



De teelt van suikerbieten voor vergisting

Effect van oogsttijdstippen, stikstofbemesting en rassenkeuze



De teelt van suikerbieten voor vergisting

Effect van oogsttijdstippen, stikstofbemesting en rassenkeuze



Toon Huijbregts en Bram Hanse

Stichting IRS
Postbus 32
4600 AA Bergen op Zoom
Telefoon: +31 (0)164 - 27 44 00
Fax: +31 (0)164 - 25 09 62
E-mail: irs@irs.nl
Internet: <http://www.irs.nl>

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

Het IRS stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruikmaking van de gegevens uit deze uitgave.

Inhoud

VOORWOORD	3
SAMENVATTING	4
1. INLEIDING	5
2. MATERIAAL EN METHODEN	6
2.1 PROEFVELDEN	6
2.1.1 <i>Oogsttijdstippenproeven</i>	6
2.1.2 <i>Rassen- en rassen-/oogsttijdstippenproeven</i>	6
2.1.3 <i>Rassen-/oogsttijdstip-/aanaardenproef</i>	7
2.1.4 <i>Stikstofbemestingsproeven</i>	8
2.1.5 <i>Stikstof/rassenproef</i>	8
2.2 ANALYSES	9
2.3 BEREKENING ENERGIEREDEMMENT EN BKG-EMISSIEREDUCTIE.....	9
3. RESULTATEN	10
3.1 OOGSTTIJDSTIPPENPROEVEN.....	10
3.2 RASSEN- EN RASSEN-/OOGSTTIJDSTIPPENPROEVEN	13
3.3 RASSEN-/OOGSTTIJDSTIP-/AANAARDENPROEF	26
3.4 STIKSTOFBEMESTINGSPROEVEN	29
3.5 STIKSTOF-/RASSENPROEF.....	31
4. DISCUSSIE	35
5. CONCLUSIES	37
6. LITERATUUR	38

Voorwoord

Deze rapportage is onderdeel van het project Energieboerderij. Het project Energieboerderij had als doel om de duurzaamheid van in Nederland geproduceerde biomassa inzichtelijk te maken en te verbeteren. In plaats van het rekenen met gegevens uit de literatuur werden op praktijkbedrijven gegevens verzameld en geanalyseerd. Deze informatie vormde de basis voor het berekenen van duurzaamheidskengetallen en het optimaliseren van energieteelten.

Achtergrond van het project is de discussie over de oplossingsrichtingen voor het energie-vraagstuk en de bijdrage die hernieuwbare grondstoffen (in het bijzonder energieteelten) daaraan kunnen leveren. De initiatiefnemers van Energieboerderij hanteren als uitgangspunt dat de energieteelt dient te voldoen aan de duurzaamheidscriteria, zoals vastgelegd in de EU-richtlijn voor energie uit hernieuwbare grondstoffen (RED). Ook de regionale impact van meer energieteelten dient inzichtelijk te zijn. Uitgangspunt daarbij is dat alle berekeningen en resultaten eenduidig en transparant zijn voor alle betrokkenen en geïnteresseerden.

Er is in het project Energieboerderij gewerkt met drie in de praktijk functionerende ketens. Deze dienen als basis voor de verzameling van bruikbare praktijkcijfers. Het betreft de volgende ketens:

1. maïsteelt - vergisting - elektriciteit;
2. suikerbietenteelt - vergisting - elektriciteit;
3. koolzaad - PPO/biodiesel.

Per keten is een groep ondernemers betrokken waar op hun bedrijfspercelen een van de bovengenoemde gewassen is geteeld. In de keten zijn teelt en verwerking gevolgd (registratie) en de benodigde metingen uitgevoerd. Met deze gegevens is over een periode van vier jaar de duurzaamheid van het energiegewas voor de totale keten bepaald.

Daarnaast zijn van elk gewas jaarlijks proefvelden en zogenaamde 'best practice'-demo's aangelegd, waarin teeltvarianten zijn vergeleken en de invloed op de duurzaamheid is bepaald. De verzamelde praktijkcijfers en de cijfers van de proefvelden en de demo's zijn met de verschillende telersgroepen besproken, met als doel vast te stellen waar de verbeterpunten liggen.

De duurzaamheid is bepaald met een, in het project ontwikkelde, meetlat voor energie-efficiency en broeikasgasemissiereductie.

Energieboerderij is een initiatief van Vereniging Innovatief Platteland. De uitvoering was in handen van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (Wageningen UR), IRS en Cultus Agro advies.

Het project werd mogelijk gemaakt door de volgende organisaties: Ministerie van EL&I, Wageningen UR, Provincie Limburg, LLTB, Productschap Akkerbouw, Cosun, IRS, Argos Oil, Essent Milieu, Carnola, Saweco, HAS Kennistransfer en OCI-Nitrogen (voorheen: DSM Agro).

Samenvatting

Voor het project Energieboerderij zijn in de periode 2008-2011 een aantal proefvelden aangelegd, om na te gaan wat de invloed is van het oogsttijdstip, de rassenkeuze en de stikstofbemesting op de methaanopbrengst, het energierendement, de broeikasgasemissiereductie en de afvoer aan nutriënten bij de vergisting van alleen loof, alleen wortel en de gehele plant (wortel+loof).

Uit de resultaten blijkt dat de loofopbrengst vanaf half september tot eind november slechts licht daalde. Het loof werd zwaar door vorst aangetast, zodat er na een vorstperiode geen oogstbaar product meer overbleef. De wortelopbrengst nam tot half november toe en was daarna nagenoeg constant, totdat de bieten gingen rotten als gevolg van vorstaantasting. Oogsten na de winter is risicovol. De kans is (te) groot dat de bieten door vorst worden aangetast. Aanaarden van de bieten had slechts een gering effect op de aantasting door vorst. Uit alle rassenproeven kwam naar voren dat tussen rassen significante verschillen in opbrengst zijn. De beste suikerbietenrassen voor de suikerproductie gaven ook de hoogste methaanproductie en het beste energierendement en de hoogste broeikasgasemissiereductie. Er is een goed verband tussen de suikeropbrengst en de berekende methaanopbrengst per hectare. Voederbieten hebben weliswaar een hoge wortelopbrengst, maar het organischestofgehalte is relatief laag. Hierdoor is de methaanopbrengst, het energierendement en de broeikasgasemissiereductie lager dan bij suikerbieten.

De loofopbrengst neemt toe met toenemende stikstofgift. Dit geldt in mindere mate ook voor de wortel. Boven de voor de suikerwinning optimale stikstofgift vlakt de organischestofproductie van de wortel af. Bovendien daalt het energierendement en de broeikasgasemissiereductie met toenemende stikstofgift. De optimale stikstofgift voor de suikerwinning is ook optimaal voor de organischestofproductie van de wortel en dus voor energieproductie. Gebaseerd op de diverse proefvelden was, uitgaande van niet door vorst aangetaste bieten en een optimale stikstofgift, de opbrengst aan organische stof per hectare zeer hoog. Gemiddeld was dit 22,6 ton per hectare voor de wortel en 4,8 ton per hectare voor het loof. Dit komt overeen met een methaanproductie van 9.000 m³ per hectare voor de wortel en 1.600 m³ per hectare voor het loof. Totaal is dit 10.600 m³ per hectare en omgerekend naar biogas ruim 19.000 m³ per hectare.

Bij de proefvelden, waar het energierendement en de broeikasgasemissiereductie is berekend, lag het energierendement voor het loof, de wortel en wortel+loof gemiddeld op respectievelijk 77, 88 en 87%. De broeikasgasemissiereductie voor loof, wortel en wortel+loof was gemiddeld respectievelijk 73, 76 en 79%. Hiermee werd in de meeste gevallen ruimschoots voldaan aan de hoogste norm voor de broeikasgasemissiereductie van 70%. De berekeningen zijn hierbij gebaseerd op elektriciteitsproductie zonder warmtebenutting.

Bij de oogst van de bieten is er een aanzienlijke afvoer van nutriënten. Uitgaande van de oogst, voordat er vorstschade optrad, en een optimale stikstofgift was bij de proefvelden de afvoer met loof gemiddeld 39 kg P₂O₅ per hectare, 132 kg N per hectare, 260 kg K₂O per hectare en 86 kg Na₂O per hectare. Met de wortel werd gemiddeld 63 kg P₂O₅ per hectare, 128 kg N per hectare, 183 kg K₂O per hectare en 10 kg Na₂O per hectare afgevoerd. Bij de bepaling is uitgegaan van gewassen bieten. De gegevens zijn dus exclusief de afvoer met de tarragrond.

1. Inleiding

Suikerbieten produceren door het lange groeiseizoen met alleen vegetatieve groei veel biomassa. Bovendien maakt het hoge gehalte aan suiker de biet bij uitstek geschikt voor de productie van biogas [1]. Nadeel is dat bieten niet het hele jaar beschikbaar zijn. Inkuilen van loof is problematisch vanwege de optredende leksapverliezen. De wortel zelf kan met relatief weinig verliezen tot medio maart worden bewaard [2].

De huidige suikerbietenteelt is geoptimaliseerd voor de verwerking van de wortels tot suiker, waarbij het loof op het land achterblijft. Belangrijke teeltfactoren die hierbij een rol spelen zijn de bemesting en rassenkeuze. Deze kunnen voor de teelt voor vergisting anders zijn, omdat hierbij niet de winbaarheid van de suiker van belang is maar de hoeveelheid geproduceerde biomassa (organische stof). Bovendien kan het loof worden vergist, zodat de opbrengst hiervan ook een rol speelt. Voor de suikerproductie worden de bieten voor de winter geroid om vorstschade te voorkomen. Als de bieten worden vergist, is aantasting door vorst echter geen probleem zolang de bieten niet gaan rotten. Dit biedt wellicht de mogelijkheid om bieten voor de vergisting tot na de winter te laten staan. Onderzocht zijn het effect van oogsttijdstip, stikstofbemesting en rassenkeuze voor de teelt van suikerbieten voor vergisting. Naast de productie van biomassa uit wortel, loof en de gehele plant is ook de afvoer van nutriënten met wortel en loof nagegaan. Ook is het effect van extra aanaarden tegen vorstschade in het najaar onderzocht. Verder is voor de vergisting van loof, wortel en de gehele plant het energierendement berekend en is nagegaan of de broeikasgasemissiereductie (BKG-emissiereductie) voldoet aan de duurzaamheidscriteria [3,4].

2. Materiaal en methoden

2.1 Proefvelden

2.1.1 Oogsttijdstippenproeven

In 2008 zijn proefvelden aangelegd in Odoornerveen, Zonnemaire en Vierlingsbeek met het doel op diverse tijdstippen van november 2008 tot maart 2009 te oogsten. Op een homogeen gedeelte van ieder perceel (niet de wendakkers) is een proefveld aangelegd.

Opzet proefvelden:

- totaal twintig veldjes; vijf objecten in vier herhalingen;
- brutoveldjes twaalf rijen van 5,5 meter;
- nettoveldjes 4,5 meter;
- voor bepaling van de opbrengst en samenstelling van de wortel worden de acht middelste rijen met de hand geoogst (18 m^2) en voor het loof de twee middelste rijen ($4,5 \text{ m}^2$).

Objecten met geplande oogsttijdstippen:

- object 1 = T1: half november;
- object 2 = T2: begin januari, rekening houdend met eventueel (dreigende) vorst;
- object 3 = T3: half/eind februari, rekening houdend met eventueel (dreigende) vorst;
- object 4 = T4: eind maart;
- object 5 = Tb: ontbladeren op T1 en rooien op T4.

In Zonnemaire en Vierlingsbeek is bovendien op diverse plaatsen bij en in de bieten het temperatuurverloop gevolgd.

2.1.2 Rassen- en rassen-/oogsttijdstippenproeven

In 2009 zijn zowel in Well als in Swifterbant naast elkaar vier rassen in stroken gezaaid. Op elke strook is een proefveld aangelegd met het doel op diverse tijdstippen van november 2009 tot maart 2010 te oogsten.

Rassen in Well: Caribata, SESVDH1, SESVDH2 en KWS9B102

Rassen in Swifterbant: Caribata, SESVDH YS1563 en YS1564 en KWS ZR00949.

Opzet proefvelden voor ieder ras op beide locaties:

- totaal twintig veldjes; vijf objecten in vier herhalingen;
- brutoveldjes twaalf rijen van 5,5 meter;
- nettoveldjes 4,5 meter;
- voor bepaling van de opbrengst en samenstelling van de wortel worden de acht middelste rijen met de hand geoogst (18 m^2) en voor het loof de twee middelste rijen ($4,5 \text{ m}^2$).

Objecten met geplande oogsttijdstippen:

- object 1 = T1: half november;
- object 2 = T2: begin januari, rekening houdend met eventueel (dreigende) vorst;
- object 3 = T3: half/eind februari, rekening houdend met eventueel (dreigende) vorst;
- object 4 = T4: eind maart;
- object 5 = Tb: ontbladeren op T1 en rooien op T4.

In 2010 is bij PPO Valthermond een proef aangelegd met vier rassen, waarvan een standaard suikerbietenras (Fernanda KWS) en drie biomassarassen (OB918, SV-BM1 en Caribata), en twee oogsttijdstippen (11 november 2010 en 13 december 2010).

Opzet proefveld:

- splitplot (hoofdvelden rooitijdstip, subvelden ras) in vier herhalingen;
- brutoveldjes: zes rijen van 15 meter;
- nettoveldjes: 12 meter lengte;
- voor bepaling van de opbrengst en samenstelling van de wortel zijn de vier middelste rijen geoogst (24 m^2) en voor het loof de twee middelste rijen over een lengte van 4,5 meter ($4,5 \text{ m}^2$).

Eenzelfde proef is ook aangelegd in Lelystad, maar met slechts één oogsttijdstip (1 november 2010). Voor de handoogst van de wortel is hierbij uitgegaan van vier rijen over een lengte van 9 meter (18 m^2).

Van de rassen-/rooitijdstipproefvelden in Valthermond en Westmaas in 2010 zijn van zes reguliere suikerbietenrassen (Coyote, Fernanda KWS, Bernadetta KWS, Thrusta, HI 1088 en SV-R1) wortelmonsters genomen op drie tijdstippen (Valthermond: 14 september 2010, 15 oktober 2010 en 24 november 2010; Westmaas: 22 september 2010, 18 oktober 2010 en 10 december 2010). Bovendien is in Valthermond het loof bemonsterd bij het eerste en laatste oogsttijdstip (13 september 2010 en 24 november 2010) en in Westmaas alleen bij het eerste oogsttijdstip (21 september 2010).

Opzet proefveld:

- splitplot (hoofdvelden rooitijdstip, subvelden ras) in vier herhalingen;
- brutoveldjes: zes rijen van 15 meter;
- nettoveldjes: 12 meter lengte;
- voor bepaling van de opbrengst en samenstelling van de wortel zijn de vier middelste rijen geoogst met de hand over een lengte van 9 meter (18 m^2) en voor het loof de twee middelste rijen over een lengte van 4,5 meter ($4,5 \text{ m}^2$).

In 2011 is door PPO Valthermond een rassenproef aangelegd met elf rassen (Benno, Santino, Klaxon, Caribata, SR 357, Gerty, 0K129, Sandra KWS, 9R27, Sabrina KWS en Molly).

Opzet proefveld:

- totaal 44 veldjes: elf objecten in vier herhalingen;
- brutoveldjes zes rijen van 18,5 meter;
- nettoveldjes: zes rijen, lengte deels 16,5 meter en deels 15,5 meter;
- voor bepaling van de opbrengst en samenstelling van het loof is per veldje 12 m^2 geoogst en gewogen en vervolgens één ondermonster genomen voor analyse. Voor de wortel zijn de veldjes machinaal geoogst en zijn er per veldje drie ondermonsters genomen.

2.1.3 Rassen-/oogsttijdstip-/aanaardenproef

In 2010 is in Well een rassen-/oogsttijdstipproef aangelegd waarop bij twee rassen (Piranha en Caribata) het effect van wel en niet aanaarden op de opbrengst en vorstaantasting werd onderzocht.

De proef is aangelegd op een perceel waar de rassen in stroken van 12 meter breed en 90 meter lang waren uitgezaaid. De helft van de stroken (6 meter) werd op 18 november aangeaard. Op een homogeen gedeelte van het perceel is bij ieder ras een proefveld aangelegd. Per ras acht objecten: wel en niet aanaarden en vier rooitijdstippen. Totaal zestien objecten in vier herhalingen.

Objecten (rootijdstippen) per ras en per behandeling:

- T1: 19 november 2010;
- T2: 11 januari 2011;
- T3: 28 maart 2011;
- Tb: ontbladeren op T1 en rooien op T3.

Veldjes:

- hand geoogst netto 18 m²;
- brutoveldjes twaalf rijen van 5,5 meter;
- nettoveldjes 4,5 meter;
- voor wortel: acht middelste rijen opzakken (18 m²);
- voor loof: twee middelste rijen (4,5 m²).

Aangearde en niet aangearde veldjes lagen naast elkaar.

Op de volgende plaatsen zijn temperatuurvoelers aangebracht om de temperatuur te registreren: op 1,5 meter, op 10 cm tussen de bieten, 4 cm in de grond, 2 cm in de kop van aangearde bieten van beide rassen en bij ontbladerde bieten en 2 cm in de kop van niet-aangearde bieten met en zonder loof.

Vanwege de aantasting door de vorst zijn op tijdstip T2 en T3 geen loofmonsters genomen. Bovendien zijn bij de laatste bemonstering de bieten beoordeeld op de mate van rot (0 = geen rot tot 9 = volledig rot).

2.1.4 Stikstofbemestingsproeven

In 2009 zijn in Nieuwdorp, Valthermond en Vredepeel stikstoftrappenproefvelden aangelegd. In 2010 is wederom een stikstoftrappenproefveld aangelegd in Vredepeel. Alle proefvelden hadden dezelfde opzet (random) met in totaal 24 veldjes:

- zes objecten in vier herhalingen;
- brutoveldjes: twaalf rijen, lengte tussen 16 en 20 meter;
- nettoveldjes voor wortel: zes rijen, lengte tussen 13 en 15 meter;
- nettoveldjes voor loofmonsters: twee rijen van 4,5 meter;
- objecten: 0, 50, 100, 150, 200 en 250 kg N per hectare.

2.1.5 Stikstof/rassenproef

In 2010 is in Lelystad een stikstoftrappenproef met vier rassen aangelegd. Een suikerbietenras met relatief hoge wortelopbrengst (Sabrina KWS), een suikerbietenras met relatief hoog suikergehalte (William), een partieel resistent ras tegen witte bietencysteaaltjes (Julietta) en een voederbietenras.

Opzet proefveld:

- splitplot met stikstofgiften op de hoofdvelden en rassen op de subvelden;
- totaal 96 veldjes: 24 objecten in vier herhalingen;
- brutoveldjes: zes rijen van 18 meter;
- nettoveldjes voor wortel: 18 m² (hand geoogst);
- nettoveldjes voor loof: twee rijen van 4,5 meter lang;
- objecten: 0, 40, 80, 120, 160 en 200 kg N per hectare voor de rassen Sabrina KWS, William, Julietta en de voederbiet.

2.2 Analyses

De wortelmonsters zijn volgens de standaardprocedure voor de bepaling van de opbrengst en het gehalte aan suiker, kalium, natrium en aminostikstofverbindingen geanalyseerd [5]. De wortelopbrengst is hierbij berekend inclusief het kopgedeelte. Van een deel van de brij zijn per veldje (herhaling) twee mengmonsters gemaakt. De mengmonsters zijn gesplitst voor bepaling van de drogestof bij 105°C [6] en analyse van as, N en P na drogen bij 70°C [7,8,9]. Het loof is gewogen en vervolgens onderbemonsterd; per veldje (herhaling) in totaal twee ondermonsters. Na verkleining zijn de twee ondermonsters gedroogd bij 70°C voor analyse van as, N, P, K, Na [7,8,9,10] en droge stof bij 105°C [6]. Bij het stikstofbemestingsproefveld in Vredepeel (2010) is extern tevens het gehalte aan metalen en sporenelementen bepaald [11].

Het organischestofgehalte is berekend uit het drogestof- en asgehalte (drogestof - as).

2.3 Berekening energierendement en BKG-emissiereductie

Voor bepaling van de methaangasopbrengst is voor wortel uitgegaan van 400 m³ methaan per ton organische stof en voor loof 340 m³ methaan per ton organische stof [12].

Het energierendement en de BKG-emissiereductie zijn berekend met de meetlat van Energieboerderij [13]. Deze meetlat is speciaal voor het project Energieboerderij ontwikkeld en beschreven in een separaat rapport [14]. Uitgegaan is van de productie van elektriciteit uit het biogas zonder benutting van de geproduceerde warmte. Voor de berekening van het energieverbruik en de broeikasgasemissie bij de teelt is uitgegaan van alle handelingen op het betreffende perceel die door de teler zijn geregistreerd. Dus de berekening is gebaseerd op machinaal rooien, zoals gebruikelijk bij de teler, ook al zijn de proefvelden met de hand geroid. Van de gebruikte machines en trekkers zijn per jaar gewicht, werkbreedte, brandstofverbruik, capaciteit en draaiuren in de meetlat geregistreerd. Van de gebruikte gewasbeschermingsmiddelen en de bemesting zijn de hoeveelheden in de meetlat ingevoerd.

Het energierendement is berekend als:

$$\frac{(\text{geproduceerde energie} - \text{verbruikte energie in de keten}) \times 100\%}{\text{geproduceerde energie}}$$

De broeikasgasemissiereductie is berekend als:

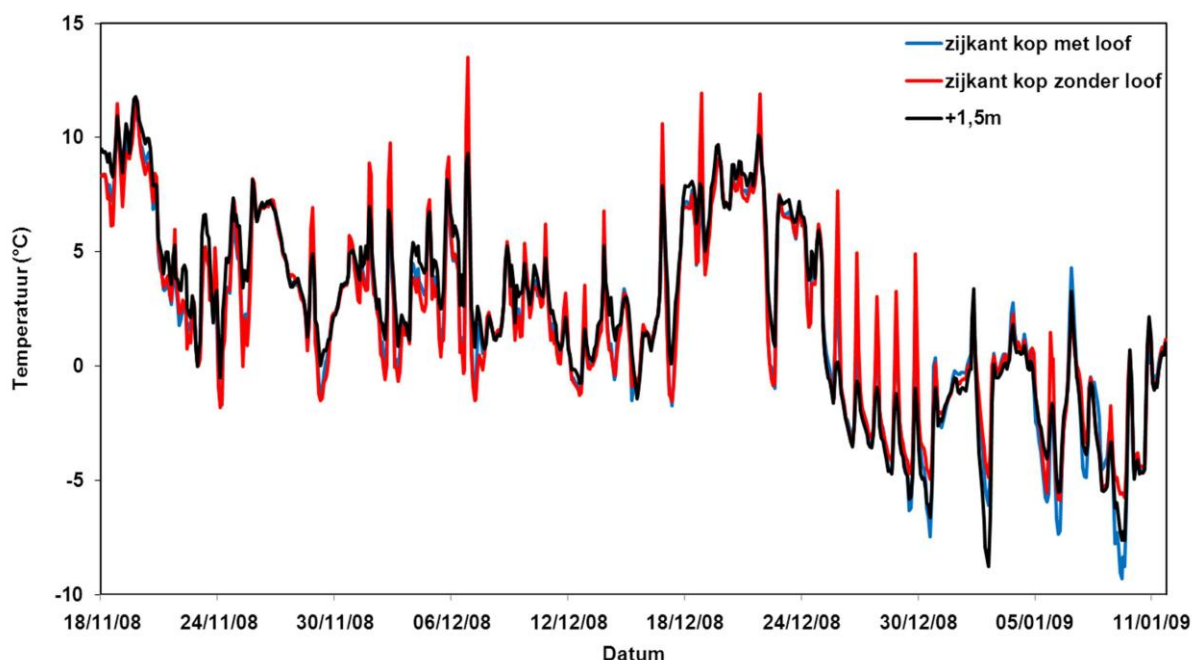
$$\frac{(\text{vermeden fossiele broeikasgasemissie} - \text{broeikasgasemissieketen}) \times 100\%}{\text{vermeden fossiele broeikasgasemissie}}$$

3. Resultaten

3.1 Oogsttijdstippenproeven

Door de relatief strenge winter van 2008/2009 is slechts een deel van de geplande oogsten uitgevoerd. In Odoornerveen is geoogst op 6 november 2008, 21 januari 2009 en 10 maart 2009, in Vierlingsbeek op 14 november 2008 en 26 januari 2009 en in Zonnemaire op 19 november 2008. Door de vorstperiode eind december/begin januari waren zowel loof als wortel aanzienlijk aangetast.

Uit de temperatuurregistratie in Vierlingsbeek en Zonnemaire bleek dat tijdens de vorstperiode eind december/begin januari de temperatuur in de koppen van de bieten daalde tot onder het vriespunt (-3°C) [15], waardoor irreversibele vorstschade optrad. Dit gold zowel voor de bieten met loof als voor de bieten waarbij het loof voor de winter was verwijderd. Figuur 1 geeft het temperatuurverloop in Zonnemaire op 1,5 meter hoogte en 4 cm in de zijkant van een bietenkop met loof en 4 cm in de zijkant van een biet waar het loof was verwijderd.



Figuur 1. Temperatuurverloop in Zonnemaire op 1,5 meter hoogte en 4 cm in de zijkant van de kop van een biet met loof en van een biet zonder loof (2008/2009).

Na de vorstperiode begonnen de bieten te rotten. Figuur 2 toont het proefveld in Vierlingsbeek op 5 maart 2009.



Figuur 2. Oogsttijdstippenproefveld in Vierlingsbeek. De door vorst aangetaste bieten zijn gaan rotten. Foto genomen op 5 maart 2009.

In Zonnemaire vraten ganzen bovendien de (door vorst aangetaste) bieten op (figuur 3).



Figuur 3. Oogsttijdstippenproefveld in Zonnemaire. De door vorst aangetaste bieten zijn nagenoeg volledig opgevreten door de ganzen. Foto genomen op 14 januari 2009.

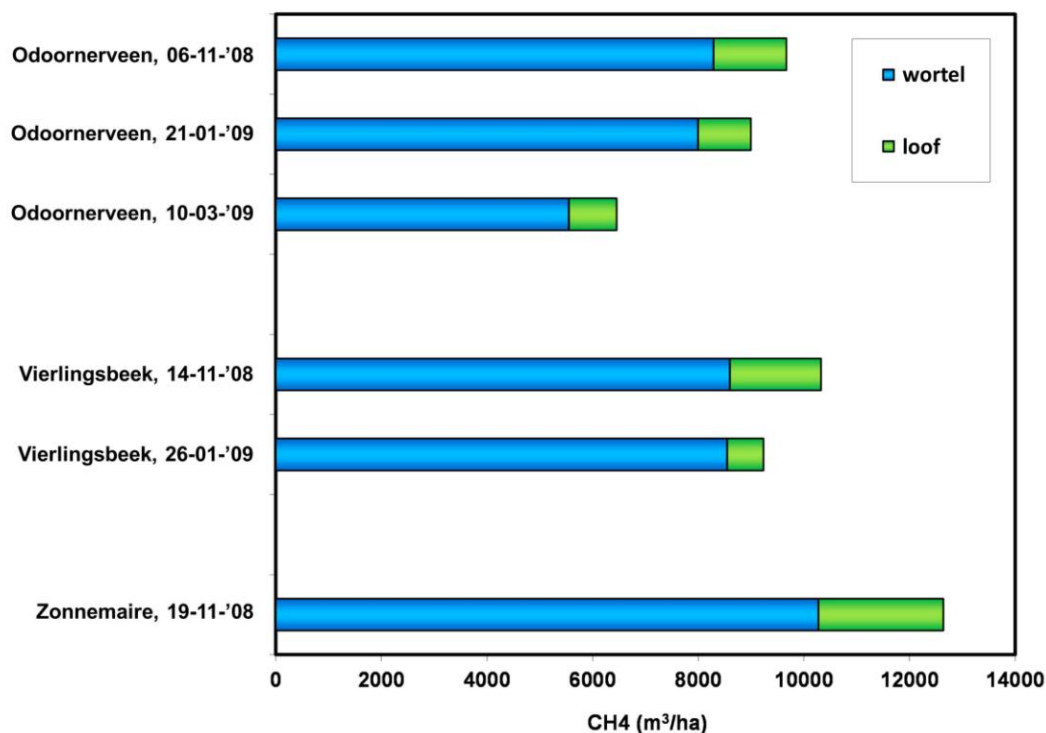
In tabel 1 zijn de opbrengstgegevens en de nutriëntenafvoer met loof en wortel samengevat.

Tabel 1. Opbrengst en nutriëntenafvoer van loof en wortel bij de oogsttijdstippenproefvelden in 2008/2009.

herkomst	oogstdatum	opbrengst (t/ha)	organische stof (t/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Na ₂ O (kg/ha)
		loof					
Odoornerveen	06 november 2008	44	4,1	37	118	221	107
Odoornerveen	21 januari 2009	31	2,9	24	85	78	28
Odoornerveen	10 maart 2009	17	2,7	53	84	27	5
Vierlingsbeek	14 november 2008	46	5,1	50	136	241	59
Vierlingsbeek	26 januari 2009	19	2,0	20	79	68	10
Zonnemaire	19 november 2008	72	7,0	57	169	449	100
		wortel					
Odoornerveen	06 november 2008	89	20,7	53	115	139	8,3
Odoornerveen	21 januari 2009	91	20,0	49	110	135	9,8
Odoornerveen	10 maart 2009	73	13,9	36	83	107	9,6
Vierlingsbeek	14 november 2008	95	21,5	54	134	160	6,0
Vierlingsbeek	26 januari 2009	101	21,4	70	144	152	6,9
Zonnemaire	19 november 2008	113	25,7	65	160	242	9,8

De organischestofopbrengst voor wortel en loof was in november het hoogst. Vooral de loofopbrengst daalde tijdens de winter sterk. Zowel met de wortel als het loof worden aanzienlijke hoeveelheden nutriënten afgevoerd.

De berekende methaanopbrengsten zijn weergegeven in figuur 4.



Figuur 4. Methaanproductie uit wortel en loof op diverse proefvelden en uiteenlopende oogsttijdstippen (2008/2009).

De methaanopbrengst van de gehele plant nam in Odoornerveen af van 9.671 m³ begin november tot 6.454 m³ in maart. De bieten waarvan voor de winter het loof al was geoogst,

werden extra zwaar door de vorst aangetast. De bovenkant hiervan was volledig weggerot. Het energierendement en de broeikasgasemissiereductie staan weergegeven in tabel 2.

Tabel 2. Energierendement en BKG-emissiereductie van wortel en loof op diverse proefvelden en uiteenlopende oogsttijdstippen (2008/2009).

herkomst	oogstdatum	energierendement (%)			BKG-emissiereductie (%)		
		wortel	loof	wortel+loof	wortel	loof	wortel+loof
Odoornerveen	06 november 2008	87	74	86	72	68	76
Odoornerveen	21 januari 2009	87	75	86	72	68	75
Odoornerveen	10 maart 2009	83	81	84	66	69	71
Vierlingsbeek	14 november 2008	88	79	87	73	72	77
Vierlingsbeek	26 januari 2009	88	78	87	75	71	77
Zonnemaire	19 november 2008	88	77	87	74	71	77

Het energierendement en de BKG-emissiereductie zijn het hoogst in november. In alle gevallen (behalve in Odoornerveen) voor het scenario waarbij alleen het loof wordt vergist (alle oogsttijdstippen) en voor de vergisting van wortel in maart, wordt voldaan aan het duurzaamheids criterium voor de BKG-emissiereductie van minimaal 70% [3]. Dat het scenario, alleen loof vergisten en de wortel voor suikerproductie in maart bij Odoornerveen niet aan dit criterium voldoet, komt door een relatief hoge BKG-emissie door het gebruik van minerale stikstof en een hoog herbicidengebruik. Deze lagen op hetzelfde niveau als in Zonnemaire, de loofopbrengst was er echter veel lager. Naast de al genoemde relatief hoge input voor minerale stikstof en herbiciden, is de verloren organischestofopbrengst van de wortel door rotting na de vorst er de oorzaak van dat in maart bij Odoornerveen ook de vergisting van de wortel niet aan de BKG-norm voldeed.

3.2 Rassen- en rassen-/oogsttijdstippenproeven

In 2009 is vanwege de weersomstandigheden (veel neerslag gevolgd door vorst) in Well alleen geoogst op 2 november 2009 en 9 december 2009 en in Swifterbant alleen op 23 november 2009. De opbrengst en nutriëntenafvoer voor Well is weergegeven in tabel 3 en voor Swifterbant in tabel 4.

Tabel 3. Opbrengst en nutriëntenafvoer van loof en wortel bij vier rassen op verschillende oogsttijdstippen in Well (2009).

oogstdatum	ras	opbrengst (t/ha)	organische stof (t/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Na ₂ O (kg/ha)
		loof					
02 november 2009	Caribata	37	3,9	26	90	211	91
	SESVDH2	42	4,6	33	108	242	96
	SESVDH1	38	3,7	26	97	199	71
	KWS9B102	33	3,9	27	97	215	89
09 december 2009	Caribata	34	3,3	25	81	173	60
	SESVDH2	40	4,1	35	112	232	82
	SESVDH1	37	3,5	27	95	172	53
	KWS9B102	29	3,3	27	88	184	57
lsd* (5%), oogsttijdstip		5ns	0,5s	4s	14ns	25s	12zs
lsd (5%), ras		7s	0,7ns	5s	20ns	36s	17s
		wortel					
02 november 2009	Caribata	104	23,5	57	136	208	10,1
	SESVDH2	103	23,2	63	114	190	6,9
	SESVDH1	104	22,0	66	111	188	6,6
	KWS9B102	96	21,9	70	146	206	7,6
09 december 2009	Caribata	107	24,1	57	144	209	11,2
	SESVDH2	106	24,4	64	122	204	9,1
	SESVDH1	106	22,6	66	125	197	8,5
	KWS9B102	101	23,8	71	154	205	8,3
lsd* (5%), oogsttijdstip		3s	0,7zs	2ns	6zs	15ns	1,3s
lsd (5%), ras		4zs	1,0zs	3zs	8zs	21ns	1,8zs

*lsd = least significant difference; ns = niet significant, s = significant, zs = zeer significant.

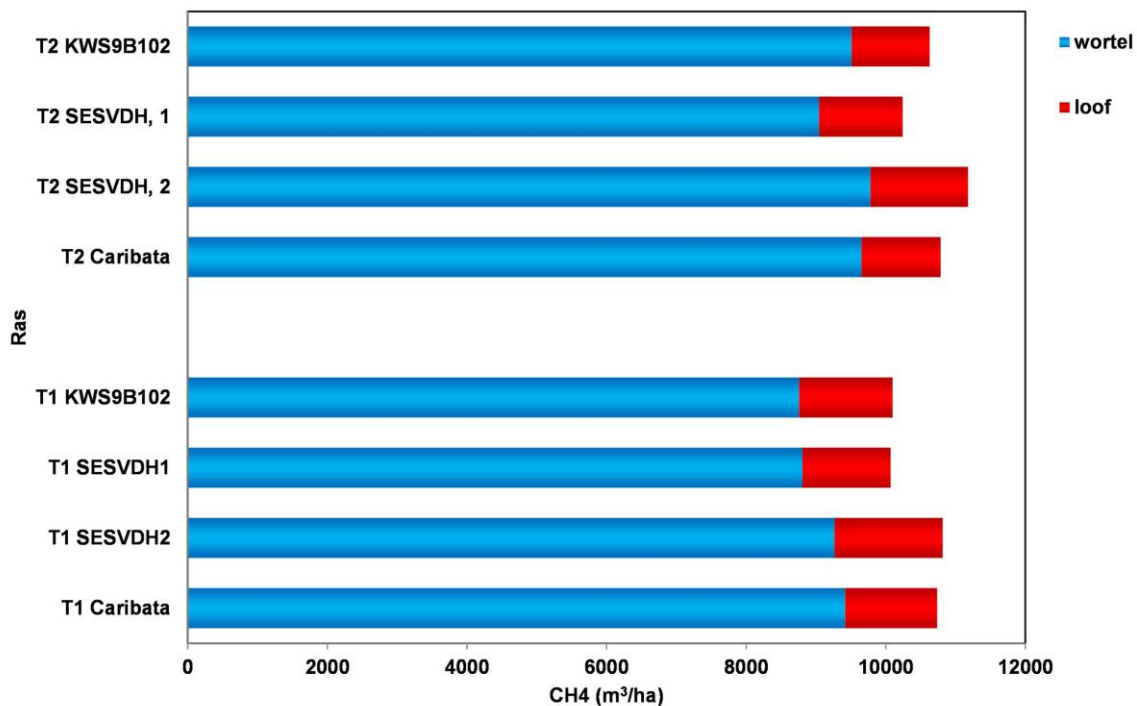
Tabel 4. Opbrengst en nutriëntenafvoer van loof en wortel bij vier rassen op 23 november 2009 in Swifterbant (2009).

ras	opbrengst (t/ha)	organische stof (t/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Na ₂ O (kg/ha)
loof						
Caribata	56	5,8	38	145	269	91
SESVDH YS1563	57	5,5	40	140	294	82
SESVDH YS1564	37	4,2	34	114	211	52
KWS ZR00949	21	2,4	19	71	116	33
lsd* (5%)	11s	1,0zs	9zs	33zs	41zs	55ns
wortel						
Caribata	124	28,0	69	140	209	19
SESVDH YS1563	115	25,8	80	128	189	10
SESVDH YS1564	102	23,9	69	118	166	9
KWS ZR00949	104	21,0	83	106	231	36
lsd* (5%)	8zs	1,8zs	7zs	14zs	18zs	1,8zs

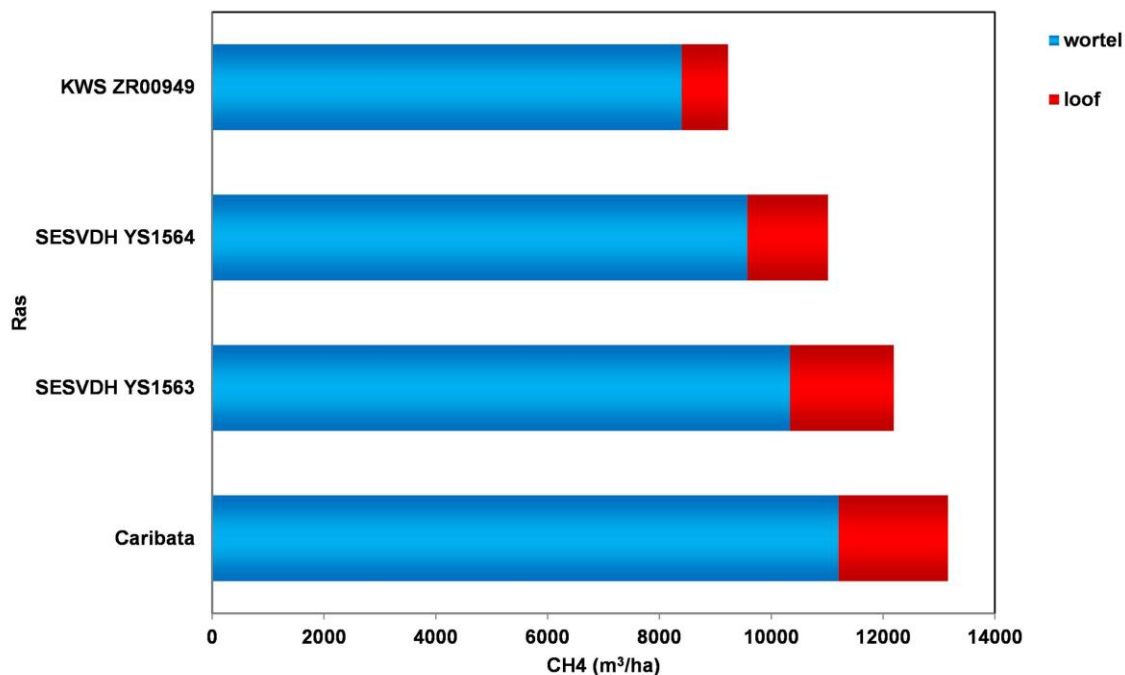
*lsd = least significant difference; ns = niet significant, s = significant, zs = zeer significant.

Bij de oogsten waren er significante verschillen in opbrengst tussen de rassen. Tussen de eerste en de tweede oogst in Well was er geen significante afname van de verse loofopbrengst, maar wel van de organische stof van het loof. De wortelopbrengst nam zowel in vers gewicht als in organische stof significant toe. Hoewel in een aantal gevallen significant, waren er geen grote verschillen in de nutriëntenafvoer tussen de beide oogsttijdstippen. In Well had het ras SESVDH2 de hoogste loofopbrengst en grootste afvoer aan nutriënten met het loof. Bij Swifterbant was de loofopbrengst en de nutriëntenafvoer van KWS ZR00949 aanzienlijk lager. Voor fosfaat, kalium en natrium werd dit deels gecompenseerd door een hogere afvoer met de wortel. Bij stikstof was echter ook de afvoer met de wortel bij KWS ZR00949 het laagst.

In figuur 5 en 6 is de berekende methaanopbrengst voor beide proefvelden weergegeven.



Figuur 5. Methaanproductie uit wortel en loof voor vier rassen op twee oogsttijdstippen (T1 = 2 november 2009; T2 = 9 december 2009) bij het rassen-/oogsttijdstippenproefveld in Well (2009).



Figuur 6. Methaanproductie uit wortel en loof voor vier rassen bij het rassen-/oogsttijdstippenproefveld in Swifterbant (2009).

In Swifterbant was het verschil in methaanopbrengst tussen de rassen groot. Na de winter waren de bieten gaan rotten (zie figuur 7 en 8).



Figuur 7. Afgestorven loof en rotte bieten op het rassen-/rootijdstippenproefveld Well op 25 maart 2010.



Figuur 8. Afgestorven loof en rotte bieten op het rassen-/rootijdstippenproefveld Swifterbant op 26 maart 2010.

Van het loof was na de winter geen oogstbaar product meer over. Bovendien was het organischestofgehalte van de wortel aanzienlijk gedaald. In Well was het gemiddelde organische stofgehalte van de wortel na de winter gedaald van 23,1% bij de tweede bemonstering naar 17,6%. In Swifterbant was het gemiddelde organischestofgehalte gedaald van 22,1% naar 17,9%.

De opbrengsten en nutriëntenafvoer voor de rassen-/rootijdenproef in 2010 in Valthermond en de proef met dezelfde rassen in Lelystad zijn samengevat in tabel 5 en 6. Bij de tweede bemonstering in Valthermond (13 december 2010) bleken de bieten flink door vorst aangetast. De bieten zijn daarom bij de verwerking beoordeeld op vorstschade. De gemiddelde vorstcode voor Fernanda KWS, 0B918, SV-BM1 en Caribata was respectievelijk 6,9, 6,7, 7,0 en 6,5 (Isd 5% = 0,2). Hierbij liep de coderingsschaal van 1 tot 9, waarbij 1 geen vorstschade betekende en 9 geheel bevroren. Weliswaar was Caribata iets beter tegen de vorst bestand, maar alle rassen waren zo door vorst aangetast dat ze gingen rotten. De praktische waarde van het verschil in gevoeligheid voor vorst is dus zeer gering.

Tabel 5. Opbrengst en nutriëntenafvoer van loof en wortel bij vier rassen op twee oogst-tijdstippen van het rassen-/oogsttijdstippenproefveld in Valthermond (2010).

oogstdatum	ras	opbrengst (t/ha)	organische stof (t/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Na ₂ O (kg/ha)
		loof					
11 november 2010	Fernanda KWS	46	4,7	30	134	203	155
	OB918	50	4,8	33	138	220	165
	SV-BM1	52	4,9	34	137	235	176
	Caribata	54	5,2	32	149	174	133
13 december 2010	Fernanda KWS	47	4,7	30	131	155	97
	OB918	46	4,2	27	108	146	90
	SV-BM1	56	5,2	34	133	176	109
	Caribata	54	5,0	33	121	167	106
lsd* (5%), oogsttijdstip		5ns	0,5ns	4ns	13ns	26zs	15zs
lsd (5%), ras		7ns	0,8ns	5ns	19ns	37ns	21ns
		wortel					
11 november 2010	Fernanda KWS	101	23,7	64	134	194	16
	OB918	109	24,7	66	142	195	17
	SV-BM1	100	22,9	63	130	170	13
	Caribata	106	23,3	51	142	205	21
13 december 2010	Fernanda KWS	105	24,1	61	146	180	20
	OB918	108	23,9	62	146	183	20
	SV-BM1	100	22,5	59	123	150	13
	Caribata	105	22,5	49	138	189	22
lsd* (5%), oogsttijdstip		2ns	0,5ns	2zs	6ns	9zs	2s
lsd (5%), ras		3zs	0,7zs	3zs	9zs	13zs	2zs

*lsd = least significant difference; ns = niet significant, s = significant, zs = zeer significant.

Tabel 6. Opbrengst en nutriëntenafvoer van loof en wortel bij vier rassen op 1 november 2010 van het rassen-/oogsttijdstippenproefveld in Lelystad (2010).

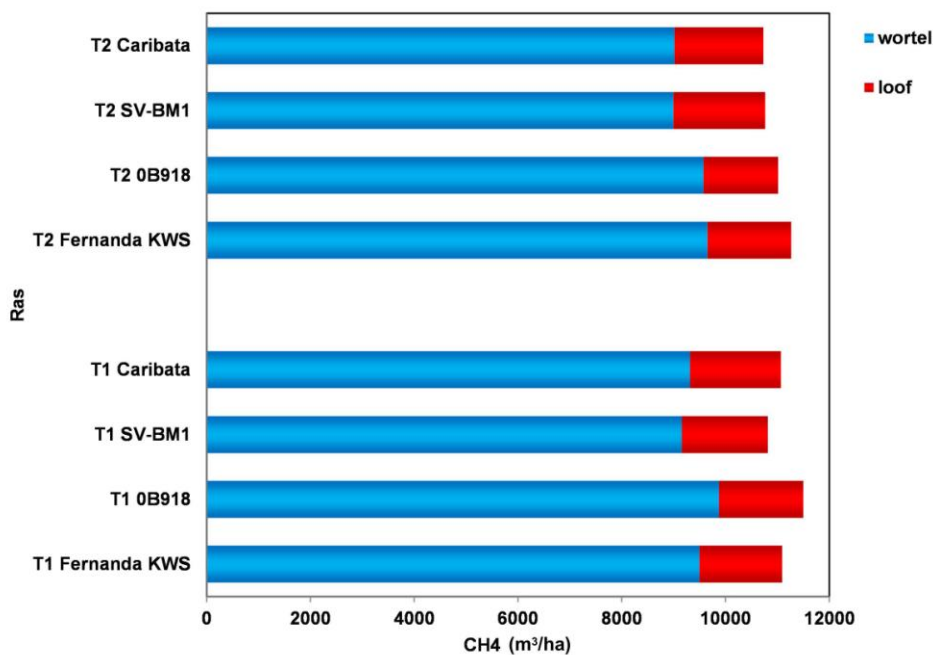
ras	opbrengst (t/ha)	organische stof (t/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Na ₂ O (kg/ha)
loof						
Fernanda KWS	39	4,1	24	101	277	52
OB918	40	3,8	24	97	295	64
SV-BM1	58	5,7	35	126	358	87
Caribata	51	5,1	31	112	294	80
lsd* (5%)*	6zs	0,8zs	4zs	16s	31zs	11zs
wortel						
Fernanda KWS	103	24,0	64	101	188	6,5
OB918	107	23,6	65	109	189	9,0
SV-BM1	102	22,8	63	97	166	6,5
Caribata	104	22,8	49	101	187	8,4
lsd* (5%)	5ns	0,9s	3zs	9ns	12zs	1,0zs

*lsd = least significant difference; ns = niet significant, s = significant, zs = zeer significant.

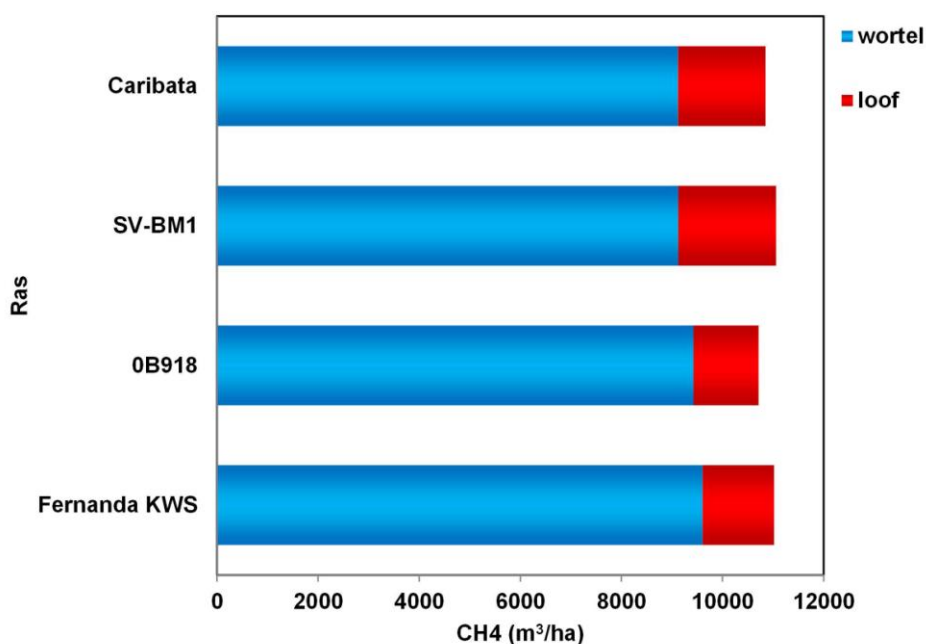
Tussen de rassen zijn significante verschillen in opbrengst. Tussen de beide oogsttijdstippen in Valthermond was de wortelopbrengst nagenoeg constant. Opvallend was verder dat de loofopbrengst niet of nauwelijks tussen de beide oogsttijdstippen daalde. De loofopbrengst, zowel vers als organische stof, was het hoogst bij de rassen SV-BM1 en Caribata. Hoewel de wortelopbrengst voor het ras 0B918 bij beide proefvelden het hoogst was, gold dit niet voor de organische stofopbrengst. In Lelystad en bij de tweede oogst in Valthermond was die het hoogst bij het suikerbietenras Fernanda KWS. De verschillen tussen 0B918 en Fernanda KWS waren echter niet significant.

Met de wortel en het loof werden aanzienlijke hoeveelheden nutriënten afgevoerd. Hierbij komen zowel bij de wortel als het loof significante verschillen tussen de rassen voor.

In figuur 9 en 10 zijn de methaanopbrengsten van beide proefvelden weergegeven.



Figuur 9. Methaanproductie uit wortel en loof voor vier rassen op twee oogsttijdstippen (T1 = 11 november 2010; T2 = 13 december 2010) bij het rassen-/oogsttijdstippenproefveld in Valthermond (2010/2011).



Figuur 10. Methaanproductie uit wortel en loof voor vier rassen bij het rassenproefveld in Lelystad (2010).

Bij het proefveld in Valthermond was er tussen de beide oogsttijdstippen weinig verschil in methaanopbrengst voor wortel en loof.

De methaanopbrengst lag bij beide proefvelden gemiddeld rond de 11.000 m³ per hectare, waarvan circa 1.600 m³ per hectare afkomstig was van het loof.

Het energierendement en de broeikasgasemissiereductie van het rassen- en oogsttijdstippenproefveld in Valthermond staan weergegeven in tabel 7 en die in Lelystad in tabel 8. Op beide proefvelden voldeden alle rassen voor elk scenario ruimschoots aan het duurzaamheids criterium voor de BKG-emissiereductie van minimaal 70% [3].

Tabel 7. Gemiddeld energierendement en BKG-emissiereductie van wortel, loof en wortel+loof van het rassen-/oogsttijdstippenproefveld in Valthermond (2010).

ras en oogsttijdstip*	energierendement (%)			BKG-emissiereductie (%)		
	wortel	loof	wortel + loof	wortel	loof	wortel + loof
Fernanda KWS T1	90	80	90	77	74	80
Fernanda KWS T2	90	80	89	77	74	80
OB918 T1	90	79	89	77	73	80
OB918 T2	90	78	89	77	72	79
SV-BM1 T1	90	78	89	76	72	79
SV-BM1 T2	90	78	89	76	72	79
Caribata T1	90	79	89	76	73	79
Caribata T2	90	78	89	76	72	79

* T1 = 11 november 2010; T2 = 13 december 2010.

Tabel 8. Gemiddeld energierendement en BKG-emissiereductie van wortel, loof en wortel+loof van het rassen-/oogsttijdstippenproefveld in Lelystad (2010).

ras	energierendement (%)			BKG-emissiereductie (%)		
	wortel	loof	wortel + loof	wortel	loof	wortel + loof
Fernanda KWS	90	81	90	79	75	80
0B918	90	78	89	78	73	80
SV-BM1	90	79	89	77	74	80
Caribata	90	83	89	78	76	80

De resultaten van de rassen-/roottijdenproeven in 2010 in Valthermond en Westmaas zijn samengevat in tabel 9 en 10. Bij Valthermond is bij de eerste en derde oogst tevens een loofbemonstering uitgevoerd. Bij Westmaas is dat alleen bij de eerste oogst gedaan.

Tabel 9. Opbrengst en nutriëntenafvoer van loof en wortel bij zes suikerbietenrassen op verschillende oogsttijdstippen van het rassen-/oogsttijdstippenproefveld in Valthermond (2010).

oogstdatum	ras	opbrengst (t/ha)	organische stof (t/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Na ₂ O (kg/ha)
		loof					
13 september 2010	Coyote	50	4,8	34	136	227	197
	Fernanda KWS	38	4,1	24	109	195	127
	Bernadetta KWS	37	4,1	29	126	225	167
	Thrusta	51	5,0	34	127	216	184
	HI 1088	53	4,9	33	137	219	186
	SV-R1	55	5,2	35	138	243	191
24 november 2010	Coyote	45	4,4	34	114	206	153
	Fernanda KWS	36	4,0	26	109	156	117
	Bernadetta KWS	38	4,4	33	117	219	142
	Thrusta	44	4,1	29	104	172	163
	HI 1088	45	4,5	30	119	179	159
	SV-R1	48	4,9	35	127	223	155
lsd* (5%), oogsttijdstip		4s	0,5ns	3ns	12s	22s	18zs
lsd (5%), ras		6zs	0,6ns	4zs	16ns	31zs	25zs
		wortel					
14 september 2010	Coyote	77	15,6	51	81	148	9,0
	Fernanda KWS	78	16,3	55	89	157	13,6
	Bernadetta KWS	75	16,0	58	98	144	12,4
	Thrusta	84	16,1	46	86	168	17,9
	HI 1088	88	16,9	51	87	159	13,3
	SV-R1	82	16,1	57	81	146	12,6
15 oktober 2010	Coyote	85	19,5	56	86	154	8,8
	Fernanda KWS	88	20,8	61	99	169	13,5
	Bernadetta KWS	84	20,4	62	113	154	12,5
	Thrusta	92	20,1	49	98	183	16,8
	HI 1088	92	20,4	53	96	167	11,0
	SV-R1	91	20,5	64	98	156	11,0
24 november 2010	Coyote	89	21,4	58	115	170	9,3
	Fernanda KWS	92	22,6	64	125	173	13,8
	Bernadetta KWS	90	22,4	67	138	167	13,3
	Thrusta	99	22,6	53	129	193	19,4
	HI 1088	98	22,5	57	120	180	10,2
	SV-R1	96	22,6	68	121	169	11,2
lsd* (5%), oogsttijdstip		4zs	0,7zs	2zs	6zs	8zs	1,9ns
lsd (5%), ras		5zs	1,0ns	3zs	8zs	12zs	2,6zs

*lsd = least significant difference; ns = niet significant, s = significant, zs = zeer significant.

Tabel 10. Opbrengst en nutriëntenafvoer van loof en wortel bij zes suikerbietenrassen op verschillende oogsttijdstippen van het rassen-/oogsttijdstippenproefveld in Westmaas (2010).

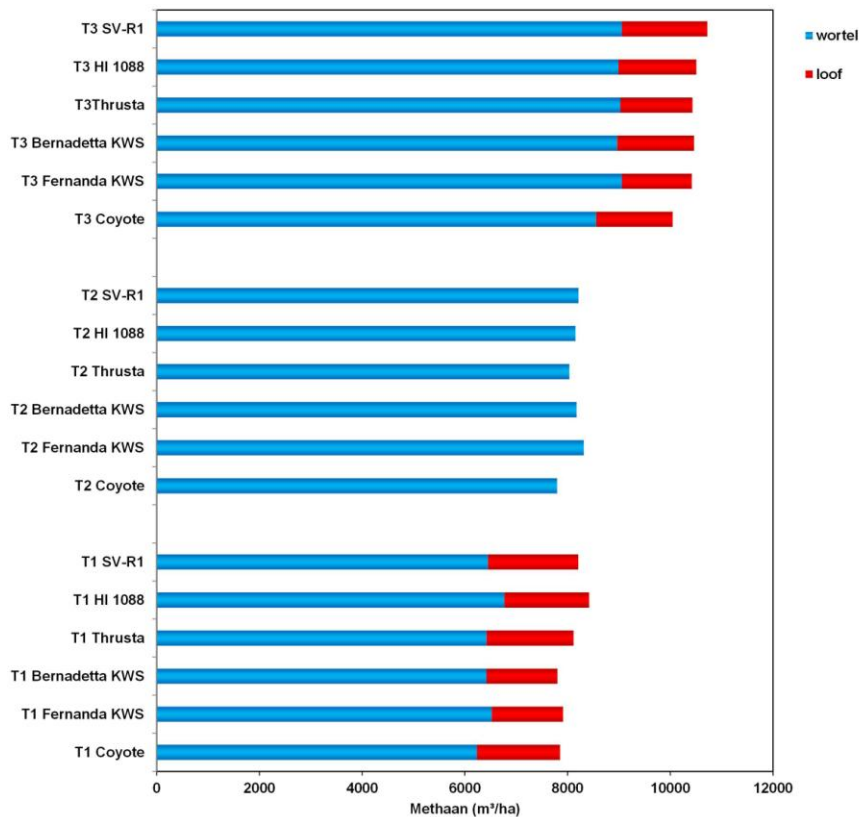
oogstdatum	ras	opbrengst (t/ha)	organische stof (t/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Na ₂ O (kg/ha)
		loof					
21 september 2010	Coyote	53	5,5	36	130	341	86
	Fernanda KWS	53	5,8	34	154	355	96
	Bernadetta KWS	55	6,5	44	162	439	87
	Thrusta	51	5,0	33	118	301	101
	HI 1088	53	5,4	34	129	323	84
	SV-R1	57	5,8	37	126	358	91
lsd* (5%)		7ns	0,8s	6zs	19zs	50zs	14ns
		wortel					
22 september 2010	Coyote	90	19,2	58	92	181	5,5
	Fernanda KWS	91	19,2	62	99	190	10,2
	Bernadetta KWS	83	18,1	64	100	158	7,4
	Thrusta	93	18,4	48	88	185	12,8
	HI 1088	93	18,6	52	89	179	6,5
	SV-R1	88	17,9	60	82	159	7,5
18 oktober 2010	Coyote	101	22,4	65	100	192	4,9
	Fernanda KWS	101	22,8	70	104	198	7,5
	Bernadetta KWS	94	21,9	70	111	170	6,3
	Thrusta	102	21,9	52	99	192	11,2
	HI 1088	107	22,5	59	106	194	6,1
	SV-R1	101	21,7	69	99	174	7,5
10 december 2010	Coyote	109	24,2	46	122	197	6,8
	Fernanda KWS	107	24,4	69	126	198	9,8
	Bernadetta KWS	99	22,7	68	125	174	8,0
	Thrusta	109	22,8	52	117	187	12,3
	HI 1088	111	23,4	60	128	196	7,6
	SV-R1	106	23,0	69	114	177	8,7
lsd* (5%), oogsttijdstip		2zs	0,3zs	2zs	3zs	5zs	0,4zs
lsd (5%), ras		2zs	0,5zs	2zs	5zs	7zs	0,6zs

*lsd = least significant difference; ns = niet significant, s = significant, zs = zeer significant.

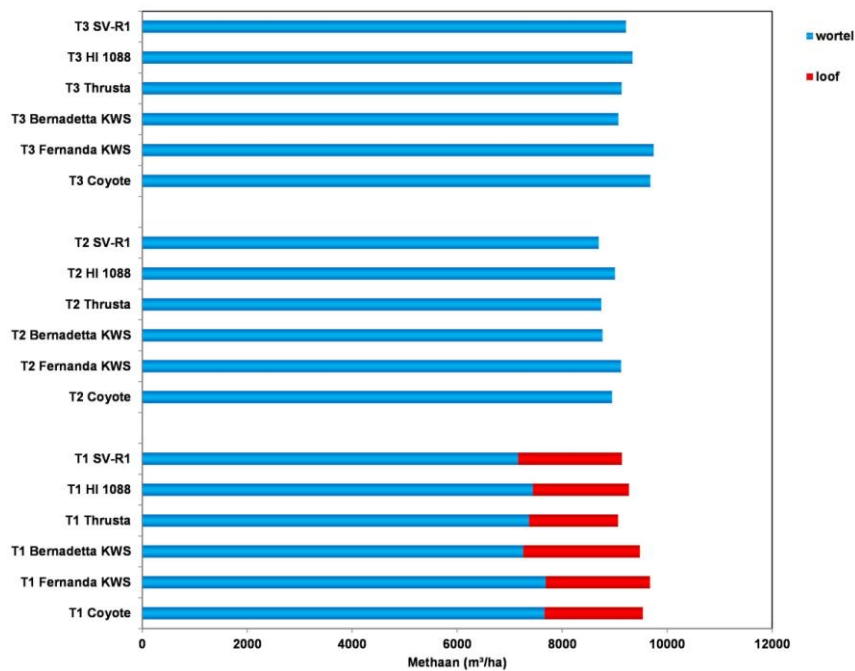
De loofopbrengst nam tussen de eerste en laatste bemonstering in Valthermond af met gemiddeld 5 ton per hectare, overeenkomend met 0,3 ton organische stof per hectare. Hierbij nam het vers loofgewicht van HI 1088 af met 8 ton per hectare, terwijl bij Bernadetta KWS het gewicht met 1 ton per hectare toenam. Voor de organische stof varieerde het verschil van -0,9 ton per hectare voor Thrusta tot +0,3 ton per hectare voor Bernadetta KWS. Deze verschillen zijn echter niet significant.

De wortelopbrengst, zowel vers als organische stof, en nutriëntenafvoer namen op beide proefvelden vanaf de eerste oogst nog aanzienlijk toe. Dit gold voor alle rassen. Tussen de rassen waren er op beide proefvelden significante verschillen in opbrengst en nutriëntenafvoer.

De methaanopbrengsten zijn voor beide proeven weergegeven in figuur 11 en 12.



Figuur 11. Methaanproductie uit wortel en loof voor zes suikerbietenrassen op verschillende oogsttijdstippen (T1 = 13/14 september 2010; T2 = 15 oktober 2010 en T3 = 24 november 2010) bij het rassen-/oogsttijdstippenproefveld in Valthermond (2010).



Figuur 12. Methaanproductie uit wortel en loof voor zes suikerbietenrassen op verschillende oogsttijdstippen (T1 = 21/22 september 2010; T2 = 18 oktober 2010 en T3 = 10 december 2010) bij het rassen-/oogsttijdstippenproefveld in Westmaas (2010).

Voor alle rassen geldt dat de methaanopbrengst van de wortel vanaf de eerste oogst in september aanzienlijk toeneemt. Tussen de rassen zijn alleen significante verschillen in Westmaas. Dit geldt zowel voor de methaanopbrengst van de wortel als van het loof en voor de wortel+loof.

De resultaten van de rassenproef in Valthermond in 2011 zijn samengevat in tabel 11.

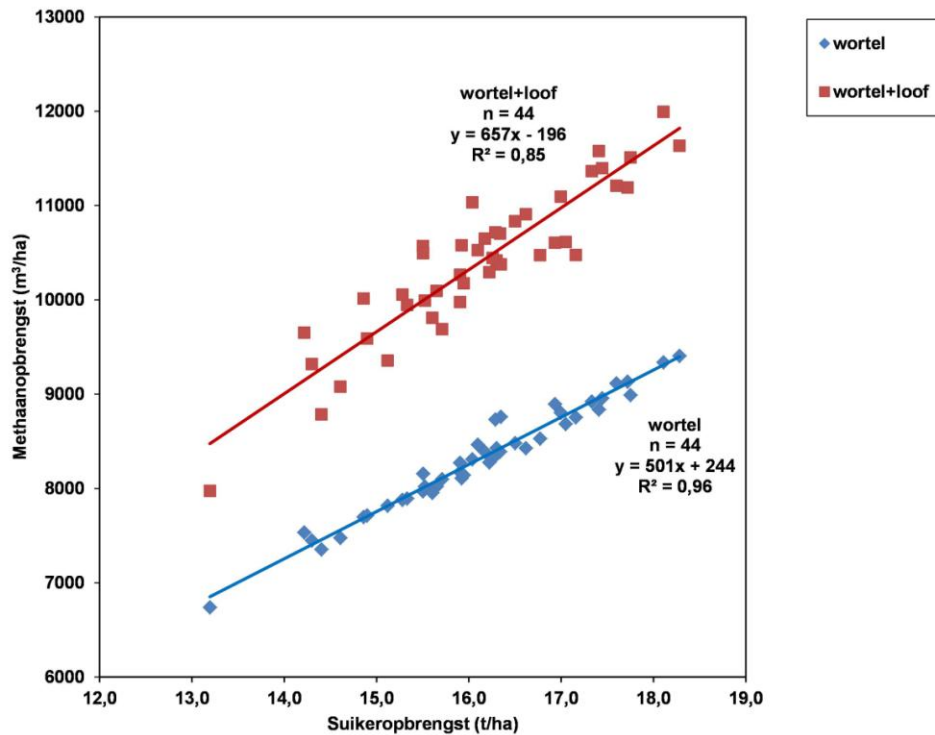
Tabel 11. Opbrengsten van loof en wortel bij de rassenproef in Valthermond (2011).

object	loof			wortel			
	vers (t/ha)	organische stof (t/ha)	methaan (m ³ /ha)	vers (t/ha)	suiker (t/ha)	organische stof (t/ha)	methaan (m ³ /ha)
Benno	60,0	6,9	2.350	86,3	15,5	19,9	7.965
Santino	54,0	6,4	2.160	81,4	14,7	19,3	7.708
Klaxon	51,5	5,7	1.937	90,2	15,7	20,2	8.082
Caribata	51,6	6,0	2.050	92,1	16,5	21,1	8.427
Rhino	53,0	6,1	2.080	89,0	16,0	20,4	8.155
Gerty	45,7	5,3	1.800	94,0	16,0	21,1	8.442
Alexina KWS	48,1	6,4	2.193	84,8	16,1	20,6	8.234
Sandra KWS	61,7	7,0	2.378	93,7	17,2	22,1	8.845
Corvinia	48,5	6,1	2.079	94,0	17,5	22,5	8.988
Sabrina KWS	51,0	5,7	1.948	92,2	16,8	21,7	8.696
Molly	47,5	5,7	1.941	86,2	15,5	19,7	7.895
gemiddeld	52,1	6,1	2.083	89,4	16,1	20,8	8.313
lsd* (5%)	13,7ns	1,3ns	447ns	6,3zs	1,1zs	1,4zs	564zs

*lsd = least significant difference; ns = niet significant, s = significant, zs = zeer significant.

Uit de resultaten blijkt dat alleen de opbrengstverschillen voor de wortel significant zijn. De methaanopbrengst van de suikerbietenrassen, die momenteel (2012) op de Nederlandse rassenlijst staan (Sandra KWS en Sabrina KWS) of mogelijk komen (Corvinia) [16], is vergelijkbaar of beter dan van de overige rassen.

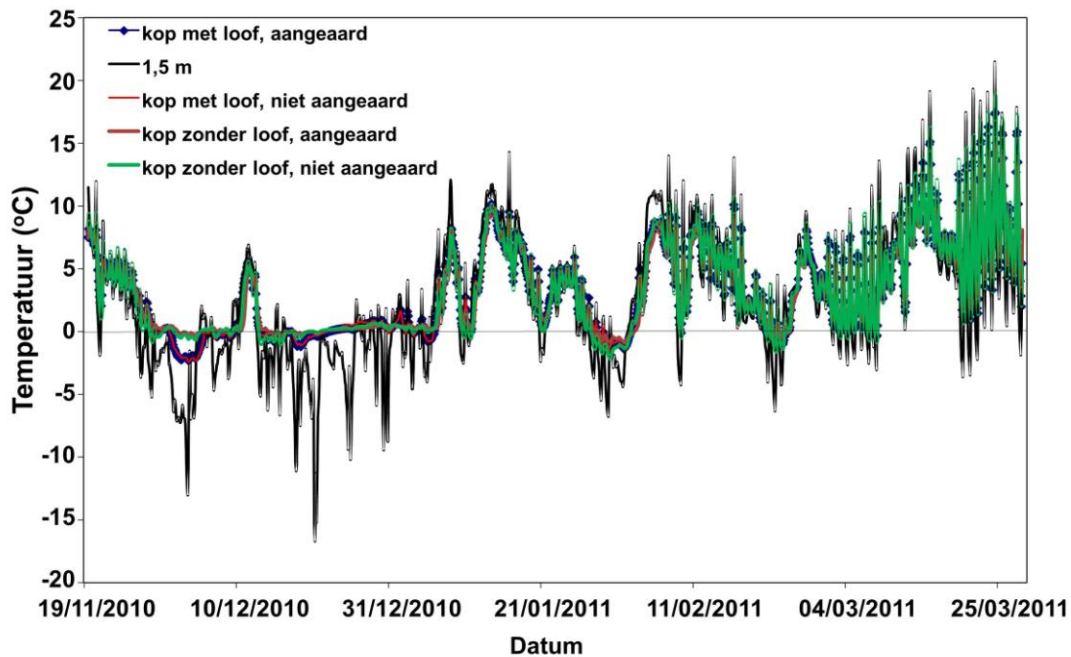
Er is een goed verband tussen de suiker- en de methaanopbrengst per hectare (figuur 13).



Figuur 13. Verband tussen methaanopbrengst en suikeropbrengst van het energierassenproefveld in Valthermond (2011).

3.3 Rassen-/oogsttijdstip-/aanaardenproef

De temperatuurregistratie liet weinig verschillen zien in het temperatuurverloop in de kop van de wel en niet aangearde bieten. In figuur 14 is het temperatuurverloop in de kop van de bieten weergegeven samen met de temperatuur op 1,5 meter.



Figuur 14. Omgevingstemperatuur (1,5 m) en het temperatuurverloop in de kop van wel en niet aangearde bieten met en zonder loof bij de rassen-/oogsttijdstippen-/aanaardenproef in Well (2010/2011).

Opvallend is dat begin december de temperatuur in de kop van de ontbladerde bieten iets hoger was dan in de kop van de bieten met loof.

Vooraf de lage temperatuur begin december in combinatie met harde wind heeft geleid tot het bevriezen van de bietenkoppen. Vervolgens zijn de bieten bij de hogere temperaturen vanaf januari gaan rotten (zie figuur 15).



Figuur 15. Weggerotte bieten ondanks het anaarden. Foto genomen op 28 maart 2011 (Well, 2010/2011).

De opbrengstgegevens en nutriëntenafvoer van loof en wortel staan vermeld in tabel 12. De wortelopbrengst en nutriëntenafvoer met de wortel was bij het rhizoctoniaresistente suikerbietenras Piranha lager dan bij het energieras Caribata. Bij het loof was de opbrengst en nutriëntenafvoer bij Piranha juist hoger dan bij Caribata. Door het anaarden is bij beide rassen een deel van het loof verloren gegaan.

Tabel 12. Opbrengst en nutriëntenafvoer van loof en wortel op diverse oogsttijdstippen bij wel en niet aangearde rassen Piranha en Caribata in Well (2010/2011).

oogstdatum	ras/wel of niet aangeard	opbrengst (t/ha)	organische stof (t/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Na ₂ O (kg/ha)
loof							
18 november 2010	Piranha/niet	54	5,6	55	205	403	70
	Piranha/wel	43	4,9	46	173	275	57
	Caribata/niet	47	5,1	44	188	343	61
	Caribata/wel	40	4,3	39	151	228	44
lsd* (5%) ras		2zs	0,2zs	2zs	8zs	19zs	4zs
lsd (5%), aanaarden		2zs	0,2zs	2zs	8zs	19zs	4zs
wortel							
18 november 2010	Piranha/niet	82	17,8	56	159	219	6,6
	Piranha/wel	81	17,8	56	149	189	6,5
	Caribata/niet	96	19,8	57	229	312	7,1
	Caribata/wel	90	18,9	55	196	233	11,5
11 januari 2011	Piranha/niet	84	17,0	51	152	207	8,5
	Piranha/wel	86	17,4	51	147	189	8,4
	Caribata/niet	93	18,2	51	185	223	10,8
	Caribata/wel	93	18,1	51	207	281	13,0
28 maart 2011	Piranha/niet	63	9,8	36	118	184	9,9
	Piranha/wel	68	10,5	34	107	159	9,1
	Caribata/niet	64	9,1	30	142	237	11,8
	Caribata/wel	69	10,1	31	131	183	10,3
28 maart 2011	Piranha/niet**	42	5,6	21	70	113	5,3
	Piranha/wel**	61	8,5	30	92	132	7,1
	Caribata/niet**	53	6,5	23	111	164	8,1
	Caribata/wel**	68	8,9	30	126	168	9,2
lsd* (5%), ras		2zs	0,3zs	1ns	4zs	8zs	0,4zs
lsd (5%), oogsttijdstip		2zs	0,4zs	2zs	6zs	11zs	0,5zs
lsd (5%), aanaarden		2zs	0,3zs	1s	4ns	8zs	0,4ns

* lsd = least significant difference; ns = niet significant, s = significant, zs = zeer significant.

** bij deze bieten is op 18 november 2010 het loof verwijderd.

Door het rotten van de bieten was de opbrengst eind maart 2011 aanzienlijk lager dan in november 2010 en januari 2011. Het rooien van de bieten langere tijd nadat ze door de vorst waren aangetast, had dus een negatief effect op de opbrengst.

Uit de bepaling van de mate van rot bij de laatste bemonstering bleek dat de in november ontbladerde bieten significant meer rot hadden. Tussen beide rassen was er geen verschil in de mate van rot. Het aanaarden had wel een licht positief effect op de mate van rot. Echter, ook de aangearde bieten waren flink gaan rotten (zie tabel 13).

Tabel 13. Mate van rot (0 = geen rot tot 9 = volledig rot) bij de bieten geoogst op 28 maart 2011.

ontbladeren	rot	ras	rot	aanaarden	rot
niet	6,9	Piranha	6,8	niet	7,1
wel	7,1	Caribata	6,8	wel	6,5
lsd* (5%)	0,13	lsd* (5%)	0,13	lsd* (5%)	0,13

*lsd = least significant difference.

3.4 Stikstofbemestingsproeven

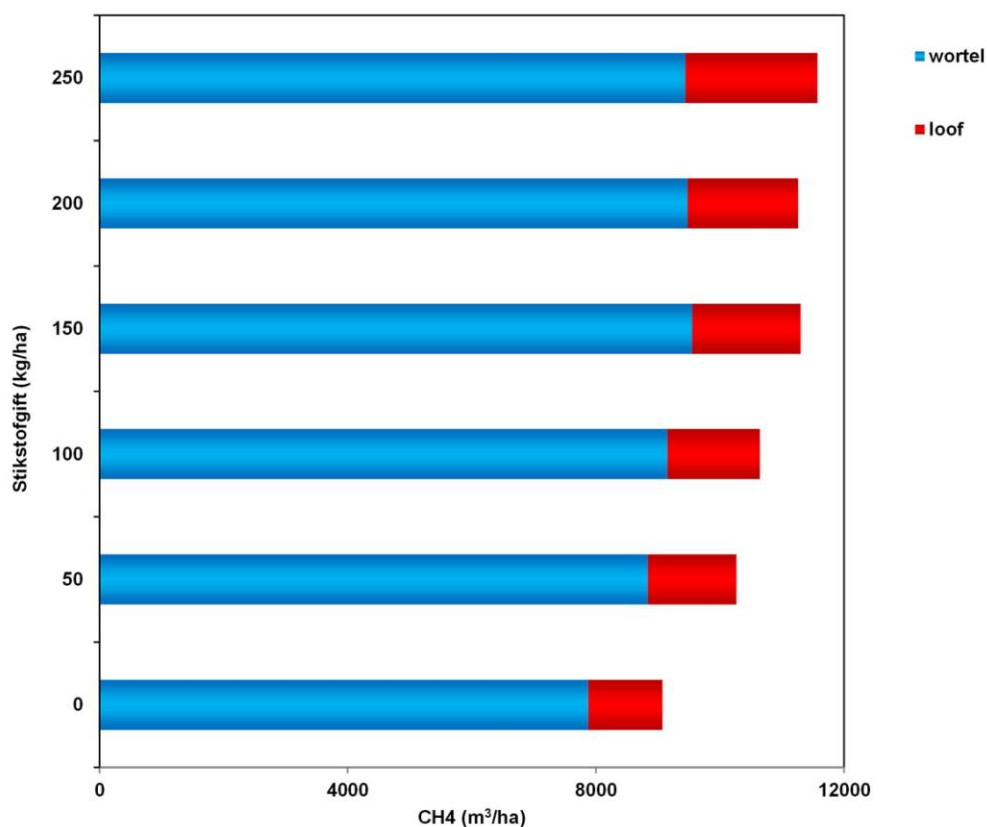
Uitgaande van de hoogste financiële opbrengst voor de suikerproductie bedroeg de optimale stikstofgift voor Nieuwdorp (2009), Valthermond (2009), Vredepeel (2009) en Vredepeel (2010) respectievelijk 0, 100 à 150, 200 en 100 kg N per hectare.

In tabel 14 zijn de gemiddelde opbrengsten en nutriëntenafvoer voor wortel en loof van de vier proefvelden samengevat.

Tabel 14. Gemiddelde opbrengsten en nutriëntenafvoer van loof en wortel bij de stikstoftrappenproefvelden in Nieuwdorp (2009), Valthermond (2009) en Vredepeel (2009 en 2010).

stikstofgift (kg/ha)	opbrengst (t/ha)	organische stof (t/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Na ₂ O (kg/ha)
loof						
0	31	3,5	32	99	181	64
50	37	4,2	38	119	207	78
100	39	4,4	41	128	209	74
150	46	5,1	47	148	237	89
200	48	5,2	48	158	228	83
250	57	6,3	56	190	269	98
wortel						
0	86	19,7	56	96	143	6,8
50	96	22,2	63	114	159	8,2
100	98	23,0	64	123	153	9,1
150	103	23,9	66	139	159	10,1
200	103	23,7	66	145	154	10,4
250	103	23,6	64	158	154	11,1

Bij het loof neemt de hoeveelheid vers loof en de afvoer van nutriënten toe bij toenemende stikstofgift. Bij de wortel geldt dit alleen voor de stikstof- en natriumafvoer. Dit wordt mede veroorzaakt doordat de gemiddelde wortelopbrengst stabiliseerde bij een gift boven 150 kg N per hectare. De afvoer van fosfaat en kalium was alleen duidelijk lager op de veldjes zonder stikstofgift. De berekende methaanopbrengsten zijn weergegeven in figuur 16.



Figuur 16. Gemiddelde methaanopbrengst van wortel en loof bij de stikstoftrappenproefvelden in Nieuwdorp (2009), Valthermond (2009) en Vredepeel (2009 en 2010).

De methaanproductie neemt sterk toe met toenemende stikstofgiften tot circa 150 kg N per hectare en vlakt daarna af. Dit komt overeen met de toename van de suikeropbrengst met toenemende stikstofgift [17].

In tabel 15 staat voor de verschillende stikstoftrappen het gemiddelde energierendement en de BKG-emissiereductie weergegeven.

Tabel 15. Gemiddeld energierendement en BKG-emissiereductie van wortel, loof en wortel+loof bij uiteenlopende stikstofgift in Nieuwdorp (2009), Valthermond (2009) en Vredepeel (2009 en 2010).

N-trap (kg/ha)	energiierendement (%)			BKG-emissiereductie (%)		
	wortel	loof	wortel+loof	wortel	loof	wortel+loof
0	86,2	74,9	85,3	77,0	73,0	79,2
50	86,3	74,7	85,3	76,3	72,3	78,5
100	85,6	73,0	84,7	74,5	70,2	77,1
150	85,0	73,3	84,1	72,7	69,5	75,8
200	84,3	71,2	83,4	70,7	67,3	74,3
250	83,5	72,4	82,7	68,3	66,9	73,0
lsd* (5%)	0,6	3,2	0,7	0,9	2,2	0,8

*lsd = least significant difference.

Uit de tabel blijkt dat het energierendement en de broeikasgasreductie voor wortel, loof en wortel+loof afneemt bij toenemende stikstofgift.

Bij een (te) hoge stikstofgift voldoet de elektriciteitsproductie uit biogas voor de scenario's 'alleen wortel' en 'alleen loof' niet aan het hoogste duurzaamheids criterium van 70% voor de BKG-emissiereductie. Voor een duurzame elektriciteitsproductie uit biogas, is de optimale stikstofgift gelijk aan die voor de suikerwinning.

Om een indruk te krijgen over de afvoer van andere elementen is bij het stikstoftrappenproefveld in 2010 in Vredepeel aanvullend het gehalte aan calcium, magnesium, sporenelementen en metalen in wortel en loof bepaald (tabel 16).

Tabel 16. Afvoer aan calcium (CaO), magnesium (MgO), sporenelementen en metalen bij het stikstoftrappenproefveld in Vredepeel (2010).

stikstof (kg/ha)	CaO (kg/ha)	MgO (kg/ha)	Fe (kg/ha)	Zn (kg/ha)	Mn (g/ha)	B (g/ha)	Cu (g/ha)	Mo (g/ha)
loof								
0	68	44	2,3	1,0	343	187	29	<1
50	69	44	2,1	1,1	333	200	34	<1
100	86	61	2,4	1,2	356	239	45	<1
150	71	56	2,1	1,1	302	223	44	<1
200	87	72	2,7	1,3	431	255	51	<1
250	90	77	2,6	1,4	494	283	59	<1
wortel								
0	28	39	1,0	1,0	389	204	49	<2
50	27	43	0,8	1,1	443	207	50	<2
100	29	43	1,2	1,0	433	201	52	<2
150	26	41	0,8	1,0	465	199	50	<2
200	28	43	1,1	1,0	418	204	51	<2
250	26	45	0,8	1,1	377	200	64	<2

Bij loof neemt de afvoer aan calcium, magnesium, sporenelementen en metalen toe, vooral omdat de hoeveelheid loof toeneemt bij hogere stikstofgiften. Alleen bij koper nam ook het gehalte in het loof toe bij toenemende stikstofgift. De afvoer met de wortel wordt niet of nauwelijks beïnvloed door de stikstofgift. De analyses zijn uitgevoerd aan gewassen wortels, afvoer met de tarrgrond is dus niet in de berekeningen meegenomen.

3.5 Stikstof-/rassenproef

De resultaten van de stikstof-/rassenproef in 2010 in Lelystad staan per stikstoftrap en per ras weergegeven in respectievelijk tabel 17 en 18.

Tabel 17. Gemiddelde opbrengst en nutriëntenafvoer van loof en wortel bij uiteenlopende stikstofgift van de stikstofrassenproef in Lelystad (2010).

stikstofgift (kg N/ha)	opbrengst (t/ha)	organische stof (t/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Na ₂ O (kg/ha)
loof						
0	15	1,8	14	47	137	16
40	16	1,9	15	47	145	18
80	18	2,1	16	55	171	23
120	23	2,7	18	68	206	29
160	27	3,1	20	78	223	34
200	34	3,6	24	93	256	46
lsd* (5%)	1,8	0,2	1,4	5	14	3,0
wortel						
0	69	14,4	49	59	158	4,1
40	84	17,4	59	73	185	4,8
80	97	20,6	67	89	215	5,9
120	105	22,4	72	104	228	6,5
160	110	23,2	75	117	239	7,5
200	113	23,7	77	133	248	8,1
lsd* (5%)	2,4	0,5	4	3	8	0,4

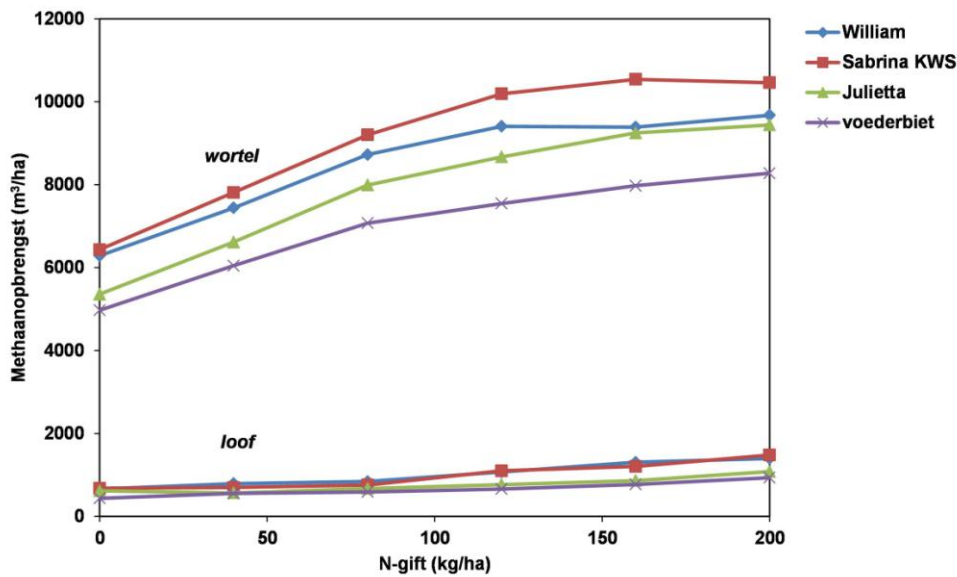
*Isd = least significant difference.

Tabel 18. Gemiddelde opbrengst en nutriëntenafvoer van loof en wortel voor de rassen van de stikstofrassenproef in Lelystad (2010).

ras	opbrengst (t/ha)	organische stof (t/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	N (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Na ₂ O (kg/ha)
loof						
William	25	3,0	21	71	230	27
Sabrina KWS	26	2,9	21	75	221	31
Julietta	18	2,2	16	60	165	24
voederbiet	20	1,9	12	52	143	28
lsd* (5%)	1,5	0,2	1,2	4	11	2,4
wortel						
William	92	21,2	62	97	151	3,4
Sabrina KWS	102	22,8	73	99	190	4,6
Julietta	91	19,7	63	98	177	4,7
voederbiet	101	17,5	68	90	330	11,8
lsd* (5%)	2,0	0,4	3	3	6	0,3

*Isd = least significant difference.

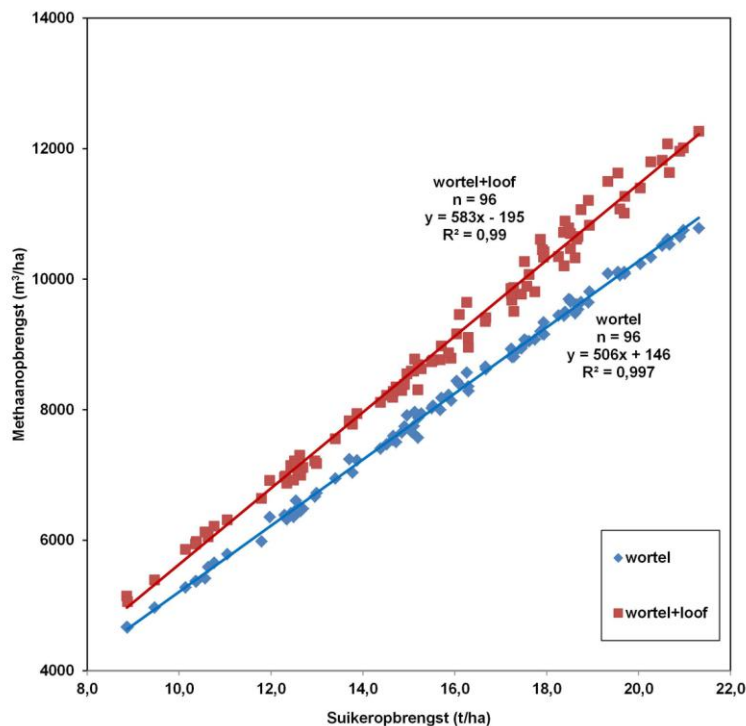
In figuur 17 zijn de methaanopbrengsten voor wortel en loof bij de verschillende stikstoftrappen van de suikerbietenrassen en het voederbietenras weergegeven.



Figuur 17. Methaanopbrengst voor wortel en loof bij verschillende stikstoftrappen van drie suikerbietenrassen (William, Sabrina KWS en Julietta) en een voederbiet.

Hoewel de wortelopbrengst van de voederbiet vergelijkbaar was met de wortelopbrengst van het best presterende suikerbietenras (Sabrina KWS) was de methaanopbrengst aanzienlijk lager. De methaanopbrengst van het loof nam toe met toenemende stikstofgift. Bij de wortel vlakke de toename boven de 120 kg N per hectare sterk af. De berekende optimale stikstofgift voor de hoogste financiële opbrengst voor de suikerproductie lag tussen de 120 en 160 kg per hectare.

Er was een goed verband tussen de suikeropbrengst en de methaanopbrengst (figuur 18).



Figuur 18. Verband tussen suikeropbrengst en de methaanopbrengst bij de stikstof-/rassenproef in Lelystad (2010).

Het energierendement en de BKG-emissiereductie staan voor wortel, loof en wortel+loof bij de diverse stikstoftrappen per ras in tabel 19 weergegeven.

Tabel 19. Energierendement en BKG-emissiereductie van wortel, loof en wortel+loof bij verschillende stikstoftrappen voor drie suikerbietenrassen (William, Sabrina KWS en Julietta) en voor een voederbiet (Lelystad, 2010).

ras	N-trap (kg/ha)	energierendement (%)			BKG-emissiereductie (%)		
		wortel	loof	wortel+loof	wortel	loof	wortel+loof
William	0	91	83	90	81	78	83
William	40	90	84	90	78	78	82
William	80	90	83	90	80	77	81
William	120	91	87	91	80	80	82
William	160	89	81	89	77	74	79
William	200	89	80	89	76	73	78
Sabrina KWS	0	90	83	90	81	78	82
Sabrina KWS	40	90	84	90	81	78	82
Sabrina KWS	80	90	82	90	80	76	81
Sabrina KWS	120	90	88	90	79	80	81
Sabrina KWS	160	90	80	89	78	74	80
Sabrina KWS	200	89	80	89	77	73	79
Julietta	0	89	82	89	80	77	81
Julietta	40	90	83	89	80	77	81
Julietta	80	90	83	89	79	76	80
Julietta	120	89	86	89	78	78	80
Julietta	160	89	82	89	77	74	79
Julietta	200	89	82	89	78	75	79
voederbiet	0	88	80	87	79	75	80
voederbiet	40	87	79	87	78	74	79
voederbiet	80	87	78	87	77	73	78
voederbiet	120	87	82	87	76	74	77
voederbiet	160	86	78	86	75	71	76
voederbiet	200	86	75	86	73	69	75

Het energierendement van wortel en wortel+loof nam gemiddeld over alle rassen en de voederbiet slechts licht af met toenemende stikstofgift. Bij de wortel van 90 naar 88% en bij wortel+loof van 89 naar 88%. Het loof had het hoogste energierendement bij 120 kg N per hectare (86%) en het laagste bij 200 kg N per hectare (79%). De BKG-emissiereductie voldoet in alle gevallen aan de norm van minimaal 70% [3], met uitzondering van het loof van de voederbiet bij de hoogste stikstofgift. Voor wortel en wortel+loof nam de BKG-emissiereductie af met een toenemende stikstofgift: voor wortel van 80 naar 76% en voor wortel+loof van 82 naar 78%. De BKG-reductie van loof was het hoogst bij 120 kg N per hectare (78%) en het laagst bij 200 kg N per hectare (73%).

Tussen de rassen waren er slechts kleine verschillen in energierendement en BKG-reductie, met uitzondering van de voederbiet waarbij zowel het energierendement als de BKG-reductie voor wortel, loof en wortel+loof enkele procenten lager lag dan bij de suikerbietenrassen.

4. Discussie

Uit de diverse proeven, waarbij de oogsttijdstippen van half september tot in half maart varieerden, blijkt dat de wortelopbrengst ook in november nog aanzienlijk toeneemt. Dit wijkt af van eerder onderzoek, waarbij in oktober al de maximale wortelopbrengst werd bereikt [18, 19]. Een betere bladgezondheid aan het einde van het groeiseizoen door de bestrijding van bladziekten is hiervoor waarschijnlijk een belangrijke oorzaak. Voor het loof gold dan ook dat de afname van de hoeveelheid in de maanden oktober en november beperkt bleef. Bij het rassen-/oogsttijdstippenproefveld in Valthermond 2010/2011 was er zelfs in het geheel geen significante afname van de hoeveelheid loof bij de diverse rassen tussen half november en half december. Laat oogsten, maar wel voordat er een vorstperiode optreedt, geeft de hoogste biomassaopbrengst van wortel+loof. Ook kort na een vorstperiode kunnen de wortels nog zonder noemenswaardig verlies geoogst worden. Oogsten van het loof wordt dan echter moeilijk. Na een vorstperiode gaat het loof gedeeltelijk verloren en kunnen ook de wortels gaan rotten, waardoor de opbrengst afneemt. Dit geldt vooral als de temperatuur in de kop van de bieten daalt tot onder -3°C , waarbij irreversibele vorstschade optreedt gevolgd door een relatief hoge omgevingstemperatuur [15]. Bij alle proeven gaf de oogst voor de winter de hoogste opbrengst. Door voor de winter het loof te oogsten, waren de bieten zonder loof extra gevoelig voor vorst. Ook aanaarden gaf geen voldoende bescherming tegen vorstaantasting. De constatering dat oogsten na de winter risicovol is vanwege mogelijke vorstschade komt overeen met de bevindingen, waarbij de mogelijkheid van tussenteelt van suikerbieten voor vergisting is nagegaan [20].

Uitgaande van de oogst voor de winter was de organischestofopbrengst van de wortel gemiddeld over alle proeven 22,6 ton per hectare en van het loof 4,8 ton per hectare. Dit komt overeen met een methaanopbrengst van 9000 m^3 per hectare voor de wortel en 1.600 m^3 per hectare voor het loof; in totaal dus 10.600 m^3 per hectare. Omgerekend naar biogas met 55% methaan is dit ruim 19.000 m^3 biogas. Volgens recente literatuur is het methaangehalte in biogas van suikerbieten iets lager (53-54%) [21]. Op basis hiervan is de hoeveelheid biogas bijna 20.000 m^3 . Dit is aanzienlijk meer dan de biogasopbrengst met energiemaïs [22]. Tussen de rassen waren er significante verschillen in opbrengst. Hierbij was er een goed verband tussen de berekende methaanopbrengst en de suikeropbrengst. De rassen met de hoogste suikeropbrengst zijn dus ook het meest geschikt voor vergisting. De voederbiet, die in de stikstof-/rassenproef in 2010 in Lelystad was meegenomen, had wel een hoge wortelopbrengst. Echter, het organischestofgehalte was dusdanig laag dat de berekende methaanopbrengst achterbleef ten opzichte van de suikerbietenrassen. Deze bevindingen zijn in overeenstemming met gegevens uit de literatuur [23,24].

De loofopbrengst en in mindere mate de wortelopbrengst nam toe met een toenemende stikstofgift. Het energierendement en de BKG-emissiereductie was echter het hoogst bij een lage stikstofgift. De optimale stikstofgift voor de suikerwinning is, rekening houdend met het energierendement en de BKG-emissiereductie, ook optimaal voor de organischestofproductie van de wortel en dus voor de energieproductie. Op een enkele uitzondering na voldeed bij alle proeven de vergisting van loof, wortel en wortel+loof aan de hoogste eis voor de minimale BKG-emissiereductie van 70% voor de opwekking van elektriciteit uit biogas [3]. In enkele gevallen (hoge stikstofgift, hoog herbicidegebruik en opbrengstverlies door vorstaantasting) voldeed het scenario van alleen loof niet aan de eis. Bij wortel was dit alleen bij (te) hoge stikstofgiften en wanneer er geoogst werd enige tijd na een vorstperiode, waarbij een deel van de bieten al was weggerot.

Met het loof en de wortel worden aanzienlijke hoeveelheden nutriënten afgevoerd. Uitgaande van de oogst voor de winter (vorst) en een optimale stikstofgift was bij de proefvelden de afvoer met het loof per hectare gemiddeld 39 kg P_2O_5 , 132 kg N, 260 kg K_2O en 86 kg Na_2O .

Met de wortel werd gemiddeld per hectare 63 kg P₂O₅, 128 kg N, 183 kg K₂O en 10 kg Na₂O afgevoerd (tabel 20).

Het energierendement voor de elektriciteit uit het vergisten van alleen de wortel, alleen het loof en wortel+loof lag hierbij gemiddeld op respectievelijk 88, 77 en 87%. De BKG-emissiereductie was respectievelijk 76, 73 en 79%.

Tabel 20. Opbrengst van loof en wortel en de afvoer met wortel en loof bij de diverse proefvelden, exclusief oogsten na een vorstperiode en loofgegevens van aangeaarde bieten.

jaar	plaats	opbrengst (t/ha)		P ₂ O ₅ (kg/ha)		N (kg/ha)		K ₂ O (kg/ha)		Na ₂ O (kg/ha)	
		loof	wortel	loof	wortel	loof	wortel	loof	wortel	loof	wortel
2008	Odoornerveen	44	89	37	53	118	115	221	139	107	8
2008	Vierlingsbeek	46	95	50	54	136	134	241	160	59	6
2008	Zonnemaire	72	113	57	65	169	160	449	242	100	10
2009	V'mond 100/150N	51	96	62	66	132	114	238	146	117	9
2009	Nieuwdorp 0N	48	116	40	65	178	147	318	177	82	9
2009	Vredepeel 200N	32	109	42	79	101	153	160	165	32	10
2009	Well	36	103	28	64	96	131	204	201	75	9
2009	Swifterbant	43	112	33	75	117	123	223	198	64	19
2010	Vredepeel 100N	49	91	40	51	159	116	211	132	107	10
2010	Well	50	87	50	56	197	183	373	238	66	8
2010	Lelystad	47	104	28	60	109	102	306	182	71	8
2010	Valthermond	50	104	32	59	131	138	185	183	129	18
2010	Lelystad 120/160N	25	108	19	74	73	110	214	233	32	7
2010	West Maas	53	95	36	64	137	97	353	181	91	8
2010	Valthermond	45	88	31	57	122	103	207	164	162	13
	gemiddeld	46	101	39	63	132	128	260	183	86	10

De bepaalde hoeveelheden afgevoerde nutriënten voor loof zijn iets hoger dan de gegevens die vermeld staan in de NMI Praktijkgids bemesting [25]. Omgerekend per ton vers product waren de hoeveelheden voor het loof: 0,85 kg P₂O₅, 2,86 kg N, 5,65 kg K₂O en 1,87 kg Na₂O en voor de wortel 0,62 kg P₂O₅, 1,28 kg N, 1,81 kg K₂O en 0,10 kg Na₂O. Bij loof is dat voor fosfaat en kalium iets hoger en voor stikstof aanzienlijk lager dan de gehanteerde gehalten in de Kengetallen Mineralenmanagement Akker- en Tuinbouw [26]. Bij wortel zijn de gemeten gehalten voor fosfaat, stikstof en kalium alle drie aanzienlijk lager dan de kengetallen, die ook in 2012 nog worden gehanteerd [26,27]. Hieruit kan worden afgeleid dat de hogere wortelopbrengst in de loop der jaren gepaard is gegaan met een lager gehalte van fosfaat, stikstof en kalium in de bieten.

De afvoer van nutriënten, sporenelementen en metalen is bepaald bij gewassen wortels. Bij de berekeningen is dus geen rekening gehouden met de afvoer met de aanhangende grond. Met name bij sporenelementen en metalen kan deze hoeveelheid relatief groot zijn [28].

Wanneer het loof wordt afgevoerd betekent dit een aanzienlijke afvoer van nutriënten en organische stof. Dit levert knelpunten op met het huidige mestbeleid [29].

5. Conclusies

- Bij de proefvelden, waar het energierendement is berekend, lag dit voor de elektriciteitsproductie bij vergisten van alleen de wortel, alleen het loof en wortel+loof gemiddeld op respectievelijk 88, 77 en 87%. De broeikasgasemissiereductie was hierbij gemiddeld respectievelijk 76, 73 en 79%.
- De teelt van bieten voor vergisting van alleen wortel, alleen loof en wortel+loof voldoet in de meeste gevallen ruimschoots aan het duurzaamheids criterium voor de broeikasgasemissiereductie van minimaal 70%.
- De opbrengst aan organische stof per hectare was zeer hoog: gemiddeld 22,5 ton per hectare voor wortel en 4,8 ton per hectare voor loof.
- Met de afvoer van wortel en loof wordt een aanzienlijke hoeveelheid nutriënten afgevoerd.
- De gehalten aan fosfaat, stikstof en kalium in de biet zijn wel aanmerkelijk lager dan de kengetallen uit 1995, die tot nu toe worden gehanteerd. Echter, de wortelopbrengsten zijn sindsdien aanzienlijk toegenomen.
- Bij een gezond gewas daalt de loofopbrengst vanaf half september tot eind november slechts licht.
- Vorstschade geeft een sterke daling van de loofopbrengst.
- De wortelopbrengst neemt tot half november toe en is daarna nagenoeg constant, totdat er rot optreedt als gevolg van vorstschade.
- Aanaarden kon in de winter 2010/2011 vorstschade niet voorkomen.
- Oogsten na de winter is risicovol. De kans is (te) groot dat de bieten door vorst worden aangetast.
- De organischestofproductie van het loof neemt toe en de broeikasgasemissiereductie af met toenemende stikstofgift.
- De optimale stikstofgift voor de suikerwinning is ook optimaal voor de organischestofproductie van de wortel en dus voor energieproductie.
- Er is een goed verband tussen de suikeropbrengst en de berekende hoeveelheid biogas per hectare.

6. Literatuur

1. Linnes, C. (2008): Bonbons für Bakterien – Zuckerrüben in der Biogasablage. *Zuckerrübe*, 57, no.3, 114-115.
2. Huijbregts, T. (2008): Sugar beet storage – an overview of Dutch research. *Internat. Sugar J.*, 110, 618 – 624.
3. NTA 8080. Duurzaamheidscriteria voor biomassa ten behoeve van energiedoelinden. Nederlands Normalisatie-instituut. NTA 8080:2009.
4. Renewable Energy Directive, CR (EC) 28/2009 (2009). www.senternovem.nl/mmfiles/RED2009_NL_tcm24-328303.pdf.
5. Bruijn, J.M. de & Huijbregts, A.W.M. (2007): Uniforme methode voor gewichtsbepaling, monsternamen en monsteronderzoek van suikerbieten in Nederland. Uitgave van de Nederlandse Suikerindustrie. Uitgave 2007.
6. Animal feeding stuffs - Determination of moisture and other volatile matter content. ISO 6496: 1999.
7. Animal feeding stuffs - Determination of crude ash. ISO 5984: 2003.
8. Animal feeding stuffs - Determination of phosphorus content - Spectrometric method. ISO 6491: 1999.
9. Animal feeding stuffs - Determination of nitrogen content and calculation of crude protein content - Part 2: Bloch digestion/steam distillation method. ISO 5983-2: 2005 (with modification).
10. Animal feeding stuffs - Determination of the calcium, copper, iron, magnesium, manganese, potassium, sodium, and zinc contents - Atomic absorption spectrometric method. ISO 6869: 2001.
11. <http://www.altic.nl/>.
12. Raap, J. (2009): CFTC, pers. comm.
13. Energieboerderij: www.energieboerderij.nl.
14. Voort, M. van der & Stilma, E.S.C. (2012): Toelichting meetlat Energieboerderij; energiegebruik en broeikasgasemissie. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. PPO projectnummer: 32500348 (in druk).
15. Heijbroek, W. & Huijbregts, A.W.M. (1984): Some factors affecting frost damage to sugar beet. 47th Winter Congress IIRB, 35-52, 1984.
16. Rassenbulletin (2011): <http://www.irs.nl/ccmsupload/ccmsdoc/Rassenbulletin%202011.pdf>.
17. Wilting, P. (2011): Onderzoek naar de invloed van stikstof op bladvlekkenziekten. IRS-publicatie 11P03.
18. Huijbregts, A.W.M. & Wevers, J.D.A. (1995): Groeiverloeponderzoek. Het verloop van de droge-stof- en suikerproductie bij enkele bietenrassen. IRS Jaarverslag, 37-39.

19. Huijbregts, A.W.M. & Wevers, J.D.A. (1996): Groeiverlooponderzoek. Het verloop van de drogestof- en suikerproductie bij enkele bietenrassen. IRS Jaarverslag, 35-38.
20. Huijbregts, T. & Hanse, B. (2011): Suikerbieten als tussenteelt voor vergisting. Opbrengst, energierendement, broeikasgasemissiereductie en nutriëntenafvoer. IRS-publicatie 11P04.
21. Hartung, E. & Ohl, S. (2011): Fermentation und Biogaserträge von Zuckerrüben. Sonderheft 10. Göttinger Zuckerrübenagung (2011) Sugar Industry, 136, 91-96.
22. Voort, M.P.J. van der & Meuffels, G.J.H.M. (2011): Resultaten energiemaïstellers binnen project Energieboerderij. Rapport Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.
23. Hoffmann, C., Starke, P. & Märlander, B. (2011): Trockenmasse- und damit Zuckerertrag als Kriterium für den Biogasertrag von Zuckerrüben. Sonderheft 10. Göttinger Zuckerrübenagung (2011) Sugar Industry, 136, 81-89.
24. Starke, P. & Hoffmann, C. (2011); Zuckerrübe als Substrat für die Biogaserzeugung. Sugar Industry, 136, No. 4, 242-250.
25. NMI (2000): Praktijkgids Bemesting. Nutriënten Management Instituut, Wageningen.
26. Mineralen Boekhouding (1995): Kengetallen Mineralenmanagement Akker- en Tuinbouw.
27. Dijk, W.van & Geel, W. van (2012): Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Rapport Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.
28. Huijbregts, A.W.M. (1986): Gehalten aan metalen in suikerbietengrondtarra. IRS, Interne mededeling.
29. Hanse, B. & Huijbregts, T. (2011): Duurzaamheid teelt van suikerbieten voor covergisting. Resultaten 2008-2010 van vijf telers in het project Energieboerderij. IRS-publicatie 11P05.