

N - 7034 Trondheim

Telefon: (07) 59 30 00
Telex: 55 620 SINTF N
Telefax: (07) 59 24 80

Rapportens tittel Brannen ombord i Scandinavian Star. En vurdering av ventilasjonsanleggets betydning i det tidlige brannforløpet	Dato 1991-06-20
	Antall sider og bilag 39
Saksbearbeider/forfatter Øystein Meland	Ansv. sign.
Avdeling NORGES BRANNTÉKNISKE LABORATORIUM	Prosjektnummer 251568
ISBN nr.	Prisgruppe

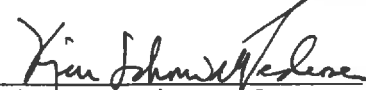
Oppdragsgiver Det skandinaviske granskingsutvalget/Oslo Politi- kammer	Oppdr.givers ref. Borchsenius/ Bjønnes
--	--

Ekstrakt

På bakgrunn av befaring på skipet, tegningsunderlag og samtaler med maskinsjef Heinz Steinhauser er det foretatt en vurdering av ventilasjonsanleggets betydning i den tidlige fase av brannforløpet. Gjennomgåelsen viser hvordan ventilasjonsanlegget og da ventilasjonsanlegget for bildekket i særdeleshet, har bevirket omfanget av røykspredningen i skipets midtseksjon i den tidlige fase av brannforløpet, et tidsrom hvor trolig de fleste dødsfall har funnet sted. Forholdet er blitt mulig i en kombinasjon med en rekke tilsynelatende tilfeldige hendelser primært knyttet til hvordan dører ble stående åpne under brannen, samt det forhold at deler av ventilasjonsanlegget ved det aktuelle tidspunktet var under reparasjon/ombygging, slik at sentrale områder i skipets midtseksjon ble stående under permanent undertrykk.

Rapporten utelukker muligheten for at brannen kan ha startet i ventilasjonsanlegget.

	Stikkord på norsk	Indexing Terms: English
Gruppe 1	Brann	Fire
Gruppe 2	Strømning	Flow
Egenvalgte stikkord	Ventilasjon	Ventilation
	Røykspredning	Smoke movement


Kjell Schmidt Pedersen
Direktør

INNHALDSFORTEGNELSE

	<u>side</u>
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	2
1 BESKRIVELSE AV VENTILASJONSTEKNISKE INSTALLASJONER	4
1.1 <u>Bildekket (C-deck)</u>	4
1.1.1 Brannspjeld	6
1.1.2 Driftsforhold under brannen	6
1.2 <u>Mekanisk ventilasjon, aggregatrom 1</u>	6
1.2.1 Brannspjeld	7
1.2.2 Driftsforhold under brann	7
1.2.3 Ventilasjonsløsninger for cabiner/ oppholdsområder spesielt	8
1.3 <u>Mekanisk ventilasjon, aggregatrom 2</u>	8
1.3.1 Brannspjeld	9
1.3.2 Driftsforhold under brann	10
2 ET MULIG HENDELSESFORLØP	11
2.1 Utgangspunkt	11
2.2 <u>Forløp</u>	11
2.3 <u>Spesielle forhold</u>	13
3 REFERANSER	14

VEDLEGG 1

Billedmateriale, kommentarer.
(en del av billedmaterialet er referert i teksten)

VEDLEGG 2

Innflytelsen av bildekkventilasjon på strømningsforholdene
i skipet.
Prinsipiell betraktning

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

- 1) Mekanisk ventilasjon av bolig og oppholdsområder ombord i Scandinavian Star er basert på en løsning med overtrykksventilasjon. Dette innebærer at tilluftskapasiteter generelt er større enn avtrekkskapasiteter. Det overskudd av tilluft som dette innebærer skal primært unnslippe til koridorer, trappesjakt og videre til bildekket.
- 2) Bildekket skal normalt ventileres slik at det har undertrykk i forhold til tilgrensende områder. Undertrykkets størrelse er avhengig av antall vifter i drift til enhver tid. Dette kan velges mere eller mindre vilkårlig av den driftsansvarlige, men skal i prinsippet følge belastningen, dvs antall biler som transporteres. På det tidspunkt brannen oppstod var 4 avtrekksvifter og 4 tilluftsvifter i drift.
- 3) Bildekket ventileres av et eget system med 10 stk reversible aksialvifter. To av disse var ved det aktuelle tidspunktet brannen oppstod, satt permanent ut av funksjon.
- 4) Alle kanalsystemer er forsynt med manuelle eller automatiske brannspjeld ut fra en teori om at ventilasjonsanlegget skal stoppes når brann oppdages og deretter at kanaler skal stenges for om mulig å dempe brannutviklingen. Ingen av de automatiske brannspjeldene har vært i bruk under den aktuelle brannen. To manuelle brannspjeld er stengt, men dette er til områder som ikke har hatt innflytelse på spredning av røyk i brannens tidlige fase.
- 5) Brannspjeldene i kanalsystemene for bildekkventilasjonen representerer pga. permanent funksjonssvikt en vesentlig restriksjon i kanalene slik at viftenes kapasitet anslagsvis er redusert med i størrelsesorden 50 % i forhold til nominell kapasitet.
- 6) Tilluftsystemet for agregatrom 2 som bla dekker restauranten på main deck var satt permanent ut av drift pga reparasjon. Ved normal drift innebar dette at dette området bl a ble tilført luft fra underliggende områder via trappesjakt.
- 7) Forutsatt at brann har startet på bildekknivå, styrbord side, kan den åpne døren til bildekket (dør nr. 9) sammen med undertrykk i dette området ha spredt røyk fra styrbord side over til babord side (via gulf deck) og videre til bildekket. Denne effekten ble forsterket fra det tidspunktet branndører ble stengt.
- 8) Undertrykket pga. at tilluften ble satt ut av drift i restauranten på main deck har bevirket at røyk har strømmet til dette området i betydelige mengder. Åpen branndør på toppen av trappesjakten har muliggjort transport av store røykmengder til dette området, også i tidsrommet etter at ventilasjonsanlegget ble stoppet.

- 9) Fra det tidspunktet ventilasjonsanlegget ble stoppet har de termiske drivkreftene styrt røykspredningen og utvekslingen med omgivelsene. Luften er tilført trappesjakten (D_b) (babord) fra bildekket (strømningsretnigen motsatt det den var tidlig i forløpet) og røyk har unnsloppet via åpninger/lekkasjer i glassvegg/dører i restauranten på main deck samt via et åpent kanalsystem fra dette området.
- 10) Evakuering ut til det fri, fra bl.a. 500-seksjonen (gulf deck), har forsterket røykspredningen til dette området fra trappesjakten, som har hatt overtrykk (øvre del) i forhold til omgivelsene (skorsteinseffekten).
- 11) Det er utelukket at brann kan ha oppstått i ventilasjonsanlegget.
- 12) Kanalsystemet som forbinder cabiner har ikke spredt røyk internt. Tilførsel av røyk til disse områdene (gulf-deck) har primært skjedd gjennom utette dørkonstruksjoner, åpninger over himling, samt ved åpning av dører.

1 BESKRIVELSE AV DE VENTILASJONSTEKNISKE INSTALLASJONER

I det følgende er det gitt en kort beskrivelse av det mekaniske ventilasjonsanlegget knyttet til aggregatrom 1 og 2 i skipets midtseksjon. I tillegg er løsningen for ventilasjonen av bildekket beskrevet. Plassering av aggregatrom 1 og 2 er vist på fig. 1.

Aggregatrom 1 og aggregatrom 2 dekker den delen av skipet hvor omkomne er funnet og som følgelig er av interesse med hensyn til hvordan ventilasjonen kan ha påvirket trekkforholdene og dermed røykspredningen i en tidlig fase av brannforløpet.

1.1 Bildekket (C-deck)

Bildekket betjenes av 5 sett av aksialvifter. Hvert sett består av 2 vifter. Viftene er plassert i egne agregatrom (viftehus) plassert bakerst på gulf-deck (aggregat AFG 1/AVG 1) på sun deck/house-top (aggregater AVG 2, AVG 3, AVG 4 og AFG 2, AFG 3, AFG 4 og helt foran på skipet i nivå med Y-bor-deck (aggregat AVG 5/AFG 5). Plasseringen av aggregatrommene 1 og 2 er vist på fig. 1. Prinsipiell virkemåte for ventilasjon av bildekket er vist på fig. 3.

Alle viftene er reversible, dvs. at de både kan benyttes som avtrekksvifter og som tilluftsvifter. Kapasiteten er forskjellig avhengig av hvilken funksjon viftene har. Kapasiteter (leverandørdata) er gjengitt i tabell 1, ref. [3].

Tabell 1¹

(Tallene i tabell 1 refererer seg til et tidspunkt før siste ombygging av skipet).

	tilførsel (m ³ /h)	avsug (m ³ /h)
AVG 1 (gulf deck port after)	20400	30500
AFG 1 (gulf deck starboard after)	30500	20400
AVG 2 (sunset deck port funnel)	32700	32700
AFG 2 (sunset deck starboard funnel)	49000	49000
AVG 3 (midship port)	26700	40000
AFG 3 (sunset deck starboard midship)	40000	26700
AFG 4 (bridge deck starboard midship)	35000	23300
AVG 4 (bridge deck port midship)	23300	35000
AVG 5 (coral deck port forward)	44300	66500
AFG 5 (coral deck starboard forward)	66500	44300

1

I teksten kan følgende alternative betegnelser forekomme;

A-deck/C-deck/bildekk	House top/sun-deck
Caribbean-deck/Y-bor-deck	Broadway lounge/grand
Coral deck/gulf-deck	lounge
Bridge deck/sun-deck	

På det tidspunktet brannen oppstod var alle vifteagregater i drift unntatt AFG 1 og AFG 5. I følge maskinsjefen [1] var fordelingen mellom tilluftsvifter og avtrekksvifter ved det tidspunktet brannen oppstod 50-50, dvs. like mange tilluftsvifter som avtrekksvifter i drift.

Alle viftene er knyttet til bildekket gjennom separate kanaler. Tilførsels- og avtrekksåpninger på bildekket er jevnt fordelt i to nivåer i veggene, dvs veggene som begrenser bildekket på styrbord og babord side. Selve åpningene er rektangulære rister, se forøvrig bilde nr. 28, vedlegg 1.

Det mekaniske ventilasjonsanlegget for bildekket kan styres fra tre steder, fra kommandobru, fra bildekket og fra kontrollrommet (maskin). Slik anlegget er oppbygd kan det styres på en helt vilkårlig måte med hensyn til hvilke vifter som til enhver tid skal være i drift samt fordelingen mellom tilluft og avtrekk. I praksis innebærer dette at styring av bildekkventilasjonen er overlatt driftsansvarlig på vakt, og det er overlatt vedkommende å ha den nødvendige kunnskap om hvordan dette bør gjøres på en tilfredstillende måte.

I driftsinstruksen for bildekkventilasjonen heter det dog at bildekket alltid skal ha undertrykk i forhold til omgivelsene, dvs. lavere statisk trykk enn f.eks trappesjakter og andre tilgrensende rom.

Det er i ettertid klarlagt at det på det aktuelle tidsrommet når brannen oppstod, ikke var fullstendig tilkobling mellom det lokale styresystemet på bildekket og det sentrale styresystemet for ventilasjon av bildekket. Dette er forklart med at anlegget ble skadet under en tidligere brann og at det siden da ikke hadde blitt fullstendig reparert.

Det er også påvist og bekreftet av maskinsjefen, ref [1], at vifteagregat AFG 1 var fjernet pga. reparasjon og at vifteagregat AFG 5 ikke var tilkoblet på det aktuelle tidspunktet av samme årsak som foran nevnt.

Generelt kan man si om bildekkventilasjonen, at de vifter som her benyttes, aksialvifter, normalt karakteriseres med en flat viftekarakteristikk hvilket innebærer at leveransen eller viftens kapasitet påvirkes mye ved forandring av trykkfall.

Ved luftunderskudd (undertrykk) på bildekket vil luft i prinsippet kunne tilføres dette området via;

- 1) utettheter i hovedporten på bildekket som ved inspeksjon har vist seg å ha åpenbare lekkasjeåpninger på øvre halvdel.
- 2) åpne tilluftskanaler

- 3) eventuelle åpninger mellom bildekket og tilstøtende rom f.eks fra trappeoppganger ved at dører er satt i åpen stilling

I praksis vil luften i hovedsak tilføres bildekket gjennom åpninger karakterisert som under pkt. 3) da den strømnings-tekniske motstanden ved innstrømning her vil være minst.

1.1.1 Brannspjeld

Alle kanalsystemer til bildekkventilasjonen er forsynt med manuelle brannspjeld. For aggregatene AVG 2, AVG 3, AVG 4 og AFG 2, AFG 3 og AFG 4 betjenes disse fra taket av de respektive aggregatrom plassert på sun-deck. For aggregat AVG 1, bak på gulf-deck, fungerer spjeldene på prinsippielt samme måte, men betjenes noe annerledes. For aggregatet AVG 5 foran på bildekket utgjøres (brann) spjeldet av et topphengslet deksel på viftehusets ytterside. Dette dekslet har også en funksjon å stenge for sjøsprøyt i tilfelle dårlig vær.

Når det gjelder brannspjeld i kanalsystemene tilknyttet bildekket gjennom aggregat AVG 2, AVG 3, AVG 4 og AFG 2, AFG 3 og AFG 4, så er det påvist at disse spjeldene med ett unntak har stått i permanent delvis stengt stilling. Dette skyldes at selve opphengsmekanismen er deformert mest trolig som en følge av materialtretthet. I praksis innebærer dette at brannspjeldene også under normal drift har vært delvis stengt hvilket igjen kan ha redusert vifteleveransen. I de videre vurderinger i denne rapporten er denne reduksjonen anslått til ca. 50 %.

1.1.2 Driftsforhold under brannen

Ingen av brannspjeldene i kanalsystemene nevnt under kap. 1.1 Bildekket, har vært forsøkt avstengt i forbindelse med brannen. Dekselene for aggregat AFG 5 og AVG 5 er idag stengt, men det er bekreftet av maskinsjefen [1] å ha stått i åpen stilling under brannen.

Ingen av viftene som betjener bildekket er skadet av brannen med unntak av vifteaggregat AVG 4, som fremstår som fullstendig utbrent. Alle tegn tyder imidlertid på at dette skyldes ekstern varmebelastning, og at dette er noe som må ha skjedd langt ute i brannforløpet.

1.2 Mekanisk ventilasjon, aggregatrom 1

De områder som er tilknyttet aggregatrom 1 på sunset-deck er vist i tabell 2.

Tabell 2

(Tallene i tabell 2 refererer seg til tidspunkt før siste ombygging av skipet)

	tilførsel (m ³ /h)	avsug (m ³ /h)
Sunset lounge ,Bar & pantry photolab, bridgedeck	3450	1200
Coral & caribbean deck	9700	8425
A & B deck ²	3000	

Det er karakteristisk at tilført luftmengde for hele området som betjenes av dette aggregatrommet er vesentlig større enn avtrekksmengden. Forøvrig betjenes området av et trekanalsystem dvs tre-kanaler til hvert enkelt rom for henholdsvis oppvarming, kjøling og avtrekk. Tilluftsmengden (16 150 m³/h) som er større enn avtrekksmengden (9625 m³/h) er under normal drift forutsatt å unnsnippe gjennom avsug på gulf deck (coral deck) og til bildekket som i prinsippet er forutsatt å ha lavere trykk enn tilgrensende områder.

Luftinntaket til aggregatrom 1 er plassert på taket av aggregatrommet, nivå sun-deck. Åpning for avkast er plassert i vegg over babord utgang fra mellomgang, sunset-deck, se fig. 1, og delvis gjennom en mindre åpning (rist) i vegg i selve aggregatrommet inn mot mellomgangen.

Det er ingen omluftsystemer knyttet til aggregatrom 1.

1.2.1 Brannspjeld.

Manuelle brannspjeld i kanaler i aggregatrom 1 er vist på fig.1.

Avkaståpning i mellomgang mellom aggregatrom 1 og 2 har et stålplatedeksel som stenges manuelt og som er ment å ha funksjon som brannspjeld. Dette brannspjeldet har ikke vært stengt.

Forøvrig ingen brannspjeld, hverken automatiske eller manuelle i etasjeskiller mellom sunset og main deck.

1.2.2 Drift under brann.

Sotavsetninger i/ved avkastrist over utgang fra mellomgang (mellom aggregatrom 1 og 2) på babord side, sunset, kan tyde på at anlegget har transportert røyk. Mest sannsynlig har røyktransport i anlegget tilknyttet dette aggregatrommet skjedd etter at ventilasjonsanlegget ble stoppet.

1.2.3 Ventilasjonsløsninger for cabiner/oppholdsområder spesielt.

Prinsippet for ventilasjon av en typisk cabin er vist på fig. 2. Cabinen tilføres luft via spalteventil i tak. Avtrekk skjer via spalt under dør til avtrekksventil på toalettrom, og via spalt under dør til korridor.

Fordi golvbelegget er skiftet ut med et heldekkende teppe, med en relativt stor tykkelse, er spalten under døren redusert til et minimum, i enkelte tilfeller er det også innlagt metallister som reduserer lysåpningen ytterligere og dermed også gjenomstrømningen, se forøvrig bilde nr. 24.

Med hensyn til sotavsetning på tillufts- og avtrekksarmatur er det ingen tegn som tyder på at ventilasjonsanlegget tilknyttet aggregatrom 1 har bidratt til røykspredning i det tidsrommet anlegget har vært i drift, hverken sentralt fra aggregatrom eller mellom cabiner. Etter at ventilasjonsanlegget ble stoppet kan det synes som om røyken har hatt for lav temperatur og dermed for liten oppdrift til å kunne spre seg via det åpne kanalsystemet.

Bilde nr. 25 og bilde nr. 26 viser typisk tilstand for armaturer fra rom, hvor folk har omkommet pga. røyken, (fra gulf-deck).

Røykspredningen til de forskjellige områder/cabiner, primært på gulf-deck, må etter dette ha vært forårsaket av en skorsteinseffekt, og da fra et tidspunkt etter at ventilasjonsanlegget ble stoppet, dvs. et stykke ut i brannforløpet. Selve spredningen kan ha skjedd gjennom åpne branndører, utettheter over himlingskonstruksjonen mellom cabin og korridor, utettheter i/ved dørkonstruksjonen. Spredning av det omfang og med en slik hastighet som det her har vært snakk om, krever imidlertid et betydelig drivtrykk, hvilket igjen innebærer at røyktemperaturen ved dette tidspunktet må ha vært relativt høy. Dette underbygger utsagnet foran om at røykspredning til dette området først fikk et omfang etter at ventilasjonsanlegget var stoppet, altså et stykke ut i brannforløpet. Forholdet er ytterligere forklart under neste kapittel.

1.3 Mekanisk ventilasjon, aggregatrom 2

De områder som er tilknyttet aggregatrom 2, sunset deck, er vist i tabell 3.

Tabell 3

(Tallene i tabell 3 refererer seg til tidspunkt før siste ombygging av skipet)

	tilførsel (m ³ /h)	avsug (m ³ /h)
Casino office & staff dining room, cab. kiddie corner	(vifte mangler)	
Broadway lounge forward	11300 (*)	7400

(*) ute av drift pga. reparasjonsarbeider

Fordeling mellom tilluft og avtrekk tilsvarende som for aggregatrom 1, dvs. vesentlig mer tilluft. Trykkavlastningen under normal drift er forutsatt skje mot bildekk via trappesjakt, samt gjennom utettheter i dørkonstruksjoner i glassvegg mot sunset deck (swimmingpool) hvor det er opplyst at det var langsgående spalter i størrelsesorden 1 cm, ref. [1].

Luftinntaket til aggregatrom 2 skjer fra mellomgang, dvs. gangen mellom de to aggregatrommene 1 og 2, se fig. 1. Kortslutningsmulighet, dvs. at luft tilføres aggregatrom 2 via avkast fra aggregatrom 1, er åpenbar, men er ikke vurdert å ha hatt betydning med tanke på røykspredning i brannens tidlige fase.

I aggregatrom 2 eksisterer det en omluftsløsning mellom avtrekk fra grand lounge og tilluftsystemet ut fra aggregatrommet. Dette omluftsystemet har ikke vært i bruk på det aktuelle tidspunkt da brannen oppstod. Systemet er avstengt med spjeld og kan følgelig ikke ha forårsaket noen form for røykspredning.

Det er imidlertid påvist at tilluftsviften i kanalsystemet AC 5 (restaurant main deck) har vært demontert (eller ennå ikke montert) og således ikke i bruk i det aktuelle tidsrommet. Følgelig har bl.a. grand lounge hatt en ventilasjonsløsning med kun avtrekk jfr. tabell 3, foran.

I forbindelse med kanalgjennomføringer til underliggende etasjer, spesielt til grand lounge, er det avdekket store utettheter bl.a. i forbindelse med hulltaking. Det kan se ut som om det her har vært brukt en form for tetningsmaterialer, men at disse har forbrant i en senere fase av brannforløpet.

1.3.1 Brannspjeld

Manuelle brannspjeld i kanaler tilknyttet aggregatrom 2 er vist på fig. 1.

Luftinntak i mellomgangen mellom aggregatrom 1 og 2 har et ståldeksel tilsvarende det for aggregatrom 1. Ingen av disse brannspjeldene har vært stengt.

1.3.2 Drift under brannen

Sotavsetninger i/ved avkastrist styrbord side samt tilsvarende langs tilstøtende vegg (casing), kan tyde på at anlegget har transportert røyk. Det at avkastet som ligger på lo-siden (etter at båten ble stoppet) fremstår slik underbygger dette. Det er grunn til å tro at dette har skjedd mens ventilasjonsanlegget ennå var i drift, men etter at branndørene er utløst (i dette ligger en forutsetning om at kapteinen ikke kan ha stoppet ventilasjonsanlegget slik det er antydnet). Forøvrig er det klare likhetstrekk med sotavsetning i/ved avkastrist over utgang fra midtgang babord side, se forøvrig bilde 11 og 12.

2. ET MULIG HENDELSESFORLØP

2.1 Utgangspunkt

Med bakgrunn i de ventilasjonsløsninger og faktiske forhold som beskrevet foran, har man forsøkt å sette de ulike slutninger sammen til en teori om ventilasjons- og trekkforhold i en tidlig fase av brannforløpet, samt hvordan dette kan ha bidratt til spre røyk innenfor dette tidsrommet.

Utgangspunktet er en antatt driftssituasjon, før brann initieres;

Ventilasjonsanleggene i aggregatrom 1 og 2 samt bildekkventilasjonen forutsettes å gå som normalt med de forutsetninger som er beskrevet under kap. 1 foran. Med bakgrunn i den angitte kapasitetsfordeling kan vi skissere et strømningsbilde i det aktuelle området som vist på fig. 3-6.

Pga. av at tilluftssystemet for restauranten på main deck er ute av drift vil dette påvirke strømningsbildet.

Alle branndørene står på dette tidspunkt åpne, samt dør fra trappesjakt. D_b, babord, ut til bildekket (dør nr. 9). Dette vil være situasjonen idet brann initieres. Det forutsettes at dette skjer i en korridor på styrbord side på bildekknivå (C-deck).

2.2 Forløp

Ved dette tidspunktet vil luftunderskuddet (anslått størrelsesorden 10-15000 m³/h) på bildekket dekkes av luft fra de respektive dekk styrbord og babord side tilført hovedsakelig gjennom den delvis åpne døren i bunn av trappesjakt D_b (dør nr. 9). Fordi alle dørene i korridorer på dette tidspunktet står åpne, påvirker dette, sammen med avsuget på main deck, strømningsbildet i store deler av skipet.

Når brannen starter vil dette strømningsbildet bestemme fordelingen av røyk i skipet.

I en separat delrapport om branndører ref. [2] er det angitt at skyveportene på henholdsvis styrbord og babord side (henholdsvis dør nr. 5 og nr. 9) stod "litt åpen". En forutsetning for det forløpet som her blir beskrevet er at åpningen av dør nr. 9 på babord side er vesentlig større enn den på styrbord side. Dette er også bekrefet av maskinsjefens utsagn, ref. [1] hvor det bl.a. er antydnet at døren på babord side var kilt i åpen stilling med bruk av en treplanke (vanlig, men ikke tillatt praksis når mannskapet var i arbeide på bildekket).

Vi er nå i et tidspunkt i brannforløpet hvor brannen er oppdaget av folk på kommandobrua og branndører utløses, dvs. lukkes. Hvilke dører som videre er forutsatt lukket fremgår av fig. 10-11. Ventilasjonsanlegget går fortsatt som normalt. Fordi branndør på toppen av trappesjakt D_s, main deck, står åpen vil effekten av at dette området kun har avtrekk, fra nå av, forsterkes. En direkte følge av dette er at mere røyk trekkes opp i restauranten

på main deck.

Luftunderskuddet på bildekket dekkes hovedsaklig fra trappesjakten D_s (styrbord/babord side med forbindelser på gulf-deck-nivå), som igjen er åpen mot to korridorer på bildekknivå, styrbord side, gjennom dørene nr. 2 og 3. Pga. bildekkventilasjonens kapasitet gir dette betydelige forandringer i strømningshastigheten i dette "kanalsystemet", som nå utgjøres av trappesjaktene D_s og D_b og korridoren som forbinder disse på gulf-deck-nivå. Røykspredningen fra styrbord til babord side og til bildekk øker dramatisk i tillegg til at forholdet kan ha hatt en akselererende effekt på brannutviklingen i korridoren på bildekknivå pga. økt oksygentilførsel. Se fig. 8. Se også vedlegg 2.

Ved et senere tidspunkt stoppes ventilasjonsanlegget (maskinsjefen i posisjon tilbake på brua) og fra da av styres røykspredningen og utvekslingen med omgivelsene av de termiske drivkreftene (skorsteinseffekten). Endel forutsetninger må imidlertid alltid være oppfylt for at dette skal kunne skje, bl.a. må det være åpninger i systemet. Det er klarlagt at dører i glassvegg, restauranten (main deck) ut mot swimmingpool har åpne spalter pga. bl.a. klemfaren for barn. Det er også åpent ut til det fri gjennom kanalsystemet (anlegg AC 5) som var under oppbygging, men ennå ikke satt i drift.

Hvis skipet ved dette tidspunktet var i normal posisjon mot bestemmelsesstedet og med normal hastighet, kan området ved swimmingpoolen på main deck ha vært et undertrykksområde pga. av vindtrykksfordelingen på skipet. I såfall vil dette direkte forsterke virkningen av skorsteinseffekten som beskrevet, med tanke på å spre røyk fra bildekket via trappesjakt D_s og oppover i skipet. Vi er da i en situasjon hvor restauranten på main deck er iferd med å fylles med røyk med stadig høyere temperatur, røyk som etterhvert vil begynne å ventileres ut.

Fra det tidspunktet røyk ventileres ut fra restauranten på main deck gjennom åpninger til det fri, vil luft også måtte tilføres systemet. Den eneste tilluftsmuligheten ved dette tidspunktet er fra bildekket gjennom den åpne skyvedøren (dør nr.9) på babord side. Altså er nå strømningsretningen motsatt av det den var helt fra starten av i brannforløpet.

Forholdet underbygges av maskinsjefens utsagn ref. [1] om at han på et tilsvarende tidspunkt observerte røyk strømme ut av avkastrist i casingens vegg på styrbord side. (sunset-deck). Denne avkastristen er knyttet til det uferdige ventilasjonsanlegget (tilluftssystemet AC 5) i restauranten på main deck. Dette ventilasjonsanlegget eller kanalsystemet var ved det aktuelle tidspunktet i realiteten bare en åpning til omgivelsene.

I denne situasjonen vil deler av trappesjakten D_s som vist på fig. 5 ha overtrykk, mens nedre deler vil ha undertrykk, dvs. lavere trykk enn omgivelsene. Ved dette tidspunktet pågår rømning ut fra cabiner og rom bl.a. på gulf-deck. Branndører blir stående

åpen og det etableres nye åpninger mot omgivelsene bl.a. ved at passasjerer evakuerer ut til det fri. Typisk skjer dette på gulf-deck hvor personer unnslipper ut mot skipets akterende. Pga. trykkbildet og fordi branndører etter all sannsynlighet forlates i åpen stilling (iflg. maskinsjefen ble det funnet omkomne i døråpninger) øker tilførselen av røyk fra trappesjakten D_s og inn i 500-seksjonens aktre del.

2.3 Spesielle forhold

I en tidlig fase av etterforskningsarbeidet har det blitt hevdet at brannen kan ha startet som en følge av brann i det mekaniske ventilasjonsanlegget, f.eks ved at vifter har kortsluttet.

Denne teorien vurderes som lite sannsynlig ut i fra;

- 1) Viftene i ventilasjonsanlegget tilknyttet f.eks. cabiner og oppholdsrom er gjennomgående av typen sentrifugalvifter, dvs. at selve elektromotoren er plassert adskilt fra luftstrømmen.
Unntatt: bildekkventilasjon som har aksialvifter, men som til gjengjeld pr.idag fremstår som uskadet, bortsett fra vifteaggregat AVG 4. Grunnen til at denne har brent er vurdert til å være en følge av antennelse i selve kanalen pga. ekstern varmebelastning i en senere del av brannforløpet.
- 2) Alle komponenter og utstyr i aggregatrom 1 og 2 er utbrent, men bærer preg av å være utsatt for ekstern varmebelastning.

3 REFERANSER

- [1] Samtaler med maskinsjef Heinz Steinhauser i forbindelse med befaring 25 mai 1990.
- [2] Notat om branndørenes posisjon, Schmidt Pedersen, Høyland, SINTEF NBL - Norges branntekniske laboratorium.
- [3] Details of AC-ventilators "Fandat" Scandinavian Star.

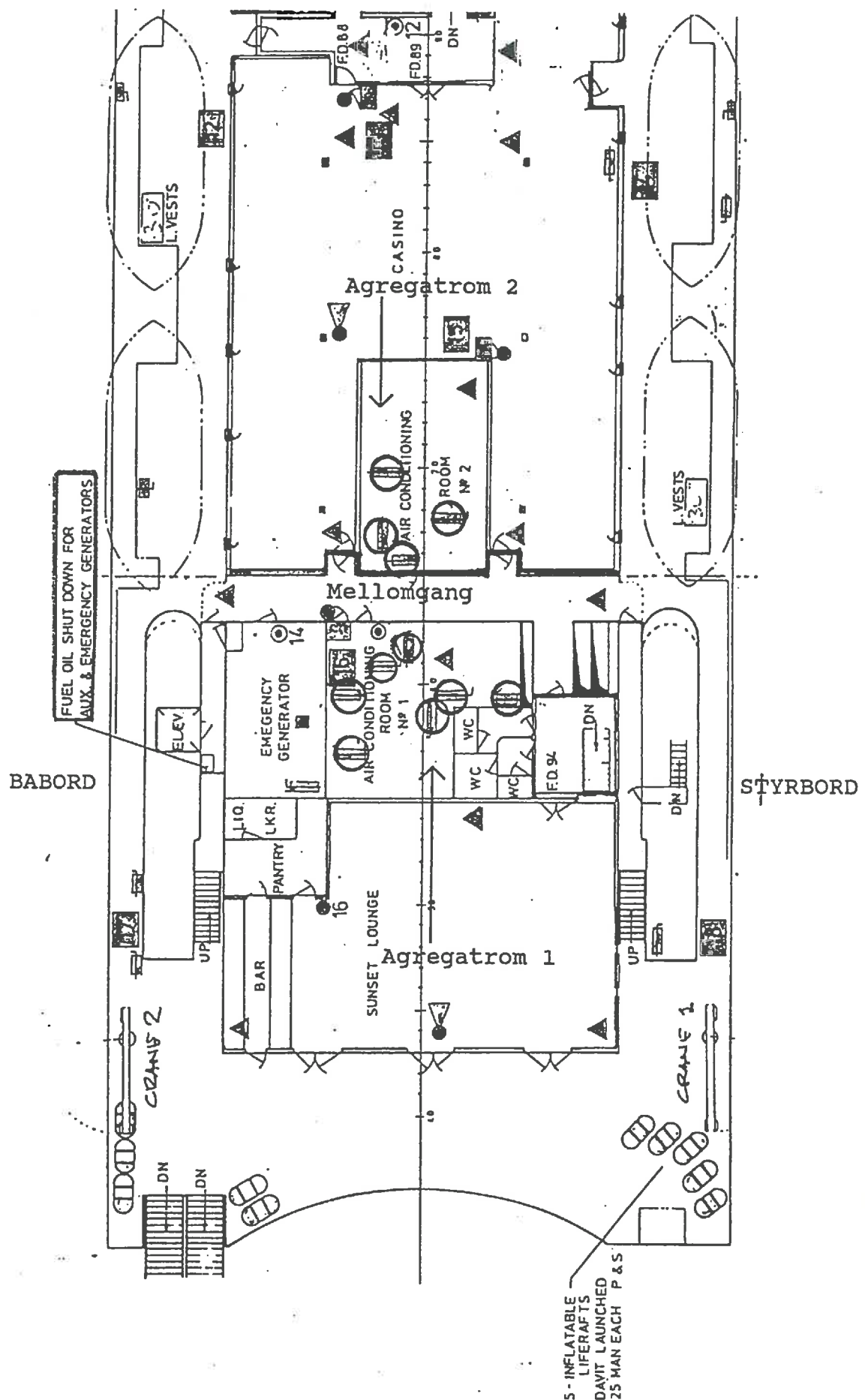
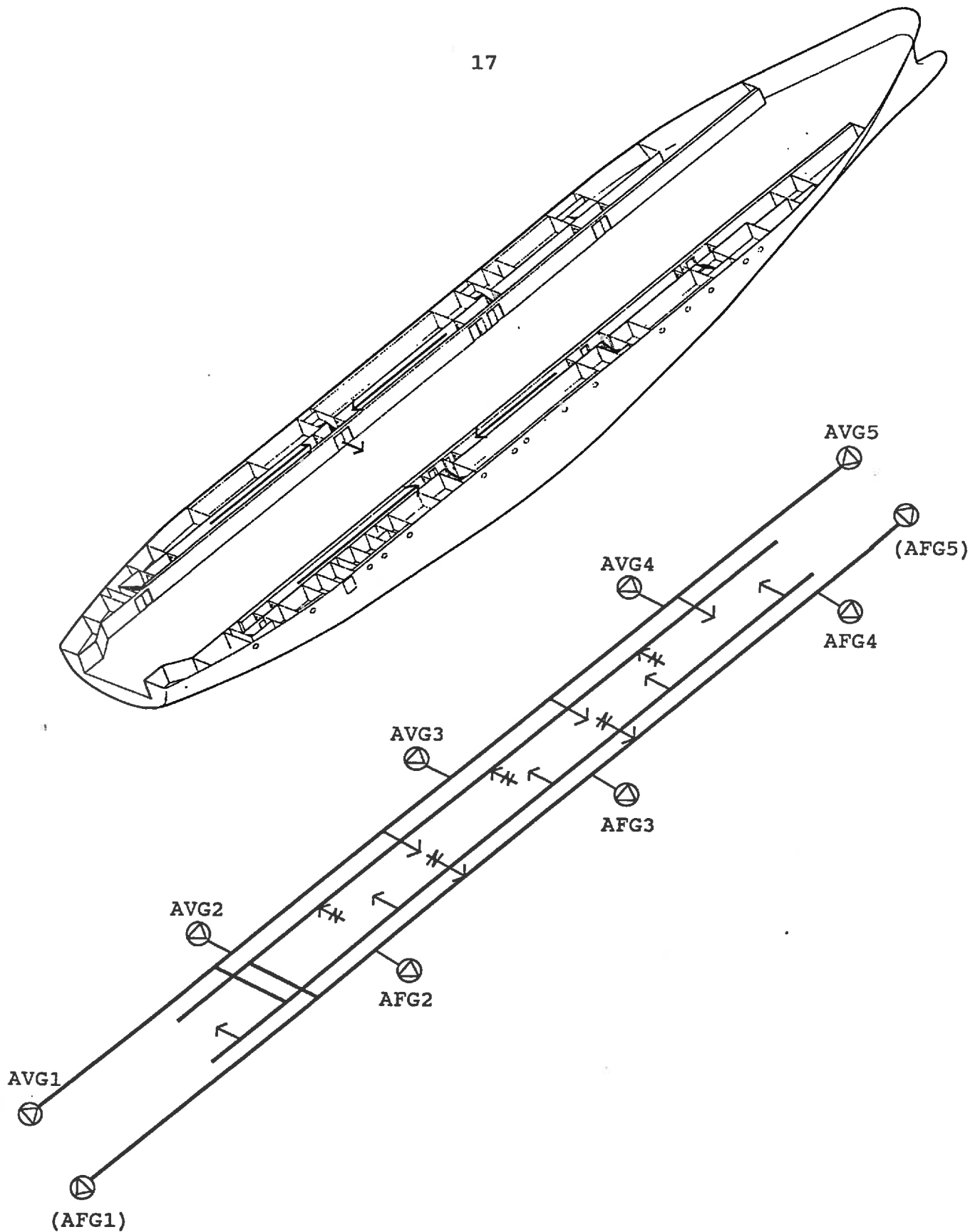


Fig.1: Agregatrom 1 og agregatrom 2, sunset deck.
 ○ Indikerer plassering av manuelle brannspjeld.

På bakgrunn av opplysninger i henhold til ref. [3] og tegningsunderlag er mengden overskuddsluft pr. seksjon anslått til ca. 300 m³/h. Det må imidlertid presiseres at det er knyttet relativt stor usikkerhet til denne størrelsen.



Figur 3. C-deck eller bildekk. Pilene indikerer hovedstrømningsretninger i tidsrommet før branndører stenges. Det mekaniske ventilasjonsanlegget er i normal drift. Betegnelser jfr. tabell 1.

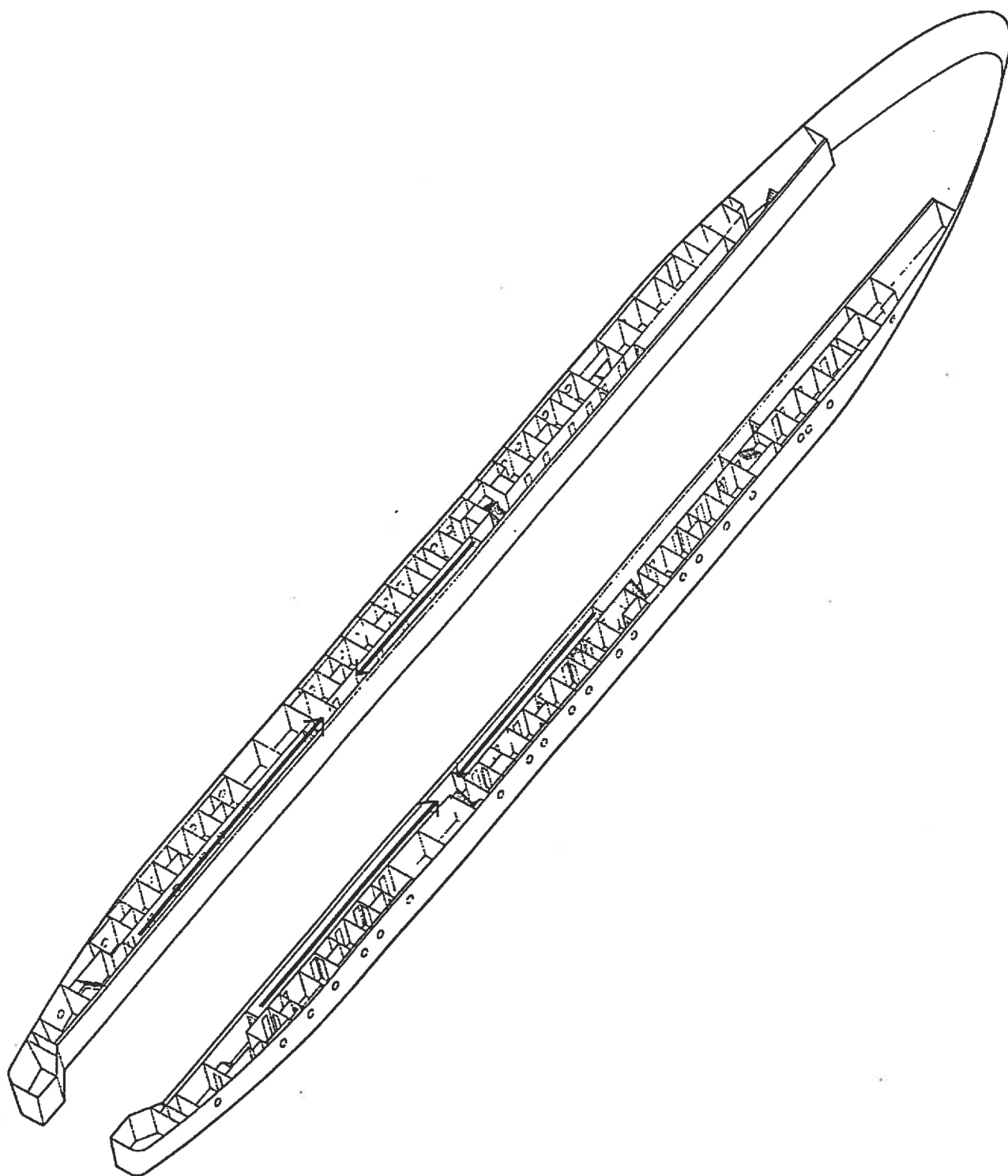


Fig. 4: Y-deck. Pilene indikerer hovedstrømningsretninger i tidsrommet før brannører stenges. Det mekaniske ventilasjonsanlegget er i normal drift.

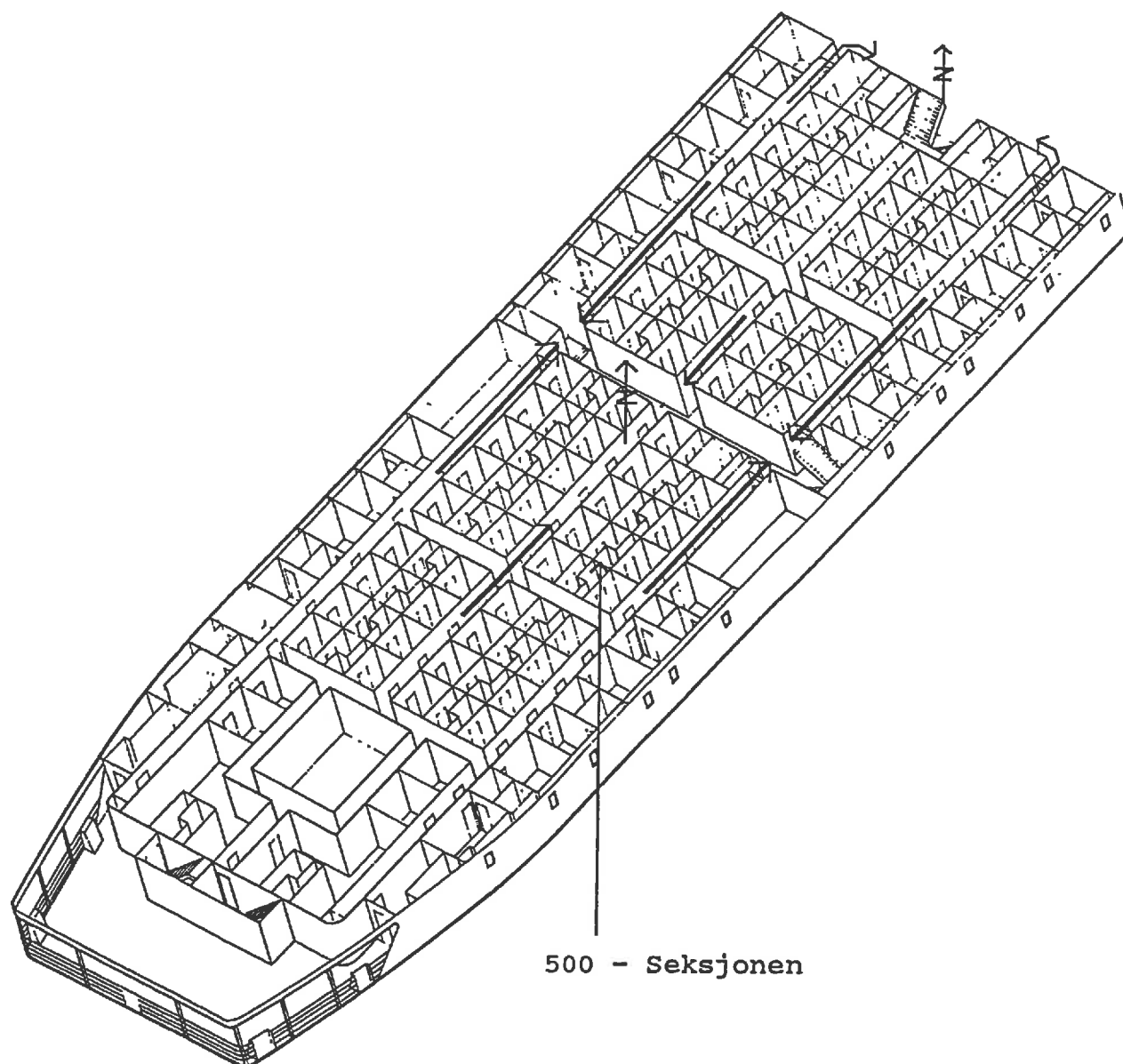


Fig. 5: Gulf-deck. Pilene indikerer hovedstrømningsretningen i tidsrommet før brannører stenges. Det mekaniske ventilasjonsanlegget er i normal drift.

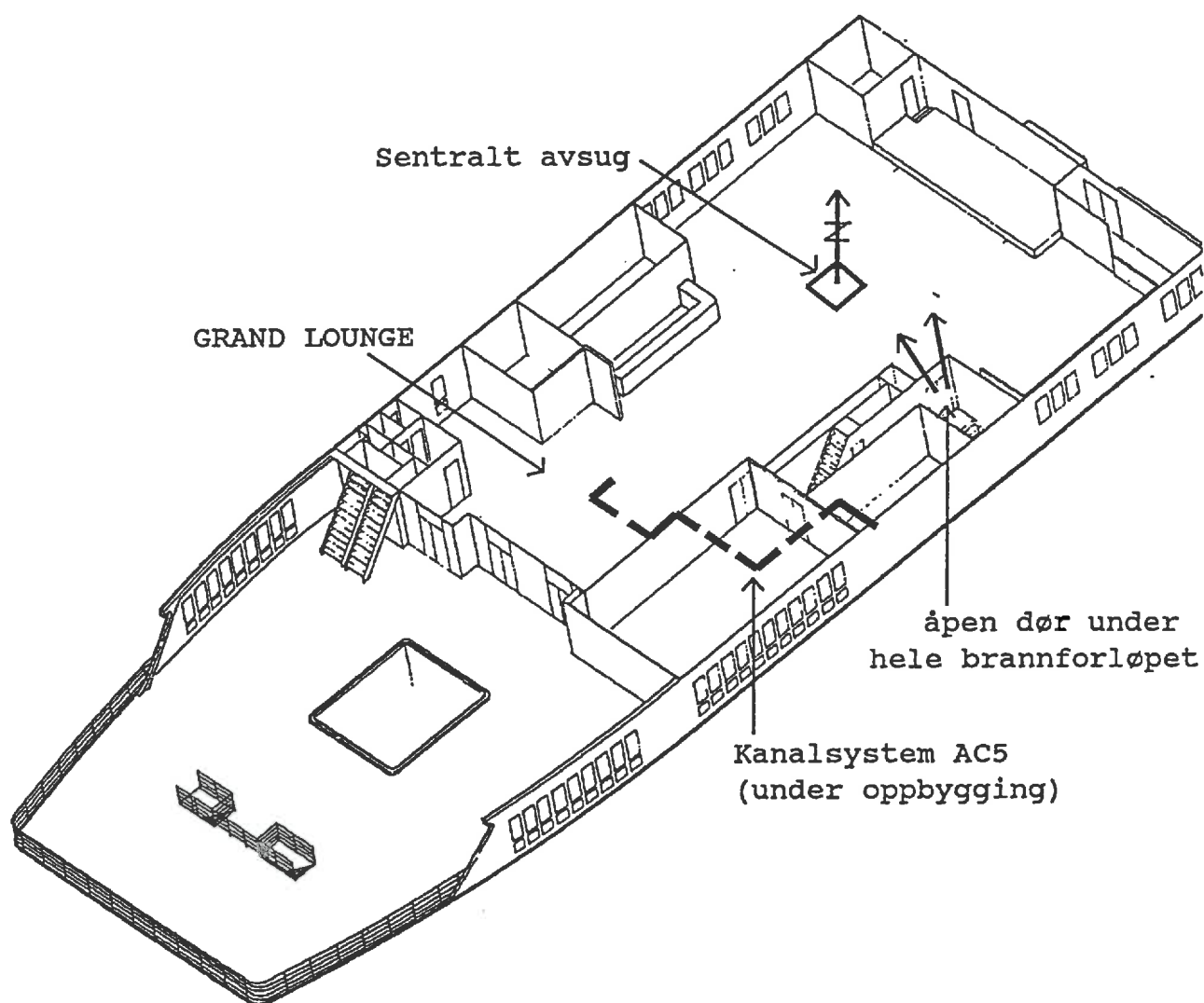


Fig. 6: Main-deck. Fordi tiluftssystemet er satt ut av drift (reparasjon) blir området et undertrykksområde som tilføres luft fra underliggende etasjer via trappe-sjakt. Kanalsystemet AC 5, som var under oppbygging i det tidsrommet brannen oppstod, har under brannen fungert som en "skorstein" til det fri.

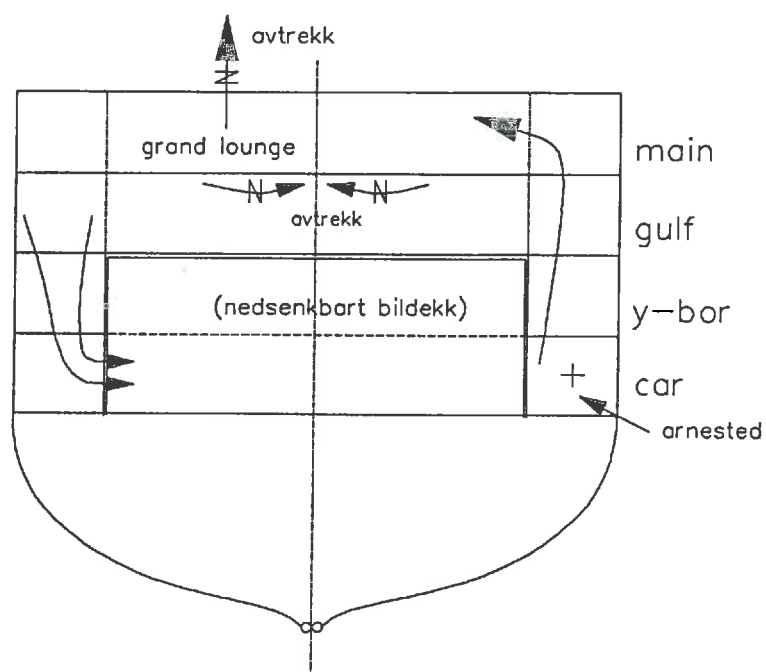


Figure 7 Tverrsnitt av skipet fra akterenden. Hovedstrømningsretninger i tidsrommet etter brannstart, men før branndører stenges.

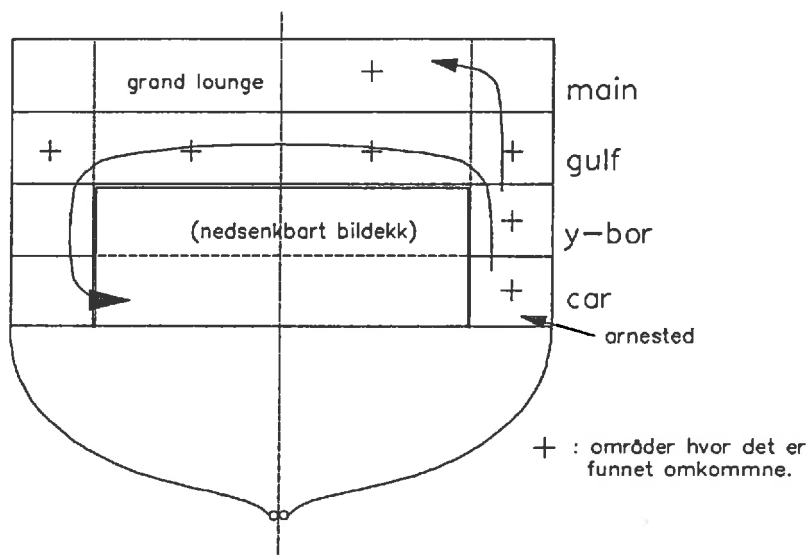
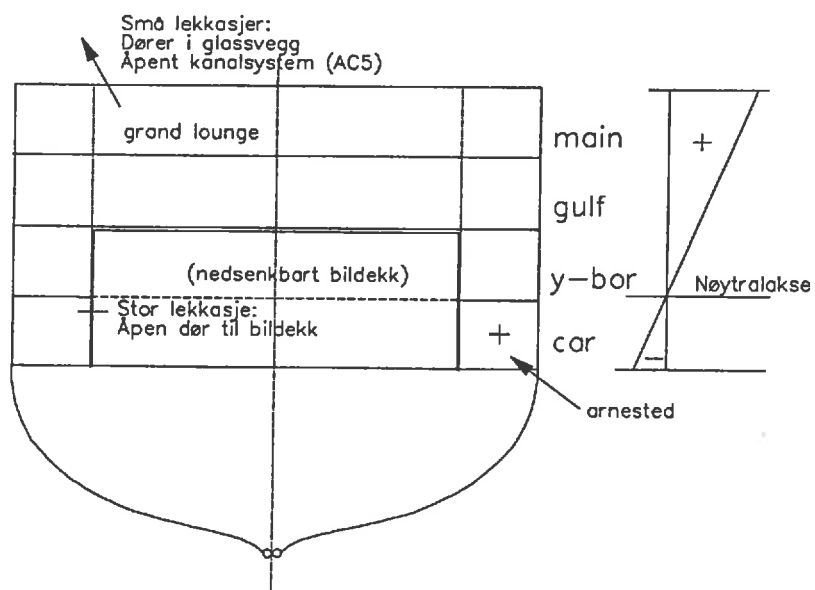


Figure 8. Tverrsnitt av skipet fra akterenden. Hovedstrømningsretninger etter brannstart og etter at brandører er stengt (se forøvrig fig 10-11 som viser hvilke brandører som er forutsatt stengt).



Figur 9. Tverrsnitt av skipet fra akterenden. Prinsipiell trykkfordeling i skipet i tidsrommet etter at brann-dører er stengt og det mekaniske ventilasjonsanlegget er stoppet. (Innflytelse av vind er ikke vist).

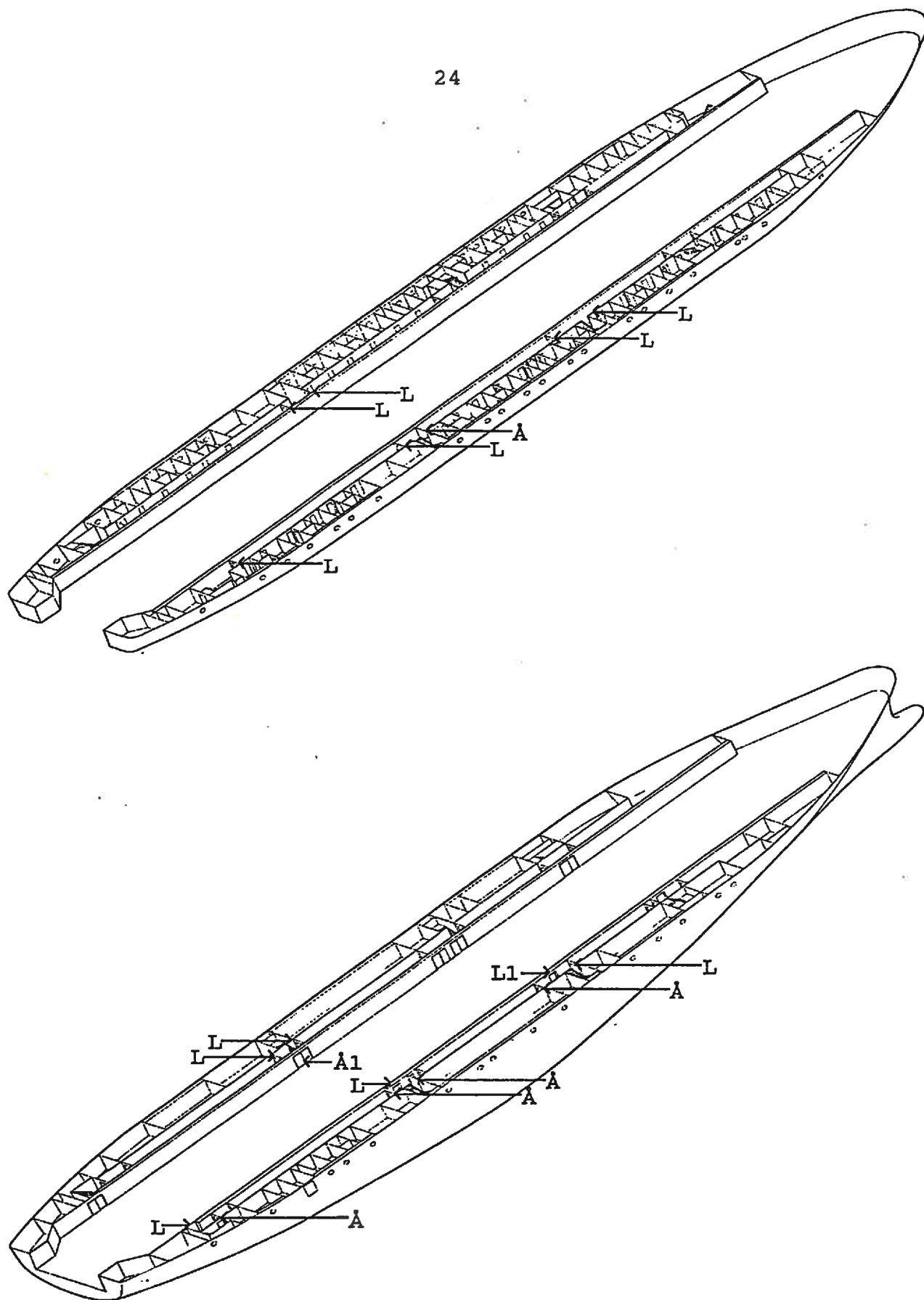


Fig. 10: Figuren viser hvilke branndører som er forutsatt lukket, bildekk (nederst), Y-bor-dekk (over).
 A1: tilnærmet fullt åpen
 L1: tetningslekkasje eller liten spalte.

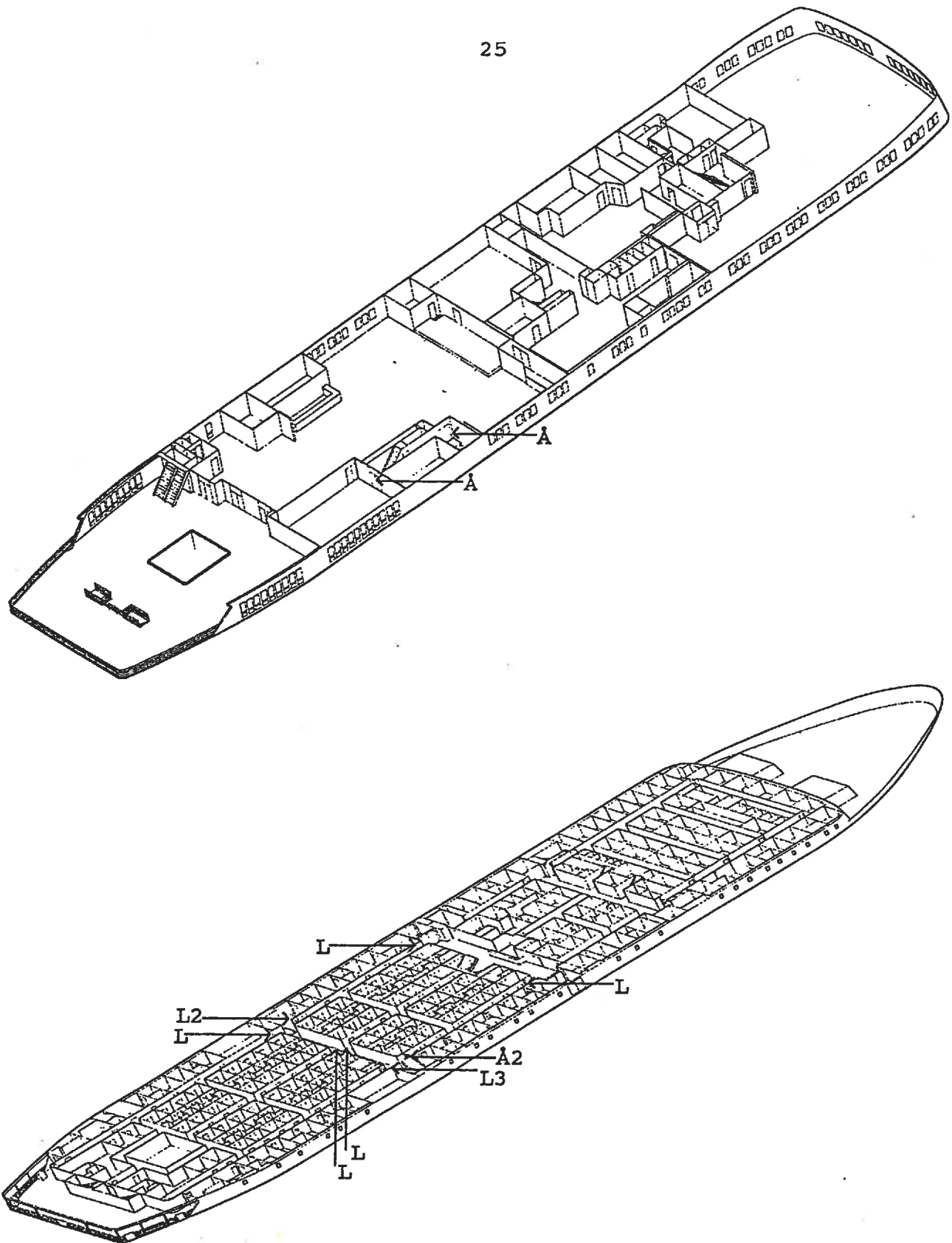


Fig. 11: Figuren viser hvilke branndører som er forutsatt lukket, gulf-deck (nederst) og main-deck (over).
 L2: usikker, delvis lukket
 Å2: periodevis åpen
 L3: usikker, stengt i startfasen

VEDLEGG 1

Billedmateriale

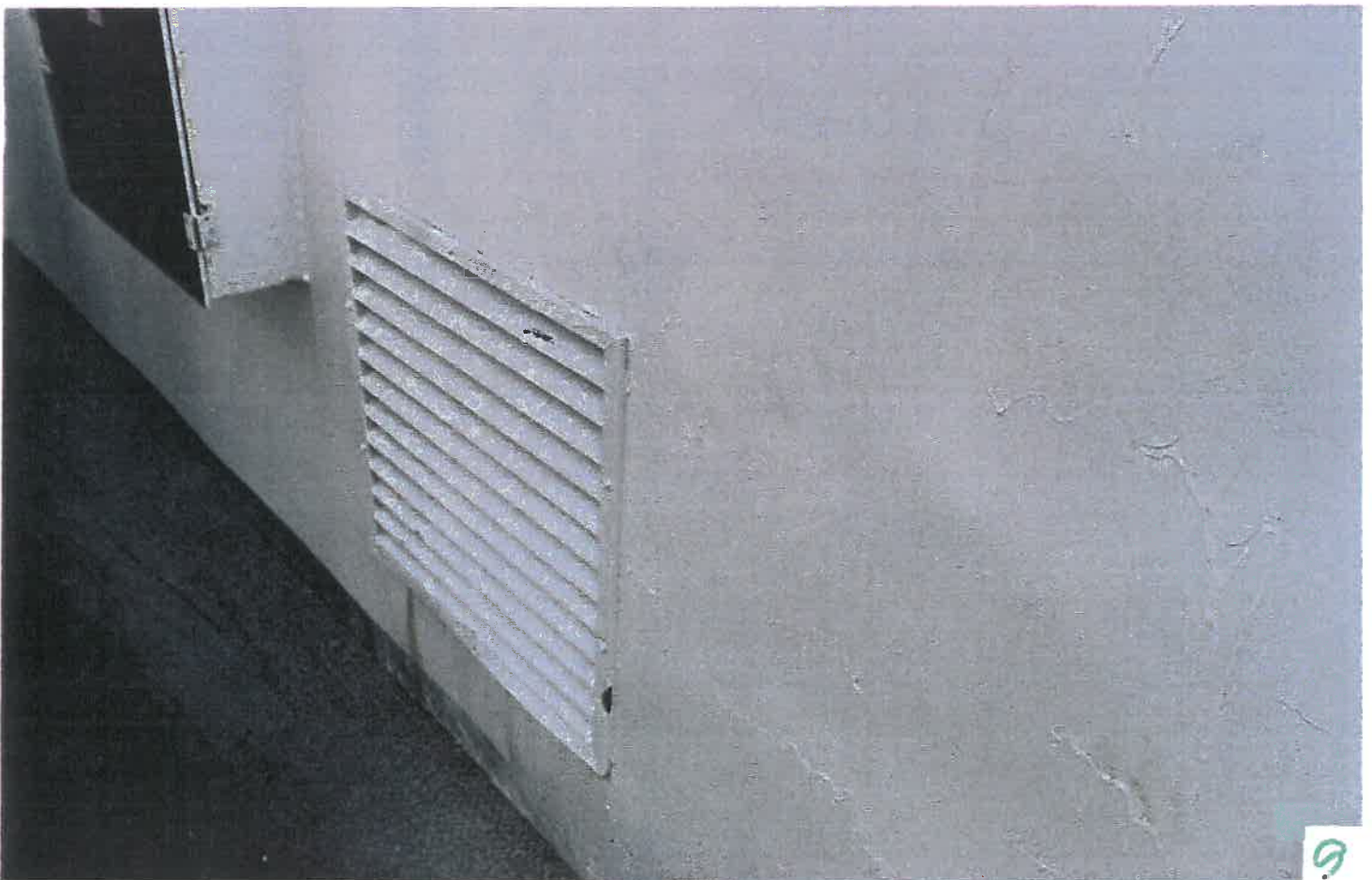
- 1) Kanalsystemet, i restauranten på main deck, tilluft og avtrekk. Avtrekksristen er koblet direkte til avtrekksviften som sitter i aggregatrom 2 på ovenforliggende dekk (sunset deck).
- 2-3) Bildekksventilasjon. Løsningen med brannspjeld for aggregatene AVG 2-4 og AFG 2-4. Varig deformasjon/material-svakhet har medført at spjeldene står i permanent delvis lukket stilling selv om utløserhåndtaket indikerer full åpning.
- 5) Bildekksventilasjon. Vifte AVG 4 er den eneste av aksialviftene knyttet til ventilasjon av bildekket som er utbrønt.
- 6) Restauranten på main deck. Tilluftsviften var demontert. Bildet viser deler av utstyret som var lagt på forskjellige steder i aggregatrom 2.
- 7) Aggregatrom 2. Avtrekksvifte tilkoblet kanalsystemet i restauranten på main deck, jfr. bilde nr.1.
- 8) Omluftsløsning for aggregatrom 2. Anlegget var ikke i bruk på det aktuelle tidspunktet når brannen inntraff.
- 9) Avkastrist i casing styrbord side, sunset deck. Direkte tilkobling til kanalsystemet (AC 5) som var under oppbygging i bakre del av restauranten på main deck. Når brannen inntraff manglet fortsatt viften i systemet og anlegget har i virkeligheten fungert som en "skorstein" mot det fri.
- 11) Sunset deck, babord side. Hovedavkast fra aggregatrom 2.
- 12) Sunset deck, styrbord side. Hovedavkast fra aggregatrom 1.
- 13) Manuell brannspjeld for luftinntak til aggregatrom 2. Spjeldet (dekslet) har ikke vært i bruk.
- 17) Main deck. Branndøren på toppen trappesjakten har stått åpen.
- 18) Main deck. Døren mellom Lido lounge og restauranten på main deck har stått åpen.
- 23) Gulf-deck. Avtrekksrist i korridor, tak, 500 seksjonen.
- 24) Typisk spalteåpning under dør, cabin korridor. Pga. golvteppe/metallist er spalteåpningen betydelig redusert. Forholdet har betydning for ventilasjon av korridor.

- 25) Typisk tilluftsventil i cabin. Ingen tilluftsventiler, hverken på C-deck, Y-bor deck, eller gulf deck har sotavsetning som tyder på at anlegget har bidratt til å spre røyk.
- 26) Typisk avtrekksventil på toalettrom (cabin). Ingen avtrekksventiler, hverken på C-deck, Y-bor deck eller Gulf deck har sotavsetning som tyder på at anlegget har bidratt til å spre røyk.
- 28) Bildekksventilasjon C-deck. Typiske ventilasjonsrister (tilluft/avtrekk) i vegg.









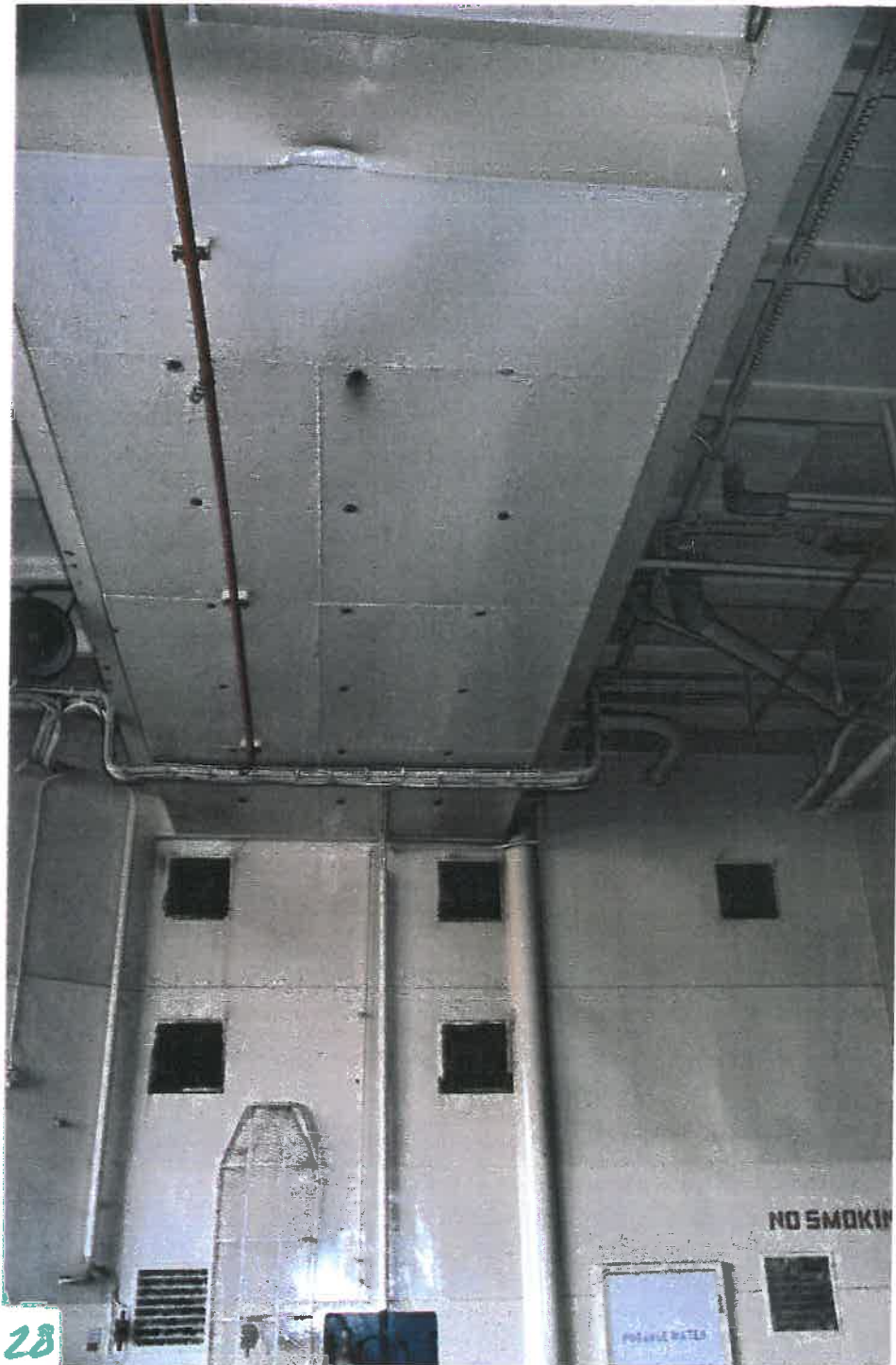












VEDLEGG 2

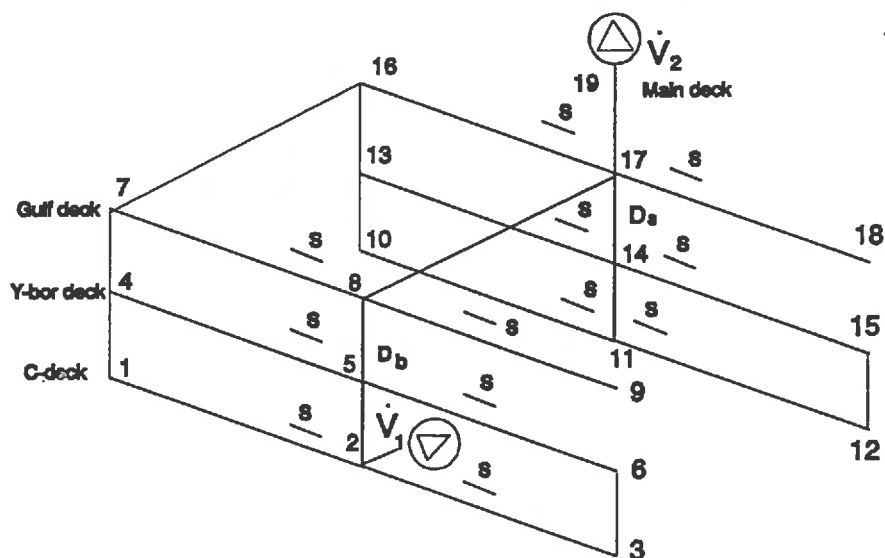


Figure 10 Korridorer og trappesjaktene D_s og D_b symbolisert som et kanalsystem. Brann-dører symbolisert som spjeld (S) kan åpnes og lukkes. Dette vil være situasjonen før brann-dører lukkes ³.

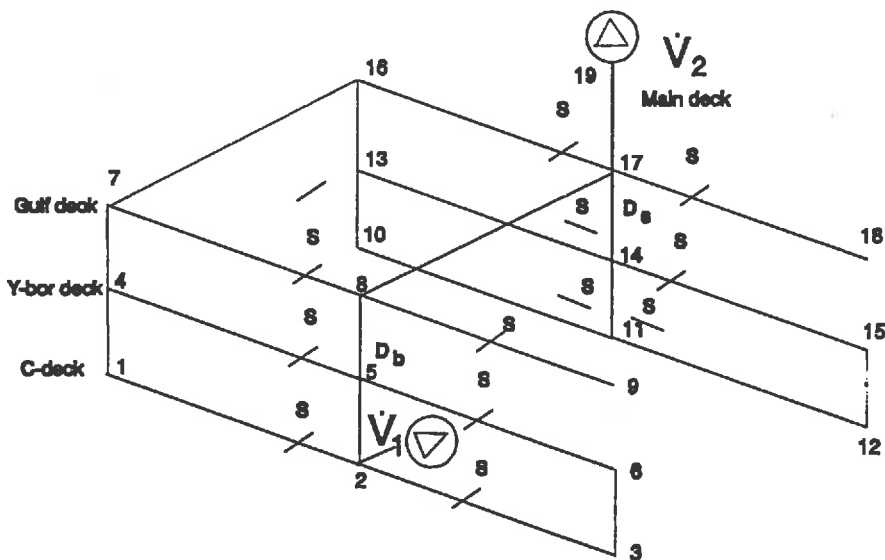


Figure 11 Tilsvarende situasjon etter at brann-dørene er stengt ³.

3

Luftunderskudd på bildekk anslått til 10-15 000 m³/h symbolisert med vifte, V_1 . Luftunderskudd på main deck tilsvarende med vifte, V_2 .

Som angitt i rapportens hoveddel er luftoverskuddet pr. korridor-seksjon anslått å ligge i størrelsesorden $300 \text{ m}^3/\text{h}$, mens luftunderskuddet på bildekket er antatt å ligge i størrelsesorden $10\text{--}15000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Tilførsel fra tre nivå, babord side totalt 6 seksjoner gir tilsammen $1800 \text{ m}^3/\text{h}$. Resten av luftmengden kan dekkes via trappesjaktene G alternativt fra sjakt D_s .
Se fig. 1, foran.

I en forenklet trykkfallsbetraktning forutsettes lave strømningshastigheter slik at friksjonstrykkfallet i alle rette kanalstrekk kan neglisjeres. Trykkfall utgjøres dermed av innsnevring og avgreininger (90° - grader). Isoterme forhold.

En følge av dette er at en tilsvarende luftmengde, $1800 \text{ m}^3/\text{h}$, også kan tilføres bildekkområdet fra sjakt D_s , fordi strekningen 2-8-17 strømningssteknisk representerer mindre motsand enn f.eks. strekningen 2-8-7-16. Dette innebærer tverrstrømning fra styrbord til babord side på gulf deck nivå også i perioden før branndører stenges. Med den relativt store usikkerheten som er knyttet til anslått luftoverskudd i hver seksjon kan dette ha gitt strømningshastigheter på gulfdeck - nivå i størrelsesorden 0.1 m/s som en minimumsverdi.

Avhengig av avtrekksviftenes karakteristikk, driftspunkt og følsomhet i total leveranse ved økende trykkfall vil resterende andel av bildekkområdets luftunderskudd kunne dekkes gjennom innstrømning gjennom utettheter;

- 1) gjennom dører i trappesjakt B ut til det fri på gulfdeck-nivå
- 2) fra fremre deler av skipet
- 3) gjennom utettheter i kjøreport på bildekknivå (bak)

Stenges branndører tilsvarende stengig av spjeld (S) på fig 2 foran, forsterkes effekten med tverrstrømning til bildekk fra sjakten D_s . Luft kan nå primært tilføres gjennom kanalstrekk 10-11/11-12/13-14 jfr. fig.2 over. Pga. økte hastigheter øker det totale trykkfallet og mengden som tilføres babord side bestemmes igjen av avtrekksviftenes karakteristikk og driftspunkt som beskrevet foran.

I fullskalaforøkene, se delrapport STF25 F90011 er luftunderskuddet på bildekket forutsatt dekket ved tilførsel gjennom kanalstrekk 10-11/11-12, hvilket innebærer en forutsetning om at viftens leveranse influeres lite selv om total trykkfallet øker vesentlig.