Hoe wormen door doolhoven kronkelen

In drukke ruimtes bewegen we van nature langzamer dan in een lege ruimte. Verrassend genoeg kunnen wormen precies het tegenovergestelde gedrag vertonen: in een omgeving met willekeurig verspreide obstakels, hebben ze de neiging sneller te bewegen wanneer er meer obstakels zijn. Door de wormen te beschouwen als 'actieve, polymeerachtige materie', hebben onderzoekers van de Universiteit van Amsterdam dit verrassende feit nu verklaard.

Een regenworm. Regenwormen navigeren efficiënt door complexe en drukke omgevingen zoals aarde. Ze spelen een cruciale rol in de beluchting van de aarde, essentieel voor het leven. Maar hoe bereiken deze langgerekte, levende systemen zo'n effectieve beweging? Afbeelding via RawPixel.

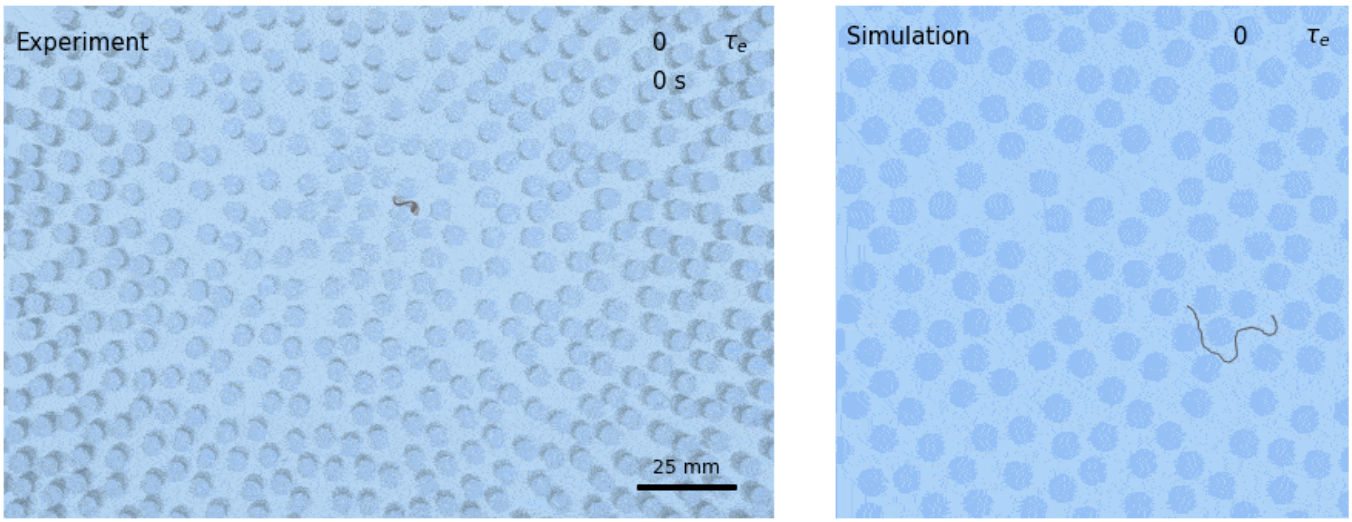
Het gedrag van wormen in complexe omgevingen stelt wat we dachten te weten over beweging in drukke ruimtes op de proef. Gezond verstand zegt dat objecten langzamer zouden moeten bewegen naarmate er meer obstakels zijn – denk aan pogingen om je een

weg te banen door een vol metrostation. Het onderzoek van het UvA-team laat echter zien dat actieve wormen de intuïtie tarten. In omgevingen met wanordelijke obstakels verspreiden ze zich sneller naarmate de dichtheid van obstakels toeneemt, geheel in tegenspraak met de gebruikelijke trend “hoe drukker, hoe langzamer”.

Het onderzoek werd deze week gepubliceerd in het tijdschrift Physical Review Letters en werd door de redacteuren van dat tijdschrift geselecteerd als een “Editors’ Suggestion”.

Actief, polymeerachtig gedrag

Eén manier waarop wormen verschillen van mensen is natuurlijk hun vorm: de lengte van een worm is veel groter dan de breedte (dat wil zeggen: de worm lijkt op spaghetti), en bovendien is een worm wiebelig – of, in meer wetenschappelijke termen: gedraagt zich als een actief polymeer. De onderzoekers vermoedden dat dit actieve, polymeerachtige gedrag er de oorzaak van is dat de wormen zich op hun tegenintuïtieve manier gedragen.



Model en praktijk. In het laboratoriumexperiment wordt een levende worm losgelaten in een volle omgeving met vaste obstakels (links). Hun voortbeweging in zo’n omgeving wordt vergeleken met een simulatie aan de hand van een actief polymeermodel (rechts).

Misschien nog verrassender was, zoals de natuurkundigen ontdekten, dat meer obstakels de wormen niet *altijd* sneller laten bewegen: de organisatie van de obstakels speelt een cruciale rol. Wanneer de obstakels in een geordend patroon werden gerangschikt, vertraagden de wormen juist naarmate de dichtheid toenam – in lijn met de algemene verwachtingen. Een tweede verrassing was dat naast de vorm van de wormen ook hun activiteit een duidelijke rol

speelde. Door de activiteit van de wormen te verminderen – bijvoorbeeld door de temperatuur van hun omgeving te verlagen – verspreidden ze zich nog meer door het doolhof, wat de tegenintuïtieve wisselwerking tussen activiteit en beweging nog eens bevestigde.

Een statistisch model

Om deze intrigerende waarnemingen te verklaren, ontwikkelden de onderzoekers een statistisch model van zelfgestuurde filamenten, die het polymeerachtige gedrag van de wormen nabootsen. Door zowel flexibiliteits- als activiteitsparameters op te nemen, reproduceerde hun model met succes de waargenomen dynamiek, waarmee de cruciale invloed van de omgevingsstructuur op de voortbeweging van wormen werd aangetoond. In ongeordende omgevingen creëert de willekeurige positionering van obstakels smalle “buizen” tussen pilaren, die de wormen leiden en hen in staat stellen efficiënt te repteren, waardoor hun snelheid toeneemt. Daarentegen vormen geordende pilaaropstellingen grotere open ruimtes of “gaten” waar de wormen de neiging hebben om op te krullen, tijdelijk vast te komen zitten en te vertragen. Deze bevindingen benadrukken hoe de omgevingsgeometrie bewegingsstrategieën dicteert, en fundamenteel de manier verandert waarop actieve polymeren drukke ruimtes doorkruisen.

Mogelijke toepassingen gaan verder dan wormen. De bevindingen onthullen niet alleen hoe wormen door drukke omgevingen zoals aarde navigeren, maar suggereren ook strategieën voor bio-entiteiten in de eveneens drukke omgeving van het menselijk lichaam, en voor robots in complexe landschappen. Door ons begrip van “actieve polymeren” te verdiepen, zou deze studie het ontwerp van bio-geïnspireerde wormachtige robots voor het navigeren door dichte omgevingen in de toekomst vorm kunnen geven.

Publicatie

Locomotion of active polymerlike worms in porous media, R. Sinaasappel, M. Fazelzadeh, T. Hooijschuur, Q. Di, S. Jabbari-Farouji en A. Deblais. Physical Review Letters **134** (2025) 128303.