STICHTING
MATHEMATISCH CENTRUM
2e BOERHAAVESTRAAT 49
AMSTERDAM

REKENAFDELING

Rapport R 611

Programma's voor berekeningen aan scheepsschroefontwerpen

door

J. A. Th. M. van Berckel en M. L. Potters

Januari 1962

PROGRAMMA'S VOOR BEREKENINGEN AAN SCHEEPSSCHROEFONTWERPEN

door

J.A.Th.M.van Berckel en M.L.Potters

R. 611

1. Inleiding.

Dit rapport behelst een beschrijving van en handleiding voor de programma's, door ons opgesteld in opdracht van het Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen. Het betreft vier min of meer zelfstandige berekeningen - in het vervolg aangeduid met het MC-opdrachtnummer - op basis van de volgende NSP-rapporten:

Rapport NSP:	Titel:	Opdracht MC:
WO 14-52-3	Het schroefontwerp met behulp van inductiefactoren.	R 476
WO 25-52-4	Idem - vervolg (sterkteberekening).	R 544
WO 47-52-6	Analyse van een gegeven schroef in een gegeven veld.	R 572
WO 46-52-5	Scheepsschroeven met voorgeschreven type circulatieverdeling.	R 573

In het volgende wordt een overzicht gegeven van het gebruikte formularium en de numerieke uitwerking daarvan, waarna in beknopte vorm gegevens over de programmatechnische realisering volgen. De notatie is uit de genoemde rapporten overgenomen op kleine wijzigingen na. De programma's zijn gemaakt voor de electronische rekenmachine X1 van het Mathematisch Centrum en later aangepast aan de X1 van het NSP.
Van het programma R 476 was oorspronkelijk een ARMAC-versie opgesteld.

2. Formularium.

a) Algemeen

(i) Uit de circulatieverdeling G(x) volgen

de geinduceerde snelheden

$$\frac{w^a}{v_e} = \frac{1}{2} \int_{x_n}^{1} i^a \frac{dG}{dx_0} \frac{dx_0}{x-x_0} , \qquad (2.1a)$$

$$\frac{w^t}{v_e} = \frac{1}{2} \int_{x_n}^{1} i^t \frac{dG}{dx_0} \frac{dx_0}{x-x_0} , \qquad (2.1b)$$

het product lift-coefficient en koorde

$$\frac{C_L . l}{D} = \frac{2\pi G \cos \beta_i}{\frac{1}{\mathrm{tg}\,\beta} - \frac{w^t}{v_e}} , \qquad (2.2)$$

de stuwkracht- en vermogensconstante

$$C_{T_i} = 4z \int_{x_n}^{1} G(1-w_x)^2 \left(\frac{1}{\mathrm{tg}\,\beta} - \frac{w^t}{v_e} \right) dx, \qquad (2.3a)$$

$$C_{P_i} = 4z \int_{x_n}^{1} G \frac{(1-w_x)^3}{\mathrm{tg}\,\beta} \left(1+ \frac{w^a}{v_e}\right) dx \qquad (2.3b)$$

Tussen w^a en w^t bestaat de betrekking

$$1 + \frac{w^a}{v_e} = \mathrm{tg}\,\beta_i \left(\frac{1}{\mathrm{tg}\,\beta} - \frac{w^t}{v_e} \right) \qquad (2.4)$$

en verder geldt

$$\mathrm{tg}\,\beta = \frac{V_s(1-w_x)}{\pi nDx} , \qquad (2.5)$$

$$\mathrm{tg}\,\beta_i = \frac{1}{\eta_{P_i}} \left(\frac{1-w}{1-w_x} \right)^{3/4} \mathrm{tg}\,\beta . \qquad (2.6)$$

(ii) De inductiefactoren i^a en i^t in (2.1) zijn als volgt gedefinieerd:

voor $x > x_0$ $\quad i^a = \left(\frac{x}{x_0} - 1 \right) \frac{z}{\mathrm{tg}\,\beta_{i,0}} A^*, \quad i^t = \left(1 - \frac{x_0}{x} \right) z(1+A^*),$ (2.7a)

voor $x = x_0$ $\quad i^a = \cos \beta_{i,0} , \quad i^t = \sin \beta_{i,0}$ (2.7b)

voor $x < x_0$ $\quad i^a = \left(1 - \frac{x}{x_0} \right) \frac{z}{\mathrm{tg}\,\beta_{i,0}} (1+B^*), \quad i^t = \left(\frac{x_0}{x} - 1 \right) z B^*$ (2.7c) met $A^* = \dfrac{2zA}{\mathrm{tg}\,\beta_{i,0}}$, $B^* = \dfrac{2zB}{\mathrm{tg}\,\beta_{i,0}}$.

Voor A^* en B^* worden de volgende, aan Wrench ontleende, benaderingsformules gebruikt:

$$A^* = f\left(\frac{1}{u-1} - \frac{1}{24z}\, g \ln \frac{u}{u-1}\right), \qquad (2.8a)$$

$$B^* = f\left(\frac{u}{1-u} + \frac{1}{24z}\, g \ln \frac{1}{1-u}\right), \qquad (2.8b)$$

waarin $f = \sin^{-1/2} \beta_{i,0} \cdot p^{-1/4}$,

$$g = \sin^3 \beta_{i,0}\left(2+\frac{9}{\mathrm{tg}^2\, \beta_{i,0}}\right) + (3p-5)p^{-3/2} ,$$

$$u = \exp\left[z\left\{\ln\left((p^{1/2}-1)\left(\frac{1}{\sin\beta_{i,0}} - 1\right)^{-1} \frac{x_0}{x}\right) + p^{1/2}\frac{}{\sin\beta_{i,0}}\right\}\right]$$

$$p = 1 + \frac{x^2}{x_0^2\,\mathrm{tg}^2\, \beta_{i,0}} .$$

(iii) Worden in plaats van x en x_0 ingevoerd de variabelen φ en φ_0 volgens

$$2x = 1 + x_n - (1-x_n)\cos\varphi ,$$

$$0 \leqslant \varphi , \varphi_0 \leqslant \pi \qquad (2.9)$$

$$2x_0 = 1 + x_n - (1-x_n)\cos\varphi_0 ,$$

dan kunnen $G(x)$ en $i^{a,t}(x,x_0)$ als volgt in Fourier reeksen ontwikkeld worden :

$$G(x) = \sum_{\mu=1}^{\infty} G_\mu \sin\mu\varphi \qquad (2.10a)$$

of

$$\frac{G(x)}{\sin\varphi} = \frac{1-x_n}{\pi} \sum_{\mu=1}^{\infty} \frac{G_\mu^*}{\mu} S_\mu(\varphi), \qquad (2.10b)$$

$$i^{a,t}(x,x_0) = \sum_{\nu=0}^{\infty} I_\nu^{a,t}(\varphi) \cos\nu\varphi_0 , \qquad (2.11)$$

waarin $S_\mu(\varphi) = \dfrac{\sin\mu\varphi}{\sin\varphi}$, $G_\mu^* = \dfrac{\pi}{1-x_n}\,\mu\, G_\mu$.

Substitutie hiervan in (2.1) geeft

$$\frac{w^{a,t}}{v_e} = \sum_{\mu=1}^{\infty} G_{\mu} \frac{h_{\mu}^{a,t}(\varphi)}{\pi} \tag{2.12}$$

waarin

$$\frac{h_{\mu}^{a,t}(\varphi)}{\pi} = S_{\mu}(\varphi) \sum_{\nu=0}^{\mu} I_{\nu}^{a,t} \cos \nu\varphi + \cos \mu\varphi \sum_{\nu=\mu+1}^{\infty} I_{\nu}^{a,t} S_{\nu}(\varphi) \tag{2.13}$$

(iv) In alle berekeningen wordt aangenomen $x_n=0.2$, terwijl x en x_0 de waarden $0.2+0.1 * j$, $j=0(1)8$ doorlopen. De corresponderende waarden van $\cos \varphi_j$ en $\sin \varphi_j$ zijn gegeven in Tabel I. Stelt men $I_{\nu}=0$ voor $\nu \geq 9$, dan volgt uit (2.11) voor $j=0(1)8$ een stelsel lineaire vergelijkingen in I_{ν}, waarvan de oplossing geschreven kan worden als

$$I_{\nu}^{a,t}(\varphi_j) = \sum_{k=0}^{8} \alpha_{\nu,k}\, i^{a,t}(x_j, x_{0,k}) \tag{2.14}$$

De elementen van de matrix $(\alpha_{\nu,k})$ zijn in tabel II gegeven. Deze matrix is de inverse van de matrix $(\cos \nu\varphi_j)$

Tabel I

j	x_j	$\cos\varphi_j$	$\sin\varphi_j$
0	.2	1	0
1	.3	.75	.66143783
2	.4	.5	.86602540
3	.5	.25	.96824584
4	.6	0	1
5	.7	-.25	.96824584
6	.8	-.5	.86602540
7	.9	-.75	.66143783
8	1.0	-1	0

Tabel II

ν \ k	0/8	1/7	2/6	3/5	4
0	+.10952381	+.27936508	-.20000000	+.53333333	-.44444444
1	±.21904762	±.41904762	∓.20000000	±.26666667	0
2	+.19285714	+.27936508	-.53333333	+.53333333	-.94444444
3	±.16666667	0	∓.33333333	0	0
4	+.12777778	-.17777778	-.15555556	+.17777778	+.05555556
5	±.08888889	∓.26666667	±.17777778	±.08888889	0
6	+.05714286	-.27936508	+.53333333	-.53333333	+.44444444
7	±.02539683	∓.15238095	±.35555556	∓.35555556	0
8	+.01269841	-.10158730	+.35555556	-.71111111	+.88888889

b) Berekening R 476

(i)

Het doel hiervan is de berekening van G(x). Substitutie van (2.12) in (2.4) levert

$$\sum_{\mu=1}^{\infty} G_{\mu}^{*} \left[h_{\mu}^{a} (\varphi)/\pi + tg\beta_i \; h_{\mu}^{t} (\varphi)/\pi \right] = \frac{tg\beta_i}{tg\beta} - 1 \qquad (2.15)$$

Door hierin $\varphi = \varphi_j$, j=0(1)8, te kiezen en te stellen $G_{\mu}^{*} = 0$ voor $\mu > 9$ verkrijgt men een lineair stelsel van de orde 9 voor G_{μ}^{*}, μ=1(1)9.

Uit (2.10) en (2.12) volgen dan G en $\frac{w^{a,t}}{v_e}$. waarna C_{T_i} en C_{P_i} uit (2.3) en C_L/D uit (2.2) berekend kunnen worden.

(ii)

De functie G(x) heeft wortelsingulariteiten in x=0.2 en x=1. Voor de numerieke integratie van (2.3) werd daarom een formule van het volgende type toegepast:

$$\int_{0.2}^{1} f(x) \sqrt{(x-.2)(1-x)}\,dx = \sum_{j=0}^{8} w_j f(x_j) \qquad (2.16)$$

Benadert men f(x) met 4 tweedegraads secties dan worden de w_j als in tabel III. Ter vergelijking zijn de coefficienten aangegeven die men bij toepassing van de regel van Simpson vindt.

Tabel III

j	w_j	w_j(Simpson)
0,8	.0031868267	0
1,7	.0339208355	.0352766841
2,6	.0237772794	.0230940103
3,5	.0512689615	.0516397779
4	.0270196062	.0266666667

Schrijft men nu in (2.3) $G = 2.5 \frac{G}{\sin\varphi} \sqrt{(x-0.2)(1-x)}$, waarin $\frac{G}{\sin\varphi}$ uit (2.10) volgt dan kan (2.16) gebruikt worden.

(iii)

Voor de waarde van het ideële schroefrendement η_{P_i} is slechts een schatting $[\eta_{P_i}]_{kr}$ uit het Kramer-diagram bekend.

De berekening wordt nu uitgevoerd met $\eta_{P_i} = [\eta_{P_i}]_{kr}/k$ voor $k=0.95(0.05)1.05$.
Door tweede-graads inverse interpolatie wordt dan de waarde k^* bepaald waarvoor hetzij C_{T_i} hetzij C_{P_i} een voorgeschreven waarde heeft, welke volgt uit

$$C_{T_i}^* = \frac{8T_i}{\pi\rho\, V_S^2 D^2} , \qquad (2.17a)$$

$$C_{P_i} = \frac{8P_i}{\pi\rho\, V_S^3 D} \qquad (2.17b)$$

Duidt men $C_{T_i}(k)$ resp $C_{P_i}(k)$ aan met f_k, dan geldt

$$k^* = 1 + \frac{0.2 \times a}{b + \sqrt{b^2 + 8ac}} \qquad (2.18)$$

waarin $a=f^* - f_{1.00}$, $b=f_{1.05}-f_{.95}$, $c=f_{1.05}-2f_{1.00}+ f_{.95}$.
Met de gevonden k^* wordt de definitieve berekening uitgevoerd.

c) Berekening R 544

(i)

Het doel hiervan is allereerst de berekening van de functies C_L, s, l en f/l.

Deze worden voor elke x bepaald met behulp van de volgende niet-lineaire vergelijkingen:

$$C_L.l = \frac{C_L.l}{D}.D \qquad \text{(belastingsvoorwaarde)}, \quad (2.19)$$

$$1.160\,\frac{s}{l} + .278\,C_L = \sqrt{1+\sigma_x} - .998 \qquad \text{(cavitatievoorwaarde)}, \quad (2.20)$$

$$\frac{f}{l} = .0679.C_L \qquad \text{(stootvrijevoorwaarde)}, \quad (2.21)$$

$$.087\,s^2 l = w_x^* \qquad \text{(sterktevoorwaarde)}, \quad (2.22)$$

Hierin wordt $\frac{C_L.l}{D}$ als bekend verondersteld, terwijl σ_x en w_x^* volgen uit

$$\sigma_x = .8\,\frac{p_o - e - \frac{1}{2}\gamma Dx}{\tau(x)} \quad (2.23)$$

$$w_x^* = \frac{D^3}{4\sigma_T \cos^2\varepsilon}\int_x^{1.0}\left(\frac{C_L.l}{D}\right)_{x_o}\tau(x_o)\cos(\beta_i - \beta_{i,o})(x_o - x)\,dx_o, \quad (2.24)$$

waarin

$$\tau(x) = \frac{1}{2}\rho V^2 = \frac{\frac{1}{2}\rho\left\{\pi nDx(1+tg\beta_i\, tg\beta)\right\}^2}{1+tg^2\beta_i} \quad (2.25)$$

Tenslotte wordt berekend de spoedverhouding

$$\frac{H}{D} = \pi x\; tg\,(\beta_i + \Delta\alpha) \quad (2.26)$$

waarin

$$\Delta\alpha = 1.16\; C_L\;\; \pi/180$$

en de gemiddelde virtuele spoed

$$\left(\frac{H_v}{D}\right)_{gem} = \frac{\int_{.2}^{1.0}\pi x^2 l\; tg(\beta_i + 9.12\; C_L.\,\pi/180)\,dx}{\int_{.2}^{1.0} xl\,dx} \quad (2.27)$$

(ii)

De integraal in (2.24) werd herleid tot herhaalde integralen waarin de integranden functies van slechts één variabele zijn, namelijk

$$w^{*}(x) = \frac{D^3}{4\sigma_T \cos^2 z}\left[\cos\beta_i \int_x^1 dx_o \int_{x_o}^1 du\; f_1(u) + \sin\beta_i \int_x^1 dx_o \int_{x_o}^1 du\; f_2(u)\right] \tag{2.28}$$

waarin $f_1(x) = \left(\frac{C_L . l}{D}\right)_x \tau(x) \cos\beta_i$,

$f_2(x) \quad \left(\frac{C_L . l}{D}\right)_x \tau(x) \sin\beta_i$

De in (2.28) voorkomende lopende integralen $F(x)=\int_x^1 f(t)dt$ worden berekend met - afhankelijk van x - de regel van Simpson, de $\frac{3}{8}$ - regel of een combinatie van beide. De in deze paragraaf voorkomende integralen $\int_{0.2}^{1} f(t)dt$ worden eveneens met de regel van Simpson berekend.

(iii)

De vergelijkingen (2.19)-(2.22), te herleiden tot een derdegraads vergelijking in s, werden niet op de gebruikelijk wijze numeriek opgelost, omdat nog aan enige nevenvoorwaarden voldaan moest worden.

Voor x = 0.2 is gegeven

$$\frac{s_{0.2}}{l_{0.2}} = 0.105 \quad z^{1/2} \tag{2.29}$$

Uit (2.22) volgt dan

$$s_{0.2} = 1.0647 \; (w^{*}_{0.2} \; z^{1/2})^{1/3} \tag{2.30}$$

waarna $l_{0.2}$ uit (2.29) berekend kan worden.

Verder wordt als s_x gekozen, voor x=0.5(0.1)1.0,de lineaire functie

$$s_x=(1.15 \; s_{0.2}-0.00525 \; D)-(1.15 \; s_{0.2}-0.00875 \; D)x. \tag{2.31}$$

zodat

$$s_{0.6} = 0.46 \; s_{0.2} \quad ; \tag{2.32}$$

$$s_{1.0} = 0.0035 \; D \tag{2.33}$$

Voor x=0.5(0.1)0.9 wordt berekend volgens(2.19)en (2.20)

$$l_x = \frac{1.16\, s_x + 0.278\left(\frac{C_L \cdot l}{D}\right)_x .D}{\sqrt{1+\sigma_x} - 0.998} \tag{2.34}$$

terwijl $l_{1.0}=0$ gesteld wordt.

Van de waarden $x = 0.7(0.1)0.9$ wordt nu de kleinste bepaald waarvoor geldt

$$5(l_{x+0.1} - l_{x-0.1})(x-0.2) - l_x + l_{0.2} \leq 0. \tag{2.35}$$

Zij deze ξ, dan wordt berekend

$$x_{raak} = 0.2 + \left\{(\xi-0.3)(\xi-0.2) - \frac{A\,(\xi-0.3) + l_{0.2} - l_{\xi-0.1}}{B}\right\}^{1/2}, \tag{2.36}$$

$$\alpha_{raak} = A + B(2x_{raak} - 2\xi + 0.1) \tag{2.37}$$

waarin

$$A = 10(l_\xi - l_{\xi-0.1}) ,$$

$$B = 25(l_{\xi-0.2} - l_{\xi-0.1} - l_\xi + l_{\xi+0.1}) .$$

Voor $x < x_{raak}$ wordt nu de l_x berekend met

$$l_x = \alpha_{raak}(x-0.2) + l_{0.2} \tag{2.38}$$

Voor $x = 0.3(0.1)0.7$ wordt volgens (2.22) de definitieve s_x berekend als

$$s_x = 3.39\left(\frac{w_x^*}{l_x}\right)^{1/2} \tag{2.39}$$

Uit (2.19) volgt nu $(C_L)_x$ voor x=0.2(0.1) 0.9, terwijl voor x = 1.0 wordt geëxtrapoleerd

$$(C_L)_{1.0} = 3(C_L)_{0.9} - 3(C_L)_{0.8} + (C_L)_{0.7} \tag{2.40}$$

waarna met (2.21) voor alle x-waarden f/l bepaald wordt.

(iv)

Op de berekende waarden van f/l wordt nog de correctie van Ludwig-Ginzel toegepast:

$$(f/_l)_{geom} = \frac{f/l}{k_1(x)\; k_2(F_a/F, x) k_3(F_a/F, \lambda_i)}, \tag{2.41}$$

waarin

$$F_a/F = \frac{2z}{\pi D}\int_{0.2}^{1.0} l_x\, dx \quad , \text{(bladoppervlakverhouding)}$$

$$\lambda_i = \quad 0.7(tg\beta_i)_{0.7}$$

De functies k_i, oorspronkelijk gegeven in de vorm van grafieken, werden geapproximeerd als polynomen,

$$k_1(x) = \sum_{k=0}^{2} a_k \, x^k \quad ,$$

$$k_2(F_a/F, x) = \sum_{k=0}^{2} \sum_{l=0}^{3} b_{kl} \, (F_a/F)^k \, x^l \quad ,$$

$$k_3(F_a/F, \lambda_i) = \sum_{k=0}^{2} \sum_{l=0}^{2} c_{kl} \, (F_a/F)^k \, \lambda_i^{\,l} \quad .$$

waarvan de coëfficienten in Tabel IV zijn aangegeven.

Tabel IV

k	0	1	2
a_k	+1.176	-1.702	+.857
$b_{k,o}$	+.70301	+1.12569	-.86178
$b_{k,1}$	+3.08984	-6.11588	+3.22811
$b_{k,2}$	-6.37586	+11.73895	-5.74011
$b_{k,3}$	+5.05019	-7.99867	+3.16132
c_{ko}	+1.25693	-.02976	+.49222
$c_{k,1}$	-.78841	+.07630	-1.78974
$c_{k,2}$	+.37291	+.00211	+1.46345

d) Berekening R 572

(i)

Het uitgangspunt is de relatie

$$\frac{dc_L}{d\alpha}\ (\varphi + \alpha_o - \beta_i) = c_L \tag{2.42}$$

waarin

$$\varphi = \arctan\left(\frac{1}{\pi x}\cdot\frac{H}{D}\right)$$

Het doel van de berekening is $tg\beta_i(x)$ en $G(x)$ te vinden als gegeven zijn de profielgegevens $\frac{dc_L}{d\alpha}$ en α_o, de bladcontour l

en de radiale spoedverdeling $\frac{H}{D}$ als functies van x en de functie $tg\beta$ volgens (2.5) bepaald is.

Uit (2.42) en (2.2) volgt ml.

$$2G\cos\beta_i = \frac{l}{\pi D}\cdot\frac{dC_L}{d\alpha}\cdot(\varphi + \alpha_o - \beta_i)\cdot\left(\frac{1}{tg\beta} - \frac{w^t}{v_e}\right), \tag{2.43}$$

hetgeen tezamen met (2.4) een tweetal relaties levert waaruit de beide onbekende functies opgelost kunnen worden.

(ii)

Een iteratieve methode om dit stelsel op te lossen - voorgesteld in rapport W.O. 47-52-6 - bestaat in toepassing van (2.10) en (2.12). Substitutie hiervan in (2.43) levert n.l. een lineair stelsel voor G_μ, waarvan de matrixcoëfficienten berekend kunnen worden als een schatting voor voor $tg\beta_i$ bekend is. Als eerste schatting kan gekozen worden $tg\beta_i = tg\,\varphi = \frac{1}{\pi x}\cdot\frac{H}{D}$. Uit de G_μ volgt met (2.12) w^a en w^t, waarna men een nieuwe schatting voor $tg\beta_i$ kan berekenen volgens (2.4). Bij het doorrekenen van enkele testgevallen bleek dit proces niet stabiel te zijn. Wel bleek zulks het geval te zijn met de volgende methode, gesuggereerd door J.A.Zonneveld.

Uit een schatting voor $tg\beta_i$ volgt de functie $G(x)$ zoals bij R476 beschreven. Met behulp van (2.43) wordt daarna een nieuw stel waarden van β_i bepaald.

Daartoe wordt deze vergelijking, gebruik makend van (2.4), geschreven in de gedaante

$$\beta_i = \varphi + \alpha_o - \frac{2\pi DG \sin \beta_i}{\frac{dC_L}{d\alpha}\, l \left(1 + \frac{w^a}{v_e}\right)} \tag{2.44}$$

Voor elke waarde van x kan (2.44) met de methode der successieve substituties opgelost worden. Voor elke "grote" iteratiestap moeten dus 9 volledige "kleine" iteratieprocessen worden uitgevoerd.

(iii)
Uit de definitieve waarden van $tg\beta_i$ en G worden tenslotte C_{T_i} en C_{P_i} berekend volgens (2.3)(zie sectie 2bii) en η_{P_i} volgens

$$\eta_{P_i} = \frac{C_{T_i}}{C_{P_i}} \cdot \frac{2}{1-x_n^2} \int_{x_n}^{1} (1-w_x)x\,dx \tag{2.45}$$

waarbij de regel van Simpson voor de integratie wordt toegepast.

e) Berekening R 573

(i)

Hier is gegeven de waarde van C_{T_i} volgens (2.7a) en de relatie $G(x) = kF(x)$, waarin $F(x)$ een voorgeschreven functie is en k een nog onbepaalde constante. Het doel is, de waarde van k en de functie $tg\beta_i$ te bepalen, waarbij wordt uitgegaan van (2.3a) en (2.4).

Duidt men de geinduceerde snelheden voor G=F, dus k=1, van met w^{a*} en w^{t*} dan volgt uit deze formules

$$\frac{C_{T_i}}{4z} = k\int_{x_n}^{1} F(x)(1-w_x)^2 \frac{1}{tg\beta}\,dx - k^2\int_{x_n}^{1} F(x)(1-w_x)^2 \frac{w^{t*}}{v_e}\,dx \qquad (2.46)$$

$$tg\beta_i = \frac{1+k\dfrac{w^{a*}}{v_e}}{\dfrac{1}{tg\beta} - k\dfrac{w^{t*}}{v_e}} \qquad (2.47)$$

waarin $tg\beta$ volgens (2.5) te berekenen is.

Is een schatting voor $tg\beta_i$ bekend - de eerste keer kan $tg\beta_i$ = $tg\beta$ gekozen worden - dan kan uit (2.46) k worden opgelost . (De eerste integraal is niet van $tg\beta_i$ afhankelijk en dus constant tijdens de iteraties)

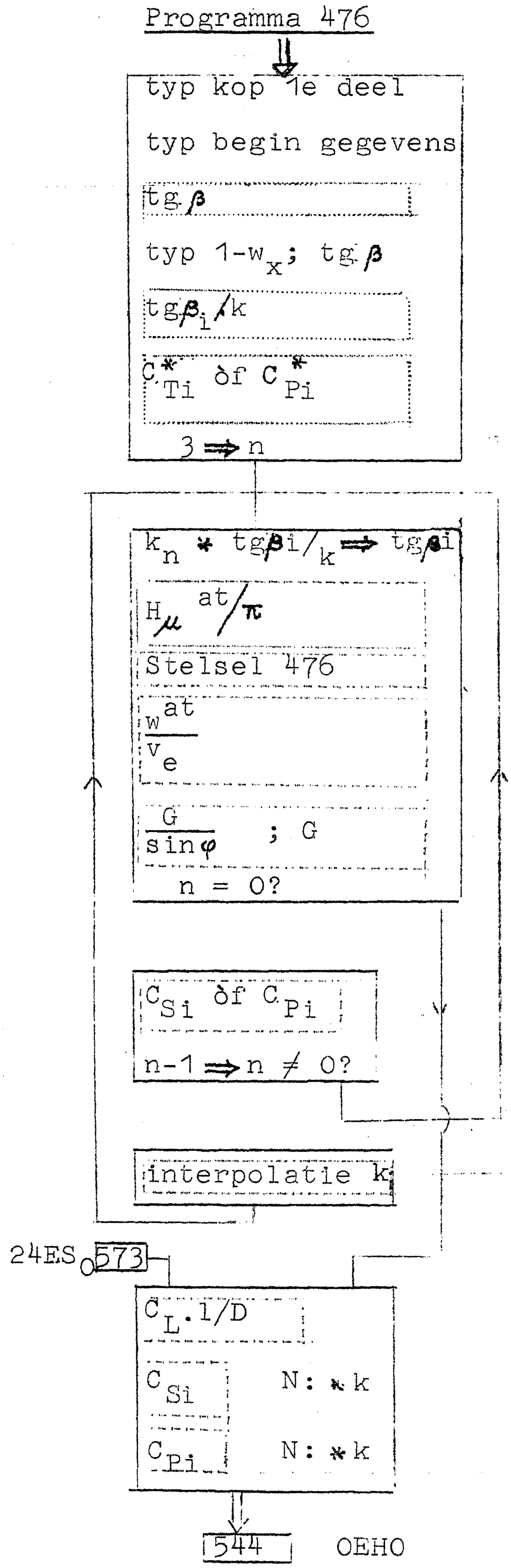
Uit (2.47) volgt dan de volgende schatting voor $tg\beta_i$.

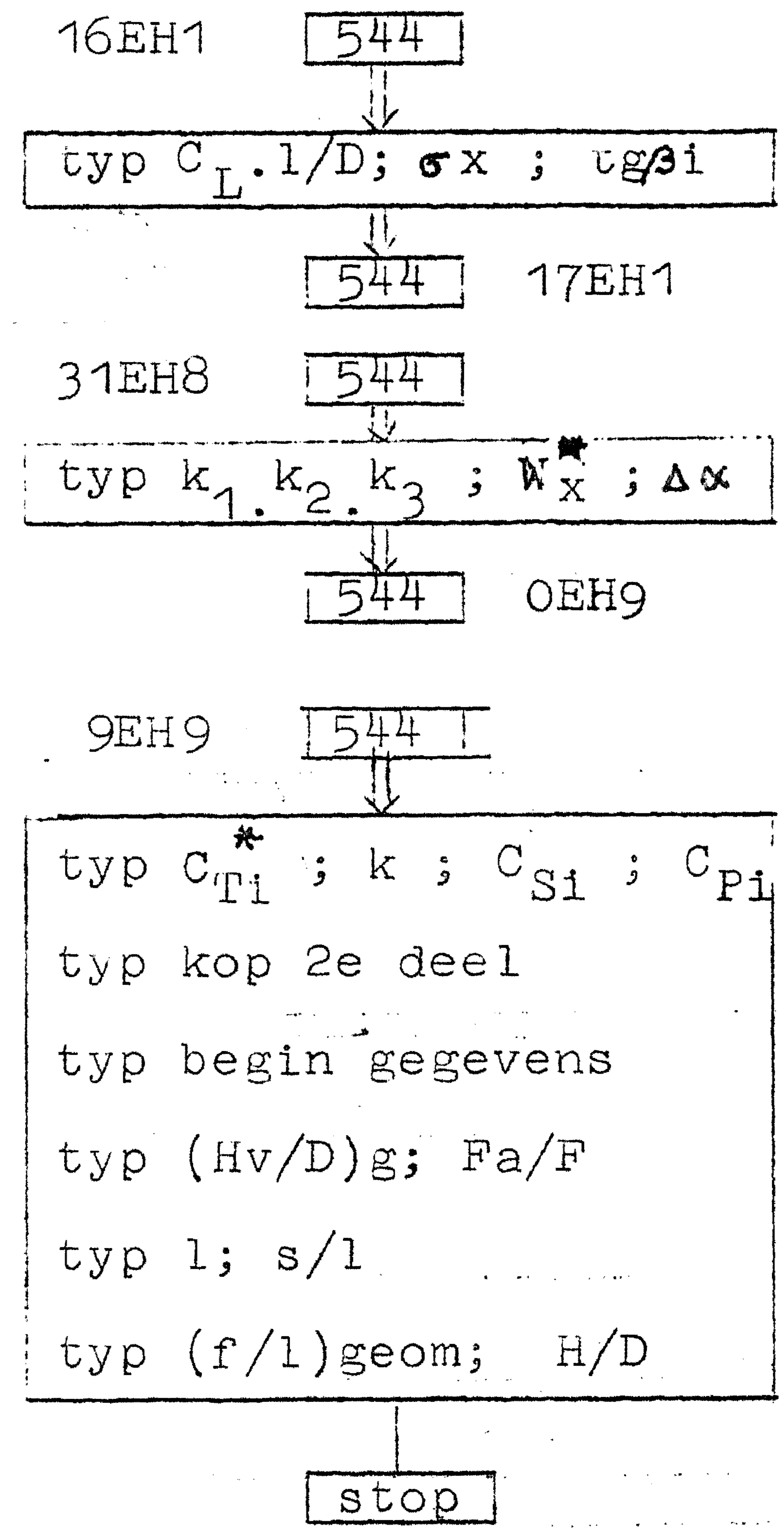
Als k en $tg\beta_i$ bepaald zijn wordt tenslotte $\frac{C_L.1}{D}$ berekend volgens (2.2).

(ii)

De functie F(x) wordt gegeven in de vorm $\frac{F(x)}{\sin\varphi} = \frac{F(x)}{\frac{5}{2}\sqrt{(1-x)(x-0.2)}}$ om de integralen in (2.46) met formule (2.16) te kunnen berekenen. Dit heeft bovendien het voordeel,datnieruit 9 Fouriercoëfficienten F_μ , nodig in (2.12), kunnen worden afgeleid, terwijl F(x) zelf er slechts 7 geeft daar $F(0.2) = F(1.0) = 0$ is.

In het geval dat F(x) geen wortelsingulariteiten heeft is (2.16) niet van toepassing en kunnen de integralen gewoon volgens de regel van Simpson berekend worden door het tweede stel coëfficienten van Tabel III te gebruiken.





$$\mathrm{tg}\,\beta = \frac{V_s(1-w_x)}{\pi\, n\, D\, x} \qquad x = .2(.1)1.0$$

$$\mathrm{tg}\beta i/_k = \frac{1}{\eta_{Pi}} \left(\frac{1-w}{1-w_x}\right)^{3/4} \mathrm{tg}\,\beta$$

$$C^*_{Ti} = \frac{8\ Si}{\rho\, V_s^2\, \pi\, D^2}$$

$$C^*_{Pi} = \frac{8\ Pi}{\rho\, V_s^3\, \pi\, D^2}$$

$k=0(1)8$
$j=0(1)8$
$m=2(9*j+k)$
$x=x_k=\frac{k+2}{10}$
$x_o=x_j=\frac{j+2}{10}$

at i_{kj}

$\Downarrow$

$0 \Rightarrow j$
$0 \Rightarrow m$

$0 \Rightarrow k$

$k = j?$

$$\sin^3 \beta i_j \left(2+\frac{9}{tg^2 \beta i_j}\right)+\frac{\dfrac{3x_k^2}{x_j^2 tg^2 \beta i_j}-2}{\sqrt{\left(1+\dfrac{x_k^2}{x_j^2 tg^2 \beta i_j}\right)^3}} \Rightarrow G$$

$$\frac{1}{\sqrt{\sin \beta i_j \sqrt{1+\dfrac{x_k^2}{x_j^2 tg^2 \beta i_j}}}} \Rightarrow F$$

$$e\, z\left\{\ln\left(\frac{\sqrt{1+\dfrac{x_k^2}{x_j^2 tg^2 \beta i_j}}-1}{\dfrac{1}{\sin \beta i_j}-1} * x_j/x_k\right)+\sqrt{1+\frac{x_k^2}{x_j^2 tg^2 \beta i_j}}-\frac{1}{\sin \beta i_j}\right\} \Rightarrow u$$

$k > j?$

$F\left(\frac{u}{1-u}+\frac{1}{24z} G \ln \frac{1}{1-u}\right) \Rightarrow B^*$

$(1-x_k/x_j)\frac{z}{tg \beta i_j}(1+B^*) \Rightarrow i^a_{kj}$

$(x_j/x_k-1) z B^* \Rightarrow i^t_{kj}$

$F\left(\frac{1}{u-1}-\frac{1}{24z} G \ln \frac{u}{u-1}\right) \Rightarrow A^*$

$(x_k/x_j-1)\frac{z}{tg \beta i_j} A^* \Rightarrow i^a_{kj}$

$(1-x_j/x_k) z (1+A^*) \Rightarrow i^t_{kj}$

$\cos \beta i_j \Rightarrow i^a_{kj}$

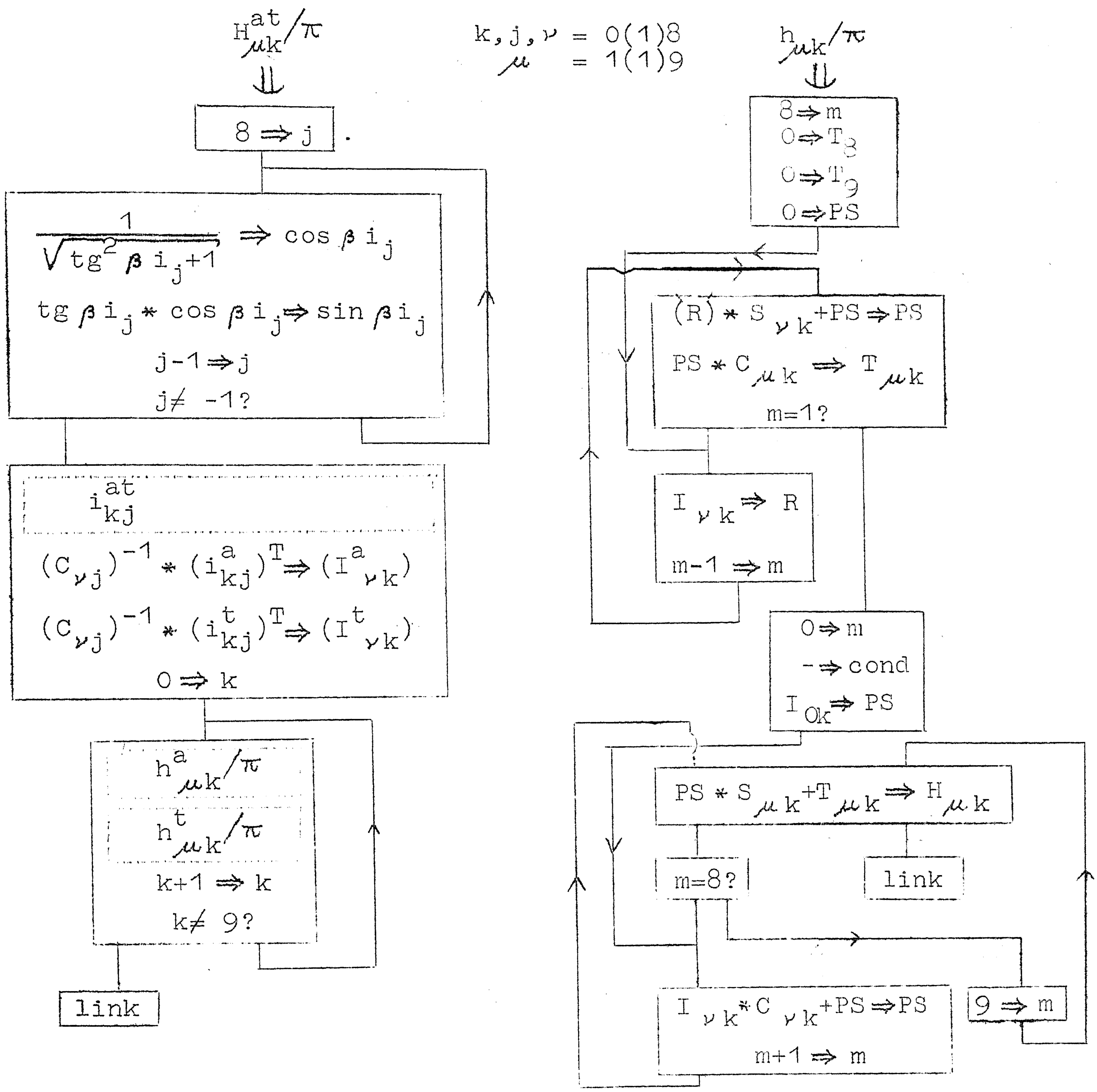
$\sin \beta i_j \Rightarrow i^t_{kj}$

$m + 2 \Rightarrow m$
$k + 1 \Rightarrow k$
$k \neq 9?$

$j + 1 \Rightarrow j$
$j \neq 9$?

link

$i^a_{kj}=(m$ ZS O$)$
$i^t_{kj}=(m$ ZTO$)$
waarbij OZSO en OZTO de begin adressen zijn van resp. (i^a_{kj})en (i^t_{kj})(16x12 t/m 17x17) (18x17 t/m 19x22)



$$h_{\mu k}/\pi = S_{\mu k} \sum_{\nu=0}^{\mu} I_{\nu k} \cdot C_{\nu k} + C_{\mu k} \sum_{\nu=\mu+1}^{8} I_{\nu k} S_{\nu k}$$

$$\begin{array}{c|c} & j \longrightarrow \\ \hline \nu \downarrow & \boxed{\cos \nu\varphi_j} \end{array} = (C_{\nu j}) \qquad \begin{array}{c|c} & k \longrightarrow \\ \hline \nu \downarrow & \boxed{I_{\nu k}} \end{array} \qquad \begin{array}{c|c} & j \longrightarrow \\ \hline k \downarrow & \boxed{i_{kj}} \end{array}$$

$$\begin{array}{c|c} & k \longrightarrow \\ \hline \mu \downarrow & \boxed{\frac{\sin \mu\varphi}{\sin \varphi}} \end{array} = (S_{\mu k}) \qquad \begin{array}{c|c} & k \longrightarrow \\ \hline \mu \downarrow & \boxed{H_{\mu k}} \end{array}$$

Stelsel 476

$$\sum_{\mu=1}^{9} \frac{\pi}{1-x_n} \mu G \mu \left[h^a_\mu/\pi + tg\,\beta_i \quad h^t_\mu/\pi \right] = \frac{tg\,\beta_i}{tg\,\beta} - 1$$

$\left(\frac{H^a_{\mu k}}{\pi}\right)^T \Longrightarrow (A_{k\mu})$ physisch transport waarbij de matrix getransponeerd wordt

(16x12 t/m 17x17) ~~(20 x22 t/m 21x27)~~

$$(tg\,\beta_i) * \left(\frac{H^t_{\mu k}}{\pi}\right)^T + (A_{k\mu}) \Longrightarrow (A_{k\mu})$$

(4x 9 t/m 21x9)(18x17 t/m 19x22) (20x22 t/m 21x27)

$tg\,\beta_i$ als diag. matr.

rechterlid $\frac{tg\,\beta\, i_k}{tg\,\beta_k} - 1$ voor k=0(1)8

(22x27 t/m 7x28)

Oplossen van het stelsel geeft $\frac{\pi}{1-x_n} \mu G \mu$ (22x27 t/m 7x28)

$\frac{W^{at}}{Ve}$

$$\frac{W^{at}}{Ve} = \sum_{\mu=1}^{9} \frac{\pi}{1-x_n} \mu G \mu \frac{h^{at}_\mu}{\pi}$$

$$\left(\frac{H^a_{\mu k}}{\pi}\right)^T * \left(\frac{\pi}{1-x_n} \mu G \mu\right) \Longrightarrow \left(\frac{W^a}{Ve}\right)$$

(16x12 t/m 17x17)(22x27 t/m 7x28)(12x11 t/m 29x11)

$$\left(\frac{H^t_{\mu k}}{\pi}\right)^T * \left(\frac{\pi}{1-x_n} \mu G \mu\right) \Longrightarrow \left(\frac{W^t}{Ve}\right)$$

(18x17 t/m 19x22) (30x11 t/m 15x12)

$\frac{G}{\sin\varphi}$; G

$$\frac{\pi}{1-x_n}\mu G\mu \; * \; \frac{1-x_n}{\pi} \,/\mu \Rightarrow G_\mu \qquad . \qquad \text{voor } \mu = 1(1)9$$

(18x6) (22x27 t/m 7x28)

$$\left(\frac{\sin\mu\varphi}{\sin\varphi}\right)^T * \;(G_\mu) \Rightarrow \left(\frac{G}{\sin\varphi}\right)$$

(28x42 t/m 29x47) (26x10 t/m 11x11)

$$\frac{G}{\sin\varphi} * \sin\varphi \Longrightarrow G \qquad x=f(\varphi) = .2(.1)1.0$$

(30x47 t/m 15x48)(22x27 t/m 7x28)

$$C_{Si} = 4z\int_{x_n}^{1} G(1-w_x)^2\left(\frac{1}{\operatorname{tg}\beta} - \frac{w^t}{ve}\right)dx = \sum_{2}^{1.0}\frac{G}{\sin\varphi}(1-w_x)^2\left(\frac{1}{\operatorname{tg}\beta} - \frac{w^t}{ve}\right)*g_x$$

òf

$$C_{Pi} = 4z\int_{x_n}^{1} G\frac{(1-w_x)^3}{\operatorname{tg}\beta}\left(1+\frac{w^a}{ve}\right)dx = \sum_{.2}^{1.0}\frac{G}{\sin\varphi}\;\frac{(1-w_x)^3}{\operatorname{tg}\beta}\left(1+\frac{w^a}{ve}\right)*g_x$$

$\frac{G}{\sin\varphi}$ = (26x10 t/m 11x11) ; $(1-w_x)$=(24x5 t/m 9x6) ;

$\operatorname{tg}\beta$ = (0x8 t/m 17x8) ; $\frac{w^a}{ve}$ = (12x11 t/m 29x11) ; $\frac{w^t}{ve}$=(30x11 t/m 15x12)

g_x = (14x7 t/m 31x7)

Interpolatie

(22x6) k_{-1}	.95	$C_{Si}/C_{Pi}(.95)$	f_{-1} (2x51)		
(24x6) k_0	1.00	$C_{Si}/C_{Pi}(1.00)$	f_0 (4x51)	C_{Si}/C_{Pi}^*	$=f^*$ (0x51)
(26x6) k_1	1.05	$C_{Si}/C_{Pi}(1.05)$	f_1 (6x51)		

$$(8x51)\quad k=k_0 + \frac{0.2(f^*-f_0)}{(f_1-f_{-1})+\sqrt{(f_1-f_{-1})^2+8(f^*-f_0)(f_1-2f_0+f_{-1})}}$$

$C_L * l/_D$

$$C_L * l/_D = 2\pi G \quad \frac{\cos\beta_i}{\frac{1}{\operatorname{tg}\beta} - \frac{w^t}{ve}}$$

(8x28 t/m 25x28)

Programma 544

7EF$_1$ $\boxed{476}$

$\boxed{0.2 \Rightarrow x}$

$$\frac{\frac{1}{2}\rho\left[\pi n D x(1+\tan\beta_i \tan\beta)\right]^2}{1+\tan^2\beta_i} \Rightarrow \tau_x$$

$$\frac{0.8(p_o-e)-0.4\,D\gamma x}{\tau_x} \Rightarrow \sigma_x$$

$$\left(\frac{C_L.1}{D}\right)_x \cdot \tau_x \cdot \cos\beta_i \Rightarrow f_x$$

$$\left(\frac{C_L.1}{D}\right)_x \cdot \tau_x \cdot \sin\beta_i \Rightarrow g_x$$

$x+0.1 \Rightarrow x \neq 1.1?$

14EE$_1$ $\boxed{476}$ $\boxed{476}$ 2EE$_1$

$$\int_x^{1.0} f(t)dt \Rightarrow F_x \quad \text{voor } x=0.2(0.1)1.0$$

$$\int_x^{1.0} g(t)dt \Rightarrow G_x \quad \text{voor } x=0.2(0.1)1.0$$

$$\int_x^{1.0} F(t)dt \Rightarrow \Phi_x \quad \text{voor } x=0.2(0.1)1.0$$

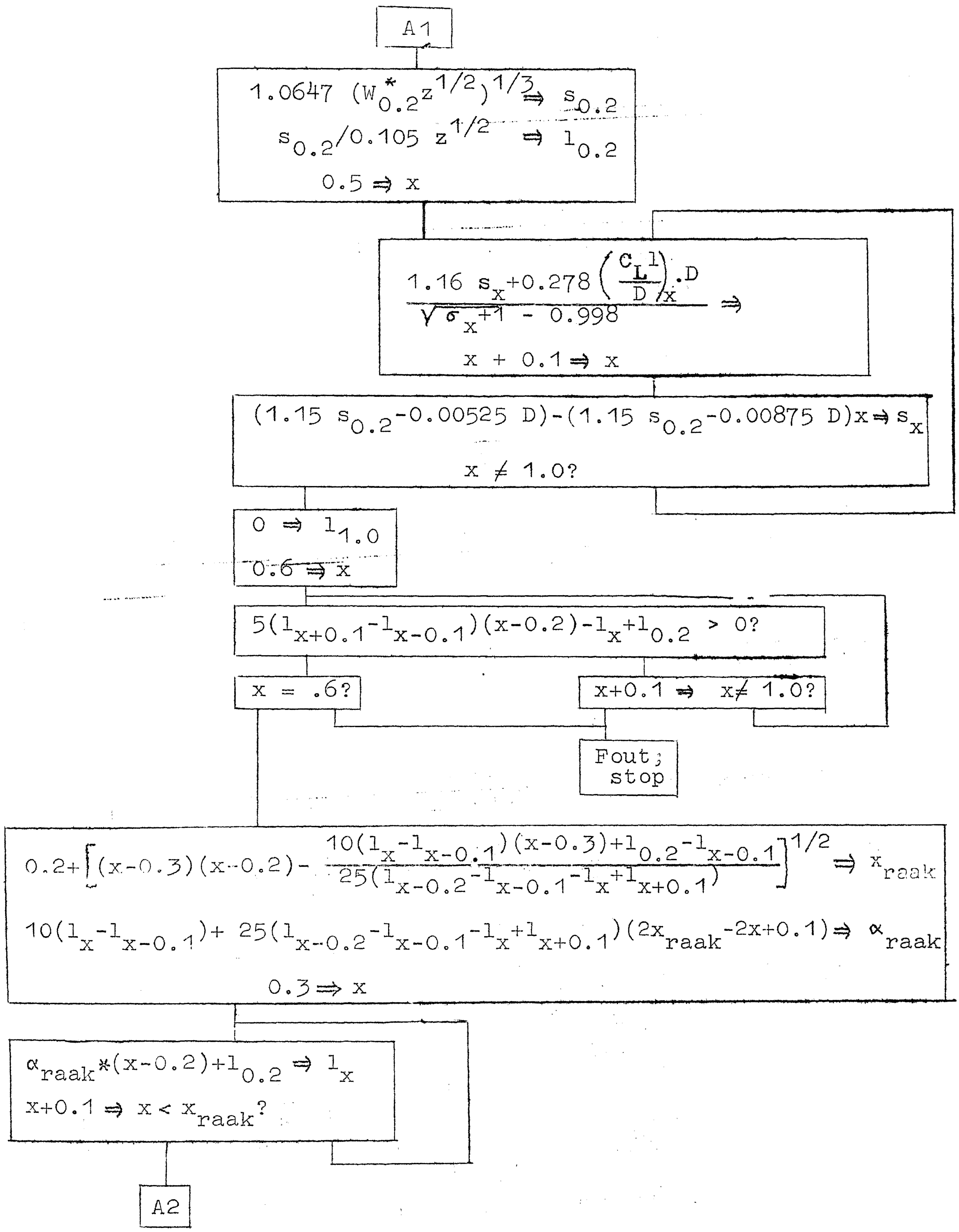
$$\int_x^{1.0} G(t)dt \Rightarrow \Gamma_x \quad \text{voor } x=0.2(0.1)1.0$$

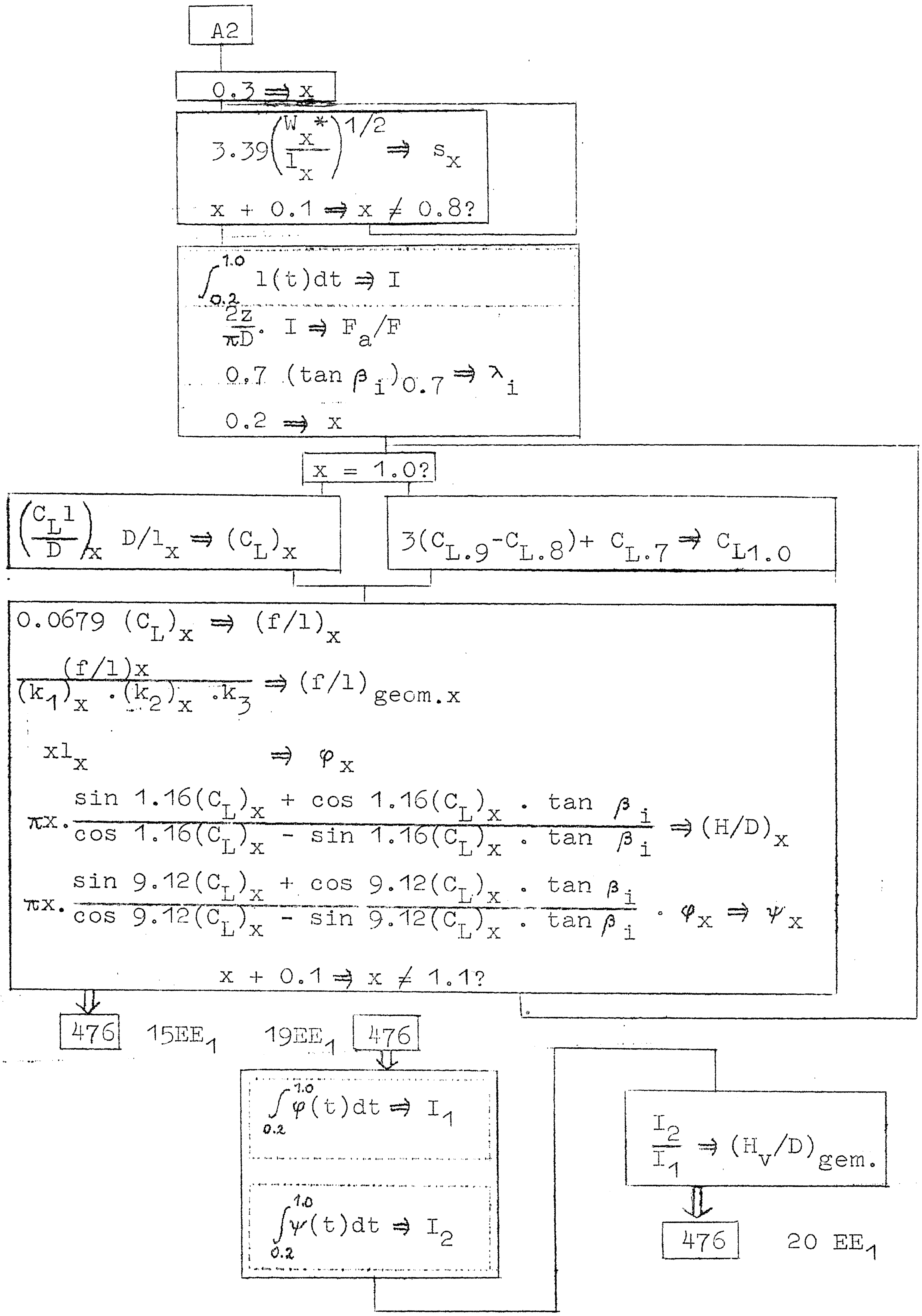
$0.2 \Rightarrow x$

$$\frac{D^3}{4\sigma_T\cos^2\varepsilon}\left\{\cos\beta_i \;\Phi_x + \sin\beta_i \;\Gamma_x\right\} \Rightarrow W_x^*$$

$x+0.1 \Rightarrow x \neq 1.1?$

$\boxed{A1}$


A1
$1.0647\,(W^*_{0.2}\,z^{1/2})^{1/3} \Rightarrow s_{0.2}$
$s_{0.2}/0.105\,z^{1/2} \Rightarrow l_{0.2}$
$0.5 \Rightarrow x$
$\dfrac{1.16\,s_x + 0.278\left(\dfrac{C_L l}{D}\right)_x . D}{\sqrt{\sigma_x + 1} - 0.998} \Rightarrow$
$x + 0.1 \Rightarrow x$
$(1.15\,s_{0.2} - 0.00525\,D) - (1.15\,s_{0.2} - 0.00875\,D)x \Rightarrow s_x$
$x \neq 1.0?$
$0 \Rightarrow l_{1.0}$
$0.6 \Rightarrow x$
$5(l_{x+0.1} - l_{x-0.1})(x-0.2) - l_x + l_{0.2} > 0?$
$x = .6?$
$x+0.1 \Rightarrow x \neq 1.0?$
Fout; stop
$0.2 + \left[(x-0.3)(x-0.2) - \dfrac{10(l_x - l_{x-0.1})(x-0.3) + l_{0.2} - l_{x-0.1}}{25(l_{x-0.2} - l_{x-0.1} - l_x + l_{x+0.1})}\right]^{1/2} \Rightarrow x_{raak}$
$10(l_x - l_{x-0.1}) + 25(l_{x-0.2} - l_{x-0.1} - l_x + l_{x+0.1})(2x_{raak} - 2x + 0.1) \Rightarrow \alpha_{raak}$
$0.3 \Rightarrow x$
$\alpha_{raak} * (x-0.2) + l_{0.2} \Rightarrow l_x$
$x + 0.1 \Rightarrow x < x_{raak}?$
A2


A2
$0.3 \Rightarrow x$
$3.39\left(\frac{W_x^*}{l_x}\right)^{1/2} \Rightarrow s_x$
$x + 0.1 \Rightarrow x \neq 0.8?$
$\int_{0.2}^{1.0} l(t)dt \Rightarrow I$
$\frac{2z}{\pi D} \cdot I \Rightarrow F_a/F$
$0.7\ (\tan \beta_i)_{0.7} \Rightarrow \lambda_i$
$0.2 \Rightarrow x$
$x = 1.0?$
$\left(\frac{C_L l}{D}\right)_x D/l_x \Rightarrow (C_L)_x$
$3(C_{L.9} - C_{L.8}) + C_{L.7} \Rightarrow C_{L1.0}$
$0.0679\ (C_L)_x \Rightarrow (f/l)_x$
$\frac{(f/l)x}{(k_1)_x \cdot (k_2)_x \cdot k_3} \Rightarrow (f/l)_{geom.x}$
$x l_x \Rightarrow \varphi_x$
$\pi x \cdot \frac{\sin 1.16(C_L)_x + \cos 1.16(C_L)_x \cdot \tan \beta_i}{\cos 1.16(C_L)_x - \sin 1.16(C_L)_x \cdot \tan \beta_i} \Rightarrow (H/D)_x$
$\pi x \cdot \frac{\sin 9.12(C_L)_x + \cos 9.12(C_L)_x \cdot \tan \beta_i}{\cos 9.12(C_L)_x - \sin 9.12(C_L)_x \cdot \tan \beta_i} \cdot \varphi_x \Rightarrow \psi_x$
$x + 0.1 \Rightarrow x \neq 1.1?$
476
$15EE_1$
$19EE_1$
476
$\int_{0.2}^{1.0} \varphi(t)dt \Rightarrow I_1$
$\int_{0.2}^{1.0} \psi(t)dt \Rightarrow I_2$
$\frac{I_2}{I_1} \Rightarrow (H_v/D)_{gem.}$
476
$20\ EE_1$

Subroutine $F(x) = \int_x^{1.0} f(t)\,dt \quad ; \; x = 0.2(0.1)1.0$

$$0 \Rightarrow F_{1.0}$$

$$\frac{1}{240}\left(f_{0.7} - 5f_{0.8} + 19f_{0.9} + 9f_{1.0}\right) \Rightarrow F_{0.9}$$

$$0.8 \Rightarrow x$$

$$F_{x+0.2} + \frac{1}{30}\left(f_x + 4f_{x+0.1} + f_{x+0.2}\right) \Rightarrow F_x$$

$$x - 0.1 \Rightarrow x \neq 0.1?$$

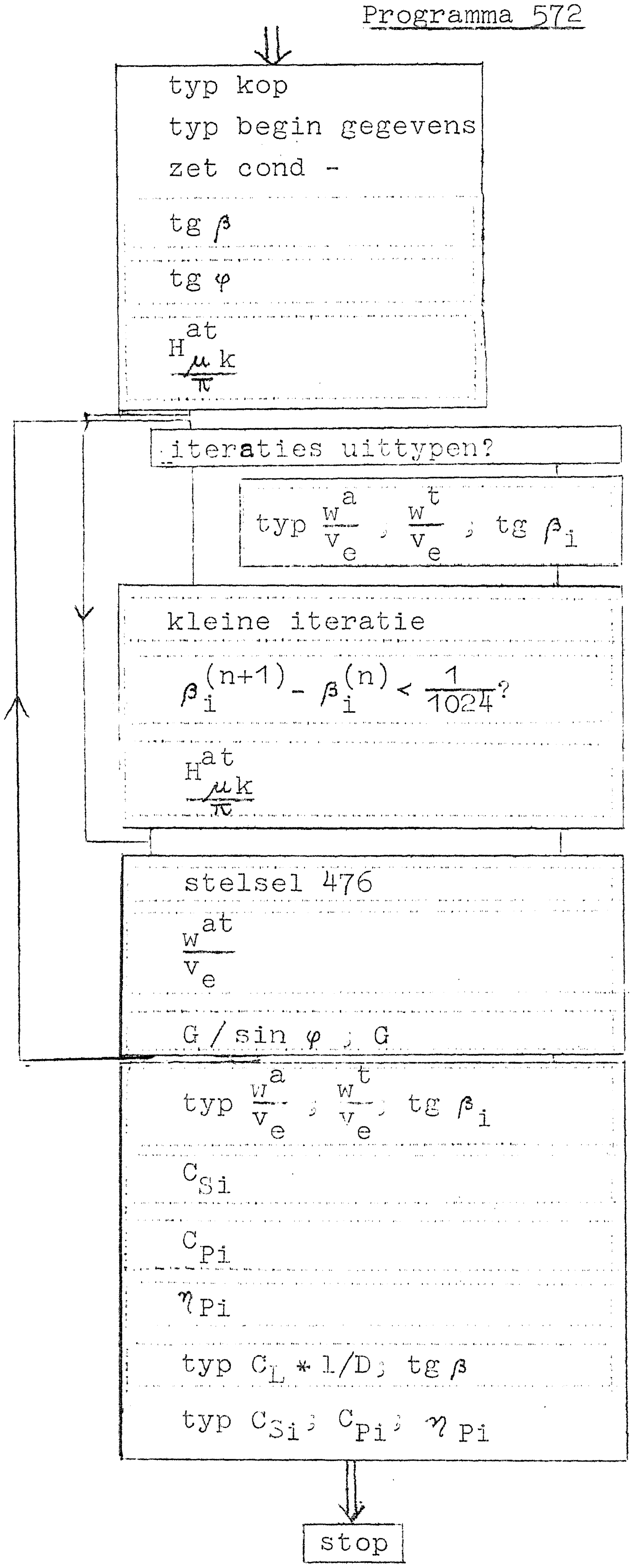
Subroutine $I = \int_{0.2}^{1.0} f(t)\,dt$

$$f_{0.3} + f_{0.5} + f_{0.7} + f_{0.9} \Rightarrow \eta$$

$$2\eta + f_{0.4} + f_{0.6} + f_{0.8} \Rightarrow \eta$$

$$\frac{1}{30}\left(2\eta + f_{0.2} + f_{1.0}\right) \Rightarrow I$$

Programma 572



tg φ

$$\operatorname{tg}\varphi_{(x)} = \frac{H/D}{\pi x} \Rightarrow 1^e \ \operatorname{tg}\beta_i \qquad x = .2(.1)1.0$$

$$\varphi_{(x)} = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\varphi) \Rightarrow 1^e \ \beta_i \qquad x = .2(.1)1.0$$

$$\varphi(x) + \alpha_o(x) \Rightarrow \psi(x) \qquad x = .2).1)1.0$$

$$\frac{2\pi D}{\frac{dC_l}{d\alpha}\, l(x)} \qquad x = .2(.1).9$$

$$0 \Rightarrow \frac{2\pi D}{\frac{dC_l}{d\alpha}\, l(1.0)}$$

kleine iteratie

$$\beta_i^{(p+1)} = \underbrace{\varphi + \alpha_o}_{\psi} - \frac{2\pi D \quad G}{\frac{dC_L}{d\alpha} l\left(1+\frac{w^a}{v_e}\right)} \sin \beta_i^{(p)}$$

$8 \Rightarrow k$ $\qquad x = f(k) = .2(.1)1.0$

$$\left\{ \frac{2\pi D \quad G}{\frac{dC_l}{d\alpha} l\left(1+\frac{w^a}{v_e}\right)} \right\}_k \Rightarrow b_k$$

$$\beta_{i_k}^{(p+1)} = \psi_k - b_k \ \sin\beta_{i_k}^{(p)}$$

$$\beta_{i_k}^{(p+1)} - \beta_{i_k}^{(p)} < \frac{1}{1024}?$$

$$\beta_{i_k}^{(p+1)} \Rightarrow \beta_{i_k}^{(p)}$$

$$\beta_{i_k}^{(p)} = \beta_{i_k}^{(n+1)}$$

$$\cos\beta_{i_k}^{(n+1)}$$

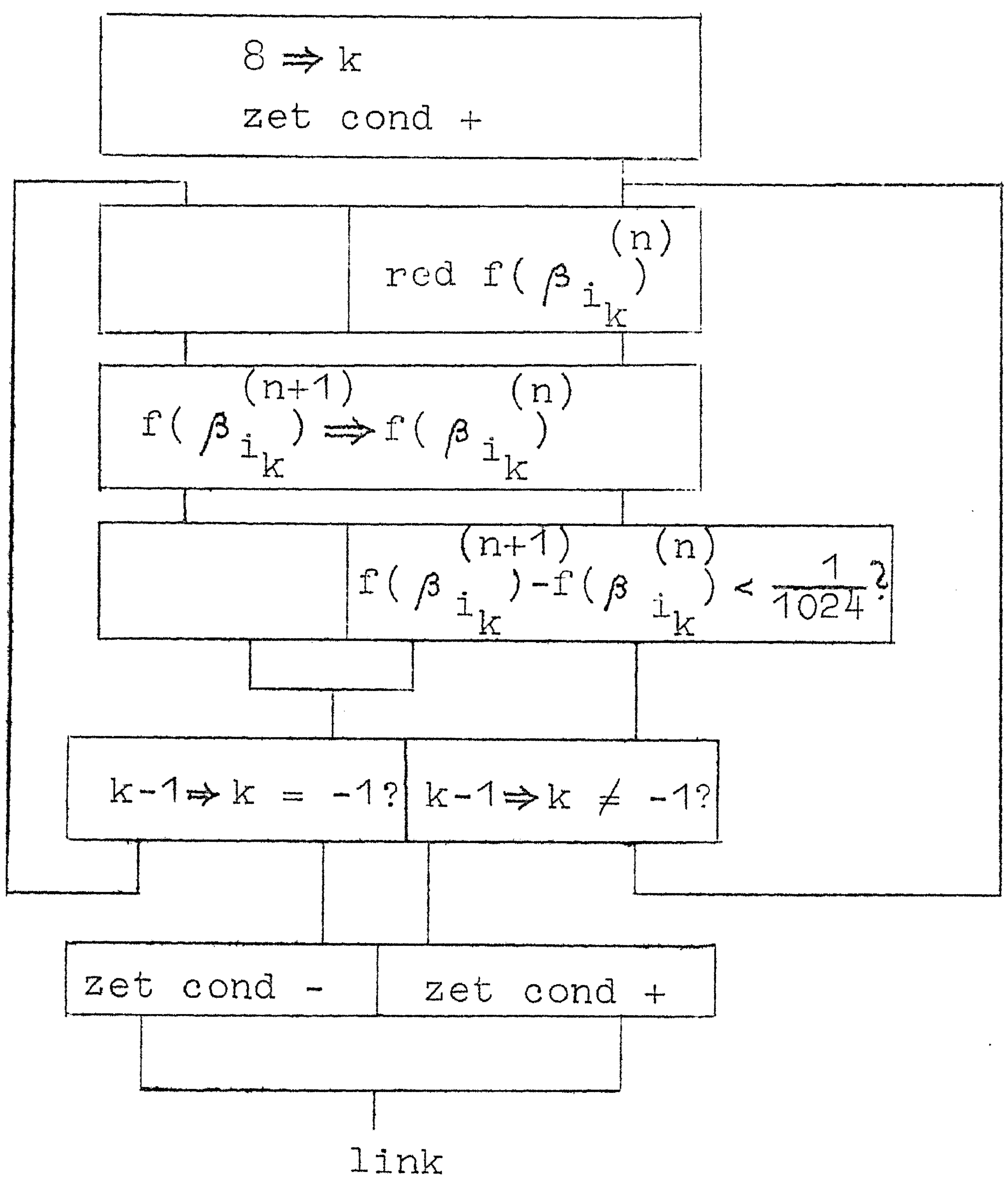
$$\sin\beta_{i_k}^{(n+1)}$$

$$\operatorname{tg}\beta_{i_k}^{(n+1)}$$

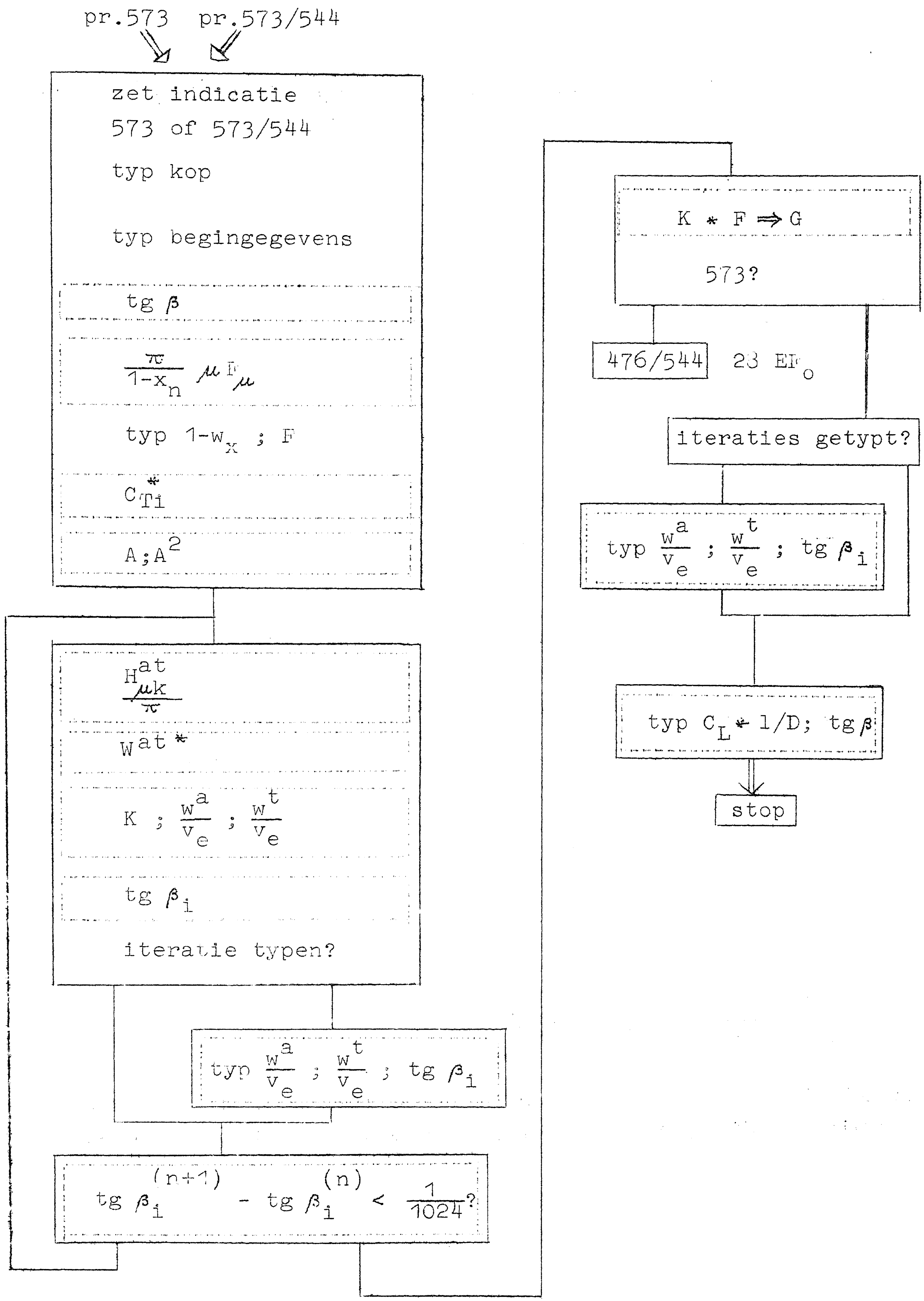
$$k-1 \Rightarrow k \neq -1?$$

link

$$f(\beta_i)^{(n+1)} - f(\beta_i)^{(n)} < \frac{1}{1024} \;?$$



$$\eta_{Pi} = \frac{C_{Si}}{C_{Pi}} * \frac{1}{\frac{1}{2}(1-x_n)^2} * \int_{x_n}^{1} (1-w_x)x \; dx = \frac{C_{Si}}{C_{Pi}} * \frac{25}{12} * \int_{.2}^{1.0} (1-w_x)x \; dx$$


pr.573
pr.573/544
zet indicatie
573 of 573/544
typ kop
typ begingegevens
tg β
π / (1-x_n) μ F_μ
typ 1-w_x ; F
C*_Ti
A;A²
H^at_μk / π
w^at *
K ; w^a/v_e ; w^t/v_e
tg β_i
iteratie typen?
typ w^a/v_e ; w^t/v_e ; tg β_i
tg β_i^(n+1) - tg β_i^(n) < 1/1024?
K * F ⇒ G
573?
476/544
23 EF_o
iteraties getypt?
typ w^a/v_e ; w^t/v_e ; tg β_i
typ C_L * 1/D; tg β
stop

$$C_{Ti}^{*} = 4\ z\ K \int_{x_n}^{1} \frac{F}{\sin\varphi}\ (1-w_x)^2\ \frac{\sin\varphi}{tg\,\beta} dx - 4\ z\ K^2 \int_{x_n}^{1} \frac{F}{\sin\varphi} (1-w_x)^2 W_t^{*}\ \sin\varphi\, d_x$$

$$w^{at^*} = \frac{\pi}{1-x_n} \sum_{\mu=1}^{9} \mu F_\mu \quad \frac{h_\mu^{at}}{\pi}$$

$$tg\ \beta_i = \frac{1+\frac{wa}{ve}}{\cot\beta - \frac{wt}{ve}}$$

$$\frac{\pi}{1-x_n}\ \mu F_\mu$$

$$\left(\frac{\sin\mu\varphi}{\sin\varphi}^{T}\right)^{-1} * \left(\frac{F}{\sin\varphi}\right) \Rightarrow \left(F_\mu\right)$$

$$\frac{\pi}{1-x_n} * \mu * F_\mu \Longrightarrow \frac{\pi}{1-x_n}\mu F_\mu \qquad \mu = 1(1)9$$

$$\left.\begin{array}{l} 1/tg\ \beta \Rightarrow \cot\beta \\ tg\ \beta \Longrightarrow tg\ \beta_i \quad 1^e \text{ schatting} \\ \frac{F(x)}{\sin\varphi} * \sin\varphi \Rightarrow F(x) \end{array}\right\} \quad x = .2(.1)1.0$$

$A\ ;\ A^2$

$$A = 4\ z \int_{.2}^{1.0} \frac{F}{\sin\varphi}\ (1-w_x)^2\ \frac{\sin\varphi}{tg\ \beta} dx$$

afhankelijk van schakelaar do wordt deze integraal uitgerekend met gewichten die wortel singulariteit opvangen of met Simpson

$$W^{at*} = \frac{\pi}{1-x_n} \sum_{\mu=1}^{9} \mu \, F_\mu \, \frac{h_\mu^{at}}{\pi}$$

$$K \; ; \; \frac{w^a}{v_e} \quad \frac{w^t}{v_e}$$

$$4z \int_{x_n}^{1.0} \frac{F}{\sin\varphi} (1-w_x)^2 \, W_t^* \quad \sin\varphi \; dx \Rightarrow B$$ (zie opmerking wortel-gewichten)

$$K = \frac{1}{2} \frac{A - \sqrt{A^2 - 4B\, C_{Ti}^*}}{B}$$

$$\left.\begin{aligned} \frac{w^a}{v_e} &= K * Wa^* \\ \frac{w^t}{v_e} &= K * Wt^* \end{aligned}\right\} \quad x = .2(.1)1.0$$

$$\text{tg}\, \beta_i$$

$$\text{tg}\, \beta_i = \frac{1 + \frac{w^a}{v_e}}{\cot\beta - \frac{w^t}{v_e}}$$

$$\text{tg}\, \beta_i^{(n+1)} - \text{tg}\, \beta_i^{(n)} < \frac{1}{1024} \; ?$$ zie 572

Invoer 476 / 544.

DN
DA 0 x 5

0 x 5	+ 0 of + 1	indicatie: (2 x 5) = Si resp. Pi		
1 x 5	- .. .. .. DF	codewoord schroef (zie opmerking)		
2 x 5		Si of Pi	(kg)	
4 x 5		D	(m)	
6 x 5		z		
8 x 5		n	(r.p.s.)	Start F 1
10 x 5		$\sqrt{s}$	(m/sec)	
12 x 5		$\cos \varepsilon$		
14 x 5		γ	(kg/m^3)	
16 x 5		$p_o - e$	(kg/m^2)	
18 x 5		ρ	($kg.sec^2/m^4$)	
20 x 5		σ_T	(kg/m^2)	
22 x 5		1-w		
24 x 5		$1-w_{.2}$		
26 x 5		$1-w_{.3}$		
28 x 5		$1-w_{.4}$		
30 x 5		$1-w_{.5}$		
0 x 6		$1-w_{.6}$		
2 x 6		$1-w_{.7}$		
4 x 6		$1-w_{.8}$		
6 x 6		$1-w_{.9}$		
8 x 6		$1-w_{1.0}$		
10 x 6		η Pi		

Opmerking I

Met behulp van dit codewoord typt de subroutine typ tekst (P54) het nummer van de schroef aan de kop van het programma

het nummer mag maximaal uit 4 symbolen bestaan. Het code woord is altijd negatief.

Screw nr. 2595 codewoord = - 02050905

Screw nr. A5 codewoord = - 18211905

Geheugenindeling getallen materiaal R 476

0x8	t/m	17x8	:	tg β	zie ook
18x8	"	3x9	:	tg β_i/k	0x5 t/m 31x7 (pag.30,37)
4x9	"	21x9	:	tg β_i	en
22x9	"	7x10	:	cos β_i	werkruimte 544 (pag. 32)
8x10	"	25x10	:	sin β_i	
26x10	"	11x11	:	G/sin φ	
12x11	"	29x11	:	w^a/ve	
30x11	"	15x12	:	w^t/ve	
16x12	"	17x17	:	i^a_{kj} ; $h^a_{\mu k}/\pi$	
18x17	"	19x22	:	i^t_{kj} ; $h^t_{\mu k}/\pi$	
20x22	"	21x27	:	$I^a_{\nu k}$; $A_{k\mu}$	
22x27	"	23x32	:	$I^t_{\nu k}$	
24x32	"	25x37	:	$\cos^{-1}\nu\varphi$	
26x37	"	27x42	:	$\cos \nu\varphi$	
28x42	"	29x47	:	$\dfrac{\sin \mu\varphi}{\sin \varphi}$	
30x47	"	15x48	:	$\sin \varphi$	

20x22	t/m	5x23	:	$q_{1.4}$=w.r. P101.
22x27	"	7x28	:	tg β_i/tg β -1; $\frac{\pi}{1-x_n}\mu G\mu$; $G\mu$; G.
8x28	"	25x28	:	C_L.l/D.
26x28	"	5x29	:	$q_{1.2}$=w.r. P101.

0x51 : C^*_{Ti}

2x51 : $C_{Si}(.95)$; C_{Si}

4x51 : $C_{Si}(1.0)$; C_{Pi}

6x51 : $C_{Si}(1.05)$

8x51 : k

10x51 " 1x52: w.r. P 104;
" $q_{1.3}$ (P101);
" i^{at}
" h^{at}_{μ}
" C_{Si}/C_{Pi}.

Geheugenindeling getallen materiaal R 544

0x8	t/m	17x8	:	tg β
4x9	"	21x9	:	tg β_i
22x9	"	7x10	:	cos β_i
8x10	"	25x10	:	sin β_i
16x12	"	1x13	:	$\sigma_{(x)}$
2x13	"	19x13	:	$f_{(x)}$; $\Phi_{(x)}$; $s_{(x)}$.
20x13	"	5x14	:	$g_{(x)}$; $\Gamma_{(x)}$; $l_{(x)}$.
6x14	"	23x14	:	$F_{(x)}$; $W^{*}_{(x)}$
24x14	"	9x15	:	$G_{(x)}$; $C_{L(x)}$
10x15	"	27x15	:	$(f/l)_x$
28x15	"	13x16	:	$(f/l)_{geom.x}$
14x16	"	31x16	:	$\varphi(x)$
0x17	"	17x17	:	$(H/D)_x$
18x17	"	3x18	:	$\psi(x)$
4x18	"	21x18	:	Δ_α
22x18	"	7x19	:	s/l
8x19	"	25x19	:	$k_1.k_2.k_3$

8x28	t/m	25x28	:	$C_L.l/D$
10x51	"	21x51	:	werkruimte

zie verder

0x4	t/m	23x4	(pag.37)
0x5	"	31x7	(pag.30,37)

26x19 : Fa/F

28x19 : (H_v/D)gem.

Invoer 572

DNDA 1x5

1x5	-	codewoord schroef (zie opmerking I)
	DF	
	DX 2	
4x5		D
6x5		z
8x5		n
10x5		Vs
12x5		dCL/dα

Start F2

	DF	
	DA 24x5	
24x5 t/m 9x6	⋮	$1-w_x$ $x = .2(.1)1.0$
	DF	
	DA 1570x0	
2x49 t/m 19x49	⋮	$\alpha_o(x)$ $x = .2(.1)1.0$ in radialen
	DF	
	DA 1588x0	
20x49 t/m 5x50	⋮	$l(x)$ $x = .2(.1)1.0$
	DF	
	DA 1606x0	
6x50 t/m 23x50	⋮	$H/D(x)$ $x = .2(.1)1.0$

Opmerking II

Het al dan niet uittypen van opeenvolgende iteratie stappen wordt beïnvloed door de stand van schakelaar d_1 van het console woord (2^e van rechts)

$d_1 = \begin{matrix} 1 \uparrow & \text{niet} \\ 0 \downarrow & \text{wel} \end{matrix}$ uittypen opeenvolgende iteratie stappen

Geheugenindeling getallen materiaal 572

0x8	t/m	17x8	:	tg β
18x8	"	3x9	:	$\beta_i^{(n)}$
4x9	"	21x9	:	tg $\beta_i^{(n)}$
22x9	"	7x10	:	cos $\beta_i^{(n)}$
8x10	"	25x10	:	sin $\beta_i^{(n)}$
26x10	"	11x11	:	G/sin φ
12x11	"	29x11	:	w^a/ve
30x11	"	15x12	:	w^t/ve
16x12	"	17x17	:	i^a_{kj} ; $h^a_{\mu k}/\pi$
18x17	"	19x22	:	i^t_{kj} ; $h^t_{\mu k}/\pi$
20x22	"	21x27	:	$I^a_{\nu k}$; $A_{k\overline{\mu}}$
22x27	"	23x32	:	$I^t_{\nu k}$;
24x32	"	25x37	:	$\cos^{-1} \nu\varphi$
26x37	"	27x42	:	$\cos \nu\varphi$
28x42	"	29x47	:	$\sin \mu\varphi / \sin \varphi$
30x47	"	15x48	:	$\sin \varphi$
16x48	"	1x49	:	$2\pi D/ \frac{dC_L}{d\alpha}.l$
2x49	"	19x49	:	α_o
20x49	"	5x50	:	l
6x50	"	23x50	:	H/D
24x50	"	9x51	:	ψ
10x51	"	1x52	:	werkruimte:P 104 ; q 1.3 (P101); i^{at}; h^{at}_{μ}; C_{Si}/C_{Pi}

zie ook 0x5 t/m 31x7 (pag. 33,37)

20x22	t/m	5x23	:	wr P101 $q_{i.4}$
27x27	"	7x28	:	tg $\beta_i(\text{tg}\beta-1)$; $\frac{\pi}{1-x_n}\mu G\mu$; $G\mu$; G.
8x28	"	25x28	:	$\beta_i^{(p+1)}=\beta_i^{(n+1)}$; $C_L.l/D$
26x23	"	11x29	:	$2\pi DG/\frac{dC_L}{d\alpha}.l(1+w^a/ve)$ wr P101 $q_{1.2}$
12x29	"	29x29	:	$\beta_i^{(p)}$; $x(1-w_x)$.
26x28			:	C_{Si}
28x28			:	C_{Pi}
30x28			:	η_{Pi}

Invoer voor Scheepsschroeven met voorgeschreven circulatie verdeling (geg. met $*$) Start F3 573

evt. gevolgd door "2^e deel schroefontwerp m.b.v. inductie factoren" Start F4 573/544

DN
DA 0x5

0x5	+ 0 of + 1	$*$ indicatie S_i of P_i
1x5	-	$*$ codewoord schroef (zie opm.I)

DF

2x5	$*$ S_i of P_i
4x5	$*$ D
6x5	$*$ z
8x5	$*$ n
10x5	$*$ Vs
12x5	cos ε
14x5	γ
16x5	$p_o - e$
18x5	$*$ ρ
20x5	σ_T

DF
DA 24x5

24x5 t/m 9x6	$*$ $1-w_x$

DF
DA 26x10

26x10 t/m 11x11	$*$ $\frac{F(x)}{\sin \varphi}$

Opmerking III

$$\frac{F(x)}{\sin \varphi} = \frac{F(x)}{2\frac{1}{2}\sqrt{(1-x)(x-.2)}}$$

. zie pag.14 (ii). Deze F(x) is de voorgeschreven circulatieverdeling. Van het quotient worden de numerieke waarden berekend voor x = .2(.1)1.0 (tabel I) Aan de top en deas (x=1.0 resp. 2) e.v.t. door een limiet over-overgang.

Opmerking IV

Ook hier kunnen tussen-resultaten uitgetypt worden (opm.II)

Opmerking V

Om een eventuele wortel singulariteit in F(x) op te vangen zet men d0 van het console woord op 0.
Staat d0 op 1 dan wordt met Simpson geïntegreerd.

Geheugenindeling getallen materiaal 573, 573/544

0x8	t/m	17x8	:	tg β
18x8	"	3x9	:	cot β
4x9	"	21x9	:	tg $\beta_i^{(n)}$
22x9	"	7x10	:	cos $\beta_i^{(n)}$
8x10	"	25x10	:	sin $\beta_i^{(n)}$
26x10	"	11x11	:	$F/\sin\varphi$
12x11	"	29x11	:	Wa^*; w^a/ve
30x11	"	15x12	:	Wt^*; w^t/ve
16x12	"	17x17	:	i^a_{kj}; $h^a_{\mu k}/\pi$
18x17	"	19x22	:	i^t_{kj}; $h^t_{\mu k}/\pi$
20x22	"	21x27	:	$I^a_{\nu k}$; $\left(\frac{\sin\mu\varphi}{\sin\varphi}\right)^T$
22x27	"	23x32	:	$I^t_{\nu k}$
24x32	"	25x37	:	$\cos^{-1}\nu\varphi$
26x37	"	27x42	:	$\cos\nu\varphi$
28x42	"	29x47	:	$\sin\mu\varphi/\sin\varphi$
30x47	"	15x48	:	$\sin\varphi$
16x48	"	1x49	:	$F(x)$
2x49	"	19x48	:	$\frac{zF(x)}{\sin\varphi}(1-w_x)^2$
20x48	"	5x50	:	$\frac{\pi}{1-x_n}\mu F\mu$

20x22	t/m	5x23	:	wr. P104 $q_{1.4}$
22x27	"	7x28	:	$F/\sin\varphi$; $F\mu$
8x28	"	25x28	:	$tg\beta_i^{(n+1)}$; $C_L.1/D$
26x28	"	5x29	:	wr. P101 $q_{1.2}$

0x51	:	C^*_{Ti}
2x51	:	A ; C_{Si}
4x51	:	A^2; C_{Pi}
6x51	:	B
8x51	:	K

10x51 " 1x52 : werkruimte: P 104; $q_{1.3}$ (P 101); i^{at}; h^{at}_{μ} ; C_{Si}/C_{Pi}

Geheugen indeling 0x4 t/m 31x7

0x4	+ 1.0647	
2	+ 1.05	
4	+ 1.16	
6	+ .278	
8	+ .998	
10	+ 1.15	constanten 544
12	+.00525	
14	+.00875	
16	+ 3.39	
18	+.0679	
20	+.159174	
22	+.020246	

24x4 t/m 31x4
paragraaf letters

0x5 t/m 11x6
zie invoer

12x6 wissel $\frac{0}{1}$
typen $\frac{1e}{2e}$ deel van
476/544 573/544

13x6 wissel $\frac{0}{1}$
$\frac{\text{wel}}{\text{niet}}$ wortel gewichten

14x6 wissel -1/-0/+1
-1 476/544
-0 573/544
+1 573

15x6 t/m 17x6
ongebruikt

18x6	+.254647908	$\frac{1-x_n}{\pi}$
20	+3.14159265	π
22	+.95	k_{-1}
24	+ 1.0	k_0
26	+ 1.05	k_1
28	+ .2	
30	+ .3	
0x7	+ .4	
2	+ .5	
4	+ .6	x-waarden
6	+ .7	
8	+ .8	
10	+ .9	
12	+ 1.0	
14	+ .03186827	
16	+ .33920836	
18	+ .23777279	
20	+ .51268962	wortelgewichten
22	+ .27019606	
24	+ .51268962	
26	+ .23777279	
28	+ .33920836	
30	+ .03186827	

Geheugen indeling programma's

standaard subr. niet in dood geheugen NSP

1 - 20 - 2	t/m	1 - 20 - 12	P 26
1 - 20 - 13	"	1 - 20 - 20	53
1 - 20 - 21	"	1 - 21 - 24	61
1 - 21 - 25	"	1 - 22 - 24	62
1 - 22 - 25	"	1 - 23 - 5	63
1 - 23 - 6	"	1 - 23 - 29	64
1 - 23 - 30	"	1 - 24 - 4	105
1 - 24 - 5	"	1 - 24 - 17	106
1 - 24 - 18	"	1 - 24 - 25	107
1 - 24 - 26	"	1 - 25 - 7	108
1 - 25 - 8	"	1 - 25 - 31	115
1 - 26 - 0	"	1 - 26 - 14	119
1 - 26 - 15	"	1 - 26 - 28	121
1 - 26 - 29	"	1 - 27 - 14	123
1 - 27 - 15	"	1 - 28 - 0	124
1 - 28 - 1	"	1 - 29 - 19	126
1 - 29 - 20	"	1 - 30 - 27	128
1 - 30 - 28	"	1 - 31 - 27	129
1 - 31 - 28	"	1 - 31 - 31	130
2 - 0 - 0	"	2 - 5 - 25	101

Geheugen indeling programma's

				wordt gebruikt door			
				476/544	572	573	573/544
2- 5-26	t/m	2-12- 2	i^{at}	x	x	x	x
2-12- 3	"	2-17-29	$\frac{H^{at}_{\mu}}{\pi}$; $\frac{w^{at}}{v_e}$	x	x	x	x
2-17-30	"	2-18-26	C_{si}/C_{Pi}	x	x	-	x
2-18-27	"	2-21-25	teksttypen enz	x	x	x	x
2-21-26	"	2-22-17	Analyse meerv. autostarts	x	x	x	x
2-22-18	"	2-23-16	$\frac{\pi}{1-x_n}\mu F_{\mu}$	-	-	x	x
2-23-17	"	2-24-28	$A\ A^2$	-	-	x	x
2-24-29	"	2-25-27	K; $\frac{wa}{ve}$; $\frac{wt}{ve}$	-	-	x	x
2-25-28	"	2-26-10	$tg\ \beta_i$	-	-	x	x
2-26-11	"	2-28- 4	kleine iteratie	-	x	-	-
2-28- 5	"	2-28-22	η_{pi}	-	x	-	-
2-28-23	"	2-29-18	$tg\ \varphi$ enz	-	x	-	-
2-29-19	"	2-30-15	$f\beta_i^{(n+1)} - f\beta_i^{(n)} < \frac{1}{1024}$?	-	x	x	x
2-30-16	"	2-31-12	$\int_x^{1.0} f(t)dt$	x	-	-	x
2-31-13	"	2-31-25	$\int_{.2}^{1.0} f(t)dt$	x	x	-	x
2-31-26	"	3- 1-22	Stelsel 476; $G/\sin\varphi$;G				
3- 1-23	"	3- 2- 7	$tg\ \beta$	x	x	x	x
3- 2- 8	"	3- 3-18	$CL * 1/D$; $([B]) * ([A]+[8x1]) \Rightarrow ([S]+[8x1])$	x	x	x	x
3 -3-19	"	3- 4- 2	C^*_{Ti}/C^*_{Pi}	x	-	x	x
3- 4- 3	"	3- 5-12	Interpolatie; $tg\ \beta\ i/k$	x	-	-	-
3- 5-13	"	3-10-27	coëff.bnm en teksttypcodes	x	x	x	x
3-10-28	"	3-13-31	Typpr 476/544	x	x	x	x

3-14- 0	t/m	3-15- 7	Hfdpr 476	x	-	-	x
3-15- 8	"	3-25- 1	Hfdpr 544	x	-	-	x
3-25- 2	"	3-25-26	Hfdpr 572	-	x	-	-
3-25-27	"	3-27- 0	Typpr 572	-	x	-	-
3-27- 1	"	3-27-25	Hfdpr 573	-	-	x	x
3-27-25	"	3-29-19	Typpr 573	-	x	x	x
3-29-20	"	3-31-31	magazijn	(of ged.p 55)			