

Diafragmaveerberekeningen

Citation for published version (APA):

Braak, L. H., & Sluiter, M. L. C. (1985). *Diafragmaveerberekeningen*. (DCT rapporten; Vol. 1985.023). Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1985

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Diafragmaveerberekeningen

WFW 85.023

april 1985

Dr.ir. L.H. Braak

M.L.C. Sluiter

In opdracht van: Rütli-Te Strake b.v.

Postbus 6

5750 AA Deurne

Inhoudsopgave

1. Inleiding
2. Modelvorming
3. Berekeningen
4. Resultaten
 - 4.1. Verplaatsingen
 - 4.2. Spanningen
5. Conclusies

Opm. Kleurafdrukken van spanningsverdelingen zijn alleen toegevoegd aan het rapport bestemd voor Rütli-Te Strake b.v.

1. Inleiding

Rüti-Te Strake b.v. is een dochter van Sulzer Rüti en ontwerpt en fabriceert luchtspoelweefmachines. Een van de onderdelen van een dergelijke machine is een diafragmaveertje dat gebruikt wordt als rechtgeleidingsmechanisme voor een asje dat kleine axiale verplaatsingen moet ondergaan. Gezien de wisselende belasting en de eisen voor een lange levensduur is het gewenst dat de spanningen in de veer niet te groot worden.

De fabricant zou graag grotere verplaatsingen van de veer gerealiseerd zien, maar het huidige ontwerp van de veer zal dat niet toelaten, blijkens experimentele gegevens.

Aan de vakgroep Fundamentele Werktuigbouwkunde, afdeling Werktuigbouwkunde, van de T.H. Eindhoven is verzocht enige berekeningen uit te voeren aan nieuwe modellen voor de diafragmaveer.

In dit verslag wordt melding gemaakt van de resultaten van de berekeningen die met behulp van de eindige elementenmethode zijn uitgevoerd en van de modelvorming die aan de berekeningen ten grondslag ligt.

2. Modelvorming

De situatie waarin de diafragmaveren worden toegepast is geschetst in fig.

1. De veren worden gemonteerd in een ronde bus, de buitenzijde van de veer

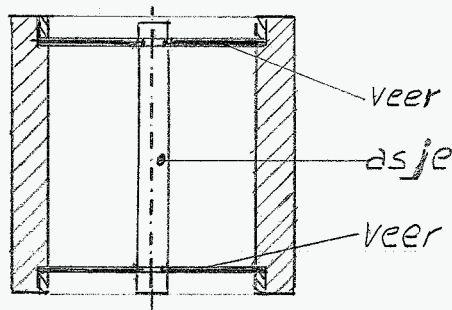


Fig. 1. Montage van de veren.

wordt als ingeklemd beschouwd. De veren zijn in het midden gekoppeld door middel van een asje dat ten gevolge van magneetwerking een kleine axiale verplaatsing kan ondergaan. De verbinding van de veer met het asje wordt eveneens als een starre inklemming beschouwd. De belasting op het asje is in wezen axiaal gericht, maar een kleine scheefstand van de krachtrichting is niet uitgesloten omdat de luchtspleet blijkbaar niet constant gehouden kan worden. In de berekening wordt echter alleen uitgegaan van een kracht loodrecht op het vlak van de veer.

In fig. 2 is een beeld gegeven van de diafragmaveer.

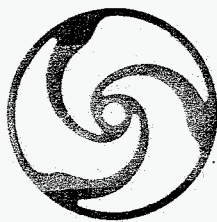


Fig. 2. Een diafragmaveer.

Het is bekend dat veren van bovengeschetste vorm een sterk niet-lineaire veer karakteristiek vertonen. Al bij een zeer kleine verplaatsing van het centrum zullen membraanspanningen (trek) in de veerbenen de veerstijfheid sterk vergroten.

Bij de berekeningen wordt echter alleen een lineair elastische berekening uitgevoerd om snel inzicht te verkrijgen in de optredende spanningen en vervormingen. Een onderlinge vergelijking van diverse veermodellen is dan zonder meer mogelijk.

Worden de berekeningsresultaten uit de lineair-elastische theorie vergeleken met de resultaten van de levensduurproeven bij Rüti-Te Strake, dan kunnen de nu berekende spanningen toch gebruikt worden voor het voorspellen van het aantal belastingswisselingen voordat breuk optreedt; zelfs al zal in de praktijk een deel van de niet-lineaire veer karakteristiek worden doorlopen.

3. Berekeningen

De berekeningen worden uitgevoerd met het I-DEAS pakket van SDRC (Structural Dynamics Research Corp), Ohio, U.S.A. Met behulp van dit pakket kan de geometrie worden ingevoerd en een elementenverdeling worden gegenereerd. Tevens kunnen lineaire-elastische berekeningen worden uitgevoerd en kunnen de resultaten grafisch worden weergegeven.

Bij de berekeningen is gebruik gemaakt van een zes-knoops, parabolisch, dun schaalelement.

Er zijn in eerste instantie twee verschillende modellen doorgerekend (zie tabel 1). Na overleg met Rüti-Te Strake is op grond van de resultaten besloten een derde model te ontwerpen waarmee de doeleinden beter bereikt zouden kunnen worden.

De waarden van binnen- en buitendiameters in de modellen is die zoals in de berekening werd gehanteerd voor het vastleggen van de verplaatsingen. De veren B en C hebben in werkelijkheid een iets andere afmeting.

Bij alle drie de modellen is de dikte van de veren gelijk aan 0,15 mm.

Tabel 1. Veermodellen

Model	Tekeningnr.	Ø uitw.	Ø inw.	Belasting
A	V1/9-520451	28,0	3,0	18 N
B	V1/9-520454	26,6	4,4	18 N
C	1/9-520650	30,0	3,2	18 N

De belasting bestaat uit puntkrachten van 1 N, die aangrijpen op elk knooppunt van de binnendiameter. De totale belasting bedraagt 18N.

Op de buitendiameter zijn alle vrijheidsgraden onderdrukt, er kan geen verplaatsing of rotatie plaatsvinden. Voor punten op de binnendiameter geldt dat de verplaatsing in z-richting mogelijk is en verdraaiing om de z-as. Voor de elasticiteitsmodulus is ingevoerd de waarde 210.000 N/mm^2 , voor de dwarscontractiecoëfficiënt 0,3.

4. Resultaten

Uit de berekeningen voor de veer worden grafische voorstellingen geproduceerd voor de verplaatsingen in axiale richting en voor de Von Mises-spanning in het bovenvlak van de veer. De Von Mises-spanning wordt gebruikt als criterium om diverse spanningstoestanden onderling te kunnen vergelijken. In de figuren worden "hoogtelijnen" getekend, waarbij elke lijn een gelijke waarde van de verplaatsing of spanning representeert. Bij de kleurenafdrucken is elke kleur verbonden met een bepaald spanningsnivo.

4.1. Verplaatsingen

Uit fig. 3a, b en c blijkt dat de veerbenen zich identiek gedragen. In het midden van een veerbeen liggen de contourlijnen iets dichterbij elkaar. Er treedt daar een buigpunt op, dat eveneens in het spanningsverloop merkbaar is; er heerst daar nagenoeg geen buigend moment. Uit fig. 4a, b en c wordt duidelijk dat de maximale verplaatsing niet optreedt bij de binnendiameter van de veer, maar op een iets grotere diameter. De verschillen zijn echter gering. Dit effect is ook bij praktijkproeven geconstateerd.

Uit de berekeningen wordt de verplaatsing van punten op de binnendiameter bepaald. Deze waarde wordt omgerekend naar de zakking per Newton belasting, waarna vervolgens de axiale stijfheid k_0 (in N/mm) voor een enkele veer wordt berekend. De resultaten zijn verzameld in tabel 2.

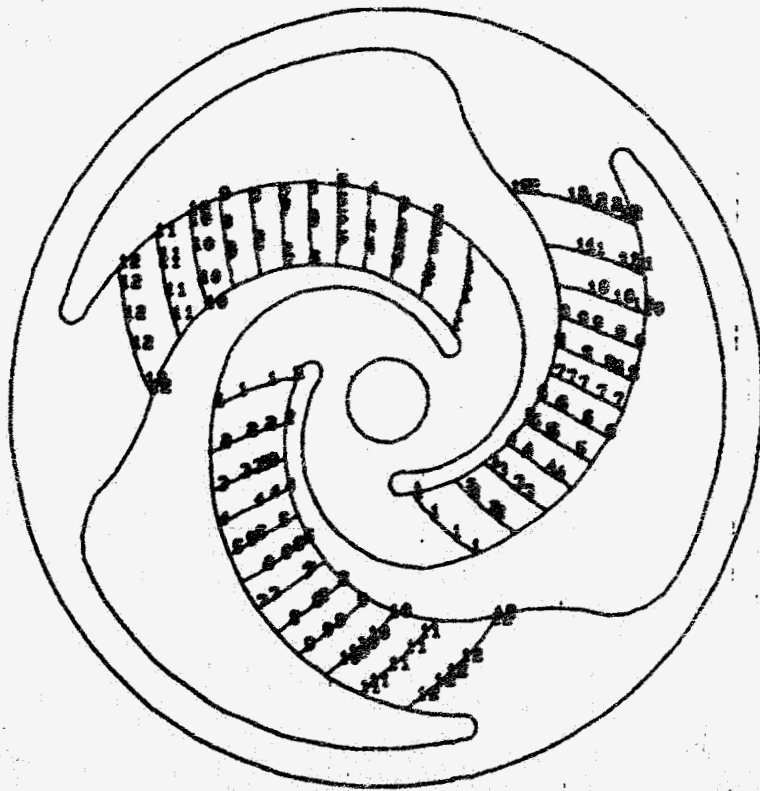


Fig. 3a. Lijnen met gelijke verplaatsing.

1=17,63 mm 12= 1,47 mm = 1,47 mm; max=19,10 mm.

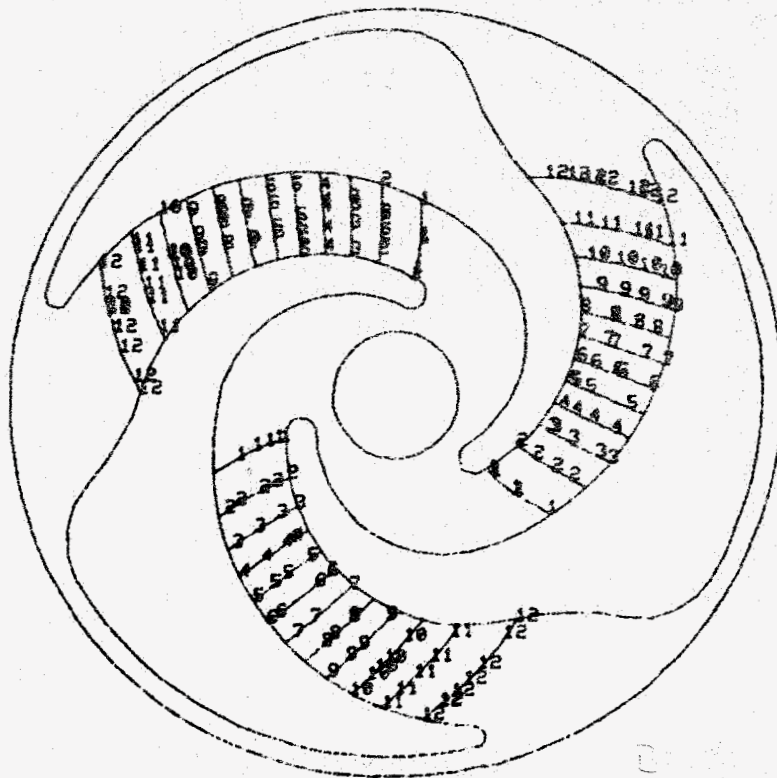


Fig. 3b. Lijnen met gelijke verplaatsing.

1=10,57 mm 12= 0,88 mm = 0,88 mm; max=11,45 mm.

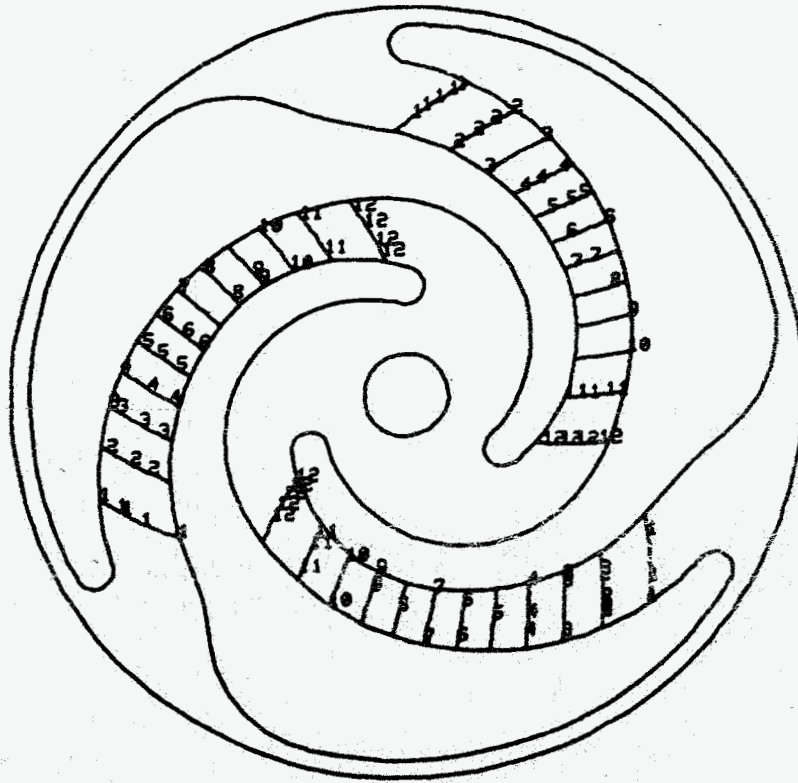


Fig. 3c. Lijnen met gelijke verplaatsing.

1= 2,70 mm 12=32,44mm = 2,70 mm; max=35,15 mm.

N;B;

N.B. Verplaatsingen t.g.v. een belasting van 18 N.

Handwritten notes at the bottom left of the page, including the number '1727' and some illegible scribbles.

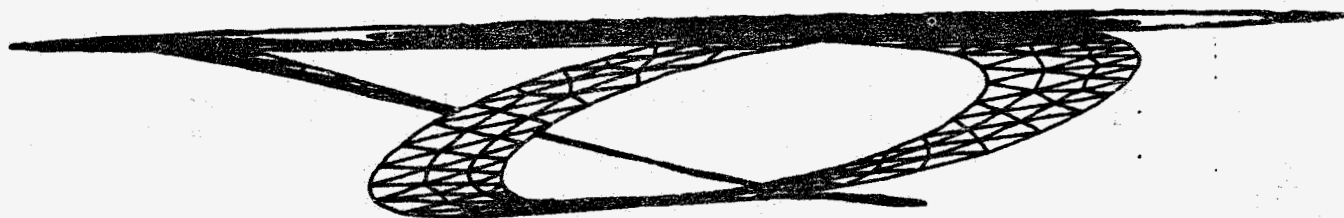


Fig 4a. Verplaatsingen.

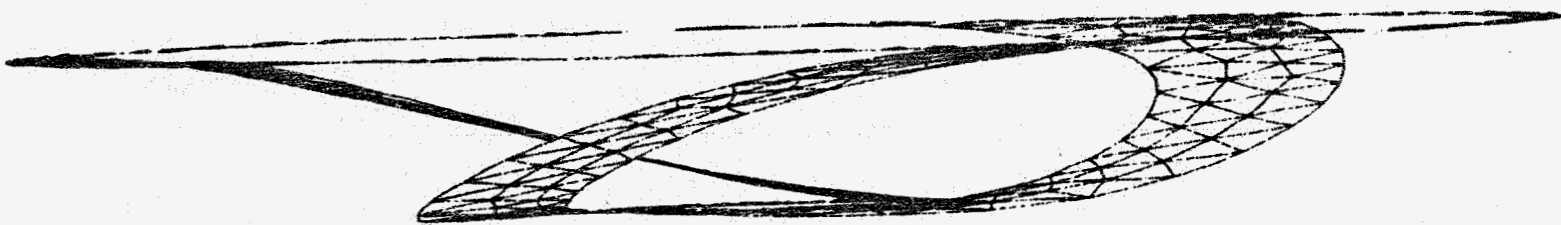


Fig 4b. Verplaatsingen.

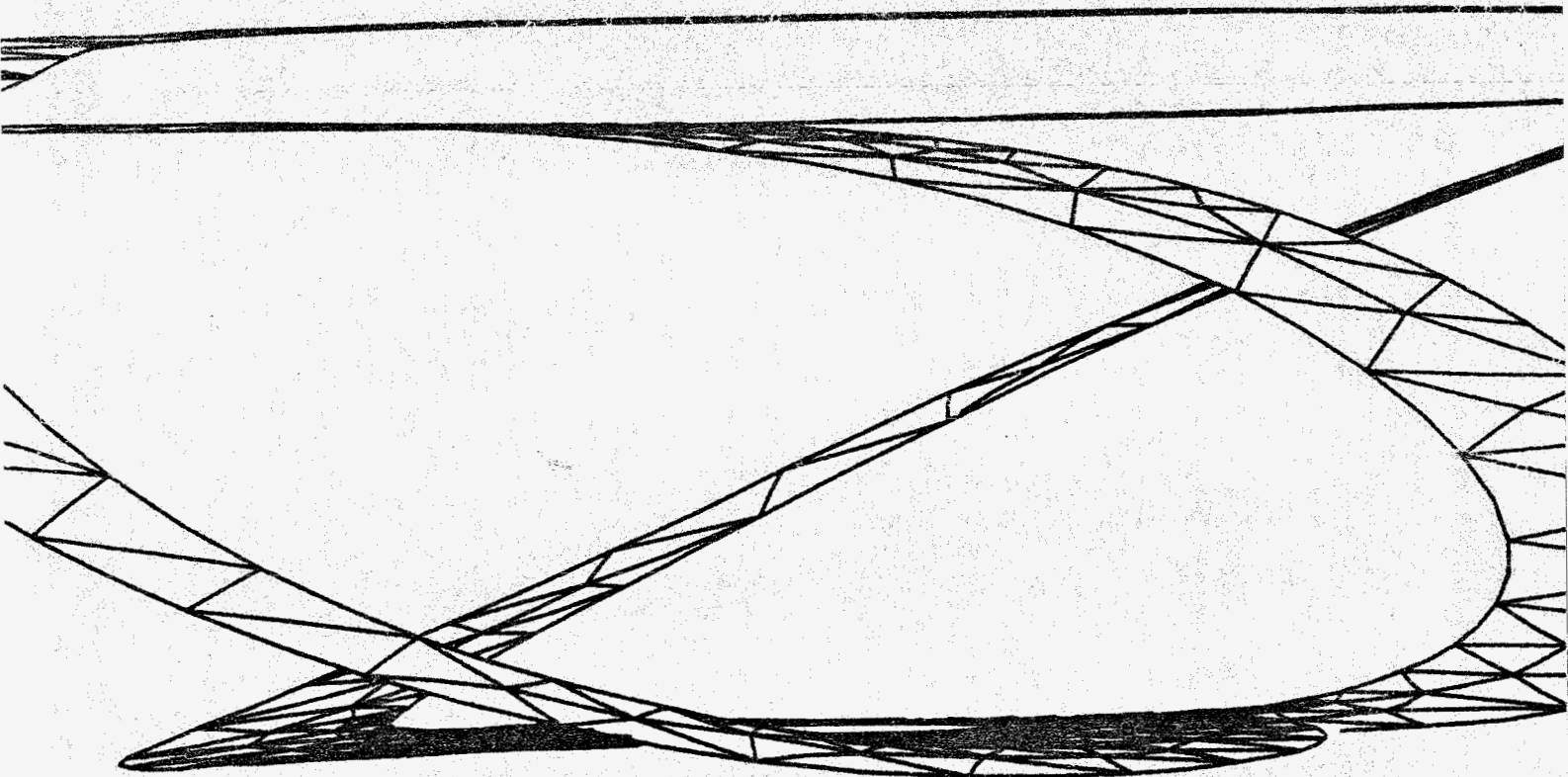


Fig 4c. Verplaatsingen, sterk vergroot.

Tabel 2. Verplaatsingen en veerstijfheden, berekend voor het centrum van de veer.

Model	verplaatsing (mm)	$1/k_0$ (mm/N)	k_0 (N/mm)	k_0 (experim.) (N/mm)
A	18,03	1,00	1,00	0,70
B	10,57	0,59	1,69	1,11
C	33,66	1,87	0,54	--

Bedacht moet worden dat de hier berekende waarde van de veerstijfheid van een diafragmaveer in principe de raaklijn representeert in de oorsprong aan de niet-lineaire veer karakteristiek; zie fig. 5.

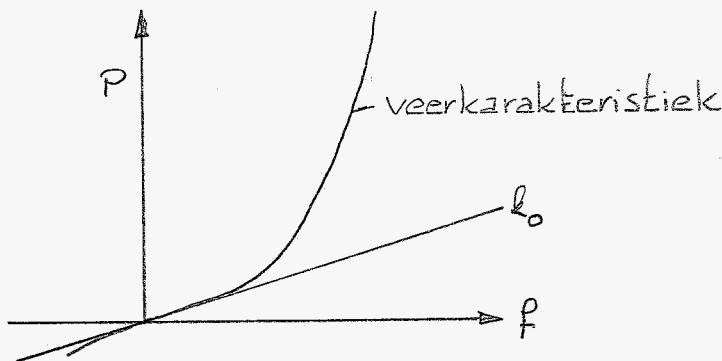


Fig. 5. Linearisering veer karakteristiek.

Uit de vergelijking met bij RTS gemeten veer karakteristieken voor de modellen A en B blijkt een overeenstemming voor de stijfheid k_0 , die qua orde van grootte goed is. Uit de onderlinge vergelijking van de drie modellen blijkt dat het herziene model (C) inderdaad een veel grotere flexibiliteit heeft; voor eenzelfde verplaatsing is veel minder kracht nodig.

De maximale zakking bij een belasting van 1N is voor dit model 1,95 mm.; slechts 0.08 mm meer dan de zakking in het midden.

4.2. Spanningen

In alle gevallen is de Von Mises-spanningswaarde voor punten op het bovenvlak van de diafragmaveer in beeld gebracht. In de figuren 6a, b en c zijn totaalbeelden voor de gehele veer en in de figuren 7a, b en c zijn details van de binnenste afrondingen in beeld gebracht. Voor elke figuur geldt eenzelfde kleurenschaal, die dus onafhankelijk is van de maximale spanning van de betreffende veer.

Uit de figuren blijkt dat op de plaatsen waar de veerbenen bevestigd zijn aan binnen- en buitenring de hoogste spanningen optreden. Vooral bij de kleinste afrondingsstralen treden hoge spanningspieken op.

Bovendien blijkt telkens dat ongeveer in het midden van de veerbenen zeer lage spanningen heersen. Dit is verklaarbaar als er van uitgegaan wordt dat er in het midden een buigpunt is en daar ter plaatse het buigend moment nul is. Bij deze verklaring wordt er globaal van uitgegaan dat de veerbenen beschouwd kunnen worden als rechte balken die tweezijdig zijn ingeklemd.

In onderstaande tabel zijn de maximale waarden van de spanning verzameld. De gegeven waarden gelden bij een totale belasting van 1N.

Tabel 3. Von Mises spanningen in het bovenvlak van de veer, bij een belasting van 1N.

Model	Binnenzijde (N/mm ²)	Buitenzijde (N/mm ²)	Afrondingsstraal (mm)
A	527	365	0,35
B	415	319	0,4
C	502	436	0,7

Gaan wij uit van een voorgeschreven verplaatsing voor het midden van de veer dan ontstaat tabel 4.

Tabel 4. Von Mises-spanningen in het bovenvlak van de veer, bij een voorgeschreven verplaatsing van 1 mm.

Model	Binnenzijde (N/mm ²)	Buitenzijde (N/mm ²)	Straal (mm)
A	527	365	0,35
B	701	539	0,4
C	271	236	0,7

Uit deze tabellen blijkt dat het nieuwe concept bij eenzelfde verplaatsing een veel lagere spanning veroorzaakt. Uit figuren 6 blijkt bovendien dat de spanningsverdeling over een groter gebied relevante waarden aanneemt; het materiaal van de veer wordt in dit geval dus beter benut dan in de twee oorspronkelijke versies.

Let wel dat er nog steeds vanuit gegaan wordt dat aan de lineaire theorie wordt voldaan. In werkelijkheid zullen de krachten en dus ook de spanningen bij toenemende verplaatsing meer dan evenredig toenemen.

Opmerkelijk is het sterk locale optreden van gebieden met hoge spanningen. Deze gebieden zijn uiteraard geconcentreerd rond de kleinste afrondingsstralen. Het verloop van de spanning langs die rand gaat zeer steil. Kleine variaties in de geometrie zullen relatief grote wijzigingen geven in de hoogte van de spanning.

SULZER RUTI BLADVEER
VON MISES STRESS TOP SURFACE

LOAD CASE: 1
MIN: +3.613E-02 MAX: +9.477E+03

+0.000E+00 LEVELS=12 DELTA=+9.091E+02

+1.000E+04



Fig. 6a. Spanningsverdeling t.g.v. belasting ter grootte van 18 N.

SULZER RUTI BLADVEER #2
VON MISES STRESS TOP SURFACE

LOAD CASE: 1
MTN: +3.980E-02 MAX: +7.470E+03

+0.000E+00 LEVELS=12 DELTA=+9.091E+02

+1.000E+04

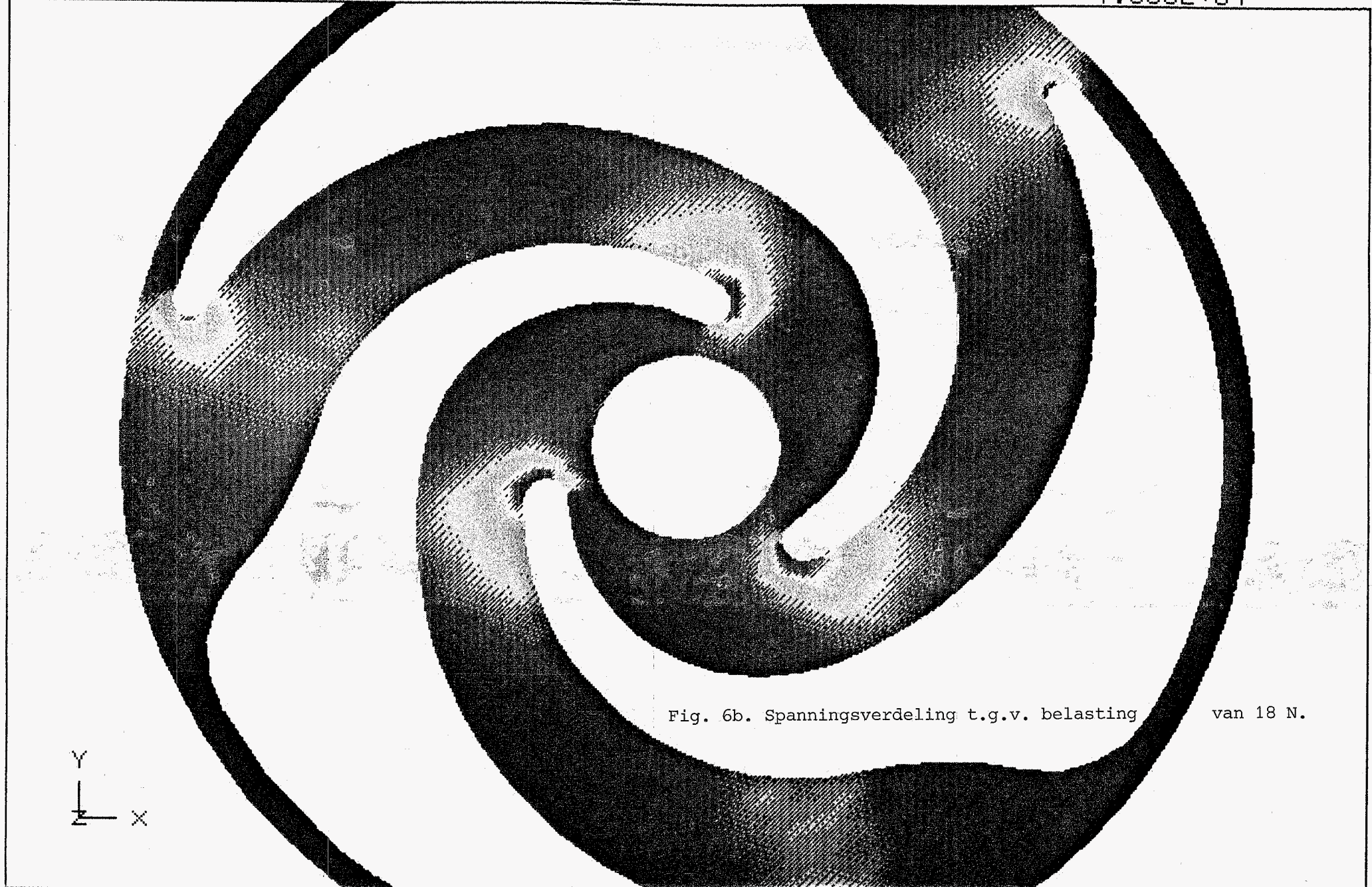


Fig. 6b. Spanningsverdeling t.g.v. belasting

van 18 N.



SULZER-RUTI BLADVEER #3
VON MISES STRESS TOP SURFACE

LOAD CASE: 1
MIN: +9.600E-03 MAX: +9.042E+03

+0.000E+00 LEVELS=12 DELTA=+9.091E+02

+1.000E+04

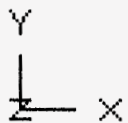
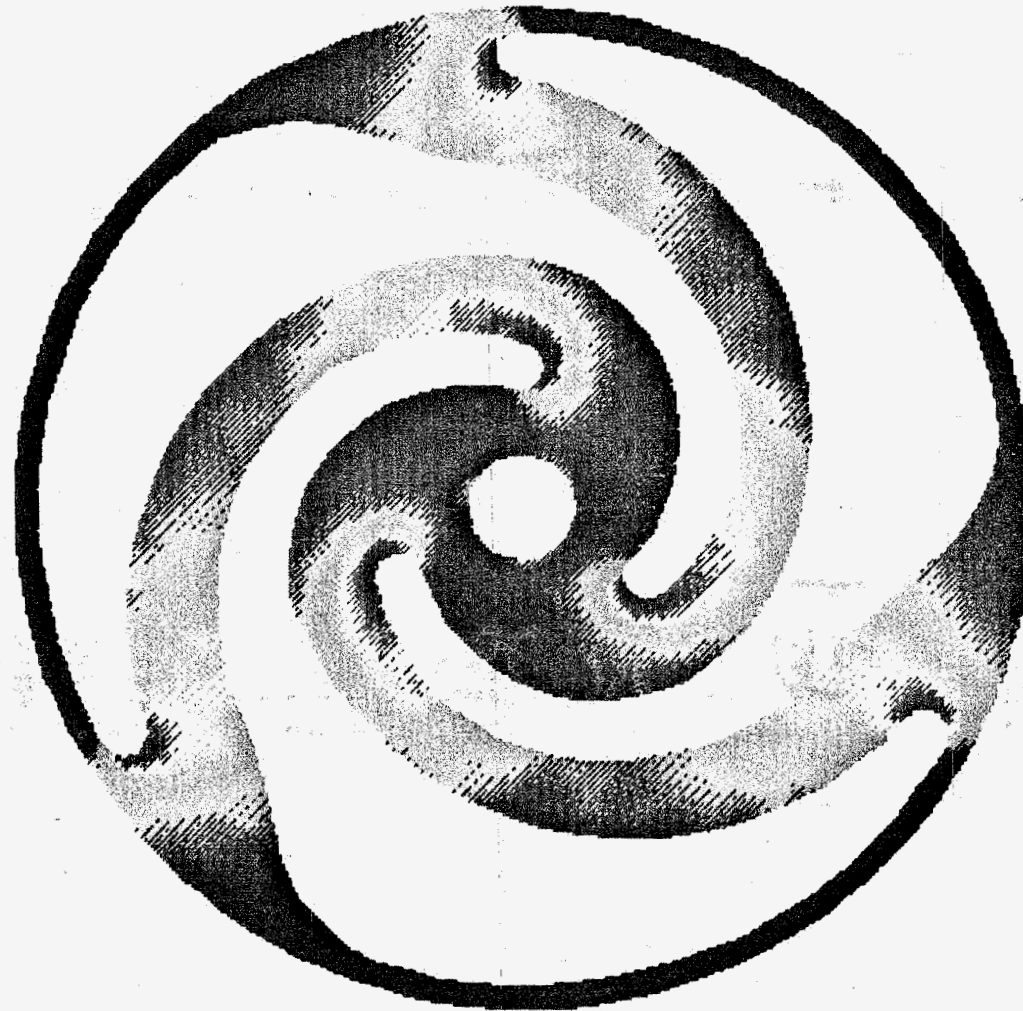


Fig. 6c. Spanningsverdeling t.g.v. belasting ter grootte van 18 N.

SULZER RUTI BLADVEER
VON MISES STRESS TOP SURFACE

LOAD CASE: 1
MTN: +3.613E-02 MAX: +9.477E+03
+1.000E+04

+0.000E+00 LEVELS=12 DELTA=+9.091E+02

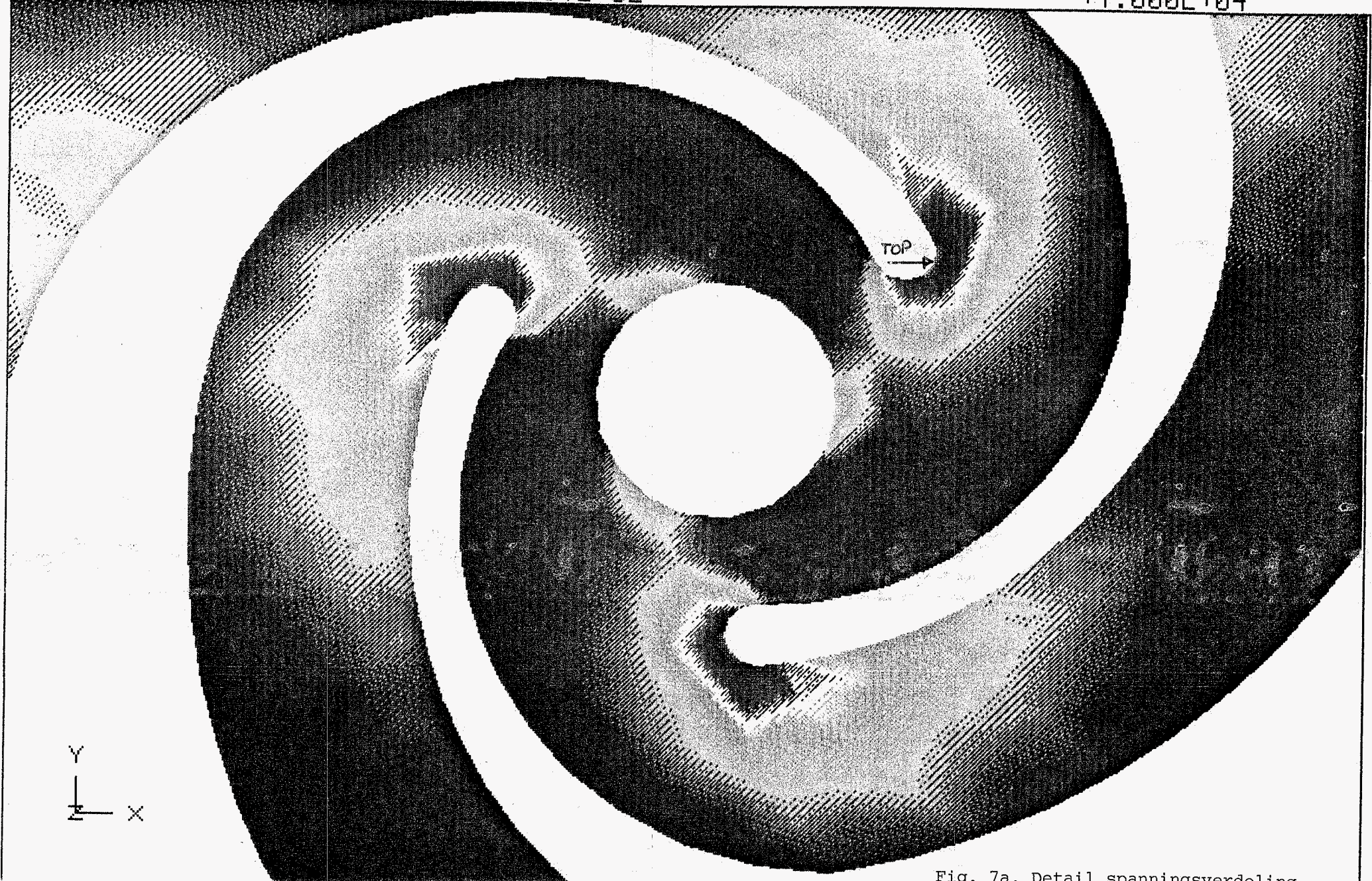


Fig. 7a. Detail spanningsverdeling

SDRC I-DEAS 2.5: Output Display (A)

10-APR-85 11:54:05

SULZER RUTI BLADVEER #2
VON MISES STRESS TOP SURFACE

LOAD CASE: 1
MTN: +3.980E-02 MAX: +7.470E+03

+0.000E+00 LEVELS=12 DELTA=+9.091E+02

+1.000E+04

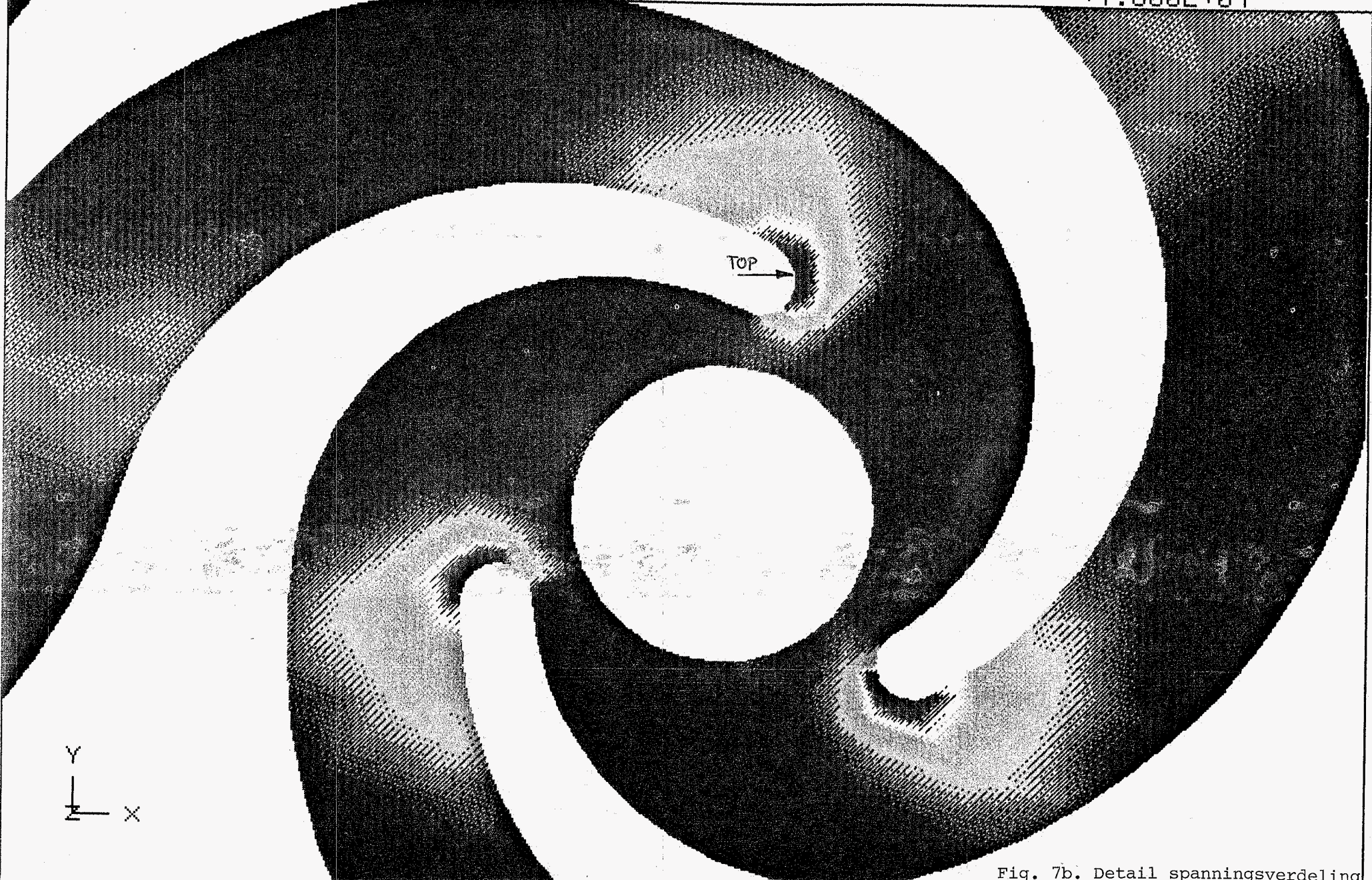


Fig. 7b. Detail spanningsverdeling

SDRC_I-DEAS 2.5: Output Display (A)

10-APR-85 11:03:10

SULZER-RUTI BLADVEER #3
VON MISES STRESS TOP SURFACE

LOAD CASE: 1
MTN: +9.600E-03 MAX: +9.042E+03

+0.000E+00 LEVELS=12 DELTA=+9.091E+02

+1.000E+04

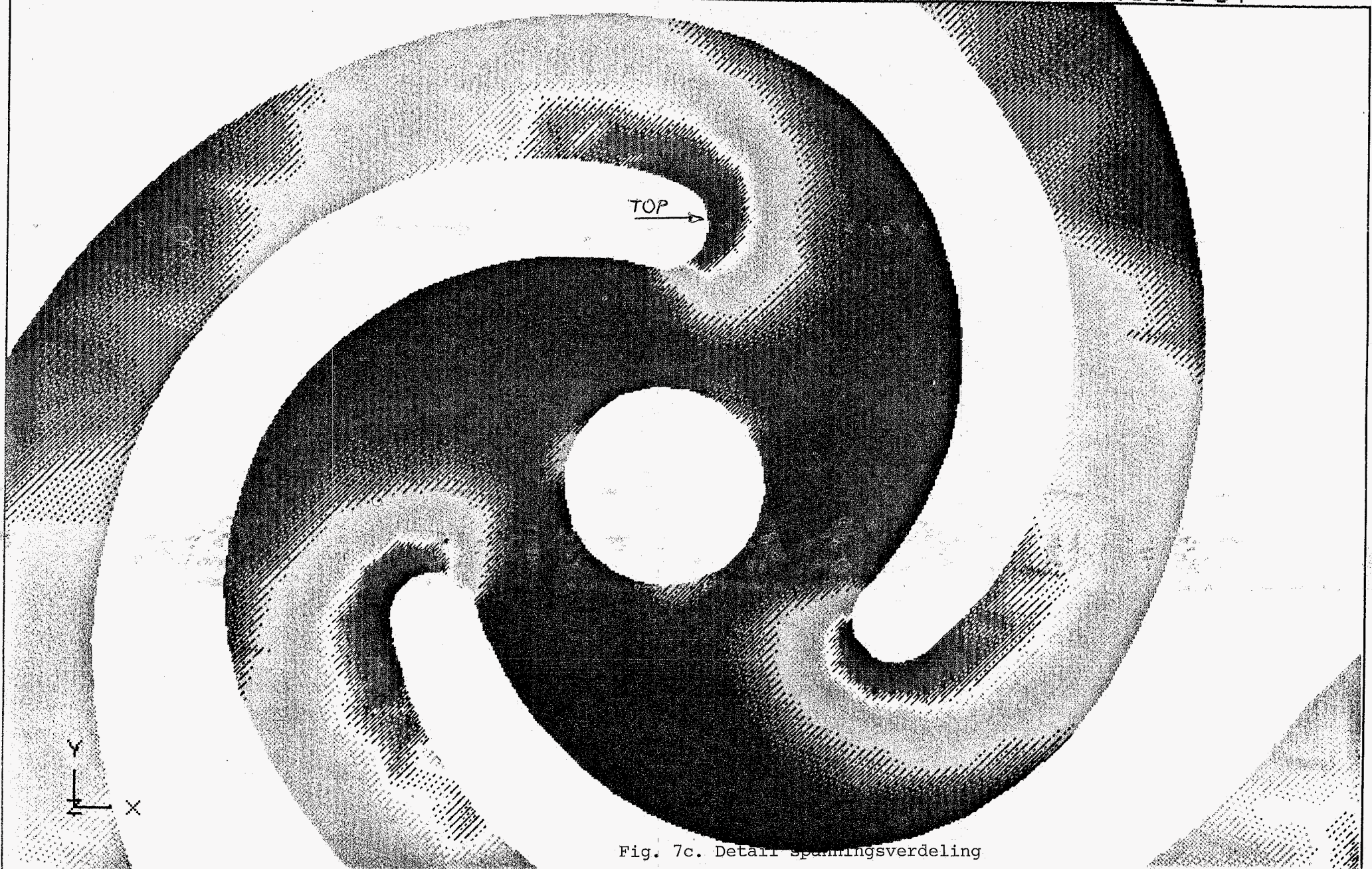


Fig. 7c. Detail spanningverdeling

5. Conclusies

Uitgaande van een lineaire relatie tussen kracht en vervorming resp. spanning zijn waarden berekend voor de veerconstante en voor de maximale waarde van de von Mises-spanning bij drie modellen voor een diafragmaveer. Het laatste model (type C) heeft inderdaad de gewenste lage stijfheid en heeft ook, bij gelijke verplaatsing, de laagste waarde van de spanning. De berekende waarden van de spanning zullen in werkelijkheid hoger zijn bij een zekere verplaatsing omdat de veer karakteristiek in wezen progressief is. Daardoor zal ook de benodigde kracht voor een zekere verplaatsing groter zijn dan volgt uit de berekende veerstijfheidswaarde.

In alle modellen treedt een zeer steile spanningsgradiënt op bij de kleine afrondingsstralen. Kleine variaties in de afmetingen zullen daar relatief grote invloed op het spanningsverloop hebben.