

Handelingsperspectief klimaatadaptatie landbouw Terschelling

Toekomstbestendig waterbeheer en landgebruik in een veranderend klimaat, integraal verbonden met alle belangen



Bron: Renske van Zwol - Peters

Handelingsperspectief klimaatadaptatie landbouw Terschelling

Toekomstbestendig waterbeheer en landgebruik in een veranderend klimaat, integraal verbonden met alle belangen

Auteurs: Ate Oosterhof¹, Vince Kaandorp², Harry Kortstee³, Akke Kok³, Johan Medenblik¹ en Peter van der Maas¹

1. Hogeschool Van Hall Larenstein
2. Deltares
3. Wageningen Social & Economic Research

Met dank aan alle deelnemers van het Living Lab, de stuurgroep, het kernteam, alle studenten die hebben meegewerkt in dit project en in het bijzonder Mindert de Vries^{1,2} die het project heeft geïnitieerd samen met de verschillende partijen.

Dit onderzoek is uitgevoerd door kennisinstituut Deltares. Wageningen University & Research en Hogeschool Van Hall Larenstein in het kader van het PPS-project 'Handelingsperspectief Klimaatadaptatie Landbouw Terschelling' en het Waddenfonds project 'Handelingsperspectief Klimaatadaptatie Landbouw Terschelling'.

DOI nummer: [10.31715/2026.5](https://doi.org/10.31715/2026.5)
Leeuwarden, maart 2026

De foto's zijn gemaakt door HVHL, Deltares en de WUR tijdens de looptijd van dit project, tenzij anders vermeld bij de betreffende foto.

De partners in het project:



Het project is medegefinancierd door:





Inhoud

| | |
|---|----|
| Samenvatting | 6 |
| 1. Inleiding | 8 |
| 1.1 Achtergrond | 8 |
| 1.2 Project en onderzoeksvraag | 9 |
| 1.3 Living lab en onderzoek | 9 |
| 1.4 Leeswijzer | 11 |
| 2. Het watersysteem van Terschelling in een veranderend klimaat | 12 |
| 2.1 Karakteristiek van het watersysteem van Terschelling | 12 |
| 2.2 Klimaatverandering en toekomstige ontwikkelingen | 14 |
| 3. Opgaven per gebied en functie | 16 |
| 3.1 Landbouw, weidevogels en biodiversiteit in de polder | 16 |
| 3.2 Wonen, recreatie en infrastructuur in de binnenduinrand | 19 |
| 3.3 Natuur en drinkwater in de duinen | 20 |
| 3.4 Eilandbrede samenhang | 21 |
| 4. Handelingsperspectief: richting en afwegingen | 22 |
| 4.1 Adaptief en integraal sturen | 22 |
| 4.2 Balans tussen water vasthouden en afvoeren | 22 |
| 4.3 Strategieën uit het Living Lab | 23 |
| 4.4 Maatregelen per gebied | 24 |
| 4.5 Samenvattend handelingsperspectief | 26 |
| 5. Reflectie en vervolg: van Living Lab naar uitvoering | 27 |
| 5.1 Reflectie: water sturend in integrale gebiedsontwikkeling | 27 |
| 5.2 Vervolg: Living lab en afstemming voor integrale maatregelen | 27 |
| 5.3 Resterende kennisbehoefte | 28 |
| Referentielijst | 30 |
| Bijlage: Samenvatting van onderzoek en kerninzichten | 31 |
| Onderzoek Deltares – Impact klimaatverandering en zeespiegelstijging | 32 |
| Onderzoek HVHL – Monitoring en veldexperimenten | 34 |
| Onderzoek WUR - Klimaatverandering en verzilting: effecten op melkveehouderij | 36 |
| Onderzoek WUR – Sociaaleconomische verkenning landbouw en waterbelangen | 38 |

Samenvatting

Terschelling staat de komende decennia voor een samenhangende en structurele opgave waarin klimaatverandering, waterbeheer, natuur, landbouw, recreatie en wonen nauw met elkaar verbonden zijn. Het eiland is voor de zoetwaterbeschikbaarheid vrijwel volledig afhankelijk van neerslag. Klimaatverandering leidt echter tot nattere winters, drogere zomers en een stijgende zeespiegel. Hierdoor nemen zowel wateroverlast, droogte als verzilting toe. Deze ontwikkelingen verlopen geleidelijk, maar zijn structureel en grotendeels onomkeerbaar.

De droge zomer van 2018 maakte de kwetsbaarheid van het watersysteem van Terschelling duidelijk zichtbaar. Met name voor de melkveehouderij in de polder leidde de droogte tot problemen met de ruwvoerproductie. Dit vormde de aanleiding voor het project *Toekomstperspectief polder Terschelling*, met als doel beter inzicht te krijgen in het functioneren van het watersysteem en in mogelijke maatregelen om de gevolgen van klimaatverandering te beperken. In de loop van het project is de scope verbreed van de landbouw naar het gehele watersysteem van het eiland, mede doordat ook recreatieondernemers en andere stakeholders zich bij het project aansloten.

De kern van het project bestond uit een Living Lab-proces (2021–2026), waarin overheden, kennisinstellingen, ondernemers en maatschappelijke organisaties gezamenlijk het huidige en toekomstige functioneren van het grond- en oppervlaktewatersysteem hebben onderzocht. Daarbij zijn verschillende onderzoeksactiviteiten uitgevoerd. Met behulp van een actueel grondwatermodel zijn klimaatscenario's doorgerekend tot 2050 en 2100. Daarnaast zijn praktijkmetingen en veldexperimenten uitgevoerd om effecten van maatregelen in de praktijk te onderzoeken.

De resultaten laten zien dat het watersysteem van Terschelling in de toekomst verandert onder invloed van klimaatverandering. Drogere zomers leiden tot een daling van de gemiddelde zomergrondwaterstand in de polder. Tegelijkertijd neemt door zeespiegelstijging en een afnemende beschikbaarheid van zoetwater de verzilting toe. De toenemende druk van zoute kwel zorgt ervoor dat de regenwaterlenzen in de polder dunner worden en in droge perioden zelfs kunnen verdwijnen. Dit heeft gevolgen voor de landbouw: het risico op droogte- en zoutstress neemt toe, wat leidt tot een afname van de grasproductie.

Maatregelen zoals het langer vasthouden van zoet water, peilverhoging en optimalisatie van afwatering kunnen de negatieve effecten van droogte en verzilting vertragen en dempen, maar deze op de lange termijn niet volledig voorkomen. Een belangrijke constatering is dat maatregelen in het watersysteem vrijwel altijd gevolgen hebben voor meerdere functies op het eiland. Zo kunnen maatregelen die gericht zijn op het vergroten van de zoetwaterbeschikbaarheid in de duinen – van belang voor landbouw, natuur en drinkwaterwinning – leiden tot toenemende wateroverlast in de binnenduinrand, waar wonen, recreatie en infrastructuur geconcentreerd zijn. Dit

onderstreept dat sectorale oplossingen onvoldoende zijn en dat integrale afwegingen noodzakelijk zijn.

De resultaten uit het Living Lab laten zien dat het handelingsperspectief voor het watersysteem van Terschelling ligt in een combinatie van maatregelen waarbij zoet water langer wordt vastgehouden waar dat kan en overtollig water wordt afgevoerd waar dat nodig is. Daarbij is maatwerk per gebied noodzakelijk, omdat de hydrologische omstandigheden sterk verschillen tussen duinen, binnenduinrand en polder. Tegelijkertijd vraagt dit om een adaptieve aanpak, waarbij maatregelen stapsgewijs worden ontwikkeld en bijgestuurd op basis van monitoring en nieuwe inzichten.



Living Lab bijeenkomsten met diverse partijen

Daarnaast laat het onderzoek zien dat de polder van Terschelling een uitzonderlijk hoge dichtheid aan weidevogels kent. Maatregelen die gericht zijn op het vasthouden van zoet water in de polder kunnen bijdragen aan het behoud en versterken van deze biodiversiteit. Via vergoedingsregelingen in het kader van het Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer (ANLb) kan dit ook economische perspectieven bieden voor de landbouw.

Het eindrapport beschrijft de gezamenlijke opgaven voor het watersysteem van Terschelling, verkent mogelijke handelingsrichtingen per gebied en functie en werkt toe naar een integraal en adaptief handelingsperspectief. Daarbij staat centraal dat een toekomstbestendig watersysteem geen doel op zich is, maar een voorwaarde vormt voor brede welvaart op het eiland, waaronder een vitale landbouw, aantrekkelijke natuur, een sterke recreatiesector en een leefbare woonomgeving.

Het Living Lab-proces heeft laten zien dat samenwerking tussen overheden, kennisinstellingen, ondernemers en maatschappelijke organisaties een effectieve manier is om complexe gebiedsvraagstukken gezamenlijk te verkennen. Deze werkwijze kan ook in de vervolgfase waardevol zijn, bijvoorbeeld bij het opstellen van het Integraal Waterplan voor Terschelling. Door stakeholders actief te blijven betrekken kunnen kennis, praktijkervaring en bestuurlijke afwegingen met elkaar worden verbonden en kan stapsgewijs worden gewerkt aan een robuust en toekomstbestendig watersysteem voor het eiland.

1. Inleiding

1.1 Achtergrond

Terschelling kent een uniek landschap waarin duinen, binnenduinrand en polder via het watersysteem zowel boven- als ondergronds nauw met elkaar verbonden zijn. Het eiland huisvest een grote diversiteit aan functies: landbouw, natuur, recreatie, drinkwaterwinning en wonen, binnen een beperkte ruimte met hoge landschappelijke en ecologische waarde. Deze functies zijn historisch met elkaar verweven en maken gebruik van hetzelfde watersysteem. 2018 was een uiterst droog jaar, waarin in de polder van Terschelling duidelijk verdrogings- en verziltingseffecten zichtbaar werden. De veehouders in de polder werden geconfronteerd met fors minder grasopbrengsten waardoor er extra voer vanaf de vaste wal aangevoerd moest worden. Dit gaf aanleiding om een project op te starten waarbij een grondige analyse van de toekomstige klimaatontwikkelingen op landbouwkundige gebruiksmogelijkheden in de polder uit te voeren. Tijdens het proces werd duidelijk dat goede kennis van het watersysteem van het eiland nodig is om de situatie grondig te kunnen analyseren en om effectieve maatregelen te bedenken. Mede door aansluiting van de campinghouders in het project is de scope meer uitgebreid naar het hele eilander watersysteem.



Klimaatverandering geeft verschillende uitdagingen zoals zeespiegelstijging, verzilting, droogte en wateroverlast. Dit heeft consequenties voor de toekomstige landbouw,

natuur, toerisme en economie op het eiland, in brede zin: de leefbaarheid en welvaart. Om de leefbaarheid en welvaart op Terschelling voor de langere termijn veilig te stellen is het belangrijk om de impact van klimaatverandering op de belangen en (ruimtelijke) functies goed in beeld te hebben. Daarnaast is het belangrijk om handelingsperspectieven te verkennen waarmee de gevolgen van klimaatverandering in goede banen kan worden geleid.

1.2 Project en onderzoeksvraag

Met financiële steun van het Waddenfonds, de PPS regelingen onder TKI Water en Maritiem Landbouw, TKI Water en Voedsel en Provincie Fryslân en vele stakeholders is in het project Toekomstperspectief polder Terschelling in de periode 2021-2026 onderzoek gedaan naar de potentiële gevolgen van klimaatverandering op Terschelling, en deze door te vertalen naar kansrijke maatregelen en oplossingsrichtingen.

De centrale vragen in het onderzoek luiden:

- *In welke mate zal klimaatverandering in de toekomst invloed hebben op de landbouwfunctie van de Terschellinger polder?*
- *Welke effecten heeft klimaatverandering op het watersysteem van Terschelling, en welke combinatie van maatregelen voor mitigatie en adaptatie is voor het gehele eiland het meest geschikt om deze effecten te beheersen en waar nodig bij te sturen?*

1.3 Living lab en onderzoek

Sinds 2021 is op Terschelling onder leiding van hogeschool Van Hall Larenstein een Living Lab-proces doorlopen waarin vertegenwoordigers vanuit landbouw, natuur, recreatie, overheid en kennisinstellingen gezamenlijk hebben gewerkt aan het vergroten van inzicht in het functioneren van het watersysteem en in de effecten van klimaatverandering. Het Living Lab is ingezet als werkwijze om een complex, ruimtelijk vraagstuk, de toekomstbestendigheid van het watersysteem van Terschelling, gezamenlijk met betrokken stakeholders te verkennen. Een Living Lab is geen pilot of experiment op zichzelf, maar een procesmatige aanpak waarin kennisontwikkeling, praktijkervaring en belangenafweging samenkomen in een real-life context.

In totaal werden op Terschelling, in de landbouwschool in 10 Living Lab bijeenkomsten georganiseerd, waarin de aanwezigen (verschillende belanghebbenden vanuit de landbouw, natuur, recreatieondernemers, waterleidingbedrijf, waterschap en provincie) werden geïnformeerd over onderzoeksuitkomsten, en actief werden betrokken bij het duiden, bevragen en verder ontwikkelen ervan. Het Living Lab als werkwijze erkent dat complexe ruimtelijke vraagstukken geen eenduidige oplossing kennen en dat feiten, onzekerheden, belangen en perspectieven onlosmakelijk met elkaar verweven zijn. Door de iteratieve werkwijze (onderzoeken, terugkoppelen, gezamenlijk reflecteren en scenario's verkennen) ontstaat een gedeeld begrip van de opgave en van de consequenties van mogelijke handelingsrichtingen. Het Living Lab draagt daarmee bij aan zowel inhoudelijke verrijking als bestuurlijke en maatschappelijke legitimiteit van vervolkeuzes.

Onderzoek voor kennisbasis

Tijdens Living lab sessies werd gereflecteerd op uitkomsten van onderzoek, uitgevoerd door Deltares, Wageningen Social and Economic Research en Hogeschool van Hall Larenstein (HVHL). Het onderzoek was gericht op het vergroten van inzicht in:

- Het watersysteem, en de effecten van klimaatverandering op het watersysteem (onderzoek Deltares en Van Hall Larenstein).
- Gewasteelt, weidevogels en biodiversiteit in de polder in relatie tot peilopzet en verzilting (onderzoek Van Hall Larenstein in samenwerking met Deltares en WUR).
- De effecten van klimaatverandering op de melkveehouderij: grasopbrengsten en bedrijfsresultaten (onderzoek WUR).
- De sociaaleconomische structuur van Terschelling, met specifieke aandacht voor de melkveehouderij in de polder en de samenhang met waterbeheer en andere gebiedsfuncties (onderzoek WUR).



In de bijlage bij dit rapport zijn beknopte samenvattingen opgenomen van de afzonderlijke onderzoeksrapporten. Alle kennisproducten, waaronder een landschapsbiografie en een storymap, zijn vindbaar op de projectwebsite <https://toekomstperspectiefpolderterchelling.mailchimpsites.com/>.

1.4 Leeswijzer

In dit rapport zijn de belangrijkste inzichten uit het onderzoek gebundeld, met als doel een samenhangend handelingsperspectief te formuleren voor de toekomst van de polder en het eiland als geheel. Deze inzichten zijn gebaseerd op de resultaten de verschillende onderzoeken (Deltares, WUR, HVHL), en op de reflectie daarop tijdens het Living Lab proces. Het rapport beoogt een onderlegger te bieden voor bestuurlijke afwegingen en beleidsontwikkeling in de komende jaren.

De opbouw van het rapport is als volgt. Hoofdstuk 2 beschrijft het watersysteem van Terschelling en de effecten van klimaatverandering en een stijgende zeespiegel op de waterbeschikbaarheid en verzilting. Het veranderende klimaat en de effecten daarvan zet druk op de verschillende functies en belangen, met name landbouw, weidevogels, wonen, recreatie en toerisme, natuur en de drinkwatervoorziening. Deze opgaven zijn het onderwerp van hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op handelingsperspectief: welke richtingen (scenario's) bieden perspectief, en welke afwegingen zijn bepalend voor keuzes. Tenslotte wordt in hoofdstuk 5 gereflecteerd op de bevindingen, met de samenhang tussen functies en belangen, het belang van integraal beleid en de meerwaarde van het Living Lab en continuering van georganiseerde afstemming tussen stakeholders.

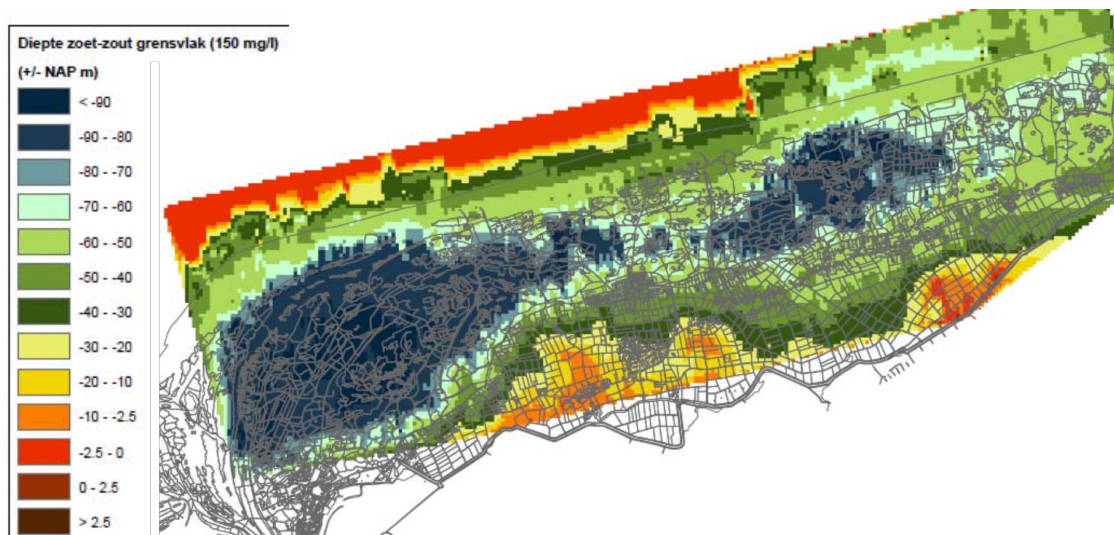


2. Het watersysteem van Terschelling in een veranderend klimaat

In dit hoofdstuk wordt het watersysteem van Terschelling beschreven en de effecten daarop van een veranderend klimaat, volgens onderzoek van Deltares (Davids et al., 2025). Deze effecten zijn in kaart gebracht met behulp van een grondwatermodel van Terschelling dat door Deltares is ontwikkeld en dat gebruikt maakt van veel data-bronnen en oudere studies van projectpartners (Vermeulen et al., 2025).

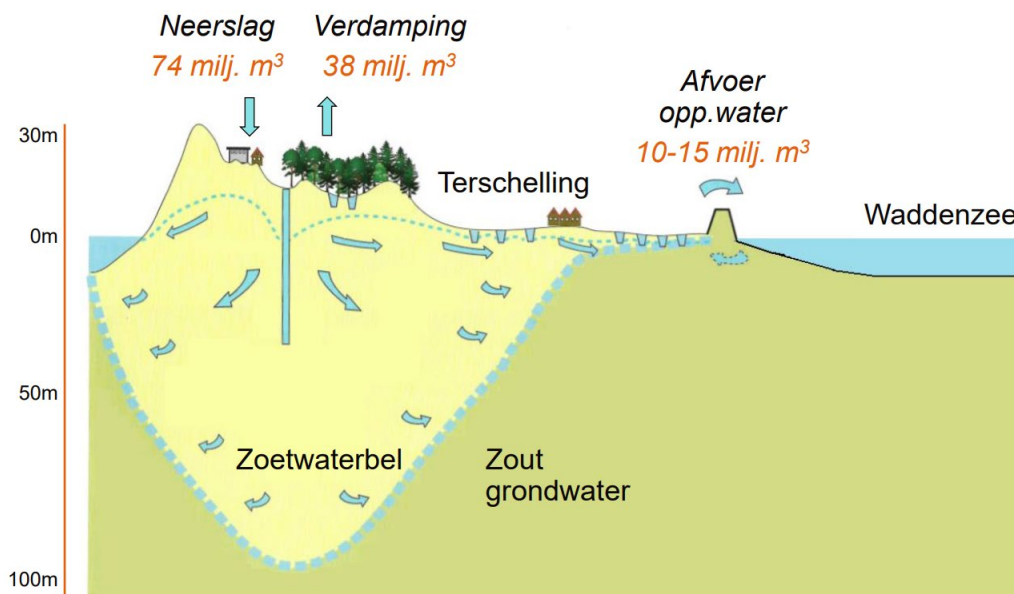
2.1 Karakteristiek van het watersysteem van Terschelling

Terschelling bestaat uit verschillende, onderling verbonden landschappen, met elk hun eigen watersysteemkenmerken. In het duingebied heeft het maaiveld een hoogte van overwegend 2,5 tot 7,5 m + NAP (figuur 2.1) en bestaat de ondergrond uit zand met enkele klei- en veenlagen. Grondwaterstanden liggen hier doorgaans enkele meters boven zeeniveau. In laaggelegen duinvalleien komen grondwaterstanden tot aan maaiveld voor. Op enkele locaties in de duinen zijn sloten aangelegd van waar water wordt afgevoerd naar de polder of Waddenzee. Door de hoogteligging en zandige ondergrond bevindt zich onder het duingebied een dikke zoetwaterlens. Deze reikt tot een diepte van 50 tot meer dan 100 meter onder maaiveld (figuur 2.1), onder de zoetwaterlens is het grondwater zouter (chloride > 150 mg/l). Uit deze zoetwaterlens wordt ongeveer een-derde van de drinkwaterbehoefte van Terschelling onttrokken (circa 175.000 m³ per jaar), de rest wordt via een wadleiding vanaf de vaste wal aangevoerd. Het duingebied bestaat overwegend uit natuurgebied, maar bevat ook enkele gebieden met (vakantie)huizen en volkstuintjes.



Figuur 2.1 - Diepte van het zoet-zout grensvlak (150 mg chloride per liter) in mNAP. Bron: Kok et al. (2010).

De zuidkant van de duinen wordt begrensd door de binnenduinrand, die de overgang vormt naar het poldersysteem. Dit gebied heeft een hoogteligging die tussen die van de duinen en de polder in ligt. Door lokale klei- en veenlagen en waterdruk vanuit het hoger gelegen duinsysteem komen hier ondiepe grondwaterstanden en zoete kwel voor. In de binnenduinrand bevinden zich recreatieterreinen, alsmede kwel-afhankelijke natuurgebieden. De waterhuishouding op de recreatieterreinen wordt veelal gekenmerkt door een dicht netwerk van ondiepe sloten en drainage. Deze terreinen wateren af richting de polder via sloten en greppels. Figuur 2.2 toont een schematische dwarsdoorsnede van het eiland waarin de zoet/zoutwaterverdeling in de ondergrond wordt geïllustreerd.

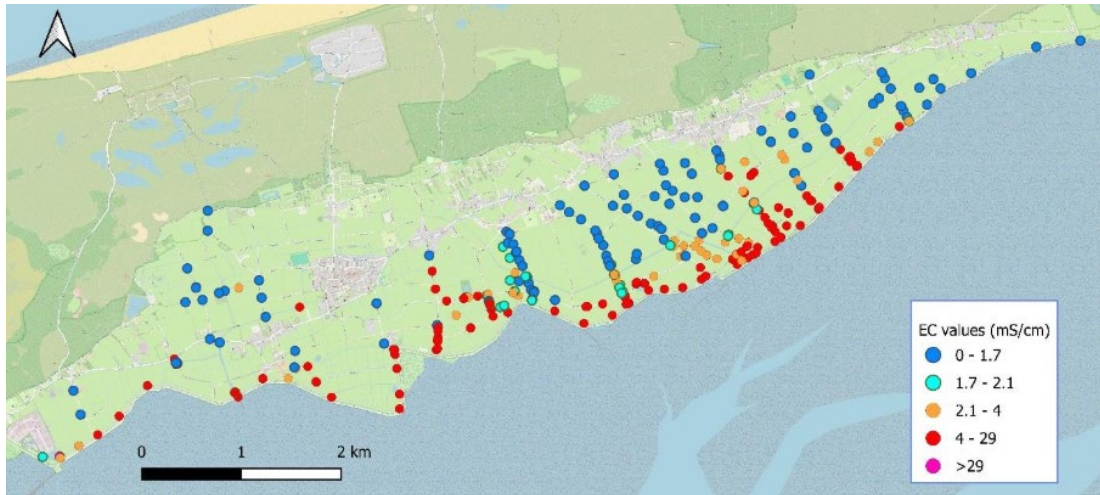


Figuur 2.2 - Doorsnede (noord-zuid) door het eiland Terschelling met weergave van de zoet-zout grens en de belangrijkste (grond)waterstromen. Credits: Arjen Kok.

Het poldergebied van Terschelling heeft een hoogteligging van overwegend 0 tot 1 m+ NAP. De lage delen zijn veelal oude slenken en oude strandwallen vormen hogere delen waarop de dorpen zijn gevestigd. Het landgebruik in de polder bestaat grotendeels uit grasland. Deze graslanden worden ingezet voor de melkveehouderij al dan niet in combinatie met een weidevogelbeheer. Het waterpeil in het grootste deel van de polder wordt door het waterschap gereguleerd middels stuwen en twee zeegemalen en bestaat uit een zomerpeil (0 tot -0,1 m NAP) en winterpeil (-0,2 tot -0,3 m NAP).

Grondwaterstanden zijn relatief ondiep, maar zakken weg in een droge zomer. Aan de noordzijde van het poldergebied komt zoete kwel vanuit het duinmassief voor. Het zuidelijke deel van de polder staat daarentegen onder invloed van zoute kwel vanuit de Waddenzee. In de graspercelen komen dunne zoete regenwaterlenzen voor. Metingen in sloten laten de overgang tussen zoet en zout in de polder duidelijk zien (Figuur 2.3).

Uit de monitoring blijkt dan in het zuiden van de Terschellingerpolder de invloed van het zoute grondwater dermate groot is dat zoetwaterlenzen zelfs in de huidige situatie minimaal zijn.



Figuur 2.3 - Metingen van het elektrisch geleidingsvermogen (EC) in het oppervlaktewater in de polder van Terschelling in de periode 2021-2024. Blauwe kleuren geven metingen van zoet slotwater aan, rode kleuren zoute sloten. Zie voor meer info: Medenblik et al. (2026) en referenties daarin.

In de huidige situatie doen zich al knelpunten voor. In de zomer leiden lagere grondwaterstanden tot verdroging van landbouw en natuur. In de winter zorgen hoge grondwaterstanden in de duinen en binnenduinrand steeds vaker voor wateroverlast. Zoute kwel in de polder heeft een negatief effect op de grasgroei en op de drinkbaarheid van het slotwater voor vee. Uit monitoring blijkt dat bij lagere polderpeilen in de winter de zoutgehalten in het oppervlaktewatersysteem groter zijn dan bij de hogere zomerpeilen.

2.2 Klimaatverandering en toekomstige ontwikkelingen

Doorrekening van KNMI klimaatscenario's met het grondwatermodel laat zien dat klimaatverandering en zeespiegelstijging het watersysteem beïnvloeden. Extremen nemen toe: nattere winters verhogen de grondwaterstanden in de duinen, terwijl drogere zomers een verlaging van de zomergrondwaterstand in de polder (en duinen) tot gevolg hebben. Ook veroorzaakt de droogte een uitdunning van de zoetwaterlenzen in de polder. Deze ontwikkelingen leiden op termijn tot fundamentele verschuivingen in de beschikbaarheid en verdeling van zoet water op Terschelling.

Op korte termijn (tot 2050) hebben veranderingen in neerslagpatronen de grootste invloed. In de duinen stijgen grondwaterstanden tijdens natte periodes gemiddeld 10–20 cm, terwijl de polder door afwatering slechts beperkt reageert. Tijdens droge periodes dalen grondwaterstanden verder dan in de huidige situatie. De afvoer bij de sluizen neemt toe, met grotere seizoensverschillen: meer afvoer in de winter, minder in de zomer.

Op lange termijn (richting 2100) wordt zeespiegelstijging de dominante factor. Grondwaterstanden in de duinen stijgen aanzienlijk (gemiddeld 0,5 m, lokaal tot 2 m), terwijl door de toegenomen druk van het zeewater de zoetwaterbel van onderaf krimpt. Ook in de binnenduinrand stijgen grondwaterstanden en neemt de kwel toe. In de polder komen de dunne regenwaterlenzen onder druk, waardoor verziltingsproblemen toenemen.

De veranderingen in het watersysteem hebben gevolgen voor verschillende stakeholders. In de duinen kan sprake zijn van nattere omstandigheden. Op plekken zonder afwatering kan in de winter vaker langdurige inundatie optreden. Hogere grondwaterstanden zijn gunstig voor drinkwaterwinning. Tegelijkertijd vormt de krimp van de zoetwaterbel als gevolg van de zeespiegelstijging een risico voor verzilting van grondwaterbronnen voor de drinkwaterproductie. Recreatieterreinen in de duinrand krijgen vaker te maken met hoge grondwaterstanden, afhankelijk van de ligging en het afwateringssysteem. In de polder zorgen dalende grondwaterstanden in de zomer en het verdwijnen van zoete regenwaterlenzen voor problemen bij grasgroei en voedselbeschikbaarheid voor weidevogels. In het volgende hoofdstuk worden de opgaven per functie en gebied verder toegelicht.



Klimaattafel, ontwikkeld door Deltares en gepresenteerd tijdens congres in mei 2025.

3. Opgaven per gebied en functie

De stijgende zeespiegel en veranderingen in het klimaat zetten toenemende druk op het watersysteem en het huidige landgebruik op Terschelling. Uit de modelstudies, veldexperimenten en sociaaleconomische analyses binnen dit project blijkt dat deze veranderingen verschillende functies op het eiland raken. Veranderingen in neerslagpatronen, toenemende verdamping, zeespiegelstijging en verzilting beïnvloeden zowel landbouw, natuur, recreatie als wonen.

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste opgaven per gebied en functie beknopt samengevat. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de polder, de binnenduinrand en het duingebied. De opgaven zijn afgeleid uit het onderzoek dat is uitgevoerd door Wageningen Social and Economic Research (Kok et al., 2025; Van Alphen et al., 2024), Hogeschool Van Hall Larenstein (Medenblik et al., 2026) en Deltares (Davids et al., 2025). Voor de opzet van het onderzoek en de resultaten wordt verwezen naar de respectievelijke onderzoeksrapporten.

3.1 Landbouw, weidevogels en biodiversiteit in de polder

Landbouw

De landbouw op Terschelling, met name de melkveehouderij, is sterk afhankelijk van voldoende beschikbaarheid van zoet water voor grasproductie, beweiding en agrarisch natuurbeheer. Het watersysteem van de polder speelt daarin een cruciale rol.



Modelstudies van Deltares laten zien dat veranderingen in het watersysteem vooral zichtbaar worden in de zomerperiode. In de herfst en winter blijven de veranderingen in grondwaterstanden naar verwachting relatief beperkt, omdat het oppervlaktewaterpeil in de polder actief wordt gereguleerd. Eventuele stijging van grondwaterstanden wordt grotendeels afgevoerd via het bestaande ontwateringssysteem (Davids et al., 2025).

De grootste veranderingen worden verwacht bij de lage zomergrondwaterstanden. Tot circa 2050 blijven deze veranderingen relatief beperkt, maar richting 2100 kunnen de zomergrondwaterstanden in delen van de polder met meerdere decimeters dalen. Dit vergroot het risico op droogtestress voor grasgroei. Tegelijkertijd neemt de druk van zoute kwel toe, waardoor regenwaterlenzen dunner worden en in droge perioden zelfs kunnen verdwijnen. Daarnaast verschuift het zoet-zout grensvlak in de ondergrond geleidelijk noordwaarts. Hierdoor kan verzilting in grotere delen van de polder een rol gaan spelen (Davids et al, 2025). Deze processen leiden tot een grotere variatie in hydrologische omstandigheden binnen het groeiseizoen.

Klimaatverandering, verzilting en zomerdroogte zetten daarmee het verdienvermogen van landbouwbedrijven onder druk. Deze ontwikkelingen komen bovenop andere uitdagingen waarmee de landbouw op Terschelling wordt geconfronteerd, zoals stikstofbeleid, KRW-doelen, mestplaatsingsruimte, ganzenvraat en de logistieke nadelen van de eilandligging.

Onderzoek van Wageningen Social & Economic Research naar de toekomstige effecten van klimaatverandering en verzilting voor de melkveehouderij op Terschelling laat zien dat de grasgroei in de polder in de komende decennia aanzienlijk kan afnemen. Modelberekeningen wijzen op een gemiddelde opbrengstreductie van circa 27% rond 2050 ten opzichte van de huidige situatie. De berekende gewasderging wordt veroorzaakt door een combinatie van toenemende zoutconcentraties in het grondwater (zoutstress), vaker optredende droogte (droogtestress) en overmatig natte perioden (oververzadiging). Hierdoor neemt de afhankelijkheid van aangevoerd ruwvoer vanaf het vasteland toe (Kok et al., 2025).



De extra kosten voor ruwvoeraankoop leiden volgens deze berekeningen tot een inkomensdaling van circa 47% per Onbetaalde ArbeidsJaarEenheid (OAJE) ten opzichte van het huidige gemiddelde inkomen van een vergelijkbaar melkveebedrijf. Wanneer daarnaast ook de kwaliteit van het gras afneemt, kan deze inkomensdaling oplopen tot

circa 65%. Deze ontwikkelingen betekenen dat het economisch bedrijfsmodel van de melkveehouderij op termijn onder druk komt te staan. Voor agrariërs ontstaat daarmee een toenemende urgentie om zich te oriënteren op meer toekomstbestendige bedrijfsmodellen voor de landbouw op Terschelling (Kok et al., 2025).

Weidevogels en biodiversiteit

De polder van Terschelling vervult een belangrijke rol als leefgebied voor weidevogels. Landelijk gezien behoort het gebied tot de betere weidevogelgebieden van Nederland, met relatief hoge dichtheden aan broedparen. Monitoring binnen dit project bevestigt dit beeld (Medenblik et al., 2026). In verschillende pilotgebieden zijn hoge dichtheden aan broedende weidevogels vastgesteld, met gemiddeld circa 3,5 tot 5 broedparen per hectare in de hoogwaterblokken en lokaal nog hogere dichtheden in plas-draspercelen.

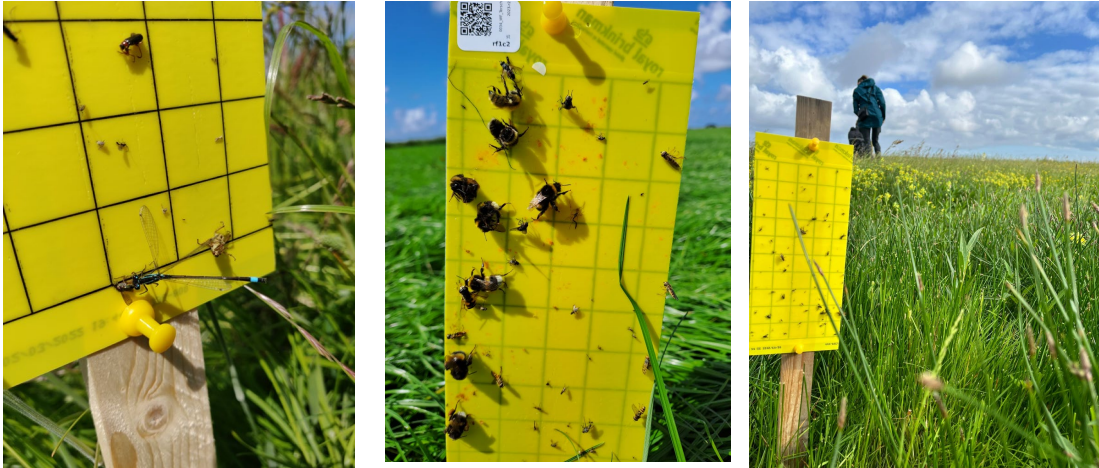


Polder Terschelling

De monitoring laat daarnaast zien dat de polder een relatief hoge biodiversiteit kent, met gevarieerde graslandvegetaties en grote aantallen insecten. De aanwezigheid van een gevarieerde graslandvegetatie hangt samen met hogere insectenaantallen en vormt daarmee een belangrijke habitat en voedselbron voor weidevogels, met name tijdens het kuikenstadium.

Uit de veldmetingen blijkt dat percelen met een gevarieerde vegetatiestructuur en relatief vochtige omstandigheden vaak hogere aantallen insecten bevatten. In de hoogwaterblokken werd bijvoorbeeld een soortenrijke graslandvegetatie aangetroffen met soorten als pinksterbloem, kamgras en vertakte leeuwentand. Hoewel geen

significante verschillen in soortenrijkdom van insecten tussen percelen zijn vastgesteld, varieerden de aantallen insecten wel tussen locaties. Percelen met hogere insectenaantallen vallen daarbij vaak samen met locaties waar ook hogere dichtheden aan broedende weidevogels voorkomen (Medenblik et al., 2026).



Plakvallen waarmee insecten metingen zijn uitgevoerd. Resultaten zijn gepubliceerd in het onderzoeksrapport van Medenblik et al. (2026).

Ook de plas-dras pilots (Medenblik et al., 2026) laten zien dat vernatting een positief effect kan hebben op biodiversiteit. In deze percelen nam de insectenbiomassa toe en werden relatief hoge dichtheden aan weidevogels waargenomen. Tegelijkertijd blijkt dat de voedselbeschikbaarheid voor weidevogels niet alleen afhankelijk is van waterpeilen, maar ook van vegetatiestructuur, beheer en weersomstandigheden.

Klimaatverandering kan deze condities onder druk zetten. Toenemende zomerdroogte en verzilting kunnen leiden tot lagere grondwaterstanden en veranderingen in vegetatie en bodemfauna, waardoor de voedselbeschikbaarheid voor weidevogels kan afnemen. Omdat het eiland slechts een beperkte oppervlakte geschikt weidevogelgebied kent, is het behoud van geschikte hydrologische omstandigheden, kruidenrijk grasland en voldoende natte zones in het voorjaar van groot belang.

3.2 Wonen, recreatie en infrastructuur in de binnenduinrand

In de binnenduinrand komen verschillende functies samen, waaronder wonen, recreatie en infrastructuur. De belangrijkste opgave in dit gebied is toenemende wateroverlast. Door hogere grondwaterstanden, intensievere neerslag en kwel vanuit het duinsysteem komt wateroverlast steeds vaker voor (zie Figuur 3.1). Dit uit zich onder andere in natte kruipruimtes, optrekkend vocht in gebouwen, slecht begaanbare terreinen en schade aan wegen en paden. De modelberekeningen van Deltares (Davids et al., 2025) laten zien dat grondwaterstanden in de binnenduinrand in de toekomst verder kunnen stijgen en dat kwelfluxen toenemen. Hierdoor kan meer water via drainage en greppelsystemen richting lagere delen van het gebied stromen. In sommige gebieden kan de hydrologische situatie zelfs veranderen van wegzijging naar kwel.

Lokale effecten worden sterk beïnvloed door maaiveldverschillen en de aanwezigheid van veen- of kleilagen in de ondergrond. Op sommige locaties kan bestaande buisdrainage stijgingen van grondwaterstanden enigszins beperken. Daarnaast is van belang dat maatregelen gericht op het vasthouden van water in de duinen ook gevolgen kunnen hebben voor de binnenduintrand. Wanneer meer water in het duingebied wordt vastgehouden, kan dit de kweldruk richting de binnenduintrand vergroten. Dit onderstreept het belang van integrale afwegingen bij het ontwikkelen van maatregelen in het watersysteem.



Figuur 3.1 - Links: ondergelopen fietspad nabij Hoorn januari 2025; Rechts: Uitgevoerde ophoging toegangspad nabij Kaap Hoorn.

3.3 Natuur en drinkwater in de duinen

Natuur

De duinen van Terschelling herbergen waardevolle Natura 2000-habitats die sterk afhankelijk zijn van specifieke grondwatercondities. Door klimaatverandering en zeespiegelstijging nemen de grondwaterstanden in het duingebied naar verwachting toe. Modelstudies laten zien dat grondwaterstanden in de duinen in de toekomst jaarrond kunnen stijgen, met name op locaties waar afwatering beperkt is. Dit kan leiden tot veranderingen in vegetatiesamenstelling en tot verschuivingen in natuurtypen. Langdurige inundatie van duinvalleien kan in de toekomst vaker voorkomen. Hierdoor kunnen bestaande natuurwaarden veranderen en kan het nodig zijn om instandhoudingsdoelen en beheermaatregelen opnieuw te beoordelen.

Drinkwater

Naast natuurwaarden spelen de duinen ook een belangrijke rol voor de drinkwatervoorziening op het eiland. Ongeveer een derde van het drinkwater op Terschelling wordt gewonnen uit het grondwatersysteem onder het duingebied. Door zeespiegelstijging komt het zoet-zout grensvlak in de ondergrond geleidelijk omhoog. Hierdoor kan de zoetwaterbel onder het duinsysteem vanuit de onderzijde dunner worden. Op langere termijn kan dit gevolgen hebben voor de beschikbaarheid van zoet grondwater voor drinkwaterwinning. Veranderingen in het grondwatersysteem hebben daarmee niet alleen gevolgen voor natuurwaarden, maar ook voor de toekomstige drinkwatervoorziening van het eiland.



3.4 Eilandbrede samenhang

De beschreven opgaven staan niet los van elkaar. Het watersysteem vormt de verbindende factor tussen de verschillende functies op het eiland. Veranderingen in waterbeheer in de duinen, binnenduintrand en polder werken direct door in landbouw, natuur, recreatie en drinkwaterwinning.

Keuzes in één gebied kunnen daardoor gevolgen hebben voor andere delen van het eiland. Maatregelen gericht op het vasthouden van water in de duinen kunnen bijvoorbeeld invloed hebben op wateroverlast in de binnenduintrand, terwijl veranderingen in het polderwaterbeheer gevolgen kunnen hebben voor landbouw en weidevogelhabitat. Dit vraagt om een eilandbrede benadering waarin waterbeheer, ruimtelijke ontwikkeling en economische functies in samenhang worden beschouwd.

Alleen door deze samenhang expliciet mee te nemen kunnen robuuste en toekomstbestendige oplossingen voor het watersysteem van Terschelling worden ontwikkeld.

4. Handelingsperspectief: richting en afwegingen

4.1 Adaptief en integraal sturen

Het Living Lab-proces heeft duidelijk gemaakt dat er geen set van technische maatregelen bestaat die alle uitdagingen voor het watersysteem van Terschelling, zoals verdroging, verzilting en wateroverlast, gelijktijdig kan oplossen. Het handelingsperspectief voor het eiland is daarom adaptief en integraal van aard.

Adaptief waterbeheer betekent dat maatregelen stapsgewijs worden ontwikkeld en toegepast, met ruimte voor monitoring, evaluatie en bijsturing in de tijd. Dit is noodzakelijk vanwege onzekerheden in klimaatontwikkeling, zeespiegelstijging en de effecten daarvan op het grondwatersysteem. Een belangrijk uitgangspunt daarbij is het principe “water en bodem sturen”. Dit betekent dat de kenmerken van het watersysteem richtinggevend zijn voor ruimtelijke ontwikkeling, landbouwkundige keuzes en natuurbeheer. Tegelijkertijd vraagt dit om bestuurlijke afwegingen over waar functies zich het best kunnen ontwikkelen en waar beperkingen nodig zijn.

Uit het Living Lab zijn drie belangrijke uitgangspunten naar voren gekomen:

- Adaptief handelen: maatregelen gefaseerd ontwikkelen en bijstellen op basis van monitoring en nieuwe inzichten.
- Integraal kijken: oplossingen moeten bijdragen aan meerdere functies tegelijk, zoals landbouw, natuur, drinkwater en recreatie.
- Ruimtelijke differentiatie: de hydrologische omstandigheden verschillen sterk per deelgebied van het eiland, waardoor maatwerk nodig is.

4.2 Balans tussen water vasthouden en afvoeren

Een centrale opgave in het waterbeheer op Terschelling is het vinden van een balans tussen het vasthouden van zoet water en het afvoeren van overtollig water. Het langer vasthouden van zoet water in de duinen en de polder kan bijdragen aan het verminderen van droogte en verzilting. Tegelijkertijd kan dit lokaal leiden tot hogere grondwaterstanden en daarmee tot een groter risico op wateroverlast, met name in de binnenduinrand. Dit vraagt om een flexibel en gebiedsgericht waterbeheer, waarin maatregelen worden gecombineerd, zoals flexibel peilbeheer, buffering van zoet water, lokale afvoermogelijkheden bij extreme neerslag en perceelgerichte oplossingen.

Op Terschelling speelt daarnaast een belangrijke ruimtelijke uitdaging: de beschikbare ruimte moet meerdere functies bedienen, waaronder landbouw, natuur, recreatie en drinkwaterwinning. Het realiseren van een robuust watersysteem vraagt daarom om integrale afwegingen tussen deze functies.

4.3 Strategieën uit het Living Lab

Tijdens de Living Lab-bijeenkomsten hebben stakeholders – waaronder melkveehouders en vertegenwoordigers van natuurorganisaties, recreatieondernemers, overheden en kennisinstellingen – gezamenlijk verkend hoe het watersysteem zich in de toekomst kan ontwikkelen. Op basis van deze gesprekken zijn vier strategieën geformuleerd die richting geven aan mogelijke ontwikkelpaden voor het eiland. Deze strategieën zijn geen afzonderlijke scenario's, maar vormen samen een kader om mogelijke maatregelen en ontwikkelrichtingen te verkennen.

De vier strategieën zijn:

1. **Polder productief en vogelrijk**
Gericht op het behouden van landbouwproductie in combinatie met weidevogelbeheer en een robuust watersysteem.
2. **Droge voeten, voldoende drinkwater**
Gericht op het voorkomen van wateroverlast en het veiligstellen van drinkwatervoorziening.
3. **Duinen en binnenduinrand aantrekkelijk en natuurlijk**
Gericht op het versterken van natuurwaarden en het herstel van natuurlijke hydrologische processen.
4. **Leefbaar en vitaal Terschelling**
Gericht op het behouden van een goed functionerend eiland voor bewoners, recreatie en economie.

Per strategie zijn in het Living Lab wensen voor het watersysteem en mogelijke maatregelen verkend. In de volgende paragraaf worden de belangrijkste maatregelen per gebied samengevat.



4.4 Maatregelen per gebied

Polder – productief en vogelrijk

In de polder ligt de nadruk op het zo lang mogelijk behouden van zoete omstandigheden voor landbouw en weidevogels. Belangrijke aandachtspunten zijn voldoende waterbeschikbaarheid in droge perioden en het beperken van verzilting.

| Maatregel | Locatie | Verwachte impact | Betrokken partijen | Opmerkingen |
|---------------------------------------|---------------------|--|--|-------------------------------|
| Peilverhoging poldergebied | Polder | Vasthouden zoet water, tegengaan verzilting | Agrariërs, Wetterskip, bewoners | |
| Peilverhoging perceel- of slootniveau | Zuidzone polder | Verbeteren waterbeschikbaarheid, vernatting weidevogelgebieden | Agrariërs, Wetterskip | Pilot, doorgerekend met model |
| Aanleggen kwelsloot | Langs Waddenzeedijk | Verminderen zoute kwel richting polder | Wetterskip, agrariërs, Rijkswaterstaat | Doorgerekend met model |
| Beter scheiden zoet en brak water | Polder | Verzoeten van sloten, beperken verzilting | Wetterskip, agrariërs | |
| Zoet water minder snel afvoeren | Polder | Vergroten zoetwaterbuffer | Wetterskip | |
| Flexibel peilbeheer | Polder | Vasthouden water in droge perioden | Wetterskip, agrariërs | |
| Zout- en droogtetolerante grassoorten | Polder | Verbeteren landbouwproductie | Agrariërs | |

Landbouw en weidevogels kunnen beide profiteren van hogere waterpeilen, maar er bestaan ook spanningen. Voor landbouw is voldoende draagkracht van de bodem nodig om land te kunnen bewerken en bemesten, terwijl voor weidevogels juist hogere waterstanden gunstig kunnen zijn.

Binnenduinrand – recreatie, wonen en natuur

In de binnenduinrand spelen met name vraagstukken rond grondwateroverlast, recreatie en natuurontwikkeling.

| Maatregel | Locatie | Verwachte impact | Betrokken partijen | Opmerkingen |
|---|--------------------------|--|-----------------------------------|------------------------------|
| Terreininrichting (greppels, draineren, bezanden) | Binnenduinrand | Verminderen grondwateroverlast | Recreatie-ondernemers | Perceelmaatregelen |
| Klimaatadaptief bouwen | Duinen en binnenduinrand | Beperken wateroverlast | Gemeente, bewoners | Bijvoorbeeld bouwen op terp |
| Optimaliseren slotensysteem | Binnenduinrand | Verbeteren afvoer bij piekbuien | Wetterskip, recreatie-ondernemers | Herstel historische greppels |
| Optimaliseren peilvakken | Binnenduinrand | Flexibel waterbeheer | Wetterskip | |
| Onderbemaling | Binnenduinrand | Lokale oplossing wateroverlast | Wetterskip, recreatieondernemers | |
| Drinkwaterwinning combineren met waterbeheer | Binnenduinrand | Drinkwaterbron en verminderen grondwateroverlast | Vitens, Staatsbosbeheer | |
| Ontwikkelen natuurlijke kwelzones | Binnenduinrand | Herstel kwelafhankelijke natuur | Staatsbosbeheer | |

Eilandbreed – leefbaar en vitaal Terschelling

Naast gebiedsgerichte maatregelen is het belangrijk om op eilandniveau integraal te kijken naar de inrichting van het watersysteem. Belangrijke aandachtspunten zijn:

- het combineren van functies binnen het watersysteem;
- flexibiliteit in inrichting en beheer;
- het vergroten van de robuustheid tegen extreme weersomstandigheden;
- en het tijdig maken van ruimtelijke keuzes over waar bepaalde functies zich het best kunnen ontwikkelen.

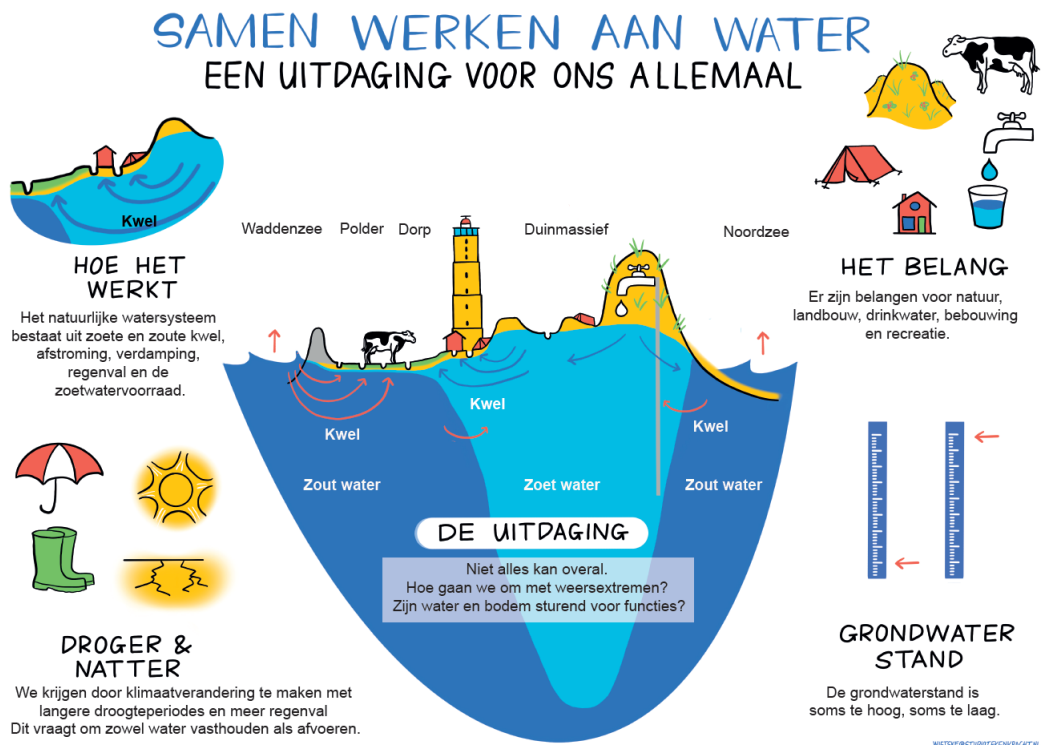
Dit vraagt om samenwerking tussen overheden, terreinbeheerders, ondernemers en bewoners. Daarnaast kan aanpassing van beleid en regelgeving bijdragen aan meer ruimte voor experimenten en adaptieve oplossingen.

4.5 Samenvattend handelingsperspectief

De Living Lab-sessies laten zien dat het handelingsperspectief voor het watersysteem van Terschelling ligt in een combinatie van maatregelen die:

- zoet water langer vasthouden waar dat kan,
- overtollig water afvoeren waar dat nodig is,
- maatwerk bieden per gebied,
- en adaptief worden ontwikkeld en bijgestuurd op basis van monitoring en nieuwe inzichten.

Deze aanpak maakt het mogelijk om stapsgewijs toe te werken naar een robuust watersysteem dat zowel landbouw, natuur, recreatie als wonen op het eiland ondersteunt.



Infographic over de uitdaging rond toekomstbestendig waterbeheer op Terschelling in samenhang met verschillende belangen. Bron: Wetterskip Fryslân.

5. Reflectie en vervolg: van Living Lab naar uitvoering

5.1 Reflectie: water sturend in integrale gebiedsontwikkeling

De voorgaande hoofdstukken maken duidelijk dat de situatie op Terschelling wordt gekenmerkt door een sterke onderlinge samenhang tussen functies en belangen.

Landbouw, natuur, wonen, recreatie en toerisme, en de drinkwatervoorziening zijn allemaal afhankelijk van hetzelfde grond- en oppervlaktewatersysteem.

Klimaatverandering, zeespiegelstijging en verzilting leiden tot geleidelijke maar structurele veranderingen in dit systeem. Maatregelen die gericht zijn op het langer vasthouden van zoetwater kunnen positieve effecten hebben voor landbouw en natuur, maar kunnen tegelijkertijd ook leiden tot meer wateroverlast of beperkingen voor wonen, infrastructuur en recreatie, met name in de binnenduinrand.

Het Living Lab-proces heeft laten zien dat sectorale benaderingen onvoldoende houvast bieden om deze opgaven in samenhang te adresseren. Beleidskeuzes op het gebied van water, natuur, landbouw of ruimtelijke ontwikkeling hebben onvermijdelijk effecten op andere functies. Wanneer deze keuzes los van elkaar worden gemaakt, bestaat het risico op onbedoelde effecten en verminderde maatschappelijke acceptatie.

De betrokken overheden – provincie Fryslân, gemeente Terschelling en Wetterskip Fryslân – beschikken ieder over beleidsinstrumenten en omgevingsvisies (POVI, GOVI en BOVI) waarin klimaatadaptatie, waterbeheer en brede welvaart centrale thema's zijn. Dit biedt aanknopingspunten om de integrale benadering die op Terschelling is ontwikkeld gezamenlijk verder te brengen.

5.2 Vervolg: Living lab en afstemming voor integrale maatregelen

Het Living Lab-proces heeft laten zien dat samenwerking tussen overheden, ondernemers, burgers en maatschappelijke organisaties en kennisinstellingen essentieel is om te komen tot integrale en uitvoerbare maatregelen voor het watersysteem van Terschelling. Een toekomstbestendig watersysteem is daarbij geen doel op zich, maar een randvoorwaarde voor brede welvaart op het eiland, waaronder een vitale economie, aantrekkelijke natuur en een prettig woon- en recreatieklimaat. Het Living Lab fungeerde als een waardevol platform voor kennisdeling, gezamenlijke probleemanalyse en het verkennen van oplossingsrichtingen. Deze werkwijze heeft bijgedragen aan gedeeld inzicht, wederzijds begrip tussen verschillende belangen en draagvlak voor mogelijke maatregelen.

De opgave rond toekomstbestendig waterbeheer op Terschelling vraagt om een integrale benadering waarin water een sturend element vormt voor keuzes op het gebied van landbouw, natuur, wonen, recreatie en ruimtelijke ontwikkeling. Het Living Lab heeft laten zien dat een dergelijke benadering helpt om de samenhang tussen functies zichtbaar te maken en om dilemma's gezamenlijk te verkennen.

In de komende periode wordt gewerkt aan een Integraal Waterplan voor Terschelling, waarbij de provincie Fryslân een trekkende rol heeft. Dit biedt een logisch en concreet vervolg op het Living Lab-proces in dit project. De kennis en inzichten uit het project, waaronder het grondwatermodel, de monitoringresultaten en de gezamenlijk verkende

handelingsperspectieven, kunnen hierbij dienen als inhoudelijke basis voor verdere uitwerking van maatregelen en keuzes in het waterbeheer.

Het verdient daarom aanbeveling om de Living Lab-werkwijze te koppelen aan het proces rond het Integraal Waterplan. Door stakeholders ook in deze volgende fase actief te blijven betrekken kan worden voortgebouwd op de samenwerking en het wederzijds begrip dat in dit project is ontstaan. Dit vergroot de kans dat maatregelen niet alleen technisch haalbaar zijn, maar ook aansluiten bij de praktijk van het eiland en op voldoende draagvlak kunnen rekenen.

Daarnaast is het belangrijk om relevante beleidsprocessen die de komende jaren op Terschelling spelen – zoals de verdere uitwerking van provinciale en gemeentelijke omgevingsvisies, het Integraal Waterplan en Natura 2000-beheerplannen – zoveel mogelijk in samenhang te beschouwen. Door deze trajecten langs een gezamenlijke tijdlijn te leggen en elkaar hierover tijdig te informeren, ontstaat meer inzicht in momenten waarop integrale afwegingen nodig zijn en kunnen keuzes beter op elkaar worden afgestemd.

Tegelijkertijd is het van belang dat de inzichten en handelingsopties uit dit project niet blijven steken in verdere beleidsvorming of bestuurlijke afstemming alleen. Tijdens het Living Lab-proces hebben verschillende stakeholders, met name de boeren en recreatieondernemers, benadrukt dat er behoefte is aan zichtbare voortgang en concrete stappen in de praktijk. Voor hen is het belangrijk dat het vervolg niet overwegend bestaat uit nieuwe overlegstructuren of beleidsdocumenten, maar vooral leidt tot daadwerkelijke uitvoering van maatregelen. Dit vraagt om een aanpak waarin actie en bestuurlijke zorgvuldigheid met elkaar worden verbonden. Enerzijds is het noodzakelijk om belangen zorgvuldig af te wegen en de samenhang tussen functies te bewaken: een verantwoordelijkheid van bestuur en politiek. Anderzijds is het belangrijk om ruimte te houden voor praktijkgerichte pilots en stapsgewijze maatregelen waarmee ervaring wordt opgedaan. Door beleid, monitoring en praktijkervaring met elkaar te blijven verbinden kan het Living Lab ook in de vervolgfase bijdragen aan een lerende en handelingsgerichte aanpak voor een toekomstbestendig watersysteem op Terschelling.

5.3 Resterende kennisbehoefte

Dit project heeft waardevolle inzichten opgeleverd in de effecten van klimaatverandering op het watersysteem van Terschelling en in mogelijke maatregelen om droogte, verzilting en wateroverlast het hoofd te bieden. Daarmee is een belangrijke kennisbasis gelegd voor toekomstige keuzes in waterbeheer, landbouw, natuurbeheer en drinkwatervoorziening. Tegelijkertijd zijn tijdens het project nieuwe kennisbehoeften naar voren gekomen waarvoor verdere uitwerking of monitoring gewenst is.

Vervolgmonitoring peilverhoging in de polder

De monitoringperiode van de pilots met peilverhoging was relatief kort. Hierdoor kunnen nog geen definitieve conclusies worden getrokken over de effectiviteit van deze maatregel voor het vasthouden van zoet water en het beperken van verzilting. Er is behoefte aan het voortzetten van de monitoring om effecten over meerdere jaren en onder verschillende weersomstandigheden te kunnen beoordelen.

Verdere doorrekening met het grondwatermodel

Het ontwikkelde grondwatermodel biedt mogelijkheden om aanvullende scenario's door te rekenen, zoals varianten van peilbeheer, wateraanvoer en klimaatscenario's. Daarom is er behoefte om het model verder in te zetten voor verdiepende analyses ten behoeve van het Integraal Waterplan en onderbouwing van keuzes.

Waterinfiltratie en -conservering in de binnenduinrand

Een interessante optie lijkt waterinfiltratie en -conservering in de binnenduinrand. Daarnaast speelt in enkele dorpen de opgave om wateroverlast na piekbuien te beperken, bijvoorbeeld via aanpassingen in het sloten- en afwateringssysteem. Het verdient aanbeveling om technische en ruimtelijke mogelijkheden verder te verkennen, in samenhang met drinkwaterwinning en wateroverlastproblematiek.

Effecten op waterkwaliteit

De effecten van klimaatverandering en mogelijke maatregelen op de kwaliteit van het oppervlaktewater (met name nutriënten) zijn in het huidige project niet onderzocht. Mede in relatie tot de doelstellingen van de Kaderrichtlijn Water (KRW) is beter inzicht in deze effecten gewenst.

Benutten van RWZI-effluent voor zoetwaterbeschikbaarheid

Het effluent van de RWZI Terschelling kan mogelijk worden ingezet als aanvullende bron voor zoetwater in de polder, met name in het zomerhalfjaar. Hoewel deze optie gevoelig ligt bij gebruikers, met name landbouw, zijn er technisch mogelijkheden om effluent vergaand te zuiveren tot water van hoge en gezonde kwaliteit. Daarnaast is verdere zuivering van effluent ook relevant vanuit natuurdoelen (Waddenzee) en toekomstige regelgeving. Aanbevolen wordt daarom om de technische, maatschappelijke en bestuurlijke haalbaarheid van inzet van (vergaand gezuiverd) effluent te verkennen, bijvoorbeeld voor aanvulling van de dijksloot. Hierbij kan mogelijk een koppeling worden gemaakt met Schiermonnikoog, waar Wetterkip Fryslân plannen voor pilotonderzoek ontwikkeld.

Het verdient aanbeveling om deze bij de start van het Integraal Waterplan voor Terschelling expliciet mee te nemen, zodat zij waar mogelijk kunnen worden gekoppeld aan vervolgonderzoek, monitoring en pilotprojecten.

Referentielijst

Davids, A.M., Vermeulen, P.T.M., Pouwels, J.R., de Louw, P.G.B., Kaandorp, V.P. (2025). Terschelling grondwatermodellering: Impact klimaatverandering en zeespiegelstijging 11207941-005-BGS-0004, 12 december 2025

Kok, A., van Alphen, M., Blokland, P.W. Greijdanus, A., Kortstee, H., Stuurop, J., Mulder, M. Veldhuizen, A. (2025). Klimaatverandering en verzilting op Terschelling: Inzichten in de effecten voor de melkveehouderij. Wageningen , Wageningen, oktober 2025.

Medenblik, J.H., Visser, T., Wagenaar, J., Kaandorp, V.P., Kok, A., Kortstee, H. (2026). Eindrapportage monitoring Terschelling. Hogeschool Van Hall Larenstein, Leeuwarden.

Van Alphen, M., Koenis, M., Kok, A. (2024). Sociaal-economische verkenning van Terschelling; Inzichten in de landbouw en waterbelangen op het eiland. Wageningen, Wageningen Economic Research, Rapport 2024-017. 30.

Vermeulen, P.T.M. Davids, A.M., Pouwels, J.R., de Louw, P.G.B., Kaandorp, V.P. (2025). Terschelling grondwatermodellering: Modelopzet en validatie. Deltares rapport 11207941-005-BGS-0002, 12 december 2025. Deltares, Delft.

Referentie Figuur 2.1

A. Kok, E. Auken, M. Groen, J. Ribeiro, F. Schaars, 2010. Using ground based geophysics and airborne transient electromagnetic measurements (SkyTEM) to map salinity distribution and calibrate a groundwater model for the island of Terschelling – The Netherlands. Ext. Abstr., 21st Salt Water Intrusion Meeting SWIM21, Azores, Portugal.

Bijlage: Samenvatting van onderzoek en kerninzichten



Onderzoek Deltares – Impact klimaatverandering en zeespiegelstijging

Davids, A.M., Vermeulen, P.T.M., Pouwels, J.R., de Louw, P.G.B., Kaandorp, V.P. (2025). Terschelling grondwatermodellering: Impact klimaatverandering en zeespiegelstijging 11207941-005-BGS-0004, 12 december 2025

Met het grondwatermodel van Terschelling zijn de effecten van klimaatverandering (KNMI'23, scenario's Hd en Hn) en zeespiegelstijging doorgerekend tot 2050 en 2100. De resultaten laten zien dat het watersysteem van het eiland fundamenteel verandert, waarbij tot 2050 vooral veranderende neerslagpatronen bepalend zijn en richting 2100 de zeespiegelstijging dominant wordt.

Versterking van seizoenscontrasten

In beide scenario's worden winters natter en zomers droger. Dit vertaalt zich in grotere verschillen tussen hoge (GHG) en lage (GLG) grondwaterstanden.

Duinen:

Tot 2050 stijgen de wintergrondwaterstanden gemiddeld met 10–20 cm (lokaal meer). Richting 2100 loopt dit op tot gemiddeld circa 0,5 m, met lokaal stijgingen van 1–2 m. Ook de zomergrondwaterstanden stijgen in de duinen, doordat extra winterneerslag wordt geborgen en het systeem traag reageert.

Polder:

De wintergrondwaterstanden veranderen beperkt door actieve ontwatering. De zomergrondwaterstanden dalen daarentegen, richting 2100 met enkele decimeters en lokaal 25–50 cm, met name in het oostelijk deel van de polder. Droogte in de zomer neemt daarmee toe.

Toename afvoeren en extremen

De totale jaarlijkse afvoer via de zeesluizen Kinnum en Liessluis neemt toe:

- In 2050 met circa 3–15%
- In 2100 met circa 15–56%, afhankelijk van scenario en afvoergebied

De seizoensverschillen worden groter: meer afvoer in de winter, minder in de zomer. Ook de extremen nemen toe, wat wijst op een dynamischer en minder stabiel watersysteem.

Krimp van de zoetwatervoorraad

Richting 2100 wordt zeespiegelstijging (+82 cm volgens KNMI'23) de dominante factor. Door de verhoogde druk vanuit zee:

- Stijgen de grondwaterstanden in de duinen verder.
- Komt het zoet-zout grensvlak hoger te liggen.
- Krimpt de zoetwaterlens in dikte en volume.

De totale hoeveelheid zoet grondwater (chloride $\leq 0,15$ g/L) neemt in 2100 af met circa:

- 33 miljoen m³ (klimaatscenario Hn)
- 53 miljoen m³ (klimaatscenario Hd)

Hoewel dit minder dan 1% van het totale zoete grondwatervolume betreft, verschuift het grensvlak lokaal meerdere meters omhoog (5–10 m in de duinen; >15 m in de duinrand). In de polder nemen de dunne regenwaterlenzen met 1–5 m af en schuift de grens tussen zoete en zoute kwel noordwaarts op.

Ruimtelijke differentiatie

De effecten verschillen sterk per deelgebied:

- **Duinen:** hogere grondwaterstanden én dunnere zoetwaterbel.
- **Duinrand:** sterke toename van kwel (tot 0,5–1,0 mm/dag in 2100) en forse opwaartse verschuiving van het grensvlak.
- **Polder:** lagere zomergrondwaterstanden, toename zoute kwel en grotere verziltingsgevoeligheid.

Essentie

De modelresultaten laten zien dat het watersysteem van Terschelling richting 2100 verschuift naar een situatie met grotere seizoensdynamiek, structureel hogere grondwaterstanden in de duinen, toenemende zomerdroogte in de polder en een geleidelijke maar structurele krimp van de zoetwaterbel onder invloed van zeespiegelstijging. Deze combinatie van vernattende en verdrogende trends binnen één eiland onderstreept de ruimtelijke complexiteit van de toekomstige zoetwateropgave.

Onderzoek HVHL – Monitoring en veldexperimenten

Medenblik, J.H., Visser, T., Wagenaar, J., Kaandorp, V.P., Kok, A., Kortstee, H. (2026). Eindrapportage monitoring Terschelling. Hogeschool Van Hall Larenstein, Leeuwarden.

Binnen het project *Handelingsperspectief Klimaatadaptatie Landbouw Terschelling* zijn in de periode 2023–2025 verschillende veldexperimenten uitgevoerd en gemonitord in de polder en de binnenduinrand van Terschelling. De monitoring had als doel een nulbeeld van het watersysteem en landbouwsysteem vast te leggen en de effecten van maatregelen op hydrologie, bodem, biodiversiteit en landbouwproductie te volgen.

Nulbeeld watersysteem en landbouwpercelen

De monitoring bevestigt het sterk seizoensafhankelijke karakter van het watersysteem in de polder van Terschelling. In natte perioden kan de grondwaterstand lokaal tot aan het maaiveld stijgen, terwijl deze in het groeiseizoen kan dalen tot circa 60–70 cm onder maaiveld. Daarnaast is een duidelijke ruimtelijke gradiënt zichtbaar in het zoutgehalte van het oppervlaktewater:

- In het noordelijke deel van de polder komt relatief zoet water voor.
- Richting de Waddenzeedijk neemt het zoutgehalte toe en is het water brak tot zout.

Deze variatie hangt samen met hoogteverschillen in het landschap, historische slenken en verschillen in bodemopbouw en doorlatendheid.

Peilopzet en vasthouden van zoet water

In de hoogwaterblokken is onderzocht of het verhogen van het oppervlaktewaterpeil kan bijdragen aan het vasthouden van zoet water en het verminderen van verzilting.

De monitoring laat zien dat:

- In natte perioden lokaal hogere grondwaterstanden kunnen optreden wanneer water langer wordt vastgehouden.
- Het effect sterk afhankelijk is van de technische uitvoering van de maatregel en de beschikbaarheid van water.
- In droge zomers het moeilijk blijkt om het verhoogde waterpeil te handhaven wanneer de aanvoer van water beperkt is.

Omdat de peilopzet pas laat in de meetperiode technisch is geoptimaliseerd, zijn meerjarige meetreeksen nodig om het effect op grondwater en verzilting goed te kunnen beoordelen.

Effecten op biodiversiteit

De monitoring laat zien dat de polder van Terschelling een hoge biodiversiteit kent, met gevarieerde graslandvegetaties, grote aantallen insecten en een zeer hoge dichtheid aan weidevogels.

Bij de plas-dras pilots werd een duidelijk effect op biodiversiteit vastgesteld:

- De biomassa van insecten nam toe met circa 70%.
- De percelen kennen een hoge dichtheid aan broedende weidevogels.
- De vegetatiestructuur wordt gevarieerder door lokale vernatting.

Een direct effect van de plas-dras maatregel op grondwaterstanden werd echter niet aangetoond.

Landbouwkundige opbrengst en teelten

De monitoring van grasproductie laat zien dat de opbrengst sterk varieert tussen jaren en sterk afhankelijk is van externe factoren zoals droogte en ganzenvraat. In de pilot met gras- en kruidenmengsels blijkt dat kruidenrijke graslanden onder de omstandigheden op Terschelling goed kunnen groeien en een goede voederwaarde kunnen leveren. De pilot met zilte teelten laat zien dat bepaalde zouttolerante gewassen onder verziltende omstandigheden kunnen worden geteeld, maar dat verdere ontwikkeling en praktijkervaring nodig zijn om deze teelten economisch perspectief te geven.

Essentie

De monitoring laat zien dat het watersysteem van de polder van Terschelling wordt gekenmerkt door sterke seizoensdynamiek, lokale verschillen in zoutgehalte en een hoge ecologische waarde van het landschap. Hydrologische maatregelen zoals peilopzet kunnen bijdragen aan het vasthouden van zoet water, maar de effectiviteit is sterk afhankelijk van technische inrichting, waterbeschikbaarheid en lokale omstandigheden. Tegelijkertijd blijkt dat vernatting een duidelijk positief effect kan hebben op biodiversiteit, terwijl landbouwproductie sterk wordt beïnvloed door weersomstandigheden en externe factoren zoals ganzenvraat.

De resultaten onderstrepen dat klimaatadaptatie op Terschelling vraagt om een integrale benadering waarin waterbeheer, landbouw en natuurontwikkeling in samenhang worden bekeken

Onderzoek WUR - Klimaatverandering en verzilting: effecten op melkveehouderij

Kok, A., van Alphen, M., Blokland, P.W. Greijdanus, A., Kortstee, H., Stuurup, J., Mulder, M. Veldhuizen, A. (2025). Klimaatverandering en verzilting op Terschelling: Inzichten in de effecten voor de melkveehouderij. Wageningen, Wageningen, oktober 2025.

In dit onderzoek is met een gekoppelde modellenreeks (SWAP-WOFOST en FarmDyn) doorgerekend wat de verwachte veranderingen in grondwater (verzilting en veranderende vochtcondities) betekenen voor grasgroei en voor de economische positie van een gemiddeld melkveebedrijf op Terschelling richting 2050.

Structurele afname grasopbrengst

Voor zeven representatieve landbouwplots in de polder is de grasgroei gesimuleerd voor de referentieperiode (2016-2020) en voor klimaatscenario's rond 2050 (Hoog Droog en Hoog Nat). De resultaten laten zien dat:

- De gemiddelde grasopbrengst met 26–28% afneemt in 2048-2052 ten opzichte van 2016-2020.
- In droge jaren kan de derving oplopen tot ruim 30–35%.
- Zowel in het 'Hoog Droog'- als in het 'Hoog Nat'-scenario blijft de opbrengstdaling substantieel; een natter klimaat dempt droogtestress enigszins, maar zoutstress en zuurstofstress blijven bepalend.

De gewasderving wordt veroorzaakt door een combinatie van:

- toenemende zoutconcentraties in het grondwater (zoutstress),
- vaker optredende droogte,
- en perioden van oververzadiging.

De gevoeligheid verschilt per locatie. Percelen met een ondiepe grondwaterstand en percelen dicht bij zee zijn kwetsbaarder. Het stressregime verschuift: waar voorheen vooral zuurstofstress limiterend was, worden richting 2050 droogte- en zoutpieken dominant en versterken zij elkaar.

Bedrijfseconomische impact

De lagere grasopbrengsten zijn vervolgens doorgerekend voor een gemiddeld Terschellings melkveebedrijf (91 melkkoeien, 68 ha grasland).

Bij een gemiddelde opbrengstreductie van 27% geldt:

- Het bedrijf moet aanzienlijk meer ruwvoer aankopen (aanvoer van kuilgras vanaf het vasteland).
- Het inkomensverlies bedraagt circa €31.000 per bedrijf per jaar.
- Dit komt neer op een inkomensdaling van circa 47% per onbetaalde arbeidsjaareenheid (oaje).

In een gunstige variant (-23% opbrengst) blijft de inkomensdaling circa 39%; in een ongunstige variant (-32%) circa 56%. Wanneer ook rekening wordt gehouden met kwaliteitsverlies van het gras (lagere VEM- en RE-gehalten), kan de inkomensdaling oplopen tot circa 65% per oaje.

Opvallend is dat het mestgebruik in deze scenario's niet verandert, omdat het bedrijf reeds wordt begrensd door wettelijke gebruiksnormen en mestafvoer. De inkomensdaling wordt primair veroorzaakt door hogere voerkosten, niet door veranderende bemestingsruimte.

Korte termijn: aanvullende druk

Naast klimaateffecten zijn drie korte-termijnsenario's doorgerekend:

- Afschaffing derogatie: inkomenseffect circa -€7.500 per bedrijf (-11% per oaje).
- Monovergisting met stikstofstrippen: sterke reductie van broeikasgas- (-15%) en ammoniakemissies (-41%), maar negatief inkomenseffect van circa -€29.000 per jaar door hoge investeringskosten.
- Krimp veestapel: inkomensdaling van circa -€28.000 per jaar (-42% per oaje).

Essentie

De modelresultaten laten zien dat klimaatverandering en verzilting richting 2050 leiden tot een structurele afname van grasopbrengsten in de polder, met substantiële gevolgen voor het bedrijfsinkomen. De economische druk vanuit klimaatverandering is van vergelijkbare orde als – of groter dan – andere beleidsmatige en structurele uitdagingen. De melkveehouderij in de polder wordt daarmee sterk afhankelijk van het vermogen om de effecten van droogte en verzilting te beperken of het bedrijfsmodel aan te passen.

Onderzoek WUR – Sociaaleconomische verkenning landbouw en waterbelangen

Van Alphen, M., M. Koenis, A. Kok, 2024. Sociaaleconomische verkenning van Terschelling; Inzichten in de landbouw en waterbelangen op het eiland. Wageningen, Wageningen Economic Research, Rapport 2024-017.

Deze verkenning brengt de sociaaleconomische structuur van Terschelling in beeld, met specifieke aandacht voor de melkveehouderij in de polder en de samenhang met waterbeheer en andere gebiedsfuncties. Op basis van literatuur, statistische analyse, interviews en Living Lab-bijeenkomsten is een overzicht gemaakt van economische belangen, afhankelijkheden en potentiële ontwikkelrichtingen.

Economische structuur van het eiland

Terschelling vertoont kenmerken van een kleinschalige eiland-economie: sterke afhankelijkheid van toerisme, beperkte ruimte en schaalvoordelen, hoge transportkosten en geringe economische diversificatie.

- De horeca vertegenwoordigt ruim 30% van de werkgelegenheid (823 banen).
- Landbouw, bosbouw en visserij vertegenwoordigen circa 5% van de werkgelegenheid (132 banen), relatief hoger dan het landelijk gemiddelde.
- De economie is daardoor gevoelig voor externe schokken en klimaatverandering.

De landbouwsector omvat 25 bedrijven (2021), waarvan 11 melkveebedrijven (9 gangbaar, 2 biologisch). Het areaal cultuurgrond bedraagt 970 ha, vrijwel volledig blijvend grasland. Het aantal bedrijven is in tien jaar afgenomen (36 → 25), terwijl het aantal melkkoeien is toegenomen.

Kenmerken en kwetsbaarheden melkveehouderij

De melkveehouderij produceert jaarlijks circa 6,1 miljoen kg melk. Alle bedrijven combineren productie met agrarisch natuurbeheer (met name weidevogelbeheer). De reguliere bedrijven leveren aan Friesland Campina; de biologische bedrijven verwerken hun melk volledig tot Terschellinger kaas.

De sector staat onder druk door:

- toenemende droogte en natte perioden;
- verzilting en mogelijke krimp van regenwaterlenzen;
- ganzenoverlast en bijbehorende schade;
- strengere eisen rond waterkwaliteit en broeikasgasemissies;
- onzekerheid rond stikstofbeleid;
- beperkte uitbreidingsruimte.

Waterkwantiteit en -kwaliteit zijn cruciale productiefactoren. Grasopbrengst is sterk afhankelijk van vochtbeschikbaarheid en gevoelig voor verzilting (schadedrempels voor zowel gras als drinkwater voor vee zijn expliciet benoemd in het rapport). Daarmee is het watersysteem direct verbonden met het verdienvermogen van de sector.

Verbreiding en alternatieve verdienmodellen

Verbreidingsactiviteiten komen relatief veel voor (verkoop aan huis, agrotourisme, verwerking van producten), maar laten geen eenduidig stijgende trend zien. Kansrijke richtingen die worden verkend zijn:

- opschaling en differentiatie van kaasproductie;
- productie van aanvullende zuivelproducten;
- lokale vleesproductie als streekmerk;
- zilte en droogtebestendige teelten (in samenwerking met Stichting De Zilte Smaak);
- stapeling van vergoedingen voor ecosysteemdiensten;
- mogelijke rol in de energietransitie.

Deze opties zijn echter sterk afhankelijk van marktvraag, transportkosten, regelgeving en de ruimtelijke en hydrologische randvoorwaarden.

Essentie

De sociaaleconomische analyse maakt duidelijk dat de melkveehouderij een relatief kleine maar ruimtelijk dominante functie is, die sterk afhankelijk is van waterbeschikbaarheid en -kwaliteit. Tegelijkertijd is het eiland economisch sterk leunend op toerisme en natuurwaarden, waardoor waterpeil, verzilting en ruimtelijke keuzes onvermijdelijk meerdere belangen raken. De landbouwopgave is daarmee niet alleen technisch-hydrologisch, maar nadrukkelijk ook economisch en maatschappelijk ingebed.

