Så här beräknar du taper

En dansk ingenjör satsade tusen timmar på att finna de rätta formlerna – han gick ett steg längre än Garrison, och här är resultatet, i 18 punkter:

Av Erik Dahlberg

Siden Izaak Walton's dage har entusiaster prøvet på at fremstille den ideelle fluestang. Det er da også lykkedes for nogle, men de har desværre været besjælet af den tro, at noget sådant skulle hemmeligholdes, og det er resulteret i, at de fleste har taget deres viden med sig i graven. Først med Hoagy Carmichael's udgivelse af Everett Garrison's bog 'A Master's Guide to Building a Bamboo Fly Rod' har vi fået en virkelig beskrivelse af ikke blot hvordan Garrison byggede sine stænger, men også hvordan han beregnede sig frem til deres tapering.

Nu er der sikkert nogle, der vil spørge med hvilken ret jeg tillader mig at prøve at korrigere en mesters beregninger, når jeg hverken er fluefisker langt mindre stangbygger.

Jeg er bygningskonstruktør, og når man i disse tider bliver arbejdsløs skal man have dagene til at gå med et eller andet, der ikke ligger alt for fjernt fra en daglige arbejde. Bibliotekerne er heldigvis tilgængelige for alle og en dag faldt jeg over et par af Preben Torp Jacobsen's bøger, hvor han bl.a. beskæftiger sig med fluestænger og ved læsningen blev jeg bekendt med, at det var yderst lidt, der var skrevet om tapering af stænger. Jeg gav mig i kast med opgaven – det var inden jeg havde stiftet bekendtskab med Garrison's bog – og efter en tusind timers arbejde med formler og deslige fremkom der et brugbart materiale, som jeg så har diskuteret igennem med Torp. Det er da også på hans opfordring og med hans hjælp, at denne artikel er blevet stablet på benene.

For overskuelighedens skyld vil jeg kun gennemgå beregningen af een stang, og desuden vil jeg helt udelade bevisførelser etc., da denne side sikkert vil forekomme de fleste uinteressant og meget tørt.

For i det hele taget at kunne beregne en stang må man som ved løsningen af en hvilken som helst opgave følge visse regler som er ufravigelige. Disse er

- ☐ bestemmelse af stangtype svarende til fiskemetode
- ☐ fastsætte den ønskede stanglængde
- ☐ bestemme i hvor mange dele stangen skal bygges
- ☐ bestemme i lineklasse eller agnvægt
- ☐ ved forsøg fastslå kastehastigheden.

1. I mit eksempel vil jeg beregne en fluestang til tørfluefiskeri og med en krumning svarende til en omvendt halv-parabel. Her har jeg valgt een som jeg betegner 'Maximum Reversed Semi Parabolic' med en kruming på 19,47° – hvilket er det maksimale for denne type.

2. Stanglængden er også noget individuelt afhængig af ham/hende der skal benytte stangen og under hvilke omstændigheder – jeg har valgt i eksemplet en stang på 7'9".

3. Af transporthensyn deler man som bekendt sine stænger i forskellige dele (helt op til 5). Jeg har valgt en to-delt stang, der er det mest almindelige til en stang af ovennævnte længde.

4. Nogle vil nok undre sig over, at vi også skal bestemme linen eller agnvægten, men der er jo stor forskel på om man skal smide 'en halv okse' ud på 200 m afstand med en surfcasting-stang, eller let og elegant placere en smukt bundet flue for næsen af ens drømmeørred. Da der er tale om en tørfluestang har jeg valgt en line AFTM klasse 6 DT-F.

5. Her kommer det første nye, hvor jeg afviger fra bl.a. Garrison – vi skal have beregnet kastehastigheden. Det skal forstås således, at der ikke er to mennesker, der kaster ens, og at den tid der går fra bagkastet begynder og til fremkastet afsluttes med kraftfasen vil være forskellig. Der er trods alt for at tage yderlighederne forskel på den kraft en 8-årig dreng i starten på sin fluefiskerkarriere og en rutineret konkurrencekaster kan mobilisere. Som eksempel vælger jeg en tid på 3 sek.

6. Vi kan altså summere dette op til følgende signalement på vores stang:
MRSP 7'9" 2-delt AFTM 6 DT-F speed 3.

7. En 7'9" stang = 93" = 2362 mm.

Hjulholder plus håndtag sætter jeg til 8" = 203 mm. Den aktuelle 'klingelængde' bliver da 85" = 2159 mm – denne betegner jeg alfa α.

Nu deler jeg alfa i stykker af 5", da de fleste høvleforme indtil nu har haft denne afstand mellem de indstillelige skruer. Disse skal nu transformeres om til et forkortet beregningsmål, som findes ved hjælp af tabel 1.

Som eksempel kan vi beregne $\Delta\alpha$ = 1270, og vi har α = 2159.

$\frac{\Delta\alpha}{\alpha}$ = 0,58824. I tabellen ser vi, at den nærmeste $\frac{\Delta\alpha}{\alpha}$ = 0,59516, og denne svarer til en $\frac{\Delta\beta}{\alpha}$ på 0,58568.

Ved hjælp af forholdstalregning (interpolering) beregner vi nu $\frac{\Delta\beta}{\alpha} = \frac{0.58824}{0.59516} \times 0{,}58568 = 0{,}57887$.

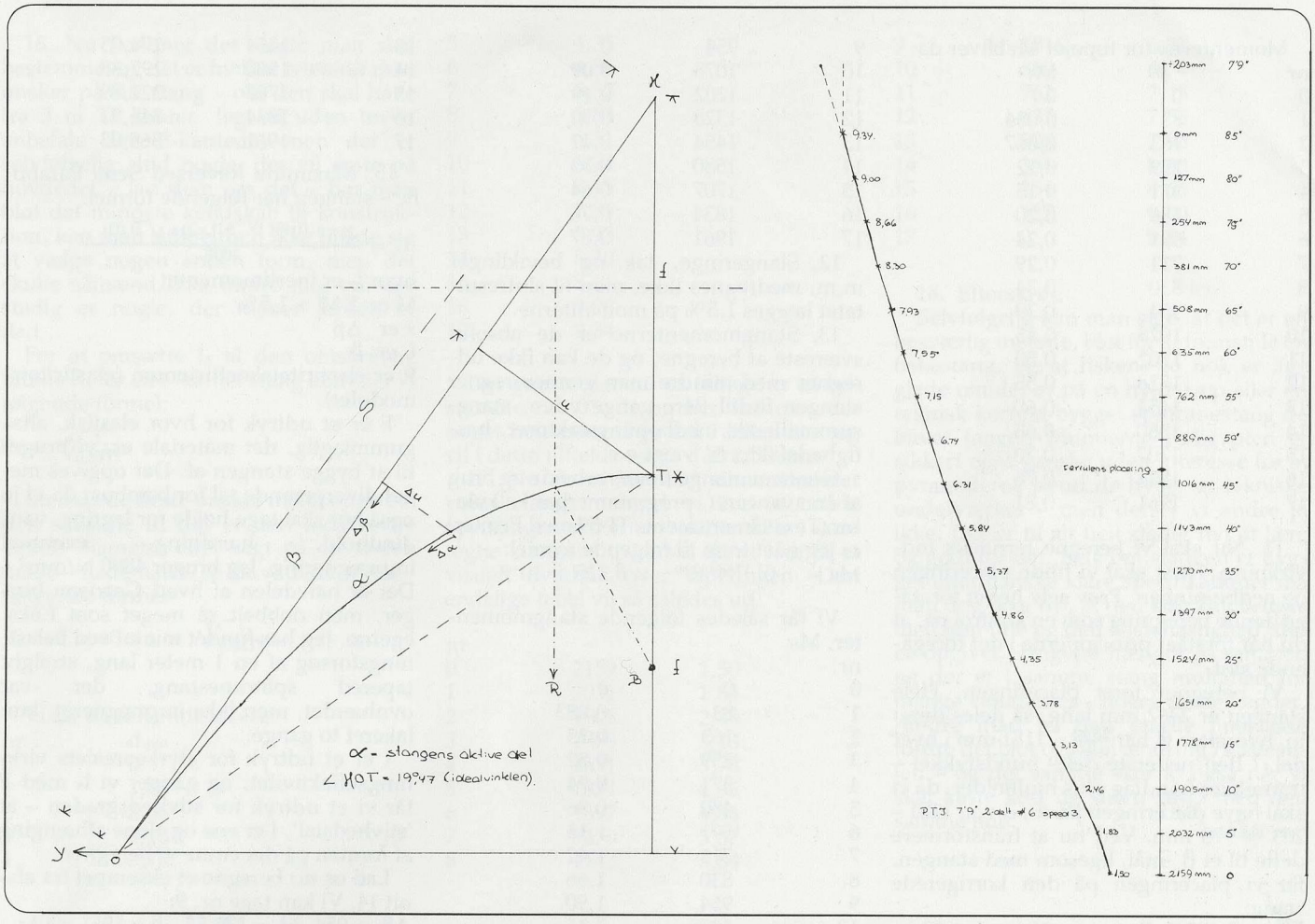
Tabel 1.

$\Delta\alpha$	$\Delta\beta$	Δu
.0537749	.0537724	.0005138
.1061156	.1060916	.0020553
.1570454	.1569575	.0046244
.2065879	.2063700	.0082212
.2547692	.2543292	.0128456
.3016171	.3008352	.0184976
.3471623	.3458878	.0251773
.3914379	.3894871	.0328847
.4344802	.4316331	.0416196
.4763284	.4723257	.0513823
.5170254	.5115651	.0621725
.5566179	.5493512	.0739905
.5951563	.5856839	.0868360
.6326954	.6205634	.1007092
.6692947	.6539895	.1156101
.7050180	.6859623	.1315386
.7399343	.7164818	.1484948
.7741172	.7455480	.1664785
.8076452	.7731609	.1854900
.8406016	.7993205	.2055291
.8730738	.8240268	.2265958
.9051536	.8472797	.2486902
.9369358	.8690794	.2718122
.9685181	.8894257	.2959619
1.0000000	.9083187	.3211392

$\frac{\Delta\beta}{\alpha}$ = 0,57887. $\Delta\beta$ = 2159 × 0,57887 = 1249,78 mm.

Dette skal endelig 'vendes om', således at vi beregner stangen fra spidsen. Den forkortede stangs samlede længde er 2159 × 0,90832 = 1961 mm (se tabel 1). Vi får derfor at længden 1270 svarer til 1961-1250 = 711 mm.

ingen på ditt splitcanespö



Vi kan nu opstille følgende tabel:

nr.	α	β	
0	2159	0	
1	2032	83	
2	1905	163	
3	1778	259	
4	1651	371	
5	1524	480	
6	1397	591	vort
7	1270	711	eksempel
8	1143	830	
9	1016	954	
10	889	1078	
11	762	1202	
12	635	1328	
13	508	1454	
14	381	1580	
15	254	1707	
16	127	1834	
17	0	1961	

8. Nu skal vi se lidt på linen og hastighedsfaktoren. Vi valgte en 6 DT-F, der har en vægt på 10,6 g/30'. Da det drejer sig om en DT-line skal vi bruge an faktor på 3,93 – havde det drejet sig om en WF line var faktoren 4,49.

Ved at beregne en formel fundet af Newton kan vi beregne den kraft hvormed linen påvirker stangen:
AFTM-vægt i g × linefaktor × $\frac{4\pi^2}{\text{tiden i sek}^2}$ × 10^{-3}.

Vi får derfor 10,3 × 3,93 × $\frac{4\pi^2}{3^2}$ × 10^{-3} = 0,183 N.

9. Ved nu at multiplicere kraften N med armen β får vi linemomentet M_L.

nr.		M_L
0	0	0
1	83	15,19
2	163	29,83
3	259	47,40
4	371	67,89
5	480	87,84
6	591	108,15
7	711	130,11
8	830	151,89
9	954	174,58
10	1078	197,27
11	1202	219,97
12	1328	243,02
13	1454	266,08
14	1580	289,14
15	1707	312,38
16	1834	335,62
17	1961	358,86

10. Nu skal vi finde topøjets indflydelse på stangen, og her skal vi igen til at bruge tabel 1, da vi skal bruge en hastighedsfaktor ligesom ved linen.

Denne finder vi på samme måde som vi fandt forkortningen på stangen. max. nedbøjningen er lig med α × $\frac{\Delta u}{\alpha}$ = 2159 × 0,32114 = 693,3 mm.

Da det drejer sig om spidsens hastighed skal vi tillægge den strækning hånden bevæger sig i sit greb om håndtaget. Det er ca. 500 mm. Da stangen både bøjes fremad og bagud må vi bruge den dobbelte krumning der er = 2 × 693,3 = 1386,6 mm. Ialt bevæger stangspidsen sig 1386,6 + 500 = 1886,6 mm på den halve kastetid, altså 1,5 sek.

Vi kan nu sige, at topøjet bevæger sig med en hastighed på $\frac{1886.6}{1.5}$ × 10^{-3} = 1,26 m/sek. Nu sætter vi vægten af topøjet til 0,52 g og ved hjælp af den fundne hastighedsfaktor kan vi beregne den kinetiske kraft, der påvirker stangen. Denne bliver:
vægten × hastigheden² : 2 × 10^{-3}
0,52 × 1,26² : 2 × 10^{-3} = 0,000413 N

Momenterne for topøjet M_T bliver da:

nr.	β	M_T
0	0	0
1	83	0,034
2	163	0,067
3	259	0,12
4	371	0,15
5	480	0,20
6	591	0,24
7	711	0,29
8	830	0,34
9	954	0,39
10	1078	0,45
11	1202	0,50
12	1328	0,55
13	1454	0,60
14	1580	0,65
15	1707	0,70
16	1834	0,76
17	1961	0,81

11. Nu skal vi beregne ferrulens indvirkning. Først skal vi finde placeringen og nedbøjningen. Prøv selv her et foretage denne beregning som en kontrol på, at du har forstået principperne i det foregående stof.

Vi beregner først placeringen. Hele stangen er 2362 mm lang, så deles den i to, hvorefter vi har $\frac{2362}{2} = 1181$ mm i hver del. I den nederste del – bundstykket – fratrækkes håndtag plus hjulholder, da vi skal have placeringen på α , d.v.s. 1181 – 203 = 978 mm. Ved nu at transformere dette til et β -mål, ligesom med stangen, får vi placeringen på den korrigerede stang:

$\frac{978}{2159} = 0,45299$ Dette medfører, at $\frac{\Delta\alpha}{\alpha} = 0,47633$, $\frac{\Delta\beta}{\alpha} = 0,47233$ og et $\frac{\Delta u}{\alpha} = 0,05138$ (se tabel 1).

Det korrekte $\frac{\Delta\beta}{\alpha}$ er da lig med:

$\frac{0.45299}{0.47633} \times 0,47233 = 0,44916$.

$\Delta\beta = 0,44916 \times 2159 = 969,7$ mm.

$\beta = 1961 - 969,7 = 991,3$ mm. Dette var placeringen.

nu nedbøjningen – i tabel 1 fandt vi samtidig, at $\frac{\Delta u}{\alpha} = 0,05138$, så denne bliver $\frac{0.45299}{0.47633} \times 0,05138 = 0,04886$.

$\Delta u = 0,04886 \times 2159 = 105,5$ mm. Dette bruger vi så på samme måde som ved topøjet – altså: $(2 \times 105,5 + 500) : 1,5 \times 10^{-3} = 0,474$ m/sek.

Siger vi at ferrulen vejer 8 g giver denne således en kraft på $8 \times 0,474^2 : 2 \times 10^{-3} = 0,0009$ N. Denne skal vi så gange med armen – kraft × (β – 991,3) = M_F.

nr.	β	M_F
0	0	0
1	83	0
2	163	0
3	259	0
4	371	0
5	480	0
6	591	0
o.s.v.		
9	954	0
10	1078	0,09
11	1202	0,19
12	1328	0,30
13	1454	0,42
14	1580	0,53
15	1707	0,64
16	1834	0,76
17	1961	0,87

12. Slangeringe, lak og beviklinger m.m. medregnes ikke, men til slutresultatet lægges 1,5% på momenterne.

13. Stangmomenterne er de absolut sværeste at beregne, og de kan ikke udregnes med mindre man gennemregner stangen indtil flere gange v.h.a. stangsummationer, nedbøjningsfaktorer, hastighedsfaktorer, vægt o.a.

Gennem mange timers arbejde og brug af en avanceret, programmerbar kalkulator (Texas Instruments TI-59 med Printer) er jeg nået frem til følgende formel:

$M_S = \beta^{2.176846229} \times 6,125 \times 10^{-7}$

Vi får således følgende stangmomenter, M_S:

nr.		
0	0	0
1	83	0,083
2	163	0,25
3	259	0,52
4	371	0,74
5	480	0,96
6	591	1,18
7	711	1,42
8	830	1,66
9	954	1,90
10	1078	2,15
11	1202	2,40
12	1328	2,65
13	1454	2,90
14	1580	3,16
15	1707	3,41
16	1834	3,66
17	1961	3,92

14. Nu har vi fundet alle momenterne. Disse summerer vi og tillægger de førnævnte 1,5% (se punkt 12).

$\Sigma M + 1,5\% = M_L + M_T + M_F + M_S$.

nr.	β	ΣM+1,5%
0	0	0
1	83	15,54
2	163	30,60
3	259	48,76
4	371	69,81
5	480	90,34
6	591	111,21
7	711	133,80
8	830	156,20
9	954	179,52
10	1078	202,96
11	1202	226,41
12	1328	250,22
13	1454	274,05
14	1580	297,88
15	1707	321,89
16	1834	345,91
17	1961	369,93

15. Maximum Reversed Semi Parabolic – stangen har følgende formel:

$$I_x = \frac{\frac{M}{x} \cdot L^2 \cdot (((\frac{10x}{L})^{\sqrt{-4.75}} \times 2) + \sqrt{0,02})}{100E}$$

hvor I_x er inertimomentet

M er $\Sigma M + 1,5\%$

x er $\Delta\beta$

L er β

E er elasticitetskoefficienten (elasticitetsmodulet).

E er et udtryk for hvor elastisk, altså gummiagtig, det materiale er, vi bruger til at bygge stangen af. Der opgives meget divergerende tal for bambus, da vi jo også her skal tage højde for lagring, vandindhold, hærdning, eventuel imprægnering. Jeg bruger 4800 N/mm² – Det er halvdelen af hvad Garrison bruger, men dobbelt så meget som f.eks. egetræ. Jeg har fundet mit tal ved belastningsforsøg af en 1 meter lang, straight tapered splitcanestang, der var ovnhærdet, men ikke imprægneret, kun lakeret to gange.

I er et udtryk for styrkearealets virkningseffektivitet, og ganger vi I_x med E får vi et udtryk for stivhedsgraden – et 'stivhedstal'. I er ene og alene afhænging af formen på det emne vi beregner.

Lad os nu beregne et eksempel fra afsnit 14. Vi kan tage nr. 9:

$\Delta\beta = 954$. $M = 179,57$. $\beta = 1961$, så er

$$I_9 = \frac{\frac{179,57}{954} \times 1961^2 (((\frac{10 \times 954}{1961})^{\sqrt{-4.75}} \times 2) + \sqrt{0,02})}{100 \times 4800}$$

$$I_9 = \frac{45612345.9}{480000} = 95,03 \text{ mm}$$

Vi kan så opsætte en tabel over I_x:

nr.	I_x
0	0
1	0,67
2	2,21
3	5,70
4	12,22
5	21,30
6	33,44
7	50,01
8	70,10
9	95,03
10	124,22
11	157,29
12	196,34
13	239,63
14	287,67
15	341,00
16	399,38
17	462,85

bara ett alternativ: det sexkantiga spöt"

16. Nu kommer det sidste man skal bestemme, og det er hvilket tværsnit man ønsker på sin stang – om den skal have fra 3 til 12 kanter. Jeg vil uden tøven anbefale den 6-kantede, men der er selvfølgelig altid nogle, der vil ryste på hovdedet – lad dem om det – har man blot det mindste kendskab til konstruktion, kan man simpelthen ikke tillade sig at vælge nogen anden form, men det skulle såmænd ikke undre mig om der stadig er nogle, der mener jorden er flad...

For at omsætte I_x til den omskrevne radius R_x for en 6-kantet stang benytter vi følgende formel:

$$R_x = \sqrt[4]{\frac{I_x}{0.5413}}$$

Men da de fleste ønsker målet opgivet i den såkaldte d, der er den indskrevne cirkels diameter eller sagt på en anden måde – flademålet, så får vi dette v.h.a. fælgende formel:

$$d_x = 2 \times 60 \sin \times \sqrt[4]{\frac{I_x}{0.5413}}$$

Vi får da følgende d_x'ere:

nr	d_{mm}
0	0
1	1,83
2	2,46
3	3,13
4	3,78
5	4,35
6	4,86
7	5,37
8	5,84
9	6,31
10	6,74
11	7,15
12	7,55
13	7,93
14	8,30
15	8,66
16	9,00
17	9,34

Det eneste der nu er tilbage er at bestemme nr. 0's d, og her kommer der noget helt personligt ind i billedet – jeg vil i dette tilfælde sætte d til 1,50 mm.

17. Nu da vi har fået dimensioneret vores stang, mangler vi kun at ordne opstillingen af d'erne i relation til α– samt tegne stangens d-kurve, så vi kan få et visuelt overblik over taperingen. Den endelige tabel vil så således ud:

nr		
0	2159	1,50
1	2032	1,83
2	1905	2,46
3	1778	3,13
4	1651	3,78
5	1524	4,35
6	1397	4,86
7	1270	5,37
8	1143	5,84
9	1016	6,31
10	889	6,74
11	762	7,15
12	635	7,55
13	508	7,93
14	381	8,30
15	254	8,66
16	127	9,00
17	0	9,34

18. Efterskrift:

Selvfølgelig kan man sige, at det er en besværlig metode, blot for at fremstille en fiskestang, og at fiskene jo nok er lige glade om det er på en hyldekæp eller en teknisk korrekt bygget splitcanestang de bliver fanget. Mumierne i Ægypten er sikkert også ganske uden interesse for at pyramiderne hvori de hviler er tekniske underværker – men det er vi andre jo ikke. Der er til alt helt stadig nyt at lære og godt for det. Selv om stangen er bygget efter ganske klare specifikationer må man dog ikke tro, at den kun kan bruges med den line og den kastehastighed, der er opgivet. Tingene hænger jo sammen og der er i samme stang mulighed for mange variationer – noget vi alle kender. Ændre man på den ideelle lineklasse fordre det blot også en ændring i kastestilen – og det samme sker jo også når vi skal kaste kort og siden langt med den samme line.

TN