



# De koolmees (*Parus major*)

## Model voor ecologisch onderzoek

Irene Verhagen

Irene Verhagen, [i.verhagen@nioo.knaw.nl](mailto:i.verhagen@nioo.knaw.nl)

Bij koolmezen wordt niet meteen gedacht aan onderzoek, maar aan de ijverige nestbouwers in de nestkasten in de tuin als het weer lente begint te worden. Doordat ze graag in nestkasten nestelen, en daarom goed zijn te bestuderen, blijken ze echter een perfect studiemodel voor ecologisch onderzoek. Zo ook in onderzoek naar klimaatverandering. Klimaatverandering heeft sinds enkele decennia een steeds groter wordende invloed op ecosystemen en hun soorten gekregen (1). De koolmees wordt bestudeerd om meer inzicht in deze invloed te krijgen en om te bepalen wat de consequenties op korte en lange termijn kunnen zijn voor zowel de koolmees, andere soorten en de ecosystemen waar ze onderdeel van zijn. Irene Verhagen is halverwege haar promotieonderzoek bij het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO) naar de fysiologie onderliggend aan de voorplanting bij de koolmees. De overkoepelende vraag van dit onderzoek is kort gezegd of de koolmees in staat is zich aan te passen aan klimaatverandering.

### Onderzoek in het wild

De koolmees is van Europa tot Japan te vinden, veelal in bossen en tuinen. Koolmezen planten zich alleen in de lente voort, het zijn seizoensbroeders. Dit betekent dat ze maar een korte tijd hebben om eieren te leggen en hun jongen groot te brengen. Het NIOO doet onderzoek in een aantal bossen verspreid door Nederland waarin ongeveer 2800 nestkasten zijn opgehangen. Elke lente trekken de ecologen van het NIOO er op uit om de stand van zaken bij te houden in deze bossen (afb. 1). Nestbouw, het eerste ei, legselgrootte, aantal uitgekomen en uitgevlogen jongen, alles wordt nauwkeurig bijgehouden. Ook worden de koolmezen gevangen (afb. 2) om biometrische metingen te verrichten, zoals gewicht en lengte van de derde primaire veer van de vleugel (afb. 3), indicators voor de lichaamsconditie. Als laatste krijgen de mezen, en hun jongen, ieder een eigen identiteit door middel van een ring met uniek nummer. Deze ringen zijn heel nuttig wanneer individuen opnieuw gevangen worden en bij het maken van een stamboom. Ook wordt er bijgehouden hoeveel rupsen van de wintervlinder (*Operophtera brumata*) er zijn, wanneer de piek in aantallen is. De mezen passen hier het mo- »



Afbeelding 1. Elke lente gaan de onderzoekers van het NIOO er met de ladder op uit om de nestkasten te controleren en de stand van zaken in het bos bij te houden. Foto: Ilse Grevenhof.



Afbeelding 2. Net gevangen koolmees. Op deze manier wordt een kleine vogel gehanteerd. Door het kopje tussen wijs- en middelvinger te houden, en de hand losjes om het lichaam, ondervindt het dier het minste (lichamelijk) ongemak en dus minder stress. Foto: Ilse Grevenhof.

Afbeelding 3. Het meten van de derde primaire vleugelveer. Foto: Ilse Grevenhof.



ment van het leggen van hun eieren op aan, zodat ze hun jongen grootbrengen in de tijd dat er veel grote rupsen zijn. Daarnaast wordt gekeken hoe de compositie van de bomen en de temperaturen over de jaren veranderen in het bos. Al deze informatie, die over de loop van 60 jaar is verzameld, heeft ervoor gezorgd dat ecologen ontdekten dat, door een veranderend klimaat en daarmee warmer wordende lentes, de koolmeesvrouwen tegen een probleem aan begonnen te lopen. De knoppen van de eik kwamen steeds eerder uit en als reactie daarop kwamen de rupsen van de wintervlinder, die zich voeden met jong eikenblad, ook eerder tevoorschijn. Koolmeesvrouwen zouden dus ook eerder moeten gaan leggen om ervoor te zorgen dat er nog genoeg rupsen zijn op het moment dat hun jongen uitkomen. Het leggen van eieren is over de jaren dan ook vervroegd, maar niet genoeg om de rupsen bij te benen, en de mezen zijn daarvoor tegenwoordig te laat (2). Er is een zogeheten 'mismatch' ontstaan. Hoe kunnen koolmezen met deze mismatch omgaan?

## Fenotypische plasticiteit en natuurlijke selectie

Fenotypische plasticiteit is de mogelijkheid van een organisme (of genotype) een ander fenotype te laten zien als respons op verschillende omgevingen (3). Het is daarmee een belangrijk mechanisme voor populaties om te kunnen omgaan met ecologische veranderingen zoals klimaatverandering. Het moment in het voorjaar van het leggen van eieren is ook een plastisch fenotype in respons op temperatuur. Koolmeesvrouwen leggen over het geheel vroeger in een warme lente in vergelijking met een koude (4). Toch is deze plasticiteit van de legdatum niet voldoende om vroeg genoeg te leggen om op tijd te zijn voor de rupsenpiek. Koolmezen hebben een grote variatie in legdatum. Legdatum en fenotypische plasticiteit in legdatum, is erfelijk. Variatie en erfelijkheid zijn, naast selectie, twee essentiële ingrediënten voor micro-evolutie (genetische aanpassing). Wanneer er selectie optreedt op vroeger leggen en op de plasticiteit van legdatum kan de 'mismatch' potentieel gereduceerd worden. Maar er moet ook een reden zijn voor selectie. In het geval van de koolmees is het een groot voordeel vroeger te kunnen leggen in een warmer wordend klimaat en zo jongen groot te brengen, wat gunstig is voor de fitness van het individu. Dit betekent voor koolmezen die niet vroeger leggen dat hun jongen een kleinere kans hebben op overleven. Bij de koolmezenpopulatie op de Hoge Veluwe, één van de studiepopulaties van het NIOO, is er een selectie voor vroeger leggen (2), maar de respons op deze selectie, dus daadwerkelijk vroeger leggen is (nog) niet voldoende om de 'mismatch' op te heffen. Waarom niet? En heeft de koolmees het eigenlijk wel in zich om nóg vroeger te gaan leggen om op tijd te zijn voor het rupsenaanbod voor haar jongen?

## Fysiologie onderliggend aan legdatum

Het leggen van een ei is eigenlijk niets anders dan het resultaat van een aaneenschakeling van fysiologische processen, zoals genexpressie en hormoonproductie, onder invloed van een 'trigger', zoals bijvoorbeeld temperatuur en licht. Wanneer de dagen langer worden, vanaf ongeveer 11 uur licht op een dag, worden de hersenen aangezet tot de productie van de hormonen LH en FSH. Onder invloed van LH en FSH beginnen de koolmezen zich voor te bereiden op het broedseizoen door hun voorplantingsorganen (testikels en eierstok) te 'activeren' en rijpen. Deze zijn buiten het broedseizoen inactief en heel klein, omdat ze niet nodig zijn en het dan te veel energie kost om hier mee rond te vliegen. Temperatuur geeft de koolmeesvrouw extra informatie wanneer te gaan leggen. Een soort voorspelling voor goede omstandigheden, zoals wanneer de rupsenpiek er zou moeten zijn en dus wanneer de jongen uit zouden moeten komen. De voorgenoemde fysiologische processen resulteren in een legdatum onder invloed van onder andere licht en temperatuur, en je zou kunnen beredeneren dat het verschil in legdatum voortkomt uit verschillen in (de start van) deze processen. Elk dier is weer anders, is genetisch uniek. Om eerder te kunnen leggen moet er natuurlijke selectie plaats vinden op deze fysiologische processen en daarvoor genoeg genetische variatie zijn. Het is daarom van belang inzicht te krijgen in deze genetische variatie van het onderliggende mechanisme. Dit kan niet aan de hand van wilde koolmezen, daarvoor moet er uitgeweken worden naar experimenten en dus volières, zoals die op het NIOO.

## Onderzoek in volières

Er zijn selectielijnen op basis van genomische selectie (selectie direct op het DNA van de dieren, niet op hun fenotype) gecreëerd; 'vroeg' en 'late' broeders. Het voordeel van genomische selectie is dat er vóór het uiten van het fenotype (legdatum) geselecteerd kan worden en dat ook mannen geselecteerd kunnen worden, ondanks dat ze geen legdatum hebben, omdat ze wel genen in relatie tot vroeg of laat leggen hebben. Deze 'vroeg' en 'late' selectielijndieren zijn vervolgens in paren gehuisvest in 36 klimaatvolières. In de klimaatvolières krijgen de koolmezen geen externe stimuli, wat deze volières tot een gecontroleerde omgeving maakt. De daglengte is hetzelfde als in het wild en de extreem koude en extreem warme lentes van >>

respectievelijk 2013 en 2014 worden nagebootst. Beide selectielijnen in beide temperatuurregimes resulteren in vier groepen; 'vroeg-warm', 'vroeg-koud', 'laat-warm' en 'laat-koud'.

Met deze groepen worden twee experimenten gedaan. Tijdens deze experimenten worden er fenotypes op drie levels gemeten; legdatum, hormoonconcentraties en genexpressie van voortplantingsgenen. Tijdens het eerste experiment wordt een 'normaal' broedseizoen doorlopen. Deze loopt, wat betreft daglengte, gelijk met het broedseizoen buiten. Nestbouw, legdatum, grootte van de eieren, legselgrootte en aantal legfels wordt allemaal geregistreerd. Daarnaast wordt gedurende het seizoen van elk dier elke twee weken een beetje bloed vanuit de vena jugularis afgenomen voor het bepalen van hormoonconcentraties. Onderzoeksvragen die Irene wil gaan beantwoorden zijn: beginnen vroege dieren eerder met de aanmaak van voortplantingshormonen? Of alleen wanneer ze in een warme omgeving zitten, ongeacht vroeg of laat? Dat hoopt Irene na het analyseren van de bloedmonsters te kunnen beantwoorden. Rond juni/juli stoppen de mezen met eieren leggen en begint de rui. Ook dit wordt nauwkeurig bijgehouden. Voordat de dieren het tweede experiment in kunnen, krijgen alle volières dezelfde lage temperatuur en korte dagen als in het vroege voorjaar. Dit wordt gedaan om de koolmezen weer gevoelig te krijgen voor licht en temperatuur.

Als buiten langzaam het najaar begint, krijgen de klimaatvolières opnieuw het licht- en temperatuurregime van de lente voor het tweede experiment en zo laat Irene de vogels denken dat het opnieuw lente is; 'het tweede broedseizoen'. Tijdens het tweede broedseizoen worden de dieren op drie momenten geofferd. Het eerste moment wanneer de daglengte >11 uur is, het tweede moment wanneer de dieren in het eerste broedseizoen begonnen met nesten bouwen en het derde moment wanneer een kwart van de dieren in het eerste broedseizoen gelegd had. Op deze momenten worden van elk dier bepaalde organen, zoals hersenen, lever, testikels, eierstok, verzameld die belangrijk zijn bij de voortplanting. Uiteindelijk wordt uit deze organen RNA geïsoleerd en qPCR verricht om van genen die van belang zijn bij de voortplanting de expressie te bepalen. Andere onderzoeksvragen die Irene wil beantwoorden zijn: verschilt de expressie van bepaalde genen tussen groepen? Is de expressie van een bepaald gen in de hersenen hetzelfde, maar in bijvoorbeeld de testikels heel verschillend? Op het moment wordt er door het lab hard gewerkt aan de RNA-isolaties en de qPCR. Uiteindelijk probeert Irene de eventuele verschillen tussen de selectielijnen te vinden in de drie levels, legdatum, hormoonconcentraties en genexpressie, om zo inzicht te krijgen in de fysiologie onderliggend aan legdatum. Daarbij welk deel van de onderliggende fysiologie onder invloed kan staan van selectie. Deze kennis is cruciaal om te voorspellen of de koolmees zich kan aanpassen aan een warmer wordend klimaat. Daarnaast, omdat soorten (waaronder de wintervlinder en de koolmees) zich op een ander tempo aanpassen aan klimaatverandering, kan dit grote gevolgen hebben voor ecosystemen. Onderzoek is daarom van belang voor het maken van klimaatbeleid.

## Literatuur

1. Parmesan C (2007). *Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming*. *Global Change Biology* 13: 1860-1872.
2. Visser ME, van Noordwijk AJ, Tinbergen JM, et al. (1998). *Warmer springs lead to mistimed reproduction in great tits (Parus major)*. *Proceedings of the Royal Society of London B* 265: 1867-1870
3. Pigliucci M (2001). *Phenotypic plasticity: beyond nature and nurture*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
4. Visser ME, Both C, Lambrechts MM (2004). *Global climate change leads to mistimed avian reproduction*. In: (Møller AP, Fielder W, Berthold P Eds) *Advances in ecological research 35 – Birds and climate change – Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo: Elsevier Academic Press*. pp. 89-110.

«