



Grasgroei meten met de grashoogtemeter

G. Holshof, M.W.J. Stienezen

RAPPORT 925



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN **UR**

Grasgroei meten met de grashoogtemeter

G. Holshof, M.W.J. Stienezen

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen UR Livestock Research, in opdracht van en gefinancierd door Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema 'Themanaam' (projectnummer BO-22.04.005.008), en Zuivel NL in de Publiek Private Samenwerking (PPS) Duurzame Zuivelketen, onderdeel Amazing Grazing.

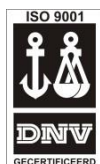
Wageningen UR Livestock Research
Wageningen, februari 2016

Livestock Research Rapport 925

© 2016 Wageningen UR Livestock Research, Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 48 39 53,
E info.livestockresearch@wur.nl, www.wageningenUR.nl/livestockresearch. Livestock Research is
onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het
gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder
voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op als onze
onderzoekopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van
toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Inhoud

	Woord vooraf	5
1	Inleiding	7
2	Materiaal en methoden.	8
	2.1 Proefvelden en meters	8
	2.2 Statistische analyse	9
3	Resultaten.	10
	3.1 Bespreking globale resultaten	10
	3.2 Statistische analyse	14
4	Discussie en conclusie	18
	4.1 Praktijkgebruik	19
	Literatuur	21
	Bijlage 1 Van grashoogte naar opbrengst (1)	22
	Bijlage 2 Van grashoogte naar opbrengst (2)	23

Woord vooraf

Als je het meet kun je het “managen” is een belangrijk statement om de bedrijfsvoering te verbeteren. We meten en weten daardoor veel over voeding en productie van de veestapel, maar meten (en weten) nog weinig in (over) het grasland. Om het graslandbeheer in het algemeen en beweiding in het bijzonder goed te managen is het meten van de grasopbrengst de belangrijkste eerste stap. Op basis van het meten van de grashoogte wordt de grasopbrengst en grasgroei geschat. Er zijn in het project Amazing Grazing door de melkveehouders ook grashoogtemeters uit het buitenland gebruikt. De formules van deze meters zijn echter gebaseerd op metingen in het buitenland. In dit rapport is een formule (ijklijn) afgeleid voor de Nederlandse situatie die een inschatting geeft van de beschikbare droge stofopbrengst bij verschillende grashoogten voor zowel de piepschuim meter als de buitenlandse meters.

Paul Galama
Projectleider Amazing Grazing

1 Inleiding

Om grasland goed te kunnen managen is het noodzakelijk dat de veehouder actuele informatie beschikbaar heeft van de hoeveelheid gras op zijn percelen (grasvoorraad) en de grasgroei. Een hulpmiddel om via de grashoogte de groei te kunnen bepalen is de grashoogte meter. In het verleden is al over de werking en de kwaliteit van de grashoogtemeter geschreven, met name over de meter met de tempex ronde schijf. In Nederland is het gebruik van deze meter wat op de achtergrond geraakt. Nu beweiden meer aandacht krijgt, hebben veehouders weer meer behoefte aan hulpmiddelen om het weiden goed mogelijk te maken. Door wekelijks alle percelen te meten met een grashoogtemeter wordt inzicht verkregen in de grasgroei en de grasvoorraad op het eigen bedrijf. Voor een schatting van de hoeveelheid drogestof moet een goede vertaling plaatsvinden van de gemeten grashoogte naar daarbij behorende hoeveelheid droge stof (ds). In Nederland rekenen we vaak met een hoeveelheid ds vanaf de stoppel. Alle opbrengstproeven worden immers gemaaid met een zekere maaihoogte (afstelling machine), de zogenaamde stoppellengte. De grashoogtemeter meet echter vanaf de grond.

Rondom de grashoogtemeter bestaat een aantal vragen:

- (1) wat is het verband tussen de gemeten grashoogte en de bijbehorende ds-opbrengst (ijklijn) en wat zijn de verschillen tussen de meters.
- (2) welke invloed heeft het type gewas op de gemeten waarde.
- (3) geven metingen vanaf de grond een betere voorspelling dan vanaf de stoppel.

In 2014 is op een aantal proefvelden waarop opbrengstbepalingen zijn uitgevoerd door stroken uit te maaien bij een gegeven eindopbrengst (weide- c.q. maaisnede) een test gedaan met 5 grashoogtemeters. In 2015 is de test uitgebreid met metingen tijdens de groei van een snede. Op basis van deze gegevens is geprobeerd een antwoord te krijgen op bovenstaande vragen.

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het project Amazing Grazing.

2 Materiaal en methoden.

2.1 Proefvelden en meters

De metingen hebben zowel in 2014 als in 2015 plaats gevonden op de (proef)velden van het CGO (Cultuur en gebruikswaarde onderzoek grasrassen). De in 2014 gebruikte grashoogtemeters waren:

- EC10
- Farmworks F400
- Tempex/Piepschuim meter Eijkelkamp
- JenQuip
- Grasshopper

In 2015 zijn de metingen uitgevoerd met de volgende meters:

- Tempex plaat Eijkelkamp
- EC10
- EC9 vanaf de derde snede

In 2014 is geprobeerd om in diverse gewasstadia (alleen bladmassa of blad en stengel), diverse zode dichtheden en bij meerdere opbrengstniveaus te meten. In tabel 1 is weergegeven waar gemeten is, hoeveel waarnemingen zijn gedaan en wat de stoppelopbrengst was.

Tabel 1 Locaties met bijbehorende maaidata en aantallen metingen in 2014

Datum	Dwingeloo	Lelystad	Venray	Stoppelhoogte (cm)	Hoeveelh. drogestof (kg ds/ha) in de stoppel	Total aantal metingen
Grondsoort	zand	klei	zand			
29-4-2014	150			n.b.	n.b.	150
20-5-2014			150	6.8	982	150
10-6-2014	150			6.4	688	150
26-6-2014			150	6.6	1223	150
17-7-2014		175		6.8	1036	175
25-8-2014	175			7.2	925	175
Av.	475	175	300	6.8	972	950

n.b. = niet bepaald

Het onderzoek is uitgevoerd op proefvelden die gebruikt worden voor het Cultuur en Gebruikswaarde Onderzoek (CGO) van grasrassen. Het zijn relatief jonge proefvelden (1 tot 4 jaar oud) ingezaaid met een enkelvoudig grasras (grassoort is Engels raaigras, *Lolium Perenne*, Lp). In 2014 is vlak voor oogst van het gehele proefveld(ten behoeve van het CGO onderzoek) met elk van bovenstaande meters een grashoogtemeting gedaan op een vijftal plots. Dit is gedaan in het zogenaamde eindstadium van een snede, dus bij een maaiopbrengst (2500 – 5000 kg ds/ha) en soms bij een weideopbrengst (1500-2000 kg ds/ha).

De afmeting van de opbrengstplots was 10x3 meter bruto; per plot zijn steeds met alle meters 5 metingen uitgevoerd. Van elk plot is het percentage aren en de zodedichtheid geschat en is vastgesteld of het gras was gelegerd. Het opbrengstniveau werd bepaald (gedicteerd) door het CGO onderzoek. Daarom is in een beperkte range (vanaf 1200 kg ds/ha tot ongeveer 4000 kg ds/ha) gemeten.

De percelen zijn alleen bemest met kunstmest, op een landbouwkundig (wettelijk) niveau.

In 2015 is gebruik gemaakt van een voormalig CGO proefveld, gelegen op een jonge zeeklei op de Waiboerhoeve. De opzet van het onderzoek aan de grashoogtemeters is aangepast ten opzichte van 2014. In 2014 is alleen gemeten vlak voor oogst van een snede, in 2015 is gemeten tijdens de groei van een snede. Er is steeds op 3 plotjes gemeten, 5 metingen per plot per gebruikte

grashoogtemeter. Op 1 meettijdstip zijn dus per plot 2 (of 3 ; aantal meters) x 5 = 15 hoogten bepaald, behorende bij 3 (plotjes) op basis van uitmaaien bepaalde drogestof opbrengsten. In het voorjaar is de eerste meting uitgevoerd op 17 april en vervolgens is tot aan de oogst wekelijks een strook gemeten, die vervolgens is uitgemaaid om de opbrengst te bepalen. Ook is aan de kop/eind van de strook een opbrengst bepaald van de stoppel, door een raam van 0.50x0.50 meter volledig uit te knippen (tot op de grond), te wegen en een droge stof bepaling van het materiaal uit te voeren.

Na de eerste snede is op een ander deel van het perceel (dus een serie' nieuwe' plots die in snede 1 als één geheel zijn gemaaid) weer wekelijks gemeten en zijn opbrengsten bepaald. Dit is ook weer bij de 3^e en 4^e snede gedaan.

In tabel 2 staan de data van de metingen en het aantal metingen. Het aantal is opgebouwd uit het aantal plots, het aantal metingen per plot en het aantal gebruikte grashoogte meters. Vanaf snede 3 is ook met de EC9 gemeten (3 grashoogtemeters ipv 2 grashoogtemeters).

Tabel 2 Meet en snededata 2015

meting	Snede 1		Snede 2		Snede 3		Snede 4	
1	17-4-15	30 (3x5x2)	21-5-15	30 (3x5x2)	25-6-15	45 (3x5x3)	17-7-15	45 (3x5x3)
2	23-4-15	30	28-5-15	30	2-7-15	45	23-7-15	45
3	1-5-15	30	4-6-15	30	9-7-15	45	30-7-15	45
4	7-5-15	30	11-6-15	30			6-8-15	45
5							13-8-15	45
Totaal		120		120		135		225

In 2015 zijn totaal 600 metingen uitgevoerd met de drie verschillende grashoogtemeters.

2.2 Statistische analyse

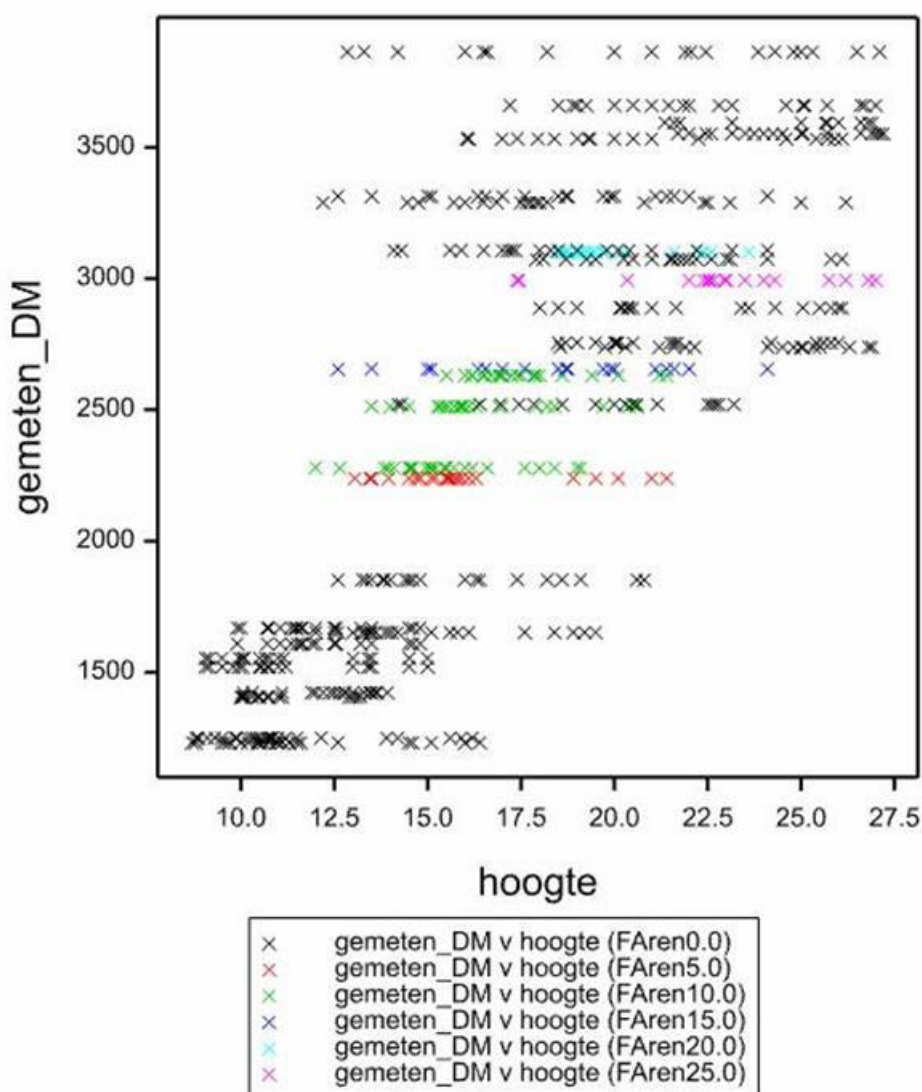
De gegevens zijn statistisch geanalyseerd met lineaire regressie, om per hoogtemeter een ijklijn te schatten. In de analyse zijn zowel de gemeten waarden vanaf grondniveau als ook vanaf (gemeten) stoppelniveau (zie tabel 1) meegenomen. In de lineaire regressie zijn de parameters grashoogte en grashoogte² (grashoogte in het kwadraat) als verklarende parameters opgenomen en is het type grashoogtemeter toegevoegd, om te toetsen of de grashoogte meters een verschillende ijklijn vragen. Ook is nagegaan of gewasfactoren (grondbedekking (zodichtheid), percentage aren) een aantoonbare (significante) invloed op de relatie grashoogte – dsopbrengst hebben. Verder is gekeken naar de invloed van het seizoen door snedenummer als factor op te nemen in het model. Op basis van de gevonden resultaten is na een eerste analyse ook gewerkt met sub-sets. Zie Hoofdstuk 'Resultaten'.

3 Resultaten.

3.1 Bespreking globale resultaten

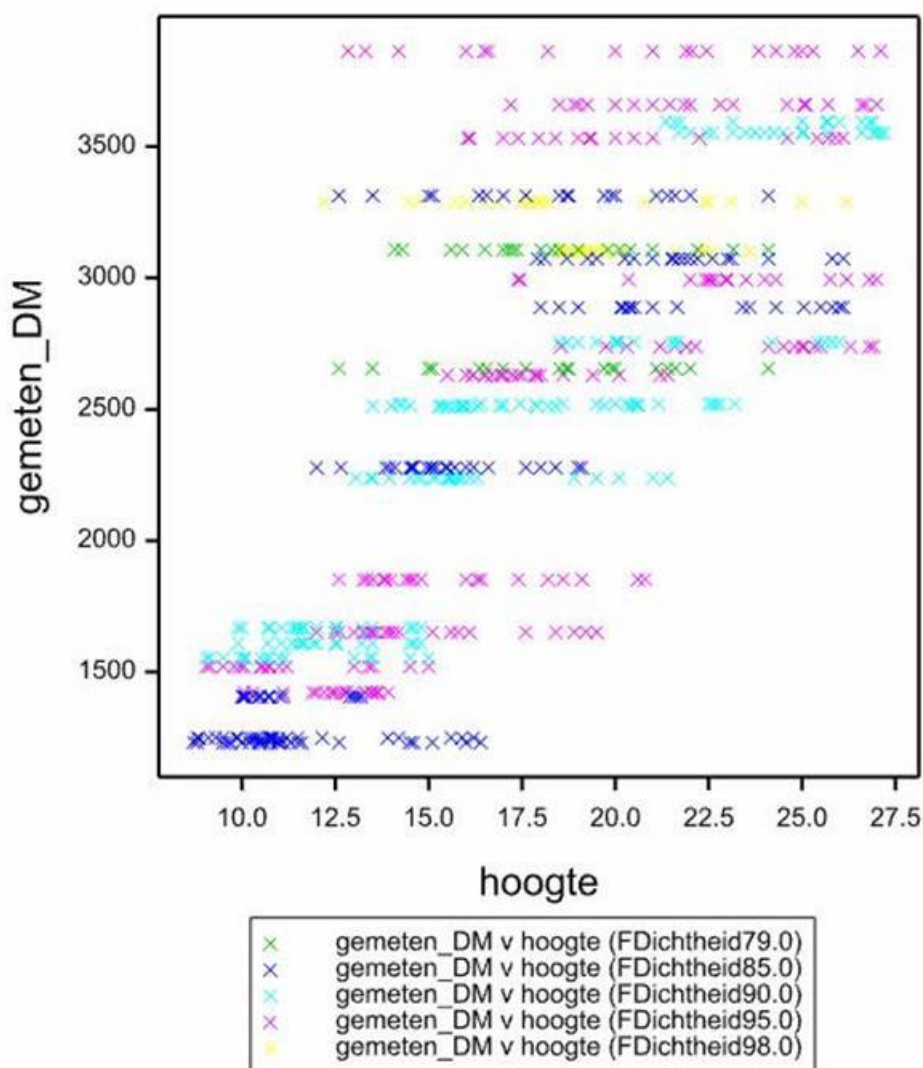
De zodedichtheid varieerde in 2014 tussen 65% (1 object) en 98% bezetting. De meeste objecten hadden een bezetting die hoger was dan 90%. Het percentage aren varieerde van 0 tot 25%. Alleen op 10 juni en 17 juli 2014 was sprake van aarvorming. De gemeten opbrengsten lagen in 2014 in een range van 1232 kg ds/ha tot 4713 kg ds/ha. In 2015 is vooral gemeten bij lagere opbrengsten: de range lag toen tussen 267 en 4583 kg ds/ha.

Op basis van de meetgegevens van 2014 is gekeken naar het effect van zodedichtheid en het percentage aren op de relatie grashoogte-gewasopbrengst. Figuur 1 geeft de relatie weer tussen de gemeten grashoogte en de gemeten drogestof opbrengst. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen metingen aan veldjes zonder aren (zwarte kruisjes) en veldjes met aren (gekleurde kruisjes). Het verband tussen de grashoogte en de gemeten drogestof opbrengst laat veel variatie zien.



Figuur 1 Relatie percentage aren, grashoogte en ds opbrengst

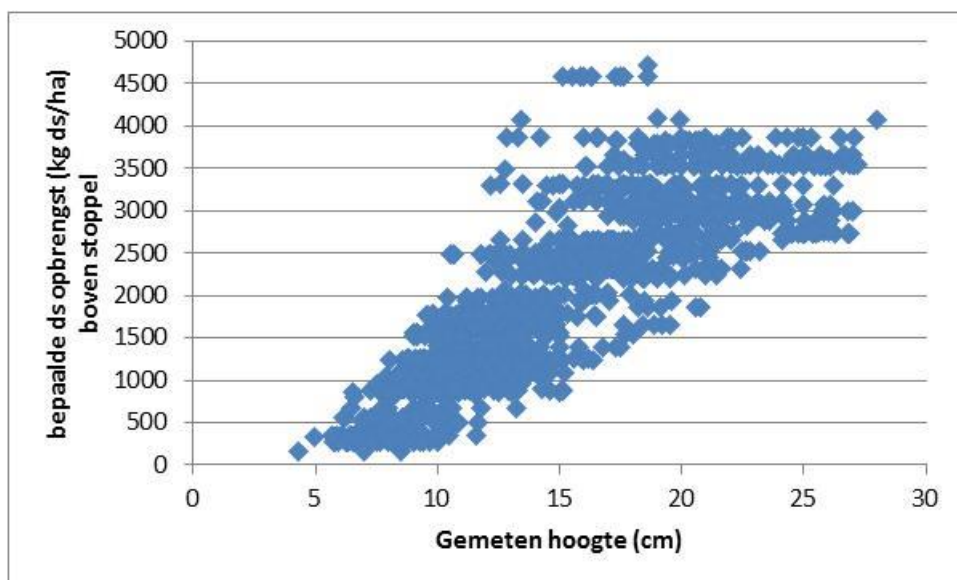
Bij een gemeten grashoogte van 22 cm zonder aren is een variatie in opbrengst van 1700 tot ruim 4000 kg ds/ha gemeten. De gekleurde kruisjes liggen midden in de puntenwolk en laten dus geen afwijkend beeld zien. Een hoger percentage aren bij deze zelfdegras hoogte geeft niet per definitie een hogere of een lagere drogestof opbrengst. Er is geen significant (aantoonbaar) effect van de zodedichtheid of van het percentage aren op de relatie grashoogte-drogestof opbrengst.



Figuur 2 Relatie zodedichtheid (% bezetting) grashoogte (cm) en gemeten ds-opbrengst (kg ds/ha)

Figuur 2 geeft een beeld van de grashoogte-drogestof opbrengst bij verschillende niveau's van zodedichtheid. De groene kruisjes zijn de bepalingen met de laagste zodedichtheid, de gele kruisjes met de hoogste zodedichtheid. Verwacht werd dat bij een gelijk gemeten grashoogte (bijvoorbeeld 17.5 cm) de gemeten opbrengst bij een lage zodedichtheid lager zou zijn dan bij een hoge(re) zodedichtheid. Dat blijkt echter niet uit deze meetgegevens: de groene- en de gele kruisjes overlappen elkaar. Dus bij gelijke grashoogte en verschillende zodedichtheid kan toch een zelfde drogestof opbrengst behaald worden. Waarschijnlijk is de range in dichtheden (veelal rond de 90%) op 1 maaitijdstip te klein om hier een betrouwbaar effect aan te tonen.

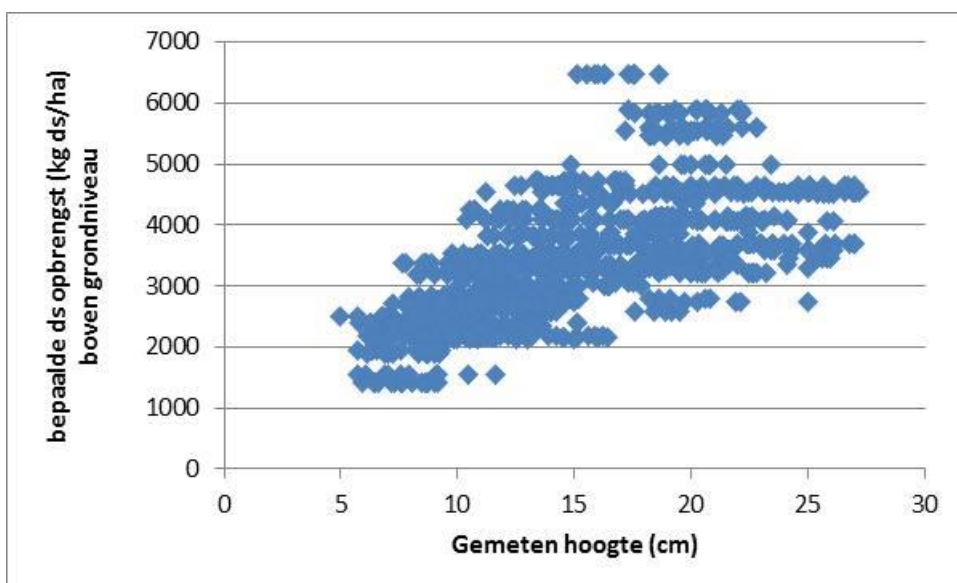
De volgende figuren (3 en 4) geven een globaal beeld van de relatie tussen de gemeten grashoogte en de bepaalde droge stof-opbrengst (van alle gemeten data). De figuren geven zowel de gemeten opbrengst boven de stoppel weer (standaard opbrengst bepaling methode) als de opbrengst vanaf de grond. Deze laatste is berekend uit de opbrengst boven stoppel + de bepaalde stoppelopbrengst (samengestelde data).



Figuur 3 Relatie grashoogte (cm) en bepaalde ds-opbrengst boven stoppel (kg ds/ha)

Uit figuur 3 blijkt een globale relatie: hoe hoger het gewas, hoe hoger de droge stofopbrengst. Bij hogere drogestof-opbrengsten wordt de spreiding groter (bredere puntenwolk). Hier wordt de schatting van de relatie dus minder goed. Ook lijkt het verband (hierdoor) 'kwadratisch' te verlopen. Een hoger gewas geeft minder opbrengst per gemeten cm bij toenemende lengte/hoogte van het gewas. Op basis van deze gegevens is besloten om grashoogte zowel lineair als kwadratisch op te nemen in de regressieanalyse.

Figuur 4 geeft de relatie grashoogte en bepaalde droge stofopbrengst (samengestelde data) vanaf de grond weer.

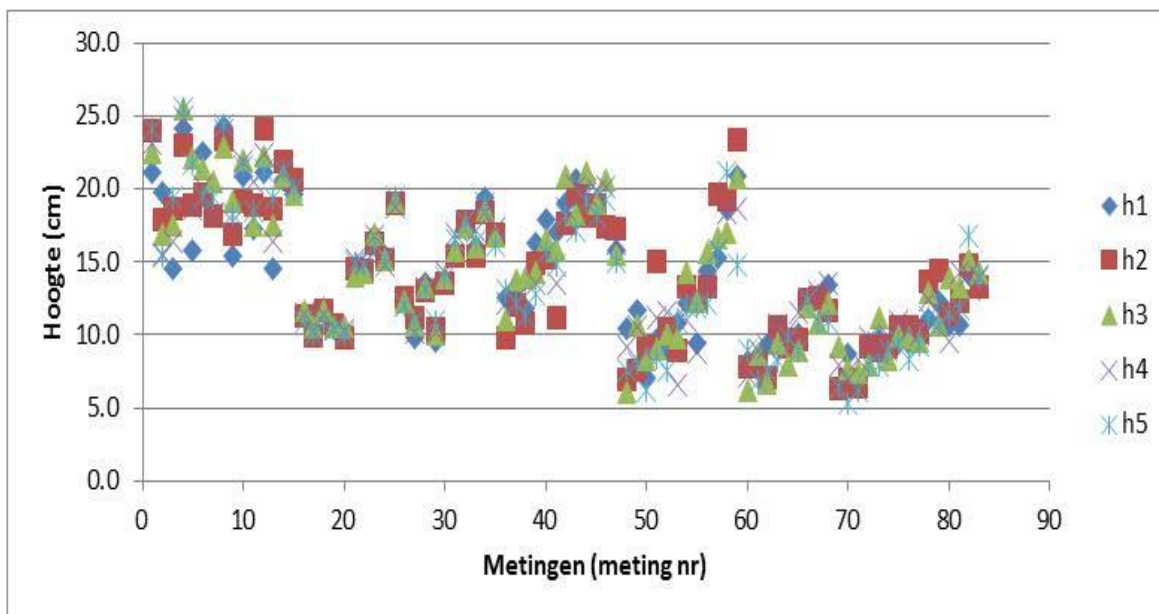


Figuur 4 Relatie grashoogte (cm) en bepaalde ds-opbrengst boven grondniveau (kg ds/ha)

De relatie droge stofopbrengst vanaf grond/bodemniveau (ds-bodem) en grashoogte laten nog steeds een (lineair) verband zien: hoe hoger het gewas, hoe hoger de opbrengst, maar de spreiding is hier veel groter dan bij de bepalingen boven stoppelniveau (figuur 3). Dit wordt veroorzaakt door de erg grote spreiding in stoppelopbrengsten die weer veroorzaakt wordt door met name het droge stof gehalte van de stoppel.

Omdat gemeten wordt vanaf de grond, heeft een ijklijn vanaf de grond de voorkeur, echter gezien het verschil in spreiding tussen metingen vanaf de grond en metingen boven stoppel zal de nauwkeurigheid van deze lijn kleiner zijn. Beide analyses zullen worden uitgevoerd.

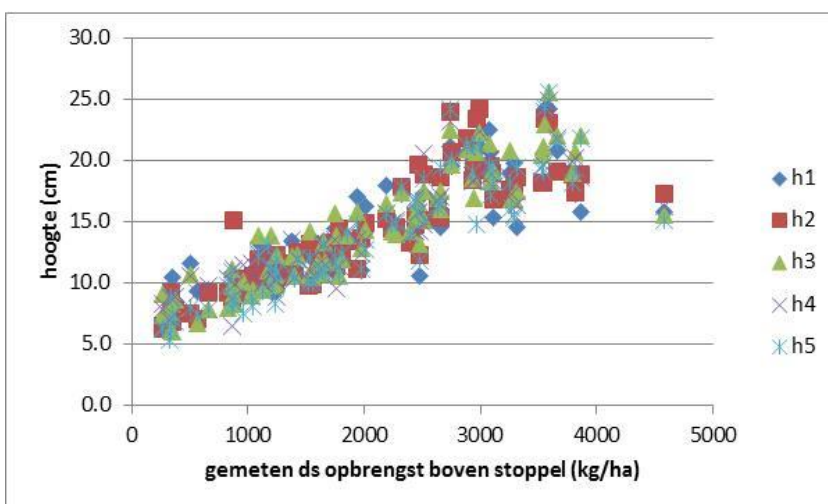
Een in dit onderzoek weergegeven opbrengst wordt bepaald uit meerdere metingen; er zijn per veldje steeds 5 metingen uitgevoerd. Deze metingen lieten zelfs op een homogeen veld al grote variatie zien. Door deze variatie is de verklaarde variantie van een ijklijn lager. Mogelijk is het beter om uit te gaan van een gemiddeld gemeten grashoogte op een veld (perceel) en daar een lijn op te fitten/op basis van een gemiddelde meting de hoeveelheid droge stof te schatten. De volgende figuren (5 en 6) geven een beeld van de variatie binnen een homogeen maaiveld.



Figuur 5 Spreiding in hoogte per veldje

Figuur 5 geeft de spreiding weer binnen 5 meting (h1 t/m h5) van één type grashoogtemeter op 1 veldje (per veldje steeds op 1 dag gemeten; de metingen zijn van het gehele seizoen). Soms zit er maar een paar cm verschil in de herhalingsmetingen, maar soms is het verschil 5 cm of zelfs iets meer. Deze grote verschillen maken het moeilijker om een sterk verband te leggen tussen hoogte en opbrengst. Bij de 5 herhalingen hoort steeds maar één opbrengst, omdat voor een goede opbrengstbepaling een bepaalde oppervlakte nodig is. Dit laatste met de zelfde reden: uitsluiten van variatie.

Figuur 6 geeft de relatie (1) gemeten opbrengst bij 5 herhaalde grashoogtemetingen (h1 t/m h5) met één meter weer.



Figuur 6 Spreiding (hoogte)per meting en bijbehorende opbrengst

In de vervolganalyse zijn de gegevens geanalyseerd op basis van de gemiddelde hoogte van de 5 herhalingsmetingen met één grashoogtemeter op 1 veldje.

3.2 Statistische analyse

Uit de statistische analyse (REML) op de data van 2014 bleek een significant verschil ($p < 0.001$) tussen de Farmworks, de EC10 en de JenQuip enerzijds en de Tempex/ piepschuim meter en Grasshopper anderzijds, wanneer de gebruikte meter in combinatie met de hoogte als verklarende factor in de regressie werd opgenomen. Het verschil tussen de Tempex plaatmeter en de andere meters in combinatie met de gemeten hoogte bleef ook significant verschillend wanneer de analyse werd uitgevoerd op alle data. Dit betekent dat voor de Tempex plaatmeter een andere ijklijn geldt dan voor de overige meters. De volgende analyses zijn daarom steeds apart gedaan voor de Tempex plaatmeter en de overige meters. De Grasshopper is buiten de analyse gelaten, vanwege de afwijkende uitkomsten en het feit dat deze nog in ontwikkeling is. De grashoogtemeter van Farmworks gaf op basis van de analyse op de data van 2014 geen afwijkend beeld t.o.v. de andere meters (behalve de tempex plaat), zodat voor de Farmworks grashoogtemeter de zelfde analyse uitkomsten gelden als voor de EC10 (EC9) en de JenQuip grashoogtemeters.

Na de pre-analyse op de data van alleen 2014 is een analyse uitgevoerd op alle data (2014 en 2015), waarbij dus onderscheid is gemaakt tussen de Tempex plaatmeter enerzijds (analyses aangeduid met 'a') en de overige meters anderzijds (analyses aangeduid met 'b'). Zowel de droge stofopbrengst vanaf de grond (ds_bodem) als vanaf stoppelhoogte (ds_stoppel) zijn als te verklaren variabele opgenomen.

De analyse is uitgevoerd als (lineaire) regressie met hoogte en hoogte in het kwadraat (h^2) als verklarende variabelen. Daarnaast is de analyse uitgevoerd op:

- Alle data (Ia: Tempex plaat en Ib : ander grashoogtemeters)
- Alleen ds opbrengsten tot 2700 kg ds/ha (IIa en IIb)
- Gemiddelde van de herhalingen (onder de 2700 kg ds/ha) (IIIa en IIIb)

Analyse Ia (alle data, Tempex plaat)

De analyse op de hoeveelheid droge stof (kg ds/ha) vanaf de grond gaf de volgende uitkomst; Percentage verklaarde variantie: 26%, s.e. 935. De vergelijking is (ijklijn);

Ds_bodem = $206 * \text{hoogte}$

Toevoeging van de term grashoogte in het kwadraat (h^2) gaf een verhoging van het percentage verklaarde variantie naar 44% en een s.e. van 815. De vergelijking is dan:

DS-Bodem = $309 * \text{hoogte} - 5.4 * h^2$

Beide vergelijkingen geven geen goede voorspelling van de opbrengst op basis van de hoogtemeting.

De variatie en de afwijking is te groot voor praktisch gebruik. Mogelijk is de hoeveelheid droge stof boven stoppelniveau beter te voorspellen. Bij deze analyse wordt een zogenaamd intercept geschat (een hoeveelheid droge stof bij 0 cm). Deze analyse gaf voor de Tempex plaatmeter de volgende uitkomst:

Het percentage verklaarde variantie steeg naar 75% en de s.e. daalde naar 533 kg ds/ha. De vergelijking is:

Ds_Stoppel = $-810 + 169 * \text{hoogte}$

Toevoegen van de term h^2 geeft slechts een kleine verbetering: het percentage verklaarde variantie wordt dan 76.6% en de s.e. 514. De vergelijking is:

Ds_Stoppel = $-2068 + 332 * \text{hoogte} - 4.7 * h^2$

Analyse Ib (alle data, overige meters)

De analyse op de hoeveelheid droge stof vanaf de grond gaf de volgende uitkomst;

Percentage verklaarde variantie: 20%, s.e. 831. De vergelijking is;

Ds_bodem = $227 * \text{hoogte}$

Toevoeging van de term grashoogte in het kwadraat (h^2) gaf een verhoging van het percentage verklaarde variantie naar 50.2% en een s.e. van 656. De vergelijking is dan:

DS-Bodem = $350 * \text{hoogte} - 7.3 * h^2$

Beide vergelijkingen geven net als bij de Tempex plaatmeter geen goede voorspelling van de opbrengst op basis van de grashoogtemeting. De variatie en de afwijking is te groot voor praktisch gebruik. Mogelijk is de hoeveelheid droge stof boven stoppelniveau beter te voorspellen. Bij deze analyse wordt een zogenaamd intercept geschat (een hoeveelheid droge stof per ha bij 0 cm). Deze analyse gaf voor de overige meters de volgende uitkomst:

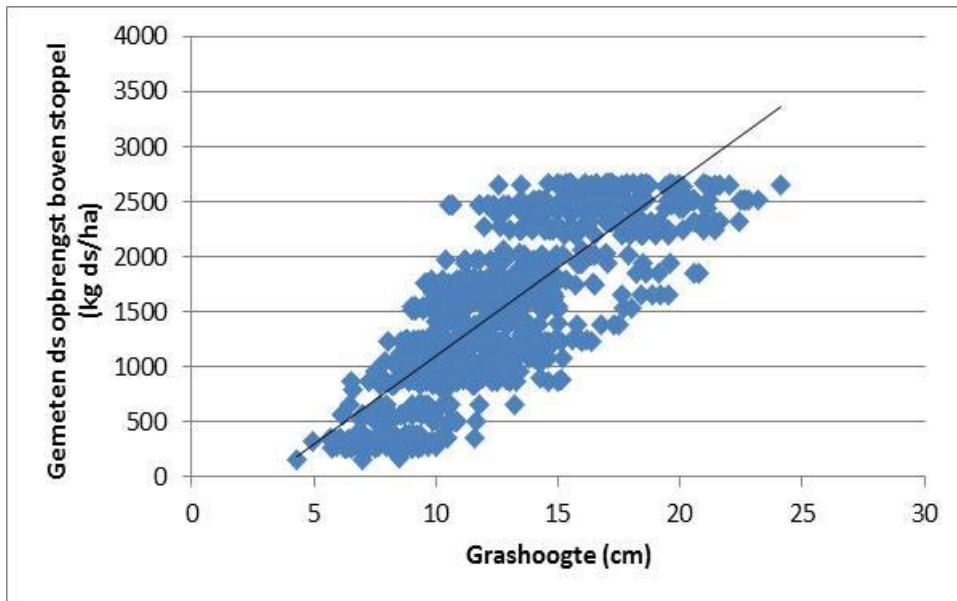
Het percentage verklaarde variantie steeg naar 74.3% en de s.e. daalde naar 516 kg ds/ha. De vergelijking is:

Ds_Stoppel = $-525 + 182 * \text{hoogte}$

Toevoeging van de term h^2 geeft nog een kleine verbetering: het percentage verklaarde variantie wordt dan 79.6% en de s.e. 460. De vergelijking is:

Ds_Stoppel = $-2491 + 466 * \text{hoogte} - 9.3 * h^2$

De metingen boven de 2700 kg ds/ha geven een duidelijk grotere variantie dan de metingen tot deze opbrengst. In figuur 7 wordt een beeld gegeven van de data (en de spreiding) tot een opbrengst van 2700 kg ds/ha.



Figuur 7 Relatie grashoogtemetingen – ds opbrengst boven stoppel: opbrengsten tot 2700 kg ds/ha

Omdat de meter in de praktijk vooral gebruikt wordt voor de planning van weidesneden, is juist de hoeveelheid onder de 2700 kg ds/ha (boven stoppel!) interessant. De volgende analyses zijn gedaan op opbrengsten tot deze waarde.

Analyse IIa (Tempex plaat meter, alle ds opbrengsten < 2700 kg ds/ha)

De analyse op de hoeveelheid droge stof (kg ds/ha) vanaf de grond met alleen de grashoogte als verklarende variabele gaf geen goede fit: er was teveel random variantie

Toevoeging van de tem hoogte in het kwadraat (h^2) gaf een percentage verklaarde variantie van 34.6% en een s.e. van 601. De vergelijking is dan:

$$DS\text{-}Bodem = 337 * \text{hoogte} - 8.2 * h^2$$

Beide vergelijkingen geven nog steeds geen goede voorspelling van de ds-opbrengst op basis van de grashoogtemeting. De variatie en de afwijking is te groot voor praktisch gebruik. Mogelijk is de hoeveelheid droge stof per hectare boven stoppelniveau beter te voorspellen. Bij deze analyse wordt weer een zogenaamd intercept geschat (een hoeveelheid droge stof per ha bij 0 cm). Deze analyse gaf voor de Tempex plaatmeter de volgende uitkomst:

Het percentage verklaarde variantie steeg naar 70.8% en de s.e. daalde naar 386 kg ds/ha. De vergelijking is:

$$Ds_Stoppel = -706 + 154.4 * \text{hoogte}$$

Toevoeging van de term h^2 geeft hier weer een kleine verbetering: het percentage verklaarde variantie wordt dan 72.2% en de s.e. 377. De vergelijking is:

$$Ds_Stoppel = -1674 + 297 * \text{hoogte} - 4.9 * h^2$$

Analyse IIb (Andere meters dan Tempex plaatmeter, alle ds opbrengsten < 2700 kg ds/ha)

De analyse op de hoeveelheid ds vanaf de grond met alleen de hoogte als verklarende variabele en alleen ds-opbrengsten tot 2700 kg ds/ha gaf een percentage verklaarde variantie van slechts 11.6% en een s.e. van 652 kg ds/ha. De vergelijking is:

$$Ds_bodem = 245.1 * \text{hoogte}$$

Toevoeging van de tem hoogte in het kwadraat (h^2) gaf een percentage verklaarde variantie van 39.2% en een s.e. van 541. De vergelijking is dan:

$$DS\text{-}Bodem = 368.5 * \text{hoogte} - 9.3 * h^2$$

Beide vergelijkingen geven nog steeds geen goede voorspelling van de opbrengst op basis van de grashoogtemeting. De variatie en de afwijking zijn te groot voor praktisch gebruik. Mogelijk is de hoeveelheid droge stof boven stoppelniveau beter te voorspellen. Bij deze analyse wordt weer een zogenaamd intercept geschat (een hoeveelheid droge stof bij 0 cm). Deze analyse gaf voor de Tempex plaatmeter de volgende uitkomst:

Het percentage verklaarde variantie steeg naar 75.4% en de s.e. daalde naar 355 kg ds/ha. De vergelijking is:

$$Ds_Stoppel = -738 + 191 * \text{hoogte}$$

Toevoeging van de term h^2 geeft hier weer een kleine verbetering: het percentage verklaarde variantie wordt dan 77.8% en de s.e. 337. De vergelijking is:

$$Ds_Stoppel = -1992 + 404 * \text{hoogte} - 8.43 * h^2$$

Omdat het percentage verklaarde variantie voor de praktijk nog steeds aan de lage kant is en de data een grote spreiding tussen de herhalingen laat zien is ook een analyse gedaan op het gemiddelde (de gemiddelde hoogte!) van de 5 metingen per veld. Omdat de analyse op basis van de gemeten ds-opbrengst boven stoppelhoogte duidelijk beter is dan die op metingen vanaf de grond is in de volgende analyses alleen gekeken naar de voorspelling van de ds-opbrengst boven stoppel.

Analyse IIIa (Tempex meter; analyse op gemiddelde van de herhalingen en opbrengsten < 2700 kg ds/ha; ds opbrengst boven de stoppel als verklarende variabele)

De dataset is nu sterk beperkt. Per veld is de gemiddelde hoogte berekend van de 5 herhalingen waarbij de opbrengsten boven 2700 kg ds/ha buiten de analyse zijn gehouden. De analyse op basis van deze sub-set gaf met alleen gemeten hoogte (als gemiddelde van 5 metingen op 1 veld) een verklaarde variantie van 82.8% en een s.e. van 302 kg ds/ha. De vergelijking is:

$$Ds_Stoppel = -829 + 163.5 * \text{hoogte}$$

Toevoeging van de term h^2 gaf een lichte verbetering naar een verklaarde variantie van 83.2% en een s.e. van 298. De vergelijking wordt dan:

$$Ds_Stoppel = -1353 + 345.9 * \text{hoogte} - 2.96 * h^2$$

Analyse IIIb (andere meters dan tempex meter; analyse op gemiddelde van de herhalingen en opbrengsten < 2700 kg ds/ha; ds opbrengst boven de stoppel als verklarende variabele)

De dataset is nu sterk beperkt. Per veld is de gemiddelde hoogte berekend van de 5 herhalingen waarbij de opbrengsten boven 2700 kg ds/ha buiten de analyse zijn gehouden. De analyse op basis van deze sub-set gaf met alleen gemeten hoogte (als gemiddelde van 5 metingen op 1 veld) een percentage verklaarde variantie van 89.1% en een s.e. van 257 kg ds/ha. De vergelijking is:

$$Ds_Stoppel = -945 + 209.5 * \text{hoogte}$$

Toevoeging van de term h^2 gaf een lichte verbetering naar een verklaarde variantie van 90% en een s.e. van 246. De vergelijking wordt dan:

$$Ds_Stoppel = -1685 + 345.8 * \text{hoogte} - 5.74 * h^2$$

Tabel 3 geeft een overzicht van alle analyses met alleen hoogte als verklarende variabele en tabel 4 de analyses met grashoogte en grashoogte in het kwadraat.

Tabel 3 Analyse uitkomst regressieanalyse met alleen hoogte als verklarende variabelen

Meter	data	Herhaling	% verklaarde variantie	Standaard error	Constante	Grashoogte (cm)
Ds-opbrengst boven grondniveau						
Tempex	Alle	alle	26.0	935	-	206.0
Tempex	Tot 2700 kg ds	Alle	Geen fit	-	-	-
Rest	Alle	alle	20.0	831	-	227.0
Rest	Tot 2700 kg ds	Alle	11.6	652	-	245.1
Ds-opbrengst boven stoppelniveau						
Tempex	Alle	alle	75.0	533	-810	169.0
Tempex	Tot 2700 kg ds	alle	70.8	386	-706	154.4
Rest	Alle	alle	74.3	516	-525	182.0
Rest	Tot 2700 kg ds	alle	75.4	355	-738	191.0
Tempex	Tot 2700 kg ds	Gem.	82.8	302	-829	163.5
Rest	Tot 2700 kg ds	Gem.	89.1	257	-945	209.5

* geschatte ds-opbrengst = constante + 'Grashoogte' * gemeten grashoogte in cm

Tabel 4 Analyse uitkomst regressieanalyse met hoogte en h^2 als verklarende variabelen

Meter	data	Herhaling	% verklaarde variantie	Standaard error.	Constante	Grashoogte (cm)	Grashoogte in het kwadraat
Ds opbrengst boven grondniveau							
Tempex	Alle	alle	44.0	815	-	309.0	-5.4
Tempex	Tot 2700 kg ds	Alle	34.6	601	-	337.0	-8.2
Rest	Alle	alle	50.2	656	-	350.0	-7.3
Rest	Tot 2700 kg ds	Alle	39.2	541	-	368.5	-9.3
Ds opbrengst boven stoppelniveau							
Tempex	Alle	alle	76.6	514	-2086	332	-4.7
Tempex	Tot 2700 kg ds	alle	72.2	377	-1674	297	-4.9
Rest	Alle	alle	79.6	460	-2491	466	-9.3
Rest	Tot 2700 kg ds	alle	77.8	337	-1992	404	-8.43
Tempex	Tot 2700 kg ds	Gem.	83.2	298	-1353	346	-2.96
Rest	Tot 2700 kg ds	Gem.	90.0	246	-1685	345.8	-5.74

* geschatte ds-opbrengst = constante + 'Grashoogte' * gemeten grashoogte in cm + 'Grashoogte in het kwadraat' * gemeten grashoogte (cm) * gemeten grashoogte (cm)

Snedes verschillen

Naast verschillen in zodedichtheid en percentage aren wordt ook de tijd in het seizoen vaak genoemd als reden om andere formules te gebruiken. Daarom is ook een analyse gedaan om te zien of er grote verschillen per snede zijn in de relatie grashoogte versus ds-opbrengst.

De analyse is uitgevoerd op de ds-opbrengst boven de stoppel, omdat uit de eerdere analyses al bleek dat dit de best te voorspellen parameter is. Alleen grashoogte is als verklarende variabele opgenomen. Door onderscheid te maken in sneden verbeterde de totale verklaarde variantie niet (percentage verklaarde variantie = 75.1%). Elke snede bleek wel een eigen factor voor de grashoogte te krijgen. De vermenigvuldigingsfactor voor grashoogte is voor snede 1 t/m 5:

Snede 1: 190.2
 Snede 2: 173.7
 Snede 3: 180.1
 Snede 4: 178.5
 Snede 5: 186.3

De verschillen tussen de sneden zijn niet groot en lijken ook niet consequent (er is geen lijn in te ontdekken). Waarschijnlijk is dit de verklaring van de variatie tussen de verschillende meetmomenten/locaties. Wanneer elk veld apart in de analyse zou worden opgenomen, zal mogelijk de zelfde variatie in hoogteparameter optreden. Het directe verband met de snede is minder duidelijk, mede, omdat de oogst van bijvoorbeeld snede 3 op verschillende locaties en in verschillende jaren niet op of rond dezelfde datum (of groeistadium) plaats vond.

Interessant zou een afwijking van snede 1 zijn geweest, maar de waarde 190 wijkt onvoldoende af van bijvoorbeeld de waarde 186 uit snede 5 om een aparte formule voor snede 1 te onderbouwen.

4 Discussie en conclusie

De langste/hogste grashoogte die gemeten is bedraagt 28 cm. Door het legeren van het gewas in combinatie met het gewicht van de plaat bleek het niet mogelijk te zijn een grotere grashoogte/langer gewas te meten. De werkelijk gevonden ds-opbrengst bij deze metingen geven dan ook een erg grote variatie. Dit betekent dat tot ongeveer een (gemeten) opbrengst van 2500-2700 kg ds/ ha (lichte maaisnede) redelijk betrouwbare opbrengstschattingen gemaakt kunnen worden met de grashoogtemeter. De grashoogte verklaart in dit onderzoek ongeveer 70% van de gevonden variantie. Omdat het lijkt dat er een afnemende opbrengst is bij een hoger gewas is grashoogte in het kwadraat (h^2) ook meegenomen in de analyse. Deze factor gaf wel een lichte verbetering van de voorspelling, maar maakt de te gebruiken functielijn minder geschikt (lees: ingewikkelder) voor de praktijk. Omdat de meerwaarde gering is, zeker in het traject tot ongeveer 2700 kg ds/ha, is voor de praktijk een lineair verband goed toepasbaar. Opvallend was dat de Tempex plaatmeter geen betere voorspelling gaf bij ds-opbrengsten onder de 2700 kg ds/ha. Mogelijk komt dit omdat deze plaat lichter is en een groter oppervlak heeft.

De invloed van de zodedichtheid en het aantal aren konden in dit onderzoek niet worden aangetoond, waarschijnlijk omdat er onvoldoende continuïteit in de range bestond tussen de gemeten objecten. Om hier meer over te kunnen zeggen is aanvullend onderzoek nodig. Meten vanaf de grond gaf een lagere percentage verklaarde variantie dan meten vanaf de stoppel. Dit is komt mogelijk doordat niet van elk object een 'eigen' stoppelopbrengst is bepaald. In 2015 is echter veel meer stoppelonderzoek gedaan en dit heeft toch niet tot een verbeterd resultaat geleid.

De Tempex plaatmeter heeft een andere (eigen) lijn nodig dan de andere plaatmeters. Dit komt omdat zowel het oppervlak van de plaat als het gewicht van de plaat duidelijk afwijken van die van de andere grashoogtemeters.

Geadviseerd wordt om in de praktijk veel metingen in 1 perceel te doen en deze te middelen. De opbrengst per meting binnen 1 veld varieert al sterk en is te vergelijken met de 5 herhaalde metingen in deze proef. Door deze 'binnen-perceel' variatie niet mee te nemen in de schatting (dus te middelen), is de schatting meer robuust. In de analyse is dat getoetst door met een gemiddelde hoogte per perceel (per veldje) te werken. De lijn is gefit op basis van een gemiddelde hoogte per veld. Deze aanpak heeft geleid tot een veel betere schatting (89% verklaarde variantie). Een veehouder heeft op zich geen belang bij de waarde van de variatie binnen een perceel; meestal wordt het gehele perceel aan de koeien aangeboden. Voor de praktijk betekent dit, dat de hoogte van een minimaal aan te bieden hoeveelheid gras mag worden gemiddeld en dan in de te gebruiken vergelijking kan worden gestopt.

Voor de praktijk werkt een functie (ijklijn) met alleen de grashoogte als verklarende variabele het best. Dit is eenvoudig toe te passen en te interpreteren. De extra toegevoegde waarde van de kwadraat-term is beperkt. De ds-opbrengst vanaf stoppelniveau is goed te schatten met een grashoogtemeter in het traject tot 2700 kg ds/ha boven stoppelniveau. De meeste internationale functielijnen geven echter een opbrengst weer vanaf de grond.

De meest praktische lijn voor de plaatmeter (met uitzondering van de Tempex plaat) is:

$$\text{Dsopbrengst boven stoppel (kg ds/ha)} = -945 + 210 * \text{grashoogte}$$

In de praktijk wordt in Nederland sinds de introductie van de nieuwere modellen plaatmeter (die met 'clicks' werken in plaats van cm grashoogte) de functie:

$$\text{Ds opbrengst bodem (kg ds/ha)} = 800 + 110 * \text{aantal clicks (kg ds/ha) gehanteerd}$$

Een click komt ongeveer overeen met 0.5 cm. De factor 210 voor hoogte (in cm) zou bij gebruik van clicks 105 moeten zijn (komt redelijk in de buurt van de nu gebruikte 110)

Het verschil in de constante tussen beide functies is $945+800 = 1745$ kg ds. Dit kan een goede maat zijn voor de gemiddelde hoeveelheid droge stof in de stoppel van de proeven. De ijkproef is als

maaiproef uitgevoerd , met een stoppelhoogte van ruim 6 cm. Bij een perceel dat voor beweiding wordt gebruikt wordt meestal van een lagere stoppel (bij uitscharen) uitgegaan. Vertalen naar de een functie die de opbrengst vanaf grondniveau bepaald leidt tot de functie:

$$\text{Kg ds/ha vanaf de grond} = 845 + 105 * \text{aantal clicks}$$

De gebruiker moet op basis van eigen bevinding en management dan een aftrek van de hoeveelheid in de stoppel toepassen. Dit zal in de praktijk variëren tussen de 1100 en 2000 kg ds/ha (of 11 clicks * 105 + 845 = 2000 kg ds/ha in de stoppel van 5.5 cm).

Alle geteste grashoogtemeters zijn met ongeveer een gelijke betrouwbaarheid te gebruiken in het traject tot 2700 kg ds/ha boven stoppelhoogte. Als eerst alle grashoogtes per perceel verzameld worden en de gemiddelde grashoogte vervolgens in de functie wordt toegepast wordt een goed beeld verkregen van de ds-opbrengst van een perceel.

De Tempex plaatmeter vraagt om een eigen formule. De formule vanaf stoppelniveau is:

$$\text{Ds_opbrengst boven stoppel (kg ds/ha)} = -829 + 164 * \text{grashoogte}$$

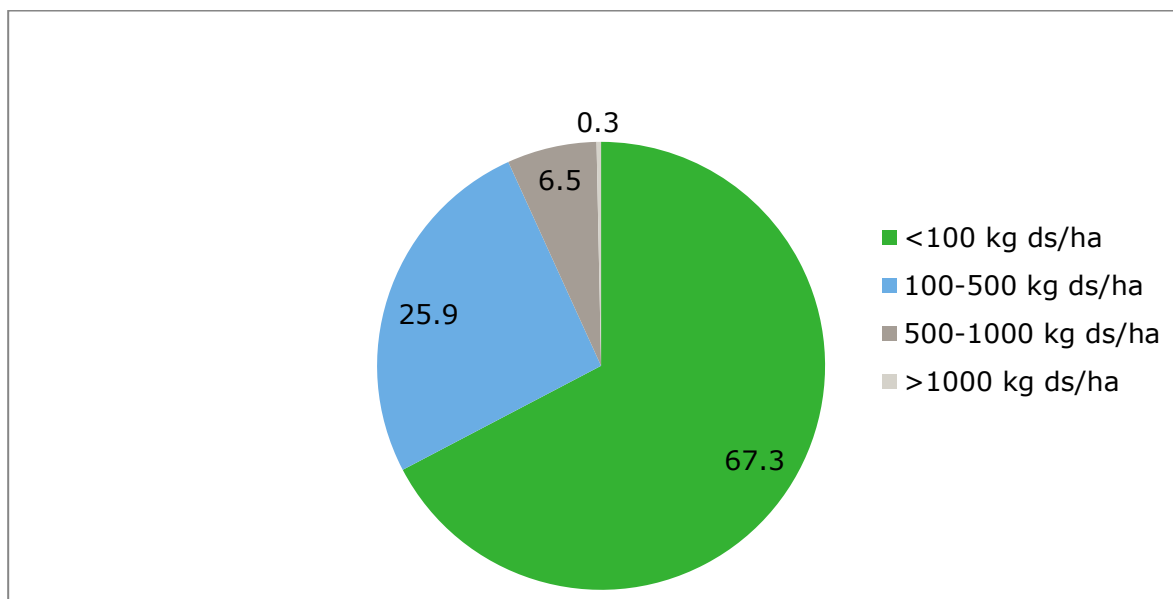
Om deze formule te gebruiken boven grondniveau, vergelijkbaar met de formule voor de andere plaatmeters, is deze herleid naar:

$$\text{Kg ds/ha vanaf de grond (Tempex meter)} = 1098 + 164 * \text{grashoogte (in cm)}$$

Ook bij deze formule moet de gebruiker bij bepalen van het aanbod hier een hoeveelheid aftrekken die in de stoppel verwacht wordt.

4.1 Praktijkgebruik

De vraag vanuit de praktijk is natuurlijk hoe nauwkeurig de meter is en hoe erg het is om er een paas kg naast te zitten. Om dit in beeld te brengen is gekeken hoe goed de formule $845 + 105 * \text{aantal clicks}$ de gemeten opbrengst op de proefvelden zou schatten. De afwijking van de geschatte opbrengst en de gemeten opbrengst is in klassen verdeeld. De uitkomst is weergegeven in figuur 8.



Figuur 8 Afwijking kg ds/ha werkelijk gemeten – kg ds/ha geschat met de grashoogtemeter

Uit figuur 8 blijkt dat 67% van de metingen minder dan 100 kg ds/ha afwijken van de werkelijk bepaalde opbrengst en 93% van de gemeten waarden heeft een afwijking minder dan 500 kg ds/ha.

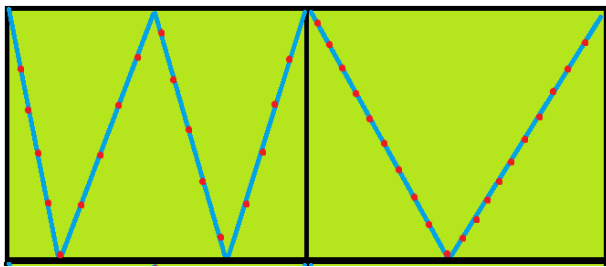
Voor praktische tips en goed praktijkgebruik is binnen het Amazing Grazing project de grashoogtemeter kaart ontwikkeld. Op deze kaart wordt op een overzichtelijke wijze uitgelegd hoe de grashoogtemeter het beste in de praktijk gebruikt kan worden. Hier volgen enkele highlights van deze kaart. Deze kaart vervangt de oude kaart van NMI/ J.A. Keuning (1988) en/of de kaart van Koe & Wij (B. Philipsen en D.J. Den Boer, 2006).

Aantal metingen

Om de variabiliteit in een perceel goed te kunnen inschatten is het nodig om op minimaal 30 willekeurige punten per perceel te meten. Het gemiddelde van deze metingen is de gemiddelde grashoogte van het perceel. Bij het meten in een weiderest is het aan te raden om 40-50 metingen per perceel uit te voeren, omdat er een grotere variatie in gewasstand aanwezig is door de bossen.

Looplijn

Loop in een W- of V-lijn door het perceel. Maak tijdens de Farmwalk handig gebruik van dammen of een plank over een sloot.



Gebruik meter

Plaats de plaat recht op het gewas voor een goede meting. Dit betekent dus dat de plaat niet gebruikt moet worden als wandelstok en er tijdens het lopen even snel een meting moet worden gedaan. De meter moet echt verticaal en stil worden gehouden om deze goed af te kunnen lezen.

In de bijlage zijn een 2 tal tabellen opgenomen die een bepaalde hoogte vertalen naar een hoeveelheid beschikbare kilo's droge stof per hectare.

Literatuur

Keuning, J.A. (1988), Grashoogtemeter hulpmiddel voor schatting grashoeveelheid. In: Meststoffen 1-1988. Nutriënten Management Instituut NMI, Agro Business Park 20, 6708 PW, Wageningen.

Philipsen, B. en J.D. Den Boer (2006, Grashoogtemeterkaart).

<http://www.verantwoordeveehouderij.nl/producten/Koeenwij/Algemeen/TabelGrashoogtemeter.pdf>

Bijlage 1 Van grashoogte naar opbrengst (1)

Beschikbare hoeveelheid droge stof in kg droge stof per ha voor meters van Jenquip en FarmWorks					
Gewashoogte in clicks	Stoppelhoogte in clicks				
	6	8	10	12	14
6	0				
7	105				
8	210	0			
9	315	105			
10	420	210	0		
11	525	315	105		
12	630	420	210	0	
13	735	525	315	105	
14	840	630	420	210	0
15	945	735	525	315	105
16	1050	840	630	420	210
17	1155	945	735	525	315
18	1260	1050	840	630	420
19	1365	1155	945	735	525
20	1470	1260	1050	840	630
21	1575	1365	1155	945	735
22	1680	1470	1260	1050	840
23	1785	1575	1365	1155	945
24	1890	1680	1470	1260	1050
25	1995	1785	1575	1365	1155
26	2100	1890	1680	1470	1260
27	2205	1995	1785	1575	1365
28	2310	2100	1890	1680	1470
29	2415	2205	1995	1785	1575
30	2520	2310	2100	1890	1680
31	2625	2415	2205	1995	1785
32	2730	2520	2310	2100	1890
33	2835	2625	2415	2205	1995
34	2940	2730	2520	2310	2100
35	3045	2835	2625	2415	2205
36	3150	2940	2730	2520	2310

Deze tabel is tevens geldig voor andere meters met dezelfde schijfoppervlakte en schijfgewicht als de meters van Jenquip en Farmworks.

Bijlage 2 Van grashoogte naar opbrengst (2)

Beschikbare hoeveelheid droge stof in kg droge stof per ha voor piepschuim meter Eijkelkamp en TES					
Gewashoogte in cm	Stoppelhoogte in cm				
	3	4	5	6	7
3	0				
4	164	0			
5	328	164	0		
6	492	328	164	0	
7	656	492	328	164	0
8	820	656	492	328	164
9	984	820	656	492	328
10	1148	984	820	656	492
11	1312	1148	984	820	656
12	1476	1312	1148	984	820
13	1640	1476	1312	1148	984
14	1804	1640	1476	1312	1148
15	1968	1804	1640	1476	1312
16	2132	1968	1804	1640	1476
17	2296	2132	1968	1804	1640
18	2460	2296	2132	1968	1804
19	2624	2460	2296	2132	1968
20	2788	2624	2460	2296	2132
21	2952	2788	2624	2460	2296
22	3116	2952	2788	2624	2460
23	3280	3116	2952	2788	2624
24	3444	3280	3116	2952	2788
25	3608	3444	3280	3116	2952
26	3772	3608	3444	3280	3116
27	3936	3772	3608	3444	3280

Deze tabel is tevens geldig voor andere meters met dezelfde schijfoppervlakte en schijfgewicht als de meters van Eijkelkamp en TES.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen UR Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wageningenUR.nl/livestockresearch

Wageningen UR Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

