





Alfred Staarman

*met medewerking van Johannes de Haan,
Smart Constructions*

Vliegtuigen onder dak

De problematiek bij het ophangen van vliegtuigen

Een belangrijk onderdeel van het museale ontwerp van het Nationaal Militair Museum (NMM) bestaat uit de presentatie van opgehangen vliegtuigen. Negentien vliegtuigen uit de collectie van voormalige Militaire Luchtvaart Museum (MLM) die in zijn geheel is opgegaan in de collectie van het NMM, zijn opgehangen aan het plafond. Dit artikel behandelt in vogelvlucht een aantal aspecten die komen kijken bij het ophangen van vliegtuigen.

Afb. 1 Impressie van de inrichting van het Nationaal Militair Museum, een ontwerp van bureau KossmanndeJong. Een belangrijk element van het winnende ontwerp betrof de zogenaamde dogfight: het onder verschillende hoeken ophangen van de historische jachtvliegtuigen van de Koninklijke Luchtmacht.

Discussie

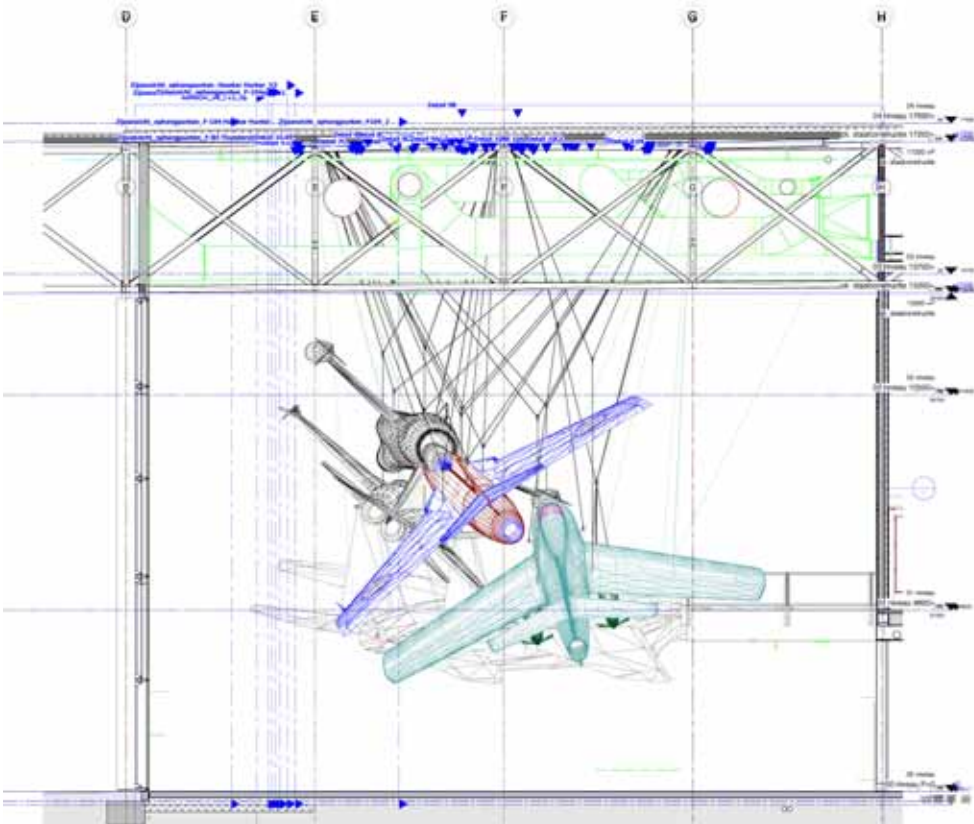
Om diverse redenen keuren sommige liefhebbers het ophangen van vliegtuigen af. Afgaand op wat op diverse webfora over dit onderwerp de afgelopen jaren door MLM-watchers is gedeeld, is het belangrijkste argument voor hen dat je de vliegtuigen niet meer kunt aanraken. Ook er dicht bij komen, de opschriften kunnen lezen de cockpit in detail kunnen bekijken geldt figuurlijk gesproken als aanraken. Er niet dichtbij kunnen komen houdt in dat het maken van foto's lastiger wordt, voor spotters een belangrijk bezwaar. Het aantal standpunten van waaruit een vliegtuig gefotografeerd kan worden neemt af en wordt bepaald door de stand waarin het vliegtuig wordt opgehangen. Nieuwe standpunten dienen zich weliswaar aan, maar het is kennelijk de keuzevrijheid van de fotograaf die in het geding is. De grootste zorg van de tegenstanders van het ophangen van vliegtuigen betreft echter de mogelijke schade die het vliegtuig kan oplopen als gevolg van het ophangen. Dit betreft om precies te zijn de technische aanpassingen die gedaan moeten worden aan de romp en de vleugels om zogeheten adaptors te kunnen monteren, en het plaatwerk dat hierbij beschadigd zou kunnen raken. Op museaal ethisch vlak is nog genoemd dat vliegtuigen niet langer als eigenstandig object te zien zijn maar 'gedegradeerd' worden tot decorstuk.

Waarom wel

Over smaak valt te twisten, maar naar de mening van het museum en de vormgevers voegt het ophangen van vliegtuigen in ieder geval een dynamisch element toe aan de expositie van het NMM. De vliegtuigen zijn geen decor maar zijn soort bij soort in chronologisch juiste volgorde opgehangen bij of in de buurt van collectie gerelateerd aan de Landmacht uit dezelfde periode. De vliegtuigen vormen daarmee een deel van de chronologisch-thematische expositie in de middelenhal, daar waar de ontwikkeling van de techniek, inclusief die van vliegtuigen, centraal staat. Het gebruik van de derde dimensie in zo'n grote en hoge ruimte als het NMM biedt, voelt volkomen logisch. Op een aantal plekken is er in het ontwerp bovendien voor gezorgd dat ook de opgehangen vliegtuigen van dichtbij te zien zijn.

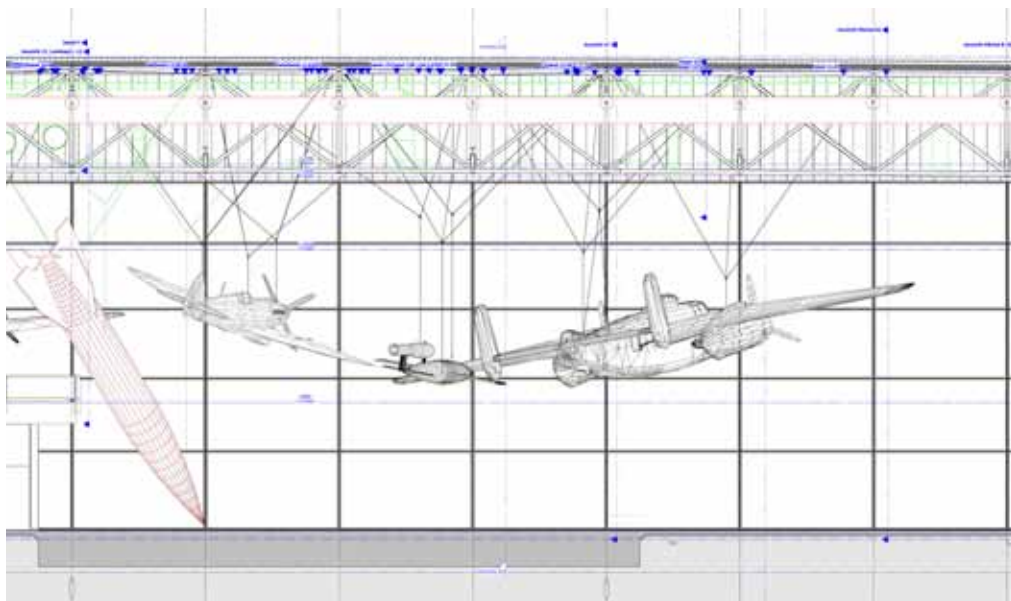
Praktisch punt is dat op deze wijze veel meer vliegtuigen getoond kunnen worden dan anders het geval geweest zou zijn. Ruimtevreter als het zijn, zouden ze in verhouding tot de getsmatige omvang van het Landmachtmaterieel een te groot beslag op de ruimte hebben gelegd wanneer alle vliegtuigen die nu getoond worden op de grond hadden gestaan. Ook de depotruimte zou overigens ontoereikend zijn geweest voor de opslag van alle vliegtuigen. Het museum heeft met het ophangen van een deel van de vliegtuigen een goede balans gevonden in de verhouding Landmacht-Luchtmacht collectie. De zorg omtrent de mogelijke schade die vliegtuigen oplopen door ze op te hangen is natuurlijk terecht. Vliegtuigen ophangen in een publieksruimte betekent dat het vastgestelde ontwerp moet worden uitgevoerd op een manier die geen enkele concessie aan de veiligheid toelaat, maar die tegelijkertijd de vliegtuigen die gekwalificeerd kunnen worden als kwetsbare en zeldzame museumobjecten, recht doet. De museale eis was dat technische aanpassingen, zoals dat in museumjargon heet, *reversibel* moesten zijn, ofwel omkeerbaar. Het vliegtuig moest in zijn oude staat hersteld kunnen worden. Aan die voorwaarde is voldaan.

Het grote voordeel van een expositie inrichten in een nieuw te bouwen museum is dat bij het ontwerp van het gebouw rekening gehouden kan worden met de last die aan het plafond komt te hangen. De bouwer Heijmans wist op de tekentafel al min of meer welke vliegtuigen waar zouden komen te hangen. Toch is het voor de constructeurs en architecten nog een hele puzzel geweest om te zorgen dat de vliegtuigen zodanig opgehangen konden worden dat de belasting op de spanten van het dak nergens de maximaal toegestane waarden zou overschrijden, maar ook dat technische installaties die in het dak verwerkt zijn, niet door kabels geraakt zouden kunnen worden. Het dak van het gebouw bestaat uit een raster van stalen spanten die uitkomen in knooppunten. De kabels waaraan de vliegtuigen zijn opgehangen, zijn bevestigd aan de bovenste knooppunten in het dak. Dat is om een aantal redenen, waaronder esthetische, veel beter dan ophangen aan de onderste knooppunten, maar het compliceert de puzzel omdat de draden juist dan langs installaties moeten. En omdat de meeste kabels onder een hoek bevestigd zijn, is de kans dat een kabel een installatie raakt, vrij groot. Dat mag uiteraard niet dus moest in sommige gevallen een ander punt gekozen worden in het dak.



Afb. 2 Driedimensionaal computermodel van Heijmans. Alle vliegtuigen zijn hierin op schaal en in de juiste positie ingetekend.

Heijmans heeft alle posities van vliegtuigen ingetekend in een 3d computermodel van het gebouw. In dit model staan tevens alle mogelijke obstakels ingetekend. Op de print staan in de looprichting van achter naar voren op schaal ingetekend de vliegtuigen in de zogenaamde dog fight. Hier hangen jachtvliegtuigen dicht achter elkaar, met als laatste nog net zichtbaar de F15, met een massa van 10.000 kg één van de zwaarste vliegtuigen uit de collectie. Veel gewicht hangt hier aan een betrekkelijk kleine oppervlakte. De vliegtuigen zijn met gemiddeld negen kabels per vliegtuig aan de bovenste dakspanten bevestigd. Van groot belang voor de exacte positie van de vliegtuigen in de ruimte, is de bepaling van het ophangpunt van de kabel aan het vliegtuig. Het definitief vaststellen van deze punten betrof een nadere uitwerking van het initiële ontwerp en was voor het museum één van de lastigste opgaven waarbij de hulp is ingeschakeld van een externe partij, Smart Constructions uit Heerenveen. Essentiële informatie als gewicht en zwaartepunt moesten worden bepaald. Smart heeft op basis van eigen onderzoek, aangevuld met informatie uit eerdere rapporten van ATN en het museum zelf, de uiteindelijke ophangpunten bepaald. Leidend hierbij was vooral de constructieve sterkte van het vliegtuig en de mogelijkheid om een aanpassing te kunnen maken zonder schade aan romp of vleugels te veroorzaken. Complicerende factor bij het bepalen van de ophangpunten was het feit dat veel vliegtuigen niet in vliegstand zijn ingetekend maar onder een bepaalde roll (dwarsrichting) en pitch (lengterichting) hoek. De ontwerpers zijn ver gegaan: de F104 Starfighter hangt vrijwel ondersteboven. Dit betekent dat originele hijspunten niet gebruikt kunnen worden, en dat gekozen ophangpunten vrijwel nooit gelijkmatig belast zouden worden. Het belasten van ophangpunten is door Smart uitvoerig getest. Uitgangspunt was dat de constructies twee keer de maximaal toegestane belasting moesten kunnen dragen. Dus als er in werkelijkheid 2000 kilo aan een ophangpunt wordt gehangen, is deze ontworpen voor 4000 kilo. De kabels waaraan de ophangpunten zijn bevestigd hebben een nog hogere veiligheidsmarge. De constructies zijn getest en gecertificeerd door een derde partij, Bureau Veritas. Vliegtuigen zijn bijzondere constructies. Wanneer krachten afgeleid kunnen worden en verspreid over een groot oppervlak, bijvoorbeeld een vleugel, zijn ze extreem sterk, maar tegen puntbelasting zijn ze niet bestand. De huid van een vliegtuig is heel dun, soms enkele millimeters, maar een huid van metalen platen die strak om de romp is geklonken geeft deze wel veel stevigheid. Vergelijk het met een eierschaal. Uiteraard kan een vliegtuig nooit aan de huid worden opgehangen, er zal altijd een sterk deel van de romp gezocht moeten worden, bijvoorbeeld een spant, de aanhechting van de vleugel aan de romp, of het landingsgestel. In alle gevallen is het zaak om de belasting te spreiden over een zo groot mogelijk oppervlak. Bij het ophangen van replica-vliegtuigen is extra voorzichtigheid geboden. Deze zijn immers niet gebouwd om te kunnen vliegen. De twee replica's die in het NMM hangen, de Farman en de Koolhoven, zijn beide dermate sterk dat dit probleem zich niet voordeed. Bij de Farman is bij de bouw door de bouwer Jack van Egmond rekening gehouden met het feit dat deze opgehangen zou worden. De Koolhoven is constructief dermate sterk dat zich ook hier geen problemen voordeden.



Afb. 3 De B25 Mitchell is een middelzware tweemotorige bommenwerper met spanwijdte van ruim 20 meter en een gewicht van bijna 10.000 kg.

In totaal zijn 19 vliegtuigen opgehangen. Hierna worden drie oplossingen besproken die zijn toegepast bij verschillende typen vliegtuigen.

Om de B25 veilig en gecertificeerd te kunnen ophangen was het aanbrengen van een bijzondere constructie in de vleugels noodzakelijk. De vleugels hebben een binnenvleugel (met de motorgondel) en een buitenvleugel. Er is voor gekozen om de ophanging van de buitenvleugel aan de binnenvleugel gebuiken als verdeelvlak voor de krachten. Er is een soort klem geplaatst over de vleugel, en de vleugel hangt in deze klem. Omdat de vleugeldelen niet precies tegen elkaar gemonteerd zijn maar enigszins over elkaar heen schuiven, bestond de verbinding van het bovenste en onderste deel uit een groot aantal stalen pennen en bussen, die bij elkaar de vleugel en daarmee het vliegtuig dragen. De klem zelf hangt in een scharnier om de zijdelingse krachten van de rollhoek op te vangen. Het achterste ophangpunt bestond uit een stalen plaat die in de romp is gezet en waarop een spant rust.

Eenvoudiger was de oplossing bij de Dakota. Bij dit vliegtuig konden van de romp de centersectie en staartsectie van elkaar gescheiden worden. Daarna kon er een ronde stalen schijf tussengezet worden met exact de diameter van de romp, en aan de bovenzijde een uitstekend oog waaraan het vliegtuig is opgehangen. Daarna konden de rompdelen weer tegen elkaar worden gezet. De maximale krachtspreiding is hiermee gerealiseerd, en het vliegtuig heeft er geen schade van ondervonden. Aan de voorvleugels is een soortgelijke oplossing gekozen: het vliegtuig is opgehangen aan

Afb. 4 Op deze foto is MLM medewerker Max van Reeken bezig met de montage van de ophangconstructie van de B25.



250

Afb. 5 De C47 Dakota is een tweemorig transporttoestel, met een spanwijdte van bijna 29 meter en een gewicht van bijna 8.000 kilo.





Afb. 6 Resultaat van de werkzaamheden aan de Dakota. De ronde plaat loopt tussen de 3 en de 4 door. Netto resultaat is dat de lengte van het vliegtuig van 19,63 meter met ruim een centimeter is toegenomen, en de spanwijdte van 28,90 meter met twee keer een centimeter.

een plaat die tussen de binnenvleugel en de buitenvleugel is gemonteerd, die precies de omtrek van de vleugels volgt.

De veel compacter geconstrueerde jachtvliegtuigen bieden dergelijke mogelijkheden niet. Aanvankelijk werd er voor gekozen jachtvliegtuigen in slings op te hangen, banden die om de romp getrokken werden. Hierover ontstond discussie. Vooral de gesuggereerde dynamiek van de vliegtuigen in vlucht ging door het gebruik van slings grotendeels verloren. De architect vergeleek een vliegtuig in een sling met een 'koe die uit de sloot getakeld wordt'. Al met al genoeg reden om opnieuw na te denken over oplossingen. Uiteindelijk is het enige vliegtuig waar noodgedwongen een sling is toegepast de F15, hier was door de grote cockpit en de korte neus van het vliegtuig geen andere oplossing mogelijk dan om de romp heen te gaan. De Spitfire en Seafury hangen nu in een nauw sluitende metalen ring om de romp. Omdat de romp daar niet rond is maar ellipsvormig en bovendien licht taps toeloopt, moesten handmatig mallen gemaakt worden.

De F104 Starfighter

De F104 Starfighter is een jachtvliegtuig met een lengte van ruim 17 meter en een gewicht van ruim 6.000 kilo. De F104 vormde een aparte uitdaging omdat deze vrijwel

ondersteboven hangt. Er is een drastische maar wel reversibele maatregel getroffen: De radar uit de neus is verwijderd en de ruimte die daar vrijkwam is benut om een stalen constructie in te bouwen waaraan het vliegtuig kon worden opgehangen. Bij de vleugels van de F104 zijn de krikpunten gebruikt waarbij een stalen pin door een bestaande voorziening in de vleugel is getrokken.

Afb. 7

252



Tot besluit

Militair erfgoed verdient het, net als ander cultureel erfgoed, om met zorg te worden tentoongesteld en bewaard, onder de juiste condities en veilig. Het Nationaal Militair Museum voldoet aan de moderne eisen op het gebied museale condities. Het ambitieuze plan om 19 vliegtuigen op te hangen heeft een beroep gedaan op de innovatiekracht, creativiteit en technische expertise van velen. Het is onder regie van de externe projectleider Arno van der Holst gelukt vrijwel binnen de gestelde tijd, geheel binnen het budget, zonder noemenswaardige schade en het belangrijkste: zonder persoonlijke ongelukken.

