

---

# KAD HANDLEIDING

Gé van den Eertwegh

Dion van Deijl

Sarah Garré

9<sup>th</sup> Nov, 2023

created in  Curvenote

---

## Abstract

Abstract: **Doelstelling**

Succesvolle zelfstandige KAD-bediening door landbouwers die reeds aan de slag zijn met peilgestuurde drainage

**Opzet**

- Wat is KAD?
- Het KAD-systeem
- Finale KAD opstelling in het veld
- KAD bediening via online dashboard
- Achtergronden
  - Uitleg drainage en (agro)hydrologie perceel
  - Gewassen en gewenste grondwaterstand
  - Verwachte repons-tijd van sturing

**Referenties**

**Bijlagen**

**Keywords** drainage, peilbeheer, landbouw, peilgestuurde drainage, regelbare drainage, digitalisering

## 1 Wat is klimaat-adaptieve drainage (KAD)?

KlimaatAdaptieve Drainage (KAD) geeft een agrariër de mogelijkheid om water te draineren en vast te houden in de bodem van een perceel, door een netwerk van drainagebuizen dat via een verzameldrain uitmondt in een regelput. KAD is een regelbaar drainagesysteem dat online en traploos stuurbaar is. Hierdoor kan het naast draineren ook vasthouden van water in de bodem, dat mogelijk leidt tot minder behoefte aan aanvoerwater tijdens een droge periode. Daarnaast kunnen hiermee piekafvoeren door drainage op oppervlaktewater, die het gevolg zijn van een grilliger neerslagpatroon en afvoer van water, gereduceerd worden. De bodem wordt dan een middel om effectiever en meer duurzaam waterbeheer te dienen (?), als de agrariër tijdig de drainage remt en water vasthoudt, via de bediening van het KAD-systeem.

Figure 1 toont de werking en het principe van KlimaatAdaptieve Drainage. Het systeem bestaat uit een samengesteld, peilgestuurd drainagesysteem op een perceel en een elektronische regelaar voorzien van een stelmotor, waterpeilsensor, telemetrie en zonnepaneel bij de verzamelput. Het systeem bevat een regenmeter, een grondwaterpeilsensor in het perceel en een waterpeilsensor in de peilput. De regelaar is via internet bedienbaar en de stand ervan wordt steeds gemeten. De drainagebasis kan traploos 60 à 70 cm in hoogte variëren door de balg

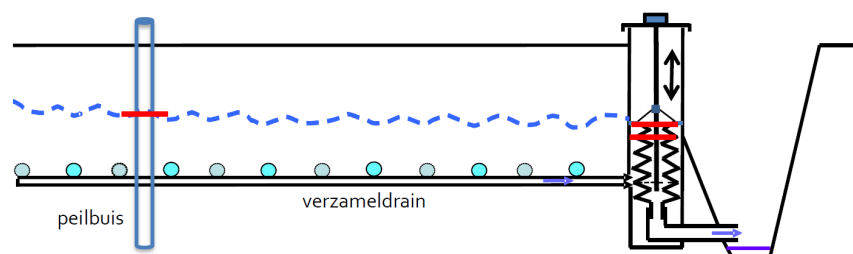


Figure 1: Werking en principe van KlimaatAdaptieve Drainage.

(rechts op de figuur) in de regelput te bedienen. De regelaar werkt op zonnepanelen op accu's of via netspanning. Data van de stand van de balg, het beheer van de balgstand en waarnemingen worden real-time bevraagd, online opgeslagen in een databank en gevisualiseerd in een dashboard.

## 2 KAD-systeem in het veld

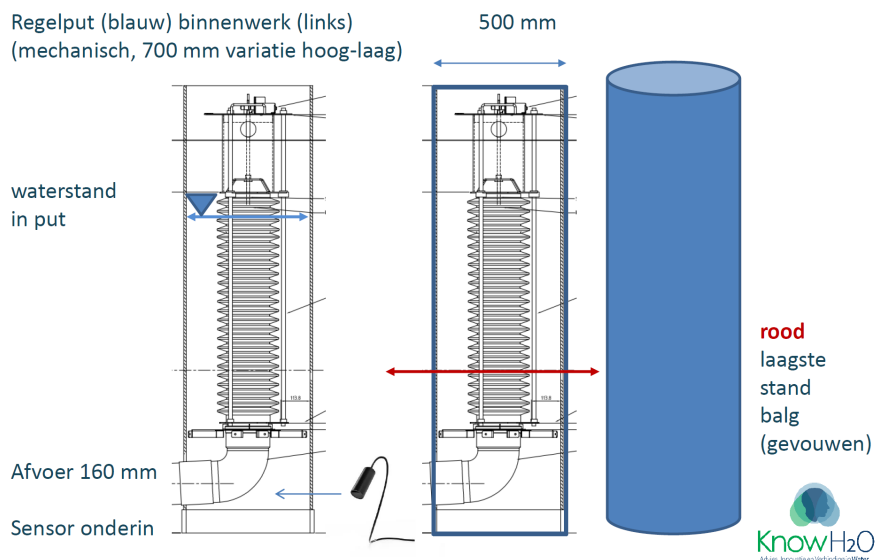


Figure 2: Regelput binnenwerk as conceived by KnowH2O

Bij de landbouwers in het sKAD project waren de bestaande putten te klein in diameter om rechtstreeks om te vormen, het binnenwerk met balg paste er niet in. Daarom werd de bestaande put verwijderd en vervangen door een put met een diameter van 500 mm, zodat er voldoende ruimte is voor de balg (Figure 3). De put wordt ook dieper, zodat we nog steeds de gewenste diepste drainagediepte bereiken bij volledig opgevouwen balg.

Het doel van het KAD systeem is het gebruiksvriendelijk beheer van grondwaterstand op perceelniveau door de landbouwer. Dit wordt gefaciliteerd door de geautomatiseerde put en de real-time metingen, waardoor we via veldwaarneming zicht krijgen op de combinatie van de waterstand in de regelput, de stand van de balg en de grondwaterstand tussen twee drains als 'effect-indicator'. Hiermee kan gezien worden of via de sturing van het systeem de gewenste grondwaterstand bereikt wordt.

## 3 De KAD opstelling in het veld

Figure 5 toont de uitvoering van de KAD opstelling binnen het project sKAD door KnowH2O.

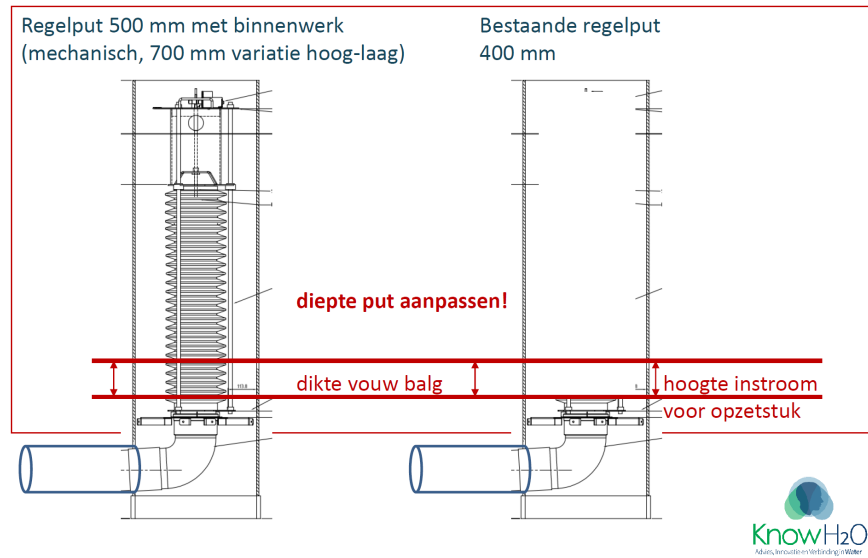


Figure 3: Omvormen regelput van standaard afmetingen op veel locaties in Vlaanderen naar de gewenste afmetingen voor de balg.



Figure 4: Uitvoering op het terrein (l) zonnepanelen energievoorzieningen en (r) controleput met balg in Essen, België

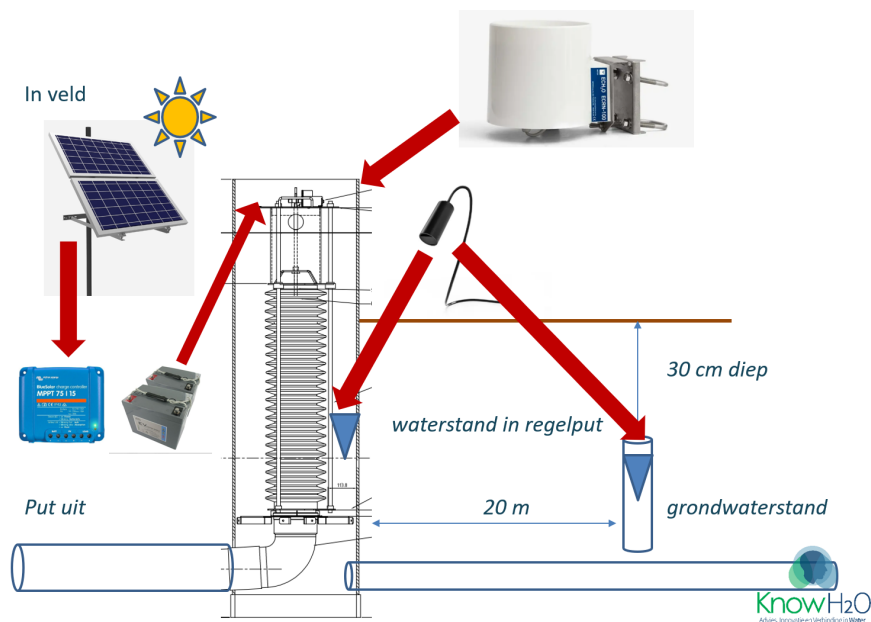


Figure 5: Schematische voorstelling van de volledige KAD opstelling zoals uitgevoerd door KnowH2O.

Voor het correct interpreteren van grondwaterstanden en waterstanden in de regelput voor het beheer, is het noodzakelijk om alle metingen om te rekenen naar een gemeenschappelijke referentie. Grondwaterstanden worden meestal gemeten als waterhoogte in een peilput in de eenheid meter onder het maaiveld (m-mv), maar door topografie etc., geeft dat niet meteen een correcte weergave van het stijghoogteverschil tussen twee posities in het perceel. Dat verschil in stijghoogte bepaalt echter in welke richting het grondwater gaat stromen. We moeten de gemeten waarden dus omrekenen met een gemeenschappelijke referentiewaarde. In België is die referentie de [tweede algemene waterpassing \(TAW\)](#). Om de omzetting naar m-mv en mTAW te kunnen doen is het belangrijk om een goed zicht te hebben op de dieptes en dimensies aangegeven in onderstaande figuren.

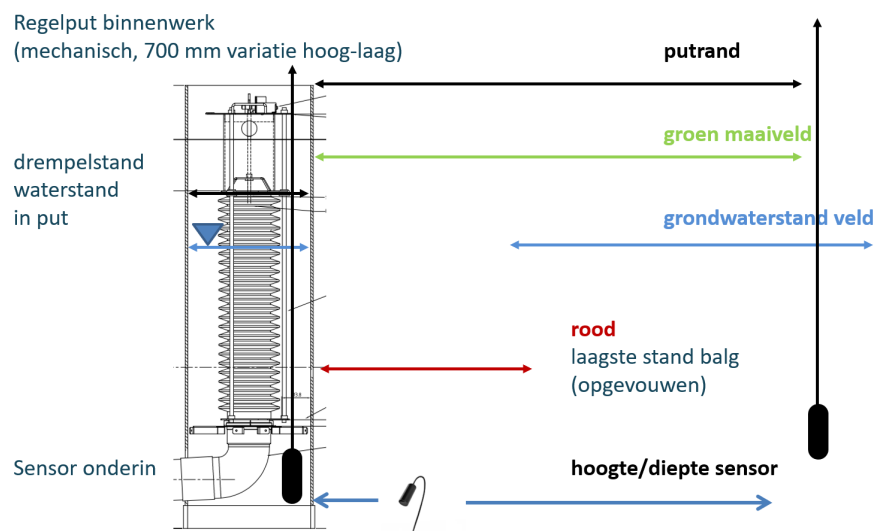


Figure 6: Belangrijke waarden voor het omrekenen van de gemeten sensorwaarden

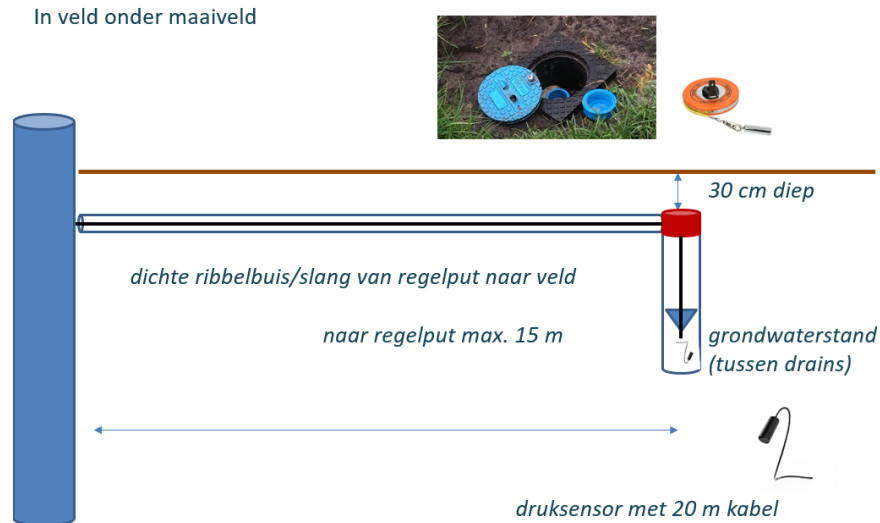


Figure 7: Opstelling peilbuis in het perceel.

## 4 KAD bediening via online dashboard

Het KAD dashboard zoals gerealiseerd door KnowH2O kan je terugvinden op <http://cad-assistant.eu/jouw-achternaam/>. Elke gebruiker heeft dus zijn eigen dashboard, waar hij/zij apart moet inloggen.

Het dashboard heeft verschillende functionaliteiten:

1. Status van het systeem en grondwaterstand te bekijken
2. Balgstand veranderen: draineren (balg omlaag) of water vasthouden (balg omhoog)
3. Locale weersverwachtingen te volgen
4. Referentie hoogtes opgeven en inzichten voor problemdiagnose
5. History van het systeem en grondwaterstand te bekijken

### 4.0.1 Status en standen

Het waterpeil in het perceel wordt typisch niet enkel gestuurd door de drainagebuizen in het perceel, maar ook door de waterstand in de grachten of waterlopen die het perceel omringen. Die kunnen vrij afwateren, maar er kan ook een beheer plaatsvinden met stuwen of andere infrastructuur die al dan niet door de landbouwer zelf beheerd wordt. Om een volledig zicht te krijgen op deze factoren, is het ook aangewezen om informatie over de waterpeilen in de omliggende grachten/waterlopen mee te nemen in het beheer van de regelbare drainage. Omgekeerd dienen andere waterbeheerders en autoriteiten zich ook bewust te zijn van deze interactie. Wanneer het waterpeil in de waterloop bijvoorbeeld hoger is dan de afloop van de controleput, kan er de facto niet ontwaterd worden in het perceel via de regelput.

### 4.0.2 Referentiehoogtes en problemdiagnose

### 4.0.3 Stand van de balg veranderen

### 4.0.4 Bediening

### 4.0.5 Voorbeelden van typische voorkomende situaties en indicaties beheer

**Groei seizoen - bediening voorbeeld (1)** Situatieschets: grondwaterstand acceptabel/goed en staat om en nabij stand balg. Het blijft droog of er is weinig neerslag in weersverwachting.

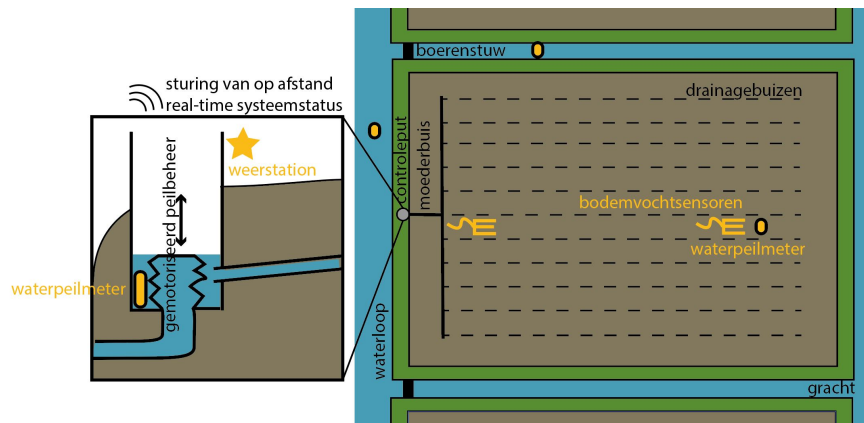
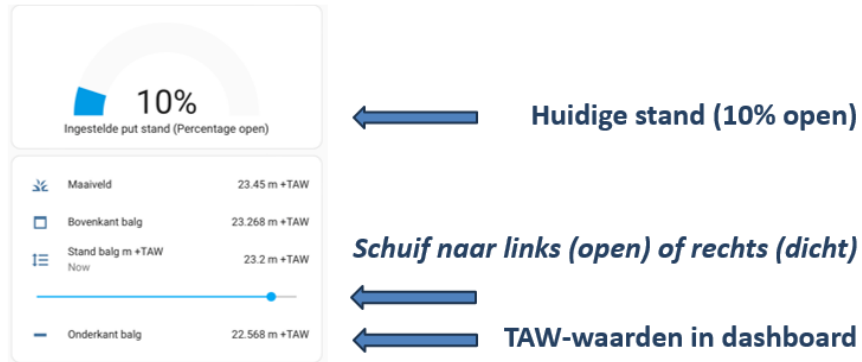
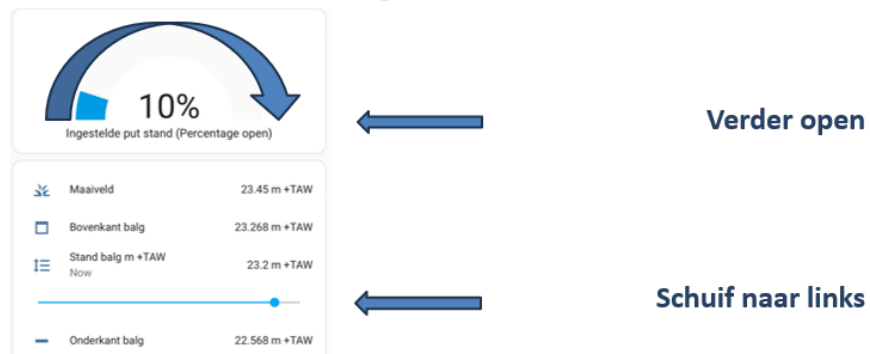


Figure 8: Overzicht van de verschillende componenten en sensoren van een KAD systeem. De minimale realisatie bevat geen bodemvochtsensoren of waterpeilmetingen in de waterlopen/grachten, maar die zijn wel informatief voor het nemen van betere beslissingen rond het peilbeheer.

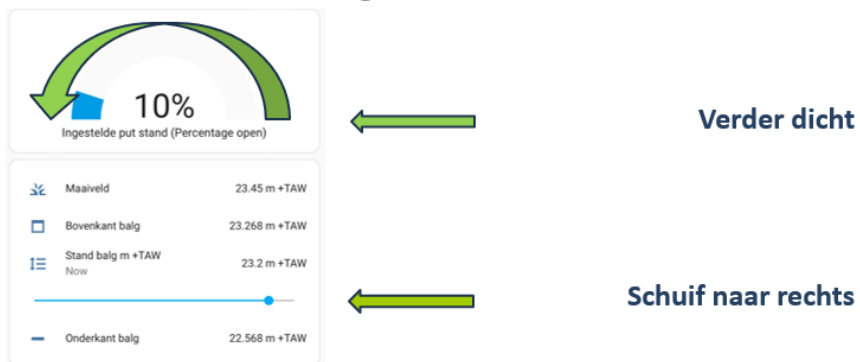




### Stand van de balg veranderen - draineren



### Stand van de balg veranderen - vasthouden



Bediening buiten groeiseizoen	Stel de balg zo in dat de grondwaterstand gelijk is aan of hoger staat dan ontvangend oppervlaktewater. Er kan drainage plaatsvinden. Als meer grondwater vastgehouden 'moet' of kan worden, dan balg hoger instellen. Bij plassen op het land: balg iets verlagen om oppervlakkige afvoer te vermijden, als deze ongewenst is.
Bediening naar aanloop groeiseizoen	Stel de balg in op een gewenste grondwaterstand. Deze grondwaterstand kan niet lager worden dan peil van ontvangend oppervlaktewater. Balgstand is net hoger dan of gelijk aan dat peil. De balg hoger instellen kan wel, indien gewenst.
Bediening bij zaai – poot – bemesting – oogst - bewerking	Stel de balg in op een gewenste grondwaterstand. Deze grondwaterstand kan niet lager worden dan peil van het ontvangend oppervlaktewater. De laagste stand van de balg is dan gelijk aan het peil van het ontvangend oppervlaktewater. Als de balg lager staat dan het peil van het ontvangend oppervlaktewater, dan stroomt er water in de put en het drainagesysteem (NB pas op met sloot'vuil').

Actie:

1. niets doen als er nog weinig verdamping is of
2. de balg hoger instellen bij hogere verdamping de komende dagen; dan eventuele neerslag niet tot afvoer laten komen

---

**Groeiseizoen - bediening voorbeeld (2)** Situatieschets: grondwaterstand acceptabel/goed en staat om en nabij stand balg. Het gaat duidelijk regenen – er wordt de komende dagen neerslag verwacht. Grondwaterstand mag de komende dagen stijgen, geen probleem.

Actie:

1. de balg hoger instellen, neerslag die gaat vallen wordt vastgehouden, grondwaterstand stijgt en blijft dan hoger, of
2. niets doen en balgstand zo laten, grondwaterstand zal stijgen met neerslag, daarna weer dalen tot balgstand

---

**Groeiseizoen - bediening voorbeeld (3)** Situatieschets: grondwaterstand acceptabel/goed en staat om en nabij stand balg. Het gaat duidelijk regenen – er wordt de komende dagen neerslag verwacht. Grondwaterstand mag de komende dagen niet stijgen.

Actie:



1. de balg lager instellen, grondwaterstand daalt, neerslag die gaat vallen leidt tot hogere grondwaterstanden waarna afvoer plaatsvindt bij de lagere balgstand;
  2. kijk na afloop van neerslag of gewenste grondwaterstand bereikt is. Pas daarop eventueel balgstand daarop aan (omhoog of omlaag).
- 

**Groeiseizoen - bediening voorbeeld (4)** Situatieschets: grondwaterstand is te hoog en staat om en nabij stand balg. Er wordt de komende dagen geen neerslag verwacht.

Actie:

1. de balg iets lager instellen, grondwaterstand daalt, neerslag die gaat vallen leidt tot hogere grondwaterstanden waarna afvoer plaatsvindt bij de lagere balgstand;
  2. kijk na afloop van neerslag of gewenste grondwaterstand bereikt is. Pas daarop eventueel balgstand daarop aan (omhoog of omlaag).
- 

**Groeiseizoen - bediening voorbeeld (5)** Situatieschets: grondwaterstand is te hoog en staat om en nabij stand balg. Er wordt de komende dagen neerslag verwacht.

Actie:

1. de balg duidelijk lager instellen, grondwaterstand daalt, neerslag die gaat vallen leidt tot hogere grondwaterstanden waarna afvoer plaatsvindt bij de lagere balgstand;
  2. kijk na afloop van neerslag of gewenste grondwaterstand bereikt is. Pas daarop eventueel balgstand daarop aan (omhoog of omlaag).
- 

**Groeiseizoen - bediening voorbeeld (6)** Situatieschets: grondwaterstand is te laag en staat om en nabij stand balg. Er wordt de komende dagen geen neerslag verwacht.

Actie: de balg zo laten staan, niets doen.

---

**Groeiseizoen - bediening voorbeeld (7)** Situatieschets: grondwaterstand is te laag en staat om en nabij stand balg. Er wordt de komende dagen neerslag verwacht.

Actie: de balg hoger instellen, om zoveel mogelijk neerslag vast te houden.

## 5 Achtergronden

In wat volgt kan u wat achtergrond vinden over waarom drainage al dan niet noodzakelijk is, welke verschillende strategieën er bestaan, wat de impact is op teelten en hoe snel zo'n systeem ongeveer reageert. Meer informatie kan je ook vinden in het [Handboek regelbare drainage](#). Wil u graag echt diep duiken in de theoretische achtergrond rond drainage in het algemeen, dan is Drainage principles and applications een lijvig en compleet referentiewerk (?).

## 5.1 Uitleg drainage en (agro)hydrologie perceel

Naast neerslagoverschot kan ook “kwel” zorgen voor verhoging van het grondwaterpeil. Kwel is grondwater dat onder druk aan de oppervlakte uit de bodem komt, of minstens kort naar de bodemoppervlakte wordt opgestuwd. In het algemeen ontstaat kwel door een ondergrondse waterstroom van een hoger gelegen gebied naar een lagergelegen gebied zoals de onderstaande figuur illustreert.

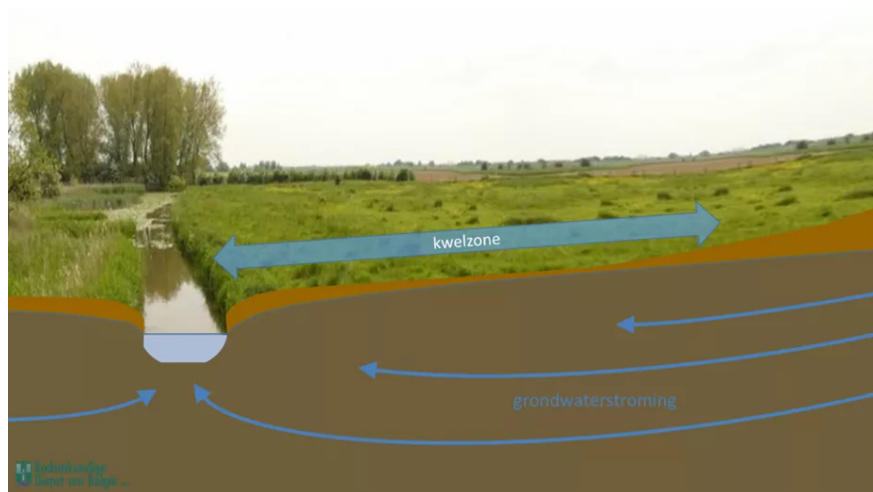


Figure 9: Zone waarin kwel optreedt door grondwaterstroming uit een hoger gelegen gebied.

In een kwelzone wordt het grondwaterpeil dus niet enkel bepaald door het neerslagoverschot, maar ook door aanvoer van grondwater van een hoger gelegen zone. Deze hoger gelegen zone kan kortbij, maar ook verafgelegen zijn, soms meerdere kilometer ver. De kwelzones zelf komen voor in lagergelegen zones, in valleien, waar dan ook een beek of gracht dat grondwater afvoert. Maar soms kan kwel ook voorkomen waar geen gracht of beek bestaat door de samenstelling van de ondergrond.

Kwel kan het gehele jaar voorkomen, of soms enkel in de winterperiode belangrijk zijn. Kwel kan ook dermate intensief zijn dat bronnen ontstaan. Essentieel bij kwel is dat het grondwaterpeil van nature ondiep ligt en mee bepaald wordt door toestromend grondwater. De kwaliteit van het water in de kwelzone wordt dan ook niet alleen bepaald door het insijpelende neerslagoverschot in de kwelzone, maar ook door het water dat van verder toestroomt.

### 5.1.1 Kwel en drainage

Kwelzones werden in het verleden voor landbouw of bosbouw in de mate van het mogelijke kunstmatig ontwaterd, door grachten of rabatten, of ook door buizendrainage. Drainage van kwelzones zorgt voor een betere betreedbaarheid, minder bodemstructuurschade, een verbeterde nutriëntenbenutting, soms de mogelijkheid tot omvorming naar akkerland, hogere grasproductie of andere landbouwopbrengsten, houtopbrengsten, enz. Echter, door de drainage van kwelzones wordt niet alleen het neerslagoverschot afgevoerd naar oppervlaktewaters. Ook het toestromende grondwater wordt via de drains versneld naar de beek gevoerd, en dit soms het hele jaar door. Door de verlaging van het grondwaterpeil op het perceel zal deze grondwatertoestroming toenemen en zal het grondwaterpeil hogerop, soms op grote afstand van het perceel, ook geleidelijk aan dalen. Zo wordt door de drainage water uit het landschap intensiever afgevoerd naar het oppervlaktewater en uiteindelijk naar de Noordzee. Dat gebeurt ook daar waar dit landbouwkundig niet gewenst is. De bodems en percelen hogerop verdrogen op lange termijn.

Drainage van een perceel kan het landschap in de wijde omgeving verdrogen en bijdragen aan een algemene grondwaterpeildaling over de jaren heen. Naarmate kwel gedraineerd wordt kan het verdrogingseffect in de wijde omgeving aanzienlijk belangrijker worden. Bijkomend kan het waterafvoerend systeem stroomafwaarts van de kwelzone de toename van het debiet soms niet aan, waardoor er percelen langs de gracht daar tijdelijk overstromen.

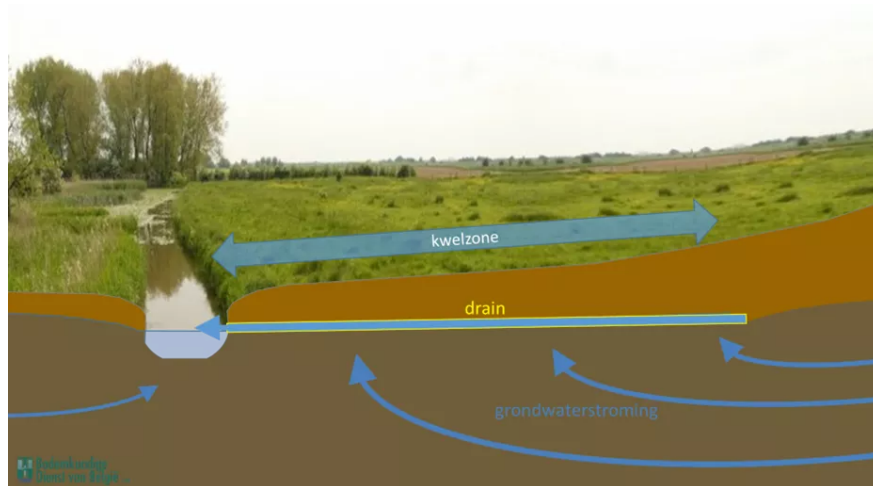


Figure 10: Effect van drainage in een kwelzone op de grondwaterstanden, en op de grondwaterstroming uit een hoger gelegen gebied.

### 5.1.2 Peilgestuurde drainage in kwelgebied

Hoewel ook bij een peilgestuurde drainage kwelwater via de bodem, oever en beekbodem naar het oppervlaktewater blijft stromen is de totale afvoer significant minder dan bij klassieke drainage. Een peilgestuurde drainage zal het landschap daardoor aanzienlijk minder laten verdrogen dan een klassieke drainage dit doet. Bijkomend zal, na het sluiten van de drainage, de toestroming van grondwater ervoor zorgen dat het grondwaterpeil sneller terug zal stijgen, of in het voorjaar minder snel zal dalen. De peilgestuurde drainage zal door kwel dan ook aanzienlijk beter werken en meer renderen dan wanneer geen kwel voorkomt en het grondwaterpeilherstel enkel kan gebeuren door neerslagoverschot. Het is dus zeer belangrijk om onmiddellijk na de bodembewerking de peilgestuurde drainage terug af te sluiten en de drainageduur zo kort mogelijk te houden. Hierdoor zal het kwelwater niet langer naar het oppervlaktewater afgevoerd worden en kan het grondwaterpeil snel terug stijgen.

Zeker indien kwel voorkomt (en indien de andere bodemeigenschappen het toelaten) kan men er vrijwel steeds van uitgaan

- dat peilgestuurde drainage zeker te verkiezen is boven een klassieke drainage,
- of dat omvorming van een klassieke drainage naar peilgestuurde drainage gewenst is, en loont, zodat de drainage meer klimaatrobust wordt: verhoging van de landbouwopbrengsten en tegengaan van algemene verdroging.

Omvorming van een klassieke drainage naar peilgestuurde drainage in kwelgebied heeft dan ook het tweevoudig voordeel:

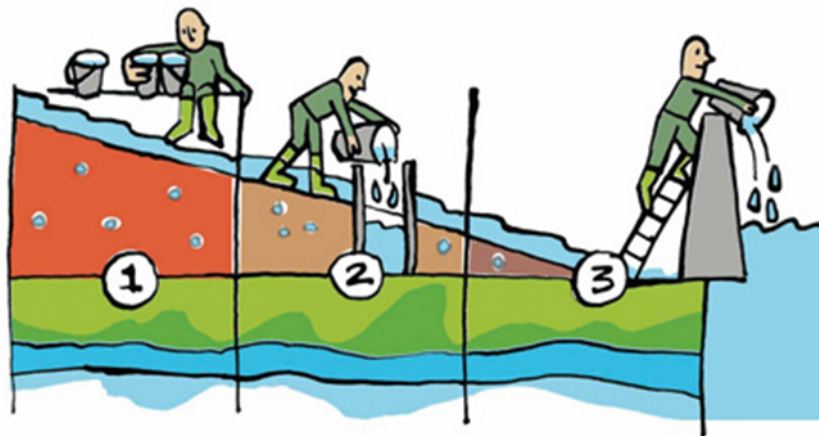
- beter herstel van het grondwaterpeil na drainage met hogere opbrengsten tot gevolg en dus een hoger rendement van de investering;
- vermindering van de grondwatertoestroming en tegengaan van verdroging van het landschap.

#### **Warning**

De afvoer van water via het drainagesysteem is ook enkel mogelijk wanneer het waterpeil van de gracht/beek/rivier waar de moerbuis het water afvoert effectief lager is dan het grondwaterpeil. Indien dat niet het geval is, is afvoer van water niet mogelijk. Als de moerbuis onder water staat en het KADsysteem volledig open staat, kan er zelfs water van het oppervlaktewatersysteem via de drainagebuizen in het

perceel stromen en de facto subirrigatie plaatsvinden. Indien dit niet gewenst is, moet de drainagedrempel dan hoger ingesteld worden dan het waterpeil om aanvoer te voorkomen.

Samenvattend het uiteindelijke doel van klimaatadaptieve drainage om grondwater zo weinig mogelijk af te voeren. Dat doen we door niet af te voeren wanneer dat niet nodig is voor een rendabele productie en water daar vast te houden waar de neerslag valt (1). Als drainage nodig is, behouden we liefst de drainagedrempel zo lang mogelijk hoger dan de grondwaterstad (2), zodat de grondwaterstand gelijk blijft of hoger wordt bij neerslag. Bij overstromingsrisico kan er preventief gedraineerd worden om voldoende buffercapaciteit te hebben voor de voorspelde regenval in de bodem.



### 5.1.3 Draineren

*Toelichting drainage via een regelbaar samengesteld systeem met regelput*

Als je grondwater op een perceel wilt afvoeren via drainage, dan moet de grondwaterstand boven de drains uitkomen. Als dan de drainagedrempel in de regelput via de balg lager wordt gezet dan de grondwaterstand én het waterpeil van het ontvangend oppervlaktewater lager is dan de stand van balg, dan vindt afvoer plaats en daalt de grondwaterstand.

## 5.2 Gewassen en gewenste grondwaterstand

### 5.2.1 Grondwaterdynamiek en invloed op de teelt

Drainage heeft als doel om de grondwaterstand in een perceel te verlagen om de bewerking van het perceel mogelijk te maken en/of om de groeiomstandigheden voor het gewas te verbeteren en de productie te verhogen. In het [eindrapport van het project PEILIMPACT](#) kan u meer informatie vinden over hoe gewassen en landbouwproductie in het algemeen beïnvloedt wordt door de grondwaterstand. Onderstaande figuur, afkomstig van de werkgroep Waterwijzer Landbouw in 2018, toont hoe de grondwaterstand enerzijds de oogst gaat beïnvloeden via het al dan niet bijdragen of mitigeren van stress (zuurstofstress - te nat of vochtstress -te droog) en anderzijds door de gewaskalender te beïnvloeden als de bodem te nat is om bijvoorbeeld met het ploegen of zaaien te kunnen beginnen.

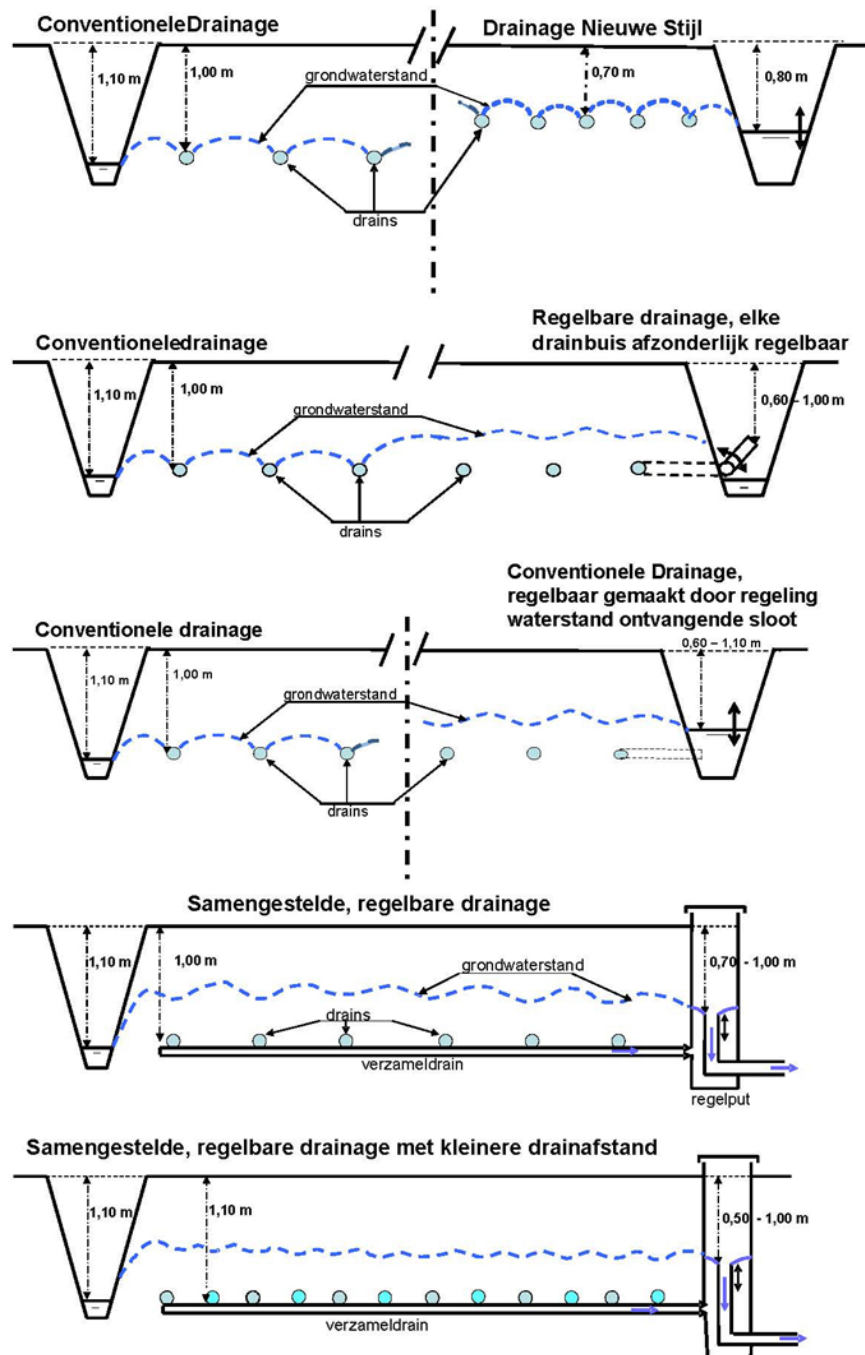


Figure 11: Verschillende drainagetechnieken

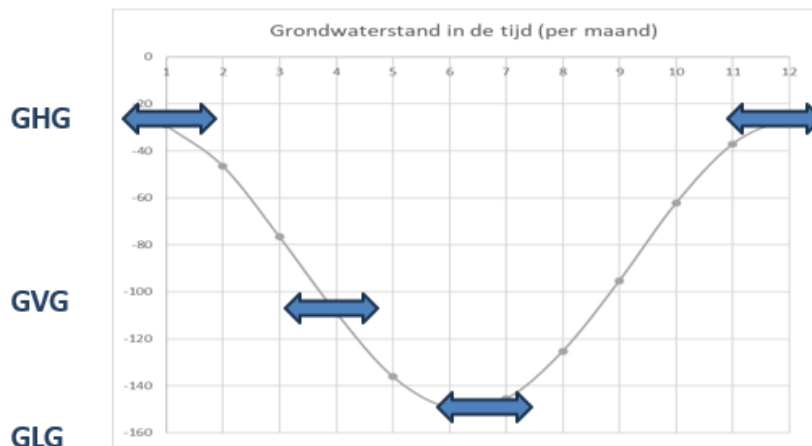


Figure 12: Voorbeeld jaarlijkse evolutie grondwaterstand op een bepaalde locatie en terminologie gemiddelde hoogste (GHG) en gemiddelde laagste (GLG) grondwaterstand (?).

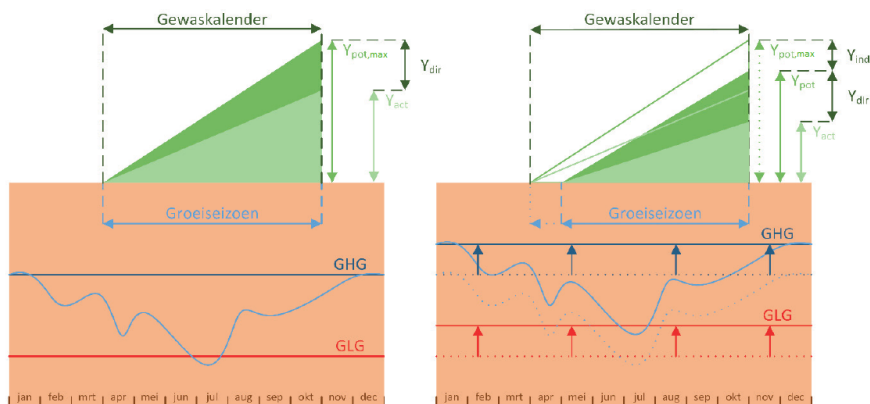


Figure 13: Voorbeeld van de berekening van de potentiële en de werkelijke opbrengst wanneer rekening wordt gehouden met directe en indirecte effecten. Links is de referentiesituatie weergegeven en rechts de situatie na een bevochtigingsmaatregel. Het donkergroene vlak geeft de potentiële gewasopbrengst weer en het lichtgroene vlak de werkelijke gewasopbrengst. Figuur ontleend aan Werkgroep Waterwijzer Landbouw (2018).

In de klassieke drainageliteratuur en in eerdere rapporten (????) werden tabellen met richtwaarden en modellen ontwikkeld. In Nederland werd hiervoor recent het instrumentarium [Waterwijzer Landbouw](#) uitgewerkt, dat de HELP tabellen moet vervolledigen. Zowel de HELP tabellen als het meer dynamische model van WWL geven heel wat informatie over wat een optimale grondwaterstand zou kunnen zijn voor een bepaalde teelt op een bepaalde locatie. Toch blijft het een delicate evenwichtsoefening tussen wat theoretisch voorspeld wordt en wat op het terrein waargenomen wordt. Deze informatie gebruiken én vinger aan de pols houden op het perceel is de boodschap. Hieronder vatten we een aantal aandachtspunten en vuistregels samen.

### 5.2.2 Bodem sturend

De wisselwerking tussen grondwater en gewasopbrengst wordt voornamelijk bepaald door de bodemtextuur en de weersomstandigheden (Feddes, 1971). De waterretentiekennmerken van de bodem regelen de infiltratie door de wortelzone en de capillaire opstijging (Zipper *et al.*, 2015), terwijl jaarlijkse variaties in de weersomstandigheden de relatie tussen grondwater en opbrengst veranderen (Feddes, 1971).

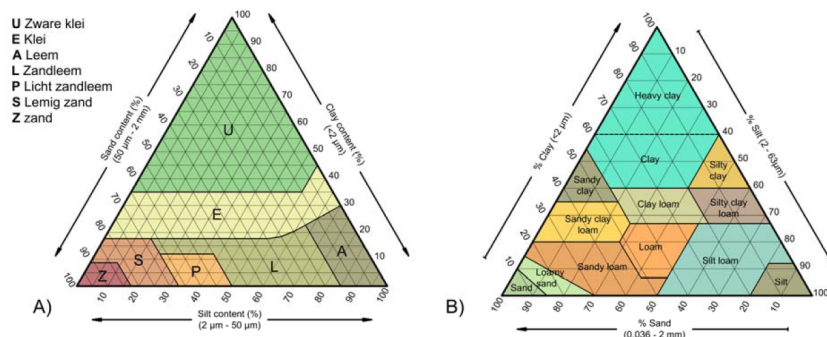


Figure 14: Textuurklassen volgens de Belgische textuurklassen (A) en USDA textuurklassen (B). Aangepast van Dondeyne *et al.* (2014).

De grondwaterstand en bodemtype hebben ook indirect een invloed op de landbouwpraktijk. Voor akkerbouwgewassen worden verschillende machines gebruikt voor voorbereidende werkzaamheden (d.w.z. grondbewerking), zaaien of planten en oogsten. De start van elk van deze fasen moet worden uitgesteld als de bodem te nat is voor de machines om het veld te betreden, of te koud om het zaad te laten ontkiemen. Waterwijzer Landbouw bepaalt dit op basis van een zuigspanningscriterium. Op 15 cm diepte moet worden voldaan aan een bepaalde zuigspanning voordat met voorbereidende werkzaamheden, zaaien of oogsten kan worden begonnen, hetgeen afhankelijk is van bodem- en gewaseigenschappen.

### 5.2.3 Verdamping - na neerslag grootste post op de waterbalans

Naast de grondwaterstand en de bodem, heeft het weer een grote invloed op de werking van een drainagesysteem. Na neerslag is verdamping de grootste post in de waterbalans. Verdamping via de planten i.c. het blad (transpiratie (T)), maar ook verdamping vanaf de bodem (evaporatie (E)) en vanaf het blad na vernatting door neerslag en/of beregening (interceptie-verdamping (I)).

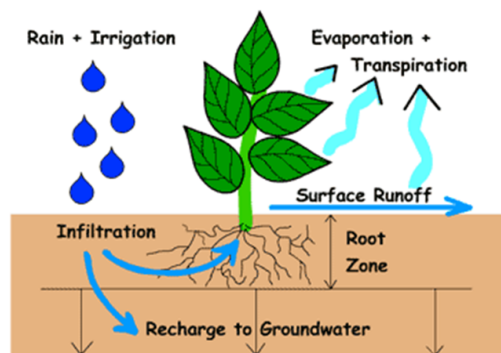


Figure 15: De waterbalans in de onverzadigde zone

Verdamping van water naar de lucht is gedreven door de weersomstandigheden (o.a. zonnestraling, temperatuur, wind en luchtvochtigheid), het gewas en varieert dus doorheen het jaar. We geven een aantal grootte-orde van de referentiegewas-verdamping hieronder voor Vlaanderen.

Onderstaande figuur toont een schatting van de verdamping (E+T) voor een referentiegewas, nl. een goed geïrrigeerd gras. Deze kan omgezet worden in een schatting voor verschillende teelten door een gewasfactor toe te passen. Als die factor groter is dan 1, verdampt het gewas potentieel meer dan gras. Of dat ook werkelijk zo zal zijn, hangt af van stress-factoren in het veld (te droog, te nat, ...).

FAO heeft een hele reeks gewasfactoren ontwikkeld, die je [hier](#) terug kan vinden. Een andere overzicht voor de referentiegewas-verdamping volgens Makkink ETref (Makkink, 1957) staat hieronder in Figure 17.



Table 1: Zuigspanningscriterium op 15 cm diepte volgens lichte en zware categorie, voor verschillende grondsoorten in Vlaanderen. Waarden zijn overgenomen uit tabel 4.1 van Werkgroep Waterwijzer Landbouw (2018).

Beschrijving	Belgische bodem-classificatie	Vorbereidende werkzaamheden	Drukhoogte op 15 cm diepte (cm) Lichte categorie	Drukhoogte op 15 cm diepte (cm) Zware categorie
Zwakke leem tot zeer sterke leem met zeer fijn tot matig fijn zand	zand (Z) lemig zand (S) lichte zandige leem (P) zandige leem (L)	lente	-50	-60
Zeer licht slib	lichte zandige leem (P) lemig zand (S) zandige leem (L) leem (A)	herfst	-60	-60
Matig lichte leem	zandige leem (L) leem (A)	herfst	-60	-90
Zwaar slib	leem (A) klei (E)	herfst	-60	-90
Lichte tot zeer zware klei	klei (E) zware klei (U)	herfst	-70	-100
Zandige leem	zandige leem (L) leem (A)	herfst	-70	-100
Veenachtige klei	leem (A)	lente	-60	-80

Winter	<1mm/dag
Voorjaar	1-3 mm/dag
Zomer	3-5 mm/dag
Groeiseizoen	550 mm (mrt-sep)
Jaar	630 mm



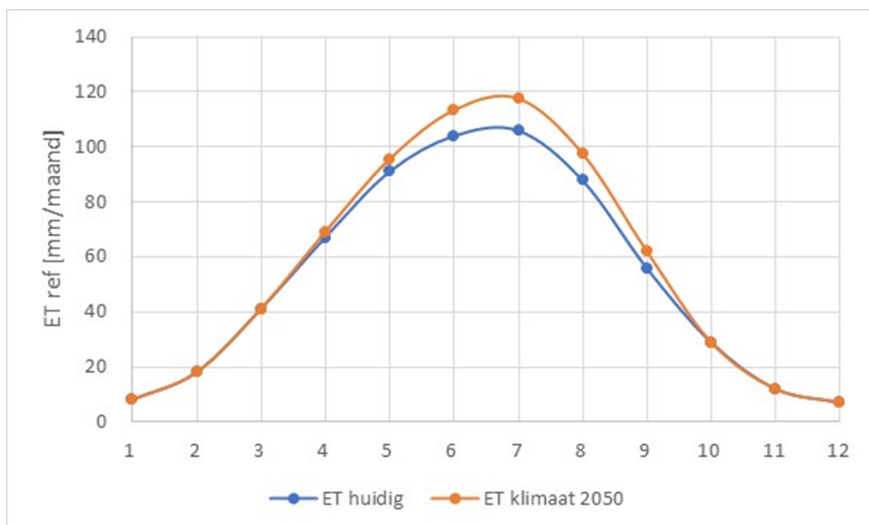


Figure 16: Verdamping per maand in 2050 en huidig

Tabel 5

Decadewaarden voor de gewasfactoren  $f$  behorende bij de referentie-gewasverdamping  $E_r$

Maand	april			mei			juni			juli			augustus			september			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Gras	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	
Gewen	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.2	1.2	1.2	1.0	0.9	0.8	0.6	-	-	-	-	-	
Mais	-	-	-	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Aardappelen	-	-	-	0.7	0.9	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.7	-	-
Suikerbieten	-	-	-	0.5	0.5	0.5	0.8	1.0	1.0	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1
Peulvruchten	-	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.2	1.2	1.0	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-
Planzui	0.5	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-	-	-
Zaaiui	-	0.4	0.5	0.5	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.7	-	-	-
Mitlof	-	-	-	-	-	-	0.5	0.5	0.5	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Winterpeen.	-	-	-	-	-	-	0.5	0.5	0.5	0.8	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Koolsoeterij	-	-	-	-	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	-
Prei	-	-	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Sol/roelgewassen	-	-	-	0.5	0.7	0.7	0.9	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Pit/steenvruchten (volgroeif)	1.0	1.0	1.0	1.4	1.4	1.4	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

Figure 17: Gewasfactoren ETref Makkink

Wil je de wateropname en transpiratie van je teelt voorspellen en beïnvloeden tijdens het groeiseizoen, dan heb je nog twee extra aspecten nodig: de teeltkalender met zaai- en oogstdatum en een schatting van de bewortelingsdiepte.

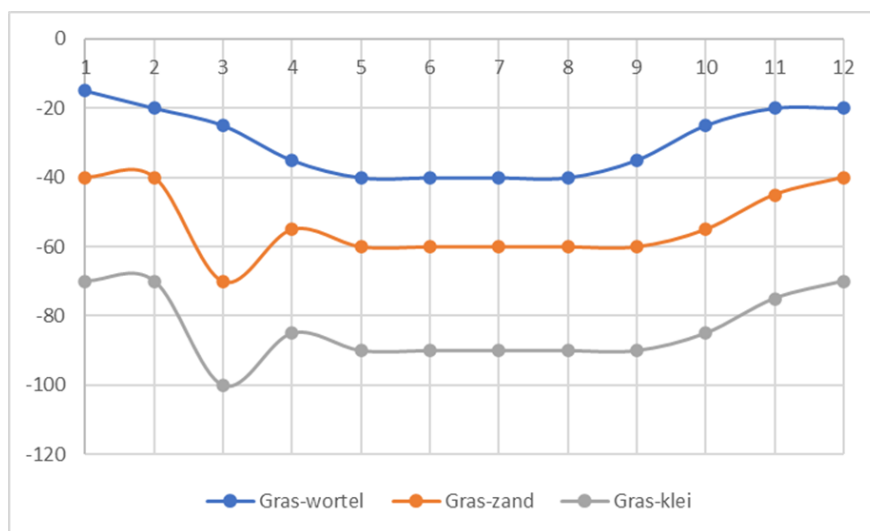
Gewas	Jan	Feb	Maa	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Aardappel				15/04						01/10		
Kuilmais				25/04						01/10		
Wintertarwe								20/08		10/10		
Suikerbiet			16/03								15/11	
Gras	01/01											31/12

Gewas	Maximale bewortelingsdiepte (cm)
Aardappel	50
Kuilmaïs	100
Wintertarwe	125
Suikerbiet	120
Gras	40

Groei seizoen  
Zaaien/Planten  
Oogsten  
Maaien

### Gewenste grondwaterstand - een theoretisch voorbeeld

Voor grasland op zand en klei ziet diepte van de beworteling en de gewenste grondwaterstand in de tijd (maanden van het jaar) er ongeveer als volgt uit:



Als de graswortels na de winter groeien en een grotere diepte bereiken, dan zakt de gewenste grondwaterstand mee, anders is de toestand op het perceel te nat en treedt zuurstofstress op.

De afstand tussen de diepte van de wortels en de gewenste grondwaterstand is op zand kleiner dan op klei. Dit komt omdat de capillairen op klei hoger reiken dan op zand (pF-curve). De ontwatering van grasland op klei is dus groter dan voor grasland op zand.

### 5.3 Verwachte responstijd van sturing

Als de balg in de KAD regelput omlaag wordt gestuurd, dan betekent dit niet dat de grondwaterstand op het perceel instant verandert. Dit kost tijd. Naarmate de bodem meer doorlatend is en de afstand tussen drainagebuizen kleiner is, dan gaat het sneller van sturing (balg) naar effect (grondwaterstand). Een zandgrond van lichte textuur heeft daarom een kortere responstijd dan een kleigrond van zware textuur.

Van lichte naar zware bodemtextuur gaat het als volgt:

1. responstijd neemt toe: eerder beginnen met sturen, en
2. capillaire opstijging neemt toe: verder zakken met gewenste grondwaterstand.

Hiermee zal in het veld, elk veld, ervaring moeten worden opgedaan door de agrariër in de praktijk. Enige kentallen voor de responstijd zijn: voor zand 1 à 3 dagen, voor klei: 4 à 6 dagen. Experimenteren en leren is dus het devies: lokaal ervaring opdoen en als doende leren.

De responstijd van 'balg omhoog' op de grondwaterstand hangt naast van de textuur natuurlijk ook af van het neerslagoverschot dat ondertussen richting grondwater stroomt na de laatste bui en de neerslag die nog zal vallen.

## **6 Bijlagen**

## References

- J. Bakel, M. Huinink, H. Prak, and F. Bolt. Help-2005 - UITBREIDING EN ACTUALISERING VAN DE HELP-TABELLEN TEN BEHOEVE VAN HET WATERNOOD-INSTRUMENTARIUM. STOWA Waterloodrapport 2005-16, Utrecht, 2005. URL <http://help200x.alterra.nl/HELP2005.pdf>.
- G. Eertwegh, P. Bakel, L. Stuyt, A. Iersel, L. Kuipers, M. Talsma, and P. Droogers. Klimaatadaptieve Drainage: een innovatieve methode om piekafvoeren en watertekorten te verminderen. Futurewater Report 123, 2013.
- D. Estrella, T. Deswaef, and S. Garré. Impact of groundwater level rise and humidity on agricultural land in Flanders. Technical report, Zenodo, feb 1 2023. URL <https://zenodo.org/record/7788076>.
- R. Oosterbaan, H. Nijland, and H. Ritzema. Drainage principles and applications. *International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI)*, 1994.
- G. van den Eertwegh, L. Kuipers, W. Klerk, J. van Bakel, L. Stuyt, A. van Iersel, and M. Talsma. Klimaatadaptieve drainage: middel tegen piekafvoeren en watertekorten. *H2O : tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling*, 45(18):8–10, 2015. ISSN 0166-8439.