

## **KOMPOSITMATERIAL I FLYGPLAN, FAROR VID SKADEPLATS**

### **Medvetenhet om olycksplatsens faror – inte en fråga enbart för brandmannen**

## INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INLEDNING .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>SYFTE.....</b>	<b>4</b>
2.1	Luftfartsverkets ansvar .....	4
<b>3</b>	<b>SAMMANFATTNING .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>BAKGRUND .....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>FAKTA.....</b>	<b>9</b>
5.1	Vad är komposit?.....	9
5.2	Varianter av kompositmaterial .....	9
5.3	Var finns det kompositerna på flygplan?.....	10
5.3.1	Militära flygplan .....	10
5.3.2	Civila sportflygplan .....	10
5.3.3	Civila flygplan .....	11
5.4	Hur skadar kompositen? .....	11
5.5	Indelning skador .....	14
5.5.1	Skador på andningsvägarna .....	14
5.5.2	Hudskador .....	14
5.5.3	Skärskador .....	14
5.6	Aktuella frågeställning gällande kolfiberkomposit.....	14
5.7	Mer angående kolfiberkomposit. ....	15
5.7.1	NFPA klassificering:.....	15
5.7.2	KIFS klassificering: .....	16
5.7.3	Resultat av stoftprov från kolfiberkomposit.....	16
5.7.4	Resultat av stoftprov från träbit .....	16
5.7.5	Resultat av gasprov från kolfiberkomposit .....	16
5.8	När är kompositen farlig? .....	17
5.9	Förhållanden under vilka kompositmaterial utgör faror .....	17
5.10	Handhavande på haveriplatsen .....	18
5.11	Hur skall (kan) vi skydda oss?.....	19
5.11.1	Skydd – eller motåtgärder mot farorna .....	19
<b>6</b>	<b>DE VIKTIGASTE PRINCIPERNA FÖR HANTERING AV KOMPOSITMATERIAL FRÅN FLYGPLANSVRÅK.....</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>ÖVRIGT MATERIAL OCH FAROR .....</b>	<b>22</b>
7.1	Vanliga material som kan finnas på en haveriplats .....	22
<b>8</b>	<b>ARBETSGIVARANSVAR.....</b>	<b>23</b>
<b>9</b>	<b>REFERENSER.....</b>	<b>24</b>

### Bilagor:

1	Dear Chiefs Officers Letter
2	Engelska rekommendationer
3	Biologiska och psykiska faror
4	Medicinska aspekter på brand i kompositmaterial
5	Bilder
6	Förslag på checklistor
7	Förslag på material
8	Förslag på personlig skyddsutrustning
9	Nya utmaningar för konstruktörerna (Flygposten nummer 3-2002)

## 1 INLEDNING

Kompositer, främst kolfiberarmerade, används i allt större grad i civila flygplan. I sitt normala tillstånd är de helt ofarliga men kan i samband med ett haveri ge oönskade konsekvenser. De hälsorisker och farligheter som kan finnas på den plats där ett flygplan havererat utgör ett hot inte enbart för brandmän utan för alla som är aktiva på olycksplatsen eller till och med kanske bara besöker den. Haveriet på Linate flygplatsen i Milano 2001-10-08 visar tydligt på att ett mycket stort antal personer inom kort tidsintervall kommer till eller i omedelbar närhet av haveriplatsen. Många av dessa är oskyddade och sannolikt omedvetna om de faror som föreligger. Detta beteende måste alla personer i ansvarig ställning bli medvetna om så att korrekt utbildning och information kan delges. Mottagare av denna utbildning och information bör initialt vara all flygplatsanknuten personal med behörigheter inom flygplatsernas så kallade airside område. Brandmän är normalt väl skyddade och väl informerade om olycksplatsens faror men dessa faror är inte en angelägenhet enbart för brandmännen utan de utgör också ett hot för många andra fackmän som medverkar i räddningsarbetet vid en flygolycka. Många hälsorisker kan finnas kvar lång tid efter det att branden släckts och brandstyrkan gett sig iväg och de kan lätt drabba den okunnige eller oförsiktige. Riskmedvetenhet måste finnas även hos de icke brandsläckande aktörerna som poliser, sjukvårdare, haveriutredare, tekniker, bärgare och försäkringsfolk med flera.

Två viktiga omständigheter att uppmärksamma

- Farorna kommer alltid att vara beroende av omständigheterna och haveriets omfattning – storlek och typ av flygplan, utspridning av vrakdelar, brand eller ej, skadade personer, själva olycksplatsen och naturligtvis väderförhållande vid och efter haveriet.  
Det egentliga problemet kommer efter att initial släckningsinsats är slutförd och andra grupper med normalt sämre skyddsutrustning än brandmän skall utföra sitt arbete.
- En haveriplats är för ordinarie räddningspersonal en arbetsplats och lagen om arbetsskadeförsäkring gäller. För övriga medverkande såsom frivilliga och de som beordrats delta på grund av beslut av räddningsledaren (ingrepp i annans rätt) gäller skydd enligt lagen om statligt personskadeskydd (1977:265).

Under de senaste tio åren har icke-brandbekämpare successivt blivit medvetna om ett ökande antal potentiellt allvarliga hälsorisker som mycket väl kan förekomma och även vara kvar på en haveriplats. Att inte vidta motåtgärder mot dessa faror är allmänfarligt och kan innebära stora risker för de personer som kommer i omedelbar kontakt med kontaminerad mark eller andra farliga ytor.

## 2

### SYFTE

Denna informationsrapport är framtagen efter beslut i stödgrupp utbildning<sup>1</sup> som vid möte 2001-10-10--11 beslutade ge Brand- och räddningsskolan (BRS) uppdraget att informera internt i Luftfartsverket. Luftfartsverkets tekniska direktör har sedan gett uppdraget åt BRS att sammanställa denna rapport som efter färdigställande under år 2002 skall tillsändas berörda myndigheter och organisationer. Delrapport genomfördes vid Luftfartsverkets temadagar för chefer för flygplatsens räddningstjänst och administratörer vid BRS 2001-11-19 och 2002-11-19 samt vid möte med, i huvudsak, enheter ur Stockholm-Arlanda flygplats räddningsinstruktion och Statens Haverikommission (SHK) vid BRS 2001-12-06.

Rapporten skall informera berörda myndigheter och organisationer så att de kan fatta beslut om rätta skyddsnivåer för berörda enheter och personal.

BRS kommer att samarbeta med Statens Räddningsverk för att Räddningsverkets Informations Bank (RIB) skall kompletteras med kompositinformation för att säkerställa att denna information når ut till de lokala räddningstjänsterna. Detta arbete är planerat att genomföras under 2002/2003 beroende på Räddningsverkets utgivning av RIB.

BRS kan även utbilda eller informera lokalt och centralt under förutsättning att kostnadstäckning erhålls.

### 2.1

#### Luftfartsverkets ansvar

Luftfartsverket ansvarar för att egen anställd personal som arbetar inom flygplatsens räddningstjänst eller annan egen avdelning med uppgifter i anslutning till en skadeplats (enligt respektive flygplats räddningsinstruktion) erhåller utbildning samt fullgod skyddsutrustning. Luftfartsverket ansvarar för att samtliga enheter som ingår i flygplatsens räddningsinstruktion erhåller information. Luftfartsverket informerar samtliga egna anställda på verkets flygplatser och flygstationer. Luftfartsverket informerar ledningen för företag verksamma på "airside" och "landside" på verkets flygplatser och flygstationer. Luftfartsverket ansvarar inte för utrustning, material eller motsvarande (se bilaga 7) utöver personlig skyddsutrustning för egen anställd personal enligt ovan (se bilaga 8). Flygplatser som inte tillhör Luftfartsverket åtar sig lämpligen ovanstående ansvar.

---

<sup>1</sup> Stödgrupp Utbildning är en intern grupp utsedd av Luftfartsverket med uppgift att verka för en kvalitativt bra utbildning vid BRS och vid Luftfartsverkets flygplatser inom brand- och räddningstjänst. Gruppen består av Chefen för BRS, utbildningschefen BRS, chefen för flygplatsräddningstjänsten Stockholm-Arlanda flygplats, chefen för flygplatsräddningstjänsten Landvetter flygplats, chefen för flygplatsräddningstjänsten Malmö-Sturup flygplats samt chefen för flygplatsräddningstjänsten Karlstad flygplats

### 3 SAMMANFATTNING

Kompositmaterial används ofta i dagens tillverkningsprocesser, inte bara i flygplan utan också i många andra fordon och moderna lok och vagnar. Även om de enbart utgör en av många faror för räddningspersonalen (bränsle, olja, plast, syrgastuber och metaller), så är det den minst dokumenterade.

Det är därför mycket viktigt att medvetenheten, bland personer som jobbar med flygolyckor, höjs när det gäller kompositer. Tillverkarna och operatörerna måste uppmanas att vara mera öppna med vilka typer av kompositer och på vilka sätt de används i flygplan. Det kan också uppnås genom en dialog mellan flygplatsräddningstjänst, flygplanstillverkare/operatör och luftfartsmyndigheterna.

Medan endast cirka 20 procent av dagens civila flygplanskroppar utgörs av kompositer så kommer vi troligen att gå mot en utveckling med mer kompositer i de civila flygplanen i framtiden. Det är av högsta grad viktigt att farorna som kompositerna kan generera behandlas och tas om hand på bästa sätt.

Nästan alla moderna civila flygplan använder kompositer i sin konstruktion och det är därför nödvändigt att man upprättar väldefinierade rutiner och ett generellt tillvägagångssätt i användandet av skyddsutrustning för att försäkra sig om brandmännens och övriga inblandade organisationers säkerhet vid flygplanshaverier.

Det är av yttersta angelägenhet att flygplatsens räddningstjänst och andra inblandade organisationer försäkras sig om rätt skyddsnivå vid brand- eller andra övningar inkluderande kapövning med inblandade flygplansdelar eller andra delar som kan innehålla kompositer. Vid en flygplansolycka bör man alltid förutsätta att involverat flygplan innehåller kompositer tills annat är konfirmerat. Man får ej glömma risken att ett flygplan kan ha ytterligare kompositer i sin last.

Kolfiberkompositer leder elektrisk ström och kan skada elektronisk utrustning och installationer. Detta kan t ex medföra kommunikationsproblem vid en skadeplats. Dammtät kommunikationsutrustning krävs för att vara på den säkra sidan. Komposit som utsätts för brand tappar rejält i sin strukturella styrka och kommer sannolikt inte att bära vikten av en brandman.

Kompositer ger konstruktioner med hög styrka till låg vikt, minst fem gånger större styrka än metall, de ger möjligheter till att frakta mer gods med lägre bränsleförbrukning, de korroderar inte som metall och de är enklare att underhålla och reparera och därmed billigare. Enbart dessa uppräknade faktorer är tillräckligt attraktiva och ekonomiskt fördelaktiga för flygplansindustrin. Viktigt att komma ihåg är att kompositerna inte försvinner av sig själv, mekanisk uppsamling och bortforsling är den enda metoden för sanering av ett olycksområde.

Avslutningsvis bör det poängteras att det som sägs i detta dokument om farorna med kompositer i samband med luftfartsolycka sannolikt även kan gälla vid andra skadeplatser inkluderande andra moderna transportmedel som moderna tåg, båtar, bussar, bilar, husvagnar mm. En kommunal räddningstjänst som utför en

brandbekämpande insats vid t ex en garage/hus/vindsbrand bör analysera faran att det kan förekomma kompositer i golf-, fiske-, skidutrustningar samt inredningsdetaljer.

## 4

### BAKGRUND

Användningen av kompositer i flygplan började på allvar under 70-talet, i inledningen främst i/på militära flygplan. Nu förtiden används dock kompositer i ökande omfattning även på civila flygplan. I procentuell jämförelse har de militära flygplanen även idag mer kompositer än de civila, så man kan säga att de militära flygplanen leder utvecklingen av användandet av kompositer och det kan därmed förväntas att utvecklingen inom det civila segmentet går samma väg. Materialen används i olika delar i moderna flygplan till en mängd olika användningsområden. Vid modifiering av befintliga flygplan ersätter man också gamla icke komposit delar med nya delar i komposit, detta gäller dock till största delen interiördelar. Allt eftersom kompositmaterial blir mer och mer vanligt vid konstruktion av flygplan, ökar medvetandet om problem relaterade till dessa material.

Kompositmaterial (armerade med vad som kallas MMMF, Man Made Mineral Fibers (UK militärt) eller FRP, Fiber Reinforced Plastic (civil flygindustri) ersätter i ökande omfattning de traditionella metallkonstruktionerna i dagens flygplan och i vissa mindre flygplan är kompositerna redan det huvudsakliga konstruktionsmaterialet.

Det finns flera olika typer av armeringsfibrer kombinerade med olika typer av sammanbindande plastpolymerer.

Det vidsträckta användandet av kompositmaterial i flygvärlden beror på en mängd olika faktorer. De har utmärkta styrka/vikt förhållanden, de slits inte som metaller, de är lätta, kan gjutas till en mängd olika former och kan ytbehandlas på många olika sätt. De brinner tyvärr däremot bra, på grund av sitt innehåll av bindmedel och syret i håligheter i den vaxkaksliknande uppbyggnaden.

Under 70-talet påbörjade USA:s regering ett långtgående forskningsprogram som inkluderade flera olika statliga verk (däribland NASA). Programmet eftersökte att standardisera regler och rutiner för räddningstjänst och haveriutredning vid flygolyckor. Den baserades till stor del på den erfarenhet som fanns vid sektionen för avancerad komposit vid US Air Forces Logistic Centre. Programmet behandlade även effekterna av nedbrutet kompositmaterial hos människor.

Den engelska The Health and Safety at Work Act 1974 och the Control of Substances Hazardous to Health Regulations 1994 kräver att "man" förhindrar att personer utsätts för skadliga substanser, eller där det inte är praktiskt genomförbart, minimerar farorna. Exponering för farliga ämnen ska hindras och om det inte är möjligt ska det farliga ämnet endast existera under kontrollerade former.

The Civil Aviation Authority (UK) har genomfört ett treårigt forskningsprojekt angående farorna med användandet av kompositmaterial, och the Air Accident Investigation Branch (motsvarande SHK) deltar aktivt i utredandet av de praktiska

problem som orsakas av dessa material. Engelsk räddningstjänst har givits riktlinjer genom Dear Chiefs Officers Letter (10/1991), bilaga 1.

Rekommendationer enligt engelska manualer enligt bilaga 2.

Att komposit är ohälsosamma uppmärksammades bland annat i Danmark den 17 oktober 1990 då en Harrier GR5 från Royal Air Force råkade ut för motorstopp under flygning över Danmark. Piloten räddade sig med fallskärm och flygplanet kraschade på en åker utan att förorsaka några olycksfall. Vrakdelar spreds över ett 250 meter långt stråk med strån av komposit material som spreds över ett konformat område med en area på 70 m<sup>2</sup>. Det fanns en ansenlig mängd luftburet damm och bränt komposit material i kratern. Det danska brandförsvaret reagerade snabbt och släckte branden samt täckte haveriplatsen med ett skumlager. Efter några timmar kom en grupp från RAF till platsen för att ta hand om viktigt material som kunde bärgas. RAFs Repair and Salvage Unit (RSU) i området agerade som brukligt. Det var den första kraschen på 15 månader och för ganska många i gruppen var det deras första erfarenhet av en riktig krasch.

Efter ett dygn började RAF personalen att må dåligt med sveda i hals ögon och bröst och detta kopplat med en ökande irritation av huden. Efter två dygn måste man tillfälligt lämna haveriplatsen och orsaken till besvären visade sig vara små vassa bitar av kolfiber som i form av damm blåste omkring på platsen. Kolfiber är i sig självt inte toxiskt men kan ta till sig toxiska produkter från brand på en haveriplats och små vassa fragment kan lätt penetrera oskyddad hud. I detta fall var fragmenten dessutom så små att de vid inandning gick ned i lungorna men när orsaken till besvären var klarlagd kunde man utrusta sig med lämplig andningsutrustning och skyddsklädsel. Man tog fram rengöringsrutiner och inrättade smutsiga respektive rena ytor och kunde fullfölja arbetet på haveriplatsen utan fortsatta besvär. En miljöhälsogrupp från RAF gjorde undersökningar på haveriplatsen och kunde påvisa förekomst av små mängder organiska ämnen som naftalin, fenoler och alkoholer samt vidare metaller som titan, beryllium, vanadin, krom och mangan. Alla dessa kan betraktas som irriterande och möjligen cancerogena.

Läxan från denna incident var tydlig. Bristen på riskmedvetande resulterade i icke adekvat skydd och viss form av olycksfall. En ytterligare läxa fick man lära sig när sju månader senare ett annat plan av typ Harrier GR5 kraschade i en skog i norra Tyskland. När bärgningsgruppen från RAF kom till platsen med sin förbättrade skyddsklädsel hade den tyska brandkåren redan släckt branden och hade endast använt sig av sin vanliga skyddsklädsel. När tyskarna såg RAF personalens utrustning och fick höra om brinnande flygplansvrak och giftiga substanser ansåg man med rätta att man borde ha förvarnats.

Dessa två händelser ledde till en genomgripande översyn av det engelska flygvapnets policy och rutiner beträffande åtgärder efter en flygkrasch. Notera att denna översyn alltså påbörjades först 1990. Man listade allt farligt material i alla aktuella flygplan men insåg även att många normalt ofarliga material blir mycket giftiga och lämnar en giftig återstod när de brinner eller blir utsatta för hög temperatur. Hit hör många kompositmaterial, flera metaller t.ex. beryllium, isolermaterial för elledningar, fluorhaltiga plaster i tätningar och radioaktivt material som utarmat uran. Översynen av policyn och rutinerna styrdes av fyra nyckelfaktorer.

- Den ökade användningen av material som kan utgöra riskfaktorer vid ett haveri och speciellt om de brinner eller utsätts för hög temperatur
- Den ökade lagstiftningen vad avser säkerhet
- Det angelägna behovet att förbättra riskmedvetandet
- Den ökade risken för åtal via aggressiva advokater

Inom RAF i UK finns idag enbart en RSU styrka. Rutinen är att lokal räddningstjänst med rätt skyddsutrustning släcker branden, livräddar och drar sig sedan ur. Lokal polis spärrar av och därefter inväntar man RSU styrkan.

I HM Fire Service Inspectorate Fire Service Manual Volume 2 Fire Service Operations Aircraft Incidents regleras att full brandutrustning med andningsskydd med övertryck måste bäras vid räddningsinsatser. Under påföljande uppröjningsarbete bör kemsyddsklädsel och andningsskydd bäras. Under detta arbete bör skum appliceras med jämna mellanrum för att reducera kontamination i luft.

Förslag på svenska checklistor enligt bilaga 6.



## 5 FAKTA

### 5.1 Vad är komposit?

Bland de första som använde någon form av komposit var afrikaner som byggde hyddor av kodynga/lera och halm. Ett annat användningsområde inom byggnadskonstruktion som en variant av komposit är armerad betong.

En kompositprodukt är en produkt som innehåller två eller flera material som bibehåller sina individuella egenskaper även efter att man blandat dem med varandra. Exempelvis armerad betong; betongen klarar att ta upp stora trycklaster men inte så stora draglaster, medan själva armeringen (armeringsjärnet) är bättre på att ta upp draglasterna. När man sätter samman dessa olika TVÅ material får man EN produkt som klarar både tryck och draglaster.

Inom flygbranschen är detta exempel ovanligt, däremot så finns det en hel del andra kompositvarianter.

### 5.2 Varianter av kompositmaterial

**Glasfiber:** och hybrider härav. Dessa fibrer smälter vid de temperaturer som uppnås vid en flygplansbrand. Sannolikt bildas det här inga farliga fragment då dessa troligen kommer att förstöras vid brand. Avger dock damm och vassa kanter kan förekomma vid brott.

**Kolfiber:** och Grafithybrider erbjuder de allvarligaste problemen vid ett haveri. De behåller sina styva och vassa egenskaper vid brand. Är inte toxiska i sig själva men kan vara bemängda med ohälsosamma partiklar från haveriet. Risker finns vid inandning, sväljning och hudkontakt. Vassa kanter kan förekomma vid brott. Storleken (diametern) på fibrerna är vid tillverkning cirka 6-8 µm (mikrometer).

**Aramidfibrer:** Aramidfibern och Aramid/Kevlar®/Nomex hybrider tål hettan från eventuell brand. Kommer troligen inte att kunna penetrera huden. Kan dock generera farliga fragment som inte bör inandas. Vassa kanter kan förekomma vid brott. Aramid är synonymt med Kevlar®.

**Borfiber:** En organisk fiber belagd med boron som är starkare än kolfibern. Fibrerna som är både vassa och styva är respirerbara fast de är grövre än övriga fibrer. Enligt rapporter från USA kan de inte bara penetrera huden utan även benvävnad. Samma försiktighet bör iaktas som vid kolfiber. Vassa kanter kan förekomma vid brott. Mycket begränsad användning i civila flygplan.

**Övrigt innehåll:** Även olika typer av metaller kan finnas som ”ingredienser” i kompositerna. Metaller som brinner kan även utveckla giftiga gaser vid brand.

**Bindemedlet:** Vid brand avger bindemedlet i kompositmaterialet mycket farliga gaser. Bland annat kan cyanid, hydrogenklorid och nitrogendioxid bildas. Förbränning avger också andra giftiga produkter som formalin, ammoniak, toluen och kolmonoxid. Största delen av gaserna kommer förmodligen att följa med rökplymen men gaser kan även finnas kvar i ett skede när släckningsarbetet är avslutat.

De olika fibrerna kan användas var och en för sig eller kombinerade med varandra (hybrider). Per definition blir en partikel en fiber när längd/bredd förhållandet överstiger 3:1. Generellt kan man säga att fibrer större än 10µm inte kan tränga ner tillräckligt djupt i andningsvägarna för att åstadkomma några sjukdomssymptom i lungorna. Storleken på fibrerna kan drastiskt minskas vid brand. Fibrerna är elektriskt ledande.

Temperatur-resistenta kompositer kan också påträffas i motordelar (ofta innehållande metallfibrer i en polymerbas) samt i bromsdelar.

### 5.3 Var finns det kompositer på flygplan?

Från början användes kompositer uteslutande i roder och andra utvändiga delar av ett flygplan. Idag förekommer kompositer även i golvbalkar och andra strukturkomponenter. I vissa flygplan kan hela toalettutrymmen och andra invändiga utrymmen vara helt av kompositer. En Airbus A340 innehåller mer än 4,5 ton kompositer. Se även bilaga 5.

#### 5.3.1 Militära flygplan

Användningen av kompositer i militära flygplan är väldigt vanligt och förekommer i stor omfattning. På båda de svenska flygsystemen 37 och 39 finns det kompositer, mer kompositer i flygplan 39 än i flygplan 37. I flygplan 39 består cirka 25 procent av strukturvikten av kompositer. Det europeiska militärplanet Eurofighter består till cirka 70 procent av kompositmaterial.

Att avgöra vad som är kompositer eller andra material på ett militärt flygplan kan inte göras genom att bara titta på flygplanet. I praktiken är det orealistiskt att förvänta sig att personal från en civil flygplats, med ringa eller ingen militär trafik, skall veta var det finns kompositer på militära flygplan. Försvarets materielverk (FMV) har gett ut en teknisk order som talar om var det finns kompositer i flygplan 37.

#### 5.3.2 Civila sportflygplan

Nya civila sportflygplan är i dag stort sett bara uppbyggda av kompositer. Största delen av kompositen är glasfiberkomposit med ovan nämnda egenskaper.

### 5.3.3 Civila flygplan

Många av de potentiellt farliga material som började användas i militära flygplan för 10 till 15 år sedan användes nu i civila flygplan och trenden är ökande. Användningen av kolfiberkompositer är ett exempel och de användes i ökande omfattning i passagerarplan från Airbus och Boeing. Materialet användes i roderytor, i luckor till landningsställ, i motorhuvor och i golvement. Användningen är inte begränsad till de större flygplanen. Vingarna i en ATR turboprop är huvudsakligen gjorda av kolfiberkomposit och i en del mindre jetplan som Raytheon Premier 1 är flygplanskroppen helt i glasfiberkomposit.

Användningen av kompositmaterial är naturligtvis inte begränsad till flygplan. Materialens goda egenskaper gör att de i ökande omfattning användes i de flesta typer av fordon. Som påtalats ovan kan man räkna med att kompositer blir vanligare och vanligare i de miljöer människor bor, arbetar och för övrigt vistas i. Användning av kompositer i civila transportflygplan ökar och de modernaste flygplanen innehåller mer kompositer än äldre flygplan. Samma sak gäller här som för militära flygplan, det är inte rimligt att lära sig vad och var det finns kompositer i flygplan, Men som grundregel kan man utgå från att nedanstående saker innehåller någon form komposit

- Utfyllnadsplåtar mellan kropp och vinge
- Delar av eller hela motorkåpor
- Olika roderytor
- Radom (noskon)
- Diverse luckor och kåpor
- Golvbalkar

Det som skall tas med i beräkningarna när det gäller förekomst av komposit i flygplan är att flygplan repareras och modifieras. Vid dessa reparationer och modifieringar kan plåtar och andra delar som består av metall bytas ut mot kompositmaterial av olika slag även om det oftast gäller interiör delar som byts från metall till komposit. Alltså kan man utgå från att även äldre flygplan som i grunden är tillverkade helt eller nästan helt utan kompositer får mer och mer delar utbytta till kompositdelar i samband med underhåll.

## 5.4 Hur skadar kompositen?

Farorna

Kompositer är bara en typ av källa till faror på en haveriplats och dessa faror kan indelas i fyra grupper:

- Fysiska
- Kemiska
- Biologiska
- Psykologiska

Nedan kommer enbart fysiska och kemiska faror att behandlas. Biologiska och psykiska faror sammanfattas i bilaga 3.

#### Fysiska faror

- **Skarpkantade vrakdelar:** Dessa ökar risken för olika typer av sårskador och även om såren inte skulle vara allvarliga i sig så betyder förekomsten av toxiskt material att risken för infektion av såren är stor.
- **Kompositmaterial:** En av de första frågorna att ställa är huruvida flygplansvraket fattat eld eller inte. Om brand inte uppstått är hanteringen av utspridda spillror inte speciellt besvärlig, få eller inga armeringsfibrer har frilagts men man måste naturligtvis se upp med vassa och taggiga kanter när man gör sig av med vraket. Om brand uppstått och vrakdelar spritts ut är det stor sannolikhet för att det finns fria armeringsfibrer som kan komma in i lungorna med inandningsluften och "farligheten" beror nu på vad slags fiber det är fråga om.
- **Glasfiber** innebär minimal risk eftersom dessa fibrer kommer att smälta vid normala brandtemperaturer.
- **Aramidfiber** som Kevlar® är en icke styv fiber som trots att den kan gå ned i lungorna knappast penetrerar huden. Emellertid bör man enligt gällande rekommendationer undvika att inandas fibrerna eller svälja dem.
- **Kolfiber** kan gå ned i lungorna och fibrerna är styva och vassa. De penetrerar lätt huden och även om de inte är toxiska i sig själva kan de föra med sig sådant material från haveriplatsen. Man måste vara noga med att inte inandas eller svälja detta fibermaterial.
- **Borfiber** är en organisk fiber belagd med boron som är starkare än kolfibern. Fibrerna är styva och vassa, kan gå ned i lungorna och enligt rapporter från USA skulle de kunna penetrera inte bara hud utan även benvävnad. Vassa kanter kan förekomma vid brott. Samma försiktighet bör iaktas som beträffande kolfiber.
- **Trötthet:** Tröttheten kan vara fysisk eller mental eller en kombination av båda faktorerna och kan leda till slarv eller försumlighet och förorsaka misstag. Folk hjälper ofta till i nödsituationer efter att redan ha fullbordat ett dagsverk eller också kan behovet av hjälp vara så akut att man frestas arbeta över sin förmåga. Svaret på detta problem är en bestämd och fast ledning av insatsstyrkan.
- **Väderlek:** Extrema väderleksförhållanden kan medföra flera typer av faror. Värme, torka och blåst förvärrar dammproblematiken och kan även leda till utmattning på grund av värme.
- **Fotunderlagets faror:** Kan vara riskabelt att gå på ett instabilt vrak eller ett skadat kabingolv.
- **Faror i luften:** Det kan finnas vrakdelar i träd eller byggnader eller taggiga metalldelar i takhöjd i en skadad kabin.

#### Kemiska faror

- **Metalloxider efter brand:** Många flygplansmetaller som beryllium bildar mycket toxiska oxider när de upphettas till 1000°C eller mer. Detta är en hetta som ofta uppnås vid en flygplansbrand. De giftiga metalloxiderna blir kvar

som ett damm efter branden och man måste undvika hudkontakt, inandning eller nedsväljning.

- **Brandutsatt elektrisk isolering:** Många isolermaterial ger efter kraftig upphettning upphov till en starkt sur aska ofta i form av ett damm. Man måste undvika hudkontakt, inandning eller nedsväljning.
- **Brandutsatta fluorhaltiga elastomerer:** Fluorhaltiga elastomerer är en typ av syntetiskt gummi och användes till packningar och tätningar. Vid förbränning bildas fluorvätesyra som absorberas av brandaskan och andra restprodukter. Syran är mycket toxisk och angriper huden. Hudkontakt måste undvikas.
- **Syre:** Syre reagerar spontant och våldsamt med oljor och smörjfett och man kan få en explosion eller brand. Det finns gott om olja och smörjfett på en haveriplats.
- **Oljor, smörjmedel och flygbränsle:** Många oljor och smörjmedel för motorer är cancerogena och kan innehålla toxiska tillsatser som t.ex. strontiumnitrat. Flygbränsle kan finnas närvarande i avsevärda mängder och stora flygplan kan ha med sig över 200 kubikmeter flygbränsle. Långvarig kontakt kan irritera huden och orsaka huvudvärk. Undvik eller minimera hudkontakt. Undvik inandning eller nedsväljning.
- **Hydraulvätskor:** Hydraulvätskor utgörs ofta av brandtåliga fosfatestrar som klassas som hudirriterande. Man bör undvika hudkontakt, inandning eller nedsväljning.
- **Batterivätskor:** Dessa består av svavelsyra eller kaliumhydroxid och båda dessa kemikalier är aggressiva och toxiska.
- **Radioaktiva material:** Radioaktiva material, normalt utarmat uran, användes vid tillverkning av flygplan. Inneslutna där de normalt skall vara (balansvikt på roder, dock inte på alla flygplanstyper) innebär de ingen fara. Vid ett haveri och brand kan de dock frigöras och förorena damm och aska som det kan vara mycket farligt att inandas eller svälja.

Vem är utsatt för påtalade faror?

Alla som är sysselsatta på haveriplatsen eller besöker den är utsatta för de faror som har påtalats.

- **Brandmännen** – dessa är vanligen de bäst skyddade på grund av utbildning, utrustning och erfarenhet men varje år får vi ändå höra talas om eller se exempel på brandmän med inadekvat kunskap, utbildning eller utrustning.
- **Polisen** – i hög grad riskutsatt.
- **Sjukvårdare** – i hög grad riskutsatta.
- **Haveriutredare** – i hög grad riskutsatta.
- **Bärgare** – i hög grad riskutsatta.
- **Lokala myndigheter** – i hög grad riskutsatta.
- **Försäkringspersonal** – i hög grad riskutsatt.

## 5.5 Indelning skador

Skadorna från fibrerna kan delas in i två huvudsakliga delar

- Skador på andningsvägarna
- Skador på huden

För medicinska aspekter se bilaga 4.

### 5.5.1 Skador på andningsvägarna

Vid inandning av fibrerna är bland annat storleken på fibrerna avgörande för ”resultatet” i kroppen. De vassa partiklarna i damm från komposit material, som lätt blir luftburna, kan dras ned i andningsvägarna. Dessa partiklar kan orsaka långsiktig skada i vävnader. Inhalerade fibrer kan också skära och irritera insidan av näsgångarna.

Fibrer som är större än 10µm kommer troligtvis inte att tränga ner i alveolerna, utan de kommer att tas omhand av kroppens egen förmåga att ta hand om partiklar det vill säga av flimmerhår och slemhinnor. Man kommer efter ett tag att spotta eller snyta ut dem. Man kan dock få irritationer av att fibrerna ”sticks”, jämför med glasullsisolering på huden.

Fiber som tas upp av kroppen och blir kvar i vävnaden kan utveckla cancer. Forskning pågår för att klargöra fakta.

### 5.5.2 Hudskador

Fibrerna kan orsaka hudskador och andra hudirritationer. Man kan jämföra det med de kliande som uppstår vid arbete med isoleringsmaterial som Gullfiber. Fibrerna kan vara kontaminerade med olika substanser från haveriet som kan förvärra skadorna. Luftburet damm och fiber partiklar kan orsaka mindre hud- och ögonirritation precis som kontakt med epoxy bindmedel kan. Damm från komposit material kommer även att absorbera flygbränsle och andra medel som kommer att öka på reaktionen vid kontakt med materialet. Hudirritation orsakas av brutna skärivor som blir inbäddade i huden. Detta leder till klåda och irritation. Väl utformade skyddskläder (som inte orsakar svettning) hjälper till att förhindra spridning av fibrer till underliggande klädsel. Situationen kan också förbättras med hjälp av effektiva rutiner vid skadeplatsen.

### 5.5.3 Skärskador

Komposit som är bruten kan ha mycket vassa kanter och dessa kanter kan skära sönder både människor och utrustning.

## 5.6 Aktuella frågeställning gällande kolfiberkomposit

**Fråga:** Vad används för att rena saker, framför allt vätska, t.ex. sprit?

**Svar:** Kol (aktivt kol).

**Fråga:** Hur fungerar det?

**Svar:** Kolet tar upp de giftiga och/eller orena ämnena.

**Fråga:** Vad består kolfiber av?

**Svar:** Kol.

**Slutsats:** Kolfibrerna kan komma att ta upp gifter/föroreningar i luften eller i kontakt med fast materiel som senare förs in och tas upp av kroppen.

Dessa frågor och slutsatsen, det vill säga att de kan bli bärare av gifter och föroreningar, gäller för alla kompositerna men företrädesvis för kolfibrerna.

## 5.7 Mer angående kolfiberkomposit.

Vid avdelningen för yrkes- och miljömedicin vid hälsouniversitetet i Linköping har en experimentell studie gjorts. Ett gas- samt ett stoftprov av en kolfiberkompositbit från det flygplan 39 som havererade i Väneren 1999 utfördes. Som jämförelse har stoftprov från en träbit använts. Träbiten kommer från den brand som ödelade en McDonald's restaurang i Linköping i november 2000. Resultaten visade på hundratals olika ämnen. En detaljerad hälsoriskbedömning av varje ämne bedömdes som alltför svår och omfattande. Istället gjordes en riskklassificering med hjälp av National Fire Protection Associations (NFPA) klassificeringslista och den svenska kemikalieinspektionens (KIFS) författningssamling.

NFPA klassificering gäller ämnets toxicitet medan KIFS lista anger om ämnet är att betrakta som cancerframkallande.

### 5.7.1 NFPA klassificering:

- |   |                                                                                                                                                                                                                         |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | Ämnen som efter mycket begränsad exponering leder till döden eller annan skada även om snabb medicinsk behandling sätts in, inkluderande de ämnen som är allt för farliga att närma sig utan speciell skyddsutrustning. |
| 3 | Ämnen som efter kort tids exponering kan orsaka temporär eller annan skada även om snabb medicinsk behandling sätts in, inkluderande de ämnen som kräver skydd för att undvika all exponering.                          |
| 2 | Ämnen som efter intensiv och återkommande exponering kan orsaka temporär arbetsförmåga eller möjligen annan skada om inte medicinsk behandling ges, inkluderande de ämnen som kräver friskluftsmask.                    |
| 1 | Ämnen som vid exponering kan orsaka irritation men endast mindre skada även om ingen behandling ges, inkluderande de ämnen som kräver halvmask.                                                                         |
| 0 | Ämnen som vid förbränning inte åstadkommer någon skada förutom de vid eld vanliga förbränningsprodukterna.                                                                                                              |

### 5.7.2 KIFS klassificering:

- 1 Ämnen som är cancerframkallande hos människan.
- 2 Ämnen som skall betraktas som cancerframkallande hos människan.
- 3 Ämnen som möjligen är cancerframkallande hos människan.

### 5.7.3 Resultat av stoftprov från kolfiberkomposit

Totalt antal analyserade ämnen.	Klassning enl. NFPA ämnen totalt	Ämnen klassade 1 & 2 enl. NFPA	Ämnen klassade 3 & 4 enl. NFPA	Ämnen klassade 1-3 enl. KIFS
<b>249</b>	<b>37 (14,9%)</b>	<b>26 (10,4%)</b>	<b>11 (4,4%)</b>	<b>4 (1,6%)</b>

I samtliga prov fanns höga toppar av anilin. Anilin är klassat som klass 3 enligt KIFS och akuttoxiskt (klass 3 NFPA).

### 5.7.4 Resultat av stoftprov från träbit

Totalt antal analyserade ämnen.	Klassning enl. NFPA ämnen totalt	Ämnen klassade 1 & 2 enl. NFPA	Ämnen klassade 3 & 4 enl. NFPA	Ämnen klassade 1-3 enl. KIFS
<b>22</b>	<b>13 (59,1%)</b>	<b>10 (45,5%)</b>	<b>3 (13,6%)</b>	<b>1 (4,5%)</b>

### 5.7.5 Resultat av gasprov från kolfiberkomposit

Totalt antal analyserade ämnen.	Klassning enl. NFPA ämnen totalt	Ämnen klassade 1 & 2 enl. NFPA	Ämnen klassade 3 & 4 enl. NFPA	Ämnen klassade 1-3 enl. KIFS
<b>325</b>	<b>142 (43,7%)</b>	<b>116 (35,7%)</b>	<b>26 (8,0%)</b>	<b>16 (4,9%)</b>

I samtliga prov fanns höga toppar av anilin och akrolein. Anilin är klassat som klass 3 enligt KIFS och akuttoxiskt (klass 3 NFPA) medan akrolein är klassat akuttoxiskt (klass 4 NFPA).

**Akrolein** tas upp av kroppen både genom lungorna och genom huden. Inandning av höga doser kan orsaka medvetslöshet och livshotande lungskador. Vid 10 ppm finns risk för dödlig utgång. Nuvarande gällande nivågränsvärde för ämnet är 0,1 ppm. Några iakttagelser av cancer hos människor har inte observerats.

**Anilin** tas upp av kroppen både genom lungor och genom hud. Ämnet försämrar de röda blodkropparnas förmåga att transportera syre från lungorna ut till kroppens vävnader. Symptom på förgiftning kan vara huvudvärk, yrsel, muskelsvaghet, hjärklappning samt blåfärgning av läppar och naglar. Höga halter (över 100 ppm) kan förorsaka medvetslöshet och död. Nuvarande gällande nivågränsvärde för ämnet är 1 ppm. Anilin är klassat som ett cancerframkallande ämne.



## 5.8 När är kompositen farlig?

- När kompositen inte har brunnit (brinner) men är söndertrasad.
- När kompositen har brunnit (brinner).
- När kompositen har brunnit (brinner) och är söndertrasad.

**När kompositen inte har brunnit och är hel**, är den harmlös. Inga fibrer frigörs normalt och inga gaser uppstår, om den inte utsätts för hög strålningsvärme.

**När kompositen inte har brunnit (brinner) men är söndertrasad/sönderbruten**, finns det risk att fibrer kan ha frigjorts och finns i luften. Fibrerna kan ha minskat i storlek från tillverkningsprocessen. Dock är det inte troligt att det finns fibrer i någon större mängd. Det stora problemet är i stället de vassa kanter som kan uppstå. De vassa kanterna kan skära hål på skyddsutrustning, slangar och på hud. Yttersta försiktighet bör iaktas när bruten komposit finns.

### **När kompositen har brunnit (brinner).**

Vid brand frigörs fibrerna och de kan minska i storlek från tillverkningsprocessen med andra ord kan de lättare ta sig ner djupare i andningsvägarna. Bindemedlet kommer också att avge farliga gaser.

Se även under punkten; ”Mer angående kolfiberkomposit”.

### **När kompositen har brunnit (brinner) och är söndertrasad.**

Se ovan.

## 5.9 Förhållanden under vilka kompositmaterial utgör faror

Farorna som kompositmaterial utgör för brandmän beror på förutsättningarna. När materialet har utsatts för skador enbart vid haveriet kommer det att splittras och släppa ifrån sig fibrer som har en medeldiameter som inte är mindre än den storlek som de hade vid tillverkningen (vanligtvis 6-12 mikrometer). Det har visat sig att endast fibrer med en diameter mindre än 3 mikrometer kan orsaka allvarliga andningsproblem och lungskador. Detta beror på att endast fiberfragment med en diameter mindre än 3 mikrometer har förmågan att tränga ända ner i lungblåsorna.

Sönderslagna paneler av komposit material ger upphov till extremt vassa kanter som är fullt kapabla att tränga igenom läderhandskar. Man måste därför vara försiktig när man handskas med den här sortens material. Sönderslaget komposit material utgör en stor risk för skärsår i och med att blodet kan bli infekterat omedelbart.

När kompositen blir utsatt endast för brandskador blir risksituationen annorlunda. Stora mängder giftig gas frigörs när bindemedlet börjar brinna vid 400 till 500 grader C. Medeldiametern på vissa komposit, till exempel Kevlar® kan minska. Brandskador minskar markant den strukturella styrkan hos komposit material. Det kan se ut som om de är intakta men de kommer inte att hålla för vikten av en brandman i detta tillstånd. Detta är betydelsefullt i flygplan där vissa golvpaneler består enbart av komposit material.

Medan nedslags- och brandskador utgör en viss sorts faror från damm och fibrer, så är det när kompositerna skadas av både nedslags- och brandskador som farorna är störst. Damm från kompositmaterial utgör en verklig fara för andningssystemet hos den personal som arbetar i riskområdet.

## **5.10 Handhavande på haveriplatsen**

Trots att endast 20 procent av konstruktionen hos moderna civila flygplan utgörs av kompositmaterial och farorna som de medför inte är helt förstådda är det mycket viktigt att handhavandet på haveriplatsen är korrekt. Efter att släck- och räddningsfaserna av ett haveri är över, är det inte längre lika viktigt att saker och ting sker snabbt. På platsen kommer det dock att finnas kvar en mängd faror för brandmannen, och den behöver kontrolleras noga.

Typen av flyghaveri, haveri i låg eller hög hastighet, är det som primärt bestämmer risknivån. En låghastighetskrasch, d. v. s. under start eller landning kan resultera i ett kompakt haveriområde där skadorna begränsas till vissa områden. Andra faktorer som flygplanets nettovikt, bränslemängd och kraschvinkel kommer att påverka hur stor betydelse kompositmaterial kommer att ha på haveriplatsen.

Räddningsledaren måste göra en flexibel riskbedömning i relation till den insats som krävs och vilka resurser som finns tillgängliga. Alla brandmän som befinner sig på speciellt riskfyllda platser måste skyddas med fullt larmställ, inkluderande huvor och andningsapparater med övertryck. Kemskyddsdräkter kan också vara en möjlighet för enklare uppgifter. Områden för sanering måste bestämmas tidigt och all inte nödvändig personal måste befinna sig i medvind i relation till haveriplatsen. Våtsanering kan användas, men det är nödvändigt att alla plagg som varit i kontakt med komposit stoppas i polyetensäckar för att senare behandlas av en specialist-firma.

Risken för att sprida fibrer från kompositmaterial kan reduceras på följande vis:

- Att man lägger en vattendimma över platsen.
- Att man applicerar en vattenbaserad dämpare. Denna kommer att förstärka de översta 3-4 mm av vrakdelarna på platsen.
- Att man lägger ut ett skumtäck. Det har dock nackdelen att det täcker hål i flygplansgolvet och andra hinder.
- Små områden kan täckas av ett polyetenskikt.
- Man kan separera delar av kompositmaterial ifrån resten av vrakdelarna och stoppa dem i polyetensäckar för senare behandling.

*Observera:* Undvik så långt det är möjligt att flytta på några vrakdelar. Om det är nödvändigt bör vrakdelen och platsen där den ligger dokumenteras på lämpligt sätt, fotografering eller skiss. Det finns alltid möjlighet att konsultera SHK. Tillstånd krävs alltid från SHK innan exempelvis ett flygplansvrak flyttas. Risken för att brandmännen och annan personal kan skadas eller ådra sig någon smitta kan reduceras genom att man inför restriktioner för passage genom haveriplatsen (detta kommer även att vara till fördel för haveriutredningen). För

att förhindra spridningen av partiklar från kompositmaterial måste även restriktioner för flygplansförflyttningar i närheten införas. Konstant kontakt med SHK och miljö- och hälsopersonal rekommenderas. Detta kommer möjliggöra att man får en helhetsbild angående farorna från kompositmaterial för brandmännen och övriga inblandade. Miljö- och hälsoskyddsmyndigheter kan också behöva kontaktas eftersom det kan bli nödvändigt att den översta jordmånen tas bort och behandlas som miljöfarligt avfall.

Det finns en viss risk för att elektriska apparater kan störas av luftburna partiklar från kompositmaterial. Forskning pågår inom detta område och experiment gjorda av NASA har visat att det behövdes en koncentration av fibrer lika med eller större än en miljon fibrer per kubikmeter innan elektrisk utrustning påverkades. Detta och evakuering av närbelägna byggnader samt bortbogsering av flygplan samt skydd för luftintag är någonting som räddningsledaren bör ta hänsyn till.

## 5.11 Hur skall (kan) vi skydda oss?

När räddningstjänsten (flygplatsens och/eller kommunens) kommer fram till skadeplatsen finns normalt ett tillräckligt skydd i ett komplett larmställ och ett komplett andningsskydd under förutsättning att detta bärs på rätt sätt. Inom Luftfartsverkets räddningstjänst är det naturligt att strålförarna använder andningsskyddet men i dagsläget inte lika naturligt för insatsledaren som även riskerar att drabbas av farorna.

Problemet för räddningstjänstens personal är när inledningskedet är över och nästa del av insatsen skall påbörjas till exempel gällande eftersläckning, polisiära insatser, sjukvårds insatser, andra inblandade enligt respektive flygplats räddningsinstruktion, flygbolagspersonal samt SHK och slutligen bärgningspersonal.

Vid eftersläckning måste ett komplett andningsskydd av samma sort som vi använder i första insatsen användas. Under sjukvårdsinsatsen bör larmstället vara på och skydd för ögon och andningsvägarna vara påtaget. Skyddet kan bestå av skyddsglasögon och en filtermask. Filtermasken bör ha ett P3<sup>2</sup> filter samt eventuellt ett BE eller K filter, skyddsglasögonen bör vara tättslutande. För kolfiber räcker det munskydd som gäller för motorbergborrsanvändning under förutsättning att det klarar P3 nivån. Se även bilaga 8.

Av ovan uppräknade grupper saknar förmodligen de flesta ett tillräckligt bra skydd samt sannolikt också utbildning och kunskap i ämnet kompositmaterial samt skyddsutrustning.

### 5.11.1 Skydd – eller motåtgärder mot farorna

Mot alla de olika faror som här har påtalats - inklusive de psykiska – finns det enkla och effektiva motåtgärder. Först och främst behöver vi

**Riskmedvetande** utan vilken vi inte ens kan starta. Därefter behöver vi -

---

<sup>2</sup> P3=partiklar (vätska eller solida) som damm, fibrer, dimma, rök, bakterier och virus.

**Riskinformation** som gör det möjligt för oss att förstå faran, att förstå det sätt på vilket vi kan bli skadade om vi inte skyddar oss. Riskinformationen gör det också möjligt för oss att välja och anskaffa -

**Lämplig skyddsklädsel och lämpliga skyddsrutiner.** Det finns ett stort urval av ansiktsmasker, stövlar, dräkter, handskar och hjälmar som kan skydda oss på haveriplatsen och som är lätta att välja ut om man förstår farans natur. Att förstå vad faran består av och en lämplig rådgivning är också nyckeln till det psykiska hotet kopplat naturligtvis med en effektiv -

**Utbildning.** Utbildningen är naturligtvis väsentlig. För att vara effektiv måste den vara upplagd så att man ständigt kontrollerar och förbättrar kompetensen.

Övningarna måste vara realistiska och de måste också vara framgångsrika. Allt för ofta har vi sett - eller t.o.m. deltagit i - övningar som blivit rena röran. Övningar - och särskilt stora övningar - är inte lätta att genomföra och kräver en omfattande -

**Förberedelse.** En omsorgsfull förberedelse av alla deltagare i en övning är nödvändig om inte hela momentet skall bli ett slöseri med tid och pengar och verka demoraliserande. När du har förberett, utbildat, utrustat och framgångsrikt övat glöm inte -

**Dokumenteringen.** Man måste vidta alla de åtgärder som lagen föreskriver för att skydda arbetstagare mot haveriplatsens faror.

Metoder att minska/förhindra fiber spridning i initialskedet.

Att i ett så tidigt skede som möjligt minska eller ännu hellre, helt förhindra fiberspridningen på en haveriplats måste ses som en viktig åtgärd.

I det inledande skedet har brand- och räddningspersonalen ett bra skydd, detta under förutsättning att normal skyddsutrustning (larmställ och andningsskydd, tät klädsel) används. Problemet uppstår när man blir tvungen att ta av sig andningsskyddet. Luftfartsverket förutsätter att branden är släckt när luften i vårt ordinarie andningsskydd är slut. Fiber och gaser från komposit och andra material kommer att finnas kvar i luften efter genomförd släckningen varför det är väsentligt med utarbetade rutiner för ersättning av luftpaket samt eventuell sanering av använda paket.

De flesta, men inte alla, fiber kommer att följa med rökplymen vid brand. De fiber som inte följer med plymen är de som utgör faran för personalen på haveriplatsen. Det finns flera olika sätt att få dessa fibrer att "ligga still" så att de inte virvlar upp.

Risken för att sprida fiber från kompositmaterial kan reduceras bland annat på följande vis:

- Att man lägger en vattendimma över platsen.
- Att man applicerar en vattenbaserad dämpare. Denna kommer att förstärka de översta 3-4 mm av vrakdelarna på platsen.
- Att man lägger ut ett skumtäck. Det har dock nackdelen att det täcker hål i flygplansgolvet och andra hinder och därmed ökar faran för skador på inblandade personer.

Man kan separera delar av kompositmaterial ifrån resten av vrakdelarna och stoppa dem i polyetensäckar för senare behandling. Viktigt att komma ihåg, som påtalats ovan, är att aldrig flytta vrakdelar utan tillstånd från SHK.

Man måste beakta eventuell annan luftfart vid/över skadeplatsen. Till exempel helikoptertrafik som polishelikopter, ambulanshelikopter med flera vars flygrörelser kan orsaka ytterligare spridning av farliga substanser.

## **6 DE VIKTIGASTE PRINCIPERNA FÖR HANTERING AV KOMPOSITMATERIAL FRÅN FLYGPLANSVRAK**

### **Utan brand:**

Armeringsfibrerna blir exponerade i brottsytor och resulterande skarpa och taggiga kanter måste hanteras med stor försiktighet och med användning av skyddshandskar. Vrakfragmenten bryts inte ned och måste därför på lämpligt sätt avlägsnas från haveriplatsen. Lämpligen använder man sig av dubbla kraftiga polyetensäckar.

### **Med brand.**

Bindemedlet (vanligen fenol- eller epoxyhartser) sönderdelas i hettan och en del av fibrerna frigörs och särskilt om kompositelementen splittrats. När kompositen upphettas eller brinner genererar den giftiga gaser som koloxid och cyanväte. Det enda effektiva skyddet är friskluftsmask.

De frilagda fibrerna kan vara farliga på olika sätt beroende på materialet och på omständigheterna på haveriplatsen.

- Fibrerna är små och lätta och kan följa med vinden över avsevärda avstånd. Regn minskar spridningen.
- Fibrerna går ned i lungorna vid inandning och kolfibrerna kan lätt penetrera oskyddad hud. De kan vara kontaminerade med giftiga substanser och kan föra in dessa i kroppen. På själva huden uppstår ofta en akut dermatit. Man måste undvika att inandas eller svälja dessa fibrer.
- Olika fibermaterial beter sig olika när de utsätts för brand. Glasfibrer smälter vid hög temperatur men kolfibrer och borfibrer behåller sina styva och vassa egenskaper. Vissa aramidfiber klarar höga brandtemperaturer och kan ge ett damm som är farligt att inandas eller svälja.
- Fibrerna bryts inte ned i naturen och måste därför avlägsnas från haveriplatsen och tas om hand på ett säkert sätt och i enlighet med gällande bestämmelser.
- Ett effektivt skydd gentemot fibrerna kan man få genom att använda kraftiga stövlar och handskar, en inte genomtränglig engångsoverall av plast-papper eller motsvarande med tätslutande huva och en hjälm med P3 filter. Man får inte äta, dricka eller röka på en kontaminerad plats. När man har lämnat haveriplatsen måste kontaminerade klädesplagg saneras eller lämnas till destruktion.
- Man måste vidta åtgärder för att minimera spridningen av fibrer på haveriplatsen. Med skum (initialt AFFF, Aqueous Fire Fighting Foam) kan dammet bindas men endast för en begränsad tid om högst sex timmar. En mera långvarig effekt får man med vattenbaserade geler (t.ex.

polyakrylsyrage) eller med vaxemulsioner av typ golv- eller möbelvax. Dessa material kan lätt avlägsnas och hindrar inte den rättsmedicinska undersökningen.

I UK används främst vattenbaserade geler, dessa är utvecklade av kolindustrin för att hålla koldamm på plats. I USA används främst vaxemulsioner.

- Man måste också se till att man inte sprider fibrer eller annat farligt material när man till slut transporterar bort vraket från haveriplatsen. Man bör spola av vrak och vrakdelar med en finfördelad vattendusch så att fibrerna ansamlas i det ytliga markskiktet. **Detta kan man sedan ta hand om och behandla som ett lågkontaminerat avfall.** Denna hantering är idagsläget ej utklarad, d v s hur och vem som kan utföra detta. Inom projektet för bärgningshandbok för Gripen systemet (flygplan 39) kommer denna fråga att utredas.

## 7 ÖVRIGT MATERIAL OCH FAROR

På en skadeplats kan vissa material vara farliga i sitt normala tillstånd medan andra kan bli farliga efter att ha utsatts för brand eller andra belastningar i samband med luftfartsolycka.

### 7.1 Vanliga material som kan finnas på en haveriplats

- Asbest
- Batterier
- Biologiska faror, inkluderande från människor, toalett och toalettank
- Bränsle
- Damm
- Elektrisk isolering
- Fraktgods
- Handbrandsläckare
- Hydraulvätskor, t ex den fosfaterbaserade vätskan Skydrol®
- Högtryckssystem
- Kadmium
- Kylmedel, kylvätska
- Metalloxider
- Plast
- Radioaktivt material (utarmat uran)
- Silikon av olika slag (vanligen tätningsmedel)
- Skumgummi
- Smörjmedel, oljor
- Spolarvätska
- Syrgas, syrgasflaskor, syrgasgeneratorer

## 8

### ARBETSGIVARANSVAR

En haveriplats är för ordinarie räddningspersonal en arbetsplats och lagen om arbetsskadeförsäkring gäller. För övriga medverkande såsom frivilliga och de som beordrats delta på grund av beslut av räddningsledaren (ingrepp i annans rätt) gäller skydd enligt lagen om statligt personskadeskydd (1977:265).

## 9

### REFERENSER

- CSM Materialteknik
- Arbetsmiljöaspekter vid brand i kolfiberkomposit i samband med flygplanshaveri, examensarbete Linköpings Hälsouniversitet
- Doctus AB
- Post Crash Management Systems (UK)
- Advanced Composites/Advanced Aerospace Materials (US)
- International Aviation Fire Protection Association (UK)
- Aircraft Composite Materials (US)
- AFS 1996:4 Härdplaster
- HM Fire Service Inspectorate Fire Service Manual Volume 2 Fire Service Operations Aircraft Incidents (UK)



## **BILAGA 1**

Faror associerade till kolfibermaterial (Dear Chiefs Officers Letter (10/1991))

1. Nya erfarenheter från RAF (Royal Air Force) visar att det kan finnas en hälsorisk förknippad med kolfiberkompositer.
2. Kolfiberkompositer av lättviktiga och starka fibrer används mer och mer i byggandet av moderna flygplan. De är extra vanliga i segelflyg och militärflyg.
3. Ett flertal olika ämnen används vid tillverkningen av kompositer. Den vanligaste typen är bindningsämnet epoxy, annat lim, diglycidyl eter av bifenol som är irriterande för ögon och hud. Polyurethan och fenol/formaldehyd komponenter används också. De innehåller Toluene diisocyanid som är irriterande för huden.
4. Den största risken som uppstår för brandmännen är när sammansättningen av komponenterna går isär efter en krasch. Kompositerna finns kvar i en friare form som lätt frigörs vid beröring. Det är inte troligt att fibrerna kan inandas i den storleken utan kan istället förorsaka stick och traumatisk dermatit liknande den vid glasfiber. Kompositfibrerna kan ta upp alla ämnen som finns runt omkring på skadeplatsen och föra dessa med sig. Det kan orsaka att ämnena hamnar i kroppen via kompositsticken. Det är också möjligt att fibrerna kan färdas långt från haveriplatsen efter en krasch.
5. Skyddsdräkter och andningsapparater bör användas vid en skadeplats där ett flygplan varit inblandat. Våt dekontaminering är nödvändig och all utrustning måste tas om hand av en specialiserad firma. Brandmännen ska följa Fire Service Manual Volume 2.

## **BILAGA 2**

Engelsk rekommendation (ur HM Fire Service Inspectorate Fire Service Manual Volume 2 Fire Service Operations Aircraft Incidents (UK) HM Fire Service Inspectorate Fire Service Manual Volume 2 Fire Service Operations Aircraft Incidents (UK))

Utbildning angående farorna med kompositmaterial bör tillhandahållas för:

- Räddningstjänsten
  - Utformare av katastrofplaner
  - Flygplatspolis
  - Flygplatstjänstemän
  - Tekniker
  - Miljö och hälsovårdstjänstemän
1. Skapa en informations-databas angående farorna med flygplan.
  2. Skapa en gemensam handlingsplan för räddningstjänsten i handhavande av dessa faror. Beakta ICAO (genom Annex 13).
  3. Designa bättre kemskyddsdräkter för att förbättra skyddet för brandmännen samt klädsel för övriga inblandade organisationer.
  4. Upprätthåll ett nära samarbete mellan olika grupper som flygplatser och lokal räddningstjänst, katastrofplanerare, polisen, ambulansorganisationer och haverikommissionen.

Saker som räddningsledaren bör överväga på haveriplatsen:

- Kommer brandmän behövas på platsen efter att släck- och räddningsfaserna är utförda
- Vilken skyddsutrustning kommer personal på plats att behöva
- Luften i motvind i relation till haveriplatsen kan vara omöjlig att andas, stå med vinden i ryggen
- Ha bara en in/utväg till skadeplatsen, denna bör ligga minst åtta meter från brunnen eller skadad komposit
- Fundera på att använda andningsskydd
- Vilka delar av flygplanet har skadats som kan tänkas innehålla kompositmaterial
- Håll antalet personer på plats till ett minimum

- Ha strikt kontroll på den innersta delen av haveriplatsen
- Tala igenom händelserna med personalen grundligt efteråt
- Reducera risken för att sprida kompositer - Fin vattendimma
- Vattenbaserad dämpare
- Skumtäck
- Polyetenskikt
- Våt sanering, men låt inte vattnet rinna bort
- Utsanering måste ske av alla som utsatts för kompositer eller vid misstanke därom
- Konsultera: Haverikommissionen, miljö och hälsovårdsmyndigheter och specialister på sanering
- Fundera på evakuering av närbelägna byggnader
- Behov av att bogsera bort luftfartyg i närheten med tanke på risk för kontamination
- Behov av att täta luftintag på luftfartyg, terminaler, andra byggnader etc i närheten

## **BILAGA 3**

Sammanfattning biologiska och psykiska faror (från Post Crash Management Systems (UK))

### **Biologiska**

Om haveriet lett till personskador eller dödsfall och det finns blod och/eller andra kroppsvätskor på haveriplatsen måste all personal vara ytterst försiktig så att de inte utsätter sig för virusinfektioner från t.ex. HIV (som förorsakar AIDS) eller hepatit. Man räknar med att i Europa en person av 80 bär på HIV-virus och en av 40 bär på hepatitvirus. I vissa afrikanska länder är frekvenserna mycket högre. Förenklat och mycket approximativt kan man beträffande ett haveri säga följande: Med upp till 70 dödsfall är det MÖJLIGT att en av de omkomna bar på HIV-virus.

Med över 70 dödsfall är det SANNOLIKT att en av de omkomna bar på HIV-virus.

Med upp till 30 dödsfall är det MÖJLIGT att en av de omkomna bar på hepatitvirus.

Med över 30 dödsfall är det SANNOLIKT att en av de omkomna bar på hepatitvirus.

**HIV och AIDS:** Få sjukdomar har väckt så mycket allmän uppmärksamhet och så stor fruktan som AIDS. Sjukdomen förorsakas av endera av de två virusen HIV-1 eller HIV-2 och sprids normalt via sexuella kontakter eller via kontaminerade injektionsprutor. Den har drabbat sjukvårdspersonal som stuckit sig på kontaminerade nålar och i några få fall har viruset kommit in i kroppen via ett skrubbsår eller motsvarande. För närvarande finns inget botemedel och alla drabbade dör till slut av sin sjukdom. Det finns för närvarande ingen vaccination som skyddar mot HIV-virus.

Emellertid är HIV-viruset mycket ömtåligt utanför kroppen och överlever här inte länge nog för att utgöra någon risk för räddningspersonal. På en haveriplats är alltså risken med HIV-virus liten.

**Hepatit:** Det finns flera olika typer av hepatitvirus, de flesta av dem angriper levern och i en del fall med dödlig utgång. Till skillnad från HIV-virus är hepatitvirus mycket tåliga och på en haveriplats kan fortfarande efter flera veckor kontaminerade kläder eller vrakdelar utgöra ett hot. Om kroppsdelar eller kroppsvätskor finns närvarande måste man räkna med att det föreligger en hepatitrisk. Det finns vaccin som skyddar mot Hepatit A och B.

Andra Bio-faror som kan förekomma på en haveriplats är:

- Stelkramp
- Tyfus
- Polio
- Hjärnhinneinflammation

### **Psykiska**

Dessa risker är mindre påtagliga än andra nämnda men är icke desto mindre verkliga och måste tas på allvar. Symptomen kan variera och bland dem kan nämnas:

- Fuktan
- Förvirring
- Motsättningar
- Traumatisk stress
- Trötthet
- Missmod
- Nervöst betingad utmattning.

Dessa symptom kan utlösas av:

- Lukt
- Smak
- Beröring
- Synintryck
- Ljud
- Minnesbilder

De psykiska riskerna kan minimeras genom kunskap, utbildning och god ledning. I efterhand kan kvarvarande psykiska besvär och stress lindras med hjälp av samtalsterapi och eventuellt behandling på lite längre sikt.

**MEDICINSKA ASPEKTER PÅ BRAND I**  
**ADVANCED COMPOSITE MATERIAL**

**Curt L. Malmsten**

Leg. läk, docent i medicinsk och fysiologisk kemi, brandmästare.

Sammanställning utförd på uppdrag av: Luftfartsverket,  
Brand- och Räddningsskolan.

## I INLEDNING

Kompositer utgör en fysikalisk sammansättning av två eller flera komponenter där de ingående komponenterna behåller sina egenskaper trots att de bygger upp en definierad produkt (t.ex. armerad betong, fiberglas). Man kan därigenom kombinera egenskaperna hos de ingående komponenterna.

Advanced Composite Material (ACM) är en snabbt växande grupp av material som kännetecknas av extrem styrka och hårdhet kombinerat med låg vikt, högt motstånd mot korrosionsangrepp samt specifika värmeegenskaper och elektriska egenskaper.

Liksom övriga kompositer byggs ACM upp av fibermaterial (t.ex. grafit, bor, aramid, kvarts, polyakrylnitril) som omslutes av en sammanhållande massa s.k. matrix (t.ex. epoxy, cyanatester). Ofta ingår också härdare i någon form (t.ex. aromatiska aminer, diaminodifenylsulfon).

Såväl inom flygindustrin som för övrigt inom samhället ökar användningar av ACM drastiskt. Det bör dock betonas att ACM utgör en mycket heterogen grupp vilket gör att någon entydig generell riskbild ej kan anges ur medicinsk synvinkel.

Utöver dessa nya kompositmaterial finns inom flygindustrin idag högspecialiserade material som uppfyller särskilt ställda krav, men vilka till sin kemiska konstruktion ej är kompositer. Beryllium och utbränt uran (DU) är sådana exempel. De risker som är förenade med dessa material faller dock utanför denna sammanställning.

I sin grundform utgör ACM på intet sätt någon speciell risk för människa eller miljö. Vid mekanisk och/eller termisk påverkan kan dock riskfaktorer uppstå vilka till viss del skiljer sig ifrån då andra material utsätts för mekanisk eller termisk påverkan.

Därigenom krävs till viss del andra arbetsmetoder och annan skyddsteknik i detta fall än vid bränder eller mekanisk påverkan av andra material.

En sak som skiljer termisk eller mekanisk destruktions av ACM från andra olycksituationer är risken för kvarstående skadliga faktorer långt efter det akuta räddningsarbetet avslutats. Utrednings-, röjnings- och saneringspersonal kan således utsättas för en avsevärd riskmiljö, vilken skiljer sig från den med motsvarande olyckor men med andra material inblandande.

Risksituationerna kan indelas i fyra olika grupper:

1. Material är relativt opåverkat av mekanisk eller termisk energi, men måste angripas av räddningstekniska skäl eller för utredning, röjning och sanering (t.ex. kapning, slipning)
2. Material har blivit utsatt för avsevärd mekanisk energi (t.ex. haveri) men någon antändning har ej skett.
3. Materialet har ej blivit utsatt för någon större mekanisk energi men väl begränsad brand där temperaturen bedöms understiga 500 °C
4. Totalhaveri med stor mekanisk påverkan på materialet samt med fullt utvecklade brand av flygbränsle med temperatur uppskattad till mer än 500 °C (ofta upp emot 1000 °C).

Riskparametrarna skiljer sig avsevärt mellan de olika fallen. Dessutom påverkas riskbildningen väsentligt av vilken kemisk sammansättning ACM i det aktuella fallet består av.

## **1. MATERIALET ÄR OPÅVERKAT AV TERMISK ELLER MEKANISK ENERGI** (men man måste kapa, skära eller slipa i detsamma).

I denna situation kan man förvänta sig att matrix är intakt och ej avger några gasformiga produkter. Härigenom stabiliseras fibermaterialet och det är endast vid själva angreppsytan som fritt fibermaterial kommer att exponeras.

Det blottlagda fiberskiktet kan ge upphov till mycket vassa kanter som i sin tur kan ge hudskador. Dessa kompliceras inte sällan av en inflammatorisk reaktion ("främmande kroppsreaktion"). Som skydd mot denna typ av skador bör personalen använda läderhandskar och tät klädsel.

Vid den mekaniska bearbetningen kan man också befara att en begränsad mängd fibrer bryts av i ytskiktet och förkommer som luftburna partiklar, Dessa partiklar kan vara mycket vassa och därigenom förorsaka irritation i ögon, näsa, svalg samt på exponerad hud. Utöver tät klädsel bör därför andningsskydd (minst filtermask) och skyddsglasögon bäras.

Fotbeklädning bör vara skyddsstövlar med stålskydd (trampskydd och tåhättor). För att underlätta efterföljande sanering kan skoskydd användas.

Eftersom fibermaterialet i detta fall ej genomgått en generell dekomposition kan man förvänta sig partiklar av relativt stort format (diameter > 5 µm i längd > 40 µm) d.v.s. så stora att de i stor omfattning ej förmår att penetrera ned i de djupa andningsvägarna (lungalveolerna och mindre bronker). Risken för påverkan av de djupa andningsvägarna är därför i denna situation mindre uttalad.

Genom att fiberpartiklarna är relativt stora och att det ej föreligger någon luftuppvärmning kan man förvänta sig ett relativt begränsat riskområde. Vid stiltje kan man räkna med en radie på 10 m för avspärning. Vindskydd kan vara befogat för att begränsa spridning. Självfallet skall nedfallna partiklar ej omhändertas med sopning som virvlar upp material i onödan. Partiklarna binds istället lämpligen genom lätt vattendimma eller skumbegjutning. Eventuellt kan dammsugare med ett speciellt filter användas.

Efter slutfört arbete skall de som arbetat inom riskzonen saneras<sup>1</sup>. Normalt räcker det med att det yttersta klädlagret avtages och omhändertas för sanering (tvätt). Andningsskydd och stövlar sköljes noga med vatten. Huden på dem som vistats i riskzonen inspekteras noga för tecken på irritation. Vid tecken till hudirritation helkroppssanering och eventuellt till läkare för antiinflammatorisk behandling.

Om drabbad allmänhet finns inom riskområdet och ej kan avlägsnas p.g.a. fastklämning eller skador skall dessa om möjligt skyddas och omhändertas på samma sätt som personalen. (andningsskydd, ögonskydd, övertäckning av bar hud, sanering). Särskilt viktigt är övertäckning av öppna sårskador.

De problem denna form av exponering innebär för människa är med stor sannolikhet av akut natur (irritation, sveda o.s.v.). Någon större risk för senkomplikationer kan ej anses föreligga. Kontamination av de öppna sårskador kan dock avsevärt försvåra läkningsprocessen p.g.a. inflammatorisk reaktion.

---

<sup>1</sup> Detta sker innan personalen lämnar det område som klassats som riskområde.



## **1. MATERIALET ÄR OPÅVERKAT AV TERMISK ELLER MEKANISK ENERGI,** men man måste bearbeta med kapning eller slipning.

Riskzon:

- \* ett område med 10 m radie avspärras (vid stiltje; vid vind tag hänsyn till vindstyrka och vindriktning).
- \* ev. vindsydd för att begränsa spridningsbilden av partiklar
- \* ev. begjutning med lätt vattendimma, skum, eller utspädd vaxlösning för att begränsa partikelspridning.
- \* Vid arbete får ej andra moment genomföras vilka medför luftrörelser (sopning, överflygning o.s.v.)

Skyddsklädsel:

- \* tät klädsel (brandklädsel, kemoverall, tät saneringsklädsel...)
- \* läderhandskar
- \* andningsskydd (minst filtermask med universalfilter)
- \* skyddsglasögon
- \* skyddsstövlar (ev. skoskydd)

Sanering:

- \* det yttersta klädlagret avtages och omhändertas för sanering (tvätt)
- \* stövlar, handskar och andningsskydd spolås/torkas noggrant (ev. dammsugning med specialfilter).
- \* huden inspekteras för tecken på irritation.
- \* vid tecken på irritation på huden helkroppssanering (ev. sedan till läkare för antiinflammatorisk behandling)

Skadade:

- \* om möjligt flytta skadade från riskområdet innan kapning eller annan bearbetning av ACM påbörjas
- \* om den skadade ej kan flyttas täck öppna sårskador (helst tejpa över plast)
- \* andningsskydd och skyddsglasögon
- \* skydda bara hudytor genom övertäckning (tjock plast hellre än filt!)
- Plastad filt är ett bra alternativ
- \* sanering på samma sätt som för personal som vistats inom riskområdet.

## **2. MATERIALET HAR BLIVIT UTSATT FÖR AVSEVÄRD MEKANISK ENERGI,** **MEN NÅGON ANTÄNDNING HAR EJ SKETT.**

Vid ett flyghaveri kan befaras att en stor mängd rörelseenergi momentant omvandlas till mekanisk energi. De fibrer som ingår i ACM kan därigenom befaras till stor del ha genomgått en mekanisk destruktion där hållfasthetsegenskaper väsentligt reducerats.

Vid nedslaget kan man också befara att flygplansdelar är spridda över ett större område. De frakturerade delarna är sannolikt också försedda med oregelbundna brottytor där vassa fibrer är fritt exponerade. Dessa vassa ytor liksom det faktum att konstruktionen ej har den hållfasthet man kanske förväntar sig innebär att räddningspersonal (och i senare skede även polis och utredare) kan komma till skada.

Vid nedslaget kan också människor befaras ha skadats allvarligt eller helt krossats. Man kan därför räkna med att olycksplatsen i detta fall även har en biologisk riskfaktor (t.ex. HIV, hepatit m.m.).

Eftersom den stora mekaniska energin destruerat fibermaterialet kan man i denna situation befara en relativt hög koncentration av fiberfragment. Det kan också förutsättas att en hel del av dessa är så små att de relativt länge kan hålla sig svävande i luften. Vidare gör deras ringa storlek att de har relativt lätt att tränga ner i de djupa andningsvägarna (alveoler och små bronker) och där ge upphov till en vävnadsreaktion, med hosta och andnöd (allergisk betingad).

## **2. MATERIALET HAR BLIVIT UTSATT FÖR AVSEVÄRD MEKANISK ENERGI MEN NÅGON ANTÄNDNING HAR EJ SKETT**

Första uppgift:

- \* se till att personer som vistats i skadeområdet direkt avlägsnas om de kan gå själva. Samla dem på ett ställe för senare sanering.
- \* överblicka skadeområdet (rekognosera). Föreligger risk för brand eller explosion? Finns ACM? Finns skadade?
- \* rapportera skadans omfattning bakåt för förstärkning och hjälp med specialresurser
- \* upprätta ledningsplats på säkert avstånd från själva skadeplatsen.
- \* förbjud all oskyddad personal och allmänhet att vistas på vindsidan av olycksplatsen
- \* förbjud alla luftrörelser ovan och omkring olycksplatsen (200 m ovan marknivå och 300 i sidled), särskilt gäller detta helikoptrar.

Riskzon:

- \* riskzon upprättas så att alla delar med ACM detaljer infattas med en marginal på 20 m (vid stiltje: vid vind tag hänsyn till vindstyrkan och vindriktning)
- \* definiera var all in- och utpassering till riskområdet ska ske
- \* arrangera för saneringsplats i anslutning till utpassering
- \* ev. begjutning med lätt vattendimma, skum eller utspädd vaxlösning för att begränsa partikelspridning (OBS! Ej hård stråle!!!)
- \* ev. plastinneslutning av identifierat ACM

Skyddsklädsel:  
(akut skede)

- \* tät klädsel (brandklädsel) . Ej kemoverall eller saneringsoverall om brandrisk ej kan uteslutas!!!
- \* läderhandskar
- \* andningsskydd med övertryck (friskluftsapparat)
- \* skyddsstövlar

Sanering:

- \* det yttersta klädlagret avtages och omhändertages för sanering (tvätt)
- \* stövlar, handskar och andningsskydd spolas/torkas noggrant (ev. dammsugning med special filter)
- \* huden inspekteras för tecken på irritation
- \* Vid tecken på irritation på huden helkroppssanering (ev. senare till läkare för antiinflammatorisk bedömning)
- \* risk för biologisk kontamination ( ev. till läkare för antidot)

Skyddsklädsel:

- \* tät klädsel (kemoverall, saneringsklädsel)
- \* läderhandskar
- \* andningsskydd (minst filtermask med universalfilter)
- \* skyddsglasögon
- \* skyddsstövlar (ev. med skoskydd)

Sanering som ovan!

Skadade:

- \* skadade flyttas snarast till saneringsplatsen. Endast direkt livräddande åtgärder enligt ABC- principen utföres inom riskområdet (stopp av omfattande blödning, upprätta fria andningsvägar...)
- \* om yttre omständigheter gör att skadade ej kan flyttas skyddas deras andningsvägar med andningsskydd
- \* kläder klippes av på sanerings platsen och huden saneras
- \* öppna sårskador saneras genom försiktig vattenspolning. Någon aktiv sårrensning bör ej ske (risk för att fibermaterial penetrerar in på djupet!)
- \* Skadade med andningsbesvär ges om möjligt oxygen och prioriteras i skadeplatspanoramata

### **3. MATERIALET HAR EJ BLIVIT UTSATT FÖR MEKANISK PÅVERKAN MEN BRAND MED TEMP. < 500 °C**

En annan skadesituation som kan uppstå är en begränsad brand utan att någon mekanisk påverkan föreligger t.ex. kabelbrand, brand i passagerar- eller lastutrymme eller yttre brand i flygbränsle som snabbt bringas under kontroll.

Temperaturhöjningen kan här förväntas att bli måttlig (< 500 °C) och tidsaspekten likaså begränsad. Under dessa förhållanden kan fibermaterialet förbli relativt stabilt medan epoximatrisen genomgår en gradvis degradering (först depolymerisation sedan nedbrytning och förångning). Vid temperaturer under 500 °C smälter normalt inte epoxyplasten utan den sönderdelas. När epoxyplasterna sönderdelas bildar de mindre fragment som aldehyder, ketoner och organiska syror. Således kan man i princip alltid påvisa formaldehyd och ättiksyra då epoxyplast upphettas.

Utöver rena gasformiga produkten uppstår vid förbränning sot. I princip kan man säga att ju mer bränslerik branden är i förhållande till syretillgång ju mer sotpartiklar bildas. Vid fullständig förbränning till koldioxid och vattenånga uppstår minimalt med sot. Inuti en flygplanskropp kan syretillgången förväntas vara starkt begränsad varför en kraftig bildning av sotpartiklar kan uppstå.

Sotpartiklar kan tränga djupt ned i andningsvägarna genom att de är mycket små med en diameter på ca 10 – 50 nm med en mer eller mindre uttalad sfärisk konfiguration. Genom sin ringa storlek kan kroppen utandas sotpartiklar till stor del även om en hel del stannar i lungalveolerna. De partiklar som stannar kvar i de djupa andningsvägarna kommer till stor del att tas om hand av lungmakrofagerna. I motsats till vissa andra partikulära material förorsakar sotpartiklar ingen lungpåverkan (s.k. pneumokonios).

Risken med sotpartiklar är istället att de fungerar som bärare av gasformiga substanser och får dem att bli kvar nere i andningsvägarnas djup. Små molekyler som annars ej skulle stanna kvar får därigenom ökad exponeringstid. Sådana substanser är 2- propenal (akrolein), 2- propen- 1- ol, acetaldehyd, formaldehyd och ättiksyra. Fler av dessa substanser är kraftigt irriterande för såväl hud som andningsvägar. Vissa är direkt lungskadande (t.ex. akrolein). Dessa substanser frigörs redan vid relativt låga temperaturer ur epoxy- plasten (< 300 °C).

Vid högre förbränningstemperaturer (300 – 500 °C) ökar massförstörelsen. I gasform frigörs nu en mängd kväveinnehållande föreningar och cykliska kolväten (t.ex. anilin, bensen, isokinolin, 8- metyl- kinolin). Många av dessa substanser är kraftigt irriterande på ögon, hud och slemhinnor. Vid dessa temperaturer frigörs också svaveldioxid ur matrix.

Vid dessa begränsade temperaturer ( < 500 °C ) kan man räkna med att fibermassan endast påverkas i begränsad omfattning och risken för spridning av små partiklar är relativt begränsad.

Om brandförloppet skett med begränsad syretillgång (t.ex. inne i flygplanskroppen) kan man också befara en ofullständig förbränning med höga halter av CO. Risken för höga halter av polycykliska kolväten kan ej heller uteslutas.

### **3. MATERIALET HAR EJ BLIVIT UTSATT FÖR MEKANISK PÅVERKAN MEN BEGRÄNSAD BRAND MED TEMP. < 500 °C**

Första uppgifter:

- \* begränsa och släck branden snarast
- \* se till att personer inom skadeområdet direkt avlägsnas om de kan gå själva
- \* överblicka skadeområdet (rekognosera). Finns skadade kvar? Identifiera ACM- material
- \* rapportera skadans omfattning bakåt för förstärkning och hjälp med specialresurser
- \* upprätta ledningsplats på säkert avstånd från skadeplatsen.
- \* förbjud all oskyddad personal och allmänhet att vistas på vindsidan av olycksplatsen
- \* fortsätt kyl ACM för att begränsa gasbildning, helst ned under 150 °C

Riskzon:

- \* riskzon upprättas så att alla ACM- detaljer infattas med en marginal på 20 m
- \* definiera var all in- och utpassering till riskområdet ska ske
- \* förbered för saneringsplats vid behov
- \* ev. plastinneslutning av identifierat ACM

Skyddsklädsel:  
(akut skede)

- \* tät brandklädsel
- \* läderhandskar
- \* andningsskydd med övertryck (friskluftsapparat)
- \* skyddsstövlar

Sanering:

- \* endast personer som företer tecken på irritation på huden(eller ögon, näsa, svalg) saneras

Skyddsklädsel:  
(sanerings- och utrednings- fas)

- \* överdragsklädsel (kemoverall saneringsdräkt eller engångsdräkt i papper)
- \* kraftiga gummihandskar (ej latex)
- \* andningsmask (minst pappersmask men hellre filtermask med universalfilter)
- \* skyddsglasögon
- \* skyddsstövlar (ev. med skoskydd)

Skadade:

- \* skadade flyttas snarast från olycksplatsen till uppsamlingsplats för

skadade via saneringsplats (för bedömning av eventuellt saneringsbehov). Endast direkt livräddande åtgärder enligt ABC-principen utföres inom riskområdet

- \* om yttre omständigheter gör att skadade ej kan flyttas skyddas deras andningsvägar med andningsskydd
- \* traumaskador behandlas på sedvanligt sätt
- \* skadade med andningsbesvär ges om möjligt oxygen och prioriteras i skadepanoramat.

I princip skiljer sig denna situation ej väsentligen från arbetssituationen vid en vanlig brandplats.

#### **4. TOTALHAVERI MED STOR MEKANISK PÅVERKAN PÅ MATERIALET MED FULLT UTVECKLAD BRAND MED TEMP. > 500 °C**

**En total olycka med såväl kraftig mekanisk påverkan som stark värmepåverkan (antändning av flygbränslet) är givetvis den svåraste situationen.**

Den mekaniska påverkan innebär att ett stort antal fria brottytor exponeras samt att fibermaterial till stor del mekaniskt sönderdelas, med stor risk för gravt nedsatt hållfasthet som konsekvens.

Vid brand i flygbränslet kan temperaturen väsentligt överstiga 500 °C. Temperaturer på upp emot 1500 °C har angivits som rimliga i dessa situationer. Vid dessa höga temperaturer kommer det relativt inerta fibermaterialet att påverkas. Genom den starka uppvärmningen kommer sönderdelningen av materialet att ske med avgivande av ofta brännbara gaser (pyrolys). I en syrerik miljö kan dessa gaser antändas i en oxidationsprocess (förbränning). Vid förbränning av fibermaterialet fragmenteras detta och många små fragment kan förväntas undgå förbränning. Istället följer dessa med den uppvärmda luftmassan och sprids i omgivningen. De partiklar som bildas i denna situation har en mindre diameter och är kortare än de partiklar som uppstår än de partiklar som uppstår vid enbart mekanisk påverkan. Till stor del har dessa partiklar sådana egenskaper att de kan tränga ned i de djupa andningsvägarna. Personer som oskyddade vistas i närområdet kan därför befaras få kontaminations av såväl ögon, näsa och svalg som de djupa andningsvägarna. Vid dessa höga temperaturer kan aluminium smälta och ett flertal irriterande och giftiga metalloxider kan föreligga. Ur praktisk synpunkt kan en olycksplats under dessa omständigheter betraktas som en kemikalieolycka med brand. Väsentliga delar av den organisation och de arbetsmetoder som tillämpas vid en sådan kan också appliceras på en olycka av denna typ. Det bör dock uppmärksammas att flyghaverisituationer med fullt utbruten brand i vissa väsentliga avseenden skiljer sig från en vanlig kemikalieolycka.

Sanerings- och utredningsarbetet bör ej vidtagas förrän temperaturen i misstänkt ACM sänkts under 150 °C. Även vid temperaturer under detta bör en hög skyddsnivå tillämpas då det föreligger stor risk för hög halt av fiberpartiklar som på sin yta binder irriterande och giftiga kemiska produkter. Risken för biologisk smitta bör också beaktas ur denna synpunkt.

#### 4. TOTAL HAVERI MED STOR MEKANISK PÅVERKAN PÅ MATERIALET OCH MED FULLT UTVECKLAD BRAND MED TEMP > 500 °C

Första uppgifter:

- \* Se till att personer som vistats i skadeområdet direkt avlägsnas om de kan gå själva. Samla den på ett ställe för senare sanering.
- \* begränsa och släck branden. Undvik högt tryck och slutna stråle för att begränsa spridning av partikulärt material. För punktbränder kan handbrandssläckare bli nödvändigt
- \* gör insatsen med vinden i ryggen så att personalen exponeras för så lite rök som möjligt. Var beredd att ändra angreppsväg om vindriktning ändras!
- \* Skicka endast in personal med korrekt skyddsklädsel i skadeområdet
- \* Överblicka skadeområdet (rekognosera). Föreligger risk för förnyad brand eller explosion? Finns misstankar om ACM och i så fall var? Finns skadade inom området som själva ej kunnat förflytta sig ut
- \* upprätta ledningsplats på säkert avstånd från själva skadeplatsen. En tydlig ledningsfunktion kommer att bli väsentlig!
- \* förbjud all oskyddad personal och allmänhet att vistas på vindsidan av olycksplatsen
- \* förbjud alla luftrörelser ovan och omkring olycksplatsen (200 m ovan marknivån och minst 300 m utanför område som kommer att betraktas som riskzon. Särskilt gäller detta helikoptrar.
- \* undvik att dra brandlangar och annan utrustning genom vrakrester och område som betraktas som kontaminerat. Använd alltid kortaste angreppsväg!
- \* förbered evakuering av skadade ut ur riskzonen (till saneringsplats) bedöm utifrån väderförhållanden och geografiska omständigheter vart partikulärt material som lämnat branden med rökplymer kan tänkas deponeras (Detta område skall också betraktas som riskzon)

Riskzon:

- \* riskzon avspärras så snart alla delar med ACM- detaljer innefattas med en marginal på minst 20 m vid stiltje. Vid vind tag hänsyn till styrka, riktning och rådande geografiska förhållanden
- \* definiera var all in- och utpassering till riskzonen skall ske
- \* arrangera för saneringsplats i anslutning till utpasseringen. Personal vid saneringsplats skall bära full skyddsutrustning samt ha tillgång till vatten för sanering (helst tempererat). Vid saneringsplatsen skall också finnas tillgång till plastsäckar för uppsamling av kontaminerade persedlar samt rikligt med plastade filter för att förhindra hypotermi.
- \* aktiv sjukvård skall ej bedrivas på saneringsplatsen. Särskild uppsamlingsplats för skadade upprättas i anslutning till saneringsslussen. Först på uppsamlingsplatsen övertar sjukvårdens personal ansvaret för vård av de skadade.
- \* för att begränsa spridning av partikulärt material, och därmed i viss utsträckning också begränsa riskzonen, kan begjutning ske med lätt vattendimma, skum eller en utspädd vaxlösning (OBS! Påföring får ej ske med hård stråle så att partiklar virvlar upp!!!)
- \* separata ACM delar kan också plastas in

<u>Skyddsklädsel:</u> (akutskede)	<ul style="list-style-type: none"> <li>* tät brandklädsel inkl. hjälm</li> <li>* läderhandskar (helst 2-skipts)</li> <li>* andningsskydd med övertryck (friskluftsapparat)</li> <li>* skyddsstövlar</li> </ul>
<u>Sanering:</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* det yttersta klädlagret avtages och omhändertages för tvätt</li> <li>* stövlar, handskar och andningsskydd spolras och torkas noggrant</li> <li>* huden inspekteras för tecken på irritation</li> <li>* vid tecken på hudirritation helkroppssanering (ev. senare till läkare för antiinflammatorisk behandling)</li> <li>* beakta risk för biologisk kontamination (blod och vävnadsrester kan lätt förbises i vrakmassorna) Ev. till läkare för behandling vid misstanke om biologisk kontamination</li> <li>* observera att även fordon och övrig utrustning som befunnits inom riskområdet måste saneras!</li> </ul>
<u>Skyddsklädsel:</u> (sanerings- och utredningsfas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>*tät klädsel (kemoverall eller saneringsdräkt). Engångsdräkt i papper är ej tillfyllest i denna situation</li> <li>* läderhandskar</li> <li>* andningsskydd (minst filtermask med universalfilter)</li> <li>* täta skyddsglasögon</li> <li>* skyddsstövlar (ev. med skoskydd)</li> </ul> <p>Sanering som ovan.</p>
<u>Skadade:</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* skadade flyttas snarast till saneringsplatsen. Endast direkt livräddande åtgärder enligt ABC- principen kan utföras inom riskområdet (stopp av omfattande blödning, upprätta fria andningsvägar)</li> <li>* om yttre omständigheter gör att skadade ej kan flyttas ut ur riskzonen skyddas deras andningsvägar med andningsskydd (minst filtermask med universalfilter).</li> <li>* kläder klippes av på saneringsplatsen och huden saneras med mjuk vattenstråle</li> <li>* öppna sårskador saneras genom försiktig vattenspolning. Någon aktiv sårrengöring bör ej ske (med tanke på risk för att partikulärt fibermaterial penetrerar in på djupet)</li> <li>* efter sanering inbäddas den sanerade i plastade filter för att motverka hypotermi. Plasten gör att partikulärt förhindras från spridning. Plasten utgör också skydd mot vind och väta utifrån.</li> </ul>

En räddningsinsats vid ett omfattande totalhaveri med brand kan förväntas pågå under en relativt lång tidsperiod och kräva stora materiella och personella resurser. För att kunna upprätthålla en organisation med rent och kontaminerat område krävs en distinkt ledningsfunktion och en väl utformad informationsrutin.

## MEDICINSKA ASPEKTER

**I vad avseende skiljer sig då ett totalhaveri med brand i ACM- material från en vanlig brandplats? Självfallet måste det initiala brandangreppet ske på sedvanligt sätt. Det är först då huvudbranden släckts som man har möjlighet till att ta hänsyn till eventuell förekomst av ACM eller andra speciella risker.**

De brandgaser som bildas vid brand i ACM skiljer sig inte avsevärt från vad som föreligger vid en normal rumsbrand. De sannolikt högre temperaturer och grundmaterialets kemiska egenskaper gör dock att man får betydligt högre halt av kväveinnehållande ämnen som anilin, kinolin och p- aminotoluen. Samtliga är ämnen som redan efter korttids exponering kan förorsaka temporär eller övrig skada (även om snabb medicinsk behandling sätts in). Även om dessa gaser kan förväntas uppnå en nivå som är direkt skadlig för människa, kan man dock förvänta sig att koncentration snabbt sjunker efter att branden släckts och att temperaturen av brandhärden sänkts till under 150 °C. Den naturliga luftomsättningen kommer också att snabbt späda ut koncentrationen till sådan nivå att risk för skador på människa är mycket liten. Möjligen kan höga koncentrationer kvarstå i fickor av brandhärden och därmed ger risk för skada på människa även i ett längre tidsperspektiv. Räddningspersonal med adekvat skyddsklädsel bör dock effektivt kunna skyddas mot dessa gaser. För drabbad allmänhet inom skadeområdet vilka oskyddade exponeras för dessa gaser kan situationen givetvis vara radikalt annorlunda.

Genom den högre förbränningstemperaturen och grundmaterialets kemiska sammansättning kan man vid brand i ACM- material förvänta sig en förhöjd halt och delvis annorlunda bild av skadliga gasers inverkan på människa.

Dessa skadliga gaser förväntas i ett akut skede kunna ge symtom i form av:

- ögonirritation
- sveda munöppning, näsa och svalg
- besvär från andningsvägarna

Dessutom kan förväntas att vissa människor utvecklar en allergen reaktion (allergi) i någon form mot aktuella substanser med symtom i form av ögonirritation (conjunctivt) näsa och svalg (rhinit) eller andningsvägarna (bronkit astma). Det kan ej heller uteslutas att miljön framkallar en psykogen reaktion t.ex. upplevda andningsbesvär utan att det föreligger en egentlig allergisk reaktion. Dessa psykogena reaktioner kan i ett akut skede vara mycket svåra skilja från en akut allergisk vävnadsreaktion.

Medicinska besvär som kan förorsakas av gaser från nedbrytning eller förbränning av ACM-material:

- ögonirritation
- sveda från munöppning, näsa och svalg
- besvär från allergen reaktion
- psykogen reaktion



Effekterna av gaserna förstärks genom att de kan bindas till ytan av partikulärt material och därigenom exponeras kroppen för eventuella skadliga faktorer under längre tid.

Vid de flesta bränder bildas sotpartiklar som på detta sätt kan fungera som bärare. Sådana partiklar bildas främst vid ofullständig förbränning. Sotpartiklarna är mycket små sfäriska element vilka ej själva framkallar någon vävnadsreaktion.

Vid brand i ACM bildas också sotpartiklar som vid övriga bränder. Liksom vid övriga bränder avgör förbränningsomständigheterna (bränsle, temperatur och syretillgång) mängd sotpartiklar. Till skillnad mot den vanliga brandplatsen bildas dock vid kraftig mekanisk och termisk påverkan på ACM rikligt med ofullständigt förbrända fragment av kolfiber eller annat fibermaterial. Dessa fragment är mycket vassa och kan med lätthet penetrera hud och slemhinnor. Härvid uppstår en stickande klåda och en inflammatorisk retning. Liksom kolpartiklar kan dessa fiberfragment på sin yta binda substanser vilka i sin tur är irriterande eller giftiga. Det bör också observeras att detta är en fullt möjlig väg för spridning av biologisk smitta (t.ex. hepatit och HIV).

I motsats till vid vanlig brand bildas vid förbränning av ACM vassa fiberfragment vilka kan penetrera hud och slemhinnor. Dessa fragment kan också på sin yta bära irriterande eller giftiga kemiska ämnen samt öppna infartsvägar för biologiska smittämnen.

De fiberfragment som kan bildas vid brand i ACM-material är en av sådan storlek att de kan tränga ända ned i lungalveolerna. Samtidigt är partiklarna så stora att de har en tendens att kvarstanna i lungvävnaden. Partiklarnas form med relativt liten diameter men avsevärt större längd gör också att lungvävnadens normala försvarsaktörer (lungmakrofagerna) ej förmår att destruera detta främmande material – ofta leder istället angrepp till att lungmakrofagerna dör och det främmande materialet fortsätter sin vävnadsretande effekt. Fiberfragmenten kan i detta avseende liknas vid den effekt asbestpartiklar utövar på lungvävnaden.

I ett mer långsiktigt perspektiv leder detta till en bindvävsförhårdnad (fibros) och en minskad lungkapacitet. Två fall av sådan lungpåverkan, vilken sannolikt är förorsakad av inhalation av höga halter av fiberfragment, har redan rapporterats.

Det är alltid påbjudet att skydda andningsvägarna mot irriterande och giftiga gaser samt sotpartiklar vid en brand. Problemet vid mekanisk nedbrytning och / eller termisk destruktion av fibermaterial i ACM är att detta material kommer att kvarstå under lång tid – även långt efter det branden släckts och det akuta räddningsarbetet avslutats. Skaderisken kvarstår därmed på ett helt annat sätt och berör därför också personal som i ett senare skede skall utreda olycksorsak eller röja upp på skadeplatsen.

Efter kraftig mekanisk påverkan och / eller intensiv termisk påverkan på ACM-material kvarstår uttalade hälsorisker även efter det akuta räddningsskedet. Personal med utrednings-, röjnings- och saneringsuppgifter måste därför använda adekvat skyddsutrustning för att förhindra ohälsa såväl ur kortsiktigt som långsiktigt perspektiv.

Ett av de äldsta sambanden mellan exponering för partikulärt material och cancer är den pungen cancer sotare drabbades av i gårngen tid. Detta var en sjukdomsform som i princip enbart drabbade sotare och uppenbarligen var det något i deras arbetsmiljö som utövade en cancerogen verkan. Idag anser vi oss ha goda belegg för att polycykliska kolväten (t.ex. bensopyren) vidhäftade sotpartiklar och därigenom kom att exponeras för hudytan under lång tid. Samma mekanism anses vara orsak till att cigarettrökning ger större risk för lungcancer än piprökning. Sotfragment i cigarettappret fungerar som bärare av skadliga ämnen.

Tidigare har påpekats likheten mellan asbest- partiklar och de fragment som uppstår vid mekanisk och / eller termisk påverkan på ACM- material. Att asbest kan förorsaka förhårdnad av lungvävnad (asbestos) är idag ett välbekant faktum. Likaså är sedan länge känt att denna typ av vävnadsförändring har ett klart samband med utveckling av en speciell form av lungcancer (mesoteliom).

För de lungförändringar som förorsakas av inandning av kiselpartiklar (stendammslunga) eller fragment av torrt hö ("farmers lung") föreligger dock ej något sådant uppenbart samband med cancerutveckling i ett senare skede.

Huruvida den lungpåverkan fiberfragment från ACM- material kan ge också är kopplad till ökad risk för malignitet är idag okänt. Än finns således inga sådana misstänkta fall rapporterade bland personer som exponerats. De djurförsök som genomförts ger ej heller de någon klar indikation på att ökad cancerrisk föreligger.

Man bör dock komma ihåg att ett flertal av de ämnen som påvisats vid termisk destruktion av ACM- material är klassade som misstänkt cancerogena (t.ex. anilin, bensen, 2- metyl bensofuran, propylenoxid, klormetan, etylklorid...). Med fiberfragmenten som bärare kommer individer att utsättas för såväl ökad halt som avsevärt ökad duration av dessa substanser. Det finns också anledning att förmoda att vid en brandsituation (speciellt vid låg syrehalt) bildas en mängd polycykliska kolväten vilka är klassade som cancerogener.

Såväl medicinsk erfarenhet som djurexperimentella resultat ger klar indikation att cancerutveckling normalt ej startar vid enstaka hög exposition för cancerogent ämne utan snarare är en följd av multipla exponeringar (vilka då kan vara av väsentlig lägre halt). Detta anses bero på att kroppen successivt inducerar allt högre kapacitet för enzymssystem som skall metabolisera de aktuella ämnena (vilka själva är en förform till cancerogen d.v.s. precancerogen) till ofarliga substanser. Det är således dessa speciella enzym som omvandlar precarcinogenat till det cancerframkallande ämnet (vilket i sin tur är en mellanform på väg mot omvandlingen till ofarliga ämnen). Ju högre aktivitet som inducerats (genom upprepade exponeringar) hos enzymet ju högre peak- höjd av den farliga mellanformen kan förväntas i den akuta situationen.

Dessa kunskaper är givetvis tröstefulla för de människor som exponeras för dekomponerat ACM- material i hög halt vid något enstaka tillfälle. Risken för cancerutveckling måste i denna situation betraktas som liten.

För personal som yrkesmässigt utsätts för denna miljö är situationen helt annorlunda. Det gäller här att använda arbetsmetoder och skyddsutrustning på sådant sätt att exponering begränsas så mycket som möjligt. (Varje exponering – hur liten den är – måste i denna situation betraktas som en ökad risk för senkomplikationer!).

Även om andningsvägarna utgör ett uppenbart sätt för exponering bör man beakta att hur de farliga ämnena går in i kroppen egentligen är oväsentligt. Många farliga ämnen är tillräckligt fettlösliga för att själva kunna penetrera hudytan (lipofila). Andra ämnen har svårt att penetrera intakt hudytan (hydrofila) men genom att fiberfragmenten skadar hudytan öppnas infartsvägar även för dessa substanser.

Att vid något enstaka tillfälle utsätts för höga halter av nedbrytningsprodukter av ACM-material i samband med t.ex. flyghaveri är sannolikt avsevärt mindre farligt ur cancersynpunkt än många upprepade exponeringar med lägre halt. De som yrkesmässigt vistats på plats med nedbrytningsprodukter av ACM-material måste därför skyddas såväl avseende hudpåverkan som påverkan i andningsvägarna.

## AVSLUTNING

**Utveckling av nya hållfasta och lätta material har gått mycket snabbt. Av naturliga skäl har flygindustrin har intagit en tät position, men dessa nya material sprider sig nu också allt mer inom hela samhället! ACM (Advanced Composite Materials) utgör en heterogen grupp av material med dessa egenskaper.**

I sitt normala tillstånd är ACM ofarligt för människa och miljö. I samband med kraftig mekanisk påverkan och stark värmepåverkan genomgår materialet en nedbrytning som i många avseenden utsätter människor för hälsorisker – både akuta och långsiktiga – som ej föreligger på de flesta andra brandplatser.

Detta innebär i sin tur att arbetet på en olycksplats, där ACM på god grund kan befaras ha dekomponerat p.g.a. termisk och också eventuellt mekanisk energi, måste bedrivas på ett sådant sätt att skador på drabbade och miljö ej förvärras och att personal skyddas på ett effektivt sätt.

Den organisation som krävs för att hantera denna situation har i det akuta skedet stora likheter med den vid en kemisk olycka med hälsofarliga kemikalier.

Det känns angeläget att denna information om de speciella risker som föreligger i samband med brand och mekanisk påverkan på ACM snarast når ut till all form av räddningstjänst, polis och sjukvård. Det är också viktigt att komma ihåg att riskerna till stor del kommer att kvarstå långt efter det akuta räddningsskedet upphört varför informationen även berör personal med utrednings-, rönjnings- och saneringsuppgifter.

En omfattande olycka av denna typ kommer att ställa mycket stora krav på en effektiv ledning och en tydlig organisation för att förhindra att situationen förvärras. Det finns således anledning att önska fullskadeövningar där såväl ledning, taktik, teknik och praktiskt insatsarbete kan studeras.

Denna sammanställning bygger på de erfarenheter och kunskaper som idag (2001) föreligger. Eftersom material klassade som ACM är en heterogen grupp och nya kombinationer kan förväntas är det väsentligt att följa upp denna utveckling ur såväl skade- som arbetsmiljösynpunkt.

**Exempel på utrustning och material som anges i sammanställningen som f.n. ej finns tillgängligt i LFV:s akuta beredskap:**

- **mobil saneringsvagn med tillgång till tempererat vatten. Denna bör vara av utformning för att hantera ett stort antal individer/tidsenhet. Den utrustning Socialstyrelsen införskaffat för kemikalieolyckor är ej lämplig i detta fall. Sannolikt behövs nykonstruktion**
- högeffektiva dammsugare med filter anpassade för aktuell partikelstorlek
- vaxlösning för att under längre tid binda upp partikulärt material. Denna lösning skall vara av sådan art att den ej påverkar underliggande material, samt skall lätt kemiskt kunna lösas upp och avlägsnas utan att lösningsmedlet ger korrosion eller andra angrepp på underliggande material
- filtermasker med universalfilter för att skydda andningsvägarna hos personer som av någon anledning ej kan flyttas ut ur riskzonen i det akuta skedet
- plastade filter för att förhindra hypotermi av sanerade personer. Sådana filter begränsar också effektivt partikelspridning. Dessa filter skulle också vara till stor hjälp även vid andra olyckor!!!
- täckplast av tjock kvalitet för avskiljning av enskilt ACM- material
- sopsäckar av tjockplast samt förpackningslådor i papp för transport (motsvarande för stickande och skärande avfall från laboratorier)
- sjukvårdsmaterial av skumplast (t.ex. SNØGG/ Doc Rescue) för att snabbt kunna lägga livräddande förband utan att ge onödigt tryck mot intilliggande vävnad, med risk för penetration av ytterligare fiberfragment.
- provutrustning för mätning av partikelkoncentration och partikelstorlek. Såväl för luft som för ytor.
- gasanalyssystem (Dräger) för koncentrationsbetsämning av lämpligt indikatorämne. Anilin förefaller lämpligt i detta sammanhang, men kräver då utveckling av fältmässig analysmetod.

## **BILAGA 5 - BILDER**

## Medvetenhet om olycksplatsens faror – inte en fråga enbart för brandmannen!





## Medvetenhet

---

*Det är mycket viktigt att medvetenheten, bland personer som jobbar med flygolyckor, höjs när det gäller kompositer. Det behövs också en dialog mellan flygplatshållarens räddningstjänst, kommunal räddningstjänst och övriga ingående enheter i flygplatsens räddningsinstruktion.*

*Sannolikt även viktigt för andra typer av olyckor.*

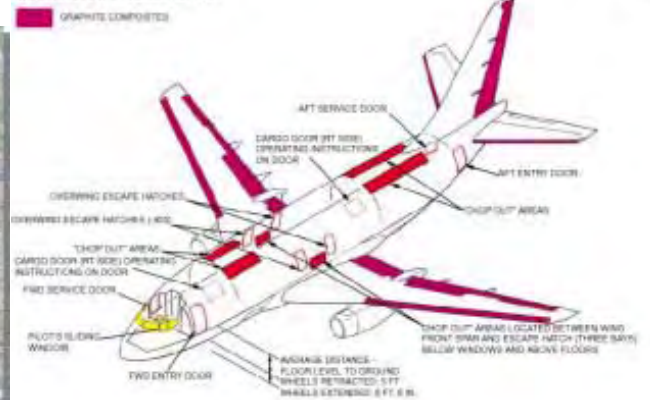


# Olycksplatsens faror

- *Fysiska*
- *Kemiska*
- *Biologiska*
- *Psykologiska*



EMERGENCY RESCUE ACCESS AND AIRCRAFT COMPOSITES







## Fysiska faror, exempel

---

- *Skarpkantade vrakdelar*
- ***Kompositmaterial***
- *Trötthet*
- *Väderlek*
- *Fotunderlagets faror*
- *Risker i luften*



## Fler exempel på faror

---

- *Asbest*
- *Batterier*
- *Biologiska*
- *Frakt!*
- *Kylmedel*
- *Damm*
- *Elektrisk isolering*
- *Bränsle*
- *Smörjmedel*
- *Olika trycksystem*
- *Hydraulvätskor*
- *Metalloxider*
- *Olja*
- *Syrgas*
- *Radioaktivitet*
- *Gummi, plast*
- *Förslutningsmaterial*
- *Toalettskräp*
- *Däck och bromsdelar*
- *Spolarvätska*



## Förekomst

---

*Kompositer används ofta i dagens tillverkningsprocesser, inte bara i flygplan utan också i många andra fordon och moderna lok och vagnar. Även om de bara utgör en av många faror för räddningspersonalen så är det den minst dokumenterade.*



## Kompositer

---

*Kompositer ger hög styrka till låg vikt, de ger möjligheter till att frakta mer gods med lägre bränsleförbrukning, de rostar inte som metall, de är enklare att underhålla, reparera och därmed billigare. Enbart dessa faktorer är tillräckligt attraktiva för flygplansindustrin.*



## Kompositer

---

*Kompositer leder ström och kan skada elektronisk utrustning och installationer. Komposit som utsätts för brand tappar rejält i sin strukturella styrka och kommer sannolikt ej att bära vikten av en brandman.*



## Fakta – vad är komposit?

---

*En kompositprodukt är en produkt som innehåller två eller flera material som bibehåller sina individuella egenskaper även efter att man blandat dem med varandra.*

*Exempelvis armerad betong; betongen klarar att ta upp stora trycklaster men inte så stora draglaster, medan själva armeringen (armeringsjärnet) är bättre på att ta upp draglasterna.*

*När man sätter samman dessa olika TVÅ material får man EN produkt som klarar både tryck och draglaster.*



## Fakta – varianter av komposit

---

- ***Glassfiber***

*och hybrider härav. Dessa fibrer smälter vid de temperaturer som uppnås vid en flygplansbrand.*

*Sannolikt bildas det här inga farliga fragment. Troligen kommer dessa att förstöras vid brand. Avger inget damm. Dock kan vassa kanter förekomma vid brott.*



## Fakta – varianter av komposit

---

- ***Kolfiber***

*och Grafithybrider erbjuder de allvarligaste problemen vid ett haveri. De behåller sina styva och vassa egenskaper vid brand. Är inte toxiska i sig själva men kan vara bemängda med ohälsosamma partiklar från haveriet. Faror finns vid inandning, sväljning och hudkontakt. Vassa kanter kan förekomma vid brott.*





## Fakta – varianter av komposit

---

- ***Aramidfiber***

*och Aramid/Kevlar®/Nomex hybrider tål hettan från eventuell brand.*

*Kommer troligen inte att kunna penetrera huden. Kan dock generera farliga fragment som inte bör inandas. Vassa kanter kan förekomma vid brott.*



## Fakta – varianter av komposit

---

- ***Borfiber***

*motsvarar kolfibern, fast är starkare. Fibrerna som är både vassa och styva är respirerbara. Sannolikt kan de inte bara penetrera huden utan även benvävnad. Samma försiktighet bör iaktas som vid kolfiber. Vassa kanter kan förekomma vid brott.*



## Fakta – varianter av komposit

---

- ***Övrigt innehåll***

*även olika typer av metaller kan finnas som "ingredienser" i kompositerna.*

*Metaller som brinner kan även utveckla giftiga gaser vid brand.*



## Fakta – varianter av komposit

---

- **Bindemedlet** (vanligen epoxy, härdplast) vid brand avger bindemedlet i kompositmaterialet mycket farliga gaser. Bland annat kan cyanid, hydrogenklorid och nitrogendioxid bildas. Förbränning avger också andra giftiga produkter som formalin, ammoniak, toluen och kolmonoxid. Största delen av gaserna kommer förmodligen att följa med rökplymen men gaser kan även finnas kvar i ett skede när släckningsarbetet är avslutat.





## Fakta – var finns kompositer

---

*Medan endast cirka 20 procent av dagens flygplanskroppar utgörs av kompositer så kommer vi troligen se hela vingar gjorda av kompositer inom de närmaste tio åren. Tittar vi ytterligare framåt så kommer troligen flygplan att bestå av mer kompositer.*



## Fakta – var finns kompositer

---

- *Utfyllnadsplåtar mellan kropp och vinge*
- *Delar av eller hela motorkåpor*
- *Olika roderytor*
- *Radom (noskon)*
- *Diverse luckor och kåpor*
- *Golvbalkar*



## Erfarenhet

---

- *1990 Danmark och Tyskland (RAF)*
- *Lockerbie och Stansted (civilt)*
- *Stockholm? Milano, New York (WTC och A300)*
- *Fyra risknivåer (används inom RAF):*
  - 1 Inga kända faror (ointressant)*
  - 2 Irriterande damm (handskar, enkel mask och skyddsglasögon)*
  - 3 Fara för giftigt damm ("papp-plastoverall", mask, skyddsglasögon och skoskydd)*
  - 4 Fara för giftiga gaser (stannar utanför, enbart SCBA klarar miljön)*





## Kom ihåg!

---

*Även ett äldre flygplan som i grunden kanske inte har kompositer i sin konstruktion kan ha tillförts kompositer vid normalt underhåll. Beakta alltid en olycksplats som riskabel utifrån kompositperspektivet intill dess att motsatsen är bevisad.*

*Glöm inte bort eventuellt fraktgods.*



## Skyddsnivå

---

*Det är av yttersta angelägenhet att involverade organisationer försäkrar sig om rätt skyddsnivå innan arbete på skadeplats inleds.*



## Riskutsatta grupper

---

- *Räddningstjänstens personal (LFV+kommun)*
- *Polis*
- *Landsting genom sjukvårdsgrupper och ambulanspersonal*
- *Haveriutredare*
- *Flygbolagspersonal*
- *Bärgningspersonal*
- *Med flera enligt lokal räddningsinstruktion*



# Hur skadar kompositer

---

- *Skador på andningsvägarna*
- *Skador på huden*



## Andningsvägarna

---

*Vid inandning av fibrerna är bl a storleken på fibrerna avgörande för "resultatet" i kroppen. De vassa partiklarna i damm från kompositmaterial, som lätt blir luftburna, kan dras ned i andningsvägarna. Dessa partiklar kan orsaka långsiktig skada i vävnader. Inhalerade fibrer kan också skära och irritera insidan av näsgångarna.*



## Andningsvägarna

---

*Fibrer som är större än 10 mikrometer kommer troligtvis inte att tränga ner i alveolerna, utan de kommer att tas omhand av kroppens egen förmåga att ta hand om partiklar det vill säga av flimmerhår och slemhinnor. Man kommer efter ett tag att spotta eller snyta ut dem. Man kan dock få irritationer av att fibrerna ”sticks”, jämför med glasullsisolering på huden.*



## Andningsvägarna

---

*Fiber som tas upp av kroppen och blir kvar i vävnaden kan utveckla cancer. Forskning pågår för att klargöra fakta.*



## Andningsvägarna

---

*När kompositerna skadas av både nedslags- och brandskador är farorna som störst. Damm från kompositmaterial utgör en verklig fara för andningssystemet hos den personal som arbetar i riskområdet.*





## Huden

---

*Fibrerna kan orsaka hudskador och andra hudirritationer. Man kan jämföra det med de kliande som uppstår vid arbete med isoleringsmaterial som Gullfiber. Fibrerna kan vara kontaminerade med olika substanser från haveriet som kan förvärra skadorna. Luftburet damm och fiber partiklar kan orsaka mindre hud- och ögonirritation precis som kontakt med epoxy bindmedel kan.*



## Huden

---

*Damm från kompositmaterial kommer även att absorbera flygbränsle och andra medel som kommer att öka på reaktionen vid kontakt med materialet. Hudirritation orsakas av brutna skärvor som blir inbäddade i huden. Detta leder till klåda och irritation.*



## Huden

---

*Väl utformade skyddskläder hjälper till att förhindra spridning av fibrer till underliggande klädsel. Situationen kan också förbättras med hjälp av effektiva rutiner vid skadeplatsen.*



## Fakta – när är kompositer farliga?

---

- *När kompositen inte har brunnit men är söndertrasad*
  - *När kompositen har brunnit (brinner)*
  - *När kompositen har brunnit (brinner) och är söndertrasad*
- 
- *När kompositen inte har brunnit och är hel, är den harmlös*



## Haveriplatsen

---

*Typen av flyghaveri, haveri i låg eller hög hastighet, är det som primärt bestämmer risknivån. En låghastighetskrasch, d. v. s. under start eller landning kan resultera i ett kompakt haveriområde där skadorna begränsas till vissa områden. Andra faktorer som flygplanets nettovikt, bränslemängd och kraschvinkel kommer att påverka hur stor betydelse kompositmaterial kommer att ha på haveriplatsen*



## Reducerande åtgärder

---

- *Att man lägger en vattendimma över platsen*
- *Att man applicerar en vattenbaserad gel*
- *Att man lägger ut ett skumtäck*
- *Små områden kan täckas av ett polyetenskikt*
- *Man kan separera delar av kompositmaterial ifrån resten av vrakdelarna och stoppa dem i polyetensäckar för senare behandling*
- ***OBSERVERA olycksutredningen!***



## Restriktioner

---

*Faran för brandmännen och annan personal kan reduceras genom att man inför restriktioner för passage genom haveriplatsen (detta kommer även att vara till fördel för haveriutredningen). För att förhindra spridningen av partiklar från kompositmaterial bör även restriktioner för flygplans/HKP rörelser i närheten införas.*



## Personligt skydd

---

- *Räddningstjänst, LfV och kommunal har rätt skydd förutsatt att det bärs korrekt. Andningskydd med övertryck är ett måste initialt.*
- *Övriga enheter? Sannolikt inte tillräckligt skyddade i dagsläget!*





## Sammanfattning

---

*Fibrerna är små och lätta och kan följa med vinden över avsevärda avstånd.  
Regn minskar spridningen.*



## Sammanfattning

---

*Fibrerna går ned i lungorna vid inandning och kolfibrerna kan lätt penetrera oskyddad hud. De kan vara kontaminerade med giftiga substanser och kan föra in dessa i kroppen. På själva huden uppstår ofta en akut dermatit. Man måste undvika att inandas eller svälja dessa fibrer.*



## Sammanfattning

---

*Olika fibermaterial beter sig olika när de utsätts för brand. Glasfibrer smälter vid hög temperatur men kolfibrer och borfibrer behåller sina styva och vassa egenskaper. Vissa aramidfiber klarar höga brandtemperaturer och kan ge ett damm som är farligt att inandas eller svälja.*



## Sammanfattning

---

*Fibrerna bryts inte ned i naturen och måste därför avlägsnas från haveriplatsen och tas om hand på ett säkert sätt och i enlighet med gällande bestämmelser.*



## Sammanfattning

---

*Ett effektivt skydd gentemot fibrerna kan man få genom att använda kraftiga stövlar och handskar, en icke genomsläpplig engångsoverall med tätslutande huva och en helmask med P3 filter. Man får inte äta, dricka eller röka på en kontaminerad plats. När man har lämnat haveriplatsen måste kontaminerade klädesplagg omhändertas.*

*P3=partiklar (vätska eller solida) som damm, fibrer, dimma, rök, bakterier och virus*



## Sammanfattning

---

*Man måste vidta åtgärder för att minimera spridningen av fibrer på haveriplatsen. Med skum (initialt AFFF) kan dammet bindas men endast för en begränsad tid om några timmar. En mera långvarig effekt kan ernås med vattenbaserade geler eller med vaxemulsioner av typ golv- eller möbelvax. Dessa material kan lätt avlägsnas och hindrar inte rättsmedicinsk undersökningen.*



## Sammanfattning

---

*Man måste också se till att man inte sprider fibrer eller annat farligt material när man till slut transporterar bort vraket från haveriplatsen. Man bör spola av vrak och vrakdelar med en finfördelad vattendusch så att fibrerna ansamlas i det ytliga markskiktet. Ytskiktet måste sedan omhändertas.*



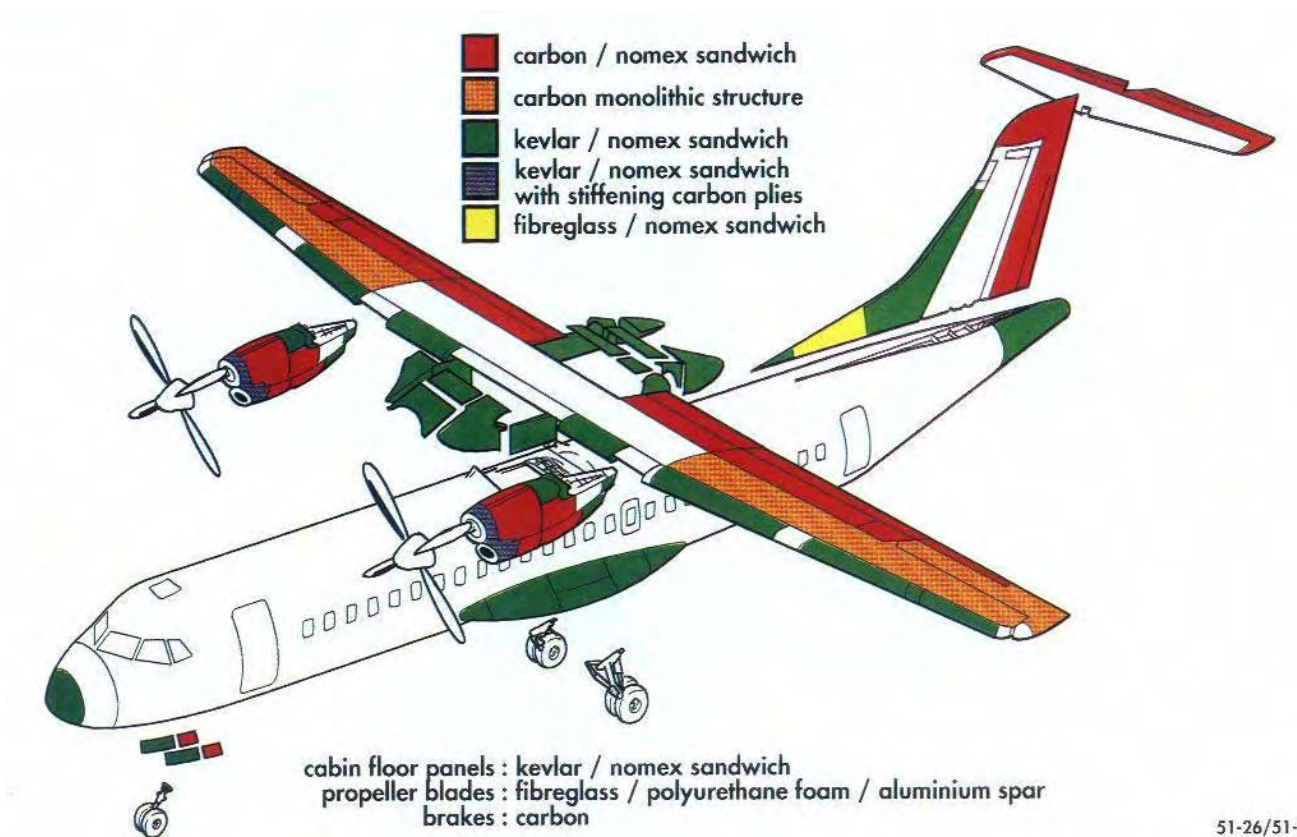
## Tre största farorna

---

- *Okunnighet*
- *Dålig och förvirrad ledning*
- *Likgiltighet*



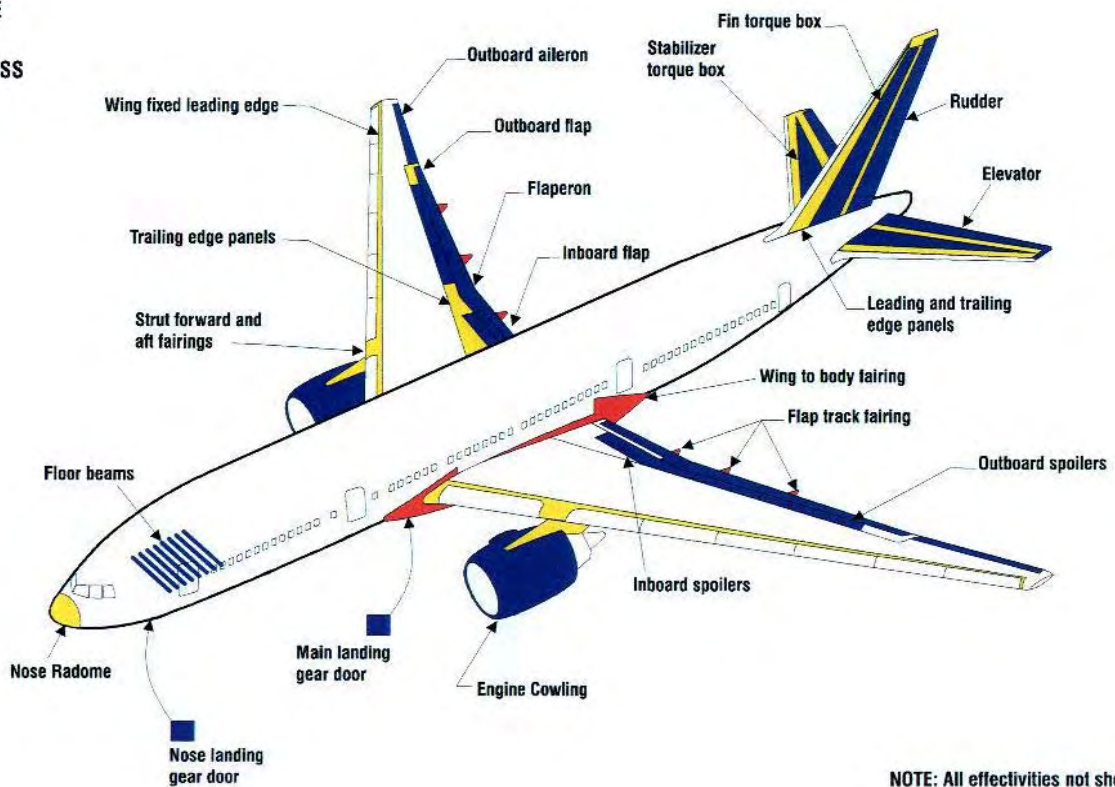




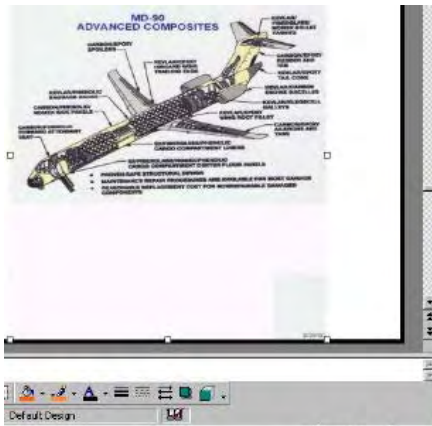
51-26/51-9

## ATR regional turboprop

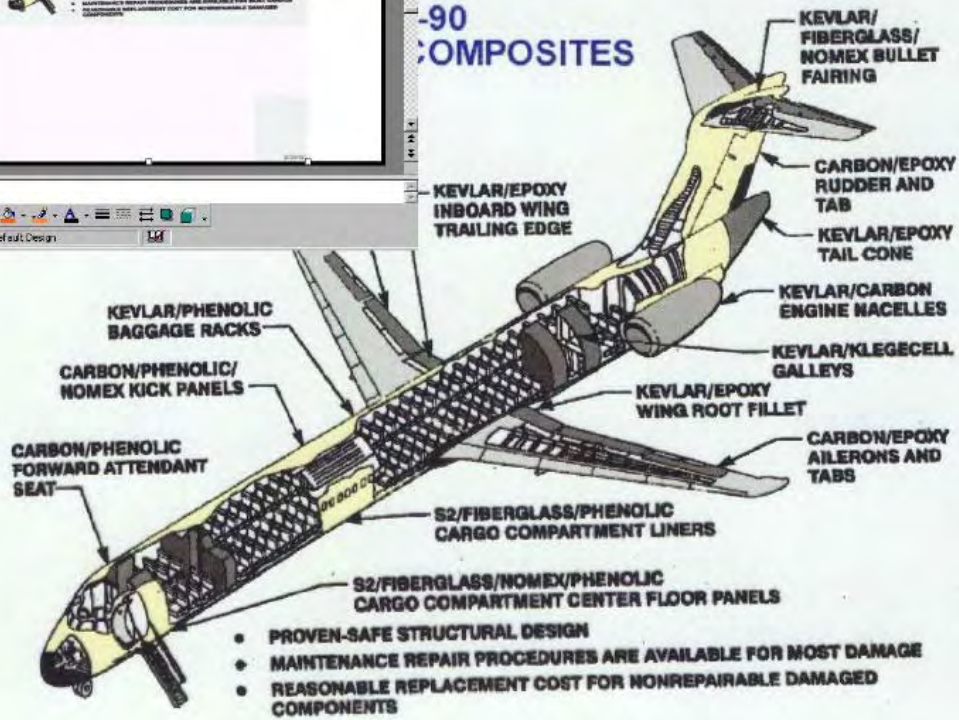
- GRAPHITE
- FIBREGLASS
- HYBRID



# Boeing 777

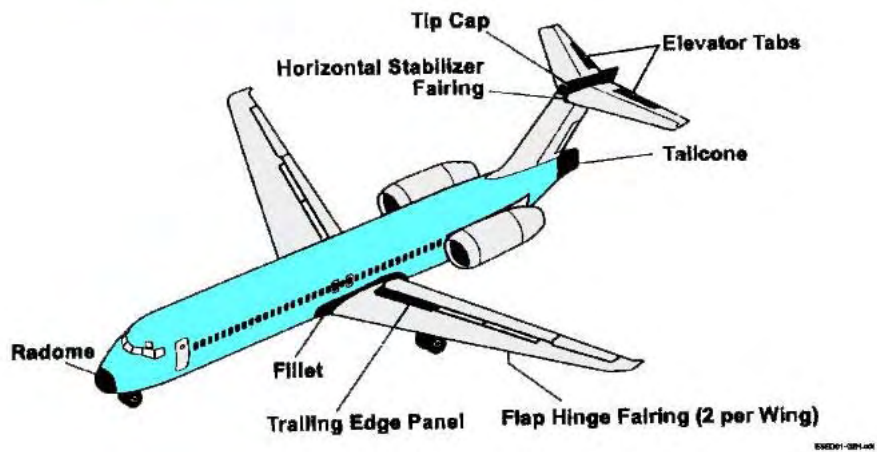


## MD-90 COMPOSITES



**B717-200**

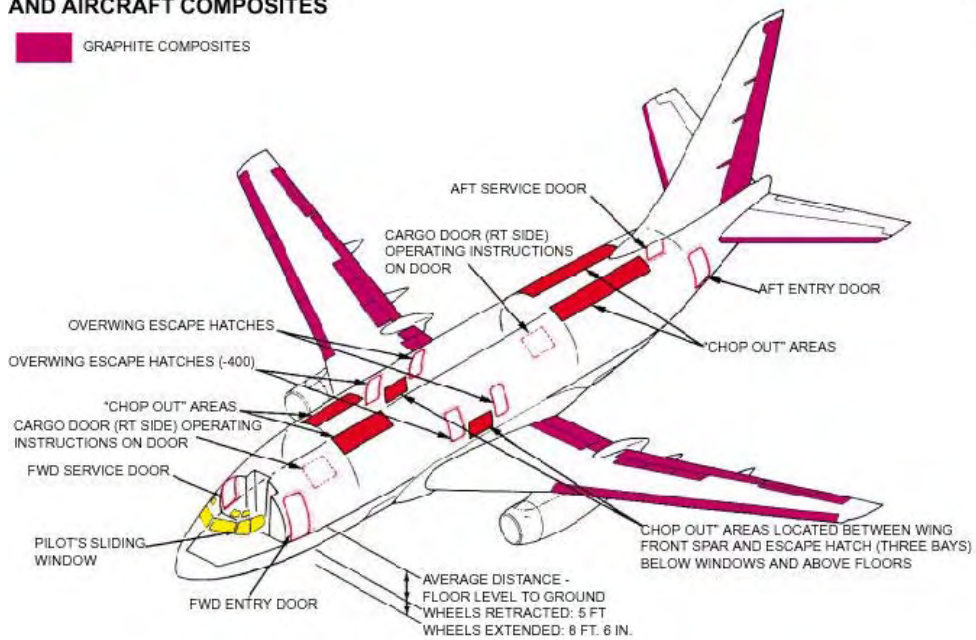
***Composite Secondary Structure Applications***



**EMERGENCY RESCUE ACCESS  
AND AIRCRAFT COMPOSITES**

737

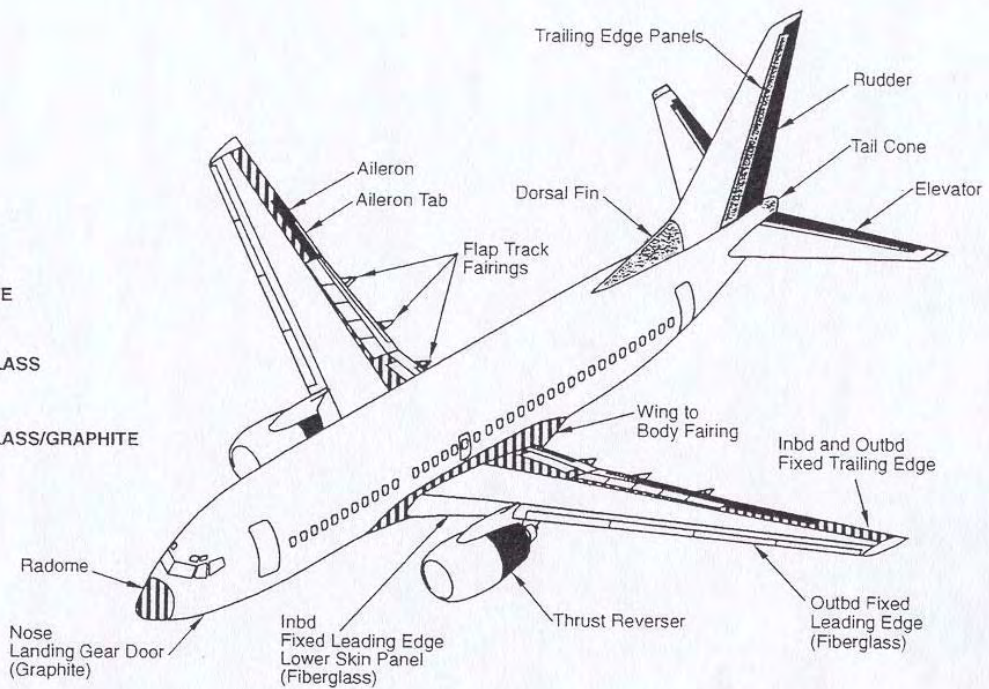
GRAPHITE COMPOSITES



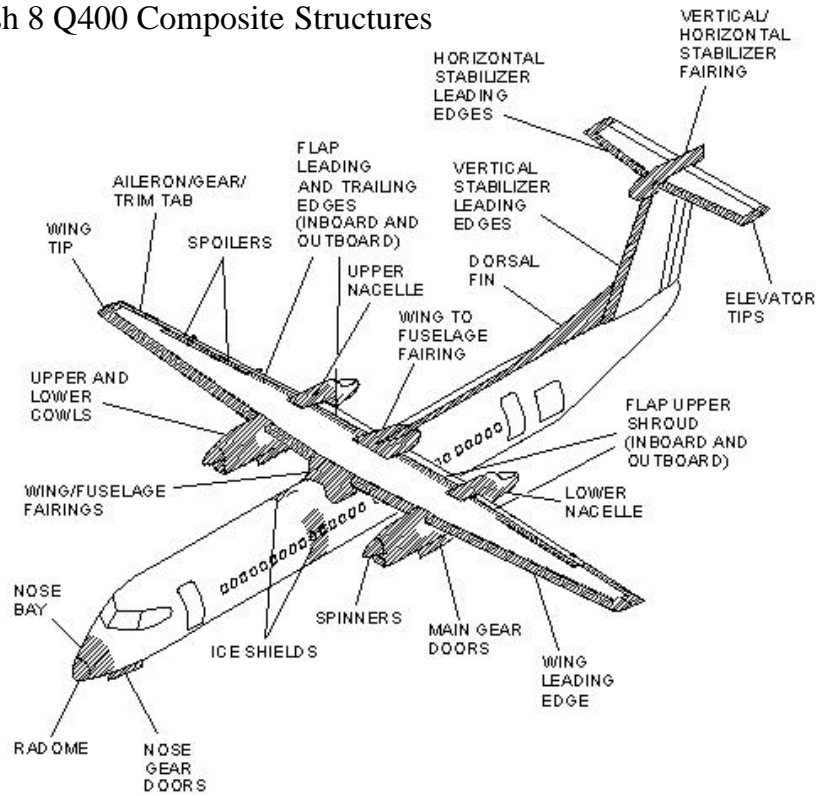


# Structures


- GRAPHITE
- FIBERGLASS
- FIBERGLASS/GRAPHITE



# Bombardier Dash 8 Q400 Composite Structures



**LEGEND**

 Aircraft Composite Structures.

BOMBARDIER



## **BILAGA 6**

### Förslag på checklistor

#### **Generellt**

Saker som räddningsledaren bör överväga på haveriplatsen:

- Kommer brandmän behövas på platsen efter att släck- och räddningsfaserna är utförda
- Vilken skyddsutrustning inklusive andningsskydd kommer personal på plats att behöva, initialt, senare
- Luften i motvind i relation till haveriplatsen kan vara omöjlig att andas, stå med vinden i ryggen
- Ha bara en in/utväg till skadeplatsen, denna bör ligga minst tio meter från brunnen eller skadad komposit
- Vilka delar av flygplanet har skadats som kan tänkas innehålla kompositmaterial, vilka typer av kompositer
- Håll antalet personer på plats till ett minimum
- Ha strikt kontroll på den innersta delen av haveriplatsen
- Reducera risken för att sprida kompositer - Fin vattendimma, inga flygrörelser i närheten
- Skumtäcke, polyetenskikt, vattenbaserad dämpare
- Utsanering måste ske av alla som utsatts för kompositer eller vid misstanke därom, våt sanering, men låt inte vattnet rinna bort, glöm ej bort utrustning
- Nödvändiga kontakter med: Haverikommissionen, miljö och hälsovårdsmyndigheter samt specialister på sanering
- Överväg evakuering av närbelägna byggnader
- Behov av att bogsära bort luftfartyg i närheten med tanke på risk för kontamination
- Behov av att täta luftintag på luftfartyg, terminaler, andra byggnader etc i närheten
- Debriefing

**Materialet är opåverkat av termisk eller mekanisk energi men man måste arbeta med kapning eller slipning**

Riskzon	<p>Ett område med 10 m radie avspärras (vid stiltje; vid vind tag hänsyn till vindstyrka och vindriktning). Eventuellt vindskydd för att begränsa spridningsbilden av partiklar. Eventuellt begjutning med lätt vattendimma, skum, eller utspädd vaxlösning för att begränsa partikelspridning. Vid arbete får ej andra moment genomföras vilka medför luftrörelser (sopning, överflygning).</p>
Skyddsklädsel	<p>Se bilaga 8.</p>
Sanering	<p>Det yttersta klädlagret avtages och omhändertas för sanering (tvätt). Stövlar, handskar och andningsskydd spolats/torkas noggrant (eventuellt dammsugning med specialfilter). Huden inspekteras för tecken på irritation. Vid tecken på irritation på huden, helkroppssanering (eventuellt sedan till läkare för antiinflammatorisk behandling).</p>
Skadade	<p>Om möjligt flytta skadade från riskområdet innan kapning eller annan bearbetning av kompositmaterial påbörjas. Om den skadade ej kan flyttas, täck öppna sårskador (helst tejpa över plast). Förse den skadade med andningsskydd och skyddsglasögon. Skydda bara hudtytor genom övertäckning (tjock plast hellre än filt). Plastad filt är ett bra alternativ. Sanering på samma sätt som för personal som vistats inom riskområdet.</p>

## **Materialet har blivit utsatt för avsevärd mekanisk energi men någon antändning har ej skett**

- Första uppgiften** Se till att personer som vistats i skadeområdet direkt avlägsnas om de kan gå själva. Samla dem på ett ställe för senare sanering. Överblicka skadeområdet (rekognosera). Föreligger risk för brand eller explosion? Finns kompositmaterial? Finns skadade? Rapportera skadans omfattning bakåt för förstärkning och hjälp med specialresurser.  
Upprätta ledningsplats på säkert avstånd från själva skadeplatsen.  
Förbjud all oskyddad personal och allmänhet att vistas på vindsidan av olycksplatsen.  
Förbjud alla luftrörelser ovan och omkring olycksplatsen (200 m ovan marknivå och 300 i sidled), särskilt gäller detta helikoptrar.
- Riskzon** Riskzon upprättas så att alla delar med komposit detaljer infattas med en marginal på 20 m (vid stiltje, vid vind tag hänsyn till vindstyrkan och vindriktning).  
Definiera var all in- och utpassering till riskområdet ska ske.  
Arrangera för saneringsplats i anslutning till utpassering.  
Eventuell begjutning med lätt vattendimma, skum eller utspädd vaxlösning för att begränsa partikelspridning (mjuk påföring).  
Eventuell plastinneslutning av identifierat komposit material.
- Skyddsklädsel** **(akut skede)** Se bilaga 8.
- Sanering** Det yttersta klädlagret avtas och omhändertas för sanering (tvätt).  
Stövlar, handskar och andningsskydd spolas/torkas noggrant (eventuellt dammsugning med specialfilter).  
Huden inspekteras för tecken på irritation.  
Vid tecken på irritation på huden helkroppssanering (eventuellt senare till läkare för antiinflammatorisk bedömning).  
Risk för biologisk kontamination (eventuellt till läkare för antidot).
- Skyddsklädsel** Se bilaga 8.

Skadade

Skadade flyttas snarast till saneringsplatsen. Endast direkt livräddande åtgärder enligt ABC-principen utföres inom riskområdet (stopp av omfattande blödning, upprätta fria andningsvägar osv).

Om yttre omständigheter gör att skadade ej kan flyttas skyddas deras andningsvägar med andningsskydd.

Kläder klippes av på saneringsplatsen och huden saneras.

Öppna sårskador saneras genom försiktig vattenspolning. Någon aktiv sårrensning bör ej ske (risk för att fibermaterial penetrerar in på djupet).

Skadade med andningsbesvär ges om möjligt oxygen och prioriteras i skadeplatspanoramata.

---

**Materialet har ej blivit utsatt för mekanisk påverkan men begränsad brand med temperatur < 500°C**

- Första uppgiften Begränsa och släck branden snarast.  
Se till att personer inom skadeområdet direkt avlägsnas om de kan gå själva.  
Överblicka skadeområdet (rekognosera). Finns skadade kvar?  
Identifiera kompositmaterial.  
Rapportera skadans omfattning bakåt för förstärkning och hjälp med specialresurser.  
Upprätta ledningsplats på säkert avstånd från skadeplatsen.  
Förbjud all oskyddad personal och allmänhet att vistas på vindsidan av olycksplatsen.  
Fortsätt kyl kompositmaterial för att begränsa gasbildning, helst ned under 150°C.
- Riskzon Riskzon upprättas så att alla komposit-detaljer infattas med en marginal på 20 meter.  
Definiera var all in- och utpassering till riskområdet ska ske.  
Förbered för saneringsplats vid behov.  
Eventuell plastinneslutning av identifierat kompositmaterial.
- Skyddsklädsel **(akut skede)** Se bilaga 8.
- Sanering Endast personer som företer tecken på irritation på huden (eller ögon, näsa, svalg) saneras.
- Skyddsklädsel Se bilaga 8.
- Skadade Skadade flyttas snarast från olycksplatsen till uppsamlingsplats för skadade via saneringsplats (för bedömning av eventuellt saneringsbehov). Endast direkt livräddande åtgärder enligt ABC-principen utförs inom riskområdet.  
Om yttre omständigheter gör att skadade ej kan flyttas skyddas deras andningsvägar med andningsskydd (minst P3 nivå).  
Traumaskador behandlas på sedvanligt sätt.  
Skadade med andningsbesvär ges om möjligt oxygen och prioriteras i skadepanoramata.

## **Totalhaveri med stor mekanisk påverkan på materialet och med fullt utvecklade brand med temperatur > 500 °C.**

Första uppgiften Se till att personer som vistas i skadeområdet direkt avlägsnas om de kan gå själva. Samla den på ett ställe för senare sanering. Begränsa och släck branden. Undvik högt tryck och slutna strålar för att begränsa spridning av partikulärt material. För punktbränder kan handbrandsläckare bli nödvändigt. Gör insatsen med vinden i ryggen så att personalen exponeras för så lite rök som möjligt. Var beredd att ändra angreppsväg om vindriktning ändras. Skicka endast in personal med korrekt skyddsklädsel i skadeområdet. Överblicka skadeområdet (rekognosera). Föreligger risk för förnyad brand eller explosion? Finns misstankar om kompositmaterial och i så fall var? Finns skadade inom området som själva inte kunnat förflytta sig ut? Upprätta ledningsplats på säkert avstånd från själva skadeplatsen. En tydlig ledningsfunktion kommer att bli väsentlig. Förbjud all oskyddad personal och allmänhet att vistas på vindsidan av olycksplatsen. Förbjud alla lufrörelser ovan och omkring olycksplatsen (200 m ovan marknivån och minst 300 m utanför område som kommer att betraktas som riskzon, särskilt gäller detta helikoptrar). Undvik att dra brandslangar och annan utrustning genom vrakrester och område som betraktas som kontaminerat. Använd alltid kortaste angreppsväg. Förbered evakuering av skadade ut ur riskzonen (till saneringsplats). Bedöm utifrån väderförhållanden och geografiska omständigheter vart partikulärt material som lämnat branden med rökplymer kan tänkas deponeras (detta område skall också betraktas som riskzon).

Riskzon Riskzon avspärras så att alla delar med komposit-detaler innefattas med en marginal på minst 20 m vid stiltje. Vid vind, tag hänsyn till styrka, riktning och rådande geografiska förhållanden. Definiera var all in- och utpassering till riskzonen skall ske. Arrangera för saneringsplats i anslutning till utpasseringen. Personal vid saneringsplats skall bära full skyddsutrustning samt ha tillgång till vatten för sanering (helst tempererat). Vid saneringsplatsen skall också finnas tillgång till plastsäckar för uppsamling av kontaminerade persedlar samt rikligt med plastade filter för att förhindra hypotermi. Aktiv sjukvård skall ej bedrivas på saneringsplatsen. Särskild uppsamlingsplats för skadade upprättas i anslutning till

saneringsslussen. Först på uppsamlingsplatsen övertar sjukvårdens personal ansvaret för vård av de skadade. För att begränsa spridning av partikulärt material, och därmed i viss utsträckning också begränsa riskzonen, kan begjutning med lätt vattendimma, skum eller en utspädd vaxlösning ske (observera att påföring inte får ske med sluten (hård) stråle så att partiklar virvlar upp). Separata kompositdelar kan också plastas in.

Skyddsklädsel (akut skedet) Se bilaga 8.

Sanering Det yttersta klädlagret avtas och omhändertas för tvätt. Stövlar, handskar och andningsskydd spolas och torkas noggrant. Huden inspekteras för tecken på irritation. Vid tecken på hudirritation helkroppssanering (eventuellt senare till läkare för antiinflammatorisk behandling). Beakta risk för biologisk kontamination (blod och vävnadsrester kan lätt förbises i vrakmassorna) Eventuellt till läkare för behandling vid misstanke om biologisk kontamination. Observera att även fordon och övrig utrustning som befunnits inom riskområdet måste saneras.

Skyddsklädsel Se bilaga 8.

Skadade Skadade flyttas snarast till saneringsplatsen. Endast direkt livräddande åtgärder enligt ABC-principen kan utföras inom riskområdet (stopp av omfattande blödning, upprätta fria andningsvägar). Om yttre omständigheter gör att skadade ej kan flyttas ut ur riskzonen skyddas deras andningsvägar med andningsskydd (minst filtermask med universalfilter, minst P3 nivå). Kläder klippes av på saneringsplatsen och hudytan saneras med mjuk vattenstråle. Öppna sårskador saneras genom försiktig vattenspolning. Någon aktiv sårrengöring bör ej ske (med tanke på risk för att partikulärt fibermaterial penetrerar in på djupet) Efter sanering inbäddas den sanerade i plastade filter för att motverka hypotermi. Plasten gör att partikulärt förhindras från spridning. Plasten utgör också skydd mot vind och väta utifrån.

## BILAGA 7

Förslag på utrustning och material. Nedanstående utrustning och material kan vara användbar vid insatser där kompositmaterial förekommer.

- mobil saneringsvagn med tillgång till tempererat vatten. Denna bör vara av utformning för att hantera ett stort antal individer/tidsenhet. Den utrustning Socialstyrelsen införskaffat för kemikalieolyckor är ej lämplig i detta fall. Sannolikt behövs nykonstruktion
- högeffektiva dammsugare med filter anpassade för aktuell partikelstorlek
- vaxlösning för att under längre tid binda upp partikulärt material. Denna lösning skall vara av sådan art att den ej påverkar underliggande material, samt skall lätt kemiskt kunna lösas upp och avlägsnas utan att lösningsmedlet ger korrosion eller andra angrepp på underliggande material
- filtermasker med universalfilter för att skydda andningsvägarna hos personer som av någon anledning ej kan flyttas ut ur riskzonen i det akuta skedet
- plastade filter för att förhindra hypotermi av sanerade personer. Sådana filter begränsar också effektivt partikelspridning. Dessa filter skulle också vara till stor hjälp även vid andra olyckor
- täckplast av tjock kvalitet för avskiljning av enskilt kompositmaterial
- sopsäckar av tjockplast samt förpackningslådor i papp för transport (motsvarande för stickande och skärande avfall från laboratorier)
- sjukvårdsmaterial av skumplast (t.ex. SNØGG/Doc Rescue) för att snabbt kunna lägga livräddande förband utan att ge onödigt tryck mot intilliggande vävnad, med risk för penetration av ytterligare fiberfragment.
- provutrustning för mätning av partikelkoncentration och partikelstorlek. Såväl för luft som för ytor.
- gasanalyssystem (Dräger) för koncentrationsbestämning av lämpligt indikatorämne. Anilin förefaller lämpligt i detta sammanhang, men kräver då utveckling av fältmässig analysmetod.



## BILAGA 8

Förslag på personlig skyddsutrustning.

### **Totalt haveri med stor mekanisk påverkan på materialet och med fullt utvecklade brand med temperatur > 500° C:**

#### **Akut skede**

- Tät brandklädsel inklusive hjälm och huva
- Läderhandskar (helst 2-skikts)
- Andningsskydd med övertryck
- Skyddsstövlar

Ovanstående klädsel måste bäras av **samtlig personal** som vistas innanför inre avspärning oavsett personalkategori. Detta gäller så länge alla former av brand och/eller rök förekommer.

**All verksamhet efter akut skede** innefattande alla personalkategorier intill utredning, bärgning och marksanering är genomförd.

- Tät klädsel som brandklädsel, kemoverall eller saneringsdräkt inklusive huva. Engångsdräkt i papper är inte tillfyllest i denna situation. På marknaden finns dock plastade pappersoveraller som ger tillräckligt skydd, dock minst P3<sup>1</sup> nivå
- Läderhandskar
- Andningsskydd (minst filtermask med universalfilter, P3 nivå)
- Täta skyddsglasögon
- Skyddsstövlar med skoskydd

---

<sup>1</sup> P3=partiklar (vätska eller solida) som damm, fibrer, dimma, rök, bakterier och virus.

## **Materialet har inte blivit utsatt för mekanisk påverkan men begränsad brand med temperatur < 500° C:**

### **Akut skede**

- Tät brandklädsel inklusive hjälm och huva
- Läderhandskar
- Andningsskydd med övertryck
- Skyddsstövlar

Ovanstående klädsel måste bäras av **samtlig personal** som vistas innanför inre avspärning oavsett personalkategori. Detta gäller så länge alla former av brand och/eller rök förekommer.

**All verksamhet efter akut skede** innefattande alla personalkategorier intill utredning, bärgning och marksanering är genomförd.

- Överdragsklädsel, tät klädsel (brandklädsel, kemoverall, saneringsdräkt eller engångsdräkt i papp-plast, P3 nivå)
- Kraftiga gummihandskar (ej latex)
- Andningsmask (minst pappersmask men hellre filtermask med universalfilter, P3 nivå)
- Skyddsglasögon
- Skyddsstövlar med skoskydd

**Materialet har blivit utsatt för avsevärd mekanisk energi men någon antändning har inte skett:**

**Akut skede**

- Tät brandklädsel, ej kemoverall eller saneringsoverall om brandrisk inte kan uteslutas
- Läderhandskar
- Andningsskydd med övertryck
- Skyddsstövlar

**All verksamhet efter akut skede** innefattande alla personalkategorier intill utredning, bärgning och marksanering är genomförd.

- Överdragsklädsel, tät klädsel (brandklädsel, kemoverall, saneringsdräkt eller engångsdräkt i papp-plast, P3 nivå)
- Läderhandskar
- Andningsskydd (minst filtermask med universalfilter, P3 nivå)
- Skyddsglasögon
- Skyddsstövlar med skoskydd

**Materialet är opåverkat av termisk eller mekanisk energi, men man måste bearbeta med kapning, klippning eller slipning:**

**Alla skede** utom utredning, bärgning och marksanering

- Överdragsklädsel, tät klädsel (brandklädsel, kemoverall, saneringsdräkt eller engångsdräkt i papp-plast, P3 nivå)
- Läderhandskar
- Andningsskydd (minst filtermask med universalfilter, P3 nivå)
- Skyddsglasögon
- Skyddsstövlar med skoskydd

**Utredning, bärgning och marksanering**

- Överdragsklädsel, tät klädsel (brandklädsel, kemoverall, saneringsdräkt eller engångsdräkt i papp-plast, P3 nivå)
- Läderhandskar
- Andningsskydd (minst pappersmask men hellre filtermask med universalfilter, P3 nivå)
- Skyddsglasögon
- Skyddsstövlar med skoskydd

## **BILAGA 9**

Artikel publicerad i Flygposten nummer 3-2002.  
Publicerad med Flygpostens godkännande.

### **NYA UTMANINGAR FÖR KONSTRUKTÖRERNA**

#### **Starka, snabba och lätta stora flygplan**

Under förra seklet byggdes de civila flygplanen allt större för att svara mot ökad efterfrågan på flygresor. De större flygplanen bidrog också med högre produktivitet genom att ta fler passagerare. Detta i sin tur gjorde det möjligt att sälja biljetterna billigare.

I slutet av sjuttioalet var övergången till jettflygplan genomförd i de flesta civiliserade länder. Farten kunde därefter inte ökas mer än marginellt, de flesta trafikflygplan låg redan då inom intervallet Mach 0,75-0,85. Över dessa farter äts produktivitetsförbättringen upp av högre bränslekostnad. Flygplanen är heller inte konstruerade för att klara de strukturella påfrestningarna vid M 1,0 (ljudvallen). De måste ha ett fartutrymme under M 1,0 som säkerhetsmarginal.

Boeings "Sonic Cruiser" skall komma ännu närmare ljudvallen men fortfarande ligga strax under (M 0,98). För att flyga i överljudsfart (> M1,0) krävs extrema och dyra konstruktioner med enorm törst.

De kvarvarande Concorderna är igång igen och flyger med överljudsfart. De beräknas ha en kvarvarande livslängd på tio till femton år.

Några nya konstruktioner väntar av allt att döma inte i kulissen. Olika projekt för Bizjets har framskymtat men hittills inte lett till något resultat.

Flygplantillverkarna är för närvarande inriktade på att konstruera flygplan där produktivitetshöjningen åstadkoms genom att använda ny teknik för att få ner vikten. Räknet per stol har konstruktionsvikten ökat ända sedan bröderna Wright. Konstruktionsvikten tenderar att bli högre per stol ju större flygplanet är; en 747 har högre konstruktionsvikt per stol än en Cessna 172 av samma årgång. A 380 väger strax under 500 kg per stol.

#### **UTMANINGEN**

Airbus har bedömt marknadsläget som att det kommer att behövas ännu större flygplan för att flyga till och från navflygplatserna. A 380 innebär en utmaning i detta avseende, byggd i två våningar (med källare för frakt och/eller personalrum dessutom) och avsedd för 550 passagerare eller 130-150 ton frakt.

Fyra motorer, två piloter och minst ett tjugotal i kabinbesättningen.

#### **LÄTT OCH STARKT**

Några väsentliga produktivitetsförbättringar kan inte åstadkommas vare sig med aerodynamiska framsteg eller med fartökning. Det är vikten man kan jobba med. "Sonic Cruiser" är tänkt att bli en lättviktare med högre fart, men den allmänt

ansträngda situationen på marknaden bidrar sannolikt till att projektet flyttar framåt i tiden.

A 380 har kommit längre i utvecklingen, det finns köpare och den ska vara i trafik 2005. Det jobbas med material som ska ge hög styrka och låg vikt. 40 ton eller 18 procent av konstruktionsvikten består av kompositmaterial.

Forskningen har med hjälp av ett EU-bidrag på 630 miljoner dollar under de senaste fem åren utvecklat kompositstrukturer som ska kunna minska konstruktionsvikten med 20 procent, motsvarande en minskning av driftskostnader med 8 procent.

## **GLARE**

kallas ett nytt material som är en blandning av kolfiberbaserat och glasfiberbaserat material laminerat med lövtunna aluminiumskivor. Det har utvecklats sedan början av nittioalet och skall användas för den aerodynamiskt känsliga övergången mellan flygkropp och vinge samt på flygkroppens översida.

Materialet kommer i fortsättningen att användas på alla framtida konstruktioner hos Airbus. Det är ungefär sju procent lättare än de metalldelar det ersätter.

Hur stor del av metallen som ersätts av Glare kan variera. Airbus hade tänkt sig Glare på yttervingen. Men det visade sig att konstruktionen för att sammanfoga Glare och aluminium blev både tyngre och dyrare än att göra hela vingen i metall på konventionellt sätt. Glare har bättre uttrötningsegenskaper än aluminium och totalt 4 procent av A 380 kommer att bestå av av Glare.

## **KOMPOSITMATERIAL**

Alla rörliga roderdelar, vingklaffar, motorgondoler och hela stjärtpartiet tillverkas i kompositmaterial baserat på kolfiber. Kompositmaterial har det forskats på och används sedan fyrtioalet. Det kännetecknas av att det innehåller material som var för sig har olika egenskaper än den slutliga produkten. Därför finns det ett stort antal kompositmaterial, med olika innehåll. Kol och glasfiber, men också blandningar av dessa förekommer vid flygplanstillverkning.

Kompositmaterialen är dyrare att framställa än aluminium, däremot är de som regel lättare och minst lika starka. Spillet blir också lägre när man använder kompositmaterial än när man använder metaller.

Oftast är kompositerna formbarare än metall.

I A 380 byggs det bakre tryckschottet (16 meter högt) i ett kolfiberbaserat kompositmaterial. Det kostar 115-125 dollar per kilo, medan aluminium kostar 20-30 dollar per kilo. Formen på detta schott är en dubbel kurvatur som bidrar till att det blir mycket spill och komplicerade metoder för att bygga schottet med aluminium. Den dyrare materialkostnaden kompenseras av enklare tillverkningsprocess - och 10 procent lägre vikt i konstruktionen.

Stjärtpartiet bakom tryckschottet kommer att bli 12 procent lättare och vara enklare att tillverka, 4 procent lägre tillverkningskostnad genom användandet av kompositmaterial i stället för aluminium.

## **MATERIALBRIST GER HÖGA KOSTNADER**

Traditionellt har tillverkningen av kompositmaterial varit beroende av hantverksbetonade tillverkningsprocedurer i en strikt kontrollerad miljö. Över 800 tillverkare finns över hela världen, alla med egna ”recept” på tillverkningen. Industriell tillverkning förekommer i liten skala med specialmaskiner för att få fiberriktningen på de olika lagren så optimalt som behövs för det aktuella användningsområdet.

En amerikansk myndighet beräknar att världsmarknaden för luftvärdiga kompositmaterial är 6 800 ton per år, varav 60 procent är in-tecknat för militära flygplan. Moderna stridsflygplan består till 20 - 30 procent av kompositmaterial. Om Airbus endast bygger två A 380 per månad kommer detta att förbruka 960 ton per år, mer än tiondel av hela tillverkningen.

Men vad händer om de bygger så många som de själva räknar med, 115 stycken per år?

Om sedan någon biltillverkare kommer med en populär bilmodell i kolfiber, kommer det att finnas material så det räcker?

Utvecklingen av metaller står inte stilla utan det erbjuds konkurrenskraftiga alternativ, bland annat genom avancerade svetsmetoder och andra viktbesparande processer.

## **SKADADE DELAR**

Ett annat problem när det gäller kompositmaterial är att reparationsmetoderna inte utvecklas lika snabbt som själva materialet. En skadad detalj i kompositmaterial får inte vara för tidsödande att reparera med bibehållen luftvärdighet. Long Island-haveriet (en fena lossnade i fästet) förra året belyser ett annat problem med kompositerna; hur ska man i tid upptäcka att materialet försvagats i områden som utsätts för stora aerodynamiska belastningar?