

GROEI IN GEWICHT EN LENGTE BIJ BOA CONSTRICTOR DEEL 2

INCREASE IN WEIGHT AND LENGTH OF BOA CONSTRICTOR PART 2

A.A. Verveen
Poelwaai 3
2162 HA 3
Lisse. www.verveen.eu

A.A. Verveen
Poelwaai 3
2162 HA Lisse NL
www.verveen.eu

Theorie van de groei in gewicht als functie van de lengte

Wanneer de groei in alle drie de lichaamsdimensies uniform is, dan zijn de procentuele toenames in lengte L , breedte en hoogte aan elkaar gelijk (Spencer, 1871), met voor de lichaamsdoorsnee een breedte wL en hoogte hL . Omdat het voorste deel van de romp van *Boa constrictor* op doorsnede de vorm van een klassieke boterham heeft (wat bijvoorbeeld uit foto 4 kan worden afgeleid), een rechthoekige vorm die hoger is dan breed, houdt ik breedte en hoogte aan, maar de redenering verandert niet voor een cirkelvormige doorsnede. Wanneer bovendien het soortelijk gewicht s niet verandert, dan volgt het lege lichaamsgewicht M uit $M = s L wL hL = s w h L^3$. Het gewicht M volgt een machtsrelatie met betrekking tot de lichaamslengte L , in dit geval met de waarde drie voor de machtsfactor, de exponent b :

$$M = a L^b, \quad (1a)$$

met

$$a = s w h \quad (1b)$$

en

$$b \approx 3. \quad (1c)$$

Theory of the Growth of Body Mass as a Function of Body Length

When growth is uniform in the three dimensions then the relative increases in length, in width and in height of the body are the same (Spencer, 1871). This is the so-called isometric growth. All three are thus functions of body length L , for a cross-section with width wL and height hL . The cross-section of the frontal half of the body of *Boa constrictor* assumes the shape of a classic slice of bread (as can be deduced from Plate 4). Its shape is rectangular, with height greater than width. That is why I prefer a description in terms of width and height, but one may, of course, use a circular cross section instead. When the specific density s of the body does not change with time, then the body mass $M = s L wL hL = s w h L^3$. Body mass M therefore follows a power law with respect to body length L , in this case a cubic relationship with the value of three as the power factor, the exponent b :

$$M = a L^b, \quad (1a)$$

where

$$a = s w h \quad (1b)$$

and

$$b \approx 3. \quad (1c)$$





De factor wh kan ook als zodanig lengteafhankelijk zijn. In dat geval is

$$wh = cL^d \quad (1d)$$

(waarin d relatief klein is). Dan volgt hieruit dat vergelijking (1c) als volgt is te schrijven:

$$b = 3 + d. \quad (1e)$$

Wanneer de doorsnede van het lichaam tijdens de groei systematisch achterblijft bij de lengtegroei ($d < 0$), zal het organisme steeds slanker worden, hetgeen tot uiting komt in een waarde kleiner dan 3 voor de machtsfactor b . Omgekeerd zal bij een tijdens de groei systematisch forser worden van de slang, dus door een toename van de dwarsdoorsnede ($d > 0$), deze waarde groter dan drie zijn. Daarom staat in vergelijking (1c) na b het teken \approx wat 'ongeveer gelijk aan' betekent.

Door in vergelijking (1a) links en rechts de logaritme (hier met grondtal 10) te nemen verandert deze in:

$$\log M = \log a + b \log L. \quad (2)$$

Dit betekent, dat een grafiek van de logaritme van het lege lichaamsgewicht uitgezet tegen de lichaamslengte een rechte lijn zal geven die de verticale as in $\log a$ snijdt en waarvan de helling de exponent b levert.

Gewicht-vs. lengtegrafieken voor *Boa constrictor*

Voor de gegevens van alle boa's die in de paragraaf over de lengtegroei konden worden bestudeerd, was het gewicht als functie van de lengte in kaart te brengen (figuur 7). De vorm van deze kromme geeft al aan dat het om een machtsfunctie (1a) gaat. Omdat

The cross-sectional factor wh may in addition also vary with length. The term wh may hence be written as

$$wh = cL^d \quad (1d)$$

where d may be a small number. It follows that

$$b = 3 + d. \quad (1e)$$

When during growth the cross-sectional component wh lags with respect to the length increase ($d < 0$), then the animal becomes more slender. The factor b is then somewhat smaller than 3. Upon a systematic lead of the cross-sectional area with growth ($d > 0$) then the animal becomes more plump and the corresponding power factor b is larger than 3. It is for this reason that the sign \approx meaning "about equal to" is used in Expression (1c).

A logarithmic transformation (here to base-10) changes equation (1a) into:

$$\log M = \log a + b \log L. \quad (2)$$

This implies that a plot of the logarithm of body mass as a function of body length results in a straight line (2) of which the intercept with the vertical axis is given by $\log a$ while its slope equals b , the exponent of the power law (1).

Weight-length Graphs for *Boa constrictor*

Length and weight data could be combined for all boas of which the increase in length was previously described. The plot of weight versus length demonstrates a power law (equation 1a) for this relationship (Figure 7). To circumvent the compression of the data for lower length values visible in

^ de logaritme van

^ of the logarithm

deze bij lagere waarden erg in elkaar wordt gedrukt, werd ook de dubbellogaritmische weergave getekend (figuur 8). Het is duidelijk, dat alle punten van zowel mijn boa's als die uit de literatuur rond een rechte lijn (vergelijking 2) verstrooid liggen.

Smith's relatie tussen lengte en gewicht voor *Boa constrictor*

De vraag is nu, met welke waarden voor a en b wij dit gedrag het betrouwbaarst kunnen beschrijven. Zowel de lijnen die mijn eigen gegevens beschrijven als degene die ik berekende op basis van de gegevens die ik in de literatuur vond, verschillen in zowel de duur van de observatie (tussen 0,6 en 13,4 jaar) als in het totale aantal paren metingen (variërend van 4 tot 35 meetparen). Een andere complicatie wordt gegeven door het feit dat mijn boa's één familie vormen. Hoewel het mogelijk is om per boa de parameters a en b uit vergelijking (2) te berekenen en een grafiek van die lijnen te tekenen (figuur 9), kan ik hier door de genoemde problemen geen betrouwbare algemene beschrijving van de relatie tussen lengte en gewicht voor *Boa constrictor* uit afleiden.

Het artikel van Smith (2007) en in eerste instantie een eerder door hem in 1999 op het internet geplaatste versie, kwam mij nu echter te hulp. Uit metingen aan zijn eigen boa's vond hij (teruggerekend naar g en cm) dat $\log a = -3,789$ met de machtsfactor $b = 3,288$ en dus met $d = + 0,288$ (vergelijking 1e). Bovendien berekende hij de standaarddeviatie van het gemeten gewicht relatief ten opzichte van het uit de lengte volgende gewicht (vergelijking 1a) op ongeveer 15 procent. Met deze informatie kon ik nu met mijn gegevens de door Smith (2007) gevonden waarden op hun bruikbaarheid onderzoeken. In de Figuren 7 en 8 staan daar-

de linear plot of Figure 7 a double logarithmic plot was drawn (Figure 8). The points scatter around a straight line describable by equation (2).

Smith's Weight-length Relationship for *Boa constrictor*

The question is which line may describe the behaviour of this relationship, *i.e.* what are the values we may ascribe to the factors a and b . My own data, as well as those I obtained for the boas described in the literature are quite diverse. For some snakes only a few data points are available, covering a rather short period of time, while for other snakes the number of pairs of data is large and their time-coverage extensive. Data pairs per snake vary in number from 4 to 35, while the period of observation ranges from 0.6 to 13.4 years. Since my own snakes are relatives of each other, this is also a complication.

It is, of course, possible to calculate for each boa parameters a and b of equation (2) and to draw these lines into a graph (Figure 9). The large spread in the number of observations per snake as well as in the lengths of the periods of observation was problematical, however. I do not know how to weight each line in such a way as to arrive at a dependable overall description of the weight-length relationship for *Boa constrictor*.

The paper by Smith (2007), with a preceding version published by him on the internet in 1999) was enlightening. From measurements on his many *Boa constrictor* Smith (2007) derived the parameters of the common power law (units: g and cm) with $\log a = -3.789$ and with the power factor $b = 3.288$. Hence with $d = + 0.288$ (equation 1e). He could also calculate the standard devia-

/ Figuur 9: zie deel 1 blz. 20

| Figure 9: see part 1 page 20





toe de lijnen voor het gewicht als functie van de lengte getekend, die zijn berekend aan de hand van de door Smith gevonden waarden voor a en b , evenals die voor plus en min dertig procent, d.w.z. twee keer de standaarddeviatie van 15 procent.

Uit dit alles volgt bovendien, dat *Boa constrictor* op verdubbeling van de lengte niet acht ($= 2^3$) maar bijna tien ($2^{3.288} = 9,77$) keer zwaarder wordt. Tijdens de groei wordt het dier dus plomper (foto 5). Dit effect maakt een sterkere indruk naarmate het dier langer is.

Toepassing van de door Smith (2007) gevonden standaarddeviatie

Smith (2007) stelt, dat de waarde van 15 procent voor de standaarddeviatie van het gewicht, zoals die uit de lengte van het dier volgt, kan worden gebruikt om per slang haar conditie te bekijken. Dit geeft inzicht in de voedingstoestand van het dier: het is aan de magere, respectievelijk te dikke kant, wanneer het gemeten gewicht kleiner respectievelijk groter is dan het uit de lengte volgende gewicht minus respectievelijk plus twee standaarddeviaties, dus minus respectievelijk plus 30 gewichtsprocent. Aanpassing van de te geven hoeveelheid prooidieren is dan gewenst.

Hoewel ik de waarde van zijn standaarddeviatie graag direct op het door mij verzamelde materiaal had getoetst, was dit om de al genoemde redenen niet mogelijk. Wel kon ik voor elke boa, naast de ontwikkeling van het actuele gewicht, het op basis van de gemeten lengten volgens Smith berekende gewicht intekenen, plus de uit de plus en minus 2 keer de standaarddeviatie volgende lijnen, dus de lijnen voor plus en min 30 gewichtsprocent. Figuur 10 geeft dit voor alle negen boa's weer tot een leeftijd van 300 weken,

tion of measured body mass relative to the mass calculated from body length. Its value was about 15 percent.

I used this information on my data to investigate the applicability of the results obtained by Smith (2007). With the use of equations (1) and (2) I drew Smith's weight-length lines in Figures 7 and 8, including the lines plus or minus twice his standard deviation of 15 percent respectively.

Note that the mass of a *Boa constrictor* does not increase eightfold (2^3) upon a doubling of its length, but about ten times ($2^{3.288} = 9.77$). The animal becomes more heavily built with an increase in length (Plate 5). The impression of 'stoutness' is stronger for a longer animal.

Application of the Standard Deviation Derived by Smith (2007)

Smith (2007) argues that the value of 15 percent in weight determined by him may be used to study an individual snake with regard to its nutritional status. When the weight of a boa with respect to its length exceeds the expected mean weight by two standard deviations or more, *i.e.* by 30 percent above or below the expected weight it is tending to be too fat or too thin. Adjustment of the amount of food fed to the boa is advisable in these cases.

Because of the aforementioned diversity of the data of my boas as well as of those gathered from the literature, I could not test Smith's value for the standard deviation directly. Thus I studied each snake as such with regard to the actual development of its weight compared with its length-derived weight and its 'normal' spread (plus or minus twice the 15 percent standard deviation) with

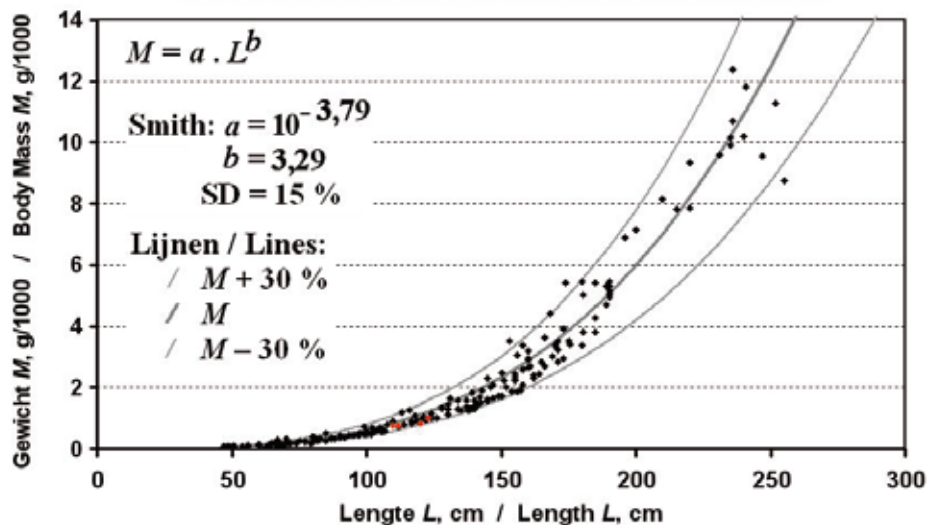


Fig. 7. Groei van 9 constrictors en 1 imperator
 Growth of 9 constrictors and 1 imperator

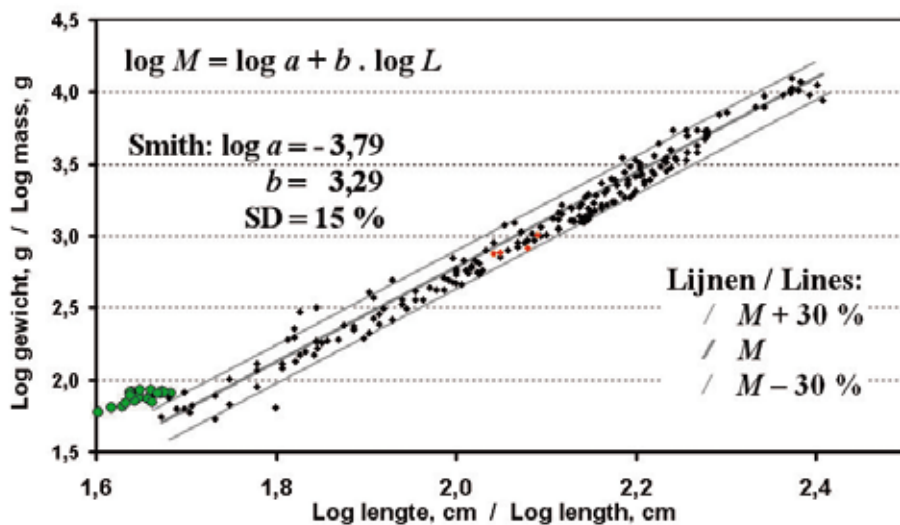


Fig. 8. Groei van 9 constrictors en 1 imperator
 Growth of 9 constrictors and 1 imperator
 Set of 20 young born on 24 December 1999





plus voor een *Boa constrictor imperator* uit het artikel van Vergnerova & Vergner uit 1976. Figuur 11 en 12 geven bovendien voor mijn twee veel langer gevolgde boa's het vervolg weer over de periode van 250 tot circa 700 weken.

Voor de in figuur 10 weergegeven gewichten valt het op, dat de gegevens van alle boa's vallen binnen de volgens Smith berekende ± 30 gewichtsprocentzone, wat ook geldt voor de enige *Boa constrictor imperator* in deze collectie. Eventuele overschrijdingen bleken van korte duur te zijn (zie Herfs 3 in figuur 10, een slang die bij aankomst ondervoed bleek te zijn en vrij slap was).

Deze conclusie blijft staan, ondanks de grote verschillen in waarnemingsduur en in de actuele groei in gewicht en lengte (figuren 1 tot en met 6). Ook maakt het geslacht hier weinig tot niets in uit. Deze resultaten bevestigen, zij het kwalitatief, de door Smith (2007) gevonden waarden. Deze zijn dus betrouwbaar genoeg voor de karakterisering van de normale groei van *Boa constrictor*. Hiertoe volstaat de machtsfunctie (vergelijkingen 1a en 2) voorzien van de waarden van Smith (2007) voor de parameters a en b , plus diens standaarddeviatie van het gewicht. Smith (1999) stelt, dat iedereen nu deze gegevens kan gebruiken om na te gaan hoe het met de eigen boa(s) staat en uit mijn gegevens volgt dat dit inderdaad het geval is.

Pasgeboren dieren

Mijn ervaring met lengte- en gewichtmetingen bij pasgeboren dieren beperkt zich hoofdzakelijk tot één worp. Kort na de geboorte bleken alle dieren veel zwaarder te zijn dan met hun lengte overeenkwam (de groene cirkels in Figuur 8; het eerste

the use of Smith's data. For each individual snake these graphs are presented in Figure 10 (including a *Boa constrictor imperator* reported by Vergnerova & Vergner, 1976). Figures 11 and 12 cover data above six years of age and are of my two older boas that had been followed for a period of 14 years.

From the graphs presented in Figure 10 the weights of all snakes tend to stay within the plus or minus thirty percent (two standard deviations) boundaries calculated after Smith with regard to actual boid lengths. This also applies to the one *Boa c. imperator* studied. Deviations, indicated by crossings of these lines, were for a short duration only. This is quite apparent in the boa 'Herfs 3' (Herfs, 1959) shown in Figure 10, which was weak and underfed upon arrival.

This conclusion, although based on a qualitative investigation only, remains valid despite the wide differences between these boas with respect to actual growth in weight and length with time (Figures 1 to 6 inclusive) as well with respect to differences in gender.

It follows that we may depend on the Smith (2007) values for both parameters a and b of the power law (equations 1a and 2) and for his value of the standard deviation to characterise normal growth of *Boa constrictor*.

Smith (1999) suggests that everybody may now be able to investigate the state of their own boas with the use of his data. From the data presented here it follows that this is indeed the case.

Neonates

My only experience with neonate length-weight relationships are data taken shortly

of

punt bij M2 en M3 in figuur 10). De afwijking is zowel eenzijdig (te hoog) als groot, zodat het niet nodig was deze nader op significantie te toetsen.

Nadat ik van de verbazing hierover was gekomen, realiseerde ik mij dat deze gewichtsmetingen niet voldeden aan de voorwaarde van het lege maagdarmkanaal. De pasgeboren dieren zitten nog vol met het restant van de dooier. Metingen voor de lengte-gewichtrelatie dienen daarom pas te beginnen na de eerste vervelling, kort voor de dieren hun eerste maaltijd krijgen.

De volwassen toestand

De groei van twee oudere boa's

De twee boa's die onderaan in figuur 10 staan, werden een kleine veertien jaar gevolgd. Boven ongeveer het vijfde levensjaar kon het lengtegebonden gewicht op basis van de gevonden lineaire relatie voor hun lengtegroei worden afgeleid en werd het normale gebied volgens Smith (2007) berekend en getekend (figuren 11 en 12). Figuur 10 sluit hier al op aan, maar het is nu zinnig de twee lang gevolgde boa's met behulp van deze methode nader te bekijken

Voortplanting en gewichtsgroei

Wanneer de dieren eenmaal volwassen zijn, heeft de voortplanting een grote invloed op het lichaamsgewicht (figuren 1, 3, 11 en 12). Dit is duidelijk te zien aan het gewichtsverloop van twee vrouwtjes die Foekema (1973) beschrijft, waarbij de zwangerschap en bijhorende voedselweigering eerst een geleidelijke gewichtsafname veroorzaakt en vervolgens de worp een forse dip in het gewicht tot gevolg heeft (geboorten B in figuur 1). Hetzelfde is in figuur 12 te zien aan het gewichtsverloop van het vrouwtje tijdens de zwangerschappen en de worp

after birth, mainly from a single clutch. All animals were much too heavy (green circles in Figure 8; the initial data point of M2 and of M3 in Figure 10). The deviation is one-sided and is so large that there was no need to calculate its statistical significance.

After my initial surprise at this result I realised that the measurements of neonate body mass did not fulfil the empty bowel condition, since the neonates were clearly heavy with yolk. I hence did not use these data. Measurements of length-weight determinations should hence start after the first shedding, shortly before they are given their first meal.

The Adult State

Growth in Two Older Snakes

Two of the boas pictured in Plate 10 could be followed for a period of about fourteen years. It is of interest to study my two older boas in detail with the use of what we learned from Smith (2007).

After their sixth year or thereabouts their growth became linear with time. I used this relationship together with the values derived from Smith (2007) to calculate their expected and hence also linear average growth in time in Figures 11 and 12 as well as their normal mass range according to the data of Smith (2007).

Procreation and Growth

The influence of procreation on body mass is quite impressive (Figures 1, 3, 11 and 12).

This is clearly visible in the graphs of Foekema (1973) where two females exhibited a slow decrease during gestation, followed by the dip when they gave birth to their young





(rode delen van de gewichtskromme). Tot en met de laatste dracht is ook te zien dat zij tijdens de perioden waarin zij paarde (aangegeven door groene balken), telkens flink in gewicht toenam als voorbereiding op een eventuele zwangerschap.

Bij het mannetje vond in het begin het omgekeerde plaats (figuur 11). Hij at dan niet tijdens de paringsperioden en nam niet of nauwelijks toe in gewicht. Tussen deze perioden door waren groeisprints te zien (die bij het naar links schuiven de kromme een fraaie S-vorm geven). Wij graptten erover dat hij niet at wanneer hij de liefde in de kop had. Bij het ouder worden leek dit patroon te verdwijnen en beïnvloedde de paringsperiode zijn eetlust niet meer negatief. Vergelijkbaar verschil in eetgedrag tussen de geslachten werd reeds beschreven voor de Australische waterpython *Liasis fuscus* (Madsen & Shine, 2002). Tenslotte is voor beide dieren het laatste inzakken van het gewicht door een dodelijke ziekte veroorzaakt (Verveen, 2005, 2006).

Het volwassen mannetje

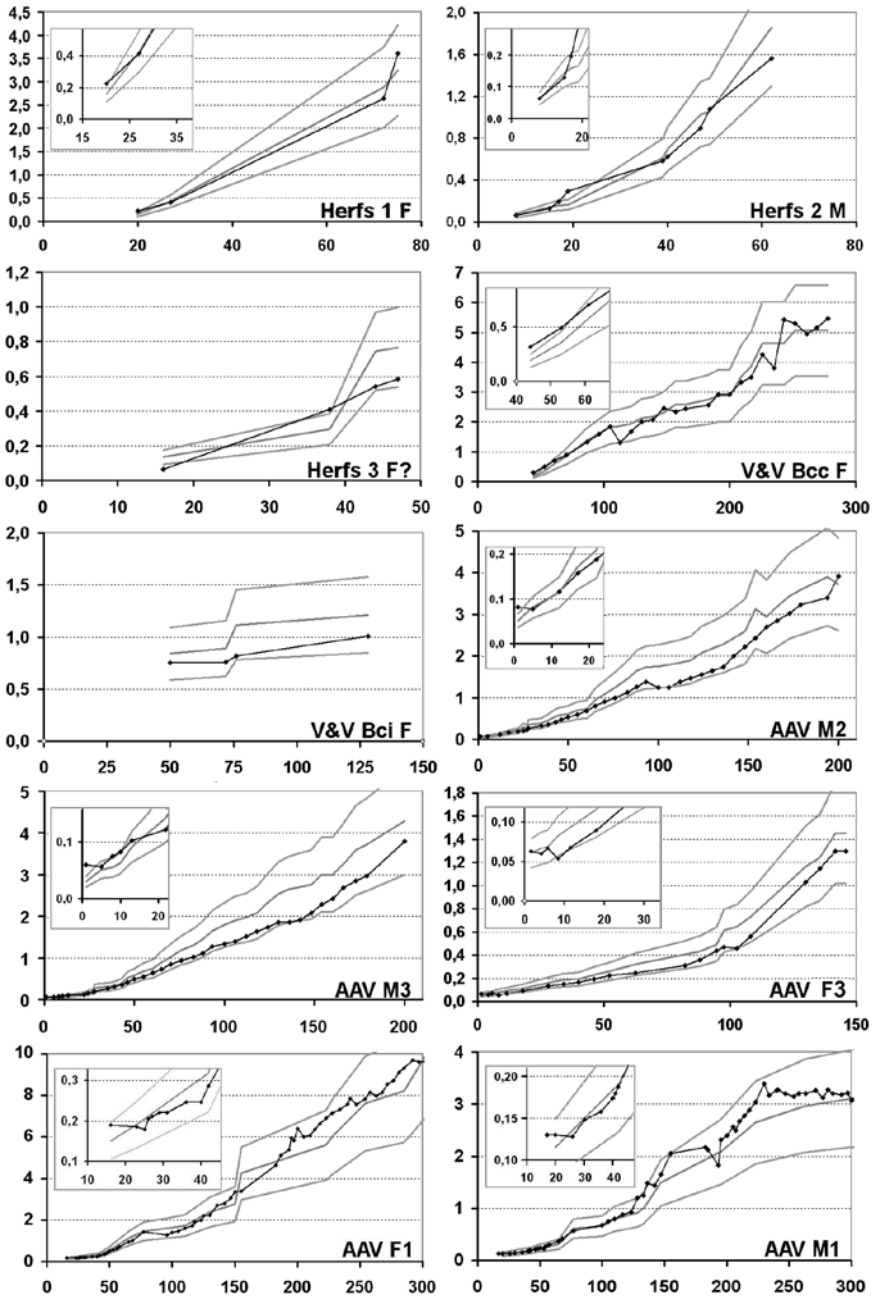
Het valt op, dat het gewicht van het mannetje vanaf de leeftijd van ongeveer twee jaar steeds een bovengemiddeld gewicht vertoonde (fig. 11). Achteraf verbaast mij dit erg, want hij stond bij ons tot de leeftijd van een jaar of tien bekend als een slechte eter, die traag voedsel greep en relatief weinig at. Hieruit blijkt maar weer dat een subjectieve indruk er faliekant naast kan zitten (voor een ander voorbeeld, zie Verveen, 2006b). Het dier was steeds in prima conditie. Had ik eerder weet gehad van het werk van Smith, dan had dit ons heel wat zorgen bespaard. Enkele jaren geleden maakte het mannetje zelfs de indruk wat te dik te zijn, wat ons verbaasde, gezien zijn trage eetgewoontes.

(birth B in Figure 1). This was also visible in the curve of the female (Figure 12), where the red coloured parts of the curve showed the effects of pregnancy. In each instance the slow dip caused by the decline of food was followed by the steep decline caused by the birth of the young boas. Note that up to her final pregnancy she increased in weight during the mating periods (indicated by green bars). She clearly prepared herself each time for an eventual gestation.

The female snake ate more during the mating periods, quite in contrast to her mate (Figure 11) who at first did not eat at all during those times. His weight curve shows several plateaus as a result. Growth spurts are visible in between the plateaus (Figure 2, black male curve). When shifted to the left the growth spurts fit together into an s-shaped curve. We joked that food did not interest him when he was in the mood for love. This changed, however, when he became older. Then mating did not influence his appetite quite as much. Such mating related gender differences in food consumption behaviour were already described for the Australian Water Python *Liasis fuscus* by Madsen and Shine (2002). Eventually, for both animals a fatal disease (Verveen, 2005, 2006) caused the final downward trend in body mass.

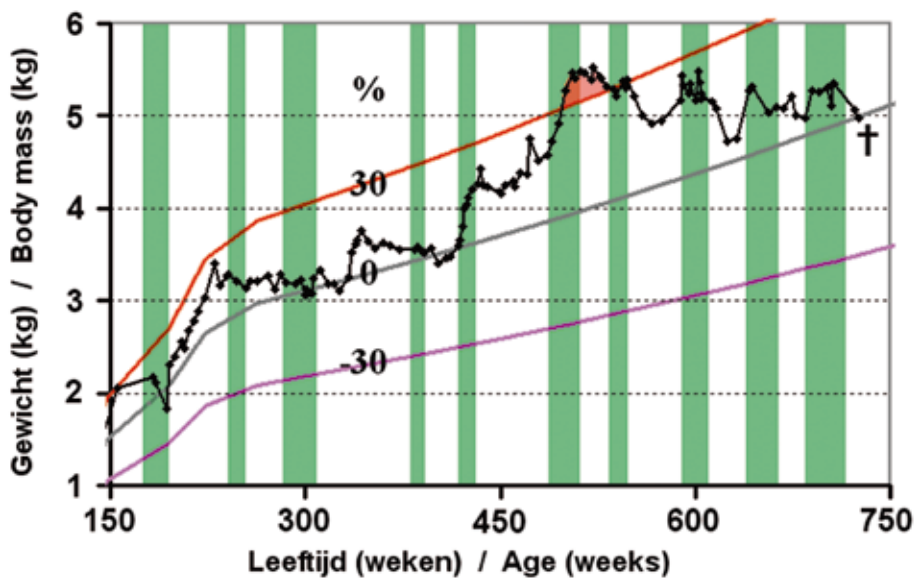
The Adult Male

Note that the weight of the male stayed within the upper part of his range. To me this is even more amazing, since I had always considered him to be a fickle eater, especially up to the age of about ten years. Had I known Smith's data beforehand I would not have worried myself too much about his eating habits. It is obvious that one may not trust one's own seemingly

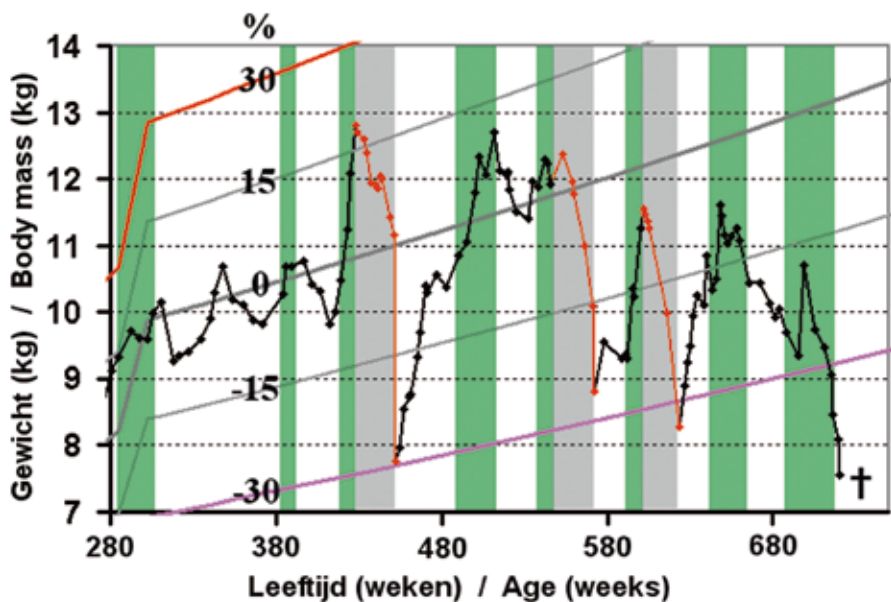


Figuur 10. Groeikrommen van de boa's en de op basis van hun gemeten lengten volgens Smith berekende bijbehorende gemiddelde gewichtsverloop evenals de bijbehorende spreiding van plus en min dertig %
 Figure 10. Growth curves of the boas as well as their length-corresponding average weights calculated after Smith, plus and minus the accompanying thirty percent variations in body mass.





Figuur 11. Verdere groei van het besproken mannetje / Figure 11. Subsequent growth of the male Boa constrictor



Figuur 12. Verdere groei van het besproken vrouwtje / Figure 12. Subsequent growth of the female Boa constrictor

Wij maakten ons daar niet druk over, omdat zijn gewicht altijd al behoorlijk fluctueerde. Uit het lichtrood gekleurde gebied in de grafiek van figuur 11 blijkt nu, dat hij toen hij ongeveer tien jaar oud was (week 500 tot 540) inderdaad iets te dik is geweest.

Het volwassen vrouwtje

Het verloop van het gewicht bij het volwassen vrouwtje is bijzonder interessant (figuur 10 en nadere uitwerking in figuur 12). De groene balken geven de periodes aan gedurende welke zij met haar mannetje paarde (de dieren leefden in dezelfde ruimte). Tijdens het laatste jaar was zij ernstig ziek en daalde haar gewicht tijdens de laatste twee paringsperiodes. Maar daarvoor kwam zij tijdens zulke periodes aan in gewicht. Tijdens de zwangerschappen (grijze balken) at zij niet en daalde haar gewicht geleidelijk. Dit werd gevolgd door een scherpe daling ten gevolge van de worp, waarna zij weer snel aankwam doordat zij extra veel at. Het valt op, dat na alle drachten haar gewicht direct na de worp toch boven de grens van 0,7 *M* bleef. Zij was dan wel duidelijk mager, wat aan de evenwijdig aan het achterlijf lopende plooiën was te zien (foto 4).

Figuur 12 toont ook dat het met haar drachten steeds minder goed ging. Tijdens de voorbereiding op de eerste dracht steeg haar gewicht tot 119 procent, meer dan één standaarddeviatie (15 procent) boven het door haar lengte gegeven gemiddelde gewicht. Voor de tweede dracht bereikte zij slechts een extra gewicht van zes procent, terwijl zij bij de derde dracht uitging van een gewicht van zes procent beneden het gemiddelde gewicht. Het netto resultaat van de drachten vertoonde eveneens een dalende tendens, met totale reproductiegewichten per worp (jongen

sound observations and considerations (see Verveen, 2006b).

Several years ago we noted that he seemed to be rather fat, despite his sluggish feeding habits. We did not worry about it, since we expected him to loose it sometime, because his growth had always followed a rather slow fluctuating pattern. The present graph shows that he was indeed too fat through weeks 500 to 540 (light-red coloured region in Figure 11).

The Adult Female

The adult female showed quite interesting weight-behaviour (Figure 10, detailed in Figure 12). Her weight increased during each mating period (green bars), apart from the final two when she suffered from a fatal viral disease. She declined food during pregnancies (grey bars) and lost weight as a result, followed by an immediate weight loss caused by the mass loss due to parturition. She used to recuperate quickly. However, interference by an ultimately fatal viral disease prevented her to attain her original mass levels.

Note that she did remain above the 0.7*M* line after each parturition. She was relatively thin, of course, as was shown by the longitudinal folds of the skin along the caudal part of her body (Plate 4).

From Figure 12 we can also note a difference between her three gestations. She started the first one after an increase of net body mass up to her length-dependent weight *plus* 19 percent, more than one standard deviation (15 percent). When the second gestation started she had only obtained an about six percent increase of weight. Her third and final gestation started





plus onbevuchte eieren) van 2300, 900 en 700 gram en met respectievelijk 21, 0 en 1 overlevende jongen!

Op basis van slechts deze ene ervaring lijkt het er toch op, dat voor een goed geslaagde voortplanting het dier de dracht moet starten met een massa van meer dan één standaarddeviatie boven haar lengteafhankelijke rekengewicht. Zij bereikt deze toename door vanaf de eerste copulatie meer te eten dan zij gewoonlijk doet. Dit gedrag is iets waar de verzorger extra aandacht aan dient te geven, door (altijd) goed te letten op haar hongerigheid.

Tenslotte kan de afname in zowel haar voorbereidingsgewicht als in haar geboortesuc-

with an about average length-dependent weight and a six percent additional weight. When we look at the net result of these gestations, productive masses (neonates plus slugs) they were 2300 g, 900 g and 700 g respectively, with 21, zero and one vital neonates in respective case.

These results, although based on just one female boa, may suggest that prior to the start of actual reproduction the female *Boa constrictor* might need to obtain a mass of more than one standard deviation above her length dependent weight for optimal procreation. She achieves this by eating more when copulation starts and the keeper should note this situation, as well as the fact that she may be hungrier than before.



Foto 4. Het achterlijf van een magere boa / Plate 4. Caudal part of a lean boa

ces zijn veroorzaakt door het opkomen van een virusziekte die haar tenslotte via een darmobstructie fataal werd (Verveen, 2005). Hoewel zij na haar dood qua gewicht duidelijk onder de 0,7M lijn lag (figuur 12), bleek tijdens de sectie dat zij in haar vetlichamen nog vrij veel vet tot haar beschikking had (foto 5 in Verveen, 2005, 203).

Hieruit en uit wat al eerder in dit artikel is vermeld, blijkt dat wij nog niet weten wanneer het gewicht in de buurt komt van een *ziekelijke* vermagering (cachexie) of vervetting (obesitas). Voor gegevens hierover met

The viral disease of this female had caused a paralytic obstruction of the gut to which she finally succumbed. It may have caused the decline in reproductive starting weights and of the yields of parturition.

Upon her death her weight had decreased to below the 0.7M line (Figure 12). Upon autopsy she still appeared to have an appreciable amount of fat stored in her fatty bodies (Verveen, 2005).

From this and other data mentioned in this paper it follows that we still do not know



Foto 5. Lichaamsvorm van een één week oude *Boa constrictor* (links) en van een van 12 jaar (rechts)
Plate 5. Body shapes of a one week old *Boa constrictor* (left) and of one at the age of twelve years (right)



betrekking tot de lengte, het gewicht, de conditie en het geslacht van desbetreffende *Boa constrictor* houd ik mij aanbevolen.

Conditie

De eerste die bedacht dat je lengte-gewicht-relaties kon gebruiken om de conditie van dieren te schatten, was Fulton (Jones e.a., 1999, Keys, 1928). In 1911 publiceerde hij, onder de aanname van isometrische gewichtsgroei (evenredig met de lengtegroei tot de derde macht), een formule voor de buikontrek van vissen (Reidl e.a., 2005), die hij de 'conditiefactor' K noemde, met $K = xWL^{-3}$. Hierin is L de lengte gemeten vanaf de snuit tot aan de vork van de staartvin, W is het gewicht en x een constante. Voor de karper is $x = 100$ (Alp & Balik, 2000).

Over de factor K en vergelijkbare beschrijvingen van de conditie met behulp van één eenvoudige vergelijking is veel te doen geweest en deze maatstaf is nog steeds problematisch (Cone, 1989). Cone stelt, dat de op metingen aan de populatie gebaseerde lengte-gewichtrelatie als zodanig nog steeds de beste manier is om de conditie van een dier vast te stellen. Deze benadering wordt ook door Madson en Shine (2002) gebruikt om de conditie van in het wilde levende waterpythons (*Liasis fuscus*) vast te stellen en in kaart te brengen.

Een - tenminste voor vette vis zoals haring en makreel - belangrijke complicatie wordt gegeven door de seizoensafhankelijke relatie tussen lichaamsvet en lichaamswater, die elkaar tot op zekere hoogte vervangen (Meyers, 1981). Bij hongeren wordt vet door water vervangen (zeebrasem, Grigorakis & Alexis, 2005), waardoor de vis zwaarder wordt naarmate die magerder is. Ik vermoed dat een voor het zwemmen geoptimaliseerde li-

when weight approaches the *pathological* conditions known as cachexia and as obesity. I commend myself for such data on *Boa constrictor*, especially with regard to length, empty bowel weight, sex and condition of such animals.

Condition

Thomas Wemyss Fulton may have been the first scientist to consider the idea that one could use length-weight relationships to estimate the condition of animals (Jones *et al.*, 1999, Keys, 1928). Assuming isometric growth (weight being a third power of length) he published in 1911 an equation for the girth of fishes (Reidl *et al.*, 2005) which he called the "condition factor" K, with $K = xWL^{-3}$. L is the length measured from the tip of the snout of the fish to the fork of its tail. W is the weight of the fish and x is a constant. For the Carp, for instance, x has the value of 100 (Alp & Balik, 2000).

Determination of the condition of a fish with the use of a simple equation such as that for K has been and still is under discussion (Cone, 1989). Cone states that 'The calculation of estimates of ordinary least-squares regression parameters is a more accurate method of examining the weight-length relationships for fish populations', and he suggests 'that it is the preferred method for evaluation of fish condition'. This has also been the approach of Madsen and Shine (2002) to determine and record the condition of water pythons (*Liasis fuscus*) living in the wild.

An important complication, at least for fatty fish like herring and mackerel, is given by the (season-dependent) relationship between body fat and body water, since these two substances replace each other to some extent (Meyers, 1981).

chaamsvorm bij deze dieren van groter belang is dan het drijfvermogen als zodanig. Ook omdat het drijfvermogen door de zwemblaas kan worden bijgesteld. Zowel het aan de lengte gerelateerde gewicht als de buikontrek vormt daarom voor deze dieren een onbetrouwbare maatstaf voor hun conditie.

Uit het werk van Smith en de in dit artikel gerapporteerde metingen aan *Boa constrictor* volgt, dat de gecombineerde meting van lengte en leeggewicht een goede indruk van de conditie van deze dieren geeft. Het recept daarvoor staat hieronder.

Samenvatting

1. De in de loop van de tijd gemeten groei in gewicht M evenals in lengte L is bij *Boa constrictor* bijzonder variabel. Ook zijn er een grote verschillen tussen de verschillende boa's te vinden.
2. Mijn twee volwassen boa's bleven per jaar ongeveer drie cm in de lengte groeien. Dit gebeurde vanaf ongeveer het vijfde jaar, tot aan hun dood op veertienjarige leeftijd.
3. De relatie tussen het gewicht M en de lengte L is daarentegen redelijk stabiel op alle leeftijden, afgezien van bijzondere toestanden als ziekte en voortplanting.
4. Deze relatie volgt uit $M = a L^b$, waarin de door Smith in 2007 gevonden waarden voor $a = 10^{-3.789}$ en de exponent (machtsfactor) $b = 3,288$ goed op mijn waarnemingen blijken te passen (eenheden: g en cm).
5. De eveneens door Smith gevonden waarde voor de standaarddeviatie van het bij de lengte L behorende gewicht M van 15 procent past eveneens goed op mijn waarnemingen en op die verkregen uit de literatuur, hoewel dit niet statistisch kon worden getoetst.
6. Mijn volwassen vrouwtje bleek tijdens paringsperiodes extra hongerig te zijn en in gewicht toe te nemen. Een toename

In fasting sea bream, fat may even be replaced by water (Grigorakis & Alexis, 2005). In this case fish may grow heavier the leaner they become. I surmise that optimisation of body shape for swimming is more important than buoyancy as such, while the latter may be controlled with the use of the swimming bladder. For fish length-related weight as well as girth may hence be unreliable measures for their condition.

From the *Boa constrictor* studies of Smith (1999, 2007) together with the results reported here, and after the advice by Cone (1989) it follows that the combined measurement of length and (empty) body mass of a boa constrictor gives a good impression of the condition of the animal.

Summary

1. In *Boa constrictor* growth in body mass as well as in length is quite variable, within as well as between animals.
2. Adult boas continue to increase in length, though quite slowly. Mine grew about three centimetres per year from the age of about five years onward (until they died at the age of about fourteen years).
3. The relationship between empty body mass M and total body length L is, nevertheless, reasonably stable at all ages. Larger variations in weight occur during procreation and when they are quite ill.
4. The relationship between average empty body mass M and total body length L may be calculated from $M = a L^b$. The values for the parameters a and b were given by Smith (1999) with $a = 10^{-3.789}$ and the power factor $b = 3.288$. These values fit my own observations quite well, as well as those obtained from the literature (units: g and cm).
5. The standard deviation of the mass M corresponding with body length L was found by Smith (2007) to be about 15 percent.





tot meer dan 15 procent boven het 'lengteafhankelijke' gewicht vóór de start van de eigenlijke dracht lijkt bepalend te zijn voor een goed broedsucces, zij het dat dit berust op waarnemingen aan slechts één boavrouwtje.

7. Een dergelijke analyse kan nog niet voor andere reuzenslangen worden gemaakt, omdat daarvoor te weinig gegevens in de literatuur zijn te vinden.
8. Uit de gecombineerde meting van lengte en leeggewicht is nu een goede indruk van de conditie van *Boa constrictor* te krijgen.

Methode voor de controle van het gewicht van een *Boa constrictor*

1. Meet van het dier de lengte L in cm en het leeggewicht G in g.
2. Bereken het gemiddelde rekengewicht M uit $M = L^{3,288} * (1 / 10^{3,789})$. (Gebruik voor de berekening van de machtsverheffingen $L^{3,288}$ en $10^{3,789}$ de x^y toets van de wetenschappelijke vorm van de rekenmachine in de pc).
3. Deel het gemeten gewicht G door het rekengewicht M .
4. De boa is te mager wanneer het quotiënt G/M van dit dier kleiner is dan 0,7 en het dier is te dik wanneer het dier zwaarder is dan 1,3.
5. Voer tijdens de paringstijd het vrouwtje bij tot een gewicht van tenminste 1,15.

In plaats van stappen 2 en 3 kan men de uitgewerkte tabel die op mijn website (www.verveen.eu) staat gebruiken om de conditie van *Boa constrictor* vast te stellen en te beoordelen.



This value also fits my observations quite well, although this could not be tested statistically for reasons given in the text.

6. My adult female appeared to be quite hungry during periods in which mating was observed and gained weight in preparation for gestation. A gain of more than 15 percent seems to be essential to ensure the quality of her offspring. This statement rests on a flimsy basis, however, since the observation depends on three gestations for one female boa only.
7. For other giant snakes such an analysis can not yet be made because of a lack of data available in the literature.
8. The combined measurement of length and (bowel emptied) body mass of a given *Boa constrictor* may now be used to obtain a good impression of its condition.

The Control of the Weight of a *Boa constrictor*

1. Measure its length L in cm and its empty body mass G in g.
2. Calculate its expected average mass from $M = L^{3,288} * (1 / 10^{3,789})$. (Use the x^y key of the scientific version of the calculator on your PC to calculate $L^{3,288}$ and $10^{3,789}$).
3. Divide the measured body mass G by the calculated length-dependent mass M .
4. The boa is tending to be too thin when its body mass quotient G/M is smaller than 0.7 or too fat when G is larger than 1.3.
5. When her mating period starts then feed the female till she reaches a quotient of at least 1.15.

Instead of steps 2 and 3 one may use the detailed table published on my website (www.verveen.eu) to investigate the condition of your *Boa constrictor*.

English corrections: Dr. Lawrence Smith.



References

- Alp, A & S. Balik., 2000. Growth conditions and stock analysis of the carp (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758) population in Golhisar lake. *Turk. J. Zool.*, 24: 291-304.
- Andrews, RM (1982). Patterns of growth in reptiles. In: Gans, C., and Pough, F H. (eds.). *Biology of the Reptilia* 13: 273-320.
- Barton, A.J. & W.B. Allen, Jr., 1961. Observations on the feeding, shedding and growth rates of captive snakes (Boidae). *Zoologica: New York Zoological Society* 46 (7): 83-87.
- Bosch, H., 1994. *Boa constrictor*. Terrarien Bibliothek, Heselhaus und Schmidt Verlag, Münster.
- Cone, R.S., 1989. The Need to Reconsider the Use of Condition Indices in Fishery Science. *Transactions of the American Fisheries Society* 118: 510-514.
- Drenowsky, G., 2003. *The guide to owning a red-tailed boa*. T.F.H. Publications, Neptune City.
- Ernst, K.H. & G.R. Zug, 1996. *Snakes in Question*. The Smithsonian answer book. Smithsonian Institution Press, Washington and London.
- Foekema, G.M.M., 1973. Ontwikkeling en voortplanting van *Boa constrictor* Linnaeus in een huiskamerterrarium. *Lacerta* 31: 131-143.
- Fulton, T.W., 1904. *Fish.Bd. for Scotland* Pt. III: 141-241. As cited by Keys, 1928.
- Grigorakis, K & M.N. Alexis, 2005. Effects of fasting on the meat quality and fat deposition of commercial-size farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) fed different dietary regimes. *Aquaculture Nutrition* 11 (5), 341-344.
- Herfs, A. 1959. Beutefang, Nahrungsaufnahme und Wachstum bei *Boa constrictor* (L.). *Acta Tropica* 16 (1), 1-37.
- Jones, R.A., R.J. Petrell & D. Pauly, 1999. Using modified length-weight relationships to assess the condition of fish. *Aquacultural engineering* 20: 261-296.
- Keys, Ancel B., 1928. The weight-length relation in fishes. *Proceedings of the New York Academy of Sciences (PNAS)* 14: 922-925.
- Madsen, T. & R. Shine, 2000. Silver spoons and snake body sizes: Prey availability early in life influences long-term growth range of free-ranging pythons. *Journal of Animal Ecology* 69: 952-958.
- Madsen, T. & R. Shine, 2001. Do snakes shrink? *Oikos* 92 (1): 187-188.
- Madsen, T. & R. Shine, 2002. Short and chubby or long and slim? Food intake, growth and body condition in free-ranging pythons. *Australian Ecology* 27: 672-680.
- Meyers, M. 1981. Planning and engineering data. 1. Fresh fish handling. *FAO Fisheries Circular – C735*. 64 pages. Available on the Internet.
- Pope, C.H., 1961. *The giant snakes*. Alfred A. Knopf, New York.
- Reidl, D.P., A. Szanto, B. Glebe, R. G. Danzmann & M. M. Ferguson, 2005. QTL for body weight and condition factor in Atlantic salmon (*Salmo salar*): comparative analysis with rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Heredity* 94: 166-172.
- Robben, A. & Y. Robben, 2000. Konijn doodt tijgerpython. *Litteratura Serpentina* 20 (4): 108-111.
- Robben, A. & Y. Robben, 2000. Rabbit kills tyger python. *Litteratura Serpentina* 20 (4): 108-111.

- Smith, C.R., 1999. Boa constrictors (*Boa constrictor*). <http://home.att.net/~crinaustin/BoalInfo.pdf>
- Smith, C.R., 2007. Geslachtsdimorfisme en groei bij de boa constrictor. Deel 1. Inleiding, Schubpatroon, en Lengte-Gewicht Relatie; Deel 2. Groei als functie van de leeftijd; Deel 3. Discussie. *Litteratura Serpantium* 27 (1): 6-22, (2): 54-68, (3): 105-116.
- Smith, C.R., 2007. Sexual Dimorphism and Growth in the Boa Constrictor. Part 1. Introduction, Scalation, and Length-Weight Relationship; Part 2. Growth over Time; Part 3. Discussion. *Litteratura Serpantium* 27 (1): 6-22, (2): 54-68, (3): 105-116.
- Spencer, H., 1871. *The principles of biology*. Vol. 1. New York. As cited by Keys, 1928.
- Vergnerova, O. & J. Vergner, 1976. The growth of some young Boinae (Ophidia) with notes on shedding frequency. *Vestník Československé Společnosti Zoologické* 60 (1), 53-63.
- Verveen, A.A., 2001. Ervaringen met een paartje Boa constrictor als huisdier. 2. Hoe vaak voeren? (Keeping a pair of Boa constrictor as pets. 2. Intervals between meals). *Lacerta* 59 (6): 2-7-216.
- Verveen, A.A., 2005. Dood van twee 14 jaar oude *Boa constrictor*. Deel 1. Een vrouwtje dat drachtig leek te zijn. / Death of two 14 year old *Boa constrictor*. Part 1. A seemingly pregnant female. *Litteratura Serpantium* 25 (4): 190-205.
- Verveen, A.A., 2006a. Dood van twee 14 jaar oude *Boa constrictor*. Deel 2. Het bibberende mannetje. / Death of two 14 year old *Boa constrictor*. Part 2. The shaking male. *Litteratura Serpantium* 26 (2): 126-134.
- Verveen, A.A., 2006b. Ervaringen met een paartje Boa constrictor als huisdier. 9. Vervellen (1): Hoe vaak wordt er verveld? Hoeveel wordt er per vervelling gegeten? (Keeping a pair of Boa constrictor as pets. 9. Ecdysis (1): sloughing frequency; food consumption per moult). *Lacerta*, 64 (4): 147-160.
- Smith, C.R., 1999. Boa constrictors (*Boa constrictor*). <http://home.att.net/~crinaustin/BoalInfo.pdf>

