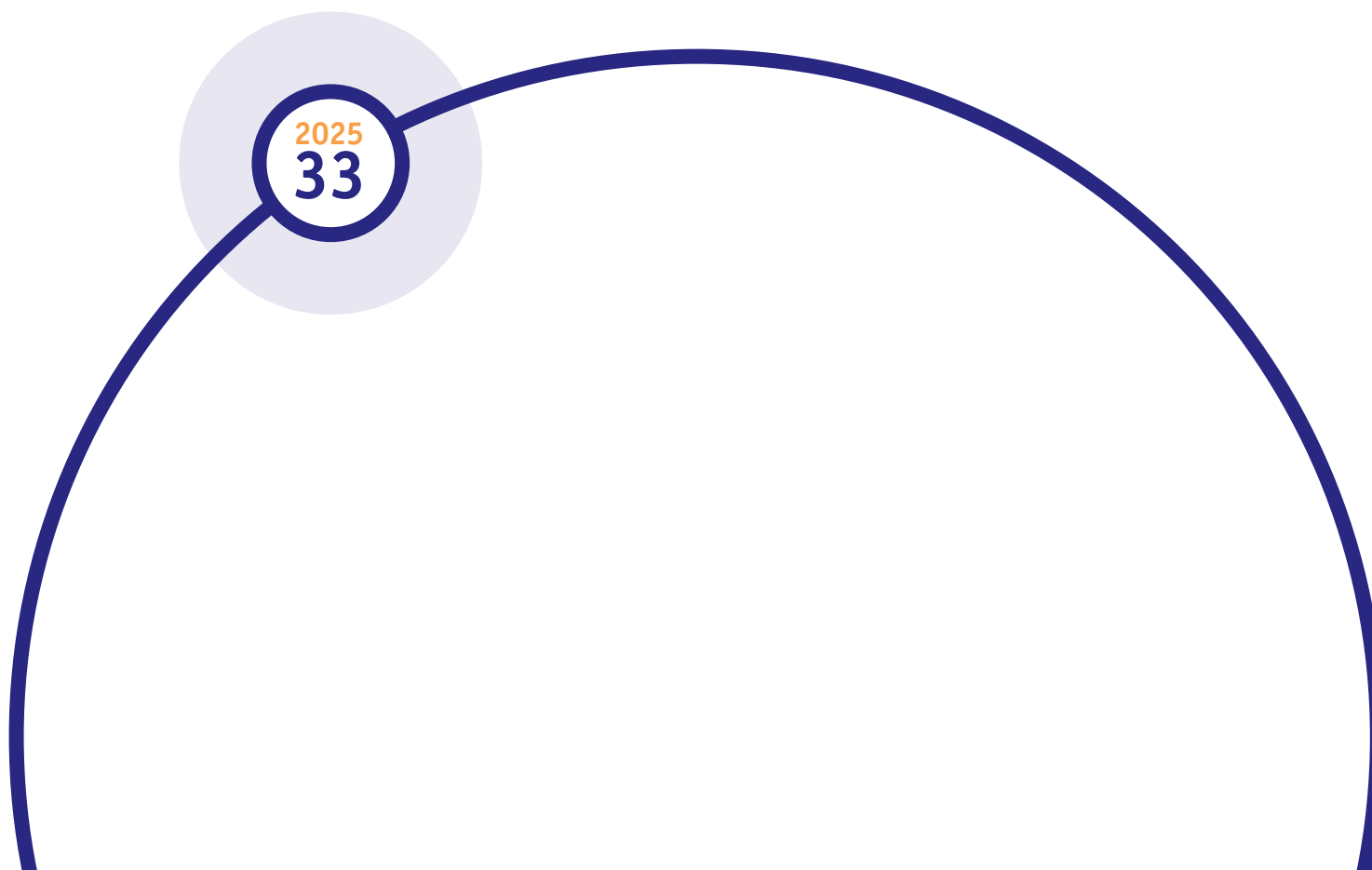


AI AAN ZET IN HET WATERBEHEER

2025
33



AI AAN ZET IN HET WATERBEHEER



COLOFON

STOWA-nummer	2025-33
ISBN	978.94.6479.124.2
Download	Dit rapport is als pdf beschikbaar onder publicaties op www.stowa.nl
Publicatie	STOWA Postbus 2180 3800 CD Amersfoort Augustus 2025 © STOWA
Auteur	Moniek Löffler, Bureau Landwijzer
Begeleidingscommissie:	Michelle Talsma (STOWA), Marije Stronks (Het Waterschapshuis), Joost Klein Entink (Unie van Waterschappen)
Met input van	Mark van der Werf (STOWA), Cora Uijterlinde (STOWA), Oscar van Dam (STOWA), Tessa van den Wijngaart (STOWA), Hans van Leeuwen (STOWA), Jonathan Gerbscheid (Het Waterschapshuis), Alex van der Helm en Marcel Zandvoort (Waterschap Amstel Gooi en Vecht), Nicole Meijer en Gijs van den Munckhof (Waterschap Limburg), Michelle Schouten en Erik Vastenburg (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier), Ina Simic (Viralcom b.v.), Martin Evers (Marev), Jaap Slootweg en Leo Posthuma (RIVM), Jorne Grolleman (Globe Nederland), Khadija Ezzaki-Chokri (Naturalis), Stefan de Jong (Wetterskip Fryslân).
Fotografie en figuren: Design	DALL-E via ChatGPT, Freepik AI, Waterschap Limburg, Martin Evers Shapeshifter.nl Utrecht

Copyright

De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

Disclaimer

De inhoud van deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden in de publicatie, of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud ervan.

STOWA spant zich in de rechthebbenden van in de uitgave gebruikte afbeeldingen te respecteren conform het auteursrecht. Indien u desondanks van mening bent dat uw rechten in het geding zijn, dan verzoeken wij u contact met ons op te nemen.

➤ INHOUDSOPGAVE

Colofon	3
Ten geleide	5

➤	DEEL 1 AI IN HET WATERBEHEER	7
1	AI EN WATERBEHEER: EEN TECHNOLOGIE IN OPKOMST	8
2	WAT IS KUNSTMATIGE INTELLIGENTIE?	12
3	HOE WERKT AI?	15
3.1	Data: de brandstof van AI	16
3.2	Algoritmes: het recept voor slimme systemen	16
3.3	Machine learning: zelf leren	18
3.4	Soorten modellen in het waterbeheer	19
4	AI IN DE PRAKTIJK: WATERSCHAPPEN AAN ZET	21
4.1	Wat maakt AI-toepassing succesvol?	22
4.2	Maatschappelijke afwegingen	24
5	BESTUURLIJKE KADERS EN RICHTLIJNEN	25
5.1	Wet- en regelgeving	26
5.2	Richtlijnen voor generatieve AI	27
5.3	AI-kompas: bestuurlijke richtlijnen waterbeheer	27
5.4	Wie doet wat: de rol van koepelorganisaties	27
6	REFLECTIE: OP WEG NAAR DE PRAKTIJK	29

➤	DEEL 2 VOORBEELDEN UIT DE WATERSCHAPSPRAKTIJK	32
A	WATERZUIVERING	33
1	AI stuurt beluchting aan en drukt lachgasuitstoot omlaag	34
B	WATERKWANTITEIT	36
2	Van overstroming tot droogte: Waterschap Limburg voorspelt extremen met AI	37
C	WATERVEILIGHEID	39
3	Met drones op speurtocht naar scheuren en opschot	40
4	The Egg - AI luistert naar bever	42
D	WATERKWALITEIT	44
5	AI voorspelt hoe giftig een stof is voor waterleven	45
6	AI herkent waterdiertjes	47
E	ALGEMEEN	49
7	AI houdt de BGT actueel	50
8	Slim zoeken in STOWA-rapporten met AI	53
	Begrippenlijst	55
	STOWA in het kort	57

➞ TEN GELEIDE



Beeld: AI gegenereerd

➤ KUNSTMATIGE INTELLIGENTIE EN WATERBEHEER: EEN NIEUWE WERKELIJKHEID IN DE MAAK

De snelheid waarmee kunstmatige intelligentie (Artificial Intelligence of AI) zich ontwikkelt, is indrukwekkend. Wat vandaag nog niet mogelijk is, kan morgen gerealiseerd zijn.

AI staat klaar voor gebruik, ook in het waterbeheer. De grote vraag is: hoe snel passen onze cultuur en het werkveld zich aan deze nieuwe mogelijkheden aan? AI biedt talloze kansen, maar roept ook zorgen op. Worden we straks overspoeld met onbetrouwbare informatie? Begrijpen we straks nog wat we schrijven en doen? En hoe duurzaam is AI eigenlijk?

Veel mensen vragen zich af: wat betekent dit voor mij? En vooral, wat betekent het voor mijn werk? Om daar grip op te krijgen, is het slim om nu al te ontdekken wat AI vandaag de dag kan doen. U zult zien welke interessante mogelijkheden deze technologie biedt voor het waterbeheer. In een tijd waarin waterschappen steeds vaker geconfronteerd worden met droogte, wateroverlast en afnemende waterkwaliteit, kunnen slimme AI-oplossingen helpen bij het analyseren van grote datastromen, sneller signalen herkennen en proactief handelen.

Dit boekje helpt u op weg.

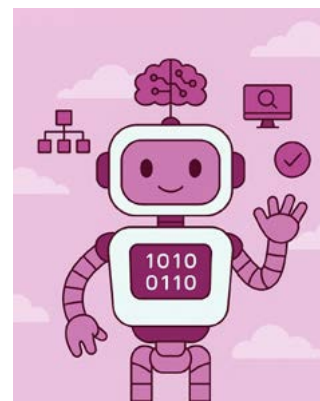
Deel 1 legt uit wat AI is, hoe het kan worden toegepast in het waterbeheer en welke aandachtspunten er zijn bij de implementatie. **Deel 2** geeft praktijkvoorbeelden van hoe AI al wordt gebruikt. Beheerders en andere professionals vertellen hoe AI hun processen efficiënter maakt en risico's eerder signaleert.

Eén ding wordt duidelijk: AI is een hulpmiddel, geen vervanging voor menselijke sturing en vakmanschap. Soms werkt AI perfect, soms nog niet. Maar met lef, nieuwsgierigheid en gezond verstand kunnen we AI inzetbaar maken om ons werk te verbeteren. Zo houden we meer tijd over voor zaken zoals visievorming, besluitvorming en afwegingen.

En nog een leuk weetje: deze inleiding is geschreven met hulp van ChatGPT. We hebben het model input gegeven en het een eerste versie laten maken. Daarna hebben we het zelf bijgeschaafd en aangepast om onze eigen stem te behouden. Technologie kan veel, maar menselijk inzicht blijft onmisbaar.

Mark van der Werf
Directeur STOWA

Marjan Vogel
Directeur Het Waterschapshuis



AI VISUALS

De meeste foto's en illustraties in dit boekje zijn gegenereerd met behulp van AI.

Ziet een beeld er wat vreemd uit of klopt er iets nét niet? Dat kan. AI maakt beelden op basis van patronen, maar begrijpt niet wat het maakt. Een extra reden dus om ook hier met een kritische blik te blijven kijken.

➔ HOOFDSTUK 1

AI EN WATERBEHEER: EEN TECHNOLOGIE IN OPKOMST

1

Beeld: AI gegenereerd

Door klimaatverandering en druk op de waterkwaliteit wordt waterbeheer steeds complexer. Dit boekje laat zien hoe kunstmatige intelligentie (AI) kan helpen om het watersysteem slimmer te beheren, met meer inzicht, beter gebruik van middelen en het vermogen om sneller te reageren.

Het boekje bestaat uit twee delen: deel 1 verkent wat AI is en wat dit vraagt van waterschappen. Deel 2 bevat praktijkverhalen: voorbeelden van waterschappers die pionieren met AI - soms nog zoekend, soms al met resultaat.

Realtime monitoring en besluitvorming in het waterbeheer, waar AI-tools en dashboards medewerkers ondersteunen bij het analyseren van waterstanden en neerslagdata.¹



INNOVATIES VOOR TOEKOMSTGERICHT WATERBEHEER

Technologische ontwikkelingen, van sensoren en satellieten tot geavanceerde (simulatie)modellen en dashboards, bieden steeds meer mogelijkheden. Binnen de waterschappen krijgt de digitale transformatie dan ook steeds duidelijker vorm. In 2023 verscheen 'de Vaarkaat': de gezamenlijke visie van de waterschapsector op deze ontwikkeling². Later dat jaar volgde de strategienota 'Digitale Transformatie Waterschappen'³ waarin de koers uit de Vaarkaat is vertaald naar concrete samenwerkingsthema's. Kunstmatige intelligentie (AI) speelt daarin een belangrijke rol.

WAT AI KAN BETEKENEN

AI helpt bij het herkennen van patronen in grote hoeveelheden data, het optimaliseren van processen en het verbeteren van voorspellingen. Zo wordt het bijvoorbeeld mogelijk om dijkspecties gericht uit te voeren, zuiveringsinstallaties efficiënter aan te sturen en extreme situaties sneller te signaleren. De AI-toepassingen die nu in ontwikkeling zijn, kunnen in de toekomst het verschil maken.

NIET ZO NIEUW ALS HET LIJKT

De term 'kunstmatige intelligentie' werd al in 1956 geïntroduceerd, tijdens een wetenschappelijke conferentie over machines die menselijke taken konden uitvoeren. Lange tijd bleef AI vooral theorie. Computers waren nog niet krachtig genoeg om complexe berekeningen efficiënt uit te voeren.

In de jaren '80 en '90 verschenen de eerste toepassingen van neurale netwerken en *machine learning*, maar pas na 2000 kwam de echte doorbraak. Dankzij betere algoritmes, grote hoeveelheden data en exponentiële groei in rekenkracht werd

¹ Alle afbeeldingen in het eerste deel van het boekje zijn gegenereerd met DALL-E via ChatGPT.

² *Vaarkaat | Digitaal op koers, 2023. Unie van Waterschappen en het Waterschapshuis.*

³ *Strategienota Digitale Transformatie Waterschappen, 2023. Het collectief van Waterschappen.*

AI steeds krachtiger en breder toepasbaar. Een belangrijke stap was de opkomst van *deep learning*, systemen die zelf patronen herkennen, in plaats van vooraf ingestelde regels te volgen. Daarmee is AI niet langer alleen een rekenmachine. Het wordt steeds meer een meedenkende ‘partner’, ook in het waterbeheer, waar slimme analyses en vooruitkijken steeds belangrijker worden.

MENS VERSUS MACHINE: WIE WINT?

In 1997 versloeg AI voor het eerst een wereldkampioen schaken. Maar het bordspel Go, met miljarden mogelijke zetten, gold jarenlang als te complex. Tot AI in 2016 ook daarin de beste speler ter wereld versloeg.

Nog opvallender was de komst van ‘AlphaZero’, dat zichzelf leerde spelen, zonder voorbeelden van mensen. Het speelde miljoenen partijen tegen zichzelf en ontwikkelde strategieën die geen menselijke speler ooit had bedacht.

AI IN DE VERSNELLING

Wereldwijd investeren landen en bedrijven fors in AI. In de Verenigde Staten geven grote techbedrijven als OpenAI, Google en Microsoft de toon aan. Ze ontwikkelen krachtige taalmodellen, investeren miljarden in rekenkracht en hebben veel invloed op de richting waarin AI zich ontwikkelt.

In China stuurt de overheid die ontwikkeling. Het land wil in 2030 wereldleider zijn in AI en investeert in nationale platforms en infrastructuur, met een sterke koppeling tussen overheid, industrie en wetenschap.

Europa kiest een andere koers: hier ligt de nadruk op verantwoorde en uitlegbare AI, met oog voor publieke waarden. Sinds 2018 is er een gecoördineerd actieplan⁴, en via programma’s zoals ‘GenAI4EU’⁵ worden

toepassingen in publieke en industriële sectoren gestimuleerd. Toch loopt Europa technologisch nog achter op de VS en China.

Ook in Nederland groeit de aandacht. In januari 2024 verscheen een kabinetsvisie⁶ gericht op veilige en duurzame AI-toepassingen, maar deze biedt nog weinig concrete handvatten voor brede ontwikkeling. Bedrijven, universiteiten en kennisinstellingen werken aan veelbelovende initiatieven, ondersteund door programma’s zoals de ‘Nederlandse AI Coalitie’⁷ en het ‘AiNed-programma’⁸. Toch ontbreekt een samenhangende aanpak en komt veel technologie uit het buitenland.



⁴ [European Commission, Coordinated Plan on artificial intelligence review 2021](#)

⁵ [Website Europees AI-bureau](#)

⁶ [Rijksoverheid, 2024. Overheidsbrede visie Generatieve AI](#)

⁷ [Website Nederlandse AI Coalitie](#)

⁸ [Website Meerjarenprogramma AiNed](#)

WATERBEHEER IN DE DIGITALE VERSNELLING

Tegelijkertijd groeit in de watersector de samenwerking rond digitale vernieuwing. Binnen het platform ‘DigiShape’⁹ bundelen overheden, bedrijven en kennisinstellingen hun krachten rond tijdgedreven oplossingen, zoals het gebruik van digital twins.¹⁰ Daarbij wordt ook geëxperimenteerd met AI. Dat biedt kansen, maar roept ook vragen op: Hoe zorg je dat AI betrouwbaar is, aansluit bij vakmanschap en past binnen publieke taken?



Beeld: AI gegenereerd

Dit boekje geeft daarop antwoorden. Het eerste deel legt uit wat AI is, hoe het werkt en wat dit betekent voor het waterbeheer. Daarbij komen ook onderwerpen aan bod zoals uitlegbaarheid, data, wetgeving en de rol van mensen.

Het tweede deel laat zien hoe waterschappen in de praktijk met AI aan de slag zijn - soms nog zoekend, soms al met concrete toepassingen. De voorbeelden maken duidelijk wat er mogelijk is, wat nog niet goed werkt en wat nodig is voor een verantwoorde toepassing van AI.

Achterin staat een beknopte lijst met kernbegrippen, handig als naslag of om tijdens het lezen snel iets op te zoeken.

⁹ [Website DigiShape](#)

¹⁰ [Voor een verdieping in de mogelijkheden van digital twins in het waterbeheer, zie het STOWA-rapport ‘Een digital twin voor het waterbeheer \(2025\)’.](#)

➔ HOOFDSTUK 2

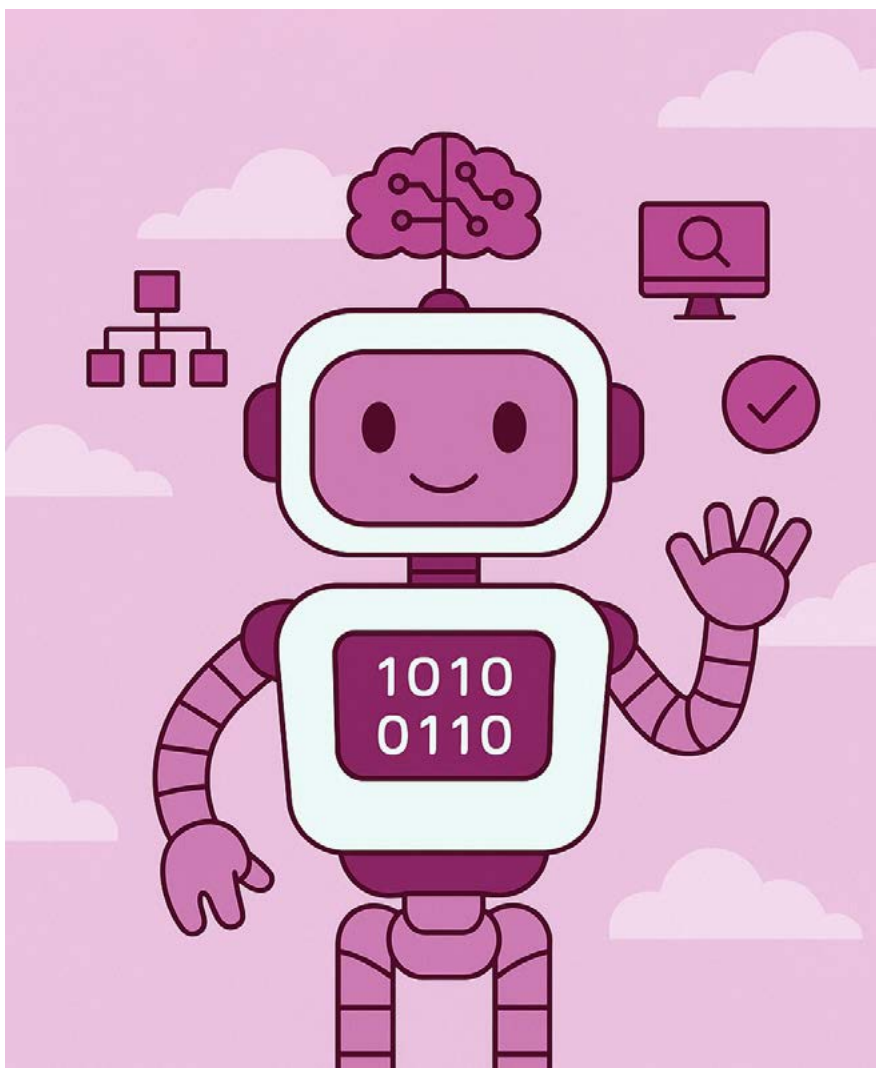
WAT IS KUNSTMATIGE INTELLIGENTIE?

2



Beeld: AI gegenereerd

AI-systemen kunnen leren van data en op basis daarvan beslissingen ondersteunen. Dat maakt ze bijzonder geschikt voor het oplossen van complexe vraagstukken in het waterbeheer.



WAT IS AI

Kunstmatige intelligentie, of AI, is een verzamelnaam voor systemen die zelf kunnen leren, analyseren en beslissingen nemen op basis van data. In tegenstelling tot traditionele software, die werkt met vooraf geprogrammeerde regels, leert AI van ervaring en past het zich aan nieuwe situaties aan. Juist dat maakt AI zo geschikt voor complexe en veranderlijke omstandigheden, die waterbeheerders vaak tegenkomen.

EEN BREED EN VERANDERLIJK BEGRIIP

AI kent geen vaste definitie. Wat vandaag als AI wordt gezien, kan morgen als gewone statistiek beschouwd worden. Zo wordt *supervised learning*, waarbij een model leert van gelabelde voorbeelden, door sommige experts eerder gezien als geavanceerde statistiek dan als 'echte' AI. Het model denkt namelijk niet zelfstandig en werkt altijd met vooraf bepaalde input (zie 3.3). Ook de term 'intelligentie' roept vragen op. Betekent intelligent dat een systeem zelfstandig denkt of handelt? Dat hij kan leren zoals een mens dat doet? AI kan gedrag vertonen dat menselijk lijkt, maar het 'denkt' niet zoals wij.

DE EUROPESE AI-VERORDENING

De Europese AI-Verordening omschrijft AI als een autonoom systeem dat op basis van externe input uitvoer genereert, zoals een besluit, aanbeveling, tekst of afbeelding, waarbij die uitvoer direct invloed heeft op de omgeving. De Unie van Waterschappen en het Waterschapshuis hanteren deze werkdefinitie ook in hun 'AI-Kompas' (zie 5.3).

NOG GEEN ALLESKUNNER

Alle huidige AI-toepassingen vallen onder zogeheten *narrow AI*: systemen die gespecialiseerd zijn in één taak. Denk aan het voorspellen van waterstanden, het herkennen van soorten op foto's of het analyseren van documenten.

Deze vormen van narrow AI zijn krachtig, maar verschillen wezenlijk van wat men *general AI*¹¹ noemt. Dat zijn systemen die even veelzijdig, flexibel en zelfstandig zouden zijn als een mens. Zij zouden kunnen redeneren, abstract denken en leren om elke cognitieve taak zelfstandig uit te voeren. Over hoe ver deze ontwikkeling is, lopen de meningen uiteen. Sommige wetenschappers denken dat general AI binnen afzienbare tijd realiteit kan worden, terwijl anderen het voorlopig als toekomstmuziek beschouwen.

¹¹ Niet te verwarren met generatieve AI, een verzamelnaam voor systemen die nieuwe inhoud maken op basis van bestaande gegevens, zoals ChatGPT (zie par. 3.4). Deze systemen vallen onder narrow AI, maar worden door sommigen gezien als een mogelijke stap richting general AI.



Beeld: AI gegenereerd

⇒ HOOFDSTUK 3 HOE WERKT AI?

3

Beeld: AI gegenereerd

AI-algoritmes werken anders. Ze analyseren data, herkennen patronen en maken voorspellingen. Zo kan een AI-algoritme zelf ontdekken dat een snelle stijging van de waterstand vaak voorafgaat aan een overstroming. In plaats van één vaste grenswaarde, weegt het meerdere factoren mee en past het zich aan veranderde omstandigheden aan. Hierdoor kan AI nauwkeuriger en flexibeler voorspellen wanneer welke maatregelen nodig zijn.

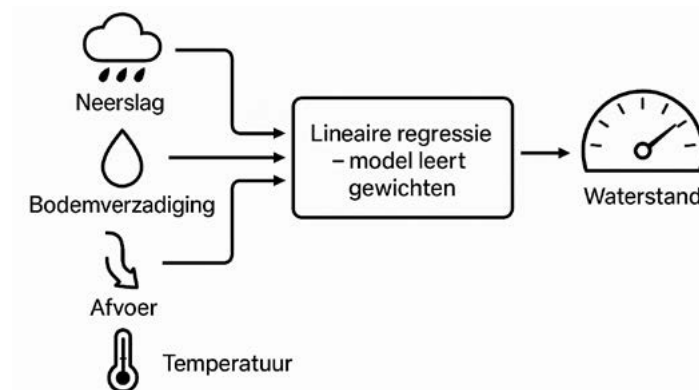
Afhankelijk van het doel en de beschikbare data gebruikt AI verschillende soorten algoritmes, zoals:

- **Lineaire regressie:** doet voorspellingen op basis van (bewerkte) invoergegevens, door uit te gaan van een lineair verband tussen invoer en uitkomst. Elke variabele krijgt een gewicht dat aangeeft hoeveel invloed die heeft op de voorspelling.

Lineaire regressie is van oorsprong een klassieke statistische methode. Het wordt AI als het model zelf leert welke gewichten en bewerkingen nodig zijn om voorspellingen te doen. Dat gebeurt vaak op basis van grote datasets met veel invoervariabelen. De computer past het algoritme dan automatisch aan om het verband tussen invoer en uitkomst zo goed mogelijk te laten aansluiten bij de data. Dat leerproces maakt het onderdeel van machine learning - en daarmee van AI.

AI VOORSPELT WATERSTAND MET LINEAIRE REGRESSIE

AI voorspelt de waterstand op basis van meerdere invoervariabelen. Het model leert zelf welke factoren belangrijk zijn en hoe zwaar ze meewegen.



- **AI-Beslisbomen:** deze leren zelf welke vragen belangrijk zijn en in welke volgorde. Op basis van historische data (bijvoorbeeld over waterpeil, seizoen of windkracht) leert het algoritme welke combinaties leiden tot een bepaalde uitkomst. Daarbij worden de data telkens stap voor stap gesplitst: eerst op de meest onderscheidende variabele (zoals waterpeil), dan op de volgende (bijvoorbeeld seizoen). Zo ontstaat een boomstructuur met vertakkingen en regels die uiteindelijk leiden tot een beslissing.

AI-BESLISBOOM

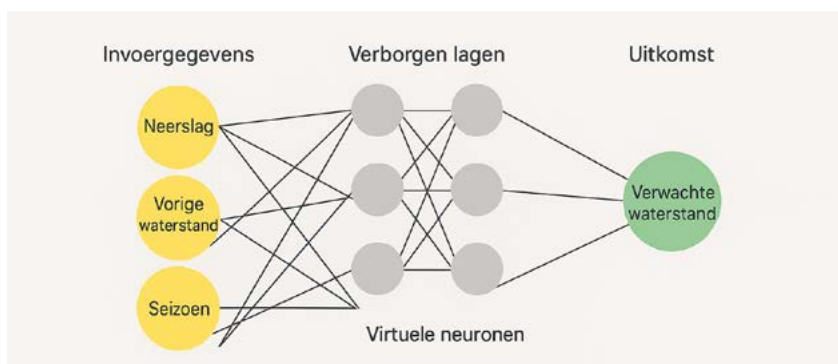
Automatisch afgeleide beslisregel op basis van historische data.

Als wind > 5 Bft en peil > 40 cm → Open sluis

- **AI-Neurale netwerken (deep learning):** bestaan uit lagen van 'virtuele neuronen' en zijn geïnspireerd op het menselijk brein. Ze worden gebruikt voor uiteenlopende doelen, zoals beeldherkenning en taalverwerking. Elke verbinding in het netwerk stelt een berekening voor: hoeveel invloed heeft bijvoorbeeld neerslag, vorige waterstand of seizoen op de verwachte nieuwe waterstand? Het netwerk leert zelf welke combinaties van factoren de beste voorspellingen geven. Hoe meer en betere data, hoe beter het netwerk zich aanpast aan complexe situaties.

NEURAAAL NETWERK

Leert automatisch welke combinatie van invoergegevens de waterstand het beste voorspelt.



Standaard of maatwerk?

AI-algoritmes worden vaak opgebouwd met standaard bouwstenen uit bestaande softwarebibliotheken. Het maatwerk zit in hoe ze worden toegepast: met welke data ze worden getraind, welke instellingen worden gekozen en welk probleem ermee wordt opgelost. Zo ontstaan modellen die zijn toegesneden op een specifiek doel - zoals het voorspellen van waterstanden of het opsporen van afwijkingen in metingen.

3.3 MACHINE LEARNING: ZELF LEREN

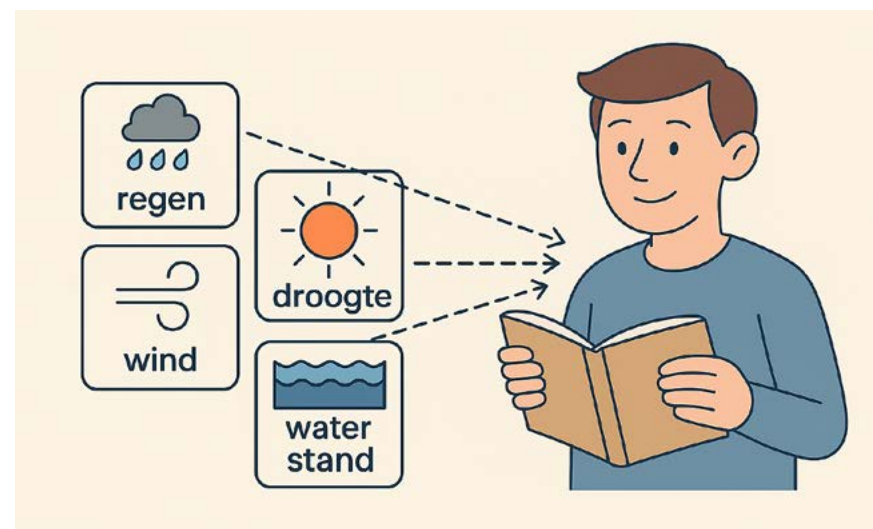
Machine learning is een verzamelnaam voor algoritmes waarmee AI leert van data. In plaats van alle beslisregels vooraf te programmeren, leert het systeem zelf van voorbeelden.

Er zijn verschillende manieren waarop AI kan leren:

- **Supervised Learning:** het systeem leert van voorbeelden waarbij het goede antwoord al is meegegeven. Bijvoorbeeld: het krijgt waterkwaliteitsmetingen te zien, waarbij staat of het water 'schoon' of 'vervuild' is. Zo leert het systeem om nieuwe metingen zelfstandig in te schatten.

HOE WERKT HET?

Vergelijk AI met een leerling die voorbeelden krijgt van waterstanden in relatie tot regen, droogte en wind. Op basis daarvan leert hij verbanden te leggen. Niet omdat iemand dat stap voor stap uitlegt, maar omdat hij zelf patronen ontdekt. Op eenzelfde wijze ontstaat een model dat het verschil ziet tussen nat voorjaar en natte herfst, en daar voorspellingen op baseert.



- **Unsupervised Learning:** AI krijgt alleen ruwe data, zonder vooraf gedefinieerde antwoorden, en zoekt daarin zelf naar patronen en structuren. Bijvoorbeeld: het analyseert satellietbeelden van watergangen en groepeert automatisch gebieden met vergelijkbare kenmerken, zoals eenzelfde begroeiing of kleur. Zo kunnen waterbeheerders zonder voorkennis verschillende vegetatiezones, watertypen of afwijkende situaties herkennen.
- **Reinforcement Learning:** AI leert door vallen en opstaan, met een beloning voor goede keuzes. Denk aan een systeem dat leert hoe een waterzuiveringsinstallatie het best kan worden aangestuurd. Omdat experimenteren op echte installaties risico's met zich meebrengt, is een goede simulatie van de werkelijkheid nodig. De techniek wordt steeds vaker toegepast bij zuiveringen, maar blijft voor andere waterbeheertaken nog beperkt.

In de praktijk zijn AI-systemen vaak gebaseerd op een combinatie van leervormen. Een model kan bijvoorbeeld eerst getraind zijn met voorbeelden (supervised learning) en vervolgens bijleren via beloning (reinforcement learning), of ongestructureerde data analyseren met extra begeleiding. De indeling in leervormen helpt om de basisprincipes te begrijpen, maar de toepassingen zijn zelden zwart-wit.

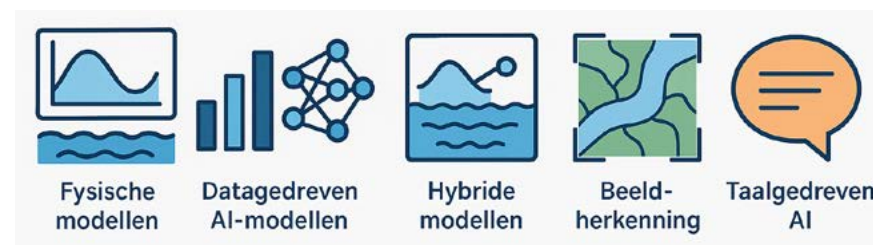
3.4 SOORTEN MODELLEN IN HET WATERBEHEER

Waterbeheerders werken al jaren met modellen om inzicht te krijgen in het gedrag van het watersysteem en daarop te kunnen sturen. Fysische modellen vormen daarin de basis: ze zijn gebaseerd op natuurkundige wetten en simuleren bijvoorbeeld de afvoer, verdamping of verzilting in een gebied. Deze modellen zijn voorspelbaar en reproduceerbaar: gelijke input leidt tot gelijke output. Een bekend voorbeeld is 'SOBEK', een rekenmodel dat stroming en waterstanden berekent.

Omdat de werking van deze modellen transparant is, kunnen de uitkomsten

goed worden vergeleken met metingen uit het veld. Als de modellen aangepast moeten worden om ze beter te laten aansluiten bij de werkelijkheid, doet de hydroloog dat handmatig.

Fysische modellen bieden stabiliteit, maar ze passen zich niet vanzelf aan als de situatie verandert. Bovendien vergt het doorrekenen van grotere modellen vaak veel rekentijd. Juist bij calamiteiten, wanneer snel inzicht nodig is, kan dat een grote beperking zijn.



AI-modellen

De inzet van AI verandert de manier waarop modellen tot stand komen en met data omgaan. AI-modellen leren op basis van historische gegevens en herkennen patronen die niet vooraf zijn vastgelegd in formules. Ze worden gevalideerd door hun voorspellingen te testen op data die het model niet eerder heeft gezien, bijvoorbeeld recente metingen of latere tijdsperiodes. Zo wordt duidelijk of het model ook werkt buiten de trainingsdata.

In dit boekje maken we onderscheid tussen drie veelvoorkomende toepassingsvormen van AI in het waterbeheer: tijdgedreven modellen, beeldherkenning en taalgestuurde systemen. Hieronder worden ze kort toegelicht, steeds in relatie tot de praktijk van fysische modellering.

- **Tijdgedreven AI** is een van de meest toegepaste vorm van kunstmatige intelligentie in het waterbeheer. Deze modellen analyseren (historische) meetreeksen, bijvoorbeeld over neerslag, afvoer of grondwaterstanden, en herkennen daarin patronen. Op basis daarvan kunnen ze inschatten hoe uitzonderlijk een situatie is, of waarschuwen voor mogelijke overstromingen. In tegenstelling tot fysische modellen kunnen ze complexe verbanden leren herkennen uit de data, wat leidt tot betere voorspellingen op basis van recente metingen.

Een bekend voorbeeld buiten het waterbeheer is *Google Maps*: dat voorspelt de verwachte reistijd op basis van actuele verkeersdata én historische drukte, en stelt zo de snelste route voor.

Bij onverwachte of zeldzame omstandigheden is de betrouwbaarheid van tijdgedreven AI vaak beperkt, omdat zulke situaties niet voorkomen in de trainingsdata.

- **Beeldherkenning** is een vorm van AI die patronen in visuele informatie analyseert, zoals luchtfoto's of dronebeelden. Hiervoor worden meestal deep learning-algoritmes ingezet: neurale netwerken die zelf leren welke kenmerken relevant zijn. Gebruikers hoeven het algoritme niet stap voor stap te programmeren, maar trainen het met voorbeelden. Zo leert het systeem bijvoorbeeld schade, begroeiing of objecten te herkennen. Beeldherkenning wordt onder meer ingezet bij inspecties, het monitoren van oevers en het automatisch signaleren van veranderingen in het landschap.

Vergelijkbare technieken worden ook in het dagelijks leven gebruikt, bijvoorbeeld bij het ontgrendelen van een smartphone via gezichtsherkenning.

- **Taalgedreven AI** is een specifieke toepassing van generatieve AI, waarbij op basis van bestaande teksten nieuwe inhoud wordt gegenereerd. Deze modellen analyseren grote hoeveelheden bestaande tekst en herkennen statistische verbanden tussen woorden. Op basis daarvan voorspellen ze het meest waarschijnlijke volgende woord in een zin. Door het invoeren van een vraag of opdracht (prompt), kan het model bijvoorbeeld teksten aanvullen of samenvatten, vragen beantwoorden of informatie vereenvoudigen. Bekende voorbeelden zijn 'ChatGPT' of 'Microsoft Copilot'.

Steeds vaker worden zulke modellen ingezet als 'agents' die niet alleen tekst genereren, maar ook eenvoudige handelingen kunnen uitvoeren via andere software. Zo kan een taalmodel bijvoorbeeld automatisch een afspraak inplannen in een agenda.

Taalmodellen zijn snel en veelzijdig, maar hebben niet altijd toegang tot actuele gegevens en kunnen feitelijke onjuistheden bevatten. Omdat ze geen gegevens uit de omgeving verwerken, zijn ze niet geschikt voor voorspellingen over bijvoorbeeld waterstanden of neerslag.

Hybride modellen

Hybride modellen combineren fysische en AI-modellen, en worden in de praktijk steeds vaker toegepast. Een fysisch model berekent dan bijvoorbeeld de waterafvoer op basis van natuurkundige formules, terwijl een AI-model tegelijkertijd realtime data verwerkt, zoals satellietbeelden of regenradargegevens.

Het AI-deel leert verbanden tussen actuele omstandigheden en afwijkingen van eerdere voorspellingen, en kan daarmee de uitkomsten van het fysische model bijstellen of verfijnen. Door deze wisselwerking ontstaat een robuuster geheel dat sneller reageert en nauwkeuriger voorspelt. Zeker bij extreme situaties, zoals hevige neerslag of wateroverlast, helpen hybride modellen om overstromingen eerder te signaleren en gericht maatregelen te nemen.

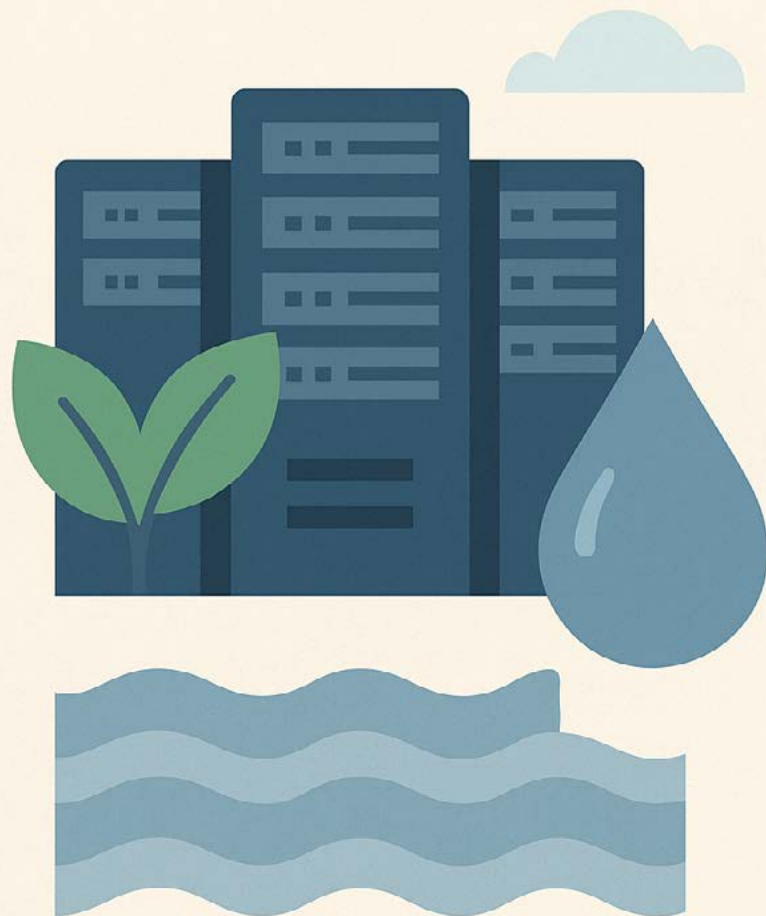
⇒ HOOFDSTUK 4 AI IN DE PRAKTIJK: WATERSCHAPPEN AAN ZET

4



Beeld: AI gegenereerd

Waterschappen experimenteren volop met slimme technologie - van algoritmes die lachgasuitstoot beperken tot systemen die bevergeluiden herkennen¹³. Niet als kant-en-klare oplossing, maar als ondersteuning binnen het bestaande werk. Sommige innovaties staan nog in de kinderschoenen, andere zijn al dagelijkse praktijk.



AI als gamechanger

Waterschappen laten zien dat AI waarde kan toevoegen: het helpt bij betere voorspellingen, maakt informatie sneller vindbaar en ondersteunt besluitvorming. Maar AI werkt niet vanzelf. De techniek is pas effectief als deze goed is ingericht, gevoed met de juiste data en ingebed in het vakmanschap van de organisatie.

Veel waterschappen gebruiken al dashboards en 'Business Intelligence (BI)-tools' om waterstanden, neerslag en andere belangrijke gegevens inzichtelijk te maken. Deze systemen tonen historische data en signaleren bijvoorbeeld een langzaam dalend grondwaterpeil. AI gaat verder: het herkent patronen in grote hoeveelheden gegevens. Daardoor is het mogelijk om niet alleen trends te volgen, maar ook toekomstige ontwikkelingen te voorspellen.

4.1 WAT MAAKT AI-TOEPASSING SUCCESVOL?

Zorg voor betrouwbare en representatieve data

AI leert van de data waarmee het wordt gevoed. Modellen die zijn getraind op historische gegevens kunnen moeite hebben met onverwachte of extreme situaties. Zijn de datasets scheef samengesteld, bijvoorbeeld met veel gegevens uit natte gebieden, dan zijn voorspellingen in droge regio's vaak onnauwkeurig. Ook bij beeldherkenning geldt: zonder voldoende getrainde voorbeelden is het model blind voor afwijkingen. En bij taalmodellen bepaalt de broninformatie mede wat er als antwoord uitkomt. Verschillende praktijkvoorbeelden laten zien dat het verzamelen, controleren en selectief inzetten van data minstens zo belangrijk is als het algoritme zelf.

Bewaak de uitlegbaarheid en controleerbaarheid van AI

Hoe goed een AI-model te begrijpen is, hangt samen met het onderliggende algoritme (zie 3.2). Sommige algoritmes, zoals lineaire regressie of beslisbomen, zijn volledig transparant: je kunt precies volgen welke factoren meespelen en

¹³ Zie deel 2 van dit boekje

hoe de uitkomst tot stand komt. Modellen die daarmee werken worden ‘white box’ genoemd. Modellen die met deep learning zijn getraind, gelden vaak als ‘black box’: ze geven wel een uitkomst, maar het is moeilijk te achterhalen hoe het model tot die uitkomst is gekomen. Daartussen zitten de ‘grey box’-modellen: modellen waarvan bepaalde onderdelen inzichtelijk zijn, maar die als geheel toch lastig te doorgronden zijn. Dat gebrek aan transparantie kan problematisch zijn, zeker in toepassingen waarbij beslissingen moeten worden toegelicht of verantwoord.

Er wordt internationaal veel onderzoek gedaan naar het beter uitlegbaar maken van zulke modellen, ook wel *explainable AI* genoemd. Dit onderzoeksveld staat nog in de kinderschoenen, maar laat inmiddels bemoedigende resultaten zien.¹⁴

In toepassingen zoals waterveiligheid of vergunningverlening is uitlegbaarheid essentieel. Een onbegrijpelijke uitkomst - ‘computer says no’ - is geen acceptabele uitleg. Niet alleen dataspecialisten, maar ook beleidsmedewerkers en bestuurders moeten in staat zijn beslissingen te begrijpen en toe te lichten.

Mede daarom worden in het waterbeheer vaak hybride modellen ingezet: combinaties van de voorspellende kracht van AI met de transparantie van fysische modellen of beslisbomen. Zo blijft de werking controleerbaar, zonder dat de voorspelkracht verloren gaat.

Houd menselijke regie en vakmanschap centraal

AI kan ondersteunen, maar niet volledig zelfstandig functioneren. Als systemen beslissingen overnemen zonder dat gebruikers begrijpen hoe ze werken, dreigt verlies van kennis en handelingsvermogen. Gebruikers hoeven niet elk technisch detail te begrijpen, maar wél hoe het systeem zich gedraagt, wat de beperkingen zijn en wat te doen als het uitvalt.

Ook het beoordelen van resultaten blijft mensenwerk. AI kan patronen herkennen, maar geen maatschappelijke context meewegen. Vakmanschap

betekent ook: kritisch blijven kijken naar uitkomsten, de juiste vragen stellen en verantwoordelijkheid nemen.

Bij Waterschap Amstel, Gooi en Vecht wordt AI gebruikt voor de aansturing van een van de zuiveringsstraten. Als het model afwijkend gedrag vertoont, schakelt het systeem automatisch terug naar handmatige besturing. Zo blijft de mens aan zet (zie A.1).

Sluit aan bij het dagelijks werk

AI moet de praktijk ondersteunen en passen bij de manier waarop mensen hun werk doen. Als modellen en dashboards losstaan van de werkelijkheid op de werkvloer, ontstaat geen draagvlak. Bij Waterschap Limburg worden AI-uitkomsten daarom gebruikt én getoetst naast bestaande systemen. Bij Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) werd beeldherkenning voor dijkinspectie ontwikkeld in samenwerking met inspecteurs, zodat het direct toepasbaar is in de dagelijkse praktijk. Die nauwe samenwerking blijkt cruciaal voor succes: AI werkt pas echt als de gebruikers de toepassing herkennen als een verbetering van hun eigen werk.

Begin klein en leer onderweg

Veel initiatieven starten klein, met één proces, installatie of locatie. Zo ontstaat ruimte om te leren en vertrouwen op te bouwen. Door toepassingen stapsgewijs in te voeren, met ruimte voor evaluatie en bijstelling, worden risico’s beperkt en groeit het draagvlak in de organisatie. In de praktijk blijkt deze aanpak effectiever dan het in één keer opschalen van een ongetest systeem.

¹⁴ Een voorbeeld daarvan is recent onderzoek van het AI-bedrijf Anthropic, dat probeert zichtbaar te maken hoe hun taalmodel ‘Claude’ stap voor stap tot een antwoord komt. Daarmee wordt een glimp gegeven van de interne ‘gedachtenlijn’ van het model. Zie: anthropic.com

Controleer, controleer, controleer

Hoewel AI indrukwekkende resultaten kan leveren, is het essentieel om de output altijd goed te controleren. AI lijkt slim, maar het is slechts een machine die razendsnel data verwerkt. Het kan fouten maken of onverwachte resultaten leveren. Daarom is het belangrijk om te begrijpen wat AI wel en niet kan, en om de uitkomsten altijd kritisch te beoordelen. Controleer of de gegenereerde antwoorden kloppen en passen binnen de context van het probleem waaraan je werkt.

Het succes van taalgedreven AI hangt sterk af van hoe je de opdracht formuleert en welke informatie je meegeeft. Een goede prompt bevat voldoende context, zodat het model weet wat je bedoelt en waar het rekening mee moet houden. Hoe specifiek en informatiever de input, hoe bruikbaar de output. Veel misverstanden ontstaan doordat te weinig context wordt gegeven, waardoor het model de bedoeling van de vraag niet goed kan inschatten.

DE JUISTE TOOL OP HET JUISTE MOMENT

De geïnterviewde waterschappers benadrukten het telkens weer: niet elke vraag vraagt om kunstmatige intelligentie. Soms werkt een zoekmachine sneller, eenvoudiger én energiezuiniger. Of volstaat een beproefd statistisch model. AI is geen doel op zich, maar een middel dat waardevol is als het iets toevoegt. De kunst is om bewust te kiezen: wanneer helpt AI echt en wanneer volstaat iets anders?

4.2 MAATSCHAPPELIJKE AFWEGINGEN

De toepassing van AI vraagt ook om bewustzijn van maatschappelijke impact. In het waterbeheer raken AI-toepassingen onder andere aan privacy en duurzaamheid.

Privacy

AI verwerkt grote hoeveelheden data, afkomstig van bijvoorbeeld drones, satellieten of slimme watermeters. Die gegevens leveren waardevolle inzichten op, maar kunnen ook gevoelige informatie bevatten. Wanneer beelden van waterkwaliteit tegelijk illegale lozingen vastleggen, is het niet altijd duidelijk of en hoe die informatie gebruikt mag worden. Ook in huishoudens kan slimme monitoring onbedoeld privacy raken. Het gebruik van deze data vraagt om heldere grenzen.

Duurzaamheid: is AI écht groen?

AI kan bijdragen aan efficiënter en duurzamer waterbeheer, bijvoorbeeld door het optimaliseren van zuiveringsprocessen of het monitoren van de waterkwaliteit. Tegelijkertijd heeft de technologie zelf een ecologische voetafdruk. Vooral grote taalmodellen, zoals ChatGPT, vergen veel rekenkracht en daarmee energie en water. Andere AI-toepassingen, zoals beeldherkenning of tijdreeksanalyse, vragen doorgaans nauwelijks meer energie dan gangbare GIS-bewerkingen. Het is daarom van belang om kritisch te kijken of de baten opwegen tegen de milieukosten.

In sommige projecten wordt daar bewust rekening mee gehouden. Zo is bij het AI-model dat waterdiertjes op foto's herkent (zie deel 2) gekeken naar het energieverbruik tijdens het gebruik. Omdat het model vooral wordt ingezet in educatieve context, bijvoorbeeld door schoolklassen, moest het licht en toegankelijk blijven. Het zwaardere rekenwerk vond plaats tijdens het trainen van het model; het gebruik zelf vraagt nauwelijks rekenkracht.

Tegelijk wordt AI juist ingezet om milieuvriendelijkere oplossingen te vinden. Het is soms de rekenkracht die we nodig hebben om slimmer met diezelfde rekenkracht om te gaan.

➔ HOOFDSTUK 5

BESTUURLIJKE KADERS EN RICHTLIJNEN

5



Beeld: AI gegenereerd

AI biedt volop kansen voor slimmer waterbeheer, maar roept ook nieuwe vragen op: mag dit, kan dit, en wie is verantwoordelijk? Voor publieke organisaties als waterschappen is het belangrijk dat het gebruik van AI past binnen de wet én binnen sectorbrede afspraken.



5.1 WET- EN REGELGEVING

Europese AI-Verordening (AI Act)

Sinds 1 augustus 2024 is de Europese AI-verordening ('AI Act') officieel van kracht¹⁵. Deze wet stelt grenzen aan het gebruik van AI en deelt toepassingen in op basis van het risico dat ze vormen voor mensenrechten, veiligheid en maatschappelijke waarden. Daarbij gaat het niet om het soort algoritme of de complexiteit van het model, maar om het gebruik en de mogelijke impact op burgers. Een eenvoudig algoritme kan dus alsnog als hoog risico gelden als het bijvoorbeeld publieke besluitvorming beïnvloedt of gevolgen heeft voor veiligheid of grondrechten.

RISICONIVEAU	VOORBEELDEN	VEREISTEN
Onaanvaardbaar	Manipulatie van mensen, gebruik van massasurveillance	Verboden
Hoog risico	AI in kritieke infrastructuur (zoals sluizenbeheer)	Strengere transparantie- en controle-eisen
Beperkt risico	Chatbots, automatische besluitvorming	Transparantie vereist
Minimaal risico	AI voor vertalingen, zoekmachines	Vrij te gebruiken

Organisaties die AI toepassen, moeten voldoen aan de eisen die passen bij het risiconiveau van hun toepassing. Of een toepassing als 'hoog risico' wordt aangemerkt, hangt af van het domein waarin het wordt ingezet. De Europese Commissie publiceert handreikingen om dat per sector te verduidelijken. Voor hoogrisico-systemen gelden vanaf 2027 strengere verplichtingen, zoals registratie, transparantie en controleerbaarheid. Sommige toepassingen zijn al eerder aan banden gelegd: AI die mensen manipuleert of discrimineert is vanaf begin 2025 verboden.

¹⁵ Verordening (EU) 2024/1689 van het Europees Parlement en de Raad

Daarnaast stelt de AI Act eisen aan AI-geletterdheid binnen organisaties. Medewerkers moeten over voldoende kennis en vaardigheden beschikken om AI verantwoord toe te passen. Dat gaat niet alleen over techniek, maar ook over het kunnen inschatten van maatschappelijke en ethische gevolgen¹⁶.

Algoritmeregister voor overheden

Daarnaast wordt in Nederland gewerkt met een centraal algoritmeregister voor overheden. Daarin leggen organisaties vast welke algoritmes ze gebruiken en waarvoor. Dat vergroot de transparantie en maakt zichtbaar welke systemen invloed hebben op publieke besluiten.¹⁷

Vooralsnog is de registratie vrijwillig, maar er wordt gewerkt aan een verplichting voor het opnemen van hoogrisico-algoritmes. De EU werkt bovendien aan regels die het algoritmeregister op termijn verplicht kunnen stellen voor alle lidstaten. Zo ontstaat een eenduidige standaard voor publieke verantwoording.¹⁸

5.2 RICHTLIJNEN VOOR GENERATIEVE AI¹⁹

Generatieve AI, zoals ChatGPT, is een toepassing die zelfstandig tekst, beeld of code kan genereren (zie H2). Binnen de overheid is het gebruik van deze technologie sinds april 2025 verruimd. Overheidsmedewerkers mogen generatieve AI inzetten ter ondersteuning van hun werk, bijvoorbeeld bij het beantwoorden van vragen, het opstellen van teksten of het analyseren van informatie.

Daarbij gelden nog steeds duidelijke voorwaarden. Zo mag AI niet worden gebruikt voor vertrouwelijke of privacygevoelige informatie. De inhoud moet altijd worden gecontroleerd op feitelijke juistheid, en AI-gegenereerde teksten mogen niet zonder menselijke toetsing worden opgenomen in officiële documenten. Deze waarborgen moeten voorkomen dat AI blind wordt vertrouwd in processen waarin betrouwbaarheid en transparantie essentieel zijn.

Er is een overheidsbrede handreiking beschikbaar met richtlijnen voor een zorgvuldige inzet van generatieve AI. Daarin is ook aandacht voor ethische, juridische en organisatorische randvoorwaarden.

5.3 AI-KOMPAS: BESTUURLIJKE RICHTLIJNEN WATERBEHEER

Om AI verantwoord in te zetten, hebben de Unie van Waterschappen en het Waterschapshuis een 'AI-kompas' ontwikkeld. Dit kompas biedt houvast voor bestuurders en ondersteunt hen bij het maken van zorgvuldige keuzes zonder de regie te verliezen. Het document is gebaseerd op de bestuurlijke visie 'Vaarkaart - Digitaal op koers'. Het AI-kompas bevat vijf leidende principes:

- **Kansengericht:** Zet AI in waar het daadwerkelijk iets oplevert, zoals bij overstromingsvoorspellingen, zuiveringsoptimalisatie of realtime monitoring.
- **Toekomstgericht:** Zorg voor voldoende kennis en capaciteit om AI veilig en effectief toe te passen.
- **Solidair:** Werk als waterschappen samen aan standaardisatie van data, het delen van ervaringen en het gezamenlijk dragen van risico's.
- **Uitlegbaar:** AI mag geen black box zijn: besluitvorming moet transparant, begrijpelijk en uitlegbaar zijn.
- **Ethisch afgewogen:** Weeg maatschappelijke effecten mee in elke AI-toepassing.

5.4 WIE DOET WAT: DE ROL VAN KOEPELORGANISATIES

Samenwerking is cruciaal om AI succesvol te integreren in het waterbeheer. De koepelorganisaties binnen de sector vervullen hierin een sleutelrol: zij stimuleren kennisdeling, coördineren opschaling en bewaken publieke waarden bij technologische vernieuwing.

¹⁶ [Website Digitale Overheid](#)

¹⁷ [Het Algoritmeregister van de Nederlandse overheid](#)

¹⁸ [Website Digitale Overheid](#)

¹⁹ [Verantwoorde inzet van generatieve AI, Rijksoverheid, 2025](#)

KOEPELORGANISATIES



STOWA (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer) is het kennisplatform van de regionale waterbeheerders. De Stichting ontwikkelt, verzamelt en verspreidt toegepaste kennis die nodig is voor een effectief waterbeheer. Dit betreft zowel technische en natuurwetenschappelijke onderwerpen als bestuurlijke, juridische en sociaalwetenschappelijke aspecten. STOWA werkt vraaggestuurd: kennisvragen van waterschappen worden nauwlettend geïnventariseerd en uitgezet bij de juiste kennisleveranciers.

Het Waterschapshuis (hWh) ondersteunt de waterschappen bij digitalisering, informatiestromen en AI-projecten zoals NL Veranderdetectie. Binnen het programma Innovatie en Transformatie worden nieuwe technologieën getest en gedeeld, onder meer via leerlijnen, symposia en events. hWh stimuleert de samenwerking tussen datascientists en engineers, en verzorgt gezamenlijke inkoop en aanbestedingen. Zo draagt het bij aan een duurzame integratie van AI in het werkproces.

De Unie van Waterschappen (UvW) vertegenwoordigt de waterschappen op nationaal en Europees niveau. De unie ondersteunt bestuurders met beleidskaders, handreikingen en tools en helpt publieke waarden te borgen, zoals transparantie, uitlegbaarheid en betrouwbaarheid.



➞ HOOFDSTUK 6

REFLECTIE: OP WEG NAAR DE PRAKTIJK

6

Beeld: AI gegenereerd

AI is geen wondermiddel, maar kan wél veel toevoegen aan het waterbeheer - mits zorgvuldig toegepast. Dat blijkt uit de inzichten in deel 1 én uit gesprekken met waterschappers. Succesvolle inzet vraagt niet alleen om slimme algoritmes, maar ook om eigenaarschap van data, integratie in het werkproces en samenwerking tussen collega's.



De fasen van implementatie

De inzet van AI verloopt meestal stapsgewijs. Het begint bij een idee of een nieuwe toepassing, gevolgd door verkenning en onderzoek. Als dat perspectief biedt, kan een pilot of demo worden uitgevoerd. Daarna volgt toepassing op kleine schaal, die bij succes kan uitgroeien tot bredere toepassing. Tot slot zijn beheer en doorontwikkeling nodig om de toepassing structureel in te bedden. Veel toepassingen lenen zich voor samenwerking tussen waterschappen - al tijdens de ontwikkeling, of juist bij opschaling. Denk aan gezamenlijke inkoop, centrale dataopslag of gedeeld beheer.



Experimenteren hoort erbij

Niet alles werkt meteen, maar dat is niet erg. Juist door te experimenteren, bij te stellen en te leren, ontstaan toepassingen die waardevol zijn op de lange termijn.

Een voorbeeld van een veelbelovende toepassing is *Flood Hub*²⁰, een wereldwijd AI-platform dat overstromingsrisico's in kaart brengt met behulp van satellietdata en neerslagmodellen. In sommige gebieden is het al beschikbaar, in andere nog niet. De voorspellingen zijn nog niet altijd nauwkeurig. Dat komt mede door een gebrek aan lokale data en context, zoals informatie over dijken, stedelijke afwatering of actuele waterstanden.

²⁰ <https://sites.research.google/floods>

Toch laat Flood Hub zien wat AI kan betekenen. Het geeft realtime inzicht in overstromingsgevaar, helder en laagdrempelig gepresenteerd. De techniek heeft nu nog haken en ogen, maar ontwikkelt zich snel. In de toekomst zou dit zomaar kunnen uitgroeien tot een waardevol hulpmiddel.

Tegelijkertijd ervaren sommigen dit soort initiatieven met enige terughoudendheid: een techbedrijf dat actief wordt in het waterbeheer roept vragen op. Toch kan juist deze prikkelende rol leiden tot waardevolle discussies en zet het aan tot een kritische blik op de rol van AI in het werk.

Vooruitkijken: *Natural AI*

Aan de horizon dient zich ook een andere interessante richting aan: Natural AI. In plaats van te leren uit big data, ontwikkelt deze vorm van kunstmatige intelligentie zich via directe interactie met de omgeving - vergelijkbaar met hoe mensen leren. Natural AI kan niet alleen voorspellen, maar ook redeneren, keuzes uitleggen en flexibel reageren op nieuwe situaties. Bovendien vraagt het minder energie-intensieve rekenkracht. Daarmee wijst het op een toekomst waarin AI niet alleen slimmer wordt, maar ook mensgerichter en duurzamer.

Natural AI wordt gezien als een mogelijke vervolgstap na generatieve AI (zie H2), maar bevindt zich nog in een experimenteel stadium. Voorbeelden zijn er vooral buiten het waterbeheer, zoals in de gezondheidszorg en robotica, waar systemen worden ontwikkeld die zelfstandig leren via fysieke interactie of gesprekken. Het is nog te vroeg om te zeggen hoe dit zich zal vertalen naar toepassingen in de leefomgeving, maar het gedachtegoed helpt wel om anders naar AI te kijken: niet als data-verslinder, maar als lerend systeem in contact met zijn omgeving.



Beeld: AI gegenereerd

Werken in een veranderend landschap

AI hoeft niet alles op te lossen, maar goed toegepast kan het veel bijdragen. Zeker als techniek en vakmanschap hand in hand gaan, en publieke waarden als transparantie en uitlegbaarheid leidend blijven.

Wie klein durft te beginnen, leert onderweg het meest. In het volgende deel delen waterschappers hoe zij dat aanpakken.

➔ VOORBEELD A WATERZUIVERING



Beeld: AI gegenereerd

1. AI STUURT BELUCHTING AAN EN DRUKT LACHGASUITSTOOT OMLAAG

Type toepassing: tijdgedreven AI
Leervorm: reinforcement learning



Op de rioolwaterzuivering in Amsterdam West regelt een zelflerend algoritme het zuurstofniveau, met als resultaat minder klimaatimpact.

Op de rioolwaterzuivering Amsterdam West wordt sinds kort een zelflerend algoritme ingezet om het zuiveringsproces te verbeteren. Het doel: goede effluentkwaliteit met minder uitstoot van lachgas, een krachtig broeikasgas. “In de afgelopen jaren was lachgas verantwoordelijk voor ongeveer 60% van de klimaatimpact van onze zuiveringen,” zegt Marcel Zandvoort, onderzoeker afvalwater bij Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV). “Als we dat omlaag brengen, maken we echt verschil.”

Rioolwater bevat stikstofverbindingen zoals ammonium. Die zijn op zichzelf niet schadelijk, maar kunnen in sloten en rivieren leiden tot problemen als algengroei en zuurstoftekort. Daarom worden stikstofverbindingen tijdens de zuivering omgezet in onschadelijk stikstofgas met behulp van bacteriën. Het omzettingsproces is gevoelig voor seizoensinvloeden en procescondities.

Onder bepaalde omstandigheden, vooral bij lagere watertemperaturen, produceren bacteriën bij rwzi Amsterdam West lachgas als tussenproduct. En dat komt dan vrij in de lucht. De hoeveelheid toegevoegde zuurstof speelt hierbij een sleutelrol: die bepaalt hoe efficiënt stikstof wordt omgezet door de bacteriën. Te veel of te weinig zuurstof op het verkeerde moment vergroot de kans op lachgasvorming.

Slimmer sturen met AI

Omdat het zeer complex is om dat proces continu optimaal te regelen, en rondom de vorming van lachgas nog veel onbekend is, koos AGV voor een aanpak met kunstmatige intelligentie. Ze bouwden een ‘digital twin’ van de zuivering: een digitaal model dat wordt gevoed met historische data, onder andere zuurstof, temperatuur, aanvoerdebit en ammoniummetingen. Op de digital twin wordt een zelflerend algoritme, de control agent, getraind. “Als het zuurstofsetpoint van de agent leidt tot minder lachgas, ‘beloont’ het systeem zichzelf en onthoudt het die keuze²¹”, legt Alex van der Helm uit, oprichter van het Data Science-team. “Zo wordt de agent steeds slimmer.” De getrainde control agent kan vervolgens in de praktijk voor de zuivering bepalen welk zuurstofniveau het beste werkt.

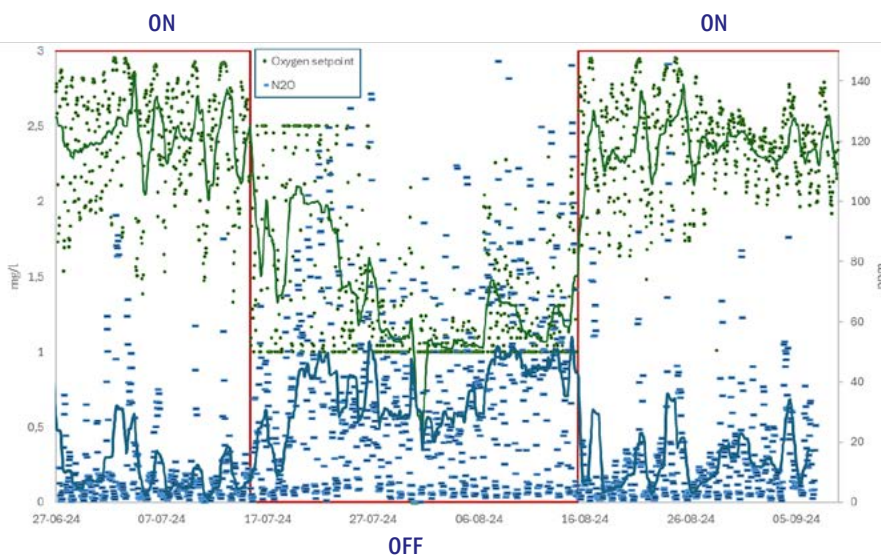
Resultaten en implementatie

De AI stuurt nu zelfstandig het zuurstofniveau in één van de zeven straten van de waterzuivering. Het systeem werkt binnen vooraf ingestelde grenzen en houdt rekening met actuele omstandigheden. De eerste resultaten zijn positief: minder hoge pieken in lachgasuitstoot en een stabiele uitgaande waterkwaliteit. “We kunnen nu sturen op klimaatimpact, zonder dat het ten koste gaat van het zuiveringsresultaat”, zegt Marcel Zandvoort.

²¹ Dit is een voorbeeld van reinforcement training

AI CONTROL ON/OFF

De grafiek toont het verschil in zuurstofsetpoint (groen) en lachgasemissie (blauw) met het AI-algoritme aan (links en rechts) en uit (midden). In de periodes met AI-sturing blijft de lachgasconcentratie duidelijk lager, terwijl de zuurstoftoevoer beter wordt afgestemd op de actuele behoefte (bron: AGV).



De mensen blijven onmisbaar. Operators houden toezicht en kunnen altijd ingrijpen. “Als het model afwijkend gedrag laat zien, schakelt het automatisch terug naar de normale zuurstofregeling. AI is een hulpmiddel: het ondersteunt, maar vervangt de mens niet.”

De implementatie vroeg wel wat van de organisatie. “We hebben veel aandacht besteed aan een veilige en stabiele invoering,” zegt Marcel. “Nieuwe versies van het algoritme worden automatisch getest en ingevoerd. De kracht zat in de samenwerking: onderzoek, dataspecialisten, bedrijfsvoering, procesautomatisering, IT, iedereen had een rol.”

Toekomstgericht

Het algoritme is opgenomen in het [algoritmeregister](#) en beschikbaar voor andere waterschappen om te kunnen gebruiken, aanpassen of verbeteren. “Hoe meer kennis we delen, hoe sneller we leren”, zegt Marcel Zandvoort. Waterschap Amstel, Gooi en Vecht werkt al aan uitbreiding naar de andere zuiveringsstraten én aan verbetering van het model. “Het mooie is,” zegt Alex van der Helm, “dat we laten zien dat AI nu al werkt in de praktijk. Geen toekomstmuziek, maar praktisch inzetbaar en nu al bruikbaar. En dat motiveert enorm.”

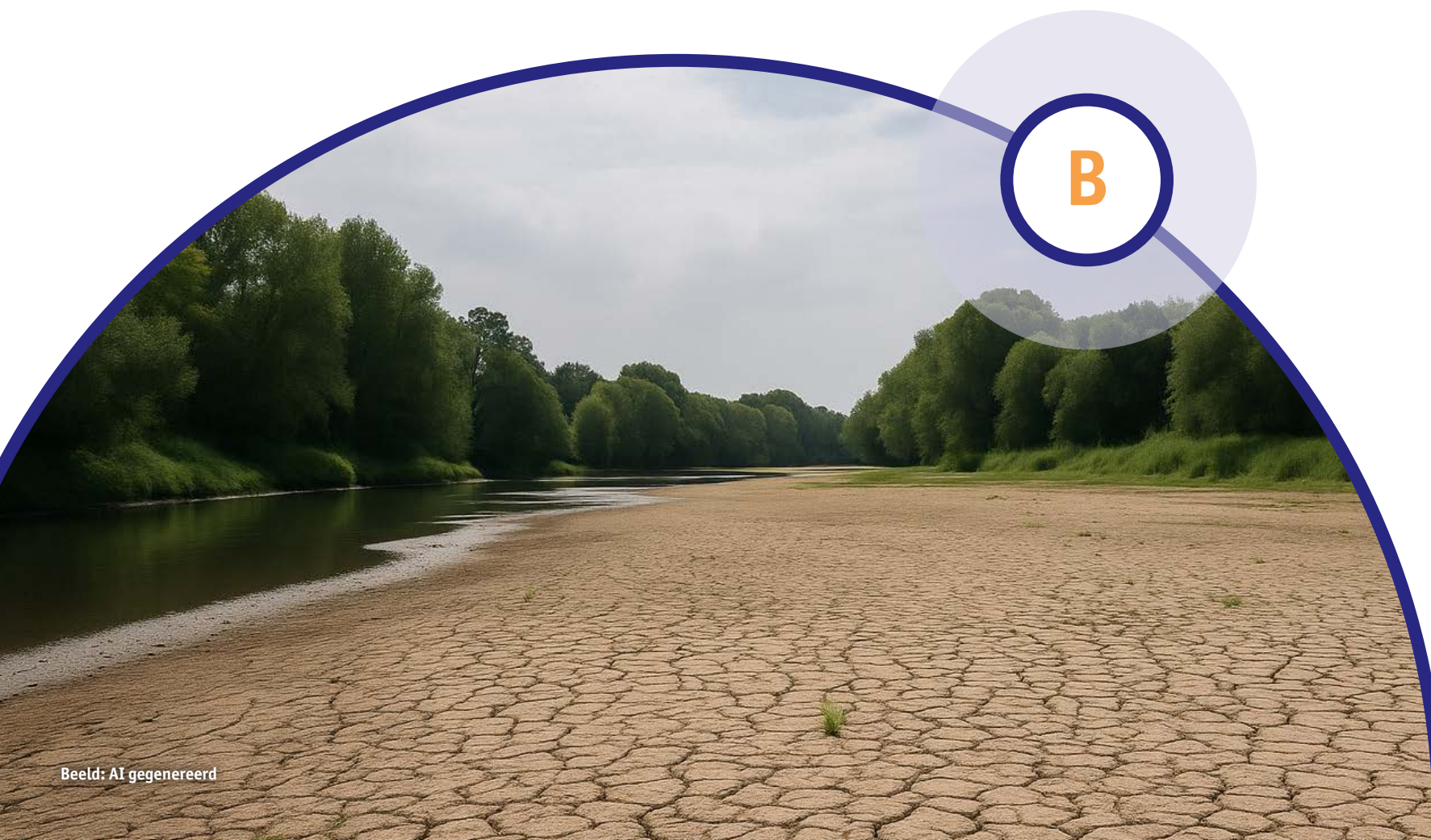
MEER INFORMATIE²²:

Alex van der Helm, alex.van.der.helm@waternet.nl

Marcel Zandvoort, marcel.zandvoort@waternet.nl

²² Zie ook: [Waternet, Onderzoek & Innovatie. Werk in beeld 2024](#)

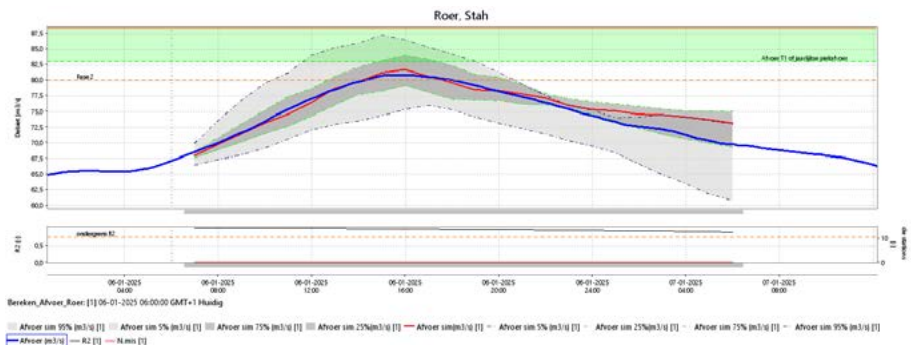
➞ VOORBEELD B WATERKWANTITEIT



Beeld: AI gegenereerd

AFVOER VAN DE ROER

Deze grafiek toont de afvoer van de Roer op 6 januari 2025. De blauwe lijn geeft de werkelijke afvoer weer. De rode lijn toont de simulatie van de afvoer, en de grijze banden eromheen representeren de onzekerheidsbanden rond die voorspelling (bron: Waterschap Limburg).



Droogte: dashboard in gebruik

Voor droogte gebruikt Waterschap Limburg een andere aanpak, gericht op het beter voorspellen van grondwaterstanden en afvoeren. In een pilot bij de Groote Molenbeek ontwikkelde het waterschap een digital twin. Dat is een digitale representatie van het watersysteem, gebaseerd op historische data zoals neerslag, verdamping en grondwaterstanden. De digital twin maakt ook gebruik van AI, onder andere om toekomstige ontwikkelingen beter in beeld te krijgen.

Omdat grondwater trager reageert dan oppervlaktewater, ligt de focus nu op de verwachte ontwikkeling van grondwaterstanden. Het model doet voorspellingen voor vier, acht en twaalf weken vooruit. De resultaten zijn zichtbaar in een speciaal droogtedashboard, dat inmiddels Limburg-breed wordt gebruikt.

De kaartweergave laat in één oogopslag zien waar droogte zich eerder of sterker ontwikkelt. Dat helpt om op tijd maatregelen te nemen, zoals het aanpassen van

het peilbeheer. Het dashboard ondersteunt het hydrologisch droogteteam van het waterschap, dat de situatie nauwgezet volgt en waar nodig peiladviezen geeft.

Implementatie vraagt meer dan technologie

De ervaringen in Limburg laten zien dat de inzet van AI - bij wateroverlast én droogte - meer vraagt dan alleen een goed model. Gijs: “Tijdens de watercrisis in Limburg in 2021 was het model operationeel, maar het stopte toen enkele meetstations onder water kwamen te staan. Dat hadden we niet voorzien.” Inmiddels is daar een oplossing voor: “Als een meetstation uitvalt, valt het model automatisch terug op gegevens van omliggende stations om de ontbrekende afvoergegevens alsnog te berekenen.”

Na de succesvolle testfase schakelde Waterschap Limburg een ingenieursbureau in om het systeem operationeel te maken. “Dat is echt IT-werk: hoe haal je data op, bewaak je de kwaliteit en organiseer je de output?”, aldus Gijs. De resultaten zijn zichtbaar via de applicatie FEWS. De applicatie wordt voorlopig alleen intern gebruikt, omdat de interpretatie van de resultaten specifieke kennis vereist. “We willen voorkomen dat voorspellingen verkeerd worden begrepen of uit hun context worden gehaald”, zegt Gijs.

Van denken naar doen

De AI-modellen die in Limburg worden gebruikt zijn schaalbaar en eenvoudig toe te passen in andere regio's, mits er voldoende data beschikbaar zijn. De aanpak toont dat kunstmatige intelligentie in het waterbeheer geen toekomstvisie is, maar al praktijk. Het is een hulpmiddel om sneller te signaleren en adequaat te reageren, juist nu de extremen toenemen.

MEER INFORMATIE:

Gijs van den Munckhof, G.vandenMunckhof@waterschaplimburg.nl

Nicole Meijer, N.Meijer@waterschaplimburg.nl

➞ VOORBEELD C WATERVEILIGHEID



Beeld: AI gegenereerd

3. MET DRONES OP SPEURTOCHT NAAR SCHEUREN EN OPSCHOT

Type toepassing: beeldherkenning
Leervorm: supervised learning



Bij Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) zetten ze drones en kunstmatige intelligentie in om schade aan dijken efficiënter op te sporen.

De technologie wordt al gebruikt om automatisch scheuren in de grasbekleding te herkennen. Vooral bij droogtegevoelige dijken zoals veenkades is dat van groot belang. Daarnaast werkt het waterschap aan een tweede toepassing: het detecteren van opschot. Dat is ongewenste begroeiing die schade kan veroorzaken, zoals struiken en jonge bomen.

Inspecteurs lopen nog steeds regelmatig over de dijken - in totaal zo'n 1.500 km - om schade vast te leggen. "Dankzij AI kunnen ze dat gerichter en efficiënter doen. Het kost minder tijd en helpt om subjectiviteit te verminderen. Wat de één als schade ziet, merkt de ander misschien niet op", zegt Michelle Schouten, adviseur waterveiligheid.

Scheurdetectie

Voor scheurdetectie zet HHNK drones in die hoge resolutiebeelden van de dijk maken. Op basis daarvan herkent een algoritme automatisch scheuren. "We hebben zo'n 2.700 scheuren aan de hand van dronebeelden gelabeld en daarmee het algoritme getraind", vertelt Michelle. "De resultaten zijn vergeleken met inspecties in het veld."

De pilotfase is inmiddels afgerond. Het algoritme werkt goed en wordt opgeschaald naar meer locaties en droogtesituaties.

Opschotdetectie met LiDAR

Voor het opsporen van opschot wordt AI gecombineerd met LiDAR. Deze techniek meet met laserpulsen hoogteverschillen op de dijk. "Zo kan het systeem beter onderscheid maken tussen gras en houtachtige planten die schade kunnen veroorzaken", legt Michelle uit. Deze toepassing is nog in ontwikkeling. "Het proces, van beeldherkenning tot LiDAR-analyse, willen we automatiseren tot één soepel geheel."

Inspecteurs blijven onmisbaar

Zien de inspecteurs AI als een bedreiging? "Helemaal niet", zegt Michelle. "Ze zijn juist enthousiast. Ze kunnen zich beter richten op risicoplekken. En mensenwerk blijft onmisbaar: met een drone voel je bijvoorbeeld niet of een steen losligt."

Uitdagingen bij implementatie

Bij de scheurdetectie kwamen diverse uitdagingen naar voren. "Soms konden we niet vliegen door natte omstandigheden of vanwege blauwtong bij schapen op de dijk", zegt Michelle. "En als het gras te hoog is, herkent het algoritme de scheuren minder goed. Daarom willen we betere afspraken maken in het maaibestek, zodat op kwetsbare locaties op tijd wordt gemaaid."

AUTOMATISCHE DETECTIE VAN OPSCHOT OP EEN WATERKERING

De AI-analyse markeert opschot (houtachtige begroeiing) op een dronefoto van een kring.
Links de originele opname, rechts de herkende contouren (bron: aitoolboxwaterkeringen.nl).



Ook technisch en organisatorisch is er veel nodig. HHNK werkt aan een speciaal project voor grote bestanden, waarin meerdere afdelingen samenwerken aan cloudopslag, rekencapaciteit en veilige verwerking van data. “Je hebt mensen nodig uit verschillende vakgebieden”, zegt Michelle. “Data scientists, inspecteurs, GIS-specialisten, ICT - alleen samen krijg je dit werkend.”

Transparantie en toekomst

Ook over privacy en verantwoording is nagedacht. Beelden worden automatisch geblurd en de gebruikte algoritmes zijn aangemeld bij het algoritmeregister. “We willen niet alleen transparant zijn, maar ook kennis delen”, zegt Michelle. “Zo kunnen andere waterschappen ermee doorbouwen.”

Daarnaast wil HHNK in de toekomst gebruikers actief betrekken bij het verder trainen van het algoritme. “Inspecteurs kunnen straks aangeven: dit is wél of géén scheur²³. Dat maakt het systeem steeds slimmer.” Michelle is optimistisch: “We bouwen nu een schatkamer aan data op. Drones worden goedkoper, de techniek ontwikkelt snel en het is prachtig om te zien dat het werkt.”

https://aitoolboxwaterkeringen.nl/examples/scheurdetectie_voorbeeld.html
https://aitoolboxwaterkeringen.nl/examples/opschotdetectie_voorbeeld.html

MEER INFORMATIE²⁴:

Michelle Schouten, m.schouten@hhnk.nl

²³ Dit is reinforcement learning

²⁴ Zie ook: Website [Aitoolboxwaterkeringen](https://aitoolboxwaterkeringen.nl)-Scheurdetectie en Opschotdetectie

4. THE EGG - AI LUISTERT NAAR BEVERS

Type toepassing: geluidherkenning

Leervorm: supervised learning



Hoe signaleer je gravende bevers, zonder hun leefgebied te verstoren?

Dankzij The Egg, een AI-gedreven luisterpost onder water, lijkt dat mogelijk.

Bevers zijn beschermde dieren die zich prima thuis voelen langs oevers, dijken en in andere natte gebieden. Ze graven gangen, bouwen dammen en laten zich lastig vinden. Voor waterschappen levert dat een lastige puzzel op: hun graafwerk kan de waterveiligheid in gevaar brengen en de doorstroombaarheid van watergangen verstoren. Hoe houd je grip op de risico's zonder het dier in de weg te zitten?

Hoe gaat het nu?

Het opsporen van bevers, hun burchten en vooral hun holen is momenteel arbeidsintensief. Waterschappers inspecteren waterkeringen regelmatig, vaak 's nachts en bij hoogwater, wanneer de kans op beveractiviteit het grootst is. Ze gebruiken daarbij warmtecamera's en keren de volgende ochtend terug in waadpakken om de oever te inspecteren. Daarnaast wordt geëxperimenteerd met drones, sonar, grondradar en speurhonden. Maar al deze methoden leveren

slechts momentopnames op, waardoor subtiele gedragsveranderingen, zoals het verplaatsen van een hol, gemakkelijk onopgemerkt blijven.

Kan The Egg een oplossing bieden?

“Dat zou goed kunnen”, zegt Martin Evers, adviseur bij Marev. “Het systeem heeft in verschillende situaties laten zien dat het betrouwbaar geluidspatronen kan herkennen. De bruikbaarheid voor het monitoren van bevergedrag moet nog wel worden getest in de praktijk. Als dat lukt, kunnen waterschappen risico's zoals schade aan dijken of infrastructuur mogelijk eerder signaleren en gericht reageren.”

Daarom is medio 2024 een onderzoeks- en testtraject gestart om het systeem verder te ontwikkelen en in de praktijk te beproeven.

Small Egg is watching Big Beaver: werking en training

The Egg is een akoestisch monitoringinstrument in de vorm van een drijvend 'ei' van ongeveer 50 cm hoog. Het luistert continu met een hydrofoon (onderwatermicrofoon) naar geluiden onder water, zonder zelf iets uit te zenden. Daardoor kan het gedrag van bevers realtime worden gevolgd, zonder de dieren te verstoren. De opgevangen geluiden worden verwerkt door een opname- en verwerkingsunit en geanalyseerd door een AI-systeem.

In de eerste fase van het project is het model hiervoor getraind met supervised learning. Ina Simic, ontwikkelaar van het systeem en oprichter van Viralcom b.v., legt uit: “We hebben bevergeluiden opgenomen in Aqua Zoo Leeuwarden en deze gekoppeld aan verschillende activiteiten zoals communicatie, het verlaten of betreden van het hol, plonzen, zwemmen en knagen. Met deze gelabelde geluiden heeft het algoritme geleerd om deze gedragingen te herkennen.”

In de tweede fase wordt het systeem getest en gecontroleerd in het veld. Ina: “We gaan het systeem verder verfijnen, zodat het niet alleen weet óf er een bever zit maar ook wáár hij zit.

Implementatie bij waterschap

Voor een goede inzet van The Egg moet nog blijken hoe ver het systeem een bever daadwerkelijk kan detecteren, en onder welke omstandigheden het optimaal werkt. “We onderzoeken nu onder meer hoe we het veilig kunnen installeren, hoe het onderhoud eruitziet, en hoe we de data zo vertalen dat waterschappen er echt iets aan hebben,” zegt Martin.

Een belangrijk onderdeel daarvan is de ontwikkeling van een dashboard, in overleg met de waterschappen. “We willen hen niet overladen met terabytes aan ruwe data, maar juist de informatie geven die hen helpt om gerichte keuzes te maken,” aldus Martin.

De toekomst van The Egg

The Egg kan in de toekomst mogelijk ook worden ingezet voor andere doelsoorten, zoals muskus- of beverratten. “Het heeft veel potentie,” zegt Martin, “niet alleen voor waterbeheerders, maar ook voor ecologen of bijvoorbeeld ProRail.”

Ina voegt toe: “Naarmate The Egg meer data verzamelt, wordt het steeds beter in het herkennen van specifieke gedragingen. Zo neemt de precisie van het systeem toe, en daarmee ook de praktische toepasbaarheid.”

MEER INFORMATIE:

Ina Simic, info@viralcom.nl

Martin Evers, info@marev.nl



➤ VOORBEELD D WATERKWALITEIT



D

Beeld: AI gegenereerd

5. AI VOORSPELT HOE GIFTIG EEN STOF IS VOOR WATERLEVEN

Type toepassing: datagedreven AI
Leervorm: supervised learning



Hoe schadelijk is een stof voor organismen in het water? SSD's (*species sensitivity distributions*) geven daar inzicht in. Die zijn nu sneller en goedkoper af te leiden met AI-algoritmes, zelfs bij beperkte meetgegevens.

SSD's zijn grafieken die laten zien bij welke concentraties van een bepaalde stof soorten last ondervinden. Ze zijn gebaseerd op proeven waarin organismen worden blootgesteld aan deze stof. SSD's helpen bij het opstellen van milieunormen en worden door waterschappen gebruikt om de ecologische kwaliteit van hun water te beoordelen.

Hiervoor is een [online chemie-rekentool](#) beschikbaar. Die zet meetgegevens om in een inschatting van de totale ecotoxische druk. Maar veel SSD's zijn gebaseerd op beperkte data, en voor tal van stoffen ontbreken gegevens volledig. Daardoor is er vaak onzekerheid, vooral bij lage concentraties.

Om die gaten te vullen, wordt kunstmatige intelligentie ingezet. In plaats van per stof afzonderlijk te kijken, analyseert het model alle gegevens over stoffen en soorten tegelijk. "Sommige soorten reageren stevast gevoeliger dan andere, en bij sommige stoffen zie je onverwachte overeenkomsten in effect. Het AI-model herkent zulke patronen, ook als ze voor mensen niet direct zichtbaar zijn. Het vult ontbrekende waarden slim aan, zonder extra dierproeven", vertelt Jaap Slootweg, datascientist bij het RIVM. "We vielen echt van onze stoel toen we zagen hoe goed het werkte."

Hoe werkt de AI

Het AI-model zet alle gegevens in een grote tabel, een zogenoemde matrix, en gebruikt supervised learning om te leren van de bekende combinaties. Voor elke stof en soort berekent het latente variabelen: verborgen eigenschappen die samen voorspellen hoe giftig een stof waarschijnlijk is voor een soort. Zo worden lege vakjes in de matrix ingevuld, vergelijkbaar met een sudoku. De voorspellingen worden gecontroleerd met *cross validation* om te zien of het model ook werkt voor combinaties die het niet eerder heeft gezien.

Het resultaat is een completer overzicht van de ecotoxiciteit van stoffen voor allerlei soorten. SSD's kunnen nu ook worden opgesteld voor stoffen én soorten waarvoor eerder te weinig data waren. Dat geeft een overzicht van mogelijke risico's, met minder onzekerheid.

Implementatie

De nieuwe versie van de tool wordt begin volgend jaar getest binnen een Community of Practice van STOWA, waaraan veel waterschappen deelnemen. Zij leveren praktijkervaring en geven feedback op de resultaten. "Aan de invoer verandert niets", aldus Jaap. "Alleen de uitkomsten zullen anders zijn. De toxische druk zal wellicht hoger uitvallen. Niet omdat het water slechter is, maar omdat we nu beter kunnen berekenen wat er aan de hand is. Dat moet je natuurlijk wel goed kunnen uitleggen!"

“Ook de chronische effecten kunnen we nu beter meenemen”, vervolgt hij. “Denk aan gedragsveranderingen bij vissen door langdurige blootstelling. Die subtiele effecten bleven eerder vaak buiten beeld.”

De inzet van AI roept ook nieuwe vragen op. “Sommige groepen, zoals insecten, zijn veel vaker getest dan andere”, merkt Jaap op. “Dat kan bias geven in de voorspellingen. Maar we weten dat het speelt, en houden daar in de interpretatie rekening mee.”

Toekomst

AI biedt ook kansen voor de toekomst. Zo hopen onderzoekers vaker celkweken te gebruiken in plaats van dierproeven. Ook kan AI helpen om stoffen al vroeg te beoordelen, nog vóór ze op de markt komen.

MEER INFORMATIE²⁵:

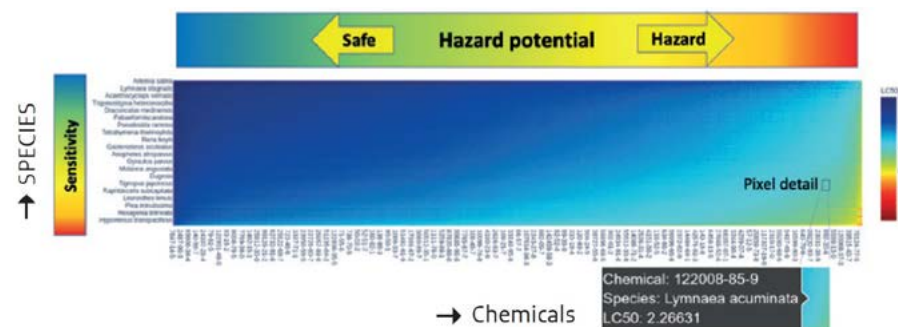
Jaap Slootweg, jaap.slootweg@rivm.nl

Leo Posthuma, leo.posthuma@rivm.nl

²⁵ Zie ook [RIVM, A science-based innovative dashboard to operationalise Safe & Sustainable-by-Design](#)

VOORSPELDE GIFTIGHEID

De figuur toont de voorspelde giftigheid van een stof (horizontale as) voor een soort (verticale as), uitgedrukt in LC50-waarden: de concentratie waarbij 50% van de organismen zou overlijden. Rood betekent een lage LC50 (hoge giftigheid), blauw een hoge LC50 (weinig effect). De stoffen zijn gerangschikt van giftig (links) naar minder giftig (rechts), en soorten van gevoelig (boven) naar minder gevoelig (onder). Labels zijn in deze versie niet leesbaar, het zijn er te veel om te laten zien (Bron: RIVM).



6. AI HERKENT WATERDIERTJES

Type toepassing: beeldherkenning
Leervorm: supervised learning



Helpt kunstmatige intelligentie om waterdiertjes beter te herkennen?

Een nieuw project onderzoekt of beeldherkenning de kwaliteit van burgerwaarnemingen kan verbeteren, en daarmee ook de inzetbaarheid van de verzamelde data kan vergroten.

Via het platform Waterdiertjes.nl verzamelen scholieren en vrijwilligers al jarenlang waarnemingen van waterdiertjes in hun omgeving. Het platform maakt deel uit van een consortium van samenwerkende partijen, gecoördineerd door GLOBE Nederland. Dit is de Nederlandse afdeling van een internationaal onderwijsprogramma waarin middelbare scholieren via veldwerk bijdragen aan wetenschappelijk onderzoek naar klimaat, bodem, lucht en water. Die actieve bijdrage vergroot bovendien de betrokkenheid bij het eigen leefmilieu.

AI als hulpmiddel voor betere herkenning

AI biedt nieuwe mogelijkheden voor burgers om planten en dieren te herkennen door simpelweg een foto maken en deze te laten identificeren. Het gebruik van deze technologie op Waterdiertjes.nl zorgt ervoor dat zelfs minder ervaren gebruikers waterdiertjes beter kunnen herkennen. Bovendien biedt het een leuke manier van leren en kunnen de data ook gedeeld worden met het platform voor burgeronderzoek Waarneming.nl.

Om die reden is in het voorjaar van 2025 het project 'Waterdiertjes.nl Beeldherkenning AI' gestart.²⁶ GLOBE Nederland, met projectleider Jorne Grolleman, werkt hierin onder andere samen met Naturalis, waarneming.nl en waterschappen. "We onderzoeken of AI de determinatie makkelijker en betrouwbaarder kan maken. Dat helpt deelnemers én maakt de waarnemingen breder inzetbaar."

²⁶ Het project is een samenwerkingsverband van GLOBE Nederland, Naturalis, Waarneming.nl, TAUW, Wageningen University & Research, Stichting Semblis, Waterschap Aa en Maas en Waterschap Drents Overijsselse Delta. Het project wordt gefinancierd door de TAUW Foundation, partners leveren een eigen bijdrage en STOWA financiert een deel van de ontwikkelkosten.

Eerder onderzoek laat zien dat burgerwaarnemingen op weinig bemonsterde locaties relevante ecologische informatie opleveren. “Als we de foutmarge verkleinen, kunnen zulke waarnemingen echt iets betekenen voor het waterbeheer,” zegt Jorne.

Zo leert een algoritme soorten herkennen

Voor het herkennen van de soorten wordt gebruik gemaakt van een beeldherkenningsmodel dat is ontwikkeld door Naturalis Biodiversity Center, op basis van gevalideerde data van [Waarneming.nl](#) en vijf andere Europese portalen. Apps zoals ‘ObsIdentify’ gebruiken het model al met succes. Het model is getraind op een dataset van 45 miljoen beelden en omvat ruim 45.000 soorten. Naturalis werkt continu aan verdere verbetering en uitbreiding.

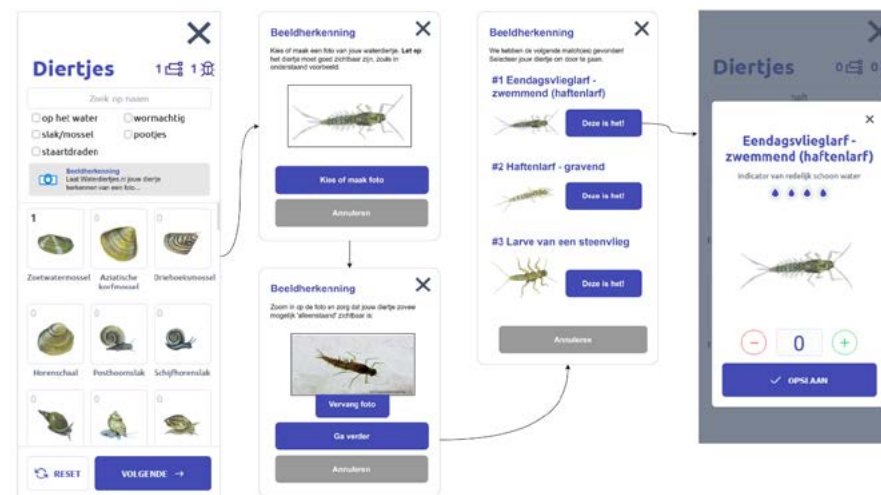
Voor veel planten en dieren werkt het model al goed, maar waterdiertjes zijn een ander verhaal. Die zijn klein, vaak doorzichtig en daardoor lastig te fotograferen. Dit project richt zich daarom op het verbeteren van het model door meer data te verzamelen. Om dit te bereiken, worden vijftig veelvoorkomende waterdiersoorten onder verschillende omstandigheden gefotografeerd en ingevoerd. “Daarna testen we de werking in de praktijk en trainen we een nieuwe versie van het beeldherkenningsmodel, waarbij technieken worden toegepast om ook minder voorkomende soorten beter te herkennen”, zegt seniorprojectleider Khadija Ezzaki Chokri van Naturalis. “Zo bouwen we stap voor stap aan een model dat ook met het leven onder water goed uit de voeten kan.”

Van test naar praktijk

Later dit jaar wordt de beeldherkenning gekoppeld aan [Waterdiertjes.nl](#). Gebruikers kunnen dan een foto uploaden en krijgen direct een voorspelling van de herkende soort. Waterschappen spelen een belangrijke rol bij het project, zowel als partner als gebruiker. Ze denken mee over relevante soortgroepen, helpen bij de validatie en nemen deel aan pilots. Er zijn onder meer ideeën om schoolklassen de biodiversiteit bij natuurvriendelijke oevers te laten monitoren, en om burgers te betrekken bij onderzoek naar het effect van het maaien van oeverplanten op macrofauna.

IDENTIFICATIE WATERDIERTJES

De afbeelding toont hoe gebruikers waterdiertjes kunnen identificeren door foto's te uploaden en de juiste soort te kiezen (bron: GLOBE Nederland).



Samen leren, samen verbeteren

De initiatiefnemers hopen op een blijvende samenwerking met waterschappen om AI verder te ontwikkelen en citizen science beter te benutten. Met hulp van AI worden waarnemingen bruikbaar, en groeit zowel de datastroom als het bewustzijn over waterkwaliteit - bij jong en oud.

MEER INFORMATIE:

Jorne Grolleman, jorne@globenederland.nl

Khadija Ezzaki - Chokri, khadija.ezzaki-chokri@naturalis.nl

➞ VOORBEELD E ALGEMEEN



Beeld: AI gegenereerd

7. AI HOUDT DE BGT ACTUEEL

Type toepassing: beeldherkenning
Leervorm: supervised learning



Waterschappen testen of AI kan helpen om de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT) sneller en nauwkeuriger bij te werken. Een pilot met beeldherkenning laat zien: dit werkt.

De BGT is de kaart waarop overheden objecten zoals wegen, waterlopen, bruggen en gebouwen vastleggen. Waterschappen gebruiken deze kaart onder andere voor vergunningverlening, onderhoud en toezicht. Elke overheidsorganisatie is wettelijk verplicht om haar deel actueel te houden. Maar dat is arbeidsintensief werk. Veranderingen worden vaak handmatig opgespoord, bijvoorbeeld door luchtfoto's te vergelijken of het gebied in te gaan. Dat proces is tijdrovend en foutgevoelig.

AI als oplossing: NL Veranderdetectie

Om te onderzoeken of AI hierbij kan helpen, startte Wetterskip Fryslân begin 2023 een pilot waarin de techniek van het project 'NL Veranderdetectie' wordt toegepast. Binnen dat project is een AI-systeem ontwikkeld dat op basis van luchtbeelden automatisch veranderingen in het landschap signaleert (zie kader).

Het waterschap wil weten of deze techniek echt tijdswinst oplevert en het werk betrouwbaarder maakt.

Hoe werkt de AI?

Stefan de Jong, datascientist bij Wetterskip Fryslân, legt uit hoe het model werkt: "Het AI-model werkt op basis van supervised learning: het is getraind met luchtfoto's waarin waterobjecten uit de actuele BGT als voorbeeld zijn gelabeld. Op basis van die training leert het model water te herkennen op nieuwe luchtfoto's. Vervolgens vergelijkt het systeem de geclassificeerde waterdelen met de bestaande gegevens in de BGT. Zo kunnen mutaties worden opgespoord, zoals nieuw water dat nog niet is geregistreerd of een sloot die is verdwenen."

De resultaten verschijnen in een interactieve kaart, waarin medewerkers filters kunnen toepassen en beoordelen welke veranderingen relevant zijn voor hun BGT. De analyse draait op het Azure-platform van het Waterschapshuis en is schaalbaar naar grote datasets.

Resultaten en implementatie

De eerste resultaten zijn veelbelovend: veranderingen worden sneller gesignaleerd, en zowel het veldwerk als het bijwerken van BGT-mutaties kunnen gerichter worden uitgevoerd. "Nu ontvangt de BGT-beheerder mutaties vanuit diverse delen van de organisatie, bijvoorbeeld via projecten, handmatige controle van luchtfoto's en meldingen van andere overheden of burgers", vertelt Stefan. "Met de resultaten van NL Veranderdetectie komen daar gerichte AI-suggesties bij, die ze kunnen controleren. Dat scheelt enorm."

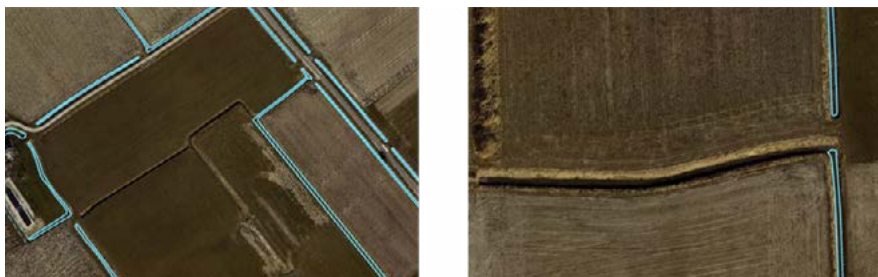
Na een succesvolle demonstratie in juni 2024 besloten de betrokken partijen door te gaan met een tweede fase. Het model wordt verder verfijnd, met aandacht voor foutreductie, bruikbaarheid en het verbeteren van de filters.

Hoewel AI het werk ondersteunt, blijft interpretatie mensenwerk. Waterschappen moeten vooraf goed kiezen welke soorten veranderingen de AI automatisch moet

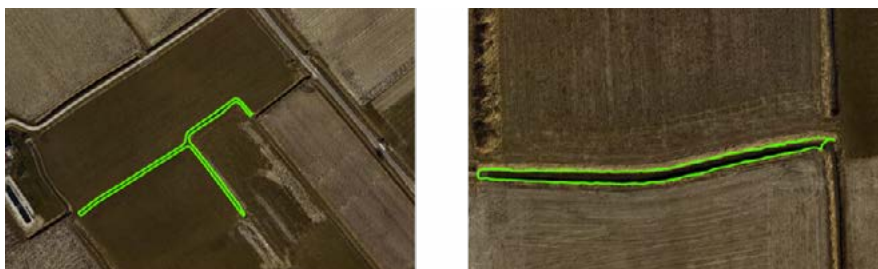
OPSPOREN NIEUWE WATERGANGEN

Voorbeeld van het opsporen van nieuwe watergangen. De bovenste beelden tonen de watergangen uit de bestaande BGT. Onder zijn nieuwe objecten te zien die met AI zijn opgespoord en na GIS-filtering zijn geselecteerd als relevante mutaties (bron: presentatie Stefan de Jong).

BGT



AI MODEL



opsporen. Ook moeten ze ervoor zorgen dat medewerkers weten hoe ze filters instellen, resultaten interpreteren en relevante veranderingen selecteren. Dat vraagt om scholing. “De AI doet voorstellen, maar de mens blijft aan zet”.

Grip op de ruimte

Stefan ziet veel potentie: „Als we deze aanpak verder verfijnen, kunnen we niet alleen sneller werken, maar ook beter inspelen op ruimtelijke ontwikkelingen.” Daarmee groeit NL Veranderdetectie uit tot een waardevol instrument voor toekomstgericht waterbeheer.

VAN PILOT NAAR PRAKTIJK: WAT IS NL VERANDERDETECTIE?

In 2019 startte Waterschap Drents Overijsselse Delta met ‘DigiSchouw’: een vernieuwende manier om sloten te inspecteren met behulp van satellietbeelden en AI. Deze succesvolle toepassing vormde de opmaat naar het landelijke SBIR-project ‘NL Veranderdetectie’ (2022). Daarin werden marktpartijen uitgedaagd om innovatieve oplossingen te ontwikkelen voor het automatisch signaleren van ruimtelijke veranderingen op basis van satellietdata.

In 2024 begon een vervolgtraject onder dezelfde naam. Tien waterschappen, Rijkswaterstaat, STOWA en het Waterschapshuis (hWh) werken hierin samen aan de toepassing van AI op luchtfoto’s. Daarmee kunnen veranderingen in het landschap op grotere schaal worden opgespoord. Zowel opvallende als subtiele of tijdelijke mutaties komen zo in beeld.

De eerste fase van dit traject richtte zich op het bijhouden van de Basisregistratie Grootchalige Topografie (zie de tekst hierboven). In fase 2, die in 2025 van start gaat, ligt de focus op het breder inzetten van de algoritmes en verkenning van gebruik door andere overheden.

Een belangrijk onderdeel is de Community of Practice: een lerend netwerk waarin waterschappers hun kennis en ervaring bundelen. Samen denken zij actief mee over AI-toepassingen die niet alleen breed inzetbaar zijn, maar ook daadwerkelijk werken in de praktijk.

Airborne beelden, zoals satellietfoto's, spelen hierin een steeds grotere rol. Ze vormen steeds vaker de basis voor AI-toepassingen in het waterbeheer. Programma's zoals NEVSAT en PCP-WISE richten zich op het toegankelijk maken én benutten van deze beelden voor monitoring en analyse²⁷.

²⁷ NEVSAT (Nederlands Ecosysteem Valorisatie Satellietbeelden) en PCP-WISE (Pre-Commercial Procurement for Water Management Innovation from Space) ontwikkelen toepassingen voor het verzamelen en inzetten van ruimtelijke data via satellieten, luchtfoto's en drones. Ze leggen de basis voor slimme monitoring, maar vallen buiten de scope van dit boekje.

MEER INFORMATIE:

Stefan de Jong, sdejong1@weterskipfryslan.nl

Jonathan Gerbscheid, j.gerbscheid@hetwaterschapshuis.nl

Hans van Leeuwen, vanleeuwen@stowa.nl



Beeld: AI gegenereerd

8. SLIM ZOEKEN IN STOWA-RAPPORTEN MET AI

Type toepassing: taalgedreven AI
Leervorm: supervised learning, reinforcement learning



STOWA gebruikt taalgestuurde AI om haar enorme rapportenarchief beter toegankelijk te maken. Via een nieuwe zoekfunctie kunnen gebruikers vragen stellen en direct relevante passages vinden in ruim 1500 publicaties. De bètaversie is inmiddels online.

Kennisverwerking als speerpunt

STOWA speelt een sleutelrol in het signaleren van kennisbehoeften in het waterbeheer. “Er lopen nu 350 projecten, en we leveren gemiddeld zo’n veertig tot zestig rapporten per jaar op”, zegt directeur Mark van der Werf. “De inhoud daarvan is erg waardevol, maar we willen natuurlijk wel dat die kennis ook echt wordt benut.” Juist in het terugbrengen van die kennis naar de praktijk ziet hij ruimte voor verbetering. “We organiseren bijeenkomsten en publiceren nieuwsberichten, filmpjes en artikelen. Maar hoe voorkom je dat mensen verdrinken in de overload aan informatie? We moeten het mensen makkelijker maken om snel antwoorden te vinden, in nieuwe rapporten én in alles wat er al ligt”.

AI als kans

Mark zag in taalgestuurde AI een kans. Voor de technische uitwerking zocht STOWA samenwerking met Jonathan Gerbscheid, data scientist bij Het Waterschapshuis. Jonathan bouwde een toepassing die gebruikers in staat stelt om in gewone bewoordingen vragen te stellen. Bijvoorbeeld: “Wat doet STOWA aan AI?” Het systeem geeft een kort, helder antwoord en verwijst direct naar de plek in het oorspronkelijke rapport (zie kader). Mark zegt: “Als je meer wilt weten, klik je door naar het volledige rapport. Ik ben enthousiast: we lopen hiermee echt voorop.”

VRAAG: WAT DOET STOWA AAN AI

Gegenereerd antwoord: STOWA heeft onderzoek gedaan naar de toepassing van kunstmatige intelligentie (AI) in het waterbeheer. Dit onderzoek richtte zich op technieken zoals neurale netwerken en fuzzy logic, die met succes zijn toegepast bij strategisch onderzoek en operationeel waterbeheer in Nederland. Het onderzoek concludeerde dat AI-technieken veelbelovend zijn en dat er potentieel is voor bredere toepassing in het waterbeheer¹.

Daarnaast heeft STOWA bijgedragen aan de ontwikkeling van Meteobase, een database die actuele neerslag- en verdampingsgegevens levert. Deze gegevens worden centraal ingekocht door de waterschappen en zijn dagelijks beschikbaar voor waterbeheer. Hoewel dit project niet specifiek AI betreft, toont het wel STOWA's betrokkenheid bij innovatieve datatechnologieën die het waterbeheer kunnen verbeteren².

Citaat:

1. [STOWA20200447.pdf](#)
2. [STOWA2020202720Remote20Sensing.pdf](#)

Hoe werkt het?

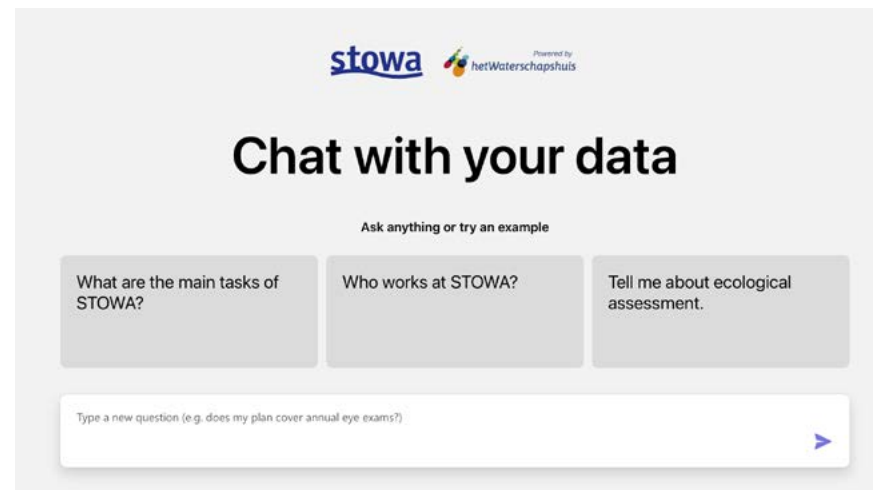
De basis van de toepassing is *ChatGPT*, een taalgedreven AI, die door Jonathan is aangepast aan de specifieke wensen van STOWA. Het was daarbij soms een uitdaging om te bepalen in hoeverre de tools van de grote techbedrijven konden worden gebruikt, die vergelijkbare toepassingen ontwikkelen, en welke aanpassingen Jonathan zelf moest bouwen.

Wat de toepassing onderscheidt van veel andere AI-oplossingen: de zoekfunctie gebruikt uitsluitend STOWA-rapporten als bron. “Ik wil geen AI die iets verzint,” zegt Mark. “Alle antwoorden moeten herleidbaar zijn tot onze publicaties.”

AI als hulpmiddel

Van der Werf ziet AI nadrukkelijk als ondersteuning, niet als vervanging. “Sommige mensen zijn huiverig: wat betekent dit voor mijn werk? Maar ik geloof dat het werk juist leuker wordt. Laat de AI maar verslagen maken, dan houd jij tijd over voor creativiteit, menselijke interacties en het maken van afwegingen en duidingen.”

Mark benadrukt ook het belang van het stellen van de juiste vraag: “Wat wil je nou eigenlijk écht weten? Wat is de vraag achter de vraag? Daar wordt soms te snel overheen gestapt. We moeten veel beter nadenken over hoe we de juiste vraag (prompt) formuleren, want het vinden van de juiste antwoorden begint bij de kwaliteit van de vraag. En dat blijft mensenwerk.”



De toepassing is inmiddels als bètaversie beschikbaar via de knop *Stel STOWA een vraag* op de [STOWA-website](#).

MEER INFORMATIE:

Mark van der Werf, vanderwerf@stowa.nl

Jonathan Gerbscheid, j.gerbscheid@hetwaterschapshuis.nl

➤ BEGRIPPENLIJST



Beeld: AI gegenereerd

BEGRIIP	WAT IS HET?
Algoritme	Een reeks instructies die een computer volgt om berekeningen uit te voeren en beslissingen te nemen. Bij AI-algoritmes leert het systeem zelf van data.
AI-model	Een systeem dat via een algoritme is getraind op data, en vervolgens zelfstandig voorspellingen of beslissingen maakt op basis van nieuwe input
Beeldherkenning	AI-toepassing die patronen herkent in visuele data, zoals luchtfoto's of camerabeelden.
Beslisboom	Algoritme dat beslissingen neemt via stap-voor-stap splitsingen van gegevens. AI-beslisbomen leren deze splitsingen op basis van voorbeelden.
Black box-model	Model waarvan niet duidelijk is hoe het tot zijn uitkomsten komt, zoals bij veel deep learning-toepassingen.
Deep learning	Een vorm van machine learning gebaseerd op neurale netwerken met meerdere lagen.
Digital twin	Een digitale kopie van een fysiek object of systeem.
Explainable AI	Onderzoeksgebied dat zich richt op het begrijpelijk en uitlegbaar maken van complexe AI-modellen.
Fysisch model	Simuleert gedrag van het watersysteem via natuurkundige wetten
General AI	AI die even veelzijdig en zelfstandig is als een mens
Generatieve AI	AI die zelfstandig tekst, beeld of code genereert op basis van eerder getrainde informatie, vaak met behulp van taalmodellen.
Grey box-model	Model waarvan sommige onderdelen uitlegbaar zijn, maar het geheel lastig te doorgronden is.
Hybride model	Combinatie van fysisch model en AI-model
Lineaire regressie	Voorspelt uitkomsten door invoergegevens (zoals neerslag of bodemverzadiging) te combineren in een optelsom, waarbij elke variabele een gewicht krijgt dat de invloed op de voorspelling weergeeft.
Machine learning	Verzamelnaam voor algoritmes waarmee AI leert van data
Narrow AI	AI die gespecialiseerd is in één taak
Natural AI	Vorm van kunstmatige intelligentie die leert via directe interactie met de omgeving, vergelijkbaar met hoe mensen leren.
Neuraal netwerk	AI-algoritme dat werkt met lagen van verbonden 'neuronen', geschikt voor het herkennen van complexe patronen in data.
Reinforcement learning	AI leert via beloningen voor goede keuzes in een simulatie
Supervised learning	Het systeem leert van voorbeelden met bekende uitkomsten
Taalgedreven AI	Genereert tekst op basis van statistische verbanden in taal
Tijdgedreven AI	Analyseert meetreeksen en herkent patronen
Unsupervised learning	AI krijgt ruwe data en zoekt daarin zelf naar patronen
White box-model	Model waarvan de werking volledig transparant is

➔ STOWA IN HET KORT



Beeld: AI gegenereerd

HOE WE WERKEN

STOWA is het kennis- en innovatiecentrum voor regionale waterbeheerders in Nederland; de waterschappen en provincies. We helpen ze met het verkrijgen van nieuwe kennis en inzichten die nodig zijn om de opgaven van de regionale waterbeheerders beter te kunnen uitvoeren. Dat doen we door kennisvragen te formuleren en te selecteren in programmacommissies. We zetten ons onderzoek uit bij een keur aan experts, adviesbureaus, instituten en universiteiten, die we begeleiden tijdens hun werk. We zorgen voor de beschikbaarstelling en verspreiding van de kennis, inzichten en antwoorden aan de gezamenlijke waterbeheerders. We stimuleren de uitwisseling van kennis en ervaringen, via bijeenkomsten, werkgroepen, excursies, conferenties en communities of practice. We werken samen met onder andere ministeries, Rijkswaterstaat, gemeenten, drinkwaterbedrijven.

WAT WE ONDERZOEKEN

Inhoudelijk richt STOWA zich op alle onderdelen van waterbeheer, van waterkering en stedelijk waterbeheer tot waterzuivering en watersystemen. Belangrijke thema's daarbij zijn klimaatadaptatie, waterveiligheid, waterkwaliteit en ecologie, energietransitie en circulaire economie.

De kennisvragen die STOWA beantwoordt liggen meestal op technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied. Onze kennis is altijd gericht op de praktijk van regionale waterbeheerders. Dat is waar we voor staan, als Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.

WIE WE ZIJN

STOWA is als kennisorganisatie onafhankelijk, onpartijdig en transparant. De afnemers van onze kennis moeten erop kunnen vertrouwen dat de inhoud van onze rapporten objectief en representatief is. Alleen zo kan onze kennis worden ingezet voor beter waterbeheer en innovaties die antwoord geven op de uitdagingen van vandaag en morgen. Het is aan regionale waterbeheerders zelf te bepalen hoe ze de kennis van STOWA in de praktijk gebruiken. STOWA kan daarbij een rol spelen als adviseur, maar is geen uitvoerder of regisseur.

STOWA is een stichting die de richtlijnen volgt voor organisaties zonder winstoogmerk (RJ-640). In ons jaarverslag is daarom naast de cijfermatige jaarrekening onder meer ook een directieverslag over de stichting, haar activiteiten en kentallen opgenomen.

STOWA

Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

BEZOEKADRES

Stationsplein 89, vierde etage
3818 LE Amersfoort

033 460 32 00
stowa@stowa.nl
www.stowa.nl

stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER



stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 01
Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort
POSTBUS 2180 3800 CD Amersfoort