

Peilgestuurde drainage – het handboek

Auteurs: Tom Coussement, Steve Meuris, Frank Elsen
Uitgavedatum: November 2022
Rapportversie: 1.0
Aantal pagina's: 37
Bestand: KML 18-06 Handboek-20221109.docx
Verspreiding: BDB, BNVL, de opdrachtgevers, belanghebbenden
Realisatie: Bodemkundige Dienst van België vzw
W. de Croylaan 48
3001 Heverlee
e-mail: info@bdb.be
Tel: +32 (0)16 31 09 22
Projectleider: Frank Elsen



i.s.m.

Boerenatuur Vlaanderen
Diestsevest 40
3000 Leuven
Tel.: +32 (0)16 28 64 64



Met de steun
van:



Europees Landbouwfonds
voor Plattelandsontwikkeling
Europa investeert
in zijn platteland



Ref. opdrachtgever: KML 18-06

Projectcode BDB: P/OO/384

Projectperiode: Van 1/11/2018 tot 30/06/2022

Referaat: Indien van toepassing dient gerefereerd te worden naar dit document als volgt:

Coussement T., Meuris S., Elsen F. (2022) Peilgestuurde drainage – het handboek. Project uitgevoerd door Bodemkundige Dienst van België en Boerenatuur Vlaanderen. Eindrapport, 9/11/2022. 32 pp.

Kwaliteitsbewaking: Het project valt onder het toepassingsgebied en de onderzoeksafdeling die gecertificeerd is met het ISO9001:2015 label door KIWA. Dit houdt in dat voortdurend gestreefd wordt naar kwaliteitsverbetering, zowel op het gebied van onderzoek, studieopdrachten, projectwerking als terrein- en proefveldwerking.

Inhoud

Lijst van figuren	4
Lijst van tabellen	5
Definities en afkortingen	6
1 Inleiding	7
2 Achtergrond	8
2.1 Drainage in een evoluerende context	8
2.2 Impact van peilgestuurde drainage op gewasproductie.....	11
2.2.1 Capillaire nalevering	11
2.2.2 Verhoogde gewasproductie	15
2.2.3 Nutriëntenhuishouding	16
3 Voorwaarden, mogelijkheden voor aanleg van peilgestuurde drainage	17
3.1 Doorlaatbaarheid van de bodem.....	17
3.2 Mogelijkheden voor peilherstel	19
3.2.1 Neerslagoverschot	19
3.2.2 Kwel en ligging van het perceel in het landschap	20
a) Wat is kwel?	20
b) Kwel en drainage	20
c) Peilgestuurde drainage in kwelgebied	22
d) Hoe te weten waar kwel voorkomt?	22
3.2.3 Mogelijkheden voor subirrigatie	26
3.2.4 Samenwerking	28
3.3 Hellingsgraad.....	28
3.4 Juridisch.....	31
3.5 Beheer, keuze in het bedrijf.....	33
3.6 Samenvatting en beslissingsboom	34
3.6.1 Beslissingsboom	34
3.6.2 Geschiktheidskaart voor Vlaanderen	35
3.6.3 SWOT-analyse.....	36
4 Referenties	37

Lijst van figuren

Figuur 1: Peilgestuurde drainage in de uitgangssituatie (grootste gedeelte van het jaar). De drainage wordt gedurende het grootste deel van het jaar voorzien van de regelbuis waardoor het ontwateringsniveau wordt opgetrokken en er enkel water wordt afgevoerd wanneer het grondwaterpeil stijgt tot boven de opening in de regelbuis. 1 = drain, 2 = verzamelbuis, 3 = regelput, 4 = regelbuis (buisje van Iersel)	10
Figuur 2: Peilgestuurde drainage vlak voor en tijdens de veldwerkzaamheden (inzaai, oogst, ...). In het kader van veldwerkzaamheden staat de drainage tijdelijk open om het water af te voeren tot op het niveau van de drains (ontwateringsbasis). 1 = drain, 2 = verzamelbuis, 3 = regelput, 4 = regelbuis (buisje van Iersel).....	10
Figuur 3: Capillaire opstijging vanuit het grondwater naar de wortelzone bij indrogende bodem, schematisch.	11
Figuur 4: Gevolgen van de diepte van de grondwatertafel op het vochtgehalte in de wortelzone en de irrigatiebehoefte van een perceel aardappelen in de zomer van 2018	12
Figuur 5: Grondwaterpeil op een proefperceel met een goed doorlatende zandgrond in noord Limburg, met drainagebuizen op 80 cm diepte, voor de ongedraineerde, klassiek gedraineerde, en peilgestuurd gedraineerde situatie (resultaten getoond voor 2007 en 2008)	13
Figuur 6: Illustratie van de impact van het beheer van de peilgestuurde drainage op de grondwaterpeilen	13
Figuur 7: Droogtegevoeligheid van maïs gedurende het groeiseizoen	14
Figuur 8: Meeropbrengst ten gevolge van de omvorming van een klassieke naar een peilgestuurde drainage voor een aantal proefvelden in Noord-Limburg	15
Figuur 9: Schematische weergave van de stikstofbalans op een landbouwperceel bij klassieke drainage (conventionele drainage, CD, rechts) en peilgestuurde drainage ((samengestelde) regelbare drainage, (S)RD, links). Bron figuur: Stuyt et al. (2012).	16
Figuur 10: Zone waarin kwel optreedt door grondwaterstroming uit een hoger gelegen gebied.	20
Figuur 11: Effect van drainage in een kwelzone op de grondwaterstanden, en op de grondwaterstroming uit een hoger gelegen gebied.	21
Figuur 12: Een landbouwperceel wordt opgezocht (hier rood omlijnd) en de bijhorende bodeminformatie is weergegeven (Ref. DOV).....	24
Figuur 13: Principe van subirrigatie	26
Figuur 14: Illustratie van het gebruik van een peilgestuurd drainagesysteem voor subirrigatie	27
Figuur 15: Illustratie van een peilgestuurd drainagesysteem op vlakke percelen	29
Figuur 16: Illustratie van het probleem van een peilgestuurd drainagesysteem op hellende percelen zonder gebruik van meerdere regelvakken	29
Figuur 17: Illustratie van het gebruik van een peilgestuurd drainagesysteem op hellende terreinen via meerdere peilvakken	30
Figuur 18: Een landbouwperceel wordt opgezocht (hier rood omlijnd) en de ligging ten opzichte van een SBZ (hier Habitatrichtlijngebied in donker groen) is weergegeven (Ref. DOV).....	32
Figuur 19: Beslissen tot peilgestuurde drainage, een stappenplan.	34
Figuur 20: Geschiktheidskaart voor peilgestuurde drainage in Vlaanderen (eerste versie, juni 2022) .35	

Lijst van tabellen

Tabel 1: Algemene inschatting van de verzadigde hydraulische doorlaatbaarheid (K_{sat}) van een aantal bodemtextuurklassen (Bron: Raes et al., 2016)	17
--	----

Definities en afkortingen

- Colmatage: verstopping van een drain. Een verstopping kan verschillende oorzaken hebben: ingroeiende plantwortels, slib, ...
- Kwel: natte zones in het landschap waar grondwater terug dichtbij of zelfs aan het bodemoppervlak komt.
- Lisse effect: De grondwaterpeilstijging na regenval is in sommige gevallen (veel) groter dan kan verklaard worden door de hoeveelheid ingedrongen water. Dit wordt verklaard doordat het indringende water lucht insluit tussen het infiltratiefront en het grondwater. De druk op deze ingesloten lucht zorgt ervoor dat het grondwaterpeil zal stijgen. Dit fenomeen werd voor het eerst waargenomen in 1923 op de proeftuin van de tuinbouwschool in Lisse (Nederland).
- Rabat: langwerpige ophoging tussen greppels. Origineel methode uit de bosbouw om droge stroken te verkrijgen om bomen op te planten.

1 Inleiding

Dit handboek is in de eerste plaats een beslissingsinstrument. De uitwerking is gegroeid vanuit de vragen naar technische kansen en randvoorwaarden voor rendement die bij Bodemkundige Dienst van België en Boerennatuur Vlaanderen de afgelopen jaren binnengekomen zijn in verband met de toepassing van peilgestuurde drainage in Vlaanderen. Het handboek heeft in de eerste plaats als doel bedrijfsleiders bij te staan bij de verschillende afwegingen en beslissingen die gemaakt moeten worden bij de aanleg en het aansturen van een peilgestuurde drainage. Deze informatie is ook interessant voor waterbeheerders en beleidsmaker om een beter beeld te verkrijgen van de mogelijkheden en voorwaarden van peilgestuurde drainage voor waterconservering in het landschap. Dit handboek vormt de weerslag van ervaringen in Vlaanderen, van kennisuitwisseling en van informatie uit wetenschappelijke onderzoeken, en van voorlichting zoals die in het buitenland wordt gehouden.

Dit handboek had niet tot stand kunnen komen zonder de medewerking van de verschillende bedrijfsleiders die in diverse onderzoeksprojecten bijgedragen hebben aan het onderzoek en de adoptie van peilgestuurde drainage in Vlaanderen. De uitgave werd mogelijk gemaakt door financiering van Leader Kempen en Maasland.

De Bodemkundige Dienst van België vzw, Boerennatuur Vlaanderen, en de instanties die dit handboek mede mogelijk maakten aanvaarden geen aansprakelijkheid voor eventuele schade die zou kunnen voorkomen uit de toepassing van adviezen of richtlijnen in dit handboek.

2 Achtergrond

2.1 Drainage in een evoluerende context

Inpolderen, ontwateren van een gebied na aanleg van dijken, dateert in onze streken van zo'n 1000 jaar geleden. Kostbare landbouwgrond kon gewonnen worden waardoor de bevolking uit de donkere middeleeuwen kon groeien. Landinwaarts gronden ontwateren, 'drainage', werd daarentegen slechts voor het eerst vermeld in Engeland nagenoeg 400 jaar geleden; het zou afgeleid zijn van het Engelse 'dry', droog maken. Drainage zoals we die vandaag kennen, is pas echt recent, van eind 19de eeuw. In dezelfde periode werden ook grote infrastructuurwerken uitgevoerd om gebieden te bevloeien en vruchtbaar te maken. Zo kon de aanleg van de Kempische kanalen het grondwaterpeil op vele plaatsen in het noorden van de Kempen verhogen en er op die manier welvaart brengen. Dergelijke waterbeheersingswerken hebben toegelaten om op grote schaal gronden productief te maken en sterke bevolkingsgroei in onze streken mogelijk te maken.

Onder kunstmatige drainage kan ruim gesproken zowel oppervlakkige als ondergrondse drainage vallen. Oppervlakkige drainage houdt in dat het perceel ontwaterd wordt door het aanleggen van rabatten, kleine greppels of grachten op het perceel, die het overtollige water aan het bodemoppervlak afvoeren. Tegenwoordig wordt met 'drainage' in de praktijk echter voornamelijk bedoeld op ondergrondse drainage: het aanleggen van een ondergronds netwerk van doorlatende buizen. Deze invulling van het begrip 'drainage' betekent ook dat een perceel ongedraineerd genoemd wordt, ook al wordt het via sloten of greppels op en langs het perceel wel (oppervlakkig) gedraineerd (Stuyt, 2013). De aard van deze drainagebuizen is de laatste decennia geëvolueerd van kleipotten naar plasticen of zelfs biologisch afbreekbare buizen. Ook kan er met moldrainage een ondergronds drainagesysteem aangelegd worden zonder buizen. Verder in deze tekst zal de term 'klassieke drainage' gebruikt worden voor een ondergrondse buizendrainage, wat in Vlaanderen het meest voorkomende systeem is.

Het draineren van landbouwgronden staat toe om laaggelegen gronden in cultuur te brengen en productief te maken. Hierdoor is er gevoelig minder structuurschade aan de bodem doordat er niet langer in zeer natte omstandigheden op het perceel gekomen wordt. Ook zal sterke regenval minder leiden plasvorming en oppervlakkige afspoeling, omdat het regenwater meer ruimte heeft om in te dringen in de bodem.

Schattingen geven aan dat wereldwijd ongeveer 1/3 van alle niet bevoeid bouwland baat zou hebben bij een vorm van ontwatering (De Wrachien en Feddes, 2003). Momenteel is hiervan 1/9 effectief gedraineerd (De Wrachien et al., 2017). Voor Vlaanderen zijn geen duidelijke cijfers gekend. Ontwatering kent er zeer vele vormen. In sommige gebieden werd het grootschalig aangepakt, bijvoorbeeld in de beneden-Dommel. Overal werd ook on the spot ingegrepen: rabatten werden getrokken, grachten gegraven, of een enkele drain ingegraven, enz... tot bemaling. Alles bedoeld om zeer lange tijd te werken. Vele van deze ingrepen worden momenteel niet echt meer onderhouden omwille kosten of van schaal van landbouw, of naderen stilaan hun levensduur.

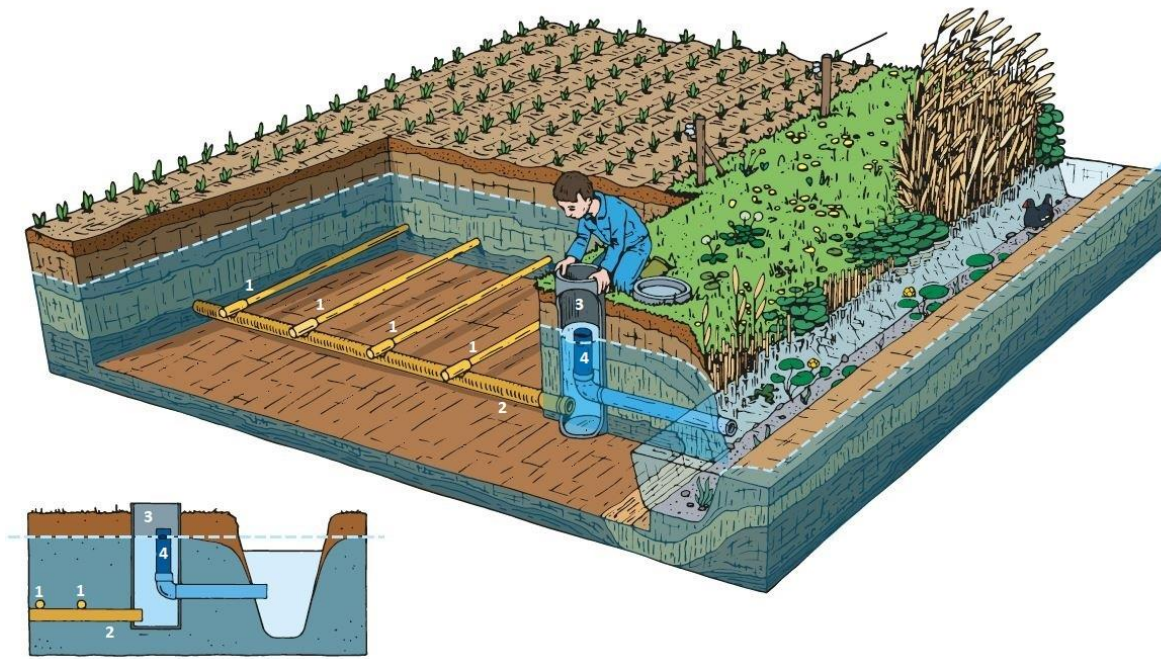
De onuitgesproken aanname bij het aanleggen van een klassieke drainage was dat het klimaat voor periodes van meer dan 50 jaar stabiel zou blijven, met andere woorden dat de nood aan drainage voor de decennia na aanleg even groot zou blijven (De Wrachien et al., 2017). Deze aanname gaat tegenwoordig echter niet meer op, omwille van twee redenen. Enerzijds blijkt het aanleggen van klassieke drainages op de laaggelegen natte gronden in Vlaanderen zeer ingrijpend te hebben gewerkt op het watersysteem, waardoor de laatste decennia in grote gebieden in Vlaanderen het grondwaterpeil over een lange periode gevoelig gedaald is. Anderzijds zorgt de klimaatopwarming voor het frequenter voorkomen van lange periodes met weinig neerslag in de zomer, zodat de watervoorziening van de landbouwgewassen ook op deze laaggelegen en (voormalig) natte gronden in het gedrang komt.

Een klassieke drainage werkt automatisch, en zal in alle gevallen het water afvoeren dat het niveau van de drainagebuizen bereikt, ook op momenten dat dit voor de landbouwer eigenlijk niet wenselijk is, zoals na de inzaai van het gewas. **Peilgestuurde drainage** is een aanpassing van een klassieke drainage, die toestaat om het tijdstip en de diepte van de drainage te gaan beheren. Peilgestuurde drainage werd reeds een 50-tal jaar geleden ontwikkeld en toegepast in verschillende staten van de USA als reactie op 'overdrainage': percelen die gedraineerd werden omwille van voor de hand liggende redenen bleken al gauw te droog te liggen in het productieseizoen (Doty et al., 1975). Sommige onderzoekers moesten zelfs besluiten dat in het merendeel van de klassieke drainages sprake is van 'overdrainage' (Christen et al., 2001).

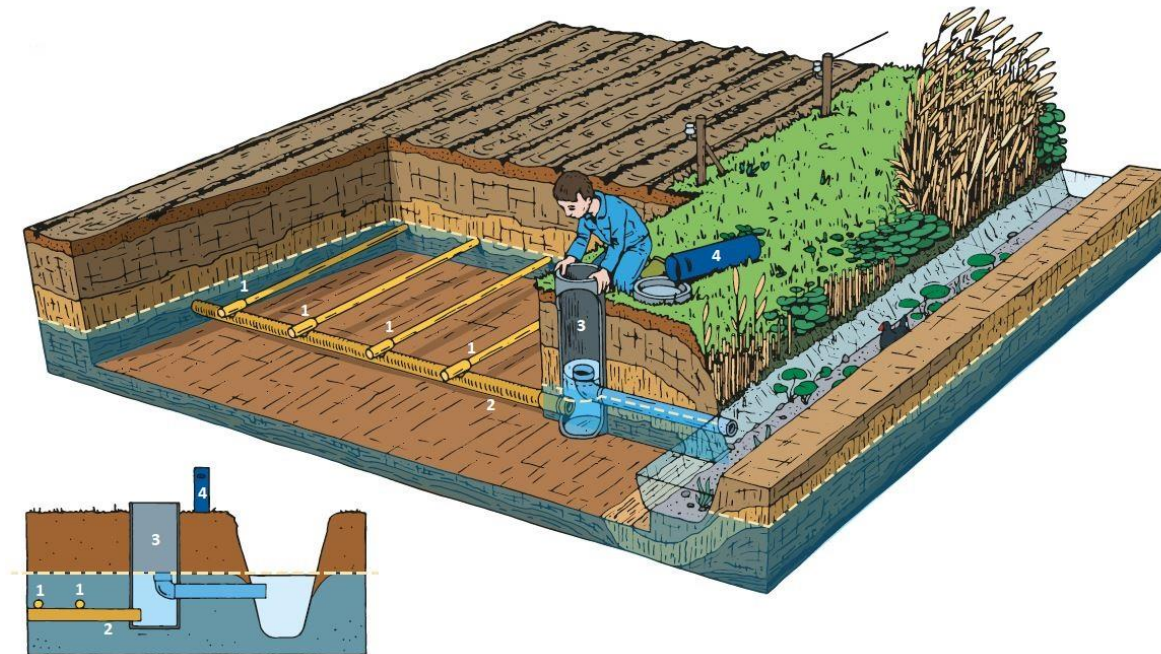
De toepassing van peilgestuurde drainage kan op verschillende manieren. Een zeer eenvoudige toepassing van peilgestuurde drainage is bijvoorbeeld het plaatsen van een stuw in de beek of gracht waar de drains in uitmonden. De meest gebruikte vorm in Nederland en Vlaanderen is echter aansluiten van de drains op een afvoer- of verzamelbuis, die uitmondt in een regelput. In deze regelput kan vervolgens de ontwatering aangestuurd worden. Deze aansturing gebeurt in Nederland en Vlaanderen doorgaans met het 'buisje van Iersel'. Dit is een buis die op de verzamelbuis kan aangesloten worden om de 'ontwateringsbasis' te verhogen (zie Figuur 1). Met ontwateringsbasis wordt de diepte bedoelt waarop het water afgevoerd wordt via de drainagebuizen. Hoe dieper de ontwateringsbasis, hoe meer water afgevoerd wordt door de drainage. Indien de drainagebuizen op 100 cm onder het maaiveld liggen, is de ontwateringsbasis dus 100 cm. Wanneer vervolgens in de regelput een regelbuis van 40 cm hoog verticaal op de verzameldrain gezet wordt, verandert de ontwateringsbasis naar 60 cm diepte. Hierdoor zal er pas grondwater afgevoerd worden door de drains als het opstijgt tot boven een diepte van 60 cm onder het maaiveld.

Een typische toepassing van een dergelijk peilgestuurd drainagesysteem is bijvoorbeeld een perceel waarvan de drains op 100 cm diepte liggen. Tijdens de winter wordt de ontwateringsbasis in de regelput verhoogd naar 50 cm diepte. Hierdoor zal er minder water door de drainagebuizen afgevoerd worden naar de gracht, waar het uiteindelijk afstroomt naar de Noordzee en uit ons watersysteem verdwijnt. Enkel indien het grondwaterpeil stijgt tot boven 50 cm diepte zal de drainage beginnen lopen. Een deel van dit vastgehouden water zal uiteindelijk via ondergronds waterstroming toch naar de gracht stromen, maar een ander deel zal verder kunnen insijpelen naar het diepe grondwater en zo de waterreserves aanvullen. Een paar dagen voor de werkzaamheden in het voorjaar kan de landbouwer de drainage terug 'openzetten' (de ontwateringsbasis terug op het niveau van de drains zetten, namelijk 100 cm diepte), zodat het grondwaterpeil zakt en de bovenste bodemlagen voldoende indrogen voor de perceelwerkzaamheden (zie Figuur 2). Na grondbewerking, bemesting en inzaai van het gewas kan de drainage terug 'gesloten worden' (de ontwateringsbasis terug op 50 cm diepte zetten), zodat het grondwaterpeil terug kan stijgen en via capillaire nalevering beschikbaar wordt voor het gewas. In het najaar kan de drainage indien nodig opnieuw even opengezet worden om de oogst in optimale omstandigheden te laten doorgaan.

Een goed beheerde peilgestuurde drainage heeft dus als gevolg dat de waterbeschikbaarheid voor het gewas in het voorjaar en de vroege zomer groter is, doordat de watervoorraad onderaan de wortelzone toeneemt. Hierdoor kan het gewas droge periodes beter doorstaan en is er minder nood aan bovengrondse irrigatie.



Figuur 1: Peilgestuurde drainage in de uitgangssituatie (grootste gedeelte van het jaar). De drainage wordt gedurende het grootste deel van het jaar voorzien van de regelbuis waardoor het ontwateringsniveau wordt opgetrokken en er enkel water wordt afgevoerd wanneer het grondwaterniveau stijgt tot boven de opening in de regelbuis. 1 = drain, 2 = verzamelbuis, 3 = regelput, 4 = regelbuis (buisje van Iersel)

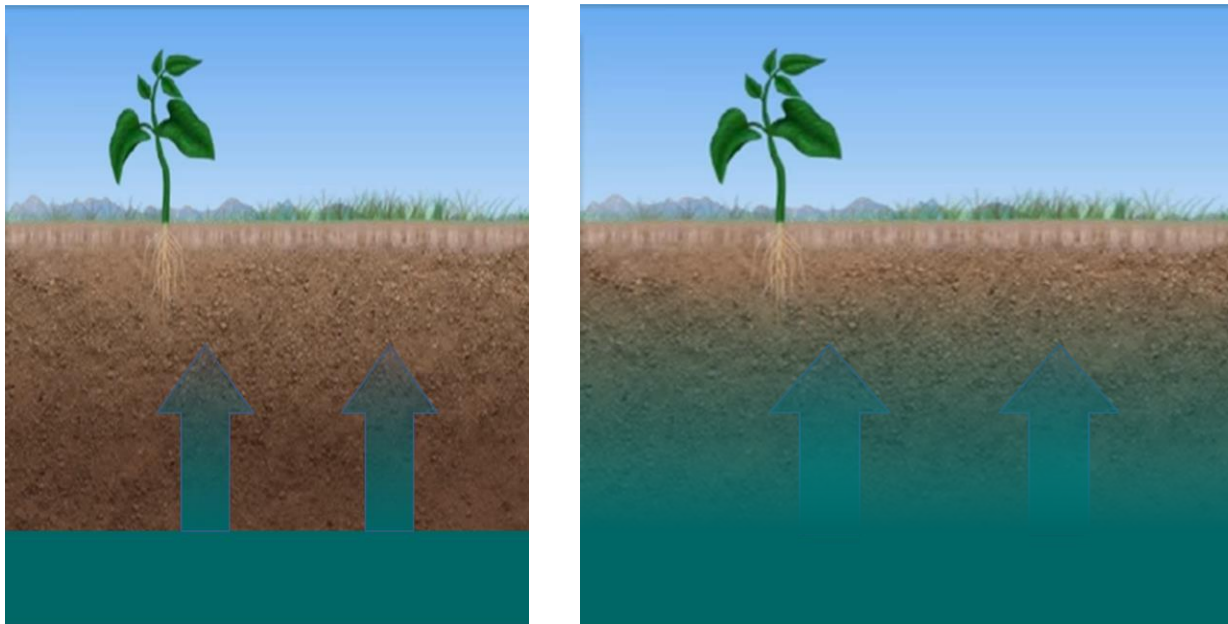


Figuur 2: Peilgestuurde drainage vlak voor en tijdens de veldwerkzaamheden (inzaai, oogst, ...). In het kader van veldwerkzaamheden staat de drainage tijdelijk open om het water af te voeren tot op het niveau van de drains (ontwateringsbasis). 1 = drain, 2 = verzamelbuis, 3 = regelput, 4 = regelbuis (buisje van Iersel)

2.2 Impact van peilgestuurde drainage op gewasproductie

2.2.1 Capillaire nalevering

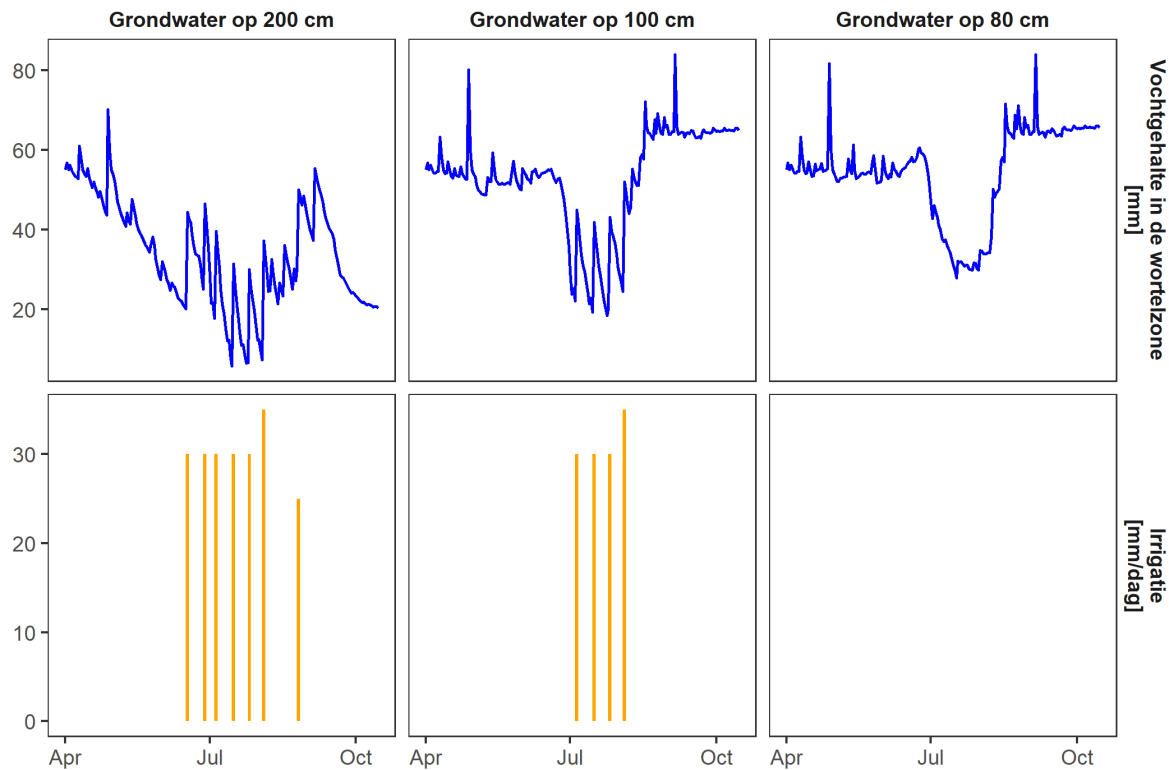
Wanneer de bodem indroogt als gevolg van de wateropname door het gewas en wanneer er in verhouding te weinig neerslag valt, dan ontstaat een hydraulisch drukverschil waardoor water uit de ondergrond, vanuit het grondwater naar de wortelzone opstijgt. Dit wordt de **capillaire nalevering** genoemd, en is schematisch is dit weergegeven door Figuur 3. Dit proces hangt samen met 3 factoren: de graad van droogte, de mate waarin de ondergrond het water doorlaat, en de afstand tussen het grondwater en de wortelzone, en dus de diepte van het grondwater ten opzichte van maaiveld.



Figuur 3: Capillaire opstijging vanuit het grondwater naar de wortelzone bij indrogende bodem, schematisch.

Drainage grijpt in op de beweging van het grondwaterpeil – dat is uiteraard de bedoeling. Hierdoor kan de bodemwaterhuishouding boven de grondwatertafel, waar ook de beworteling ontwikkelt, betekenisvol worden gewijzigd. Als gevolg hiervan zal de wateropname door het gewas ook veranderen, en hiermee gepaarde gaande de plantontwikkeling, en dus uiteindelijk de opbrengst.

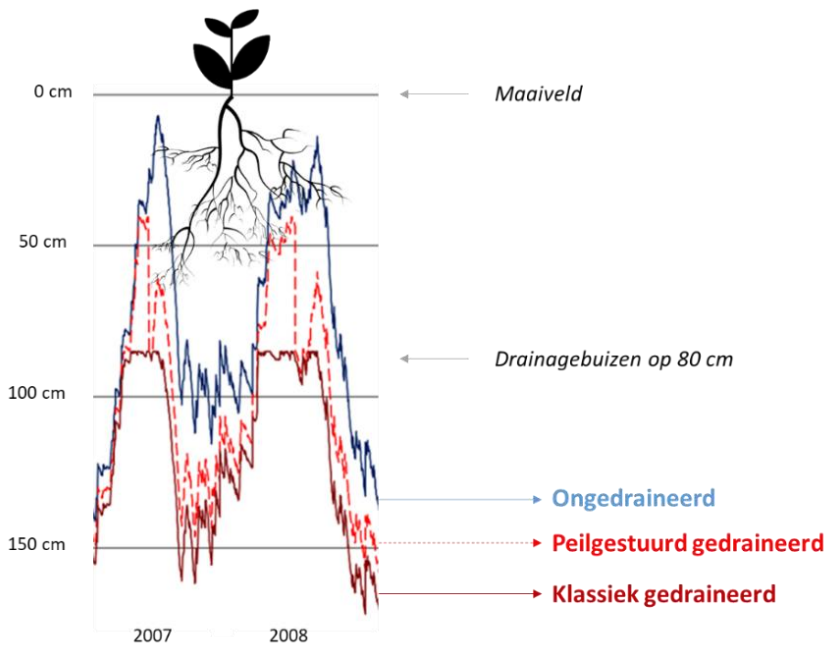
Het algemeen belang van capillaire nalevering in de vochtvoorziening van een gewas kan eenvoudig geïllustreerd worden aan de hand van een bodemwaterbalans. Op een perceel aardappelen op zandgrond uit de irrigatiesturing van Bodemkundige Dienst van België bevond het grondwaterpeil in het groeiseizoen van 2018 zich op ca. 200 cm diepte. Dit perceel had sterk te leiden onder de droogte, waardoor er 7 irrigatiebeurten nodig waren (links in Figuur 4). Indien de grondwatertafel 1 meter hoger had gestaan, neemt het vochtgehalte in de wortelzone gevoelig toe in het voorjaar en zijn er in de zomer slechts 4 irrigatiebeurten meer nodig (centraal in Figuur 4). Indien de grondwatertafel verder zou stijgen naar 80 cm diepte dan kunnen de aardappelen praktisch volledig in hun waterbehoefte voorzien worden door capillaire nalevering uit het grondwater (rechts in Figuur 4).



Figuur 4: Gevolgen van de diepte van de grondwatertafel op het vochtgehalte in de wortelzone en de irrigatiebehoefte van een perceel aardappelen in de zomer van 2018

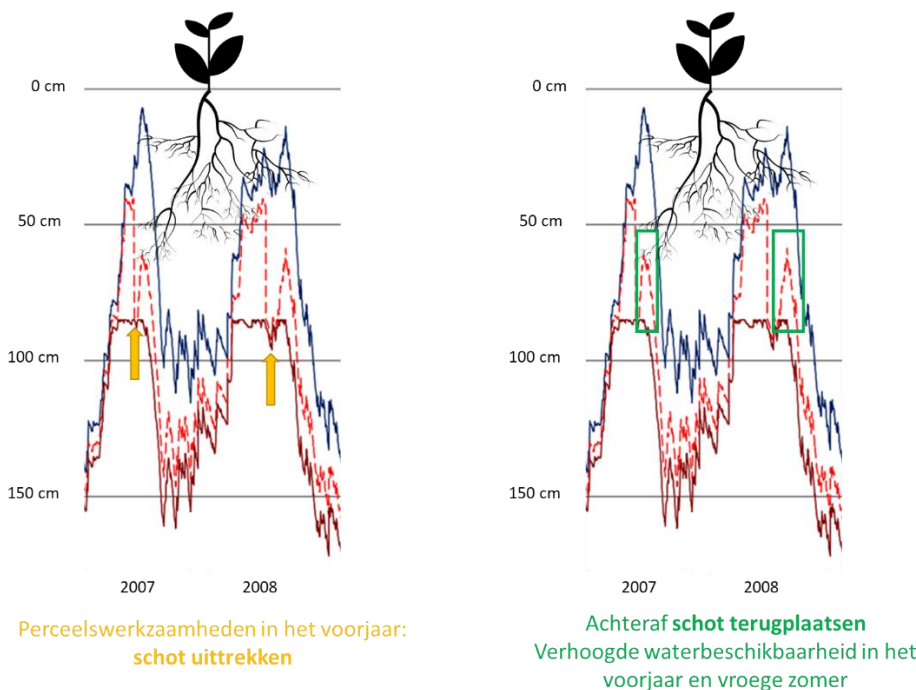
Een dramatische peilverhoging zoals hierboven doorgerekend zal in de realiteit met peilgestuurde drainage enkel gehaald kunnen worden indien er een extra bijkomende waterbron aangesproken kan worden die actief in het peilgestuurde drainagesysteem ingebracht wordt (zoals gebeurt bij subirrigatie), of op lange termijn indien er over een heel gebied een consistente peilverhoging gerealiseerd kan worden (zie ook sectie 3.2).

Wanneer peilgestuurde drainage in isolatie op perceelschaal toegepast wordt zijn de resultaten minder dramatisch, maar zeker betekenisvol! Op basis van veldmeting op proefpercelen in Noord-Limburg kon het grondwaterpeil berekend worden in de ongedraineerde, klassieke gedraineerde en peilgestuurde gedraineerde situatie (Figuur 5).



Figuur 5: Grondwaterpeil op een proefperceel met een goed doorlatende zandgrond in noord Limburg, met drainagebuizen op 80 cm diepte, voor de ongedraineerde, klassiek gedraineerde, en peilgestuurd gedraineerde situatie (resultaten getoond voor 2007 en 2008)

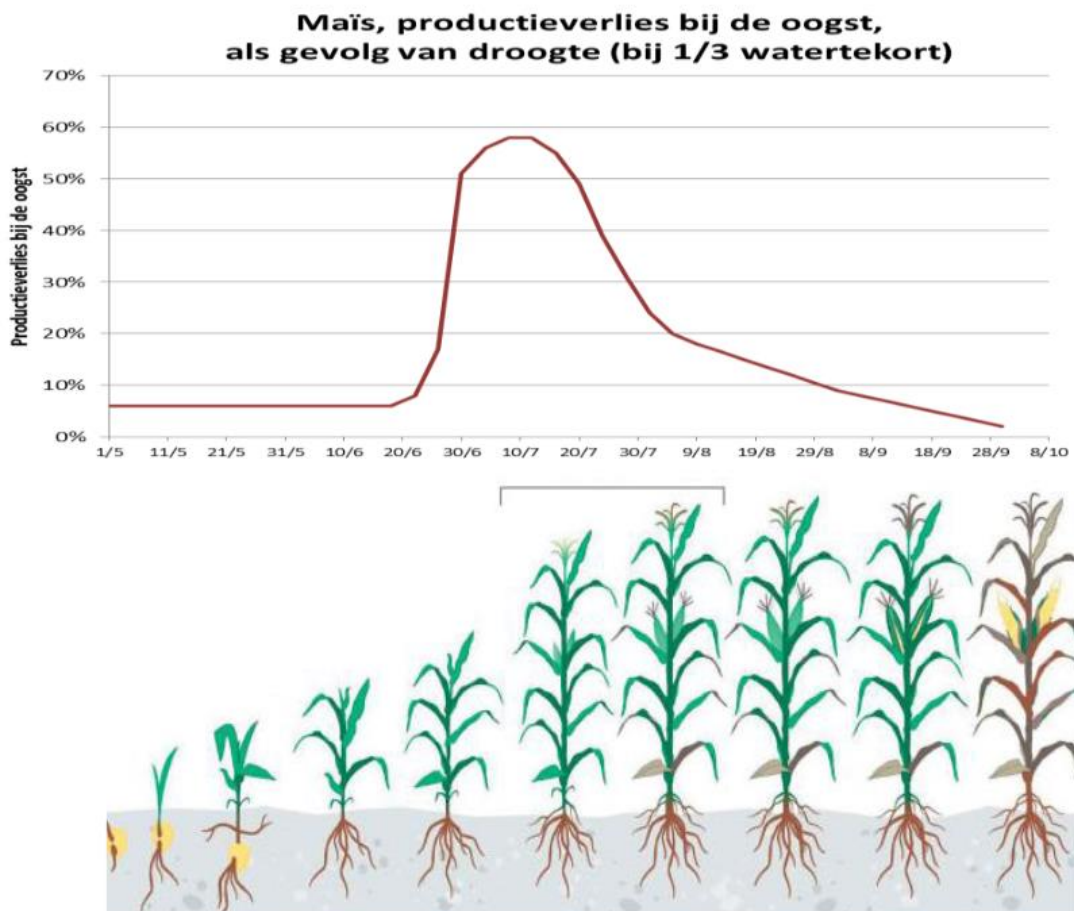
De impact van het beheer van de peilgestuurde drainage kwam op dit perceel duidelijk tot uiting: voor de perceelwerkzaamheden in het voorjaar werd de drainage opengezet, en zakte het grondwaterpeil terug tot op het niveau van de drainagebuizen (links op Figuur 6). Vervolgens werd de drainage onmiddellijk terug gesloten, zodat de daaropvolgende weken het waterpeil in de ondergrond terug opgebouwd kon worden (rechts op Figuur 6). In de zomer zakke ook bij de peilgestuurde drainage het waterpeil weg tot onder het niveau van de drains, maar dit gebeurde trager dan bij de klassieke drainage, zodat er nog langer in het groeiseizoen capillaire nalevering vanuit de ondergrond naar het gewas kon plaatsvinden.



Figuur 6: Illustratie van de impact van het beheer van de peilgestuurde drainage op de grondwaterpeilen

Op basis van deze proefvelden in de zandstreek van Limburg en Antwerpen kon berekend worden dat een **realistische waterwinst met peilgestuurde drainage 20 tot 35 mm** gedurende het groeiseizoen bedraagt, met andere woorden een waterwinst ter grootte van **1 à 2 irrigatiebeurten** (Elsen en Coussement, 2019).

Bijkomend belangrijk is dat deze verbeterde watervoorziening in veel gevallen plaatsvindt op een moment dat gewassen extra gevoelig zijn aan droogte. Maïs bijvoorbeeld is vanaf het 10-12^{de} blad zeer droogtegevoelig, doorgaans eind juni en begin juli (Figuur 7). Aangezien peilgestuurde drainage de watervoorziening juist in deze periode kan bufferen, kan het gewas in veel gevallen deze gevoelige periode doorkomen zonder grote nood aan bijkomende bovengrondse irrigatie.



Figuur 7: Droogtegevoeligheid van maïs gedurende het groeiseizoen

2.2.2 Verhoogde gewasproductie

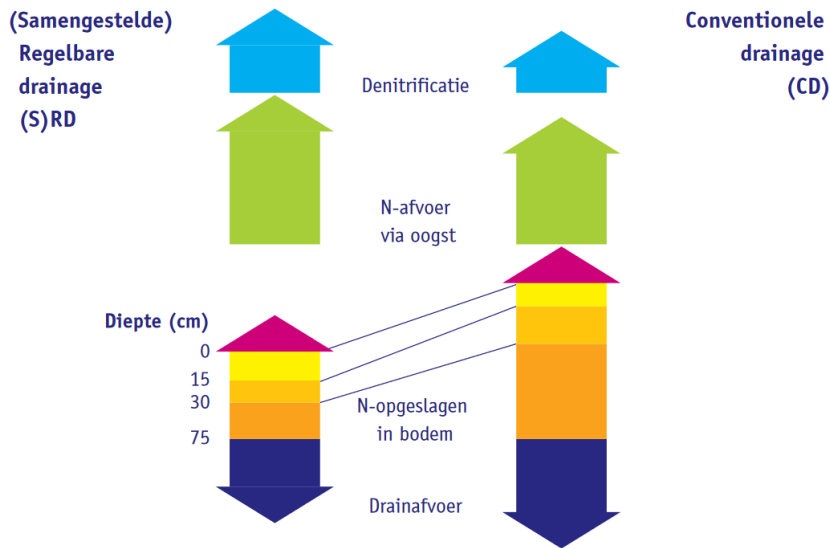
Voor de bedrijfsleider is natuurlijk de win-situatie voor het bedrijf primordiaal: hoe wordt een hogere investering in peilgestuurde drainage ten opzichte van klassiek drainage terugverdiend? In economische termen, welke is de marginale opbrengst van peilgestuurde drainage ten opzichte van klassieke drainage? Het financiële rendement van de verbeterde watervoorziening door peilgestuurde drainage kan doorgerekend worden op basis van de relatie tussen gewasproductie en gewasverdamping. Voor een periode van 10 jaar komt dit neer op een **meeropbrengst van 100 tot meer dan 450 euro per hectare** per jaar door de omvorming van een klassieke naar een peilgestuurde drainage (Figuur 8; Elsen en Coussement, 2019), afhankelijk van de teelt. Indien de rotatie teelten zoals aardappelen of groenten bevat zal de het financiële rendement vanzelfsprekend hoger liggen dan bij maïs of gras. Op basis van deze cijfers kan ruwweg berekend worden dat indien de omvormingskost naar een peilgestuurde drainage 2000 euro per hectare bedraagt, deze investering op een redelijke termijn van 5 à 15 jaar terugverdiend kan worden.

	Bocholt Maïs	Bree Maïs	Bocholt Gras	Neerpelt Gras	Bocholt Aardappel	Bree Aardappel
Sim.periode	2006-2017	2007-2018	2007-2018	2006-2016	2006-2017	2007-2018
€/ ha.jaar (gemiddeld)	€ 104	€ 119	€ 185	€ 149	€ 363	€ 463

Figuur 8: Meeropbrengst ten gevolge van de omvorming van een klassieke naar een peilgestuurde drainage voor een aantal proefvelden in Noord-Limburg

2.2.3 Nutriëntenhuishouding

Naast gevolgen voor de bodemwaterhuishouding en de gewasgroei heeft de omvorming van een klassieke naar een peilgestuurde drainage mogelijk ook gevolgen voor de nutriënten N en P in de bodem. De effecten die theoretisch mogelijk zijn worden voor stikstof goed samengevat in de balansfiguur van Stuyt et al. (2012) (Figuur 9).



Figuur 9: Schematische weergave van de stikstofbalans op een landbouwperceel bij klassieke drainage (conventionele drainage, CD, rechts) en peilgestuurde drainage ((samengestelde) regelbare drainage, (S)RD, links). Bron figuur: Stuyt et al. (2012).

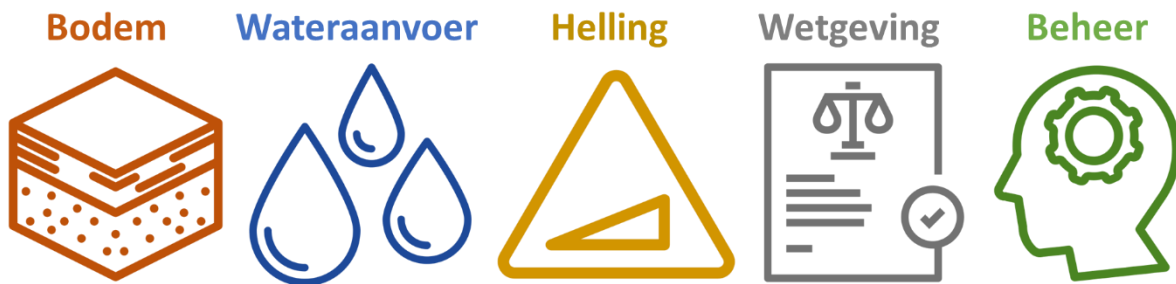
Bij peilgestuurde drainage zal er minder water wegstromen door de drains, en meer water opgenomen worden door het gewas. Hierdoor zullen ook de opgeloste nitraten (en in mindere maten fosfaten) meer benut worden door het gewas en minder verloren gaan. Een deel van de stikstof die niet uitspoelt zal dus benut kunnen worden door het gewas. Een verhoogde nutriëntenopname door het gewas bij een betere vochtvoorziening werd reeds op veel proefvelden waargenomen.

De rest van de stikstof die niet meteen uitspoelt aan het oppervlak zal dieper uitspoelen. In deze diepere lagen kan een bepaald deel van de stikstof door een verzadigde zone passeren, waar het zal denitrificeren naar het gasvormige type en dus niet verder zal uitspoelen. Het andere deel van dit uitspoelende nitraat zal echter via ondergrondse stroming (na lange tijd) opnieuw het oppervlaktewater bereiken, of in het diepere grondwater terecht komen. Naast de verhoogde gewasopname van stikstof is een bijkomend voordeel van peilgestuurde drainage dat er gedurende langere periodes in het jaar een groter deel van de ondergrond verzadigd is, zodat de zone waar denitrificatie kan plaatsvinden groter is dan bij een klassieke drainage. Dit is echter sterk perceelsafhankelijk. Bovendien is het in de praktijk zeer moeilijk gebleken om deze theoretische effecten van denitrificatie te bevestigen met terreinmetingen. Denitrificatie is immers een proces dat praktisch onmogelijk is om in isolatie te meten, en ook de impact op de afvoer van nutriënten via de drains is zeer moeilijk om te bepalen.

Samenvattend kan worden gesteld dat peilgestuurde drainage – in de zin dat deze techniek zorgt voor een efficiëntere vochtopname en een betere gewasgroei – een positief effect uitoefenen op de nutriëntenbelasting naar grond- en oppervlaktewater.

3 Voorwaarden, mogelijkheden voor aanleg van peilgestuurde drainage

De omvorming van een klassieke drainage naar een peilgestuurde drainage is niet op elk landbouwperceel haalbaar of wenselijk. Voorafgaand aan de aanleg van een peilgestuurde drainage dient nagegaan te worden of en in welke mate deze een meerwaarde kan betekenen ten opzichte van een klassieke drainage. Om tot een performant werkende peilgestuurde drainage te komen moet een perceel aan een aantal voorwaarden voldoen. De belangrijkste voorwaarden worden hieronder geïllustreerd:



Deze kunnen kort als volgt samengevat worden:

1. **Bodem**: een goed doorlatende bodem zal het snelst reageren op de regeling van het waterpeil
2. **Wateraanvoer**: er moet na het sluiten van de drainage voldoende wateraanvoer zijn om in het voorjaar en de zomer nog een betekenisvol peilopzet te kunnen bereiken
3. **Helling**: op percelen met een (te) hoge hellingsgraad wordt de aanleg van een peilgestuurde drainage al vlug heel complex
4. **Wetgeving**: (peilgestuurd) draineren is niet overal toegestaan zonder vergunning
5. **Beheer**: een goed aangelegd peilgestuurd drainagesysteem dat niet (goed) beheerd wordt kan juist tot meer droogte leiden

In wat volgt worden deze voorwaarden verder uitgewerkt.

3.1 Doorlaatbaarheid van de bodem

De aard van het bodemmateriaal bepaalt in sterke mate of peilgestuurde drainage een zinvolle optie is. Voor een succesvolle toepassing moet de bodem doorgaans goed doorlaatbaar zijn, zowel ter hoogte van de drainagebuizen als in de bodemlagen erboven. Onder de drainagebuizen is een minder goed doorlatende laag juist wenselijk (Stuyt, 2013). De doorlaatbaarheid van de bodem op een perceel hangt af van de structuur en de textuur van het bodemmateriaal. Met de **textuur** wordt de aard van het bodemmateriaal genoemd: zand, zandleem, leem of klei, en alle mogelijke tussenvormen. Zandige bodems hebben een hogere doorlaatbaarheid dan de fijnere bodemtypes zoals klei en leem (Tabel 1).

Tabel 1: Algemene inschatting van de verzadigde hydraulische doorlaatbaarheid (K_{sat}) van een aantal bodemtextuurklassen (Bron: Raes et al., 2016)

Textuur	Verzadigde hydraulische doorlaatbaarheid (K_{sat})
Zand	800-1500 mm/dag
Zandleem	250-500 mm/dag
Leem	50 mm/dag
Klei	2-100 mm/dag

Op een **goed doorlatende bodem**, met textuur zand of lichte zandleem, zal het grondwaterpeil na het openzetten van de drainage in voorjaar vlug reageren, zodat doorgaans enkele dagen later het veld reeds toegankelijk is voor de perceelwerkzaamheden. Mede daarom zijn de meeste toepassingen van peilgestuurde drainage in Vlaanderen momenteel op goed doorlatende zandgronden van de Kempen en de Zandstreek.

Op **zwaardere gronden**, zoals zware zandleem en leem, en kleihoudend zand tot zandhoudend klei, zal het waterpeil in alle waarschijnlijkheid trager reageren op de aansturing. Dit betekent echter niet dat peilgestuurde drainage hier onmogelijk is. De tragere reactietijd kan opgevangen worden door de ontwateringsbasis minder hoog in te stellen dan bij zandgronden. Doordat de zwaardere gronden meer fijne poriën hebben, is de capillaire nalevering vanuit de ondergrond ook veel hoger dan op zandgronden, zodat met een beperkte verhoging van de ontwateringsbasis ook een groot effect verkregen kan worden. Bijvoorbeeld, waar bij een peilgestuurde drainage op zandgronden de ontwateringsbasis 50 cm verhoogd zou kunnen worden (zodat de drainagediepte van 100 cm naar 50 cm diepte gaat), kan op een zware zandleemgrond misschien eenzelfde capillaire nalevering bereikt worden met een verhoging van 20 cm (zodat de drainagediepte van 100 cm naar 80 cm gaat). Bij het openzetten van de drainage in het voorjaar moet het grondwaterpeil dan maar 20 cm meer wegzakken, zodat de reactietijd sterk verbetert en het perceel binnen een acceptabele termijn terug toegankelijk is. Omdat de toepassing op deze zwaardere gronden minder goed gekend is, zal er waarschijnlijk wel nood zijn aan een periode van experimenteren met peilopzet en reactietijd om het systeem goed afgesteld te krijgen. De specifieke optimale instellingen kunnen moeilijk in formules gegoten worden, en moeten voor elke toepassing apart bekeken worden.

Voor de **kleigronden** zijn er nog twee bijkomende aandachtspunten. Bij kleigronden kunnen zwellen en krimpgedrag een probleem vormen rond de drainagebuizen. *Ongerijpte klei* heeft bovendien meestal een zeer lage bergingscoëfficiënt (freatisch) en het grondwaterpeil kan er dus een forsere reactie hebben op neerslagoverschot op percelen waar het grondwaterpeil niet in normale cyclus daalt, i.c. de polders. Deze kleigronden (typevoorbeeld bodemserie EDx) zullen in de praktijk dan ook zelden gedraineerd worden, zodat de omvorming naar peilgestuurde drainage hier ook niet aan de orde is. Anderzijds kan de doorlaatbaarheid op *gerijpte kleigronden* in sommige gevallen wel voldoende hoog zijn om peilgestuurde drainage mogelijk te maken. De hoge capillaire nalevering op deze fijne gronden kan dan toestaan om een substantiële watertoevoer naar het gewas te realiseren. In het algemeen is het bij kleigronden eens te meer belangrijk om de zin van een peilgestuurde drainage perceel per perceel te bekijken.

De Bodemkaart van België kan reeds een eerste inzicht geven in het potentieel van de zwaardere gronden, maar niet steeds voldoende of vergt gevorderd inzicht, bv. gebieden, zones op de Formatie van Gent, Formatie van Diest, Sint-Huibrechts-Hern e.a. kunnen in dit verband zeer uiteenlopende karakteristieken hebben. In de polders is er dan potentieel voor percelen met een ondergrond met uiteraard grovere zanden of ook met een gerijpte klei (meestal de klei die reeds lange tijd - decennia tot 100den jaren - werd ontwaterd). De pedologische beschrijving van de polders (Bodemkaart van België) is voldoende morfologisch om dergelijke percelen te kunnen identificeren.

Een lage doorlaatbaarheid van de bodem kan ook het gevolg zijn van **structuurproblemen**, met name ondiepe of diepe bodemverdichting. Hierdoor kan er plasvorming aan het bodemoppervlak en sterke vernatting in de bouwlaag ontstaan, doordat het instromende (regen)water moeilijk kan insijpelen. Aangezien de vernatting hier niet het gevolg is van hoge grondwaterstanden, is het aanleggen van een drainage op deze gronden een schijnoplossing: de drainage zal enkel de infiltratie van het water helpen door de bodem te ontlichten. In deze situatie moet eerst gewerkt worden aan de remediatie van de bodemstructuur, bijvoorbeeld door het inzaaien van een diepwortelende groenbedekker of mechanisch door diep te woelen.

3.2 Mogelijkheden voor peilherstel

In het voorjaar is het grondwaterpeil soms te hoog waardoor het perceel niet berijdbaar is, bv. om mest uit te rijden, of om te ploegen. Peilgestuurde drainage laat dan juist toe om het waterpeil binnen enkele dagen te laten dalen tot het gewenste niveau. Maar na de bewerking op het veld is het zaak om de drainage onmiddellijk af te sluiten. Hier wordt het verschil gemaakt met een klassieke drainage. Door de drainage af te sluiten wordt het mogelijk om het grondwaterpeil terug te laten stijgen, of tenminste de natuurlijke peildaling in het voorjaar tegen te gaan. Om dit mogelijk te maken is water nodig. Dat water kan komen van 3 'bronnen':

- het teveel aan neerslag dat vanuit de bouwlaag in de bodem naar het grondwater stroomt, en/of
- water dat opwelt vanuit de diepere grond: "kwel".
- in een minderheid van de gevallen is er bijkomend de mogelijkheid tot subirrigatie

In hetgeen volgt wordt hierop ingegaan.

3.2.1 Neerslagoverschot

In het voorjaar ligt de bodem veelal zeer nat. Indien de bodem een goede structuur heeft, dan zal er bij fikse regens nauwelijks erosie of oppervlakkige afspoeling voorkomen, wat een goede zaak is. Het teveel aan water dringt dan de grond in en spoelt naar de diepte. Een neerslagoverschot van 10 mm dat vanuit de bouwlaag naar de diepte stroomt veroorzaakt een grondwaterpeilstijging van om en bij de 5 cm; een deel hiervan kan in de grond verder wegstromen waardoor het grondwaterpeil terug wel wat zakt.

Na terug afsluiten van de drainage zal de neerslag dus zeer sterk bepalen in welke mate het grondwaterpeil terug kan stijgen en de peilgestuurde drainage het verschil kan maken met een klassieke drainage. Veel neerslag kan het grondwaterpeil dan hooghouden; bij een klassieke drainage spoelt de neerslag naar de beek.

Eind februari is er op natte gronden dikwijls drainage nodig om mest uit te rijden. Nadat dit gebeurd is en de drainage terug afgesloten werd, hangt het rendement van de peilgestuurde drainage sterk af van de neerslag die volgt: in een droog voorjaar zal er weinig verschil in grondwaterpeil te merken zijn tussen peilgestuurde drainage en klassieke drainage omdat er geen aanvulling meer is door neerslag. Maar volgt veel regen in maart tot mei, dan zal het grondwaterpeil tot een stuk in de zomer hoger blijven onder peilgestuurde drainage. Hierdoor zal een teelt meer genieten van opstijgend bodemwater tijdens drogere juni-juli-maanden. De opbrengst zal dan gevoelig hoger liggen dan na een klassieke drainage. Het effect van een peilgestuurde drainage op de landbouwopbrengsten kan dus sterk wisselen van jaar tot jaar naargelang de weersomstandigheden.

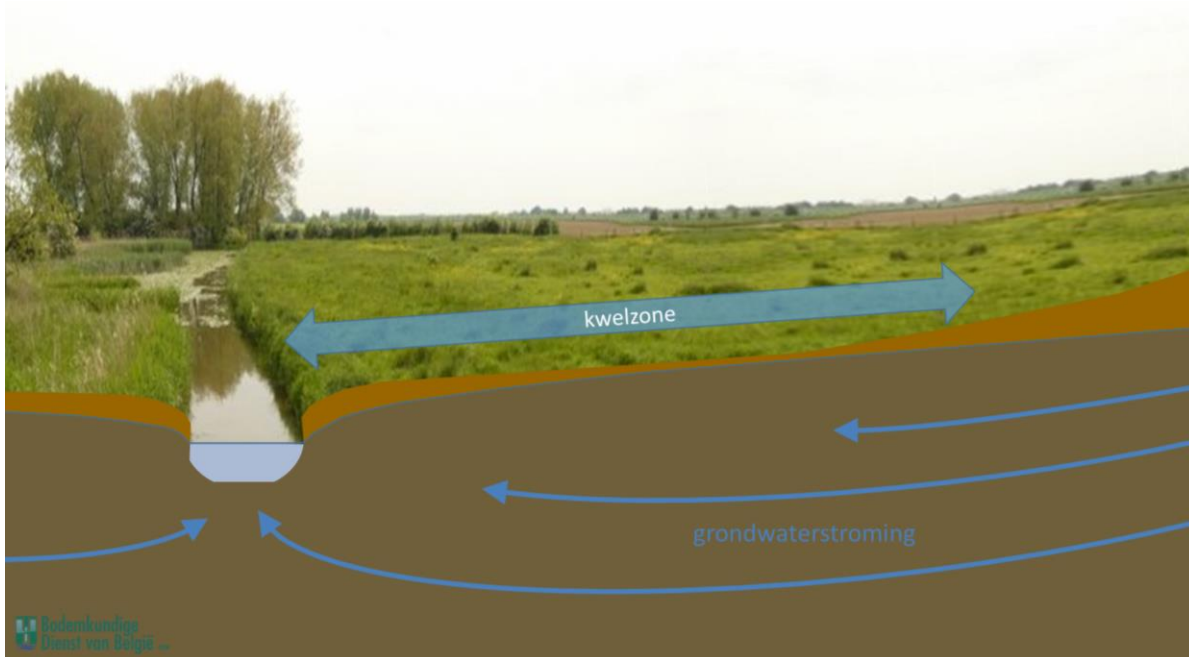
In elk geval is het belangrijk om na het mest uitrijden of na een bodembewerking de drainage onmiddellijk terug af te sluiten zodat alle neerslagoverschot wordt vastgehouden en het grondwaterpeil maximaal de kans krijgt om te herstellen. Enkel rekenen op neerslagoverschot ter hoogte van het perceel voor een peilverhoging na sluiten is in veel gevallen onvoldoende om financieel en maatschappelijk rendement te halen, ook al wordt de techniek vaak op deze manier verantwoord. Peilverhoging na/als gevolg van (terug) sluiten van drainage enkel door neerslagoverschot heeft in te weinig klimaatjaren betekenisvol effect op de normale amplitude in grondwaterpeilbeweging. Lapidair gesteld: indien enkel neerslagoverschot de motor is, zal eenmaal na openen van de drainage in het voorjaar, het al dan niet erna terug sluiten in veel gevallen geen effect meer hebben. Daarom is het zeer belangrijk om naast regenval ook na te gaan of er extra watervoeding is vanuit het grondwater: is er voldoende 'kwel'?

3.2.2 Kwel en ligging van het perceel in het landschap

a) Wat is kwel?

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 door onderstaande figuur wordt geïllustreerd.



Figuur 10: Zone waarin kwel optreedt door grondwaterstroming uit een hoger gelegen gebied.

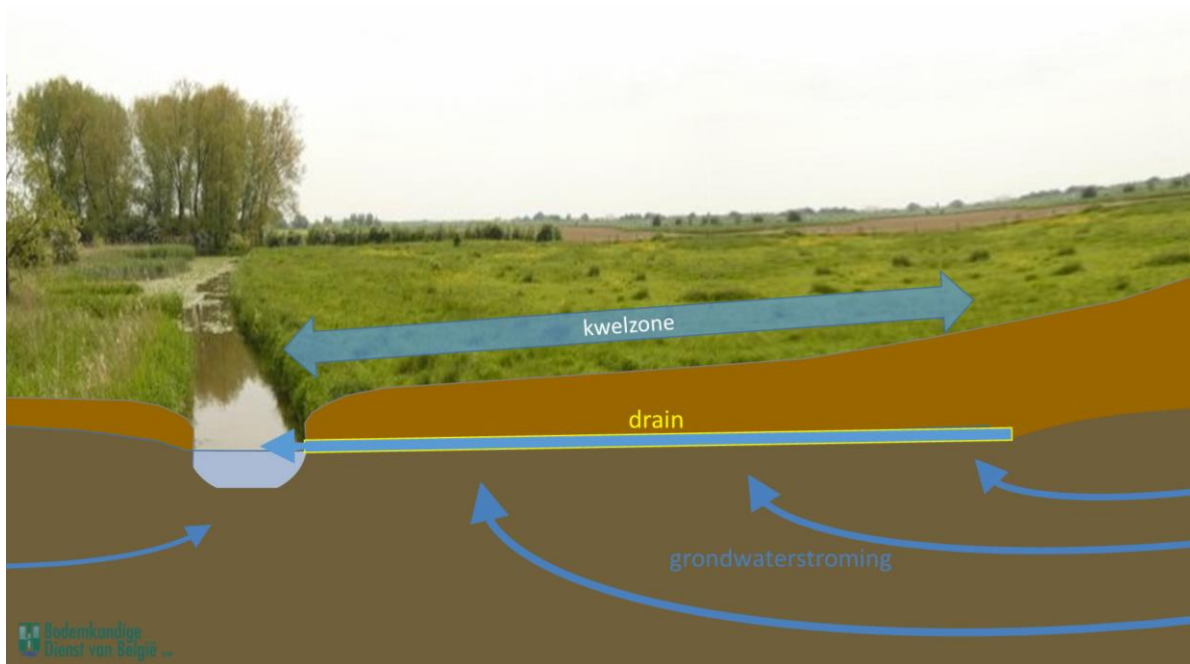
In een kwelzone wordt het grondwaterpeil dus niet enkel bepaald door het neerslagoverschot, maar ook door aanvoer van grondwater van een hoger gelegen zone. Deze hoger gelegen zone kan kortbij, maar ook verafgelegen zijn, soms meerdere kilometer ver. De kwelzones zelf komen voor in lagergelegen zones,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

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.

b) Kwel en drainage

In een kwelzone stijgt het grondwater van nature eerder hoog in de bodem, soms tot op het maaiveld. De bodem is daardoor tijdens het seizoen minder of minder lang geschikt om vruchten op te telen. De bodem blijft te lang koud en te nat om te berijden. Op percelen met kwel staat daarom dikwijls langjarig grasland. Maar bij begrazing kan ook het vee zorgen voor heel wat bodemstructuurschade en verdichting door vertrappeling van de natte bodem. Deze bodems werden in het verleden voor landbouw of bosbouw in de mate van het mogelijke kunstmatig ontwaterd, door grachten of rabatten, of ook door buizendrainage. Op vele plaatsen wordt zelfs bemaald, een techniek waarbij water wordt weggepompt naar een hoger gelegen beek.

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, zie Figuur 11. 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.



Figuur 11: Effect van drainage in een kwelzone op de grondwaterstanden, en op de grondwaterstroming uit een hoger gelegen gebied.

Wanneer een klassieke drainage enkel neerslagoverschot afvoert, dan kan men de jaarlijkse afvoer naar een oppervlaktewater in grootteorde ramen op 150 mm/jaar. Waar de drainage aangelegd is in kwelgebied kan de hoeveelheid die via de drains naar een oppervlaktewater stroomt makkelijk het 3- tot 4-voudige bedragen, in grootteorde 500 mm/jaar, of 5000 m³/ha per jaar. Let wel: ingeval in het kwelgebied geen drainage zou aanwezig zijn, dan zou er via de bodem, oever en beekbodem evenzeer afvoer van kwel naar het oppervlaktewater gebeuren, maar mogelijk in gevoelig mindere mate.

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.

c) 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 klimaatrobuust 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.

d) Hoe te weten waar kwel voorkomt?

Wanneer een landschap niet vlak is, minstens licht heuvelachtig, vormen zich al snel in lageregelegen gebieden zones met kwel. Wanneer daarentegen het landschap zeer vlak ligt, kan het zijn dat veel minder of geheel geen kwel voorkomt. Er zijn goede indicaties voor kwel:

Ken de grond, ken de bodem

Boer of boerin, zij kennen in de meeste gevallen het land zeer goed en weten doorgaans wel waar en op welke percelen kwel voorkomt, of voorkwam. Dit zijn meestal laaggelegen bodems die zeer laat in het voorjaar, wanneer er weinig neerslag valt, nog steeds niet indrogen.

Let wel: niet alle natte bodems ontstaan door kwel. Te natte zones zoals op de lageregelegen delen van het perceel of op de wendakker kunnen ook voorkomen omdat de neerslag slecht infiltreert doordat de bodem of de ondergrond te weinig structuur heeft. Er zijn dan te weinig macroporiën om water door te laten. Drainage kan soms helpen, maar is dan veeleer een lapmiddel. In dergelijke gevallen moet er vooral gewerkt worden aan de bodemstructuur.

Bestaande drains lopen vrijwel altijd

Ingeval van kwel blijven drains van een bestaande drainage meestal lopen ook tijdens langere drogere periodes, tot laat in het voorjaar of zelfs tijdens de zomer. Dit kan het geval zijn in de huidige situatie, maar evenzeer kan het zo in de herinnering zijn: liepen de drains heel wat jaren geleden nog tijdens drogere periodes? Het is immers best mogelijk dat de langjarige drainage de kwel in het landschap ondertussen heeft verminderd. Omvorming van een klassieke drainage naar een peilgestuurde drainage kan na een tijd de vroegere kwel terug deels herstellen. Dit herstel kan zeer gunstig zijn voor de landbouwopbrengsten.

Informatie van de Bodemkaart van België

De Bodemkaart van België werd een hele tijd geleden opgesteld, in de periode 1955-1970. De kaart geeft veel detailinformatie over de bodems, in het bijzonder over de bodemwaterhuishouding en de "natuurlijke ontwateringstoestand". De karteerder trachtte van de bodemwaterhuishouding een beeld te geven met landbouwproductie voor ogen: zeer droog of zeer nat, enz., met andere woorden de mate waarin een bodem te nat, juist optimaal of te droog is voor een goede landbouwproductie. Deze bodemwaterhuishouding hangt samen met veel factoren: de diepte en beweging van het grondwater, de doorlatendheid van de bodemlagen, de diepte van de bodem en het reliëf.

Het is bekend dat sinds de opmaak van de kaart op vele plaatsen verdroging is opgetreden en vele bodems sindsdien een pak meer 'ontwaterd' zijn. Echter, over het al dan niet voorkomen van kwel heeft de kaart nog steeds heel wat te vertellen.

De informatie van de Bodemkaart over de ontwateringstoestand van een specifiek perceel kan geraadpleegd worden via de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV):

<https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=verkenner#ModulePage>

Ga als volgt te werk:

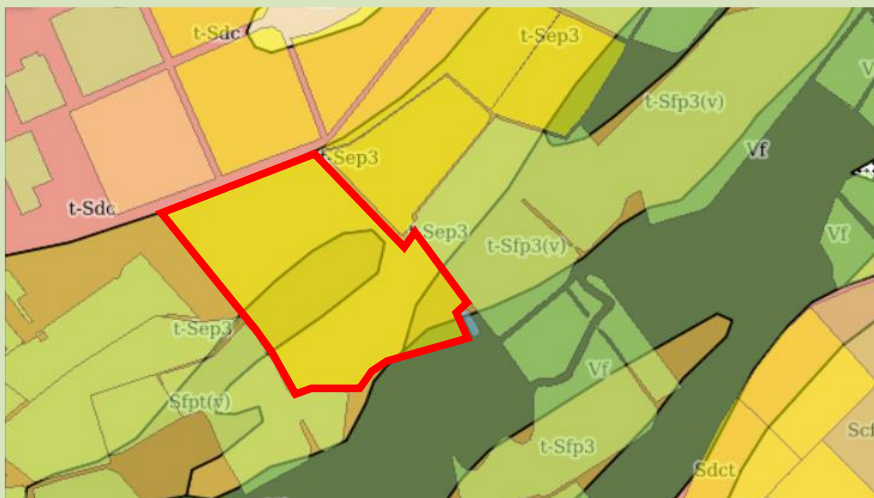
- Voer een adres met straatnaam en gemeente in, en zoek, zoom in naar de omgeving van het perceel;
- klik op 'Kaartlagen kiezen',
- en klik op 'Kaarten', vink aan: 'Bodem', 'Bodemkaarten', 'Bodemkaart (1/20 000)', '...: bodemtypes',
- en klik op 'Ref. lagen', en vink aan: 'Landbouw', 'Landbouwgebruikspcelen (bv.) 2018'. Hier is het perceel zeker terug te vinden.

Op de Bodemkaart (1/20.000) worden codes vermeld. Noteer de code van het bodemtype(s) in de zone van het gezochte perceel. In het voorbeeld in **Figuur 12** **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** zijn dit bodemtypes 't-Sep3' en 'Sfpt(v)'.

De ontwateringstoestand wordt in deze code weergegeven door de zogenaamde 'drainageklasse': de drainageklasse is de eerste letter na de eerste hoofdletter (na een eventueel verbindingsstreepje) in de code. Deze letter gaat van 'a' (zeer droog) tot bv. 'g' (uiterst natte grond). Herken de drainageklasse: bv. in het bodemtype 't-Sep3' is dit de letter 'e'; in 'S-PDx' is dit de letter 'D'.

- Kwel zal waarschijnlijk voorkomen waar drainageklasse e, f, g, h, i, E, F, G, of I wordt vermeld na de eerste hoofdletter in de code, of indien enkel 'V' is vermeld in de code.
- Geen kwel komt voor waar drainageklasse a, b, c, A of D wordt vermeld.
- Indien in lagergelegen gebieden drainageklasse 'd' is vermeld, kan dit ook duiden op enige kwel.

In het voorbeeld in **Figuur 12** (drainageklassen 'e' en 'f') betekent dit dus dat waarschijnlijk kwel in de bodem van het perceel voorkomt.



Informatie uit de Bodemkaart van België kan helpen, maar vormt zeker niet het enige criterium. Indien de informatie van de Bodemkaart aangeeft dat mogelijk kwel voorkomt, moet vervolgens zeker naar het reliëf gekeken worden. Kwelwater wordt aangevoerd van 'hogerop' dus ten opzichte van het perceel in kwestie moet een hoger gelegen gebied liggen van waaruit grondwater naar de bodem van het perceel kan stromen. Schat dit eenvoudigweg in op het terrein. Indien dat niet het geval is, dan heeft de natte toestand van de bodem andere oorzaken.

Verdere bemerkingen:

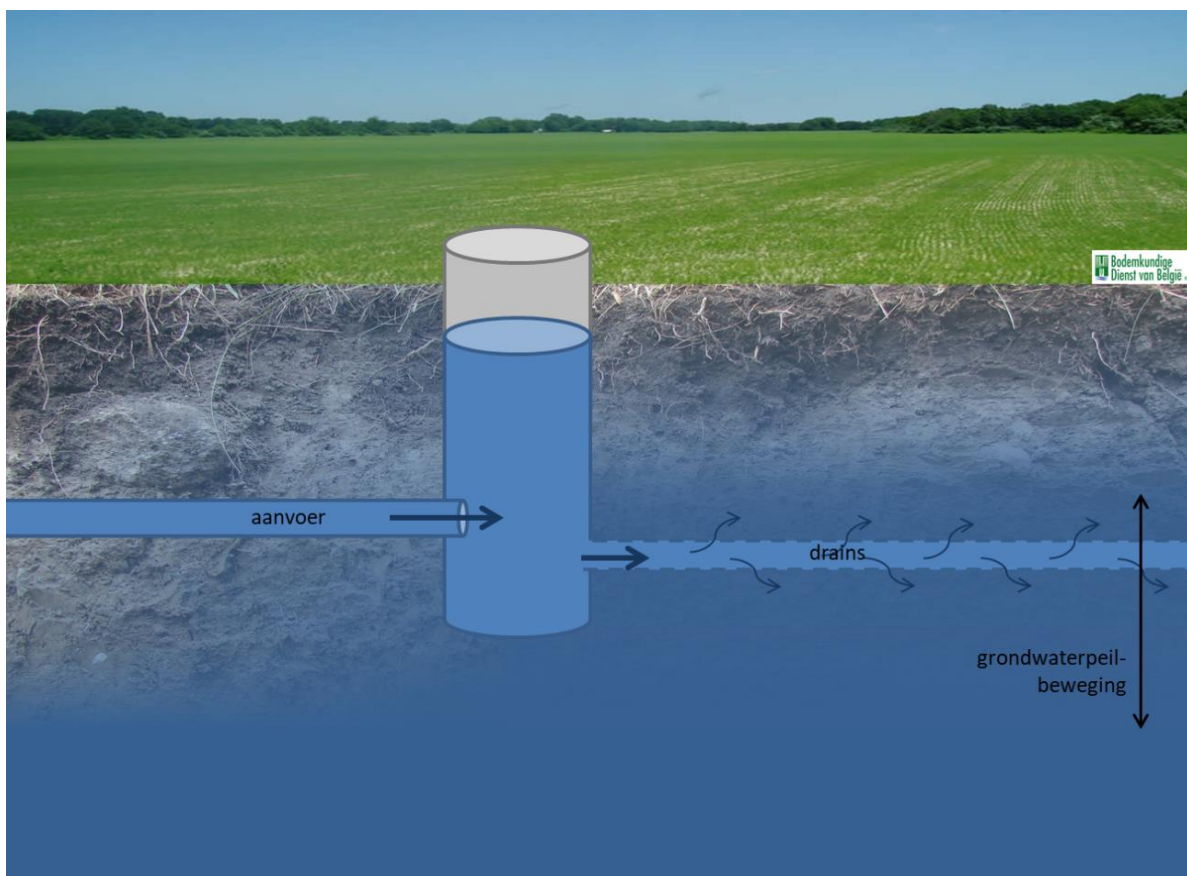
- De Bodemkaart, de drainageklasse, geeft zeker geen scherpe informatie over de grondwaterpeilen, en zeker niet of er al dan niet een kunstmatige drainage werd aangelegd.
- Let wel: indien kwel waarschijnlijk voorkomt, betekent dit niet dat peilgestuurde drainage steeds een goede keuze is; deze keuze hangt immers ook samen met andere bodemeigenschappen.
- Voor de Polders geeft de Bodemkaart geheel geen informatie over de diepte of beweging van het grondwaterpeil onder de percelen. De waterstanden worden er verregaand kunstmatig beheerd met sluizen en gemalen omwille van veiligheid en om economische redenen.

In het algemeen worden 's winters waterpeilen kunstmatig laag gehouden om bij extreme neerslag steeds voldoende bergingscapaciteit beschikbaar te hebben zodat wateroverlast vermeden wordt. Deze lagere peilen zijn in het voor- en najaar ook gunstig voor de landbouw. In de zomer wordt er daarentegen een hoger waterpeil nagestreefd zodat voldoende zoet water beschikbaar is voor gewasproductie en voor drinkwater voor het vee, en om verdroging en verzilting tegen te gaan. Deze waterpeilbeheersing gebeurt in grote mate volgens weersverwachtingen (WES, 2005).

In de Polders gebeurt m.a.w. een vorm van peilgestuurde drainage op grote schaal. Het waterpeil is op vele percelen in de zomerperiodes niet voldoende hoog waardoor daar ook op intensieve teelten zoals aardappel, ajuin of andere groenten, kunstmatige beregening nodig wordt, doorgaans met water uit de Polder. Daarom kan het plaatselijk, op een perceel, te overwegen zijn om het grondwaterpeil verdergaand te beheersen door bv. de bestaande drainage in het voorjaar al vroeg af te sluiten. Zeer typisch voor de zware klei- tot zandbodems in de Polders is dat een kleine verandering in grondwaterpeil een zeer groot effect kan hebben op de capillaire opstijging en daardoor op de watervoorziening en de landbouwopbrengsten.

3.2.3 Mogelijkheden voor subirrigatie

Indien de natuurlijke wateraanvoer door grondwater (kwel) of neerslag niet voldoende is, kan dit in sommige gevallen opgevangen worden door het artificieel water aanbrengen in het peilgestuurd drainagesysteem via de drains. Dit is het principe van subirrigatie. In wezen wordt de werking van het drainagesysteem hier dus omgekeerd. Het water wordt via een inlaatput in de drains geleid en infiltreert door de drainopeningen in de bodem. Hierdoor vernat de bodem rond de drains en wordt het grondwater gevoed, waardoor het grondwaterpeil kan stijgen. Deze infiltratie blijft doorgaan zolang de druk – of de waterhoogte van waaruit wordt aangevoerd – hoger ligt dan die van het grondwaterpeil. Dit is uiteraard zo wanneer de drains hoger liggen dan het grondwaterpeil, maar ook zolang het waterpeil van de aanvoer hoger blijft dan het grondwaterpeil (principe van de communicerende vaten – zie Figuur 13). De techniek werd onderzocht en ontwikkeld in Californië, in de periode 1980-1990. Meer recent werd ook subirrigatie aangelegd in Nederland, op plaatsen waar de omstandigheden dit toelieten.



Figuur 13: Principe van subirrigatie

Subirrigatie is te beschouwen als een uitbreiding van een peilgestuurde drainage. Onder peilgestuurde drainage wordt cfr. hoger tijdens de winter het grondwaterpeil hooggehouden. In het voorjaar wordt de drainage tijdelijk opgezet, waardoor het grondwaterpeil na enkele dagen voldoende is gedaald opdat de veldbewerkingen kunnen plaatsvinden. Onmiddellijk daarna wordt de afvoer van drainwater terug afgesloten. Waar subirrigatie mogelijk is, wordt daarna water van elders in het drainagenet geïnfiltreerd zodat het grondwaterpeil terug snel stijgt (Figuur 14). Men kan zo in het voorjaar en de zomer het peil een lange tijd hooghouden, in de periodes dat het land niet moet bereiden of bewerkt worden. Subirrigatie heeft dus bovenop peilgestuurde drainage het bijkomende voordeel dat de bedrijfsleider meer controle heeft over de vernatting van de ondergrond en/of verhoging van het grondwaterpeil, en waar en wanneer dit wenselijk is.



Figuur 14: Illustratie van het gebruik van een peilgestuurd drainagesysteem voor subirrigatie

Om een (peilgestuurd) drainagesysteem succesvol te gebruiken voor subirrigatie zijn echter een aantal parameters cruciaal. Vooreerst moet er uiteraard de mogelijkheid zijn om water van elders aan te voeren (zie verder). Indien dit het geval is kan best eerst gekeken worden naar de **drainagediepte**. Bij de meeste drainages liggen de drains tussen 0,8 en 1,2 meter onder het maaiveld. Water dat via subirrigatie op die diepte geïnfiltrerd wordt, vernat er de bodem en zal doorstromen naar het grondwater. De afstand tussen de nattere zone in de bodem en de plantenwortels bepaalt hoeveel water kan opstijgen. Hoe hoger de drains in de bodem liggen, hoe meer de plantenwortels kunnen genieten van de capillaire opstijging. Hierdoor kan ook de nutriëntenopname door het gewas verhogen, waardoor er minder stikstof en mineralen uitspoelen. Ook de bodem tussen de drains moet vernat worden. De mate waarin dit lukt hangt af van de **afstand tussen de drains** en van de **bodemeigenschappen**. De drains liggen bij voorkeur eerder kort bij elkaar, op 4 tot 6 meter. Bij klassieke drainages liggen de drains al snel 6 tot 10 meter uiteen. Bij een peilgestuurde drainage verkiest men 5 tot 6 meter. Opdat het water voldoende in horizontale richting kan bewegen, moet de bodem matig tot goed doorlatend zijn. Toch gelden ook hier weer kanttekeningen. Een te hoge doorlatendheid is immers niet gunstig wanneer het grondwaterpeil lager ligt dan de drains, omdat het merendeel van het water dan meteen wegzijgt naar de ondergrond. Door de aanvoer van water zal het grondwaterpeil weliswaar stijgen, maar zal het grondwater hierdoor ook sneller dan normaal worden afgevoerd naar de diepte en naar de omgeving. Een minder doorlatende laag in het diepe bodemprofiel, zoals een kleihoudende laag op 1,5 meter diepte in een meer zandrijke bodem, kan dit aanzienlijk tegengaan en kan de efficiëntie van de subirrigatie verbeteren.

Zelfs wanneer bovenstaande parameters voldoende gunstig worden bevonden is het niet noodzakelijk zo dat een drainagesysteem best kan worden voorzien van de mogelijkheid tot subirrigatie. Slechts een beperkt deel van het aangevoerde water zal immers effectief de wortels bereiken, terwijl het merendeel wordt afgevoerd naar het diepere grondwater. Proefveldonderzoek in Nederland en eigen doorrekeningen tonen aan dat in veel gevallen slechts een vijftal procent van het aangevoerde water door het gewas wordt opgenomen en verdampt. Grofweg 95% stroomt dus naar het grondwater. Deze cijfers doen de vraag rijzen of de meeropbrengsten door subirrigatie de **aanvoerkosten van het water** voldoende afdekken. Indien water aangevoerd kan worden via een gracht vanuit een bestaande bemaling of vanuit een hoger gelegen waterloop zoals een kanaal, is enkel een bijkomende regelput op het perceel nodig om water in het drainagesysteem te laten vloeien. Bij dergelijke gravitaire aanvoer is er geen energieverbruik. Het water is dan ook zo goed als gratis en de netto financiële meeropbrengsten kunnen dan belangrijk worden. Als het water daarentegen verpompt moet worden om de subirrigatie te voeden, dan is het lang niet zeker of het saldo positief blijft door de bijkomende energiekost. Hierbij is het vermeldenswaardig dat er mobiele pompsystemen op zonne-energie bestaan die de aanvoerkost voldoende laag houden.

Hoewel subirrigatie louter vanuit landbouwkundig oogpunt dus zeker niet in alle situaties rendabel is, gezien veelal meer dan 90% van het aangevoerde water naar het grondwater wegzijgt, is er vanuit maatschappelijk oogpunt wel degelijk een meerwaarde. Door water in de bodem op te slaan in plaats van via de waterlopen af te voeren, draagt deze techniek bij tot het voeden van de grondwaterpeilen in Vlaanderen.

3.2.4 Samenwerking

De aanleg van een peilgestuurde drainage wordt meestal bekeken op perceelsniveau. De effecten van een peilgestuurde drainage (en uiteraard ook die van een klassieke drainage) zullen zich ook buiten de perceelsgrenzen voordoen. Zoals eerder al beschreven heeft het grootschalig aanleggen van drainages in kwelzones in de vorige eeuw voor veel gebieden geleid tot een regionale daling van de grondwaterpeilen. Het gecoördineerd omvormen naar peilgestuurde drainage (op de gronden waar dit zinvol en rendabel is) in combinatie met begeleidende maatregelen zoals het strategisch plaatsen van stuwen, kan ervoor zorgen dat in deze gebieden een herstel van de eertijdse grondwaterpeilbewegingen mogelijk wordt. Doordat de ontwaterende functie van het systeem behouden blijft (de peilgestuurde drainages kunnen opgezet worden in het voorjaar, en het waterpeil in de beek kan actief beheerd worden met de stuwen), kan deze regionale opbouw van het waterpeil blijvend gepaard gaan met (intensieve) landbouwwerkzaamheden.

Deze aanpak buiten de perceelsgrenzen vraagt een samenwerking tussen de verschillende bedrijfsleiders en eventueel de waterbeheerders. Ook hier geldt het aloude $1 + 1 = 3$. Meerdere ingrepen en maatregelen om water in eenzelfde zone in het landschap vast te houden kunnen elkaar positief versterken.

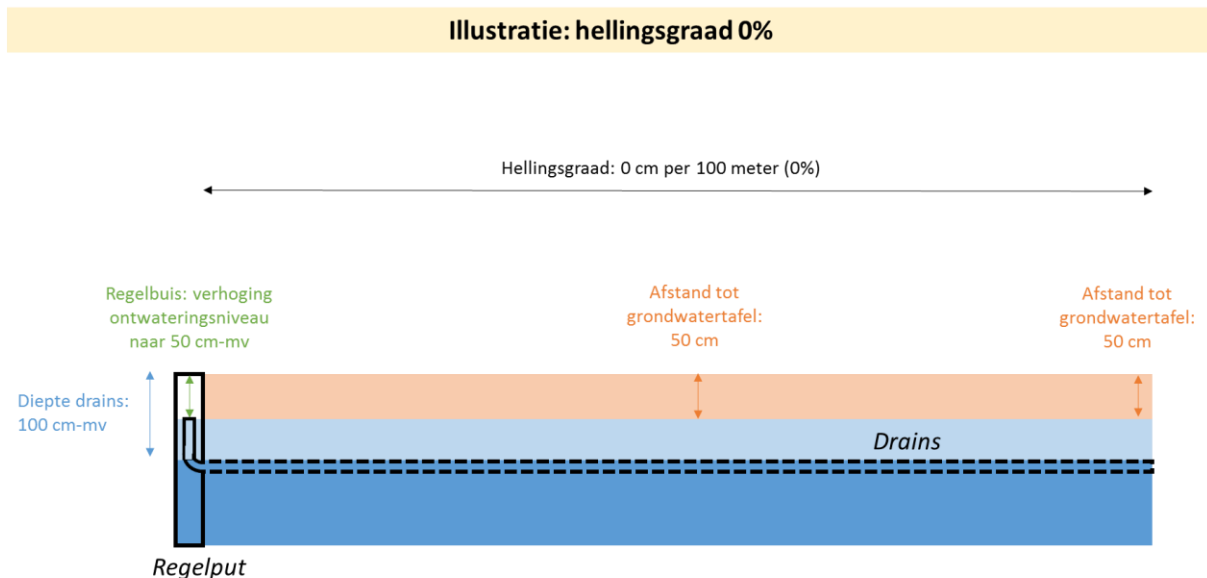
3.3 Hellingsgraad

Peilgestuurde drainage functioneert best in een vrijwel vlak landschap, met een hellingsgraad van ver beneden de 0,5%. Dan is het mogelijk om met één of enkele regelputten het waterpeil te beheren van een voldoende grote oppervlakte. Eén regelput zou toch minstens 1 ha moeten kunnen bedienen. In de praktijk zal reeds vanaf een hellingsgraad van 0.3% of meer overwogen worden om met meerdere vakken te werken die elk met een eigen peilput afzonderlijk worden bediend, zeker voor goed doorlatende gronden zoals de zandbodems. Het aantal vakken dient daarbij steeds perceel per perceel bekeken te worden in samenspraak met een ervaren drainagebedrijf, maar grosso modo zal een niveauverschil in maaiveldhoogte van zo'n 30 cm aanleiding geven om de aanleg van een volgend peilvak te beginnen. Voor gronden met een iets meer leemhoudende of kleihoudende textuur kan men echter een groter hoogteverschil in maaiveld tolereren zonder dat het beoogde effect in capillaire nalevering al te zeer in het gedrang komt.

Goed genivelleerde percelen kunnen toelaten om met één regelput een grote oppervlakte aan te sturen. Van de peilgestuurde drainage mag verwacht worden dat deze binnen enkele dagen het waterpeil voldoende laat zakken om de nodige bewerkingen op het perceel te doen wanneer nodig. Elke drain kan mogelijk tot meer dan 300 m lengte dienen af te wateren; afhankelijk van de afstand tussen de drains kan dit tot een groot debiet leiden dat binnen enkele dagen moet wegstromen. Bij dit grote debiet is de waterstroom in een drain best niet te turbulent, zoniet riskeert dit de bodem rond de drain te verstoren waardoor er bodemverslapping optreedt en soms zelfs uitspoeling van fijne grondpartikels of colmatage. Doordat de drains van een peilgestuurd drainagesysteem vaker onder water staan ten opzichte van een traditionele drainage zal het effect van colmatage hier echter minder courant voorkomen. Toch dient de draineur de draindiameter af te stemmen op de drainlengte en de afstand tussen de drains. In veel gevallen is een draindiameter van 60 mm niet meer voldoende.

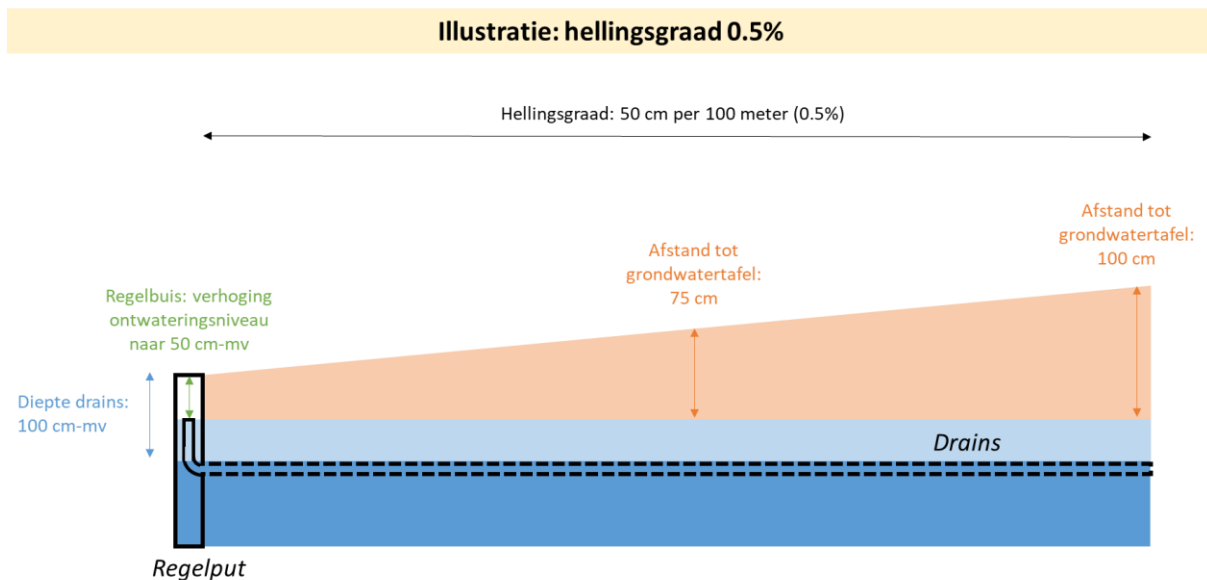
Onderstaande figuren geven weer waarom een peilgestuurd drainagesysteem op een hellend perceel dient te worden voorzien van meerdere peilvakken.

Bij een vlak perceel kunnen grote oppervlaktes doorgaans via één regelput worden bediend, gezien over het ganze perceel min of meer dezelfde afstand tussen het maaiveld en het grondwaterpeil behouden blijft (Figuur 15).



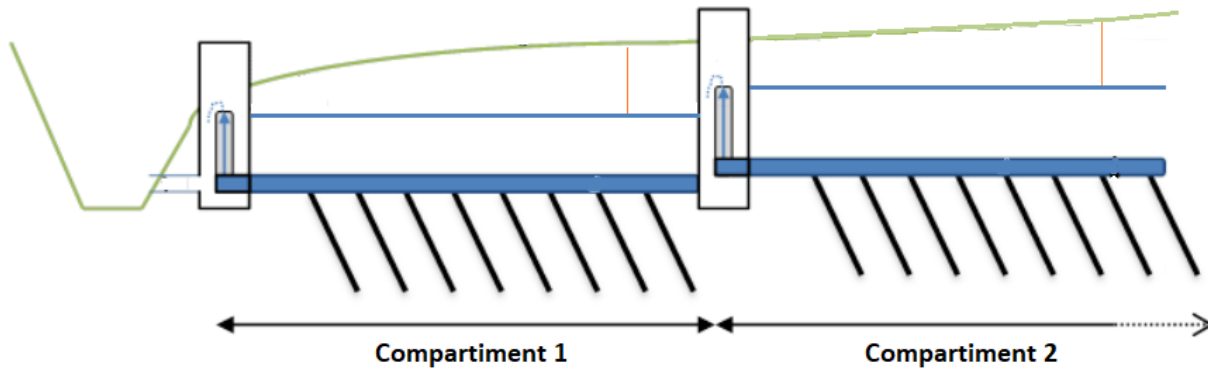
Figuur 15: Illustratie van een peilgestuurd drainagesysteem op vlakke percelen

Bij een hellend perceel ontstaat er zonder het gebruik van meerdere regelputten een te diepe ontwateringsbasis voor het hogere gedeelte van het perceel (Figuur 16). Om het laagste punt van het perceel voldoende te ontwateren dient de grondwatertafel op het hogere deel van het perceel immers dusdanig te worden verlaagd dat de afstand tussen het maaiveld en de grondwatertafel daar te groot wordt.



Figuur 16: Illustratie van het probleem van een peilgestuurd drainagesysteem op hellende percelen zonder gebruik van meerdere regelvakken

Om die reden is (peilgestuurde) drainage op sterk hellende percelen niet efficiënt. Op percelen met een aanvaardbare hellingsgraad kan alsnog geopteerd worden om peilgestuurde drainage toe te passen indien met meerdere peilvakken wordt gewerkt, waarbij elke zone via een aparte regelput wordt bediend en waarbij de drainagediepte ten opzicht van het laagste punt trapsgewijs oploopt per peilvak (Figuur 17).



Figuur 17: Illustratie van het gebruik van een peilgestuurd drainagesysteem op hellende terreinen via meerdere peilvakken

De grootte van elk peilvak hangt hierbij af van enerzijds de hellingsgraad en anderzijds het bodemtype, waarbij op zwaardere gronden met meer capillaire nalevering de maximaal aanvaardbare afstand tussen maaiveld en grondwatertafel iets hoger mag liggen dan op sterk doorlaatbare gronden.

3.4 Juridisch

Door een peilgestuurde drainage worden de gunstige effecten van een klassieke drainage voor de landbouw behouden en de ongunstige effecten voor de omgeving deels verholpen, maar een peilgestuurde drainage blijft een drainage. Er blijven verdrogende effecten op de omgeving van het perceel mogelijk. Daarom maakt de wetgever geen onderscheid, en is een peilgestuurde drainage aan dezelfde voorwaarden onderworpen als een klassieke drainage. Dit betekent dat nieuw aan te leggen (peilgestuurde) drainages soms vergunningsplichtig en altijd minstens meldingsplichtig zijn.

In de praktijk zijn de meeste drainages volgens de VLAREM-wetgeving ingedeeld onder klasse 3 en dus enkel meldingsplichtig binnen het kader van de milieuwetgeving. Echter, wanneer het een drainage van 50 ha of meer betreft, of een drainage van 15 ha of meer die een aanzienlijke verlaging van de freatische grondwatertafel in een bijzonder beschermd gebied tot gevolg kan hebben, dan wordt de aanleg van het systeem beschouwd als een klasse 1 infrastructuur die wel (milieu)vergunningplichtig is.

Binnen speciale beschermingszones (SBZ) en Ramsargebieden en binnen een straal van 50 meter van ruimtelijk kwetsbare gebieden of effectief overstromingsgevoelige gebieden dient er bovendien steeds een stedenbouwkundige vergunning te worden afgeleverd. Buiten deze gebieden is een drainage op het moment van de opmaak van deze handleiding¹ nog vrijgesteld van de verplichting tot het bekomen van een stedenbouwkundige vergunning. Of een perceel gelegen is binnen of buiten de beschermde zones kan worden nagegaan volgens het voorbeeld in Figuur 18.

Aansluitend zijn landbouwdrainages opgenomen in bijlage 3 van het MER-besluit waardoor er voor alle drainages die vergunningsplichtig zijn bevonden een project-MER-screeningsnota dient te worden opgesteld waaruit moet blijken dat de opmaak van een milieueffectenrapport niet nodig is.


Gezien de stedenbouwkundige vergunning, de (meldingsplicht binnen de) milieuvergunning en de project-MER-screeningsnota zijn geïntegreerd in de omgevingsvergunning dient er in de praktijk dus steeds een vergunningsaanvraag inclusief project-MER-screeningsnota dan wel minstens een melding via het omgevingsloket te worden ingediend.

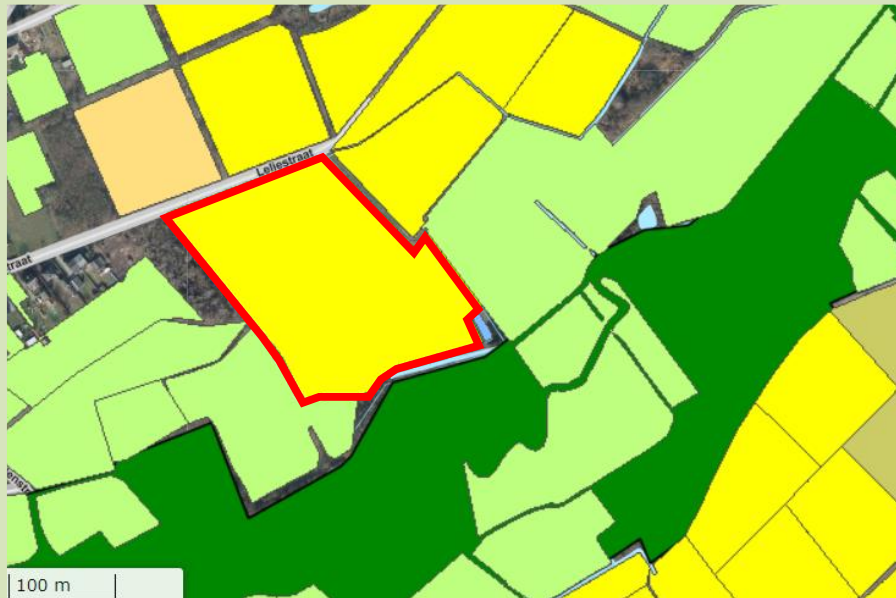
¹ In het najaar van 2022 bereikte de Vlaamse regering een akkoord omtrent een integraal Vlaams klimaatadaptatieplan. Binnen het kader van dat plan zou de wetgeving rond drainages aanzienlijk verstrengen, al is de uitwerking van dit akkoord en de bijhorende wettelijke verankering nog niet doorgevoerd. Met het oog op mogelijke wetswijzigingen wordt het de lezer aangeraden om steeds de huidige stand van zaken omtrent de vergunningsplicht voor drainages na te gaan bij de lokale overheid.

Het is vlot na te gaan of een perceel binnen of in de omgeving van een Speciale Beschermingszone **(SBZ) ligt:**

<https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=verkenner#ModulePage>

Ga als volgt te werk:

- voer een adres met straatnaam en gemeente in, en zoom in naar de omgeving van het perceel;
- klik op 'Kaartlagen kiezen',
- en klik op 'Ref. lagen': vink aan 'Biodiversiteit', en in volgorde 'Vogelrichtlijngebieden' en 'Habitatrichtlijngebieden',
- en daarna onder 'Ref. lagen': vink aan 'Landbouw', 'Landbouwgebruikspercelen (bv.) 2018'. Hier wordt de ligging van het perceel zeker zichtbaar ten opzichte van de SBZ. Klik zo nodig het icoontje  aan om de transparantie te verhogen



Figuur 18: Een landbouwperceel wordt opgezocht (hier rood omlijnd) en de ligging ten opzichte

3.5 Beheer, keuze in het bedrijf

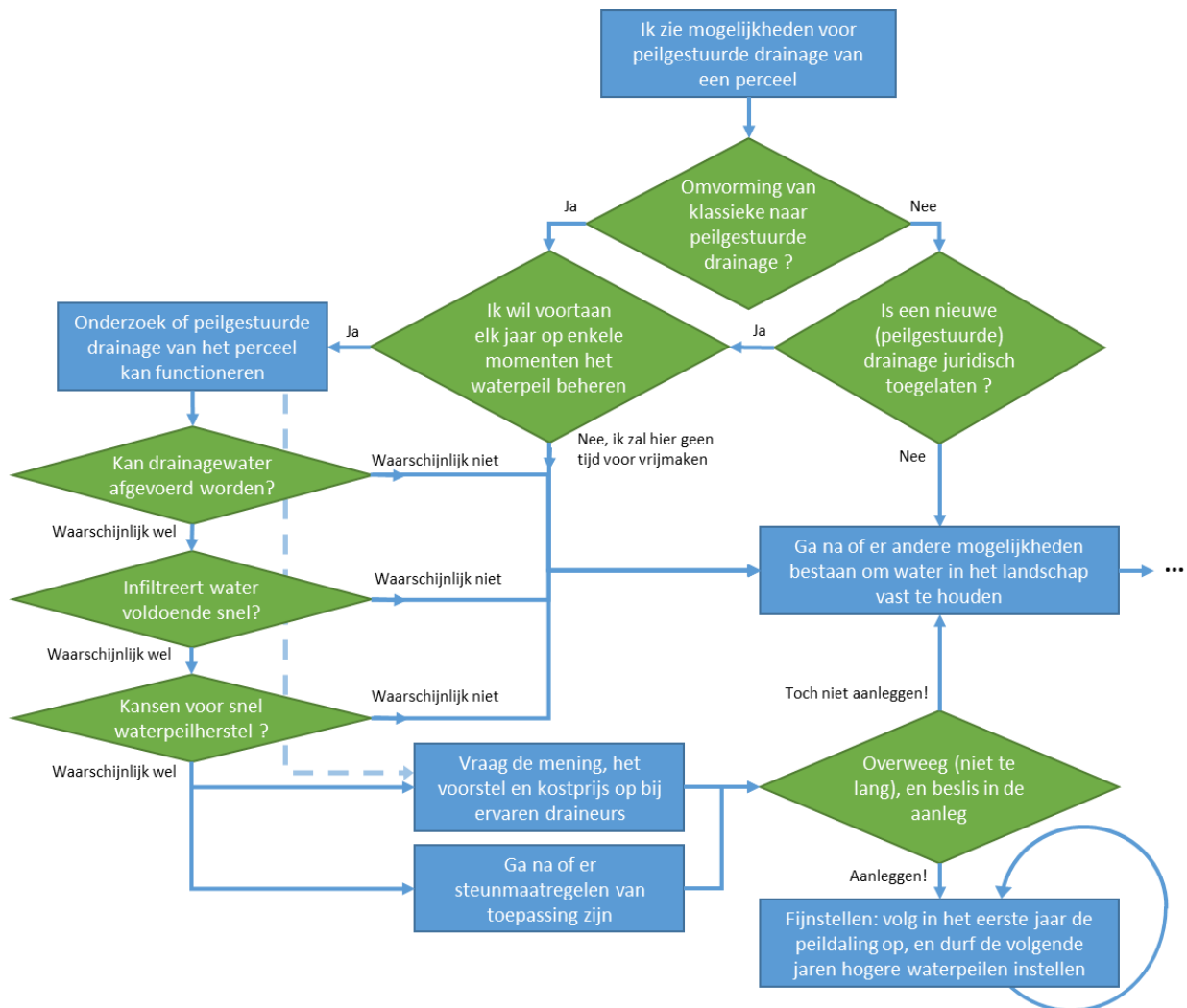
Het landbouwbedrijf runnen is vandaag een bijzonder brede en omvattende opdracht. Naast de regelgeving die voortdurend evolueert, moeten ook telkens keuzes gemaakt worden in investeringen, in aandacht en in werk om de bedrijfsvoering te optimaliseren. Bij peilgestuurde drainage is dit niet anders.

Na een oordeelkundige aanleg kan men ervan uitgaan dat de investering een rendabele beslissing is. Peilgestuurde drainage vergt echter van de bedrijfsleider de bereidheid om voortaan, elk jaar, de peilsturing te beheren. Dit betekent in de eerste plaats de drainage terug afsluiten, en dit op alle percelen die hiervoor zijn uitgerust. Doet hij dit niet, dan kan peilgestuurde drainage meer schade teweegbrengen dan klassieke drainage. Immers, doorgaans liggen bij peilgestuurde drainage de drains korter bij elkaar om een zo kort mogelijke reactietijd te garanderen. Dat betekent echter dat indien het peilgestuurde systeem niet tijdig wordt afgesloten er een meer intensieve drainage zal optreden met meer droogteschade in het groeiseizoen tot gevolg. Investeren in peilgestuurde drainage vraagt dat de bedrijfsleider voortaan, elk jaar opnieuw, de peilsturing ook in handen zal nemen, en daarbij de drainageduur zo kort mogelijk houdt. Zoniet dreigt meer droogteschade.

3.6 Samenvatting en beslissingsboom

3.6.1 Beslissingsboom

Op basis van het voorgaande wordt duidelijk dat bij de beslissing om al dan niet aan de slag te gaan met peilgestuurde drainage vaak met veel verschillende zaken rekening gehouden moet worden, zowel qua perceelseigenschappen als qua doelstelling en motivatie van de bedrijfsleider. De beslissingsboom hieronder (Figuur 19) hoopt de bedrijfsleider bij te staan bij het overlopen van de verschillende aspecten die nagegaan moeten worden bij de aanleg van een peilgestuurde drainage.



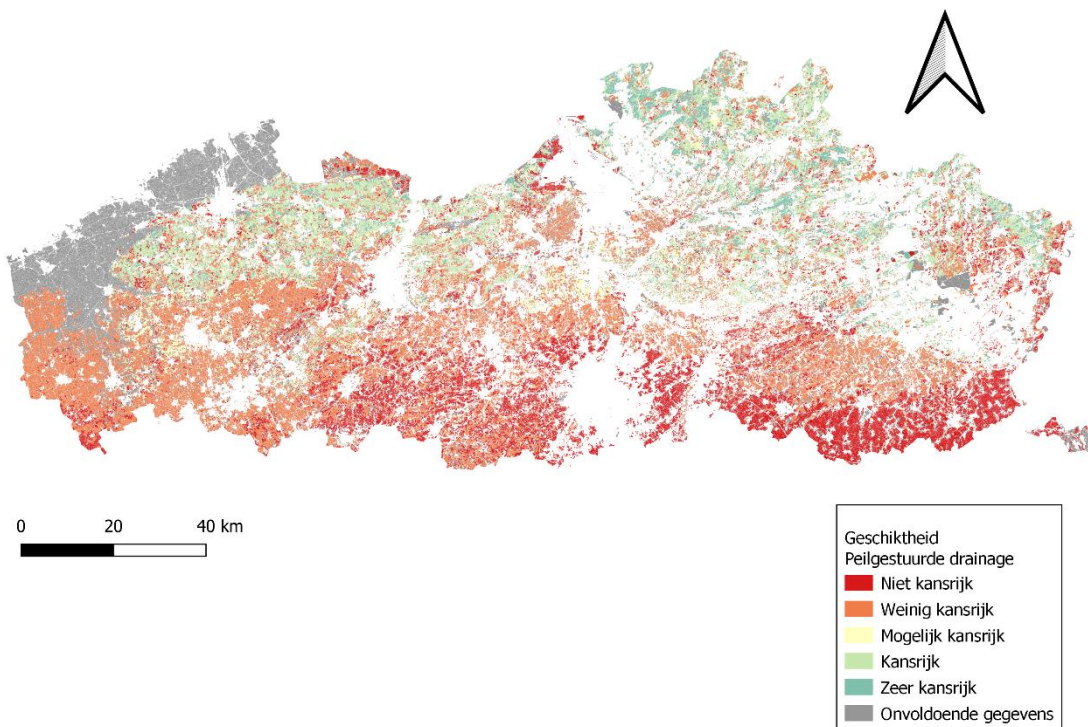
Figuur 19: Beslissen tot peilgestuurde drainage, een stappenplan.

3.6.2 Geschiktheidskaart voor Vlaanderen

In de context van het VLAIO-LA project 'OP-PEIL' wordt momenteel een geschiktheidskaart voor peilgestuurde drainage opgesteld (Figuur 20). De kaart houdt rekening met een aantal van de voorwaarden die hierboven beschreven zijn, en waar kaartmateriaal voor beschikbaar is:

- Doorlaatbaarheid van de bodem, aan de hand van de bodemtextuur
- Mogelijkheid voor peilherstel, aan de hand van de drainageklasse
- Hellingsgraad, op basis van een hellingsmodel

Het doel van deze kaart is een eerste zicht te krijgen op gebieden die meer of minder kansrijk zijn voor de toepassing van peilgestuurde drainage. Voor de effectieve beslissing om al dan niet aan de slag te gaan met peilgestuurde drainage is het vervolgens uiteraard vereist om meer in detail naar de specifieke eigenschappen te kijken dat men voor ogen heeft, bijvoorbeeld aan de hand van een meer gedetailleerde kaartanalyse en een terreinbezoek.



Figuur 20: Geschiktheidskaart voor peilgestuurde drainage in Vlaanderen (eerste versie, juni 2022)

De kaart is een 'work-in-progress': naarmate er meer ervaring opgedaan wordt met peilgestuurde drainage in omstandigheden die nu minder goed gekend zijn, zoals percelen met een betekenisvolle hellingsgraad of met zwaardere bodems, zal de kaart bijgewerkt worden. De kaart zal binnenkort te raadplegen zijn via de projectwebsite www.peilgestuurd drainage.be.

3.6.3 SWOT-analyse

De sterktes, zwaktes, kansen en bedreigingen voor de toepassing van peilgestuurde drainage in Vlaanderen kunnen als volgt samengevat worden:

	Landbouwkundig	Maatschappelijk
Sterktes	<ul style="list-style-type: none"> • Meer grip op waterpeil op perceel • 1 à 2 irrigatiebeurten uitspraken, waardoor meeropbrengst die toestaat om investering binnen redelijke termijn (5-15 jaar) af te betalen • Potentieel lager nitraatresidu door efficiëntere N-opname en meer denitrificatie in de ondergrond • Qua onderhoud niet meer eisend dan een klassieke drainage 	<ul style="list-style-type: none"> • Effecten PGD houden niet op buiten het perceel: regenwater en grondwater wordt gebufferd in het landschap, zodat ook grondwaterpeilen aangevuld kunnen worden • Potentieel verminderen van uitspoeling N en P naar grond- en oppervlaktewater • Ook in natte periodes meerwaarde doordat de waterafvoer beter gestuurd kan worden (geen pieken)
Zwaktes	<ul style="list-style-type: none"> • Kost van aanleg of omvorming • Niet overal mogelijk, randvoorwaarden moeten voldaan worden 	<ul style="list-style-type: none"> • Niet in alle gebieden mogelijk
Kansen	<ul style="list-style-type: none"> • Infrastructuur leent zich tot subirrigatie/infiltratie van water • Collectief beheer met burens om waterwinsten nog te doen toenemen • Combinatie met andere maatregelen zoals stuwbeheer in de waterlopen kan waterbeschikbaarheid nog extra doen toenemen 	<ul style="list-style-type: none"> • Infrastructuur kan gebruikt worden voor infiltratie van gezuiverde reststromen (industrie, waterzuivering) die momenteel nog in het oppervlaktewater terecht komen • Combinatie met andere maatregelen en collectief beheer op grotere schaal kan binnen een afstroomgebied een gevoelige verbetering van de watertoestand teweegbrengen • Potentieel positieve impact op verzilting in de poldercontext
Bedreigingen	<ul style="list-style-type: none"> • Indien niet goed beheerd worden landbouwkundige winsten minder of zelfs niet behaald 	<ul style="list-style-type: none"> • Indien niet goed beheerd kan de ontwatering juist toenemen ten opzichte van een klassieke drainage (indien de drains dieper of dichter bij elkaar liggen)

4 Referenties

- Christen, E.W., Skehan, D., 2001. Design and management of subsurface horizontal drainage to reduce salt loads. ASCE J. Irrig. Drain. Eng. 127, 148–155.
- De Wrachien, D. and Feddes, R. (2003) Drainage Development in a Changing Environment: Overview and Challenge. 9th International Drainage Workshop Drainage for a Secure Environment and Food Supply, Utrecht, 10-13 September 2003, 1-31
- De Wrachien, D. and Goli, M.B. (2015) Global Warming Effects on Irrigation Development and Crop Production: A World-Wide Vie. Agricultural Sciences, 6, 734-747
- De Wrachien D., Goli M.B., Mambretti S., 2017. Impacts of Global Warming on Irrigation and Drainage Development: Perspectives Challenges and Solutions .SFJ Warming Global 1:1. 9p.
- Doty, C.W., Currin, S.T., McLin, R.E., 1975. Controlled subsurface drainage for southern plains soil. J. Soil Water Conserv. 30, 82–84.
- Elsen F., Coussement T. (2019). Drainage+ Peilgestuurde drainage als alternatief voor klassieke drainage. Bijlage 2 bij het eindverslag KML 15-05.
- Raes D., Steduto P., Hsiao T. C., Fereres E. (2018). AquaCrio Version 6.0-6.1 Reference Manual. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Stuyt, L.C.P.M., 2013. Regelbare drainage als schakel in toekomstbestendig waterbeheer. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2370, 488p.
- WES, 2005. Handleiding voor het opstellen van peilafspraken in kustpolders, West-Vlaams Economisch Studiebureau. 24p.