

groep: Vog. Aerodynamica.
prijs: f 0.30.
datum: 0.3.56 paraaf: Alfred Grothe

Rapport no 77

DE LAGE-SNELHEIDS WINDTUNNEL VAN DE
SUB-AFD. VLIEGTUIG BOUWKUNDE DER
TECHNISCHE HOGESCHOOL

door

ir E. DOBBINGA

lector

en

ir. J. A. VAN GHESEL GROTHE

wetenschappelijk ambtenaar

De lage-snelheids Windtunnel van de sub-afd. Vliegtuigbouwkunde der Technische Hogeschool

door ir E. DOBBINGA, lector en ir J. A. VAN GHESEL GROTHE, wetenschappelijk ambtenaar

1. Inleiding

De eerste plannen voor de bouw van een windtunnel voor de subafdeling Vliegtuigbouwkunde dateren van 1946. Het bleek uitermate gewenst dat kon worden beschikt over een windtunnel van zodanige afmetingen dat daarin enerzijds op verantwoorde wijze proeven aan modellen van vliegtuigen en onderdelen daarvan in het kader van de vliegtuigbouwkundige opleiding zouden kunnen worden uitgevoerd, terwijl anderzijds door de staf in samenwerking met ouderejaars studenten onderzoeken zouden kunnen worden verricht, welke de zin voor spuurwerk zouden kunnen opwekken en tot ontplooiing brengen, het inzicht verrijken, en mogelijk ook nieuwe perspectieven zouden kunnen openen.

Het tunnelontwerp kwam gereed in 1949; in de herfst van het jaar 1953 werd het gebouw in gebruik genomen.

In afwachting van het gereedkomen van de nieuwe windtunnel, kreeg de subafdeling Vliegtuigbouwkunde, dank zij de medewerking van prof. dr. J. M. Burgers, de beschikking over een eenvoudige windtunnel van bescheiden afmetingen en mogelijkheden, die na het betrekken van het huidige gebouw voor Vliegtuigbouwkunde in 1948 in één van de werkplaatsen kon worden opgesteld.

Het ontwerpen en het bouwen van de nieuwe windtunnel geschiedde onder leiding van prof. van der Maas. Het aerodynamisch ontwerp werd vervaardigd door ir G. J. Spiess en ir H. Wittenberg; van de tunnel werd een model op schaal 1:6,59 gebouwd, dat door dezelfde heren werd ontworpen¹⁾.

De beproeving van de modeltunnel leidde tot het aanbrengen van een wijziging in het ontwerp van de nieuwe tunnel. Bij het ontwerpen en bij het construeren werd steun ontvangen van de zijde van het Nationaal Luchtvaartlaboratorium. Na 1949 werd de uitwerking van het tunnelontwerp, de bouw daarvan en de ontwikkeling van het 6-componenten krachtenmeetsysteem in het bijzonder verzorgd door ir J. Boel en voorts door ir E. Dobbinga.

In het navolgende worden de overwegingen vermeld die hebben geleid tot de keuze van het type en de afmetingen van de tunnel. Voorts wordt een beknopte beschrijving van de tunnel gegeven. Ten slotte volgt nog een opsomming van verschillende technische gegevens.

2. De keuze van het type en van de afmetingen van de tunnel

De nieuwe windtunnel van de subafdeling Vliegtuigbouwkunde is een zgn. lage-snelheids windtunnel, ontworpen voor een maximale luchtsnelheid in de meetplaats van circa 110 m/sec. De tunnel is uitgevoerd met een omloopkanaal. De doorsnede van de meetplaats is $1,80 \times 1,25 \text{ m}^2$.

¹⁾ Het ontwerpen van de nieuwe windtunnel en het ontwerpen en construeren van de modeltunnel werd door de heren Spiess en Wittenberg uitgevoerd in de vorm van een studieopdracht in het kader van de opleiding tot vliegtuigbouwkundig ingenieur.

Het gebied van de „lage” snelheden, waarbij de samen-
draagbaarheid van de lucht kan worden verwaarloosd, is niet alleen thans van grote betekenis, doch zal ook in de toekomst belangrijk blijven. Immers, ook vliegtuigen, die zeer grote snelheden kunnen bereiken, b.v. groter dan de geluidssnelheid, vliegen tijdens bepaalde fasen van de vlucht bij lage snelheden, b.v. in de start of tijdens de landing en in de kruisvlucht. Gezien het blijvende grote belang van de bestudering van de vliegprestaties en de vliegeigenschappen bij lage snelheden lag het voor de hand een windtunnel voor dit snelheidsgebied te ontwerpen.

De keuze van een tunnel met omloopkanaal hangt samen met de mogelijkheid om een dergelijke tunnel zo uit te voeren, dat de druk van de lucht in de meetplaats gelijk is aan de luchtdruk buiten de tunnel. Voor een goede toegankelijkheid van de modellen in de meetplaats en voor het doorvoeren van leidingen en onderdelen van het krachtenmeetsysteem is dit uiteraard van grote betekenis. Bij een open tunnel zonder omloopkanaal van het zgn. Eiffeltype is de druk in de meetplaats steeds lager dan de druk van de lucht buiten de tunnel. Hierbij is een luchtdichte meetplaats of een luchtdichte waarnemerskamer noodzakelijk.

Een tweede overweging, die tot de keuze van een gesloten tunnel leidde, betreft het benodigde vermogen dat voor een open tunnel in het algemeen groter is dan voor een gesloten tunnel met overeenkomstige capaciteiten.

Ten einde een goede overeenstemming te verkrijgen tussen de stroming om het model in de tunnel en de stroming, welke in werkelijkheid optreedt, moet bij een lage-snelheids windtunnel aan twee voorwaarden worden voldaan:

a. het getal van Reynolds moet voldoende groot zijn, hetgeen leidt tot bepaalde eisen ten aanzien van de afmetingen van de meetplaats en de snelheid van de lucht op die plaats;

b. de stroming moet zo goed mogelijk vrij zijn van de onregelmatige luchtbewegingen, welke met turbulentie worden aangeduid. Dit kan worden bereikt door bijzondere voorzieningen in het windtunnelkanaal.

a. Het getal van Reynolds²⁾

De lineaire afmetingen van de onderdelen van een windtunnelmodel — en daarmee ook het getal van Reynolds — zijn het kleinst indien een model van een volledig vliegtuig wordt beproefd. Bij de bepaling van de snelheid en de afmetingen van de tunnel zal daarom van dit geval moeten worden uitgegaan.

Een voldoende mate van overeenstemming tussen de stroming om het model en die om het werkelijke vliegtuig

²⁾ Getal van Reynolds $R = \frac{V \cdot c}{\nu}$, waarin

c = gemiddelde vleugelkoorde in m
 V = luchtsnelheid in m/sec
 ν = kinematische viscositeit van de lucht in m^2/sec

kan zeker niet worden verwacht wanneer het getal van Reynolds, betrokken op de gemiddelde vleugelkoorde van het model, kleiner is dan ongeveer 10^6 . Bij een luchtdruk van 1 atmosfeer — de luchtdruk in de meetplaats is immers steeds gelijk aan de druk buiten de tunnel — betekent dit dat het product van de lengte van de gemiddelde vleugelkoorde en de maximale luchtsnelheid (V_c) tenminste $14,5 \text{ m}^2/\text{sec}$ moet bedragen.

Wanneer in aanmerking wordt genomen dat de spanwijdte van een vliegtuigmodel in verband met de invloed van de tunnelwanden op de stroming om het model niet meer dan $\frac{2}{3}$ van de meetplaatsbreedte mag bedragen, levert het getal van Reynolds van 10^6 bij een vleugelslankheid van 7 een product van meetplaatsbreedte en maximale luchtsnelheid op van $152 \text{ m}^2/\text{sec}$.

Om aan deze laatste eis te voldoen, kunnen uiteraard verschillende combinaties van meetplaatsafmetingen en luchtsnelheden worden gekozen. Een grote meetplaats met een kleine luchtsnelheid heeft het voordeel dat met een kleiner motorvermogen kan worden volstaan en dat de modellen en de ophangdelen minder zwaar worden belast. De vervaardiging van betrekkelijk grote en licht belaste modellen levert voorts in vele gevallen minder moeilijkheden op. Een nadeel is echter dat door de grotere tunnelafmetingen de bouwkosten aanzienlijk stijgen, dat de constructie van verwisselbare delen van het tunnelkanaal gecompliceerder wordt en de hanteerbaarheid van deze delen moeilijker.

Gekozen werd een betrekkelijk kleine meetplaats met een breedte van 1,80 m. De maximale luchtsnelheid werd bepaald op $110 \text{ m}/\text{sec}$. Het product van meetplaatsbreedte en maximale luchtsnelheid is derhalve $198 \text{ m}^2/\text{sec}$. Hieruit volgt een maximum getal van Reynolds voor een volledig vliegtuigmodel van circa $1,3 \cdot 10^6$ bij een vleugelslankheid van 7. Bij vleugels met een kleinere slankheid — en dus een grotere koorde — zijn getallen van Reynolds van circa $2 \cdot 10^6$ bereikbaar. Ten opzichte van de grens van $R = 10^6$ is nu voldoende marge aanwezig.

Ten einde het benodigde aandrijfvermogen zo veel mogelijk te beperken, is de hoogte van de meetplaats kleiner gekozen dan de breedte daarvan en vastgesteld op 1,25 m. De doorsnede van de meetplaats is bovendien achthoekig uitgevoerd.

b. De turbulentiegraad

De mate van turbulentie van de lucht heeft grote invloed op het gedrag van de stroming om rompen, vleugels e.d. Daar de turbulentiegraad in de vrije atmosfeer gewoonlijk zeer klein is, is het, in verband met de gewenste overeenstemming tussen de stroming om het model en de stroming om het werkelijke vliegtuig, van belang er voor te zorgen dat de turbulentiegraad van de stroming in de windtunnel eveneens zo klein mogelijk is. Bij de stroming van de lucht door het windtunnelkanaal wordt, o.a. door de schroef, de hoekschoepen e.d. turbulentie opgewekt. De ervaring heeft geleerd dat turbulentie in de meetplaats van windtunnels kan worden bestreden door de lucht bij lage snelheid te voeren door gazen met kleine maasopeningen. Deze gazen hebben bovendien een gunstige invloed op de regelmatigheid van de snelheidsverdeling in de meetplaats. Ook in deze tunnel is van dergelijke gazen gebruik gemaakt. De vereiste lage snelheid is verkregen door plaatselijk de dwarsdoorsnede van het tunnelkanaal aanzienlijk te vergroten. In de aldus ontstane „suskamer” zijn een aantal zgn. anti-turbulentiegazen aangebracht.

Verstoringen in de stroming, die een nadelige invloed

op de bruikbaarheid van de metingen kunnen uitoefenen, kunnen voorts worden veroorzaakt door trillingen van de wanden van het tunnelkanaal en door het geluid, dat door de aandrijfschroef wordt geproduceerd. Voor trillingen van de wanden behoeft in dit geval niet te worden gevreesd omdat het in gewapend beton uitgevoerde kanaal voldoende stijf is. Maatregelen zijn getroffen om, zo dit in de toekomst nodig mocht blijken, verstoringen ten gevolge van het schroefgeluid te bestrijden door het inbouwen van geluiddempers.

Het bijzondere karakter van het gebruik van de tunnel bij het luchtvaartkundig onderwijs heeft ertoe geleid de tunnel zodanig uit te voeren dat de beproevingsopstellingen in de meetplaats snel kunnen worden verwisseld. Naast de gestandaardiseerde proeven voor 3e- en 4e-jaars studenten moeten in de windtunnel ook proefnemingen van uiteenlopende aard worden verricht door docenten, assistenten en studenten, terwijl voorts, wanneer daartoe aanleiding bestaat, vijfdejaars studenten in de gelegenheid worden gesteld, om, in samenhang met de hun verstrekte studieopgaven, bepaalde onderzoeken uit te voeren. De tijd, welke de metingen vragen, is in het algemeen klein ten opzichte van de tijd die nodig is voor het uitwerken der metingen. Voorts is met de opbouw van de beproevingsopstellingen gewoonlijk veel tijd gemoed.

Ten einde nu de tunnel, bij het gebruik door verschillende werkgroepen, regelmatig in bedrijf te kunnen houden zonder langdurige onderbrekingen, is er naar gestreefd de verschillende beproevingsopstellingen buiten het windtunnelkanaal te kunnen gereedmaken en snel met die, welke in de tunnel aanwezig zijn, te kunnen verwisselen. Dit is bereikt door de tunnel uit te rusten met verwisselbare meetplaatsen, die zodanig zijn ingericht dat het monteren en afstellen van de modellen en het aanbrengen van meetapparatuur en van drukaansluitingen e.d. buiten het tunnelkanaal kan plaats vinden. Het inbrengen van een meetplaats in de tunnel, het koppelen van het model aan het krachtenmeetsysteem en het aansluiten van drukleidingen e.d. kan voor een normale beproevingsopstelling in ca. 15 minuten geschieden.

3. Het windtunnelkanaal

In fig. 1 is een verticale doorsnede gegeven over het symmetrievlak van de tunnel; enkele doorsneden, loodrecht op dit symmetrievlak, zijn weergegeven in fig. 2. Het windtunnelkanaal vormt met de gazenbergplaats en de kelder, waarin de schroefmotor is geplaatst, een afzonderlijk gefundeerde constructie die geheel los staat van het windtunnelgebouw en in hoofdzaak is uitgevoerd in gewapend beton, met een minimale wanddikte van 30 cm. Alleen de aan de meetplaats grenzende gedeelten van de instroomtuit en van de diffusor zijn vervaardigd uit 5 mm staalplaat, versijfd met ribben. Het symmetrievlak van de tunnel staat verticaal. Deze verticale opstelling geeft meer ruimte voor het manoeuvreren met de verwisselbare meetplaatsen en leidt voorts tot beperking van de fundatiekosten.

In het bovengelegen horizontale been van het kanaal bevindt zich de meetplaats, in het ondergelegen horizontale been is het schroefaggregaat opgesteld. Het schroefaggregaat (1) bestaat, in de stromingsrichting gezien, achtereen volgens uit een krans van elf vaststaande leidschoepen, een aandrijfschroef met zes bladen en een vijftal vaste richtschoepen. De combinatie van leidschoepen en richtschoepen heeft tot taak de rotatie, die in de stroming

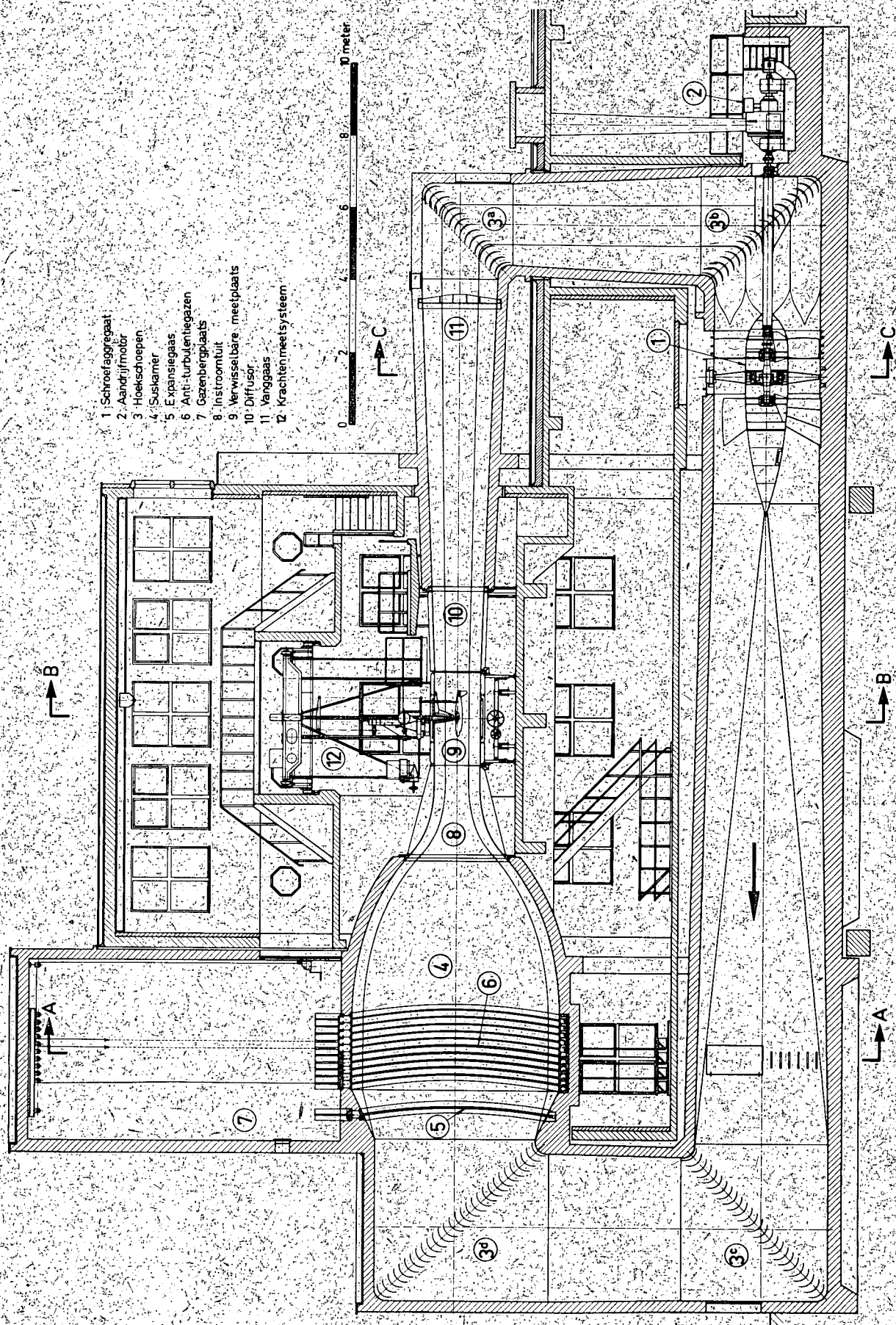


Fig. 1. Verticale doorsnede over het symmetrievlak van het tunnelkanaal

ontstaat door de werking van de schroefbladen, op te heffen. De schroef wordt, via een lange as, aangedreven door een buiten het tunnelkanaal opgestelde regelbare gelijkstroommotor (2) van 650 pk bij 1050 omw. per minuut.

Nadat de lucht het schroefaggregaat is gepasseerd, stroomt zij door het onderkanaal en het linker verticale

been naar het bovenkanaal. In de bochten bevinden zich rijen hoekschoepen (3c en 3d) die dienen om de lucht zonder verliezen en met behoud van een regelmatige snelheidsverdeling om te leiden. Stroomafwaarts van het schroefaggregaat wordt de luchtsnelheid door de divergentie van het tunnelkanaal voortdurend kleiner. Bij het begin van het bovenkanaal is de snelheid reeds zo laag

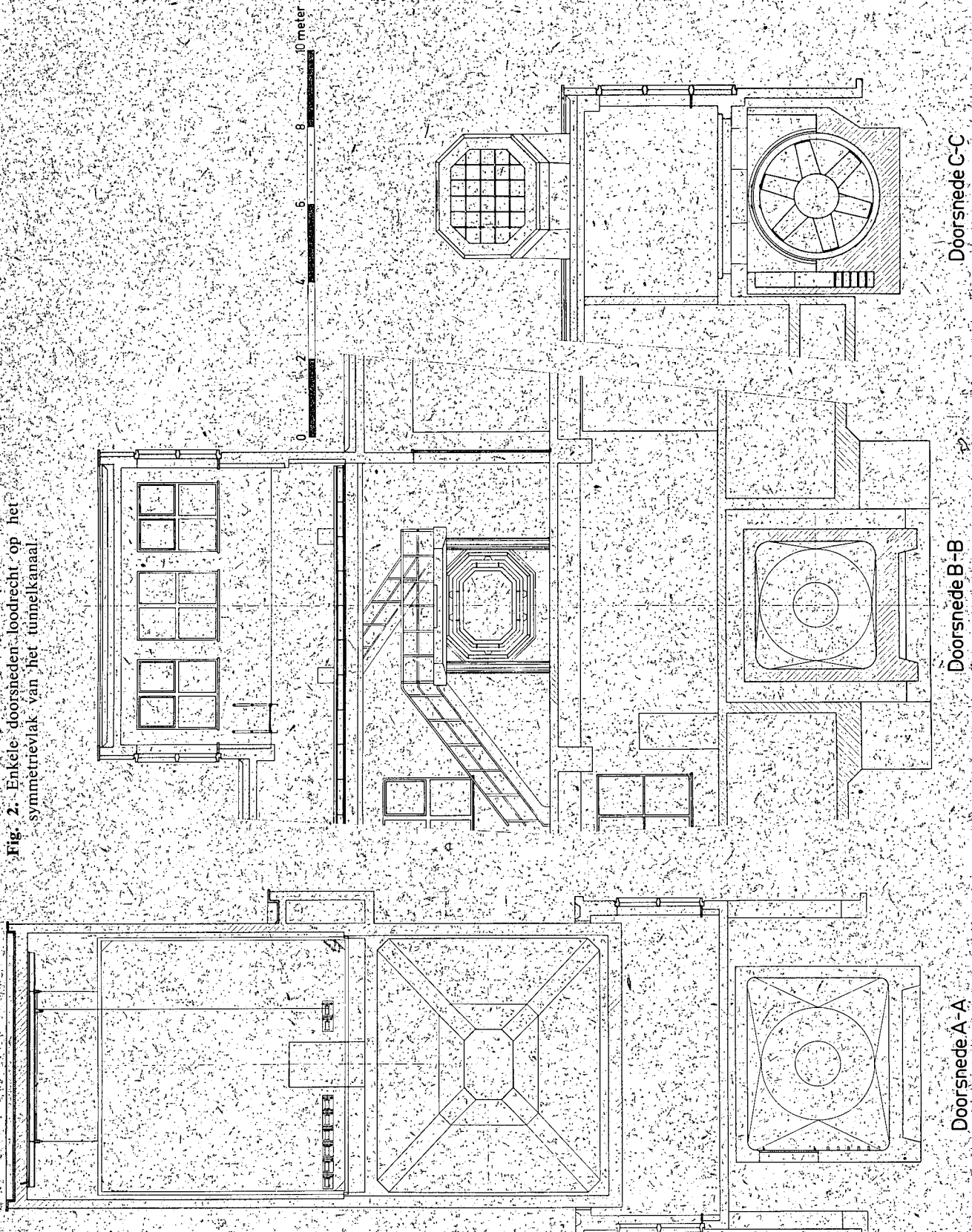


Fig. 2. Enkele doorsneden loodrecht op het symmetrievlak van het tunnelkanaal.

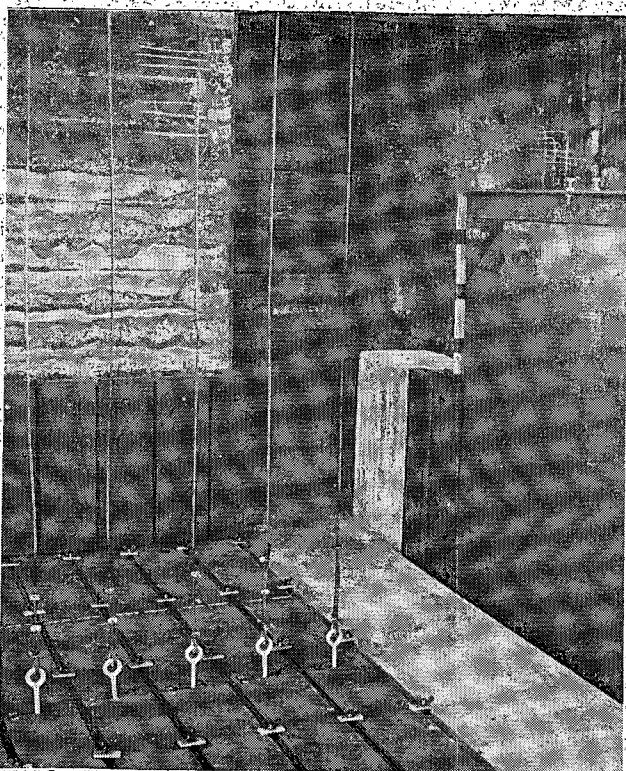


Fig. 3. De gazenbergplaats met de geleidingen voor de zijkanten der gazen. Het expansiegas is gedeeltelijk opgehesen. Op de voorgrond zijn de hijskabels van de andere gazen zichtbaar.

worden dat de verdere expansie naar de wijde suskamer (4) met behulp van een expansiegas (5) over een kleine afstand kan plaats vinden zonder grote verliezen te veroorzaken. Door dit gas wordt loslating van de stroming en wervelvorming voorkomen. De weerstand van het expansiegas is in verband met de lage snelheid gering. In de suskamer is de doorsnede van het kanaal zo groot geworden dat bij een luchtsnelheid van 110 m/sec in de meetplaats de luchtsnelheid in de suskamer ongeveer 1 m/sec bedraagt.

In de suskamer bevinden zich, behalve het reeds genoemde gas in het snel expanderende gedeelte, nog 7 gazen. De gazen (6) zijn vervaardigd uit fosforbronsdraad met een maaswijdte van ongeveer 1 mm. Naar keuze kan worden gewerkt met 0 tot 7 gazen in de stroming. De niet in gebruik zijnde gazen worden opgehesen in de zich

boven de suskamer bevindende gazenbergplaats (7). Door het variëren van het aantal gazen in de tunnel kan de turbulentiegraad van de stroming enigermate worden geregeld. De mogelijkheid om de gazen uit het tunnelkanaal te kunnen verwijderen is echter vooral van belang voor het schoonmaken van de gazen en het repareren van eventuele beschadigingen. Deze werkzaamheden kunnen worden verricht in de gazenbergplaats zonder dat de tunnel geheel buiten bedrijf behoeft te worden gesteld.

De gazen zijn aan de boven- en aan de onderzijde aan stijve stalen strippen bevestigd. Zij zijn cilindervormig gebogen (zie fig. 1) zodat de strippen alle op de gazen werkende luchtkrachten opnemen. De bovenste strip brengt de krachten over op de balken waarop hij steunt; de onderste strip wordt met vier klauwen aan de bodem van de suskamer verankerd. De zijkanten van de gazen, die geen luchtkrachten opnemen, zijn voorzien van een soepele roestvrije stalen band, voorzien van een aantal korte hoekstukjes. In de zijwanden van de suskamer zijn gebogen houten planken aangebracht. De korte hoekstukjes aan de zijkanten van de gazen glijden in sponningen in deze planken (zie fig. 3).

Na de suskamer stroomt de lucht via een instroomtuit (8) naar de meetplaats (9). De contractieverhouding tussen de doorsnede van de suskamer en de doorsnede van de meetplaats is 17,9:1. In fig. 4 is de vorm van de instroomtuit en het verloop van de druk in dit deel van het windtunnelkanaal weergegeven.

De dwarsdoorsnede van de meetplaats neemt in de stromingsrichting toe om het effect van de toenemende grenslaagdikte van de stroming op het drukverloop te beperken. In verband met gemakkelijke montage van de modellen zijn de boven- en de onderwand van de meetplaats evenwijdig gehouden; de divergentie van de zijwanden is langs experimentele weg zodanig gekozen dat de druk van de lucht in de meetplaats, bij afwezigheid van een model, in de stromingsrichting zo goed mogelijk constant blijft (zie fig. 5). De lengte van de meetplaats is 2,60 m.

In fig. 6 is de snelheidsverdeling in de midden dwarsdoorsnede van de meetplaats gegeven bij twee verschillende toestanden: a met alle gazen in de stroming en b met alleen het expansiegas in de stroming. Uit deze figuur blijkt de reeds vermelde gunstige invloed van de gazen op de snelheidsverdeling in de meetplaats.

Na de meetplaats stroomt de lucht door de diffusor (10), waarin de snelheid van de lucht geleidelijk afneemt en de

Fig. 4. De vorm van de instroomtuit en de statische druk in dit deel van het tunnelkanaal.

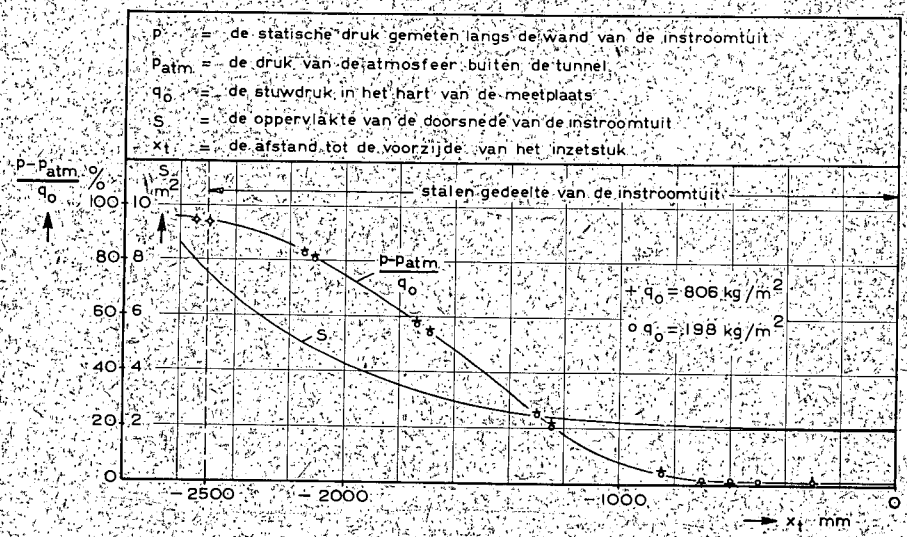
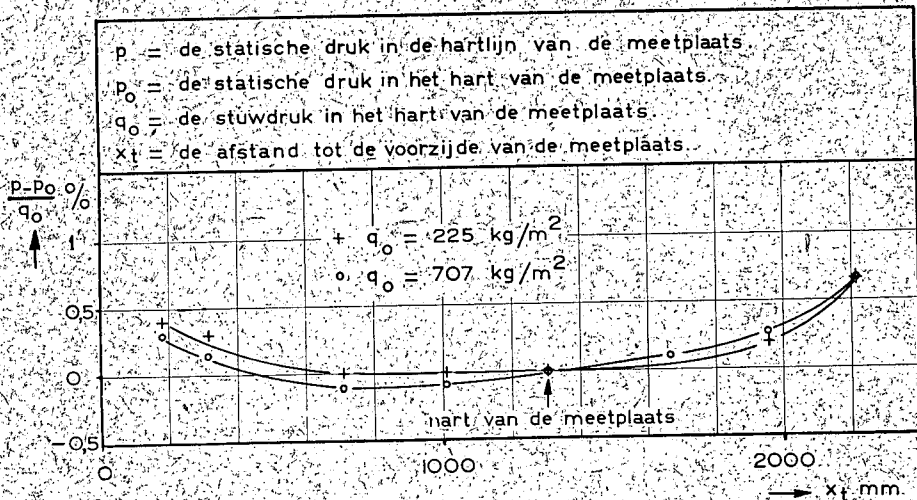


Fig. 5. De statische druk in de hartlijn van de meetplaats.



druk van de lucht toeneemt. De aanwezigheid van een spleet tussen de meetplaats en de diffusor zorgt er voor dat de druk in de meetplaats steeds ongeveer gelijk is aan de atmosferische luchtdruk buiten het tunnelkanaal. Deze spleet vormt de enige verbinding tussen de lucht in het tunnelkanaal en de lucht erbuiten. Alle luiken en deuren, die toegang geven tot het tunnelkanaal, zijn luchtdicht uitgevoerd. Behalve in de meetplaats is de druk van de lucht in het tunnelkanaal met inbegrip van de gazenbergaansplaats hoger dan de atmosferische druk.

Aan het einde van de diffusor is een stalen vanggaas (11) aangebracht dat dient om eventueel wegvliegende delen van modellen op te vangen en zo beschadigingen van de aandrijfschroef te voorkomen. Het vanggaas is aangebracht op een rooster van stalen strippen en heeft een maaswijdte van 75 mm. De draaddikte bedraagt 2,5 mm. Een tweede vanggaas met een maaswijdte van 20 mm is gespannen op de hoekschoepenrij (3a) bij de overgang van de diffusor naar het rechter verticale been van het tunnelkanaal. De draaddikte van dit gaas bedraagt 0,5 mm. In de overgang van het rechter verticale tunnelbeen naar het onderkanaal bevindt zich wederom een rij hoekschoepen (3b).

In verband met het feit dat alle energie, die door de aandrijfschroef aan de lucht in de tunnel wordt medegedeeld, wordt omgezet in warmte, moet bijzondere aandacht worden besteed aan het koelen van de lucht. In normale gevallen is de warmte-absorptie van de betonnen tunnelwanden voldoende om een te hoge luchttemperatuur te voorkomen. Wanneer echter langdurig bij hoge snelheden wordt gewerkt is extra koeling noodzakelijk. Deze is verkregen door de hoekschoepen van de eerste en de tweede bocht stroomafwaarts van de meetplaats (3a en 3b in fig. 1) hol uit te voeren. Door deze hoekschoepen kan water worden gepompt. Het koelwater, dat afkomstig is uit een op het terrein van de tunnel geslagen bron, wordt electrolytisch geneutraliseerd. De pompcapaciteit bedraagt 30 m³ per uur.

Behalve via de hoekschoepen kan ook warmte worden afgevoerd met behulp van een in het onderkanaal aangebrachte sproeiinstallatie. Door twee tegen de bovenwand geplaatste buizen met gaatjes wordt leidingwater tegen de zijwanden gesproeid (capaciteit 10 m³ per uur). Voor de afvoer van het water is een pomp aangebracht die wordt geregeld door een verstelbare vlotter, zodat binnen bepaalde grenzen elke gewenste waterstand in het onder-

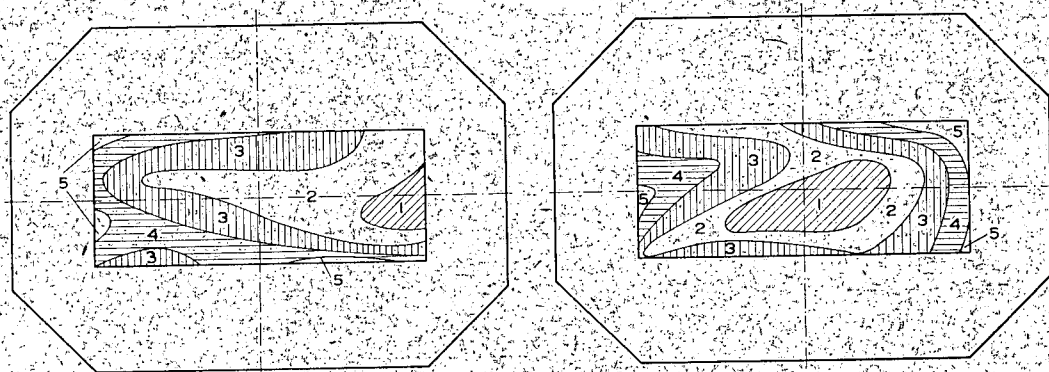


Fig. 6. De snelheidsverdeling in de midden-dwarsdoorsnede van de meetplaats bij twee toestanden.

a. alle gazen in de stroming, $q_0 = 707 \text{ kg/m}^2$	
gebied	$\frac{q - q_0}{q_0} = a \text{ in } \%$
1	$-0,10 < a < -0,05$
2	$-0,05 < a < 0$
3	$0 < a < +0,05$
4	$+0,05 < a < +0,10$
5	$+0,10 < a < +0,15$

b. alleen het expansiegas, in de stroming, $q_0 = 702 \text{ kg/m}^2$	
gebied	$\frac{q - q_0}{q_0} = a \text{ in } \%$
1	$-0,20 < a < -0,10$
2	$-0,10 < a < 0$
3	$0 < a < +0,20$
4	$+0,20 < a < +0,40$
5	$+0,40 < a < +0,50$

q_0 = de stuwdruk in het hart van de meetplaats.
 q = de plaatselijke stuwdruk ($q = \frac{1}{2} \rho v^2$)

kanaal kan worden gehandhaafd. Voorts komt in de naafkap van het schroefaggregaat een waterleiding uit, zodat eventueel sproeiers in de punt van deze naaf kunnen worden aangebracht.

Het vrije wateroppervlak, dat met behulp van de sproeiinstallatie in het onderkanaal wordt gevormd, is voorts een effectief middel ter bestrijding van stof in het tunnelkanaal. De aanwezigheid van stof kan gemakkelijk leiden tot het beschadigen van de zorgvuldig bewerkte modellen en van de meetapparatuur en tot vervuiling van de anti-turbulentiegazen in de suskamer. Aanvankelijk werden modellen en meetapparatuur beschadigd door zanddeeltjes die uit het beton van de tunnelwanden los raakten. Door het bedekken van het beton met drie lagen van een spuitbaar bitumenpreparaat, dat goed aan het beton hecht en de oppervlakte geheel afsluit, konden deze moeilijkheden worden ondervangen. Eventueel in het tunnelkanaal binnengedrongen stof kan afdoende worden bestreden door gedurende enkele minuten te sproeien. De verminderde weerstand van het tunnelkanaal door het gladder worden van de wanden na de behandeling leverde een winst in maximum snelheid, op van ca. 10 m/sec ten opzichte van de aanvankelijke maximum snelheid van 114 m/sec.

4. De meetplaats

Zoals reeds in het voorgaande werd uiteengezet, heeft het bijzondere karakter van het gebruik van de tunnel ertoe geleid de tunnel uit te rusten met verwisselbare meetplaatsen. Deze verwisselbare meetplaatsen worden "inzetstukken" genoemd.

De inzetstukken (zie fig. 7) zijn opgebouwd uit een stalen frame met houten bekleding. De bekleding in hout is gekozen om het bevestigen van de proefopstellingen, het oopen van gaten e.d. zo gemakkelijk mogelijk te maken. In de boven- en onderwanden, die uit multiplex zijn, bevinden zich houten draaischijven met een diameter van 1,15 m. Deze draaischijven zijn door scharen onderling gekoppeld en bewegen steeds synchroon. De

zijwanden bestaan uit verwisselbare panelen van verschillende breedte. Een aantal van deze panelen is van vensters voorzien. Door variatie in de rangschikking van de panelen is het mogelijk op elke gewenste plaats een opening in de zijwand te verkrijgen voor het inbrengen van apparatuur voor stromingsmetingen, zoals stuwbuizen, windvaanhengels e.d. Voor de bevestiging van deze meetinstrumenten zijn aan elke meetplaats een aantal verstelbare statiefklemmen aangebracht (zie fig. 7). Deze klemmen kunnen in de langsrichting langs rails worden verreden. De houder voor het bevestigen van de instrumenten kan bovendien in verticale richting langs een slede worden verplaatst.

Voor de verlichting van een inzetstuk zijn 16 lampen van 40 Watt paarsgewijze in de schuine hoeken ingebouwd.

Elk inzetstuk is voorzien van vier poten, die alleen dienst doen wanneer het niet in bedrijf is. In de tunnel wordt het inzetstuk op vier plaatsen aan de instroomtuit en aan de diffusor opgehangen. Het transport van de inzetstukken geschiedt met behulp van een speciale daarvoor te rijden lage hefwagen. Momenteel zijn vier inzetstukken beschikbaar.

5. De opstelling van modellen in de meetplaats en het krachtenmeetsysteem

Het uiteindelijke doel van een windtunnel is de bestudering van de stroming om modellen en het meten van de krachten en momenten die de stroming op het model uitoefent. Om een volledig beeld hiervan te verkrijgen is het noodzakelijk de stand van de modellen ten opzichte van de stromingsrichting te kunnen variëren.

Wanneer het alleen gaat om de bestudering van de stromingsverschijnselen en er geen krachten en momenten worden gemeten, kan het model direct aan de draaischijven worden bevestigd. De invalshoek van de vleugel, dit is de hoek die het model met de stroming maakt, kan worden gevarieerd door het model met de draaischijven

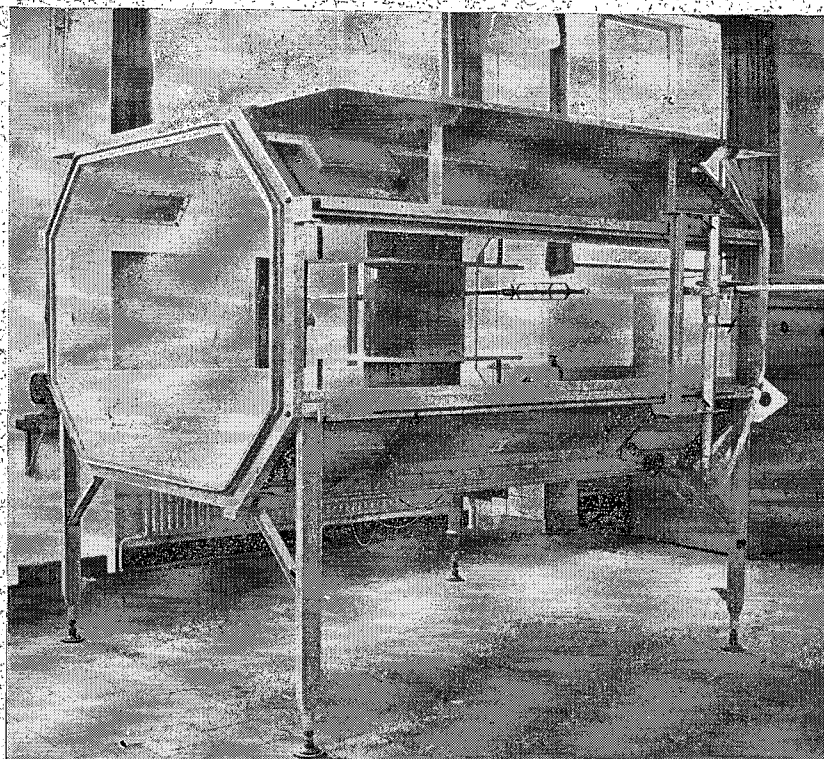


Fig. 7. Een inzetstuk met verstelbare statiefklem.

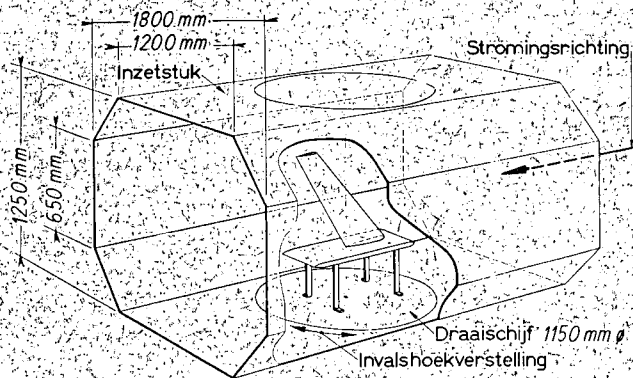


Fig. 8. Schematische voorstelling van de invalshoekverstelling van een vleugelmodel, bevestigd aan de onderste draaischijf. Het model is op een verhoogde grondplaat gemonteerd teneinde beïnvloeding van de stroming om het model door de grenslaagstroming langs de tunnelwand te vermijden.

om een verticale as te verdraaien. In fig. 8 is een dergelijke opstelling van een model van een pijlvleugel weer gegeven.

Een volledig vliegtuigmodel wordt normaal bevestigd aan een ophangplateau dat zich direct boven het inzetstuk bevindt. Dit plateau is in fig. 9 schematisch aangegeven door de driehoek AA'F. Het vliegtuigmodel wordt aan dit plateau bevestigd door de ophangpoten AB en A'B'. Deze poten zijn in de punten A en A' stijf aan het plateau bevestigd. De punten B en B' zijn scharnierend aan de vleugel van het model verbonden. Een derde punt van het model (D) is via de staartsteun CD en de hefboom CE, eveneens aan het ophangplateau verbonden. De staartsteun CD is aan de beide zijden C en D scharnierend bevestigd en neemt, in tegenstelling met de ophangpoten AB en A'B' slechts trek- en drukkrachten op. De verstelling van de invalshoek van het vliegtuigmodel geschiedt door het draaien van de hefboom CE om het scharnier-

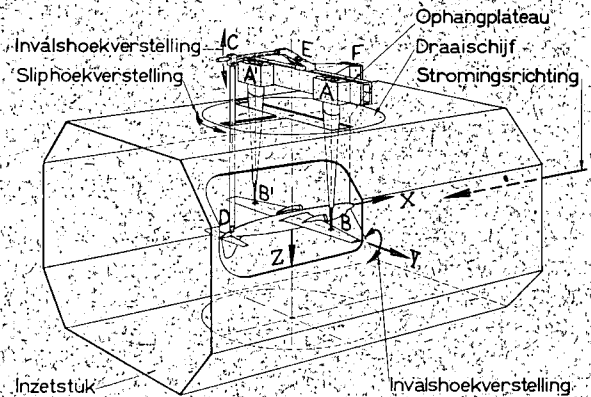


Fig. 9. Schematische voorstelling van de bevestiging van een volledig vliegtuigmodel aan een ophangplateau en van de invalshoek- en sliphoekverstelling.

punt E. Het model draait daarbij om de horizontale dwarsas Y door de scharnieren B en B'. De verstelling van de sliphoek van het model t.o.v. de stroming geschiedt door het model met ophangplateau te draaien om de Z-as.

Fig. 10 geeft een beeld van het ophangplateau met de drie koppelingen waarmee het plateau wordt verbonden aan het meetplateau van het krachtenmeetsysteem. Momenteel zijn drie ophangplateaux aanwezig.

Fig. 11 geeft een beeld van de opstelling van een vliegtuigmodel in een inzetstuk. De beide ophangpoten AB en A'B' zijn omgeven door stroomlijnkappen die aan de bovenste draaischijf zijn bevestigd. Door deze kappen wordt voorkomen dat luchtkrachten op de ophangpoten de meting van de krachten op het model te zeer zouden beïnvloeden.

Wanneer aan het model een sliphoek ten opzichte van de stroming wordt gegeven, d.w.z. wanneer het model „scheef” wordt aangeblazen, blijven de stroomlijnkappen

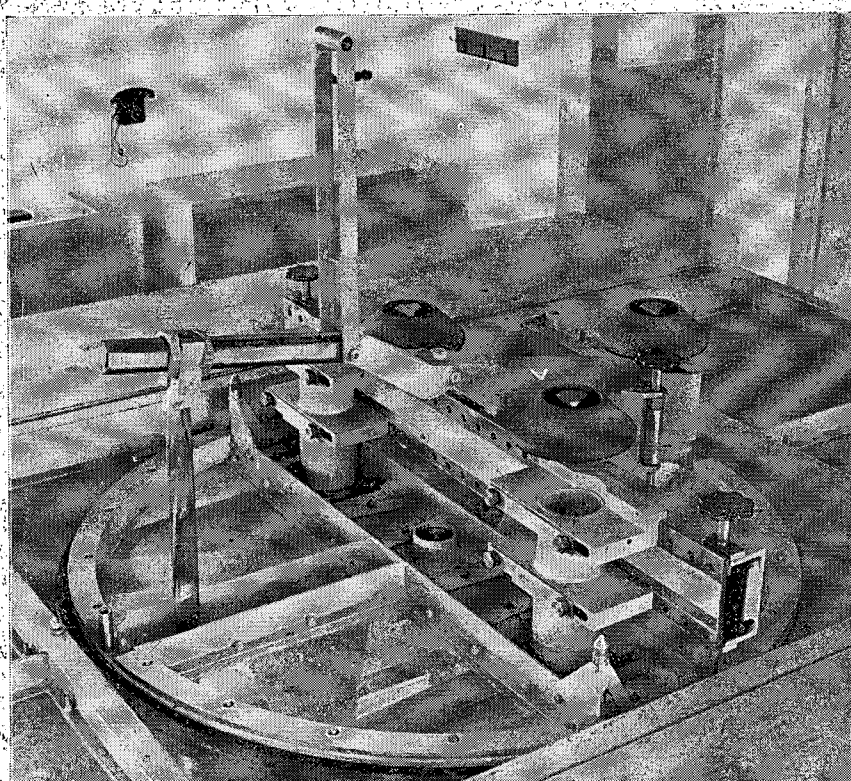
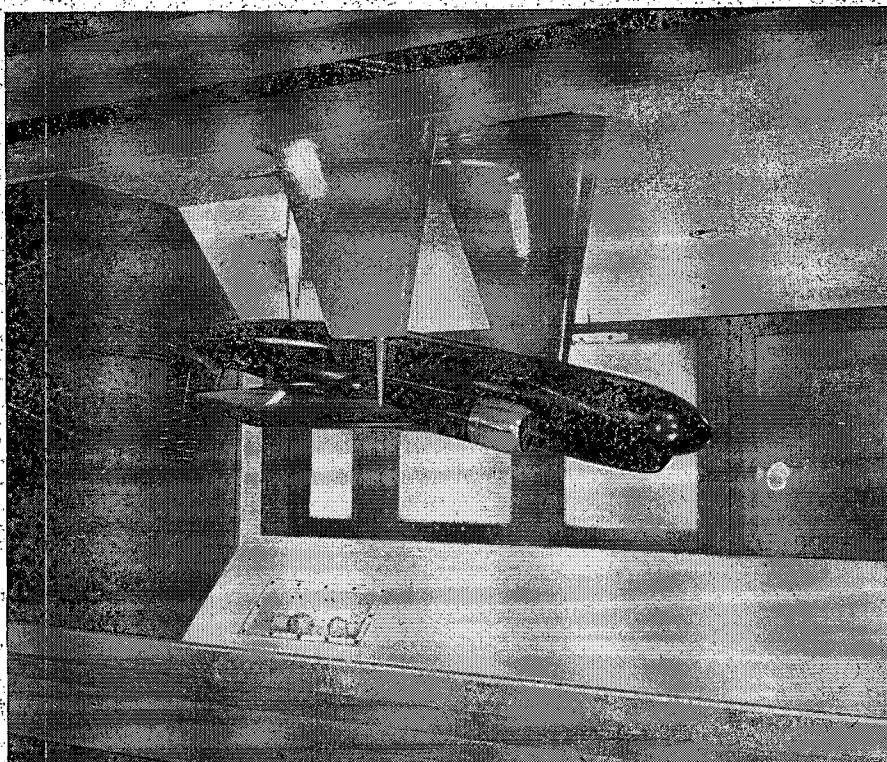


Fig. 10. Een ophangplateau met de drie koppelingen waarmee dit plateau wordt verbonden aan het meetplateau van het krachtenmeetsysteem. Het ophangplateau is gemonteerd op een inzetstuk.

Fig. 11. De opstelling van een volledig vliegtuigmodel in een inzetstuk.



door een parallelbeweging evenwijdig aan de stromingsrichting.

De mogelijkheid is open gehouden om in bijzondere gevallen de ophanging van de modellen door middel van de ophangpoten te vervangen door een ophanging met staaldraden.

In fig. 12 is een schematische voorstelling gegeven van het krachtenmeetsysteem van de windtunnel. Wanneer het inzetstuk met het model en het ophangplateau in de windtunnel is geplaatst, wordt het ophangplateau met drie koppelingen bevestigd aan het weegplateau. Dit weegplateau is met stangen en hefboomen permanent verbonden met de balansen van het krachtenmeetsysteem. Het gehele krachtenmeetsysteem met inbegrip van de balansen is gemonteerd op een draaiwagen die met vier wielen steunt op een cirkelvormige rail en die op deze wijze om een verticale as door het midden van de meetplaats (de Z-as) kan draaien voor het instellen van de sliphoek. De bovenste draaischijf, waaraan de stroomlijnkappen zijn bevestigd, en waarin zich gaten bevinden voor het doorlaten van de ophangpoten en de staartsteun, wordt aan het krachtenmeetsysteem gekoppeld en draait mee bij het instellen van een sliphoek. De cirkelvormige rail waarop de draaiwagent rust is bevestigd aan een vierkante rijwagen, die op aan het plafond bevestigde rails kan worden verreden in een richting loodrecht op de hartlijn van het tunnelkanaal. Hierdoor is het mogelijk het gehele krachtenmeetsysteem van boven de meetplaats te verwijderen voor het uitvoeren van ijkingen en het verrichten van reparaties. Het verwijderen van het krachtenmeetsysteem kan voorts nodig zijn indien er beproevingsopstellingen in de tunnel worden geplaatst, waarbij geen krachten worden gemeten en die een bepaalde vrije hoogte boven het inzetstuk vereisen. Voorts bestaat nog de mogelijkheid het krachtenmeetsysteem tezamen met een inzetstuk te verplaatsen. Het inzetstuk kan daartoe aan de rijwagen van het krachtenmeetsysteem worden opgehangen.

Het gezamenlijk verwijderen van krachtenmeetsysteem en inzetstuk kan voordelen bieden in het geval er bijzondere verbindingen tussen de beproevingsopstelling en het krachtenmeetsysteem zijn aangebracht waarvan het niet wenselijk is ze los te nemen tijdens de onderbreking van de proefnemingen.

Fig. 13 geeft een overzicht van de meetplaats van de tunnel met het daarboven aangebrachte krachtenmeetsysteem.

Het krachtenmeetsysteem is uitgerust met zes automatisch werkende looppengewichtbalansen. Langs elektrische weg worden de standen van de balansen overgebracht naar een bedieningslessenaar, die zich bevindt op een waarnemersplateau dat aan de draaiwagen is opgehangen. De aanwijzingen van de balansen worden in een rekenmechanisme zodanig herleid dat op zes telwerken direct de op het model werkende krachten in de richting van de drie onderling loodrechte assen, de X-as, de Y-as, en de Z-as, alsmede de momenten om deze assen worden weergegeven.

Over het krachtenmeetsysteem zal t.z.t. een afzonderlijke publicatie verschijnen.

6. De aandrijving van de schroef

Bij het uitvoeren van proefnemingen in de tunnel is het noodzakelijk de luchtsnelheid in de meetplaats binnen ruime grenzen te kunnen variëren, terwijl voorts de ingestelde snelheid nauwkeurig constant moet blijven.

De schroef wordt aangedreven door een gelijkstroom shunt-motor. De toegepaste Ward-Leonard schakeling biedt de mogelijkheid het toerental van de schroef in zeer kleine stappen te regelen van nul tot maximum, waardoor de complicatie van een schroef met verstelbare bladen wordt vermeden.

Met het gekozen systeem kan het ingestelde toerental met een afwijking van minder dan 1 omw/min constant worden gehouden terwijl de regeling van het toerental op afstand op eenvoudige wijze mogelijk is.

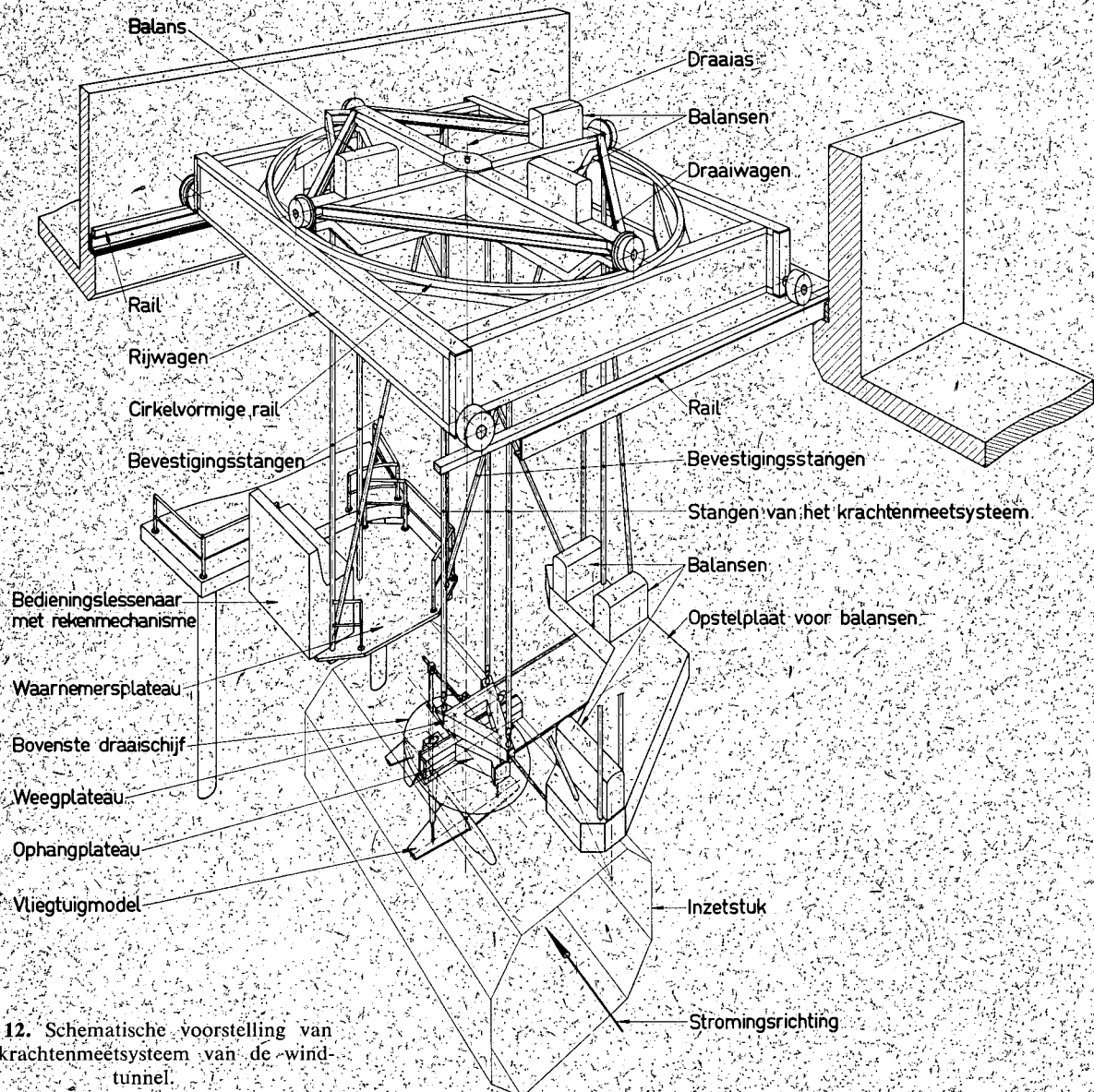


Fig. 12. Schematische voorstelling van het krachtenmeetsysteem van de wind-tunnel.

In de fig. 14 en 15 zijn schema's van de schroefaandrijving en van het bijbehorende regelsysteem gegeven.

In fig. 14 kunnen de afzonderlijke aggregaten worden onderscheiden:

1. De hoofddynamo, die wordt aangedreven door een aandrijfmotor van 800 pk met automatisch werkende aanlooprichting.

2. De schroefmotor die de tunnelschroef aandrijft met de daaraan gekoppelde meetdynamo. De schroefmotor is een gelijkstroom-shuntmotor met een maximum vermogen van 650 pk bij 1050 omw. per minuut. Gedurende 15 minuten kan een vermogen van 715 pk worden geleverd bij een toerental van 1150 omw. per minuut.

3. Een hulpaggregaat, bestaande uit een tweetal dynamo's aangedreven door een electromotor van 12 pk. Deze beide dynamo's zijn de regeldynamo (rototrol) en een dynamo voor het opwekken van 220 V gelijkspanning voor bekrachtigingsdoeleinden.

De ankerstroom van de schroefmotor wordt geleverd door de hoofddynamo. De snelheidsregeling van de schroefmotor vindt plaats door de regeling van de veldstroom van de hoofddynamo (Ward-Leonard schakeling)

welke veldstroom wordt geleverd door de regeldynamo. Deze regeldynamo heeft drie afzonderlijke shunt-wikkelingen. Twee van deze shuntwikkelingen worden gebruikt voor de toerentalregeling van de schroefmotor, die gescheiden is in een grofregeling en een fijnregeling. Verhoging van de aan deze shuntwikkelingen toegevoerde regelspanningen leidt tot vergroting van de veldstroom van de hoofddynamo en daarmee van de ankerstroom van de schroefmotor. De derde shuntwikkeling van de regeldynamo wordt gevoed door de aan de schroefmotor gekoppelde meetdynamo, waarvan de klemspanning afhankelijk is van het toerental. Eventueel optredende variaties in het toerental van de schroefmotor worden gecorrigeerd door beïnvloeding van de veldstroom van de hoofddynamo met behulp van de meetdynamo en de regeldynamo. Met behulp van deze regeling wordt elk tussen 0 en 1150 omw/min ingesteld toerental automatisch constant gehouden met een afwijking van minder dan 1 omw/min. In fig. 15 is het instellen van de regelspanningen voor de shuntwikkelingen van de regeldynamo schematisch weergegeven. De instelling van de grofregeling geschiedt door verstelling van een schakelaar die verbonden is met een weerstand met aftakkingen. Deze schakelaar

wordt aangedreven door een kleine draaistroommotor die op afstand wordt bediend op de bedieningslessenaar die zich op het waarnemersplateau bevindt. Door middel van twee drukknoppen kan deze motor met keuze van draairichting worden ingeschakeld. De grofregeling doorloopt het gebied van stilstand tot maximum toerental in 125 stappen.

De instelling van de regelspanning van de fijnregeling geschiedt door verstelling van twee potentiometers in een brugschakeling. Door deze brugschakeling kan de regelspanning zowel positief als negatief zijn; hetgeen resulteert in een verhoging of verlaging van de snelheid van de schroefmotor. De verstelling van de potentiometers van

de fijnregeling geschiedt door een kleine gelijkstroomshuntmotor, die evenals de motor voor de grofregeling door middel van drukknoppen met keuze van draairichting op afstand wordt bediend van de bedieningslessenaar af. De fijnregeling heeft een werkgebied dat overeenkomt met ca. 6 stappen van de grofregeling. De schakeling is zodanig uitgevoerd dat de fijnregeling bij gebruik van de grofregeling automatisch naar de middenstand terugkeert, zodat steeds het volle gebied van de fijnregelaar beschikbaar is. De fijnregelaar werkt in stappen van ca. 1 omw/min. De snelheid van de motor van de fijnregeling kan met behulp van enkele weerstanden op de juiste waarde worden ingesteld.

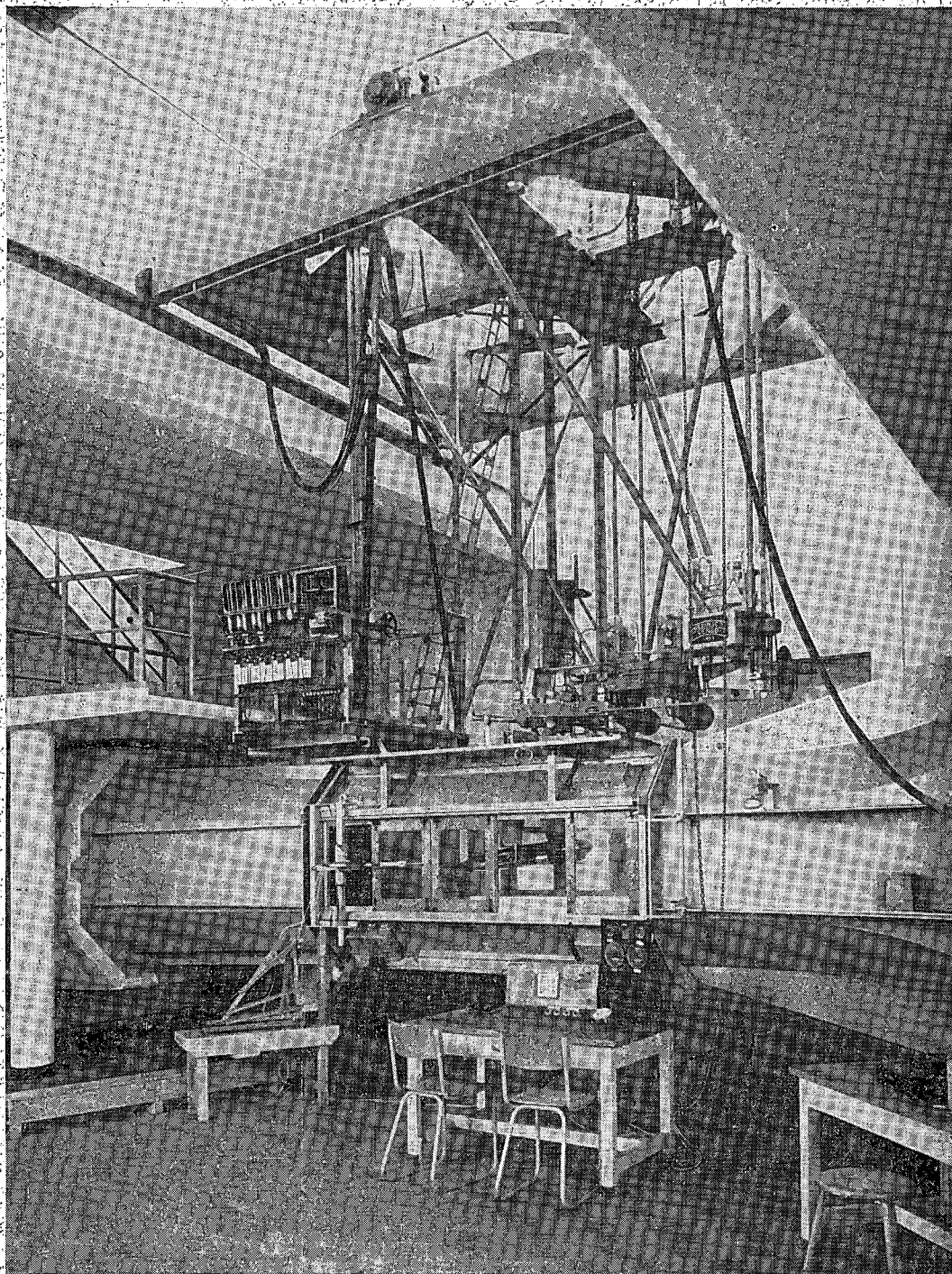
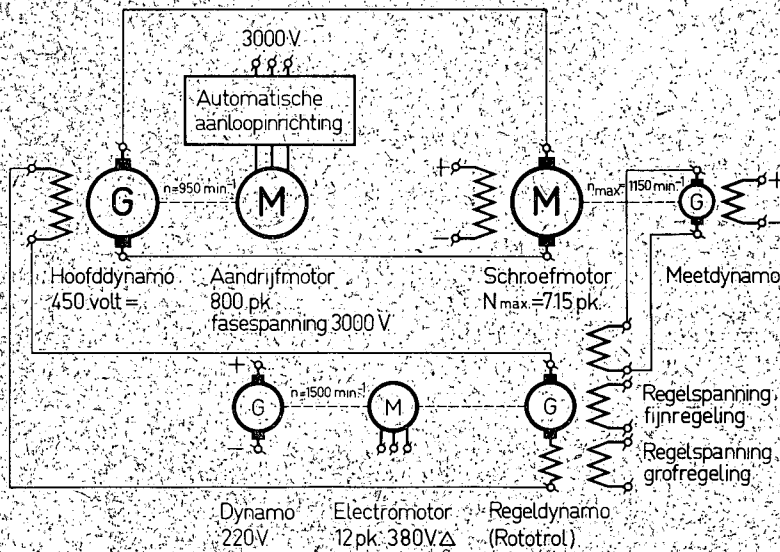


Fig. 13. Overzicht van de meetplaats van de windtunnel met het daarboven aangebrachte krachtenmeetsysteem. Van het rekenmechanisme op de bedieningslessenaar is de beschermkap afgenomen.

Fig. 14. Principe-schema van de schroef-aandrijving.



De tweede dynamo van het hulpaggregaat dient voor de bekrachtiging van de shuntvelden van de schroefmotor en van de meetdynamo, en voor het opwekken van de benodigde spanning voor de grof- en fijnregeling.

Voor de koeling van de schroefmotor is een door een afzonderlijke motor aangedreven radiale ventilator aangebracht. Een afzonderlijke koeling is in dit geval noodzakelijk in verband met de grote variatie in toerentallen tijdens het bedrijf. De koelventilator wordt automatisch ingeschakeld door middel van een thermostaat. Een tweede thermostaat schakelt de gehele installatie uit, indien de temperatuur een zekere maximum waarde overschrijdt.

Op verschillende plaatsen zijn noodschakelaars aangebracht waarmee eveneens de gehele installatie kan worden uitgeschakeld.

De aandrijfinstallatie kan eerst worden ingeschakeld wanneer alle deuren en luiken die toegang geven tot het tunnelkanaal zijn gesloten. De verschillende aggregaten zijn tezamen met de hoogspanningsschakelaars en de schakelkasten ondergebracht in een afzonderlijke generatorkamer. In deze ruimte bevinden zich nog enkele kleinere omvormers voor het opwekken van gelijkspanning voor algemene doeleinden. Op verschillende plaatsen in het windtunnelgebouw zijn experimenteerborden aangebracht voor het aftakken van deze gelijkspanningen. De regeling van de kleine omvormers kan van deze experimenteerborden af geschieden. Voorts zijn op deze borden aansluitingen voor 220 V en 380 V wisselspanning aanwezig.

7. Instrumenten

De windtunnel is nog slechts kort in bedrijf, het

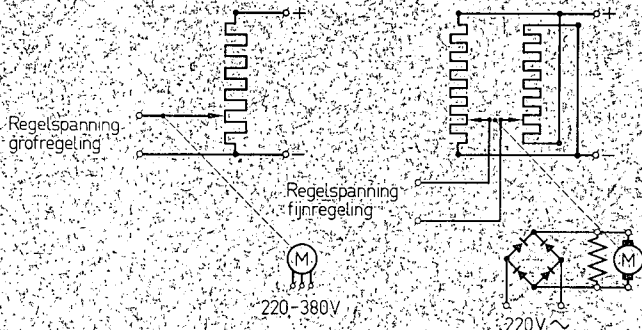


Fig. 15. Principe-schema van de instelling van de regelspanningen.

instrumentarium is derhalve nog niet volledig. Het ligt in de bedoeling dit instrumentarium naar behoefte verder uit te breiden. Aanwezig is een aantal bij windtunnelproeven te gebruiken apparaten, zoals windvaanhengels, pitotbuizen, manometers, een zogehark voor de bepaling van de weerstand uit impulsmetingen en enkele grens-

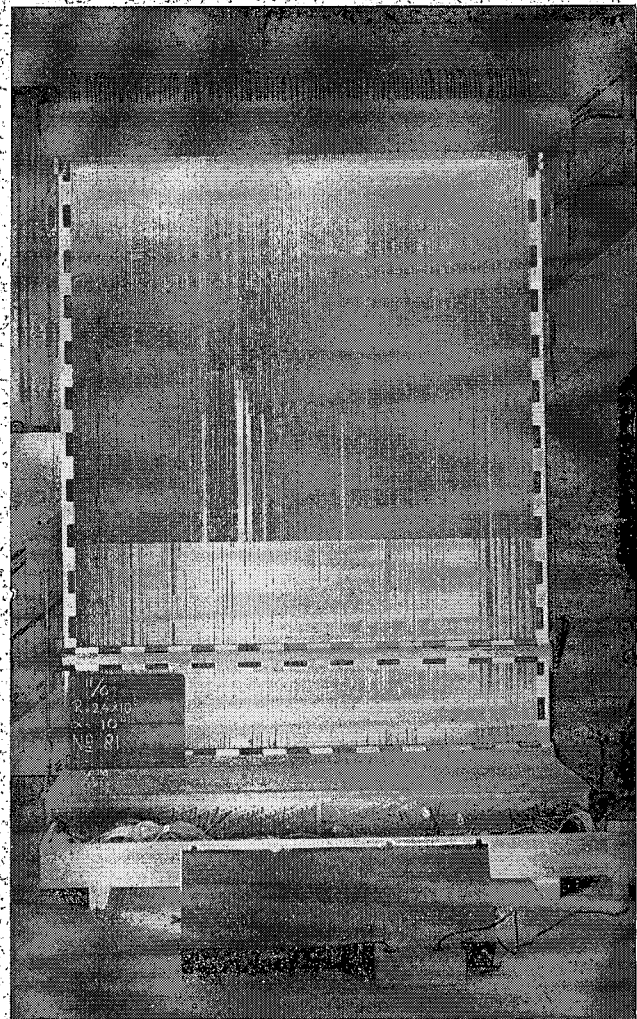
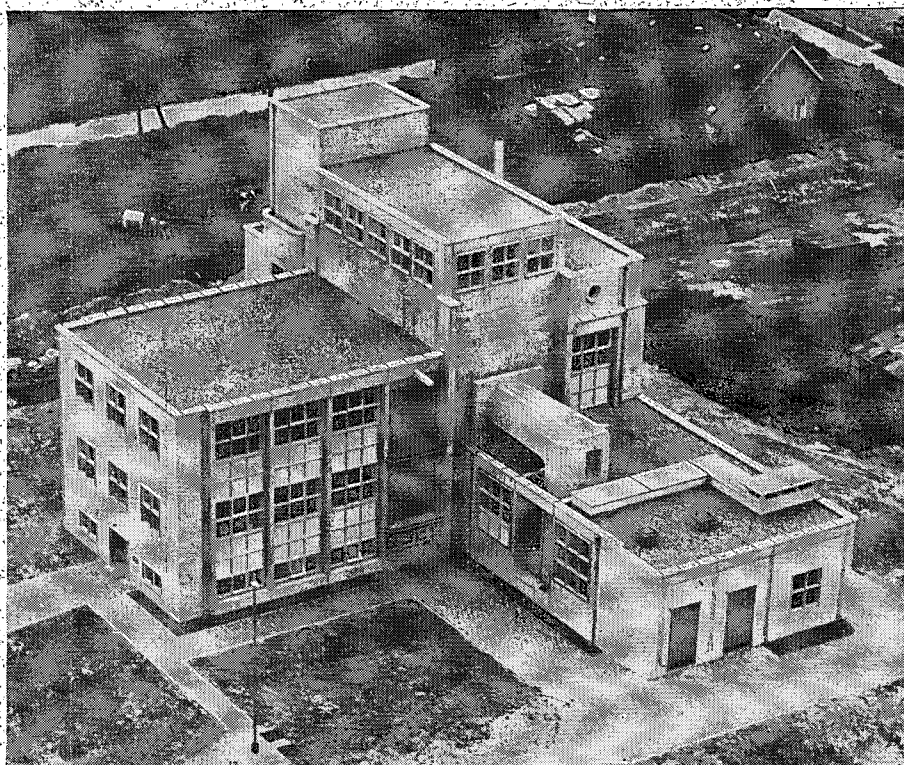


Fig. 16. De grote multimanometer met 200 manometerbuizen. De witte en zwarte blokjes langs de zijkanten van de manometer en op de horizontale schuiflat zijn 10 cm lang.

Fig. 17: Overzicht van het windtunnelgebouw.



laagharken voor het meten van het snelheidsverloop in grenslagen.

Naast een aantal kleinere vloeistofmanometers is voor het uitvoeren van drukverdelingsmetingen een grote multimanometer met 200 manometerbuizen aanwezig (zie fig. 16). Deze manometer is geschikt voor vloeistoffen met verschillende soortelijke gewichten³⁾. De aanwijzingen van de grote multimanometer worden gewoonlijk fotografisch vastgelegd. Het is echter ook mogelijk het beeld van de manometer met behulp van een lens en een spiegel te projecteren op een horizontaal vlak in een donker gehouden waarnemerscabine. In deze cabine kan het manometerbeeld direct op papier worden overgebracht. De cabine kan voorts worden gebruikt voor het vastleggen van b.v. een windvaanpatroon op een model in de meetplaats.

Voor het onderlinge contact tussen de personen die tezamen een proef uitvoeren is een communicatiesysteem met koptelefoons en keelmicrofoons aanwezig.

8. Het windtunnelgebouw

Om het tunnelkanaal heen is een gebouw opgetrokken in betonskelet, dat afzonderlijk is gefundeerd en geheel vrij van het tunnelkanaal is gehouden. Op deze wijze wordt het overbrengen van trillingen van het tunnelkanaal naar het gebouw voorkomen. De dilatatievoegen tussen het gebouw en het tunnelkanaal zijn afgedicht met gebitumineerde canvasrubber stroken. Fig. 17 geeft een overzicht van het windtunnelgebouw en fig. 18 een aantal plattegronden.

In het souterrain, dat door het onderkanaal van de tunnel in twee delen wordt gesplitst, bevinden zich een

aantal werkkamers, toiletten en een kelder met een regelkamer voor de centrale verwarming. Het gebouw wordt, tezamen met een aantal andere T.H. gebouwen, verwarmd door een centraal ketelhuis.

Op de begane grond, tussen het onderkanaal en het bovenkanaal van de tunnel is een experimenteerruimte van $13 \times 30 \text{ m}^2$ die gebruikt kan worden voor de opstelling van kleine windtunnels en andere proefopstellingen voor aerodynamisch onderzoek. Momenteel zijn in deze ruimte ondergebracht het in de inleiding genoemde model van de nieuwe windtunnel (schaal 1 : 6,59) en de oude tunnel zonder omloopkanaal van het Eiffeltype. Beide tunnels zijn vervaardigd van hout. De modeltunnel heeft een motor met een vermogen van 20 pk en een maximale snelheid van ca. 130 m/sec. De open tunnel is voorzien van een 3-componenten krachtenmeetsysteem en heeft een meetplaatsdoorsnede van $0,8 \times 0,8 \text{ m}^2$. Het motorvermogen is 15 pk, de maximale snelheid is 23 m/sec. Voorts is in de experimenteerruimte een waterstromingskanaal opgesteld voor het bestuderen van subsone en supersonale analogieën.

De generatorkamer met de omvormers en schakelkasten en de beide transformatorcellen bevinden zich eveneens op de begane grond.

Het bovenkanaal van de tunnel met de meetplaats bevindt zich op de eerste verdieping van het gebouw. In de meetkamer, waarin zich de manometers en de bedieningslessenaar bevinden, worden de metingen en waarnemingen tijdens de proeven verricht. In de opstelkamer, die door middel van een geluidwerende schuifdeur van de meetkamer is gescheiden, worden de beproevingsopstellingen in de inzetstukken gereed gemaakt.

Op de tweede verdieping van het gebouw bevindt zich de gazenbergplaats en de baan van de rijwagen, waarop het meetsysteem is gemonteerd.

³⁾ monochloorbenzeen s.g. = 1,12
dibromoaethaan s.g. = 2
bromoform s.g. = 2,9

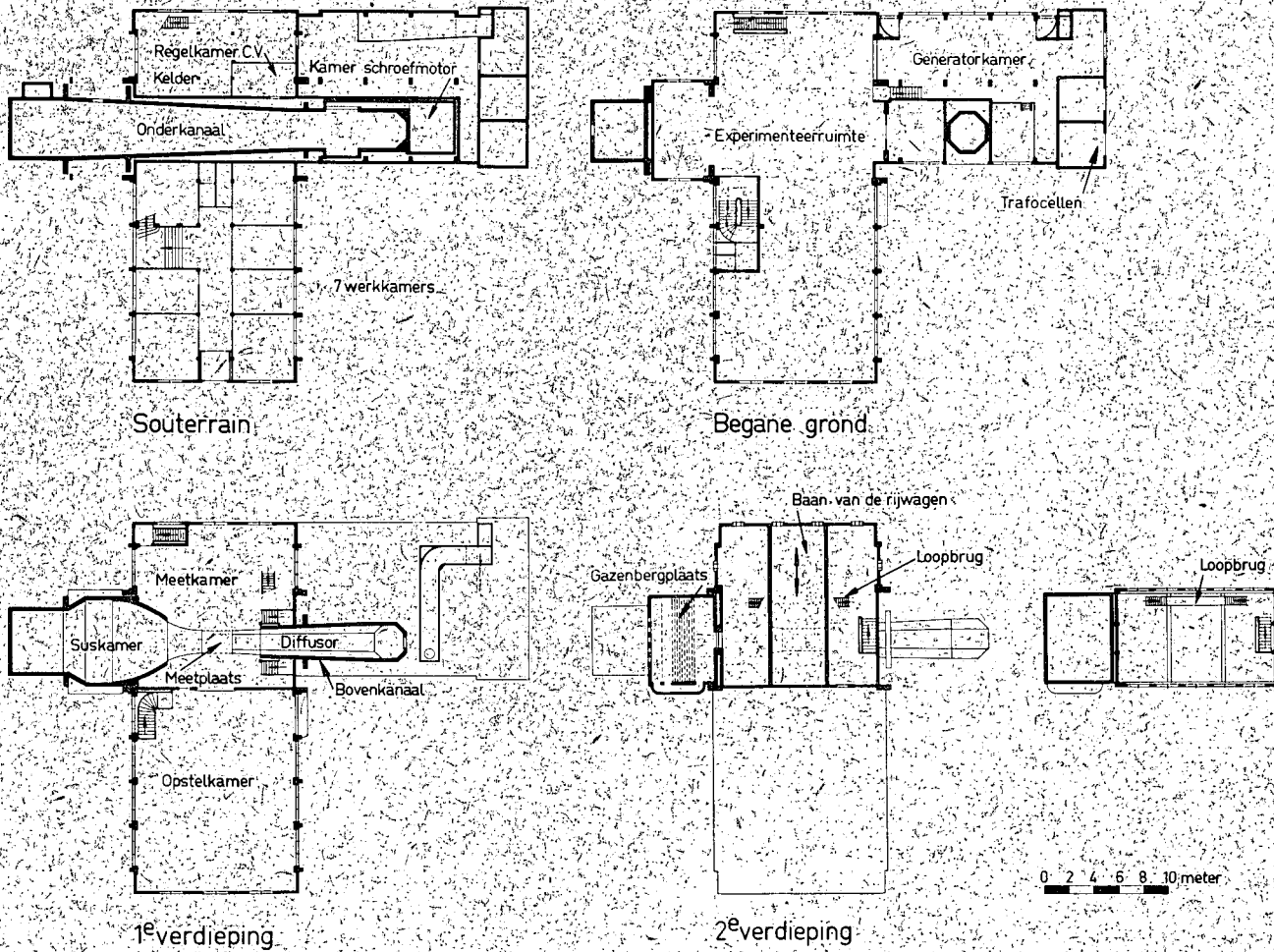


Fig. 18. Plattegronden van het windtunnelgebouw.

9. Technische gegevens

Snelheid en vermogen

	max. vermogen	max. duurvermogen
snelheid in de meetplaats	124 m/sec 446 km/h	117 m/sec 421 km/h
stuwdruk in de meetplaats	970 kg/m ²	865 kg/m ²
getal van Reynolds gebaseerd op een modelkoorde van 0,25 m (volledig vliegtuig)	$2,14 \cdot 10^6$	$2,04 \cdot 10^6$
getal van Reynolds gebaseerd op een modelkoorde van 0,6 m (tweedimensionale profielmetingen)	$5,12 \cdot 10^6$	$4,85 \cdot 10^6$
vermogen van de schroefmotor	680 pk	600 pk
toerental van de schroef	1150 min ⁻¹	1100 min ⁻¹

De vermelde waarden gelden voor de huidige motorafstelling en voor de tunnel zonder model in de meetplaats. Bij aanwezigheid van een model is relatief een groter motorvermogen nodig, afhankelijk van de weerstand van het model. Het maximaal beschikbare vermogen bedraagt 715 pk.

Meetplaatsafmetingen

De lengte van de meetplaats is 2600 mm. Aan de voorzijde is de breedte 1800 mm; in de stromingsrichting neemt de breedte toe tot 1818 mm aan de achterzijde. De hoogte is 1250 mm (zie fig. 8). De diameter van de draaischijven in de boven- en in de onderwand is 1150 mm.

Krachtenmeetsysteem

component	symbool	meetgebied	nauwkeurigheid
weerstand	X	0 tot + 75 kg	± 10 g
dwarskracht	Y	-40 tot + 100 kg	10 g
draagkracht	Z	-200 tot + 700 kg	100 g
rolmoment	l	-50 tot + 50 kgm	20 gm
duikmoment	m	-50 tot + 50 kgm	15 gm
giermoment	n	-50 tot + 50 kgm	10 gm

Schroefaggregaat

	aantal	koorde
vaste leidschoepen	11	550 mm
loopschoepen	6	aan de voet 550 mm; aan de tip 420 mm
gelijkrichtschoepen	5	aan de naaf 780 mm; aan de wand 1300 mm

De diameter van het schroefaggregaat is 2900 mm; de diameter van het naaflichaam is 1160 mm.

De druksprong over het schroefaggregaat bedraagt bij 1100 omw/min ca 180 kg/m².

Anti-turbulentiegazen

Materiaal: fosforbrons

Kromtestraal van de gazen: 12 m.

No. (genummerd in windrichting)	0	1	2	3	4	5	6	7
Maaswijdte mm	0,9	0,6	1,02	1,02	1,02	1,02	0,9	0,9
Draaddikte mm	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
Berekende weerstandscoëfficiënt	1,39	2,80	1,12	1,12	1,12	1,12	0,74	0,74
Doorsnede van de suskamer: hoogte m	4,4	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
breedte m	4,9	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Afstand tussen de gazen m	0,9	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24

Hoekschoepen

De hoekschoepen zijn vervaardigd uit staalplaat. De enkelvoudige schoepen (3c en 3d in fig. 1) hebben een dikte van 3 mm. De hol uitgevoerde schoepen (3a en 3b in fig. 1) zijn opgebouwd uit 2 mm staalplaat aan de buitenzijde en 4 mm aan de binnenzijde. De grootste dikte is 20 mm.

De koorde van alle schoepen is 550 mm. De schoepen zijn met een aantal dwarsribben verstijfd.

10. Ontwerp en uitvoering

Het windtunnelgebouw met inbegrip van het tunnelkanaal is in opdracht van de Rijksgebouwendienst, ontworpen door

Hoekschoepenrij	3a	3b	3c	3d
Type hoekschoepen	hol, gekoeld		enkelvoudige gebogen plaat	
Aantal hoekschoepen	15	19	25	29
Hoek tussen voorkant en windrichting	0,8°	0,8°	0,8°	0,8°
Hoek tussen voorkant en achterlijst	84°	84°	84°	84°
Kromtestraal				
buitenwand mm	320	320	320	320
binnenwand mm	370	370	—	—

wijlen ir A. van der Steur b.i., architect te Rotterdam. Het werk werd uitgevoerd door de Aannemersfirma J. van Rossum te 's-Gravenhage. De Rijksgebouwendienst verzorgde het beton-technische ontwerp en de electro-technische installatie van het gebouw. De Kon. Machinefabriek Gebr. Stork & Co. N.V. te Hengelo construeerde en vervaardigde het schroefaggregaat voor de tunnel, de hoekschoepenrijen, de anti-turbulentiegazen en de vangzazen en de stalen delen van de instroomtuit en van de diffusor. De inzetstukken en het 6-componenten krachtenmeetsysteem zijn ontworpen door de subafdeling Vliegtuigbouwkunde der Technische Hogeschool in samenwerking met het Nationaal Luchtvaartlaboratorium te Amsterdam. De N.V. Nederlandsche Instrumenten Compagnie, „Nedinsco“ te Venlo vervaardigde deze delen. De elektrische aandrijfinstallatie is ontworpen en vervaardigd door de N.V. „Electro-technische Industrie“ voorheen Willem Smit & Co te Slikkerveer. De hoogspanningstransformatoren zijn van Willem Smit & Co's Transformatorfabriek N.V. te Nijmegen. De electro-technische installatie van het gebouw is uitgevoerd door de N.V. Rotterdamsche Electriciteits Maatschappij v/h H. Croon & Co te Rotterdam.

Summary: The low speed Windtunnel of the Department of Aeronautical Engineering of the Technological University of Delft.

A description is given of the new low speed windtunnel which was put into operation in the autumn of 1953. The tunnel shape is conventional with exception of the arrangement of the test section and of the anti-turbulence screens which have been specially developed for this tunnel.

In order to accomodate several tests for instruction purposes, a number of interchangeable test sections have been provided, mounting of the models being done outside the tunnel itself.

The anti-turbulence screens can be hoisted into a "screen-room" on top of the settling chamber. In this way it is possible to change the turbulence level of the airstream; furthermore the cleaning of the screens is facilitated. The test section is of octagonal shape, 6 ft wide and 4.1 ft high.

The airspeed can be varied between 0 and 360 ft/sec by means of a Ward-Leonard system feeding the 650 h.p. drive.

