



AWIS en hogere slootpeilen in regio Alblasserwaard-Vijfheerenlanden

Realisatie van hogere grondwaterstanden ter
reductie van bodemdaling in veenweidegebieden

Gé van den Eertwegh, Wilco Terink en Dion van Deijl

Pilot 2025-2028

Voortgangsrapportage tot en met 2025

Datum: 5 februari 2026



Opdrachtgever: Gemeente Molenlanden en Gemeente
Vijfheerenlanden, met bijdragen van Provincie Zuid-Holland
en Provincie Utrecht

Projectleiding: Rolia Wiggelinkhuijsen/Stichting Blauwzaam

Colofon

Titel

AWIS en hogere slootpeilen in regio Alblasserwaard-Vijfheerenlanden: realisatie van hogere grondwaterstanden ter reductie van bodemdaling in veenweidegebieden

Opdrachtgevers-financiers

Gemeente Molenlanden en Gemeente Vijfheerenlanden, met bijdragen van Provincie Zuid-Holland en Provincie Utrecht, met in-kind inzet van KnowH₂O

Projectteam

Gé van den Eertwegh, Wilco Terink en Dion van Deijl

Kader

Dit rapport maakt deel uit van het project 'Actieve WaterInfiltratieSystemen Alblasserwaard-Vijfheerenlanden 2025-2028' (AWIS AV)

Dankwoord

Bij de uitvoering van ons werk hebben we hulp en steun gehad van betrokken collega's, partners, deelnemers, opdrachtgevers, en anderen.

Opdrachtgevers

Marc Trouwborst (Gemeente Molenlanden)

Stichting Blauwzaam

Rolia Wiggelinkhuijsen (projectleider)

Agrariërs

Peter Heikoop, Jan den Besten, Kees Baan, Mattias Verhoef

Avallo Advies

Jon Mensink, Tom Mensink, Stefan Dille

Moisture Matters

Bernard Voortman

Barth Drainage BV

Peter de Jong de Leeuw

Samenvatting

Deze samenvatting borduurt voort op die uit het eindrapport 'Regelbare drainage met subirrigatie en hogere slootpeilen in regio Alblasserwaard-Vijfheerenlanden' (april 2024), met analyse van metingen tot einde 2023, en is aangevuld op basis van metingen in 2024 tot en met september 2025.

De meeste bodems in het landelijk gebied in de regio Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden zijn in gebruik als grasland binnen melkveehouderijbedrijven. De bodems vertonen in meer of mindere mate langjarig gezien bodemdaling, emissie van broeikasgassen naar de lucht en verliezen van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater. Het landschap en de verkaveling verdient aandacht via duurzaam gebruik en beheer voor en door landbouw, recreatie en natuur.

Een actief waterinfiltratie systeem AWIS kan een deel van de oplossing zijn voor lucht-, bodem- en wateropgaven en -doelstellingen. We willen daarom met deze systemen ervaring opdoen in de praktijk in de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden. De bodemopbouw van het veen met een kleidek in de gebieden wijkt af van toepassingen elders in het veenweidegebied van Nederland van deze systemen tot nu toe. Dat maakt dit project en de proeven bij de drie betrokken agrariërs uniek, omdat we de werking en effecten gaan onderzoeken door te meten en te duiden, in combinatie met hogere slootwaterpeilen dan het omringende polderpeil.

Onze doelen zijn als volgt:

- *Wij passen AWIS en verhoogde slootpeilen toe bij (klei-op) veengronden;*
- *We willen technisch-inhoudelijk grip op de werking van het systeem krijgen door drie veldproeven uit te voeren;*
- *We willen het beheer van het systeem stapsgewijs opbouwen en uiteindelijk sturen op: reductie van de bodembeweging (op de middellange termijn bodemdaling), biodiversiteit, weidevogels en waterkwaliteit. We voeren veldproeven daarom uit in combinatie met hogere slootwaterpeilen, zodat er doelen te behalen in het watersysteem op het vlak van biodiversiteit, weidevogels en de KRW.*
- *We verlengen binnen dit project de meetreeksen van het vorige project (tot en met 2023), voor meer data, meer informatie en meer kennis, ter onderbouwing van conclusies en opvolgende adviezen.*

We leveren met of zonder succes van de veldproeven feitelijke informatie en kennis aan voor het doelmatig al dan niet uitrollen van AWIS en aangepaste slootpeilen in de regio.

We hebben de systemen eind 2020 aangelegd en zijn er actief mee bezig sinds 2021. We rapporteren onze bevindingen met gegevens tot en met september 2025. Deze zijn als volgt.

De drie aangelegde systemen van regelbare drainage en pompsystemen werken naar behoren, incl. de aangepaste vlotters. Deze zorgen voor een meer constant en hoger (hoog)waterpeil in de pomp/regelputten (hierna: pompput). Pompfilters leiden nogal eens tot verstoppingen, lees te weinig wateraanvoer en soms -afvoer. De monitoring werkt veelal prima, al hadden we uitval van een aantal sensoren vanwege fabrieksfouten en vanwege eenvoudig stuk gaan. De vele waarnemingen via inzet van de meetapparatuur zijn waardevol en onderling consistent. De gebruikte apparatuur behoeft aandacht, beheer en onderhoud. Niet alles werkt altijd en langjarig vlekkeloos.

De bediening systemen en inzet van greppels, i.c. dicht laten of open zetten, tijdens met name bij hoogwater blijft punt van aandacht. Ook AWIS vraagt aandacht, zorg, beheer en onderhoud. De

effecten van de toepassing vallen of staan met de bediening van de systemen. Het instellen van vlotters, het aan- en uitzetten van pompen is een bron van tijdige aandacht en inzet van tijd van de betrokken agrariërs. Monitoring van bediening én van de effecten daarvan zijn daarom beide nodig.

Slootpeilen in de proeven zijn duidelijk verhoogd ten opzichte van de polderpeilen (NB pompfilters en vlotterinstellingen). De bediening van de systemen heeft een duidelijke invloed op de freatische grondwaterstanden: deze zijn hoger bij AWIS en lager wanneer er water wordt afgevoerd via de pomp in de put. In drogere tijden (2022, 2023, 2025) zijn de positieve effecten van de inzet van de systemen duidelijk groter. Daarmee leidt AWIS grotendeels tot doelbereik t.a.v. vernatting van de (klei-op) veenbodems. Dit is een positief resultaat van de proef. Als we stabiele toestanden willen hebben op de percelen, dan is het advies niet te snel en niet te veel IN en/of UIT pompen. Beter niet UIT pompen, maar uit laten zakken. De sturing van de waterstand in de pompput is van groot belang en heeft extra aandacht nodig, met name in geval van een opbolling bij en na neerslag. De waterstand in de put moet bij deze systemen en drainafstanden duidelijk hoger zijn, om een vergelijkbare opbolling en freatische grondwaterstand te verkrijgen als bij een afvoersituatie zonder drainagebuizen (referentiepercelen). Er is een duidelijk hogere watervraag van de proefpercelen bij droog weer (extreem in 2025), met als positief en beoogd effect hogere bodemvochtgehaltes en hogere grondwaterstanden. Aan deze watervraag moet dan wel voldaan kunnen worden vanuit de polder qua inlaatwater. Een AWIS is veel beter in staat om grondwaterstanden op percelen te sturen dan kavelsloten. Het effect en succes van AWIS staat of valt echter met de bediening ervan en werking van de apparatuur.

De continu gemeten bodembeweging op de twee percelen bij Baan laat duidelijk effecten van het weer en van de bediening van de systemen zien. Het aanvoeren van water heeft een positief effect op de bodembeweging: minder beweging en minder daling tijdens droog weer. Afvoer van water onder natte condities geeft direct een duidelijk dalend effect te zien. AWIS vereist zorg en aandacht teneinde effecten te realiseren en doelen te behalen op het vlak van bodembeweging en -daling. Te laat omhoog of gewoonweg niet hoog genoeg sturen van waterstanden in de AWIS-putten betekent direct minder winst qua bodembeweging en dientengevolge bodemdaling in de tijd.

De gehele meetperiode binnen deze rapportage is 22-2-2021 tot en met 30-9-2025. We hebben eind 2025 en begin 2026 aanvullende waterpassingen-controlemetingen uitgevoerd op de sensor bodembeweging (VSM), op basis waarvan we de metingen bodembeweging in de gehele projectperiode hebben geïdentificeerd en plausibel hebben bevonden. Uit de eindrapportage (Van den Eertwegh en Van Deijl, 2024): 'Het maaiveld op het proefperceel daalt 7 mm, op het referentieperceel 16 mm. Omgerekend is dat een jaarlijkse bodemdaling van 2,5 mm/j voor het proefperceel en 5,6 mm/jaar voor het referentieperceel. Het referentieperceel daalt met een factor van 2,3 meer.' Uit met name data van 2025 blijkt wederom de gevoeligheid van de bodembeweging voor variaties in de waterstand in de pompput van AWIS. We komen in een later tussenrapport eind 2026/begin 2027 terug op bodemdaling, waarbij we metingen uit 2024 tot en met 2026 tussentijds verder analyseren.

De variatie van de maaiveldhoogte in de tijd is ook in 2024 en 2025 kleiner bij het proefperceel; de dynamiek in de beweging is groter op het referentieperceel. Het verschil in maaiveldhoogte tussen het proefperceel en het referentieperceel laat zien dat de maaiveldhoogte van het referentieperceel meer/sterker afneemt in de tijd dan die van het proefperceel. De proef blijkt dus verschil te maken in het vochtprofiel van de klei-op-veenbodem en in de bodembeweging. Een positief resultaat.

De vorm van het maaiveld en de aanwezigheid van greppels maakt de sturing meer complex. Het maaiveld kan bol, vlak of hol zijn. Greppels zien we met name terug in het veld bij holle percelen. Daarmee komen de bodems van de greppels (in m+NAP) in de buurt van het polderpeil. Grondwater

dat we via toepassing van AWIS verhogen, kan aldus tot afvoer komen via de greppels, als deze kunnen afwateren naar de sloten. Een hogere peilsturing vanuit de pompput zal dan leiden tot meer afvoer van water, waardoor de stijging van de freatische grondwaterstand gelimiteerd wordt. Holle percelen en de aanwezigheid van greppels zijn beide apart en tezamen beperkend in het mogelijk verhogen van de grondwaterstand.

Vernatting betekent de berging van water in de veenbodem op peil houden of verhogen. Berging van water vindt plaats via vocht in de bodem, die verzadigd is vanaf de freatische grondwaterstand neerwaarts. Uitputting van de waterberging in het bodemprofiel kan plaatsvinden via verdamping (beter: neerslagtekort) en wegzijging, daardoor zakken de grondwaterstanden in het groeiseizoen uit. Het op peil houden van de waterberging betekent dus het compenseren van het neerslagtekort en van de (toegenomen) wegzijging bij vernatting. Dat blijkt ook uit waarnemingen in dit project. Deze zijn en blijven zeer waardevol, zo blijkt uit data voor 2024 (erg natte weersomstandigheden) en voor 2025 (zeer droge zomer en najaar). Het potentieel neerslagtekort in het groeiseizoen is een goede maat voor de werkelijke watervraag van de AWIS.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Inhoudsopgave.....	7
1 Inleiding	9
2 Probleem- en doelstelling	13
3 Uitvoering veldproeven	15
3.1 <i>Agrariërs en locaties</i>	<i>15</i>
3.2 <i>Monitoring.....</i>	<i>18</i>
3.2.1 <i>Vanaf start project.....</i>	<i>18</i>
3.2.2 <i>Aanpassingen en waarnemingen in 2024-2025</i>	<i>20</i>
3.3 <i>Analyse van gegevens t/m september 2025</i>	<i>20</i>
4 Resultaten.....	21
4.1 <i>Neerslag en Makkink referentiegewas-verdamping KNMI</i>	<i>21</i>
4.2 <i>Werking van systemen.....</i>	<i>24</i>
4.2.1 <i>Hoogwatersloten.....</i>	<i>25</i>
4.2.2 <i>Drainage en wateraanvoer</i>	<i>29</i>
4.3 <i>Effect op grondwaterstand, kwel/wegzijging en bodemvochtgehalte</i>	<i>33</i>
4.3.1 <i>Freatische grondwaterstand</i>	<i>33</i>
4.3.2 <i>Kwel en wegzijging</i>	<i>41</i>
4.3.3 <i>Bodemvochtgehalte</i>	<i>48</i>
4.4 <i>Gemeten waterafvoer via greppels.....</i>	<i>57</i>
4.5 <i>Waterbalans proefperceel</i>	<i>59</i>
4.6 <i>Waterbalans sloot</i>	<i>67</i>
4.7 <i>Watervraag voor AWIS-proefpercelen</i>	<i>69</i>
4.8 <i>Gewastranspiratie en droge-stof opbrengst gras bij Baan.....</i>	<i>71</i>
4.9 <i>Effect toepassing AWIS op verticale bodembeweging</i>	<i>75</i>
4.9.1 <i>VSM-sensoren West op percelen Baan</i>	<i>75</i>
4.9.2 <i>VSM-sensoren Oost op percelen van Heikoop.....</i>	<i>76</i>
5 Conclusies	81
6 Aanbevelingen.....	86
7 Bibliografie.....	87
8 Bijlagen.....	91
8.1 <i>Kaarten van percelen.....</i>	<i>91</i>
8.2 <i>Documentatie aangelegde systemen AWIS.....</i>	<i>96</i>
8.3 <i>VSM sensor – Vertical Soil Movement - meting bodembeweging aan maaiveld</i>	<i>97</i>
8.4 <i>Begrippenlijst.....</i>	<i>99</i>
8.5 <i>Betrokken partijen</i>	<i>100</i>

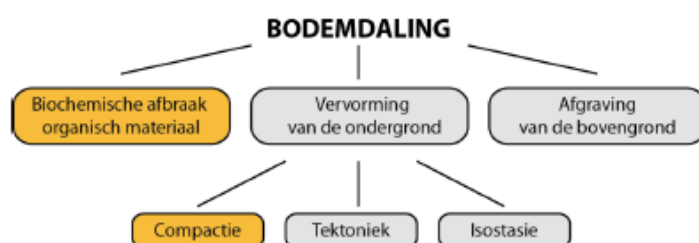
1 Inleiding

Het Rijk, provincies, gemeenten, waterschappen en de agrarische sector willen de bodemdaling in het veenweidegebied beperken, de uitstoot van broeikasgassen (CO_2 , CH_4) verminderen en de chemische en ecologische waterkwaliteit verbeteren (KRW). Om bodemdaling te reduceren moeten de (klei-op) veenbodems met name in het zomerhalfjaar worden vernat, via het realiseren van hogere grondwaterstanden dan onder gangbare condities in het veenweidegebied het geval is. De GLG bij zomerpeil kan dieper reiken dan 1 m-m.v. Hogere grondwaterstanden leiden tot een dunnere onverzadigde zone (bodemzone boven de grondwaterstand) en hogere bodemvochtgehaltes in de onverzadigde zone. Oxidatie van organische stof (veen) leidt tot emissie van broeikasgassen via aerobe afbraak (CO_2) en via anaerobe afbraak (CH_4). Aerobe afbraak vindt waarschijnlijk met name plaats in de onverzadigde zone. Anaerobe afbraak kan overal plaatsvinden, maar met name in de verzadigde zone bij aanwezigheid van bacteriën (Hoogland et al., 2019).

De veelal langwerpige percelen in het veenweidegebied kunnen qua vorm van het maaiveld tussen de kavelsloten onderscheiden worden in bolle percelen, vlakke percelen en holle percelen. Deze laatste categorie is door de jaren heen ontstaan door een ongelijke bodemdaling binnen het perceel, die het grootst is midden tussen de kavelsloten, die aan weerszijde liggen. Holle percelen zijn meestal voorzien van een of meerdere parallelle greppels, om plassen te voorkomen en de (maaiveld)afvoer van een teveel aan neerslag te waarborgen.

Om hogere grondwaterstanden te realiseren kan worden gedacht aan het toepassen van de systemen onderwaterdrainage of drukdrainage met een pompput, tegenwoordig meestal water-infiltratie-systemen genoemd (AWIS). Het hydrologische proces dat met het regelbare drainagesysteem gerealiseerd wordt heet sub-irrigatie, het ondergronds toedienen van water ter vernatting. Infiltratie gebeurt aan maaiveld. We bouwen in dit project voort op het 'Drukdrainage-project' (2020-2023), waarin sinds eind 2020/begin 2021 AWIS toegepast wordt op een aantal proefpercelen. Parallel hieraan realiseren we bij deze percelen hogere slootpeilen dan in het omringende peilvak, als extra maatregel om projectdoelen te realiseren. We verlengen daarmee in dit project de tijdreeksen van hydrologie en bodembeweging, zoals gestart in 2021, naar eind september 2028.

Bodemdaling als resultante van bodembeweging komt via een aantal parallelle processen tot stand (figuur uit STOWA Deltafact, 2020; in oranje is aangegeven waar de Deltafact zich op richt):



- Compactie;
- Consolidatie en compressie;
- Kruip, zetting, klink en rijping;
- Krimp en zwel (poro-elastische deformatie; grootte van bodemporiën verandert);
- Oxidatie van organische-stof (aeroob en/of anaeroob);
- Vorst en dooi;
- Geologie - tektoniek en isostasie.

Er is niet a priori aan te geven welk proces voor welk deel van de bodembeweging en/of bodemdaling zorgt (zie o.a. NOBV – samenvatting rapportage jaar drie – 14 juni 2023).

Intermezzo: bodemhoogtemetingen te Zegveld vanaf de 70-er jaren van de vorige eeuw (bron: NOBV – samenvatting rapportage jaar drie – 14 juni 2023).

7. Langetermijn bodemdalingmetingen met zakplaatjes

Veenoxidatie in veenweidegebieden veroorzaakt zowel broeikasgasemissies als bodemdaling. Vanwege de jaarlijkse schommelingen van het bodemoppervlak is langdurige monitoring nodig om de netto bodemdaling op lange termijn te bepalen. In de experimentele veenweideboerderij in Zegveld werden in 1970 zakplaatjes geplaatst in een veld met lage slootwaterstand, en in 1973 in een veld met hoge slootwaterstand. De plaatjes werden op 7 verschillende diepten geplaatst, zodat kon worden onderzocht waar in het veenprofiel bodemdaling optrad. Zowel de hoogte van de plaatjes als van het bodemoppervlak werden elk jaar aan het eind van de winter gemeten met een waterpas, zodat een lange tijdreeks beschikbaar is.

Uit analyse blijkt dat het maaiveld in het veld met hoge slootwaterstand in 49 jaar 22 cm daalde (4,5 mm jaar⁻¹), terwijl dit in het veld met lage slootwaterstand 33 cm was in 52 jaar (6,3 mm jaar⁻¹). Uit de resultaten blijkt ook dat in het veld met lage slootwaterstand de meeste bodemdaling door permanente krimp en oxidatie plaatsvond tussen 40 en 100 cm diepte, terwijl dit in het andere veld tussen 20 en 40 cm diepte was. Tenslotte werd onder continu verzadigde omstandigheden op 140 cm diepte nog bodemdaling waargenomen. Vermoedelijk is in het beluchte deel van het profiel oxidatie de belangrijkste oorzaak van bodemdaling, terwijl de waargenomen bodemdaling in de verzadigde bodem op 140 cm diepte het gevolg moet zijn van andere processen, zoals consolidatie en kruip.

Compactie is de verdichting van het skelet/structuur van de (klei-op) veenbodem. Deze verdichting kan ontstaan door belasting van bovenaf, bijvoorbeeld door inzet van zware machines op het land, of door het vergroten van de korrelspanning vanwege een lagere waterspanning (bodemmechanica). Dat laatste kan gebeuren door afname van het bodemvochtgehalte, zo ontstaat het proces krimp. In het veenweidegebied breekt organische stof af door activiteiten van bacteriën (aeroob én anaeroob), met als gevolg bodemdaling en uitstoot van broeikasgassen. Dit speelt vooral in de zomer, wanneer de grondwaterstand daalt door een verdampingsoverschot (of neerslagtekort) bij een geringe infiltratie van water uit de kavelsloten. De grondwaterstand wordt dan lager dan het waterpeil in de kavelsloten. Afbraak van organische stof kan ook plaatsvinden onder zuurstofloze (anaerobe) condities, door bacteriën. Dit levert methaan op dat als gas (CH₄) wordt geëmitteerd.

AWIS toepassen heeft in dit project als doel de bodembeweging te dempen en de bodemdaling over de jaren heen te reduceren. De (klei-op) veenbodem beweegt namelijk op en neer, als effect van de bovengenoemde processen. Deze processen zijn deels reversibel, waarbij de beweging omhoog en neerwaarts blijft gaan, deels van permanente aard: als organische-stof verdwijnt, dan resteert mineraal materiaal, met bodemdaling tot gevolg.

AWIS zorgt door de ondergrondse toediening van water voor een minder grote, dan wel geen daling tot zelfs een stijging van de grondwaterstand in tijden van een neerslagtekort. De aanvoer van slootwater vindt plaats via een pomp en de drainageput naar de drainagebuizen, die permanent onder water staan. De grondwaterstand wordt dan hoger, vergeleken met een situatie zonder drainagebuizen. De (klei-op) veenbodem is dan dientengevolge natter.

In dit project meten we de verticale bodembeweging van het maaiveld met de Vertical Soil Movement (VSM) sensor (Van Deijl et al., 2022). Bodemdaling (in bijv. de eenheid mm/jaar) kan berekend worden door op een aantal momenten in de tijd het verschil te bepalen tussen de maaiveldhoogte op een later moment [m+NAP] en de maaiveldhoogte op een eerder moment [m+NAP]: de trend in de bodembeweging levert eventueel een bodemdaling op. We breiden de metingen uit met een identieke VSM-sensor op het proefperceel en referentieperceel, die daar

geplaatst zijn op 13 november 2025. Sindsdien wordt de bodembeweging ook op deze twee percelen continu gemeten. Het kleidek is op deze percelen dikker dan op locatie bij Baan.

De hypothese is dat we in dit project via vernatting met name te maken hebben met bodembeweging ten gevolge van krimp (minder), zwel (eventueel meer) en aerobe/anaerobe afbraak van organische-stof (minder). Compactie (meer) kan optreden door o.a. bewerking, beweiding en berijding van nattere percelen. Kruip, zetting, klink, vorst, dooi, tektoniek en isostasie zijn andere processen die tot bodembeweging leiden. De hypothese bij het plaatsen van twee nieuwe sensoren op de percelen bij Heikoop is dat de bodembeweging daar geringer is, minder dynamiek vertoont dan bij de percelen van Baan.

Als vernatting van de veenbodem aan de orde is, dan past hierbij een AWIS via een wateraanvoer-voorziening, waarbij de vernatting controleerbaar/beheersbaar is in ruimte en tijd. Dit soort systemen wordt al een tijd toegepast in veengebieden binnen Nederland (o.a. Hoving et al., 2008), zoals in Spengen (o.a. Hoekstra en Van Schie, 2022). In Zuid- en Oost-Nederland wordt op zandgronden sub-irrigatie toegepast in regelbare drainagesystemen, door in de drainageputten de waterstand hoger op te zetten om zo een 'overdruk' te creëren (o.a. Van den Eertwegh et al., 2013). Ook zijn er regels bedacht en ontwikkeld om deze systemen automatisch te sturen (Bartholomeus et al., 2015; De Wit et al., 2021). Zie ook <https://www.programmalumbricus.nl/publicaties/> en www.klimap.nl. Ondertussen lopen andere projecten in de streek (o.a. Groene Cirkels Kaas, sinds 2019) en vinden in den lande ook experimenten plaats met zogenaamde moldrainage, zoals beschreven in Dekker (1999). Voorbeelden hiervan zijn te vinden in Van den Akker et al. (2010), op <https://wij.land/portfolio-items/sub-irrigatie-bodemdeling/> en te Oudewater (agrariërs Van Vliet en Graveland) en te Wilnis bij agrariër Samsom (Caverzam Barbosa, 2021).

De regelbare drainage in dit project kent drainbuizen die zijn aangesloten via een dichte verzamelleiding op een pompput, waar water kan worden aangevoerd en/of afgevoerd (afvoer niet bij Verhoef) met pompsystemen van en naar de sloot. Met dit systeem hebben percelen, zo verwachten we, in voor- en najaar een betere draagkracht en houden ze in de zomer meer vocht vast (metingen penetrometer; Van Houwelingen en Den Besten, 2022). Met dit systeem kan de boer de grondwaterstand in zijn percelen onafhankelijk van het slootwaterpeil actief sturen. Hogere grondwaterstanden in de zomer zorgen er naar verwachting voor dat minder veen (aeroob en/of anaeroob) oxideert, waardoor de bodemdaling wordt beperkt. Er zijn minder emissies naar de lucht van broeikasgassen (o.a. CO₂, CH₄, N₂O). Agrariërs hebben het voordeel dat indien er wateroverlast of droogteschade ontstaat, zij een middel/instrument hebben om het grondwaterniveau te kunnen sturen. Water vasthouden door drainage te beperken behoort ook tot de mogelijkheden, hetgeen leidt tot hogere grondwaterstanden.

In de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden is sinds eind 2020 een aantal agrariërs actief bezig met landbouw en waterbeheer. Ze hebben belangstelling voor het proefondervindelijk aanleggen en uittesten van AWIS, in nauwe samenhang met hoger sloot(peil)beheer. Drie locaties zijn gelegen in Nieuwland, Brandwijk en Molenaarsgraaf (2x biologische en 1x gangbare landbouw; Figuur 1). Er zijn drie stuks AWIS aangelegd door Barth Drainage BV. Bij Peter Heikoop/Jan den Besten (aangeduid met Heikoop) en Kees Baan zijn de regelpotten voorzien van pompen op zonne-energie voor aanvoer én afvoer van water, bij Mattias Verhoef alleen voor de wateraanvoer. Bij alle drie proefpercelen zijn de sloten aan weerszijden afgedamd en ondergronds via een leiding onderling verbonden. De waterpeilen rondom zijn daardoor identiek. Slootpeilen worden verhoogd ten opzichte van polderpeilen door pompen op zonne-energie, die de afgedamde kavelsloten van polderwater voorzien.

Met de veldproeven in de pilots willen we nut en werking aantonen van AWIS in grasland op veengrond met een kleidek. We richten ons daarbij samengevat op:

- Informatie en kennis genereren over de werking en effecten van AWIS in klei-op-veengrond op de hydrologie van de percelen;
- Idem op de bodembeweging klei-op-veenbodems;
- Meetreeksen vanaf eind 2023 een aantal jaren verlengen, i.c. tot en met september 2028.
- De opgedane kennis duiden;
- Begeleiding van de agrariërs en het projectteam op het vlak van operationele bediening en onderhoud van de gebruikte systemen;
- Participatieve monitoring bevorderen bij de agrariërs;
- Communiceren van resultaten project, advies op basis van projectresultaten mede richten op mogelijke opschaling.

Marc Trouwborst fungeert namens de Gemeente Molenlanden en de Gemeente Vijfheerenlanden met een bijdrage van provincies Zuid-Holland en Utrecht als opdrachtgever van het project. Stichting Blauwzaam levert de projectleider in de persoon van Rolia Wiggelinkhuijsen. KnowH₂O is in opdracht van de gemeente via de projectleider van Stichting Blauwzaam de projectpartner die de uitvoering doet op het vlak van hydrologie en bodembeweging (monitoring, dataverwerking, duiding). Deze rapportage is de tussenrapportage over de waarnemingen aan de hydrologie en bodembeweging tot en met september 2025 en de duiding ervan. Tezamen met de andere partners in het project vindt later in een overall-kader integratie plaats van bevindingen plaats.

2 Probleem- en doelstelling

De meeste bodems in de regio Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden kennen in meer of mindere mate bodemdaling (Fugro, in opdracht van WSRL, 2021; zie Waterschap Rivierenland, 2022), emissie van broeikasgassen naar de lucht en verliezen van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater. Het landschap en de verkaveling verdient aandacht via duurzaam gebruik en beheer voor en door landbouw, recreatie en natuur.



Figuur 1. Alblasserwaard (locatie Brandwijk en Molenaarsgraaf) en Vijfheerenlanden (locatie Nieuwland).

AWIS kan een onderdeel van de oplossing zijn voor bodem- en waterproblemen. We willen daarom met deze systemen ervaring in de praktijk opdoen in de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden. De bodemopbouw met het kleidek in de gebieden wijkt af van toepassingen elders van deze systemen tot nu toe. Dat maakt dit project en de pilots uniek, omdat we de werking en effecten hier gaan onderzoeken/meten/bepalen. We gaan door monitoring en onderzoek kennis opdoen, die gebruikt kan worden voor een toekomst-bestendig bodem-water-beheer. De uitgebreide projectmonitoring maakt het project ook uniek. Door in dit project de metingen van het voorgaande project door te zetten, genereren we langere tijdreeksen, om vervolgens conclusies te kunnen trekken op basis van meer waarnemingen.

We hebben in de vorige projectperiode, waarbij de aanleg van de systemen plaatsgevonden heeft eind 2020/begin 2021, drie volle groeiseizoenen na aanleg de werking van het systeem bepaald en het beheer ervan geoptimaliseerd (2021 t/m 2023). We hebben vastgesteld hoe de systemen werken onder de bodemcondities in de gebieden. Daarvoor is monitoring nodig, zowel vanaf de nul-situatie als ook op referentiepercelen direct in de buurt van de proefpercelen met dezelfde eigenaar/boer. We hebben daarmee ook de technische aspecten van het drainagesysteem bekeken en geanalyseerd, zoals de watervoorziening in de ruimte en de doorvertaling van de externe waterstand via de pompput binnen het systeem naar de uiteinden (NB lange kavels). De effecten van de inzet van de systemen hebben we zelf bemeten (o.a. hydrologie, temperatuur van bodem en water). We hebben geen metingen gedaan aan broeikasgas-emissies.

De actuele bodemhoogte en daarmee de bodembeweging hebben we continu gemeten met een nauwkeurige extensometer, de zogenaamde VSM-sensor (Vertical Soil Movement), die gefundeerd is in de stabiele zand-ondergrond. De sensor vindt zijn oorsprong in een eerdere samenwerking met Floris Heuff (thans werkzaam bij Movares) (<https://bodemdalingskaart.nl/onderzoek/>). We koppelen onze metingen en bevindingen actief aan onderzoek naar bodembeweging door Deltares te Zegveld (Sanneke van Asselen en Gilles Erkens; kader is NOBV), waarmee we een samenwerking aan zijn gegaan (Van Deijl et al., 2022). De metingen bij Baan lopen door sinds eind 2023. Bij Heikoop hebben we medio november 2025 twee nieuwe VSM-sensoren geplaatst in het kader van dit project.

Samengevat zijn onze doelen als volgt:

- *Wij passen AWIS en verhoogde slootpeilen toe bij klei-op-veengronden;*
- *We willen technisch-inhoudelijk grip op de werking van het systeem krijgen door drie veldproeven uit te voeren;*
- *We willen het beheer van het systeem stapsgewijs opbouwen en uiteindelijk sturen op: reductie van bodembeweging (op de middellange termijn bodemdaling), meer biodiversiteit, weidevogels en betere waterkwaliteit. We voeren veldproeven daarom uit in combinatie met hogere slootwaterpeilen, zodat er doelen te behalen in het watersysteem op het vlak van biodiversiteit, weidevogels en de KRW;*
- *We genereren langere tijdreeksen en daarmee meer informatie binnen dit project tot en met september 2028, dat voortbouwt op het drukdrainage-project (tot en met 2023);*
- *We leveren met of zonder succes van de veldproeven feitelijke informatie en kennis aan voor het al dan niet uitrollen van AWIS en hogere slootpeilen in de regio.*

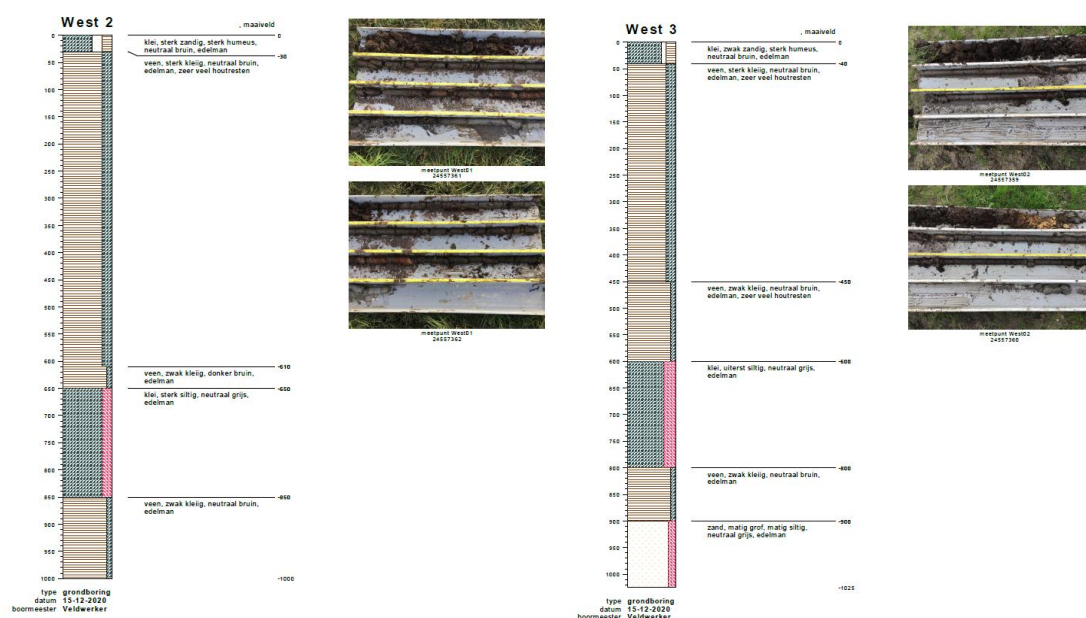
3 Uitvoering veldproeven

3.1 Agrariërs en locaties

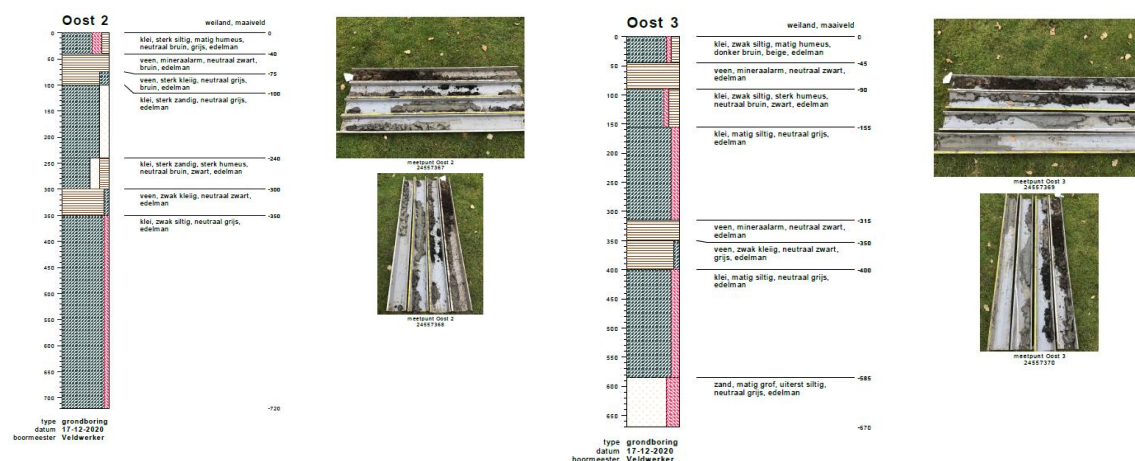
Mede dankzij hun eigen initiatieven heeft het projectteam in de Alblasserwaard-Vijfheerenlanden drie agrariërs kunnen organiseren die actief meedoen aan dit project:

- Kees Baan: gangbare melkveehouderij;
- Peter Heikoop en Jan den Besten: biologische melkveehouderij (aangeduid met 'Heikoop');
- Mattias Verhoef: biologische melkveehouderij.

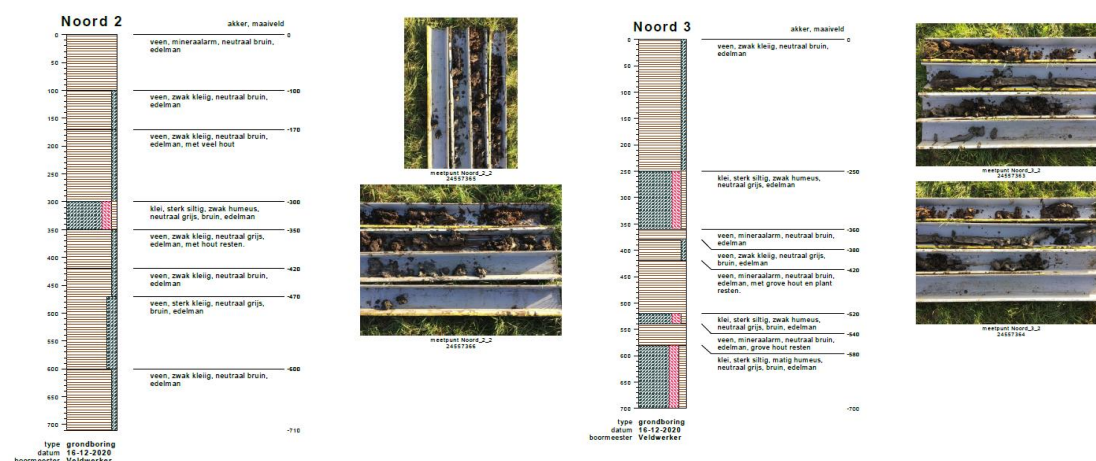
Het landgebruik betreft voor alle percelen permanent grasland. Bij Baan wordt dit alleen gemaaid, bij Verhoef en Heikoop ook beweid. De bodem (Figuur 2, 3 en 4) bestaat uit een teeltlaag, bij Kees Baan en Peter Heikoop gevolgd door een venige kleilaag op veengrond, met een wisselende dikte van de venige kleilaag (15 à 35 cm). Bij Mattias Verhoef heeft de teeltlaag en veenbodem geen kleidek.



Figuur 2. Bodemopbouw percelen Kees Baan. Links proefperceel, rechts referentieperceel. Boorbeschrijvingen december 2020, bron: Avallo Advies.



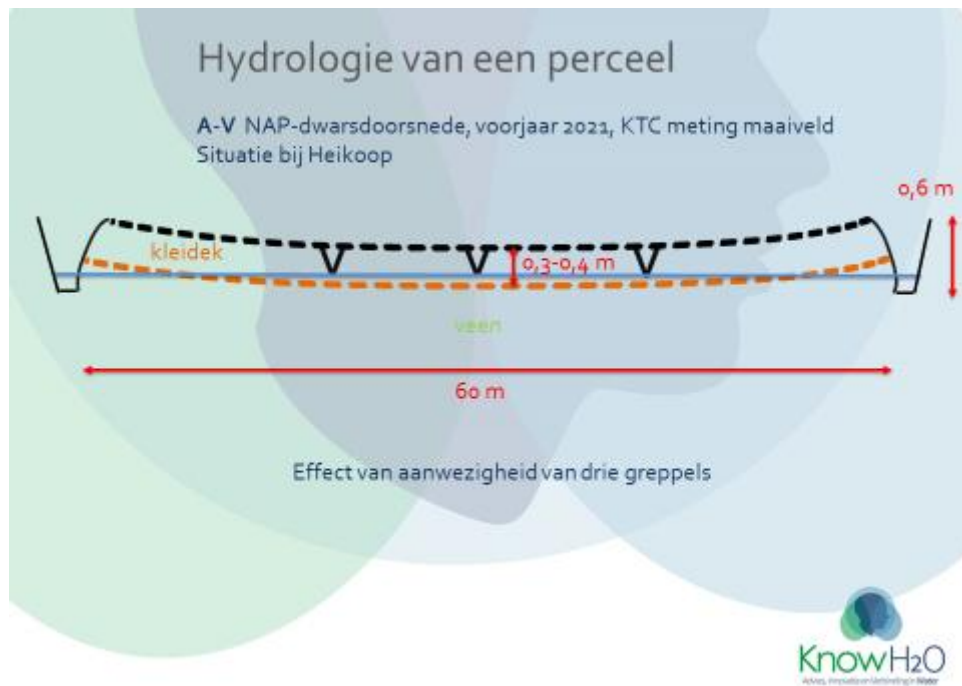
Figuur 3. Bodemopbouw percelen Peter Heikoop. Links proefperceel, rechts referentieperceel. Boorbeschrijvingen december 2020, bron: Avallo Advies.



Figuur 4. Bodemopbouw percelen Mattias Verhoef. Links proefperceel, rechts referentieperceel. Boorbeschrijvingen december 2020, bron: Avallo Advies.

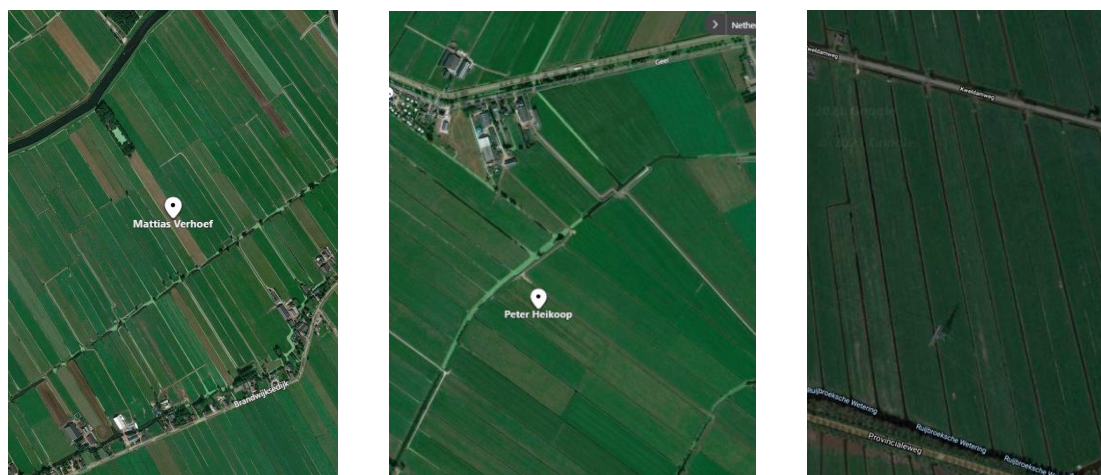
De percelen op de proeflocaties liggen hol en hebben één tot drie greppels (Van Houwelingen en Den Besten, 2021; Figuur 5). De vorm van het maaiveld (bol, vlak, hol) en de aanwezigheid van greppels (meestal bij holle percelen) is van belang voor het kunnen verhogen van de freatische grondwaterstand.

De rol en totstandkoming van greppels wordt o.a. beschreven door Van Slochteren (2021). Het betreft weliswaar een rapport over het noordelijk zeekleigebied, maar duidelijk is de hydrologische functie van greppels door de (maaiveld)afvoer van water vanuit en vanaf slecht-doorlatende bodems.



Figuur 5. Standaard-schematische situatie van dwarsdoorsnede veenweideperceel bij Heikoop van 60 m breed met drie greppels (zonder regelbare drainage). De blauwe lijn duidt het slootpeil aan bij winterpeil. De oranje lijn dient ter aanduiding van de onderkant van het kleidek.

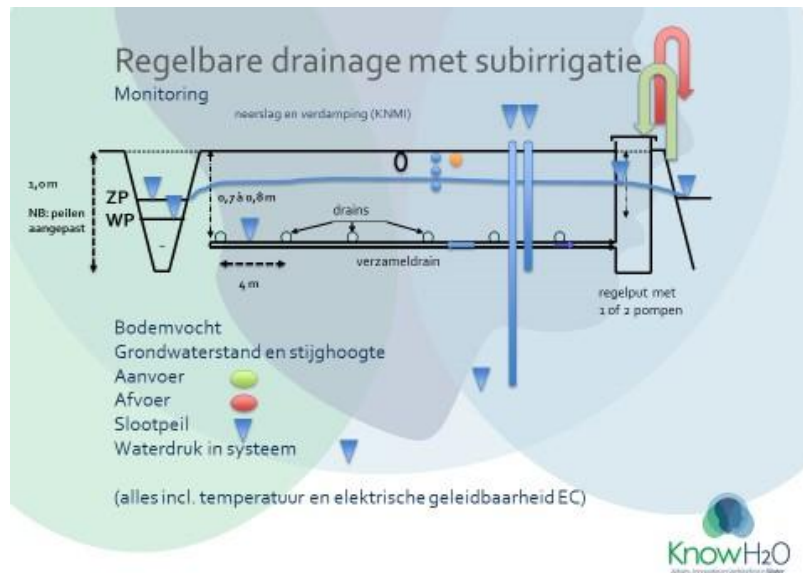
De drooglegging varieert bij winterpeil (WP) tussen ruim 50 à 60 cm –m.v. Er worden door WSRL in 2024 en 2025 zomerpeilen (ZP) gehanteerd die ongeveer 10 cm hoger zijn dan WP. Deze peilen gelden voor de referentiepercelen en worden gerealiseerd door WSRL in de bijbehorende peilvakken. De waterpeilen in kavelsloten rondom de proefpercelen regelen de boeren zelf via aan- en afslagpeilen door middel van een vlotter bij de waterpomp nabij de dammen.



Figuur 6. Drie proeflocaties: Verhoef-Brandwijk (links), Heikoop-Nieuwland (midden) en Baan-Molenaarsgraaf (rechts).

Bij elk van de drie proefpercelen (Figuur 6) is een nabijgelegen referentieperceel geselecteerd waarbij onder heersende praktijkcondities metingen worden gedaan zonder toepassing van systemen en bij heersende polderpeilen.

Bij Kees Baan zijn zowel het proefperceel als het referentieperceel voorzien van onze Vertical Soil Movement (VSM)-sensor (van Deijl et al., 2022). Deze sensor is voorzien van een datalogger op telemetrie en gefundeerd in de zandondergrond. Hiermee meten we elk kwartier de verticale ligging/hoogte van het maaiveld, teneinde de verticale bodembeweging te kunnen bepalen. Deze twee sensoren zijn actief sinds februari 2021. Sinds 13 november 2025 zijn aanvullend twee identieke VSM-sensoren actief bij Heikoop op zowel het proefperceel als het referentieperceel.



Figuur 7. AWIS – schematische weergave systeem en monitoring proefperceel.

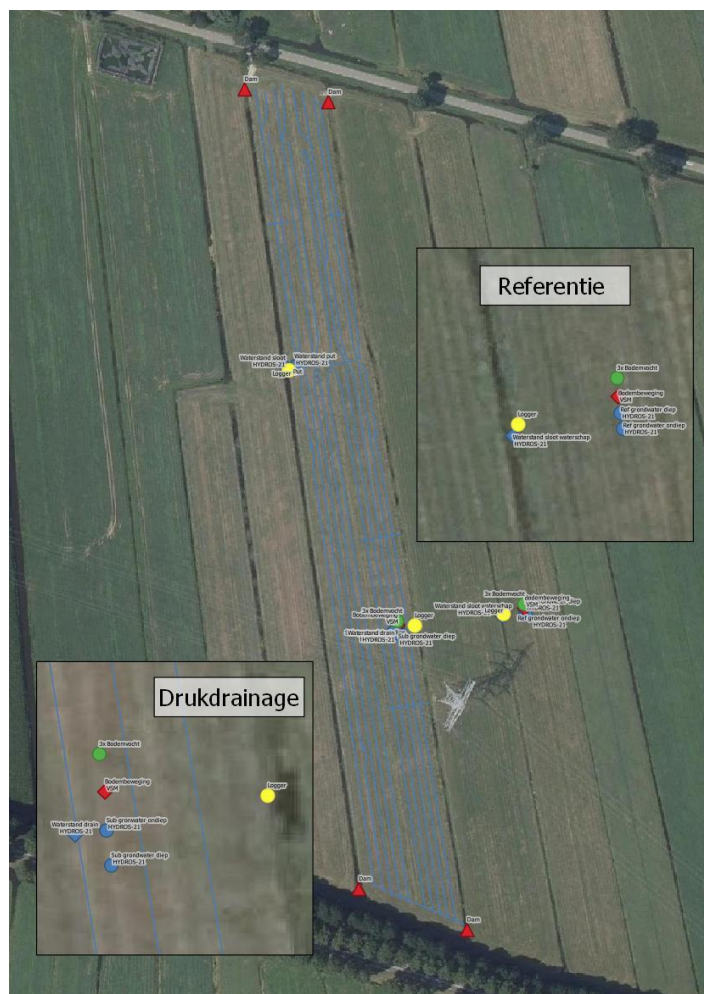
3.2 Monitoring

3.2.1 Vanaf start project

De volgende variabelen zijn onderdeel van de voortgezette monitoring (zie Figuur 7 en Bijlage):

- Slooppeilen en elektrische geleidbaarheid (EC) en temperatuur van sloopwater; NAP-peilschalen via WSRL;
- Freatische grondwaterstanden en stijghoogte in veen-zandpakket in/nabij zand-ondergrond met EC en temperatuur;
- Bodemvochtgehalten, EC en temperatuur op 20-40-60 cm-m.v.; NB niet gekalibreerd voor organische bodems;
- Waterstand, EC en temperatuur in een drainbuis midden op het perceel;
- Waterstand, EC en temperatuur in de pompput;
- Debieten IN en UIT regelbaar drainagesysteem en debiet IN kavelsloot (proefpercelen);
- Verticale beweging van het maaiveld met VSM-sensor (Vertical Soil Movement) bij Baan en Heikoop, bij beiden op proef- en referentieperceel.

We verrichtten samen met de agrariërs handmatig metingen van waterstanden in peilbuizen. We hebben niet alle variabelen in dit rapport behandeld en verwerkt.



Figuur 8. Monitoring – weergave van meetlocaties op proefperceel en referentieperceel Kees Baan.

We hebben intensief ingezet op meten en op continuumetingen via sensoren en telemetrische dataloggers, zodat deelnemers en onderzoekers de toestand buiten steeds goed kunnen volgen. Meetdata zijn in een online portaal beschikbaar gemaakt. De metingen voeren we wederom uit op de proefpercelen (3x) en referentiepercelen (3x).

Neerslag (NB dubbel-gevalideerde radardata) en Makkink referentiegewas-verdamping (ETref MAK) betrekken we beide van het KNMI (o.a. De Bruin, 1987). Een lokale regenmeter hebben we niet geïnstalleerd, vanwege de behoefte aan zeer frequent beheer en onderhoud van zo'n regenmeter. Bodemvocht en bodemtemperatuur, grondwaterstanden, aanvoer, afvoer, wegzijging/kwel (NB meting van verticale verschillen in stijghoogte freatisch grondwater en grondwater in onderliggend watervoerend pakket) alsmede slootpeilen meten we ter plekke met sensoren (incl. elektrische geleidbaarheid) en debietmeters (Figuur 8).

Online EC- en temperatuursensoren voor de waterkwaliteit zetten we in om continu informatie te hebben over de actuele situatie, dag en nacht, in de veenweidesloot (waterpeil, temperatuur, EC). Aangezien niet elke meetlocatie in de praktijk rondom de sensor goed doorstroomd en met vers water voorzien werd, zijn deze metingen en dan met name de EC-metingen minder goed bruikbaar gebleken dan van tevoren gedacht (bevinding uit vorige project).

De actuele ligging van het maaiveld en de bodemhoogte bepalen we via AHN-4 (Actueel Hoogtebestand Nederland; <https://www.ahn.nl/>) en lokale controlemetingen (waterpassing; RTK GPS). We verwachten dat we binnen de komende jaren een meer volledig kwantitatieve analyse kunnen doen van het effect van de proeven op de bodembeweging. Daarom hebben we sinds 2020 de samenwerking gezocht en gevonden met Deltares (Gilles Erkens en Sanneke van Asselen; Van Deijl et al., 2022). We analyseren periodiek en gezamenlijk metingen van de bodembeweging te Zegveld met hun extensometer en onze VSM-sensor die aldaar opgesteld staan (terrein en percelen van het VIC).

3.2.2 Aanpassingen en waarnemingen in 2024-2025

We hebben tijdens de overbruggingsperiode 2024 (met dank aan Gemeente Molenlanden en Gemeente Vijfheerenlanden) en tot en met 2025 een aantal sensoren, met name druksensoren voor grondwaterstanden, en dataloggers vervangen wegens defecten. Er zijn daardoor een aantal korte perioden ontstaan zonder gegevens van de betreffende sensor of datalogger. De analyse van de gegevens tot en met september 2025 laat zien (H4) dat dat geen noemenswaardige problemen oplevert voor de informatievoorziening binnen dit project.

3.3 Analyse van gegevens t/m september 2025

Gegevens van vanaf januari 2021 tot en met eind 2023 zijn verwerkt en geanalyseerd in de eindrapportage van het vorige project (Van den Eertwegh en van Deijl, 2024). We hebben voor de voortgangsrapportage van het nieuwe project de data verwerkt tot en met september 2025. Daarnaast hebben we twee nieuwe VSM-sensoren geplaatst bij Peter Heikoop/Jan den Besten. Data worden ingewonnen sinds 13 november 2025. Voor de eerste impressie van deze metingen nemen we recente metingen voor alle VSM-sensoren mee tot en met 27 januari 2026.

We hebben de verzamelde informatie en gegevens qua verwerking als volgt gestructureerd:

- Werken de systemen naar behoren?
- Wat is het effect op gerealiseerde slootpeilen naast proefpercelen?
- Idem op hydrologie proefpercelen? Verschil met referentiepercelen?
- Hoeveel water was er nodig voor de proeven?
- Hoe reageerde de verticale positie van het maaiveld?
- Hoe ging het met de sturing van de systemen en beoogde doelen?
- Wat zijn de bevindingen in de jaren 2024 en 2025?

4 Resultaten

In deze sectie van resultaten worden na de meteorologie de volgende elementen behandeld:

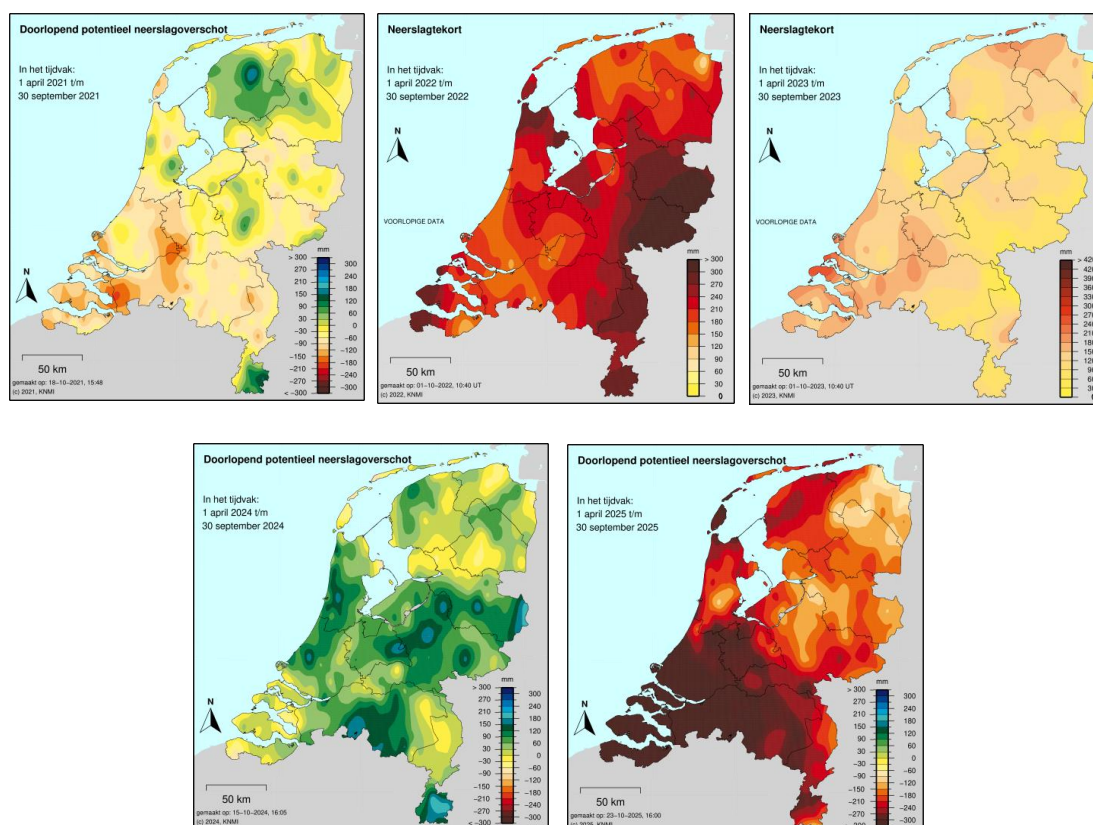
1. Polderwatergang waterschap - waterpeilen
2. Hoogwatersloten rondom proefpercelen - idem
3. AWIS - functioneren
4. Bodemvochtgehalten
5. Grondwaterstanden
6. Verticale bodembeweging aan maaiveld gemeten

4.1 Neerslag en Makkink referentiegewas-verdamping KNMI

Voor de neerslag en verdamping (referentiegewas-verdamping volgens Makkink; ETref MAK) vallen we terug op metingen van en door het KNMI. Voor de neerslagmetingen hebben we gebruik gemaakt van dubbel-gevalideerde radargegevens (vlakken van 1x1 km²), specifiek voor de percelen in de regio. Voor de genoemde verdamping nemen we de gegevens over van KNMI-station Herwijnen.

We presenteren en gebruiken de KNMI-cijfers, zonder rekening te houden met reductie van de gewasverdamping door droogte en/of hitte. In Figuur 10 is het zogenaamde potentieel neerslagtekort als som (cumulatief, doorlopend) te zien voor Nederland in de periode 1 april t/m 30 september van de jaren 2021 t/m 2025. Hierbij wordt de cumulatieve neerslag verminderd met de cumulatieve referentiegewas-verdamping volgens Makkink van het KNMI. Deze ETref MAK kan omgerekend worden naar verdamping van gewassen, zoals gras.

De werkelijke verdamping van gewassen hangt o.a. af van de vochttoestand in de bodem en van de luchttemperatuur en globale (zonne-)straling. Als het potentieel neerslagtekort groter wordt, dan is de kans groter dat de werkelijke verdamping van gewassen lager is: er treedt verdampingsreductie op, met als gevolg een lagere droge-stof productie. Dit laatste zou soms wel het geval kunnen zijn in de praktijk, met name in 2022. Uit de seizoensom voor 2022 (april t/m september) blijkt dat in de projectregio het potentieel neerslagtekort varieerde van 120-180 mm (Figuur 9). Het zomerhalfjaar van 2024 was aan de natte kant, met een potentieel neerslagoverschot in de streek. Dan verwacht je een geringe reductie van de verdamping van bijvoorbeeld grasland. Het zomerhalfjaar van 2025 was erg droog, het potentieel neerslagtekort in de streek was >250 mm. Verdampingsreductie door te weinig bodemvocht is dan zeer waarschijnlijk. Wellicht is de gewas-stress nog vergroot door hitte-stress, als de luchttemperatuur en zonnestraling hoog waren. Van de stress hebben we echter geen metingen.



Figuur 9. Potentieel neerslagtekort in periode 1 april t/m 30 september voor de jaren 2021 t/m 2023 (boven) en 2024 en 2025 (beneden). Data en kaarten: KNMI.

We hebben de KNMI-cijfers van neerslag en verdamping toegepast in de berekening van de waterbalans(en) (zie verderop in dit hoofdstuk). In Tabel 1 is te zien dat de ETref MAK gegevens weinig verschillen tussen de drie locaties. Deze verdamping varieert op grotere ruimtelijke schaal binnen Nederland. De neerslag kan wel verschillen te zien geven, wegens lokale buien die al dan niet de afzonderlijke locaties treffen.

Tabel 1. Maandsommen neerslag (P) en referentiegewas-verdamping [mm] volgens Makkink (ETref MAK) en neerslagoverschot-tekort (P-ETref) voor de drie proeflocaties. Periode januari 2021 t/m september 2025. Brongegevens van KNMI (dagsommen; gevalideerde regenradar en ETref MAK-kaarten; ruimtelijke resolutie 1x1 km²).

	Verhoef				Heijkoop				Baan		
maand	P	ET ref	P-ET ref		P	ET ref	P-ET ref		P	ET ref	P-ET ref
1	98	-9	89		98	-9	88		105	-9	96
2	45	-22	24		48	-22	26		45	-22	23
3	34	-40	-6		39	-40	-1		31	-41	-10
4	46	-63	-17		39	-62	-24		43	-63	-20
5	97	-80	17		106	-79	27		102	-80	22
6	70	-110	-40		66	-110	-45		74	-109	-36
7	71	-91	-20		85	-91	-7		86	-91	-5
8	57	-78	-21		82	-78	4		61	-78	-17
9	25	-62	-38		25	-62	-37		31	-63	-32
10	145	-29	116		131	-29	102		139	-29	110
11	80	-12	68		73	-12	61		80	-12	68
12	53	-7	46		52	-7	45		54	-7	47
1	50	-8	42		56	-8	48		52	-9	44
2	136	-20	116		140	-19	121		142	-20	123
3	7	-55	-48		8	-55	-47		5	-55	-50
4	26	-70	-44		28	-69	-41		25	-70	-45
5	75	-101	-27		75	-101	-25		74	-102	-27
6	128	-114	14		129	-114	14		127	-114	13
7	4	-118	-114		3	-118	-115		3	-118	-115
8	16	-107	-91		12	-107	-95		26	-107	-81
9	160	-60	99		131	-60	71		165	-60	105
10	36	-35	1		34	-35	-1		32	-35	-3
11	86	-16	70		86	-16	70		88	-16	72
12	97	-7	90		96	-7	89		102	-7	95
1	138	-10	128		137	-10	128		150	-10	141
2	11	-18	-7		23	-18	5		11	-18	-7
3	117	-35	83		113	-35	78		115	-35	80
4	63	-61	2		63	-61	2		60	-61	-1
5	46	-100	-54		38	-100	-62		44	-100	-56
6	25	-133	-108		22	-133	-111		27	-133	-106
7	103	-100	2		112	-99	13		107	-101	7
8	89	-86	3		102	-85	17		92	-86	6
9	49	-67	-18		45	-67	-22		52	-67	-15
10	208	-30	178		203	-30	173		196	-31	166
11	151	-12	138		154	-12	142		146	-12	134
12	126	-7	119		127	-7	120		131	-7	124
1	71	-11	60		73	-11	62		66	-11	55
2	117	-15	102		114	-14	100		121	-15	106
3	40	-39	1		50	-40	10		43	-39	4
4	92	-62	30		91	-61	30		92	-62	30
5	155	-86	69		165	-86	79		167	-86	81
6	45	-100	-55		45	-99	-54		45	-100	-55
7	88	-102	-14		85	-102	-17		85	-102	-17
8	38	-97	-60		36	-97	-61		39	-97	-58
9	109	-58	51		95	-59	36		107	-58	49
10	38	-31	8		43	-31	13		40	-31	9
11	87	-12	75		81	-12	69		87	-12	76
12	96	-5	90		96	-5	91		93	-5	87
1	88	-9	79		96	-9	87		97	-9	89
2	32	-19	13		43	-19	25		30	-19	11
3	6	-54	-47		2	-53	-52		3	-54	-51
4	37	-83	-46		39	-83	-44		41	-83	-42
5	31	-107	-77		31	-107	-76		30	-107	-78
6	34	-117	-83		43	-116	-73		32	-118	-85
7	109	-109	0		63	-107	-44		95	-109	-14
8	33	-96	-63		27	-96	-69		28	-96	-68
9	52	-59	-7		77	-59	18		54	-59	-5

Gewassen en ook gras kan minder water gaan verdampen dan optimaal of maximaal als het gras last heeft van stress. Deze stress kan o.a. veroorzaakt worden door:

- Te hoge luchttemperatuur (te heet, hitte-stress);
- Te weinig vocht in de wortelzone (te droge bodem, droogte-stress);
- Teveel vocht in de wortelzone (te natte bodem; zuurstof-stress).

We gaan er hier van uit dat er voor het gras geen gebrek is aan nutriënten.

In de periode maart t/m september is de ETref MAK veelal aan de hogere kant dan in andere maanden. De eerstgenoemde maanden bepalen grofweg het groeiseizoen van het gras (soms t/m oktober). In Tabel 2 zijn de periodesommen van deze verdamping, die ongeveer gelijk is aan de verdamping van gras zonder stressfactoren (zoals te weinig vocht, te weinig zuurstof, teveel hitte), en het neerslagtekort te zien. De verdampingsom en som van het neerslagtekort zijn samen maten voor de werkelijke verdamping van het grasland, en daarmee voor de droge-stof productie (zie ook Paragraaf 4.8; data KTC Zegveld 2021, 2022, 2023). In de tabel is goed te zien dat op seizoenbasis het neerslagtekort in 2022, 2023 en in 2025 duidelijk hoger was dan in 2021 en 2024. In 2024 was er sprake van een neerslagoverschot. Het seizoen van 2025 was extreem droog door én een lage neerslagsom én een hoge som van ETref MAK.

Tabel 2. Sommen per jaar en voor de maanden maart tot en met september van neerslag (P) en referentiegewas-verdamping [mm] volgens Makkink (ETref) en neerslagtekort (P-ETref) voor de drie proeflocaties. Brongegevens van KNMI (dagsommen; gevalideerde regenradar en ETref MAK-kaarten; ruimtelijke resolutie 1x1 km²).

	Verhoef				Heijkoop				Baan		
jaar											
2021	823	-604	219		842	-601	241		851	-605	246
2022	821	-712	109		799	-709	90		842	-713	130
2023	1125	-659	466		1138	-656	482		1130	-660	470
2024	976	-618	358		974	-617	357		986	-618	368
2025	422	-652	-231		420	-648	-228		410	-653	-243
zomerhalfjaar											
2021	367	-485	-118		402	-482	-81		397	-485	-88
2022	409	-571	-162		379	-568	-190		422	-572	-150
2023	374	-547	-173		381	-545	-164		381	-548	-167
2024	527	-505	21		517	-504	13		536	-505	31
2025	296	-571	-276		279	-567	-288		280	-572	-291

Een neerslagtekort in de genoemde periode kan opgevangen worden door de nalevering van bodemvocht en capillaire opstijging uit de (klei-op) veenbodem. Dan gaat de grondwaterstand op de percelen zakken en/of de werkelijke verdamping gaat dalen ten opzichte van ETref MAK (reductie van verdamping). De wateraanvoer via de AWIS kan de daling van de grondwaterstand en daarmee de reductie van de ETref MAK verdamping beperken.

4.2 Werking van systemen

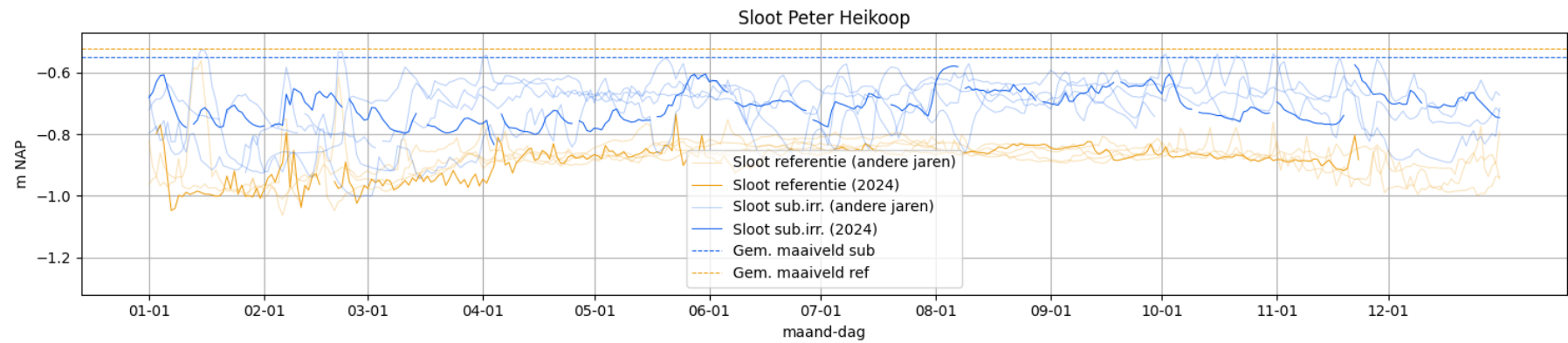
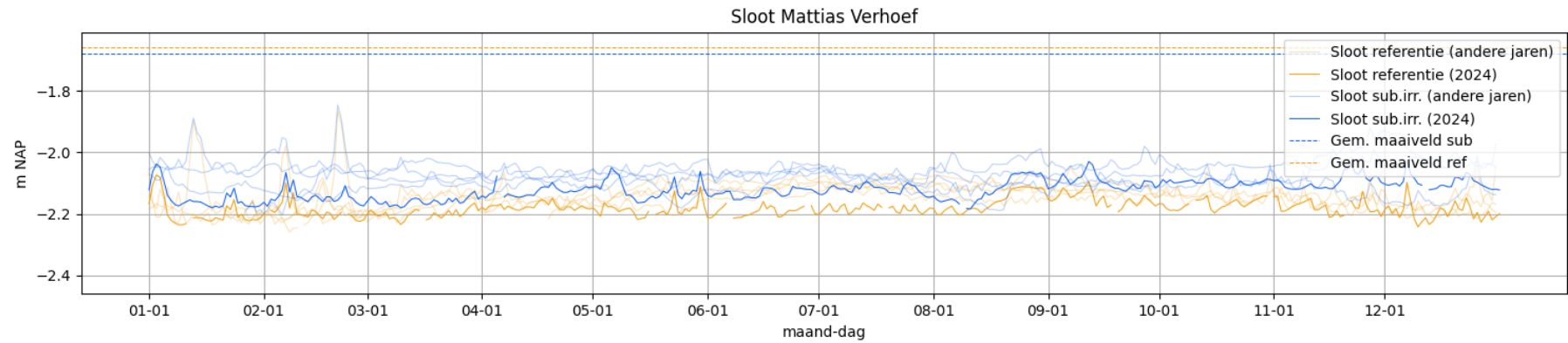
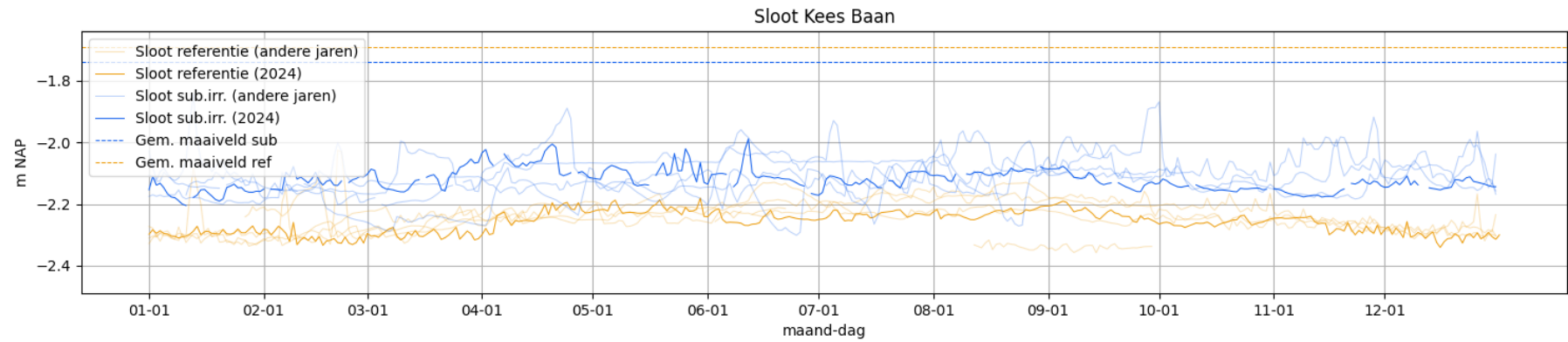
In de aangelegde systemen wordt water vanuit de afgedamde waterschaps-waterlopen in de hoogwatersloten gepompt bij Heijkoop en Baan. Bij Verhoef vindt dit plaats onder vrij verval vanuit de noordelijk gelegen eendenkooi. Vervolgens wordt water vanuit de hoogwatersloten in de sub-irrigatiesystemen gepompt, als de vlottersystemen dit aangeven (aanslagpeil). We streven op de

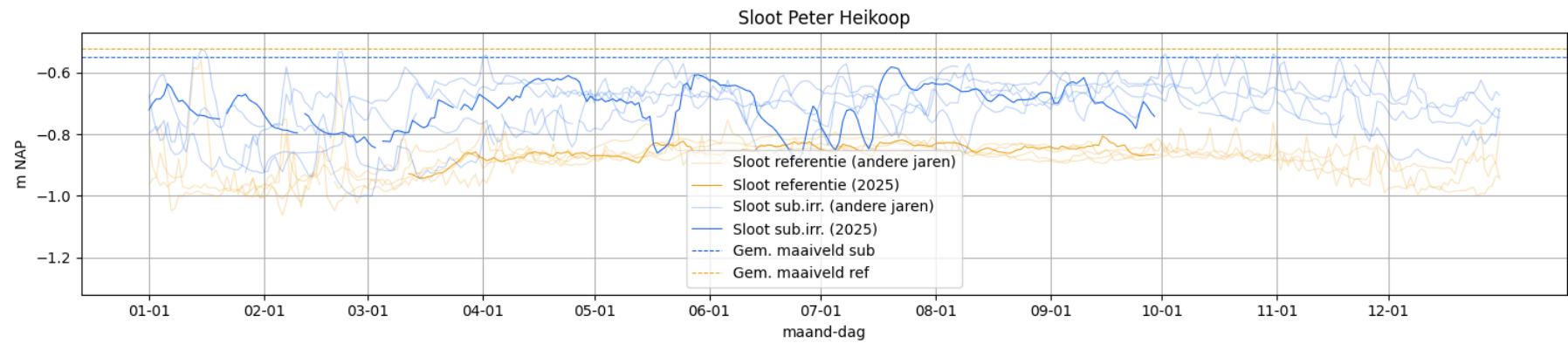
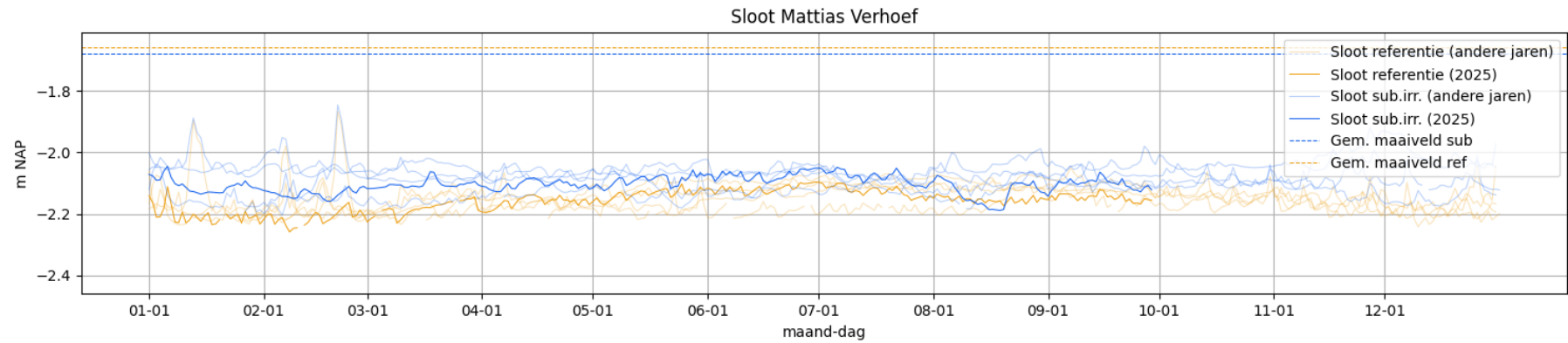
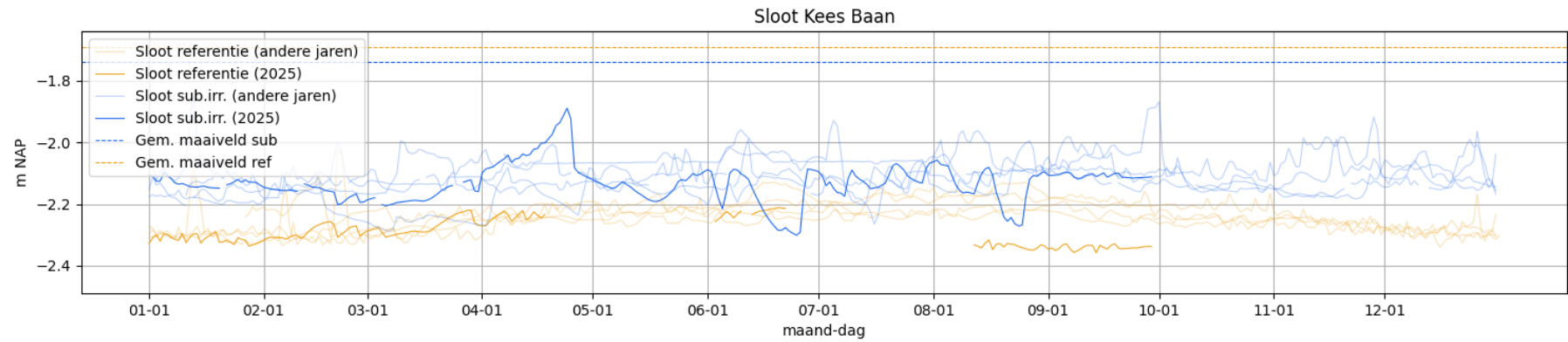
proefpercelen een grondwaterstand na van net onder het kleidek, dan wel van 20 cm-m.v. à la de Hoogwaterboerderij te Zegveld (<https://www.ktczegveld.nl/hoogwaterboerderij/>). In de loop van het project is na afstemming veelal erop gestuurd dat de grondwaterstand tot net bij de onderkant van aanwezige greppel(s) reikte; iets lager dus dan aanvankelijk het streven was.

4.2.1 Hoogwatersloten

In het voorjaar van 2022 zijn er nieuwe vlotters geplaatst om de slootpeilen beter (i.c. strakker) te kunnen sturen. De nieuwe vlotters zorgden bij Baan en Verhoef voor een strakker slootpeil met een schommeling van minder dan 1 cm. Korte pieken in de hoogwatersloot worden veroorzaakt door intensieve neerslag/regenbuien. Het slootpeil is gemiddeld ongeveer 20 cm hoger dan het polderpeil t.o.v. gemiddeld maaiveld. Bij Heikoop bleken de schommelingen met de nieuwe vlotter iets groter dan bij Baan en Verhoef, maar kleiner dan met de oude vlotter. Wellicht is het tijdelais (pomp aan, pomp uit) hiervan de oorzaak.

In Figuur 10 zijn de waterpeilen van de kavelsloten te zien voor 2024 en 2025 en vergeleken met de waterpeilen in de polderwatergangen ter plaatse (oranje lijnen voor referentieperceel, blauw voor proefperceel 'sub irr'). WSRL hanteert hogere slootpeilen in de zomer (maximaal +10 cm) dan in de winter, maar neigt steeds meer naar gelijke, jaarrond identieke slootpeilen ('streefpeilen'). De eerdere jaren 2021 tot en met 2023 zijn in de tijdlijnen met de lichtere kleuren te zien.





Figuur 10. Waterpeilen [m t.o.v. NAP] sloot proefpercelen (sloot sub.irr. AWIS; in blauw) en sloot referentieperceel (in oranje) in 2024 en 2025 (eerdere jaren in lichtere kleuren) bij Baan, Verhoef en Heikoop. Op de X-as staan de maanden-dagen van het jaar (03-15 staat voor 15 maart). Gemiddelde maaiveldhoogte staat bovenin de drie grafieken als doorgetrokken lijn (sub=proefperceel).

De waterpeilen bij Baan laten in 2024 een duidelijk hoger slootpeil zien dan in de poldersloot (+10 à +20 cm) nabij de Ruijbroeksche Wetering. In de zomer is het +10 cm hoger. In 2025 is te zien dat tot en met mei hogere slootpeilen zijn gerealiseerd. Daarna is dat een tijdlang niet gelukt in juni en augustus 2025. De meting van het polderpeil is vanaf medio juni 2025 uitgevallen door een defecte datalogger (vervangen) en daarna op een iets lager niveau uitgekomen door de droge zomermaanden.

De slootpeilen bij Verhoef zijn minder hoger dan het polderpeil, variërend tussen +5 en +10 cm hoger in 2024. De waterpeilen zijn wel altijd en constant hoger. In 2025 is dat ook te zien, behalve in augustus 2025. Dan is het slootpeil zelfs kort lager dan het polderpeil. Het kan zijn dat er in die tijd minder wateraanvoer vanuit de eendenkooi beschikbaar was om de kavelsloot aan te vullen en hogere slootpeilen te realiseren. Een andere optie is dat de stuw die voor de hogere slootpeilen moet zorgen onvoldoende hoog stond. Beide zaken zijn aandachtspunten voor seizoen 2026.

De slootpeilen bij Heikoop rondom het proefperceel zijn in 2024 veelal >+10 cm tot +20 cm hoger dan het polderpeil bij het referentieperceel. Waarnemingen van het slootpeil bij het referentieperceel in de winter van 2024/2025 zijn deels uitgevallen door een defecte sensor. Gegeven de waarnemingen van de polderpeilen bij Baan en Verhoef wordt aangenomen dat de polderpeilen van en door WSRL gehandhaafd zijn bij Heikoop. In 2025 zakten de waterpeilen in de sloot van het proefperceel in mei-juni-juli 2025 een aantal malen tot beneden het polderpeil. In deze periode heeft de pomp die de kavelsloot had moeten vullen tijdelijk minder gewerkt door vervuiling/verstopping. De slootpeilverhoging is daarna weer gerealiseerd.

In 2024 lukte het prima bij Baan en Heikoop om de hoogwater-sloot op een hoger peil te houden. Het verschil met de sloot op polderpeil was veelal 15 à 20 cm. Bij Verhoef was het peil ook hoger, maar het verschil iets kleiner, veelal 10 cm. Vanwege de natte zomer is het waarschijnlijk gemakkelijker geweest om de hogere slootpeilen te realiseren.

In 2025 was de situatie bij Baan en Heikoop anders, bij Verhoef vergelijkbaar met 2024. Bij Baan en Heikoop is in juni en juli 2025 het hogere peil niet altijd gehaald en waren de verschillen met polderpeilen gering. Daarna was er weer meer verschil zijn hogere peilen gemeten. Misschien zijn er problemen met het pompen geweest. Van Heikoop is bekend dat de leiding bij de pomp herhaaldelijk verstopt raakte door algen. Daar zoeken we een oplossing voor. Nu we de data van 2024 en 2025 op een rij hebben gaan we in winter van 2025/2026 met de agrariërs samen nog eens na hoe de situatie in 2025 was.

Het is zaak voor het project en de proeven om slootpeilen rondom de proefpercelen +10 tot +20 cm hoger te houden dan de polderpeilen. De wateraanvoer naar de afgedamde kavelsloten zorgde binnen de groeiseizoenen voor hogere slootpeilen bij alle agrariërs; uitzonderingen daargelaten, verstoppingen van pompen zijn nogal eens de oorzaak. De wateraanvoer vanuit de eendenkooi bij Verhoef liet in de droge maanden van 2025 te wensen over: voldoende waterbeschikbaarheid van de polder naar de proefpercelen en systemen is van groot belang; de hoogte van de stuw moet nagekeken worden. Slootpeilen in de polder pieken bij veel neerslag/zware buien, daardoor pieken ook de slootpeilen rondom de proefsloten, omdat deze dan niet kunnen afwateren. Vlotters, pompen en de meetapparatuur worden steeds gecontroleerd en zijn vervangen bij eventuele defecten.

4.2.2 Drainage en wateraanvoer

De werking van het drainagesysteem kan worden gecontroleerd door het waterpeil in de pompput te vergelijken met de waterstand (waterdruk) in een ondergrondse drainagebuis verderop in het veld. Als de waterstand in de drain nagenoeg gelijk is aan die van de pompput, dan correspondeert de waterstand in pompput (in voldoende mate) met die in de drainagebuis. Dit is dan een teken dat de opgelegde en gewenste waterstand in het ondergrondse buizensysteem correct is.

Bij waterafvoer van het systeem (drainage-situatie) zal de grondwaterstand hoger zijn dan de waterstand in de put. Verhoef heeft geen pomp UIT en zal kunnen draineren via de bocht die aangesloten is op de put. Afvoer kan dan plaatsvinden als het slootpeil lager is dan de grondwaterstand op het perceel en daarmee de waterstand in de put hoger is dan het slootpeil.

Vanuit de hoogwatersloot van de proefpercelen kan via een pomp op zonne-energie water in de pompput worden gepompt (wateraanvoer-situatie). De instelling van de vlotter bepaalt dit welke waterstand in de put dit leidt. Vervolgens kan het water via het drainagesysteem in de (klei-op) veenbodems infiltreren.

Op alle locaties laten sensoren in de pompput en in de drain hetzelfde tijdverloop zien van de waterstand, met veelal een constante afwijking van een paar cm tot maximaal 10 cm. Hogere waterstanden in de drain betekent dat er drainage zou kunnen optreden, omdat de grondwaterstand dan hoger is dan de put-waterstand. In perioden van wateraanvoer zijn de verschillen in de waterstanden tussen put en drain gering. Dit betekent dat de drain in goede verbinding staat met de put. Bij Baan en Verhoef zit er maximaal enkele centimeters verschil in de gemeten waterstanden in de pompput en de drain. De systemen werken dus naar behoren en de waterstand in de pompputten is een goede maat voor de waterstand in de drainagesystemen.

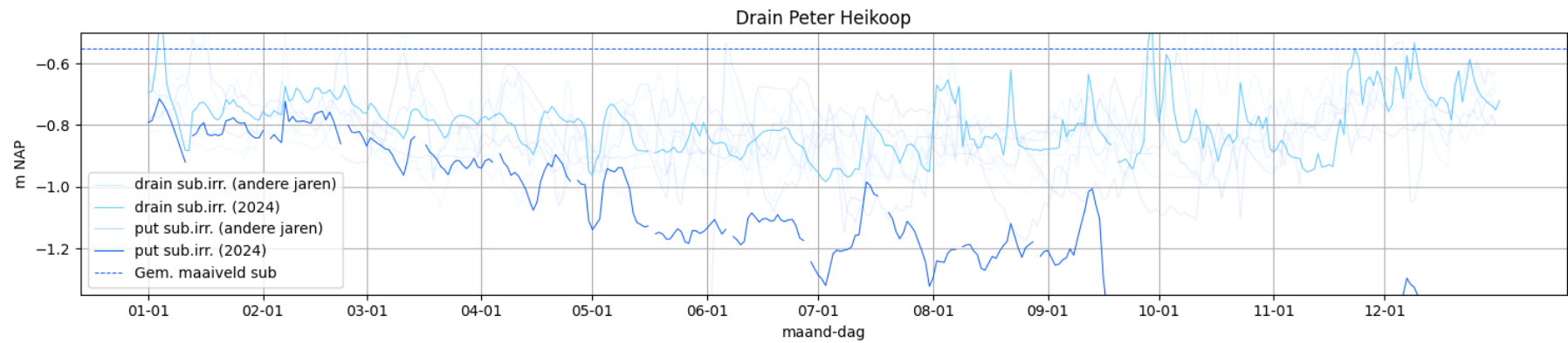
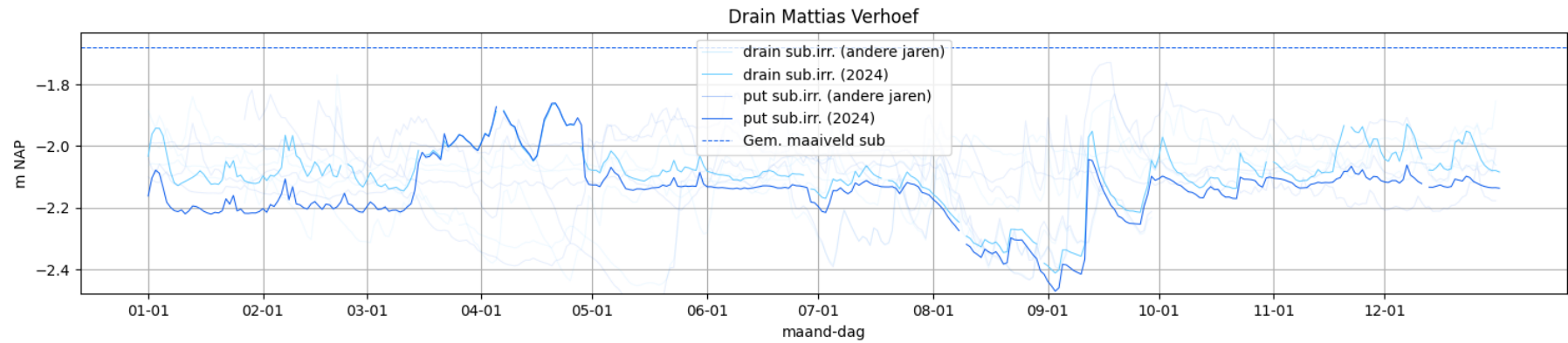
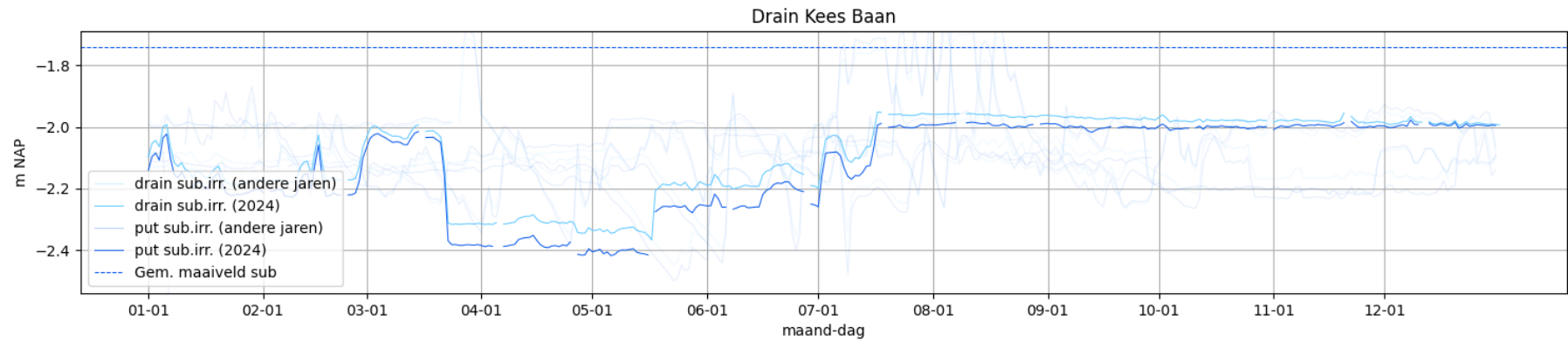
Bij Heikoop is de sensor in de put langzaam defect geraakt in de loop van voorjaar 2024, gestopt met meten in september 2024 en vervangen in 2025. Bij Verhoef is de data in maart en april 2024 niet compleet (sensor vervangen). Daarvoor en daarna is deze data wel compleet.

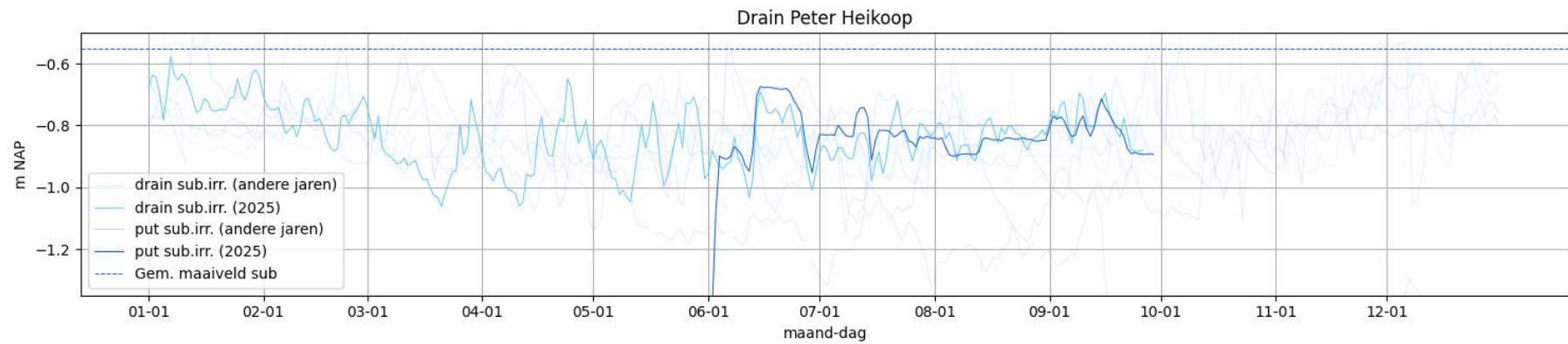
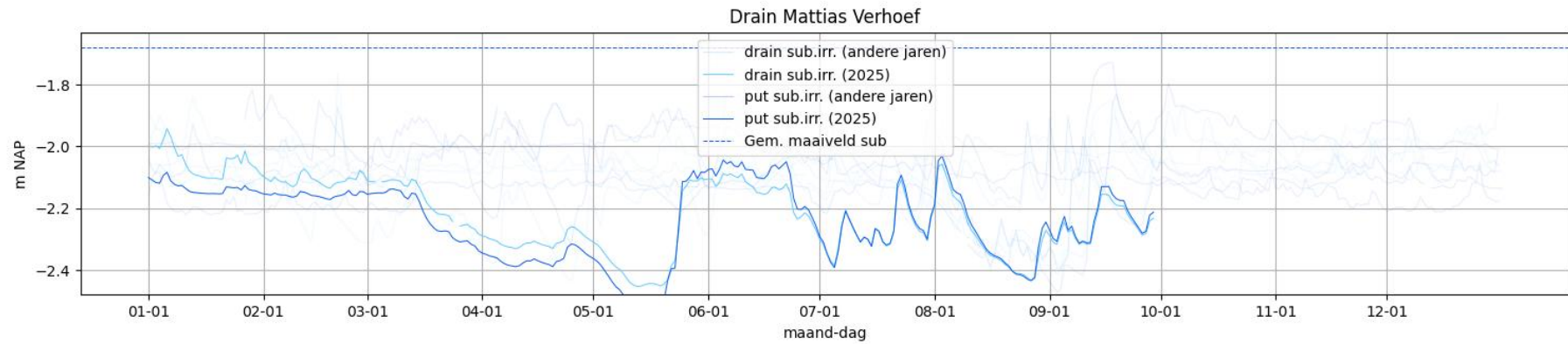
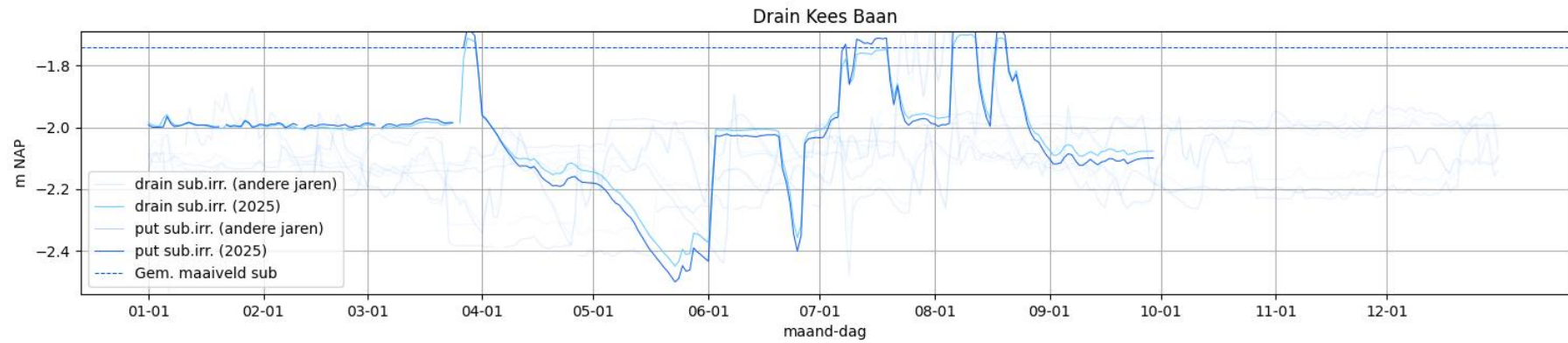
Februari 2024 kende veel neerslag, maart was duidelijk droger. April was iets natter dan normaal. Bij Baan is te zien dat in het voorjaar van 2024 vanaf de derde week in maart de waterstanden verlaagd zijn, ongeveer 40 cm. Deze situatie duurde tot en met half mei 2024. Daarna is in de periode half mei tot en met half juli 2024 de waterstand stapsgewijs verhoogd en stabiel gebleven tot na medio maart 2025. Na een piek eind maart 2025 is de waterstand verlaagd terwijl het in april en mei 2025 duidelijk minder regende dan normaal. De waterstand is verhoogd in juni, tijdelijk verlaagd eind juni en daarna wisselend hoger ingesteld.

De gegevens bij Verhoef laten zien dat in de periode maart- april 2024 de put-waterstanden 20 tot 30 cm hoger waren dan vóór half maart 2024. Daarna zijn de waterstanden verlaagd en stabiel gebleven. Vanaf augustus tot en met begin september 2024 zijn de waterstanden verlaagd. Daarna verhoogd tot en met februari 2025. Een daling zette zich toen in, die in de tweede helft van mei is omgezet in een verhoging tot 'normale' waterstanden. Later in de zomer vonden er dalingen plaats met af en toe een stijging, maar overall lagere waterstanden dan normaal.

Bij Heikoop hebben we door de defecte sensor in de put een deel van de data niet ingewonnen. De perioden dat we zowel de waterstanden in de put als in de drain hebben gemeten laten zien dat de waterstanden onderling goed communiceren en overeenkomen qua tijdlijn. De waterstand in de drain is ruim 15 cm gedaald van maart tot en met juli 2024 onder natte weercondities tot en met juli 2024. Vanaf augustus 2024 vertoont is het verloop pieken en dalen in de winter van 2024/2025, om in maart 2025 te zakken en daarna weer pieken en dalen te vertonen tot en met juni 2025. Daarna is het verloop vlakker en meer stabiel.

Het is zichtbaar in de gegevens (Figuur 11) dat zowel 2024 als 2025 afwijkende jaren zijn ten opzichte van de periode 2021 t/m 2023 (lijnen met lichtere kleur). Dit geldt voor neerslag en verdamping en ook voor het management van de waterstanden in de putten. Over het algemeen functioneren de AWIS goed in 2024 en 2025.





Figuur 11. Waterstanden [m t.o.v. NAP] in AWIS pompputten (donkerblauw) en in drainagesysteem (lichtblauw) verderop in het veld van proefpercelen in 2024 en 2025 bij Baan, Verhoef en Heikoop (metingen in eerdere jaren in lichtere kleuren). Op de X-as staan de maanden-dagen van het jaar (03-15 staat voor 15 maart). Gemiddelde maaiveldhoogte staat boven in de drie grafieken als doorgetrokken lijn (sub=proefperceel).

4.3 Effect op grondwaterstand, kwel/wegzijging en bodemvochtgehalte

De hoogwatersloten en wateraanvoer via AWIS naar de bodem zorgen voor nattere condities op alle locaties. Hieronder is eerst het effect op de freatische grondwaterstand beschreven. Daarna bespreken we het effect op het verschil tussen freatische grondwaterstand en de stijghoogte in de Holocene deklaag. Dit verschil is de verticale gradiënt in de grondwaterstand die de wegzijging naar dan wel kwel vanuit de deklaag bepaalt. Wegzijging treedt op als de freatische grondwaterstand (in m+NAP) op een perceel hoger is dan de stijghoogte (in m+NAP) in/onder de deklaag. Kwel treedt op als deze stijghoogte (in m+NAP) hoger is dan de freatische grondwaterstand (in m+NAP). Tenslotte bespreken we het effect van de wateraanvoer op het bodemvochtgehalte.

4.3.1 Freatische grondwaterstand

De gemeten freatische grondwaterstanden op de proef- en referentiepercelen staan weergegeven in Figuur 12 en 13. voor Baan (boven), Verhoef (midden) en Heikoop (beneden). De donkergekleurde lijnen tonen de metingen van 2024 en 2025, de lichtere die van 2021 tot en met 2023; in blauw staan de metingen van de proefpercelen, in oranje die van de referentiepercelen.

De grondwaterstand in de natte zomer van 2024 leidde bij Baan ertoe, dat de grondwaterstand op het referentieperceel hoger was dan op het perceel met AWIS. Omdat het nat was, was het niet altijd nodig om water aan te voeren. Het kan zijn dat de waarnemingen het effect laten zien van de aanwezigheid van een drainagesysteem op het proefperceel. Dat systeem nivelleert grondwaterstanden op het perceel. In de loop van juni 2024 wordt de grondwaterstand op het AWIS perceel weer hoger dan op het referentieperceel. Bij Verhoef zijn de grondwaterstanden in het natte jaar 2024 op het referentieperceel vergelijkbaar met die op het AWIS proefperceel. Metingen op het AWIS perceel van Heikoop laten zien dat een sensor defect is geraakt. Die is in maart 2025 vervangen.

In het droge jaar en zomer van 2025 zien we dat in april en mei 2025 de grondwaterstanden wegzakken bij Verhoef en Baan, om in juni-juli weer op een hoger niveau te komen op de AWIS percelen. Het kan zijn dat het droge weer de oorzaak is van de dalende grondwaterstanden. In eerdere jaren waren de pompen en het systeem niet beperkend. Bij Heikoop zien we fluctuaties, met verhoogde grondwaterstanden op het AWIS proefperceel in de gehele zomer van 2025. We zullen in de evaluatie van 2025 met de agrariërs de praktijk en ervaringen bespreken (begin 2026) om te achterhalen, waardoor de metingen tot stand zijn gekomen.

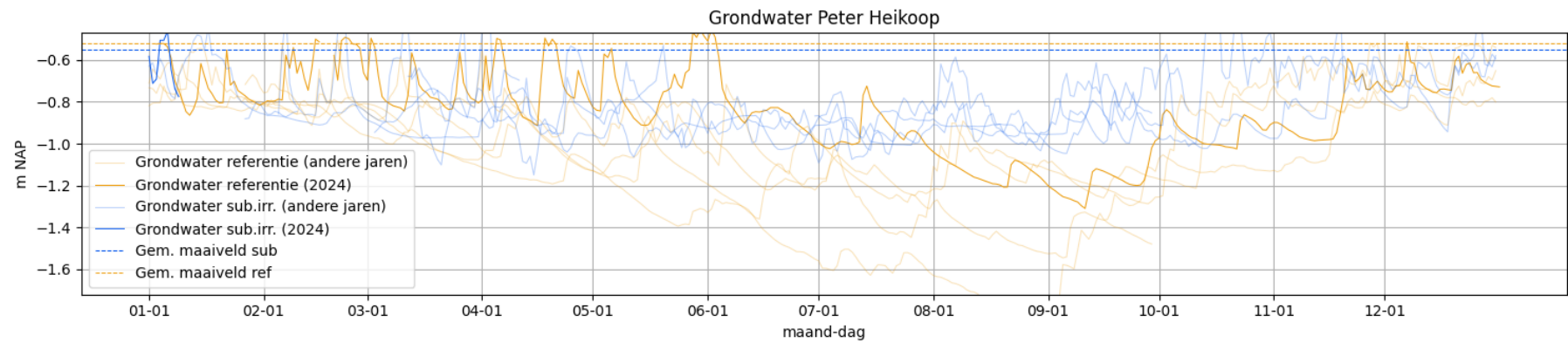
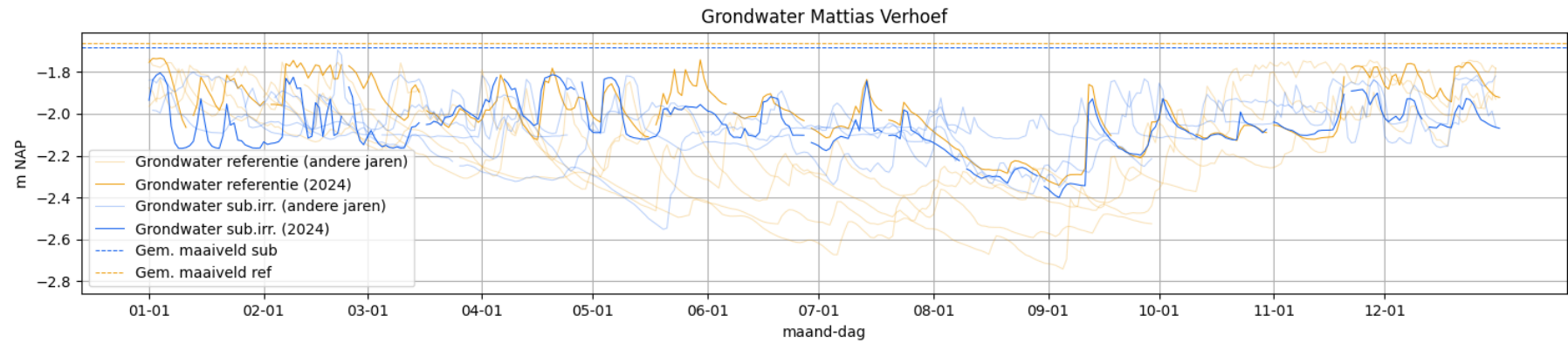
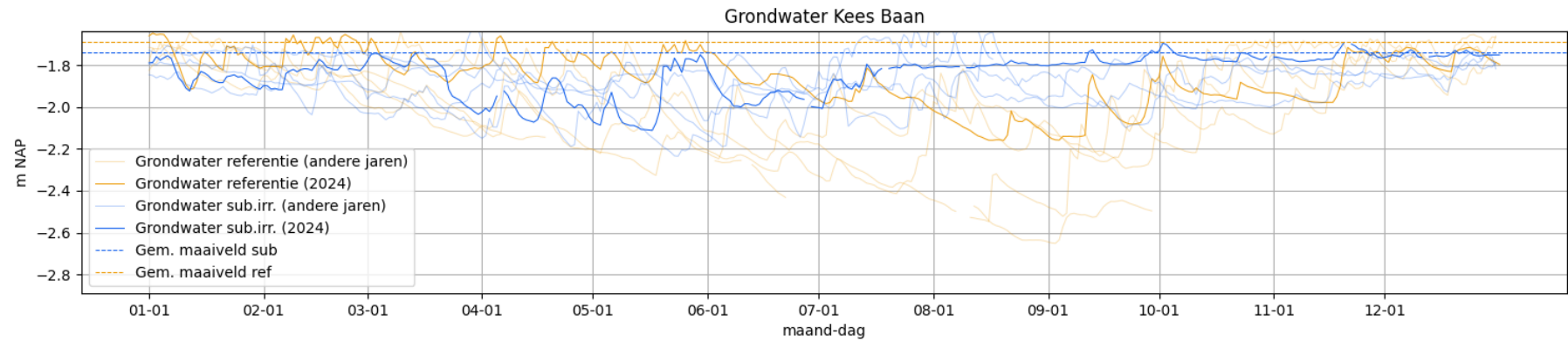
We hebben te maken gehad met defecte sensoren en defecte dataloggers, die deels vervangen zijn in 2024 en in 2025 tijdens onderhoudsrondes. Het voordeel van het parallel meten van diverse waterstanden in de put, in de drain en in het freatisch grondwater is dat deze elkaar aanvullen en elkaar deels kunnen vervangen in een analyse.

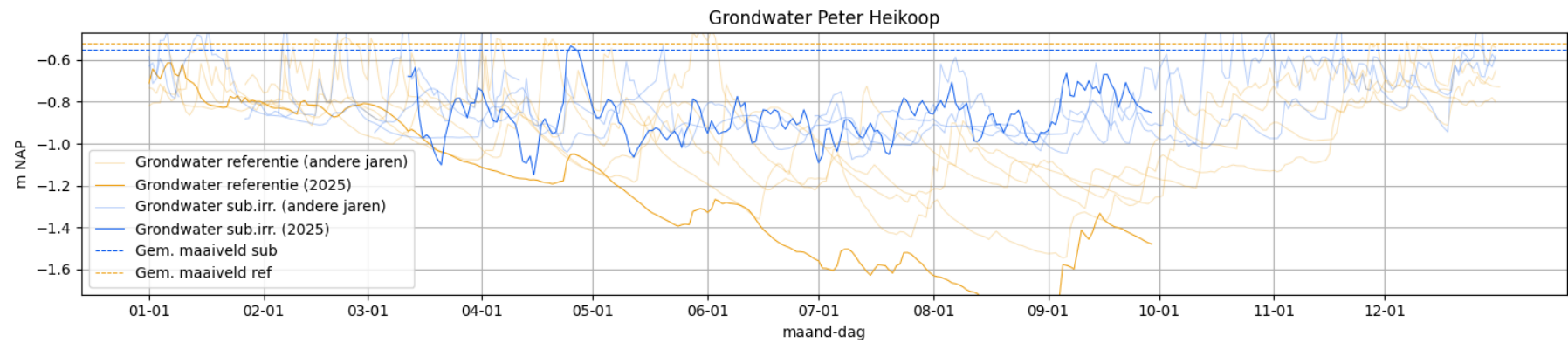
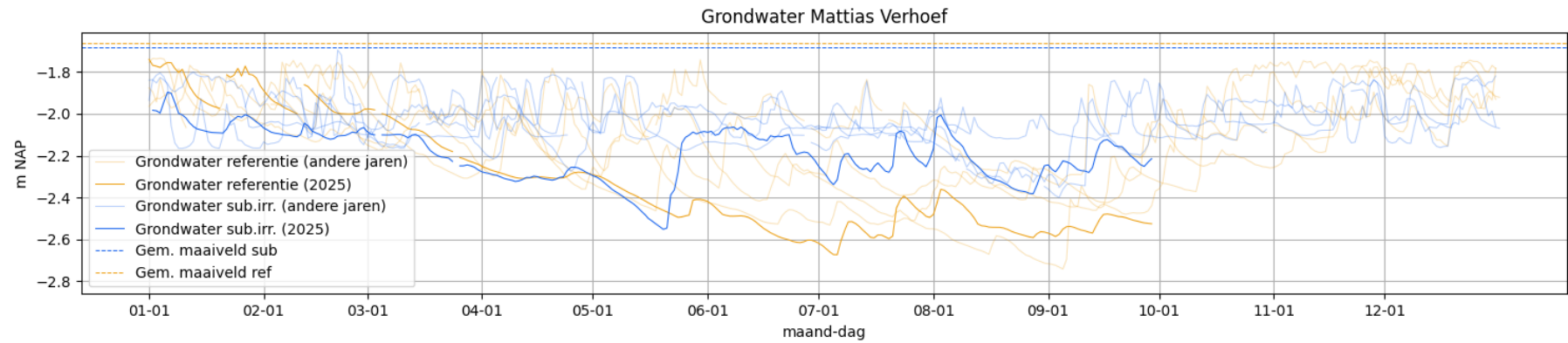
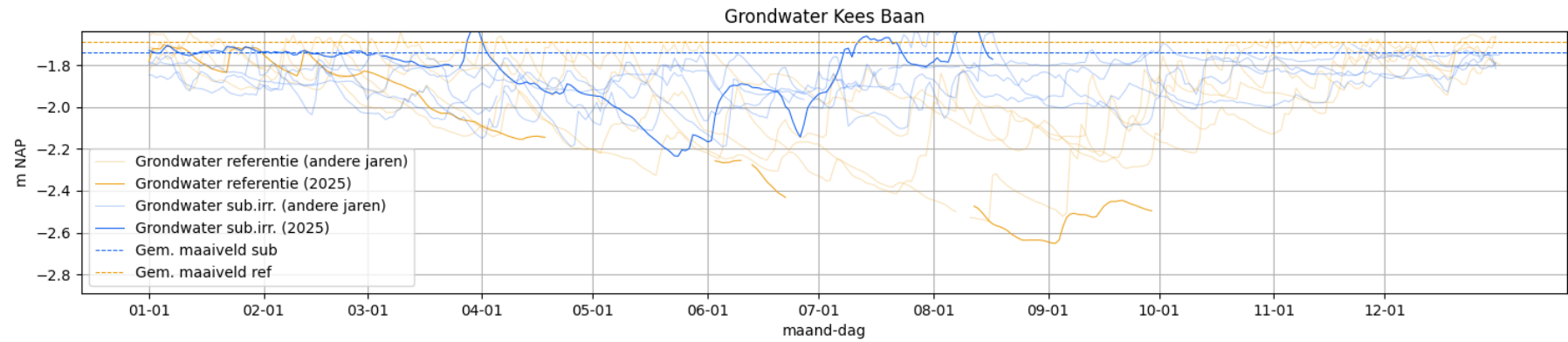
Meer in detail bij Baan kunnen we zien dat in de eerste maanden van 2024 de grondwaterstand op het proefperceel lager staat dan op het referentieperceel en daalt tot half mei 2024. Op het proefperceel komt de grondwaterstand na half juli 2024 hoger dan op het referentieperceel. Op dit laatste perceel trekt de grondwaterstand dan bij tot en met januari 2025, om daarna te dalen tot en met september 2025 vanwege de droge omstandigheden. De grondwaterstand op het proefperceel

blijft op peil tot begin april 2025, om daarna te dalen tot eind mei 2025. Stapsgewijs stijgt daarna de grondwaterstand mede door de natte maand juli 2025. Daarna daalt de grondwaterstand weer. Een defecte sensor volgt medio augustus (hersteld in oktober 2025). Van de waarnemingen van de waterstand in de drain (zie vorige paragraaf) kan afgeleid worden dat de grondwaterstand daalt vanaf medio augustus 2025 tot een stabiele waarde in september 2025.

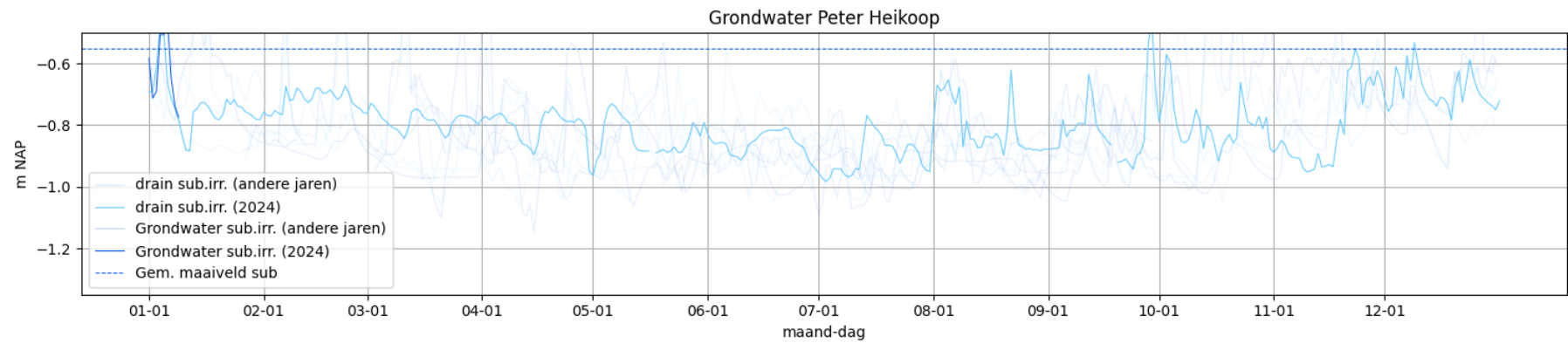
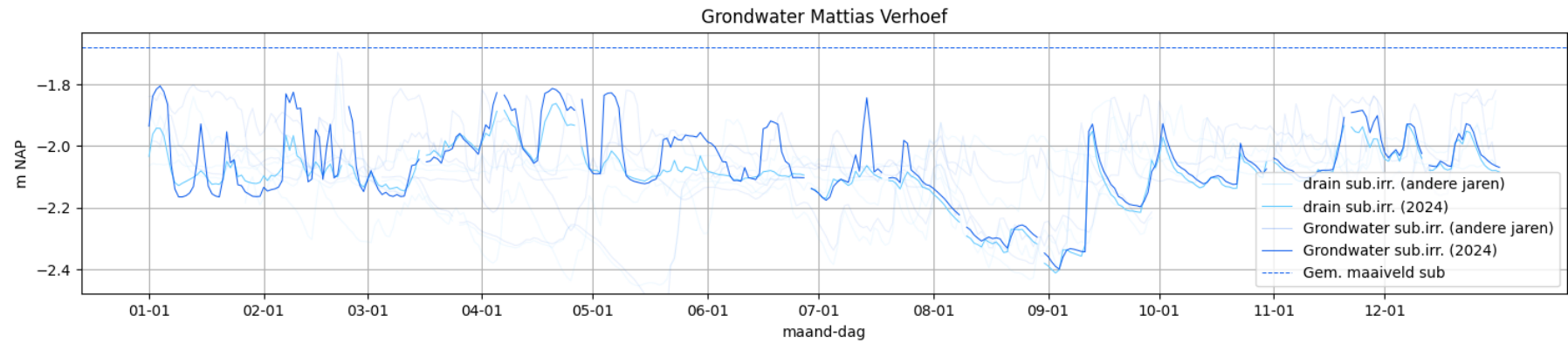
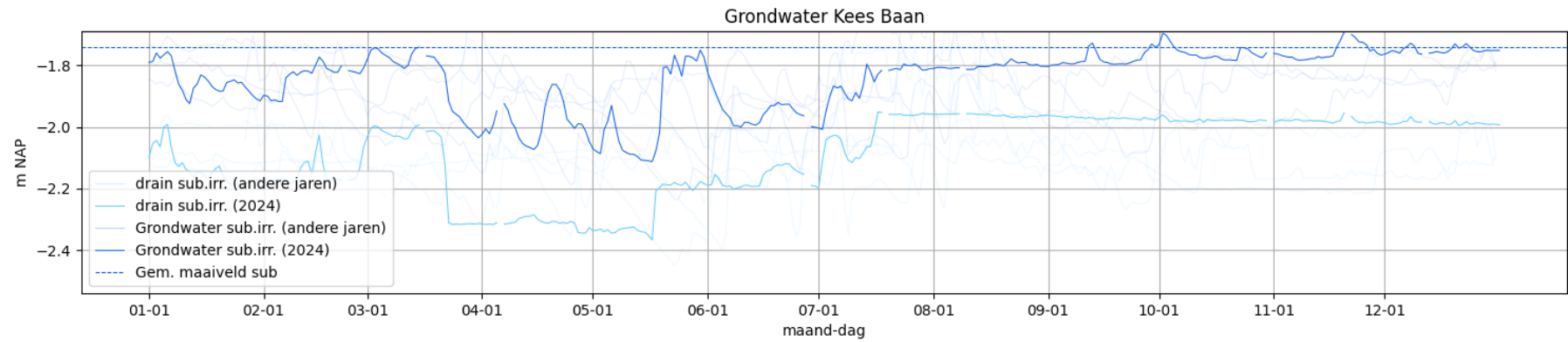
Bij Verhoef zien we in 2024 dat de grondwaterstand op het proefperceel soms hoger, meestal echter lager of gelijk is aan die op het referentieperceel. Het jaar 2024 was nat. In juli en augustus 2024 (droge maand) dalen echter de grondwaterstanden. De waterstand in de put daalde toen ook. Van medio november 2024 tot eind maart 2025 zijn de grondwaterstanden op het proefperceel lager dan op het referentieperceel. Ze stijgen duidelijk vanaf medio mei 2025 tot hogere waarden dan op het referentieperceel in de zomer tot en met september 2025.

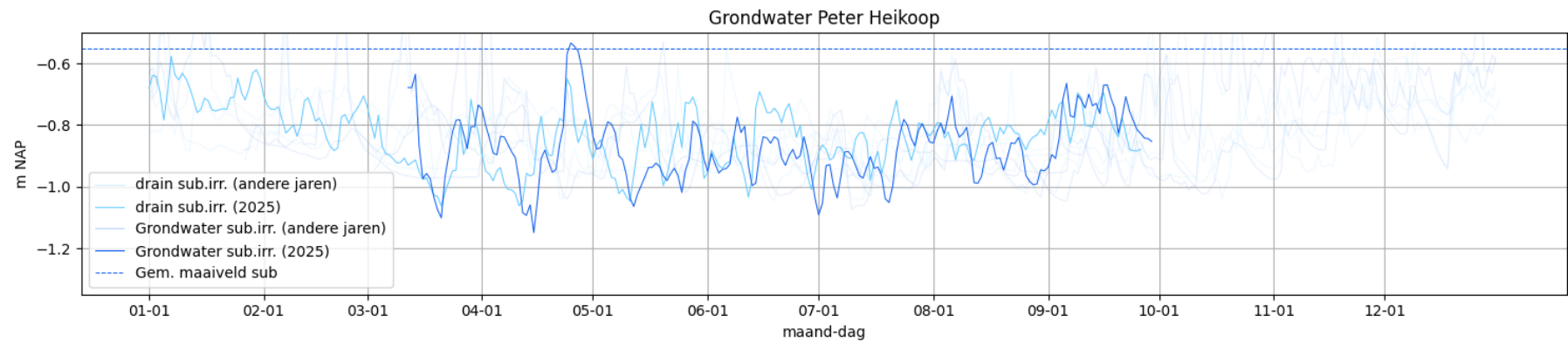
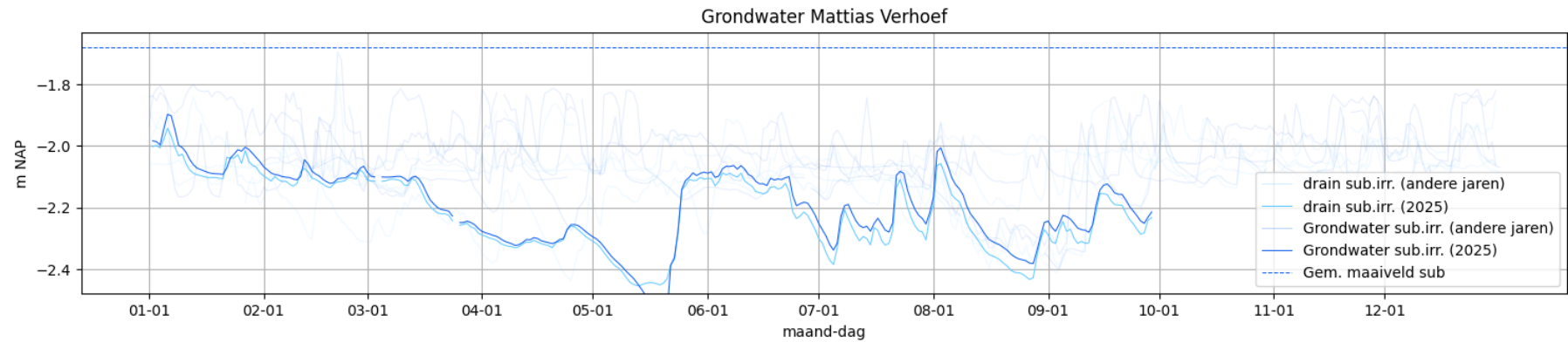
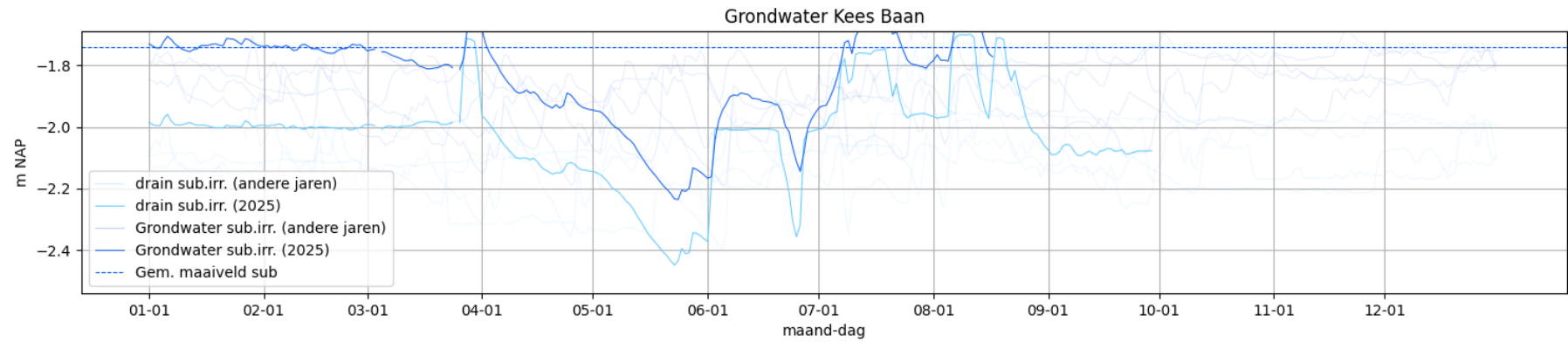
Bij Heikoop zien we de uitval van sensor voor de freatische grondwaterstand op het proefperceel en het weer opstarten van de metingen in maart 2025. De druksensor in de put heeft deels goed gefunctioneerd en die in de drain laat een complete meetreeks zien voor 2024 tot en met september 2025. De meting met de sensor in de drain is een redelijke tot goede maat voor de grondwaterstand, zoals te zien is in 2025 bij Heikoop in Figuur 15. In de droge zomer van 2025 is de grondwaterstand veelal tussen -1,0 en -0,8 m+NAP. We mogen aannemen dat in het natte jaar 2024, zoals ook blijkt uit de metingen bij Baan en Verhoef in 2024, dat bij Heikoop in 2024 de grondwaterstanden gelijk zijn aan of hoger zijn dan de waterstand in de drain. Dat betekent dat in de natte zomer van 2024 de grondwaterstand veelal lag tussen -0,8 m en -0,9 m+NAP (25 à 35 cm-m.v.) of (iets) hoger. Het referentieperceel bij Heikoop laat tot en met mei 2024 bij pieken hoge grondwaterstanden zien. Met de informatie van de gemeten waterstanden in de drain is het aannemelijk dat dat op het proefperceel ook te zien zou zijn geweest. Vanaf juni 2024 dalen de grondwaterstanden op het referentieperceel, om vanaf half september 2024 weer te stijgen. Vanaf medio november 2024 zijn ze bij weer hoog bij pieken, tot en met half januari 2025, dan zakken de grondwaterstanden reeds weer. Februari en maart 2025 waren droog, waardoor de daling naar de zomerwaarden reeds inzette op het referentieperceel. Bij het proefperceel zijn wel een daling én lage waarden te zien in maart en april 2025, analoog aan de waterstanden in de drain én die in de put. De putwaterstand was dus op bepaalde momenten laag in een periode met weinig neerslag (tot en met juni 2025). Wellicht zijn er problemen geweest qua management, met de vlotter en/of met de pomp IN. In de loop van juli en augustus 2025 zien we hogere grondwaterstanden, gevolgd door een daling en weer een stijging in september 2025.





Figuur 12. Freatische grondwaterstanden [m t.o.v. NAP] op AWIS proefpercelen (in blauw) en referentiepercelen (oranje) in 2024 en 2025 bij Baan, Verhoef en Heikoop (eerdere jaren in lichtere kleuren). Op de X-as staan de maanden-dagen van het jaar (03-15 staat voor 15 maart). Gemiddelde maaiveldhoogte staat bovenin de drie grafieken als doorgetrokken lijn (sub.irr. = AWIS proefperceel).





Figuur 13. Freatische grondwaterstanden [m t.o.v. NAP] (donkerblauw) op AWIS proefpercelen (sub. irr.) en waterstanden in de drainbuis (lichtblauw) in 2024 en 2025 bij Baan, Verhoef en Heikoop (eerdere jaren in lichtere kleuren). Op de X-as staan de maanden-dagen van het jaar (03-15 staat voor 15 maart). Gemiddelde maaiveldhoogte staat boven in de drie grafieken als doorgetrokken lijn.

In Figuur 13 staan de freatische grondwaterstanden en de waterstanden in de drain op alleen de drie proefpercelen. Bij Baan zijn in 2024 de grondwaterstanden in tot en met medio maart en vanaf medio juli 2024 hoog en 10 à 20 cm beneden maaiveld. Bij Baan zijn in 2024 de waterstanden in de drain tot medio juli steeds 20 à 30 cm tot soms 40 cm lager dan de grondwaterstand. Deze waarnemingen sporen met de waterstand in de put, die ook laag zijn. Deze zijn verlaagd vanaf medio maart en stapsgewijs verhoogd van medio mei tot begin juli 2024. In de loop van juli stijgen de grondwaterstanden weer tot 10-15 cm onder maaiveld tot en met eind maart 2025. Daarna dalen de grondwaterstanden duidelijk (tot 60 à 70 cm-m.v.) en de waterstand in de drain tot eind mei. Een verhoging volgt (tot 15 à 20 cm-m.v.) door een hogere waterstand in de put (aanvoer van water), gevolgd door een verlaging in de tweede helft van juni 2025. Vanaf eind juni is er weer sprake van een verhoging (waterstand put, drain, grondwater) met hoge grondwaterstanden medio juli, gevolgd door een verlaging eind juli tot begin augustus (waterstand put, drain, grondwater). Daarna volgt weer een verhoging, een korte verlaging medio augustus, een verhoging en een verlaging vanaf eind augustus 2025. Het jaar 2025 kent daarmee veel dynamiek in het AWIS-management en het weer. Het was droog, met uitzondering van juli 2025.

Bij Verhoef zien we in 2024 en 2025 een sterke samenhang tussen de waterstand in de drain en de freatische grondwaterstand. Deze laatste volgt de waterstand in de drain, ligt altijd iets hoger en is duidelijk hoger bij pieken (door regenbuien veroorzaakt, waarschijnlijk). De grondwaterstand in de zomer van 2024 i.c. half juli tot en met augustus langzaam dalend, net zoals de waterstand in de put en drain. Het hoge peil is niet gehandhaafd. Vanaf medio september stijgt de grondwaterstand weer, tot en met januari 2025. Daarna wordt het droog door weinig neerslag en dalen de waterstanden in put, drain en het grondwater tot medio mei 2025. Er is wellicht onvoldoende wateraanvoer (beschikbaar) geweest om de put met management op peil te houden. Dat verandert vanaf eind mei 2025 tot eind juni via een verhoging, gevolgd door een lagere en soms hogere waterstand in de put.

Bij Heikoop is zoals reeds opgemerkt een sensor defect geraakt. Waarnemingen van de waterstand in de put en in de drain zijn reeds besproken hierboven. De waterstand in de drain in het natte jaar 2024 schommelt rond 35 cm-m.v. in de zomermaanden. In de winter is deze hoger, 20 à 25 cm-m.v. In het voorjaar van 2025 daalt de waterstand in de drain weer. De grondwaterstanden en de waterstand in de drain schommelen en wisselen elkaar af qua niveau. In de droge periode is de waterstand in de drain hoger. Het verschil is te klein om het grondwater voldoende te voeden en verder omhoog te krijgen. De waterstand in de put is iets hoger dan in de drain. De waterstand in de put is niet hoog genoeg om de waterstand in de drain voldoende te verhogen. In de droge zomer van 2025 is het waarschijnlijk gelukt om de grondwaterstand op het niveau te houden van de onderkant van het kleidek op veen.

De metingen en vergelijking van alle waterstand-reeksen is nuttig om de reactie en sturing van het AWIS-systeem op het grondwater op de percelen te analyseren. De waterstand in de drain is zeer behulpzaam inzake analyse van sturing, werking en weerstand van het bodemsysteem in geval van wateraanvoer, dan wel waterafvoer. Het systeem werkt meestal naar behoren en zoals verwacht. Pompsystemen, sensoren en management vragen blijvend aandacht en zorg.

4.3.2 Kwel en wegzijging

In het projectgebied treedt er qua stroming van het grondwater naast een stroming van en naar de drainagebuizen en de kavelsloten ook een diepere grondwaterstroming op, van en naar de zandlaag onder het klei-op-veen-pakket (deklaag). Als de grondwaterdruk in het zand hoger is dan die van het freatisch grondwater in de percelen, dan treedt er kwel op, een opwaartse stroming van grondwater. Als de grondwaterdruk in de zandlaag lager is dan die van het freatisch grondwater in de percelen, dan treedt er wegzijging op, een neerwaartse stroming. Dan verliezen we water naar de ondergrond. Om deze stromingsrichting te kunnen bepalen, hebben we op elke meetlocatie sensoren in ondiepe, freatische peilbuizen staan én in diepe peilbuizen bij het zand. Door wateraanvoer via de AWIS én door hogere slootpeilen verhogen we freatische grondwaterstand. Als de druk van het grondwater in het zand gelijk blijft, dan kunnen we de kwel/wegzijging op de proefpercelen gaan beïnvloeden met de proef.

De drukverschillen op de proef- en referentiepercelen staan weergegeven voor Baan (boven), Verhoef (midden) en Heikoop (beneden) in Figuur 14. De donkergekleurde lijnen tonen de metingen van 2024 en 2025, de lichtere van eerdere jaren (2021 t/m 2023). In blauw staan de metingen van de proefpercelen, in oranje die van de referentiepercelen. In 2024/2025 is er deels uitval geweest van sensoren in peilbuizen op de proefpercelen (zie tekst hierboven). Deze zijn vervangen.

Bij Baan is er regulier op het referentieperceel sprake van wegzijging tot een neutrale situatie, i.c. geen stroming door de deklaag van en naar de zandlaag. Er is een lichte kwel in juli en augustus 2025 opgetreden. De wegzijging treedt met name op in de winter. Regulier is er op het proefperceel sprake van wegzijging. *De proef zorgt voor een situatie met in de zomer meer en ook meer constante wegzijging naar de ondergrond, door verhoogde freatische grondwaterstanden.* Vanaf juni tot half november 2024 is de wegzijging op het proefperceel groter dan op het referentieperceel, omdat in die periode de freatische grondwaterstanden hoger zijn op het proefperceel. *Dit heeft te maken met de vlakke en hogere grondwaterspiegel op perceel als geheel, door de werking van het drainagesysteem.* Vanaf medio maart 2025 is de grondwaterstand op het proefperceel weer hoger en vindt ook dan en daar meer wegzijging plaats. In 2025 hebben we last gehad van uitvallende sensoren, hetgeen slechts beperkt storend is geweest voor de analyse.

Bij Verhoef en Heikoop is er in 2024 en 2025 sprake van kwel op alle percelen, behalve op de proefpercelen als het zeer nat is (hoge freatische grondwaterstanden). Dan verandert de kwel tijdelijk naar een neutrale situatie.

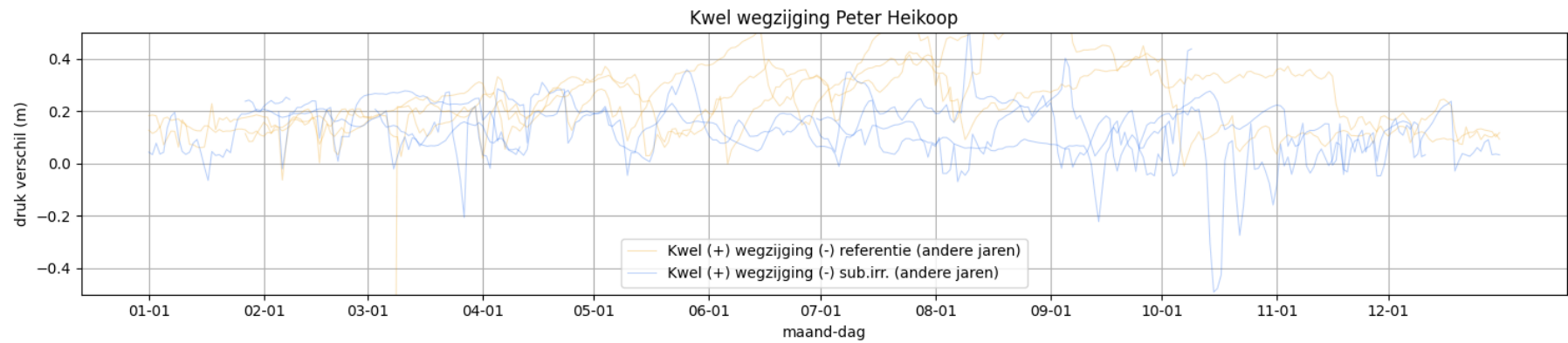
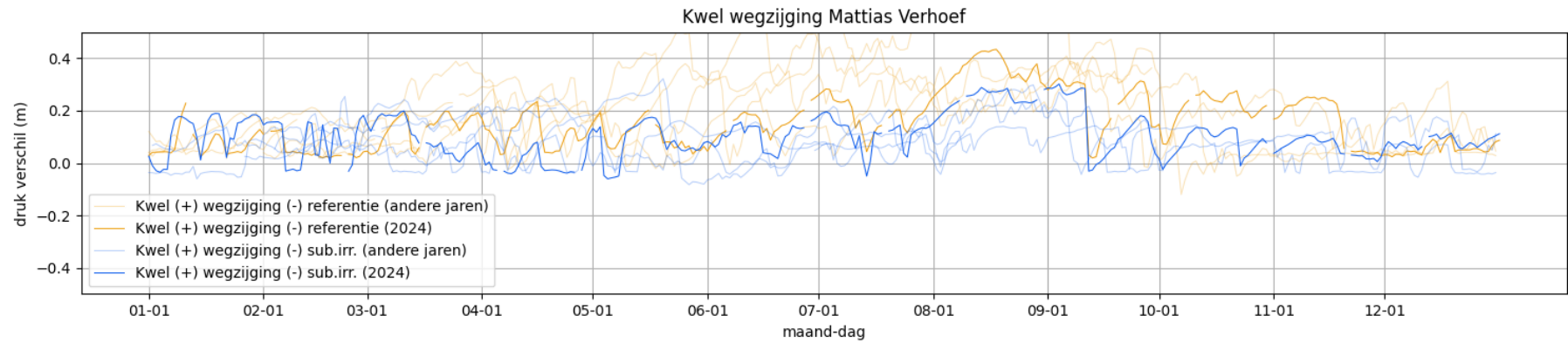
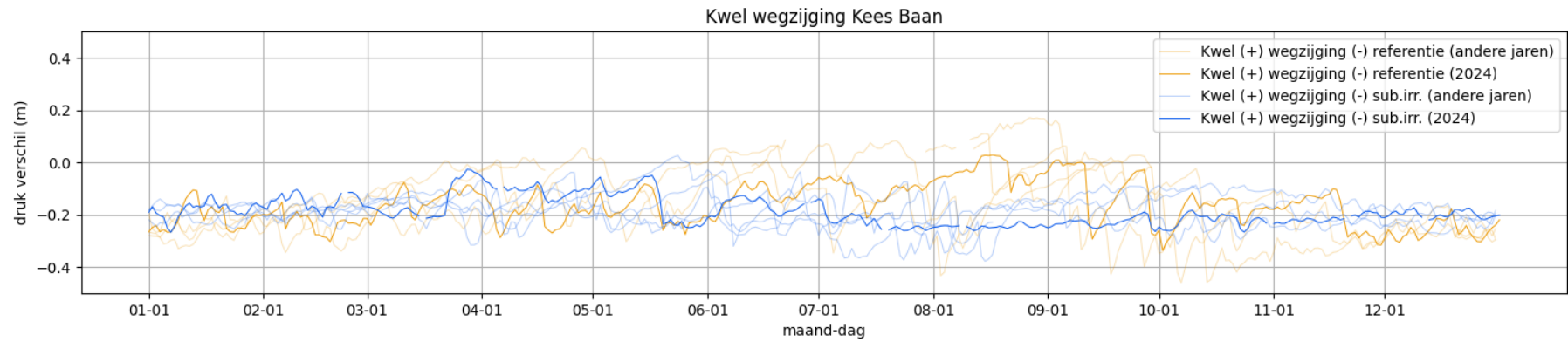
Bij Verhoef verandert in 2024 en 2025 op het proefperceel de kwelsituatie naar een meer neutrale situatie door de hogere freatische grondwaterstanden. Deze remmen de kwel af, hogere grondwaterstanden drukken de kwelstroom 'weg'. Op het referentieperceel is het omgekeerde aan de hand. Als de freatische grondwaterstanden aldaar zakken onder droge condities, dan neemt de kweldruk op dat perceel toe (o.a. augustus 2024 en juni-augustus 2025).

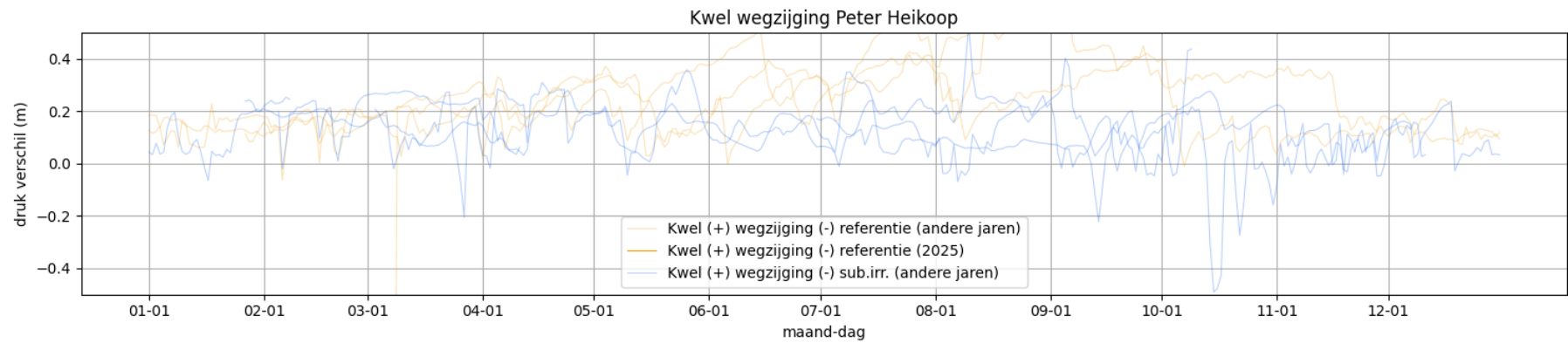
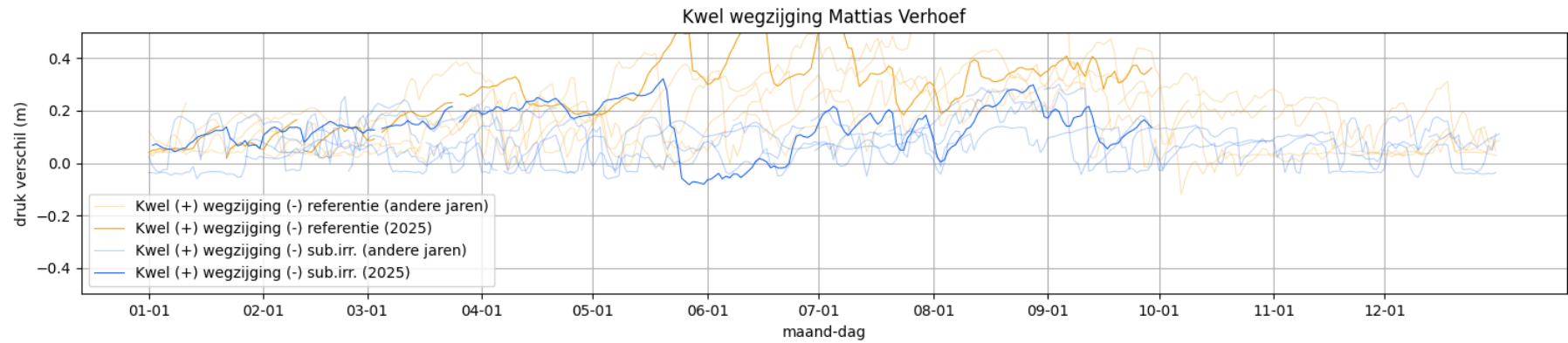
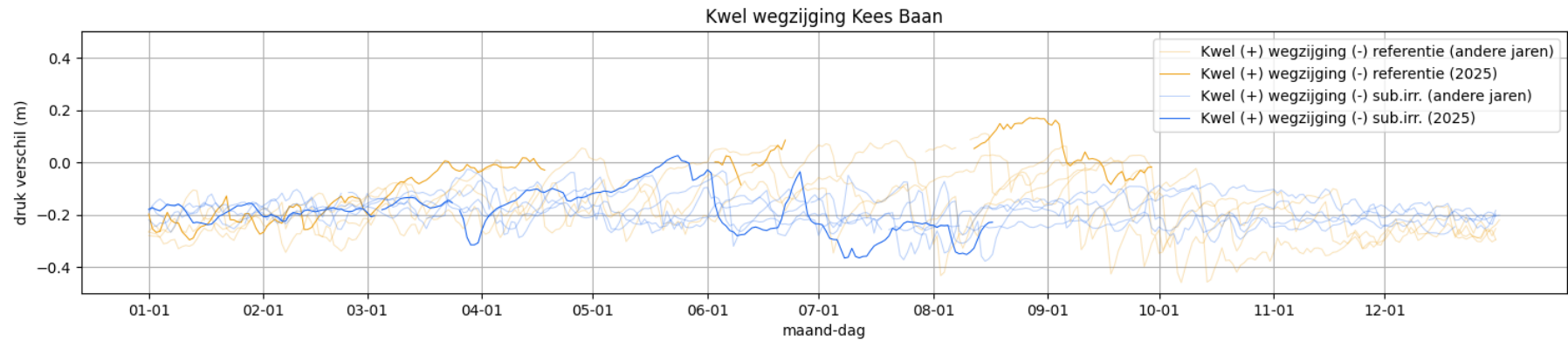
Bij Heikoop is de sensor voor de stijghoogte in het zandpakket defect geraakt en niet tijdig vervangen. Er is geen reden om aan te nemen dat in 2024 en 2025 de kwelsituatie veranderd is in een situatie met wegzijging, gegeven de gemeten waterstanden in de drain en in de put.

De metingen en berekende drukverschillen laten zien dat we met de proeven de kwel/wegzijging en daarmee de verticale stroming van het grondwater op de percelen beïnvloeden. Om hoeveel m³ water dit gaat, kunnen we niet (direct) zeggen. Die hoeveelheid wordt mede bepaald door de hydraulische weerstand van het klei-op-veen-pakket, waardoor de omvang maar niet de richting van grondwaterstroming door beïnvloed wordt.

Samengevat zijn de resultaten inzake de effecten op de freatische grondwaterstand en op kwel/wegzijging als volgt:

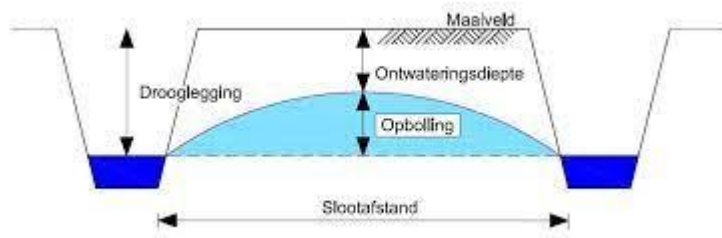
- De freatische grondwaterstand is verhoogd door de aanvoer van water via AWIS.
- Door uitval van druksensoren zijn er gaten ontstaan in de meetreeksen. Deze kunnen grotendeels worden opgevangen met de gemeten waterstand in de drain, die in correct-bemeten tijdperiodes goed overeenkomt met de freatische grondwaterstand. Inmiddels zijn alle defecte druksensoren vervangen.
- Bij Baan is er net zoals in 2021 t/m 2023 ook in 2024 en 2025 sprake van een gemiddelde wegzijging-situatie (grondwater van perceel stroomt naar beneden/deklaag) en bij Verhoef en Heikoop van een gemiddelde kwelsituatie (water stroomt van beneden/deklaag naar perceel).
- De oorspronkelijk aanwezige wegzijging neemt toe en de aanwezige kweldruk neemt af bij wateraanvoer via AWIS. De hogere freatische grondwaterstanden geven extra voeding aan wegzijging en geven meer tegendruk op de kwelstroming. Een groot neerslagoverschot levert dezelfde effecten op als wateraanvoer via AWIS, omdat de freatische grondwaterstand in beide gevallen wordt verhoogd. In mindere mate tot niet is dit het geval bij de stijghoogte in de zandlaag onder het (klei-op) veenpakket, die een grotere regionale oorsprong kent.



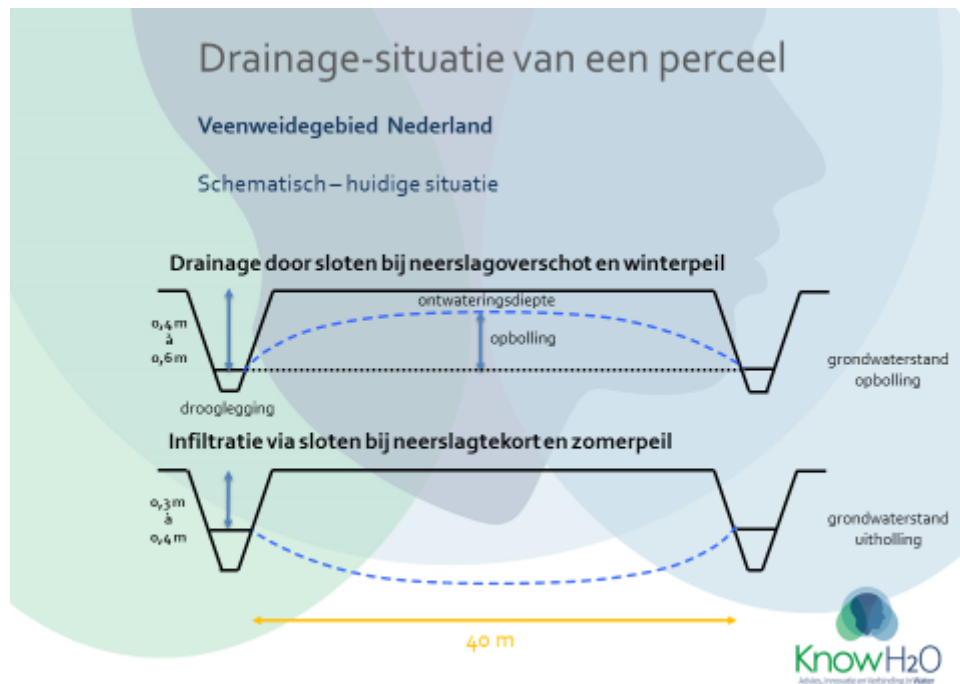


Figuur 14. Drukverschillen tussen freatische grondwaterstanden en stijghoogte onder in de deklaag [m] op AWIS proefpercelen (sub.irr.; in blauw) en referentiepercelen (referentie; in oranje) in 2024 en 2025 bij Baan, Verhoef en Heikoop (metingen in eerdere jaren in lichtere kleuren). Op de X-as staan de maanden-dagen van het jaar (03-15 staat voor 15 maart). Positieve getallen duiden op kwel naar perceel, negatieve op wegzijging uit perceel.

De veldwaarnemingen brengen ons op het volgende inzake de effecten van het toepassen van AWIS, met drainafstanden van 6 m, op het patroon van de grondwaterstanden in een dwarsdoorsnede op de proefpercelen (begrippen in Figuur 15). We schetsen een schematische situatie met een perceelbreedte van 40 m en een standaard-situatie van afvoer van water en van aanvoer van water via AWIS (Figuur 16). De slootpeilen bepalen samen met de weerstand van slootwand en de (klei-op) veenlaag de vorm en hoogte van de opbolling en de uitholling. De uitholling is in de praktijk vaak groter (naar beneden) dan de opbolling (naar boven), omdat de intreeweerstand van water vaak hoger is dan de drainageweerstand. Deze uitholling in droge tijden zorgt ervoor dat op termijn veenweidepercelen hol komen te liggen en een of meerdere greppels nodig zijn voor de ontwatering.



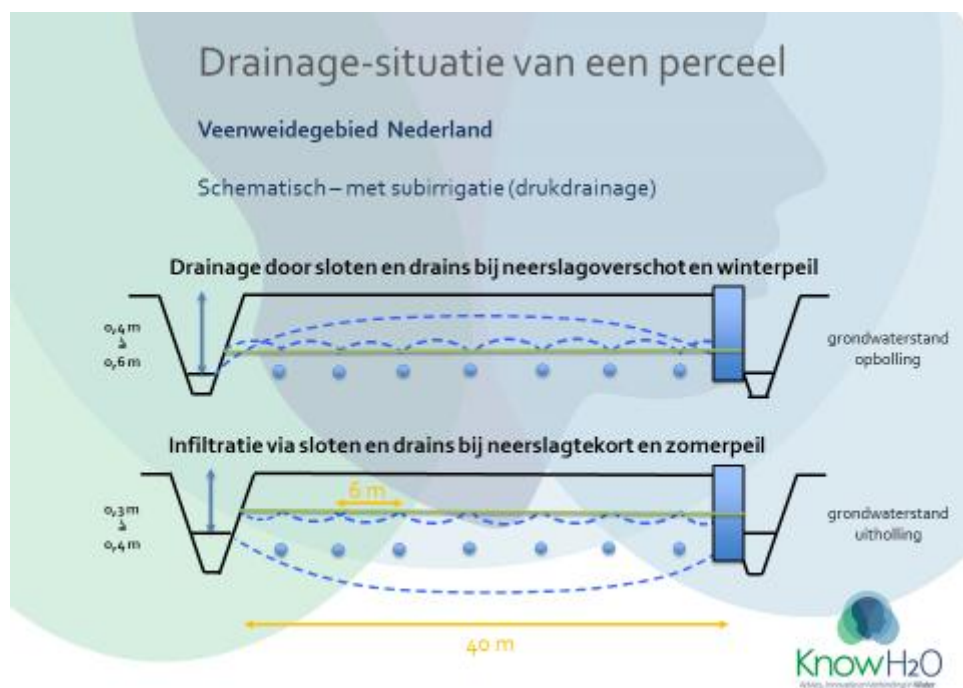
Figuur 15. Schematische toelichting op de begrippen drooglegging, ontwateringsdiepte en opbolling (BBWM, 2007; begrippen: NHV, 2002).



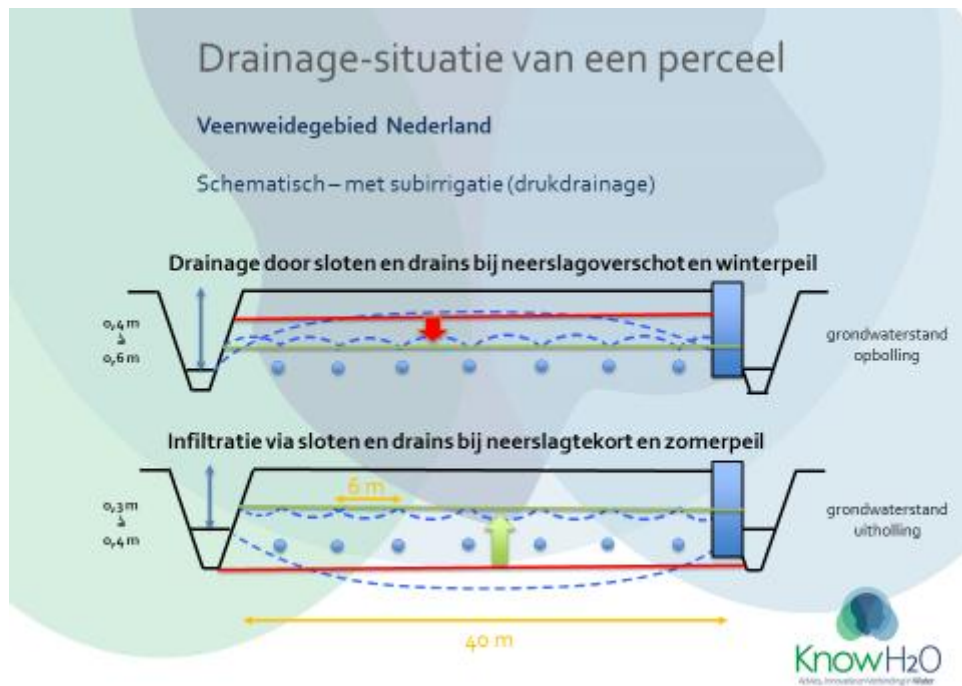
Figuur 16. Standaard-schematische situatie van een dwarsdoorsnede van een veenweideperceel van 40 m breed met bolle (afvoersituatie) en holle grondwaterstand (aanvoersituatie).

Wanneer een AWIS wordt aangelegd, dan verandert de drainage-situatie en de wateraanvoer-situatie. Er treedt een andere opbolling en uitholling op. Figuur 17 en 18 tonen dit, wederom op een schematische manier voor een standaard-situatie. We zien een ingestelde waterstand in de pompput rechts (groene lijn) en de bijbehorende vorm van de 2D-grondwaterstand in de dwarsdoorsnede. Het bovenste deel van de figuur schetst de afvoersituatie (drainage), het onderste deel de aanvoersituatie. De gemiddelde opbolling (de verhoogde grondwaterstand tussen twee drains) bij afvoer is lager geworden dan in een situatie zonder AWIS. De eerste reden hiervoor is de kleinere afstand tussen twee drains. De tweede reden is de sturing van de waterstand in de pompput. Deze laatste moet duidelijk hoger zijn dan in de getoonde figuur, om een vergelijkbare gemiddelde opbolling te verkrijgen bij een afvoersituatie zonder AWIS.

Door wateraanvoer via AWIS vindt er een duidelijke vermindering en afvlakking van de uitholling plaats. Er kunnen gemiddeld hogere grondwaterstanden gerealiseerd worden, zoals uit onze veldwaarnemingen blijkt (Figuur 14). Met deze figuren willen we duidelijk maken dat de drainage-situatie mogelijk kan leiden tot gemiddeld *lagere* grondwaterstanden op proefpercelen (zie metingen boven) dan op de referentiepercelen, als de waterstand in de pompput niet hoog genoeg wordt ingesteld. *De drainerende werking neemt anders toe, met als gevolg een drogere situatie op het gedraineerde perceel. Dan werkt het systeem op de proefpercelen averechts als het gaat over vernatting en reductie van de bodembeweging.*

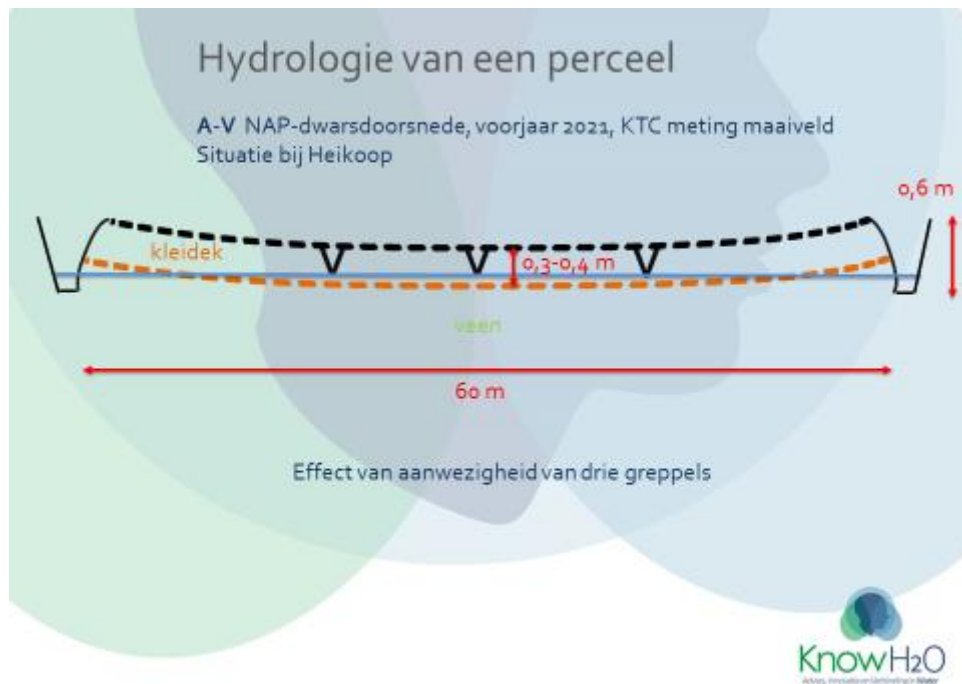


Figuur 17. Standaard-schematische situatie van een dwarsdoorsnede van een veenweideperceel van 40 m breed met drainagebuizen op 6 m afstand en bijbehorende bolle (afvoersituatie) en holle grondwaterstand (aanvoersituatie). Situatie met AWIS. De groene lijn duidt de ingestelde waterstand in de pompput aan, in dit geval hoger dan de draindiepte.



Figuur 18. Standaard-schematische situatie van een dwarsdoorsnede van een veenweideperceel van 40 m breed met drainagebuizen op 6 m afstand en bijbehorende bolle (afvoersituatie) en holle grondwaterstand (aanvoersituatie). Situatie met AWIS. De groene lijn duidt de ingestelde waterstand in de pompput aan, in dit geval hoger dan de draindiepte (bij afvoer én aanvoer). De rode lijn dient ter aanduiding van de gemiddelde opbolling en uitholling van een standaard (referentie)perceel.

De vorm van het maaiveld en de aanwezigheid van greppels maakt de sturing meer complex. In de afvoersituatie en bij het hoog houden van de grondwaterstanden gaat de greppelligging en –diepte de drainage van water bepalen. Indien de waterstand in de pompput boven de diepte van de bodem van de greppels uitkomt, dan gaan de greppels (indien mogelijk – slootpeil) grondwater afvoeren naar de sloot. De grondwaterstand kan dan niet veel verder stijgen. Figuur 19 toont schematisch de situatie bij Heikoop voor een hol perceel met drie greppels. Uit Figuur 19 blijkt dat zowel in de afvoer- als in de aanvoersituatie de holle ligging in combinatie met de greppels de maximale hoogte van de grondwaterstand wordt bepaald door de diepte van en afwatering vanuit de greppels naar de sloot. Als deze greppels niet dicht worden gezet, dan zal er bij hoge grondwaterstand afvoer zijn en zal de grondwaterstand worden 'afgetopt'. In de aanvoersituatie zullen er bij de greppels plassen worden gevormd als de beoogde grondwaterstand, zoals ingesteld in de pompput, hoger is dan de greppeldiepte.



Figuur 19. Standaard-schematische situatie van dwarsdoorsnede veenweideperceel bij Heikoop van 60 m breed met drie greppels (zonder regelbare drainage). De blauwe lijn duidt het slootpeil aan bij winterpeil. De oranje lijn dient ter aanduiding van de onderkant van het kleidek op veen.

We hebben in het project inmiddels ervaring opgedaan met de hier geschetste uitdagingen in het geval van holle percelen met greppels. Bij alle proefpercelen heeft dit tot aanpassingen van beheer en sturing en van doelen ten aanzien van beoogde grondwaterstanden geleid. De vorm van het maaiveld en de aanwezigheid van greppels zijn twee kenmerken/factoren die een rol spelen bij het succesvol toepassen en eventueel uitrollen van AWIS in de regio. Holle percelen en de aanwezigheid van greppels zijn beide apart en tezamen beperkend in het mogelijk verhogen van de grondwaterstand.

4.3.3 Bodemvochtgehalte

De percelen bij Baan en Heikoop hebben alle een kleidek. De percelen bij Verhoef niet. Bij Heikoop is het kleidek het dikst, 30-40 cm, met krimpscheuren in droge tijden. De overgang van kleidek naar veen is niet scherp bij Heikoop. Er bevindt zich veraard/verteerd veen direct onder het kleidek, waarna een overgang omlaag is naar het veenpakket.

Bodemvochtgehalten worden gemeten op 0,2, op 0,4 en op 0,6 m-m.v. diepte in het bodemprofiel, midden tussen twee drainbuizen. De sensoren zijn niet gekalibreerd voor de specifieke situatie, hetgeen betekent dat ze niet per se absoluut gezien de correcte waarde geven. Wat ze wel te zien geven is het niveau van het vochtgehalte en de variatie in de tijd. Dit niveau past bij (klei-op) veenbodems, die in de zone waarin we meten (tot 60 cm-m.v.) deels veraard/moerig zijn (50-60 vol% vocht maximaal). Verschillen in het bodemvochtgehalte tussen alle percelen onderling kunnen beperkt optreden (<5%) omdat de bodemlaag waarin de sensor zit niet overal exact identiek is (zie ook Figuur 9, pF-curve). Dan kan het voorkomen dat een referentieperceel iets hogere getalswaarden te zien geeft dan een proefperceel.

Het jaar 2024 was doorgaans nat. Aan de bodemvochtcijfers voor 2024 is in Figuur 20 te zien dat de bodemvochtgehalten op een diepte van 0,2 m-m.v. op het proefperceel bij Baan hoog en op peil blijven in de tijd. Bij Verhoef en Heikoop zijn op het proefperceel tijdelijk lagere gehalten te zien in augustus en september 2024. Deze waarnemingen sporen met de lagere grondwaterstanden en waterstanden in put en drain bij Verhoef en Heikoop in deze maanden. Deze beïnvloeden het ondiepe bodemvochtgehalte. De bodemvochtcijfers op deze diepte voor 2024 op de referentiepercelen is bij Baan iets lager en stabiel in de tijd in vergelijking met het proefperceel. Bij Verhoef zijn de gehalten gelijk of hoger dan op het proefperceel, hetgeen in eerdere jaren ook het geval was onder natte condities. Bij Heikoop zijn de gehalten duidelijk lager dan bij het proefperceel, zeker vanaf augustus 2024 (droge maand), het kleidek op veen droogt duidelijk sterker uit.

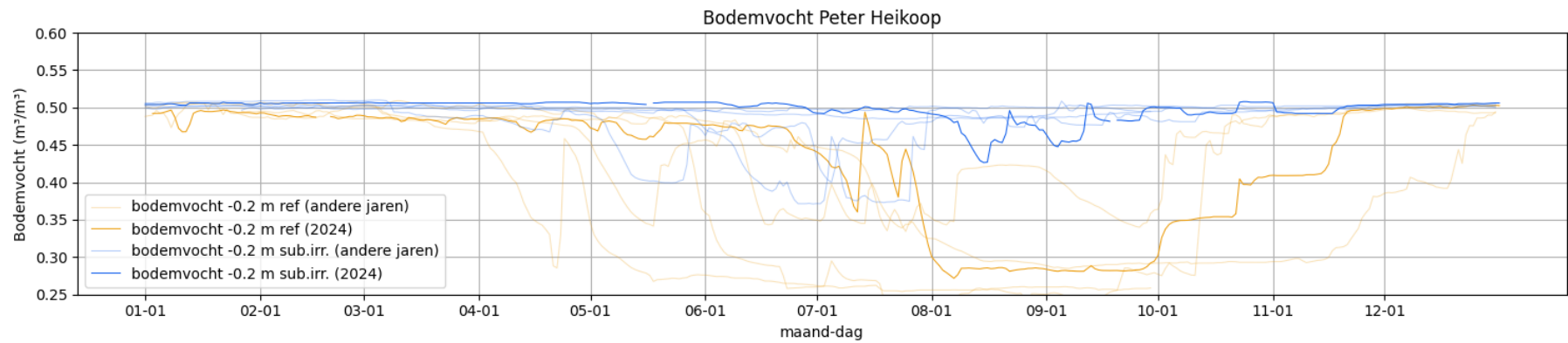
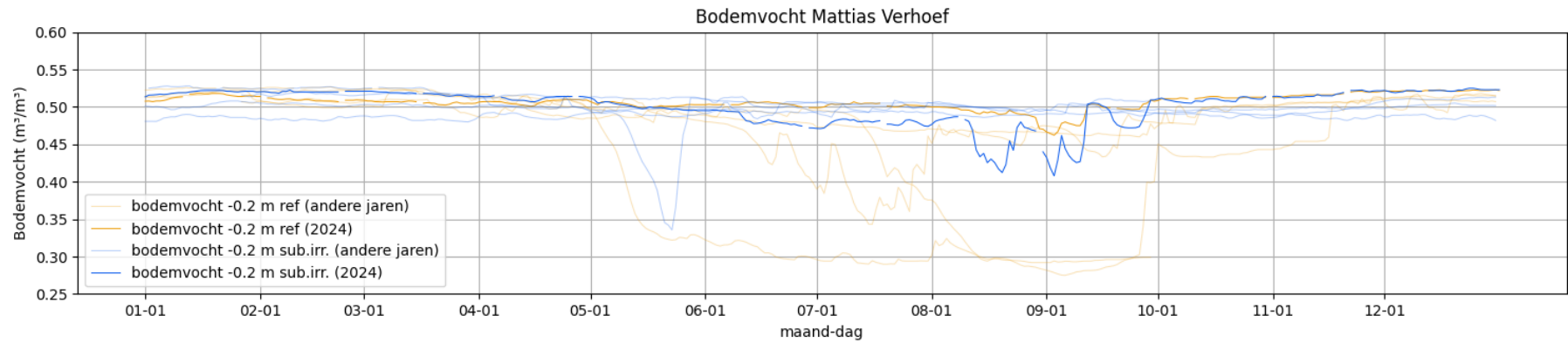
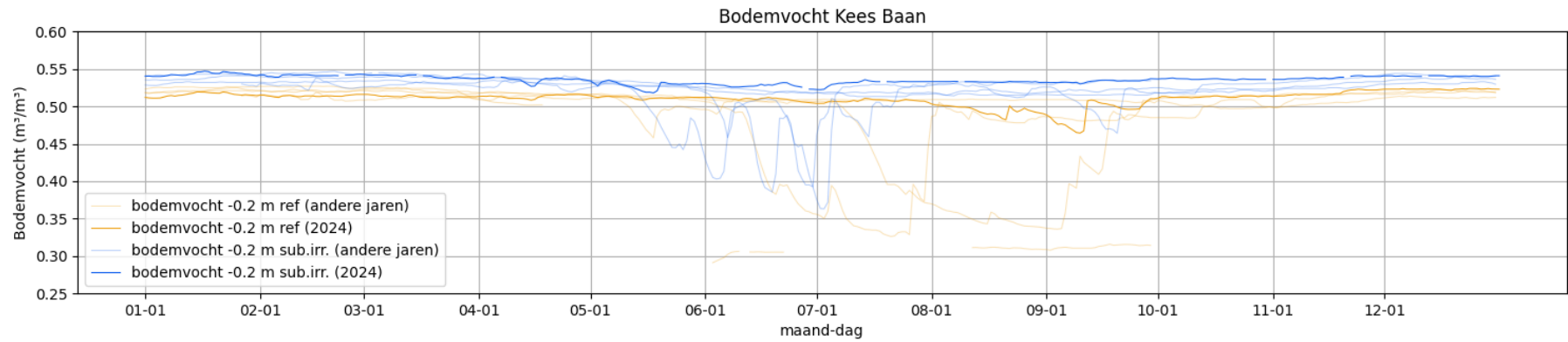
In het jaar 2025 is te zien dat de bodemvochtgehalten op een diepte van 0,2 m-m.v. op het proefperceel bij Baan dalen in mei en sterk dalen in begin juli, om daar weer te stijgen. Deze waarnemingen sporen met de grondwaterstanden en de waterstanden in de put en drain rond die tijd. Het bodemvochtgehalte op het referentieperceel dalen tot 0,30 m³/m³ in de periode juni tot en met september; de toplaag droogde behoorlijk uit. Het effect van AWIS is duidelijk zichtbaar in de data.

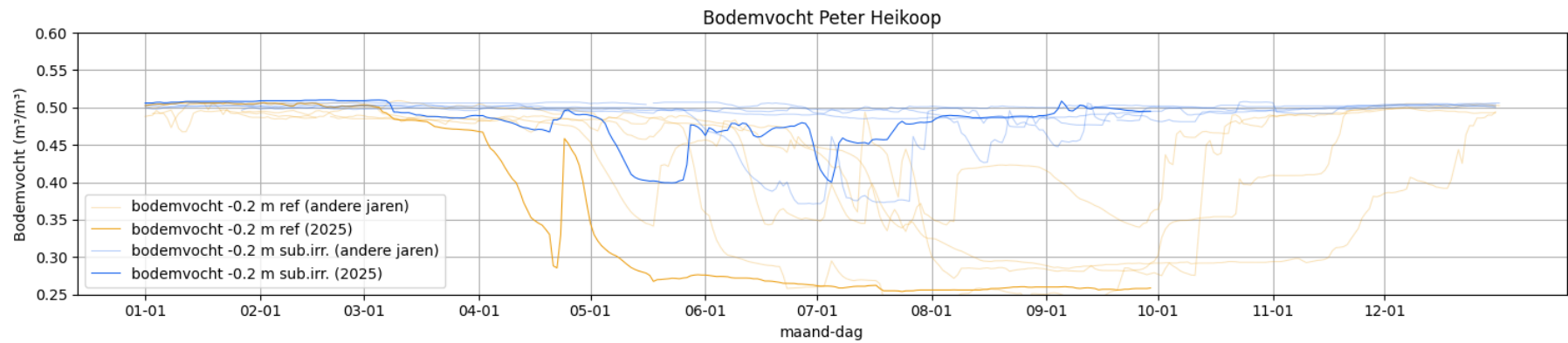
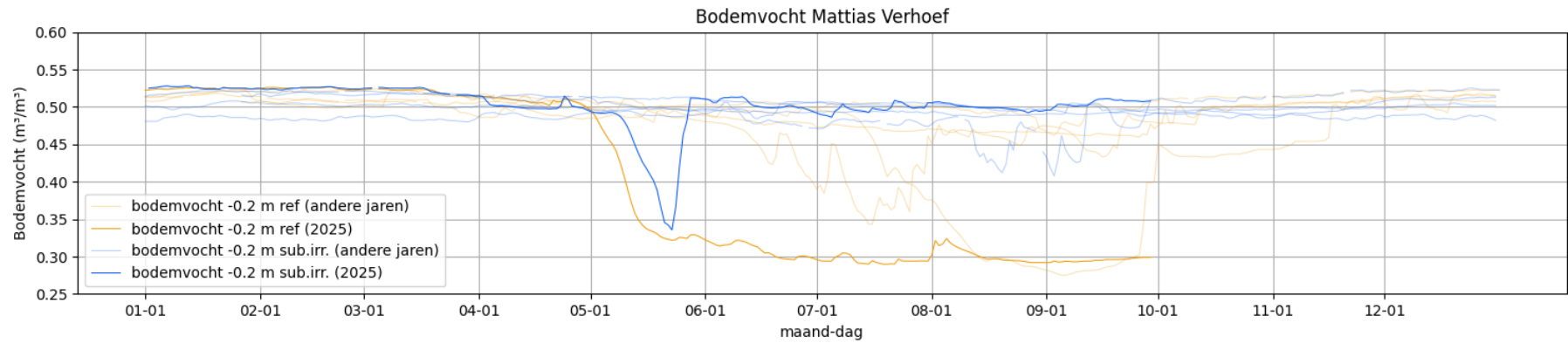
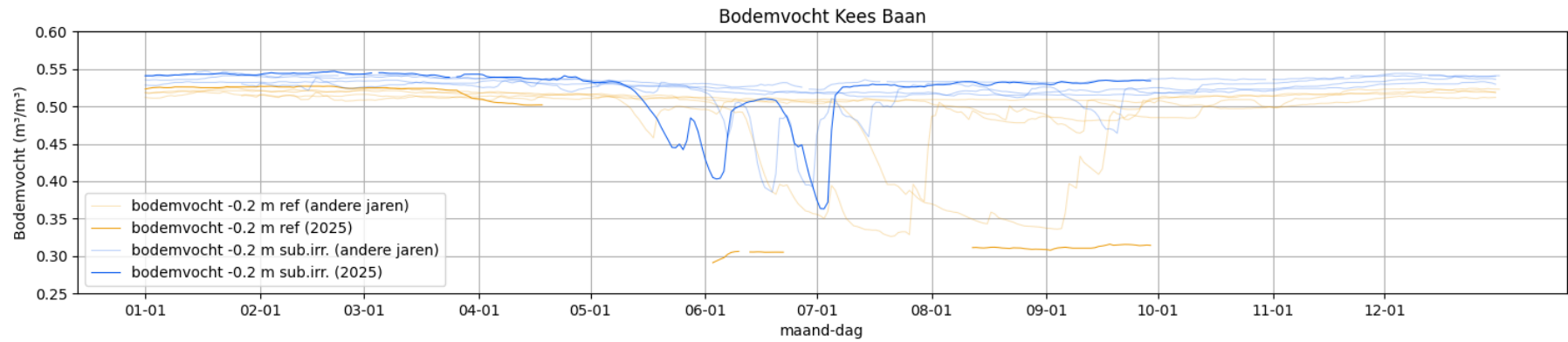
Bij Verhoef zien we in 2025 een daling op het proefperceel in de loop van mei 2025, waarna een stijging volgt en het bodemvochtgehalte stabiel hoog blijft. Dit spoort met de gemeten grondwaterstand. In dezelfde maand mei 2025 daalt het bodemvochtgehalte op het proefperceel, om niet meer te stijgen tot eind september. Ook hier is het effect van AWIS duidelijk zichtbaar in de data.

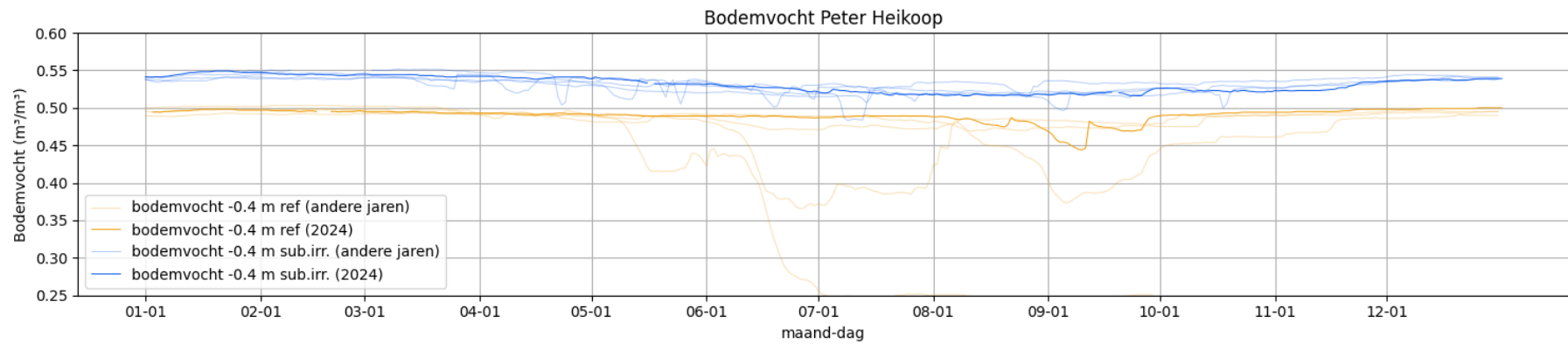
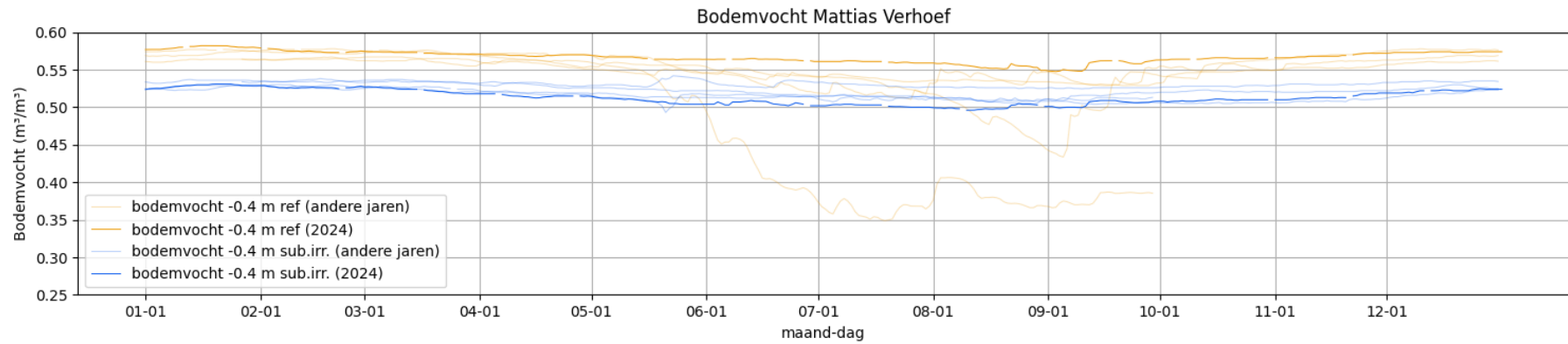
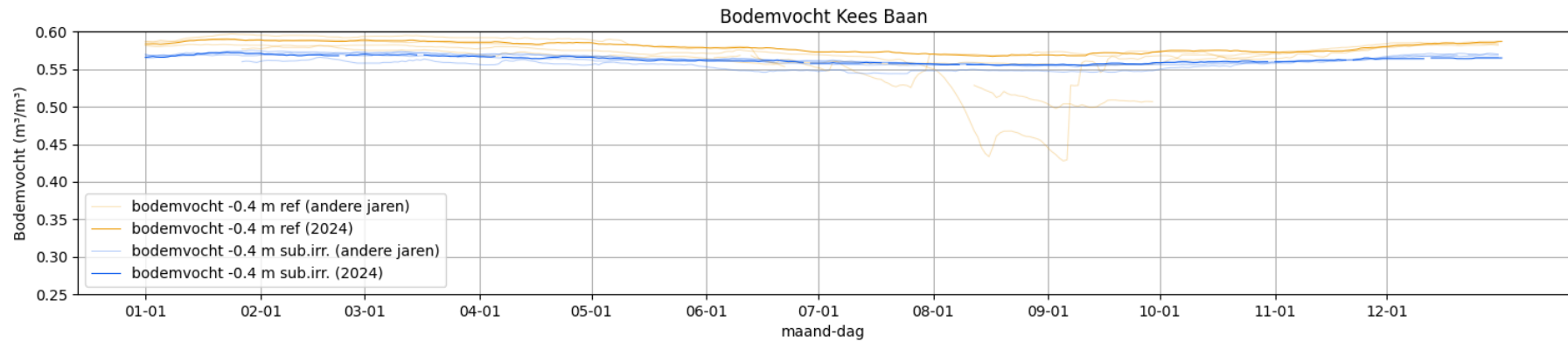
Op een diepte van 0,4 m-m.v. zien de gemeten bodemvochtgehalten in 2024 er stabiel uit in de tijd voor alle percelen. Bij Verhoef zijn de vochtgehalten systematisch een fractie hoger op het referentieperceel, bij Baan in iets mindere mate ook. Dit was in eerdere jaren ook het geval en vindt zijn oorsprong in iets ander bodems ter plekke. In 2025 zien we op deze diepte wel variatie in de tijd op diverse percelen. Bij Baan duikt het bodemvocht op het referentieperceel onder dat van het proefperceel vanaf medio juni 2025. Bij Verhoef is dit nog duidelijker en sterker waarneembaar, net zoals vooral bij Heikoop.

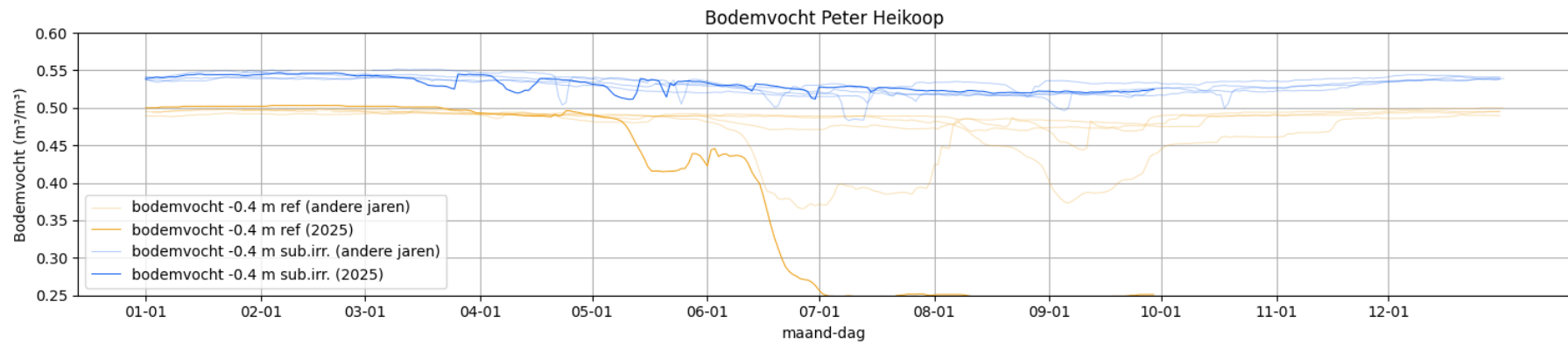
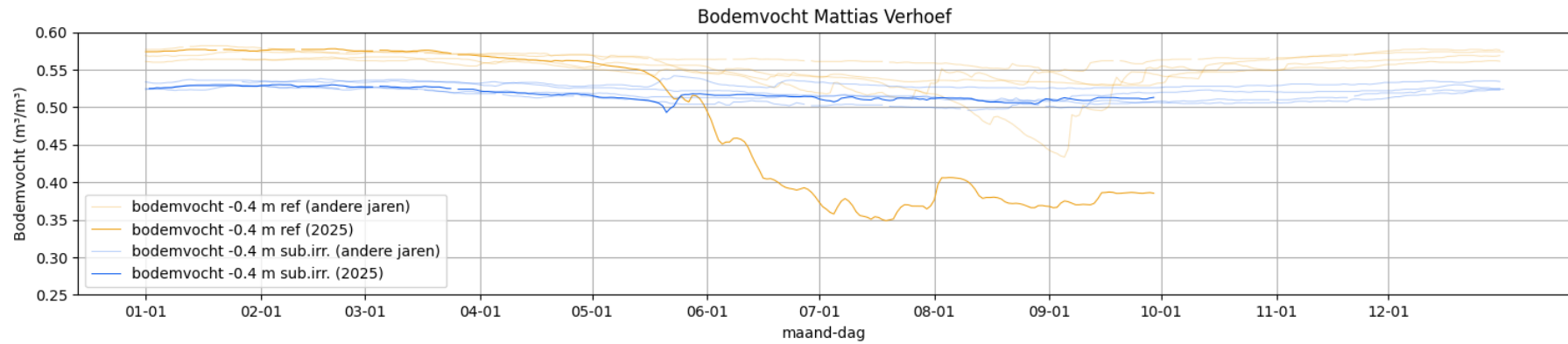
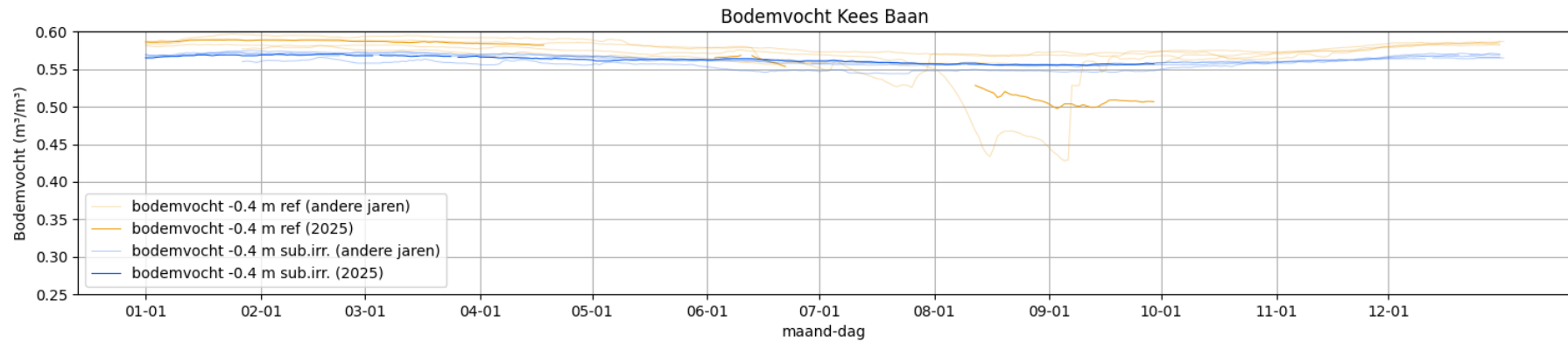
Op een diepte van 0,6 m-m.v. zien de gemeten bodemvochtgehalten in 2024 er stabiel uit in de tijd voor alle proefpercelen. Een geringe verlaging is te zien bij Heikoop in augustus en september op het referentieperceel. In 2025 zien we bij Baan stabiel hoge bodemvochtgehalten, met een lichte daling op het referentieperceel. Bij Verhoef en Heikoop zien we vergelijkbare tijdsverlopen als op de meetdiepte van 0,4 m-m.v., met een minder grote daling.

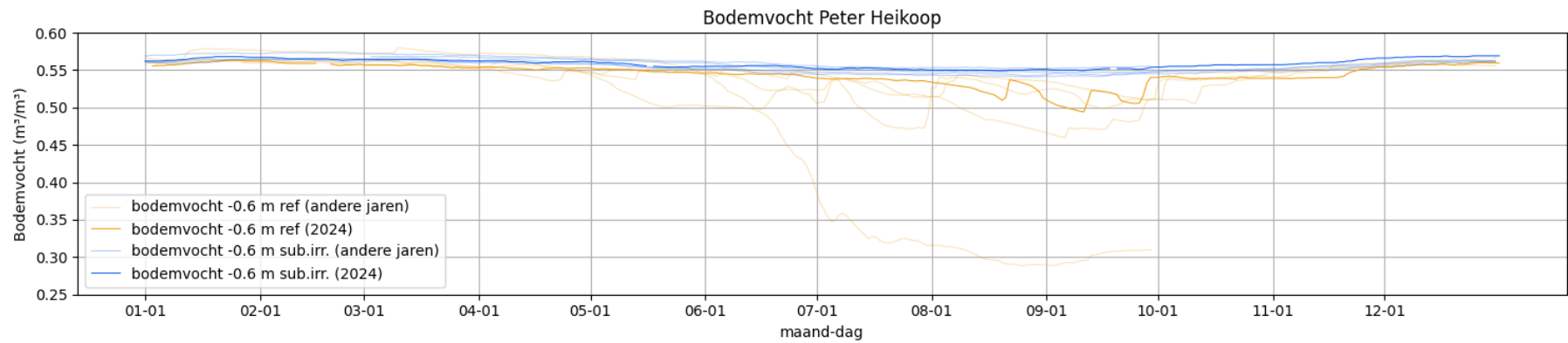
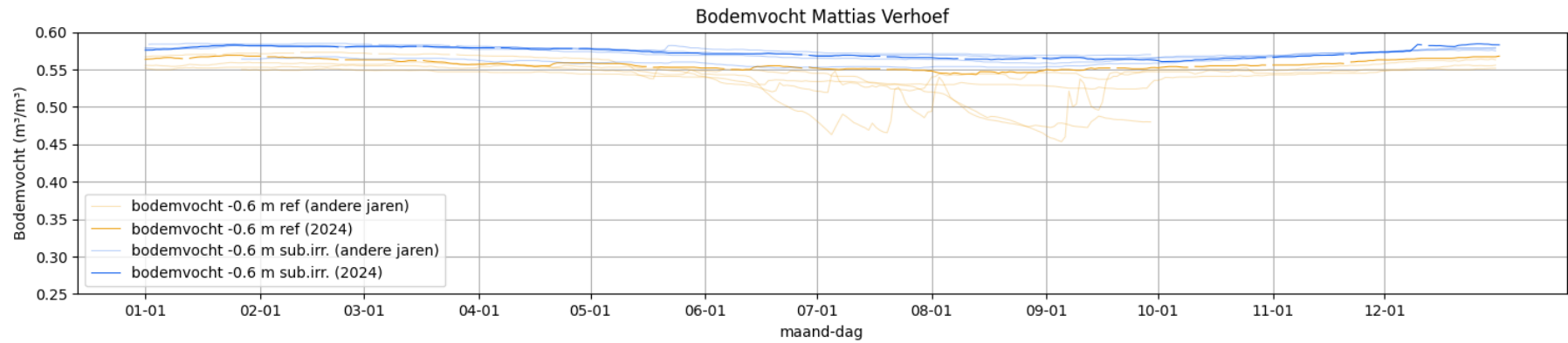
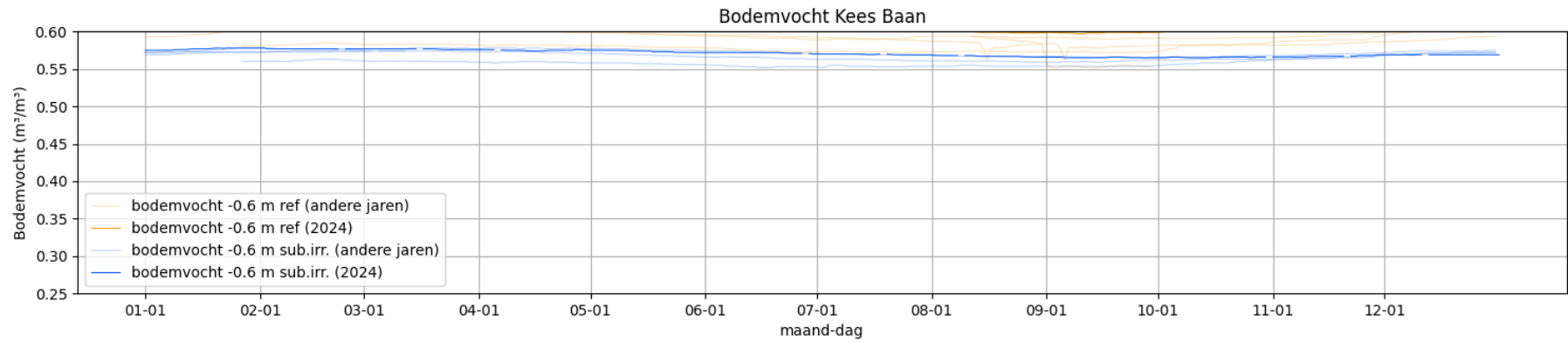
Het droge weer van 2025 dringt dus dieper door in de bodem tot 0,4 en 0,6 m diepte. De bodem wordt droger in de tijd vanaf mei 2025, in vergelijking met de voorgaande jaren vanaf de start van de metingen 2021. Toepassing van AWIS heeft een positief effect.

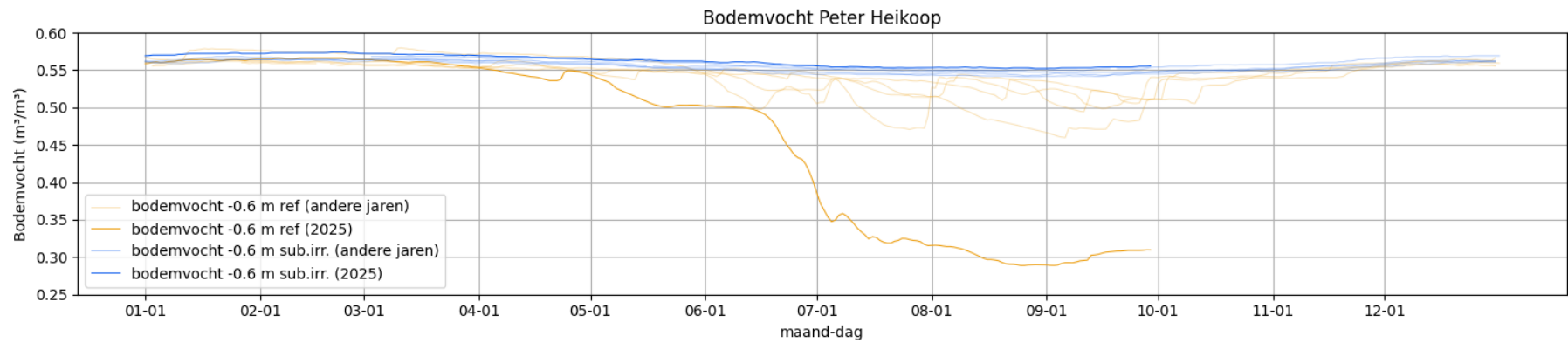
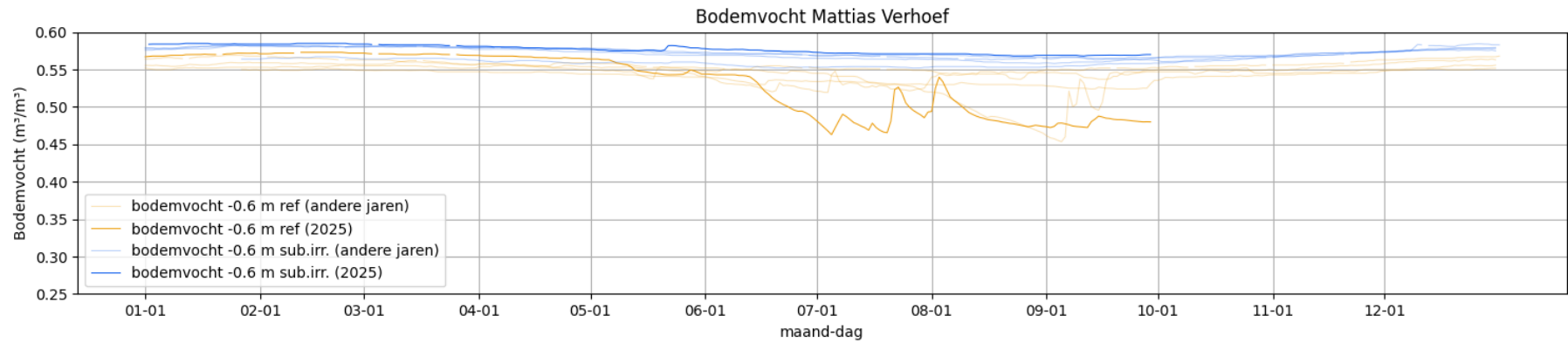
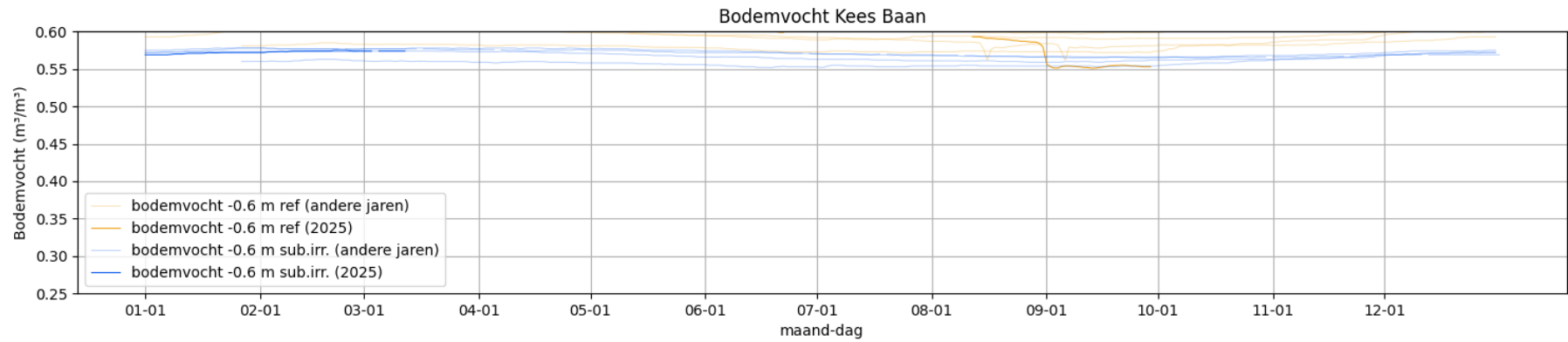






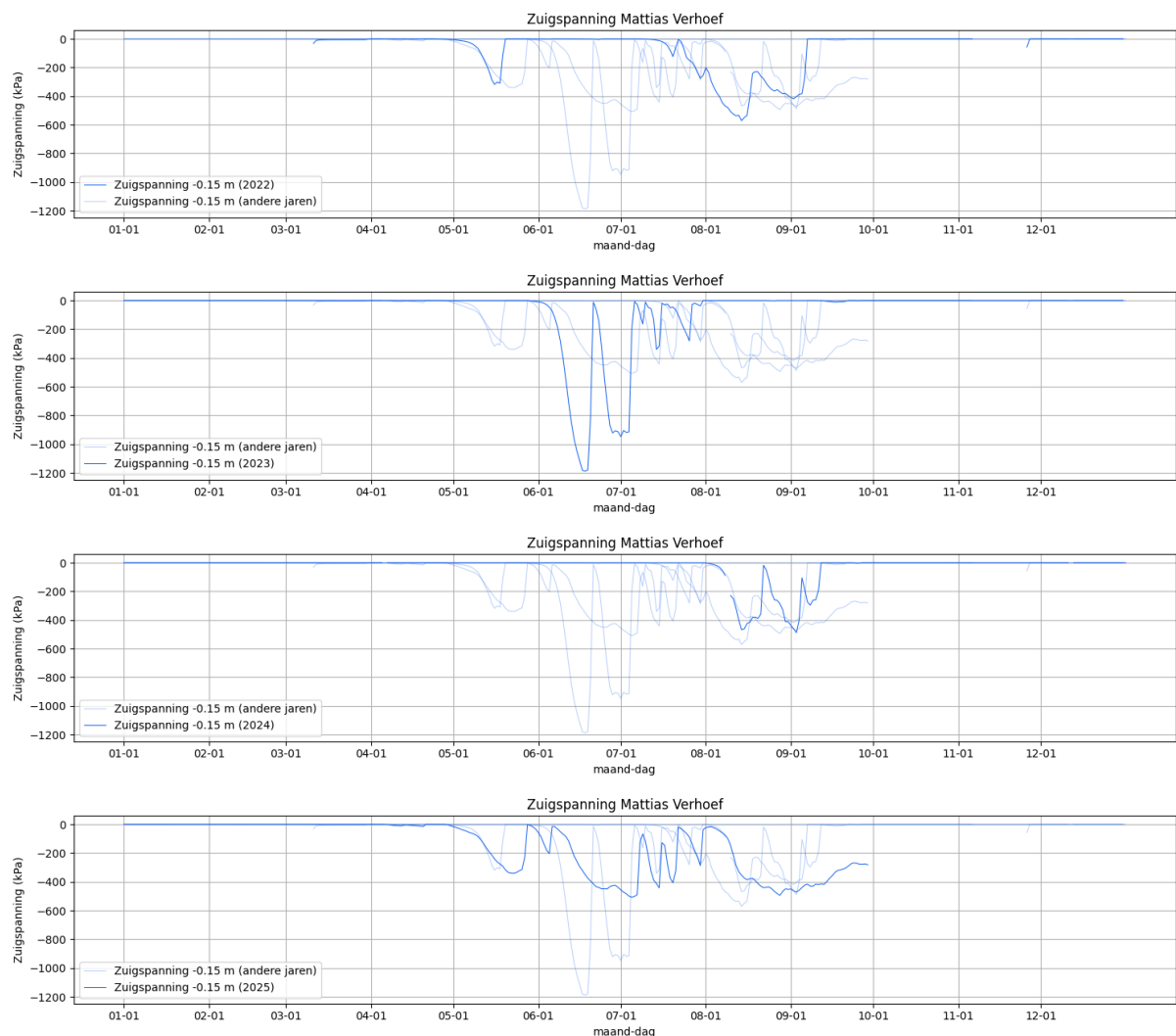






Figuur 20-1, 20-2 en 20-3. Gemeten bodemvochtgehalte [vol. %] in de tijd op drie dieptes (0,2, 0,4 en 0,6m) in het bodemprofiel op AWIS proefpercelen (sub. irr.; in blauw) en referentiepercelen (ref.; in oranje) in 2024 en 2025 bij Baan, Verhoef en Heikoop (eerdere jaren in lichtere kleuren). Op de X-as staan de maanden-dagen van het jaar (03-15 staat voor 15 maart). Volledig natte moerige veenbodems (boven GLG) hebben een verzadigd bodemvochtgehalte van 50 à 60 vol. %.

Zoals eerder reeds gemeld (3.2.2) reageren plantenwortels qua wateropname op de onderdruk ofwel *zuigspanning* van water in het onverzadigde deel van de bodem, waarbij naarmate de onderdruk hoger wordt (meer negatief), de plant meer moeite tot zelfs stress ervaart om water op te nemen om te kunnen verdampen. Naarmate planten meer deze moeite of stress ervaren, neemt de verdamping en de droge-stof productie af. Metingen met de tensiometer leveren de zuigspanning op (Figuur 21). De sensor hebben we als test medio februari 2022 bij Verhoef geïnstalleerd op een diepte van 0,15 m-m.v., binnen de wortelzone van gras, en laat het volgende zien vanaf installatie tot en met september 2025.



Figuur 21. Gemeten drukhoogte, ofwel onderdruk/zuigspanning (min-teken op Y-as) van bodemvocht op een diepte van 0,15 m-m.v. op het AWIS proefperceel van Verhoef, voor de periode 2022 tot en met september 2025. Installatie van Teros-21 sensor medio februari 2022. Gras begint last te krijgen van droogte bij een drukhoogte van -650 cm en lager.

De drukhoogte van het bodemvocht op 0,15 m-m.v. daalde in april 2022 naar -400 cm (bodemvochtgehalte daalde <5 vol.%) en in de loop van juni 2022 naar -600 cm tegen medio juli 2022. Deze laatste periode kan een stress-periode zijn geweest voor het gras vanwege droogte. Wellicht speelt hittestress (zonnestraling en luchttemperatuur) ook een rol (niet nader uitgewerkt hier). Deze metingen laten zien dat de drukhoogte een betere/sterkere indicatie geeft van eventuele droogtestress van het gras dan meting van het bodemvochtgehalte. Dit komt door de bodemfysische eigenschappen van (moerig) veen i.c. de pF-curve. In 2023 trad eerder een daling op en een veel grotere daling in totaal. Effecten van neerslag waren er ook duidelijk, met herstel van de lage zuigspanning (sterk negatieve waarde) naar waarden richting nul.

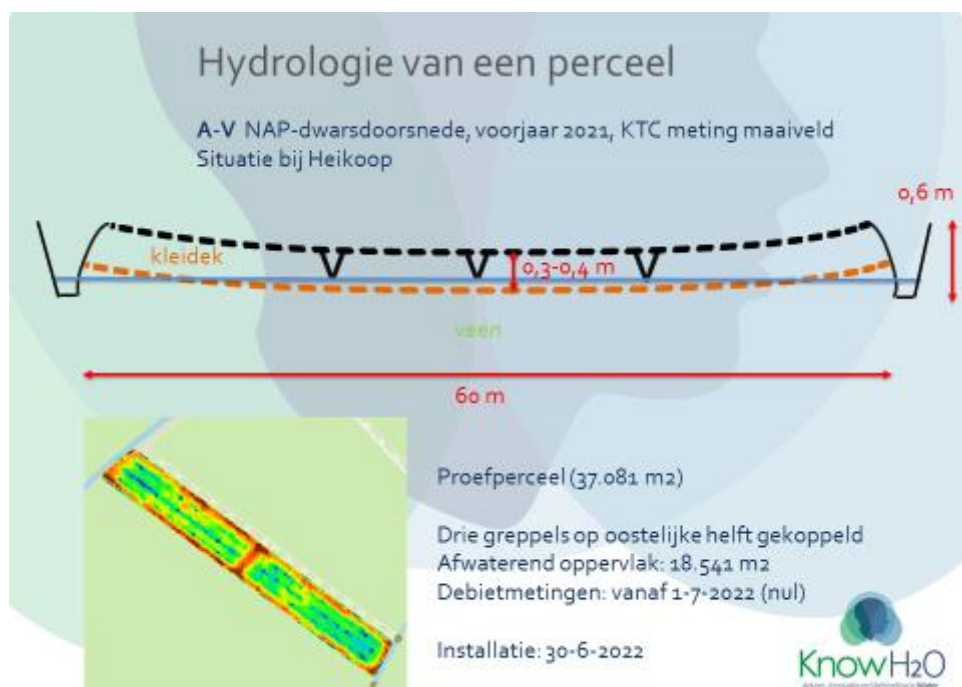
Het jaar 2024 was nat. De zuigspanning is doorgaand laag tot en met juli 2024. In augustus regende het duidelijk minder dan normaal en daalt de zuigspanning tot -400 cm. Deze waarde blijft hoger dan grasland kan verdragen zonder stress, dus hiervan verwachten we geen problemen voor het gras. Medio september 2025 is de wortelzone weer vernat en het bodemvochtgehalte op 0,20 m-m.v. (erg) hoog. Dit duurt voort tot begin mei 2025, dan treden er snel drogere condities op. Waar het bodemvochtgehalte in de eerder figuren vanaf eind mei weer natte condities laat zien, laat de gemeten zuigspanning zien dat er af en toe perioden zijn met een drogere zone op 0,15 m-m.v. Ook laat deze meting respons op regenbuien zien, waarbij de zuigspanning lager wordt (meer naar de nul-waarde). De droge zomer duurde echter voort in 2025, waardoor de (hoge) zuigspanning nog niet hersteld is eind september 2025.

Samengevat zijn de resultaten inzake effecten op bodemvochtgehalte als volgt:

- Meting van de drukhoogte in de wortelzone geeft een beter tot goed beeld van eventuele droogtestress van het gras, naast de meting van het bodemvochtgehalte.
- Extreem droog weer is zichtbaar in lagere bodemvochtgehalte tot tenminste 60 cm-m.v.
- Toepassing van AWIS heeft een positief effect op het bodemvochtgehalte in het gehele profiel; in extreem droge weersomstandigheden kan de toplaag van de bodem (0-30 cm) echter uitdrogen.

4.4 Gemeten waterafvoer via greppels

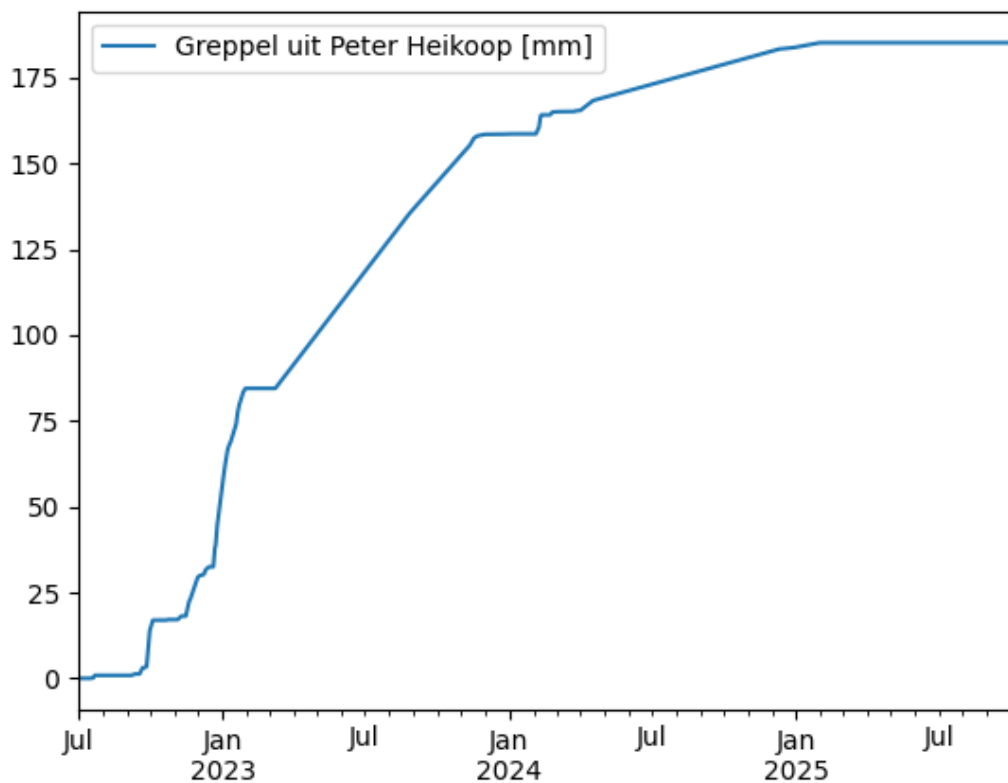
De greppels op holle percelen zorgen bij slootpeilen die lager zijn dan de bodem van de greppels voor de afvoer van neerslagoverschot bij hoge grondwaterstanden en afwatering bij maaiveldafvoer. Op alle holle proefpercelen zijn deze greppels aanwezig. Over de afvoer via greppels is deels kwantitatief bekend dat ze een belangrijk deel van de totale perceelafvoer op veen- en kleigronden kunnen verzorgen (o.a. Nijboer, 1986; Thunnissen, 1987; Van den Eertwegh en Van Beek, 2004; Van der Salm et al., 2006; projecten DOVE-zand, DOVE-veen, DOVE-klei). Dat kan ook het geval zijn voor de afvoer van meststoffen via greppelwater naar de sloten.



Figuur 22. Proefperceel Heikoop met vorm dwarsdoorsnede maaiveld en greppels. Drie greppels op de oostelijke helft onderling verbonden met buizen en via debietmeter naar polderwater geleid aan kop oostzijde.

Omdat we tijdens de uitvoering van de proeven gemerkt hebben dat de rol van greppels inzake de ontwatering en afwatering van veenweidepercelen belemmerd wordt door hoge(re) slootpeilen, hebben we op 30-6-2022 een debietmeter verbonden met drie gekoppelde greppels op het proefperceel bij Heikoop (oostelijke helft Figuur 22; afwaterend oppervlak 1,85 ha). De debietmeter watert af op het polderwater aan de oostzijde. Zo maken we afvoer via greppels mogelijk én meten we het debiet van de greppels continu. De meetreeks is te zien in Figuur 23. In de meetperiode tot en eind 2022 is ongeveer 60 water tot afvoer gekomen via de gekoppelde greppels (debiet in m³ omgerekend met oppervlakte in m²). Met name de neerslag in de laatste week van september 2022 (maandsom neerslag 131 mm) heeft tot greppelafvoer geleid (zie ook Figuur 12 en 13; grondwater Heikoop september 2022).

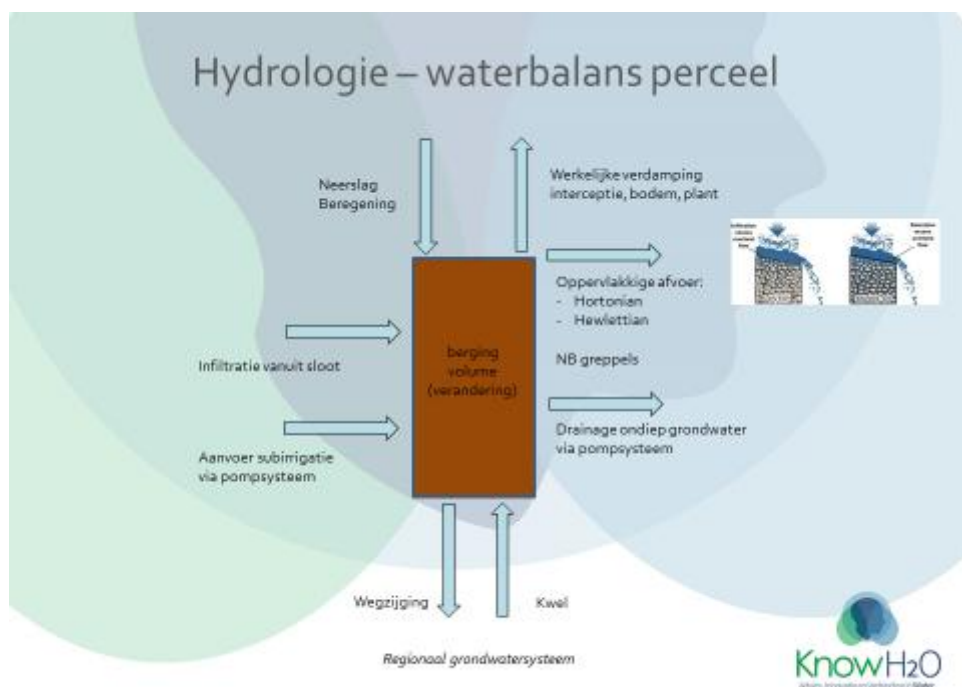
In 2023 komt er in totaal ongeveer 110 mm via de greppel tot afvoer. *De greppel speelt hiermee dus een belangrijke rol in het afvoerproces van het perceel. Dit wisten we al, maar deze metingen geven een kwantificering daarvan.* Als we naar de neerslagcijfers kijken bij Heikoop, dan zal er vooral in de maanden juli, augustus en oktober 2023 greppelafvoer zijn geweest, tijdens en vlak na regenbuien. De freatische grondwaterstanden waren bij of aan maaiveld in de perioden begin augustus, eind september/begin oktober en eind oktober. In 2024 komt er 20 mm tot afvoer via de greppel, een lage hoeveelheid. Naar verwachting zou deze afvoer groter moeten zijn geweest, gegeven de weersomstandigheden in dat jaar. In 2025 komt er begin van dat jaar 5 mm tot afvoer, daarna is er geen afvoer meer gemeten in dat droge jaar. Bij de onderhoudsronde in de winter van 2025/2026 zal de greppel en de meetopstelling nagekeken worden.



Figuur 23. Greppelafvoer [mm] bij oostelijke helft proefperceel Heikoop (1-7-2022 t/m 30-9-2025). Drie greppels op de oostelijke helft zijn onderling verbonden met buizen en via debietmeter naar polderwater geleid aan kop oostzijde. Meetperiode startte op 1-7-2022. Er zijn geen dagwaarden van 1-3-2023 t/m 1-11-2023. Daarom is die periode lineair geïnterpoleerd (77 mm afvoer).

4.5 Waterbalans proefperceel

De waterbalans op perceelschaal laat zien hoeveel water het er perceel in- en uitgaat en wat de herkomst van het water is (Figuur 24). De waterbalans kan opgesteld worden voor verschillende tijdperioden, typisch per dag, maand, seizoen of (hydrologisch) jaar.



Figuur 24. Schematische weergave van waterbalans perceel (massabalans - m_3). In- en uitgaande waterstromen aan alle zijden van het perceel (3D bodemkolom).

Binnen dit project bemeten en weten we een deel van de waterstromen als balanstermen van de (proef)percelen (Tabel 2). Te noemen zijn neerslag (dubbel-gevalideerde radardata; KNMI), een schatting van de werkelijke verdamping van gras (ET_{ref} MAK; KNMI), pompdebiet IN (perceel of sloot), pompdebiet UIT (perceel of sloot), greppelafvoer Heikoop (sinds 1-7-2022), verandering waterberging in bodem (via gemeten grondwaterstanden en bodemvochtgehalten) en de berekende sluitpost. We kennen nl. de kwel-wegzijging niet, evenmin de directe afvoer van water naar de sloot (geringe post, door hoog slootpeil), de directe infiltratie van sloot naar het perceel (vergroot door hoog slootpeil, maar verkleind door hoge grondwaterstanden op proefperceel), de werkelijke verdamping van bodem en gras (deze is lager dan ET_{ref} MAK van KNMI) en de verdamping van slootwater en water dat eventueel na een bui op de grassprietten aanwezig is (interceptiewater). Er heeft geen beregening plaatsgevonden, noch greppelinfiltratie.

KNMI-data zijn door KNMI gerapporteerd per maand in MaandOverzicht Neerslag en Verdamping (MONV) en per jaar in JaarOverzicht Neerslag en Verdamping (JONV) en JaarOverzicht van het Weer (JOW) (bijv., <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/gegevens/monv#JONV>). KNMI cijfers voor neerslag en verdamping zijn voor 2023 (vorige rapportage) eventueel bijgesteld na validatie door het KNMI.

In Tabel 3 staan de oppervlaktes van de proefpercelen.

Tabel 3. Oppervlakte [m^2] van proefpercelen Baan, Verhoef en Heikoop. Data: Boer en Bunder.

Agrariër	Oppervlakte Proefperceel [m^2]
Baan	29.524
Verhoef	26.184
Heikoop	37.081

De waterbalans-termen zijn voor deze rapportage iets veranderd ten opzichte van de eindrapportage van het vorige project (Van den Eertwegh en Van Deijl, 2024). Neerslag en verdamping zijn identiek (zie opmerkingen boven), maar pomp IN perceel is vervangen door pomp IN sloot bij Baan en Heikoop. Bij Verhoef is dat ongewijzigd (er is daar alleen een pomp IN perceel).

De term 'pomp IN sloot' is de hoeveelheid water die wordt ingepompt uit de polderweteringen bij Baan en Heikoop naar de sloten met de verhoogde waterpeilen. Deze hoeveelheid is de som van de watervraag van de volgende waterstromen:

1. Pomp IN van AWIS;
2. Infiltratie van water via de bodem en wand van sloot naar percelen links en rechts en grondwater in de ondergrond (wegzijging);
3. Verdamping van slootwater;
4. Op hoogwater peil houden van de sloot mede door waterstromen bij bovenstaande punten.

Hiermee geeft pomp IN sloot een completer beeld van de werkelijke watervraag aan het polderwater-systeem en ter handhaving van het verhoogde slootpeil.

Wat betreft de verdamping kunnen we het volgende noemen. De verdamping waarmee we rekenen is die van een referentiegewas volgens de Makkink-methode van het KNMI (De Bruin, 1987 en De Bruin en Lablans, 1998). Zie ook NHV (2015). De afgelopen jaren is er onderzoek gaande aan werkelijke verdamping in het veenweidegebied o.a. in het kader van het NOBV-programma van STOWA en van het NWO-project RESHAPE. KnowH₂O neemt daar als partner aan deel. Werkelijke verdamping van gewassen wijkt af van de referentiegewas-verdamping door diverse mogelijke stress-factoren voor gras en de wortelzone in de bodem:

- Te weinig water (droogte-stress);
- Te veel water (te weinig zuurstof, zuurstof-stress);
- Te zout bodemwater (zout-stress);
- Hoge luchttemperatuur (hitte-stress).

De werkelijke verdamping van grasland op (klei op) veenbodems kan zeker 5 à 10% lager zijn in het groeiseizoen van een normaal jaar tot >15% lager in een droog jaar (mondelinge mededeling van der Velde en Boon, VU Amsterdam, januari 2025). Metingen aangaande werkelijke verdamping van grasland op (klei op) veenbodems lopen door in andere projecten, in een volgende rapportage kunnen we hierop terugkomen.

In Tabel 4 (a,b,c) staan de bemeten balanstermen voor de proefpercelen gesommeerd voor verschillende perioden binnen het tijdvak januari 2021 tot en met september 2025.

NB: de gemeten debieten IN en (met name) UIT zijn deels indicatief, omdat de bediening van de systemen niet altijd tot volledige metingen heeft geleid. Zo is onder natte omstandigheden water mogelijk uit de systemen gelopen via de uitlooppijp, zonder gebruik te maken van de pomp. Daardoor is met name het gemeten debiet UIT minder volledig.

De neerslag (jaarsom 870-890 mm) varieert in ruimte en tijd. In maart, april, mei, juli en augustus 2022 was het relatief erg droog, in combinatie met een hoge verdampingsvraag vanuit de atmosfeer. Dat zagen we terug in grondwaterstanden en bodemvochtgehalten op de referentiepercelen, die in 2022 duidelijk lager waren dan in 2021. We zien ook dat het in 2023 erg nat was, met name in het vierde kwartaal.

De verdamping (ETref MAK; jaarsom 650 mm) is vrijwel identiek bij alle proefpercelen. Deze varieert niet sterk in de ruimte binnen de regio, wel in de tijd. In de periode april-september 2021 is deze met 485 mm duidelijk lager dan in dezelfde periode in 2022 en 2023 (550 mm).

We zien het effect van droge maanden in 2022 en 2023 (minder neerslag en meer verdamping) terug in pompdebieten IN. Er is een duidelijk hoger pompdebiet IN (i.c. de watervraag) van de proefpercelen bij droog weer, met als positief en beoogd effect hogere bodemvochtgehaltes en hogere grondwaterstanden.

De afvoer van water kan bij Baan en Heikoop worden gestuurd via de pompdebieten UIT. Verhoef heeft geen pomp UIT. Verder kan het zijn dat bij alle proefpercelen de afvoerbocht uit de pompput gefungeerd heeft als afvoer naar de sloot (niet afgesproken; normaal staat deze omhoog/dicht). De eventuele lekkage bij de afvoerbocht bij Verhoef is al genoemd (zie boven). Fouten in de balans die hierdoor veroorzaakt worden zitten in de sluitpost.

Tabel 4a. Termen waterbalans [mm] van AWIS proefperceel Baan voor verschillende perioden in de tijd van 1-1-2021 t/m 30-9-2025.

Baan	perceel		neerslag	pomp IN	verdamping	pomp UIT	verandering	restpost
Sommen [mm]				AWIS		AWIS	berging	
jaar	2021		851	21	-605	-31	-4	-232
	2022		842	223	-713	-113	-3	-237
	2023		1130	241	-660	-123	1	-588
	2024		986	155	-618	-226	-5	-292
t/m sep	2025		410	261	-653	-0	4	-22
zomerhalfjaar	2021		397	5	-485	-13	-18	114
	2022		422	158	-572	-11	-1	4
	2023		381	218	-548	-40	11	-22
	2024		536	142	-505	-149	-28	4
	2025		280	229	-572	-0	17	45

Tabel 4b. Termen waterbalans [mm] van AWIS proefperceel Verhoef voor verschillende perioden in de tijd van 1-1-2021 t/m 30-9-2025.

Verhoef	perceel		neerslag	pomp IN	verdamping	pomp UIT	verandering	restpost
Sommen [mm]				AWIS		AWIS	berging	
jaar	2021		823	113	-604		-13	-319
	2022		821	219	-712		-22	-305
	2023		1125	122	-659		22	-610
	2024		976	31	-618		2	-392
t/m sep	2025		422	77	-652		15	139
zomerhalfjaar	2021		367	108	-485		-32	42
	2022		409	153	-571		-1	11
	2023		374	76	-547		-1	99
	2024		527	7	-505		8	-37
	2025		296	77	-571		-5	203

Tabel 4c. Termen waterbalans [mm] van AWIS proefperceel Heikoop voor verschillende perioden in de tijd van 1-1-2021 t/m 30-9-2025.

Heikoop	perceel		neerslag	pomp IN	verdamping	pomp UIT	verandering	restpost
Sommen [mm]				AWIS		AWIS	berging	
jaar	2021		842	90	-601	-145	-6	-179
	2022		799	179	-709	-80	-15	-173
	2023		1138	125	-656	-125	5	-487
	2024		974	38	-617	-69	3	-329
t/m sep	2025		420	118	-648	-0	11	99
zomerhalfjaar	2021		402	90	-482	-47	3	35
	2022		379	173	-568	-0	-17	34
	2023		381	122	-545	-34	12	64
	2024		517	38	-504	-39	1	-13
	2025		279	113	-567	-0	1	174

Waterbalans AWIS proefperceel Baan

De balansen bij Baan voor de gehele periode laten overschotten zien (negatieve restpost), dit betekent dat er netto een niet-bemeten afvoer van water moet zijn in het veld. De opties zijn:

- Fouten in bestaande balanstermen;
- Afvoer direct naar de kavelsloten;
- Verdamping van interceptiewater;
- Wegzijging naar grondwater (treedt op, zie boven).

De getoonde balanstermen bij Baan in Tabel 3a kunnen fouten bevatten, met name pompdebiet UIT. In 2023 is geconstateerd dat de afvoerbuisklek was en de debietmeter water (UIT) heeft gemist. De directe afvoer van perceelwater naar de omringende kavelsloten kan plaatsvinden via de greppels en via stroming van grondwater. Aangezien de omringende slootpeilen verhoogd zijn als onderdeel van de proef, lijkt het minder waarschijnlijk dat er water afgevoerd is.

De verdamping van interceptiewater na neerslag kan een deel van de verklaring zijn. Als er 10% van de neerslagsom direct verdampt vanaf de grassprietten na neerslag, dan betekent dat een extra verdamping. Een volgende verklarende term voor het overschot op de balans is de wegzijging naar het grondwater, die bij proefperceel Baan optreedt en gevoed/versterkt wordt door de proef. Een geschatte wegzijging van 0,5 mm/dag levert een niet-bemeten grondwater-afvoer op van ruim 180 mm/jaar. Met de geschatte interceptieverdamping en de wegzijging kan op het grootste deel van de niet-bemeten afvoer al ingevuld worden.

In de gegevens voor 2024 is te zien dat er duidelijk meer neerslag is gevallen en (bijna de helft) minder is ingepompt, in vergelijking met 2025. In 2024 is ook uitgedompt, niet alleen in de zomer, in 2025 in het geheel niet. Deze resultaten zijn plausibel in het licht van de weerjaren 2024 en 2025. Het beeld van 2025 is dat de verdamping in de getoonde balans groter is dan de werkelijke verdamping: er is duidelijk sprake geweest van een reductie van de verdamping door het droge weer in het groeiseizoen.

Waterbalans AWIS proefperceel Verhoef

De balansen voor de gehele periode laten overschotten zien (negatieve restpost), dit betekent dat er netto een niet-bemeten afvoer van water moet zijn in het veld. De opties zijn:

- Fouten in bestaande balanstermen;
- Afvoer direct naar de kavelsloten;
- Verdamping van interceptiewater;
- Wegzijging naar grondwater (NB: er treedt kwel op, zie boven).

Bij Verhoef is er geen pompdebiet UIT. Er is lokaal sprake van kwel. Deze kwelstroom levert een extra toevoer van water op naar het perceel. Deze extra toevoer moet worden opgeteld bij het balansoverschot, dat daardoor groter wordt. De AWIS proef heeft wel een verkleining van de kwelintensiteit tot gevolg (Figuur 16). Op basis van metingen lijkt het waarschijnlijk dat de kwelstroom niet zo groot en anders nagenoeg nul is.

Fouten in de getoonde balanstermen zijn naar verwachting niet zo groot, dat deze de balans kunnen maken. De afvoer direct naar de kavelsloten kan met name plaatsgevonden hebben in natte perioden. In perioden met hogere grondwaterstanden op het proefperceel, zijn de slootpeilen niet veel hoger geweest dan de polderpeilen, ook wel eens lager. De verdamping van interceptiewater na neerslag kan een deel van de verklaring zijn. Als er 10% van de neerslagsom direct verdampt vanaf

de grassprietten na neerslag, dan ontstaat zo een extra verdamping. Daarmee blijft het overschot gemiddeld nog niet verklaard. Waarschijnlijk is er sprake van een behoorlijke afvoer van water direct naar de kavelsloten.

In 2024 is een zonnepaneel defect geraakt (botsing met een koe) en gerepareerd. Daardoor zijn de ingepompte volumes niet correct. Gelukkig voor de proef was 2024 een nat jaar qua weer. Het beeld van 2025 is dat ook hier de verdamping in de getoonde balans groter is dan de werkelijke verdamping: er is duidelijk sprake geweest van een reductie van de verdamping door het droge weer in het groeiseizoen.

Waterbalans AWIS proefperceel Heikoop

De balansen voor de gehele periode laten overschotten zien, dit betekent dat er netto een niet-bemeten afvoer van water moet zijn in het veld. De opties zijn:

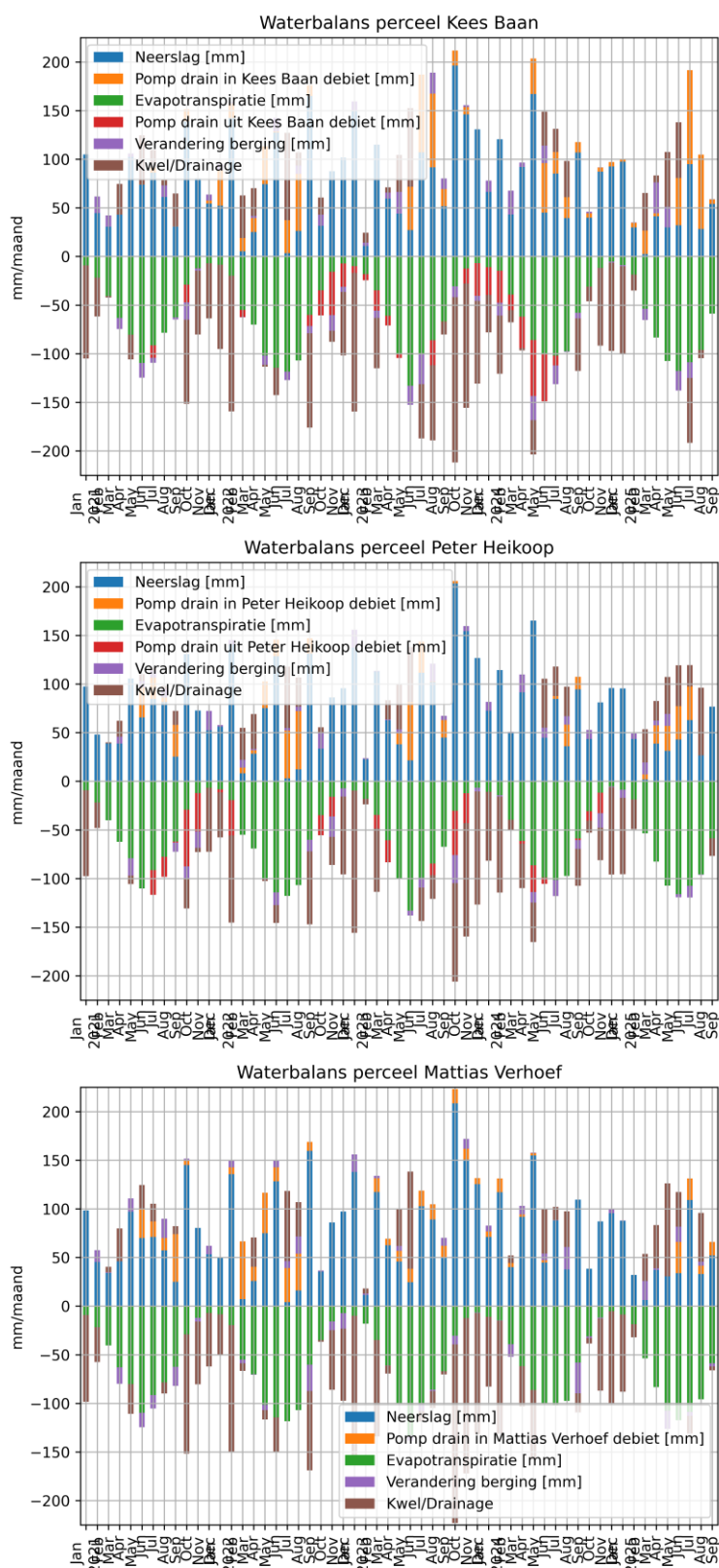
- Fouten in bestaande balanstermen;
- Afvoer direct naar de kavelsloten;
- Verdamping van interceptiewater;
- Wegzijing naar grondwater (NB: er treedt kwel op, zie boven).

Er is bij Heikoop lokaal sprake van kwel. Deze kwelstroom levert een extra toevoer van water op naar het perceel, net als bij Verhoef, maar zeer waarschijnlijk groter. Deze extra toevoer moet worden opgeteld bij het balansoverschot, dat daardoor groter wordt. De AWIS proef heeft wel een verkleining van de kwelintensiteit tot gevolg (Figuur 16). Op basis van metingen lijkt het waarschijnlijk dat de kwelstroom niet nul is. Met een geschatte kwelintensiteit van 0,25 mm/dag komen we uit op ruim 90 mm/jaar extra aanvoer. Interceptieverdamping (10% van neerslag) levert een extra afvoerterm van bijna 90 mm/jaar op. Een mogelijke verdubbeling van het volume aan pompdebiet UIT, via in het veld opgetreden greppelafvoer (met name) en directe afvoer naar de kavelsloten (in mindere mate) in perioden van lagere slootpeilen in de wintermaanden is denkbaar. Een kleinere kwelterm (hierboven geschat) van 0,1 mm/dag zou dan de balansen beter kunnen sluiten.

Het jaar 2023 laat zien dat jaarcijfers niet alles zeggen, soms zelfs een verkeerd beeld opleveren. Het was in het geheel gezien erg nat, maar de zomermaanden waren droog. Daardoor werd er ingepompt. Op jaarbasis zou men zich dan kunnen afvragen, waarom. Seizoenbalansen hebben veel meer informatie in zich dan jaarbalansen.

De cijfers voor 2024 laten zien dat er in het zomerhalfjaar wordt ingepompt en deze volumes duidelijk kleiner zijn dan in andere jaren met meer neerslag. Er wordt dat jaar ook in de zomer uitgedempt. In 2025 is er duidelijk meer water ingepompt en geen water uitgedempt. Het beeld van 2025 is dat ook hier de verdamping in de getoonde balans groter is dan de werkelijke verdamping: er is duidelijk sprake geweest van een reductie van de verdamping door het droge weer in het groeiseizoen.

De inzet van pompen via de AWIS laat zien voor het zomerhalfjaar van 2024 dat Baan en Heikoop evenveel in- als uitpompen. Verhoef pompt alleen in. Voor 2025 geldt voor allen dat er alleen ingepompt is. Voor 2024 geldt grofweg dat Baan driemaal zoveel in- als uitpompt in vergelijking met Heikoop. Voor 2025 geldt dat Baan tweemaal zoveel in- als uitpompt in vergelijking met Heikoop. Verhoef pompt het minst in van de drie betrokken agrariërs.

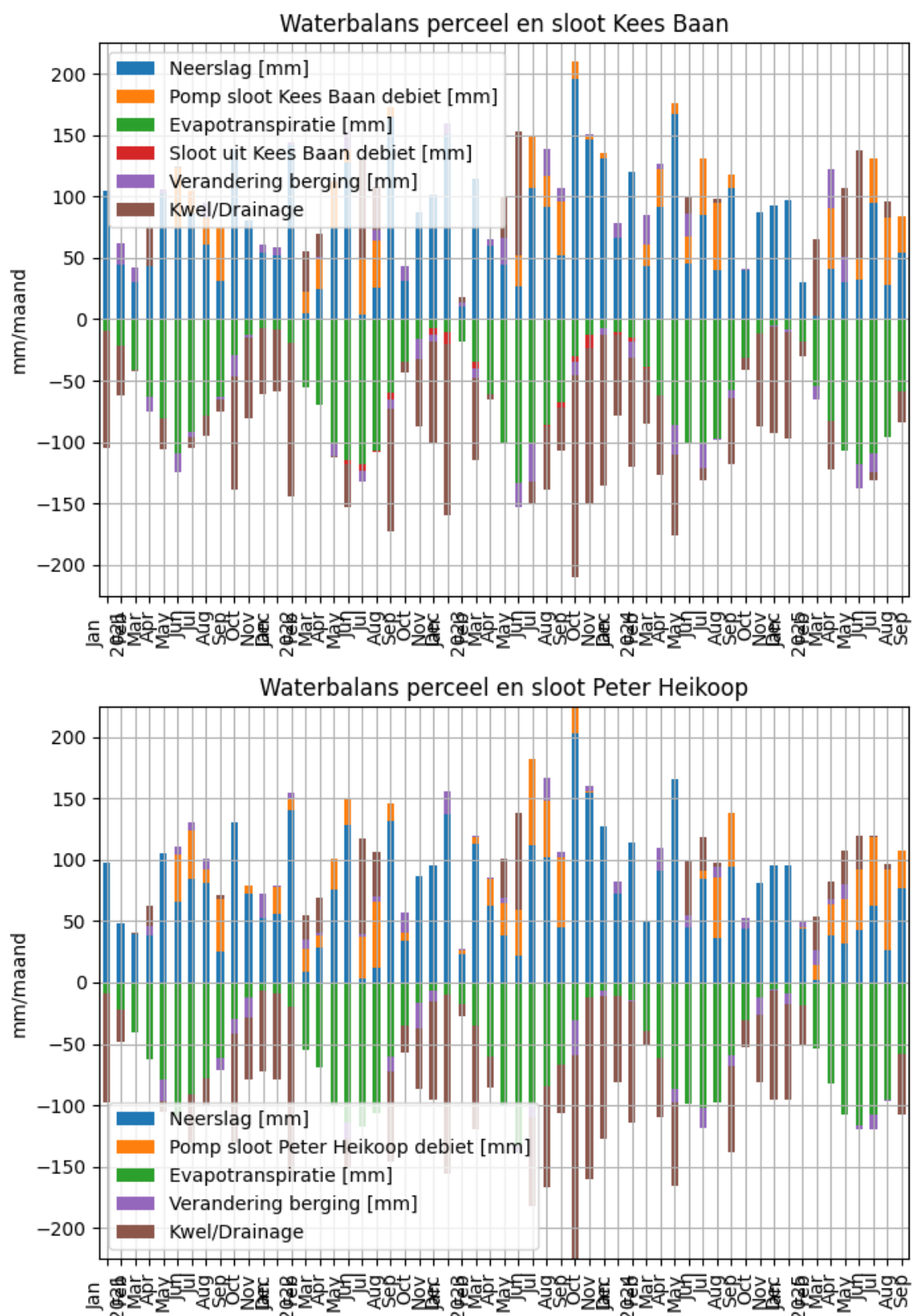


Figuur 25. Termen waterbalans per maand [mm/maand] van AWIS proefpercelen Baan, Heikoop en Verhoef in de tijd van januari 2021 t/m september 2025.

Figuur 25 toont de bemeten termen van de waterbalans per maand van proefpercelen bij Baan, Heikoop en Verhoef in het tijdvak januari 2021 t/m september 2025. Duidelijk te zien zijn de variaties van maand tot maand en de extreme jaren 2024 en 2025.

4.6 Waterbalans sloot

De instromende debieten bij de sloten bij Baan en Heikoop worden bemeten, bij Verhoef niet. Bij Heikoop is er geen debietmeter aanwezig voor debiet sloot uit. Door aanhoudende problemen met verstoppingen bij de debietmeter sloot uit bij Baan is deze verwijderd in 2024 en niet meer teruggeplaatst. Daarom kunnen we voor Baan en Heikoop voor het water-bodem-systeem van het proefperceel slechts een indicatieve waterbalans opstellen voor het gecombineerde 'systeem' kavelsloot met proefperceel.



Figuur 26. Termen waterbalans per maand [mm/maand] van sloot Baan en Heikoop in de periode 1-1-2021 t/m 30-9-2025.

Figuur 26 laat de maandgegevens zien. De balansen zijn indicatief omdat de gegevens van debiet sloot UIT alleen voor Baan beschikbaar zijn vanaf juni 2022, omdat de afvoer naar het polderwater ook wel eens gebeurde tijdens hoogwater terwijl dat voor de metingen en analyse niet de bedoeling was en omdat we kwel/wegzijing naar en van de sloten niet kwantitatief kennen.

De term pomp sloot IN is voor beide balansen de bron van water voor pomp drain IN (Figuur 25). Aanvoerwater uit de polder gaat via de sloot de systemen in, indien daar de pomp IN aan staat. De pomp sloot IN zorgt ook voor instandhouding van het hogere slootpeil, mocht dat dreigen onderuit te zakken.

Globaal gezien zijn de neerslag en verdamping de grootste balansposten, waarbij wateraanvoer het eventuele tekort aan neerslag aanvult. Een andere aanvulling van een mogelijk neerslagtekort is het niet uitpompen van water op het moment dat het regent of net heeft geregend, waardoor dit water leidt tot hogere grondwaterstanden en hogere slootpeilen. Nu was het in de praktijk zo dat er toch bij tijd en wijle water, met name in natte tijden in 2021, 2023 en 2024 via de sloot is afgevoerd naar de polder, een hoeveelheid die niet gemeten is. Dat maakt een harde (...) en meer uitgebreide analyse van deze balansen op dit moment speculatief qua uitkomst. Het is in ieder geval duidelijk aan alle balansen op slootniveau dat er veel afvoer plaatsvindt, grotendeels via de sloten en voor een kleiner deel via wegzijing naar het grondwater (m.n. bij Baan), die we niet gemeten hebben. In een normaal jaar is deze afvoer in de orde grootte van 300-350 mm, in een (zeer) nat jaar kan dat oplopen tot 450 en >600 mm.

4.7 Watervraag voor AWIS-proefpercelen

In de twee voorgaande paragrafen is de waterbalans geschetst van percelen en sloten. Specifiek onderdeel daarvan is de hoeveelheid water die via de pomp IN de systemen voedt. De watervraag van/voor vernatting is belangrijk omdat daarmee het doel van vernatting al dan niet bereikt kan worden: als de watervraag groter is dan aangevoerd kan worden in droge tijden via de polder en de omliggende rivieren (hoofdwatersysteem HWS), dan wordt de feitelijke realisatie van vernatting mogelijk minder.

'De watervraag van een perceel is gedefinieerd als de hoeveelheid water die vanuit de sloot of een WIS infiltreert in het perceel.' (Van Hardeveld, 2024)

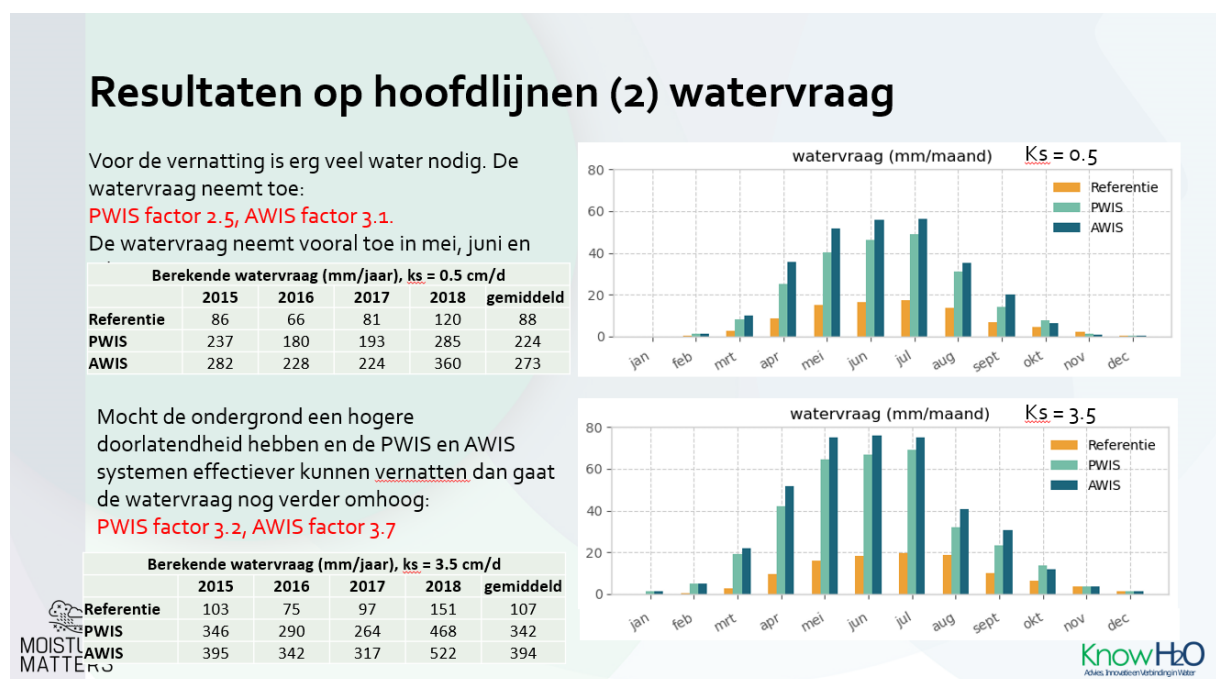
Als we de definitie van Van Hardeveld (Waternet/AGV) volgen, dan komt de watervraag in deze context overeen met het debiet van pomp IN bij/naar de systemen op de drie proefpercelen.

Hydrus_2D modelberekeningen (Voortman en Van den Eertwegh, 2023) zijn in opdracht van Waternet in 2023 uitgevoerd en gerapporteerd aan Waternet en op het Nationaal Congres Slappe Bodem op 16 november 2023 (Van den Eertwegh, Voortman, Olsman). De vraag die voorlag aan deze modelexercities was: wat is de watervraag bij referentiecondities en vernatting met PWIS en AWIS? PWIS staat voor Passief Water InfiltratieSysteem (ook wel onderwaterdrains), waarbij slootwater bij een gegeven slootpeil vrij kan instromen in drainagebuizen en zo kan infiltreren, zonder extra waterdruk. AWIS staat voor Actief Water InfiltratieSysteem, waarbij slootwater kan instromen in drainagebuizen en zo kan infiltreren, nu mét een (vaak instelbare) extra waterdruk, hoger dan het slootpeil.

De uitkomst is te zien in Figuur 27. Vergeleken met de referentiesituatie neemt de watervraag met PWIS gemiddeld per jaar (2015 t/m 2018) met een factor 2,5 tot ruim 3 toe, met AWIS met een factor ruim 3 tot bijna 4. AWIS is effectiever in vernatting, daarvoor is dus ook meer water nodig. Het mechanisme hierachter is via de waterbalans van een perceel te verklaren.

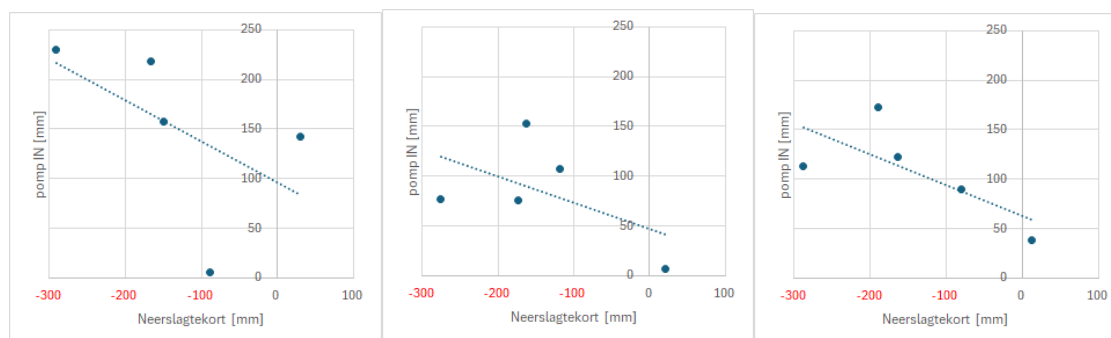
Vernatting betekent in feite de berging van water in de veenbodem op peil houden of verhogen. Berging van water vindt plaats via vocht in de bodem, die verzadigd is vanaf de freatische grondwaterstand neerwaarts. Uitputting van de waterberging in het bodemprofiel kan plaatsvinden via verdamping (beter: neerslagtekort) en wegzijging, daardoor zakken de grondwaterstanden in het groeiseizoen uit. De infiltratie vanuit de poldersloten is in de referentiesituatie te gering (1 à 2 mm/d) om deze uitputting bij te benen. PWIS en AWIS kunnen dit beide wel. Het op peil houden van de waterberging betekent dus het compenseren van het neerslagtekort en van de (toegenomen) wegzijging bij vernatting.

Uit de Hydrus_2D berekeningen blijkt dat de wegzijging niet veel toeneemt door de hogere freatische grondwaterstanden op percelen met PWIS of AWIS. De verticale weerstand in het gehele veenpakket is hoog. Dus daarmee moet op hoofdlijnen het neerslagtekort in het groeiseizoen (grofweg april t/m september; lente en zomer) worden gecompenseerd om de waterberging op peil te houden met een PWIS of AWIS.



Figuur 27. Berekende watervraag met Hydrus_2D model voor de jaren 2015 t/m 2018 [mm/jaar] met twee varianten van de verzadigde doorlatendheid K_s van veenbodem voor referentieperceel, PWIS en AWIS (Voortman en Van den Eertwegh, 2023).

Voor de periode april t/m september hebben we voor de vijf groeiseizoenen de cijfers voor de proefpercelen van Baan, Verhoef en Heikoop bij elkaar gezet voor de sommen [mm] van het potentieel neerslagtekort (neerslag minus ET ref MAK KNMI) en de gemeten debieten via pomp IN. Figuur 28 laat zien dat er een (linear) verband is, uitzonderingen daargelaten. Dit verband spoort met de modelberekeningen voor Waternet van Voortman en Van den Eertwegh (2023). Daarmee is het potentieel neerslagtekort in het groeiseizoen een redelijk tot goede maat voor de werkelijke watervraag van de systemen.



Figuur 28. Watervraag AWIS proefpercelen: som april tot en met september [mm] van het potentieel neerslagtekort (neerslag minus ETref MAK KNMI) vs. de gemeten debieten via pomp IN. Vijf groeiseizoenen van 2021 tot en met 2025. Baan (links), Verhoef (midden) en Heikoop (rechts). Stippellijn is lineaire regressielijn door de waarnemingen.

KNMI (2023) en Deltares, RWS en KNMI (2023) geven aan dat grosso modo in klimaatscenario's het potentieel neerslagtekort in de zomermaanden en groeiseizoen groter wordt en de rivierafvoeren in zomer gaan dalen. De watervraag voor vernatting gaat dan toenemen en de waterbeschikbaarheid gaat afnemen.

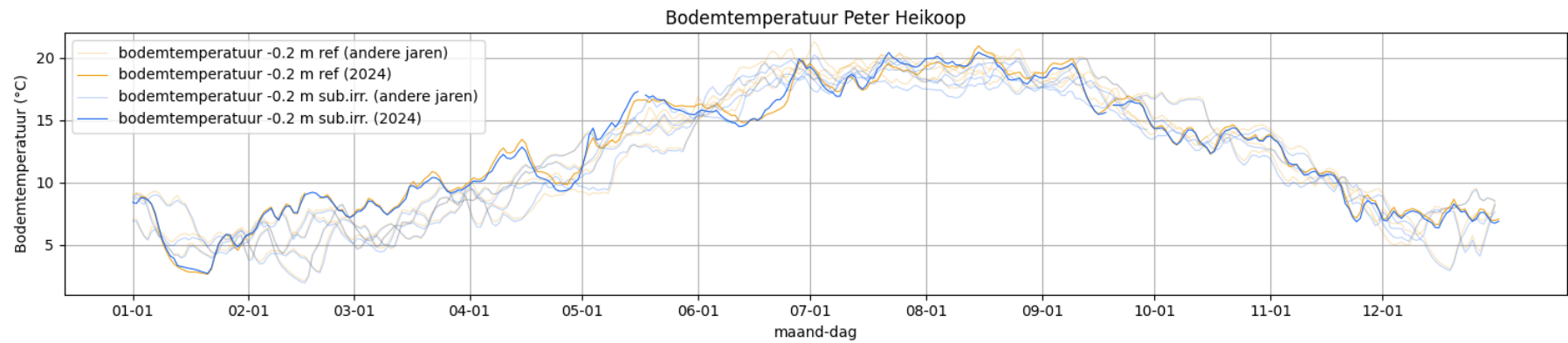
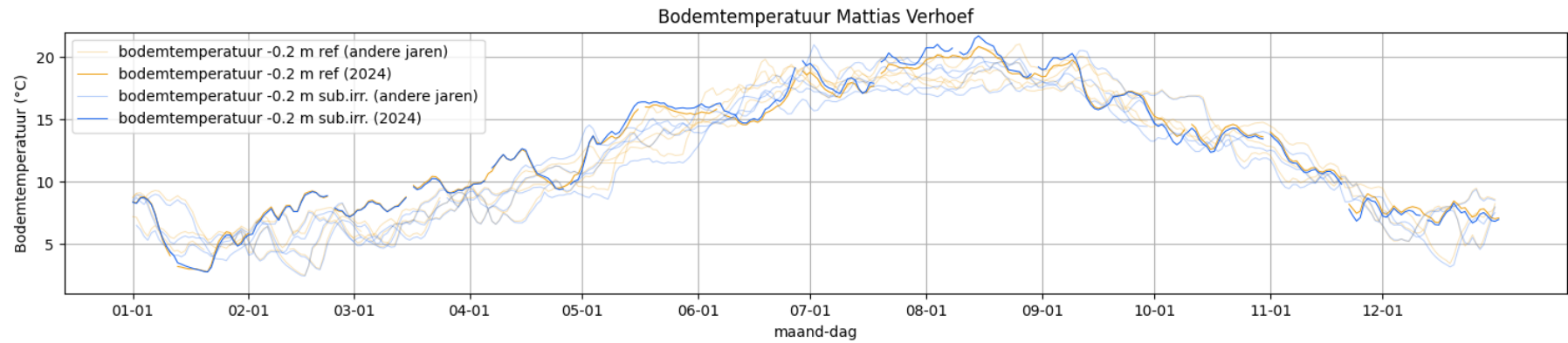
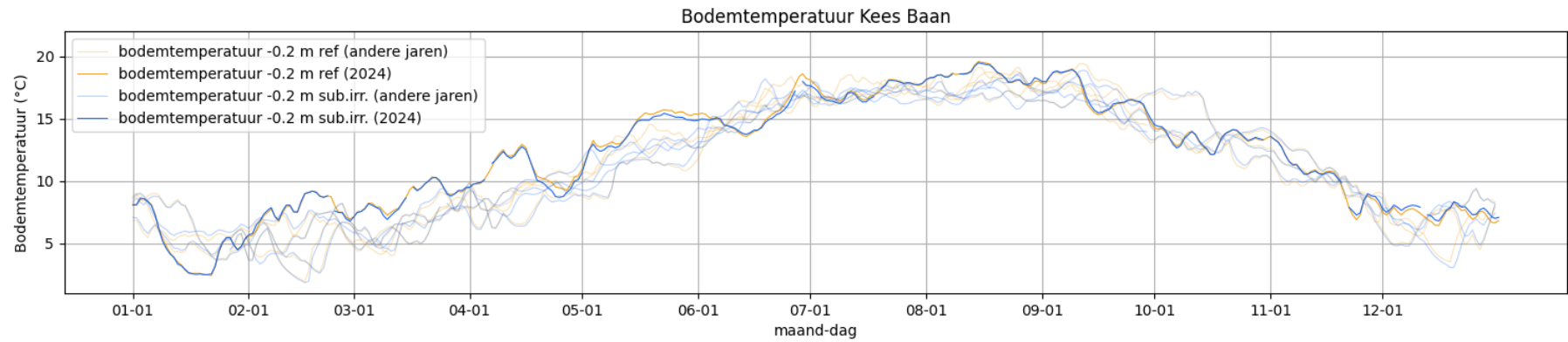
4.8 Gewastranspiratie en droge-stof opbrengst gras bij Baan

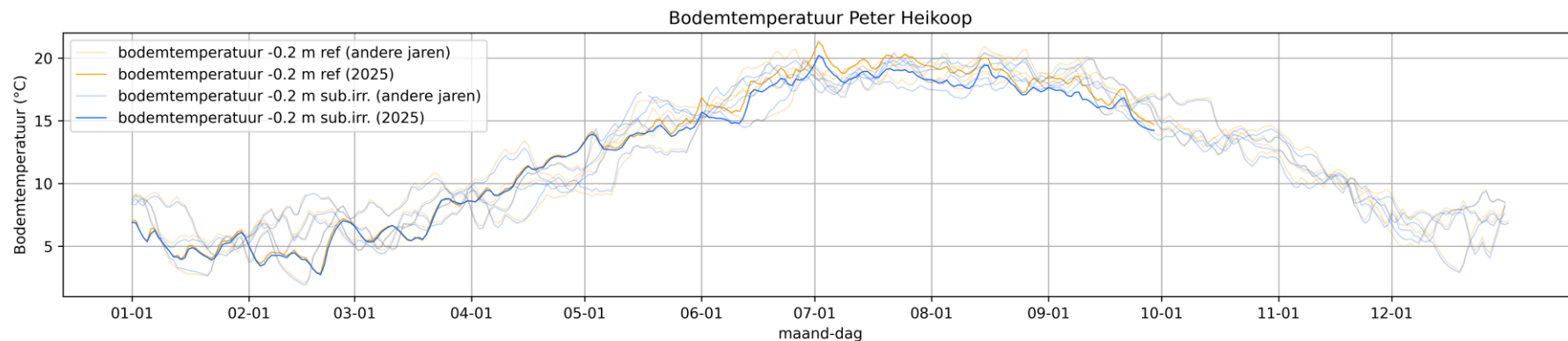
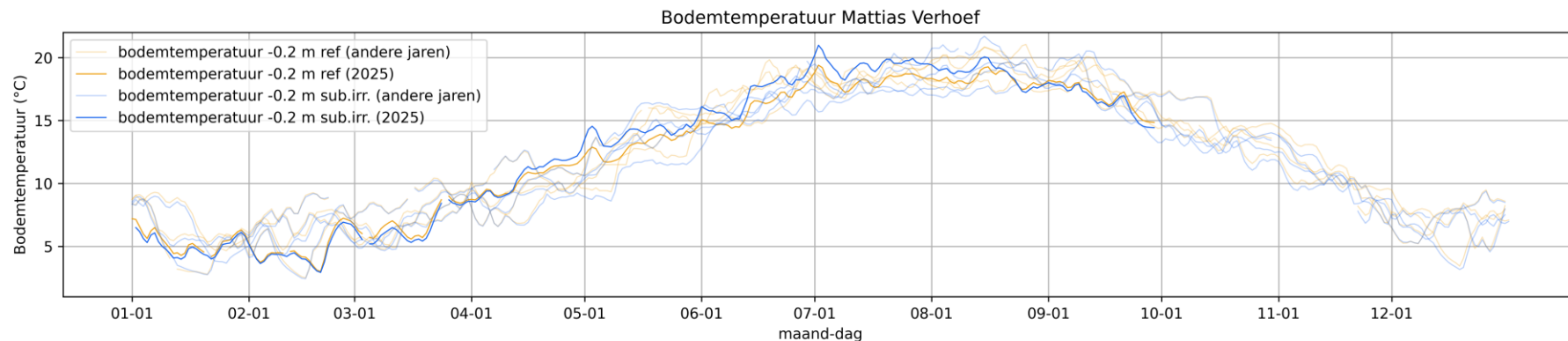
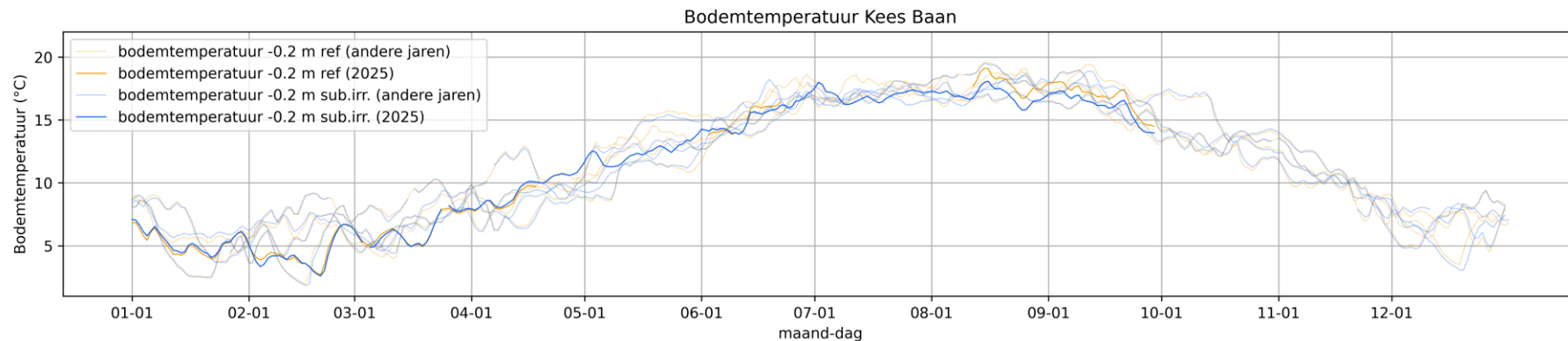
In de eindrapportage van het vorige project (Van den Eertwegh en Van Deijl, 2024) is een analyse gegeven van data die we destijds hebben verzameld. In het huidige AWIS-AV project zijn nog geen waarnemingen voorhanden van de droge-stof opbrengst. Daarom nemen we in de a.s. rapportages pas analyses en tekst op als we de komende jaren data hebben kunnen verzamelen.

Wel bespreken we kort de temperatuur van de bodem in 2024 en 2025. Wat namelijk een factor ter discussie kan zijn bij de d.s. opbrengsten is de mineralisatie van organisch stof in de klei-op-veen bodem. Minerale stikstof kan door het gras opgenomen worden. Zo ontstaat het (bodem)stikstof-naleverend-vermogen (NLV) en daalt de veenbodem. Met de aanname dat de jaarlijkse depositie van stikstof uit de lucht 30 à 40 kg/ha bedraagt, leverde de mineralisatie in de Proefpolder Kringloop Landbouw nabij Wilnis (Projectteam Proefpolder Kringloop Landbouw, 2021; Honkoop, 2022) jaarlijks naar schatting ongeveer 200 à 250 kg/ha aan stikstof op (2016-2019). De mineralisatie wordt o.a. beïnvloed worden door de vochthuishouding van de bodem en daarmee ook bodemtemperatuur. Deze is gemeten op alle percelen (Figuur 29; alleen data op diepte 0,2 m-m.v.). Een koudere bodem zou minder mineralisatie tot gevolg kunnen hebben.

Hypothese was dat de bodems van de vernatte proefpercelen langzamer opwarmen en kouder zouden zijn dan die van de referentie-percelen. Dat zijn ze soms ook in 2024 en 2025, maar de temperatuurverschillen zijn klein op 0,2 m-m.v. in 2024 (Figuur 29). In het droge en warme jaar 2025 treedt een wisselend beeld op tussen de percelen. Bij Baan is de bodemtemperatuur van het referentieperceel hoger vanaf augustus 2025. Bij Verhoef is de temperatuur op het AWIS proefperceel steeds hoger dan op het referentieperceel. Bij Heikoop is de bodemtemperatuur van het referentieperceel hoger vanaf mei 2025.

Op de meetdieptes 0,4 en 0,6 m-m.v. zijn de verschillen in temperatuur kleiner (figuren daarom niet getoond).





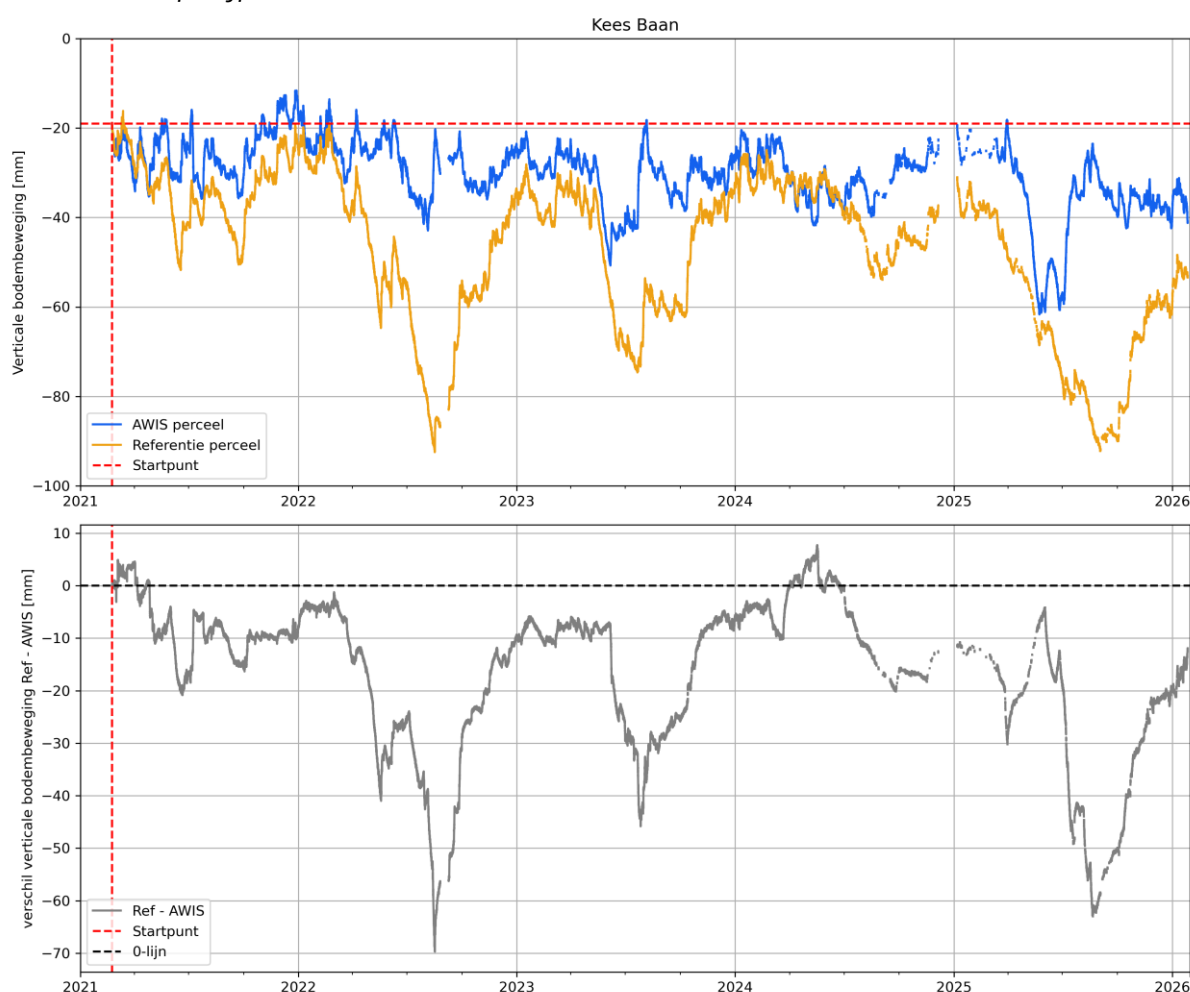
Figuur 29-1, 29-2 en 29-3. Gemeten bodemtemperatuur [°C] in de tijd op diepte 0,2 m-m.v. in het bodemprofiel op AWIS proefpercelen (sub.irr.; in blauw) en referentiepercelen (ref.; in oranje) in 2021 tot en met september 2025 bij Baan, Verhoef en Heikoop. Op de X-as staan de maanden-dagen van het jaar (03-15 staat voor 15 maart).

4.9 Effect toepassing AWIS op verticale bodembeweging

4.9.1 VSM-sensoren West op percelen Baan

Twee VSM-sensoren die elk kwartier de maaiveldhoogte meten staan op het proefperceel (met AWIS en hogere slootpeilen; West 2) en op het referentieperceel (reguliere situatie met polderpeil West 3) bij Baan in Molenaarsgraaf. De opstelling is geplaatst op 14 en 15 december 2020 i.s.m. Avallo Advies en Moisture Matters. De sensoren zijn medio januari 2021 geplaatst. De eerste data zijn van 25 januari 2021. De pin van de opstelling (anker), in het zandpakket verankerd, is op 22 februari 2021 met de waterpassing ingemeten op NAP. Vanaf deze datum rapporteren we de metingen. In Van Deijl et al. (2022) is informatie over de VSM-sensor terug te vinden. De bodemprofielen op beide percelen staan in Figuur 2. De fundering-pin in het proefperceel (West 2) is in het zand gedrukt, tot voorbij een diepte van 10 m-m.v. (einde boorprofiel). De fundering-pin in het referentieperceel (West 3) is ook in het zand gedrukt (zand begint op 9 m-m.v.).

Figuur 30 toont de veldmetingen van de bodembeweging aan maaiveld. De bovenste grafiek laat de gemeten hoogte zien vanaf het moment van de eerste waterpassing van de fundatie-pin op 22-2-2021. De metingen in Figuur 29 lopen *tot en met 27-1-2026*: in blauw de maaiveldhoogte van het proefperceel (code West 2), in oranje die van het referentieperceel (code West 3). De onderste grafiek laat in grijs zien het verschil in de maaiveldhoogte tussen proefperceel en referentieperceel. *Een negatieve waarde in de grijze lijn betekent dat de maaiveldhoogte van het referentieperceel lager is dat die van het proefperceel.*



Figuur 30. Gemeten bodembeweging met twee VSM-sensoren bij Baan te Molenaarsgraaf. De bovenste grafiek laat de gemeten beweging van de maaiveldhoogte zien vanaf 22 februari 2021 tot en met 27 januari 2026. Blauw: maaiveldhoogte van het AWIS proefperceel (West 2), in oranje die van het referentieperceel (West 3). De onderste grafiek in grijs toont het verschil in maaiveldhoogte tussen proefperceel en referentieperceel. Een negatieve waarde (Y-as links en rechts) betekent dat de maaiveldhoogte van het referentieperceel lager is dan die van het proefperceel.

De metingen op het referentieperceel in 2024 laten zien dat de maximale hoogte in de winter van 2024/2025 vergelijkbaar was met die van de winter 2022/2023. Door het natte voorjaar van 2024 is er pas een daling van het maaiveld te zien vanaf maart-april 2024 tot een niveau zoals we ook in 2021 waargenomen hebben. Daarna stijgt het maaiveld weer, tot een hoogte die eind 2024 geringer is dan in eerdere winters. Vanaf februari 2025 zet een sterke daling in, die door de droge zomer eindigt rond eind september 2025. Deze daling is vergelijkbaar met die in de zomer van 2022. Vanaf oktober 2025 stijgt het maaiveld tot aan het einde van de getoonde meetreeks.

De metingen op het proefperceel in 2024 laten zien dat er begin 2024 weinig verschil meer is met de maaiveldhoogte bij het begin van de metingen. De maaiveld daling treedt in vanaf medio/eind maart 2024. Met een blik op de waterstand in de put zien we dat deze laatste vanaf medio/eind maart tot en met half mei 2024 verlaagd is geweest met ongeveer 35 cm. Rond de zomer van 2024 zijn de bewegingen op beide percelen vergelijkbaar. In deze periode is de waterstand in de put stapsgewijs verhoogd met 15 cm tot eind juni en nog eens 20 cm vanaf begin juli 2024. Daarna blijft de waterstand in de put op een stabiel niveau tot half/eind maart 2025. Door de stijging van het maaiveld op het proefperceel wordt eind 2024 en ook in maart 2025 de situatie van februari 2021 gehaald. Daarna wordt het in maart 2025 droog tot en met juni 2025. De maaiveld-beweging gaat neerwaarts en zakt tot 40 mm in juni 2025, om daarna kort te stijgen en dan weer te dalen. De waterstand in de put is eind maart 2025 kort hoog gezet, om daarna te zakken met 50 à 60 cm tot eind mei 2025. Stapsgewijs stijgt de waterstand in de put vanaf begin juni, met een dip eind juni, naar een hoog niveau in juli 2025. Daarna volgt vanaf medio juli 2025 een daling van deze waterstand. Het maaiveldniveau beweegt mee en laat dan ook een daling zien. Vanaf begin augustus 2025 stijgen de waterstanden in de put en stijgt het maaiveld, om licht te dalen vanaf medio september 2025. Vanaf dat moment treden er afwisselend stijgingen en dalingen plaats in de tijd tot aan het einde van deze meetreeks. De verticale beweging van het maaiveld wordt duidelijk beïnvloed door het AWIS management i.c. het management van de waterstand in de put, ter verhoging van grondwaterstanden op het proefperceel.

4.9.2 VSM-sensoren Oost op percelen van Heikoop

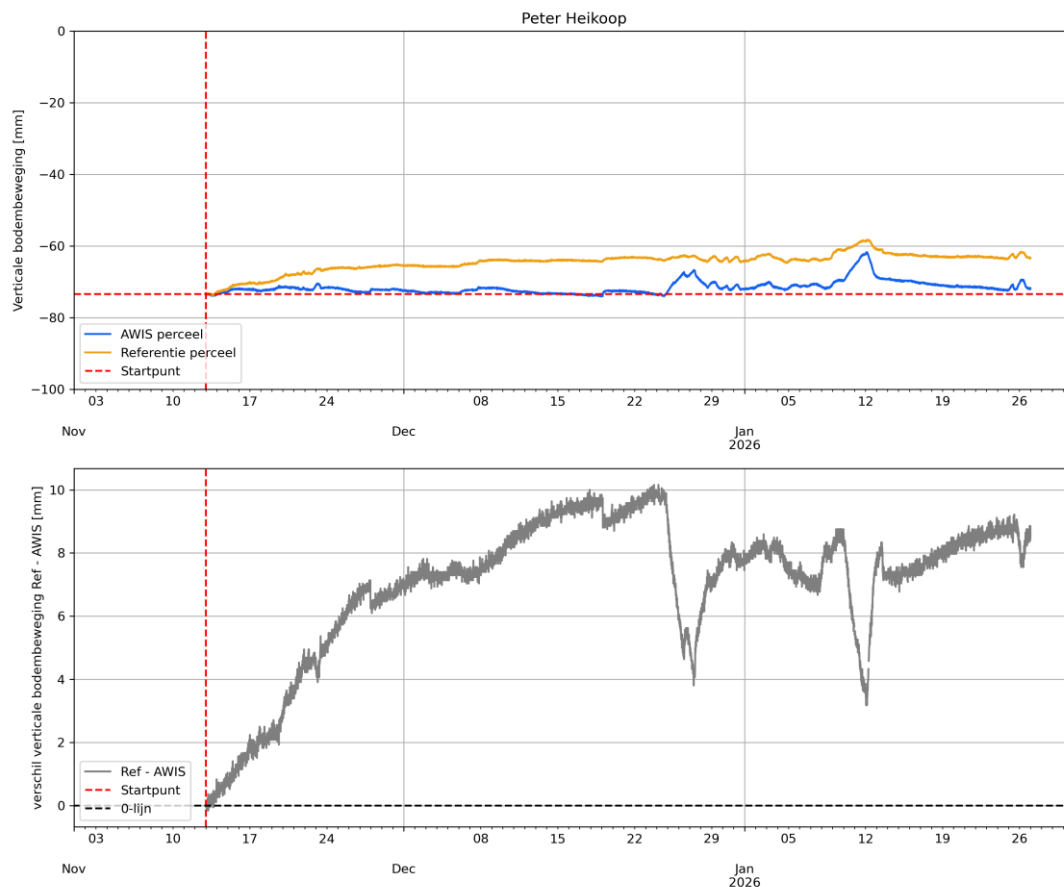
Op 22 oktober 2025 zijn te Nieuwland op de percelen Oost_2 (proefperceel) en Oost_3 (referentieperceel) bij Heikoop/den Besten twee nieuwe opstellingen van de VSM-sensoren geplaatst. Ze zijn identiek aan de sensoren bij Baan. Sensoren zijn geïnstalleerd op 10 en 12 november 2025. De metingen met de sensoren zijn gestart op 13 november 2025. RTK NAP hoogtemetingen zijn gedaan in oktober 2025. De definitieve waterpassing van de opstelling en pin is gedaan op 15 januari 2026. Via een doorgaande waterpassing vanuit een NAP-bout in Nieuwland is ook een vast punt bij de schuur op het erf ingemeten.

Figuur 31 toont een aantal foto's van de werkzaamheden rondom de installatie en plaatsing van VSM-sensoren bij Heikoop.



Figuur 31. Bodembeweging maaiveld continu meten met twee VSM-sensoren bij Heikoop te Nieuwland. Impressies van werkzaamheden op 22 oktober 2025 (plaatsing opstelling met pin) en installatie sensoren op 10 en 12 november 2025.

De eerste meetdata zijn te zien in Figuur 32. Dit betreft de data van de verticale bodembeweging, zonder referentie aan het NAP.



Figuur 32. Gemeten bodembeweging met twee VSM-sensoren bij Heikoop te Nieuwland. De bovenste grafiek laat de gemeten beweging van de maaiveldhoogte zien vanaf 13 november 2025 tot en met 27 januari 2026. Blauw: niveau maaiveldhoogte van het proefperceel (Oost 2), in oranje die van het referentieperceel (Oost 3). De onderste grafiek in grijs toont het verschil in maaiveldhoogte tussen proefperceel en referentieperceel. Een negatieve waarde (Y-as links) betekent dat de maaiveldhoogte van het referentieperceel lager is dan die van het proefperceel.

Het is te kort dag (begin februari 2026) om veel te analyseren aan deze waarnemingen. In onze volgende rapportage gaan we er dieper op in.

De eerste gegevens tonen een stijgende maaiveldhoogte van het referentieperceel van ongeveer 10 mm vanaf de start, en een stijging van 1 à 2 mm van het AWIS proefperceel. Het kan zijn dat het referentieperceel tot en met begin december 2025 nog in de stijgende tak van de beweging zit, als een soort van herstel na de droge tijd van eerder in 2025.

Opvallend is de tijdelijke stijging van het maaiveld op het AWIS proefperceel rond de Kerst in 2025. De stijging op het referentieperceel laat in die dagen een vergelijkbare, maar meer gedempte vorm van het verloop zien. Het zou het effect kunnen zijn van vorst in de grond, waardoor het maaiveld omhoog kan zijn gegaan. Als de bodem van het proefperceel ondiep meer vocht bevat dan op het referentieperceel, dan kan de beweging sterker zijn op het proefperceel. Op dit moment is daar geen verdere verklaring voor.

Waterpassingen ter controle van de VSM-sensoren

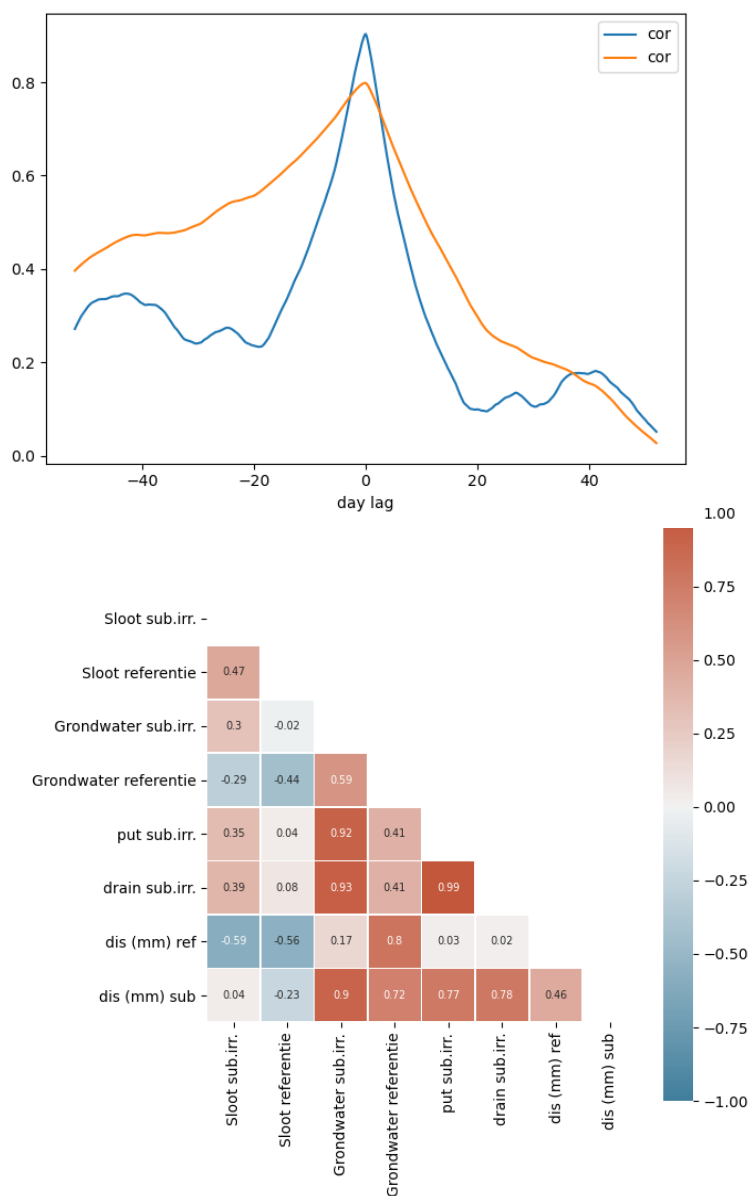
Ter controle van de VSM-meetopstellingen zijn waterpassingen uitgevoerd van de hoogte van de fundering-pin op 22-2-2021, op 16-9-2022, op 7-3-2023, 5-9-2023 en op 10-11-2025. De ook uitgevoerde RTK-metingen (X,Y,Z bepaling van meetpunten aan de hand van satelliet-data) bleken niet nauwkeurig genoeg te zijn voor deze controle. De RTK-metingen weken ongeveer >1 tot 2 cm af van de data via de waterpassing, een te grote afwijking.

De VSM-sensor schuift om de fundering-pin heen, de verticale positie van deze pin (m+NAP) bepaalt de meting van de absolute hoogte van het maaiveld ter plekke. In Tabel 5 staan de data van alle waterpassingen.

Tabel 5. Waterpassingen van de NAP-hoogte van de stalen fundering-pin in het zand onder deklaag, ter controle van de verticale positie van de VSM-sensor. Data: Avallo Advies BV.

Perceel-pin	Soort perceel	Datum	NAP hoogte [m]	verschil [m]
WEST_2 pin	AWIS AV_proef	22-2-2021	-0,5649	0,0000
WEST_2 pin	AWIS AV_proef	16-9-2022	-0,5669	-0,0020
WEST_2 pin	AWIS AV_proef	7-3-2023	-0,5670	-0,0021
WEST_2 pin	AWIS AV_proef	5-9-2023	-0,5649	0,0000
WEST_2 pin	AWIS AV_proef	10-11-2025	-0,5661	-0,0012
WEST_3 pin	AWIS AV_referentie	22-2-2021	-0,5838	0,0000
WEST_3 pin	AWIS AV_referentie	16-9-2022	-0,5899	-0,0061
WEST_3 pin	AWIS AV_referentie	7-3-2023	-0,5859	-0,0021
WEST_3 pin	AWIS AV_referentie	5-9-2023	-0,5853	-0,0015
WEST_3 pin	AWIS AV_referentie	10-11-2025	-0,5854	-0,0016
OOST_2 pin	AWIS AV_proef	15-1-2026	-0,6667	0,0000
OOST_3 pin	AWIS AV_referentie	15-1-2026	-0,7944	0,0000

Uit Tabel 6 blijkt dat beide pinnen 'West' 1,2 tot 1,6 mm gedaald zijn in de tijd vanaf 22-2-2021, waarbij de pin op het referentieperceel op 16-9-2022 een niet-verklaarbare (maar wel gemeten) verschil van 6 mm te zien gaf. De fundering van de pinnen is dus niet helemaal absoluut, er zit enige beweging in de zand-ondergrond onder de klei-op-veen deklaag. Voor de bepaling van de absolute maaiveldhoogte bij de twee VSM-sensoren betekent de waterpassing dat het maaiveld op beide plekken zakt, ook ten gevolge van de daling van de zandondergrond. Daarbij moet de eventuele daling zoals gemeten met de VSM-sensoren worden opgeteld. De hoogtemetingen in maart 2023, september 2023 en in november 2025 via de waterpassing van de fundering-pin hebben niet tot een correctie van de metingen van de bodembeweging geleid. De NAP-metingen van de pinnen 'Oost' zijn in januari 2026 voor het eerst gedaan na plaatsing.



Figuur 33. Bodembeweging: berekende correlatiecoëfficiënten tussen gemeten variabelen in het veld. DIS staat voor gemeten bodembeweging (data 22-2-2021 t/m medio oktober 2022).

In de eindrapportage uit april 2024 stond bovenstaande Figuur 33 ook. In deze figuur is te zien dat de gemeten bodembeweging voor beide percelen het meest sterk verband houdt met de ter plekke gemeten grondwaterstand bij de VSM-sensoren. Voor het proefperceel staan deze grondwaterstanden in nauw verband met de waterdruk in de drain en in de put. De slootpeilen hebben een zwak verband met de bodembeweging op het referentieperceel, omdat slootpeilen beperkt hydrologisch in staat zijn om de grondwaterstanden te beïnvloeden via infiltratie. Een AWIS is beter tot goed in staat om grondwaterstanden op percelen te sturen.

*De sterke correlatie van de gemeten freatische grondwaterstanden met de gemeten bodembeweging betekent voor de berekening van bodemdaling op basis van **incidentele bodemhoogtemetingen** dat deze laatste dan steeds moeten worden uitgevoerd bij onderling dezelfde freatische grondwaterstanden. Sterker nog, bij voorkeur tijdens zeer hoge freatische grondwaterstanden in de wintermaanden (neerslagoverschot), wanneer de bodemhoogte op zijn hoogst is.*

5 Conclusies

Op basis van de metingen en resultaten tot en met september 2025 zijn onze conclusies als volgt, waarbij we de conclusies overnemen uit het vorige project voor zover geldig met de kennis van nu.

Doelen lokaal tot regionaal

- De lokale doelen op de percelen die met vernatting via AWIS nagestreefd worden, moeten helder en transparant zijn.
- Belangrijk aspecten van lokale en regionale doelen zijn de watervraag voor vernatting op lokale schaal (# ha en # systemen) en de (zoet)waterbeschikbaarheid op regionale schaal. Als er te weinig water is voor AWIS, wordt de vernatting minder. Als de vernatting minder is, dan wordt de beoogde reductie van de bodemdaling kleiner.
- Lokale doelen afstemmen met doelen op het niveau van peilvak of afwateringseenheid. Rekening houden met wateroverlast en watervraag van de systemen, nu en ook in de toekomst (tot en met bijvoorbeeld de afschrijvingstermijn).
- Tussentijds het halen van doelen evalueren, ervan leren en eventueel bijstellen.

Ontwerp en aanleg van systemen

- AWIS: het ontwerp is maatwerk. Dimensies, diepte, afstanden, materiaal, koppelingen, afvoerbochten en instelmogelijkheden moeten passen bij de lokale bodem en hydrologie en doelen die met de systemen moeten worden behaald.
- Aanleg moet met zorgvuldigheid gebeuren, inclusief het moment waarop (niet te droog, niet te nat). Aandachtspunt bij de aanleg van drainagebuizen en verzamelleidingen is nodig, teneinde hobbels in het maaiveld te voorkomen. De werkomstandigheden (nat, droog, ...), de werksnelheid en de machinisten zijn belangrijk. Nazorg en controle van het aangelegde werk is nodig.

Werking van systemen en monitoring

- De aangelegde systemen van regelbare drainage en pompsystemen werken naar behoren, incl. de aangepaste vlotters. Nieuwe vlotters zorgen voor een meer constant en hoger (hoog)waterpeil in 2023 en 2022 dan in 2021 in periodes zonder neerslag. Praktijkervaringen en waarnemingen uit 2024 en 2025 laten zien dat de systemen aandacht, beheer en onderhoud vergen, anders staat doelbereik onder druk.
- Eventuele terugloop en lekkage bij/rond dammen in kavelsloten behoeft ook aandacht en beheer.
- De monitoring werkt veelal prima. Uitval van sensoren is opgetreden vanwege fabrieksfouten, die niet meteen opvielen omdat metingen doorliepen, maar foutieve waarden opleverden; alle defecte sensoren zijn vervangen, behalve tegen het einde van het project, na overleg en afstemming met betrokkenen. Tijdig en frequent controleren van sensoren en systemen is en blijft nodig.
- De vele waarnemingen via inzet van de meetapparatuur zijn waardevol en onderling consistent. Ze leveren een vrijwel compleet beeld van de hydrologische situatie buiten in het veld, ook als er een sensor tijdelijk uitvalt.
- We moeten voorzichtig zijn en blijven met perceelmanagement nabij de meetopstellingen. PV-installaties vrijhouden van schaduw door planten e.d.
- Bediening van de systemen en de inzet greppels tijdens met name bij hoogwater blijft een punt van aandacht.
- De aansturing op de gewenste niveaus van het freatische grondwater is beter sinds de start van metingen; er is meestal goed gestuurd op hogere grondwaterstanden tot net onder het

kleidek, dan wel de onderkant van de aanwezige greppels. Aandacht blijven geven hieraan, mede op basis van waarnemingen uit 2024 (nat) en 2025 (droog).

- Technische aanpassingen zijn lopende het traject steeds nodig geweest, maar minder naarmate de tijd vorderde; de meeste problemen zijn tijdig opgelost, sommige laat. Aandacht blijven geven.
- Het gebruik van de ZentraCloud app (daarmee volgen we de hydrologie van de percelen en de sloten online/actueel) heeft geholpen qua sturing en begrip van de werking van de systemen. Dit heeft de betrokkenheid bevorderd van de agrariërs op de pilot en van de andere betrokkenen; een app op de mobiele telefoon was nog beter/gemakkelijker geweest. Hernieuwde aandacht aan geven vanaf begin 2026.
- AWIS vraagt aandacht, zorg, beheer en onderhoud. Het is een soort machine. Dat kost tijd, elke week tijdens het gebruik ervan. De effecten ervan vallen of staan met de bediening van de systemen. Monitoring van bediening én van de effecten daarvan zijn en blijven daarom beide nodig; begeleiding hiervan ook, desgevraagd.
- De nieuwe vlotters en de ervaring van de boeren hebben ervoor gezorgd, dat er sinds 2022 gewerkt is een stabiel en vrijwel gewenst grondwaterniveau. Hernieuwd aandacht aan geven vanaf begin 2026.

Effecten op hydrologie

- Slooppeilen in de proeven zijn duidelijk verhoogd ten opzichte van de polderpeilen. Hoog houden in 2026 e.v. (NB: goede werking pompsystemen is randvoorwaarde).
- De bediening van de systemen heeft een duidelijke invloed op de freatische grondwaterstanden; deze zijn hoger bij toepassing van AWIS en lager wanneer er water wordt afgevoerd via de pomp in de regelput; de invloed is minder goed zichtbaar en minder groot in de gemeten bodemvochtgehalten, maar we zien wel een signaal in 2021. In het drogere jaar 2022 zijn de positieve effecten van de inzet van de systemen duidelijk groter. In 2023 is de inzet duidelijk effectief, totdat het in de loop van juli begon te regenen en de situatie buiten nat tot natter werd.
- Handwaarnemingen aan grondwaterstanden en slooppeilen zijn uitgebreid en nuttig geweest ter bewustwording, lering en controle.
- AWIS zorgt door de ondergrondse toediening van water voor een minder grote, dan wel stabilisatie tot een stijging van de freatische grondwaterstand in tijden van een neerslagtekort. Daarmee leidt succesvolle toepassing van AWIS tot doelbereik t.a.v. vernatting van de (klei-op) veenbodems, via de juiste instelling van vlotters en door gebruik te maken van pompen met voldoende capaciteit en PV-energie.
- De wateraanvoer naar de afgedamde kavelsloten zorgde binnen de groeiseizoenen voor veelal hogere slooppeilen bij alle agrariërs (NB: blijvend put van aandacht). In de droge maanden van 2023 en in 2025 is de wateraanvoer (te gering) naar en het peilbeheer (iets lagere slooppeil) van de kavelsloot bij Verhoef iets achtergebleven bij de doelstelling.
- Slooppeilen in de polder pieken bij veel neerslag/zware buien, daardoor pieken ook de slooppeilen rondom de proefsloten, omdat deze dan niet kunnen afwateren. We zijn daarmee onder afvoer-omstandigheden afhankelijk gebleven van het beheer van het polderwater door WSRL; de daling van de piek in de slooppeilen van de proefpercelen zijn even snel als de daling van het polderpeil, totdat we via de dammen niet verder zijn gezakt met de peilen in de proefsloten.

- Op alle locaties laten sensoren in de pompput en in de drain (vrijwel) eenzelfde verloop zien van de waterstand. Dit betekent dat de drain met de sensor in goede verbinding staat met de put en water vrij de drains inloopt. De systemen hebben naar behoren gewerkt.
- Door uitval van een aantal druksensoren zijn er tijdelijk gaten ontstaan in de meetreeksen (NB: aandacht voor tijdige vervanging). Deze zijn deels opgevangen met de gemeten waterstand in de drain, die in correct-bemeten tijdperiodes goed overeenkomt met de freatische grondwaterstand. Het grote voordeel van het meten is dat we onderlinge verbanden tussen de verschillende metingen zien en hebben gebruikt ter onderlinge controle.
- De metingen laten zien dat de grondwaterstanden op het proefperceel in natte perioden in de herfst, winter en vroege voorjaar vrijwel gelijk (hoog) kunnen zijn aan die op het referentieperceel. De waargenomen gang is ook dan identiek, zolang er niet UIT wordt gepompt.
- Als het qua weer droger wordt, dan zijn de grondwaterstanden op het proefperceel duidelijk hoger en meer stabiel hoog, als gevolg van de werking van AWIS en hogere slootpeilen. Dit is een positief resultaat van de proef. De proef creëert dus verschil in gemeten freatische grondwaterstanden, deze zijn doelbewust hoger.
- De verschillen in de metingen worden grilliger als er vaker en sneller met het systeem wordt gestuurd (IN-UIT) en wordt ingegrepen door water aan en af te voeren. Als we stabiele toestanden willen hebben op de percelen, dan is het advies niet te snel en niet teveel IN en/of UIT pompen. Beter niet UIT pompen, maar uit laten zakken.
- De proeven beïnvloeden de aanwezige kwel (deze wordt kleiner tot nul) en de wegzijging (deze wordt groter). Bij Baan is er sprake van een gemiddelde wegzijging-situatie (water van perceel stroomt van perceel naar deklaag) en bij Verhoef en Heikoop van een gemiddelde kwelsituatie (water stroomt van deklaag naar perceel).
- De sturing van de waterstand in de pompput is van groot belang en heeft extra aandacht nodig, met name in geval van een opbolling bij en na neerslag. De waterstand in de put moet bij deze systemen en drainafstanden duidelijk hoger zijn, om een vergelijkbare opbolling en freatische grondwaterstand te verkrijgen als bij een afvoersituatie zonder drainagebuizen (referentiepercelen). We zien dat tijdens een drainage-situatie mogelijk gemiddeld lagere grondwaterstanden op proefpercelen optreden, **als de waterstand in de pompput niet hoog genoeg wordt ingesteld.**
- In een aanvoersituatie van water via de drainagebuizen vindt er een duidelijke vermindering en afvlakking van de uitholling plaats, uiteindelijk een verhoogde freatische grondwaterstand boven de drainbuizen. Er kunnen dus gemiddeld hogere grondwaterstanden gerealiseerd worden, zoals uit onze veldwaarnemingen blijkt.
- De drukhoogte is een directe maat/indicatie van eventuele droogtestress van het gras. Zuigspanning is een ander woord voor negatieve drukhoogte (min-teken; < nul). Plantenwortels nemen meer of minder water op als de drukhoogte in de bodem hoger is (natter) of lager is (droger). Een meting van het bodemvochtgehalte is hiervan een afgeleide. Dit komt door de bodemfysische eigenschappen van bodems, zo ook van (moerig) veen, via de pF-curve. Dus meer focus op meten van zuigspanning/negatieve drukhoogte.
- Er is een duidelijk hogere *watervraag* van de proefpercelen bij droog weer, met als positief en beoogd effect hogere bodemvochtgehaltes en hogere grondwaterstanden. Aan deze

watervraag moet dan wel voldaan kunnen worden vanuit de polder (inlaatwater voldoende). Vernatting op lokale schaal staat en valt met (zoet)waterbeschikbaarheid op regionale schaal, nu en met de in gang zijnde klimaatveranderingen (KNMI, 2023; Deltares, RWS, KNMI, 2023). Als er weinig water is, wordt de vernatting minder. Als er minder water komt richting 2050 (afvoer grote rivieren neemt af) én de watervraag toeneemt voor vernatting, dan vermindert de vernatting nog meer.

- Een AWIS is veelal in staat om grondwaterstanden op percelen te sturen, in tegenstelling tot kavelsloten, die dat beperkt kunnen.

Effecten op bodembeweging

- De continu gemeten bodembeweging op de twee percelen bij Baan laat duidelijk effecten van het weer en van de bediening van de systemen zien; het aanvoeren van water heeft een positief effect op de bodembeweging (minder beweging en minder daling tijdens droog weer); het afvoeren van water onder natte condities geeft direct een duidelijk dalend effect te zien.
- Gehele meetperiode: 22-2-2021 tot 31-12-2023. Het maaiveld op het proefperceel daalt 7 mm, op het referentieperceel 16 mm. Omgerekend is dat een jaarlijkse bodemdaling van 2,5 mm/j voor het proefperceel en 5,6 mm/jaar voor het referentieperceel. Het referentieperceel daalt met een factor van 2,3 meer.
- Metingen van de bodembeweging in 2024 en 2025 laten zien dat het sturen van de AWIS via de wateraanvoer door de waterstand in de pompput nauw komt en meteen effect heeft, positief (minder beweging, veelal kleinere bodemdaling) én negatief (meer beweging, veelal grotere bodemdaling). Met name het droge jaar 2025 laat dit via de bodembeweging zien.
- De variatie van de maaiveldhoogte in de tijd is kleiner bij het proefperceel; de dynamiek in de beweging is groter op het referentieperceel. Het verschil in maaiveldhoogte tussen het proefperceel en het referentieperceel laat zien dat de maaiveldhoogte van het referentieperceel meer/sterker afneemt in de tijd dan die van het proefperceel. De proef blijkt dus verschil te maken in het vochtprofiel van de klei-op-veenbodem en in de bodembeweging. Een positief resultaat.
- De waterpassingen ter controle van de funderingspin in februari 2021 en in september 2022 tonen dat de gehele bodemkolom tot in het zandpakket >10 m-m.v. ter plekke van de VSM-sensor zakt met 2,3 (proefperceel) tot 2,8 cm (referentieperceel). We hebben twee VSM-waterpassingen-controlemetingen gedaan in 2023 en begin 2026, op basis hiervan constateren we dat de metingen van de bodembeweging in de gehele projectperiode valide zijn.
- Belangrijkste oorzaken van bodembeweging in onze pilot zijn krimp, zwel, veenoxidatie (aeroob en/of anaeroob; op basis van ander onderzoek nog nader te duiden) en het bedienen van het systeem; via wateraanvoer door AWIS (pomp IN) worden de percelen natter en beweegt de bodem minder op en neer; via drainage (pomp UIT) daalt de bodem, al dan niet tijdelijk.
- De metingen van de bodembeweging op twee percelen van Heikoop/Den Besten zijn gestart op 13 november 2025. De meetreeks loopt. De periode sindsdien is nu te kort om waarnemingen te duiden.

De rol van holle percelen en greppels

- De vorm van het maaiveld en de aanwezigheid van greppels maakt de sturing meer complex. Het maaiveld kan bol, vlak of hol zijn. Greppels zien we met name terug in het veld bij holle percelen. Daarmee komen de bodems van de greppels (in m+NAP) in de buurt van het polderpeil. Grondwater dat we via toepassing van AWIS verhogen, kan aldus tot afvoer komen via de greppels, als deze kunnen afwateren naar de sloten. Een hogere peilsturing vanuit de pompput zal dan leiden tot meer afvoer van water, waardoor de stijging van de freatische grondwaterstand gelimiteerd wordt. Holle percelen en de aanwezigheid van greppels zijn beide apart en tezamen beperkend in het mogelijk verhogen van de grondwaterstand.
- Greppels kunnen veel water afvoeren. Greppelmanagement is belangrijk voor de hydrologie van een veenweideperceel.

6 Aanbevelingen

Onze aanbevelingen luiden als volgt:

- Monitoring van het beheer van AWIS systemen is essentieel. Monitoring via sensoren en handwaarnemingen aan grondwaterstanden, slootpeilen en debieten zijn belangrijk.
- VSM-metingen en -waterpassingen zijn waardevol voor feitenkennis inzake bodemdaling en correcte berekeningen aangaande deze.
- Tijdig en frequent controleren van pompsystemen (vlotter, filter, ...) en loggers met sensoren is nodig, om bediening van AWIS en meting van effecten goed te kunnen blijven meten.
- Bediening systemen en inzet greppels tijdens met name bij hoogwater blijft punt van aandacht.
- Management moet (nog) meer gericht zijn op het niet uitpompen van water via de drainagesystemen.
- Monitoring van de grasland-opbrengst is een wezenlijke effect-monitoring. Dit is een onderdeel van het project, met uitvoering in een later stadium.
- Onze resultaten en bevindingen actief vergelijken met ander onderzoek, te Zegveld, in situaties met plas-dras-proeven, projecten HDSR onderzoek NOBV, Hoogwaterboerderij, ...; data en kennis delen.
- Intensieve communicatie van (tussentijdse) resultaten van dit type projecten continueren; discussie met opdrachtgevers (PZH, PU, gemeenten) en met derden (NOBV-onderzoekers, VIC, WUR-WLR, STOWA, Bureau B-Ware, ...).
- Doorgaan met VSM-metingen bodembeweging.
- Bij uitrol van AWIS-systemen onze bevindingen ter harte nemen.

7 Bibliografie

Bakel, Jan van, Gé van den Eertwegh, Harry Massop en Jaïrus Brandsma (2013): KlimaatAdaptieve Drainage: Landelijke geschiktheid van conventionele, samengestelde peilgestuurde en klimaatadaptieve drainage. FutureWater rapport nr. 118.

Bakel, Jan van, en Lodewijk Stuyt (2022). Gecontroleerde buisdrainage in regionale modellen: theorie, modellering en de kloof met de veldsituatie. NHV Stromingen 2022 (28) nr. 1.

Bakel, Jan van, en Lodewijk Stuyt (2022). Weerwoord op de reactie van Hans Mankor, Annette van Schie, Harm de Jong en en Klaas Kooistra op 'Gecontroleerde buisdrainage in regionale modellen: theorie, modellering en de kloof met de veldsituatie'. NHV Stromingen 2022 (28) nr. 3.

Bartholomeus, R.P., G.A.P.H. van den Eertwegh, and G. Simons (2015): Anticipating on amplifying water stress: Optimal crop production supported by anticipatory water management. Geophysical Research Abstracts, Vol. 17, EGU 2015-5354, 2015, EGU General Assembly 2015.

Bartholomeus, Ruud, Gé van den Eertwegh en Marjolein van Huijgevoort, 2018. Monitoring veldproef America, Waterschap Limburg. KWR rapport 2018.029, maart 2018.

Besten, J. den (2022). Veldmetingen penetrometer. Rapport KTC Zegveld.

BBWM (2007). Beter Bouw en Woonrijp Maken - Ontwatering in stedelijk gebied. Projectnummer Po7467 en GD112-7.

Bruin, H.A.R. de (1987). From Penman to Makkink. [CHO-TNO Proceedings No. 39](#) (1987).

Bruin, H.A.R. de, en W.N. Lablans (1998). Reference crop evapotranspiration determined with a modified Makkink equation. Hydrological Processes 12, 1053-1062 (1998).

Caverzam Barbosa, Erica (2021). Pilot subirrigatie – plan van aanpak moldrainage. Memo Waternet, Amsterdam.

Deltares, RWS en KNMI (2023). Implications of the KNMI'23 climate scenarios for the discharge of the Rhine and Meuse. Deltares, 11209265-002-ZWS-0003.

Deijl, D. van, S. van Asselen, B. Voortman, G. Erkens en G. van den Eertwegh (2022). Verticale beweging van de veenbodem – meettechnieken en ervaringen te Zegveld. NHV Stromingen 28 (2022) nr. 2, pp. 5-19.

Eertwegh, G.A.P.H. van den, L. Kuipers, W. Klerk, J. van Bakel, L. Stuyt, A. van Iersel en M. Talsma (2012): KlimaatAdaptieve Drainage: middel tegen piekafvoeren en watertekorten. H2O/18-2012.

Eertwegh, Gé van den, Leo Kuipers, Wim Klerk, Jan van Bakel, Lodewijk Stuyt, Ad van Iersel en Michelle Talsma (2013): KlimaatAdaptieve Drainage: een innovatieve methode om piekafvoeren en watertekorten te verminderen. Eindrapportage Fase 2 'Onderzoek en Ontwikkeling'. Referentienummer SBIR113008. FutureWater rapport nr. 121.

Eertwegh, G.A.P.H. van den, P.J.T. van Bakel, L. Stuyt, A. van Iersel, L. Kuipers, W. Klerk, M. Talsma (2013): Waterregie in droge en natte tijden. H₂O-5, 2013.

Eertwegh, G.A.P.H. van den, en Henk A.R. de Bruin (2017). Werkelijke verdamping: naar een integrale benadering vanuit hydrologisch en meteorologisch oogpunt. NHV Stromingen 30 (2017) nr. 4.

Eertwegh, G.A.P.H. van den, en Dion van Deijl (2024). Regelbare drainage met subirrigatie en hogere slootpeilen in regio Alblasserwaard-Vijfheerenlanden: realisatie van hogere grondwaterstanden ter reductie van maaiveldafval in veenweidegebieden en hydrologie. KnowH₂O, eindrapport voor projectperiode 2020 t/m 2023.

Hardeveld, H. van (2024). Feitenverhandeling over de hydrologische effecten van veenvernatting. Januari 2024. Waternet/AGV.

Honkoop, W. (2022). Resultaten Kringloop Wijzers Proefpolder Kringlooplandbouw. PPP-Agro Advies.

Hoving, I.E. et al., 2008. Hydrologische en landbouwkundige effecten van gebruik onderwaterdrains op veengrond. WUR-Animal Sciences Group, Rapport 102.

Hoving, I.E. et al., 2018. Precisiewatermanagement veenweidegebied.

Hoving, I., van Middelkoop, J.C., Massop, H.T.L., Hendriks, R., van den Akker, J.J.H., en van Houwelingen, K.M. (2021). Effects of water infiltration on grass yields and soil nitrogen supply of Dutch peat soils. Wageningen Livestock Research, WUR, KTC Zegveld. Bijdrage EGF-congres 2024.

Hoogland et al., 2019. Bacteriën bepalen de snelheid van veenafbraak. H₂O Online, 2-7-2019.

Houwelingen, K. van, en J. den Besten (2024). Pilot Drukdrainage/waterinfiltratie in de Vijfheerenlanden en de Alblasserwaard. Metingen van grasopbrengst en -samenstelling bij Kees Baan in 2021, 2022 en 2023. Dwarsprofielmetingen hoogte maaiveld (1 tot 3 greppels proefpercelen). KTC Zegveld, 2024.

Jaarsma, N. (2024). Pilot drukdrainage Alblasserwaard-Vijfheerenlanden: effecten op waterkwaliteit. Rapportnummer ALB01-1.

KNMI (2023). Klimaatscenario's 2023 voor 2050 en 2100.

Kooistra, Klaas (1990). Aanleg en onderhoud van drainage. Misset - Doetinchem.

Mankor, Hans, Annette van Schie, Harm de Jong en Klaas Kooistra (2022). Reactie op 'Gecontroleerde buisdrainage in regionale modellen: theorie, modellering en de kloof met de veldsituatie'. NHV Stromingen 2022 (28) nr. 3.

NHV (2002). Hydrologische woordenlijst. NHV-werkgroep, Nederlandse Hydrologische Vereniging.

Projectteam Proefpolder Kringloop Landbouw (2021). Proefpolder Kringloop Landbouw: Betere nutriëntenbenutting en minder emissies voor schoner water. KnowH₂O (projectleider namens VIC), VIC, LBI, PPP-Agro Advies, NMI, WEnR, Boerenverstand.

Provincie Zuid-Holland, 2017. Provinciaal blad nr. 5313: Besluit van Gedeputeerde Staten van 31 oktober 2017 [DOS-2016-0005086 [PZH-2017-615692099]], tot vaststelling van het Openstellingsbesluit projectsubsidie soortenbeleid leefgebied en maatregelen verbetering natuurwaarden Zuid-Holland 2017 (Openstellingsbesluit projectsubsidie soortenbeleid leefgebied en maatregelen verbetering natuurwaarden Zuid-Holland 2017).

Slochteren, F. van (2021). Van greppel tot drainagebuis. Een interdisciplinair onderzoek naar het verleden en de toekomst van detailontwatering in het noordelijke kleilandschap. RU Groningen. Masterscriptie.

STOWA (2020). Deltafact Bodemdaling. Versie 3.1.

Voortman, Bernard, Joost Sleiderink, Dion van Deijl, Nyncke Hoekstra, Merijn van den Hout, Nick van Eekeren en Gé van den Eertwegh (2022). Een generieke methode voor het berekenen van potentiële verdamping op basis van gemeten gewaseigenschappen. In voorbereiding. NHV Stromingen (2022).

Waterschap Rivierenland (2022). Resultaten analyse maaiveldddaling Alblasserwaard met uitgangspunten voor het peilbesluit Alblasserwaard. Bestuursvoorstel AV januari 2022, met bijlagen.

Overige bronnen (bron: Van Hardeveld, 2024)

Dik, P. (2022). Effecten waterinfiltratie op afvoer Spengen en Lange Weide. Review, verbetering en toepassing SWAP-model bij drukdrainage en onderwaterdrainage. Wageningen Environmental Research.

Hendriks, R., van den Akker, J., van Houwelingen, K., van Kleef, J., Pleijter, M., van den Toorn, A. (2013). Pilot onderwaterdrains Utrecht. Alterra. <http://edepot.wur.nl/310585>

Hendriks, R., van den Akker, J., Jansen, P., Massop, H. (2014). Effecten van onderwaterdrains in peilvak 9 van polder Groot-Wilnis Vinkeveen. Alterra.

Hoogland, F., Roelandse, A., Velstra, J. (2021). Waterkwantiteit en waterbeheer. Een inventarisatie van de haalbaarheid van maatregelen in het veenweidegebied. STOWA.

Hoving, I., van Riel, J., Massop, H., Hendriks, R., van den Akker, J., van Houwelingen, K. (2021). Precisiewatermanagement op veenweidegrond met pompgestuurde onderwaterdrains. Rapportage onderzoeksperiode 2016-2020. Wageningen Livestock Research.

Hunink, J., Schasfoort, F., Pauwels, J., Mens, M. (2019). Het effect van onderwaterdrainage en passieve peilstijging in veenweidegebieden op knelpunten in de zoetwatervoorziening. Deltares.

Hunink, J., Mens, M., Melman, R. (2022). Verkenning toename watervraag door vernattingsmaatregelen in veenweidegebieden. Deltares.

Hydrologic (2023). Waterinfiltratiesystemen in de Krimpenerwaard.

NHV (2015). NHV Special 8 'Verdamping in de Hydrologie'.

Reudink, L. (2021). Quantifying the extra water inlet of a subsurface, water exchange system (SWES) in polder Spengen and polder Lange Weide using the SWAP-model. Thesis Utrecht University.

Van den Akker, J., Hendriks, R., Hoving, I.E., Meerkerk, B., van Houwelingen, K., van Kleef, J., Pleijter, M. (2013). Pilot onderwaterdrains Krimpenerwaard. Alterra.

Van den Eertwegh, G.A.P.H., van Beek, C.L. (2004). De vlietpolder in Zuid-Holland in beeld. Water- en Nutriëntenhuishouding van een veenweidegebied. STOWA.

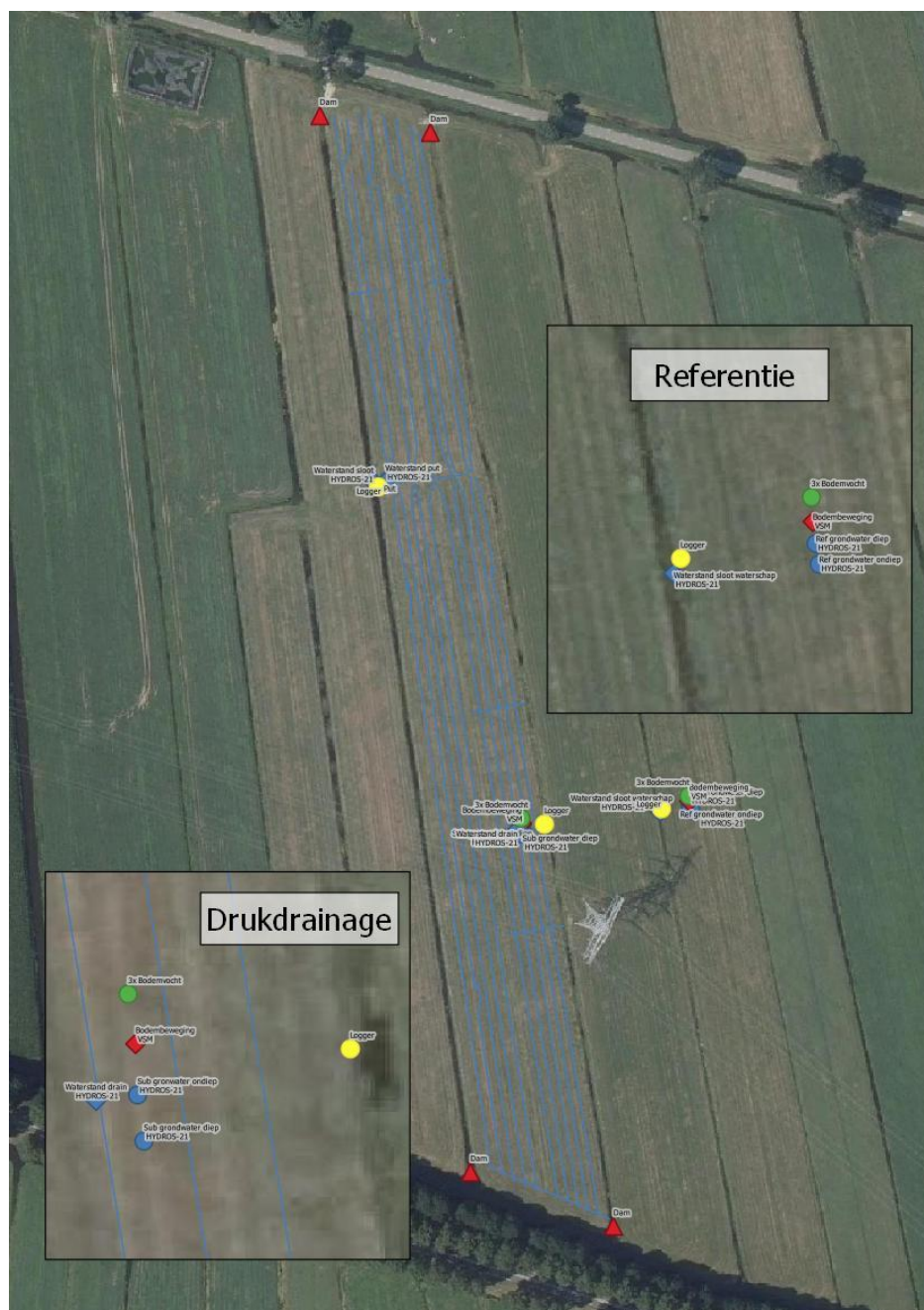
Voortman, B., van den Eertwegh, G. (2023). Hydrologische effecten PWIS en AWIS in het veenweidegebied. Verhoogde grondwaterstanden en gevolg voor watervraag op basis van Hydrus2D berekeningen 2015 t/m 2018. Moisture Matters en KnowH₂O.

8 Bijlagen

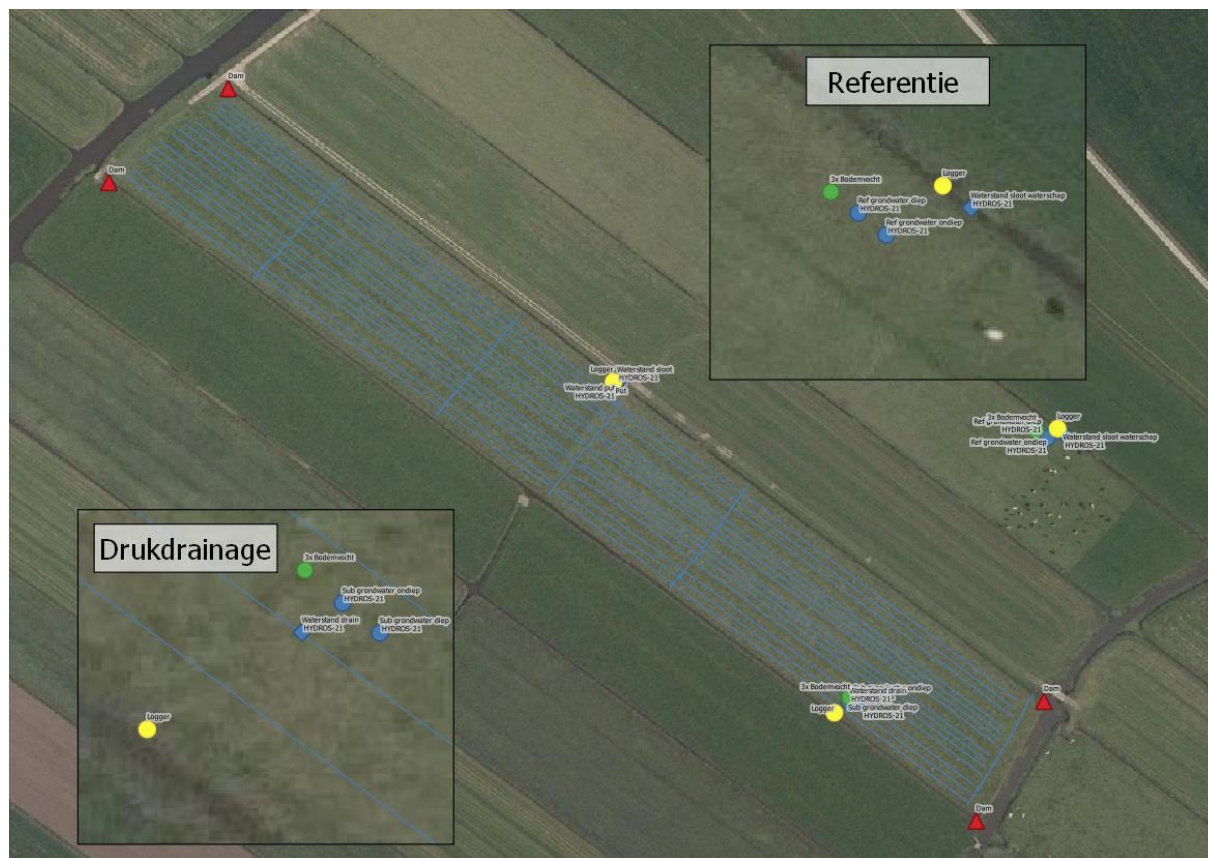
8.1 Kaarten van percelen

We hebben de volgende percelen in het project voorzien van systemen en meetapparatuur.

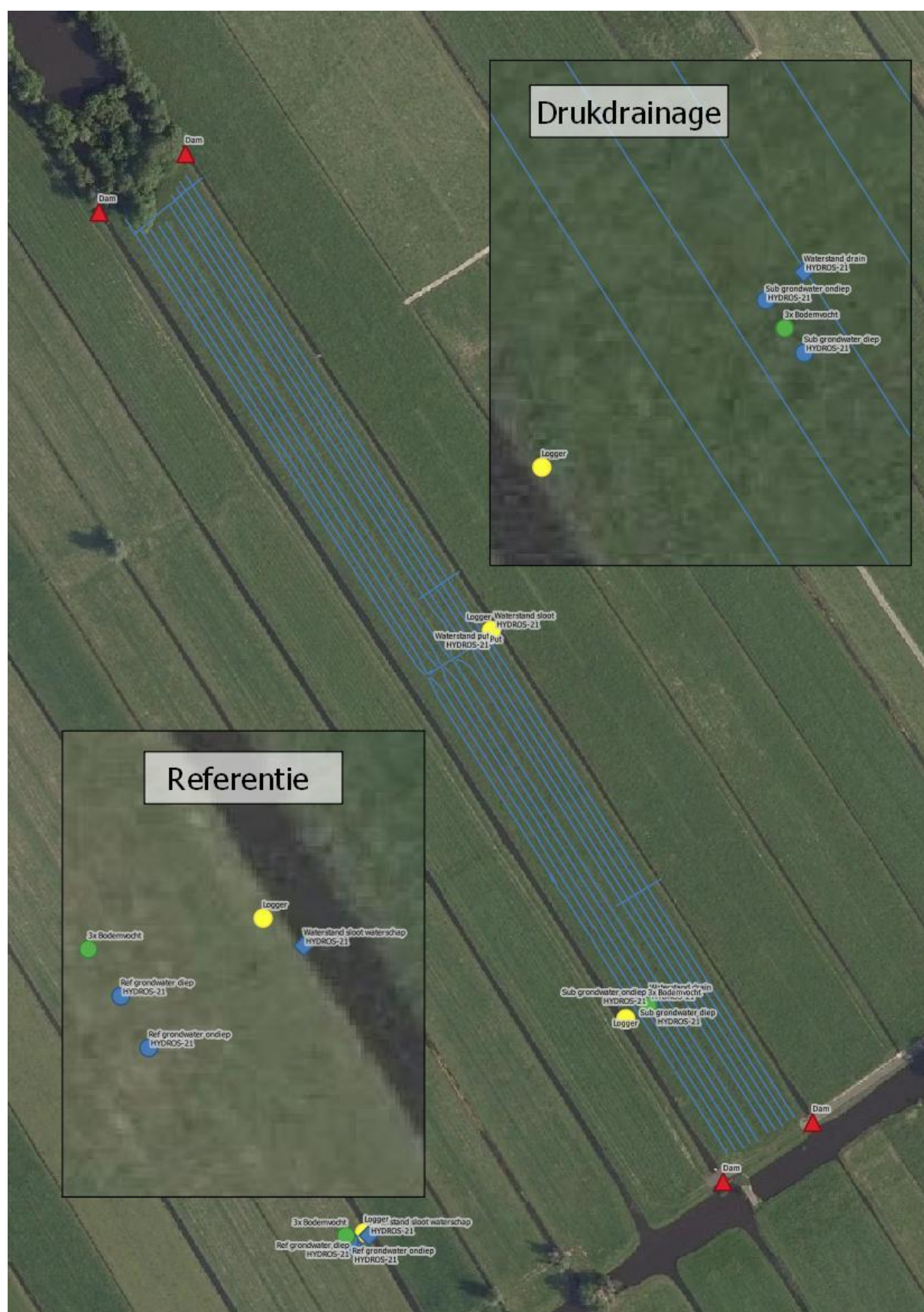
Kees Baan (oppervlakte proefperceel 2,95 ha)



Peter Heikoop (oppervlakte proefperceel 3,71 ha)

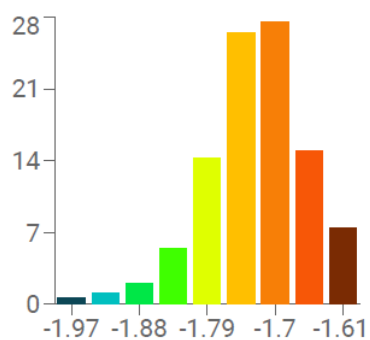


Mattias Verhoef (oppervlakte proefperceel 2,62 ha)

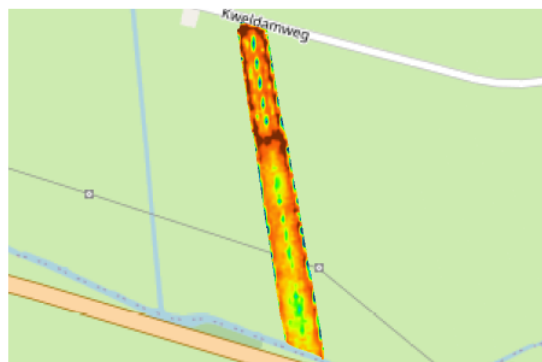


Maaiveldhoogte proefperceel Kees Baan. Bron: Boer en Bunder. Eenmaal drie greppels (noord) en een greppel (zuid) zichtbaar.

HOOGTE

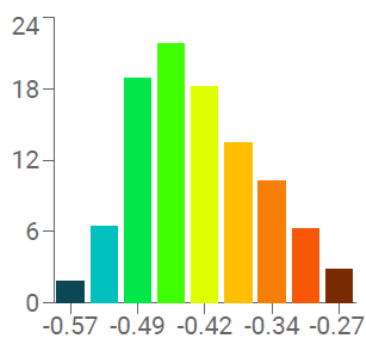


laagst: -1.99 m
 gemiddeld: -1.73 m
 hoogst: -1.59 m
 verschil: 0.41 m



Maaiveldhoogte proefperceel Peter Heikoop. Bron: Boer en Bunder. Tweemaal drie greppels (zuid) zichtbaar.

HOOGTE

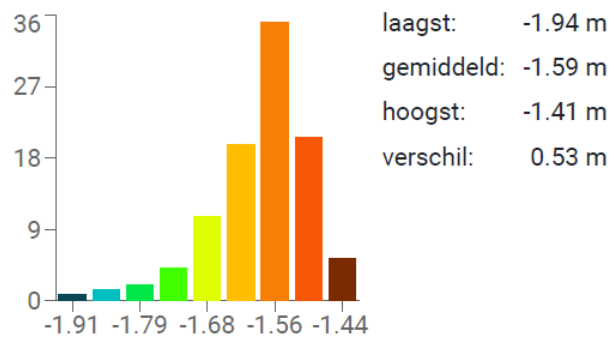


laagst: -0.58 m
 gemiddeld: -0.42 m
 hoogst: -0.25 m
 verschil: 0.34 m



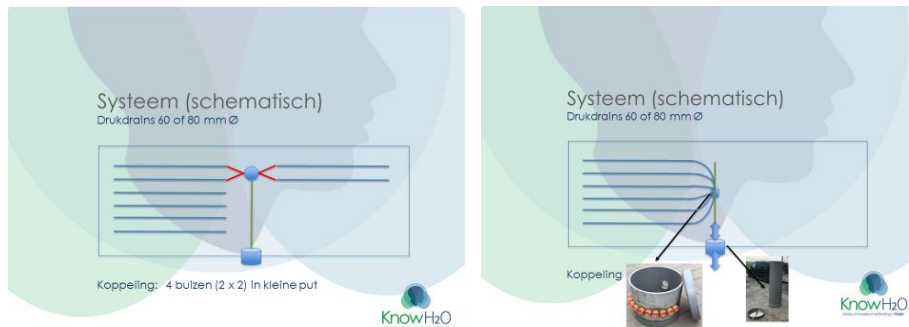
Maaiveldhoogte proefperceel Mattias Verhoef. Bron: Boer en Bunder. Tweemaal een greppel (noord en zuid) zichtbaar.

HOOGTE



8.2 Documentatie aangelegde systemen AWIS

We werken normaal gesproken in het veenweidegebied met PE-zuigdrains met een diameter van 60 mm met omhulling (PP-450). We gaan, voordat we tot de aanleg van systemen overgaan, voor- en nadelen na van biologisch afbreekbare drainagebuizen (levensduur 10 à 15 jaar; NB is optie) met een diameter van 80 mm. De gewenste drainafstand is hoe dan ook 4 m en de diepteligging 0,7 tot 0,8 m-mv. De lengte van de buizen varieert tussen 250 en 275 m.



Figuur – Drukdrainage: schematische weergave koppeling drainagebuizen op dichte verzamelleiding.

Centraal op de percelen bevindt zich een dichte verzamelleiding met een diameter van 125 mm. De drainbuizen worden ofwel twee aan twee (vier stuks totaal) gekoppeld via een verbindingsstuk in de verzamelleiding (links), ofwel gaan alle direct naar een centrale koppelput (Figuur 15). De verzamelleiding is verbonden met de put. Ook willen we de waterstand in het systeem op één of meerdere plekken kunnen meten, om te zien of het systeem werkt.

De beoogde waterstand willen we tot aan maaiveld kunnen opzetten met een pompsysteem op zonne-energie dat op afstand controleerbaar is. Daarbij houden we rekening met het risico op doorbraak/'wellen' aan het begin van het drainagesysteem nabij de put, waar de waterstand wordt gerealiseerd. De gewenste capaciteit van het pompsysteem bedraagt qua waterafvoer 2 mm/d en voor de aanvoer van water 5 à 7 mm/d. We creëren de technische mogelijkheid tot het bemalen van het systeem. We bezien of we de aansturing van het systeem gaan organiseren via telemetrie, à la Klimaat Adaptieve Drainage (KAD; Van den Eertwegh et al., 2012; 2013; zie ook <https://www.programmalumbricus.nl/>).

8.3 VSM sensor – Vertical Soil Movement - meting bodembeweging aan maaiveld

Met onze VSM-sensor (product van KnowH2O en Moisture Matters) meten we quasi continu i.c. elke 15 minuten de verticale positie van het maaiveld ten opzichte van een in het zand gefundeerde ijzeren stang (Van Deijl et al., 2022). De positie van deze stang is nauwkeurig ingemeten ten opzichte van NAP. Er staat een VSM-sensor op het proefperceel en op het referentieperceel bij Kees Baan. De meetnauwkeurigheid van de sensor is ongeveer 0,2 mm. De sensor is getest in een meetopstelling te Zegveld vanaf begin februari 2020, in samenwerking met Gilles Erkens en Sanneke van Asselen van Deltares en Avallo Advies. De conclusies op basis van vergelijking van metingen met een extensometer op 5 cm-m.v. is dat beide instrumenten goed vergelijkbare en plausibele waarnemingen opleveren.



Figuur - Foto van VSM-sensor op proefperceel bij Kees Baan (VSM-West). Twee grondwater-peilbuizen ondiep en diep staan in directe omgeving ervan, mede gefundeerd door VSM-sensor-opstelling in het midden (met gefundeerde pin).



Figuur - Foto van VSM-sensor op proefperceel bij Peter Heikoop/Jan den Besten (VSM Oost). Twee grondwater-peilbuizen ondiep en diep staan in directe omgeving ervan, mede gefundeerd door VSM-sensor-opstelling in het midden (met gefundeerde pin in zandpakket).

8.4 Begrippenlijst

Begrip/symbool	Betekenis	Opmerking
EC	Elektrische geleidbaarheid	
DD	DrukDrainage	
AWIS	Actief WaterInfiltratieSysteem	
AHN	Actueel Hoogtebestand Nederland	
RTK - GPS	Real Time Kinematic - Global Positioning System https://nl.wikipedia.org/wiki/RTK	
ETref MAK	Referentiegewas-verdamping volgens Makkink Uit veldproeven is gebleken dat de verdamping van goed van water voorziene landbouwgewassen nauw samenhangt met de netto straling. Hiervan uitgaande stelden Priestley en Taylor (1972) de volgende formule op: $\lambda E = \alpha \frac{s}{s + \gamma} (Q^* - G) \quad (\text{W.m}^{-2}) \quad (6)$ waarin α een coëfficiënt is met een waarde van ongeveer 1,2 - 1,3. Voor grasland is G in het algemeen klein (zie o.a. De Bruin en Holtslag, 1982). Tijdens het groeiseizoen blijkt voor gras in Nederland dat de netto straling ongeveer 0,5 maal de inkomende kortgolvlige straling te zijn. Voor grasland, dat goed van water is voorzien, bracht Makkink dit in 1957 tot de opstelling van de volgende formule: $\lambda E = \frac{s}{s + \gamma} K^{\dagger} + C_2 \quad (\text{W.m}^{-2}) \quad (7)$ waarin: $K^{\dagger}$ = globale stralingsstroombichtheid (W.m^{-2}) C_1 en C_2 = constanten MAKKINK, G.F., 1957. Testing the Penman formula by means of lysimeters. Journ. Int. of Water Eng., 11: 277-288.	KNMI: Meetmethode Makkink Zon, wind en temperatuur bepalen in hoge mate de grootte van de verdamping. In de zomer is de rol van de wind klein. Het is dan mogelijk om de verdamping nauwkeurig te berekenen uit de etmaalgemiddelde temperatuur en de dagelijkse hoeveelheid zonnestraling. De berekeningswijze van het KNMI op basis van deze grootheden heet de methode Makkink. (G.F. Makkink, 1957) (De Bruin, 1987)

Zie voor hydrologische begrippen: NHV (2002). Hydrologische Woordenlijst.

8.5 Betrokken partijen

Molenlanden 

Biologische boerderij
(DE GROENE GEER)

Melkveehouder Kees Baan

 Alblasserwaard-
Vijfheerenlanden

GEMEENTE
**VIJF
HEE
REN
LAN
DEN**



PROVINCIE :: UTRECHT



provincie
Zuid-Holland


KnowH₂O
Advies, Innovatie en Verbinding in Water


BLAUWZAAM

 **KENNIS TRANSFER CENTRUM**
Zegveld

 **WAGENINGEN**
UNIVERSITY & RESEARCH



© KnowH2O - 2026