

ENGELS RAAIGRAS EN RIETZWENKGRAS ONDER WATEROVERLAST

Arthur Wyckaert

Stamnummer: 01305676

Promotor: Prof. dr. ir. Dirk Reheul

Tutor: Dr. ir. Mathias Cougnon

Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad Master of Science in de Bio-ingenieurswetenschappen: landbouwkunde

Academiejaar: 2017 – 2018

De auteur en promotor geven de toelating deze scriptie voor consultatie beschikbaar te stellen en delen ervan te kopiëren voor persoonlijk gebruik. Elk ander gebruik valt onder de beperkingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting uitdrukkelijk de bron te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze scriptie.

The author and promoter give the permission to use this thesis for consultation and to copy parts of it for personal use. Every other use is subject to the copyright laws, more specifically the source must be extensively specified when using from this thesis.

Gent, juni 2018

De promotor

De tutor

De auteur

Prof. dr. ir. Dirk Reheul

Dr. ir. Mathias Cougnon

Arthur Wyckaert

Woord vooraf

Alhoewel het verschijnsel zich bijna jaarlijks voordoet, blijft het elke keer opnieuw een indrukwekkend moment wanneer onze grasgroene weiden nabij de IJzer veranderen in een gigantisch meer. Een natuurlijk fenomeen dat uiteraard zijn gevolgen meedraagt voor de grasvegetatie. Hieruit ontsprong in één van voorgaande jaren de vraag van mijn vader: *“Arthur, welke grassoort zouden we kunnen zaaien in deze weiden die én een goede voederwaarde kent én de overstromingen overleeft?”*. Dit was dan ook meteen de voorzet die geleid heeft tot deze masterproef.

In de rest van dit woord vooraf zou ik graag alle mensen achter dit werk van harte willen bedanken.

Vooreerst dank aan mijn promotor prof. dr. ir. Dirk Reheul en mijn begeleider dr. ir. Mathias Cougnon die mij de kans hebben gegeven om dit onderzoek uit te voeren en mee te gaan in het verhaal van grasland bij wateroverlast. Bedankt voor de begeleiding bij de praktische proeven, het vele nalezen en het aanbrenge van correcties en suggesties om deze masterproef tot een goed einde te brengen.

Ook bedankt aan Franky en Michaël, medewerkers van de Proefhoeve te Melle, voor alle hulp bij het opzetten en uitvoeren van de praktische proeven. Hiernaast wil ik ook iedereen bedanken die mij nuttige raad, informatie en materialen heeft aangebracht die een bijdrage leverden aan dit werk.

Uiteraard wil ik mijn ouders bedanken voor het beschikbaar stellen van het stuk grond voor de veldproef en de hulp bij het aanleggen, onderhouden en opvolgen van deze praktische proef. Bedankt voor de steun gedurende de voorbije jaren en het geven van de mogelijkheid om deze opleiding te volgen en tot een goed einde te brengen.

Tenslotte dit dankwoord aan al mijn vrienden en in het bijzonder Bram, Joris en Aaron: jullie waren van onschatbare waarde tijdens deze prachtige studententijd! En ook jij, Fien. Dank je wel voor de geweldige motivatie en nodige ontspanning om steeds door te zetten tijdens mijn studies.

Bedankt iedereen!

Arthur
Juni, 2018

Inhoudsopgave

LIJST MET AFKORTINGEN	VII
SAMENVATTING	IX
INLEIDING	1
HOOFDSTUK 1: LITERATUUR	3
1.1 OVERSTROMINGSGEVOELIGE GEBIEDEN	3
1.1.1 <i>Wat zijn overstromingsgevoelige gebieden?</i>	3
1.1.2 <i>Waarom overstromen die gebieden en waarom vooral tijdens de winter?</i>	4
1.2 VOORKOMEN VAN OVERSTROMINGSGEVOELIGE GRASLANDEN	6
1.2.1 <i>Europa</i>	6
1.2.2 <i>Vlaanderen</i>	8
1.3 EFFECT VAN OVERSTROMING OP GRASLAND	11
1.3.1 <i>Botanische samenstelling</i>	11
1.3.2 <i>Opbrengst</i>	13
1.3.3 <i>Draagkracht en berijdbaarheid</i>	14
1.3.4 <i>Voederwaarde</i>	16
1.4 FYSIOLOGISCHE INVLOED VAN OVERSTROMING	21
1.4.1 <i>Aanleidingen tot stress</i>	21
1.4.2 <i>Overlevingsstrategieën van overstromingstolerante planten</i>	22
1.4.3 <i>Overstroming in de winter versus overstroming tijdens het groeiseizoen</i>	25
1.4.4 <i>Invloed van specifieke overstromingsparameters op de overleving</i>	26
1.5 MAATREGELEN OM DE OPBRENGST VAN OVERSTROMINGSGEVOELIGE GRASLANDEN TE VERBETEREN	31
1.6 ONDERZOEKSVRAGEN EN HYPOTHESEN	35
HOOFDSTUK 2: MATERIAAL EN METHODEN	37
2.1 POTPROEF: EFFECT VAN DE OVERSTROMINGSDUUR OP DE HERGROEI	37
2.1.1 <i>Proefopzet</i>	37
2.1.2 <i>Overstromingsregime</i>	38
2.1.3 <i>Zuurstofmetingen</i>	39
2.1.4 <i>Hergroei en opbrengstbepaling</i>	40
2.2 LYSIMETERPROEF: EFFECT VAN HET GRONDWATERPEIL	41
2.2.1 <i>Proefopzet</i>	42
2.2.2 <i>Grondwaterpeil</i>	43
2.2.3 <i>Opbrengstbepaling</i>	44
2.3 VELDPROEF: EFFECT VAN DE OVERSTROMING ONDER PRAKTIJKOMSTANDIGHEDEN	44
2.3.1 <i>Situering</i>	44
2.3.2 <i>Proefopzet</i>	46
2.3.3 <i>Overstroming</i>	48
2.4 STATISTISCHE ANALYSE EN PRESENTATIE VAN DE RESULTATEN	48
HOOFDSTUK 3: RESULTATEN	51
3.1 POTPROEF	51
3.1.1 <i>Weersgegevens</i>	51
3.1.2 <i>Bedekkingsgraad</i>	51
3.1.3 <i>Grasopbrengst</i>	53

3.1.4	<i>Zuurstofinhoud bodem</i>	56
3.2	LYSIMETERPROEF	60
3.2.1	<i>Weersgegevens</i>	60
3.2.2	<i>Opbrengstbepaling</i>	62
3.3	VELDPROEF	63
3.3.1	<i>Overstroming</i>	63
3.3.2	<i>Visuele beschouwing</i>	64
HOOFDSTUK 4:	DISCUSSIE	73
4.1	TOLERANTIE AAN DE OVERSTROMING	73
4.1.1	<i>Bedekkingsgraad en opbrengst in functie van de duur van de overstroming</i>	73
4.1.2	<i>Overstroming versus controle</i>	74
4.1.3	<i>Verbruik van beschikbare zuurstof in de bodem</i>	75
4.2	TOLERANTIE AAN DE VERHOOGDE GRONDWATERTAFEL	75
4.3	OVERSTROMING VAN GRASLAND IN DE PRAKTIJK	76
4.4	WETTELIJKE BEPERKINGEN BIJ GRASLANDVERBETERING	77
HOOFDSTUK 5:	ALGEMEEN BESLUIT	79
HOOFDSTUK 6:	VERDER ONDERZOEK	81
HOOFDSTUK 7:	BIBLIOGRAFIE	83

Lijst met afkortingen

Dg	<i>Dactylis glomerata</i> L. – kropaar
DOMD	of D-waarde: maat voor de opnamecapaciteit. Stelt de verteerde organische stof in verhouding tot de opgenomen droge stof van een voedermiddel voor (%).
DS	droge stof
DVE	Darmverteerbaar Eiwit (gDVE/kg DS): de hoeveelheid eiwit die de dunne darm bereikt en er kan worden verteerd. DVE wordt opgedeeld in voedereiwit dat niet werd afgebroken in de pens (DVBE), microbieel eiwit dat in de pens gevormd werd (DVME) en eiwit afkomstig van verteringsenzymen, darmcellen en mucus: het endogeen eiwit (DVMFE). DVE = DVBE + DVME – DVMFE (Vlaamse Overheid, 2012).
EKBG	ecologisch kwetsbaar blijvend grasland
Fa	<i>Festuca arundinacea</i> Schreb. – rietzwenkgras
Fp	<i>Festuca pratensis</i> Huds. – beemdlangbloem
GWT	grondwatertafel
Kk	kiemkrachtige korrels: aantal zaden dat effectief tot kieming overgaat.
Lp	<i>Lolium perenne</i> L. – Engels raaigras
m%	massaprocent
m-mv/cm-mv	eenheid waarin grondwaterstand wordt uitgedrukt, in “(centi)meter onder het maaiveld”
m TAW	meter boven de Tweede Algemene Waterpassing, de referentie die gebruikt wordt om hoogtemetingen in België uit te drukken.
N	stikstof
NEL	Netto-energie Lactatie; de netto energiewaarde van een voedermiddel voor melkproductie. 1 MJ/kg aan NEL komt overeen met 144,9 VEM (Federatie Nederlandse Diervoederketen, 2016).
OMD	organic matter digestibility of schijnbare verteerbaarheidscoëfficiënt van de organische stof (VC _{OS})
OS	organische stof
Redox	reductie-oxidatie reacties

VEM

Voedereenheid Melk (VEM/kg DS): een uitdrukking van de netto energie-inhoud (NE) van een voedermiddel. Dit is de energiehoeveelheid die rest van de bruto-energie uitdrukt nadat verliezen onder de vorm van warmte, gassen, mest en urine in vermindering zijn gebracht (Vlaamse Overheid, 2012). De omzetting van netto energie (kJ/kg DS) naar VEM kent de volgende relatie: $VEM = NE/6,9$ (Federatie Nederlandse Diervoederketen, 2016). 1000 VEM komt overeen met de netto energiewaarde van 1 kg gestandaardiseerde gerst (van den Top et al., 2000).

Samenvatting

Laaggelegen graslanden in rivier valleien zijn vaak gevoelig aan overstromingen. De voornaamste aanleiding tot overstromingen in Vlaanderen is een verhoogd neerslagoverschot. Dit is voornamelijk een winterfenomeen: zowel de transpiratie door planten als de verdamping van oppervlakten ligt in deze periode immers heel wat lager. Planten en bodem bieden aldus een lagere buffercapaciteit, waardoor bij hevige neerslag oppervlaktewater snel naar de rivieren afstroomt. Dit kan de capaciteit van rivieren doen overstijgen en ertoe leiden dat deze uit hun oevers treden.

Overstromingen hebben rechtstreekse invloed op de plantengemeenschap die voorkomt in dergelijke gebieden. Overstromingsgevoelige percelen zijn veelal ingenomen door grasland. Deze grasmat bestaat uit typische overstromingstolerante gras- en plantensoorten, met vaak een duidelijk verband tussen de hoogteligging, die de overstromingsfrequentie bepaalt, en het voorkomen van kenmerkende soorten.

Vele van de overstromingstolerante grassen als grote vossenstaart, kweek, rietgras en dergelijke kennen een lagere voederwaarde ten opzichte van soorten als Engels en Italiaans raaigras. Jong maaien zou de voederwaarde aanzienlijk kunnen verhogen. Op overstromingsgevoelige percelen is dit echter vaak niet mogelijk door een te lage draagkracht van de bodem in het vroege voorjaar. Een andere optie is herzaaien of doorzaaien van het grasland met nieuwe grassoorten. Bij de keuze van de grassoort dient echter een afweging gemaakt worden tussen voederwaarde en overstromingstolerantie.

De overstromingstolerantie werd nagegaan voor de voedergrassen Engels raaigras en rietzwenkgras, enerzijds via een gecontroleerde potproef en anderzijds via een veldproef *in situ*. De gevolgen van een verhoogde grondwaterstand in het vroege voorjaar op de opbrengst werden onderzocht met behulp van lysimeters. In de potproef kende rietzwenkgras geen invloed van de overstromingsduur, terwijl Engels raaigras na 7 weken overstroming een significante daling van de droge stof opbrengst kende. Een verhoogde grondwatertafel tijdens de winter en het voorjaar betekende voor rietzwenkgras een significant lagere opbrengst ten opzichte van een lage grondwatertafel. Deze opbrengst verschilde niet van die van Engels raaigras bij een hoog grondwaterpeil. Op de veldproef ondervonden we visueel dat het Engels raaigras een sterkere negatieve invloed kende van de overstroming ten opzichte van het rietzwenkgras, waarbij slechts weinig spruiten afgestorven waren na de winter. Bij deze laatste proef werden de bevindingen niet gestaafd met opbrengstmetingen, aangezien de oogst buiten het tijds kader van deze masterproef viel.

Inleiding

In Vlaanderen is ongeveer 275 312 ha aangeduid als overstromingsgevoelig gebied. Meer dan een kwart van deze oppervlakte is 'effectief overstromingsgevoelig': dit zijn gebieden die in de recentste jaren overstroonden (Vlaamse Overheid, 2005, 2014). In het kader van de klimaatsveranderingen verwacht men in de toekomst meer extremere weersomstandigheden. Hevige regenbuien kunnen aanleiding geven tot het frequenter optreden van overstromingen. Hiernaast kan de klimaatsopwarming leiden tot het sneller vrijkomen van smeltwater, wat bijdraagt aan het optreden van overstromingen.

De percelen die frequentst overstromen zijn vaak ingenomen door grasland, door zijn goede tolerantie aan wateroverlast in vergelijking met de meeste akkerbouwgewassen. Deze teelt past eveneens goed in de cycli van winteroverstromingen: de belangrijkste opbrengst wordt geoogst in het late voorjaar en in de zomer, wanneer de kans op overstromingen laag is. Vlaanderen kende in 2017 een graslandareaal van in totaal 237 509 ha (Vlaamse Overheid, 2018). STATBEL (2018) vermeldt weliswaar voor 2017 een totale graslandoppervlakte van 219 504 ha in Vlaanderen, waarvan 54 840 ha tijdelijke weiden en 164 664 ha blijvend grasland. Meer dan 40 % van deze oppervlakte ligt in overstromingsgevoelig gebied, waarvan bijna 29 000 ha 'effectief overstromingsgevoelig' is (Danckaert et al., 2012).

Deze frequent overstroomde weilanden kennen een typische vegetatie met overstromingstolerante grassen en plantensoorten. Veel van deze grassen kennen echter een lagere voederwaarde. In vorige eeuwen werd dit niet als een probleem beschouwd, integendeel: de nutriëntenaanvoer door het overstromingswater maakte van deze percelen de productiefste hooilanden. Door de intensivering van de Vlaamse melkveehouderij tijdens de laatste decennia heeft men echter nood aan een ruwvoeder met een uitstekende voederwaarde. Het gras in een jonger stadium maaien is een mogelijkheid om de voederwaarde van de bestaande graslandvegetatie te maximaliseren, maar is onder overstromingsomstandigheden vaak geen optie. Een andere optie is de herinzaai van het perceel met een gras dat zowel een goede voederwaarde kent, als tolerant is aan de overstroming.

In deze masterproef zetten we vooreerst de kenmerken van een overstromingsgevoelig gebied uit en bespreken we wat de invloed van wateroverlast betekent voor de graslanden, zowel op vlak van het graslandbeheer als op gebied van de fysiologische gevolgen voor de grasplant. Aan de hand van praktische proeven testen we vervolgens de tolerantie van Engels raaigras en rietzwenkgras aan dergelijke wateroverlast.

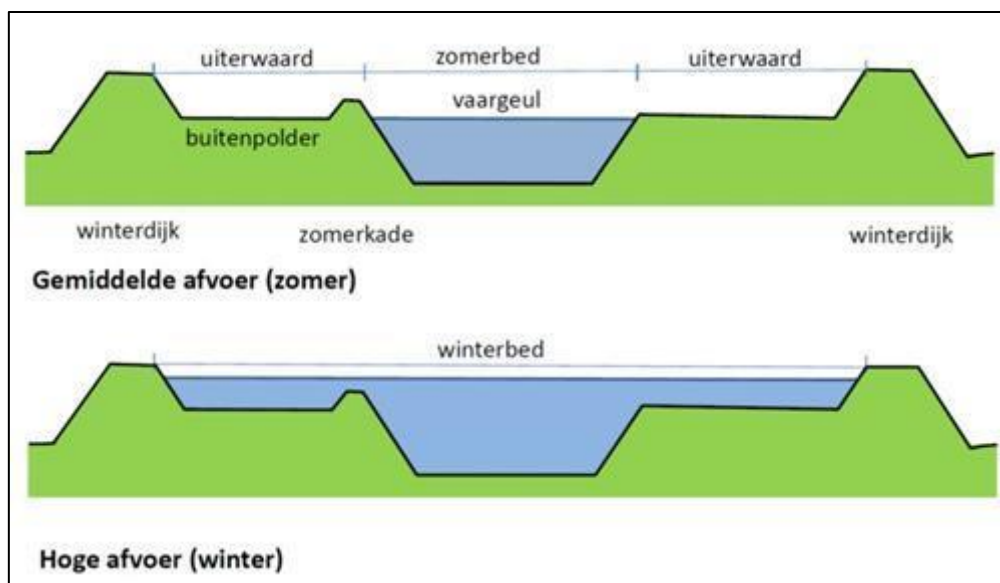
Hoofdstuk 1: Literatuur

1.1 Overstromingsgevoelige gebieden

Alvorens ons specifiek te richten op de graslanden binnen overstromingsgevoelige gebieden, is het belangrijk om de term ‘overstromingsgevoelige’ gebieden te kaderen. Dit begrip kan in twee aspecten worden opgedeeld, namelijk de kustgebieden die het risico van overstroming inhouden bij een verhoogd zeeniveau en de valleigebieden van de rivieren meer landinwaarts. In dit werk focussen we enkel op het tweede aspect.

1.1.1 Wat zijn overstromingsgevoelige gebieden?

Overstromingsgevoelige gebieden of uiterwaarden bestaan uit de laaggelegen vlaktes aan de oevers van een rivier (**Figuur 1.1**). Er wordt van overstroming gesproken wanneer de rivier buiten haar oevers treedt. Dit gebeurt in de periodes waarin de toevoer van water de capaciteit van de rivier overstijgt. De laaggelegen gebieden of komgronden rond de rivierbedding komen zo onder water te staan.



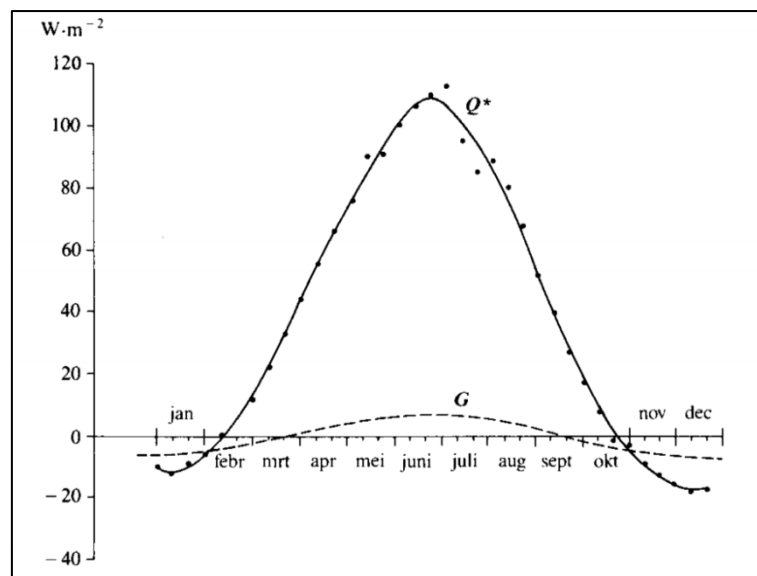
Figuur 1.1: Schematische weergave van het principe van overstromingen. Tijdens de zomer blijft het water binnen de vaargeul; tijdens periodes van hoge waterafvoer treedt de rivier uit zijn oevers en neemt het ingedijkte gebied of uiterwaard in beslag (Waterschap Rivierenland, 2016).

De overstromingen binnen deze gebieden zijn doorheen de geschiedenis van grotere omvang geworden. Waar een rivier oorspronkelijk zijn vrije loop kende en bij te hoge debieten breed uitwaaierde met een waterniveau van slechts enkele decimeters boven de riviervlaktes, zijn deze overstromingspeilen de jongste eeuwen sterk gestegen. Sinds het ontstaan van talrijke nederzettingen en de groei van de landbouw, ging men vele gebieden inwinnen om als akkerland te benutten. Hierbij werden rivieren ingedijkt, waardoor bij overstromingen de rivier slechts kon stromen in het gebied tussen deze aangelegde dijken, de uiterwaarden. De intensivering van de landbouw zorgde ervoor dat er steeds meer gebieden werden ingedijkt. Dit zorgde ervoor dat rivieren steeds minder ruimte kregen om te overstromen, wat leidde tot hogere waterniveaus bij

deze overstromingen. Door het frequent optreden van overstromingen bestond de vegetatie in deze uiterwaarden vaak uit grasland (Brenken et al., 2009; Janssen, 2009; Schuschke & Bischoff, 1980a; Zwaenepoel, 2011). Voor Vlaanderen is zeer precies beschreven wanneer men een gebied al dan niet aanduidt als overstromingsgevoelig gebied. Deze criteria zijn verder uitgewerkt in sectie 1.2.2.

1.1.2 Waarom overstromen die gebieden en waarom vooral tijdens de winter?

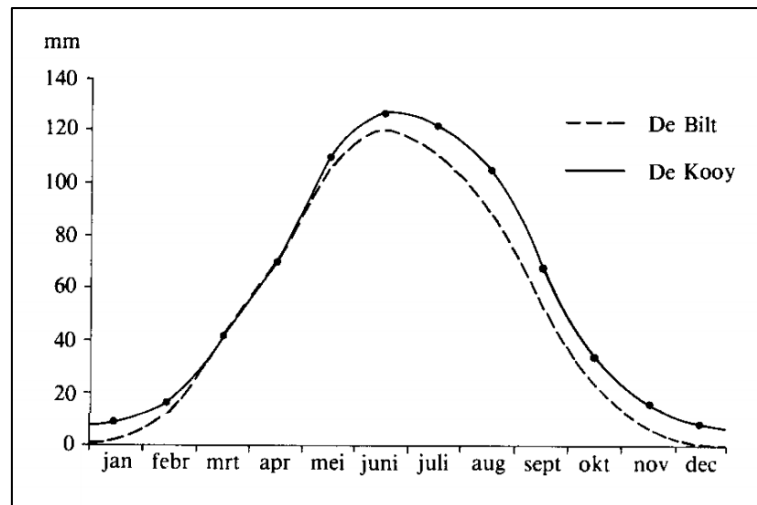
Overstromingen zijn voornamelijk een winterfenomeen, hoewel de neerslaghoeveelheid niet hoger is tijdens de wintermaanden ten opzichte van de andere seizoenen. In Ukkel kende men tussen 1981 en 2010 voor het groeiseizoen (april - september) een totale gemiddelde neerslag van 411,3 mm. Voor de maanden buiten het groeiseizoen (oktober - maart) bedroeg deze waarde 441,1 mm (KMI, 2010). Vooral het neerslagoverschot is de belangrijkste oorzaak van deze overstromingen. Dit overschot wordt in grote mate bepaald door de verlaagde transpiratie in de winter. Om verdamping toe te laten is er energie nodig. Transpiratie staat dan ook rechtstreeks in verband met de netto straling naar het aardoppervlak. Dit is de inkomende kortgolvlige en langgolvlige straling verminderd met de uitgaande kort- en langgolvlige straling. Deze nettowaarde varieert sterk doorheen het jaar. In De Bilt stelde men het gemiddeld verloop van de netto straling tussen 1971 en 1976 op (Figuur 1.2). Hier vond men een minimum netto instraling voor december (-20 W/m^2) en een maximum in de maand juni (110 W/m^2).



Figuur 1.2: Het gemiddelde verloop van de netto instraling (Q^*) en de bodemwarmtestroom (G) doorheen het jaar voor grasland op een homogene, vochtige zandgrond te De Bilt (1971-1976) (Cultuurtechnische vereniging, 1988).

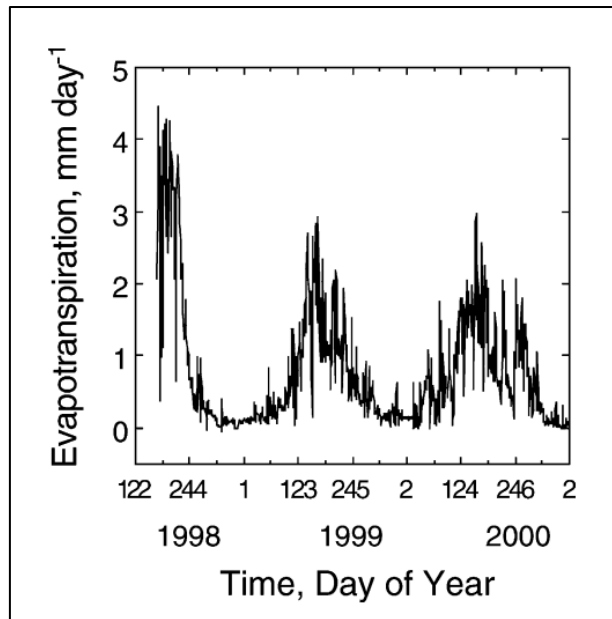
Op **Figuur 1.3** is het verloop van de verdamping doorheen het jaar weergegeven voor open water. Dit valt eenvoudig te kwantificeren door het waterpeil en de neerslaghoeveelheid op te volgen in een open bak met water. We zien een maximum verdamping in juni en een minimum eind december, wat in overeenstemming is met de waargenomen netto straling. Het verdampingsproces van een landoppervlak is echter ingewikkelder dan bij open water, omdat ook de begroeiing en het bodemvocht een rol gaan spelen. Bij een wateroppervlak is er continu water beschikbaar voor verdamping, terwijl de verdampingssnelheid bij een landoppervlak gereduceerd wordt naarmate uitdroging doorgaat. Ook zijn er verschillen in warmtecapaciteit, reflectie van zonlicht en aerodynamische ruwheid. De totale evapotranspiratie wordt opgedeeld in een deel rechtstreekse

bodemverdamping en een deel evaporatie, dat op zijn beurt bestaat uit transpiratie door de planten en directe verdamping van het bladoppervlak (Cultuurtechnische vereniging, 1988).



Figuur 1.3: Verloop van openwater verdamping (mm per maand) doorheen het jaar voor een landstation (De Bilt) en een kuststation (De Kooy). Maandgemiddelden voor 1951 tot 1980 (Cultuurtechnische vereniging, 1988) .

Wever et al. (2002) onderzochten met behulp van lysimeters de variatie van de evapotranspiratie van een grasland in een gematigd klimaat, gelegen te Lethbridge (Canada). Ze vonden eveneens dat maximale waarden voor de evapotranspiratie bereikt werden tijdens het groeiseizoen, terwijl de evapotranspiratie tijdens de winter sterk terugviel of bijna afwezig was. **Figuur 1.4** geeft de dagelijkse evapotranspiratie weer van 1998 tot 2000. We zien bij de evapotranspiratie tijdens het groeiseizoen pieken van 3 tot 4,5 mm per dag, terwijl deze zich tijdens de winter tussen 0 en 0,5 mm per dag bevindt. We zijn er ons van bewust dat deze data kunnen afwijken van het verloop van de evapotranspiratie in Vlaanderen, aangezien Lethbridge aan landklimaat onderhevig is, terwijl Vlaanderen een zeeklimaat kent. Voor Vlaanderen zijn echter geen goede gegevens beschikbaar die het verschil in evapotranspiratie benadrukken tussen de zomer- en wintermaanden bij grasland.



Figuur 1.4: Seizoens- en jaarlijkse variatie van de dagelijkse evapotranspiratie van een grasland in een gematigd klimaat van 1998 tot 2000 (Wever et al., 2002).

Door deze verhoogde evapotranspiratie in het groeiseizoen ontstaat een netto neerslagtekort, waardoor de bodemwatervoorraad wordt aangesproken. Zo voorziet de bodem enige bufferwerking vooraleer neerslag afspoelt of uitstroomt via drainagesystemen. In de winter liggen vele percelen braak en vermindert de sapstroom in overblijvende planten. Hierdoor wordt de transpiratie sterk verminderd, waardoor we gedurende de maanden november tot maart met een neerslagoverschot kampen. Overloop et al. (2003) hanteerden bij berekeningen voor de nitraatuitspoeling in Vlaanderen een totaal neerslagoverschot van 300mm tijdens het najaar en de winter. Dit neerslagoverschot leidt tot een hoger vochtgehalte in de bodem, waardoor de bodem sneller verzadigd is bij neerslagbuien. De vegetatie zelf zorgt op percelen en in de beken gedurende het groeiseizoen voor een fysisch remmende werking bij de afvoer van het water. In het najaar is deze vegetatie minder weelderig of gemaaid en gereit. Dit leidt tot het wegvallen van de remmende werking en een nog snellere toevoer naar de rivier van het neerslagwater. Hierdoor wordt de capaciteit van de rivier overstegen en treedt deze uit zijn oevers (Cultuurtechnische vereniging, 1988; The British Geographer, 2010).

1.2 Voorkomen van overstromingsgevoelige graslanden

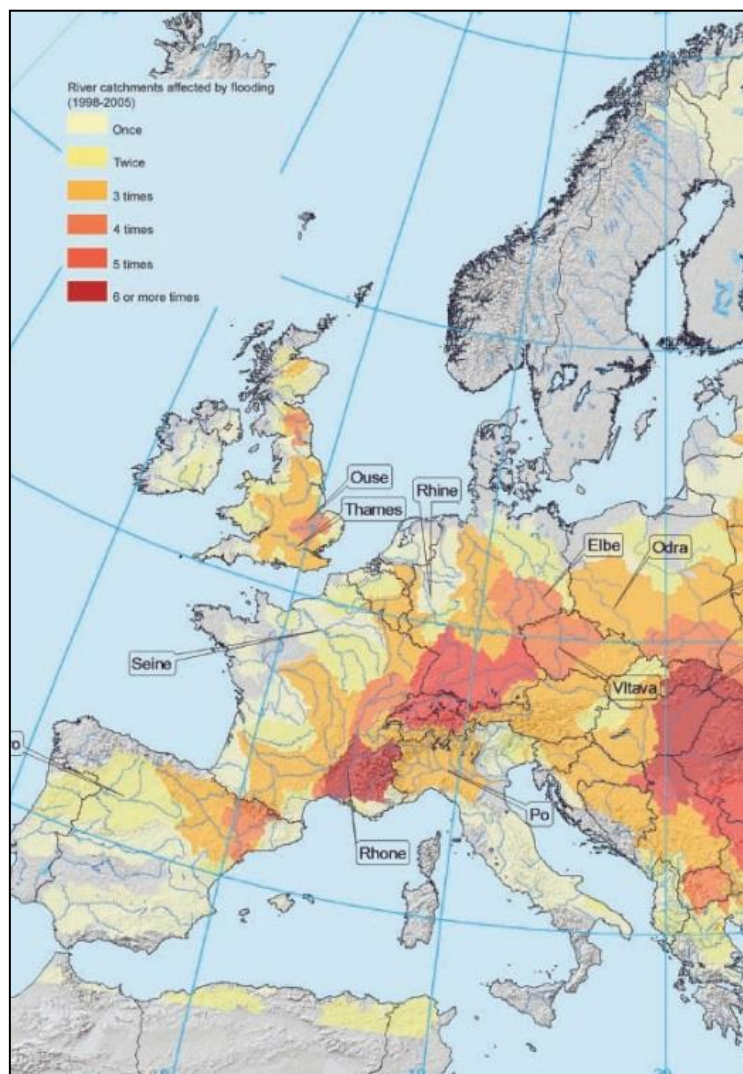
1.2.1 Europa

Aangezien het Europese continent doorweven is met talrijke rivieren, kent het vele gebieden die het risico lopen op overstromingen. Enkele Europese lidstaten stelden samen met de Europese commissie een handleiding op om overstromingsgevoelige gebieden in kaart te brengen. Op **Figuur 1.5** is een overstromingskaart weergegeven van Europa. Hierop worden gebieden aangeduid op basis van de overstromingsfrequentie tussen 1998 en 2005 (EXCIMAP, 2007).

Over de oppervlakte van deze frequent overstroomde gebieden en het areaal grasland binnen deze gebieden werden geen statistieken gevonden. Aan de hand van enkele onderzoeken op grasland in overstromingsgebied uit het verleden kunnen we ons voor West-Europa een beeld vormen.

Onderzoeken die het verhogen van de landbouwkundige waarde van overstromingsgevoelige graslanden beoogden, werden vooral in Nederland en grote gebieden in Duitsland gevoerd. Langs de Oder, die op de grens van Polen en Duitsland stroomt, ligt zo'n 10 000 ha overstromingsgevoelig grasland, waarvan *circa* 4 000 ha aan Duitse zijde en de rest in Polen (Schalitz & Behrendt, 2005). Ook langs de Elbe, die het Duitse vasteland doorsnijdt, is in de vorige eeuw heel wat landbouwkundig graslandonderzoek uitgevoerd. De precieze oppervlaktes die door deze graslanden wordt ingenomen ontbreken hier echter.

Voor Nederland werden volgende oppervlakten gevonden: overstromingsgevoelige weilanden nemen ongeveer 38 000 hectare in, waarvan 10 000 ha langs de IJssel ligt, 9 000 ha langs de Rijn en de Lek, 10 000 ha langs de Waal en 9 000 ha bij de Maas. Echter door grote verschillen in hoogteligging binnen deze gebieden, is er slechts een deel dat jaarlijks getroffen wordt door overstroming. Enkel bij hoge waterpeilen staat het volledige gebied onder water (Willemsen, 1976).



Figuur 1.5: Europese overstromingskaart waarbij de frequentie van overstroming in een bepaald riviergebied tussen 1998 en 2005 wordt weergegeven (EXCIMAP, 2007).

1.2.2 Vlaanderen

Binnen het Vlaamse Gewest zijn overstromingsgevoelige gebieden zeer duidelijk afgebakend. Dit speelt een belangrijke rol bij het opstellen van een watertoets van een perceel, die behoort tot de informatieplicht bij de verkoop of verhuur van vastgoed. In Vlaanderen maakt men een onderscheid tussen effectief overstromingsgevoelige gebieden en mogelijk overstromingsgevoelige gebieden. De effectief overstromingsgevoelige gebieden zijn gebaseerd op het recent voorkomen van overstromingen in een gebied en op gemodelleerde overstromingsgebieden (MOG). De kartering van recent overstroomde gebieden (ROG) gebeurt door terreinwaarnemingen door waterbeheerders, burgers, verenigingen en beeldmateriaal. Met behulp van deze gegevens worden overstromingsgevoelige gebieden ingekleurd op topografische kaarten van een gebied, die nadien worden samengevoegd om een overzicht op Vlaams niveau te verkrijgen. Hierbij gebruikt men gekarteerde overstromingen van 1988 tot op heden en houdt men eveneens rekening met het digitaal hoogtemodel van het landschap. Hiernaast stelt men een gemodelleerde overstromingskaart op. Debieten en waterpeilen worden gesimuleerd om de invloed op het omliggende landschap op te volgen. Op basis van deze twee kaarten (ROG en MOG) duidt men een gebied als effectief overstromingsgevoelig aan indien er zich statistisch vaker een overstroming voordoet dan eens in de 100 jaar. Deze gebieden namen bij de kartering van 2014 een gebied van 73 481 ha in. Vervolgens hebben we ook mogelijk overstromingsgevoelig gebieden. Dit zijn gebieden die enkel het risico van overstroming lopen indien er zich zeer extreme weersomstandigheden voordoen of als waterkeringen het zouden begeven. Dit gebied omvat 201 831 ha op Vlaams niveau (Vlaamse Overheid, 2005, 2014).

In België stelt men op federaal niveau risicozones voor overstroming op. Hierbij hanteert men het criterium dat een overstroming minimum 30 cm diep moet zijn en zich minimum eens om de 25 jaar moet herhalen. Dit betekent dat deze risicozones een kleinere oppervlakte innemen dan de overstromingsgevoelige gebieden op Vlaams niveau. Dit omdat enerzijds de overstromingsfrequentie lager mag zijn op Vlaams niveau (minstens één keer in 100 jaar ten opzichte van één keer elke 25 jaar in België), anderzijds geldt in Vlaanderen geen overstromingsdrempel, waardoor overstromingen lager dan 30 cm ook in rekening worden gebracht (Vlaamse Overheid, 2005).

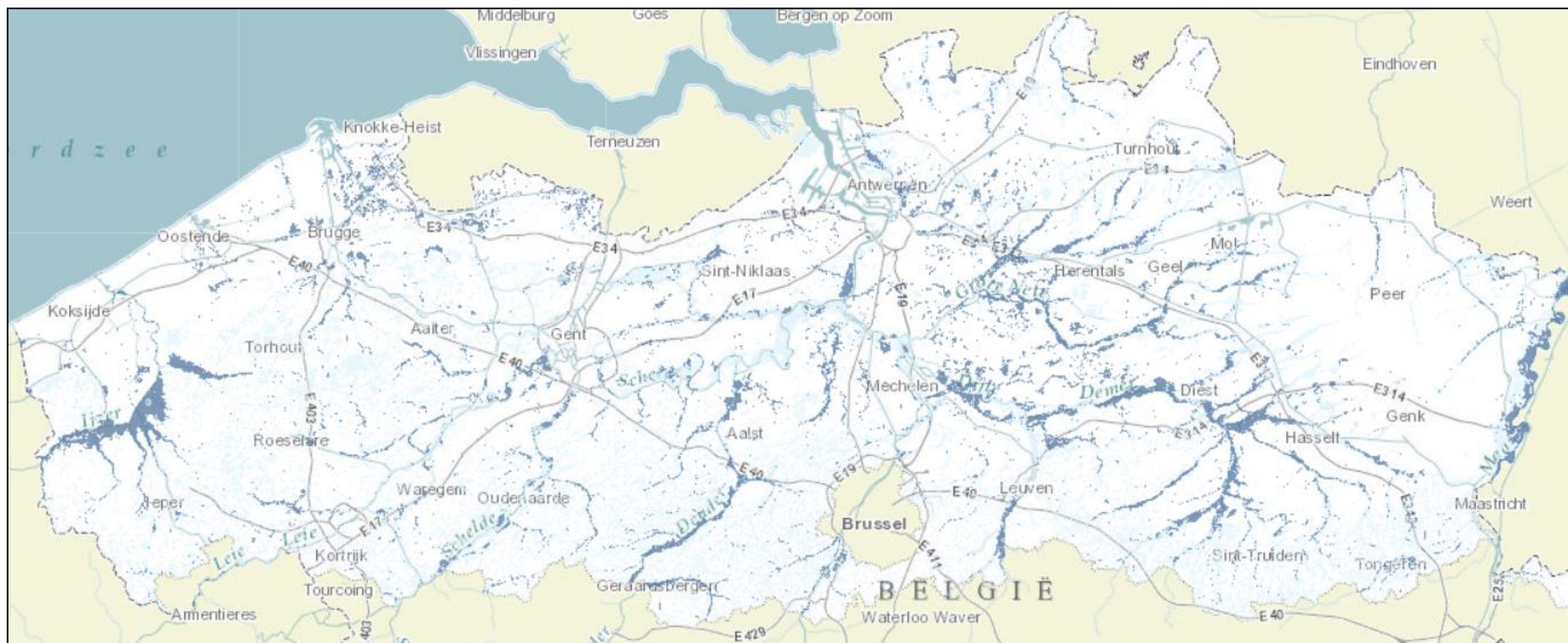
Binnen het Vlaamse gewest zijn de overstromingsgevoelige gebieden duidelijk in kaart gebracht. Per kadaster kan via Geopunt Vlaanderen worden opgevraagd of een perceel al dan niet het risico loopt voor overstromingen. Een overzichtskaart van Vlaanderen wordt weergegeven in **Figuur 1.6**. Risicogebieden die in het oog springen zijn de Demervallei tussen Hasselt en Mechelen, de Maasvallei aan de Nederlandse grens en de IJzervallei uiterst in het westen, dewelke het breedste overstromingsgebied kent.

In 2010 werd 102 176 ha van de Vlaamse overstromingsgevoelige gebieden ingenomen door grasland. Hiervan lag 28 819 ha in effectief overstromingsgevoelig gebied. Het aandeel van de graslandarealen binnen de Vlaamse rivierbekkens dat effectief of mogelijk overstromingsgevoelig is, wordt weergegeven in **Tabel 1.1** (Danckaert et al., 2012).

Tabel 1.1: Percentage van het areaal grasland dat effectief (E.O.) of mogelijk overstromingsgevoelig (M.O.) is binnen elk Vlaams rivierbekken. Gegevens gebaseerd op areaal 2010 (Danckaert et al., 2012).

Bekken	E.O. (%)	M.O. (%)	Totaal (%)
IJzer	16	45	61
Brugse polders	11	45	56
Gentse kanalen	7	23	30
Beneden-Schelde	12	20	32
Leie	8	30	38
Boven-Schelde	11	33	44
Dender	10	37	47
Dijle	12	30	42
Demer	14	25	39
Nete	10	17	27
Maas	5	14	19
Totaal	11	29	39

Wat de individuele oppervlakte aan grasland is binnen deze riviergebieden, is niet precies vastgesteld. Wel wordt voor het IJzergebied vermeld dat bij een normale overstroming zo een 2 100 hectare weilanden blank komen te staan. Dit vindt plaats bij een waterpeil in de IJzer van 4,68 m TAW, gemeten aan de Fintele. Bij een zware overstroming (4,89 m TAW aan de Fintele) kan dit oplopen tot 4 200 ha in de IJzervallei en hier bovenop nog 790 ha in de vallei van de Handzame, een zijarm van de IJzer, gelegen ten zuidwesten van Torhout (Zwaenepoel, 2011). Op dat moment staat zo'n 16 % van het blijvend graslandareaal in het IJzerbekken (31 060 ha in 1999) onder water (Integraal Waterbeleid IJzerbekken, 2014).



Figuur 1.6: Kaart met de effectief overstromingsgevoelige gebieden binnen het Vlaamse Gewest. Effectief overstromingsgevoelige gebieden zijn donkerblauw ingekleurd; mogelijk overstromingsgevoelige gebieden lichtblauw (Waterinfo Vlaanderen, 2017).

1.3 Effect van overstroming op grasland

1.3.1 Botanische samenstelling

Overstromingsgevoelige graslanden hebben een specifieke flora. Uiteraard bestaan er grote verschillen van perceel tot perceel, afhankelijk van de omvang van de overstroming en de al dan niet toegepaste ontwateringstechnieken, het gebruik van meststoffen en herbiciden en het maaibeheer of grasbeheer. Door evoluties in deze aangehaalde aspecten is ook de samenstelling van de flora veranderd doorheen de jaren. Door intensivering van de landbouw en de veehouderij zijn deze oorspronkelijk florarijke weiden teruggedrongen in hun diversiteit. In veel natuurprojecten tracht men deze floristische diversiteit terug te winnen met behulp van aangepast maaibeheer en het weglaten van bemesting en gebruik van gewasbeschermingsmiddelen.

Zwaenepoel (2011) beschreef uitgebreid de evolutie van de graslandvegetatie in de IJzer- en Handzamevallei. Vooral door een intensiever beheer van het grasland, heeft er enige evolutie plaatsgevonden in de botanische samenstelling van deze overstromingsgevoelige graslanden. Zwaenepoel keerde terug in de literatuur tot halfweg de 19^e eeuw. In die periode werden de meeste van deze weiden slechts éénmaal per jaar gemaaid, in het begin van de zomer, nadat het gras op stam openbaar verkocht werd aan de landbouwers door de eigenaars van deze percelen. Na de hergroei werden deze graslanden begraasd door het vee van de plaatselijke dorpsgemeenschap. Er was geen sprake van bemesting vóór het maaien van het gras, omdat men in het vroege voorjaar nog geen zekerheid had over welk perceel men zou maaien in de zomer. De voornaamste aanvoer van nutriënten werd voorzien door het water van de overstroming. Door deze lage maaifrequentie en geringe bemesting vond men zeer floristisch rijke graslanden terug. Zwaenepoel deed een poging om uit de beschreven flora van in de 19^{de} eeuw tot op heden, de relevante info voor deze vochtige hooilanden te filteren.

Het grove 'broekengras' was een volksterm voor de verzameling van tal van grasspecies die in deze laagst gelegen gebieden voorkwamen. Soorten die hierbij vermeld werden in de 19^{de} eeuw zijn kamgras (*Cynosurus cristatus* L.), Engels raaigras (*Lolium perenne* L.), kropaar (*Dactylis glomerata* L.), rietzwenkgras (*Festuca arundinacea* Schreb.), timoteegras (*Phleum pratense* subsp. *pratense* L.), trosdravik (*Bromus racemosus* L.), zachte dravik (*Bromus hordeaceus* L.), ruwe smele (*Deschampsia cespitosa* (L.) P.Beauv.) en straatgras (*Poa annua* L.). Hiernaast werd nog een reeks aan kruiden vermeld als akkerdistel (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), akkerhoornbloem (*Cerastium arvense* L.), duizendblad (*Achillea millefolium* L.), fluitenkruid (*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.), jacobskruiskruid (*Jacobaea vulgaris* subsp. *vulgaris*), verschillende klavers (*Trifolium* sp. L.) en boterbloemen (*Ranunculus* sp.L.), margriet (*Leucanthemum vulgare* Lam.), zuringspecies (*Rumex* sp. L.), ... In andere botanische studies tijdens het begin van de 20^{ste} eeuw werden ook soorten als mannagrass (*Glyceria fluitans* (L.) R.Br.), liesgras (*Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb.), rietgras (*Phalaris arundinacea* L.), kweek (*Elytrigia repens* (L.) Desv. ex B.D.Jacks.), riet (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), moerasstruisgras (*Agrostis canina* L.), gewoon struisgras (*Agrostis capillaris* L.), gestreepte witbol (*Holcus lanatus* L.), geknikte vossenstaart (*Alopecurus geniculatus* L.), gewoon reukgras (*Anthoxanthum odoratum* L.), fiongras (*Agrostis stolonifera* L.), grote vossenstaart (*Alopecurus pratensis* L.) en glanshaver (*Arrhenatherum elatius* subsp. *elatius* (L.) P. Beauv. ex J.Presl & C.Presl) vermeld. De perceptie van kwaliteit was toen volledig anders dan op heden. Waar soorten als straatgras, ruwe smele, kropaar, glanshaver en geknikte vossenstaart nog enig respijt kregen in de

19^{de} eeuw, werden deze een eeuw later als minderwaardige grassen beschouwd. Wel werden soorten als reukgras, grote vossenstaart en goudhaver nog geloofd omwille van de goede geur dat ze aan het hooi gaven. Niet veel later stelde men deze geur ook ondergeschikt aan de voederwaarde van de grassoorten.

Tijdens de tweede helft van de 20^{ste} eeuw werden heel wat pogingen ondernomen om overstromingsgevoelige graslanden opnieuw in te zaaien om de opbrengst en kwaliteit op te waarderen. Monoculturen van grote vossenstaart en timoteegras kwamen hier en daar voor, maar ook van kamgras was zuiver zaadgoed verkrijgbaar. De meeste hooiweiden werden echter ingezaaid met Italiaans raaigras (*Lolium multiflorum* Lam.). Op andere permanente weiden werd vaak gebruik gemaakt van Engels raaigras, ruwbeemdgras (*Poa trivialis* L.) en veldbeemdgras (*Poa pratensis* L.). Aanbevelingen voor de inzaai van moerassige gronden en graslanden bestonden ondermeer uit geknikte vossenstaart, rietzwenkgras, rietgras, mannagrass en liesgras; die allen werden aanzien als grassen die de overstroming niet schuwen en hoge opbrengsten kunnen leveren.

Tijdens de tweede helft van de 20^{ste} eeuw deed het systematisch bemesten van de overstromingsgevoelige broekweiden zijn intrede. Voordien werd beperkt bemest op de hoger gelegen percelen en was het overstromingswater de belangrijkste bron van nutriënten voor de laaggelegen delen. Vaak werd geopteerd voor kalkcyanamide als kunstmeststof, vanwege zijn meervoudige werking. Met eenzelfde product werd het gras voorzien van bemesting, bekalking en een herbicidenbehandeling tegen tal van dicotyle onkruiden en monocotyle soorten als hanenpoot (*Echinochloa crus-galli* (L.) P.Beauv.), fioringras, wilde haver (*Avena sterilis* L.), windhalm (*Apera* sp. Adans.), gestreepte witbol en zegge-soorten (*Carex* sp. L.). De herbicidewerking van kalkcyanamide leidt eerder tot een terugdringing van bovenvermelde soorten na een herhaalde toediening dan een directe volledige afdoening (Riepma, 1955; Stryckers, 1977). Ook andere herbiciden deden hun intrede in die periode. Pas vanaf 1970 werd drijfmest toegediend in deze weiden. Voorheen werd deze dierlijke mest enkel op de akkers gebruikt. Maaifrequenties werden geleidelijk aan opgevoerd, waarbij één maaibeurt aan het begin van de zomer werd vervangen door twee maaibeurten aan het eind van de 20^{ste} eeuw of meerdere maaibeurten in de 21^{ste} eeuw. Door de eeuwen heen werd ook sterk gewerkt aan afwatering. Vooral tijdens ruilverkavelingen werd de nodige aandacht besteed aan dijken, beken met terugslagkleppen, actieve pompsystemen en drainage.

Deze samenloop van bemesting, herbicidetoepassingen, verhoogde maaifrequentie, herinzaai van sommige percelen en bijkomende afwateringstechnieken resulteerde in een vernauwing van de floristische diversiteit. Hier namen vooral concurrentiële stikstoflievende grassoorten, die toch een jaarlijkse overstroming in de winter overleven, de bovenhand (Zwaenepoel, 2011).

Bij graslandproeven in de uiterwaarden van de IJssel (Nederland) beschreef Willemsen (1976) de graslandvegetatie van deze overstromingsgevoelige percelen. Een onderscheid werd gemaakt tussen de hoge en de lage uiterwaarden. Op de laagste percelen trof men veelal fioringras aan met hiernaast kweek, ruwbeemdgras en tal van onkruiden zoals krulzuring (*Rumex crispus* L.), boterbloemsoorten, paardenbloem (*Taraxacum officinale* F.H.Wigg.), moeraskers (*Rorippa palustris* (L.) Besser), akkerdistel, herderstasje (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), vijfvingerkruid (*Potentilla reptans* L.) en muur (*Stellaria media* (L.) Vill.). Op hoger gelegen gedeelten bestond een belangrijk deel van het grasland uit grote vossenstaart en roodzwenkgras (*Festuca rubra* L.). Bij een goed verzorgde weide trof men vaak ook Engels raaigras aan.

In het overstromingsgebied van de Oder werd vastgesteld dat de graslanden vóór de intrede van bemesting soortenarmer waren dan niet-overstroomde graslanden. Door een intensiever graslandbeheer en het toepassen van jaarlijkse bemesting, zag men een evolutie naar twee overblijvende plantgemeenschappen: de 'grote vossenstaart'-graslanden en de 'rietgras'-graslanden. In de 'grote vossenstaart'-gemeenschappen zag men dat de abundantie van de grote vossenstaart zelf in de loop der jaren achteruit ging ten koste van kweek, die op sommige plaatsen tot 90 % van de oogst uitmaakte. De 'rietgras'-gemeenschap, met oorspronkelijk een hoge floristische diversiteit door het voorkomen van zegge-soorten en andere kruiden, evolueerde tot een monocultuur rietgras door de steeds frequentere stikstoftoediening.

Na extensivering van bepaalde gebieden in de Oder-vallei, stelde men dat na 15 jaar de oorspronkelijke vegetatie terug zijn plaats innam. Vooral op de drogere stukken werd een herontwikkeling waargenomen van onder andere grote vossenstaart, veldbeemdgras, ruw beemdgras, vogelwikke (*Vicia cracca* L.), witte klaver (*Trifolium repens* L.) en vertakte leeuwentand (*Leontodon autumnalis* L.). Op de nattere delen zag men enerzijds het terug dominanter worden van rietgras en zegge-soorten, anderzijds werd de terugkomst van bepaalde kruidachtigen vastgesteld, zoals waterkruiskruid (*Jacobaea aquatica* (Hill) G.Gaertn. & al.), gele waterkers (*Rorippa amphibia* (L.) Besser), kruipende boterbloem (*Ranunculus repens* L.), veenwortel (*Persicaria amphibia* (L.) Delarbre) en vele andere (Hoogerkamp, 1977; Schalitz & Behrendt, 2005).

Sival et al. (2002) vermeldden eveneens het voorkomen van een typische vegetatie in overstromingsgebieden ten opzichte van niet-overstroomde gebieden. Deze species moeten namelijk tal van externe factoren verdragen en overleven, gaande van directe invloeden als lagere licht- en zuurstofbeschikbaarheid en fysieke beschadiging, maar ook indirecte gevolgen als verlaagde mineralisatie bij verhoogde grondwatertafel, het optreden van redox-processen en het uiteindelijk veranderen van de bodem-pH. In een situatie van overstroming omvatten redox-processen de reductie van verschillende moleculen onder anaërobe omstandigheden. Hierbij worden gereduceerde stoffen zoals Fe^{2+} en Mn^{2+} gevormd die toxisch kunnen zijn voor de planten. Daar slechts een selecte groep van graslandspecies in deze omstandigheden overleven, ziet men dat er een negatief verband bestaat tussen de overstromingsfrequentie en –duur, en het aantal soorten dat voorkomt. Bij een onderzoek in de laagveengebieden langs de Beerze (Noord-Brabant) en langs de Dommel, vond men dat in de regelmatig overstroomde delen soortenarme vegetaties voorkomen als riet-, liesgras en gewoon struisgrasvegetaties. Ook brandnetelruigten (*Urtica* sp. L.) zijn hier te vinden. Andere minder frequent overstroomde vegetaties die vermeld werden zijn vegetaties die gekenmerkt worden door soorten als scherpe zegge (*Carex acuta* L.), dotterbloem (*Caltha palustris* subsp. *palustris*) of witbol.

1.3.2 Opbrengst

Vóór het algemeen toepassen van bemesting op graslanden, werden overstroomde percelen als landbouwkundig zeer waardevol aanzien. Door de jaarlijkse aanvoer van nutriënten die meegevoerd werden door het water van de rivier en achterbleven op het perceel, waren deze meersen aanzienlijk productiever dan de hoger gelegen weiden. In de IJzervallei schatte men de gemiddelde opbrengst van onbemeste graslanden op jaarlijks gemiddeld 4 ton hooi per hectare. Dit getal varieerde tussen 6,5 ton op de betere percelen en 1 ton per hectare op de minder goede weilanden. Naast het belang van de ligging van deze percelen, speelden eveneens de voorafgaande overstromingsduur en het

maaitijdstip een grote rol. Het maaien gebeurde tot rond halfweg de 20^{ste} eeuw zelden voor eind juni. De grootgrondbezitters en eigenaren van de desbetreffende percelen stelden de openbare verkoop van hun gras op stam zo lang mogelijk uit, daar zij een merkkelijk hogere prijs konden vragen als de totale droge stof opbrengst zo hoog mogelijk was (Zwaenepoel, 2011).

Nadat vele percelen gedurende de 20^{ste} eeuw verkocht of blijvend verpacht werden aan de landbouwers, hadden deze de zekerheid van een meerjarig gebruik. Hierop volgde dan ook snel de toepassing van bemesting. Er werd gesteld dat hiermee de hooiopbrengst kon verdubbeld worden. Toch vernam men ondanks deze bemesting in de 20^{ste} eeuw nog zeer uiteenlopende opbrengsten, gaande van een hooiopbrengst van 3 tot 12,5 ton per hectare bij 2 sneden per jaar (Zwaenepoel, 2011). Het is niet duidelijk of men voorgaande opbrengsten uitdrukte in ton vers hooi (85 – 87 % DS) of ton droge stof.

Schalitz en Behrendt (2005) vermeldden dat in het overstromingsgebied van de Oder op de goed bemeste percelen met rietgras-vegetatie een opbrengst van 10 t DS/ha werd gehaald in 3 sneden. Na extensivering van het gebied, werd 15 jaar later een halvering van de opbrengst gemeten. Een opbrengst van 4,4 t DS/ha in de drogere delen en 4,7 t DS/ha in de nattere delen werd gehaald, waarbij jaarlijks nog slechts éénmaal gemaaid werd.

1.3.3 Draagkracht en berijdbaarheid

In het voorjaar heeft een perceel dat in de winter overstromde, vaak te kampen met een verlaagde draagkracht. De draagkracht of stevigheid van een weiland duidt op het weerstandsvermogen van een met gras begroeide bovengrond tegen het betreden door vee en het berijden met landbouwwerktuigen zonder insporing of vervorming te ondergaan. De gewenste minimumdraagkracht die beweiding en veldwerkzaamheden toelaat, verschilt van bron tot bron. Deze drempelwaarden worden per auteur samengevat in **Tabel 1.2**. Aan de hand van deze gegevens kunnen we stellen dat doorgaans een draagkracht van 60 N/cm² voldoende is om beweiding en werkzaamheden op het perceel toe te laten (De Frenne, 2007).

Tabel 1.2: Samenvatting van de benedengrens van de draagkracht (N/cm²) volgens verschillende literatuurbronnen.

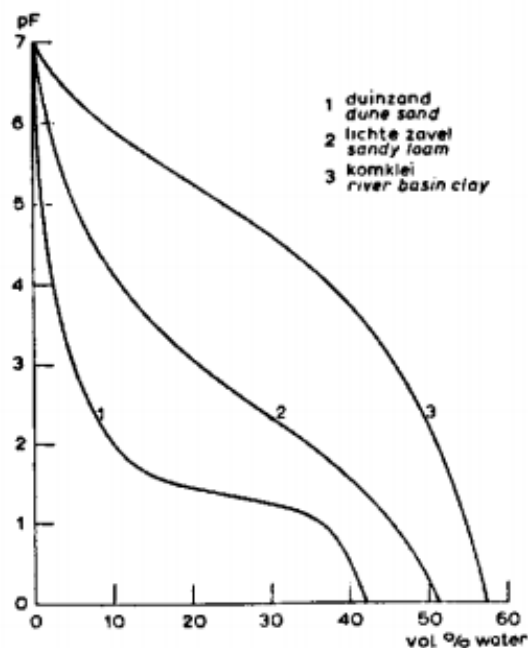
Bron	Draagkracht (N/cm ²)
Beuving (1982)	72 (berijden) 86 (beweiden)
Boxem en Leusink (1978)	49 (berijden zonder ballast)
Cultuurtechnische vereniging (1988)	50-70
Schothorst (1961)	49-74
Vereniging voor Landinrichting (2000)	60
Koerselman en Utrecht Werkgroep Landinrichtingsdienst (1987)	50 (berijden) 60 (beweiden)

Deze mechanische sterkte van de zodelaag is afhankelijk van volgende factoren:

- de dichtheid van de zodelaag;
- de vochtspanning in de zodelaag;
- de fracties van organische stof, zand en kleideeltjes;
- de samenstelling van het grasland en de bedekkingsgraad ervan.

Schothorst en Beuving (1968) stelden dat het gehalte organische stof en de volumedichtheid van de bodem negatief gecorreleerd zijn. Een hoger organische-stofgehalte leidt dus tot een bodem met een lagere volumedichtheid en aldus een lagere draagkracht. Ook bij recent vernieuwd grasland vinden we een lage volumedichtheid terug, te wijten aan de losse toplaag door de bodembewerkingen. Verdichting treedt hierna op door het betreden en berijden van het grasland. Deze verdichting leidt tot een verbeterde draagkracht, alhoewel te hoge dichtheden vermeden moeten worden met oog op een goede groei van de vegetatie en de grasproductie (Schothorst & Hettinga, 1977).

De draagkracht wordt mede bepaald door de vochtspanning (pF) in de toplaag van het perceel. Deze vochtspanning kent een negatieve correlatie met het vochtgehalte van de bodem. Het verband tussen beiden hangt af van het bodemtype (**Figuur 1.7**). Algemeen wordt aangenomen dat bij een vochtgehalte tussen 20 en 50 m% de indringingsweerstand afneemt bij een toenemend vochtgehalte. Het bodemvochtgehalte hangt op zijn beurt af van de ontwateringsdiepte en het neerslagtekort of -overschot (Stakman, 1964). Men vermeldde dat bij een daling van het grondwater van 30 cm-mv tot 60 cm-mv een daling van 10 vol% voor het bodemvochtgehalte werd waargenomen (De Frenne, 2007; Wind, 1963). Een ondiepe ontwatering van het perceel geeft zo aanleiding tot lage vochtspanningen in de bovenste laag en aldus een lagere draagkracht. Op venige gronden stelt men dat de grondwaterstand niet hoger dan 0,30 m – mv mag stijgen om een goede draagkracht te verzekeren. Hierbij kan in de herfst, na een voldoende droge zomer, dit grondwaterniveau overschreden worden zonder in te boeten op de draagkracht. In het voorjaar na een natte winter volstaan grondwaterstanden van 0,40 – 0,50 m – mv nog steeds niet (Schothorst, 1982). Dit is te wijten aan een hoger neerslagoverschot na de winter dan tijdens de zomer. Een sterke daling van de grondwatertafel door een lagere ontwateringsdiepte is op venige gronden echter niet gewenst. Hierbij vreest men voor een indroging van de bodem tijdens de zomermaanden, wat kan leiden tot opbrengstdepressies (Schothorst, 1975; Wind, 1963).



Figuur 1.7: pF-curve van 3 grondsoorten (Stakman, 1964).

De grasvegetatie zelf draagt bij aan de draagkracht van de zode. Hier is er zowel een invloed van de bedekkingsgraad als van de botanische samenstelling. De draagkracht is over het algemeen hoogst bij een viltige graszode, bestaande uit grassen als struisgras en roodzwenkgras of rhizoomvormende grassen als veldbeemd- en kweekgras. De pollenvormende grassen vormen minder stevige graszoden. Zo heeft Engels raaigras wel een hoge betredingsresistentie op zich, maar draagt minder bij aan een stevige zode (Cultuurtechnische vereniging, 1988; De Frenne, 2007).

Een verbetering van de draagkracht van het grasland is in het kader van een intensieve bedrijfsvoering vaak gewenst, omwille van volgende redenen (Cultuurtechnische vereniging, 1988):

- tijdige toediening van stikstof aan het grasland in het voorjaar, hetgeen de grasproductie vervroegt;
- beperking van verliezen door berijding en vertrapping tijdens het weide- en maaiseizoen;
- vervroeging van het weideseizoen in het voorjaar en een verlenging in het najaar;
- verbeteren van de kwaliteit van het gewonnen ruwvoeder, mede door de mogelijkheid tot een vroegere eerste maaibeurt;
- tijdig kunnen uitrijden van drijfmest, wat kosten voor opslagruimte op het bedrijf uitspaart.

Schothorst (1978) onderzocht de invloed van de draagkracht bij venige weilanden. Hij stelde hierbij dat een goede draagkracht in het voorjaar om een vroege stikstoftoediening te verzekeren niet het belangrijkste aspect was. Het directe effect van een goede ontwatering op een vroege grasproductie was aanzienlijk groter als gevolg van een betere zuurstofvoorziening en nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem. Naast een verlaagde zuurstoftoevoer, impliceert een hogere watertafel immers een lagere beschikbaarheid aan stikstof voor de plant, enerzijds door een lagere ontbinding van organische stof en mineralisatie, en anderzijds door een gestegen denitrificatie, wat leidt tot gasvormige stikstofverliezen (Minderhoud, 1960). De meningen of deze oorzaken ook leiden tot een verlaging van de bruto grasopbrengst, verschillen tussen auteurs. Wind (1963) stelde dat de opbrengst een optimum kent in functie van een variërende grondwaterdiepte. Verschillende auteurs (Berendse et al. (1994); Oomes et al. (1997); Oomes et al. (1996)) stelden dat op extensief grasland (met opbrengstniveau van 5-6 ton/ha/j) bij een hoge grondwatertafel, de vegetatie snel gekoloniseerd werd met vochtminnende plantensoorten. Deze konden efficiënter omgaan met de lage zuurstof- en nutriëntenbeschikbaarheid, waardoor het opbrengstpotentieel van deze weilanden op peil gehouden werd. Wel wordt algemeen gesteld dat een verhoogd grondwaterniveau leidt tot een lagere netto grasproductie door verliezen te wijten aan vertrapping en berijding. De netto opbrengst op begraasde weilanden lag onder praktijkomstandigheden 20-40 % hoger op droge percelen (gemiddelde GWT van 150 cm-mv) ten opzichte van natte percelen (60 cm-mv): 14 ton DS/ha tegenover 10-11 ton DS/ha (Boland & Klaver, 2000). Hoe natter een perceel, hoe later men de stikstof kan toedienen; vaak verlaat ook de maaidatum waardoor de voederwaarde van de gemaaide grassen daalt.

1.3.4 Voederwaarde

Vóór de periode van sterke intensivering van de veehouderij halverwege de 20^{ste} eeuw, lag de nadruk vooral op de kwantiteit van de hooiopbrengst, terwijl met de intensivering van de veehouderij de nadruk steeds meer op de voederwaarde van het geogoste gras is komen te liggen.

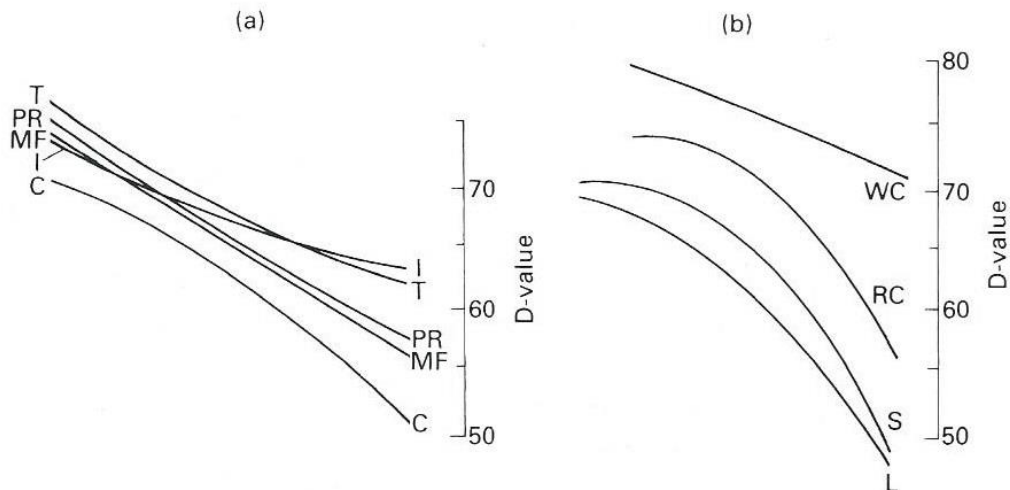
De voederwaarde van ruwvoeder hangt af van verschillende parameters, waaronder de opneembaarheid, de verteerbaarheid, de chemische samenstelling en de energiewaarde (Reheul,

2006). De voederwaarde van het ruwvoeder dat gewonnen wordt op deze overstromingsgevoelige graslanden staat rechtstreeks in verband met de botanische samenstelling en de grondwatertafel, die op zijn beurt de nutriëntenbeschikbaarheid, de bemestingsdatum en de maaidatum bepaalt.

Naast de verschillen in voederwaarde tussen grassoorten zien we ook binnen eenzelfde soort grote verschillen. De voederwaarde hangt sterk van de uitbating af: tijdig het vee inscharen of het perceel maaien als het zich nog in de vegetatieve fase bevindt, zorgt voor een hogere kwaliteit (ILVO, 2018). Echter in overstromingsgevoelige gebieden wordt men vaak geconfronteerd met een latere maaidatum door een nog te hoge grondwatertafel in het voorjaar en dus een te lage draagkracht om het perceel te beweiden of berijden met machines.

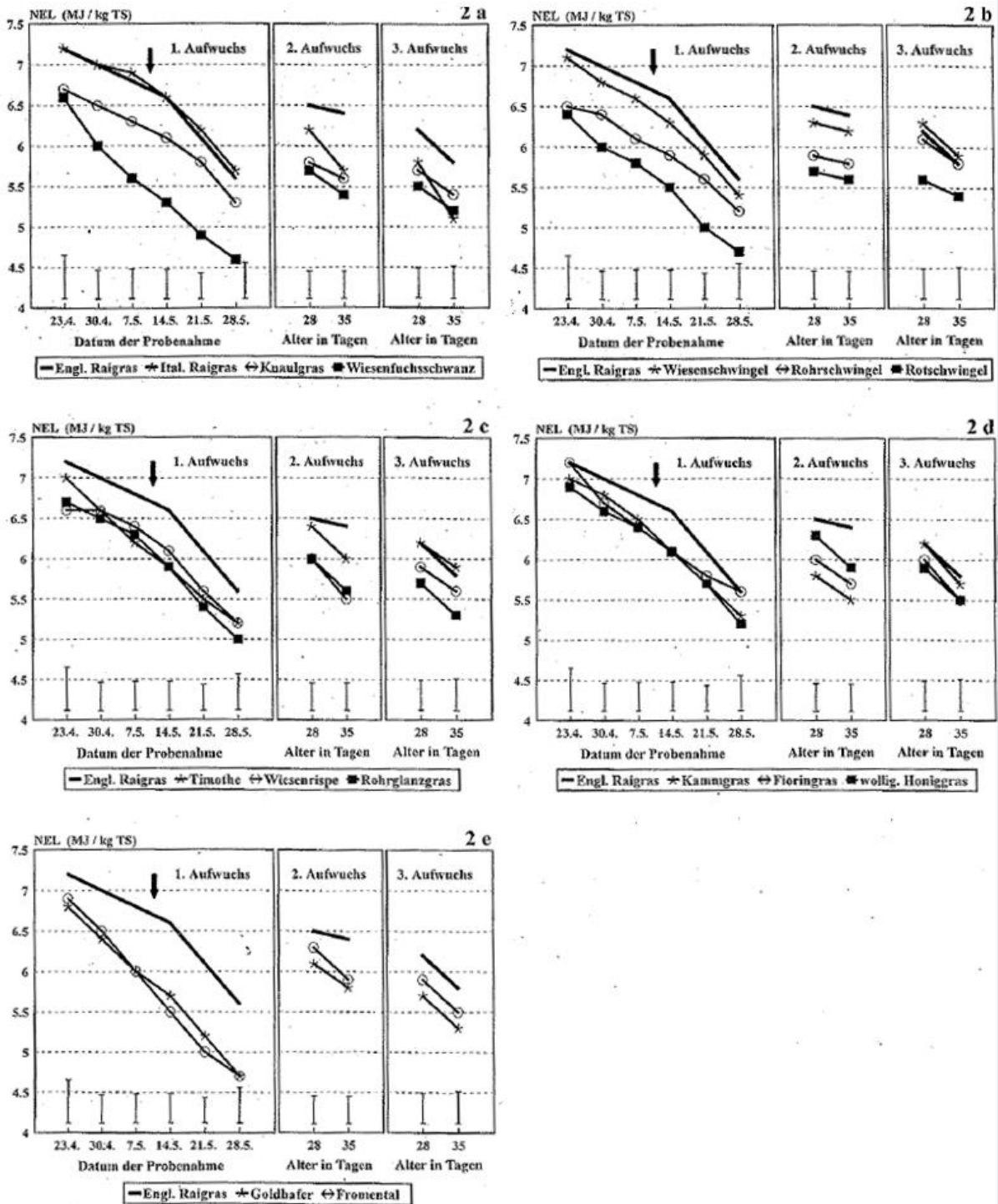
De verteerbaarheid van voeders wordt uitgedrukt via de schijnbare verteerbaarheidscoëfficiënt. Deze waarde wordt doorgaans bepaald voor de organische stof (OS) in het voedermiddel, aangezien uit deze OS-fractie de energie en bouwstenen voor de eiwitten gehaald worden. De schijnbare verteerbaarheidscoëfficiënt van de organische stof (VC_{OS} of OMD, organic matter digestibility) wordt berekend als: $OMD (\%) = \frac{OM_{opgenomen} - OM_{faeces}}{OM_{opgenomen}}$. De reden dat dit als 'schijnbaar' wordt uitgedrukt is omdat in de faeces ook andere organische stofdeeltjes terug te vinden zijn als endogene afscheidingen en microbiële organische stof. Het is echter correcter om de verteerbaarheid te schatten ten opzichte van de opgenomen droge stof van een voedermiddel ($DM_{opgenomen}$). Deze opnamecapaciteit wordt uitgedrukt als de D-waarde of DOMD, dewelke berekend wordt als: $DOMD (\%) = \frac{OM_{opgenomen} - OM_{faeces}}{DM_{opgenomen}}$ (Beever et al., 2000; Reheul, 2006).

Figuur 1.8 stelt het verloop van de D-waarde voor verschillende grassoorten voor tijdens de voorjaarsgroei. We zien dat elke soort een dalende trend vertoont naarmate de ontwikkeling zich voortzet. Dit is te wijten aan een toename aan celwandbestanddelen naarmate de generatieve ontwikkeling zich voortzet. Deze celwandbestanddelen zijn minder verteerbaar dan de inhoud van de cel. In een jong stadium kent elke grasoort een gelijkaardige D-waarde. Naarmate de generatieve ontwikkeling zich verderzet, kennen grassoorten een verschillend verloop. Zo kent Italiaans raigras slechts een daling van 0,8 eenheden per week, terwijl kropbaar een daling in D-waarde van 2 eenheden per week kent tijdens de voorjaarsgroei (Beever et al., 2000).



Figuur 1.8: Verandering van de D-waarde (D-value) tijdens de voorjaarsgroei van (a) verschillende grassoorten (Italiaans raaigras (I); timothee (T), Engels raaigras (PR); beemdlanbloem (MF); kroppaar (C)) en (b) vlinderbloemigen (witte klaver (WC); rode klaver (RC); luzerne (L); esparcette (S)) (Beever et al., 2000).

Een goede D-waarde leidt op zijn beurt tot een hoge energie-inhoud van deze grassen. Schubiger et al. (1998) onderzochten in Zwitserland de invloed van het maaitijdstip op de energiewaarde van enkele voedergrassen. In 1990, 1992, 1994 en 1996 werd telkens eenzelfde veldproef aangelegd met verschillende grassoorten in monocultuur. Op deze percelen werden telkens in de twee jaren na het jaar van inzaai 5 sneden gemaaid, met een stikstofgift van 50 kg N/ha vóór elke snede. Op verschillende vaste tijdstippen werd een staal genomen tijdens de opgroei van het gras voor de eerste, tweede en derde snede. Dit werd gedroogd bij 60°C, vermalen en hiervan werd de energie-inhoud bepaald. Dit werd jaarlijks herhaald tussen 1991 en 1997, waarna voor elk tijdstip van staalname een gemiddelde energiewaarde per grassoort bepaald werd. Op **Figuur 1.9** worden deze gemiddelde waarden weergegeven voor 15 verschillende grassoorten, uitgedrukt in netto-energie lactatie (NEL; MJ/kg DS).



Figuur 1.9: Het gehalte aan Netto-energie Lactatie (NEL, MJ/kg DS) op verschillende tijdstippen bij de opgroei voor de eerste drie sneden (Aufwuchs) van verschillende grassoorten in Zwitserland, gemiddelden van 1991-1997. Bij de voorjaarsgroei vond tussen 23 april en 28 mei een wekelijkse meting plaats. Tijdens de tweede en derde hergroei gebeurden metingen telkens 28 en 35 dagen na de voorgaande maaibeurt. De volle lijn zonder symbolen op elke grafiek stelt Engels raigras als referentie voor. Andere grassoorten zijn respectievelijk: Italiaans raigras, kropaar, grote vossenstaart (grafiek 2a); beemdlangbloem, rietzwenkgras, roodzwenkgras (grafiek 2b); timothee, veldbeemdgras, rietgras (grafiek 2c); kamgras, fioringras, gestreepte witbol (grafiek 2d); goudhaver en glanshaver (grafiek 2e) (Schubiger et al., 1998).

Tijdens de voorjaarsgroei kennen we de energie-inhoud voor elke week tussen 23 april en 28 mei. **Tabel 1.3** geeft de regressie van de metingen binnen dit tijds kader per grassoort weer. Hierbij kenden rietzwenkgras en krobaar gemiddeld de zwakste daling in energiewaarde (respectievelijk 0,26 en 0,27 MJ/kg DS/week), terwijl grote vossenstaart, goudhaver en glanshaver de sterkste daling kenden (0,39 tot 0,46 MJ/kg DS/week). Wanneer we ook de b-waarden beschouwen van de regressieparameters, komen Engels raaigras, Italiaans raaigras, beemdlangbloem en fioringras naar voor met het beste verloop van de energie-inhoud, aangezien deze op 23 april allen een NEL-waarde kenden groter dan 7 MJ/kg DS en zij allen een daling kenden van *circa* 0,30 MJ/kg DS/week.

Tabel 1.3: Een lineaire regressie voor de Netto-energie Lactatie (NEL; MJ/kg DS) tijdens de voorjaarsgroei (23 april - 28 mei) voor 15 verschillende grassoorten. Hierbij stelt a de wekelijkse daling aan NEL en b het NEL-gehalte op 23 april voor (Schubiger et al., 1998).

Soort	a	b	R ²
Engels raaigras	-0.31	7.6	0.95
Italiaans raaigras	-0.29	7.6	0.94
Krobaar	-0.27	7.0	0.96
Grote vossenstaart	-0.39	6.9	0.99
Beemdlangbloem	-0.33	7.5	0.98
Rietzwenkgras	-0.26	6.9	0.97
Roodzwenkgras	-0.34	6.7	0.99
Timothee	-0.36	7.3	1
Veldbeemdgras	-0.29	7.1	0.92
Rietgras	-0.35	7.2	0.97
Kamgras	-0.35	7.5	0.99
Fioringras	-0.31	7.4	0.98
Gestreepte witbol	-0.33	7.3	0.98
Goudhaver	-0.41	7.2	0.99
Glanshaver	-0.46	7.4	1

Daccord en Arrigo (2002) voerden een gelijkaardige studie uit bij Engels raaigras, Italiaans raaigras, krobaar en grote vossenstaart (Zwitserland). De auteurs kwamen eveneens tot de conclusie dat tijdens de voorjaarsgroei Italiaans raaigras de laagste daling aan NEL kende (0,37 MJ/kg DS/week). Hierbij sloten Engels raaigras en krobaar nauw aan. De sterkste daling werd gemeten bij grote vossenstaart, waarbij het NEL-gehalte met 0,54 MJ/kg DS/week afnam.

Zoals reeds vermeld werd, worden we bij een hogere grondwatertafel in het voorjaar geconfronteerd met een lagere mineralisatie van organisch materiaal en een hogere denitrificatie. Dit leidt tot een lagere N-beschikbaarheid voor het grasland en kan het ruw eiwitgehalte in het gras lager zijn ten opzichte van grasland met een diepere grondwaterstand (De Frenne, 2007; Minderhoud, 1960). Minderhoud (1960) vermeldde een stijging van het ruw eiwitgehalte van 15 % bij een grondwaterpeil dat van 30 cm-mv verlaagd werd naar 60 cm-mv. Berendse et al. (1994) vonden een stijging van 23 % aan N voor de totale biomassa over één jaar bij een grasland met een GWT van 50-60 cm-mv ten opzichte van een gelijkaardig grasland met GWT van 20-30 cm-mv. Enkele andere bronnen stelden vast dat op lange termijn (7 jaar) meer vochtminnende soorten in de grasmat voorkwamen, die efficiënter met deze verlaagde N-beschikbaarheid kunnen omgaan. Hierdoor werd deze N-daling van de initiële grasmat gecompenseerd door de introductie van de nieuwe soorten (Oomes, 1991; Oomes et al., 1997; Oomes et al., 1996).

1.4 Fysiologische invloed van overstroming

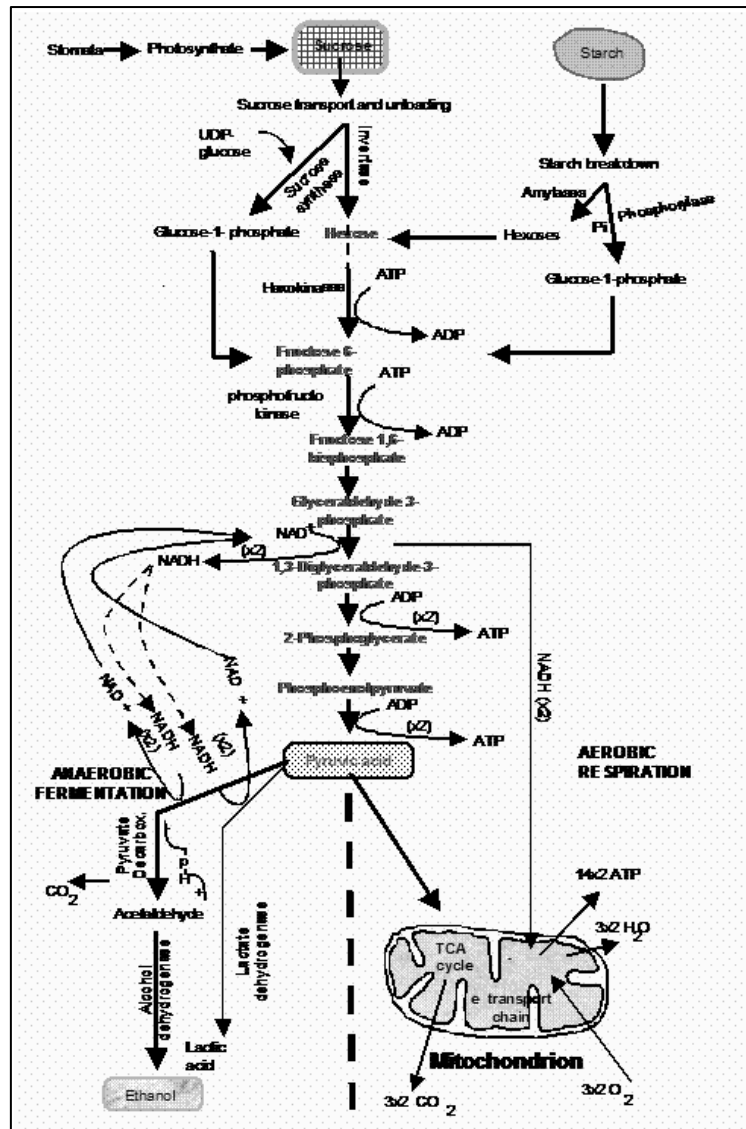
1.4.1 Aanleidingen tot stress

Een overstroming leidt op verschillende manieren tot stress voor de planten. De belangrijkste oorzaak van deze stress is de verlaagde gasdiffusie doorheen water ten opzichte van lucht, die tot 10 000 keer lager kan liggen (Setter et al., 1997). In fotosynthetiserende plantendelen treedt er een dagelijkse variatie op in de gassamenstelling in het plantenweefsel. Dit is te wijten aan het CO₂-verbruik en O₂-productie gedurende de dag door fotosynthese en het verbruik van zuurstof 's nachts bij de respiratie met vorming van CO₂. Complete uitputting van de zuurstofconcentratie in bladweefsel bij overstroomde planten komt slechts zelden voor, omdat ook het omringende water zuurstof bevat. In niet-fotosynthetiserende plantendelen zoals de wortels vindt er echter een sterke daling van het zuurstofgehalte plaats, terwijl het CO₂-gehalte stijgt door de respiratie en fermentatie. Diffusie van O₂, CO₂ en andere gassen wordt hier nog meer geremd aangezien deze doorheen een waterverzadigde bodem moeten gaan. Hierdoor kunnen onder meer ethyleen en CO₂ accumuleren en het wortelweefsel negatief beïnvloeden. (Jackson, 2004). Crawford (1992) besloot dat een verhoogde CO₂-concentratie tijdens een overstroming leidde tot een vroegere sterfte van de plant, door een verlaging van de respiratiecapaciteit. De auteur vond dat rhizomen van kweek na 26 dagen onder anaërobe omstandigheden nog steeds levensvatbaar waren, terwijl bij een anaërobe incubatie met een verhoogd CO₂-level met 15 % de levensduur teruggedrongen werd tot 19 dagen. Een verhoogde ethyleenconcentratie onder overstromingsomstandigheden zorgt initieel voor een gerichte celdood in de wortelcortex. Op deze plaatsen wordt aërenchym gevormd, dat bijdraagt aan de zuurstoftranslocatie doorheen de plant. Bij een te hoge concentratie wordt echter de capaciteit tot stengelverlenging afgeremd bij de plant, waardoor deze overlevingsstrategie wordt afgezwakt (zie verder) (Jackson, 2004) Een hogere ethyleenconcentratie kan eveneens leiden tot chlorose van de bovengrondse plantendelen, waardoor de fotosynthese nog meer geremd wordt bij overstroming (Setter et al., 1997).

Een te laag zuurstofaanbod kan fataal zijn voor groeiende worteltippen. Celdood in het wortelweefsel is doorgaans te wijten aan een te lage aanvoer van ATP of aan zelfvergiftiging door bijproducten van het anaeroob metabolisme. Wanneer de zuurstofbeschikbaarheid te laag is om aërobe respiratie toe te laten, schakelt de plant over op het anaëroob metabolisme (**Figuur 1.10**). Hierbij zorgt de ethanolfermentatie voor de productie van energie. De omzetting van sucrose tot ethanol is echter zeer inefficiënt, aangezien slechts 2 mol ATP gevormd wordt per mol glucose, terwijl de aerobe omzetting van koolhydraten tot 36 mol ATP per mol glucose oplevert. Hierdoor treedt een versneld verbruik van koolhydraatreserves op en kan een vroegtijdige uitputting bij een lange overstroming leiden een energietekort bij fundamentele processen in de plant en aldus celdood of sterfte van de gehele plant veroorzaken (Colmer & Voeselek, 2009; Voeselek et al., 2006).

De fotosynthetische activiteit van overstroomde planten wordt eveneens geremd door lichtexclusie, te wijten aan de absorptie en reflectie van gesuspendeerde deeltjes in het water en aan neergeslagen partikels op de bladeren. Vervuren et al. (2003) stelden dat bij een overstroming van de laagvlakten langs de Rijn (Nederland) een waterhoogte van 1,5 m of meer reeds leidde tot een reductie van de lichttransmissie tot minder dan 1 %, zelfs bij lage hoeveelheden van gesuspendeerde deeltjes (30 mg/L). Minieme overstromingen (5 à 20 cm) leidden tot lichttransmissies die 85 tot 55 %

van de normale lichttransmissie bedroegen. De hoogste hoeveelheid gesuspendeerde deeltjes werd telkens gemeten op het moment dat een nieuwe overstroming startte: door de grote turbulentie van het opkomend water mat men tot 200 mg/L aan deeltjes (lichttransmissie < 1 %). Eens de overstroming constant blijft of afneemt, neemt ook het aantal gesuspendeerde deeltjes snel af waardoor de lichttransmissie opnieuw toeneemt. Deze lichtexclusie leidt aldus tot een verminderde zuurstofproductie waardoor vroegtijdig een gebrek aan O₂ en energietekort kan optreden in de overstromde plant (Voeselek et al., 2006).



Figuur 1.10: Schematische weergave van de omzetting van sucrose tot energie, via de anaërobe weg (links) of de aërobe weg (rechts) (Jackson, 2004).

1.4.2 Overlevingsstrategieën van overstromingstolerante planten

Overstromingstolerante planten hebben tal van mechanismen ontwikkeld om schade te vermijden of te beperken. Een eerste strategie is het onderhouden van zuurstoftoevoer tot aan de wortels. Vaak gaat dit gepaard met een hogere porositeit van het wortelstelsel, waardoor de zuurstof makkelijker diffundeert naar de wortels toe (Crawford, 1982). Hierbij kunnen tijdens het begin van de overstroming nieuwe adventiefwortels gevormd worden met een groter aandeel aan aërenchym,

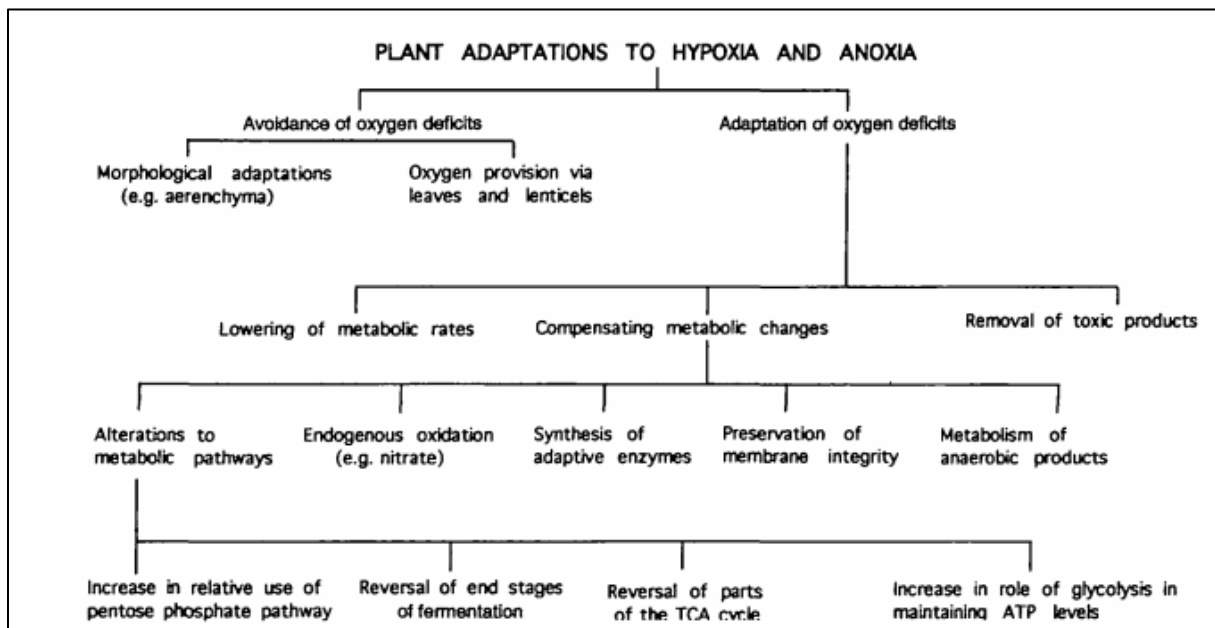
waardoor deze wortels een porositeit hebben die toelaat om een evenwichtige zuurstoftoevoer te voorzien. Een verhoogde ethyleenconcentratie kan zorgen voor een gerichte celdood in de wortelcortex. Indien de plant nog niet volledig overstroomd is, wordt in deze lege plaatsen in de cortex aërenchym gevormd. Hierdoor vindt een vlotte distributie van zuurstof doorheen het wortelstelsel plaats (Jackson, 2004). Ook translocatie van zuurstof uit andere plantendelen kan via deze aërenchymcellen verlopen. Hierbij treedt bij veel planten tijdens een ondiepe overstrooming stengelverlenging op, waardoor de bovenste plantendelen boven het waterniveau uitkomen, zuurstof kunnen capteren en transporteren doorheen de plant via de luchtholtes tussen de cellen (Crawford, 1996; Striker, 2012).

Een andere strategie is het verlagen van de metabolische activiteit wanneer het wortelstelsel zich in een anaërobe omgeving bevindt. Door een verminderde groei en een lagere energieconsumptie volstaat een verlaagde wortelrespiratie en vindt er aldus een lager zuurstofverbruik plaats (Striker, 2012). Ook de koolhydraatreserves worden minder snel uitgeput waardoor langere overstromingen kunnen doorstaan worden. Hierbij wordt het nut ook duidelijk van het aanleggen van een degelijk ondergronds wortelstelsel dat als energieopslag dient (Colmer & Voeselek, 2009). Bij *in situ* testen met behulp van intacte planten is het moeilijk te bepalen hoe groot het zuurstoftekort precies is, hoe de translocatie van zuurstof verandert en hoe het metabolisme dan precies verloopt. Een verhoogde concentratie ethanol in de plant is een indicatie dat anaërobe respiratie plaatsvindt (Crawford, 1982). Bij enkele soorten werd het verloop van de ethanolconcentratie opgevolgd gedurende 16 dagen onder anaërobe omstandigheden. Dit waren 5 soorten die voorkomen in drassig gebied – kalmoes (*Acorus calamus* L.), gele lis (*Iris pseudacorus* L.), riet (*Phragmites australis* Trin. Ex Steud.), mattenbies (*Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla) en grote lisdodde (*Typha latifolia* L.) – en één soort die op droge percelen voorkomt, namelijk blauwe lis (*Iris germanica* L.). Incubatie onder anaërobe omstandigheden gebeurde met rhizomen die verzameld werden in de winter. Op deze wijze werkte men met vergelijkbaar materiaal met een laag (winter)metabolisme. De soorten die van nature in een drassig gebied voorkomen, vertoonden allen na 2 à 4 dagen een plateau in de alcoholaccumulatie. De alcoholconcentraties varieerden tussen de soorten van 5 tot 20 μM ethanol/g vers gewicht. Bij blauwe lis werd echter geen stagnatie van de alcoholaccumulatie waargenomen. Deze concentratie steeg tot 40 μM ethanol/g vers gewicht. Over het al dan niet toxisch effect van ethanol gaf de auteur geen uitsluitsel. Dit experiment gaf wel een indicatie dat soorten uit drassige gebieden er in slagen om de ethanolconcentraties laag te houden en de toxische effecten te minimaliseren (Monk et al., 1984). Jackson et al. (1982) besloot dat een ethanolconcentratie zoals wordt teruggevonden onder overstromingsomstandigheden (3,9 mol/m³), geen invloed heeft op het wortelgestel en het aantal overlevende protoplasten in de bladeren van een erwtenplant. Verder onderzoek is evenwel nodig om uitspraken te doen over de toxische concentratie van ethanol voor het plantenweefsel en de interactie van deze verhoogde ethanolconcentratie in samenloop met anoxische overstromingsomstandigheden bij graslanden.

De overlevingsstrategieën moeten echter niet enkel dienen om zich aan te passen bij stress van opkomend water. Tolerante planten verdragen zowel de stress van de overstrooming als de stress van het wegtrekkend water. Tijdens het terugtrekken van het water ondergaat de plant immers opnieuw een drastische verandering van bijna anaërobe naar aërobe omstandigheden. Hierbij wordt ook het belang van rhizomen voor bepaalde species in overstromingsgebieden benadrukt. Veel van deze planten zijn beschermd door verschillende mechanismen tegen *post-anoxische* schade, d.w.z. schade dat de planten oplopen wanneer ze terug aan het normaal zuurstoflevel worden blootgesteld. Hierbij

worden tijdens oxidatieve reacties in de plant tal van vrije zuurstofradicalen gevormd, zoals bijvoorbeeld superoxiden, die een zeer reactieve werking kennen. De verdedigingsmechanismen waarmee planten zich beschermen tegen deze radicalen verlopen ofwel enzymatisch, met behulp van superoxide dismutase, ofwel met behulp van specifieke anti-oxidanten als ascorbinezuur, glutathion en α -tocoferol. Allen helpen ze bij het neutraliseren van de gevormde superoxiden, die de plant zouden beschadigen bij een plotse verhoging van de zuurstofconcentratie in de omgeving van de plant (Colmer & Voeselek, 2009; Crawford, 1996; Jackson, 2004).

Verskillende mechanismen samen zorgen voor de overstromingstolerantie. **Figuur 1.11** toont, naast de eerder besproken mechanismen, ook tal van andere bijkomende opties waarmee een plant het verhoogd waterniveau kan doorstaan (Crawford & Braendle, 1996). Er werden geen onderzoeken teruggevonden die de aanwezigheid van specifieke strategieën bij rietzwenkgras, Engels raaigras of kropaar aanhaalden. Wel werden voor enkele andere grassoorten overlevingsstrategieën onderzocht. Zo vermeldde Crawford (1996) dat kweek, fioringras en mannagrass voorzien zijn van een rhizoomstelsel dat lang energie kan voorzien. Liesgras zou overleven door een verhoogd gehalte aan luchtholtes in het wortelstelsel dat zuurstoftransport toelaat. Liesgras kent in de hoofdwortel 35 vol% aan luchtholtes, terwijl dit bij rietgras slechts 6 vol% bedraagt (Crawford, 1982).



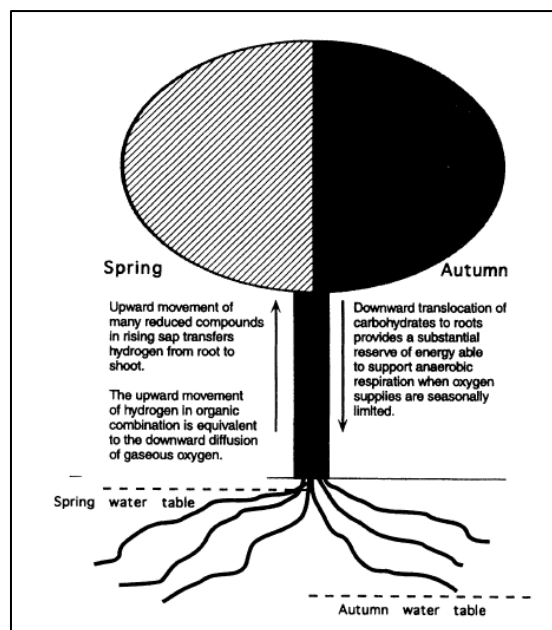
Figuur 1.11: Schematische weergave van mogelijkheden waarmee een plant zich kan aanpassen om een toestand van hypoxie (zuurstoftekort) of anoxie (anaëroob) te overleven (Crawford & Braendle, 1996).

De mate waarin planten tolerant zijn aan overstromingen, bepaalt eveneens hun plaats van voorkomen. Zo zien we in weilanden die jaarlijks aan waterlast onderhevig zijn, een bepaalde zonering waarbij de meest tolerante species voorkomen op de laagstgelegen delen van deze weiden. Minder tolerante soorten komen vaker voor op hoger gelegen delen van de graslanden (van Eck et al., 2005). Hierdoor wordt bij botanische analyses vaak een onderscheid gemaakt volgens ligging, waarbij de lagere weilanden gedomineerd worden door andere soorten dan de hooggelegen delen (Schalitz & Behrendt, 2005; Zwaenepoel, 2011).

1.4.3 Overstroming in de winter versus overstroming tijdens het groeiseizoen

Het effect van een overstroming is erg afhankelijk van het seizoen waarin de overstroming plaatsvindt. In gematigde klimaatzones komen winteroverstromingen met de hoogste frequentie voor, terwijl een overstroming in de zomer slechts een occasionele gebeurtenis is (van Eck et al., 2005). In de maanden november tot en met maart zijn de temperaturen te laag om reële grasgroei toe te laten (Behaeghe, 1979). Deze koude omstandigheden zorgen ervoor dat het metabolisme van de planten sterk vermindert (Pollock, 1990). Door de lagere onderhoudsrespiratie in de winter zijn de gevolgen van een overstroming in de winter veel minder drastisch dan in de zomer. Een tweede verschil bij winteroverstroming is dat de planten enige koolhydraatreserves hebben aangelegd vóór ze de winter in gaan (**Figuur 1.12**). Door deze hogere hoeveelheid aan reserves kan de respiratie langer doorgaan en de overlevingsduur verlengd worden (Crawford & Braendle, 1996; van Eck et al., 2005).

Crawford en Braendle (1996) benadrukten dan ook het voordeel van rhizomen of een uitgebreid wortelstel gedurende de overstromingen. De extra koolhydraatopslag in de rhizomen kan gedurende een bepaalde periode anaërobe respiratie onderhouden. Voorbeelden van dergelijke planten zijn mannagrass, fioringras, kweek, *Rumex*-species,... Hiernaast biedt deze koolhydraatopslag ook de capaciteit voor de plant om de groei te hernemen en scheuten te vormen in het voorjaar.



Figuur 1.12: Schematische weergave van het koolhydraatverbruik tijdens een hoog grondwaterpeil in het voorjaar en een aanleg van deze koolhydraatreserves in het najaar bij een lage grondwattafel (Crawford, 1996).

Het overstromingswater heeft rechtstreekse gevolgen voor het overstroomde plantenbestand. Zoals eerder aangehaald kan water dat sterk beladen is met sedimenten zorgen voor lichtexclusie en een verlaagde overlevingskans voor de planten (Setter et al., 1997). Ook hier speelt opnieuw het belang van het seizoen waarin de overstroming plaatsvindt een rol. Overspoeling in de zomer heeft een dramatische impact op de vegetatie, terwijl deze in de winter eerder kleine directe effecten kent. Dit werd eerder al verklaard door de lagere fotosynthetische en metabole activiteit van planten gedurende de winter en een verlaagde respiratie bij koude bodem- en watertemperaturen. Koud water bevat eveneens een hogere zuurstofconcentratie dan warm water, waardoor de

zuurstofbeschikbaarheid iets hoger is in de winter (van Eck et al., 2006). Dit zorgt ervoor dat de interne zuurstofconcentratie in de planten hoger is en op deze manier schade door anoxia wordt vermeden of verminderd. Echter ook de watertemperatuur zelf heeft een directe invloed op de overlevingskans van de planten. Bij planten die in warm water overstroomd worden, kennen een hoger metabolimse ten opzichte van bij een overstroming met koud water. Hierdoor worden reserves sneller verbruikt en vallen energievergende processen sneller stil, wat tot een versnelde plantsterfte leidt (Drew, 1983; van Eck et al., 2005).

1.4.4 Invloed van specifieke overstromingsparameters op de overleving

1.4.4.1 Invloed van de temperatuur van het overstromingswater

van Eck et al. (2005) onderzochten de invloed van de zuurstofconcentratie in het water, de temperatuur van het water en de acclimatisatie van de plant aan zomer- of winteromstandigheden. Hij vergeleek hierbij drie species, die elk een zone van overstromingsintensiteit vertegenwoordigen langs de Rijn in Nederland. Krulzuring (*Rumex crispus* L.) vertegenwoordigt het laagstgelegen en dus frequentst overstroomde deel, wilde peen (*Daucus carota* L.) bevindt zich in het hoogstgelegen gedeelte. Ridderzuring (*Rumex acetosa* L.) komt hier tussenin. Deze species werden uitgezaaid in potten (0,8 L) die allen gedurende de eerste 2 maanden in een serre geplaatst werden, waarin een minimumtemperatuur van 20°C en een daglengte van 16 uur werd aangehouden. In oktober ondergingen de 'zomerplanten' een verdere zomeracclimatisatie door ze nog 2 maand extra in deze verwarmde serre te laten. De potten met 'winterplanten' ondergingen gedurende 6 weken een winteracclimatisatie in een onverwarmde serre, waarbij temperatuur en daglengte wintercondities volgden. Hierna volgden 2 weken in de groeikamer bij 6°C en 8 uur daglicht, om de winteracclimatisatie te vervolledigen. Bij peen kenden de wortels van de winterplanten bij de aanvang van de overstroming een droge stof aandeel (t.o.v. totale DS-opbrengst van de plant) dat 5,6 %-punt hoger was ten opzichte van de zomerplanten. De winterwortels van ridderzuring kenden een aandeel dat 9,4 %-punt hoger was dan de zomerwortels, bij krulzuring was dit aandeel op het totale droge stof gewicht 15,5 %-punt hoger na de winteracclimatisatie (Tabel 1.4).

Tabel 1.4: Droge stof aandeel van de wortel ten opzichte van het totale droge stof gewicht van de gehele plant, uitgedrukt als de wortelgewichtsratio (WGR) in %, voor planten met een zomer- of winteracclimatisatie. Gemiddelden \pm standaardafwijking bij 4 replicaties (van Eck et al., 2005).

Soort	WGR Zomerplanten (%)	WGR Winterplanten (%)
Wilde peen	25,25 \pm 1,97	30,86 \pm 2,26
Ridderzuring	69,24 \pm 1,74	78,65 \pm 1,81
Krulzuring	13,08 \pm 0,98	28,58 \pm 3,18

In februari werden deze planten verplant in grote bassins (1m80 x 1m80 x 1m), waarna er twee overstroomd werden met koud water (6°C) en twee met warm water (20°C). De watertemperatuur werd gedurende de overstroming opgevolgd en constant gehouden. Er werd een overstromingshoogte van 90 cm boven het maaiveld gehanteerd om volledige overstroming te verzekeren. Planten uit het warme water werden geoogst na 3, 4, 7, 9, 11, 14 en 17 dagen overstroming, bij het koud water was dit na 4, 11, 17, 24, 31, 38 en 45 dagen. Op basis van deze biomassa opbrengsten werd een totale droge stof reductiegraad (in g/g.DS) ten opzichte van de niet-overstroomde controle bepaald.

Zowel de acclimatisatie aan de zomer of de winter, als de watertemperatuur hadden een significante interactie met de overstromingsduur. Het effect van winteracclimatisatie op de biomassa was klein ten opzichte van het effect van de watertemperatuur. Koud water had een kleiner effect op de biomassa dan warm water. De minst tolerante soort (wilde peen) kende de grootste daling in biomassa na de overstroming. In tegenstelling tot beide *Rumex*-species werd bij de peen geen significante daling van de koolhydraatreserves waargenomen na de overstroming. De auteurs (van Eck et al., 2005) vermoedden dat dit wellicht te wijten is aan het feit dat deze plant de nodige enzymen niet heeft om koolhydraatreserves te mobiliseren uit de hoofdwortel tijdens overstromingen om de respiratie op peil te houden.

Daarnaast voerden dezelfde auteurs een experiment uit om de invloed van het zuurstofgehalte in het overstromingswater te bepalen. Ridderzuring werd uitgezaaid in potten en onderging eveneens het zomerregime analoog als in de hierboven beschreven proef. De helft van de potten onderging hierna een overstroming met warm water (20°C), de andere helft met koud water (6°C). In verschillende bassins werd het zuurstofgehalte van dit water op 1, 6, 9 en 13 ppm gehouden. De biomassareductie verliep sneller in het warm water dan in het koud water. Er werd een significante interactie gevonden tussen overstromingsduur, zuurstofconcentratie en watertemperatuur. Toch bracht het experiment geen indicatie dat een hogere zuurstofconcentratie in het water leidde tot kleiner effect van de overstroming.

van Eck et al. (2006) vergeleken het effect van zomer- en winteroverstroming bij tien graslandsoorten. Dit waren grote vossenstaart, sikkellklaver (*Medicago falcata* L.), glanshaver, smalle weegbree (*Plantago lanceolata* L.), peen, ridderzuring, kweek, krulzuring, roodzwenkgras en geoorde zuring (*Rumex thyrsiflorus* Fingerh.). Alle tien de soorten overleefden langer onder winteromstandigheden (5 – 10 °C) dan onder zomeromstandigheden, die gesimuleerd werden door de proef in een serre (18 – 20 °C) op te stellen en deze te overspoelen met warm water (20 °C). De meest overstromingstolerante soorten waren kweek en grote vossenstaart die respectievelijk 85 en 65 dagen overstroming volledig overleefden. Roodzwenkgras verdroeg 40 dagen winteroverstroming vooraleer er spruiten begonnen af te sterven, terwijl dit bij glanshaver slechts een 25-tal dagen was. In zomeromstandigheden begonnen alle planten reeds na minder dan 10 dagen af te sterven. Enkel krulzuring overleefde meer dan 20 dagen zomeroverstroming.

Gilbert en Chamblee (1965) vonden dat rietzwenkgras beter overstroming verdraagt ten opzichte van kropaar en witte klaver. Testen werden gedaan op zowel jonge en iets oudere zaailingen, dit telkens bij warm (32,2 °C) en kouder (18,3 °C) water. De drie soorten werden in potjes (Ø = 7,6 cm) uitgezaaid op 1 februari en in de serre geplaatst. De jonge grasplanten werden 25 dagen na het zaaien gemaaid op 4 cm. Hierna werd bij de reeks met jonge zaailingen een waterniveau ingesteld dat 2,5 cm boven de vegetatie kwam. De overstroming duurde 2 tot 18 dagen. Een deel werd op 31 maart geoogst, de overige potten op 21 april. De droge stof opbrengsten zijn weergegeven in **Tabel 1.5**. Op beide oogsttijdstippen en bij beide temperatuurregimes kende rietzwenkgras de geringste daling in opbrengst ten opzichte van de niet-overstroomde controle. Een hogere watertemperatuur leidde bij alle drie de plantensoorten tot een vervroegde biomassadaling.

Tabel 1.5: Droge stof opbrengst (g/pot) voor jonge zaailingen van witte klaver (Tr), kropbaar (Dg) en rietzwenkgras (Fa) in functie van de overstromingsduur en de watertemperatuur (Gilbert & Chamblee, 1965).

Duur (dagen)	Jonge zaailingen: 18,3 °C						Jonge zaailingen: 32,2 °C					
	Oogst op 31 maart			Oogst op 21 april			Oogst op 31 maart			Oogst op 21 april		
	Tr	Dg	Fa	Tr	Dg	Fa	Tr	Dg	Fa	Tr	Dg	Fa
0	0,72	0,40	0,48	0,91	0,50	0,45	0,67	0,37	0,48	0,88	0,48	0,45
2	-	-	-	-	-	-	0,18	0,13	0,38	0,48	0,23	0,38
4	0,35	0,25	0,37	0,82	0,34	0,33	0,14	0,10	0,35	0,46	0,20	0,30
6	-	-	-	-	-	-	0,02	0,02	0,13	0,26	0,10	0,24
8	0,28	0,30	0,32	0,78	0,36	0,31	-	-	-	-	-	-
12	0,04	0,05	0,23	0,41	0,29	0,29	0	0	0,03	0	0	0,16
18	0	0,07	0,09	0,07	0,27	0,24	0	0	0,01	0	0	0,12
24	0	0	0,06	0,01	0,18	0,24	-	-	-	-	-	-

Bij een tweede reeks potten ving de overstroming pas aan op 21 maart, waardoor deze zaailingen iets ouder waren bij het begin van de wateroverlast. De potten werden tussen de 2 en 40 dagen overstroomd. Alle potten werden op 1 juni geoogst. **Tabel 1.6** geeft de droge stof opbrengsten weer in functie van de overstromingsduur bij de twee verschillende watertemperaturen. Opnieuw kende rietzwenkgras de beste overleving en bij elke overstromingsduur de hoogste biomassa in vergelijking met de niet-overstroomde controle. Witte klaver toonde de snelste daling in droge stof opbrengst in functie van de overstromingsduur. Zoals bij de jonge zaailingen werd ook hier vastgesteld dat een verhoogde watertemperatuur de overlevingskracht van de drie planten verminderde.

Tabel 1.6: Droge stof opbrengst (g/pot) voor oudere zaailingen van witte klaver (Tr), kropbaar (Dg) en rietzwenkgras (Fa) in functie van de overstromingsduur en de watertemperatuur (Gilbert & Chamblee, 1965).

Duur (dagen)	Oude zaailingen: 18,3 °C			Oude zaailingen: 32,2 °C		
	Tr	Dg	Fa	Tr	Dg	Fa
0	11,19	5,52	9,91	5,53	9,59	10,85
2	-	-	-	1,64	1,59	3,96
4	5,93	3,33	5,24	0,45	0,81	2,61
6	-	-	-	0,20	0,81	2,32
8	3,43	2,90	6,16	0,33	0,44	1,60
12	3,91	2,90	5,39	0	0,43	1,35
18	3,19	3,58	5,64	0	0,32	0,44
30	0,58	3,01	7,09	-	-	-
40	1,47	3,67	6,85	-	-	-

1.4.4.2 Invloed van de duur van de overstroming

De invloed van de duur van de overstroming op de overleving van specifieke grassoorten verschilt nogal tussen auteurs. Onder andere de leeftijd van de planten aan het begin van de experimenten en het seizoen waarin de experimenten plaatsvonden verklaren deze verschillen. De rangorde van de overstromingstolerantie verandert echter nauwelijks: dezelfde soorten komen er telkens als de meest tolerante uit.

Schuschke en Bischoff (1980a) onderzochten in een eerste proef de invloed van de duur van de overstroming op 4 grassoorten. De onderzochte soorten waren beemdlangbloem, timothee, rietgras

en rietzwenkgras. De inzaai vond telkens plaats begin augustus van het jaar van aanvang, op veldjes van 2m x 1 m, verdeeld over 3 bassins waarin een overstroming kon gesimuleerd worden. Eén bassin diende als niet-overstroomde controle, de andere twee werden voor verschillende periodes 30 cm onder water gezet.

Een eerste deel van de proef vond plaats in de winter van 1976-1977. In het jaar van inzaai (1976) vonden een maaibeurt en een stikstofbemesting van 50 kg N/ha plaats. Hierna ondergingen de ingezaaide grassoorten een overstroming in het najaar, die aanving op 20 september. De overstroming duurde respectievelijk 7 en 14 dagen. In het jaar na de overstroming vonden twee sneden plaats, met telkens hiervoor een stikstofbemesting van 100 kg N/ha. **Tabel 1.7** stelt de relatieve droge stof opbrengst voor ten opzichte van de controle die geen overstroming onderging. Rietgras kende de hoogste opbrengst bij de eerste snede na beide overstromingsregimes, terwijl beemdlangbloem (na 7 dagen) en timothee (na 14 dagen) de hoogste totale opbrengst kenden.

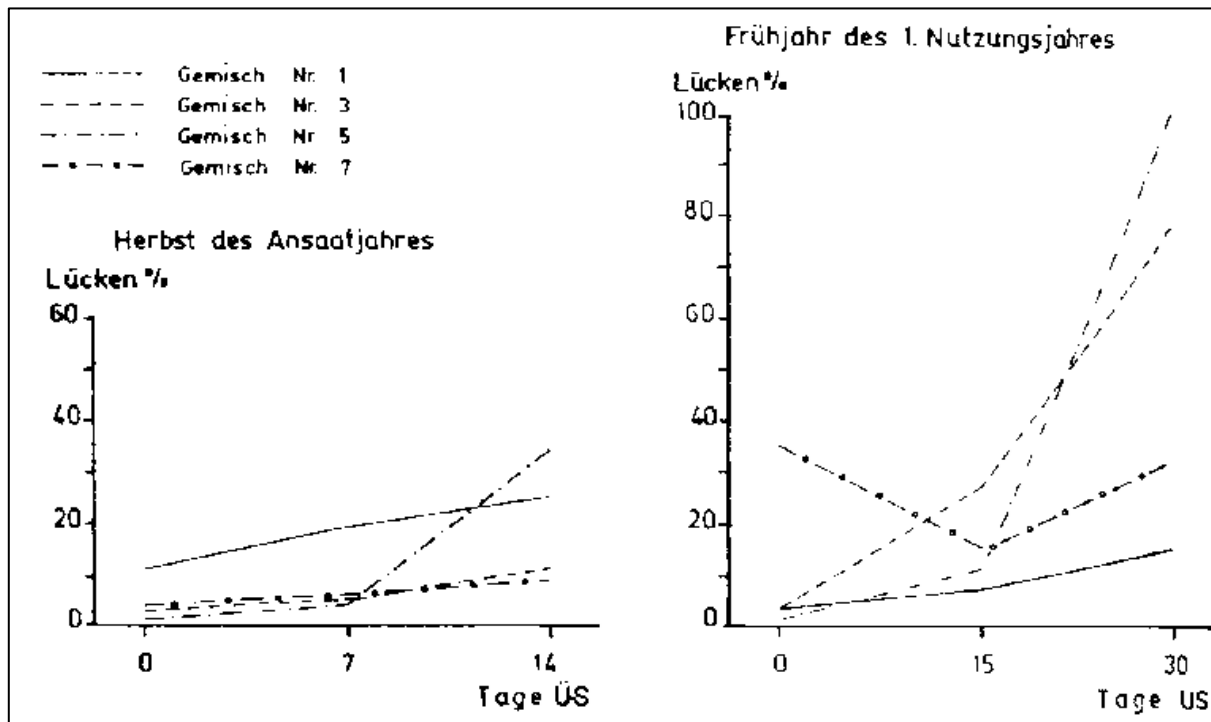
In **Tabel 1.7** zijn eveneens de resultaten van het tweede deel van de proef weergegeven, waarbij de overstroming aanving in het voorjaar van 1978. Hier werd eveneens in het jaar van inzaai (1977) één snede gemaaid en 50 kg N/ha bemest. De overstromingen ving aan op 20 april en duurden 15 of 30 dagen. Tijdens het groeiseizoen nadien werden drie sneden gemaaid, telkens voorafgegaan door een stikstofbemesting van 100 kg N/ha. Bij de overstroming in het voorjaar van 15 dagen kwam rietzwenkgras zowel voor de eerste snede als bij de totale opbrengst als beste grassoort naar voor relatief ten opzichte van de niet-overstroomde controles. Na een overstroming van een maand had timothee de hoogste relatieve opbrengst.

Tabel 1.7: Relatieve gemiddelde droge stof opbrengst (eerste snede en totale opbrengst gemeten in 1977 na de najaarsoverstroming of in 1978 na de voorjaarsoverstroming) van vier overstroomde grassoorten ten opzichte van de niet-overstroomde controle. De overstroming in het najaar ving aan op 20 september '76 duurde 7 dagen (7 d) of 14 dagen (14 d), deze in het voorjaar ving aan op 20 april en duurden 15 dagen (15 d) of 30 dagen (30 d) (Schuschke & Bischoff, 1980a).

Soort	Overstroming in najaar 1976				Overstroming in voorjaar 1978			
	Eerste snede		Totale opbrengst		Eerste snede		Totale opbrengst	
	7 d	14 d	7 d	14 d	15 d	30 d	15 d	30 d
Beemdlangbloem	84	67	101	80	27	11	41	13
Timothee	70	63	96	103	30	46	56	111
Rietgras	104	109	88	96	31	30	57	82
Rietzwenkgras	-	-	-	-	36	17	59	17

In een andere proef werden door Schuschke en Bischoff (1980a) vier mengsels samengesteld van beemdlangbloem en timothee, grote vossenstaart, Engels raaigras en rietgras, met steeds eenzelfde lage hoeveelheid (zonder kwantificatie) veldbeemdgras. Deze proef onderging dezelfde overstromingsregimes als voorgaande proef, met eveneens een overstroming in het najaar en in het voorjaar. De bedekkingsgraad van de bodem, telkens na de overstroming, wordt weergegeven in **Figuur 1.13**. Bij een overstromingsduur van 2 weken werd zowel bij de overstroming in het najaar als die in het voorjaar voor elk mengsel een aandeel kale plekken gevonden van 10 à 30 %. Bij de voorjaarsoverstroming van 30 dagen zijn de resultaten ingrijpender, waarbij het mengsel met Engels raaigras volledig verdween en de mengsels met beemdlangbloem en timothee voor 75 % verdwenen. De mengsels met grote vossenstaart en rietgras verdroegen de overstroming beter: deze vertoonden na een voorjaarsoverstroming van 30 dagen slechts 15 % kale plekken. Ook de aandelen van de

ingezaaide soorten veranderden onder invloed van de overstroming. In de niet-overstroomde controle overheersten in de vier mengsels respectievelijk beemdlangbloem, grote vossenstaart, Engels raaigras en rietgras. Ook na alle overstromingen namen grote vossenstaart en rietgras het grootste aandeel in binnen hun mengsel. In het mengsel met beemdlangbloem en timothee overheerste timothee des te meer naarmate de lengte van de overstroming toenam. Waar het Engels raaigras z'n bestand domineerde vóór de overstroming, kende het een volledige uitval na alle overstromingen. Het aandeel van veldbeemdgras bleef in de mengsels met Engels raaigras en beemdlangbloem na de overstromingen steeds onder de 5 %. In de percelen met rietgras en grote vossenstaart werden aandelen van 15 tot 20 % bereikt bij de korte overstromingen.



Figuur 1.13: Het aandeel kale plekken (Lücken%) na een aantal dagen van overstroming (Tage ÜS) voor 4 verschillende grassenmengsels (nr. 1: grote vossenstaart en veldbeemdgras; nr. 3: beemdlangbloem, timothee en veldbeemdgras; nr. 5: Engels raaigras en veldbeemdgras; nr. 7: rietgras en veldbeemdgras). De linkse grafiek toont de invloed van een overstroming in het najaar van het inzaaijaar, de rechtse grafiek toont de resultaten van een overstroming in het voorjaar van het oogstjaar volgend op het jaar van inzaaien (Schuschke & Bischoff, 1980a).

1.4.4.3 Invloed van de waterhoogte

Schuschke en Bischoff (1980b) onderzochten ook de invloed van de hoogte van de waterkolom op de overleving van Italiaans raaigras, Engels raaigras, timothee, beemdlangbloem, rietzwenkgras, rietgras, grote vossenstaart en veldbeemdgras. De overstroming duurde 28 dagen met een waterhoogte van 20 tot 80 cm. De grassoorten werden uitgezaaid in potten gevuld met 6 kg luchtdroge aarde. Hierbij werd telkens 1 g fosfor, 1 g kalium en 1,5 g stikstof toegediend per pot. Na de opkomst werden de potten uitgedund tot er 10 planten per pot resteerden. Binnen elke soort werden inzaaidata gevarieerd, waardoor men zowel gras in de vegetatieve als generatieve toestand had bij het ingaan van de overstroming. Na de overstroming werd de resterende biomassa afgeknipt en gedroogd bij 105 °C. De opbrengsten werden uitgemiddeld per grassoort over alle ontwikkelingsstadia samen. Deze waarden worden in **Tabel 1.8** relatief uitgedrukt ten opzichte van de controle die niet overstroomd werd.

Tabel 1.8: Droge stof opbrengst van de resterende biomassa na de overstroming van 8 grassoorten. De overstroming duurde telkens 28 dagen, met drie verschillende waterhoogtes. Gemiddelde opbrengsten van grassen in verschillende ontwikkelingsstadia. De cijfers zijn relatieve waarden t.o.v. de niet-overstroomde controles (Schuschke & Bischoff, 1980b).

Hoogte	Italiaans raaigras	Engels raaigras	Timothee	Beemdlangbloem	Rietzwenkgras	Rietgras	Grote vossenstaart	Veldbeemdgras
20 cm	92	69	108	26	94	71	60	70
40 cm	44	26	46	21	88	63	45	50
80 cm	30	26	28	22	80	62	37	33

Een waterhoogte van 20 cm had bij Italiaans raaigras, timothee en rietzwenkgras slechts een beperkte invloed. Voor Engels raaigras, rietgras, grote vossenstaart en veldbeemdgras bedroeg de droge stof opbrengst slechts 3/4 ten opzichte van de controle. Voor beemdlangbloem bedroeg de biomassa slechts 1/4 van de controle.

Bij een waterhoogte van 80 cm lag voor elke grassoort de droge stof opbrengst lager dan bij 20 cm. Een sterke daling werd waargenomen bij Italiaans raaigras, Engels raaigras en timothee, die maar 1/4 meer opleverden ten opzichte van de niet-overstroomde controle. Beemdlangbloem bleef eveneens bij een opbrengst die slechts 1/4 van de controle bedroeg. Veldbeemdgras en grote vossenstaart leverden een opbrengst die 1/3 bedroeg van de controle, deze van rietgras bedroeg 2/3. Rietzwenkgras overleefde de proef best en leverde bij een overstroming met een hoogte van 80 cm nog steeds 80 % van de biomassa ten opzichte van de controle.

De auteurs vermeldden (zonder te kwantificeren) dat bij de *Lolium*-soorten het gehalte aan oplosbare koolhydraten lager lag met toenemende hoogte van de waterkolom. Dit wijst op een hoger verbruik van de reserves wanneer het waterniveau hoger ligt.

1.5 Maatregelen om de opbrengst van overstromingsgevoelige graslanden te verbeteren.

Om de opbrengsten op deze graslanden op te krikken of aanvaardbaar te houden, kan men tal van teeltmaatregelen toepassen. Deze methoden variëren van kleine ingrepen zoals bijvoorbeeld een extra najaarssnede tot drastischere ingrepen zoals volledige herinzaai met andere grassoorten.

Schuschke en Bischoff (1980c) bepaalden de invloed van twee teeltmaatregelen op de opbrengst van het grasland. De proef werd aangelegd in twee grote bekkens, met elk 20 percelen (3 m x 2 m). Het ene bekken onderging een 30 dagen durende overstroming (15 maart tot 13 april 1978) terwijl het tweede bekken als niet-overstroomde controle diende. De inzaai vond plaats op 23 augustus '77. Er werden vijf varianten ingezaaid, namelijk drie mengsels van veldbeemdgras met grote vossenstaart, met rietgras en met timothee en beemdlangbloem, een monocultuur Engels raaigras en een monocultuur Italiaans raaigras. In het jaar van zaai bestond de bemesting uit 80 kg P/ha, 200 kg K/ha en 50 kg N/ha. In het daaropvolgende jaar werd nogmaals 100 kg N/ha toegediend. Per variant werd telkens een perceel zonder behandeling vergeleken met een stuk waar een **maaibeurt in het najaar** (7 november '77) op een hoogte van 8 cm plaatsvond, een perceel waar 5 dagen na de overstroming het op de planten neergeslagen **sediment werd verwijderd** en een vierde deel waar zowel het

sediment verwijderd werd als een najaarssnede werd gemaaid. In 1978 volgden drie snedes waarbij telkens 1 m² gras werd verzameld en gedroogd om de opbrengst te bepalen (**Tabel 1.9**).

Tabel 1.9: Het effect van het toepassen van teeltmaatregelen op de totale grasopbrengst (g DS/m²). Controle: niet overstromd, I - IV: overstromd; waarbij respectievelijk najaarssnede en sedimentverwijdering gecombineerd werd (I), najaarssnede werd toegepast (II), sediment verwijderd werd (III) of geen behandelingen werden uitgevoerd (IV). Grote vossenstaart, timothee + beemdlangbloem en rietzwenkgras werden telkens gemengd met een kleine hoeveelheid veldbeemdgras (Schuschke & Bischoff, 1980c).

soort	Controle	I	II	III	IV
Grote vossenstaart	1384	1153	984	996	954
Timothee + beemdlangbloem	1305	1373	1303	1199	1095
Rietgras	1250	-	-	1204	1142
Engels raaigras	1473	1207	1089	757	587
Italiaans raaigras	1522	637	475	0	0

Uit voorgaande tabel kunnen we afleiden dat de combinatie van beide maatregelen telkens resulteerde in de beste opbrengst onder overstromingsomstandigheden. Bij het individueel beschouwen van beide teeltmaatregelen, resulteerde de najaarssnede meestal tot een hogere opbrengst ten opzichte van het verwijderen van het sediment. Het toepassen van deze teeltmaatregelen is het sterkst uitgesproken bij de minst overstromingstolerante grassen Engels en Italiaans raaigras.

Een maaibeurt in het najaar is niet enkel voor grasland in overstromingsgebieden gunstig. De Vliegheer et al. (2015) stelden dat grasland in het algemeen niet te lang de winter mag ingaan: 10 cm bij jong grasland en 7 cm bij een goed gevestigde zode. In kort gras is de concentratie aan voedingselementen in de plantencellen hoger, waardoor de kans op vorstschade vermindert. Ook de bedekking door sneeuw kent een sterkere impact op lang gras en kan leiden tot een zware aantasting met *Fusarium nivale*.

Een verhoging van de opbrengst kan ook gerealiseerd worden door de **maaitijdstippen** aan te passen. Schröder en Adolf (1996) onderzochten bij welk maaitijdstip rietgras de dichtste zode en de meeste biomassa opleverde en wat hierbij de invloed was van overstromingen. Op een perceel zonder overstromingen werd de hoogste dichtheid van spruiten verkregen door een vroege maaibeurt uit te voeren, best tijdens de halmstrekking en nog voor de aarvorming. Het overstromde perceel vertoonde echter een hogere dichtheid bij een maaibeurt die wat later viel, namelijk tijdens de aarvorming. Deze latere maaibeurt leverde eveneens een hogere biomassa opbrengst op.

Volgens Schröder en Adolf (1996) bekomt men de grootste biomassa bij de tweede en de derde snede als men respectievelijk 63 dagen laat tussen de eerste en de tweede snede en ook 63 dagen tussen de tweede en de derde snede. Op dit moment is zowel de totale opbrengst als de aangroei per dag het grootst. Deze daalden na de 63^{ste} dag gedeeltelijk doordat het afsterven van biomassa belangrijker werd dan de aangroei ervan. Binnen de intensieve veehouderij streven we echter niet naar de hoogste biomassa, maar naar een opbrengst met een goede voederwaarde.

Een meer ingrijpende teeltmaatregel is het volledig **vernieuwen** van het grasland. Hierbij wordt de oude zode afgedood en ingewerkt, gevolgd door de inzaai van nieuw gras met een hogere voederwaarde. Willemsen (1976) onderzocht deze optie in 1970 op een perceel te Bronkhorst en in 1971 te Bemmelen, beiden gelegen in de uiterwaarden van de IJssel. In Bronkhorst werd in juni '70 het

hoogst gelegen gedeelte ingezaaid met Engels raaigras (1 ha; 25 kg/ha) en het laagst gelegen deel met beemdlangbloem (0,45 ha; 40 kg/ha) en rietzwenkgras (0,5 ha; 40 kg/ha). In de herfst van het jaar van inzaai was het aandeel in de grasmat van Engels raaigras bijna 100 % en bij beemdlangbloem zo'n 80 %. Rietzwenkgras kende een moeizamere start en nam slechts 50 % van de grasmat in. Drie jaar later waren deze percentages gedaald tot respectievelijk 45, 35 en 40 %. Tijdens de winter van 1974-1975 vond een langdurige overstroming plaats in de IJssel-vallei, waarbij de laagste gedeelten minimum 60 dagen overstroomd waren en de waterhoogte tot 1,5 m reikte. Dit vertaalde zich in drastische gevolgen voor de ingezaaide proefvelden. Van het Engels raaigras en het beemdlangbloem restte praktisch niets meer, het rietzwenkgras werd gereduceerd tot 10 %.

In de proef te Bommel werden in '71 drie delen van elk 36 are groot ingezaaid met rietzwenkgras (69 kg/ha), Engels raaigras (40 kg/ha) en beemdlangbloem (69 kg/ha). De hogere zaaizaadhoeveelheid was een bewuste keuze na de slechte beginontwikkeling die het jaar voordien in Bronkhorst werd vastgesteld. De vestiging was hier dan ook succesvoller, met aandelen in de herfst van het jaar van inzaai van 100 % voor Engels raaigras en beemdlangbloem en 90 % voor rietzwenkgras. Na 3 jaar bleken deze aandelen vrij goed stand te houden, met respectievelijk percentages van 95, 80 en 95 %. Na de langdurige overstroming in '74-'75 had het rietzwenkgras hier het minst geleden. Engels raaigras overleefde enkel op de hoger geleden stukken; op de laagste plekken was deze soort quasi volledig verdwenen. Van beemdlangbloem bleef over het gehele perceel weinig over.

Hoogerkamp (1977) stelde dat bij graslandvernieuwing in deze natte laagveengebieden de vestiging van de nieuwe soort het best verloopt indien de oude zode afgedood werd met een totaalherbicide, gevolgd door ploegen of frezen. Vooral voor rietzwenkgras en timothee gaf de toepassing van een totaalherbicide de beste resultaten.

Bij een andere proef waarbij volledige vernieuwing op laaggelegen natte graslanden werd toegepast, bleken opnieuw rietgras en rietzwenkgras de meest persistente grassen. Ze leverden na 5 jaar nog steeds opbrengsten boven 8 ton DS/ha, terwijl kropaar nog 7,5 ton DS/ha opleverde en Engels raaigras slechts 6,5 ton DS/ha. Kropaar was samen met Engels raaigras in het eerste jaar na inzaai het productiefste gras met een opbrengst van 11 ton DS/ha. Rietgras en rietzwenkgras leverden in het eerste jaar 10 ton DS/ha (Hoogerkamp, 1977).

Doorzaaien is een mogelijkheid om een groter aandeel kwalitatieve grassoorten in de grasmat te krijgen, zonder dat men de oude zode moet afdoden en bodembewerkingen moet uitvoeren. Bonitz en Adolf (1995a) vergeleken het effect van doorzaaien op een perceel dat jaarlijks overstroomde ten opzichte van een laaggelegen ingedijkt perceel dat niet overstroomde. Deze waren gelegen in de vallei van de Elbe (Duitsland). Beide grasbestanden waren vrij gelijkaardig samengesteld qua soorten. Bij het overstroomde perceel werd 50 % ingenomen door kweek, op het andere perceel was dit ongeveer 30 %. Grote vossenstaart nam bij beide percelen 10 tot 20 % in van de grasmat; 20 % werd in het overstroomde perceel ingenomen door (on)kruiden, terwijl dit in het niet-overstroomde slechts 5 à 10 % bedroeg. De overige oppervlakte werd ingenomen door andere grassen, waaronder verschillende *Poa*-soorten. Op het niet-overstroomde perceel kwamen hiernaast ook kropaar, zachte dravik, beemdlangbloem en ruwe smele voor.

De doorzaai vond plaats in de tweede helft van april 1982. Dit gebeurde met vier verschillende soorten - beemdlangbloem (20 kg/ha), rietzwenkgras (20 kg/ha), Engels raaigras (20 kg/ha) en *Festulolium* (beemdlangbloem x Italiaans raaigras) (35 kg/ha) -, al dan niet na een behandeling met

2,4-D en maleïnezuurhydrazide om de dicotyle onkruiden te onderdrukken. De herbicidebehandeling leverde vaak slechts een beperkte verhoging van het aandeel dat werd ingenomen door de ingezaaide grassoort ten opzichte van de percelen zonder herbicidebehandeling. Per snede vond er een bemesting plaats van 90 kg P₂O₅/ha, 145 kg K₂O/ha en 60 kg N/ha. Enkel bij de maaibeurt in het jaar van inzaai werd geen stikstof toegediend om de concurrentie van de oorspronkelijke grasmat niet te bevorderen. In het jaar van inzaai vond dus één maaibeurt plaats. De jaren nadien vonden telkens drie maaibeurten per jaar plaats. Bij de vier soorten keerde een gelijkaardig patroon terug: vanaf het tweede jaar begon het aandeel van de ingezaaide soort sterk te stijgen tot 70 – 80 %, dit werd vervolgens enkele jaren aangehouden om nadien terug af te nemen. Beemdlangbloem had de minste concurrentiekracht of persistentie waardoor het aandeel na het derde jaar na inzaai al sterk teruggedrongen was (< 50 %). Rietzwenkgras kende de traagste vestiging en bereikte zijn maximale aandeel pas na het derde jaar. Het was de enige grassoort waar een herbicidebehandeling drie dagen voor het doorzaaien wel nuttig was: in het behandelde perceel kwam 20 % meer rietzwenkgras (tot 80 %) voor dan in het onbehandelde (tot 60 %). De persistentie was het hoogst bij *Festulolium*, dat na 6 jaar nog steeds 60 % innam. Rietzwenkgras en Engels raaigras volgden met respectievelijk 40 en 30 %. Op de percelen waar beemdlangbloem ingezaaid werd, bleef slechts minder dan 10 % van het aandeel over na het zesde jaar.

Op het ingedijkte perceel ging de vestiging van de doorgezaaide *Festuca*-soorten veel moeizamer. Beiden bereikten slechts een maximum aandeel van 50 %, dat na het vijfde jaar al snel terug afnam tot 10 %. Engels raaigras en *Festulolium* kenden hetzelfde verloop als in het overstromingsgevoelig perceel, al werd wel een minopbrengst van 10 % waargenomen op de onbehandelde veldjes ten opzichte van de met herbiciden behandelde percelen. Zo besluiten we dat een doorzaai effectief kan bijdragen aan de grasspecies die voorkomen in de grasmat, waarbij op langere termijn *Festulolium* als beste naar voor kwam. Rietzwenkgras kende eveneens een goede persistentie, op voorwaarde dat deze gunstige vestigingsomstandigheden kent (Bonitz & Adolf, 1995b).

Naast het aandeel dat deze doorgezaaide soorten innemen in de oorspronkelijke grasmat, blijft eveneens de meeropbrengst bepalend om deze maatregel al dan niet door te voeren. Gedurende 7 jaren werd van de verschillende percelen de biomassa bepaald. De originele vegetatie leverde over deze 7 jaar een gemiddelde jaarlijkse opbrengst van 11,6 ton DS/ha. Het perceel dat doorgezaaid werd met beemdlangbloem leverde over deze periode een gemiddelde meeropbrengst van 0,5 ton DS/ha en Engels raaigras 0,8 ton DS/ha. De percelen met rietzwenkgras en *Festulolium* leverden respectievelijk een meeropbrengst van 1,0 en 1,15 ton DS/ha op. Opmerkelijk is ook dat alle percelen hun piekopbrengst bereikten na het vierde jaar na doorzaai (allen 14 à 15 ton DS/ha), maar dat het perceel doorgezaaid met rietzwenkgras als enige nog meer dan 11 ton DS/ha opleverde na het zevende jaar. De andere drie situaties waren na het 7^{de} jaar gereduceerd tot een min of meer zelfde opbrengst als het controleperceel (Bonitz & Adolf, 1995a).

Humphreys et al. (2013a) stelden dat *Festulolium* hiernaast ook een bijdrage kan leveren om overstromingen te verminderen. Het wortelstelsel van *Festulolium*-hybriden zou een verandering teweegbrengen aan de bodemstructuur, wat de infiltratie van water in de bodem bevordert. Op deze manier wordt op een perceel waar *Festulolium* ingezaaid is, neerslagwater beter weerhouden en afspoeling verminderd. Humphreys et al. (2013b) vonden dat proefpercelen ingezaaid met *Festulolium* (LpxFp) leidden tot een lagere run-off ten opzichte van rietzwenkgras, Engels raaigras en beemdlangbloem. De proef vond plaats tussen januari 2008 en maart 2009 op een licht hellend

perceel met een hoog kleigehalte in het Verenigd Koninkrijk. De invloed op de bodemstructuur, die de infiltratie bevordert, zou tweeledig zijn. Enerzijds werden cultivarverschillen waargenomen bij de intensiteit van het optreden van krimp-scheuren in de bodem. Anderzijds kende *Festulolium* in deze proef een diepgaand wortelstelsel en een hoge turnover van deze wortels. Hierdoor werden poriën nagelaten door afgestorven wortelstukken in diepe bodemlagen. De auteurs besloten dat verder onderzoek noodzakelijk is om het potentieel van *Festulolium* bij overstromingsreductie precies te kwantificeren voor verschillende neerslagintensiteiten en verschillende bodemtypes.

1.6 Onderzoeksvragen en hypothesen

Wanneer we de resultaten van reeds uitgevoerde onderzoeken omtrent grasland in overstromingsgevoelige gebieden beschouwen, worden tal van overstromingstolerante grassoorten naar voor geschoven die in dergelijke gebieden goed gedijen. Indien we met het oog op de intensieve Vlaamse melkveehouderij een afweging moeten maken tussen productiviteit en kwaliteit van het grasland en van het geogst product, lijkt ons rietzwenkgras een goed potentieel te bezitten.

De hypothese van deze masterproef is dan ook dat rietzwenkgras een hogere opbrengst realiseert dan Engels raaigras op overstromingsgevoelige percelen.

In deze masterproef werd deze hypothese onderzocht op 3 ruimtelijk verschillende niveaus, gaande van zeer gecontroleerd in potproeven, tot volledig ongecontroleerd op een overstromingsgevoelig grasland in de IJzervallei (Tabel 1.10).

Tabel 1.10: Overzicht van de verschillende proeven, de metingen die hierbij uitgevoerd werden en de bijhorende onderzoeksvragen

	OBJECT	METINGEN	ONDERZOEKSVRAGEN
Overstroming van grasland	Potproef	Bedekkingsgraad	Wat is de invloed van de duur van overstroming op het hernemen van de groei vlak na het beëindigen van de overstroming ?
		Grasopbrengst	Wat is de invloed van de duur van overstroming op de opbrengst ?
		Zuurstofinhoud bodem	Is er een verschil tussen soorten in de snelheid van verbruik van beschikbare zuurstof in de bodem tijdens een overstroming ?
	Lysimeters	Grasopbrengst	Wat is de invloed van de hoogte van de GWT op de opbrengst ?
	Veldproef	Visuele beschouwing	Wat is de invloed van de overstromingshoogte en -frequentie op de overleving, hergroei en opbrengst ?

Hoofdstuk 2: Materiaal en methoden

Om een antwoord te bieden op de geformuleerde onderzoeksvragen in voorgaande sectie, werden drie verschillende proeven aangelegd. Deze bestaan uit een zeer gecontroleerde potproef waarbij het effect van de overstromingsduur op de hergroei van verschillende grassoorten werd gemeten, een matig gecontroleerde proef met behulp van lysimeters waar de soorten rietzwenkgras en Engels raaigras werden vergeleken in zeer natte omstandigheden en een veldproef in de IJzervallei, op een overstromingsgevoelig grasland te Stavele waarbij het potentieel van de soorten Engels raaigras en rietzwenkgras in praktijkomstandigheden werd getest.

2.1 Potproef: effect van de overstromingsduur op de hergroei

2.1.1 Proefopzet

Op 1 augustus 2017 werden 54 potten (0,23 m x 0,23 m x 0,25 m) gevuld met venige aarde die werd gehaald uit het proefgebied langs de IJzer te Stavele. Hierbij werd eerst de oude graszode verwijderd door een laag van 10 cm af te graven. Hierna werd nogmaals 10 cm afgegraven om met deze aarde de potten te vullen. Het venige substraat werd aangedrukt tot op 6 cm van de potrand, waarna de graszaden hier bovenop gezaaid werden. Deze zaden werden vervolgens bedekt met een laag gezeefde en gestoomde zand-leembodem van *circa* 1 cm (**Figuur 2.1**). Naast het bedekken van de graszaden zorgde deze gestoomde aarde eveneens voor een onderdrukking van de kieming van onkruidzaden. De gebruikte grassoorten waren het Engels raaigras 'Melonora', rietzwenkgras 'Barolex' en kroppaar 'Caïus', met een kiemkracht van respectievelijk 90 %, 90 % en 45 %. Van elke grassoort werden 18 potten ingezaaid met 52 kiemkrachtige zaden per pot (1000 kk/m²). Deze potten werden vervolgens in een onverwarmde serre geplaatst met irrigatie door middel van een sproeisysteem. Een maand later werden onkruiden en ongewenste grassen met de hand verwijderd uit deze potten (**Figuur 2.1**). Op 20 september werden de potten voor een eerste maal gemaaid en bemest met 30 kg N/ha, 12 kg P₂O₅/ha en 30 kg K₂O/ha uit samengestelde meststof (NPK 15-6-15). De potten werden uit de serre verplaatst naar een containerveld dat voorzien was van beregening om een verdere vlotte groei te verzekeren (**Figuur 2.1**). Eén maand later werden deze potten nogmaals gemaaid.



Figuur 2.1: Opkweek van het gras bij de potproef. Links: potten gevuld met venige grond (bovenaan), waarop de zaden gestrooid werden en afgedekt met zandleem (onderaan). Midden: verwijderen van onkruiden en ongewenste grassen. Rechts: de potten op het containerveld, net voor de laatste maaibeurt in het najaar.

2.1.2 Overstromingsregime

Om een overstroming in de wintermaand te simuleren, werd een bassin geconstrueerd waarin alle potten onder water gezet konden worden (**Figuur 2.2**). De potten werden at random opgedeeld in zes reeksen van negen potten; waarbij elke reeks telkens drie potten per grassoort bevatte (**Tabel 2.1**). De eerste reeks diende als controle en onderging geen enkele overstroming. Reeks twee tot en met zes werden op 27 november in het groot bassin geplaatst en er werd een waterniveau ingesteld tot aan de randen van de potten (**Figuur 2.2**). Dit diende om de overgang tot effectieve overstroming minder bruusk te laten verlopen. Eén week later werd het waterniveau verhoogd tot 50 cm boven de rand van de potten. Deze hoogte werd constant aangehouden. De reeksen werden respectievelijk na 1, 2, 3, 5 en 7 weken (op resp. 11 dec, 18 dec, 25 dec, 8 jan en 23 jan) uit het diepe bassin gehaald en telkens twee dagen in een kleiner bassin geplaatst met een waterniveau tot aan de potrand (**Figuur 2.2**) om de overgang wat geleidelijker te laten verlopen. Hierna werden de potten telkens terug op het containerveld geplaatst.



Figuur 2.2: Opstelling bij de overstrooming van de potproef. Links: groot bassin waarin alle niet-controlepotten geplaatst werden. Midden: tijdens het overgangsregime vóór de overstrooming werd het bassin tot aan de potranden gevuld. Rechts: het overgangsregime telkens na een overstrooming vond plaats in het klein bassin.

De vermelde hoogte en duur van de gesimuleerde overstrooming werden afgeleid uit het werkelijke verloop van het waterpeil in de IJzer. Als hoogte van het maaiveld werd de hoogteligging gebruikt van het laagste punt van het proefveld te Stavele, gelegen langs de IJzer (zie sectie 2.3.1). Het dichtst gelegen meetstation bevindt zich nabij de Fintele, circa 3 km stroomafwaarts ten opzichte van het proefveld. Na een analyse van de beschikbare data van 1987 tot 2017 werd afgeleid dat per winter het proefperceel 1 tot 7 weken aan overstrooming onderworpen werd; met één uitschieter van 9 weken. De overstroomingen vonden het vaakst plaats in de periode tussen eind november en half januari. In 77 % van de jaren werd een peil van 50 cm boven het maaiveld bereikt.

Tabel 2.1: Weergave van de proefopzet bij de potproef, waarbij elke pot gelabeld werd (1-54) en at random verdeeld werd onder de overstroomingsregimes (controle en 1 tot 7 weken overstrooming van 50 cm). Bij elk regime werden per soort 3 herhalingen uitgevoerd. De cijfers in de tabel stellen de potnummers voor.

Regime	Engels raaigras (1-18)			Rietzwenkgras (19-36)			Kropaar (37-54)		
Controle	3	9	15	21	23	33	41	47	51
1 week	8	12	17	25	29	34	39	42	46
2 weken	1	11	18	20	28	30	45	48	49
3 weken	5	6	7	24	32	35	37	38	40
5 weken	2	14	16	22	27	31	44	50	52
7 weken	4	10	13	19	26	36	43	53	54

2.1.3 Zuurstofmetingen

Om het verschil in respiratie tussen de verschillende grassoorten onderling te onderzoeken, werd telkens een zuurstofmeting gedaan op de potten die net uit het groot bassin gehaald werden. Op diezelfde momenten werd eveneens een bepaling van het zuurstofgehalte gedaan in de controlepotten. De metingen gebeurden op 11 dec., 18 dec., 25 dec., 8 jan. en 23 jan. na

respectievelijk 1, 2, 3, 5 en 7 weken overstroming. De metingen gebeurden met een 'Dissolved Oxygen Probe' van Vernier. Deze probe werd elke dag van de meting gekalibreerd met behulp van bijhorende kalibratietabel en de omgevingstemperatuur van die bepaalde dag. De probe werd 5 cm in de grond van de pot gestoken tot een evenwicht werd bereikt in de zuurstofmeting.

2.1.4 Hergroei en opbrengstbepaling

Op 1 februari 2018 werden alle potten in een gesloten onverwarmde serre geplaatst. De mate waarop de bovengrondse biomassa had afgezien, werd gevisualiseerd met behulp van een beeldanalyse. Hiervoor werd een digitaal fototoestel (Medion MD 86535) op een statief geplaatst, waarbij iedere pot individueel werd gefotografeerd. Dit gebeurde een week vóór de overstroming (20 november 2017) en een week na de langste overstroming (1 februari 2018). Vanaf 20 februari tot 6 maart en van 20 maart tot 3 april werd wekelijks van elke pot een foto genomen om de evolutie van de bedekkingsgraad op dezelfde wijze te kwantificeren voor respectievelijk de eerste en de tweede hergroei.

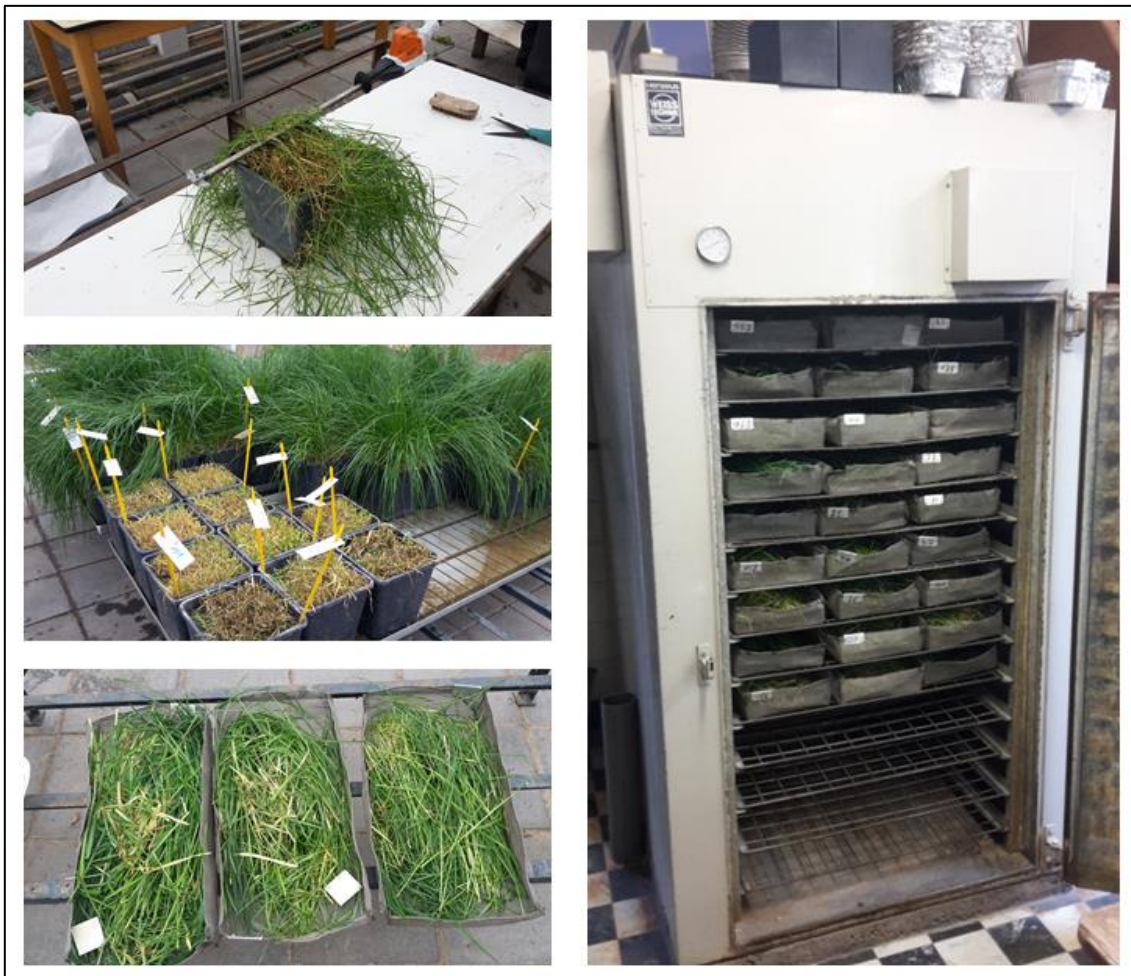
De foto's werden vervolgens geanalyseerd met het beeldverwerkingsprogramma ImageJ. Er werd een script geschreven dat een reeks foto's automatisch na elkaar gelijk kon verwerken. Hierbij werd eerst de foto geknipt zodat enkel de zone binnen de potrand overbleef. Hierna werd de foto telkens omgezet naar een binair beeld: de groene pixels kregen de waarde 1 en werden omgezet in zwart, alle andere pixels kregen waarde 0 en kleurden wit (**Figuur 2.3**). Hierna werd de verhouding tussen het aantal zwarte en witte pixels berekend en zo het bedekkingspercentage bepaald.

De opdeling van de pixels tussen deze twee categorieën gebeurde met behulp van de plug-in 'Threshold Colour'. Hiermee kan een foto gefilterd worden op basis van het HSB-kleurensysteem. Deze filters omvatten de 'Hue' (H, tint of kleur), de 'Saturation' (S, verzadiging of kleursterkte) en de 'Brightness' (B, helderheid van het kleur). Handmatig werden voor deze filters de juiste ranges ingesteld zodat het groene gras werd onderscheiden van de kale plekken, afgestorven grasspruiten en andere onzuiverheden. Om invloeden van verschillende lichtintensiteiten van buitenaf te compenseren werden deze ranges voor elke reeks foto's opnieuw ingesteld door de parameters handmatig te bepalen voor een aantal willekeurig getrokken foto's. De waarden voor H, S en B die voor deze beelden een goede discriminatie tussen gras en grond toelieten werden vervolgens gebruikt om de hele reeks foto's door middel van het script te analyseren.



Figuur 2.3: Links: een initiële foto van een pot met Engels raigras, genomen vóór het instellen van de overstromingen (20 november). Midden: de foto nadat de randen van het statief en de pot zijn weggewerkt. Rechts: de foto na omzetting tot een binair beeld met behulp van Threshold Colour in ImageJ.

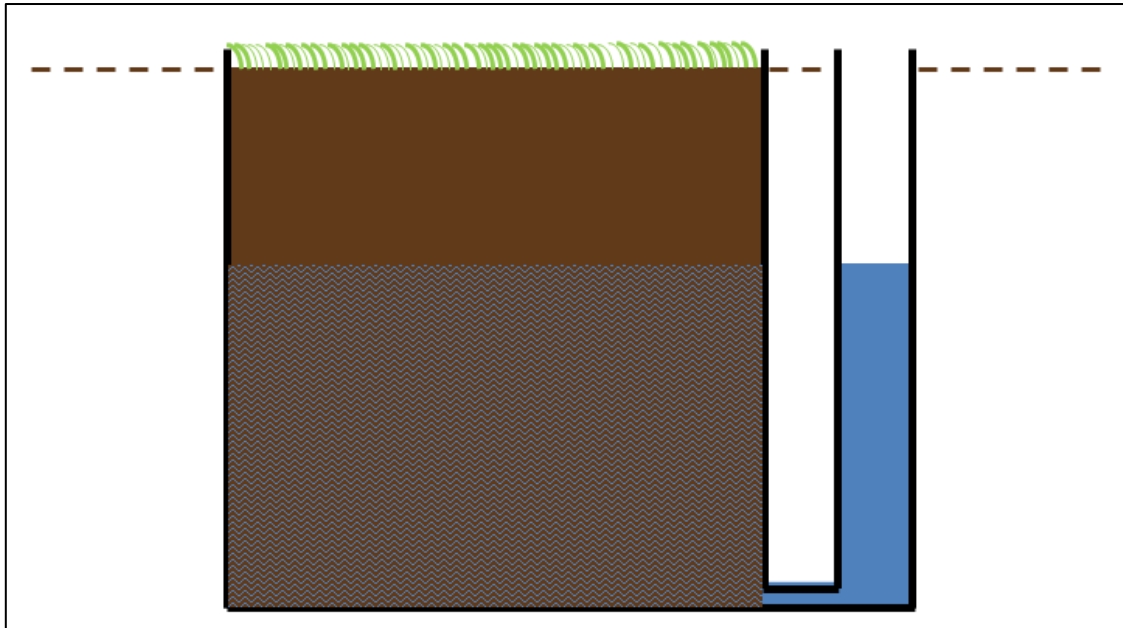
Om een snelle hergroei te bekomen, werden de potten op 14 februari verplaatst naar een verwarmde serre met extra belichting en constante watervoorziening via een ondiep bassin. Op 28 februari werden de potten bemest met 75 kg N/ha, 75 kg K₂O/ha en 75 kg P₂O₅/ha uit samengestelde meststof (NPK 15-15-15). Op 13 maart werd de grasopbrengst van de potten voor een eerste maal gemeten. Hierbij werden de potten individueel gemaaid en werd per pot het vers gewicht bepaald. Na 24 uur in de droogoven bij 75 °C werd de droge stof opbrengst bepaald (**Figuur 2.4**). Na deze opbrengstbepaling werden de potten op 20 maart opnieuw bemest met 75 kg N/ha, 75 kg K₂O/ha en 75 kg P₂O₅/ha. Ten slotte werden de potten op 10 april opnieuw geoogst, waarbij eveneens de opbrengst verse stof en droge stof bepaald werd. Tijdens de periode in de verwarmde serre werd de temperatuur en de lichtintensiteit opgevolgd met behulp van een datalogger die elke 10 seconden een meting uitvoerde.



Figuur 2.4: Opbrengstbepaling van het gras in de potproef: het gras werd gemaaid met een heggenschaar (linksboven), per pot individueel verzameld (linksonder) en gedroogd in de droogoven (rechts).

2.2 Lysimeterproef: effect van het grondwaterpeil

Een lysimeter bestaat uit een bak met een zijdelingse peilbuis, waarin het grondwaterniveau kan worden opgemeten en bijgesteld. Deze bak is gevuld met aarde waarin een bepaalde vegetatie wordt ingesteld (**Figuur 2.5**). Zo kan de invloed van de waterhuishouding van de bodem op de plantengroei onderzocht worden.



Figuur 2.5: Schematische weergave van een lysimeter, bestaande uit een bak gevuld met aarde met hierop de vegetatie en een peilbuis die in verbinding staat met de bak.

2.2.1 Proefopzet

We beschikten over zes lysimeters (1,5 m x 1,5 m x 1,5 m), reeds gevuld met poldergrond uit de Kom van Lampernisse in 2004. De bestaande vegetatie werd in het voorjaar van 2017 afgedood met glyfosaat. Op 17 juli 2017 werd deze oude zode omgespit. Twee weken later werd het zaaibed bereid en werden de grassoorten ingezaaid. Van elke lysimeter werd de helft met Engels raaigras ‘Melonora’ en de andere helft met rietzwenkgras ‘Barolex’ ingezaaid, beiden met een kiemkracht van 90 %. Er werden 1700 kiemkrachtige zaden per m² ingezaaid, wat neerkwam op 3,68 g Engels raaigras en 4,5 g rietzwenkgras per halve lysimeter (**Figuur 2.6**).

Op 31 augustus werden ongewenste grassoorten (witbol, straatgras, ruwbeemdgras) manueel verwijderd, gevolgd door een herbicidebehandeling om dicotyle onkruiden (boterbloem, ridderzuring) te bestrijden. Met behulp van een manueel getrokken sproeikar werd 1,2 L/ha Trevistar toegediend (werkzame stoffen: 80 g/L clopyralid; 2,5 g/L florasulam; 100 g/L fluroxypyr). Drie weken later werden de lysimeters bemest met 30 kg N/ha, 12 kg P₂O₅/ha en 30 kg K₂O/ha uit samengestelde meststof (NPK 15-6-15). Op 27 oktober werd een najaarssnede gemaaid van deze lysimeters, zonder de opbrengst te bepalen (**Figuur 2.6**).

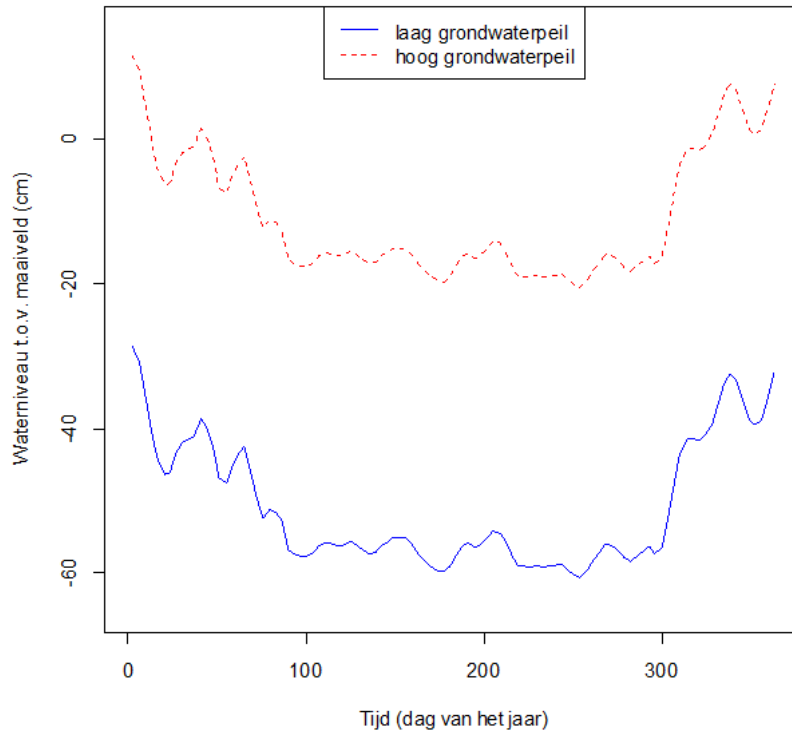


Figuur 2.6: Links: de inzaai van de lysimeters op 1 augustus 2017 met telkens de ene helft Engels raigras en de andere met rietzwenkgras. Midden: maaien van de najaarsnede op 27 oktober 2017 met behulp van een heggenchaar. Rechts: maaien en verzamelen van het gras per halve lysimeter voor de opbrengstbepaling op 17 april 2018.

2.2.2 Grondwaterpeil

Vanaf 31 oktober 2017 werd tweemaal per week het grondwaterpeil in de lysimeters opgemeten en bijgesteld waar nodig. We stelden twee regimes in: de ene drie lysimeters volgden een verloop met een gemiddelde jaarlijkse grondwaterstand¹ van 0,10 m-mv, de andere kenden een gemiddelde jaarlijkse grondwaterstand 0,50 m-mv (**Figuur 2.7**). Het verloop doorheen het jaar zelf werd gebaseerd op het gemiddeld waterniveau van de IJzer van de afgelopen 30 jaar. Bij het regime met een ondiepe grondwaterstand kende het waterniveau in de winter gedurende 56 dagen een gelijke hoogte als het maaiveld. Een volledige overstroming van de grasplanten was niet mogelijk, omdat het maaiveld tot aan de bovenste rand van de lysimeters kwam. Het tweede regime kende in de winter een grondwaterpeil van maximaal 0,30 m-mv.

¹ De gemiddelde jaarlijkse grondwaterstand stelt de gemiddelde grondwaterstand voor doorheen het volledige jaar. In de situatie van de lysimeterproef ligt het waterpeil in de zomer onder dit jaargemiddelde en het niveau in de winter boven deze gemiddelde jaarlijkse grondwaterstand.



Figuur 2.7: Verloop van het grondwaterpeil in de lysimeters doorheen het jaar. De instelling van het verloop van het grondwaterpeil werd aangevat op 31 oktober 2017 (dag 304) en werd aangehouden tot de oogstdatum, 17 april 2018 (dag 107).

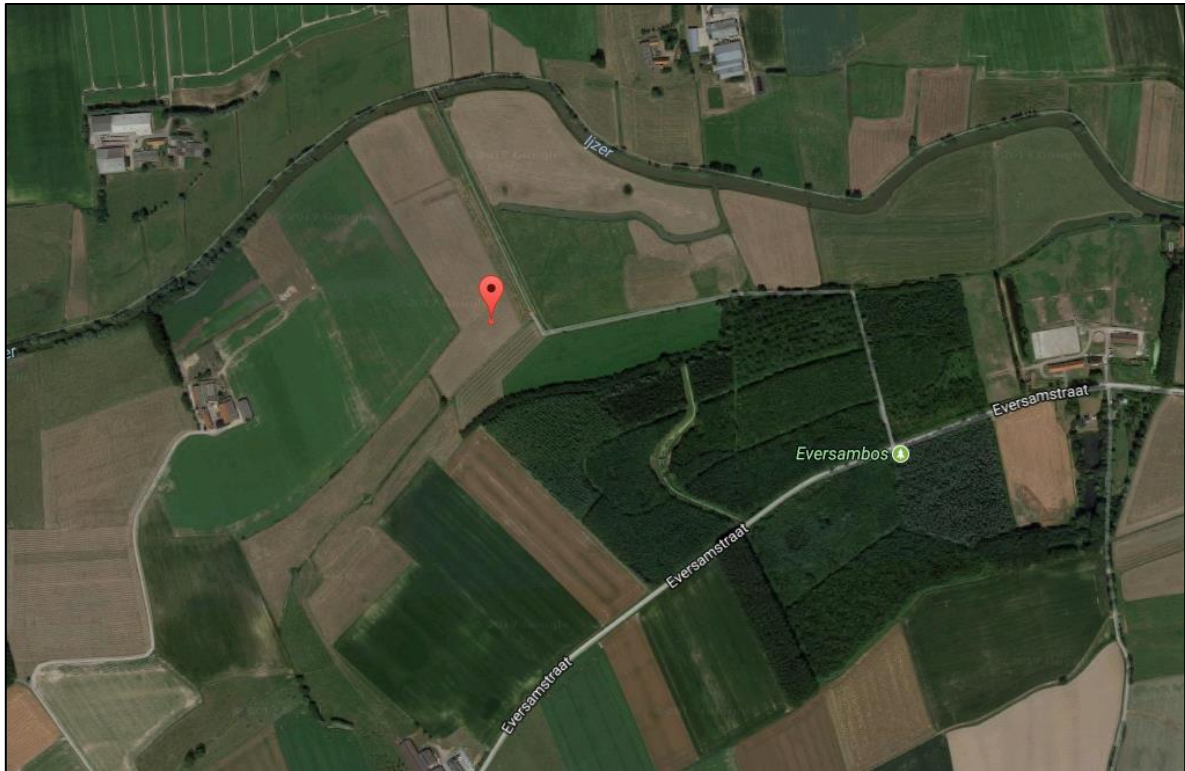
2.2.3 Opbrengstbepaling

Op 13 maart 2018 werden de lysimeters bemest met 75 kg N/ha, 75 kg K₂O/ha en 75 kg P₂O₅/ha uit samengestelde meststof (NPK 15-15-15). Vijf weken later (17 april 2018) werden deze lysimeters gemaaid. Het gras werd per halve lysimeter afzonderlijk verzameld (**Figuur 2.6**). Hiervan werd telkens de opbrengst vers gras gewogen. Vervolgens werd dit gras gedroogd in de droogoven gedurende 24 uur bij 75°C om de droge stof opbrengst van het gras te bepalen.

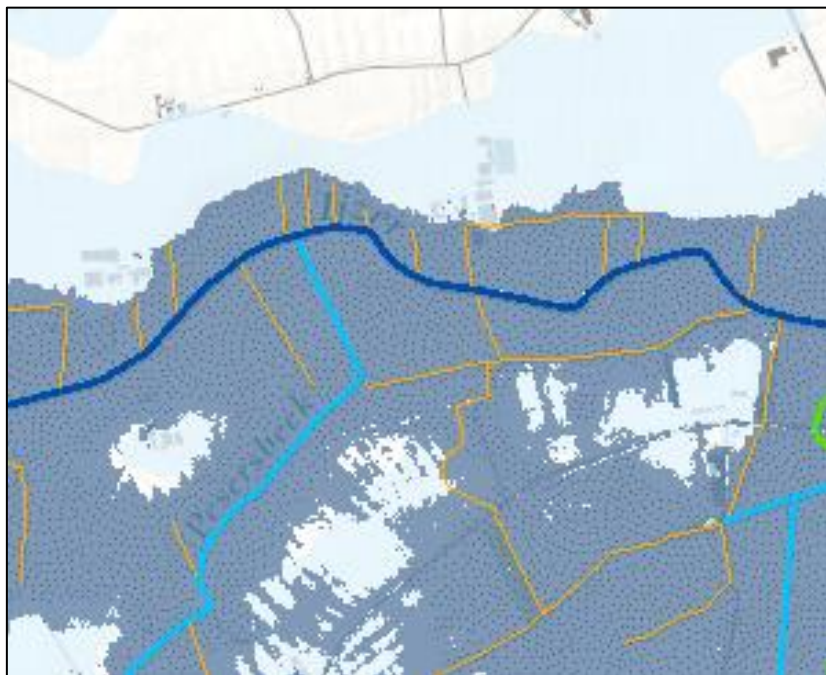
2.3 Veldproef: effect van de overstroming onder praktijkomstandigheden

2.3.1 Situering

De veldproef werd aangelegd op een effectief overstromingsgevoelig grasland gelegen te Stavele (**Figuur 2.8 en Figuur 2.9**). Het perceel grenst aan de IJzer en aan de Pezerbeek, een zijarm van de IJzer. Het proefveld (*circa* 54 m x 60 m) werd aangelegd op een hellend vlak in dit perceel, om de invloed van de overstromingsintensiteit te kunnen waarnemen. Het laagste punt kende een hoogteligging van 3,66 m TAW, het hoogste punt van het proefveld bevond zich 1 m hoger (www.geopunt.be) (**Figuur 2.10**). Het bodemtype van het proefveld wordt omschreven als 'oudlandpolders'. Dit zijn poelgronden met ontkalkte zware tot zeer zware klei (70-80 %) en een veenlaag. De bovengrond is sterk humeus, met ongeveer 9 % humus bij weilanden (www.dov.vlaanderen.be).



Figuur 2.8: Situering van het perceel waar de veldproef werd aangelegd, aangeduid met het locatiesymbool. Ten noorden van het perceel stroomt de IJzer.



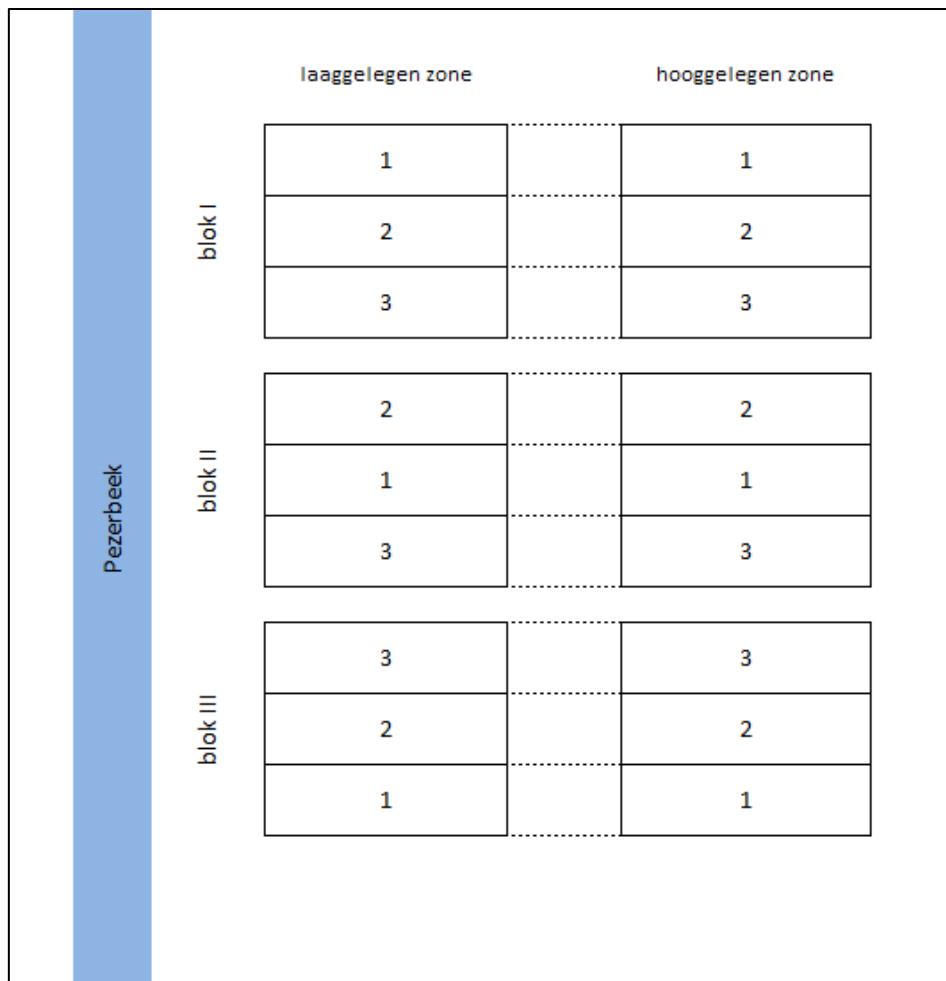
Figuur 2.9: Kaart van de omgeving rond het proefperceel met de effectief overstromingsgevoelige gebieden (donkerblauw) en de mogelijk overstromingsgevoelige gebieden (lichtblauw). De donkerblauwe lijn die vrijwel horizontaal door de kaart loopt stelt de IJzer voor; de lichtblauwe lijn die centraal naar beneden loopt stelt de Pezerbeek voor.



Figuur 2.10: Detail van de ligging van het proefperceel. Punt 1 is het laagstgelegen punt van het proefveld, punt 2 het hoogstgelegen punt. De blauwe lijnen ten oosten en ten zuiden van het perceel geven de Pezerbeek weer, die rechtstreeks in verbinding staat met de IJzer.

2.3.2 Proefopzet

Er werd een gerandomiseerde blokkenproef met drie behandelingen (grassoorten) met 3 herhalingen aangelegd (**Figuur 2.11**). Het proefperceel werd verdeeld in negen gelijke veldjes (6 m x 60 m) (**Figuur 2.12**). Van deze negen delen werden at random drie stukken gekozen waarvan de oorspronkelijke vegetatie behouden werd. Deze stukken dienden als controlepercelen. Van de zes andere stukken werd op 9 augustus 2018 de vegetatie afgedood met glyfosaat. Op 12 augustus werd deze vegetatie gemaaid en afgevoerd, waarna de graszode twee dagen later werd gefreesd. De bodem werd onmiddellijk nadien gerold, om uitdroging te beperken. Op 16 augustus werden drie willekeurig gekozen percelen ingezaaid met Engels raaigras (Achat), de overige drie met rietzwenkgras (Barolex). Dit gebeurde met behulp van een zaaicombinatie bestaande uit een rotorkopeg en een pijpenzaaimachine met een rijenafstand van 12 cm. De zaaizaadhoeveelheid bedroeg van beide soorten 50 kg/ha. Omwille van de droge omstandigheden werd de bodem na de inzaai opnieuw goed aangedrukt door het perceel met de tractor spoor tegen spoor te berijden, om zo verdere uitdroging te voorkomen (**Figuur 2.12**).



Figuur 2.11: Proefopzet van de veldproef. De drie herhalingen (blokken) werden telkens opgedeeld in drie stroken, waarbij in een at random gekozen strook de oorspronkelijke vegetatie (1) werd behouden, een strook werd ingezaaid met rietwenkgras (2) en een strook met Engels raagras (3).



Figuur 2.12: Linksonder: het ingezaaide perceel werd spoor naast spoor aangereden om uitdroging van de bodem te minimaliseren. Linksboven: uitzetten van de percelen bij de veldproef. Links-centraal: het perceel werd gerold onmiddellijk na het zaaien. Rechts: de overstroming op 15 december 2017, waarbij de peilstok (centraal) een hoogte van 1,14 m boven het laagste punt van de veldproef aangaf.

2.3.3 Overstroming

Gedurende de winter werd het waterniveau in de Pezerbeek wekelijks opgevolgd met behulp van een vaste peilstok, waarvan het nulpunt gelijk was aan het laagste punt van het proefveld (**Figuur 2.12**). Aangezien de Pezerbeek rechtstreeks in verbinding staat met de IJzer, werden deze gemeten data vergeleken met het verloop van het waterpeil in de IJzer nabij de Fintele. Zo werd het verloop van het waterniveau in de Pezerbeek voor elke dag tussen de eigen metingen geïnterpoleerd. Het verloop van de overstromingen wordt weergegeven in sectie 3.3.1.

2.4 Statistische analyse en presentatie van de resultaten

Bij het uitvoeren van een statistische analyse op de verzamelde data, werd gebruik gemaakt van het verwerkingsprogramma RStudio (versie 3.4.0). Alle analyses gebeurden op het 5 % significantieniveau. Met behulp van ANOVA (analysis of variance) werd onder meer het effect van de grassoort en het voorafgegane overstromingsregime op de hergroei, opbrengst en zuurstofinhoud bij de potproef nagegaan. Om ANOVA toe te passen moeten de data normaal verdeeld en

homoscedastisch zijn. De normaliteit van de data werd getest door middel van een visuele analyse van de residuen via een plot van gestandaardiseerde residuen tegenover theoretische kwartielen (QQplot). Een rechte lijn duidt op normaliteit van de residuen. De homoscedasticiteit werd visueel nagegaan door interpretatie van de residuen ten opzichte van de gefitte waarden met behulp van de functie $lm()$. Bij het meervoudig vergelijken van gemiddelden werd gebruik gemaakt van een TukeyHSD-test (Tukey's Honest Significant Differences). De opbrengst werd gemodelleerd in functie van de overstromingsduur met behulp van de lm functie.

Hoofdstuk 3: Resultaten

3.1 Potproef

3.1.1 Weersgegevens

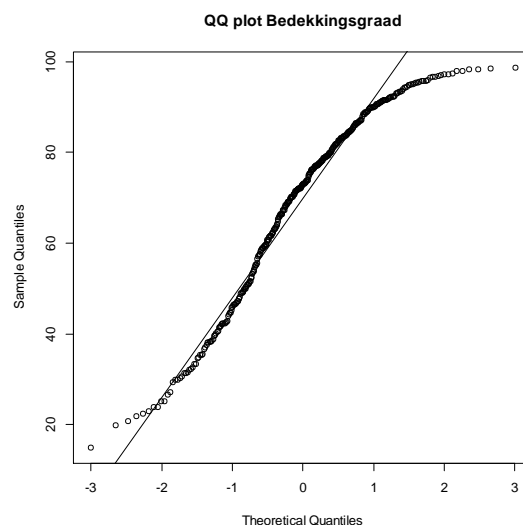
De week- en maandgemiddelden voor de temperatuur en de lichtintensiteit tussen 14 februari en 10 april 2018 in de verwarmde serre zijn weergegeven in **Tabel 3.1**. Deze waarden zijn berekend door telkens het gemiddelde te nemen van alle metingen binnen het tijdsinterval. Hierbij zijn zowel de temperaturen en lichtintensiteiten van overdag als 's nachts in meegerekend.

Tabel 3.1: Gemiddelde temperatuur T_{gem} (°C) en lichtintensiteit (lux) in de verwarmde serre te Melle bij de potproef in het voorjaar van 2018.

Maand	Dag	T_{gem} (°C)	Lichtintensiteit (lux)
Februari	14-20	16,1	3451,3
	21-28	11,3	4530,8
	14-28	13,7	3991,1
Maart	1-10	13,4	4539,9
	11-20	15,4	5755,2
	21-31	21,6	6700,5
	1-31	16,8	5665,2
April	1-10	25,2	8061,0

3.1.2 Bedekkingsgraad

Voor het uitvoeren van een variantie analyse (ANOVA), werd de normaliteit van de data gecontroleerd via een QQ plot (quantile-quantile plot) voor de residuen van de bedekkingsgraad. Op **Figuur 3.1** zijn geen noemenswaardige afwijkingen te zien van de diagonaal en kunnen we besluiten dat de assumpties voldaan zijn om een ANOVA uit te voeren.



Figuur 3.1: QQ plot van de bedekkingsgraad om de nodige voorwaarden voor ANOVA na te gaan.

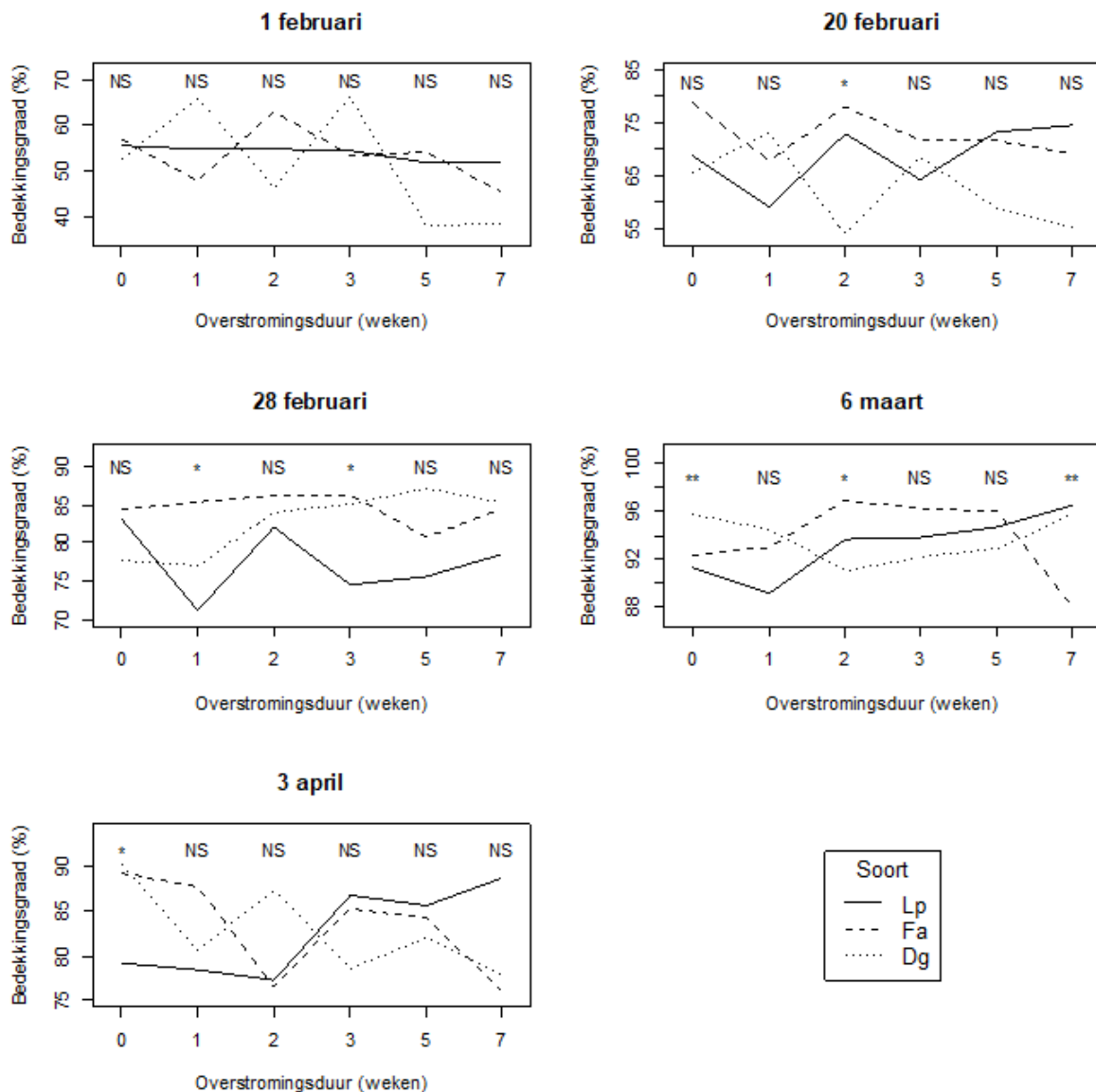
De factoren bij deze ANOVA zijn de soort, het overstromingsregime en de meetdatum. Aangezien er een significante interactie gevonden werd voor meetdatum:overstromingsregime:soort ($p=0.0188$), werd de dataset opgesplitst per meetdatum. Hierbij gingen we het effect na van de soort, het effect van het overstromingsregime en een eventuele interactie tussen beide voor elke meetdatum afzonderlijk. In **Tabel 3.2** zijn per meetdatum de gemiddelde bedekkingsgraad per soort en de gemiddelde bedekkingsgraad per overstromingsduur weergegeven. Hiernaast zijn telkens op die datum de p-waarden van de hoofdeffecten 'soort' en 'overstromingsduur' en het interactie-effect weergegeven.

Tabel 3.2: De gemiddelde bedekkingsgraad (%) per soort en per overstromingsduur (weken) voor elke meetdatum afzonderlijk. Hierbij zijn telkens de p-waarden voor het effect van de soort, de overstromingsduur en de interactieterm per meetdatum weergegeven. De overstroming ving aan op 4 december 2017.

			1 feb	20 feb	28 feb	6 mrt	20 mrt	27 mrt	3 apr
Gemiddelde per soort	Lp		53.7	68.8	77.5	93.2	36.1	65.9	79.7
	Fa		53.3	72.8	84.6	93.8	38.6	71.2	83.2
	Dg		51.3	62.6	82.7	93.7	33.0	69.6	82.8
Gemiddelde per overstromingsduur	0		55.0	71.1	81.8	93.1	35.6	70.6	86.2
	1		56.1	66.8	77.8	92.2	39.0	68.9	82.3
	2		54.6	68.4	84.1	93.9	35.8	70.3	80.4
	3		57.9	68.1	81.9	94.1	34.1	68.0	83.6
	5		47.9	67.8	81.2	94.5	37.7	69.4	84.0
	7		45.2	66.3	82.8	93.4	33.1	66.2	80.9
Soort		NS	0.0014	0.0001	NS	NS	NS	NS	NS
Overstromingsduur		0.0454	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Soort x Overstromingsduur		0.0483	0.0156	0.0373	0.0016	NS	NS	NS	0.0412

We stellen vast dat op 1 februari, 20 februari, 28 februari, 6 maart en 3 april het interactie-effect telkens significant was. Om dit beter te kunnen interpreteren, werd voor elke van deze meetdata een interactieplot opgesteld. Hierbij wordt de bedekkingsgraad weergegeven in functie van de overstromingsduur voor elke soort afzonderlijk (**Figuur 3.2**). Voor elke meetdatum werd de significantie van het effect van de factor 'soort' bij een bepaalde overstromingsduur vermeld.

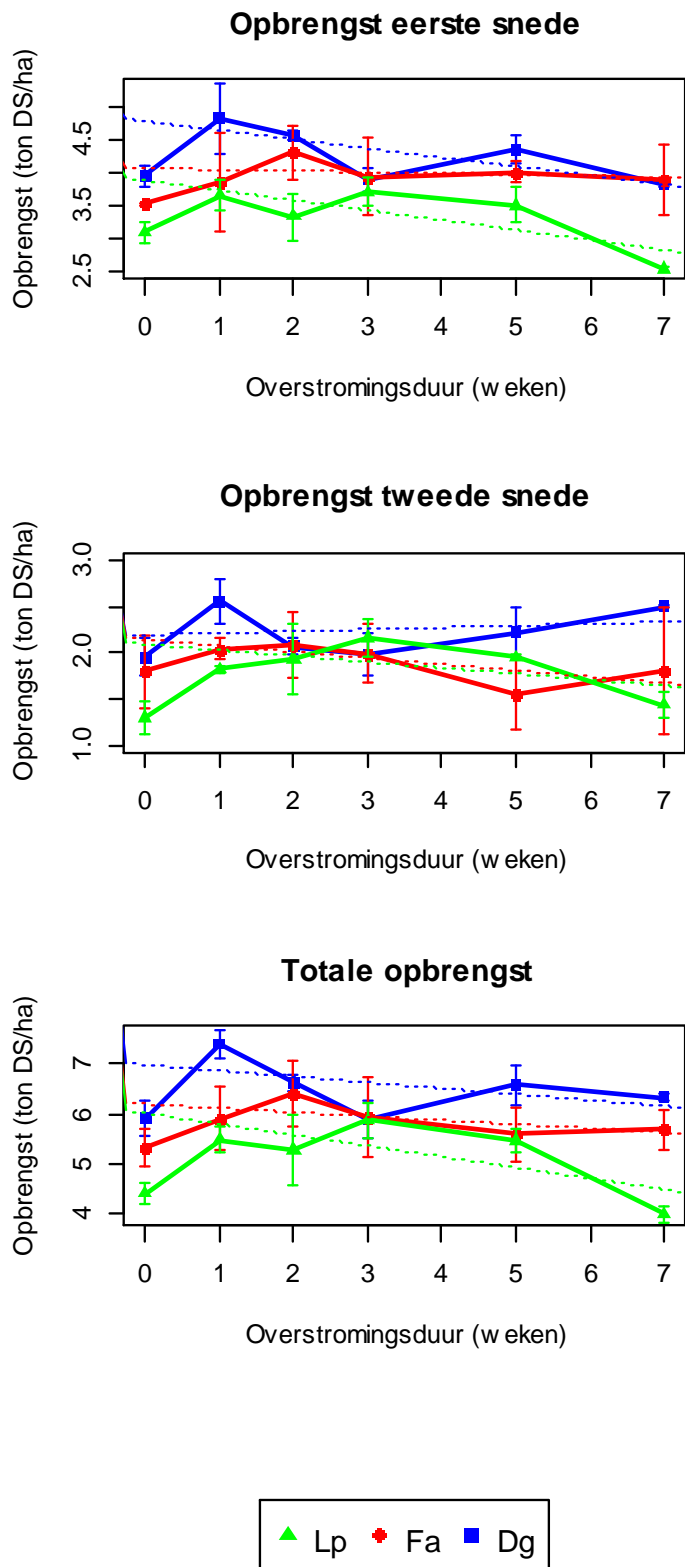
Bij **Engels raai gras** werd op 1 februari geen verschil waargenomen voor de bedekkingsgraad tussen de verschillende overstromingsregimes. Tijdens de metingen nadien was de bedekkingsgraad over het algemeen groter na een langere overstroming. **Rietzwenk gras** kende een vrij wisselend verloop van de bedekkingsgraad. Enkel na 7 weken overstroming werd tijdens de voorjaarsgroei vaak een verlaagde bedekkingsgraad waargenomen. Ook de bedekkingsgraad van **kropaar** kende geen eenduidige evolutie doorheen het voorjaar. Op 1 februari, 20 februari en 3 april werd de laagste bedekkingsgraad gemeten na de langste overstromingen.



Figuur 3.2: Interactieplots voor de meetdata waarbij een significant interactie-effect tussen de soort en de overstromingsduur werd waargenomen. Hierbij wordt de bedekkingsgraad (%) in functie van de overstromingsduur weergegeven voor elke soort afzonderlijk. Op elke figuur is weergegeven of op die meetdatum bij een bepaalde overstromingsduur de soort een significant effect heeft of niet (**: $p < 0.1$, *: $p < 0.05$, NS: niet significant). Lp: Engels raigras, Fa: rietzwenkgras, Dg: kropaar.

3.1.3 Grasopbrengst

Figuur 3.3 toont de opbrengsten van de potten in functie van de voorgaande overstromingsduur voor elke soort afzonderlijk. Per soort werd een regressierechte toegevoegd, waarbij de controle (0 weken overstroming) buiten beschouwing werd gelaten. Deze regressievergelijkingen worden weergegeven in Tabel 3.3. Voor zowel de eerste snede, de tweede snede als de totale opbrengst werd voor geen enkele soort een significante algemene lineaire daling of stijging van de opbrengst in functie van de overstromingsduur waargenomen.



Figuur 3.3: Opbrengst bij respectievelijk de eerste snede, de tweede snede en de totale opbrengst van de potten (ton DS/ha) in functie van de overstromingsduur die vooraf ging voor elke soort afzonderlijk (foutvlaggen: gemiddelde DS-opbrengst \pm standaardafwijking). Stippellijnen geven de regressierechten weer per soort voor de overstromingsduur van 1 tot 7 weken. De vergelijkingen hiervan zijn weergegeven in Tabel 3.3.

Tabel 3.3: De parameters van de regressierechten per snede en per soort ($opbrengst = a \times overstromingsduur + b$), voor een overstromingsduur van 1 tot 7 weken.

snede	soort	a	b	R ²	p-waarde (a)
Snede 1	Lp	-0.1506	3.8958	0.59	0.1268
	Fa	-0.0198	4.0762	0.07	0.6688
	Dg	-0.1342	4.7768	0.56	0.1432
Snede 2	Lp	-0.0656	2.0999	0.34	0.2992
	Fa	-0.0661	2.1397	0.53	0.1616
	Dg	0.0200	2.1970	0.03	0.7636
Snede 1+2	Lp	-0.2162	5.9957	0.52	0.1674
	Fa	-0.0859	6.2159	0.43	0.2278
	Dg	-0.1142	6.9738	0.25	0.3921

Aangezien er geen algemene lineaire trend werd vastgesteld voor de opbrengst in functie van de overstromingsduur, analyseerden we per soort of er significante verschillen in opbrengst tussen de individuele overstromingsduren aanwezig waren. Uit **Tabel 3.4** leiden we af dat rietzwenkgras geen significante invloed kende van de duur van de overstroming op de totale opbrengst, terwijl deze bij Engels raaigras en kropbaar wel aanwezig was. Bij geen enkele soort werd tijdens de overstroming een significant lagere opbrengst waargenomen ten opzichte van de niet-overstroomde controle. Bij Engels raaigras was de totale opbrengst na 7 weken overstroming beduidend lager ten opzichte van 1 tot en met 5 weken overstroming. De opbrengst bedroeg 3,99 ton DS/ha na 7 weken overstroming. Voor kropbaar was de opbrengst na 3, 5 en 7 weken overstroming significant lager dan na 1 week overstroming, waarbij kropbaar 7,40 ton DS/ha opleverde.

Tabel 3.4: De totale grasopbrengst (ton DS/ha) van de potten in functie van de soort voor elke overstromingsduur. Opbrengsten met een gelijke letter zijn niet significant verschillend van elkaar binnen dezelfde soort. De p-waarden slaan op het effect van de overstromingsduur binnen de soort.

overstromingsduur	Lp	Fa	Dg
controle	4.40 ^{bc}	5.32 ^a	5.90 ^b
1 week	5.48 ^a	5.91 ^a	7.40 ^a
2 weken	5.28 ^{ab}	6.40 ^a	6.63 ^{ab}
3 weken	5.87 ^a	5.94 ^a	5.89 ^b
5 weken	5.48 ^a	5.58 ^a	6.57 ^b
7 weken	3.99 ^c	5.70 ^a	6.33 ^b
p-waarde	0.0003	0.3850	0.0004

Hiernaast beschouwden we de invloed van de soort per overstromingsduur afzonderlijk. Uit **Tabel 3.5** leiden we af dat, op de overstromingsduur van 2 en 3 weken na, een significante invloed van de soort werd waargenomen. Doorgaans leverde kropbaar de hoogste opbrengst, waarbij rietzwenkgras steeds nauw aansloot. Engels raaigras kende steeds de laagste droge stof opbrengst.

Tabel 3.5: De totale grasopbrengst (ton DS/ha) van de potten in functie van de overstromingsduur voor elke soort. Opbrengsten met een gelijke letter zijn niet significant verschillend van elkaar binnen dezelfde voorafgegane overstromingsduur. De p-waarden slaan op het effect van de soort binnen de overstromingsduur.

soort	controle	1 week	2 weken	3 weken	5 weken	7 weken
Lp	4.40 ^b	5.48 ^b	5.28 ^a	5.87 ^a	5.48 ^b	3.99 ^b
Fa	5.32 ^a	5.91 ^b	6.40 ^a	5.94 ^a	5.58 ^{ab}	5.70 ^a
Dg	5.90 ^a	7.40 ^a	6.63 ^a	5.89 ^a	6.57 ^a	6.33 ^a
p-waarde	0.0041	0.0039	0.0533	0.9870	0.0275	7.49e-05

3.1.4 Zuurstofinhoud bodem

Op **Figuur 3.4** zijn de zuurstofconcentraties in functie van het meettijdstip weergegeven voor elke soort afzonderlijk. De figuur werd opgedeeld in twee grafieken: een grafiek voor de controle en een grafiek voor de overstroomde potten. De metingen gebeurden op het moment dat de potten, na 1, 2, 3, 5 of 7 weken overstroming, uit het water kwamen; voor de controles werden dezelfde momenten aangehouden (resp. 11 dec., 18 dec., 25 dec., 8 jan. en 23 jan.). Wanneer we beide regimes afzonderlijk interpreteren, bemerken we telkens een significante invloed van de meetdatum². Bij de overstroomde potten is eveneens een soorteneffect aanwezig. In beide gevallen is geen significante interactie tussen beide. P-waarden zijn weergegeven in **Figuur 3.4**.

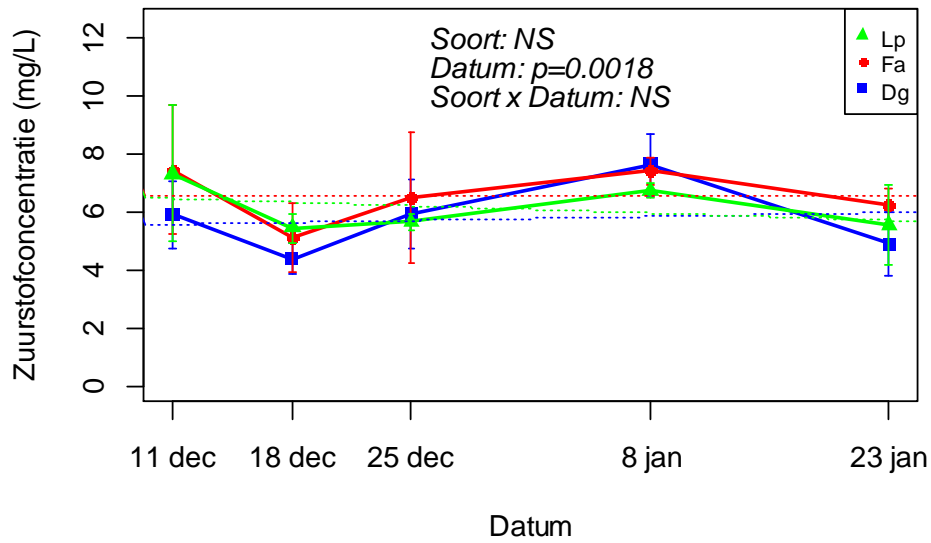
Bij de **controlepotten** vertoonden de drie grassoorten een gelijkaardig verloop van de zuurstofconcentratie. Er werden tussen de grassoorten geen significant verschillende zuurstofconcentraties gemeten. De datum van de meting kende wel een significante invloed: tussen 11 en 18 december toonde het zuurstofgehalte in de controlepotten een daling ($p=0.0163$), dan een geleidelijke stijging tot 8 januari ($p=0.0030$), opnieuw gevolgd door een daling tot 23 januari ($p=0.0426$). Tussen overige meetdata werden onderling geen significante verschillen vastgesteld. Er werd bij de controlepotten voor geen enkele grassoort een significante lineaire trend gevonden over alle meetdata heen (**Tabel 3.6**).

Het zuurstofgehalte in de **overstroomde potten** vertoonde bij elke grassoort een vergelijkbare dalende trend tussen 11 december en 25 december. Hierna vertoonde Engels raaigras een stagnatie in de zuurstofconcentratie tot 23 januari, terwijl kroppaar en rietzwenkgras een stijgende zuurstofconcentratie kenden in deze periode. Over alle metingen heen kende Engels raaigras een significant lagere gemiddelde zuurstofconcentratie dan rietzwenkgras ($p=0.0014$). Ook bij deze overstroomde potten werd voor geen enkele grassoort een significante lineaire trend gevonden over alle meetdata heen (**Tabel 3.6**), terwijl hier wel een lineaire daling van de zuurstofconcentratie verwacht werd naarmate de overstroming langer duurde.

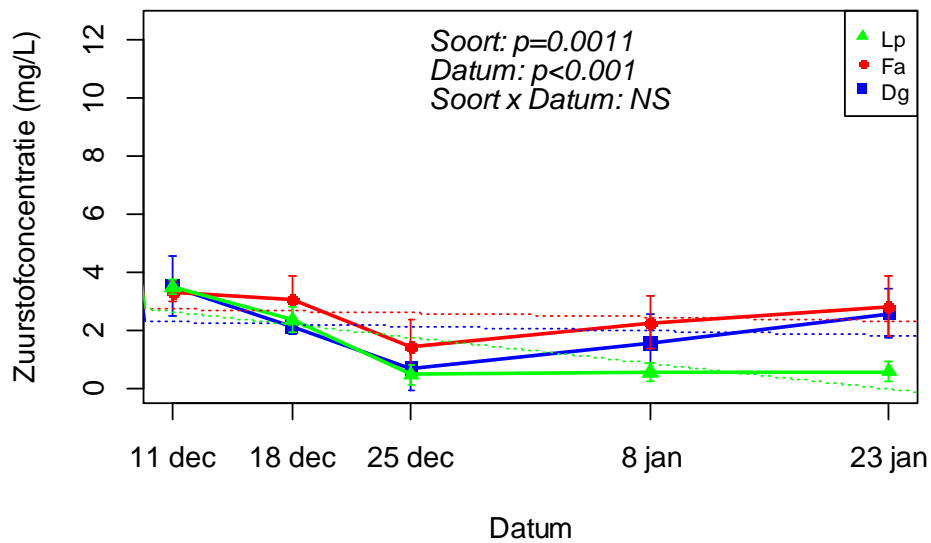
Als we de zuurstofconcentraties in de **controlepotten vergelijken** met deze in de **overstroomde potten**, lag dit zuurstofgehalte bij de controlepotten meestal hoger dan bij de overstroomde. Enkel werd voor kroppaar bij de metingen op 4 en 11 december geen significant verschil waargenomen.

² Bij het regime 'Overstroomd' staat de meetdatum rechtstreeks in verband met de overstromingsduur. De overstroming begon namelijk op 4 december en duurde ten langste tot 23 januari. Omdat de controlepotten echter geen overstroming ondergingen, verkiezen we hier om de zuurstofconcentratie uit te drukken in functie van de meetdatum.

Controle



Overstroomd

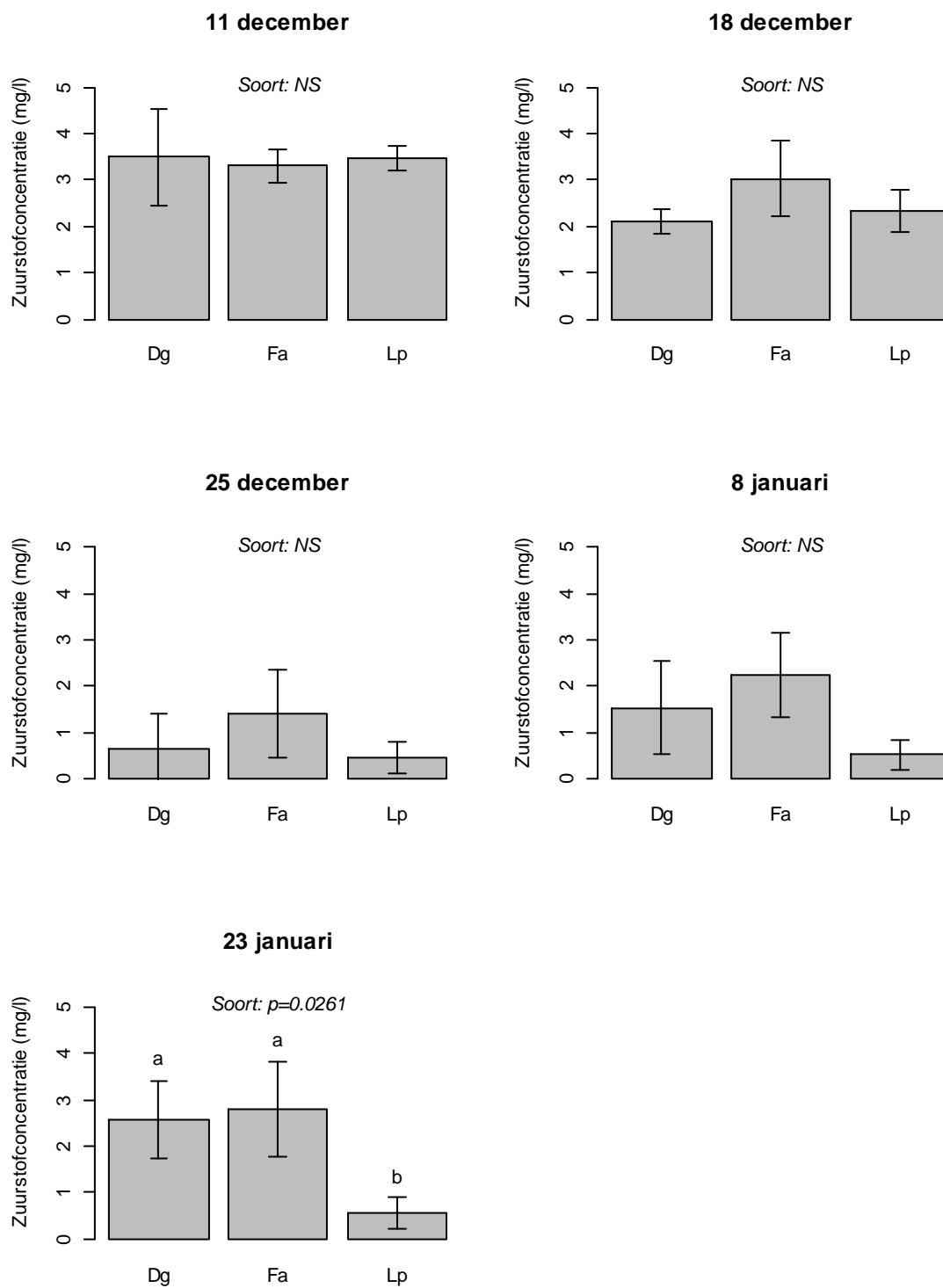


Figuur 3.4: Zuurstofconcentratie (mg/L) in de potten in functie van de meetdatum, voor elke soort afzonderlijk. De metingen zijn opgedeeld in de niet-overstroomde controle en de overstroomde potten. De meetdata zijn de data waarop de overstroomde potten uit het water kwamen na respectievelijk 1, 2, 3, 5 of 7 weken; voor de controle werden dezelfde meetmomenten aangehouden (foutvlaggen: gemiddelde zuurstofconcentratie \pm standaardafwijking)

Tabel 3.6: De parameters van de regressierechten per regime en per soort ($\text{zuurstofconcentratie} = a \times \text{datum} + b$), voor de metingen van 4 december tot 23 januari.

Regime	soort	a	b	R ²	p-waarde (a)
Controle	Lp	-0.1233	6.5971	0.13	0.5565
	Fa	0.0023	6.5517	3.3e-05	0.9927
	Dg	0.0609	5.5540	0.01	0.8493
Overstroomd	Lp	-0.4463	3.0799	0.62	0.1130
	Fa	-0.0701	2.8058	0.05	0.7177
	Dg	-0.0856	2.3816	0.04	0.7550

Om het soorteffect op het zuurstofgehalte van de overstroomde potten meer in detail te onderzoeken, werd de invloed van de soort voor elke meetdatum afzonderlijk nagegaan. Deze zijn weergegeven in **Figuur 3.5**. Enkel op 8 januari, na 7 weken overstroming, was een significant effect van de soort waarneembaar. Het O₂-gehalte van rietzwenkgras was 2,2 mg O₂/L hoger dan dat van Engels raaigras. Op de andere tijdstippen werden geen significant verschillende zuurstofgehalten gemeten tussen de verschillende grassoorten.



Figuur 3.5: Zuurstofconcentratie (mg/L) van de overstromde potten voor elke meetdatum afzonderlijk. Per datum kennen soorten met eenzelfde letter geen significant verschil in zuurstofconcentratie. Op de verschillende data hadden de potten respectievelijk 1 (11 dec), 2 (18 dec), 3 (25 dec), 5 (8 jan) of 7 (23 jan) weken overstroming ondergaan (foutvlaggen: gemiddelde zuurstofconcentratie \pm standaardafwijking).

3.2 Lysimeterproef

3.2.1 Weersgegevens

De inzaai en groei van het gras in de lysimeters vonden plaats in de tweede helft van 2017. De gemiddelde temperatuur tijdens deze opgroei stemde vrij goed overeen met het langjarig gemiddelde (1981-2014). Tussen 1 augustus en 30 november 2017 was deze gemiddeld 13,4 °C, terwijl het langjarig gemiddelde 12,6 °C bedraagt. Ook tijdens de wintermaanden (1 december tot 28 februari) lag de gemiddelde temperatuur in 2017-2018 (4,0 °C) net boven het langjarig gemiddelde (3,8 °C). Eveneens was de temperatuur in het voorjaar (1 maart tot 30 april) in 2018 (9,1 °C) 1°C hoger dan het langjarig gemiddelde van 1981-2014 (8,1 °C). **Tabel 3.7** geeft de gemiddelde temperatuur, neerslaghoeveelheid en zonne-instraling gemeten te Melle voor de periode die de opgroei van de grassoorten in de lysimeterproef omvat. Hierbij werden telkens maandgemiddelden toegevoegd voor de periode van 1981-2014.

Tabel 3.7: Weergegevens: gemiddelde temperatuur per dag (T_{gem}) (°C) ((minimum temperatuur + maximum temperatuur)/2), neerslag (mm) en gemiddelde zonne-instraling per dag (I_{gem}) (J/cm²) gemeten in het meteorologisch station in Melle van 1 mei 2017 tot 30 april 2018.

Maand	Dag	T_{gem}	Norm. T_{gem} ³	Neerslag	Norm. Neerslag ⁴	I_{gem}	Norm. I_{gem} ⁵
Mei	1-10	10,2		12,8		1336,4	
	11-20	16,2		9,7		1706,0	
	21-31	18,6		3,3		2320,7	
	1-31	15,0	13,3	25,8	59,7	1787,7	1690,4
Juni	1-10	17,5		22,4		2204,7	
	11-20	19,3		0,0		2355,0	
	21-30	19,5		2,5		1730,5	
	1-30	18,8	15,9	24,9	75,1	2096,7	1870,7
Juli	1-10	18,6		26,6		1891,2	
	11-20	18,5		16,2		1736,9	
	21-31	18,0		24,4		1691,7	
	1-31	18,4	18,1	67,2	81,2	1773,3	1788,2
Augustus	1-10	17,2		34,9		1487,4	
	11-20	17,5		28,0		1380,5	
	21-31	19,2		23,6		1542,3	
	1-31	18,0	17,9	86,5	86,7	1470,1	1589,9
September	1-10	15,4		26,5		1053,1	
	11-20	13,1		33,0		1163,2	
	21-30	14,7		8,0		1108,1	
	1-30	14,4	14,5	67,5	68,6	1108,1	1106,1
Oktober	1-10	13,2		22,7		699,9	
	11-20	15,9		8,6		805,4	
	21-31	12,0		15,1		476,4	
	1-31	13,7	11,0	46,4	78,7	660,6	657,5
November	1-10	7,9		12,2		500,4	
	11-20	7,2		24,3		316,6	
	21-30	6,8		86,3		311,5	
	1-30	7,3	6,9	122,8	74,2	376,2	324,0
December	1-10	3,1		26,7		179,4	
	11-20	3,2		67,4		190,2	
	21-31	7,3		46,0		152,7	
	1-31	4,5	4,1	140,1	87,4	174,1	199,7
Januari	1-10	6,2		35,3		146,4	
	11-20	4,8		28,2		250,4	
	21-31	7,0		27,6		300,6	
	1-31	6,0	3,5	91,1	71,7	232,5	272,9
februari	1-10	1,8		21,7		255,6	
	11-20	3,6		11,9		318,3	
	21-28	-0,7		0,0		557,1	
	1-28	1,6	3,8	33,6	55,3	377,0	484,6
maart	1-10	4,7		22,7		661,7	
	11-20	5,8		34,8		854,4	
	21-31	6,2		25,4		942,2	
	1-31	5,6	6,7	82,9	60,0	819,4	896,3
april	1-10	11,5		20,6		1224,9	
	11-20	13,7		8,3		1594,2	
	21-30	12,4		21,8		1339,8	
	1-30	12,5	9,5	50,7	47,8	1386,3	1455,0

³ Gemiddelde temperatuur in de periode 1981-2014

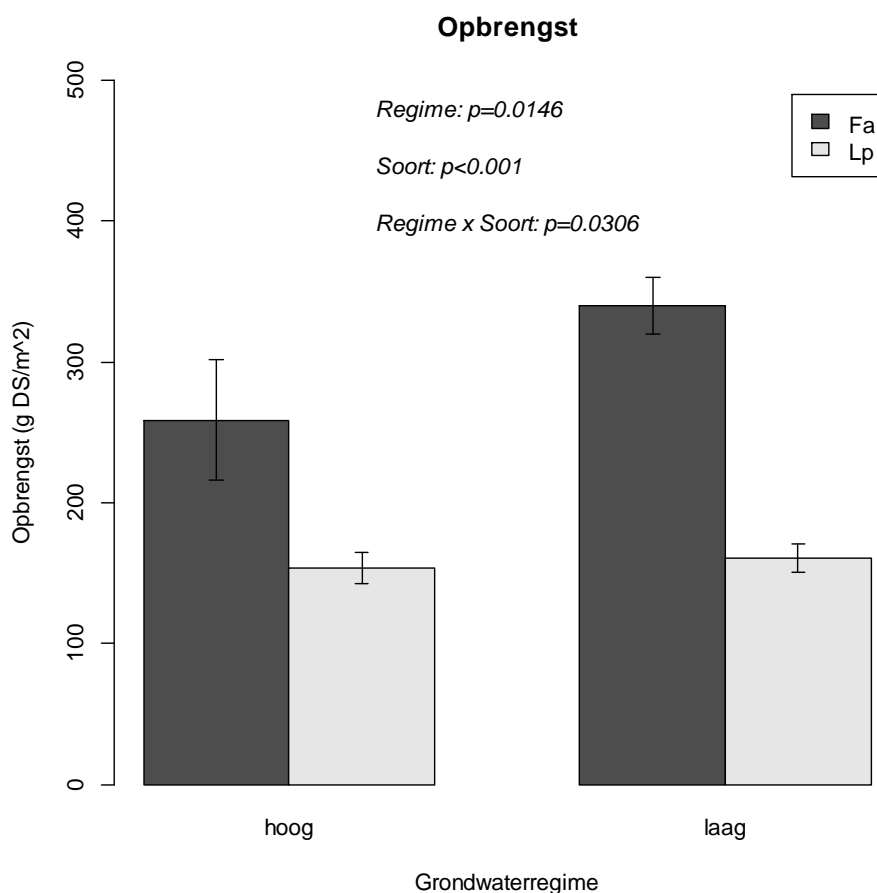
⁴ Gemiddelde neerslag in de periode 1981-2014

⁵ Gemiddelde zonne-instraling in de periode 1981-2014

3.2.2 Opbrengstbepaling

De opbrengst van de lysimeters wordt voorgesteld in **Figuur 3.6**. De opbrengst varieerde tussen 173 g DS/m² bij Engels raaigras met een hoge grondwatertafel en 383 g DS/m² bij rietzwenkgras met een lage grondwatertafel. Zowel de factor 'regime', de factor 'soort' als de interactieterm kenden een significant effect. P-waarden zijn weergegeven op **Figuur 3.6**.

Indien we de soorten afzonderlijk beschouwen, stellen we vast dat rietzwenkgras een significant hogere opbrengst had dan Engels raaigras, zowel bij het hoge ($p=0.0141$) als bij het lage grondwaterregime ($p=0.0002$). Wanneer we de grondwaterregimes apart beschouwen voor beide soorten, merken we dat rietzwenkgras significant benadeeld werd door de hogere grondwatertafel ($p=0.0400$), terwijl dit bij Engels raaigras geen significant effect leverde op de opbrengst.

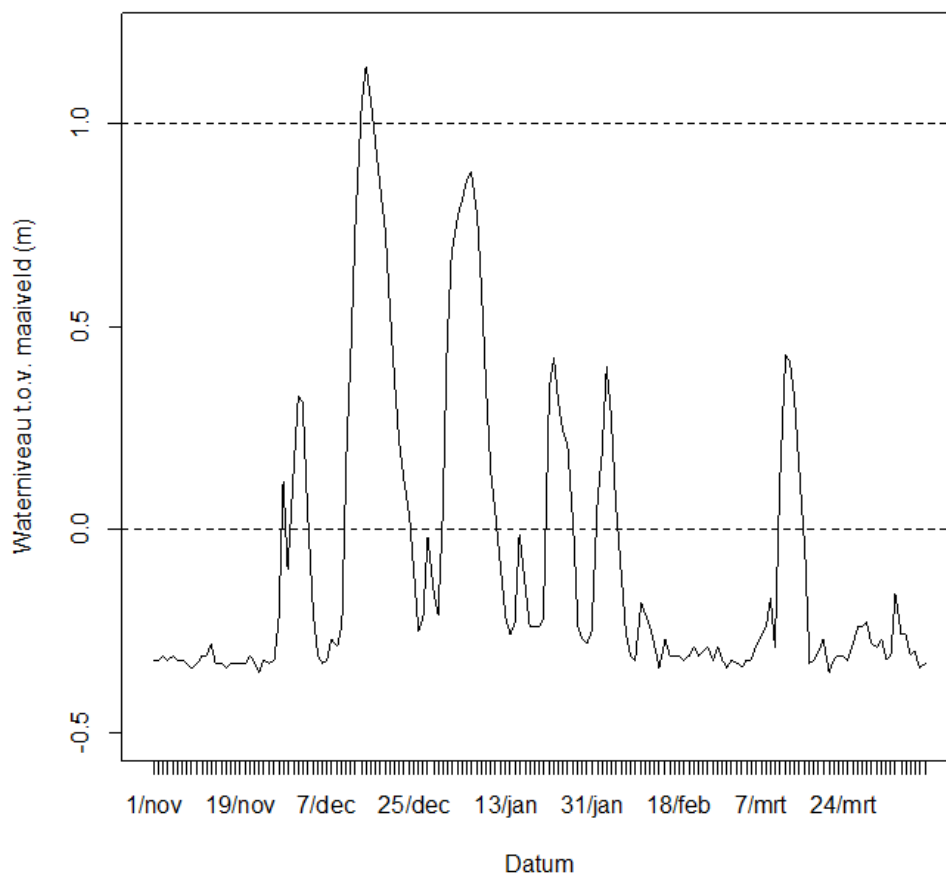


Figuur 3.6: Opbrengst van de lysimeters (g DS/m²) in functie van het grondwaterregime voor elke soort afzonderlijk (foutvlaggen: gemiddelde DS-opbrengst ± standaardafwijking). Hoog: gemiddelde jaarlijkse grondwaterstand van 10 cm-mv; laag: gemiddelde jaarlijkse grondwaterstand van 50 cm-mv. Detail van het verloop van het waterpeil: zie **Figuur 2.7**.

3.3 Veldproef

3.3.1 Overstroming

Met behulp van de wekelijkse meting van het waterpeil in de beek grenzend aan het proefveld en de metingen op *Waterinfo.be* werd het verloop van het waterniveau van 1 november tot en met 9 april opgesteld. Buiten dit tijdsinterval kende de veldproef geen overstroming. Het verloop van het waterpeil is weergegeven in **Figuur 3.7**. Gedurende de winter van 2017-2018 werd het proefperceel verschillende malen overstroomd. In totaal kende het laagste punt van de veldproef 46 overstromingsdagen, terwijl het hoogste punt slechts 3 dagen overstroomd werd. Op 15 december 2017 werd het maximale niveau bereikt, waarbij het laagste punt 1,14 m overstroomd werd, terwijl het hoogste punt op die dag 14 cm overstroomd werd (**Figuur 3.8**).



Figuur 3.7: Verloop van het waterpeil in de Pezerbeek, grenzend aan de veldproef, van 1 november 2017 tot 9 april 2018. Het laagste punt van de veldproef werd genomen als referentie voor het maaiveld. Het hoogste punt van de veldproef lag 1 m boven het referentieniveau.



Figuur 3.8: Beeld van de omgeving van het proefveld tijdens de overstroming op 15 december 2017. De veldproef zelf was op dit moment volledig onbereikbaar.

3.3.2 Visuele beschouwing

Het tijds kader van de masterproef liet het niet toe om een degelijke opbrengstbepaling van de veldproef uit te voeren. Wel werd tijdens het voorjaar van eind februari tot begin mei wekelijks een fotoreeks getrokken om de evolutie van de hergroei op te volgen. Elke foto werd genomen op de grens tussen twee percelen van de veldproef om het verschil in de hergroei beter waar te nemen. In volgende pagina's zijn per week drie foto's weergegeven. Hiervan is de eerste foto getrokken op de grens tussen de oorspronkelijke vegetatie (links) en Engels raaigras (rechts). De tweede foto omvat het verschil tussen Engels raaigras (links) en rietzwenkgras (rechts). De laatste foto toont telkens het verschil aan tussen rietzwenkgras (links) en de oorspronkelijke vegetatie (rechts).

De foto's zijn genomen vanuit de laagstgelegen zijde van het proefveld, gericht naar het hoger gelegen deel. Vooral bij de percelen met Engels raaigras was te zien dat vanaf begin april de hergroei vlotter hernam op het hoger gelegen gedeelte en hier ook meer planten de overstroming overleefden.

De oorspronkelijke vegetatie kende op beide hoogtes de sterkste hergroei gedurende het voorjaar ten opzichte van het rietzwenkgras en het Engels raaigras. Op het hoger gelegen gedeelte leken rietzwenkgras en Engels raaigras een gelijkaardige hergroei te kennen. Op het laaggelegen gedeelte had de overstroming duidelijk zijn effect gekend: bij het Engels raaigras was het bestand sterk uitgedund, terwijl bij rietzwenkgras wel merendeel van de planten de wateroverlast overleefden.

24 februari 2018



3 maart 2018



10 maart 2018



18 maart 2018



24 maart 2018



31 maart 2018



8 april 2018



15 april 2018



22 april 2018



28 april 2018



6 mei 2018



Hoofdstuk 4: Discussie

In deze masterproef testten we de tolerantie van Engels raaigras en rietzwenkgras onder wateroverlast. Het doel is om een goede grasproductie met een aanvaardbare voederwaarde te bekomen op percelen die onderhevig zijn aan overstromingen. Daarbij is het van belang dat de planten de overstroming zelf overleven, alsook goed gedijen bij een verhoogde grondwatertafel in het voorjaar. Hieronder worden de belangrijkste resultaten uit de praktische proeven besproken en vergeleken met verwachtingen en bevindingen vanuit de literatuur.

4.1 Tolerantie aan de overstroming

4.1.1 Bedekkingsgraad en opbrengst in functie van de duur van de overstroming

Bij het (her)inzaaien van een overstromingsgevoelig perceel is de keuze van de grassoort belangrijk. Via de **potproef** werd getest hoe Engels raaigras, kropbaar en rietzwenkgras reageren op verschillende uren van wateroverlast tijdens de winter. Op vlak van de bedekkingsgraad werd net na de overstromingen geen verschil waargenomen tussen soorten of tussen de verschillende overstromingsduren. Dit betekent dat geen of slechts weinig spruiten afstierven door de wateroverlast. Ook tijdens de voorjaarsgroei werden geen eenduidige invloeden waargenomen van de overstroming op de bedekkingsgraad van de grassoorten. Desondanks werden in de grasopbrengst wel verschillen gemeten. Na 7 weken overstroming vertaalt de invloed van de wateroverlast zich in een lagere totale grasproductie voor Engels raaigras. De eerste en tweede snede samen leverden in deze situatie slechts 3,99 ton DS/ha, terwijl Engels raaigras bij een overstromingsduur van 1 tot 5 weken steeds 5,5 ton DS/ha opleverde. Rietzwenkgras kende geen invloed van de overstroming en bracht bij elk regime gemiddeld 5,91 ton DS/ha op. Kropbaar kende een lichte daling van de totale opbrengst naargelang de overstroming langer duurde. Na 3 tot 7 weken wateroverlast bracht kropbaar 6,26 ton DS/ha op, terwijl na 1 week een opbrengst van 7,4 ton DS/ha werd gemeten.

Op basis van de literatuur werd verwacht dat Engels raaigras de sterkste hinder zou ondervinden door de wateroverlast. Rietzwenkgras werd steeds als een grassoort met een goede overstromingstolerantie beschouwd, terwijl kropbaar deze tolerantie van rietzwenkgras benaderde (Bonitz & Adolf, 1995b; Gilbert & Chamblee, 1965; Schuschke & Bischoff, 1980a, 1980b; Willemsen, 1976).

Deze trends werden echter niet waargenomen tijdens het meten van de bedekkingsgraad in deze studie. Bij alle grassoorten herpakte de groei zich opmerkelijk goed, ongeacht het overstromingsregime. Dit leidde tot vrij gelijkaardige opbrengsten per grassoort in functie van de overstromingsduur. Wel werd na 7 weken overstroming een daling vastgesteld bij Engels raaigras voor de totale opbrengst. Bij kropbaar werd een significante daling waargenomen tussen de opbrengst na 1 en 2 weken overstroming. Langer durende wateroverlast had geen verder dalend effect. Bij rietzwenkgras had de overstroming geen invloed op de opbrengst. Bij het vergelijken van de soorten onderling, kende Engels raaigras steeds de laagste totale opbrengst. Tussen 2 en 7 weken overstroming was de opbrengst tussen rietzwenkgras en kropbaar nooit significant verschillend. Dit verloop van de totale opbrengsten was niet volledig in de lijn van de verwachtingen. We verwachtten

immers een effect van de overstromingsduur op de grasopbrengst, waarvan dit effect groter zou zijn bij Engels raaigras dan bij rietzwenkgras.

De geringe invloed van de overstroming kan te wijten zijn aan de goede vestiging die de grassen in de potten kenden. De opkweek duurde voldoende lang om stevige grasspruiten te bekomen en het gras kende in de jeugdgroei geen negatieve effecten van droogte door de tijdige beregening. Het gras werd nog een laatste maal gemaaid één maand voor het ingaan van de overstroming. Schuschke en Bischoff (1980c) vonden dat het maaien van een najaarssnede een gunstig effect heeft op de overleving van grassen bij een overstroming gedurende het vroege voorjaar (15/3 - 15/4, 30 cm hoog). Bij Engels raaigras was het effect bijzonder groot. Het proefperceel waar de maaibeurt uitgevoerd werd, bracht het jaar na de overstroming in totaal *circa* 11 ton DS/ha op, terwijl het perceel zonder najaarssnede slechts de helft opbracht. Het effect van de najaarssnede was voor overstromingstolerantere grassen als rietgras en grote vossenstaart minder uitgesproken. Bij de potproef waren tijdens de eerste 20 dagen van de overstroming de temperaturen vrij laag voor de tijd van het jaar (gemiddeld 3,15°C in 2017 tegenover gemiddeld 4,10°C tussen 1981-2014). Hierdoor koelde het overstromingswater snel af tot *circa* 5°C. Drew (1983) en van Eck et al. (2005) stelden dat een lage watertemperatuur een gunstig effect kent op de overleving van de planten. Enerzijds bevat koud water meer zuurstof dan warm water, anderzijds daalt het metabolisme sterker bij koudere temperaturen, wat het verbruik van reservestoffen afremt.

Het water gebruikt tijdens de overstromingen was helder, wat eveneens een positief effect kan betekenen op de overstromingstolerantie. van Eck et al. (2005) stelden immers dat overstromingswater geladen met sedimenten kan zorgen voor lichtreflectie en –exclusie en aldus de fotosynthese van de plant extra kan remmen.

Een andere factor die kan verklaren waarom de potproef niet de verwachte resultaten opleverde, zou de beperkte bewortelingsdiepte van de grasplanten in deze potten kunnen zijn. De droogtetolerantie van rietzwenkgras wordt in grote mate verklaard door zijn diepe beworteling. Het zou kunnen dat deze beworteling ook een rol speelt bij de overstromingstolerantie, en dat de beperkte diepte van de potten verhindert dat er een uitgesproken soorteffect was bij deze proef. Op basis van de waarnemingen van deze proef kan besloten worden dat het erg moeilijk is om een natuurlijke overstroming na te bootsen in een potproef.

4.1.2 Overstroming versus controle

Bij de **potproef** werd onder overstromingsomstandigheden nooit een opbrengst gemeten die lager was dan de controlepotten van elke soort. De hoogste opbrengst werd bij Engels raaigras, rietzwenkgras en kroppaar respectievelijk na drie, twee en één week overstroming bekomen (**Tabel 3.4**). De maximale opbrengst was telkens 1 à 1,5 ton DS/ha hoger dan de controle. Enkel Schuschke en Bischoff (1980a) beschreven een proef waarbij de opbrengst van Engels raaigras na een overstromingsproef van 7 dagen in het najaar een meeropbrengst van 8 % kende dan de controle. In andere proeven met kroppaar, rietzwenkgras of Engels raaigras werd steeds een daling van de opbrengst gevonden onder wateroverlast ten opzichte van het controleobject (Gilbert & Chamblee, 1965; Schuschke & Bischoff, 1980a, 1980b).

Een verklaring voor deze opmerkelijke trend kunnen de lage temperaturen zijn van begin december 2017. De eerste helft van december kende 8 dagen waar de minimumtemperatuur onder het

vriespunt zakte (tot -4°C op 2/12). Het is mogelijk dat de controlepotten een negatieve impact kenden door deze lage temperaturen. Doordat de grassen in potten gezaaid werden en de controlepotten in openlucht stonden, is de plant rondom rond toegankelijk voor vorst. Alle andere potten waren op dat moment nog in het waterbassin. Hierin speelt het water als temperatuurbuffer, waardoor de overstroomde potten nooit blootgesteld waren aan negatieve temperaturen⁶. Hiernaast waren de controlepotten blootgesteld aan een overvloedig pak sneeuw dat viel op 10 en 11 december 2017 (KMI, 2018). Het weersstation gaf voor deze dagen samen een neerslaghoeveelheid van 40 mm weer. Het KMI besloot dat er op 12 december nog een laag van 10 à 14 cm sneeuw resteerde. De Vliegheer et al. (2015) stelden dat sneeuw een sterke negatieve impact kan hebben op grasland.

4.1.3 Verbruik van beschikbare zuurstof in de bodem

In deze proef werd het zuurstofgehalte gemeten in de **potten**. We verwachtten dat de grassen waarbij de hoogste zuurstofconcentratie gemeten werd tijdens de overstroming, een lager zuurstofverbruik kenden. Vanuit de literatuur vermoedden we dat grassoorten met een lager zuurstofverbruik langer de overstroming zouden kunnen overleven. De verlaagde beschikbaarheid aan zuurstof onder overstromingsomstandigheden werd duidelijk waargenomen bij deze metingen: het zuurstofgehalte in de controlepotten was steeds hoger dan in de potten die net uit het water gehaald werden. Bij de overstroomde potten werd gemiddeld over alle overstromingsregimes heen een significant hogere zuurstofinhoud gevonden bij rietzwenkgras ten opzichte van Engels raaigras (**Figuur 3.5**). Dit kan erop wijzen dat rietzwenkgras een lager metabolisme kent tijdens de overstroming en aldus zuiniger omspringt met de beschikbare zuurstof. Hierdoor kan de aërobe wortelrespiratie langer doorgaan, wat het uitputten van de koolhydraatreserves vertraagt. Dit kan de algemene aanvaarde overstromingstolerantie van rietzwenkgras verklaren.

Dit lager metabolisme van rietzwenkgras ten opzichte van Engels raaigras lag in de lijn van de verwachting. De bladschijven van rietzwenkgras sterven veelal af in de winter, waardoor de rietzwenkgraszodes er geel en dor uitzien, terwijl Engels raaigras gedurende een groot deel van de winter blijft groeien (M. Cougnon, persoonlijke mededeling).

4.2 Tolerantie aan de verhoogde grondwatertafel

In de **lysimeters** maten we bij beide grondwaterregimes een hogere opbrengst voor rietzwenkgras ten opzichte van Engels raaigras. Bij een verhoging van de grondwatertafel (van gemiddeld 50 cm-mv naar 10 cm-mv) kende rietzwenkgras een significante opbrengstderving, terwijl Engels raaigras eenzelfde droge stof opbrengst leverde (**Figuur 3.6**). Een voldoende diepe afwatering waardoor in het voorjaar sneller een lagere GWT bereikt zou worden, zou hier gunstig zijn in het geval van rietzwenkgras. Ook in de literatuur wordt beschreven dat een verlaagde grondwatertafel een gunstig effect kent op de stikstofvrijstelling in de bodem en de zuurstofbeschikbaarheid voor de wortels, wat zich vertaalt in betere opbrengsten (Minderhoud, 1960; Schothorst, 1978).

Een verlaagde grondwatertafel kan in de zomermaanden weliswaar leiden tot diepgaande uitdroging op veengronden (Schothorst, 1975; Wind, 1963). Rietzwenkgras kan, naast zijn goede tolerantie

⁶ De watertemperaturen werden niet weergegeven, wegens een onnauwkeurigheid van de temperatuurregistratie tijdens bepaalde weken.

tegen overstroming, ook hier potentieel bieden met zijn goede droogtolerantie. Deze grassoort is immers gekend als een plant die efficiënter omspringt met water dan Engels raaigras en ook bij een lagere grondwatertafel een behoorlijke productie en persistentie kent door zijn diepgaand wortelstelsel (Cougnon, 2013).

De opbrengsten van rietzwenkgras (en kropbaar) lagen in beide proeven meestal hoger dan deze van Engels raaigras. Dit kan, naast de betere overstromingstolerantie, te verklaren zijn door het feit dat het opbrengstpotentieel van deze grassen hoger ligt dan dit van Engels raaigras. De Wit et al. (2012) vermeldden een jaarproductie (5 sneden; 500 kg N) voor Engels raaigras van 13,8 ton DS/ha, terwijl kropbaar 15,7 ton DS/ha en rietzwenkgras 15,3 ton DS/ha opleverden. Cougnon (2013) vond dat rietzwenkgras in drie opeenvolgende jaren 15,5 ton DS/ha, 14,4 ton DS/ha en 17,0 ton DS/ha opleverde (5 sneden; 300 kg N). Engels raaigras kende onder dezelfde proefomstandigheden een droge stof opbrengst die respectievelijk 13 %, 22 % en 35 % lager lag.

4.3 Overstroming van grasland in de praktijk

Engels raaigras en rietzwenkgras werden met behulp van de **veldproef** onderworpen aan overstromingsomstandigheden *in situ*. Hierbij werd op deze percelen de oude vegetatie afgedood en het nieuwe gras ingezaaid. Herinzaai van een grasperceel moet weloverwogen gebeuren en wordt pas aangeraden bij het bereiken van enkele criteria. Remmelink et al. (2017) stellen dat vernieuwing van de graszode pas is aangewezen bij sterke fysische beschadiging of bij het voorkomen van een groot aandeel matige of slechte grassoorten. Kweek is de belangrijkste indicator bij deze beslissing: indien een goed grasland meer dan 20 % kweek bevat, is herinzaai aangeraden. Bij vochtige graslanden ligt deze drempelwaarde op 25 %. In de literatuur, waar testen voor graslandverbetering *in situ* werden uitgevoerd, werd vaak een te hoog aandeel kweek genoemd bij de redenen voor de herinzaai (Bonitz & Adolf, 1995a; Willemsen, 1976). Het proefperceel in Stavele werd pleksgewijs compleet gedomineerd door kweek.

Bij de herinzaai zijn goede zaaiomstandigheden een must. Inzaai in het najaar geeft in het algemeen een lagere opbrengstderving op het grasland, omdat zowel de eerste sneden van de huidige vegetatie nog geoogst kunnen worden en het nieuwe grasland zich tegen het volgende voorjaar al voldoende kan ontwikkelen. In het najaar is doorgaans de neerslaghoeveelheid voldoende om uitdroging van graszaden en –spruiten te voorkomen, dit in tegenstelling tot de zomer. Zoals in sectie 2.3.1 werd vermeld kent het proefperceel een tamelijk hoog humusgehalte. Schothorst (1975) en Wind (1963) stelden dat venige gronden in droge zomers zeer gevoelig kunnen zijn aan indroging. Bij de inzaai van het perceel werden we eveneens geconfronteerd met deze droge omstandigheden: tussen april 2017 en juni 2017 viel in de West-Vlaanderen slechts 43,8 mm neerslag (De Panne), terwijl deze periode een gemiddelde neerslag kent van 189,6 mm (Ukkel; 1981-2010). Voor de herinzaai van het perceel werd dan ook gewacht tot augustus: deze maand kende een neerslag totaal van 70 mm (Ukkel) (KMI, 2010, 2017). Door de droogte kende het gras een moeizame opkomst, vooral op het hoogstgelegen deel van het perceel. In het najaar viel wel genoeg neerslag en waren temperaturen gunstig, waardoor het gras een goede groei kende en met een gelijkmatig verdeelde zode de winter introk. Tijdens deze najaarsgroei was de fellere jeugdgroei van Engels raaigras ten opzichte van rietzwenkgras visueel zichtbaar. Tijdens de winter werd het perceel meermaals en voldoende hoog overstroomd om het effect van de wateroverlast duidelijk te kunnen waarnemen in het voorjaar. Op het laagste deel van het perceel had Engels raaigras duidelijk het meest geleden:

vele open plekken waren zichtbaar en slechts enkele planten ontwikkelden zich opnieuw tijdens de voorjaarsgroei. Bij rietzwenkgras overleefden veel meer planten, waardoor de schade minder groot was. Op het hoogste deel van het perceel was geen duidelijk verschil te merken tussen deze grassoorten. De oorspronkelijke vegetatie was bij de voorjaarsgroei op beide hoogteniveaus feller dan de ingezaaide soorten. Een botanische analyse en exacte opbrengstmetingen werden niet uitgevoerd op deze percelen, aangezien dit buiten het tijds kader van deze masterproef viel. Een opbrengstbepaling samen met een soortbepaling over enkele sneden en jaren heen zou een duidelijk antwoord kunnen bieden over de overstromingstolerantie van Engels raaigras en rietzwenkgras.

Een andere manier die leidt tot graslandverbetering en die werd besproken in de literatuurstudie is doorzaaien. Hierbij wordt de oorspronkelijke vegetatie behouden en wordt nieuw gras doorgezaaid met behulp van een gespecialiseerde machine. Bonitz en Adolf (1995b) vermeldden dat doorzaai op een overstromingsgevoelig grasland een aanzienlijke verbetering kan betekenen voor de grassamenstelling. De Vlieghe et al. (2015) stelden echter dat doorzaaien van grasland in het algemeen wisselende resultaten geeft. Het management en de weersomstandigheden zijn ook bij het doorzaaien zeer belangrijk. Zo moet het oorspronkelijke gras zeer kort gemaaid worden vóór het doorzaaien om concurrentie zo miniem mogelijk te houden en een beter contact te garanderen van de nieuwe graszaden met de bodem. De oude graszode kan, afhankelijk van de jeugdgroei van de doorgezaaide grasoort, al dan niet worden behandeld met een herbicide om dicotylen af te doden en de groei van het gras eventueel te remmen om verstikking van nieuwe spruiten te voorkomen. Opnieuw speelt het weer een belangrijke rol: bij een tekort aan neerslag kunnen de reeds gevestigde grasplanten de bodem veel dieper exploreren om water op te nemen. Ook hier hebben de nieuwe grasspruiten een concurrentieel nadeel (Roozeboom & Luten, 1979).

4.4 Wettelijke beperkingen bij graslandverbetering

In kader van het Europees project Natura 2000⁷ werden in Vlaanderen enkele gebieden aangeduid als speciale beschermingszones. In deze zones wil men extra kansen creëren voor waardevolle planten en dieren, en hun habitats die belangrijk zijn voor de biodiversiteit in Europa. In Vlaanderen werden tal van natuurgebieden en weilanden aangeduid waarop per gebied specifiek vermeld is welke soorten of habitat men wil behouden, beschermen, ontwikkelen of herstellen. Beschermde graslanden worden aangeduid als EKBG (ecologisch kwetsbaar blijvend grasland) en moeten bovendien voldoen aan de voorwaarden van het natuurdecreet. Veel van dergelijke graslanden liggen binnen Vlaamse overstromingsgevoelige gebieden, aangezien men deze typische vegetatie en soortenrijkdom wil beschermen of herstellen. In dit opzicht is op deze percelen geen enkele handeling toegelaten die een wijziging kan aanbrengen aan de vegetatie. Dit omvat het toepassen van gewasbeschermingsmiddelen, bemesten, ploegen, enzovoort. Doorzaaien en herinzaaien van deze percelen is niet toegelaten (Vlaamse Overheid, 2016).

⁷ Meer info over de specifieke beschermde soorten en habitats op:
<https://www.natura2000.vlaanderen.be/over-natura-2000> (geraadpleegd op 2 juni 2018)

Hoofdstuk 5: Algemeen besluit

Het besluit van deze masterproef wordt gevormd aan de hand van de verschillende onderzoeksvragen die gesteld werden. Deze zijn weergegeven in **Tabel 1.10**.

1. Potproef: effect van de overstromingsduur op de hergroei

- a. *Wat is de invloed van de duur van overstroming op het hernemen van de groei vlak na het beëindigen van de overstroming ?*

Er werd geen significante invloed gevonden van de soort, alsook geen invloed van de overstromingsduur op de bedekkingsgraad van Engels raaigras, rietzwenkgras en kropaar voor verschillende beeldanalyses gedurende de voorjaarsgroei. Alle grassoorten kwamen vrij goed uit het water, ook bij de langst durende overstromingen.

- b. *Wat is de invloed van de duur van overstroming op de opbrengst ?*

De opbrengst van rietzwenkgras werd niet significant beïnvloed door de duur van de wateroverlast. Kropaar vertoonde een opbrengstdaling van 15 % bij 3 tot 7 weken overstroming ten opzichte van 1 week. Engels raaigras kende na 7 weken overstroming een daling van ongeveer 27 % ten opzichte van de opbrengsten bij 1 tot 5 weken overstroming.

- c. *Is er een verschil tussen soorten in de snelheid van verbruik van beschikbare zuurstof in de bodem tijdens een overstroming ?*

Rietzwenkgras kende doorgaans een lagere snelheid in het verbruik van beschikbare zuurstof dan Engels raaigras. Kropaar kende een intermediair verloop. Zowel de gemiddelde zuurstofconcentratie gemeten over alle overstromingsduren heen als de individuele zuurstofconcentratie na de langste overstroming (7 weken) was significant hoger bij rietzwenkgras dan bij Engels raaigras.

2. Lysimeterproef: effect van het grondwaterpeil

- d. *Wat is de invloed van de hoogte van de GWT op de opbrengst ?*

Rietzwenkgras kende een opbrengstderving van 53 % bij een grondwatertafel van 10 cm-mv ten opzichte van een grondwaterpeil van 50 cm-mv. Engels raaigras kende geen significante opbrengstderving. De droge stof opbrengst van rietzwenkgras was steeds beduidend hoger dan deze van Engels raaigras.

3. Veldproef: effect van de overstroming onder praktijkomstandigheden

- e. *Wat is de invloed van de overstromingshoogte en -frequentie op de overleving, hergroei en opbrengst ?*

Op de laagste zones van het proefperceel werd na de overstromingen visueel een betere overleving van rietzwenkgras vastgesteld ten opzichte van Engels raaigras. Op de hogere delen van het perceel, die slechts enkele keren ondiep overstroomd werden, was geen verschil merkbaar in de grasgroei.

Om deze visuele waarnemingen kwantitatief te onderbouwen, zijn een botanische analyse en een opbrengstbepaling noodzakelijk.

Hoofdstuk 6: Verder onderzoek

Na afloop van dit onderzoek kunnen we enkele suggesties formuleren voor mogelijk verder onderzoek. In de discussie werden enkele beperkingen aangehaald bij het uitvoeren van de potproef, die een invloed zouden kunnen hebben op de overstromingstolerantie. Een proefopzet waarbij een grotere ruimte aanwezig is voor de beworteling, zou de werkelijke plantengroei beter benaderen. Dit kan eventueel door lysimeters te vullen met aarde tot op een halve meter van de rand: hierin is zowel voldoende ruimte voor de ontwikkeling van de wortels als ruimte boven het maaiveld om overstroming te simuleren. In zo'n opstelling kan ook een verhoogde grondwatertafel in het vroege voorjaar ingesteld worden.

In de uitgevoerde potproef werd de tolerantie van de grassoorten getest in functie van de overstromingsduur. Bijkomende testen kunnen hiernaast de invloed van de overstromingshoogte of -frequentie nagaan.

Om exacte besluiten te trekken uit de veldproef, is een meerjarige opvolging van het project noodzakelijk. Een botanische analyse van de graszode kan een uitsluitsel geven van de vestiging van de ingezaaide soorten en hun evolutie doorheen de jaren. Een opbrengstbepaling kan aanduiden of de vernieuwing van het grasland effectief een verbetering teweeg bracht t.o.v. de oude zode. Zowel de botanische analyse als de opbrengstbepaling kunnen kwantitatieve informatie leveren over het effect van de vernieuwing in functie van de hoogteligging van het terrein en bepalen vanaf welke hoogte een vernieuwing van het grasland nuttig zou kunnen zien. Maar zoals vermeld zijn er in veel gevallen wettelijke beperkingen.

Hoofdstuk 7: Bibliografie

- Beever, D. E., Offer, N. & Gill, M. (2000). The Feeding Value of Grass and Grass Products. In A. Hopkins (Ed.), *Grass: its production and utilization* (3 ed., pp. 440). Devon: British Grassland Society.
- Behaeghe, T. J. (1979). *De seizoensvariatie in de grasgroei*. (Diss. aggr. hoger onderwijs), Rijksuniversiteit Gent, Gent.
- Berendse, F., Oomes, M. J. M., Altena, H. J. & De Visser, W. (1994). *A comparative study of nitrogen flows in two similar meadows affected by different groundwater levels*. *Journal of Applied Ecology*, 31, 40-48.
- Beuving, J. (1982). *Invloed van conusafmeting op de penetrometerweerstand van de grond*. *Cultuurtechnisch tijdschrift*, 21, 109-115.
- Boland, D. & Klaver, K. (2000). *Omgaan met vernatting*. Utrecht: CLM.
- Bonitz, H. & Adolf, G. (1995a). *Einfluss von einsaaten auf den Trockensubstanzertrag des Grünlandes im Fluss Auengebiet der mittleren Elbe*. *Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde*, 319-326.
- Bonitz, H. & Adolf, G. (1995b). *Entwicklung von Einsaaten in Dauergrünlandnarben auf Flussauenstandorten im Gebiet der mittleren Elbe*. *Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde*, 309-317.
- Boxem, T. & Leusink, A. W. F. (1978). *Ontwatering van veengrasland*. Lelystad: Proefstation voor de Rundveehouderij.
- Brenken, H., Leyer, I. & Scholz, M. (2009). Management of seasonally flooded grasslands. In *Biodiversity Conservation and Habitat Management (Volume I)* (pp. 287-301). Oxford: Eolss Publishers
- Colmer, T. D. & Voesenek, L. A. C. J. (2009). *Flooding tolerance: suites of plant traits in variable environments*. *Functional Plant Biology* (36), 665-681.
- Cougnon, M. (2013). *Potential in mixed swards and breeding of tall fescue (Festuca arundinacea Schreb.)*. (PhD thesis), Ghent University, Ghent, Belgium.
- Crawford, R. M. M. (1982). Physiological Responses to Flooding. In *Encyclopedia of Plant Physiology: Physiological Plant Ecology II* (pp. 453-477). New York: Springer-Verlag
- Crawford, R. M. M. (1992). Oxygen availability as an ecological limit to plant distribution. In *Advances in ecological research* (Vol. 23, pp. 93-185): Elsevier.
- Crawford, R. M. M. (1996). *Whole plant adaptations to fluctuating water tables*. *Folia geobotanica et phytotaxonomica*, 7-24.
- Crawford, R. M. M. & Braendle, R. (1996). *Oxygen deprivation stress in a changing environment*. *Journal of Experimental Botany*, 145-159.
- Cultuurtechnische vereniging. (1988). *Cultuurtechnisch vademecum*. Utrecht: Cultuurtechnische vereniging.
- Daccord, R. & Arrigo, Y. (2002). *Nährwert von Wiesenpflanzen: Energie- und Proteinwert*. *AgrarForschung*, 22-27.
- Danckaert, S., Van Zeebroeck, M. & Lenders, S. (2012). *Landbouwindicatoren op bekkenniveau*. Brussel: Departement Landbouw en Visserij, Afdeling Monitoring en Studie.
- De Frenne, P. (2007). *Vernatting van grasland: de agronomische impact*. Gent: Universiteit Gent.
- De Vliegheer, A., Abts, M., Rombouts, G., Ooms, L., Van de Ven, G., Schellekens, A., Bries, J. & Vandervelpen, D. (2015). *Graslandvernieuwing*. Geel: Landbouwcentrum voor voedergrassen.
- de Wit, J., Deru, J. & van Eekeren, N. (2012). *Mengsels met kroppaar of rietzwenkgras interessant voor maaipercelen*. *V-focus*, 29-30.
- Drew, M. C. (1983). *Plant injury and adaptation to oxygen deficiency in the root environment: a review*. *Plant and Soil*, 75(2), 179-199.

- EXCIMAP. (2007). *Handbook on good practices flood mapping in Europe*. Brussel: European Exchange Circle on Flood Mapping.
- Federatie Nederlandse Diervoederketen. (2016). *CVB Veevoedertabel 2016*. Wageningen: Wageningen Livestock Research.
- Gilbert, W. B. & Chamblee, D. S. (1965). *Effect of Submersion in Water on Tall Fescue, Orchardgrass, and Landino Clover*. *Agronomy Journal*, 502-504.
- Hoogerkamp, M. (1977). *Intensief graslandgebruik in humide en semi-humide gebieden*. Paper presented at the Gebundelde verslagen Nr. 17, Leipzig: Nederlandse vereniging voor weiden voederbouw.
- Humphreys, M. W., Macleod, C. J. A., Whalley, W. R., Turner, L. B., Farrell, M. S., Ghesquiere, M. & Haygarth, P. M. (2013a). Designing grass cultivars for droughts and floods. In *Breeding strategies for sustainable forage and turf grass improvement* (pp. 171-179): Springer.
- Humphreys, M. W., Whalley, W. R., Turner, L., Binley, A., Watts, C. W., Skøt, L., Joynes, A., Hawkins, S., King, I. P. & O'donovan, S. (2013b). *A novel grass hybrid to reduce flood generation in temperate regions*. *Scientific reports*, 3, 1683.
- ILVO. (2018). *Belangrijke eigenschappen bij de rassenkeuze*. Verkregen van <https://www.ilvo.vlaanderen.be/rassenlijst/NL/Grassen/Belangrijkeeigenschappenbijderassenkeuze/tabid/10382/language/nl-BE/Default.aspx>. Geraadpleegd op: 12 maart 2018
- Integraal Waterbeleid IJzerbekken. (2014). *Het bekkenbeheerplan van het IJzerbekken: Integraal waterbeleid in de praktijk*. Brugge: Secretariaat IJzerbekken.
- Jackson, M. B. (2004). *The impact of flooding stress on plants and crops*. Utrecht: University of Utrecht.
- Jackson, M. B., Herman, B. & Goodenough, A. (1982). *An examination of the importance of ethanol in causing injury to flooded plants*. *Plant, Cell & Environment*, 5(2), 163-172.
- Janssen, C. (2009). *Uiterwaarden. Geologie van Nederland*. Verkregen van <http://www.geologievannederland.nl/landschap/landschapsvormen/uiterwaarden>. Geraadpleegd op: 19 februari 2018
- KMI. (2010). *De maandnormalen te Ukkel. Koninklijk Meteorologisch Instituut van België*. Verkregen van https://www.meteo.be/meteo/view/nl/360955-Maandelijkse+normalen.html#ppt_16230348. Geraadpleegd op: 22 februari 2018
- KMI. (2017). *Klimatologisch overzicht van augustus 2017*. Verkregen van <https://www.meteo.be/meteo/view/nl/32421136-Augustus+2017.html>. Geraadpleegd op: 18 mei 2018
- KMI. (2018). *Klimatologisch overzicht van december 2017*. Verkregen van <https://www.meteo.be/meteo/view/nl/35424281-December+2017.html>. Geraadpleegd op: 18 mei 2018
- Koerselman, G. J. & Utrecht Werkgroep Landinrichtingsdienst. (1987). *De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige produktie*. Utrecht: Landinrichtingsdienst.
- Minderhoud, J. W. (1960). *Grasgroei en grondwaterstand*. Wageningen: Landbouwhogeschool Wageningen.
- Monk, L. S., Crawford, R. M. M. & Brändle, R. (1984). *Fermentation Rates and Ethanol Accumulation in Relation to Flooding Tolerance in Rhizomes of Monocotyledonous Species*. *Journal of Experimental Botany*, 738-745.
- Oomes, M. J. M. (1991). *Effects of groundwater level and the removal of nutrients on the yield of non-fertilized grassland*. *Acta Oecologica*, 12(4).
- Oomes, M. J. M., Kuikman, P. J. & Jacobs, F. H. H. (1997). *Nitrogen availability and uptake by grassland in mesocosms at two water levels and two water qualities*. *Plant and Soil*, 192(2), 249-259.
- Oomes, M. J. M., Olff, H. & Altena, H. J. (1996). *Effects of vegetation management and raising the water table on nutrient dynamics and vegetation change in a wet grassland*. *Journal of Applied Ecology*, 576-588.

- Overloop, S., Van Gijsegem, D., Lauwers, L., Sanders, A., Lenders, S. & Dumortier, M. (2003). *Milieu- en natuurrapport Vlaanderen, Achtergronddocument 2003, 2.12 Vermesting*. Brussel: Vlaamse Milieumaatschappij.
- Pollock, C. J. (1990). *The response of plants to temperature change*. Journal of Agricultural Science, 1-5.
- Reheul, D. (2006). *Cursus grasland en grasvelden*. Gent: Universiteit Gent.
- Remmelink, G., Blanken, K., van Middelkoop, J., Ouweltjes, W. & Wemmenhove, H. (2017). *Handboek Melkveehouderij 2017/18*. Wageningen: Wageningen Livestock Research.
- Riepma, P. (1955). *Onkruidbestrijding: leerboek voor middelbare landbouwscholen en landbouwwinterscholen*. Groningen: Wolters.
- Roozeboom, L. & Lutén, W. (1979). *Doorzaaien van grasland op veen en komklei= Sod-seeding of grassland on peat and river basin clay (0169-3689)*. Lelystad: Proefstation voor de Rundveehouderij.
- Schalitz, G. & Behrendt, A. (2005). *Long term results for the naturalisation of river valley grassland in lower floodplains of the river Oder*. Paper presented at the XX International Grassland Congress: Offered Papers, Wageningen: Wageningen Academic Pub.
- Schothorst, C. (1961). *De draagkracht van lage graslandgronden*. Wageningen: Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding.
- Schothorst, C. J. (1975). *Ontwateringsaspecten van grasland*. Wageningen: Nederlandse Vereniging voor Weide- en Voederbouw
- Schothorst, C. J. (1978). *Het ontwateringsonderzoek in het westelijk veenweidegebied*. Wageningen: Nederlandse Vereniging voor Weide- en Voederbouw.
- Schothorst, C. J. (1982). *Drainage and behaviour of peat soils*. Paper presented at the Proceedings of the symposium on peat lands below sea level, Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement.
- Schothorst, C. J. & Beuving, J. (1968). *Het resultaat van een proef met bezanding van veengrasland*. Wageningen: Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding.
- Schothorst, C. J. & Hettinga, D. (1977). *Ervaringen met beregening op veengrond in 1976*. Wageningen: Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding.
- Schröder, F. & Adolf, G. (1996). *Untersuchungen zu Schnittzeitpunkt und Überflutung im ersten und zweiten Aufwuchs der Grasart Phalaris arundinacea L*. Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, 155-162.
- Schubiger, F. X., Bosshard, H.-R. & Lehmann, J. (1998). *Nettoenergiegehalt von Futtermischungen*. Agrarforschung Schweiz, 245-248.
- Schuschke, F. & Bischoff, H.-M. (1980a). *Untersuchungen über den Einfluss von Überschwemmungen auf Gräser - 1. Mitteilung: Der Einfluss der Überschwemmungsdauer*. Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, 521-529.
- Schuschke, F. & Bischoff, H.-M. (1980b). *Untersuchungen über den Einfluss von Überschwemmungen auf Gräser - 2. Mitteilung: Der Einfluss der Höhe des Überschwemmungswassers*. Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, 531-537.
- Schuschke, F. & Bischoff, H.-M. (1980c). *Untersuchungen über den Einfluss von Überschwemmungen auf Gräser - 3. Mitteilung: Die Wirkung von speziellen Pflegemaßnahmen*. Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, 539-544.
- Setter, T. L., Ellis, M., Laureles, E. V., Ella, E. S., Senadhira, D., Mishra, S. B., Sarkarung, S. & Datta, S. (1997). *Physiology and genetics of submergence tolerance in rice*. Annals of Botany, 79(suppl_1), 67-77.
- Sival, F. P., Jansen, P. C., Nijhof, B. S. J. & Heidema, A. H. (2002). *Overstroming en vegetatie: Literatuurstudie over de effecten van overstroming op voedselrijkdom en zuurgraad*. Wageningen: Research Instituut voor de Groene Ruimte.
- Stakman, W. P. (1964). *De bepaling van de vochtspanning en het vochtgehalte van gronden door middel van dampspanningsevenwichten*. Wageningen: Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding.

- STATBEL. (2018). *Landbouwgegevens van 2017*. Verkregen van <https://statbel.fgov.be/nl/themas/landbouw-visserij/land-en-tuinbouwbedrijven#figures>. Geraadpleegd op: 6 juni 2018
- Striker, G. G. (2012). *Flooding stress on plants: anatomical, morphological and physiological responses*. Buenos Aires: University of Buenos Aires.
- Stryckers, J. (1977). *Graslandonkruiden en hun bestrijding*. Gent: Faculteit van de Landbouwwetenschappen - Rijksuniversiteit Gent.
- The British Geographer. (2010). *Floods and River Management*. Verkregen van <http://thebritishgeographer.weebly.com/floods-and-river-management.html>. Geraadpleegd op: 20 februari 2018
- van den Top, A. M., Schonewille, J. T. & Beynen, A. C. (2000). *Voeding van drachtige koeien in de droogstand*. Den Haag: Productschap Diervoeder.
- van Eck, W. H. J. M., Lenssen, J. P. M., Rengelink, R. H. J., Blom, C. W. P. M. & de Kroon, H. (2005). *Water temperature instead of acclimation stage and oxygen concentration determines responses to winter floods*. *Aquatic Botany*, 253-264.
- van Eck, W. H. J. M., Lenssen, J. P. M., van de Steeg, H. M., Blom, C. W. P. M. & de Kroon, H. (2006). *Seasonal dependent effects of flooding on plant species survival and zonation: a comparative study of 10 terrestrial grassland species*. *Hydrobiologia*, 59-69.
- Vereniging voor Landinrichting. (2000). *Cultuurtechnisch Vademecum. Handboek voor inrichting en beheer van het landelijk gebied*. Doetinchem: Elsevier
- Vervuren, P. J. A., Blom, C. W. P. M. & De Kroon, H. (2003). *Extreme flooding events on the Rhine and the survival and distribution of riparian plant species*. *Journal of ecology*, 91(1), 135-146.
- Vlaamse Overheid. (2005). *Toelichting bij de kaart met overstromingsgevoelige gebieden voor de watertoets 2005*. Brussel: Informatie Vlaanderen.
- Vlaamse Overheid. (2012). *Melkveevoeding*. Brussel: Departement Landbouw en Visserij.
- Vlaamse Overheid. (2014). *Toelichting bij de kaart met overstromingsgevoelige gebieden voor de watertoets 2014*. Brussel: Informatie Vlaanderen.
- Vlaamse Overheid. (2016). *Vergroening - blijvend grasland en ecologisch kwetsbaar blijvend grasland*. Brussel: Departement Landbouw & Visserij.
- Vlaamse Overheid. (2018). *Voorlopige arealen landbouwteelten uit de verzamelaanvraag van 2018*. Verkregen van <https://lv.vlaanderen.be/nl/nieuws/voorlopige-arealen-landbouwteelten-uit-de-verzamelaanvraag-2018>. Geraadpleegd op: 2 juni 2018
- Voesenek, L. A. C. J., Comer, T. D., Pierik, R., Millenaar, F. F. & Peeters, A. J. M. (2006). *How plants cope with complete submergence*. *New Phytologist* 170, 213-226.
- Waterinfo Vlaanderen. (2017). *Overstromingsgevoelige gebieden 2017*. *Waterinfo - Vlaanderen is water*. Verkregen van <https://www.waterinfo.be/default.aspx?path=NL/loketten/geoloket>. Geraadpleegd op: 16 maart 2018
- Waterschap Rivierenland. (2016). *Waterbeheer buitenpolders*. *Waterschap Rivierenland*. Verkregen van <https://www.waterschaprivierenland.nl/common/beleid/waterbeheer-buitenpolders.html>. Geraadpleegd op: 2 februari 2018
- Wever, L. A., Flanagan, L. B. & Carlson, P. J. (2002). *Seasonal and interannual variation in evapotranspiration, energy balance and surface conductance in a northern temperate grassland*. *Agricultural and Forest meteorology*, 112(1), 31-49.
- Willemsen, W. (1976). *Herinzaai van grasland in uiterwaarden*. Lelystad: Proefstation voor de rundveehouderij.
- Wind, G. P. (1963). *Gevolgen van wateroverlast in de moderne landbouw*. Wageningen: Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding.
- Zwaenepoel, A. (2011). *De broeken van de IJzer- en Handzamevallei*. Hoeilaart: Inverde.

