



Nematodengemeenschappen onder bomen in het Kralingse Bos

Auteurs | Pella Brinkman¹, Gerard Korthals²

¹ Wageningen University & Research | Open teelten

² Wageningen University & Research | Biointeracties & Plantgezondheid



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

WPR-OT-1007

Nematodengemeenschappen onder bomen in het Kralingse Bos

Pella Brinkman¹, Gerard Korthals²

¹ Wageningen University & Research | Open teelten

² Wageningen University & Research | Biointeracties & Plantgezondheid

Dit onderzoek is in opdracht van de gemeente Rotterdam uitgevoerd.

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, juni 2023

Rapport WPR-OT 1007

Brinkman, E.P. en G.W. Korthals, 2023. *Nematodengemeenschappen onder bomen in het Kralingse Bos*. Wageningen Research, Rapport WPR-OT 1007.

Dit rapport is gratis te downloaden op [https://doi.org/ 10.18174/629901](https://doi.org/10.18174/629901)

Trefwoorden: Bodem, eiken, aaltjes

© 2023 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; T 0320 29 11 11; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-OT 1007

Foto omslag: Kralingse Bos (foto: Sophie Engels)

Inhoud

Woord vooraf	4
Samenvatting	5
1 Inleiding	6
2 Materiaal en methoden	8
2.1 Bemonstering	9
2.2 Monsterverwerking	12
2.2.1 Vochtgehalte grond	12
2.2.2 Extractie en tellen nematoden	12
2.2.3 Verwerken gegevens	13
3 Resultaten en discussie	14
4 Conclusie	18
Literatuur	19
Bijlage 1 Nematodentellingen	20
Bijlage 2 Statistische analyse	22
Bijlage 3 Gemiddelden per gebied	23

Woord vooraf

De gemeente Rotterdam zoekt naar een methode om de vitaliteit van stadsparken in relatie tot klimaatverandering te bepalen. Hiertoe worden bodemmetingen verricht, die tot nu toe meestal fysisch/chemisch van aard zijn. Het bodemleven wordt tot nu toe meestal buiten beschouwing gelaten. Dit project is erop gericht om de variatie in bodemleven in het Kralingse Bos te inventariseren, met als voorbeeld de nematoden-(ofwel aaltjes-)gemeenschap. Nematoden zijn een groep organismen met een grote diversiteit in gebruikte voedselbronnen en in levensstrategie. De aantallen nematoden en de verhoudingen tussen de verschillende groepen geven een indruk van het bodemvoedselweb. Met dit project laten we medewerkers van de stad Rotterdam kennis maken met de systematiek van milieuaaltjes als indicator voor bodembiodiversiteit. Veridi Technologies BV heeft het contact tussen de gemeente Rotterdam en WUR | Open teelten tot stand gebracht.

Samenvatting

In november 2022 zijn in opdracht van de gemeente Rotterdam bemonsteringen uitgevoerd van grond onder bomen in het Kralingse Bos. De bomen groeiden in twee gebieden die verschilden in leeftijd: een deel was aangeplant na 1945, een ander deel van het bos bestond al vóór die tijd. Uit de grond werden de nematoden, microscopisch kleine rondwormen, geëxtraheerd en geïdentificeerd. Met deze bepalingen werd een indeling van de nematodengemeenschap gemaakt naar voedseltype en gevoeligheid voor verstoring. Hiermee werden een aantal indexen berekend die samen een totaalbeeld geven van de samenstelling en het functioneren van de nematodengemeenschap. De nematodengemeenschap was karakteristiek voor een bosgrond, met relatief hoge aantallen schimmelelers. Ook kwamen er vrij hoge aantallen nematoden voor met hoge CP-waarden, die vooral voorkomen in onverstoorde grond. Het was opvallend dat dit vooral bacterie-etende nematoden betrof. Er waren weinig verschillen tussen de nematodengemeenschappen in het jonge en het oude deel van het bos. Om de uitkomsten van deze bemonstering beter te duiden is het nodig om meer metingen te verrichten en deze aan te vullen met andere bodemmetingen, zoals nutriënten, bacteriën en schimmels. Wanneer vitaliteit van de bomen in relatie tot de bodems en hun nematodengemeenschappen een aandachtspunt is, kan het waardevol zijn om biotoetsen uit te voeren. De gegevens moeten vergeleken worden met bestaande data afkomstig van ander landgebruik, zoals bijvoorbeeld akkerbouw op zand of klei. Met deze aanpak zou het mogelijk moeten zijn om conclusies te trekken over de vitaliteit van het Kralingse Bos.

1 Inleiding

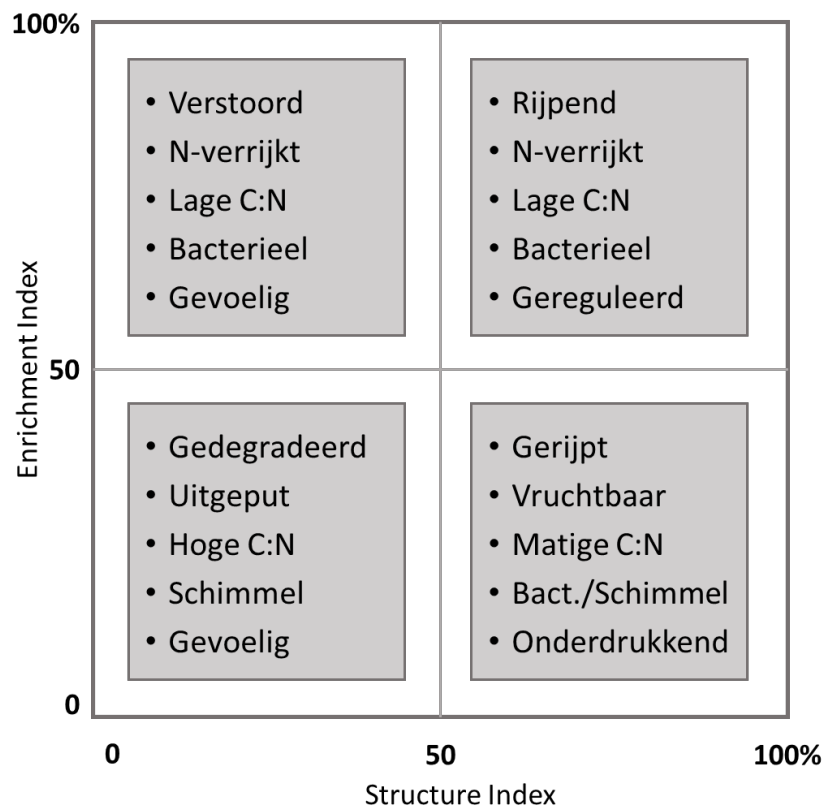
In de grond leeft een grote variëteit aaltjes, ook wel nematoden of rondwormen genoemd. Vaak komen wel 40-100 soorten in een bodem voor. De aaltjes leven van verschillende voedselbronnen. Zo zijn er aaltjes die zich voeden aan de wortels van planten. Een deel daarvan heeft een nadelige invloed op de groei van planten (plantenparasieten). Daarnaast zijn er grazers van bacteriën en schimmels, die bijdragen aan het verteren van organisch materiaal in de bodem. Er komen ook roofaaltjes voor, die andere aaltjes en kleine bodemdiertjes eten. Tot slot zijn er alleseters, die leven van verschillende voedselbronnen.

Naast verschillen in voedselbronnen variëren de aaltjes in levensstrategie, op basis waarvan ze worden ingedeeld op een Colonizer-Persister schaal (CP-schaal) die van 1 tot 5 loopt. Aaltjes met een korte levenscyclus, die veel nakomelingen produceren en snel kunnen reageren op veranderingen in voedselaanbod hebben een lage CP-waarde. Aaltjes met een langere levenscyclus, die weinig nakomelingen produceren en vaak gevoeliger zijn voor zowel chemische als fysische verstoringen hebben een hoge CP-waarde. De aantallen aaltjes en verhoudingen tussen de verschillende groepen geven een indruk van het bodemvoedselweb.

Verschuivingen tussen CP-groepen kunnen worden weergegeven met indexen, zoals de Maturity Index (MI; Bongers, 1990). De MI geeft een gewogen gemiddelde van de CP-waarde en is gebaseerd op alle aaltjesgroepen, met uitzondering van de plantenparasieten. De Maturity Index 2-5 (MI2-5) wordt op dezelfde manier berekend als de MI, maar laat de groepen met een CP-waarde van 1 buiten beschouwing (Bongers & Korthals, 1994). De Plant Parasitic Index (PPI) is gebaseerd op dezelfde classificatie in CP-waarden als de MI, maar is juist alleen gebaseerd op de plantenparasieten (Bongers & Korthals, 1994). De schaal van de MI en PPI loopt van 1 tot 5 en die van MI2-5 van 2 tot 5.

Andere indexen belichten het belang van verschillende groepen (Ferris *et al.*, 2001). De Basal Index (BI) is een indicatie voor de mate van voorkomen van aaltjes met een hoge stresstolerantie (CP-waarde 2). De Enrichment Index (EI) is een maat voor de aanwezigheid van bacterie- en schimmeleeters die snel reageren op een toename in voedselaanbod. Een hoge EI geeft aan dat het voedselaanbod voor de aaltjes hoog is. De Channel Index (CI) specificeert het aandeel van de schimmeletende aaltjes binnen de groep die snel reageert op voedselaanbod. Bij hogere waarden zijn de schimmeletende aaltjes in deze groep dominant, bij lagere waarden de bacterie-etende aaltjes. De Structure Index (SI) is een maat voor de complexiteit, structuur en interacties tussen aaltjes in de grond. Lagere waarden geven aan dat het voedselweb basaal is met voornamelijk bacterie- en schimmeleeters met lage CP-waarden. Hogere waarden van de SI daarentegen zijn een indicatie voor een complexer voedselweb, waarin ook groepen voorkomen die gebruik maken van andere voedselbronnen (zoals predatoren en omnivoren) en met hogere CP-waarden. Dit zijn nematoden die gevoeliger zijn voor verstoring. De schaal van de BI, EI, CI en SI loopt van nul tot honderd.

De resultaten van EI en SI worden vaak samen gepresenteerd in een voedselwebanalyse-diagram (Figuur 1.1). Daarin worden vier kwadranten onderscheiden. Waarnemingen uit akkerland komen vaak in het bovendeel van het diagram terecht (voedselrijk), waarnemingen uit grasland en bos aan de rechterkant en waarnemingen uit verontreinigde gebieden links onder.

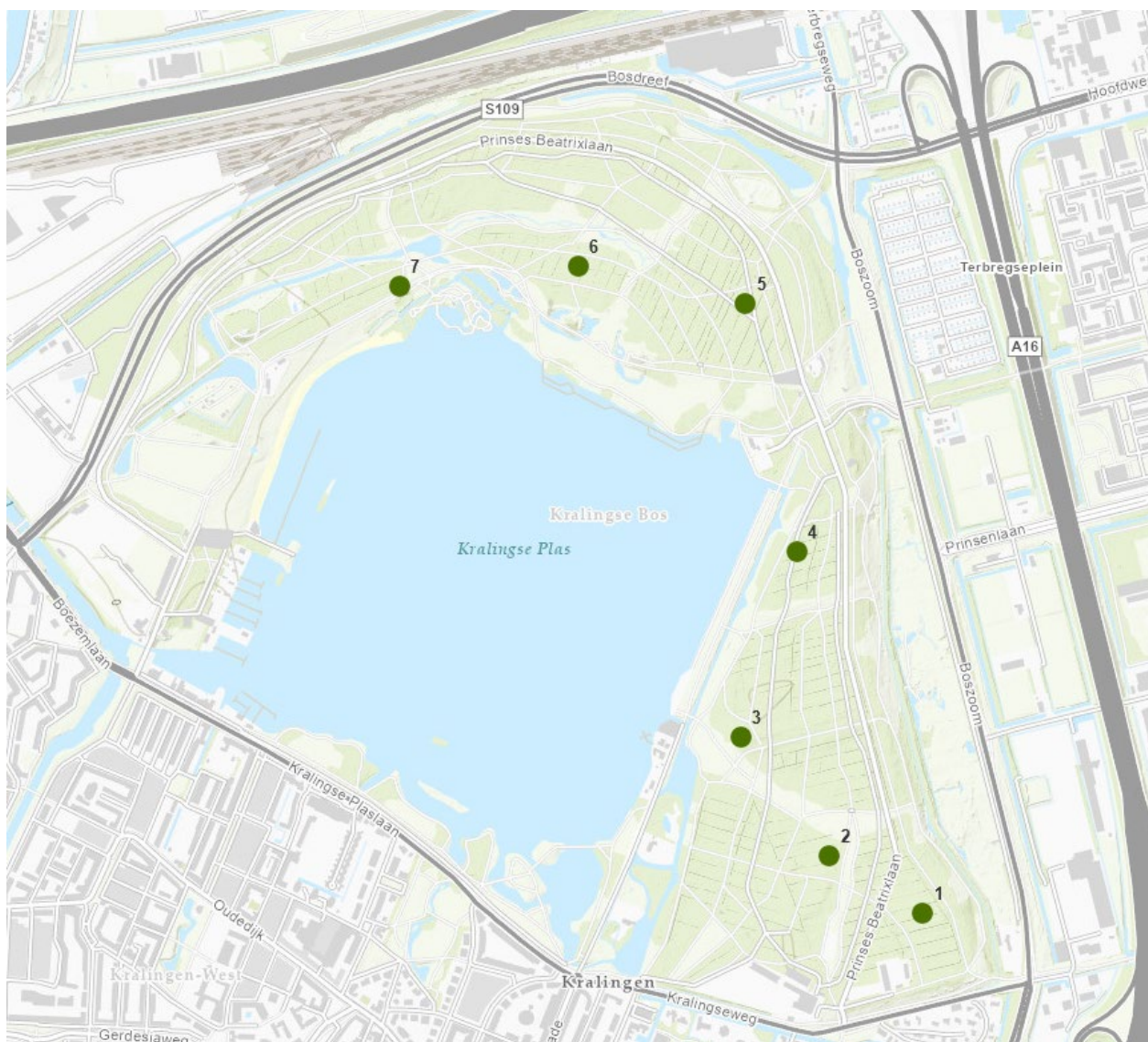


Figuur 1.1 Interpretatie van de kwadranten in het voedselwebanalyzediagram (letterlijk vertaald uit Ferris et al., 2001).

2 Materiaal en methoden

Het Kralingse Bos is een stadspark in de Rotterdam dat bestaat uit ca. 100 ha water, 100 ha bos en 50 ha open ruimte (Fig. 2.1). De Kralingse Plas is ontstaan door veenwinning ten behoeve van turfproductie. Het gebied rondom de veenplas is opgehoogd met slib dat beschikbaar kwam bij aanleg van de Waalhaven, aangevuld met huisvuil. In 1927 werd begonnen met de aanplant van eiken, essen en esdoorns in het oostelijke deel van het bos. In 1936 was de aanleg voltooid. Ten tijde van WO II is een deel van het bos gekapt voor brandstofvoorziening. Dit deel is later opnieuw ingeplant. In het deel aan de zuidoostkant bleven de bomen gespaard, doordat het was afgesloten voor het publiek.

De gemeente Rotterdam had zeven plekken in het Kralingse Bos aangewezen om de nematodengemeenschap in de grond te bemonsteren. Vier plekken waren gelegen in het deel van het bos met oudere bomengroei (Fig. 1: boom 1-4), drie plekken in het gebied met jongere bomengroei (Fig. 1: boom 5-7). Er werd voor gekozen om de grond rond één bomensoort die op alle plekken voorkwam te bemonsteren. Het doel was om na te gaan of er verschil is in de nematodengemeenschap tussen de twee gebieden van het bos.



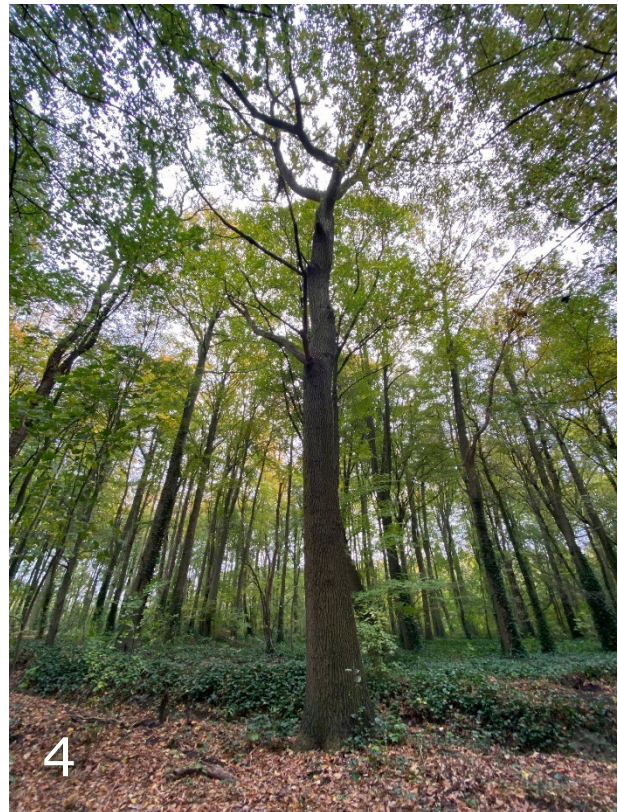
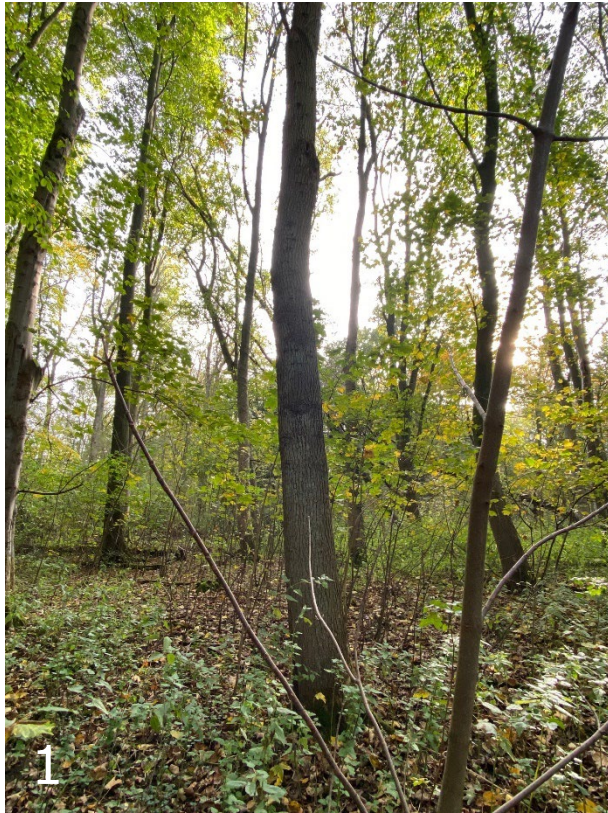
Figuur 2.1 Plattegrond met de locaties in het Kralingse Bos waar grondmonsters werden genomen. Nummer 1-4 zijn gelegen in het oudere deel van het bos, nummer 5-7 in het jongere deel.

2.1 Bemonstering

De bemonstering werd uitgevoerd op 11 november 2022, op een zonnige dag. Het bos bestond uit hoge bomen, waarvan de boomkruinen elkaar raakten. Er werden zes zomereiken (*Quercus robur*) bemonsterd en één wintereik (*Quercus petraea*; boom 5; Fig. 2.3, 2.4). De grondmonsters zijn genomen aan de rand van boomkruin, geprojecteerd op de grond. Vóór het nemen van het monster werd de strooisellaag weggehaald (Fig. 2.2). Er werden ca. 35 steken genomen met een gutsboor met een diameter van 13 mm tot een diepte van 20 cm (Fig. 2.5). Dit leverde een hoeveelheid grond van ca. 1-1,5 L.



Figuur 2.2 Het nemen van een grondmonster, waarbij eerst de strooisellaag werd verwijderd.
Foto: Sophie Engels.



Figuur 2.3 Foto's van de vier plekken in het oudere gedeelte van het Kralingse Bos waar grondmonsters werden genomen (11 november 2022). Voor een beschrijving van de nummers zie tabel 3.1. Foto's: Sophie Engels.



Figuur 2.4 Foto's van de drie plekken in het jongere gedeelte van het Kralingse Bos waar grondmonsters werden genomen. Voor een beschrijving van de nummers zie tabel 3.1. Foto's: Sophie Engels.



Figuur 2.5 Foto's van drie grondprofielen (0-20 cm) rond bomen in het Kralingse Bos. Voor een beschrijving van de nummers zie tabel 3.1. Foto's: Sophie Engels.

2.2 Monsterverwerking

De grond werd gemengd en vervolgens werden er submonsters genomen voor het bepalen van het vochtgehalte van de grond en extractie van de aaltjes.

2.2.1 Vochtgehalte grond

Voor het bepalen van het vochtgehalte werd ca. 100 mL verse grond afgewogen, gedurende 40-48 uur bij 105°C gedroogd en daarna opnieuw gewogen. Het vochtgehalte van de grond werd berekend als

$$\{ (\text{Gewicht vochtige grond}) - (\text{Gewicht droge grond}) \} / (\text{Gewicht droge grond})$$

2.2.2 Extractie en tellen nematoden

Een submonster van 100 mL verse grond werd gebruikt voor het bepalen van de samenstelling van de aaltjesgemeenschap. Dit submonster is over een 180 µm zeef gespoeld om organisch materiaal (> 180 µm) te verwijderen en zo een schonere suspensie voor het tellen van de aaltjes te verkrijgen. De nematoden in de opgevangen suspensie (met deeltjes <180 µm) werden vervolgens opgespoeld met een Oosterbrink trechter en opgevangen op drie gestapelde 45 µm zeven. Het materiaal dat is opgevangen op deze zeven werd drie dagen op een dubbel Tork filter geïncubeerd bij 20°C, waarna de nematoden zijn afgetapt in 100 mL water (spoelmonster). Het totale aantal nematoden in het spoelmonster werd bepaald door uit de suspensie van 100 mL een submonster van 10 mL te tellen.

Na het tellen van het totale aantal werd de rest van het spoelmonster (80 mL) gefixeerd met formaline om de milieuaaltjes te kunnen determineren. Dit is een oplossing van 7,6 mL formaline (37% formaldehyde) en 92,4 mL gedestilleerd water (modificatie van van Bezooijen en Ettema, 1996). Hiertoe werden de nematoden in de watersuspensie eerst overgebracht in glazen potjes van 25-30 mL, 24 uur te bezinken gezet, waarna de bovenstaande vloeistof werd afgezogen tot 2 mL. Er werd 4 mL formaline van 90°C bij gepipetteerd en meteen daarna 4 mL formaline van 20°C. Bij een vergroting van 400-1000× werden willekeurig ca. 150 nematoden gedetermineerd tot op familie, geslacht of soort (Bongers, 1988). Dauerlarven, niet op naam te brengen ruststadia van nematoden (vaak bacterie-etters, maar ook van insectenparasieten) werden wel geteld, maar niet meegerekend in het aantal te determineren nematoden.

2.2.3 Verwerken gegevens

Het totaal aantal nematoden in 100 mL grond werd omgerekend naar het aantal per 100 g droge grond. Vervolgens werd het aantal gedetermineerde nematoden in de verschillende groepen omgerekend naar het aantal per 100 g droge grond. De tellingen van de nematodengemeenschappen werden geanalyseerd met het online beschikbare programma Ninja (Sieriebriennikov et al., 2014). Dauerlarven werden weggelaten uit de analyse.

De gegevens werden verwerkt in R versie 4.2.1 (R Core Team, 2022) en RStudio® versie 2022.07.0 (RStudio Team, 2022). De biomassa en aantallen werden eerst respectievelijk $^{10}\log(x)$ - en $^{10}\log(x+1)$ -getransformeerd. De resultaten werden vergeleken met een Anova en gemiddelden en betrouwbaarheidsinterval berekend met het pakket emmeans. Met de statistische vergelijking kunnen wel uitspraken worden gedaan over het verschil tussen de twee plekken in het bos, maar niet of de leeftijd van de bomen daarin een rol speelde.

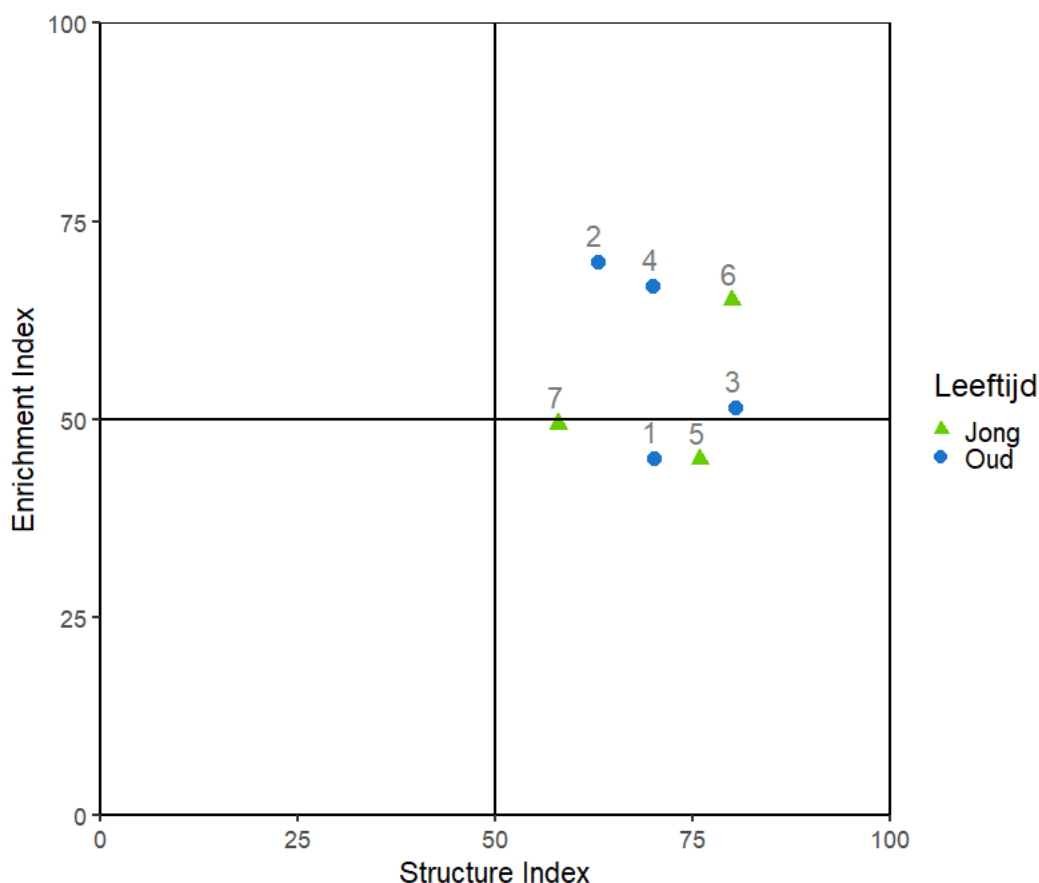
3 Resultaten en discussie

Er was een grote variatie tussen de standplaatsen van de bomen. De omringende bomen en de ondergroei verschilde tussen de plekken, net als het profiel van de grond (Tabel 3.1, Fig. 2.3-2.5). Er was geen duidelijk verband tussen deze waarnemingen en het gebied van het bos.

Tabel 3.1 Beschrijving van de standplaats, grond en vochtpercentage van de grond van zeven bemonsterde bomen in het Kralingse Bos (11 november 2022).

Boom nr	Beschrijving standplaats	Grond	Vocht% grond
1	Zomereik (<i>Quercus robur</i>) tussen voornamelijk es en esdoorn. Ondergroei brandnetels en mos.	Zwarte grond.	27.9
2	Zomereik (<i>Quercus robur</i>) tussen Spaanse esdoorn (<i>Acer campestre</i>), esdoorn, hulst. Iets oudere ondergroei van jonge bomen (4-6 m hoog).	Ondergrond armer (geel zand op 12-15 cm diepte).	24.6
3	Zomereik (<i>Quercus robur</i>) tussen beuk en iep. Vrij jonge ondergroei van esdoorn (50 cm hoog; 2 jaar oud?).	Losse, zwarte grond.	25.1
4	Zomereik (<i>Quercus robur</i>) ca. 8 m van het pad, vlak naast een greppel. Oude eik, gemengd bos van eik en esdoorn, in de omgeving veel klimop op de grond.	Losse, vochtige, zwarte grond.	31.4
5	Wintereik (<i>Quercus petraea</i>). Enige eik tussen beuken. Ondergroei es, esdoorn, hazelaar, Spaanse esdoorn.	Bovenop een paar cm fijn strooisel, dan enkele tot 5 cm donkere grond, daaronder licht zand. Strooisel opvallend fijner dan op de andere plekken.	22.1
6	Zomereik (<i>Quercus robur</i>) in gemengd bos van eik en esdoorn. Opvallend veel meer kruidige ondergroei dan op de andere plekken: veel dovenetel en wat brandnetel. Vlier en esdoorn vlakbij, ca. 5-6 m hoog.	Stevige grond, wat lichter dan nummer 7.	39.5
7	Zomereik (<i>Quercus robur</i>) vlakbij een pad. Gemengd bos van eik en beuk. Ondergroei es, esdoorn, hondsdrif, brandnetel, Spaanse esdoorn, vuilboom (?).	Zwarte grond, onderste 5 cm deels wat verdicht. Stevigere grond (lastiger te steken).	37.1

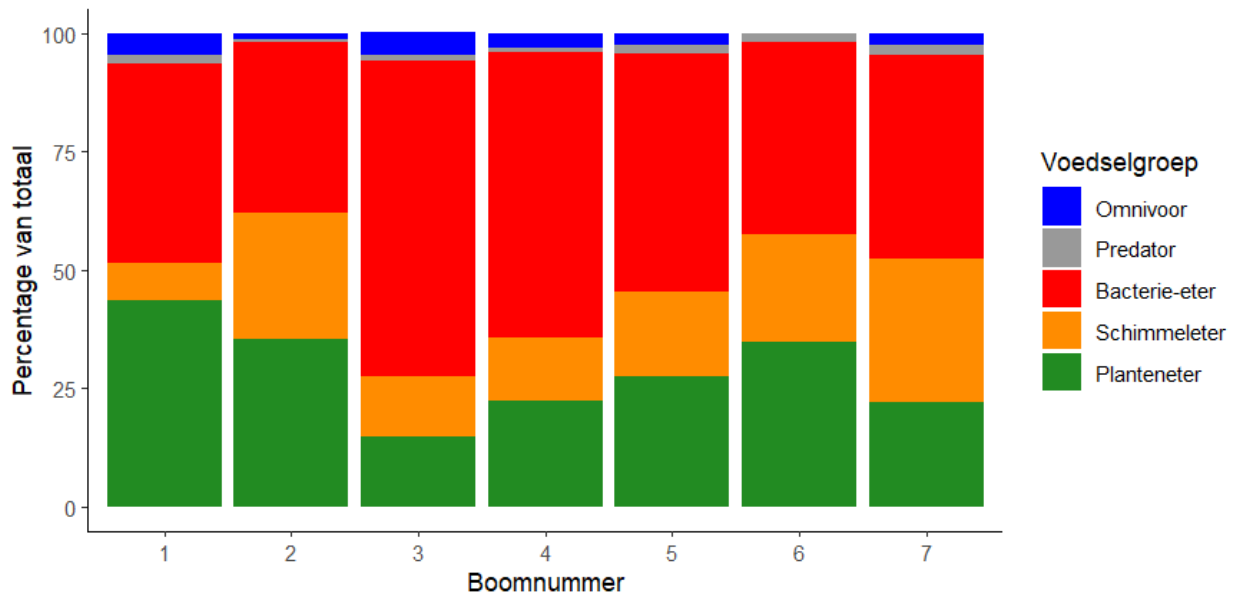
In het voedselwebanalysesdiagram liggen de punten van de bomen 1, 3, 5 en 7 op de grens van het rechtsonder- en het rechtsboven-kwadrant (Figuur 3.1). Dit duidt op een systeem met een matige tot lage C:N-verhouding, waarin zowel schimmels als bacteriën belangrijk zijn bij het verteren van makkelijk afbreekbaar organisch materiaal. De punten van de bomen 2, 4 en 6 liggen in het rechtsboven-kwadrant. Dit duidt op een systeem met een lage C:N-verhouding, waarin de vertering van makkelijk afbreekbaar organisch materiaal meer door bacteriën gebeurt. Er was geen verband met de plek van het bos (het jonge versus het oude gedeelte).



Figuur 3.1 Voedselwebanalysediagram van nematoden uit zeven grondmonsters rond eiken in een jong (na 1945) en oud (vóór 1945) deel van het Kralingse Bos, 11 november 2022. Voor een beschrijving van de nummers zie tabel 3.1.

De nematodengemeenschap in het Kralingse Bos was divers met een groot aantal verschillende groepen (Tabel 3.2, Fig. 3.2, Bijlage 1). Het totale aantal nematoden was wat lager onder boom 3 en 5 dan onder de andere bomen. Zowel het aandeel (34,8-43,5%) als het aantal planteneters was vrij hoog onder bomen 1, 2 en 6 vergeleken met de andere bomen. Onder de bomen 1 en 6 groeiden meer kruidachtige planten waar deze nematoden op zouden kunnen voeden, maar onder boom 2 was dit niet het geval. Onder boom 3 was het aantal planteneters juist laag. Een aantal van de planteneters die werden aangetroffen, zijn eerder beschreven van grond onder bomen (website Nemaplex). *Psilenchus aestuarius* is een wortelhaarvoeder die onder andere onder pistache is gevonden. *Hoplotylus femina* is een migratoire endoparasiet die onder eik en zwarte els is gevonden. De familie Criconematidae werden in alle monsters behalve 5 en 7 gevonden. De soort *Xenocriconemella macrodora* is bekend van eik in vochtige grond. Het aantal planteneters uit de groep PP4 (Trichodoridae, *Longidorus*, *Longidorella*) was hoger in het oude dan in het jonge gedeelte van het bos (Bijlage 2, 3). Dit werd vooral veroorzaakt door lagere aantallen onder boom 6 en 7, waar de grond wat steviger was (Bijlage 1).

Vergeleken met akkerbouwgronden was het aandeel schimmeleeters hoog, vooral onder bomen 2, 6 en 7 (22,6-30,1% van het totaal; Fig. 3.2). Waarschijnlijk waren er ook relatief veel schimmels, waarvan de schimmeleeters leven. Dit komt vermoedelijk doordat er vooral moeilijker afbreekbaar organisch materiaal op de grond valt en de grond ongemoeid wordt gelaten. Het hoge aandeel schimmeleeters was ook terug te zien in een hoge waarde van de Channel Index, die in akkerbouwgronden vaak een waarde van maximaal 5-10 heeft. Gemiddeld was de Channel Index lager onder bomen in het oude deel van het bos dan onder bomen in het jongere deel van het bos (Bijlage 2 en 3).



Figuur 3.2 Verdeling van nematoden over verschillende voedselgroepen in zeven grondmonsters rond eiken in een jong (na 1945) en oud (vóór 1945) deel van het Kralingse Bos, 11 november 2022. Voor een beschrijving van de boomnummers zie tabel 3.1.

Het aandeel bacterie-etters varieerde van 35,9-66,7% van het totaal en was het hoogste onder bomen 3 en 4 (Fig. 3.2). De grond onder deze bomen was wat losser en zwart, wat een indicatie kan zijn voor meer lucht en organische stof. Opvallend was een hoog aantal Alaimidae (*Alaimus* en *Paramphidelus*), bacterie-etters met een CP-waarde van 4, vooral onder de bomen 3, 6 en 7. Deze groepen dragen bij aan een hoge waarde van de Maturity Index en Structure index. Daarnaast waren er meerder groepen bacterie-etters die in wat hogere aantallen voorkwamen, zoals *Cervidellus*, *Wilsonema*, Monhysteridae en *Rhabdolaimus*. De groep bacterie-etende Rhabditidae en Panagrolaimidae waren op deze locaties juist laag. Deze groepen kunnen sterk in aantal toenemen wanneer er makkelijk afbreekbaar materiaal in de grond wordt gebracht en zijn vaak dominant aanwezig in akkerbouwgrond. Het aandeel predatoren en omnivoren samen varieerde van 2-6,4% (Fig. 3.2). Deze aantallen zijn niet hoog, maar dat is te verwachten voor organismen in de top van het voedselweb. Om verschillen beter te duiden, is het belangrijk om ook andere bodemparameters te meten, zoals nutriënten, bacteriën en schimmels.

De Maturity Index was onder alle bomen hoger dan 2 en was het hoogste onder de bomen 3, 5 en 6. Dit betekent dat onder deze bomen relatief meer nematoden met een hogere CP-waarde voorkwamen. Ook de waarde van de Structure Index was het hoogste onder deze bomen, wat betekent dat het voedselweb relatief stabiel en complex was. De Enrichment Index was wat lager onder de bomen 1, 5 en 7 dan onder de andere bomen, wat duidt op een lagere beschikbaarheid van makkelijk afbreekbaar organisch materiaal. Dit werd veroorzaakt door lagere aantallen Rhabditidae en Panagrolaimidae, bacterie-etters met CP-waarde 1.

Tabel 3.2 Berekende indexen, aantal onderscheiden taxa, biomassa van de nematoden ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g grond}^{-1}$) en aantal nematoden ingedeeld naar voedselgroep, CP- (colonizer-persister) of PP- (colonizer-persister van planteneters) groep ($\text{aantal} \cdot 100 \text{ g grond}^{-1}$). Voor een beschrijving van de nummers zie tabel 3.1.

Parameter/Boomnummer	1	2	3	4	5	6	7
Maturity Index (MI)	2.49	2.21	2.75	2.31	2.66	2.7	2.38
Maturity Index 2-5 (MI2-5)	2.62	2.5	2.9	2.61	2.77	2.91	2.48
Plant Parasite Index (PPI)	2.7	2.44	3.05	2.79	2.26	2.15	2.15
Channel Index (CI)	24.3	34.5	28.6	17.8	36.4	43.6	58.4
Basal Index (BI)	24.0	19.9	16.2	18.7	20.2	14.6	29.8
Enrichment Index (EI)	45.1	69.9	51.4	66.9	44.9	65.0	49.4
Structure Index (SI)	70.1	63.0	80.5	70.0	75.9	80.0	58.0
Aantal taxa (getelde groepen)	43	30	46	44	43	36	44
Biomassa ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g grond}^{-1}$)	2.78	2.33	1.07	6.94	1.21	1.88	3.04
Dauer larven ($\# \cdot 100 \text{ g grond}^{-1}$)	0	22	31	44	11	36	0
Totaal (zonder dauer larven; $\# \cdot 100 \text{ g grond}^{-1}$)	2397	3319	1566	2193	1660	2808	2532
Planteneters	1043	1172	224	493	458	977	562
Niet-planteneters	1354	2148	1342	1700	1202	1831	1970
Schimmeleeters	187	890	194	289	297	635	762
Bacterie-eters	1011	1192	1018	1322	830	1140	1091
Predatoren	46	23	20	15	32	53	51
Omnivoren	108	43	72	72	43	0	66
Sedentaire endoparasieten	16	0	0	58	0	0	83
Migratoire endoparasieten	436	0	31	0	0	19	16
Semi-endoparasieten	16	0	0	0	53	0	0
Ectoparasieten	234	326	133	276	128	814	116
Wortelhaarvoeders	342	846	61	160	277	145	347
CP1-aaltjes	108	412	102	320	74	200	132
CP2-aaltjes	700	1085	539	770	574	762	1308
CP3-aaltjes	326	434	254	406	245	254	199
CP4-aaltjes	202	217	397	175	298	617	315
CP5-aaltjes	14.9	0	10.4	28.9	10.8	0	15.8
PP2-aaltjes	420	846	92	261	373	886	480
PP3-aaltjes	514	152	41	73	53	55	83
PP4-aaltjes	108	152	82	160	32	19	0
PP5-aaltjes	0	22.3	10.1	0	0	18.6	0
Onbekend	0	0	40.7 [#]	0	0	0	0

[#] De identificatie van twee groepen was onzeker: waarschijnlijk waren dit predatoren of omnivoren (sub-orde Tripylina en orde Dorylaimida).

4 Conclusie

In de grondmonsters onder eiken in het Kralingse Bos kwam een diverse nematodengemeenschap voor. Er waren verschillen tussen de zeven bomen die waren bemonsterd, maar het was lastig de verschillen te duiden. De beschrijvingen van de omgeving gaven daarvoor te weinig aanknopingspunten. Zoals te verwachten in een bos was het aandeel schimmeletende nematoden vrij hoog en het aandeel bacterie-etende nematoden lager vergeleken met een akkerbouwsysteem. Voor verder onderzoek is het belangrijk om ook andere bodemmetingen te verrichten, zoals nutriënten, bacteriën en schimmels, en een duidelijke vraagstelling te formuleren. Wanneer vitaliteit van de bomen in relatie tot de bodems en hun aaltjesgemeenschappen een aandachtspunt is, kan het waardevol zijn om biotoetsen uit te voeren. De gegevens moeten vergeleken worden met bestaande data afkomstig van ander landgebruik, zoals bijvoorbeeld akkerbouw op zand of klei. Met deze aanpak zou het mogelijk moeten zijn om conclusies te trekken over de vitaliteit van het Kralingse Bos.

Literatuur

- Bezooijen, J. van, en C. Ettema, (1996). *Practicumhandleiding nematologie (gedeeltelijk herziene versie)*. Wageningen: Vakgroep Nematologie.
- Bongers, T., 1988. *De nematoden van Nederland: een identificatietabel voor de in Nederland aangetroffen zoetwater- en bodembewonende nematoden*. Utrecht: Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging.
- Bongers, T., 1990. The Maturity Index - an Ecological Measure of Environmental Disturbance Based on Nematode Species Composition. *Oecologia* 83, 14-19.
- Bongers, T. en G. Korthals, 1994. The behaviour of maturity index and plant parasite index under enriched conditions. *Proceedings 22nd International Symposium European Society of Nematologists*, Gent, België.
- Ferris, H., T. Bongers en R.G.M. de Goede, 2001. A framework for soil food web diagnostics: Extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology*, 18(1), 13-29.
- Nemaplex. website <http://nemaplex.ucdavis.edu/>
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- RStudio Team (2022). RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC, Boston, MA. URL <http://www.rstudio.com/>.
- Sieriebriennikov, B., Ferris, H. en R.G.M. de Goede, 2014. NINJA: An automated calculation system for nematode-based biological monitoring. *European Journal of Soil Biology* 61, 90-93.

Bijlage 1 Nematodentellingen

Tabel 1 Aantal nematoden per 100 g droge grond rond zeven eiken in het Krakingse Bos, 11 november 2022. De nematoden zijn geïnclassificeerd naar familie, geslacht of soort. De kleuren geven de voedselgroepen weer: planteneters groen, schimmeleters blauw, bacterie-eters grijs, dauerlarven (ruststadia) donkergrijs, predatoren oranje en omnivoren (alleseters) wit.

monsternummer																													
	Tylenchidae	Coslenchus		Coslenchus costatus		Basiria	Malenchus	Filenchus vulgaris	Filenchus	Psilenchus	Psilenchus aestuarius		Tylenchidae	Cephalenchus	Hoplolaimidae	Pratylenchus	Pratylenchus vulnus	Hoplolytus femina	Heteroderidae	Meloidogyne hapla	Criconematidae	Xenocriconemella macrodora	Paratylenchus	Paratylenchus projectus	Paratylenchus straeleni	Anguinidae	Pseudhalenchus		
1	296	0	0	0	0	0	31	0	0	0	0	0	47	16	389	31	0	16	0	47	16	16	47	0	16	0			
2	846	0	0	0	0	0	781	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	108	0	0	0	0	0		
3	61	0	0	0	0	0	71	0	0	0	0	0	0	20	0	10	0	0	0	10	0	31	0	0	0	0	0		
4	116	29	0	0	15	0	203	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0	0	0	15	87	15	0	0	0			
5	149	64	53	0	0	0	74	0	0	11	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	21	32	0	21			
6	127	0	0	18	0	0	471	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	18	254	272	199	18	0			
7	248	0	17	33	0	33	629	17	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	0	0	50	0	66	17	0			

monsternummer	Aphelenchus avenae				Anomyctus	Aphelenchoides				Rhabditidae	dauer	Bursilla	Protorhabditis	Bunonema richtersi	Cephalobidae	Cephalobus persegnis	Eucephalobus	Eucephalobus oxyuroides	Eucephalobus striatus	Acrobeles	Acrobeles ciliatus	Acrobelloides	Acrobelloides nanus	Acrobellophis	Cervidellus serratus	Panagrolaimidae	Panagrellus redivivus	Teratocephalus	Teratocephalus terrestris
1	109	0	0	47	0	47	0	0	62	0	62	16	47	0	0	62	16	47	0	0	31	16	0	218	16	0	16	0	
2	0	65	22	195	22	43	0	0	0	0	22	0	0	0	22	0	0	0	0	22	0	0	108	152	22	43	0		
3	10	51	31	51	31	31	0	0	10	0	20	0	10	0	20	20	10	102	20	0	0	0	0	0	0	0			
4	44	15	15	116	44	29	160	15	29	73	44	15	44	0	15	15	0	0	73	0	0	0	0	0	0	0			
5	32	32	11	43	11	11	0	0	0	0	0	0	0	11	32	64	32	11	138	21	0	0	0	0	0	11			
6	36	72	36	163	36	18	18	0	18	0	18	18	0	0	0	36	0	18	0	0	36	0	18	0	0	0	0		
7	0	17	66	17	0	83	0	0	99	83	33	33	17	17	0	33	0	0	50	33	0	17	0						

monsternummer																									
	Monhysteridae	Eumonhystera	Monhystrella	Plectidae	Anaplectus	Anaplectus granulatus	Plectus	Plectus armatus	Wilsonema	Wilsonema otophorum	Wilsonema schuurmansstekhoveni	Cylindrolaimus	Cylindrolaimus communis	Rhabdolaimus terrestris	Achromadora	Aulolaimus	Bastiania	Prismatolaimidae	Prismatolaimus	Onchulidae	Tripylidae	Tripyla	Trischistoma		
1	62	0	0	0	0	0	16	0	16	16	0	31	0	156	47	0	0	31	31	0	0	0	0		
2	43	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	22	22	304	22	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	61	0	20	0	0	0	0	20	41	31	10	31	0	51	0	10	10	31	92	0	0	0	0		
4	102	0	0	29	0	0	0	15	29	15	0	29	29	247	0	0	0	0	73	0	0	0	15		
5	74	11	0	0	0	0	0	0	11	21	0	0	21	117	0	0	11	0	43	0	11	0	0		
6	18	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	36	0	54	18	0	18	0	91	0	0	0	36		
7	50	33	0	0	17	33	50	0	17	0	0	33	0	17	33	0	33	0	50	0	0	17	0		

monsternummer	Alaimidae	Alaimus	Alaimus	Paramphidelus	Paramphidelus dolichurus	Mylonchulus	Thornenematidae	Nordiidae	Longidorella	Qudsianematidae	Thonus minutus	Eudorylaimus	Microdorylaimus modestus	Aporcelaimidae	Longidorus	Leptonchidae	Diphtherophora	Diphtherophora obesa	Tylolaimophorus	Tylolaimophorus typicus	Trichodorus	Trichodorus primitivus
1	47	16	0	16	0	0	16	0	0	78	0	0	16	0	0	31	16	0	0	0	62	47
2	87	22	0	65	0	0	0	0	0	22	0	0	22	0	22	0	0	22	0	0	87	65
3	41	0	10	203	61	10	10	20	51	41	0	10	0	0	10	0	0	0	0	31	20	10
4	58	15	0	58	0	0	29	0	87	15	0	0	29	0	0	0	0	0	15	0	58	15
5	64	43	0	43	0	0	0	0	0	43	11	0	0	11	0	96	0	0	32	0	21	11
6	72	109	0	308	109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	18	0	0	0	0	0	18
7	17	17	0	149	66	0	17	0	0	50	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0

Twee groepen onbekende nematoden zijn niet weergegeven (41 nematoden in monster 3). Waarschijnlijk waren dit predatoren of omnivoren (sub-orde Tripylina en orde Dorylaimida).

Bijlage 2 Statistische analyse

Tabel 1 Resultaten van de statistische analyse van het effect van het gebied van het bos op een reeks parameters van de nematodengemeenschap in het Kralingse Bos, 11 november 2022. In de tabel zijn $F_{1,5}$ -waarden en P-waarden en de significantie weergegeven.

Parameter	F-waarde	P-waarde	Significantie
Vochtpercentage	1.32	0.30	
Maturity Index (MI)	0.73	0.43	
Maturity Index 2-5 (MI2-5)	0.18	0.69	
Plant Parasite Index (PPI)	13.48	0.01	*
Channel Index (CI)	8.42	0.03	*
Basal Index (BI)	0.19	0.68	
Enrichment Index (EI)	0.36	0.58	
Structure Index (SI)	0.00	0.96	
Aantal taxa (getelde groepen)	0.00	0.96	
Biomassa (mg · 100 g grond-1)	0.41	0.55	
Dauer larven (# · 100 g grond-1)	0.17	0.69	
Totaal (zonder dauer larven; # · 100 g grond-1)	0.00	0.99	
Planteneters	0.01	0.93	
Niet-planteneters	0.01	0.94	
Schimmeleters	1.11	0.34	
Bacterie-eters	0.95	0.37	
Predatoren	3.97	0.10	
Omnivoren	1.98	0.22	
Sedentaire endoparasieten	0.02	0.89	
Migratoire endoparasieten	0.05	0.83	
Semi-endoparasieten	0.20	0.67	
Ectoparasieten	0.00	1.00	
Wortelhaarvoeders	0.00	0.96	
CP1-aaltjes	0.82	0.41	
CP2-aaltjes	0.15	0.71	
CP3-aaltjes	6.74	0.049	*
CP4-aaltjes	2.96	0.15	
CP5-aaltjes	0.11	0.75	
PP2-aaltjes	0.95	0.37	
PP3-aaltjes	1.09	0.34	
PP4-aaltjes	8.04	0.04	*
PP5-aaltjes	0.10	0.77	
Onbekend	0.71	0.44	

Bijlage 3 Gemiddelden per gebied

Tabel 1 *Gemiddelden en 95%-betrouwbaarheidsinterval van een reeks parameters van de nematodengemeenschap onder bomen in het Kralingse Bos, 11 november 2022. Het jonge gedeelte dateerde van na 1945; hier waren drie bomen bemonsterd. Het oude gedeelte dateerde van na 1945; hier waren vier bomen bemonsterd. Significante verschillen zijn schuin gedrukt.*

Parameter	Jong (>1945)		Oud (<1945)	
	Gem.*	Betrouwbaarheidsinterval	Gem.*	Betrouwbaarheidsinterval
Vochtpercentage	33	23 - 42	27	19 - 36
Maturity Index (MI)	2.58	2.26 - 2.90	2.44	2.16 - 2.72
Maturity Index 2-5 (MI2-5)	2.72	2.44 - 3.00	2.66	2.41 - 2.90
Plant Parasite Index (PPI)	2.19	1.89 - 2.48	2.75	2.49 - 3.00
Channel Index (CI)	46	33 - 59	26	15 - 38
Basal Index (BI)	22	13 - 30	20	13 - 27
Enrichment Index (EI)	53	36 - 70	58	44 - 73
Structure Index (SI)	71	58 - 85	71	59 - 83
Aantal taxa (getelde groepen)	41	32 - 50	41	33 - 49
Biomassa (mg · 100 g grond-1)	1.91	0.71 - 5.09	2.63	1.12 - 6.17
Dauer larven (# · 100 g grond-1)	7	0 - 107	12	0 - 132
Totaal (zonder dauer larven; # · 100 g grond-1)	2277	1465 - 3538	2286	1561 - 3349
Planteneters	1631	1140 - 2333	1605	1177 - 2189
Niet-planteneters	631	243 - 1639	606	265 - 1385
Schimmeleters	524	200 - 1366	311	135 - 714
Bacterie-eters	1011	811 - 1259	1129	933 - 1365
Predatoren	44	24 - 79	24	14 - 40
Omnivoren	13	1 - 130	70	9 - 484
Sedentaire endoparasieten	3	0 - 126	5	0 - 102
Migratoire endoparasieten	6	0 - 294	10	0 - 276
Semi-endoparasieten	3	0 - 55	1	0 - 20
Ectoparasieten	230	74 - 706	230	87 - 608
Wortelhaarvoeders	241	62 - 928	231	71 - 743
CP1-aaltjes	125	48 - 325	195	85 - 446
CP2-aaltjes	830	496 - 1389	749	480 - 1170
CP3-aaltjes	231	171 - 314	348	267 - 452
CP4-aaltjes	387	220 - 679	235	144 - 383
CP5-aaltjes	5	0 - 54	8	0 - 59
PP2-aaltjes	541	172 - 1703	304	112 - 822
PP3-aaltjes	62	17 - 223	124	41 - 373
PP4-aaltjes	8	0 - 52	121	24 - 585
PP5-aaltjes	2	0 - 31	3	0 - 33

* Aantallen aaltjes (per 100 g droge grond) en biomassa zijn gebaseerd op gemiddelden van log-getransformeerde waarden. De aantallen uit de verschillende groepen komen daarom niet overeen met het berekende totale aantal

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

Rapport WPR-OT 1007

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6,000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
