for strammejustering av registerkjedet og motorens smøreoljefilter (pos. L, fig. 12) måtte demonteres/avmonteres for å gi nødvendig adkomst slik at registerkjedet kunne brekkes løs og tas ut. Den klampopplagringen som måtte demonteres er vist i nærbilde i fig. 15. Posisjonen for opplagringen befinner seg bak det utstikkende aktre lukedekslet på motorens manøverside (styrbord side), ref. fig. 1.

Fig. 16 viser i billedmontasje seksjoner av det 5/4" registerkjedet som ble tatt ut av motoren etter ovennevnte demontasje/avmontasje. De små bokstavene som er påført bildene angir korresponderende kjedeposisjoner, således dekker billedmontasjen den totale lengden som ble frigjort fra motoren. Totalt ble det tatt ut en kjedelengde på ~164 cm, uten markert kjedelås. Kjedelengden besto av 52 lenkelengder og 51 tverrstolper, fem lenkeplater løstnet under håndtering av den aktuelle kjedelengden (ref. fig. 16). I følge motorfabrikantens informasjon skal motorens registerkjede ha en normallengde på 283,0 cm, korresponderende med 89 lenkelengder. Dette skulle tilsi at ca. 119 cm av motorens registerkjede fortsatt ligger "begravet" blant stein og maritim begroing i motorens veivrom, eller at en slik lengde av registerkjede på et tidligere stadium har falt ut eller blitt slynget ut av motoren. Etter at den fastklemte seksjonen av registerkjedet var blitt tatt ut av motoren var det imidlertid ikke mulig å se tegn til ytterligere deler av slikt kjede, selv etter søk med god arbeidsbelysning (500 W arbeidslampe).

For å få en bedre oversikt over motorens utvendige skadebilde, ble motoren den 13. november 2002 (dvs. under annen undersøkelsesperiode) flyttet til et annet område av verkstedhallen ved Kaarbøverkstedet, og plassert i ordinært stående arbeidsstilling. Motorens plassering ble sikret med påsveiste sidestøtter av I-profil, slik det delvis fremgår av Fig. 17 som viser motoren sett forfra.

Begge sider av hovedmotoren var nå lett tilgjengelig for undersøkelse, og en umiddelbar observasjon var at posisjonene for veivromslukene viste tilnærmet samme utseende på styrbord og babord side, dog noe varierende fra sylinderpos. til sylinderpos. (ref. fig. 3). De gjenværende lukeplateområdene, som hovedsakelig utgjorde hjørneposisjoner, viste seg imidlertid å være plane, ingen markert deformasjon i form av utbuling ble observert. De gjenværende lukeforvriderne (lukelåsene) viste heller ingen markerte deformasjonsskader som kunne indikere at lukene hadde vært utsatt for et ekstremt innvendig overtrykk. Muligheten for intruffet veivromseksplasjon ble således ikke underbygget av lukeundersøkelsen. Ved denne undersøkelsens avslutning ble et stykke av et lukehjørne fra styrbord side kappet ut og preservert for nærmere undersøkelse under laboratorieforhold. Preserveringen ble utført i form av lett, mekanisk børsting, behandling med rustløsende olje og avfetting med teknisk sprit.

De bokstavbetegnelser som er påført bildet vist i fig. 17 korresponderer med tidligere angitte betegnelser på de samme komponentene. Rett inn for overkanten på komponent C – ferskvannspumpe ble det registrert at et mindre trestykke (flis) av trykkimpregnert virke hadde kilt seg inn mot et hjørne og innunder en rørbøyle. Dette trestykket, som ble registrert og fotografert av Undersøkelseskommissjonen på et tidligere tidspunkt (dvs. før 07.10.2002) er markert innringet i fig. 18 og vist i nærbilde i fig. 19 og fig. 20. Trestykket satt godt fast i den viste posisjonen, og har tydeligvis blitt presset på plass med en viss kraft.

I forkant av motoren ble det forøvrig registrert at en rekke slange- og rørkoplinger var revet opp, og at et stort antall rør og trykkslanger, spesielt av tynnere dimensjon, mangler. Fig. 21 viser et nærbilde av kompressorenheten E i fig. 17, hvor det fremgår at rør har blitt revet ut av koplingsstykkene (T-koplinger i messing med kilring eller snittringstetning).



I motorens front ble det også bemerket at det fremre dekslet med rørfeste for sjøvannspumpen D (ref. fig. 17) var åpnet, som illustrert i fig. 22. Undersøkelleskommisjonen har fastslått at det ikke er foretatt åpning ved mekanisk demontasje (oppskruing), følgelig er denne åpningen primært en følge av korrosjon i gjengepartiene på pinneskruer og muttere, med betydelig dimensjonsreduksjon til følge. Selve den fysiske adskillelsen av dekslet har trolig skjedd som følge av en berøringskontakt i forbindelse med hevningsoperasjonen eller etterfølgende motorhåndtering.

Motorens veivromskomponenter, som råder, veivaksel, veivlager og rammelager, viste seg å være dekket av et tykt og meget fast belegg bestående hovedsakelig av grov sand, mindre kulesten og maritime begroingsprodukter. Beleggets fasthet kombinert med begrenset adkomst tilsa at det ville bli et stort og tidkrevende arbeid å fjerne så mye av dette belegget at rådenes retthet og lagrenes tilstand kunne vurderes eksakt, med henblikk på eventuell varmgang eller indikasjon på en veivromseksplasjon. Det kunne imidlertid fastslås at ingen av de seks begroede rådene i veivrommet viste noen utbøyning av en slik størrelse at det kunne registreres visuelt.

I forbindelse med undersøkelsen av hovedmotoren til M/K "Utvik Senior" ble det ikke gjort noen observasjoner som kunne indikere en motorbrann.

### 3.3 Kopling/akselenhet

Ref. rapportens del B, fig. 23 – 34, side 15 – 20.

To oversiktsbilder av motorens aktre ende med koplingshus ("clutch housing") er vist i henholdsvis fig. 23 og fig. 24. Følgende hovedkomponenter er gitt bokstavbetegnelse:

- J Luke over kopling hovedaksel og trekkstangsjalting
- M Utgående hovedaksel (mellomaksel)
- N Klemkopling mellomaksel/propellaksel
- O Propellaksel

Selve lukeposisjonen J er omtalt i forbindelse med selve hovedmotoren. På styrbord side av koplingshuset (dvs. like under lukeposisjonen J på bildene i fig. 23 og fig. 24) har det vært montert en brakett med to manøvreringsspaker, for henholdsvis kopling av motoraksel/mellomaksel og pitchsetting av propell. Da det ble ansett å være av spesiell interesse å klarlegge hvilke posisjoner de to manøvreringsspakene for manuell kontroll hadde stått i, ble gjenværende del av brakett med betjeningspaker allerede under første undersøkelsesperiode ved Kaarbøverkstedet preservert ved mekanisk rengjøring, bruk av rustløsende olje og avsluttende spyling med teknisk sprit. Fig. 25 – fig. 27 viser nærbilder av brakett og gjenværende betjeningshåndtak (manøvreringsspaker) før preservering, og fig. 28 viser samme motiv etter preserveringen.

Bildene angir at den ytre manøvreringsspaken er totalt borte, og at akseltappen som den skulle vært festet til er brukket. Den manglende spaken skulle betjene propellens pitchsetting, med funksjon "akterover" i maksimum "anti-clockwise" posisjon. Funksjon "forover" skulle tilsvarende være i spakens maksimum "clockwise" posisjon, iflg. fabrikantens tegning R194/62. Den manglende manøvreringsspaken gjør det umulig å fastslå om propellen i en siste



## TEKNISK RAPPORT

operasjonsfase har trukket forover eller akterover, bare basert på en utvendig visuell undersøkelse av koplingshusets manuelle kontrollenhet.

Den gjenværende delen av den indre manøvreringsspaken, clampet på den ytre, tverrgående rørakselen, betjener ut- og innkopling av propellaksel via mellomaksel. Med referanse til nevnte tegning R194/62 har denne spaken stått i posisjon INN (dvs. innkopling), tilsvarende maksimal "anti-clockwise" posisjon (~"7 o'clock position"). Dette tilsier at det har vært motordrift til propell i en siste operasjonsfase.

Ved siste undersøkelsesperiode på Kaarbøverkstedet ble luken J på koplingshusets overside fjernet og koplingshuset ble undersøkt innvendig. Fig. 29 viser et bilde tatt inn i aktre del av koplingshuset. Bildet viser stempelsleiden for pitchsetting helt tilbake, dvs. i aktre posisjon. Denne posisjonen korresponderer med propellens trekkstang i tilsvarende (aktre) posisjon, dvs. propellen trekker akterover.

Fig. 30 viser komponenter i lenkeoverføringen for akselkoplingen, etter at de tverrgående betjeningsakslene i koplingshuset (stangaksel for pitch inne i røraksel for clutch) er trukket forsiktig ut. Stempelsleiden for kopling står i bakre stilling, dvs. mellomaksel - og derved propellaksel - er innkoplet.

Ved avsluttet visuell undersøkelse av koplingshuset ble det besluttet at den løsnede braketten med de tverrgående betjeningsakslene for henholdsvis propellerpitch og clutch skulle tas med for en nærmere undersøkelse ved DNV's Metallurgisk Laboratorium.

To detaljbilder av klemkoplingen N er vist i fig. 31 og fig. 32. Som nevnt utgjør denne koplingen en fast rotasjonsoverføring fra mellomaksel til propellaksel (ref. fig. 24). Koplingens totale lengde er 640 mm, og midtpartiet har to ca. 220 mm lange, diametralt motsatte slissespor som bl.a. gjør det mulig å se trekkstangens aksielle posisjon. Før klemkoplingen kunne undersøkes måtte en betydelig mengde små kulestein, blandet med grovkornet sand og maritime begroingsprodukter meisles ut av slissesporene, som var totalt gjentettet.

Samtlige boltforbindelser for klemkoplingen ble funnet på plass og tiltrukket. To av disse boltforbindelsene kan sees på bildet vist i fig. 31, en ut mot hver sidekant.

I senterhulrommet på klemkoplingen kunne trekkstangen for kontroll av propellerpitch sees. Denne er koplet med en hylsemutter innen de aktuelle hulromslengden. Trekkstang med hylsemutter sees klart på bildet i fig. 32, hvor også koplingssystemets aksielle retning er pilmarkert. Bildet dokumenterer at trekkstangen står i aktre posisjon, noe som korresponderer med stempelsleidens posisjon vist i fig. 29.

Fig. 33 viser et oversiktsbilde av propellakselen O mellom klemkoplingen N og huset for indre tetningsboks P. Ved den visuelle undersøkelsen ble det registrert at propellakselen kunne roteres ca. 60° med håndkraft, og at akselen var blitt påført en mindre utbøyning i form av svak, jevn bøyning over en større fri lengde. Det var ikke mulig å konstatere eksakte endeposisjoner for denne bøyningen, men utbøyningslengden ble løst anslått til ca. 1.2 m. Videre akterover fra tetningsboksen P er akselen omsluttet av en propellhylse fram mot selve propellhuset (fremre del av bosset), slik det fremgår av bildet vist i fig. 34, og forøvrig også av tegningene R87/86 og R159/39, som begge viser aktre akselarrangement med overgang til propellenhet.



### 3.4 Propell

Ref. rapportens del B, fig. 35 – 65, side 21 – 38.

To oversiktsbilder av propellen for M/K "Utvik Senior", tatt av Undersøkelseskommissjonen, er vist i fig. 35 og fig. 36. Propellen ble hevet 14. august 2002, forbundet til propellaksel, mellomaksel og hovedmotor, samt kjølstokk med platekledning. Bildene er tatt på hevningsfartøyets dekk.

Det som umiddelbart kan registreres er at med en venstreroterende motor indikerer bladenes pitchsetting gang akterover, dvs. reversering.

Fig. 37 viser et nærbilde av fremre del av propellbosset, tatt av Undersøkelseskommissjonen. Det fremgår at noe fibertauverk har viklet seg rundt propellbosset og delvis blitt revet opp (se også fig. 35). Det er fra kommisjonens videoopptak bekreftet at dette tauverket ikke er relatert til hevningsoperasjonen.

Fig. 38 – fig. 41 viser oversiktsbilder av propellen, tatt fra forskjellige vinkler under første undersøkelsesperiode ved Kaarbøverkstedet. Den påførte bladnummereringen er i samsvar med fabrikantens egen nummerering (blad 1 – 3).

De to første bildene er tatt etter en innledende rengjøring i form av ferskvannsspyling, mens fig. 40 og fig. 41 er tatt etter ytterligere rengjøring med spritvask og mekanisk tørking. Det viste seg imidlertid at det gulhvite belegget som dekket bladene (trolig karbonatforbindelser) var meget fast.

Bildene av bladene 1 og 2 viser at ytre endekant av bladene er delvis borte, hovedsakelig på siden mot "leading edge". Blad 3 viser lokale inntrykninger/tæring i ytre del av "leading edge", samt en markert foroverrettet bøyning ut mot ytre ende. Blad 2 synes i tillegg til inntrykninger/tæring i ytterkant å ha blitt påført en mindre foroverrettet bøyning, som illustrert ved profilbilde i fig. 42. Fig. 43 viser et tilsvarende bilde av propellblad 3, som bekrefter en betydelig foroverrettet bøyning, og at dette bladet er blitt påført en mindre vridning om egen lengdeakse.

Under arbeid med propellbladene ble det registrert at blad 1 kunne dreies, dvs. gis varierende pitch, med håndkraft. Fig. 44 viser overrettmerking med blå strek for fremre propellboss og blad 1 når bladet for hånd gis minimum pitch for reversering. Tilsvarende sees i fig. 45 de samme komponentene når bladet gis maksimum pitchsetting. De to øvrige propellbladene lot seg overhodet ikke dreie med håndkraft.

Bortsett fra de nevnte profiluregelmessigheter i bladenes ytterkant, hovedsakelig ved ytre ende, ble det ikke registrert noen markerte inntrykningsmerker (mekanisk inntrykking) på noen av bladsidene. Det fremgikk imidlertid at bladene hadde enkelte riper og mindre overflatesår under det hvite belegget. Disse vil bli nærmere belyst senere i denne rapporten.



## TEKNISK RAPPORT

De tre propellbladene viste følgende merking stemplet inn ved bladroten:

- Blad 1	ÅLE 28.5.69 NV MOL 696 SWK 12.7.74	R 85/31	7160
- Blad 2	ÅLE 28.5.69 NV MOL 695 SWK 12.7.74	OR R85/31	7160
- Blad 3	ÅLE 28.5.69 NV MOL 694 SWK 12.7.74	R 90/67.01 R 8531	7160

Propellbladene skal i følge informasjon i teknisk manual være fremstilt av Ni-Al bronse med en bruddgrense på  $\sigma_B \geq 65$  Kp/mm, i henhold til tegning R 90/67. Bladvækt skal være ~46.5 kg (eks. flens). Propellen skal være i henhold til klassekrav DNV-ISC. Ytre propelldiameter skal være 1550 mm.

Som følge av at propellblad 1 kunne dreies manuelt, ble propellhuset åpnet og demontert under den andre undersøkelsesperioden ved Kaarbøverkstedet, slik at den skaden som tydeligvis var til stede i overføringsmekanismen kunne belyses nærmere.

Fig. 46 viser et oversiktsbilde av den innvendige vegg i aktre del av propellbosset. For å kunne løsne denne delen måtte metallfyllinger (tinn/bly) smeltes ut og seks umbrakobolter skrues ut. Bladnummer er påført bildet, og det fremgår at rotasjonsflaten mot foten av blad 1 fremtrer mørk, som følge av størknede smørefettrester og korrosjonsprodukter. Et nærbilde av en inntrykningsdeformasjon i maskinert flate er vist i fig. 47 (pilmerket) og like ovenfor dette sees nok et inntrykningsmerke.

Fig. 48 og fig. 49 viser henholdsvis oversiktsbilde og nærbilde av propellhuset med bladinstallasjon, etter fjerning av aktre del av propellbosset og rengjøring for smørefett. Det ble påvist et brudd i bladfotens nedre del (bladtallerken) på propellblad 1, dette er pilmerket i fig. 49. Et annet nærbilde av propellhuset med bladinstallasjon er vist i fig. 50, også på dette bildet er bruddet i bladfoten pilmerket.

Fig. 51 viser et nærbilde av propellhus etter uttak av blad 1. Bildet angir at styretappen for dette bladets kulissekloss i det trekantede tappstykket synes skjevdeformert. Styretappen er pilmerket på bildet, og tappen synes bøyd mot pilens retning.

Fig. 52 og fig. 53 viser propellhuset etter fjerning av samtlige tre blader, samt avfetting og rengjøring. Styretappene for kulisseklossene til blad 2 og 3 ble funnet rette ved inspeksjon av det trekantede tappstykket. Det ble heller ikke registrert øvrige deformasjoner, sprekker eller brudd i forbindelse med pitchsettingsmekanismene for blad 2 og 3.

Et detaljbilde av bakre opplagingsposisjon for trekkstang med tappstykke er vist i fig. 54. Det aktuelle overflateområdet for hylseopplagring (ref. fig. 46 og fig. 47) bærer preg av lokale korrosjonsangrep og noe mekanisk slitasje. En svak, aksiell bøyning kan indikere at



## TEKNISK RAPPORT

opplagringsflaten har arbeidet tungt i en siste driftsperiode. Men bøyningen kan også være av sekundær karakter, som følge av støt- eller håndteringsbelastninger etter havariet.

Fig. 55 viser et detaljbilde av den skjeve styretappen for kulisseklossen til propellblad 1. Deformasjonsretningen tilsier at det aktuelle bladet har belastet klossen og derved også tappen akterover, dvs. mot "reversed pitch".

Et oversiktsbilde av bruddet i bladfoten for propellblad 1 er vist i fig. 56, og de avbrukne seksjonene av bladfoten er vist sammen med kulisseklossen i fig. 57. Et nærbilde av motsvarende bruddflater for det tverrgående (radielt rettede) bruddet som først ble oppdaget i bladfoten er vist i fig. 58.

Både den halvsirkelformede bruddflaten og det tverrgående bruddet angir brudd av en sprø karakter, enten et hurtiggående deformasjonsbrudd eller et sprøbrudd (kløvningsbrudd). Det synes også dokumentert ved kontinuitet i bruddmønsteret for det halvsirkelformede bruddet at dette bruddet har oppstått før det tverrgående bruddet. I tillegg til de to bruddene kan det også observeres enkelte større overflateformasjoner og markerte inntrykningsmerker. De avbrukne seksjonene av bladfoten ble prioritert for en nærmere undersøkelse ved DNVs Metallurgisk Laboratorium, beskrevet senere i denne rapporten.

Et nærbilde av kulisseklossen for blad 1 (ref. fig. 57) er vist i fig. 59. Det opprinnelig sirkulære hullet i klossen ( $\varnothing$  36 mm) har blitt ovalt som følge av lokalt høyt trykk mot den korresponderende styretappen i selve tappstykket. En overflatesektor med et "appelsinhud"-liknende utseende langs hullkanten angir materiale deformert ved stusing. Også denne kulisseklossen ble prioritert for en nærmere undersøkelse ved DNV's Metallurgisk Laboratorium, omtalt senere i rapporten.

Etter utmontering av de tre propellbladene ble bladenes skadeprofil og overflateuregelmessigheter nærmere undersøkt visuelt. Blad 1, som på grunn av bruddene i bladfoten hadde spesiell interesse, ble vasket i konsentrert saltsyre for å fjerne hvitt karbonatbelegg. Deretter ble samtlige tre blader omhyggelig trykkspylt før undersøkelsen startet.

Fig. 60 viser et oversiktsbilde av trykksiden på blad 1, med bladets forkant ("leading edge") lokalisert til venstre på bildet. Fig. 61 viser et nærbilde av overflatemønsteret ytterst ved gjenværende bladkant. Det fremgår at ripemønsteret i overflaten hovedsakelig er radielt rettet innen det aktuelle området.

Fig. 62 og fig. 63 viser oversiktsbilder av trykksiden på blad 2 og blad 3 ("leading edge" til venstre på bildene). En sammenlikning av formen på de tre bladene (fig. 60/62/63) viser relativt avrundet bladgeometri og avrundede kanter ut mot det manglende bladareal. Dette, kombinert med det faktum at det ikke er noen "gradkanter" eller dype groper etter riper ut mot det manglende bladareal, synes å tilsa at det primært er en korrosiv prosess ("tæring") og ikke mekanisk kontakt (slag, støt) som er ansvarlig for det manglende bladarealet. Kavitasjon av vesentlig betydning ble ikke observert i forbindelse med bladundersøkelsen.

Fig. 64 og fig. 65 viser henholdsvis nærbilde og detaljbilde av ytre del av gjenværende areal for propellblad 3 (ref. fig. 63). Som tidligere nevnt var dette bladet gitt en betydelig foroverrettet bøyning. Av fig. 64 sees at det tykke og faste gulhvite belegget er nesten totalt borte innen det



foroverbøyde området, og fig. 65 viser at overflatemønsteret ytterst ved gjenværende kant, i form av et grunt ripe- og rivningsmønster, hovedsakelig er tangensielt rettet.

Med referanse til Undersøkelseskommissjonens videoregistrering av propellens posisjon på havbunnen, så pekte blad 2 tilnærmet rett opp ("12 o'clock direction") uten kontakt med bunnen. Ca. halvparten av blad 3 kunne sees over havbunnen mens blad 1 var tilnærmet totalt nedgravd. Bare en del av bladfoten kunne sees, omgitt av relativt store kulestein. Motoren med tilknyttet akselsystem og propellarrangement hvilte, som tidligere nevnt, på styrbord side, tilnærmet halvt nedgravd i bunnmassen.

### 3.5 Styremotor/rorstamme

Ref. rapportens del B, fig. 66 – 74, side 39 – 44.

Ut fra Undersøkelseskommissjonens video-opptak på havbunnen 13. august, går det fram at styremotoren og rorstammen for M/K "Utvik Senior" ble funnet sammenkoplet bare noen få meter fra dekksvinsj og rorblad og ca. 20 m fra hovedmotorenheten.

Fig. 66 viser et oversiktsbilde av den hydrauliske styremotoren og rorstammen. Den nedre enden av rorstammen har opprinnelig vært sveiset til en rektangulær, tverrliggende flensplate med to rundsømmer, en på hver side av platen som har en gjennomgående boring for rorstammen. Det fremgår at rorstammens nedre del er gitt en betydelig bøyning. En billedmontasje, som viser den totalt 222 cm lange rorstammen i profil, kan sees i fig. 67.

Et nærbilde av rorstammens nedre ende, hvor brudd har oppstått i de to rundsømmene mot flensplaten, er vist i fig. 68. De to sveisesømmenes posisjon er pilmerket på bildet. Innerdiameter for de to rundsømmene er henholdsvis 104 mm og 109 mm, målt på rorstammen etter mekanisk fjerning av løse korrosjonsprodukter ved stålborsting.

Fig. 69 viser et oversiktsbilde av styremotor og rorstamme, etter en mekanisk rengjøring av styremotorens ytre overflate. Bildet angir en svak utbøyning av rorstammen mot høyre ut mot bruddstedet (øverst på bildet).

Et nærbilde av den hydrauliske styremotoren er vist i fig. 70. Bildet viser at de hydrauliske koplingsstussene er brukket og delvis revet ut. Undersøkelseskommissjonens video-opptak på havbunnen viste et par tynne metallrør i umiddelbar nærhet av styremotoren, disse kan muligens være relatert til den aktuelle styreenheten.

For å kunne relatere retningen på rorstammens utbøyning til rorbladets lengdeakse (korde) var det nødvendig å foreta en detaljundersøkelse av de to avrevne sveiserundsømmene, innledet med en nærmere mekanisk og kjemisk rensing (skrape, stålborste, rustløsende olje og teknisk sprit). Fig. 71 viser rorstammens endeflate etter rensing, og i fig. 72 sees det samme endepartiet i profil. Det fremgår at endeflatens sentrale del utgjør en sirkulær "styretapp" som skal møte en tilsvarende fordypning i rorbladets korresponderende flensplate.

De to sveiserundsømmene, betegnet henholdsvis "a" (nedre) og "b" (øvre) er markert på de to profilbildene vist i fig. 73 og fig. 74. Pilmerkingen på bildene markerer spesielle utrivningsuregelmessigheter som skal hjelpe til å fastslå eksakt sirkulær orientering mellom



rorstamme og korresponderende flensplate. Som ytterligere hjelp for denne orienteringen ble det registrert en markert variasjon i sveisesømmenes a-mål og helning på bruddplanet rundt omkretsen.

### 3.6 Rorblad

Ref. rapportens del B, fig. 75 – 88, side 45 – 51.

Fig. 75 viser et oversiktsbilde av den boltede flensplateforbindelsen mellom rorstamme og rorblad. Platen nærmest kamera tilhører således rorstammens nedre ende. Seks bolter utgjør den opprinnelige boltforbindelsen mellom de rektangulære flensplatene. Deler av fremre og bakre bolter med muttere er nå delvis borte. Flensplatenes dimensjon ble målt til 280 x 300 x 30 mm (lengde x bredde x tykkelse).

Et nærbilde av det sirkulære hullet i rorstammens flensplate, hvor de to sveiserundsømmene har forbundet stamme og plate, er vist i fig. 76. Bildene vist i fig. 75 og fig. 76 er tatt av Under-søkelseskommissjonen.

For å kunne orientere dette hullet sirkulært i forhold til rorstammen måtte en omfattende mekanisk og kjemisk rengjøring utføres. Fig. 77 og fig. 78 viser henholdsvis nærbilde og detaljbilde av det aktuelle hullet etter rengjøring, med posisjonen for sveisesømmene "a" og "b" avmerket. Ved hjelp av klart overensstemmende detaljer i form av utrivningsuregelmessigheter og varierende a-mål/helningsplan kunne rorstamme og rorblad orienteres og det ble dermed dokumentert at rorstammens nedre del er sterkt bøyd akterover og meget svakt bøyd mot babord side.

Fig. 79 og fig. 80 viser oversiktsbilder av rorbladet for M/K "Utvik Senior" etter trykkspyling, henholdsvis babord og styrbord side. Rorbladets hovedgeometri synes relativt intakt, bortsett fra en sterk bøyning (folding) av nedre aktre hjørne. Bolten (styretappen) for rorets nedre opplagring mangler. Rorbladet ble funnet liggende på babord side på havbunnen, like inntil og delvis også innunder dekkvinsjen, i en avstand av noen få meter fra rorstamme og styremotor.

Rorbladets (vertikale) høyde ble målt til 1650 mm og horisontal lengde (korde) til 1030 mm. I forkant hadde rorbladet et konkavt avrundet midtparti over en høyde på 440 mm og med en maksimal dybde på 160 mm. Avrundingen startet 620 mm fra øvre endeflate og endte opp 590 mm fra nedre endeflate.

Fig. 81 og fig. 82 viser nærbilder av rorbladets sterkt deformerte (foldede) nedre, aktre hjørne, tatt før den innledende trykkspylingen ble foretatt. Det fremgår at enkelte steiner av moderat størrelse hadde blitt klemt inn i folden på bladet. Foldens horisontale sidekant ble målt til ca. 355 mm og den vertikale sidekanten til ca. 330 mm. Etter den innledende sekvensen med trykkspyling lot de innklemt steinene seg relativt lett fjerne med håndkraft.

Nedre seksjon av rorbladets babord side er vist etter forskjellige stadier av rensing i fig. 83 og fig. 84. Førstnevnte viser seksjonen etter rensing med stålbørste og rustløsende olje, sistnevnte viser seksjonen etter gjentatte rensesprosesser med stålbørste og rustløsende olje, etterfulgt av



## TEKNISK RAPPORT

skylling med vann og teknisk sprit. Bildene viser at det er sveist inn et rektangulært sidestykke over nedre opplagringsposisjon, trolig etter installasjon av opplagringsbolt. Den rektangulære åpningen som har vært til stede har sannsynligvis fungert som en installasjonsluke for bolten.

I tillegg til gjensveising av denne åpningen ble det også observert enkelte horisontale sveisesømmer lenger bak på rorbladet.

Fig. 85 og fig. 86 viser nærbilder av rorbladets sterkt deformerte nedre, aktre hjørne sett fra babord side, etter henholdsvis innledende rengjøring i form av trykkspyling og gjentatte renseprosesser med rustløsende olje og skylling med vann/teknisk sprit. Det pilmerkete området i akterkant av deformasjonen synes å indikere en lokal, foroverrettet kraftpåvirkning, noe som spesielt underbygges av form og overflatemønster vist i fig. 86.

Det samme lokale området er vist i profil, sett skrått aktenfra styrbord side, i fig. 87 og fig. 88. Fig. 87 viser området etter innledende trykkspyling og fig. 88 viser samme området etter gjentatte renseprosesser som tidligere beskrevet. Det pilmerkete området på bildene korresponderer med tilsvarende merking i de to foregående figurene. Bildet vist i fig. 88 forsterker ytterligere inntrykket av en lokal foroverrettet kraftpåvirkning som har arbeidet over det blanke, pilmerkede området.

Forøvrig sees både i fig. 87 og fig. 88 enkelte mer kantede inntrykningsmerker, bl.a. like til venstre for det pilmerkede området.

Bortsett fra deformasjon og lokale inntrykningsmerker i rorbladets nedre aktre hjørne ble det ikke påvist signifikante, mekaniske skader på bladet. Det ble spesielt registrert at det ikke var noe tegn til obstruksjon fra propell i rorbladets forkant.

Ved avsluttet undersøkelse av rorbladet ble det pilmerkede deformasjonsområdet i bladets nedre, aktre hjørne kappet ut for en nærmere undersøkelse ved DNV's Metallurgiske Laboratorium på Høvik.

### 3.7 Kjølstokk m/platekledning

Ref. rapportens del B, fig. 89 – 110, side 52 – 65.

Kjølstokken på M/K "Utvik Senior" besto som innledningsvis nevnt av trykkimpregnert trelaminat 280 x 310 mm, forsterket med og beskyttet av en utvendig platekledning i stål med tykkelse 12 mm, i følge tegning for fartøyet, Ibestad Mek. Verksteds tegning nr. B 106.

Ved heving av hovedmotor den 14. august 2002 fulgte aktre gjenværende del av kjølstokken med opp, da denne var boltet til bunnstokkene i stål under motor og propellakselenhet. Fig. 89 viser den hevede hovedenheten av M/K "Utvik Senior", med bl.a. den sammensveiste stålplatekledningen for kjølstokken liggende i forgrunnen. To løse, sterkt deformerte seksjoner av samme platekledning kan sees nær nedre, venstre hjørne av bildet, som er tatt av Underøkelseskommisjonen på hevningsfartøyets dekk.

Fig. 90 viser samme hovedenhet som i fig. 89, nå sett skrått akterfra. Platekledningen for kjølstokken er sammensveist til en U-profil, som er boltet til trekjølen for hver 40 – 45 cm. Det fremgår av bildet at den aktre seksjonen av platekledningen er relativt intakt. Denne ble målt til en totalengde på ca. 5.2 m.



## TEKNISK RAPPORT

Fartøyets akterstavn, med kjølstokkens aktre del sett skrått nedenfra, er vist i fig. 91. Ved kjølens avrundede ende for nedre rorfeste kan det registreres at bunnplaten i kjølstokkens kledning er sterkt deformert forover og oppover, og at deformasjonen er godt avrundet i kjølens tverrretning. Et detaljbilde av denne deformasjonen sett akterfra er vist i fig. 92. Det deformerte platematerialet viser ingen spesielt dype rivninger (riper) eller andre betydelige geometriske uregelmessigheter i overflaten. Noe platekledning i akterende synes forøvrig å mangle (skal trolig være avrundet endeflate).

Ytterligere detaljbilder som viser kjølstokkens aktre ende er vist i fig. 93 – fig. 95. Fig. 93 viser sveiseavsett ved platekantene, noe som bekrefter at platekledning helt akter mangler. Fig. 94 viser aktre ende av bunnplaten i kledningsprofilen sett akterover fra kjølens underside. En jevnt avrundet deformasjonsprofil bekreftes. Fig. 95 viser aktre ende av kjølstokken med kledning og rorfeste (rorstilken) sett i profil fra babord side. Det fremgår av sveisestrenger (avsettrester) og bruddkanter at en vesentlig del av platematerialet mangler på rorstilkens underside.

Nærbilder av rorstilken med selve boltfeste for roret er vist i fig. 96 og fig. 97. Fig. 96 viser rorfestetets underside etter innledende rengjøring i form av spyling med ferskvann, og fig. 97 viser festets overside etter mekanisk rengjøring med stålborsting og behandling med rustløsende olje. Det kunne ikke påvises spesielle rivninger, inntrykningsmerker eller geometrisk ovalitet i det sirkulære hullet for den manglende rorbolten (nedre rorfeste).

Fig. 98 viser rorstilken sett skrått ovenfra. Øverste del av rorfestet består av en forsterkningsplate festet med sveisesøm langs den halvsirkelformede endekanten til venstre på bildet og med en buet, tverrgående sveis over kjølstokken. Ingen spesielle, mekaniske skademerker av betydning kan observeres innen det aktuelle området. Det er således intet som tyder på at store belastninger har blitt overført mellom rorbladet og nedre rorfeste. Men som nevnt er selve rorbolten ikke lokalisert, hverken på havbunnen eller inne i rorbladets hulrom.

I en avstand av ca. 0,8 m fra kjølstokkens aktre ende ble det imidlertid registrert en kantopprievning av platekledningen over kjølstokken. Bilder av denne skaden er vist i fig. 99 og fig. 100, sist angitte bilde er tatt av Undersøkelseskommissjonen. Kantopprievningen er lokalisert til overgangen mellom styrbord sideplate og den relativt tynne topplaten på kjølstokkens fritt utstikkende del, under propellposisjonen (ref. fig. 91). Opprivningsskaden synes å ha skjedd i den retningen som er pilmarkert på bildet vist i fig. 99. Skaden synes klart å være av eldre dato, og kan således ikke relateres til hevningsoperasjonen i august 2002.

Like foran kantopprievningen vist i fig. 99 – fig. 100 er det i fartøyets akterstevn en halvsirkelformet bokskonstruksjon, plassert vertikalt mellom kjølstokken og propellakselen som vist i fig. 101. Forbindelsen med kjølstokken, som sees nederst i bildets høyre hjørne, er brutt. Dette skjedde i forbindelse med håndtering av komponentene ved Kaarbøverkstedet, og er således ikke en gammel separasjonsskade. I likhet med øvrige sveiseforbindelser på vrakdelene, kan det også i forbindelse med denne bokskonstruksjonens sveisestrenger observeres dype tæring langs avsett/overgangssoner (HAZ).

Den omtalte halvsirkelformede bokskonstruksjonen viste ingen betydelige mekaniske deformasjoner eller øvrige overflateskader, bortsett fra sterke korrosjonsangrep.

Fig. 102 viser ved en bildemontasje kjølstokken i stående normalstilling etter full separasjon fra stålbrakettene og bunnstokkene under mellomaksel og propellaksel. Kjølstokkens overside med horisontale (tverrgående) og vertikale boltforbindelser sees til venstre på bildet. Totalt to



## TEKNISK RAPPORT

gjenværende vertikale boltforbindelser måtte brytes (kappes) for å oppnå full frigjøring av den totalt ca. 5,2 m lange aktre delen av den platekledde kjølstokken (U-profil kledning). Minimale rester av kjølstokkens trekonstruksjon (laminat) er gjenværende, og da hovedsakelig i forbindelse med boltforbindelsene hvor boltstammene omslutes av laminatrester.

I forkant av kjølstokkseksjonen til venstre i fig. 102 hadde platekledningen bestått av ytterligere tre plateseksjoner når motorenheten med kjøllå på havbunnen (ref. Undersøkelseskomisjonens video-opptak). To av disse var en direkte fortsettelse av platekledningen på den aktre, rette seksjonen og var sveiset fast til denne. De aktuelle sveiseforbindelsene røk imidlertid under stoppingsarbeid for heving av motoren. Eksakt posisjon for den tredje plateseksjonen fremgikk ikke klart på videoregistreringen, men det dreier seg høyst sannsynlig om en bunnplateseksjon i U-profilet videre fremover.

Et oversiktsbilde av de tre aktuelle platekledningsseksjonene er vist på Undersøkelseskomisjonens bilde, fig. 103. Nærmest kamera sees bunnplateseksjonen som sannsynligvis er en fortsettelse av bunnplaten som kan sees i bildets øvre, høyre hjørne (sveiset til babord sideplate).

Det umiddelbare inntrykk av den bøyning og vridning som er påført plateseksjonene, spesielt ut mot seksjonenes forkant, er at ekstremt høye belastninger er blitt påført kjølstokken lokalt. De følgende bilder, fig. 104 – fig. 110, viser fra forskjellige vinkler deformasjonsgeometrien for de tre platene, med bokstavidentifikasjon:

- "c" styrbord sideplate foran rett kjølstokkseksjon, lengde 249 cm, og med en vertikalrettet sveiseforbindelse i hver ende. Ca. 1 m fra forkant er platen påført en relativt skarp innover- og oppoverrettet deformasjon (like under bokstaven "c" i fig. 104). Deformasjonen er lokalisert til nederste 1/3 av sideplatenes høyde (ref. fig. 105).
- "d" babord sideplate foran rett kjølstokkseksjon, lengde 250 cm, og med en vertikalrettet sveiseforbindelse i hver ende. Over den fremre halvdel av den totale lengden er platen vridd nærmere 90° om egen, øvre lengdeakse (ref. fig. 106 og fig. 107).
- "e" bunnplateseksjoner foran rett kjølstokkseksjon, hvorav den nærmest tilstøtende seksjonen med lengde 92 cm er sammensveiset med babord sideplate "d" (ref. fig. 103, fig. 108 og fig. 109). Den øvrige bunnplateseksjonen (også merket "e"), som sannsynligvis skal være lokalisert foran sist omtalte, viste en lengde på ca. 164 cm og hadde restavsett fra tverrgående sveis i begge ender. Denne seksjonen var bøyd i forkant og i tillegg noe vridd om lengdeaksen (ref. fig. 108 og fig. 110). I forkant hadde plateseksjonen tre sirkulære innbulinger med relativt myk kurvatur (inntrykninger fra bunnplatenes underside, ref. fig. 110).

Undersøkelsen av de løse plateseksjonene fra kjølstokkens kledning synes primært å indikere en innoverrettet belastning mot kjølstokken fra styrbord side.

De gjenværende boltene i plateseksjonene (sideplatene) var sterkt bøyd, men som følge av løs gjennomføring i hullene kunne boltene, med unntak av en som fortsatt forbandt de to sideplatene, roteres fritt. Disse bidro derfor ikke med informasjon om primær belastningsretning.



### 3.8 Skrog/spant

Ref. rapportens del B, fig. 111 – 121, side 66-71.

Fig. 111 og fig. 112 viser henholdsvis et oversiktsbilde og et nærbilde av gjenværende babord ”skrogside” ut for maskinrom, tatt av Undersøkelseskommissjonen på hevningsfartøyets dekk. Bildene viser rester av laminerte spant og rester av tømmerfylling mellom spantene, samt utstikkende stift og nagler hvorav majoriteten står tilnærmet vinkelrett på de laminerte spantenes hovedretning.

En fotomontasje som viser gjenværende treskrog/spant og stål drivverksfundament (plater og bunnstokker) kan sees fra motorrommets underside i fig. 113. Det fremgår at babord ”skrogside” (øverst) er vesentlig mer intakt enn tilsvarende styrbord side.

Fig. 114 – fig. 118 viser nærbilde og detaljfoto av lokale områder fra gjenværende styrbord ”skrogside”. Bildene er tatt av Undersøkelseskommissjonen.

Fig. 114 og fig. 115 bekrefter at et flertall av naglene i området er deformert (bøyd) i den pilmarkerte retningen, og naglehodene er presset relativt dypt inn i gjenværende spantlaminat. Naglehodene med underliggende skiver har imidlertid beholdt sin sirkulære hodeform, og viser ingen markerte overflateskader.

Fig. 116 viser et detaljbilde av nagler og stålkant for drivverksfundament i området umiddelbart aktenfor posisjonen vist i fig. 115. En oppskraping av trevirket i fiberretningen og en innbøyd (avrundet) stålkant kan observeres. Dette bekreftes ytterligere av bildene vist i fig. 117 og fig. 118, hvor det bl.a. fremgår at samtlige platesider og kanter synes deformert ved inntrykning og bøyning som følge av støtbelastning (overflaterivning og hamring). Et naglehode, som sees delvis trykket inn i trevirket øverst i fig. 118, har fortsatt en intakt, sirkulær form.

Et profilbilde av utstikkende naglestammer med hode og skive på gjenværende babord skrogside er vist i fig. 119. Bildet er tatt ut for fremre del av propellakselposisjonen. Samtlige av de viste naglene er rette eller har fått bare en minimal bøyning.

Fig. 120 viser et oversiktsbilde av deformerte (inntrykte og bøyde) platekanter på drivverksfundamentet ut for propellakselposisjonen. Platene viser et meget komplekst deformasjonsmønster, og deformasjonsretningen for de bøyde fundamentboltene som sees på bildet (lokalisert til styrbord side) synes vilkårlig.

Et nærbilde av et område fra plateside for drivverksfundamentets styrbord side er vist på Undersøkelseskommissjonens bilde, fig. 121. Et stort antall av de sterkt deformerte fundamentboltene ble, i likhet med boltene for bunnstokkene og i kjølstokken, funnet løse, dvs. fritt roterende i gjennomføringshullet, slik at eksakt kraftpåvirkningsretning (bøyeretning) ikke lot seg bestemme. Det var heller ikke mulig å finne noe entydig retningsmønster av inntrykning i hullkantene fra boltstammene som kunne bidra til å belyse den primære deformasjonsretningen for de løse boltene.

Noen få bolter satt imidlertid fastkilt i boringene i platesidene. Disse boltene viste heller ikke noe klart retningsmønster, sterkt avvikende utbøyningsretninger ble konstatert.



### 3.9 Dekkvinsj

Ref. rapportens del B, fig. 122 – 126, side 72 – 74

I følge Undersøkelseskomisjonens video-opptak på havbunnen ble dekkvinsjen for M/K "Utvik Senior" lokalisert 13. august 2002, liggende med fundamenttrammen vendt skrått oppover, i nærhet av hovedmotor, rorblad og rorstamme med styremotor. Vinsjen lå delvis over rorbladet.

Fotomontasjen i fig. 122 viser dekkvinsjen sett fra siden. Rester av tauverk og diverse fiskeredskap var heftet fast til vinsjen, som ble funnet med en trommel opplastet med ståltau mens nabotrommelen var tilnærmet tom for tau. Vinsjmotoren sees til høyre på bildet.

Fig. 123 viser et oversiktsbilde av dekkvinsjen, med deformerte festbolter for dekkforankring stikkende ut på fundamenttrammens underside. Det fremgår at diverse tauverk og ytterligere fiskeredskap har heftet seg opp i disse boltene. Rester av biologisk nedbrutt treverk kan sees på rammens underside og rundt enkelte bolter.

Et nærbilde av et område av dekkvinsjens fundamenttramme er vist i fig. 124. Bildet inkluderer tre festbolter for fundamenttrammen (pilmerket boltehoder) samt et skråstilt trinsehjul (skive med profilert sporbane). Diverse trerester fra dekkskonstruksjonen kan også her sees på fundamenttrammens underside.

Vinsjfundamentet består av en fundamentplate på 263 x 125 cm, med en utsparing på 12 cm bredde i bakre venstre hjørne, ref. fig. 123. Fundamentplaten har vært forankret til dekket med 7 bolter på en side (siden vist i fig. 122 og fig. 123), og en bolt mindre på motsatt side som følge av nevnte utsparing. I tillegg er platen forankret med fem bolter langs den aksielle senterlinjen. Samtlige gjenværende bolter hadde sekskanthode på platens overside, en boltstamme med diameter ~25,5 mm, og et gjenget endeparti påmontert firkantskive(r) og sekskantmutter. Av den ene rekken på 7 bolter manglet den ytterste på hver side, mens i rekken av seks bolter manglet en av de to midtre. Langs senterlinjen var samtlige fem bolter til stede. Totalt var således 15 av 18 forankringsbolter til stede i fundamentplaten.

De gjenværende forankringsboltene, med unntak av en, var bøyd på fundamentplatens underside, de fleste mer enn ~45°. Dette er illustrert i fig. 125, som viser et nærbilde av deformerte boltstammer påmontert skive(r) og mutter. Tre av de fire synlige boltstammene på bildet er omsluttet av fliser/fragmenter av biologisk nedbrutt treverk fra dekkskonstruksjonen. Det synes ikke mulig å etablere noe entydig mønster når det gjelder fundamentboltene deformasjonsretning.

Til vinsjens fundemantplate er det sveiset en rammekonstruksjon av en relativt tykkvegget U-profil stålbjelke, og vinsjmotor, tromler og arbeidshjul er forankret til denne rammebjelken.

Arbeidshjulet til venstre på bildet hadde en sporbredde på ~19 cm, og hver av tromlene en bredde på ~55 cm.

Akseltappen som kan sees til høyre på fig. 123, utgående fri ende fra vinsjmotor, er vist i nærbilde i fig. 126. Akseltappens arbeidshjul mangler, og tappoverflaten er sterkt korrodert. Tappens aksielle kilspor (som ikke kan sees på bildet) viste imidlertid ingen betydelige inntrykningsmerker eller annen overflateuregelmessighet. Tappens totalt utstikkende lengde ble målt til ~26 cm, hvorav de ytterste ~13 cm utgjør et konisk parti inkluderende det nevnte kilsporet. Den utstikkende akseltappen viste ingen aksial skjevhet.



### 3.10 Kilremskive, 6 spor

Ref. rapportens del B, fig. 127 – 130, side 75 – 76.

En separat funnet remskive med seks kilremspor og en del av en brukket opplagringsbrakett er vist på Undersøkelseskommissjonens bilder i fig. 127 – 128. Bildene er tatt etter ordinær ferskvannsspyling, dvs. før rengjøring i form av høytrykkspyling. Skivens eksakte plassering og funksjon ombord på M/K "Utvik Senior" er ikke helt klarlagt, men trolig dreier det seg om en komponent fra forkant hovedmotor (remskive for pumpedrift). Det sentrale punktet for Undersøkelseskommissjonen var imidlertid bruddet i opplagringsbraketten.

Fig. 129 viser et oversiktsbilde av remskiven, som ble funnet separat, etter høytrykkspyling og noe mekanisk rengjøring. Videre rengjøring på et senere tidspunkt avslørte seks større sirkulære hull i navskiven.

Et nærbilde av bruddflaten i opplagringsbraketten er vist i fig. 130. Visuelt bedømt syntes bruddet å bestå av to bruddflater, en ut til hver side, og den mellomliggende delen representerer etter alt å dømme ordinær komponentoverflate. De to separate bruddflateområdene indikerer et regulært overbelastningsbrudd i et relativt sprøtt materiale. Ved undersøkelsens avslutning midt i november ble det ene av de to bruddflateområdene kappet ut for nærmere undersøkelse ved DNV's Metallurgisk Laboratorium.

### 3.11 Turbolader

Ref. rapportens del B, fig. 131 – 134, side 77 – 79.

Fig. 131 viser et oversiktsbilde av en annen separat funnet motorkomponent, etter alt å dømme motorens turbolader, hovedsakelig eksosdelen (turbindelen). To ekspansjonsbelger sees til høyre på bildet. Dette og de påfølgende bilder er tatt av Undersøkelseskommissjonen.

Samme komponent, sett fra motsatt side, er vist i fig. 132. Det synes ut fra motortegninger bekreftet av komponenten representerer motorens turbolader. Kompressorhuset og rotor (impeller) mangler totalt, bare akselen er igjen. Dette kan forklares med at de manglende komponentene i følge motorfabrikanten er lettmetallkomponenter, som følgelig er tæret bort av langvarig sjøvannskontakt.

Fig. 133 viser et nærbilde av kompressorakselen og bakenfor denne eksosdelen av turboladeren. Det fremgår at lukedekselet på turbinhuset er brukket, og detaljbildet av denne, vist i fig. 134, avslører markerte slagmerker (støtmerker) i bruddkanten. Disse synes å være av relativt ny dato. Korrosjonsbelegget på bruddflate og lukeåpning tyder imidlertid på at luken har sprukket på et atskillig tidligere tidspunkt, men at den øvre delen først har falt av nylig, i forbindelse med mekanisk påkjenning. Den ikke deformerte delen av bruddflaten angir visuelt bedømt en regulær materialoverbelastning.



### 3.12 Rørgjennomføring

Ref. rapportens del B, fig. 135 – 136, side 80.

Oversiktsbilder av en rektangulær stålplate for rørgjennomføring i dekk (evt. skott) er vist i fig. 135 og fig. 136. Platen er påmontert en sirkulær flensstuss på en side og utgjør gjennomføring av totalt to rør av dimensjon ca- 2 ½". Komponentens plassering og funksjon ombord i M/K "Utvik Senior" er ikke klart. Det fremgår av fig. 136 at en gjenværende festebolt er sterkt bøyd.

Den aktuelle stålplaten har de ytre målene 50,0 x 27,5 cm, og en platetykkelse på ~1,8 cm. Platens lengde i bøyd tilstand (kordelengden) er 43,0 cm og utbøyd pilhøyde ~9 cm.

En enkel overslagsberegning over plastisitetmoment  $M_p$  for bøyning av den aktuelle platen, forutsatt ordinær handelskvalitet stål (St 37 eller tilsvarende) gir:

$$M_p = \sigma \cdot \frac{bh^2}{4} = 400 \text{ MPa} \cdot \frac{275 \cdot 20^2}{4} = 11 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$

Den tilsvarende bøykraften  $F_b$  blir:

$$F_b = \frac{M_p}{arm} = \frac{11 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm}} = 44 \text{ kN} \sim 4,4 \text{ tonn}$$

Det vil si at nødvendig bøykraft for den aktuelle platen regnet som utkragerbjelke er godt over 4 tonn. Dersom platen opplagres i endene og nedbøyes på midten blir nødvendig bøykraft det dobbelte, dvs. nærmere 9 tonn.

### 3.13 Kjettingstopper

Ref. rapportens del B, fig. 137 – 138, side 81.

Undersøkelseskommissjonens foto av kjettingstopperen for ankerkjetting til M/K "Utvik Senior" er vist i fig. 137 og fig. 138.

Fig. 137 viser at stopperens stativ er sveist til en fundamentplate, som har blitt utsatt for en betydelig bøyning. I høyre halvdel av bildet sees forøvrig også et pullerhorn.

Fig. 138 viser et nærbilde av stopperens låsemekanisme, med tverrstykket og spindel. Også dette bildet viser bøyningen som fundamentplaten har blitt utsatt for, en bøyning som antyder et meget høyt belastningsnivå.



## 4 VIDERE UNDERSØKELSER/ANALYSER, DNV METALLURGISK LABORATORIUM

### 4.1 Brudd bladtallerken propellblad

Ref. rapportens del B, fig. 139 – 146, side 82 – 86.

Et sammenstillingsbilde av deformerte og brukne komponenter fra propellblad er vist i fig. 139. Bilder viser, som også tidligere omtalt, to separate brudd i bladtallerken, og inntrykning/deformasjon både i tallerken og kulissekloss.

Et nærbilde av det tverrgående (radielt rettede) bruddet i bladtallerkenen er vist i fig. 140. To markerte inntrykninger krysser bruddet, og ut av kantgeometrien kan det fastslås at den øvre, sigdformede inntrykningen har oppstått før bruddet skjedde, mens den sterkere inntrykningen midt på bildet har oppstått etter inntruffet brudd.

Fig. 141 viser gjentatt overflateinntrykking (minst tre belastningssekvenser) i overflaten ut mot føringskanten for kulisseklossen. Denne kantinntrykkingen er forårsaket av klemming mot det trekantede tappstykket for pitchsetting (se fig. 48 – fig. 50). Fig. 142 dokumenterer ovalitet i tapphull for kulissekloss som følge av materialdeformasjon ved stuking (ref. også fig. 59).

Fig. 143 viser at kulisseklossen også er blitt bøyd i lengderetningen. Indre ende er blitt bøyd utover mot bladtupp som følge av at kulisseklossen har blitt presset radielt innover (utenfor sin ordinære arbeidslengde) samtidig som den ene sidekanten har blitt utsatt for et ekstremt høyt kontaktrykk (se fig. 141).

Fig. 144 viser et nærbilde av makromønsteret i bruddflaten på bladtallerken for propellblad 1. Bildet viser et tydelig pilmønster ("chevronmønster") som er karakteristisk for sprøtt brudd. Pilsissene peker mot bruddets startområde. I det aktuelle tilfelle har således primærbruddet, dvs. det halvsirkelformede bruddet (ref. fig. 139) startet fra sidekanten innerst i slissesporet for kulisseklossen. Sekundærbruddet, dvs. det radielt rettede bruddet, har startet fra den halvsirkelformede bruddflaten og ut mot ytre sidekant.

Fig. 145 viser et bilde av mikromønsteret i den halvsirkelformede bruddflaten, tatt i et scanning elektronmikroskop (SEM), forstørrelse X 580. Karakteristiske kløvningsfasetter angir at det dreier seg om et regulært sprøbrudd.

Mikrostrukturen for det aktuelle materialet i propellbladene er vist i fig. 146, forstørrelse X 100. Strukturbildet, som representerer materialet i blad 1, viser en ordinær mikrostruktur for Ni-Al bronse.

En materialanalyse tatt i form av en energi-dispersive røntgenanalyse (EDS-analyseenhet tilkopledd SEM) ga følgende omtrentlige elementsammensetning for det aktuelle propellbladmaterialet:

Cu (~75%), Al (~5%), Mn (~10%), Ni (~3%), Fe (~6%).



## 4.2 Brudd hjørne regulatorhus

Ref. rapportens del B, fig. 147 – 149, side 87-88.

Fig. 147 viser et oversiktsbilde av henholdsvis bolt, gjenværende pakning og gjenværende hjørne av regulatorhuset, plassert i motorens akterkant. De angitte komponentene kan sees montert på motoren i fig. 13.

Hensikten med laboratorieundersøkelsen i denne forbindelse var å få belyst regulatorhusets materialkvalitet, på bakgrunn av oppstått brudd.

Fig. 148 viser mikrostrukturen for materialet i det demonterte hjørnet av regulatorhuset, forstørrelse X 100. Bildet viser et støpejernsmateriale med flakformet grafitt, dvs. et ordinært grått støpejern. Samme mikrostruktur, vist i forstørrelse X 500, kan sees i fig. 149. Mikrostrukturen angir et perlittisk grått støpejern, bestående av finlamellær perlitt.

## 4.3 Brukket opplagringsbrakett

Ref. rapportens del B, fig. 150 – fig. 153, side 89 – 90.

Fig. 150 viser den utkappede prøven av opplagringsbrakett for 6-spors kileremsskive, vist i fig. 127 – fig. 130. Prøven er rensset med rustløsende olje og teknisk sprit.

Et nærbilde av bruddflaten kan sees i fig. 151. Visuelt bedømt ved undersøkelse i optisk stereomikroskop (OSM, X6 – X50) synes dette lokale bruddet å være initiert fra det pilmerkede området på bildet, og makromønsteret i bruddflaten angir et regulært overbelastningsbrudd i et relativt sprøtt materiale. Den utkappede prøven representerer det høyre bruddflateområdet vist i fig. 130.

Fig. 152 viser et metallografisk preparert snitt gjennom det aktuelle brakettmaterialet i uetsset tilstand, forstørrelse x 100. Bildet viser flakgrafitt i et grått støpejern ("gråjern"). Materialets mikrostruktur er vist i fig. 153, forstørrelse x 500. Mikrostrukturen angir et perlittisk grått støpejern.

## 4.4 Hjørne veivromsluke

Ref. rapportens del B, fig. 154 – fig. 155, side 91.

En prøve fra et gjenværende plathjørne i en veivromsluke for sylinder nr. 5 hadde blitt kappet ut for nærmere materialundersøkelse. Fig. 154 viser den aktuelle prøvens utside, korresponderende innside er vist i fig. 155.

Allerede under prøveuttaket ble det klart at det neppe kunne være metallisk platemateriale igjen i det utvalgte hjørnet, og en nærmere undersøkelse av sidekantene ved hjelp av optisk stereomikroskop bekreftet at prøven var gjennomkorrodert. Det var således ikke mulig å foreta en metallografisk undersøkelse for å belyse det opprinnelige lukematerialet.



For ordens skyld må nevnes at det lukehjørnet hvor plateprøven ble tatt fra, ble valgt ut nettopp fordi det syntes å være det best bevarte området av gjenværende platemateriale for veivromslukene. Det må således antas at lukeplatene generelt sett var gjennomkorrodert.

#### 4.5 Deformasjonscenter rorblad

Ref. rapportens del B, fig. 156 – 158, side 92 – 93.

Fig. 156 viser en materialprøve fra senter av det sterkt deformerte området nederst i bak-kant av rorbladet, ref. pilmerket område i fig. 85 – fig. 88. Denne prøven ble tatt ut for undersøkelse av eventuell materialdeformasjon lokalt i ytre overflate, som følge av mekanisk påvirkning. Gjenværende platetykkelse for platematerialet i prøven ble målt til ~8 mm. (Rorets bunnplate viste en tykkelse på ~11 mm).

Fig. 157 og fig. 158 viser platematerialets mikrostruktur ved ytre overflate, forstørrelse henholdsvis X 100 og X 500. Det kan ikke sees noen klar endring av korngemetrien i randsonen, dvs. mekanisk påvirkning kan ikke dokumenteres ut fra den deformerte platens mikrostruktur, som viser et ordinært ferritt-perlittisk stål.

Det må imidlertid tas i betraktning at overflaten er betydelig korrosjonsangrepet, og at en eventuell kalddeformert overflatesone vanligvis har en sterkt begrenset dybde (~0.2 – 0.5 mm). At det ikke er påvist noe deformasjonssjikt lokalt i overflaten må således ikke tas til inntekt for at mekanisk påvirkning ikke har forekommet i det aktuelle tilfelle.

#### 4.6 Brakett med manøvreringsspaker for kopling/pitch

Braketten med manøvreringsspaker og de tverrgående betjeningsakslene for innkopling av motor og setting av propellpitch ble nærmere undersøkt i DNV's Metallurgisk Laboratorium for å få fastslått om stangakselen for pitchkontroll var brukket eller bare var blitt presset inn i koplingshuset J, ref. fig. 25 – 28. Som tidligere angitt var den ytre manøvreringsspaken, dvs. spaken for propellens pitchsetting, totalt borte, og man ønsket å kontrollere om årsaken til dette var akselbrudd eller akselinstrykking. En observert fordypning i den aktuelle stangakselens ytre endeflate kunne tyde på at dette var senteringshull for dreining, dvs. at endeflaten var en maskinert flate, se fig. 25.

Etter en rengjøring (rensing) av den aktuelle endeflaten med inhibert saltsyre og påfølgende visuell undersøkelse i et optisk stereomikroskop (OSM) ble det imidlertid klart at den undersøkte flaten representerte et regulært overbelastningsbrudd og ikke en maskinert flate. Årsaken til at den ytre manøvreringsspaken (pitchkontroll) var totalt borte var således et akselbrudd like innenfor spakposisjonen.



## 5 DISKUSJON / KONKLUSJON

Ut fra den utførte undersøkelsen synes det klart at M/K "Utvik Senior"s hovedmotor har vært innkoplet under forlissekvensen. Dette tilkjennegis av posisjonen for den gjenværende del av den aktuelle manøvreringsspaken i motorens bak-kant (posisjon "INN"), samt av at stempelsleiden for kopling står i bakre stilling, dvs. mellomaksel – og dermed propellaksel – er innkoplet.

Ut fra info om hovedmotorens rotasjonsretning ("anti-clockwise") og det foreliggende koplingssystem synes det videre klart at propellen har reversert fartøyet under forlissekvensen. Dette tilkjennegis av at stempelsleiden for pitchsetting står i bakre stilling, at trekkstangen for pitchkontroll står i bakre stilling og at samtlige av de tre propellbladene står med pitchsetting for reversering. Manøvreringsspaken for manuell kontroll av pitch var brukket av og manglet, ytterligere bekreftelse på pitchsetting i forlissekvensen var således ikke tilgjengelig.

Hovedmotorens gjenværende hjørner av veivromsluker, med angitt tykkelse ca. 2,5 mm (først angitt 3,0 – 3,5 mm) fra motorfabrikanten, er funnet å være totalt gjennomkorrodert. Lukenes utseende, slik det fremgår av fig. 3, kan således være en konsekvens av en langvarig korrosjonsprosess alene, og kan følgelig ikke tas som en indikasjon på utblåsning ved en eventuell veivromseksplasjon. At gjenværende lukehjørner er geometrisk plane, og at lukeforvridere ikke er deformert ved bøyning utover, synes å tale mot en veivromseksplasjon. Forøvrig kan opplyses at motorfabrikanten på direkte forespørsel har bekreftet at det ikke foreligger noe kjent tilfelle av veivromseksplasjon for den aktuelle motortypen. Motorens råder er undersøkt visuelt uten forutgående rengjøring. Ingen åpenbar utbøyning av rådene ble registrert. Dersom imidlertid disse, med tilhørende lagerskåler for krysspinn og veivaksel, skal undersøkes eksakt, for med en høyst mulig sikkerhet å kunne ta stilling til en veivromseksplasjon, vil dette kreve en meget stor rengjøringsinnsats under vanskelige forhold. I og med at ingen øvrige forhold synes å underbygge sannsynligheten for en veivromseksplasjon i hovedmotoren, synes det vanskelig å kunne forsvare en anbefaling om å iverksette en slik rengjøringsinnsats.

Det forhold at regulator og regulatorhus er brukket løs fra endeplaten i motorens akterkant ble innledningsvis tatt som en mulig indikasjon på en kraftig veivromseksplasjon, ref. fig. 13 og fig. 14. Etter at en lab-undersøkelse viste at materialet i regulatorhuset var grått støpejern og ikke støpestål, synes det imidlertid som om bruddet i regulatorhuset kan forklares med en mer "konvensjonell" belastningsform, f.eks. en sterk mekanisk påvirkning (støt, rystelse e.l.).

Den utførte undersøkelsen av hovedmotorens registerkjede angir at dette hadde røket på minst to steder, og at den lengden av kjedet som ble funnet hadde blitt slynget inn i den klemte posisjonen den ble funnet i. Dette kan indikere at motoren er blitt stoppet (evt. blitt "slått ut") meget raskt, slik at kraftpåkjenningen fra avvikende masserotasjon har revet kjedet over. Det syntes ikke som om en generell korrosjonsprosess var en hovedbidragsyter til kjedebrudd, avklippede kjedestolper (ref. fig.16) og kjedelengdens plassering bidro til å bekrefte dette.

De to påviste sprøbruddene og deformasjonene i bladfoten for propellblad 1, og deformasjon i korresponderende styretapp samt aktre ende av trekkstang, angir både bøyning og vridning i bladet. Disse skadene er sammenholdt med Undersøkelseskommisjonens video-opptak fra hevingen av hovedmotorenheten 14. august 2002. Propellblad 1 er det bladet som ligger dypest begravd i bunnen, blant relativt store steiner. Når motoren i en første fase løftes relativt høyt i



## TEKNISK RAPPORT

forkant for å få trukket under et par kjettingstropper, presses propellen hardt ned i havbunnen. Samtidig kan det registreres at motorens forkant svinger noe frem og tilbake horisontalt, i tillegg til at den heves og senkes betydelig som følge av de bølgebevegelser hevningsfartøyet utsettes for. Dette gir de ovenfor nevnte belastningsformer (bøyning, vridning) på den aktuelle bladtallkerken, kulissekloss og styretapp, samt på aktre del av propellhus og trekkstang. Det synes således overveiende sannsynlig at de mekaniske skadene på propellblad 1 og i propellhus har skjedd i forbindelse med stropping av motoren for hevning og ikke i forbindelse med en havarisekvens.

Med referanse til foran nevnte videosekvens synes den inntrykning og bøyning av stål-platesider og kanter i stål som er vist i fig. 116 og fig. 117 å være forårsaket av gjentatte støt mot havbunnen som følge av hevningsfartøyet bølgebevegelser. Totalt ble det i video-opptaket registrert mer enn 140 harde støt mellom motorens styrbord side og havbunnen i løpet av nevnte videosekvens. Også mekaniske skader (lokal inntrykning/stukning) ved motorblokkens akterkant synes å kunne tilskrives samme forhold.

Uregelmessigheten i bladprofilet for samtlige propellblad synes primært å være en følge av lang tids korrosjon, evt. kombinert med begynnende kavitasjon og mekaniske skader påført bladene før havarisekvensen. Når det gjelder korrosjonsraten for Ni-Al bronse angir faglitteraturen bl.a. følgende beskrivelse, hentet fra M. Schumacker: "Seawater Corrosion Handbook", Noyes data Corporation, USA, 1979:

"Ni-Al bronzes freely exposed to slow flowing seawater (and bottom sediments) exhibits average corrosion rates typically ranging from to 0.1 to 2 mpy (mils per year), partly depending on the depth. The corrosion attack is mainly expected to be uniform, however crater- and pitting like forms may also occur. The depth of local attacks is expected to be slightly deeper than a typically uniform attack /1/. Dependent on the aluminium content of the bronze dealuminification may occur."

Ut fra denne betraktningen synes det ikke usannsynlig at noen av bladenes tynneste areal er borte. Det kan imidlertid heller ikke sees bort fra at bladene kan ha hatt vesentlige profiluregelmessigheter i form av mekaniske støtskader, påført forut for forlissekvensen eller under rotasjon i løpet av denne sekvensen. Det sistnevnte forhold synes imidlertid lite trolig ut fra det grunne ripemønsteret i bladoverflate, ingen markerte større gradkanter ut mot de manglende profilområdene, og også den foroverrettede bøyningen av propellblad 3. Selve denne bøyningen har etter alt å dømme skjedd under driftstillstand under eller etter forlissekvensen, ved havbunnkontakt (motor legger seg ned/over på styrbord side på havbunnen), eller eventuelt ved motorhåndteringen i forbindelse med stropping/begynnende løft under motorhevingen i august 2002. Mangel på belegg på strekksiden av bendet, ref. fig. 38 – 40 og fig. 63 – 65, kan være en indikasjon på at det sistnevnte forhold har vært tilfelle.

Ingen av de registrerte profilskadene på de tre propellbladene kan tas som noen sterk indikasjon på alvorlig mekanisk obstruksjon under ordinær driftsrotasjon av propellen, som forøvrig er beskyttet av kjøl/rorstilk på undersiden, akterstevn i forkant og rorblad i akterkant.

Den bakoverrettede bøyning av rorstammens nedre del (ref. fig. 66 – fig. 67) må antas å ha skjedd mens rorbladet via flensplater var boltet til stammen, dvs. før sveisestrengene mellom stamme og stammens flensplate røk. Bøyningen kan være en følgeskade ved at nedre opplagingsbolt for rorbladet har mistet sin funksjon (falt ut), slik at all belastning på rorbladet har blitt tatt opp av rorstammen, med etterfølgende bøyning og eventuelt brudd til følge.



## TEKNISK RAPPORT

Hvordan opplagringsbolten har falt ut og hva som har forårsaket dette har det imidlertid ikke vært mulig å belyse.

Det kan imidlertid ikke sees bort fra at bruddet mellom rorstamme og flensplate kan ha skjedd på havbunnen på et senere tidspunkt, ved at fiskeredskap kan ha heftet rorstammen/styremotor mens rorbladet f.eks. har ligget i en fastlåst posisjon under dekkvinsj.

Bøyningen/foldingen av rorbladets nedre, aktre hjørne synes primært å skyldes en havbunnkontakt (ref. fig. 80 – fig. 88). Et fartøy med ordinær plassering av motorrom akter vil under gjennomsynkning ved forlis normalt forventes å nå bunnen med akterstevnen først, dvs. at rorblad og evt. rorstilken oppnår bunnkontakt først og dermed påføres lokal deformasjon som senere eventuelt økes/endres ved at fartøyet legger seg over på siden. At sammenklemmingen av rorbladet må ha skjedd på havbunnen synes bekreftet av de kulesteinene som ble funnet i folden (ref. fig. 81 – 82). Deformasjonen av rorbladet må ha skjedd under relativt stor kraftpåvirkning. Rorbladet er bygget av platemateriale med tykkelse 8 – 11 mm, og bokskonstruksjonen med innvendige ribber har stor stivhet.

Tre spesielle forhold synes bemerkelsesverdige:

- Belastningen nederst på rorets akterkant forover og oppover har ikke medført noen kontaktdeformasjon mellom forkanten på rorbladet og akterkant på propellhus. Dette indikerer at opplagringsbolten for rorbladet har vært i posisjon da rorbladets akterkant ble deformert.
- Rorbladets fold er rettet mot styrbord, korresponderende med at motorenheten (inkl. propellaksel, propell, akterstevn og kjølstokk) hvilte på styrbord side på havbunnen.
- Et overflateområde av folden i rorets akterkant synes å være påvirket, eventuelt ytterligere deformert, som følge av en kontakt med relativt grovt tauverk (ståltau, stålkabel, etc.). Selv om lokal overflatedeformasjon (friksjonskontakt) ikke kunne påvises i mikrostrukturen for platematerialet kan det ikke sees bort fra at en sterk, foroverrettet taukontakt kan ha forekommet i det aktuelle området (ref. fig. 87 – fig. 88). Hva som eventuelt kan ha gitt nødvendig mothold på rorbladet hvis denne kontakten først har skjedd på havbunnen, synes imidlertid teknisk vanskelig å forklare. Eneste mulige forklaring synes å være rorblad fastklemt (fastlåst) av tyngde på dekkvinsj, selv om det ansees tvilsomt om dette vil gi tilstrekkelig mothold.

Kjølstokkens platekledning for M/K "Utvik Senior" var relativt rett og intakt innen de aktre ca. 5,2 m. De neste ca. 2,5 m forover viste imidlertid sterk platedeformasjon i form av inntrykningsmerker, innoverrettede buler og vridning i aksiell retning. Totalt sett synes det som om kjølstokken innen dette området (tilsvarende omtrent posisjon forkant motor) har blitt utsatt for en meget høy trykkbelastning mot styrbord sidekant (ref. fig. 103 – fig. 110).

Den kantoppriivningen av platekledningen og treverk i øvre styrbord hjørne av kjølstokken (ref. fig. 99 – fig. 100) synes å være en taukontakt av eldre dato.



## TEKNISK RAPPORT

Den visuelle undersøkelsen av gjenværende treskrog og stål drivverksfundament (inkl. bunnstokker) viser en stor forskjell fra side til side. Babord side viser tilnærmet rette stokker og stående stift- og naglestammer mens styrbord side viser tydelig deformerte stokker, bøyde stift- og naglestammer, samt naglehoder og stammer presset langt inn i gjenværende treverk. Trespantenes bruddender angir relativt brutal bruddsekvens (selv når endringer av utseende som følge av "tidens tann" tas med i betraktningen).

Forskjellen i utseende på gjenværende skrog og drivverksfundament fra styrbord til babord side synes å være betydelig større enn hva en endring som følge av gjentatte støt mot havbunnen under stopping av motorenheten skulle tilsi, selv om disse støtene i og for seg var brutale nok.

**Oppsummering:**

Det samlede inntrykk på bakgrunn av visuell undersøkelse av vrakdelene, laboratorieundersøkelse av spesielle komponenter og informasjon fremkommet ved gjennomsyn av Undersøkelseskomisjonens video-opptak fra havbunnen er som følger:

Propellens pitch-stilling viser at MK "Utvik Senior" hadde maksimal reversering på propellen ved forliset.

Deformasjoner og brudd på kjølstokken, på skroget, og på mindre metallkomponenter med relativt stor veggtykkelse, viser alle påvirkning av et lokalt, unaturlig høyt belastningsnivå rettet mot styrbord side. Dette synes på teknisk basis å være langt over hva havets naturlige krefter skulle forventes å kunne yte.

En veivromseksplasjon i hovedmotoren synes ikke å ha funnet sted. Komponenter i motoren bærer imidlertid preg av at motoren har stanset brått ("slått ut").

- o0o -