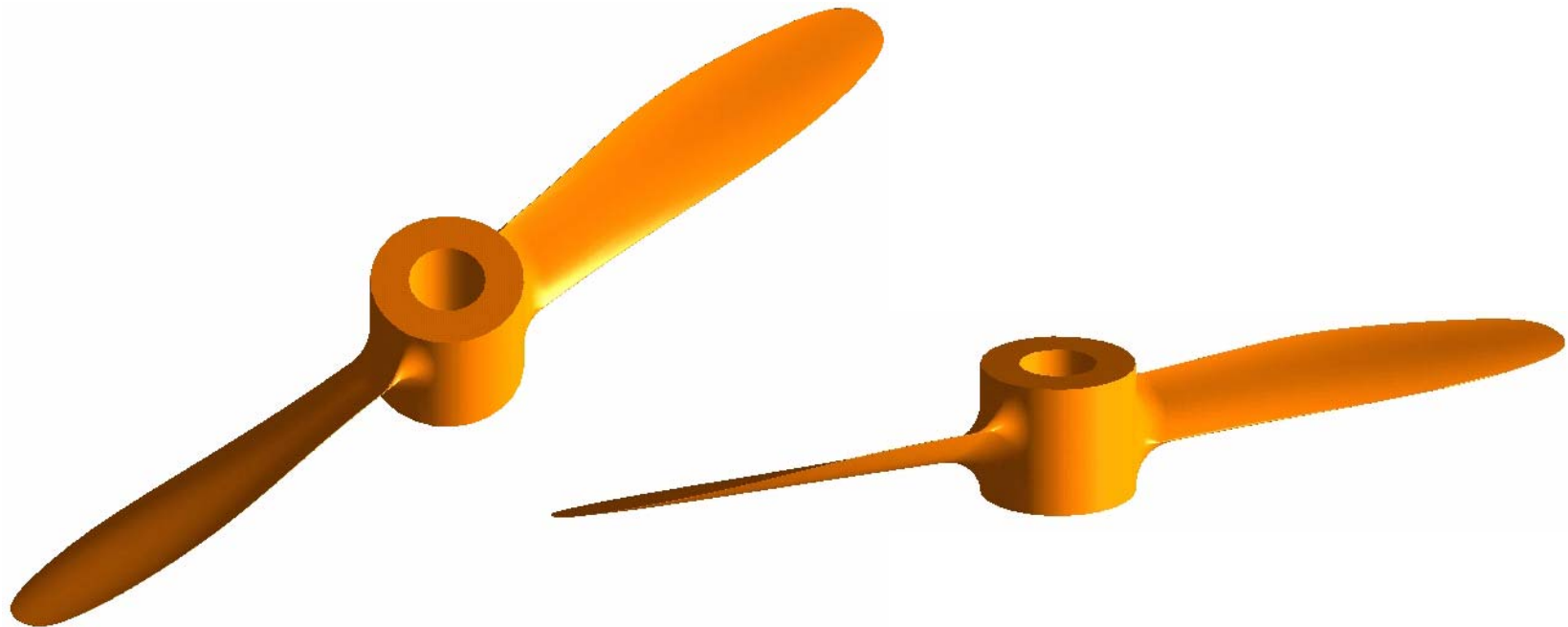


De propeller casus

Frans Soers
Bart van Esch



Indeling

- Doel van de propeller-casus
- Tijdschema
- Aerodynamica
 - draagvleugel theorie
 - propeller theorie
 - geïnduceerde snelheid
 - schaling
- Programma PropDesign
- Testen in de windtunnel

Doel van de propeller-casus

- Doorlopen van een ontwerpcyclus
- Ontwerpen
 - kennis aerodynamica
 - conflicterende eisen
- Vervaardigen
 - gebruik geavanceerde CAD software
 - complexe, dubbelgekromde geometrie
- Testen
 - opstellen meetplan - interpretatie resultaten
 - foutenanalyse - terugkoppeling met theoretisch ontwerp
- Iets 'vastbaars' maken
 - voor buitenstaanders te begrijpen



Tijdschema

- **Totale looptijd**
14 nov 2012 - 17 jan 2013
8 weken
- **CAD/CAM training**
15 - 23 okt 2012
- **Ontwerp**
14 - 20 nov 2012
- **CAD**
21 - 30 nov 2012
- **Frezen + voorbereiden testen**
3- 14 dec 2012
- **Testen**
17 dec 2012 - 11 jan 2013
- **Rapporteren**
14 - 17 jan 2013

teams van 2 personen

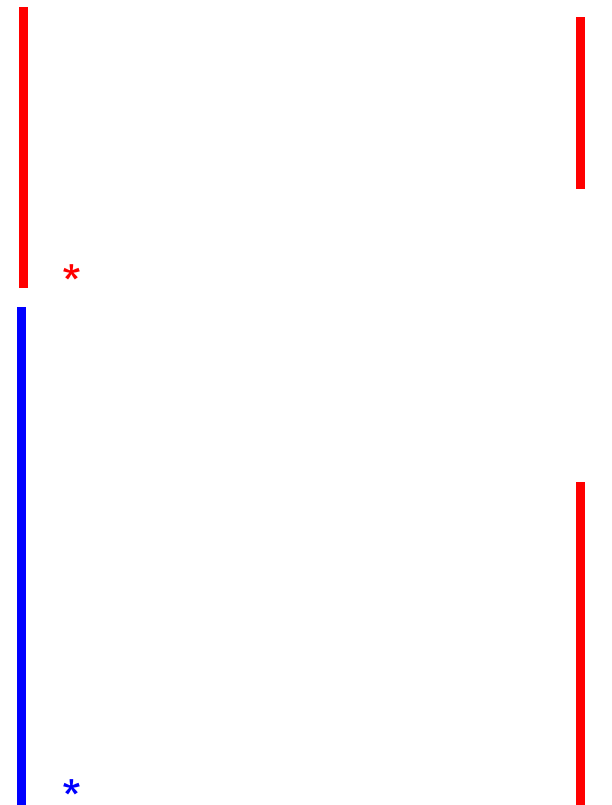
complete OGO groep

* : CAD files 30 nov 2012

* : verslag 17 jan 2013

Dhr. van Esch

Dhr. Soers



Aerodynamica

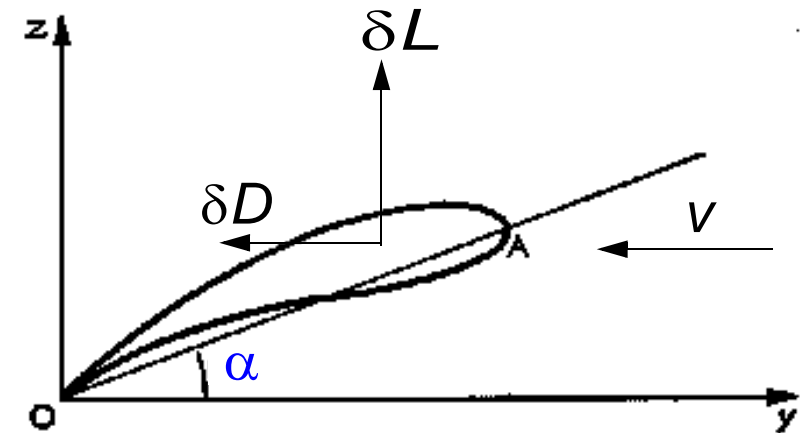
Draagvleugel theorie

- Nomenclatuur:
- Invalshoek α
 - Snelheid V
 - Koordlengte $c = OA$
 - Liftkracht L
 - Weerstandskracht D

Krachten te schrijven als

$$\delta L = C_L \frac{1}{2} \rho V^2 c \delta x$$

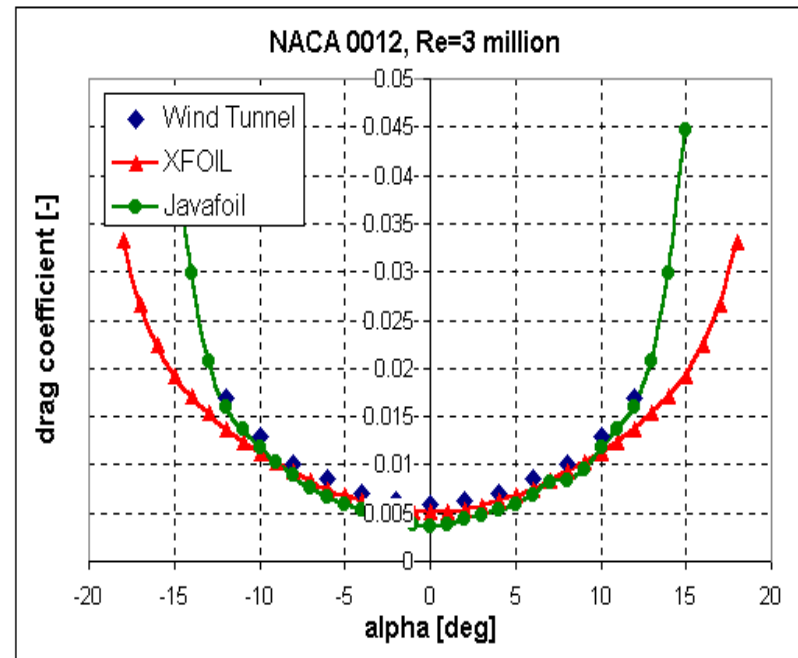
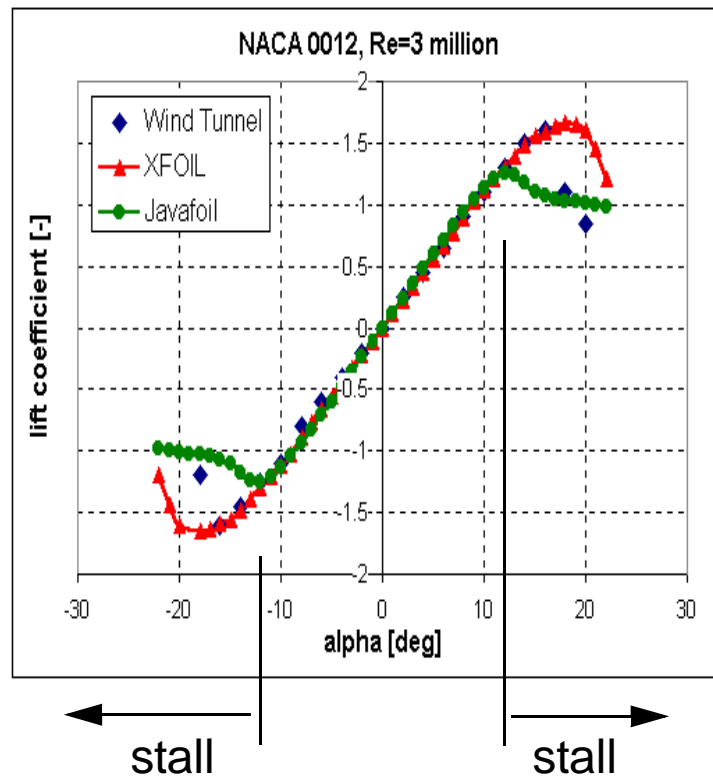
$$\delta D = C_D \frac{1}{2} \rho V^2 c \delta x$$



waarbij C_L en C_D afhangen van $Re = \frac{\rho V c}{\mu}$, geometrie en invalshoekhoek α

Lift- en weerstandscoëfficiënt

NACA 0012 Airfoil



Propeller theorie

- Nomenclatuur:
- Voorwaartse snelheid V
 - Omloopsnelheid Ωr
 - Aanstroomhoek ϕ
 - Invalshoek α
 - Bladhoek θ

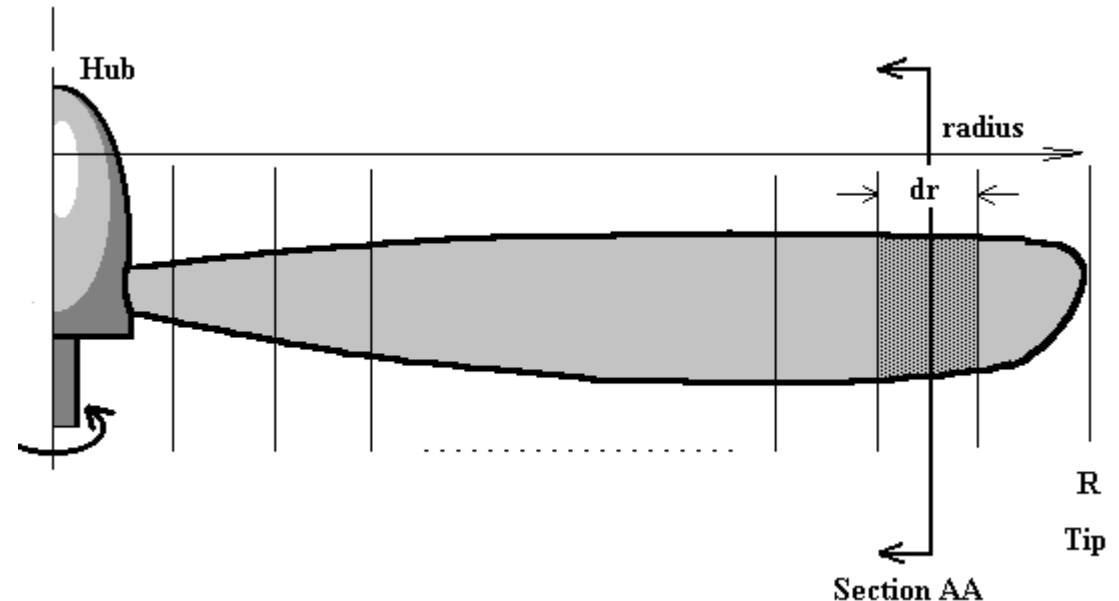
er geldt:

$$\alpha = \theta - \phi$$

$$\tan \phi = V / \Omega r$$

zodat:

$$\alpha = \theta - \text{atan}(V / \Omega r)$$



Lift en weerstand

$$\delta L = C_L \frac{1}{2} \rho V_R^2 c dr \quad \text{en} \quad \delta D = C_D \frac{1}{2} \rho V_R^2 c dr$$

... maar maken hoek ϕ met δT en δF

Propeller theorie

- Nomenclatuur:
- Voorwaartse snelheid V
 - Omloopsnelheid Ωr
 - **Aanstreamhoek ϕ**
 - **Invalshoek α**
 - **Bladhoek θ**

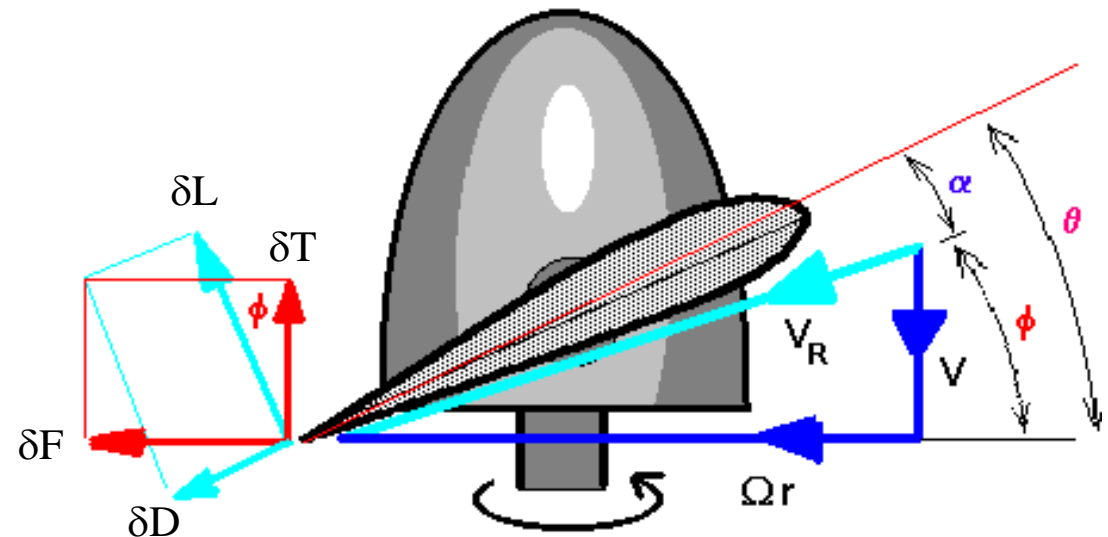
er geldt:

$$\alpha = \theta - \phi$$

$$\tan \phi = V / \Omega r$$

zodat:

$$\alpha = \theta - \text{atan}(V / \Omega r)$$



Lift en weerstand

$$\delta L = C_L \frac{1}{2} \rho V_R^2 c dr \quad \text{en} \quad \delta D = C_D \frac{1}{2} \rho V_R^2 c dr$$

... maar maken hoek ϕ met δT en δF

Voortstuwing en koppel

Voortstuwingskracht

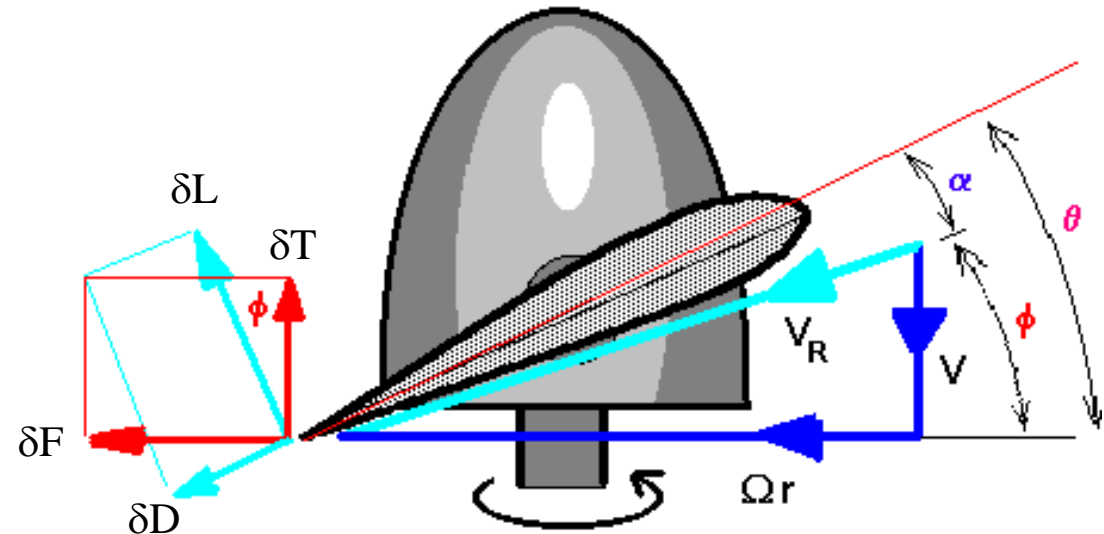
$$\delta T = \delta L \cos \phi - \delta D \sin \phi$$

Weerstand in omtreksrichting

$$\delta F = \delta L \sin \phi + \delta D \cos \phi$$

... en dus koppel

$$\delta Q = r(\delta L \sin \phi + \delta D \cos \phi)$$



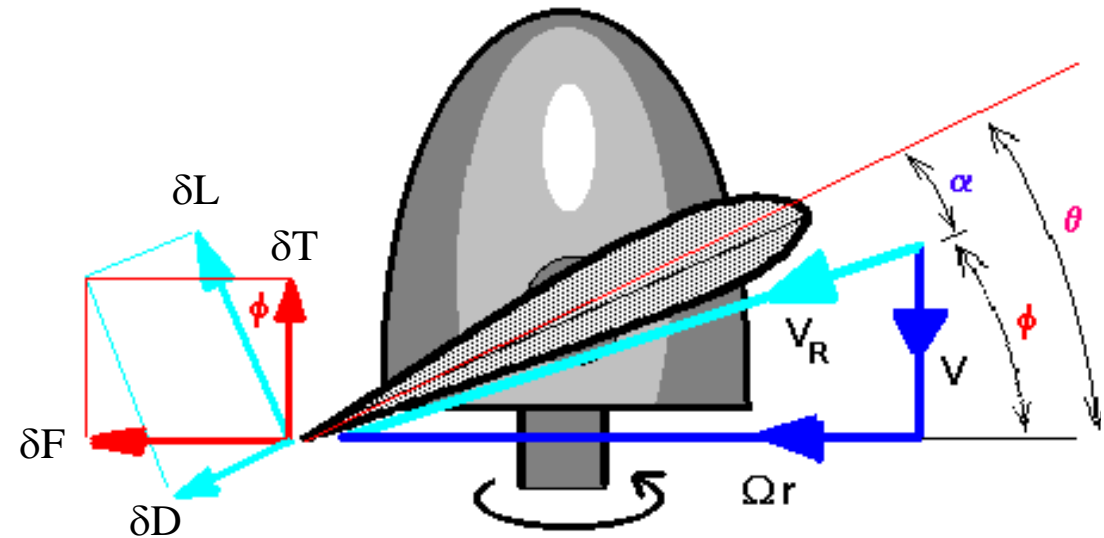
Totale voortstuwing en koppel

$$T = N \int_0^R \delta T(r) dr = N \frac{1}{2} \rho \int_0^R V_R^2 c (C_L \cos \phi - C_D \sin \phi) dr$$

$$Q = N \int_0^R \delta Q(r) dr = N \frac{1}{2} \rho \int_0^R V_R^2 c r (C_L \sin \phi + C_D \cos \phi) dr$$

Vorm van de propeller

- omtreksnelheid Ωr neemt toe met de radius
- aanstroomhoek ϕ neemt af met de radius
- invalshoek α ongeveer constant



dan

... bladhoek θ neemt af met de radius

Schaling

$$T = N \int_0^R \frac{1}{2} \rho V_R^2 c (C_L \cos \phi - C_D \sin \phi) dr$$

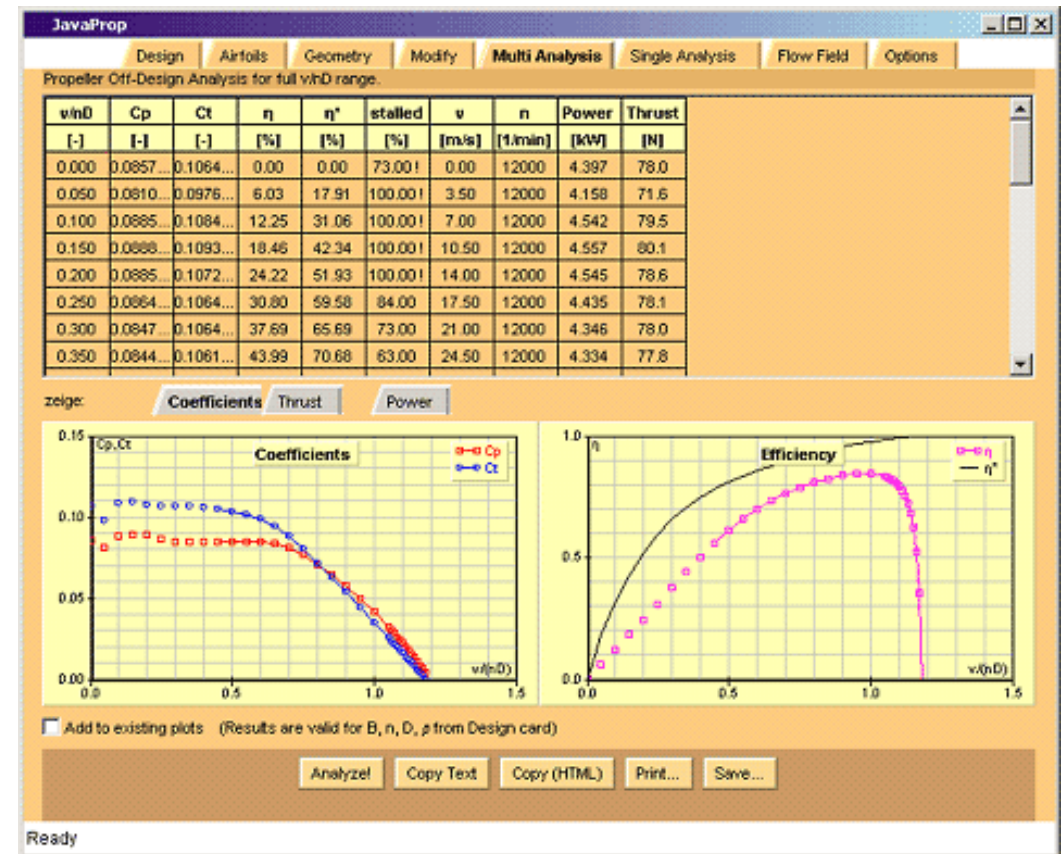
$$Q = N \int_0^R \frac{1}{2} \rho V_R^2 cr (C_L \sin \phi + C_D \cos \phi) dr$$

Hieruit volgt :

$$\text{als } \frac{V_{\text{inf}}}{\Omega R} = \text{const, dan } c_T = \frac{T}{\rho \Omega^2 R^4} = \text{const}$$

$$c_P = \frac{P}{\rho \Omega^3 R^5} = \text{const}$$

met $P = \Omega Q$



Let op

Geldt alleen als $Re = \text{const}$ of als effect van verandering van Re zeer klein is

Geïnduceerde snelheid

$$V_x = V_{\text{inf}}(1+a)$$

$$V_\theta = b\Omega r$$

met a en b zgn. 'inflow factors'

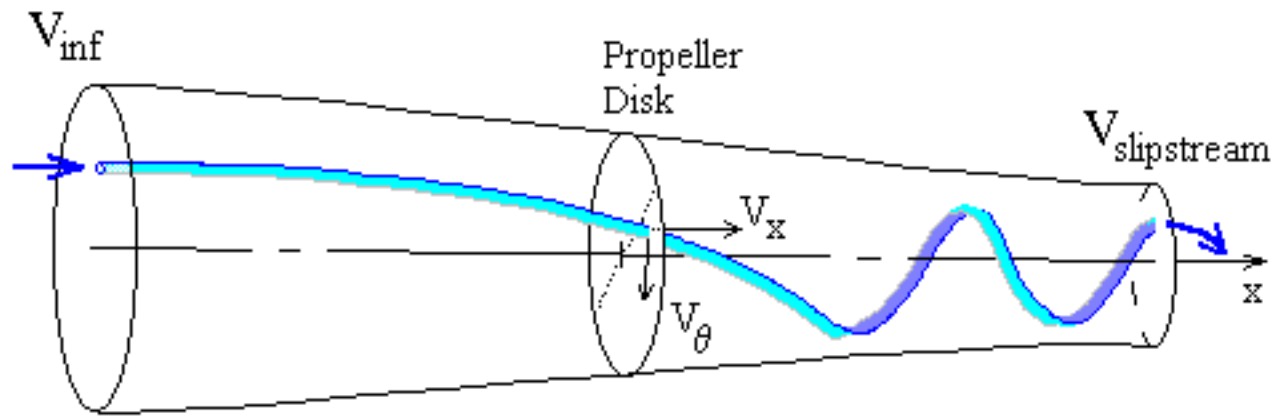
$$\tan \phi = \frac{V_{\text{inf}}(1+a)}{\Omega r(1-b)}$$

$$V_R = \sqrt{(V_{\text{inf}}(1+a))^2 + (\Omega r(1-b))^2}$$

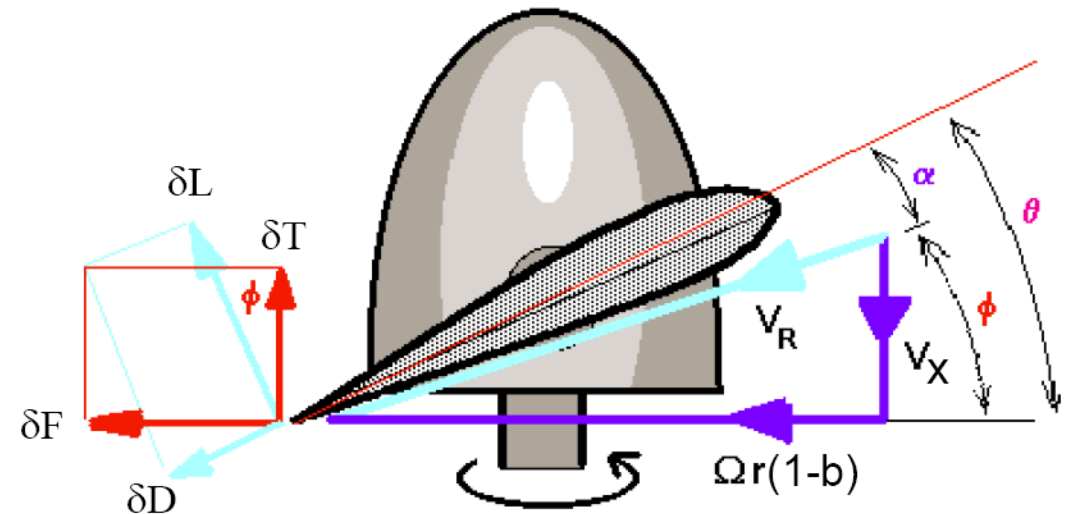
Uit impulsbehoud volgen waarden van a en b , waarbij

$$a = a(r)$$

$$b = b(r)$$



(let op: V_{inf} is de snelheid van het vliegtuig)



Programma PropDesign

4G041 - The Propeller

News
Activities
Sources
Persons
Search

Information Overview Schedule

Filter search results

Academic year: 2012 / 2013
Instances: Semester A Quartile 2 Instance 1

Search

Overview

	Registrations	Maximum	Status
4G041 - The Propeller	162	999	●

Edit Report Email

140-2012 > 4G041_De propeller

Welcome Esch, B.P.M. van | My Links |

This Site: 4G041_De propeller | Site Actions

4G041_De propeller

View All Site Content

Documents

Name	File Size	Notes	Version	Modified	Modified By	Check-In Comment	Document Type
PropDesign 2012 New	212 KB		0.1	11/12/2012 11:31 AM	Esch, B.P.M. van	Version 5.1	Ontwerpprogramma

Links

URL


Casusbeschrijving op Semesterinfo

Aircraft aerodynamics by Marlin Hepperle

Aerodynamics by University of Sydney

"See how it flies" by John S. Denker

Add new link

 **PropDesign**

by Bart van Esch ©
version 5.1, Oct. 2012

Propeller design

Propeller

inner radius m

outer radius m

blade nr.

Properties

chord 0.013 m

pitch 0.09 m

solidity 0.092

efficiency 0.7

Target speed

forward m/s

revolution rpm

density kg/m³

Expected performance

thrust 3.5 N

torque 0.048 Nm

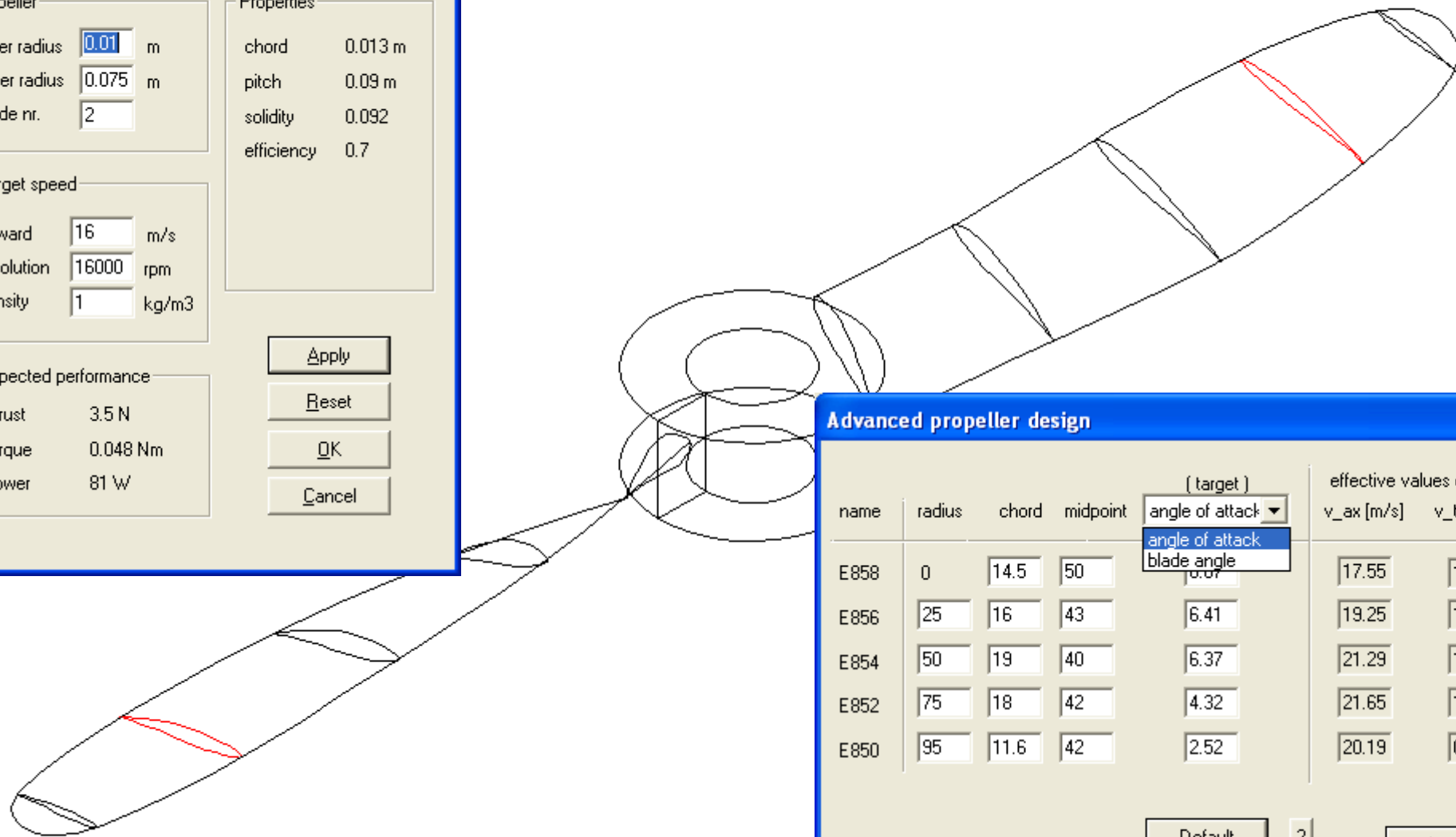
power 81 W

Apply

Reset

OK

Cancel



Advanced propeller design

name	radius	chord	midpoint	(target)	effective values due to induced velocity		
				angle of attack	v_ax [m/s]	v_t [m/s]	angle of attack
E858	0	14.5	50	0.07	17.55	1.896	1.998
E856	25	16	43	6.41	19.25	1.534	2.002
E854	50	19	40	6.37	21.29	1.706	1.999
E852	75	18	42	4.32	21.65	1.363	0.977
E850	95	11.6	42	2.52	20.19	0.799	0.500

Default ?

Apply

Reset

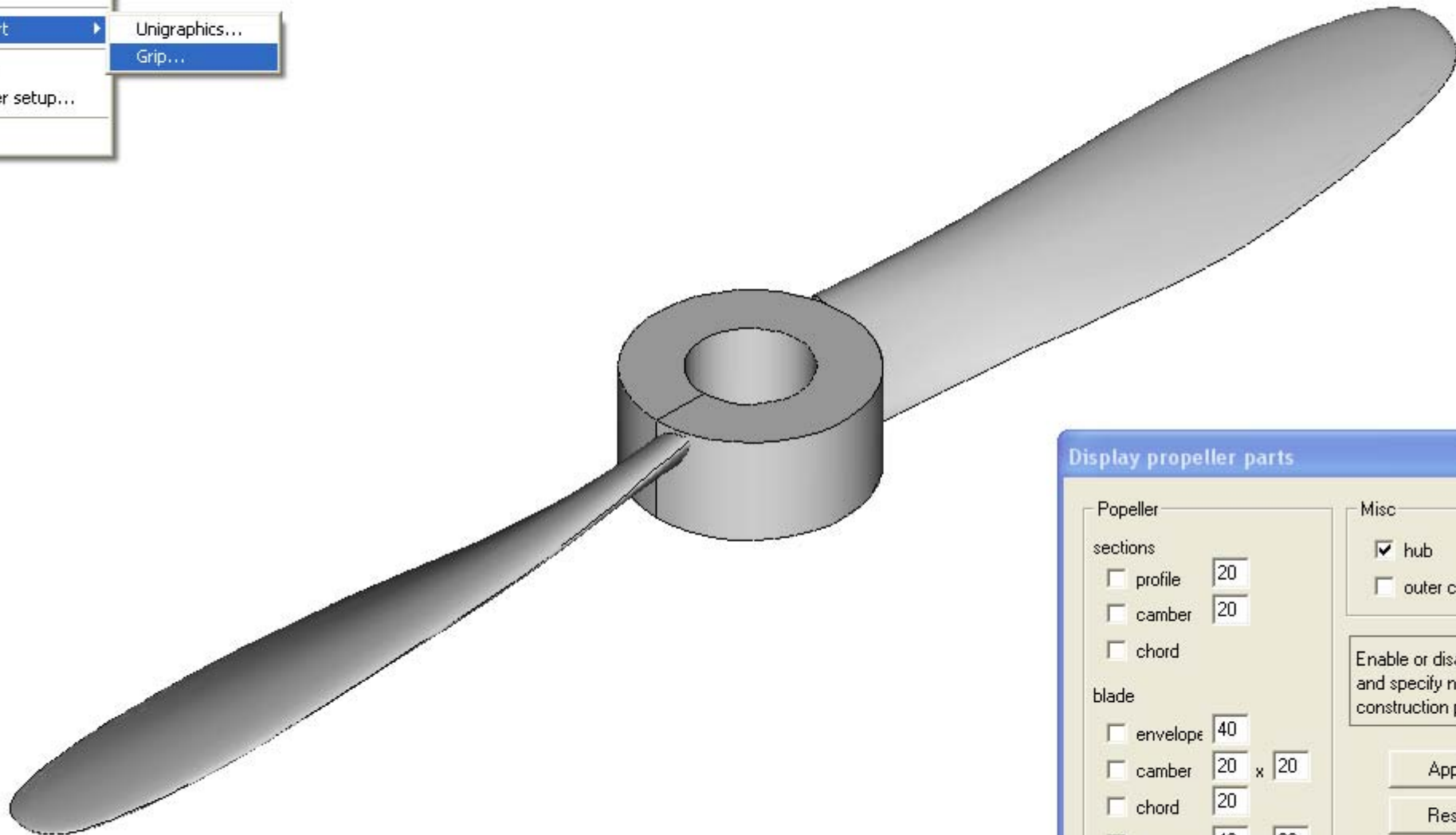
OK

Cancel

Radius : in % bladlength (hub=0%, tip=100%)
 Chord : in % outer radius
 Midpoint : in % chord length
 Angle of attack/blade angle: in degrees

File Edit Function Options Step

- New...
- Open...
- Save
- Save as...
- Close
- Export
 - Unigraphics...
 - Grip...
- Print
- Printer setup...
- Exit



Display propeller parts

Propeller

sections

- profile 20
- camber 20
- chord

blade

- envelope 40
- camber 20 x 20
- chord 20
- pressure 40 x 20
- suction 40 x 20

Misc

- hub 40
- outer circle 60

Enable or disable items and specify number of construction points.

Apply

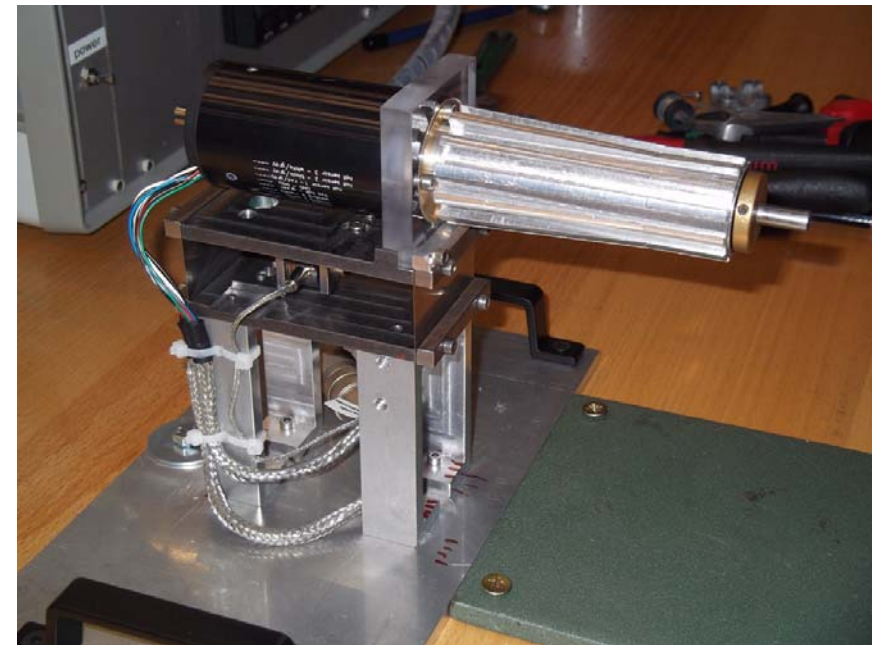
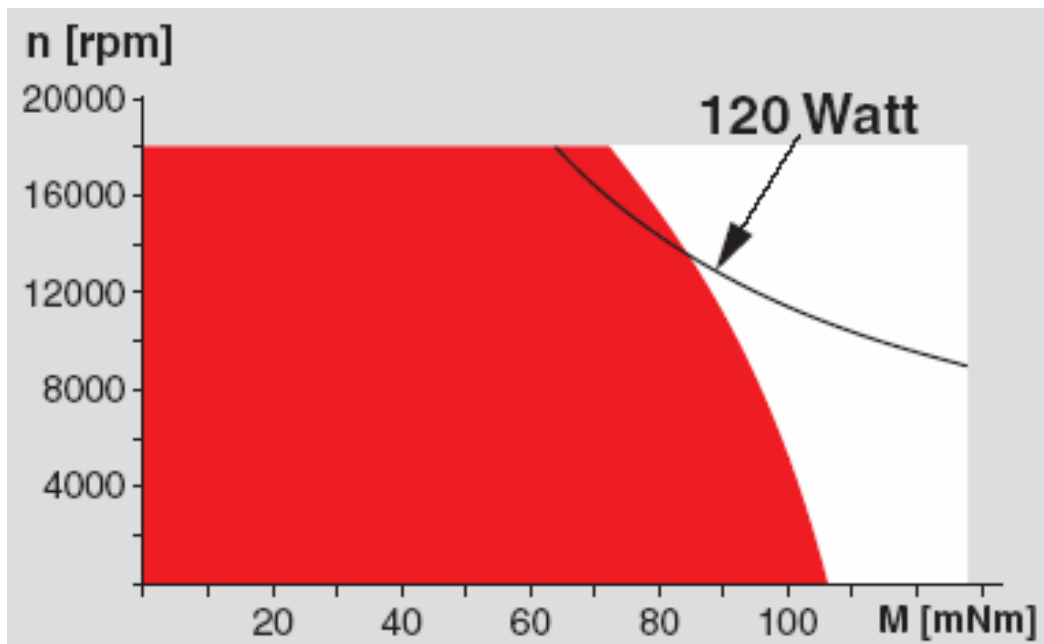
Reset

OK

Cancel

Elektromotor

- borstelloze motor + commutatie elektronica
- max. toerental 18.000 rpm
- vermogen 120 Watt
- Hall sensoren



Meetinstrumenten

- pitot buis + verschil-druk sensor : luchtsnelheid
- Fluke voltmeter / oscilloscoop : koppel / toerental
- krachtopnemer + meetversterker : voortstuwingskracht

