

Schone consumptie aal door groeiverdunning van kleine wilde aal

Michiel Kotterman en Stijn Bierman

Rapportnummer C015/13



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Produktschap Vis
Treubstraat 17
2280 AB Rijswijk

Publicatiedatum:

17 oktober 2013

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68

1970 AB IJmuiden

Phone: +31 (0)317 480900

Fax: +31 (0)317 48 73 26

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

P.O. Box 77

4400 AB Yerseke

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 59

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

P.O. Box 57

1780 AB Den Helder

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)223 63 06 87

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

P.O. Box 167

1790 AD Den Burg Texel

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 62

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

© 2011 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V12.2

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	3
Samenvatting.....	4
1. Inleiding.....	5
2. Kennisvraag.....	6
3. Resultaten	7
3.1 Theorie van groeiverdunning	7
3.2 Randvoorwaarden groeiverdunning.....	7
3.3 Berekening groeiverdunning	9
4. Conclusies	18
5. Kwaliteitsborging	19
Referenties	20
Verantwoording	21
Bijlage A: De berekening van groeiverdunning	22

Samenvatting

Dit rapport beschrijft hoe kleine wilde aal, gevangen in de gesloten gebieden, kan uitgroeien tot grote aal die aan de consumptie-normen voldoet. Door groei van een aal onder schone omstandigheden neemt de biomassa toe, maar de hoeveelheid verontreiniging in de aal niet of nauwelijks. Het nettoresultaat is een veel lagere concentratie in het aalvlees, dit proces heet groeiverdunning.

Voor wilde aal geldt nu een norm voor de som-TEQ van 10 pg /g versgewicht. Als wilde aal wordt gevangen en wordt uitgezet in een ander, schoon watersysteem, waarna die aal zonder bijvoeren uitgroeit tot een grote wilde aal, geldt hiervoor de norm van som-TEQ van 10 pg/g versgewicht. Wordt de gevangen wilde aal uitgezet in een gesloten systeem en gevoerd met kunstmatig voer, dan wordt dit kweek-aal. Voor kweek-aal geldt dezelfde norm als voor andere vissoorten, en deze bedraagt 6,5 pg/g som-TEQ.

Het succes van de groeiverdunning hangt af van een aantal factoren.

- de mate van contaminatie bij de vangst
- het gewicht van de wilde aal bij de vangst
- het gewicht van de opgekweekte aal bij consumptie
- de hoeveelheid contaminanten in het aal-voer

Omdat voor de contaminanten in kwestie, dioxine-achtige PCB's en dioxines, geldt dat deze niet of nauwelijks door een aal worden uitgescheiden na opname, is de hoeveelheid van deze stoffen bij aanvang van de groeiverdunning van groot belang. Hoe hoger de hoeveelheid in de kleine wilde aal, hoe meer biomassa moet worden aangemaakt om de concentratie afdoende te verlagen. Deze biomassa toename is relatief; hoe groter het aanvangsgewicht hoe groter de absolute vereiste gewichtstoename. In de Nederlandse wateren (en ook in visvoer) is altijd een (geringe) hoeveelheid som-TEQ aanwezig; ook de wilde alen in schone gebieden en kweekaal bevatten daardoor altijd een laag som-TEQ gehalte. Dit moet in de berekening voor de benodigde biomassa toename worden meegenomen. Hoe schoner het opgroeigebied (voer), hoe eerder de gewenste groeiverdunning kan worden bereikt.

Uitgaande van aaldata uit het Hollands Diep en de IJssel bij Deventer kan worden berekend dat het mogelijk is om kleine wilde aal op te kweken tot grote consumptieaal die aan de voedselveiligheidsnorm voor som-TEQ voldoet. Dit kan worden bereikt door zowel opkweek in een kwekerij als door uitzet in schonere natuurlijke wateren. Door de grote variabiliteit van de wilde aal (som-TEQ gehalte, vetgehalte bij een bepaald gewicht en lengte) moeten alle factoren, die het succes van de groeiverdunning bepalen, voor elke situatie vooraf goed worden bepaald. Als gebruik gemaakt wordt van een ruime veiligheidsmarge is de kans op overschrijding van de som-TEQ norm in de groei-verdunde aal erg klein.

1. Inleiding

Door te hoge gehalten som-TEQ in wilde aal zijn delen van de Nederlandse wateren gesloten voor de aalvangst met beroepsvistuigen. Ondanks het verbod op productie en gebruik van PCB's, en de verminderde uitstoot van dioxines in het milieu, dalen de gehalten in de Nederlandse wateren slechts zeer langzaam. Het is daarom niet te verwachten dat het vangstverbod snel zal worden opgeheven. Aal die hoge som-TEQ gehalten bevat raakt die niet eenvoudig kwijt, de verantwoordelijke contaminanten blijven in het aalvet aanwezig (Rapport IMARES 2009). Kleinere aal bevat doorgaans lagere som-TEQ gehalten dan grotere aal (Rapport RIKILT 2007, rapport IMARES 2011), voor deze alen is het mogelijk tot consumptie-waardige alen op te groeien door de verdere groei in een ander, schoner water of door opkweek met schoon voer. Dit proces van verdunning van contaminanten door groei is een algemeen verschijnsel, het is in Nederlandse alen onder natuurlijke omstandigheden al aangetoond (De boer et al. 1994). In een discussie met LNV, VWS en palingvissers over oplossingsrichtingen voor het dioxine-probleem in aal heeft IMARES aangegeven dat groeiverdunning de meest kansrijke oplossing is (presentatie John Schobben, 11 februari 2008).

2. Kennisvraag

Onder welke omstandigheden is het mogelijk kleine wilde aal uit vervuilde gebieden te laten uitgroeien tot consumptie-waardige grote kweek aal. Een maximum lengte van 35 cm voor de wilde aal is hierbij het uitgangspunt. De randvoorwaarden om dit proces uit te voeren met als resultaat een hoge zekerheid dat de geproduceerde aal aan de gewenste normen voldoet, moeten worden omschreven.

Om deze kennisvraag uit te kunnen werken worden literatuurdata gebruikt wat betreft het gedrag van contaminanten in de aal, de gehalten in kweekaal en in aal uit de gesloten gebieden, en de relatie tussen TEQ-gehalten in aal en de lengte/gewicht van de aal in een bepaald gebied.

3. Resultaten

3.1 Theorie van groeiverdunning

Organische contaminanten met een hoog lipofiel karakter (slecht wateroplosbaar) worden door een aal opgenomen uit het milieu, voornamelijk via de opname van voedsel. Zodra deze contaminanten zijn opgenomen, worden deze contaminanten niet of nauwelijks uitgescheiden als deze aal wordt verplaatst naar een schoner milieu; de organische contaminanten blijven opgelost in het vet van de aal. Ook bij sterke vermagering zal de hoeveelheid organische contaminanten niet of nauwelijks afnemen (rapport IMARES 2009). Dit verschijnsel geldt vooral voor de zeer lipofiele PCB's en dioxines; dit zijn de hoger gechloroerde en ook de meer giftige PCB's. Voor de minder sterk lipofiele PCB's, met slechts 1 tot 4 chlooratomen aan het molecuul, valt niet uit te sluiten dat enige uitspoeling in een schoon milieu kan plaatsvinden gedurende een langdurig verblijf. Van deze PCB's die door uitspoeling verlaagd kunnen worden, leveren alleen PCB77 en PCB81 een zeer lage bijdrage aan de som-TEQ. In alen uit het benedenrivierengebied veroorzaken deze PCB's minder dan 1% van de som-TEQ (rapporten RIKILT 2007, IMARES 2011).

Door biomassa toename in een schone omgeving (d.w.z., schoon voedsel voor de aal) neemt de hoeveelheid contaminanten in de aal dus niet af, maar door de toename van de biomassa wordt de concentratie wel lager. Hierdoor kan de aal aan de consumptienorm, die is gebaseerd op concentraties, gaan voldoen.

De netto groeiverdunning is daarom een functie van het gewicht van de aal en de concentratie som-TEQ bij de vangst (dit bepaalt de hoeveelheid som-TEQ in picogram), de massatoename van de aal tijdens de groei op het schone voer en de hoeveelheid som-TEQ in het schone voer.

3.2 Randvoorwaarden groeiverdunning.

De variabelen die de groeiverdunning bepalen worden eerst individueel besproken, om daarna in een rekenmodel gebruikt te worden:

A Het gewicht en gehalte som-TEQ in de wildvang aal

In dit rapport wordt gerekend met kleine aal tot ongeveer 35 cm.

De lengte en daarmee het gewicht van een aal is belangrijk; hoe zwaarder de aal bij aanvang hoe zwaarder de uiteindelijke gekweekte aal moet worden. Bij een gegeven lengte is er grote variatie in lichaamsgewicht, waardoor de meting van het gewicht van de aal een betere optie is (zie tabel 2 in Bijlage).

Daarnaast is het gehalte som-TEQ van belang. De natuurlijke variabiliteit is groot, deze wordt sterk bepaald door het biotoop van de aal, de lengte (gewicht) en het geslacht van de aal.

Bij een toenemende lengte neemt ook het vetgehalte toe, en daarmee ook de som-TEQ. Mannelijke aal is bij 35 cm al vetter dan vrouwen van gelijke lengte en bevat daardoor hogere concentraties som-TEQ dan de vrouwelijk aal (rapport IMARES 2011).

De vereiste massatoename van mannen om de gewenste groeiverdunning te halen is daarom groter. Echter, mannelijke aal wordt zelden langer dan 45 cm (schieraal) en niet zwaarder dan ongeveer 200 gram. De groeiverdunning is bij mannelijke aal dus zeer beperkt. Daarom wordt in dit rapport alleen met

vrouwelijke aal gerekend. De hoeveelheid som-TEQ (berekend met de WHO 2005 TEF waarden) in een kleine vrouwelijke aal (30 tot 35 cm) kan sterk variëren van 150 pg (aal IJssel, 48 gram) tot 2150 pg (aal Hollands Diep, 98 gram) per aal in de Nederlandse binnenwateren (rapport IMARES 2011), afhankelijk van het gewicht van de aal en de som-TEQ in pg/g. De variatie is waarschijnlijk nog groter, omdat deze getallen uit een steekproef komen die niet representatief is voor 100% van de natuurlijke variatie.

B Groei tot grote aal

Bij de groei van de aal zijn twee factoren van belang; het uiteindelijke gewicht en de kwaliteit van het voer (de hoeveelheid som-TEQ in het voer). Dit voer kan zowel kunstmatig voer in een kwekerij als natuurlijk voer in een schoon uitzetgebied zijn.

Hoe groter de toename van het gewicht van de aal door de omzetting van schoon voer in spier- en vetweefsel, hoe meer groeiverdunning zal optreden.

Hierbij bepaalt de kwaliteit van het voer hoe laag het uiteindelijke som-TEQ gehalte in de aal kan worden en hoe snel een verlaging wordt bereikt. Elk visvoer heeft een bepaald gehalte aan som-TEQ, omdat er geen dierlijke grondstoffen absoluut vrij zijn van dioxines en PCB's. Tegenwoordig worden de visvoerders zo samengesteld dat de gekweekte vis ruim aan de consumptienorm zal voldoen.

De gehalten van som-TEQ in de kweekvis worden dus sterk bepaald door de hoeveelheid som-TEQ in het voer, maar ook door het vetgehalte van het voer, de mate waarin de som-TEQ door de vis wordt opgenomen en de voerderconversie. Dit kan worden berekend, maar een praktische benadering is om het uiteindelijke som-TEQ gehalte te bepalen van een aal die op dit voer gekweekt is. Dit zal ook de hoeveelheid som-TEQ zijn die de wilde aal op zal nemen tijdens de kweek. De gekweekte wilde aal zal daarom na een forse gewichtstoename een som-TEQ gehalte bevatten dat minimaal gelijk is aan de gewone gekweekte aal. Indien een alternatief voer voor de opkweek van de wilde aal wordt gebruikt, dat niet al in aalkwekerijen wordt gebruikt, moet worden berekend wat de opname van som-TEQ zal zijn door de aal tijdens de opkweek. Ook hier is een praktische benadering om kleine kweekaal uit een kwekerij (met een bekende som-TEQ) met dit alternatieve voer op te kweken tot een grote aal waarna opnieuw de som-TEQ wordt bepaald.

Voor wilde aal die in een schoon uitzetgebied wordt geplaatst zijn de som-TEQ gehalten in de plaatselijke grote aal (met een gewicht vergelijkbaar met het gewenste eindgewicht van de uitgezette kleine wilde aal) een goede indicatie van de hoeveelheid som-TEQ die de wilde aal op zal nemen tijdens de groei.

Uit data van het EL&I project monitoring NL blijkt dat het gebruikte voer voor aalkwekerijen van goede kwaliteit is. Nederlandse kweekaal bevat een som-TEQ van ongeveer 2 pg/g (gerekend met de WHO 2005 TEF waarden), Italiaanse kweekaal, met gewichten tot 1100 gram, bevat een som-TEQ van ongeveer 3 pg/g versgewicht.

3.3 Berekening groeiverdunning

In de bijlage staat een uitgebreide statistische berekening van het groeiverdunning proces en hoe dit uitpakt met alen uit de praktijk. In deze paragraaf worden aan de hand van enkele figuren de belangrijkste resultaten beschreven.

Aan de hand van de hieronder beschreven parameters kan de groeiverdunning worden berekend.

Het uiteindelijke som-TEQ gehalte in de opgekweekte wilde aal bestaat uit

- de hoeveelheid TEQ (in picogrammen) in de oorspronkelijk situatie (TEQ T=0)
- plus de hoeveelheid TEQ opgenomen uit het voer (TEQ opgenomen)
- gedeeld door het totale gewicht van de aal (Eindgewicht).

TEQ T=0	Gehalte som-TEQ in pg/g in wilde aal, vermenigvuldigd met gewicht in grammen
TEQ opgenomen	Gehalte in product kweekaal in pg/g, of in dikke lokale wilde aal, vermenigvuldigd met toename gewicht groei-verdunde wilde aal
Eindgewicht	gewicht gekweekte wilde aal na groeiverdunning

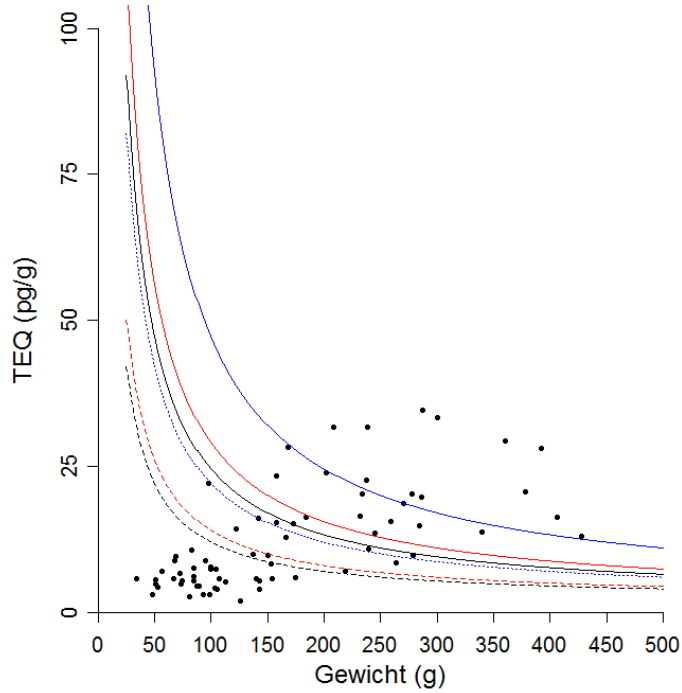
Voorbeeldberekening

Wilde aal van 33 cm uit het Hollands Diep, gewicht 60 gram, som-TEQ is 12.

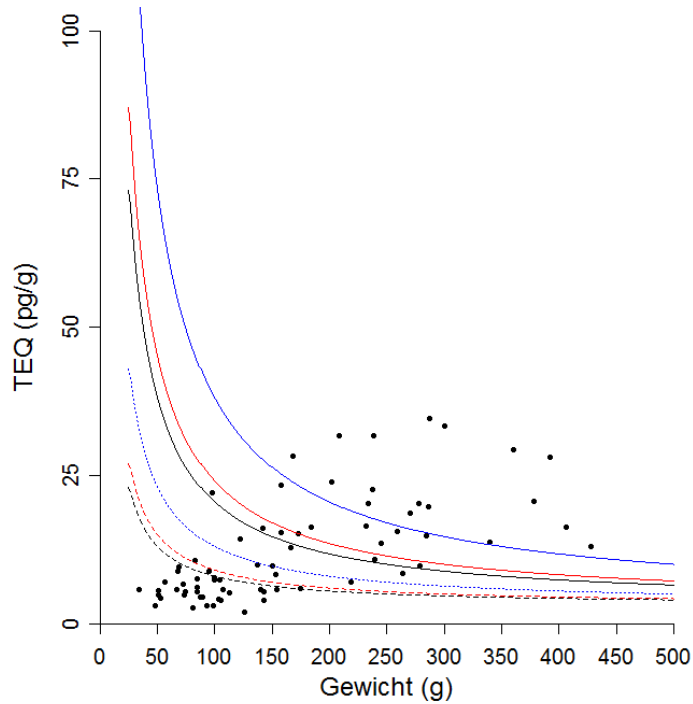
TEQ T=0	bedraagt dan $60 \cdot 12 = 720$ pg
TEQ opgenomen	dikke gekweekte aal van 500 gram bevat een som-TEQ van 3 pg/g. De wilde aal moet dus 440 gram groeien en zal een vergelijkbare hoeveelheid TEQ opnemen; $440 \cdot 3 = 1320$ pg
Eindgewicht	500 gram

De uiteindelijke som-TEQ in groei-verdunde aal bedraagt dan $(720+1320)/500=4.1$ pg/g. Dit is 41% van de consumptienorm voor wilde aal (10 pg/g) en 63% van de norm voor kweekaal (6.5 pg/g).

Aan de hand van de individuele vrouwelijke alen uit het Hollands Diep en de IJssel bij Deventer is de volgende figuur gemaakt, waaruit kan worden afgeleid welke alen wel en welke alen niet voor de groeiverdunning gebruikt kunnen worden.



A; zeer schoon voer



B; gewoon schoon voer

Figuur 1. De som-TEQ en gewichten van alle vrouwelijke alen uit een steekproef uit het Hollands Diep en de IJssel bij Deventer staan vermeld in figuur A en B (elke zwarte stip is één individuele aal). De lijnen geven de grenzen aan van welke aal voor groeiverdunning in kwekerijen gebruikt kan worden.

A: Gebruik van zeer schoon voer in de kweek leidt bij een kweekaal tot een som-TEQ van 2 pg/g.

B: Gebruik van gewoon schoon voer in de kweek leidt bij een kweekaal tot een som-TEQ van 3 pg/g.

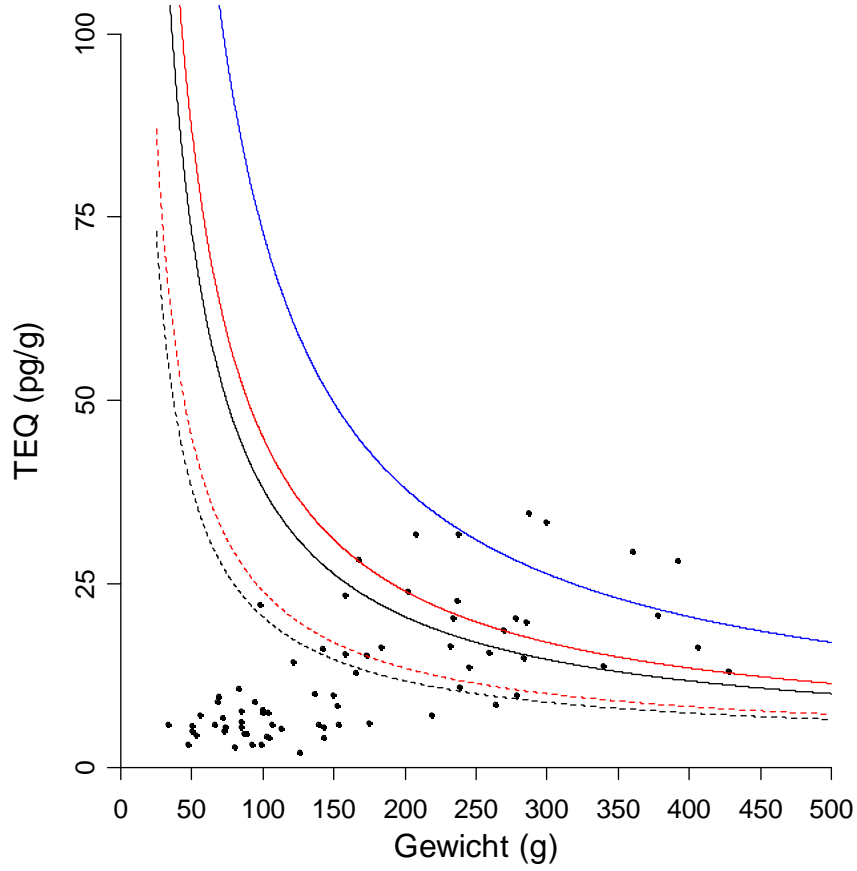
De zwarte, rode en blauwe lijnen geven de grens aan waaronder de wilde alen een vooraf gestelde som-TEQ waarde (streefwaarde) bereiken na opkweek tot consumptie-aal met een vooraf gesteld gewicht. De **zwarte** doorgetrokken lijn geeft een uiteindelijke som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 6.5 pg/g met een gewicht van **500** gram. De zwarte gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ in de consumptie-aal van 4 pg/g, bij hetzelfde gewicht.

De **rode** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 6.5 pg/g met een gewicht van **600** gram. De rode gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ in de consumptieaal van 4 pg/g, bij hetzelfde gewicht .

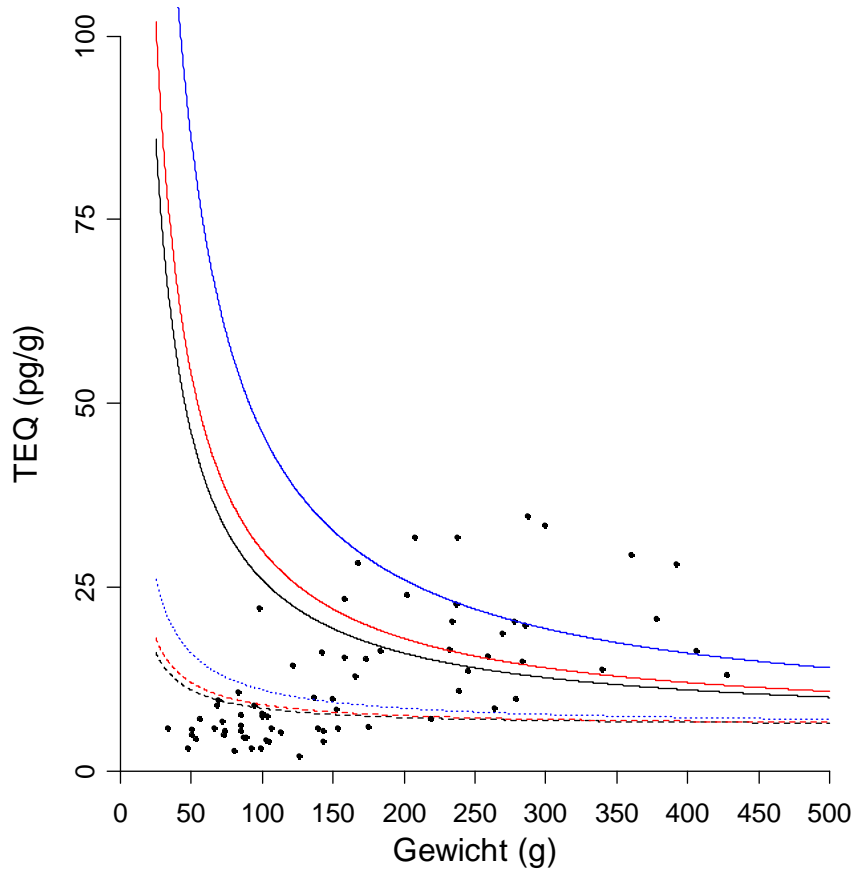
De **blauwe** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 6.5 pg/g met een gewicht van **1000** gram. De blauwe gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ waarde in de consumptie aal van 4 pg/g bij hetzelfde gewicht.

Het verschil tussen Figuur A en B laat zien dat als schoner voer wordt gebruikt, meer alen onder de curves vallen en dus een groter aantal geschikt is voor het gebruik in groeiverdunning. Van zwart, rood tot blauw neemt het eindgewicht van de gekweekte aal toe en daarmee de groeiverdunning. Er vallen dus meer alen onder de blauwe lijn dan onder de zwarte. Hoe lager het uiteindelijk gewenste som-TEQ gehalte in de gekweekte wilde aal, hoe lager het aantal wilde alen dat hiervoor kan worden gebruikt (van doorgetrokken naar gestippelde lijn).

Een zelfde figuur is gemaakt (Figuur 2), maar nu met alen die zijn uitgezet in natuurlijk water. In Figuur 2A is het gehalte som-TEQ in grote alen uit het schone uitzetwater 3 pg/g, in Figuur 2B is het natuurlijke uitzetwater iets minder schoon en bedraagt de som-TEQ in de grote alen 6 pg/g. Deze som-TEQ waarden gelden voor een wilde lokale aal van dié grootte die de uitgezette wilde aal moet bereiken (500, 600 en 1000 gram). Omdat het nu wilde aal betreft zijn de gewenste eindwaarden som-TEQ van de consumptie-aal na groeiverdunning nu op 6,5 en 10 pg/g gezet.



A; Zeer schoon uitzetwater



B; schoon uitzetwater

Figuur 2. De som-TEQ en gewichten van alle vrouwelijke aal uit een steekproef uit het Hollands Diep en de IJssel bij Deventer staan vermeld in figuur A en B (elke zwarte stip is één individuele aal). De lijnen geven de grenzen aan van welke aal voor groeiverdunning in schone uitzetgebieden gebruikt kan worden.

A: Zeer schoon uitzetwater; grote lokale aal bevat een som-TEQ van 3 pg/g.

B: Schoon uitzetwater; grote lokale aal bevat een som-TEQ van 6 pg/g

De zwarte, rode en blauwe lijnen geven de grens aan waaronder de wilde aal een vooraf gestelde som-TEQ waarde (streefwaarde) bereiken na groeiverdunning tot een wilde aal met een vooraf gesteld gewicht.

De **zwarte** doorgetrokken lijn geeft een uiteindelijke som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 10 pg/g met een gewicht van **500** gram. De zwarte gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ in de consumptie-aal van 6,5 pg/g, bij hetzelfde gewicht.

De **rode** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 10 pg/g met een gewicht van **600** gram. De rode gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ in de consumptie-aal van 6.5 pg/g, bij hetzelfde gewicht .

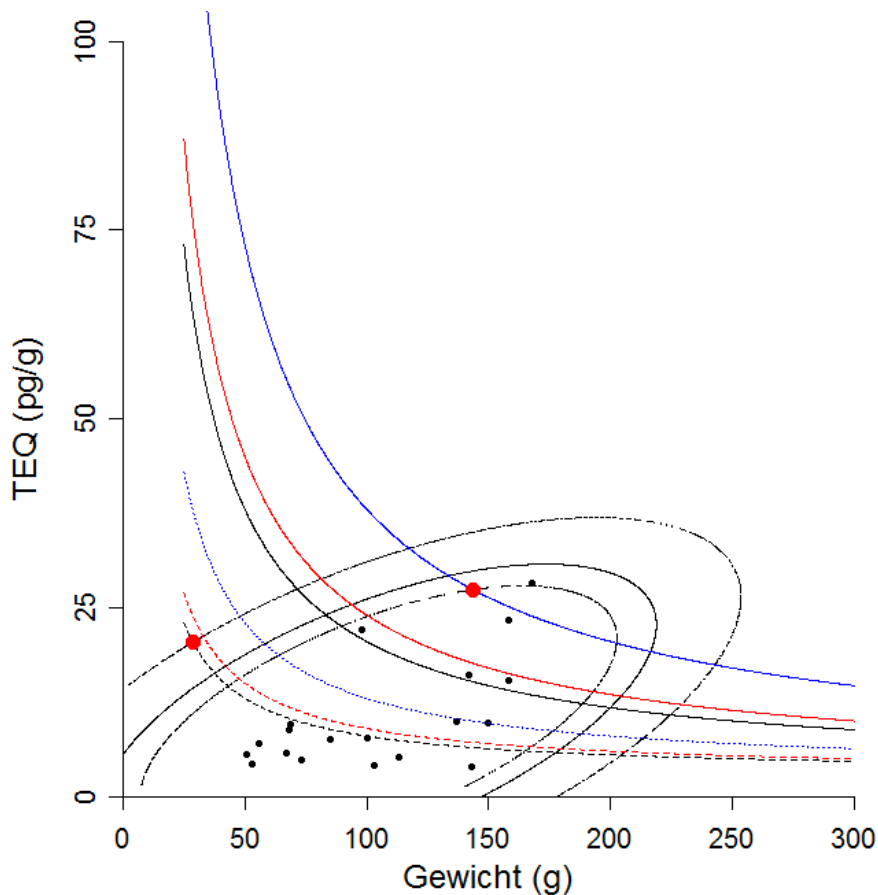
De **blauwe** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 10 pg/g met een gewicht van **1000** gram.

De **blauwe gestippelde lijn** geeft een lagere som-TEQ waarde in de consumptie aal van 6.5 pg/g bij hetzelfde gewicht (**1000** gram). Deze is niet getrokken in Figuur 2A, omdat die overeenkomt met de zwarte doorgetrokken lijn, beide opties zijn daar identiek.

Figuur 2A en B laten zien dat het proces van groeiverdunning in natuurlijke omstandigheden hetzelfde verloopt als bij kweekomstandigheden. Hoe schoner het opgroeigebied en hoe groter de groei-verdunde aal hoe meer wilde alen geschikt zijn voor groeiverdunning.

Schatten van maximale gewicht van een pootaal waarbij de beoogde doelen worden bereikt

Omdat er grote variatie in som-TEQ gehalten bestaat tussen individuele alen is er bij een bepaald gewicht van de gevangen wilde aal ook een variatie in de som-TEQ in het eindproduct, de groei-verdunde grote aal. Met behulp van de in de bijlage beschreven methode (Vergelijkingen 1 en 2) kunnen schattingen worden verkregen van maximale gewichten van pootalen waarbij de beoogde doelstellingen (maximale som-TEQ van een opgekweekte consumptie-aal met een beoogd gewicht) met een bepaalde kans worden gehaald. Dit is gevisualiseerd in Figuur 3 voor de steekproef van individuele alen (<200 gram) uit het Hollands Diep.



Figuur 3. Illustratie van een methode om met behulp van de intersecties van de limieten (rode en zwarte lijnen) en geschatte variatie aan lichaamsgewichten en som-TEQ waarden van wilde pootalen (ellipsen), een maximaal gewicht van een wilde pootaal te kiezen voor opkweek in een kwekerij. De datapunten zijn afkomstig van individuele vrouwelijke alen uit het Holland Diep.

De zwarte, rode en blauwe lijnen geven limieten aan waarbij een vooraf gestelde som-TEQ waarde wordt bereikt van een opgekweekte wilde aal met een vooraf gesteld gewicht, waarbij het gebruik van schoon voer in de kweek leidt tot een kweekaal met een som-TEQ van 3 pg/g.

De **zwarte** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 6.5 pg/g met een gewicht van 500 gram. De zwarte gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ in de consumptie-aal van 4 pg/g, bij hetzelfde gewicht.

De **rode** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 6.5 pg/g met een gewicht van 600 gram. De rode gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ in de consumptie-aal van 4 pg/g, bij hetzelfde gewicht.

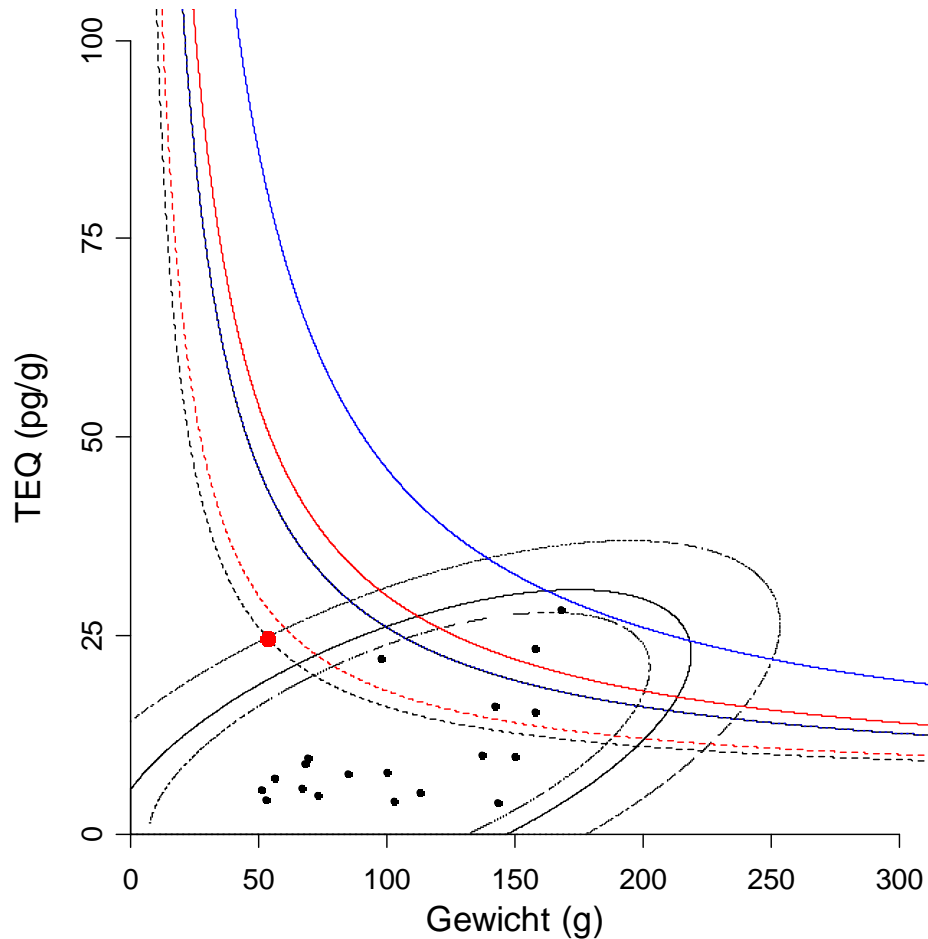
De **blauwe** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 6.5 pg/g (q) met een gewicht van 1000 gram. De blauwe gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ waarde in de consumptie aal van 4 pg/g bij hetzelfde gewicht.

Met behulp van figuur 3 kan een afweging worden gemaakt van het risico voor overschrijding van de beoogde som-TEQ waarde van de gekweekte wilde aal met het beoogde gewicht. De ellipsen geven de onzekerheidsmarges aan, de grootste ellips geeft de kleinste onzekerheid. Indien wordt beoogd om een consumptie-aal van 500 gram (zwarte lijnen) te kweken met een maximale som-TEQ van 4 (gestippelde zwarte lijn), dan wordt bij een wilde pootaal van 29 gram de intersectie van de 99% (buitenste) ellips met de zwarte gestippelde lijn gemaakt wat inhoudt dat naar schatting 0.5% van de pootalen met dit gewicht zullen opgroeien tot consumptie aal met een hogere som-TEQ dan beoogd. Indien wordt beoogd om een consumptie aal van 1000 gram te kweken met een maximale som-TEQ van 6.5, dan wordt bij een wilde pootaal van 143.6 gram de intersectie van de 90% (binnenste) ellips met de blauwe doorgetrokken lijn gemaakt, wat inhoudt dat naar schatting 5% van de pootalen met dit gewicht zullen opgroeien tot consumptie aal met een hogere som-TEQ dan beoogd.

Het is duidelijk dat als gekozen wordt voor de 99% ellips en een eind som-TEQ van 4, de kans op overschrijding van de voedselveiligheidsnorm van 6,5 pg/g erg klein wordt. Een overschrijding van de gewenste som-TEQ van 4 pg/g, door een afwijkend hoog gehalte som-TEQ in de wilde aal, is nog mogelijk, maar het wordt zeer onwaarschijnlijk dat de norm van 6,5 pg/g wordt overschreden.

Aan de hand van de praktijkdata uit Hollands Diep en IJssel bij Deventer zijn voorbeeldtabellen gemaakt die aangeven met welke zekerheid een aal van een bepaald gewicht zal uitgroeien tot een aal met een som-TEQ beneden de gewenste eindwaarde (zie Bijlage).

Een zelfde figuur is gemaakt (Figuur 4), maar nu met alen die zijn uitgezet in natuurlijk water. In figuur 4 is het gehalte som-TEQ in grote alen afkomstig uit het schone uitzetwater 6 pg/g. Deze som-TEQ waarden gelden voor een aal van die grootte die de uitgezette wilde aal moet bereiken (500, 600 en 1000 gram).



Figuur 4. Illustratie van den methode om met behulp van de intersecties van de limieten (rode en zwarte lijnen) en geschatte variatie aan lichaamsgewichten en som-TEQ waarden van wilde pootalen (ellipsen), een maximaal gewicht van een wilde pootaal te kiezen voor uitzet in een schoner watersysteem. De datapunten zijn afkomstig van individuele vrouwelijke alen uit het Holland Diep .

De **zwarte** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 10 pg/g met een gewicht van 500 gram. De zwarte gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ in de consumptie-aal van 8 pg/g, bij hetzelfde gewicht.

De **rode** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 10 pg/g met een gewicht van 600 gram. De rode gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ in de consumptie-aal van 8 pg/g, bij hetzelfde gewicht.

De **blauwe** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 10 pg/g (q) met een gewicht van 1000 gram. De blauwe gestippelde lijn (niet getekend, is identiek aan zwarte doorgetrokken lijn) geeft een lagere som-TEQ waarde in de consumptie aal van 8 pg/g bij hetzelfde gewicht.

Indien wordt beoogd om een consumptie-aal van 500 gram (zwarte lijnen) te kweken met een maximale som-TEQ van 8 (gestippelde zwarte lijn), dan wordt bij een wilde pootaal van 51 gram de intersectie van de 99% (buitenste) ellips met de zwarte gestippelde lijn gemaakt wat inhoudt dat naar schatting 0.5% van de pootalen met dit gewicht zullen opgroeien tot consumptie alen met een hogere som-TEQ dan beoogd. Bij de keuze voor hogere eindgewichten, hogere eind som-TEQ en lagere zekerheid wordt het maximale te gebruiken gewicht van de wilde pootaal groter.

Aan de hand van de praktijkdata uit Hollands Diep en IJssel bij Deventer zijn ook voor de uitzet in schoon water voorbeeldtabellen gemaakt die aangeven met welke zekerheid een aal van een bepaald gewicht zal uitgroeien tot een aal met een som-TEQ beneden de gewenste eindwaarde (zie Bijlage).

Opmerkingen bij de berekeningen.

Door het gebruik van data van wilde alen is veel van de natuurlijke variatie; gewicht, vetgehalte en som-TEQ, verwerkt in de berekeningen. Aal afkomstig van andere gebieden kan een andere variatie vertonen. Ook tijdens de groeiverdunning zal variatie optreden, afhankelijk van type locatie kan er verschil in vetgehalte bij het gewenste eindgewicht, in groeisnelheid en in dieetkeuze (bij natuurlijke opkweek) en daarmee in som-TEQ optreden. Zo zullen de grote alen afkomstig uit het beoogd uitzetgebied ook een natuurlijke variatie in som-TEQ gehalten vertonen. Deze variaties zijn niet gekwantificeerd in het rekenmodel en met deze extra onzekerheid moet in de praktijk rekening gehouden worden.

4. Conclusies

De theoretische berekeningen laten zien dat groeiverdunning van wilde, vrouwelijke aal kleiner dan 35 cm, of minder dan 200 gram, uit een vervuild gebied kan leiden tot een grote aal die aan de voedselveiligheidsnorm voor kweekaal (som-TEQ is 6.5 pg/g) en wilde aal (som-TEQ is 10pg/g) voldoet. De vereiste groeiverdunning is sterk afhankelijk van de contaminatie van de wilde kleine aal, de grootte (gewicht), de kwaliteit van het voer en de uiteindelijke grootte van de gekweekte wilde aal. De variatie van het gewicht bij een gegeven lengte is groot; omdat het gewicht de bepalende factor is, is het wegen van de aal beter dan de lengte bepalen. Op grond van de beschikbare gegevens over gewicht en contaminatie van aal in de gesloten gebieden kan met grote zekerheid worden gesteld dat kleine wilde vrouwelijke alen, die verder opgroeien met kwalitatief goed voedsel (een laag som-TEQ gehalte) aan de voedselveiligheidsnorm van 6.5 pg/g of 10 pg/g kunnen voldoen. Hierbij bepaalt de kwaliteit van het voedsel (natuurlijk of kunstmatig visvoer), het gewicht en het gehalte som-TEQ in de kleine wilde aal tot welk eindgewicht moet worden opgekweekt.

Vanwege de grote variatie in de som-TEQ gehalten in de kleine wilde alen zijn de betrouwbaarheidsintervallen in het rekenmodel groot. Door de variatie in factoren tijdens het groeiverdunningsproces (zoals groeisnelheden, vetgehalten, som-TEQ in lokale grote aal in uitzetgebied) moet in eerste instantie een ruime veiligheidsmarge genomen worden. Hoe meer specifieke kennis over het effect van groeiverdunning is opgedaan in praktijksituaties, hoe nauwkeuriger de groeiverdunning voorspeld kan worden.

5. Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 1 april 2017 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

Referenties

de Boer, J.; Van der Valk, F.; Kerkhoff, M.A.T.; Hagel, P. (1994). 8-Year study on the elimination of PCBs and other organochlorine compounds from eel (*Anguilla anguilla*) under natural conditions *Environ. Sci. Technol.* 28(13): 2242-2248

Hoogenboom L.A.P., M. J. J. Kotterman, M. Hoek-van Nieuwenhuizen, M.K. van der Lee, W.A. Traag (2007). "Onderzoek naar dioxines, dioxine-achtige PCB's en indicator-PCB's in paling uit de Nederlandse binnenwateren." RIKILT IMARES Rapport 2007.003.

Kotterman, M. J. J., S. Bierman, M.K. van der Lee, L.A.P. Hoogenboom en J.H.M. Schobben (2011). "Bepaling percentage aal onder de totaal-TEQ limiet in de voor aalvangst gesloten gebieden." IMARES Rapport C119/11A

Kotterman, M.J.J. (2009). "Invloed vermageren aal op de concentratie PCB's; literatuur studie met een praktische inslag." IMARES Rapport C080/09

Mardia, K. V., Kent, J. T., and Bibby, J. M. (1979), *Multivariate analysis*, London: Academic Press.

Murdoch, D.J. and Chow, E.D. (1996), "A graphical display of large correlation matrices," *The American Statistician*, 50, 178-180.

R Development Core Team (2005), "R: A Language and Environment for Statistical Computing," R Foundation for Statistical Computing (<http://cran.r-project.org>).

Verantwoording

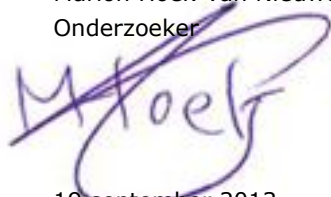
Rapportnummer: C015/13

Projectnummer: 4302300301

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Marion Hoek-van Nieuwenhuizen
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 19 september 2013

Akkoord: Drs. J.H.M. Schobben
Afdelingshoofd Vis

Handtekening:



Datum: 16 oktober 2013

Bijlage A: De berekening van groeiverdunning

Het doel is om een wildgevangen pootaal met een bekend gewicht x (in gram) en met een (in de praktijk) onbekende TEQ y (in pg/g versgewicht) op te kweken tot een consumptie aal met een gewicht z (gram) die een TEQ heeft die maximaal q (pg/g) bedraagt. Bijvoorbeeld, als doel kan gesteld worden om wilde pootaal op te kweken tot consumptie aal met een gewicht van minimaal $z=500$ gram die de norm voor voedselveiligheid $q=6.5$ niet, of met een bepaalde maximale kans, overschrijdt. Om de kans op overschrijding van de beoogde TEQ van de consumptie aal te schatten, moet er ook bekend zijn wat de TEQ is van het voer dat gegeven wordt aan de aal tijdens het opkweken.

In de beschrijving van de methode maken we onderscheid tussen verschillende parameters, een aantal wordt hieronder uitgelegd:

- 1) som-TEQ: het aantal picogram toxicologische equivalenten per gram versgewicht. De eenheid van som-TEQ is picogram/gram (pg/g). In de formule wordt dit weergegeven als y .
- 2) TTEQ: de totale hoeveelheid toxicologische equivalenten in een individu (totale som-TEQ). Deze wordt verkregen door het vermenigvuldigen van de som-TEQ van een aal met het gewicht van die aal. De eenheid van TTEQ is picogram (pg).
- 3) u De concentratie som-TEQ in pg/g in een kweekaal, opgekweekt van glasaal tot eindproduct met het voer dat ook de wildvang aal gevoerd krijgt.
- 4) w De maximale hoeveelheid som-TEQ in pg in de gekweekte wilde aal; deze wordt berekend door het eindgewicht van de kweekaal te vermenigvuldigen met de gewenste som-TEQ concentratie in deze gekweekte aal.

In onderstaande tabel staan alle parameters die nodig zijn voor de berekening van de groeiverdunning;

symbool	Parameter	eenheid	voorbeeld
x	Gewicht van wildgevangen pootaal	g	60
y	Som-TEQ van wildgevangen pootaal	pg/g	14
z	Gewicht van voor consumptie opgekweekte aal	g	500
q	Tot doel gestelde som-TEQ voor consumptie opgekweekte aal	pg/g	6,5
u	som-TEQ in pg/g in een kweek aal, opgekweekt van glasaal tot eindproduct met het te gebruiken voer	pg/g	3
w	Totale hoeveelheid som-TEQ in de gekweekte wilde aal ($q \cdot z$)	pg	3250

Rekenwijze

De beoogde totale hoeveelheid picogrammen TTEQ in de voor consumptie opgekweekte aal wordt gegeven door het vermenigvuldigen van de beoogde som-TEQ met het beoogde minimale gewicht van de consumptie aal: $z \times q$. In het geval $z=500$ g en $q=6.5$ pg/g $\rightarrow z \times q = 3250$ picogram. De wildgevangen pootaal neemt tijdens het opgroeien in de kweek met $z - x$ gram toe in gewicht ($500 - 60 = 440$ g), en neemt daarbij naar schatting $u(z - x)$ picogrammen TEQ op, $3 \cdot 440 = 1320$ pg. De totale hoeveelheid picogrammen TTEQ (w) die de consumptie aal tenslotte bereikt hangt daarom af van de TEQ y en het gewicht x die de wildgevangen pootaal oorspronkelijk had:

$$w = xy + u(z - x)$$

Totale hoeveelheid TEQ in de consumptie aal = $60 \cdot 14 + 3(500 - 60) = 720 + 1320 = 2040$ pg

De concentratie in de gekweekte wilde aal bedraagt dus $2040 \text{ pg} / 500 = 4.1 \text{ pg/g}$. Hiermee voldoet de aal aan de norm van 6.5 pg/g .

Om te berekenen welke wilde aal gebruikt kan worden in de groeiverdunning is een berekeningswijze opgesteld.

De totale hoeveelheid TTEQ in picogrammen kan gelijk worden gesteld aan de ten doel gestelde TTEQ in de consumptie aal:

$$zq = xy + u(z - x)$$

Deze vergelijking kan worden omgeschreven zodat duidelijk wordt bij welke combinaties van gewicht x en TEQ y van een wildgevangen pootaal, een consumptie aal met gewicht z wordt verkregen met een TEQ die lager of gelijk is aan het vooraf gestelde doel:

$$y \leq \frac{zq - u(z - x)}{x} = \frac{zq - uz}{x} + u$$

Vergelijking 1

Bijvoorbeeld, bij een beoogde TEQ $q=6.5$ en een gewicht $z=500$, en TEQ in het voer $u=3$:

$$y \leq \frac{1750}{x} + 3$$

Een wilde aal van 60 gram kan dus een som-TEQ gehalte bevatten van 32 pg/g, een zwaardere aal van 120 gram mag slechts een som-TEQ gehalte van 17,5 pg/g bevatten.

Wildgevangen pootalen met gewichten x en som-TEQ y die aan vergelijking 1 voldoen zullen na opgroei in de kweek een som-TEQ als consumptie aal hebben die aan de beoogde maximale som-TEQ voldoet. In de praktijk zal alleen het gewicht (of de lengte) van een pootaal gemeten worden, terwijl de som-TEQ onbekend zal zijn (of alleen steekproefsgewijs zal worden bepaald). Hierdoor zal de geschatte kans op overschrijding van de beoogde TEQ in de consumptie aal bij gegeven grootte (lengte of gewicht) van een individuele pootaal afhangen van de spreiding aan TEQ waarden bij de grootte van deze pootaal.

De data van een steekproef van som-TEQ gehalten in individuele alen van twee locaties (Hollands Diep en IJssel bij Deventer, referentie rapport) kunnen gebruikt worden om de onbekende werkelijke spreiding aan combinaties van TEQ waarden en gewichten van pootalen in de aalpopulaties op de plekken waar de monsters van de steekproef zijn genomen te schatten. Deze steekproef wordt als voorbeeld gebruikt, deze is niet representatief voor het hele benedenriviereengebied noch de IJssel. Plaatselijke variaties in bodemgesteldheid (vervuiling) kunnen grote effecten op de som-TEQ hebben.

Schatting van de spreiding

Als schatting van deze spreiding aan waarden is het predictie-interval van de bivariate normaal verdeling genomen (zie appendix). De schatting van de ruimte waarbinnen een percentage α van combinaties van lichaamsgewichten en TEQ waarden van individuele alen, op een bepaalde vislocatie zal liggen wordt dan gegeven door:

$$(\mathbf{Y} - \bar{\mathbf{Y}})' \mathbf{V}^{-1} (\mathbf{Y} - \bar{\mathbf{Y}}) \leq \frac{2(n-1)}{n-1} F_{1-\alpha, 2n-1} \left(1 + \frac{1}{n}\right), \quad \text{Vergelijking 2}$$

De twee-dimensionale vector \mathbf{Y} bestaat uit het lichaamsgewicht x_i en TEQ y_i van een individuele pootaal. Een individu wordt geïndexeerd door het subscript i ($i=1, 2, \dots, n$), waarbij het aantal alen in de steekproef wordt gegeven door n . De twee-dimensionale vector $\bar{\mathbf{Y}}$ geeft het gemiddelde gewicht en de gemiddelde TEQ waarde van alle alen in de steekproef. $F_{1-\alpha, 2n-1}$ is het $1-\alpha$ percentiel van de Fisher-Snedecor F -distributie (zie Mardia *et al.* 1979, hoofdstuk 3.5), en $\mathbf{V} = [v_{gh}]$ is de 2×2 variantie-covariantie matrix van lichaamsgewichten en TEQ van de n alen (rijen en kolommen geïndexeerd door g en h):

$$V_{11} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2$$

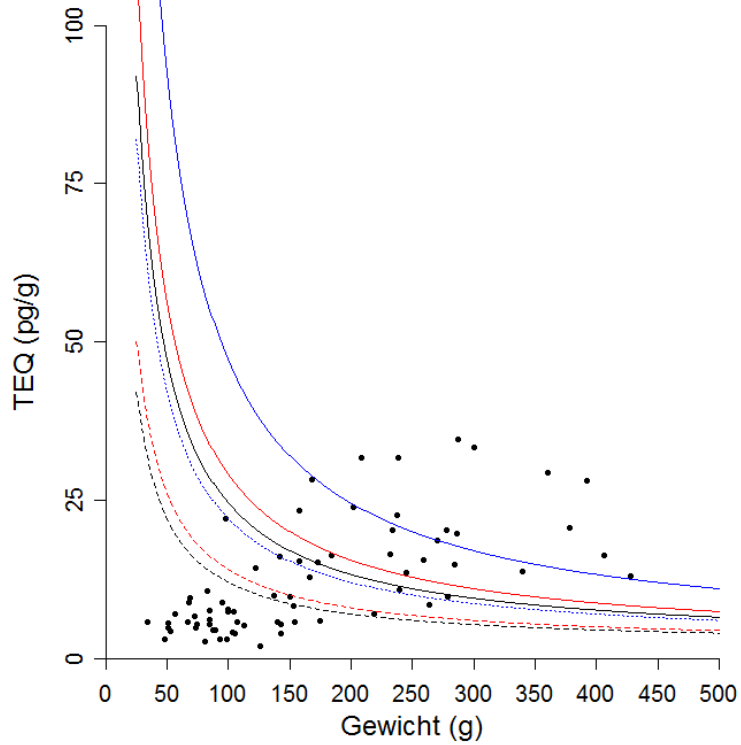
$$V_{12} = V_{21} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)(y_i - \bar{y}_i)$$

$$V_{22} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2$$

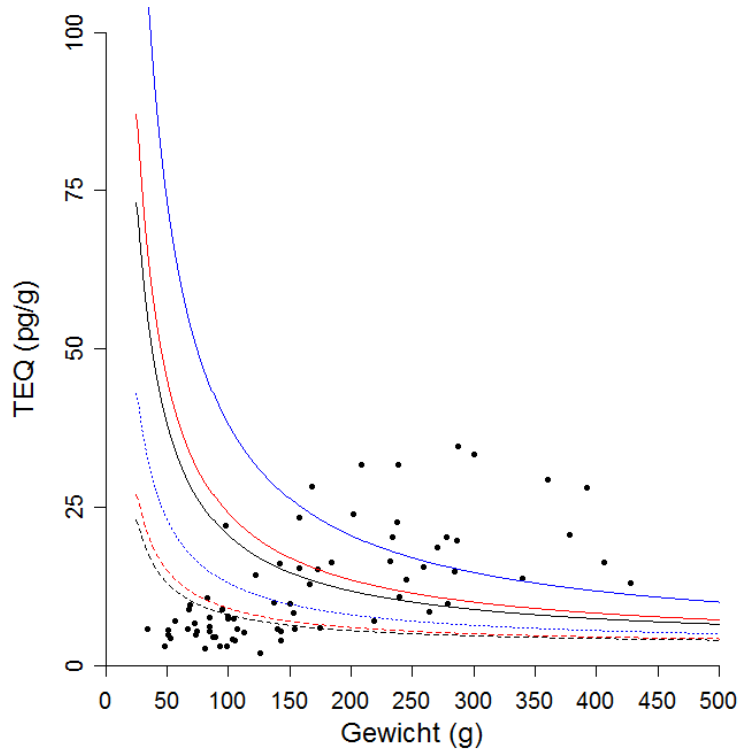
Statistische analyses zijn uitgevoerd met de statistische programmeertaal R (R Development Core Team 2005), met behulp van het "ellipse" pakket dat kan worden gedownload van <http://cran.r-project.org>. Het ellips pakket bevat een computer code voor een aantal statistische routines om ellips-achtige betrouwbaarheidsintervallen te berekenen met behulp van de technieken zoals beschreven in Murdoch and Chow (1996).

Toepassing methode met praktijkdata

Een visualisatie van de gebruikte methode is gegeven in de volgende figuren:



A; Bij gebruik zeer schoon voer



B; bij gebruik schoon voer

Figuur 1; . De som-TEQ en gewichten van alle vrouwelijke alen uit een steekproef uit het Hollands Diep en de IJssel bij Deventer staan vermeld in figuur A en B (elke zwarte stip is één individuele aal).

A: het voedsel in de kweek leidt bij een kweekaal tot een som-TEQ van 2 pg/g, zeer schoon voer.

B: het voedsel in de kweek leidt bij een kweekaal tot een som-TEQ van 3 pg/g, gewoon schoon voer.

De zwarte, rode en blauwe lijnen geven de grens aan waaronder de wilde alen een vooraf gestelde som-TEQ waarde (streefwaarde) bereiken na opkweek tot consumptie-aal met een vooraf gesteld gewicht. De **zwarte** doorgetrokken lijn geeft een uiteindelijke som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 6.5 pg/g met een gewicht van **500** gram. De zwarte gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ in de consumptie-aal van 4 pg/g, bij hetzelfde gewicht.

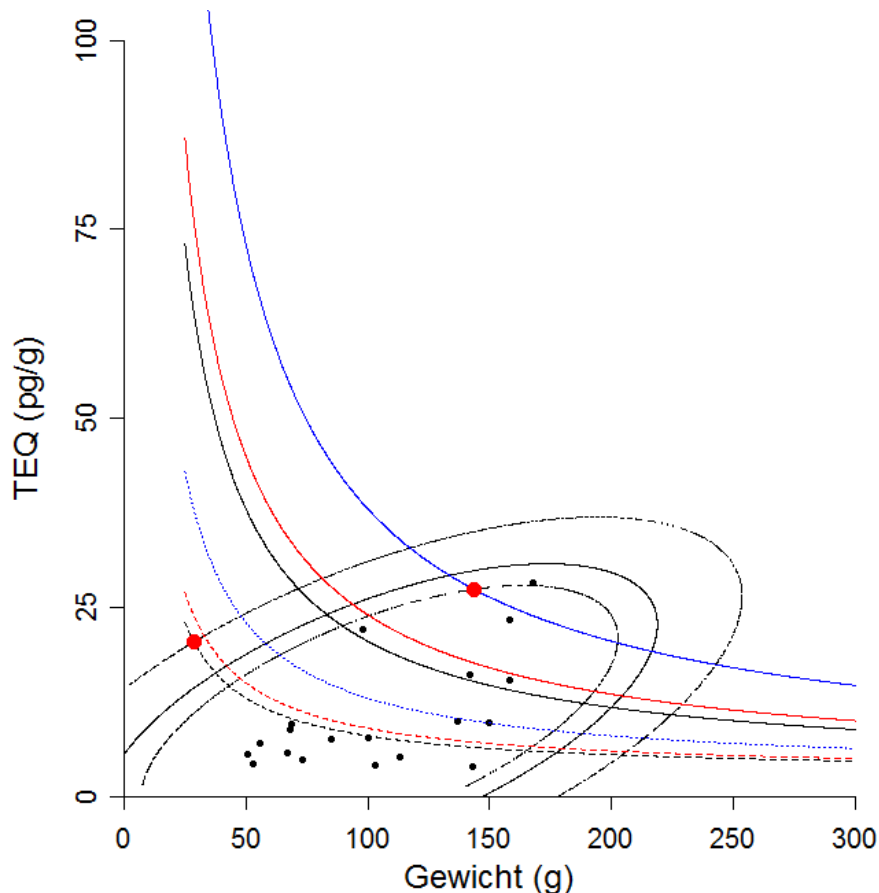
De **rode** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 6.5 pg/g met een gewicht van **600** gram. De rode gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ in de consumptieaal van 4 pg/g, bij hetzelfde gewicht .

De **blauwe** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 6.5 pg/g met een gewicht van **1000** gram. De blauwe gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ waarde in de consumptie aal van 4 pg/g bij hetzelfde gewicht.

Figuur A en B laten zien dat als schoner voer wordt gebruikt, meer alen onder de curves vallen en dus en groter aantal geschikt is voor het gebruik in groeiverdunning. Van zwart, rood tot blauw neemt het eindgewicht van de gekweekte aal toe, en daarmee de groeiverdunning. Er vallen dus meer alen onder de blauwe lijn dan onder de zwarte. Hoe lager het gewenste som-TEQ gehalte in de gekweekte aal, hoe lager het aantal alen dat hiervoor kan worden gebruikt (van doorgetrokken naar gestippelde lijn).

Schatten van maximale gewicht van een pootaal waarbij de beoogde doelen worden bereikt

Met behulp van de hierboven beschreven methode (Vergelijkingen 1 en 2) kunnen schattingen worden verkregen van maximale gewichten van pootalen waarbij de beoogde doelstellingen (maximale som-TEQ van een opgekweekte consumptie-aal met een beoogd gewicht) met een bepaalde kans worden gehaald. Dit is gevisualiseerd in figuur 2 voor de steekproef van individuele aalen uit het Hollands Diep.



Figuur 2. Illustratie van een methode om met behulp van de intersecties van de limieten (rode en zwarte lijnen) en geschatte variatie aan lichaamsgewichten en som-TEQ waarden van wilde pootalen (ellipsen) een maximaal gewicht van een wilde pootaal te kiezen, datapunten zijn afkomstig van individuele aalen uit het Holland Diep.

De zwarte, rode en blauwe lijnen geven limieten aan waarbij een vooraf gestelde TEQ waarde wordt bereikt van een opgekweekte consumptie aal met een vooraf gesteld gewicht, waarbij het voedsel in de kweek een TEQ heeft van 3 pg/g.

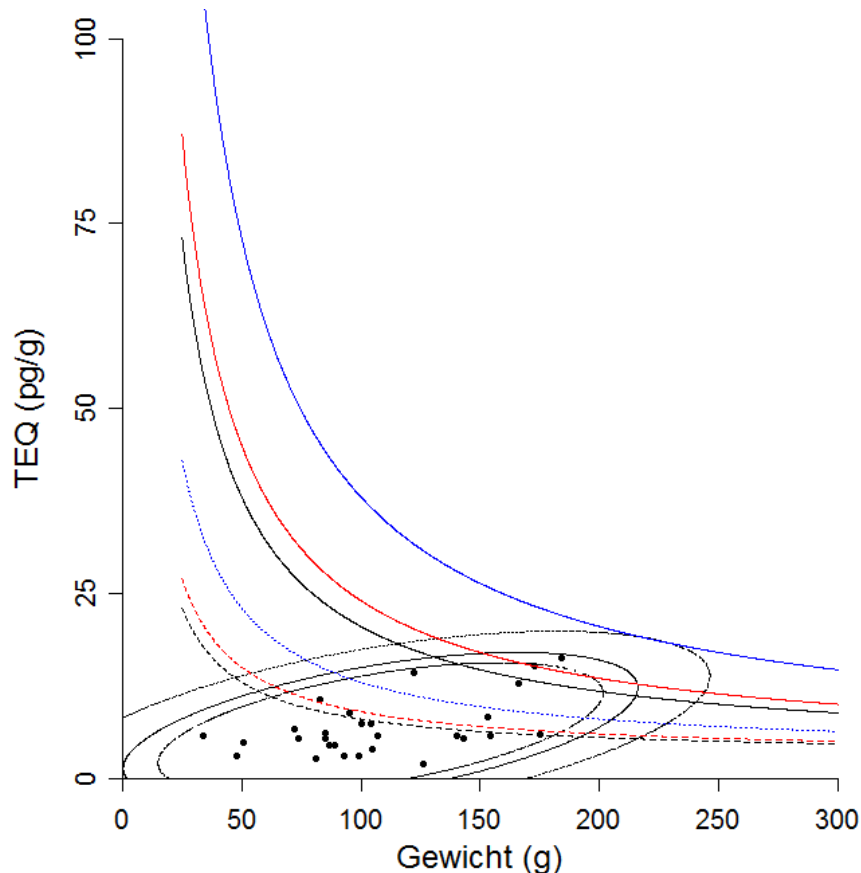
De **zwarte** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 6.5 pg/g met een gewicht van 500 gram. De zwarte gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ in de consumptie-aal van 4 pg/g, bij hetzelfde gewicht.

De **rode** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 6.5 pg/g met een gewicht van 600 gram. De rode gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ in de consumptieaal van 4 pg/g, bij hetzelfde gewicht.

De **blauwe** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 6.5 pg/g (q) met een gewicht van 1000 gram. De blauwe gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ waarde in de consumptie aal van 4 pg/g bij hetzelfde gewicht.

Met behulp van Figuur 2 kan een afweging worden gemaakt van het risico voor overschrijding van de beoogde som-TEQ waarde van de consumptie aal met het beoogde gewicht. Indien wordt beoogd om een consumptie aal van 500 gram (zwarte lijnen) te kweken met een maximale TEQ van 4 (gestippelde zwarte lijn), dan wordt bij een pootaal van 28.7 gram de intersectie van de 99% (buitenste) ellips met de zwarte gestippelde lijn gemaakt wat inhoudt dat naar schatting 0.5% van de pootalen met dit gewicht zullen opgroeien tot consumptie alen met een hogere TEQ dan beoogd. Indien wordt beoogd om een consumptie aal van 1000 gram te kweken met een maximale TEQ van 6.5, dan wordt bij een pootaal van 143.6 gram de intersectie van de 90% (binnenste) ellips met de blauwe doorgetrokken lijn gemaakt wat inhoudt dat naar schatting 5% van de pootalen met dit gewicht zullen opgroeien tot consumptie alen met een hogere som-TEQ dan beoogd. Het is duidelijk dat als gekozen wordt voor de 99% ellips en een eind som-TEQ van 4, de kans op overschrijding van de voedselveiligheidsnorm van 6,5 erg klein wordt. Een overschrijding van de gewenste som-TEQ van 4, door een afwijkend hoog gehalte som-TEQ in de wilde aal, is nog mogelijk, maar het wordt zeer onwaarschijnlijk dat de norm van 6,5 wordt overschreden.

Figuur 3 geeft de resultaten voor de alen uit de IJssel bij Deventer. Door de lagere som-TEQ gehalten in de wilde aal kan deze tot hogere gewichten gebruikt worden voor groeiverdunning.



Figuur 3. Illustratie van een methode om met behulp van de intersecties van de limieten (rode en zwarte lijnen) en geschatte variatie aan lichaamsgewichten en som-TEQ waarden van wilde pootalen (ellipsen) een maximaal gewicht van een wilde pootaal te kiezen, datapunten zijn afkomstig van individuele alen uit de IJssel met gewichten onder de 200 gram.

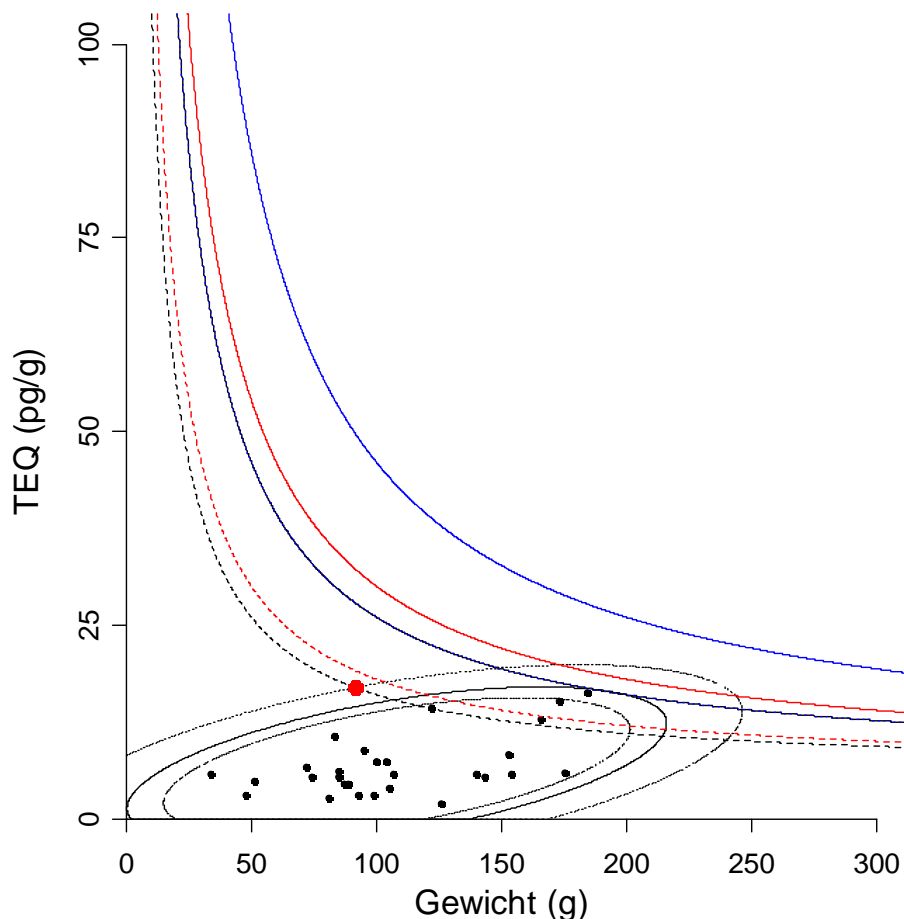
De zwarte, rode en blauwe lijnen geven limieten aan waarbij een vooraf gestelde TEQ waarde wordt bereikt van een opgekweekte consumptie aal met een vooraf gesteld gewicht, waarbij het voedsel in de kweek een TEQ heeft van 3 pg/g.

De **zwarte** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 6.5 pg/g met een gewicht van 500 gram. De zwarte gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ in de consumptie-aal van 4 pg/g, bij hetzelfde gewicht.

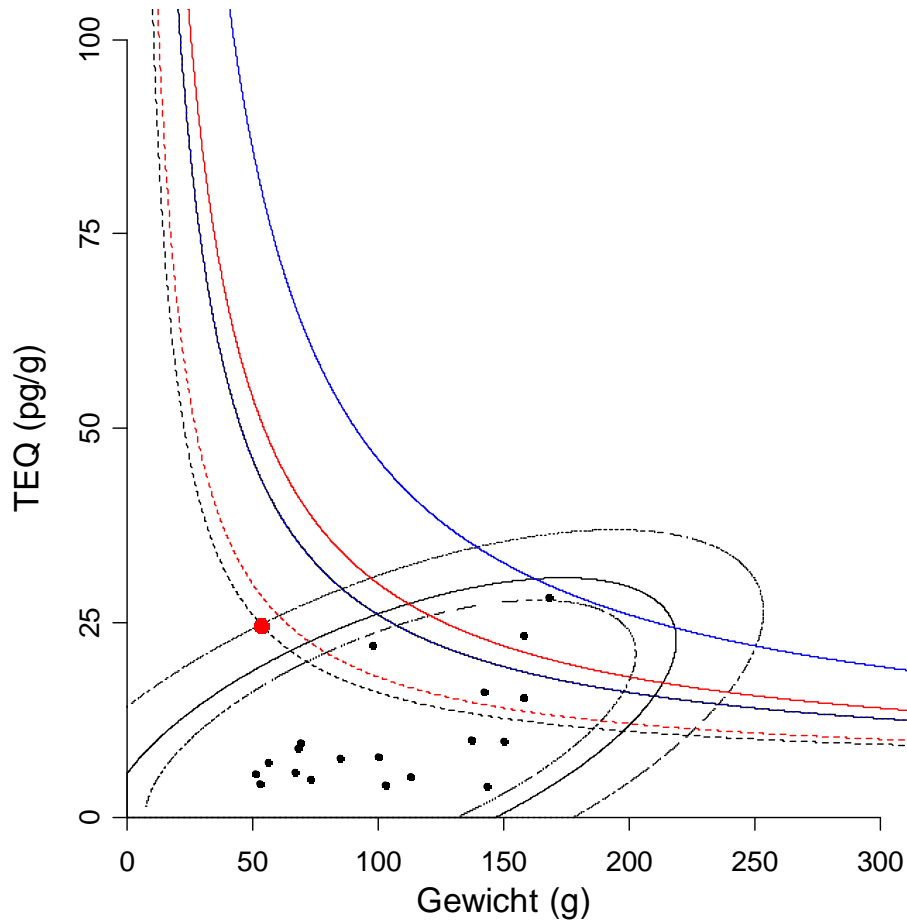
De **rode** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 6.5 pg/g met een gewicht van 600 gram. De rode gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ in de consumptieaal van 4 pg/g, bij hetzelfde gewicht .

De **blauwe** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 6.5 pg/g met een gewicht van 1000 gram. De blauwe gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ waarde in de consumptie aal van 4 pg/g bij hetzelfde gewicht.

Als de kleine wilde aal wordt uitgezet in schone opgroei gebieden zal de maximale som-TEQ in het eindproduct 10 pg/g mogen bedragen. De wilde aal, afkomstig uit deze uitzetgebieden, zal een lage som-TEQ moeten bevatten. In onderstaande voorbeelden zijn voor het Hollands Diep en de IJssel bij Deventer de betrouwbaarheids limieten gegeven voor een situatie waarbij de grote aal uit het uitzetgebied een som-TEQ van 6 pg/g bevat.



A; Alen uit de IJssel bij Deventer



B; Alen uit het Hollands Diep

Figuur 4. Illustratie van den methode om met behulp van de intersecties van de limieten (rode en zwarte lijnen) en geschatte variatie aan lichaamsgewichten en som-TEQ waarden van wilde pootalen (ellipsen), een maximaal gewicht van een wilde pootaal te kiezen voor uitzet in een schoner watersysteem.

De **zwarte** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 10 pg/g met een gewicht van 500 gram. De zwarte gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ in de consumptie-aal van 8 pg/g, bij hetzelfde gewicht.

De **rode** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 10 pg/g met een gewicht van 600 gram. De rode gestippelde lijn geeft een lagere som-TEQ in de consumptie-aal van 8 pg/g, bij hetzelfde gewicht.

De **blauwe** doorgetrokken lijn geeft een som-TEQ waarde en gewicht van de consumptie aal van 10 pg/g (q) met een gewicht van 1000 gram. De blauwe gestippelde lijn (niet getekend, is identiek aan zwarte doorgetrokken lijn) geeft een lagere som-TEQ waarde in de consumptie aal van 8 pg/g bij hetzelfde gewicht

Berekende maximum gewichten wilde vrouwelijke aal voor groeiverdunning

Uit de gegevens van som-TEQ gehalten in individuele alen uit het Hollands Diep en de IJssel bij Deventer (Referentie) zijn de volgende tabellen opgesteld, als indicator van de mogelijkheden.

Tabel 1. Voorbeelden van geschatte maximale startgewichten (gram) van wild-gevangen vrouwelijke pootaal waarbij met een bepaalde overschrijdingskans (0.5%, 2.5% of 5%) een opgekweekte consumptie aal met een beoogde gewicht (500, 600, 750 of 1000 gram) voldoet aan de beoogde som-TEQ (4 of 6.5). De schattingen zijn gemaakt met behulp van twee data sets van individuele vrouwelijke alen van twee locaties; het Hollands Diep en de IJssel.

Wilde aal uit het Hollands Diep:

maximum gewicht waarbij een wilde vrouwelijke aal voldoet aan de gestelde eisen bij de randvoorwaarden:

Som-TEQ in voedsel leidt tot kweekaal met som-TEQ = 3 pg/g, beoogd doel voor de opgekweekte wilde aal is 4 pg/g

Betrouwbaarheidsinterval	Streefgewicht gekweekte aal (gram)			
	500	600	750	1000
0.5	28.7	32.8	38.9	48
2.5	37.5	42.2	48.4	58.2
5	43	47.6	54	63.8

Som-TEQ in voedsel leidt tot kweekaal met som-TEQ = 3 pg/g, beoogd doel voor gekweekte wilde aal is 6,5 pg/g

Betrouwbaarheidsinterval	Streefgewicht gekweekte aal (gram)			
	500	600	750	1000
0.5	71.5	81.5	95.4	117.3
2.5	83.1	93.6	109.1	133.4
5	89.5	100.5	116.5	143.6

Som-TEQ in voedsel leidt tot wilde aal met som-TEQ = 6 pg/g (u=6), beoogd doel voor herplaatste wilde aal is 8 pg/g

Betrouwbaarheidsinterval	Streefgewicht gekweekte aal (gram)			
	500	600	750	1000
0.5	53.5	60.6	70.5	85.6
2.5	65.2	72.7	83.1	99.7
5	71.7	79.3	90.1	107.2

Som-TEQ in voedsel leidt tot wilde aal met som-TEQ = 6 pg/g, beoogd doel voor herplaatste wilde aal is 10 pg/g

Betrouwbaarheidsinterval	Streefgewicht gekweekte aal (gram)			
	500	600	750	1000
0.5	86.6	97.2	113.2	139.4
2.5	99.7	111.9	130.3	162.5
5	107.2	120.7	141.0	NA

Wilde aal uit de IJssel bij Deventer:

maximum gewicht waarbij een wilde vrouwelijke aal voldoet aan de gestelde eisen bij de randvoorwaarden:

Som-TEQ in voedsel leidt tot kweekaal met som-TEQ =3 pg/g, beoogd doel voor gekweekte wilde aal 4 pg/g

Betrouwbaarheidsinterval	Streefgewicht gekweekte aal (gram)			
	500	600	750	1000
0.5	46.9	54	62.8	77.1
2.5	57.3	63.9	73.4	88.6
5	62.7	69.4	79.2	95.3

Som-TEQ in voedsel leidt tot kweekaal met som-TEQ = 3 pg/g, beoogd doel voor gekweekte wilde aal 6.5 pg/g

Betrouwbaarheidsinterval	Streefgewicht gekweekte aal (gram)			
	500	600	750	1000
0.5	115	132.3	158.2	216.8
2.5	130.9	151.6	max	max
5	140.8	166.7	max	max

Som-TEQ in voedsel leidt tot wilde aal met som-TEQ =6 pg/g, beoogd doel voor herplaatste wilde aal is TEQ=8 pg/g

Betrouwbaarheidsinterval	Streefgewicht gekweekte aal (gram)			
	500	600	750	1000
0.5	91.6	103.7	121.1	149.2
2.5	106.8	120.3	140.8	187.7
5	115.7	130.7	155.6	NA

Som-TEQ in voedsel leidt tot wilde aal met som-TEQ =6 pg/g, beoogd doel voor herplaatste wilde aal is TEQ=10 pg/g

Betrouwbaarheidsinterval	Streefgewicht gekweekte aal (gram)			
	500	600	750	1000
0.5	149.2	173.1	NA	NA
2.5	187.7	NA	NA	NA
5	NA	NA	NA	NA

Er moet rekening mee worden gehouden dat gewichten in het veld met een bepaalde onzekerheid worden gemeten; het is raadzaam om een extra veiligheidsmarge in acht te nemen waarbij het gebruikte maximum gewicht lager ligt dan de geschatte maximaal te gebruiken gewichten. Indien lengtes worden gebruikt in plaats van gewichten, moet er rekening mee worden gehouden dat de meeton nauwkeurigheid bij het meten van lengtes van levende alen in het veld groot kan zijn ook, en dat de gewichten van individuen aanzienlijk kunnen verschillen bij gegeven lengte. Er zal daarom een grotere veiligheidsmarge in acht genomen moeten worden indien lichaamslengtes in plaats van gewichten worden gebruikt bij het selecteren van individuen voor opkweek.

Tabel 2. Gewichten van vrouwelijke alen tussen de 27 en 40 cm (in lengte-klassen van 1 cm intervallen) in de database van biologische gegevens van IMARES (Frisbe).

Legenda: Aantal: aantal alen in de database, Gemiddelde: gemiddelde gewicht (gram), Mediaan: mediaan van gewichten, sd: standaard deviatie van de gewichten, minimum: minimum van de waargenomen gewichten, maximum: maximum van de waargenomen gewichten, 2.5%: 2.5 percentiel van de waargenomen gewichten, 97.5%: 97.5 percentiel van de gewichten.

Lengte-interval (cm)		aantal	gewicht					2.5%	97.5%
van	tot		gemiddelde	mediaan	sd	minimum	maximum		
27	28	22	39.1	38.5	5.4	32	53	32.0	50.4
28	29	40	41.5	42.0	5.5	26	53	32.8	51.1
29	30	75	45.7	45.0	5.0	34	65	37.7	57.2
30	31	97	51.9	52.0	6.6	39	72	42.0	65.6
31	32	152	54.5	52.5	10.8	40	159	42.0	68.5
32	33	191	59.3	59.0	7.8	45	94	47.0	76.0
33	34	198	64.6	62.0	10.5	48	134	51.0	84.1
34	35	239	69.9	69.0	11.4	51	163	53.0	89.0
35	36	253	76.7	77.0	11.8	36	110	55.3	101.7
36	37	251	83.8	83.0	13.9	36	187	61.8	109.8
37	38	276	90.7	90.0	13.8	59	139	67.0	120.1
38	39	267	97.8	96.0	17.5	56	213	70.0	132.0
39	40	214	108.9	108.0	19.6	44	214	84.0	149.0