



# Potentie van oogstvervroeging voor verbetering van de bodemstructuur

Deskstudie naar mogelijkheden en beperkingen

G.D. Vermeulen & C. van Wijk







# Potentie van oogstvervroeging voor verbetering van de bodemstructuur

Deskstudie naar mogelijkheden en beperkingen

G.D. Vermeulen<sup>1</sup> & C. van Wijk<sup>2</sup>

<sup>1</sup> WUR - Plant Research International, Wageningen

<sup>2</sup> WUR - Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, sector AGV, Lelystad

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Agrosysteemkunde.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Foto omslag: Jos Groten, PPO-AGV

## **Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Unit Agrosysteemkunde**

Adres : Postbus 616, 6700 AP Wageningen  
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen  
Tel. : 0317 – 48 05 29  
Fax : 0317 – 41 80 94  
E-mail : [info.pri@wur.nl](mailto:info.pri@wur.nl)  
Internet : [www.wageningenUR/nl/pri](http://www.wageningenUR/nl/pri)

# Inhoudsopgave

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding	3
2. Bodemstructuurschade bij de oogst en effect op de gewasopbrengst	5
2.1 Effect van oogstmachines op de bodemstructuur	5
2.1.1 Bouwvoor	6
2.1.2 Ondergrond	7
2.2 Vermijden van bodemstructuurschade	7
2.2.1 Beperking van bodemdrukken	7
2.2.2 Vermijden van natte bodemomstandigheden	7
2.3 Opbrengstderiving door bodemstructuurschade in het najaar	9
2.3.1 Bouwvoor	9
2.3.2 Ondergrond	11
2.3.3 Effect van grondbewerkingsystemen op de doorwerking van bodemstructuurschade	11
3. Methode voor bepaling van de potentie van oogstvervroeging voor verbetering van de bodemstructuur	13
3.1 Definitie van oogstvervroeging	13
3.2 Methode voor bepaling van realistische opties voor oogstvervroeging per gewas	14
3.3 Gebruikte indicatoren voor bepaling van de mate van bodemstructuurverbetering	15
3.3.1 Groenbemesters	15
3.3.2 Bodemomstandigheden bij de oogst	16
4. Realistische teeltkundige opties voor oogstvervroeging per gewas	21
4.1 Mais	21
4.1.1 De teelt	21
4.1.2 Mogelijkheden voor vervroeging	22
4.1.3 Conclusies	26
4.2 Aardappelen	27
4.2.1 De teelt	27
4.2.2 Mogelijkheden voor vervroeging	28
4.2.3 Conclusies	31
4.3 Suikerbieten	32
4.3.1 De teelt	32
4.3.2 Mogelijkheden voor vervroeging	33
4.3.3 Conclusies	35
4.4 Peen	36
4.4.1 De teelt	36
4.4.2 Mogelijkheden voor vervroeging	37
4.4.3 Conclusies	38
4.5 Koolgewassen	39
4.5.1 Areaal, teelt en oogstperiode	39
4.5.2 Mogelijkheden voor vervroeging	41
4.5.3 Conclusies	43

4.6	Witlofwortels	43
4.6.1	De teelt	43
4.6.2	Mogelijkheden voor vervroeging	44
4.6.3	Conclusies	45
4.7	Cichoreiwortel	46
4.7.1	De teelt	46
4.7.2	Mogelijkheden voor vervroeging	47
4.7.3	Conclusies	48
4.8	Samenvatting van realistische teeltkundige mogelijkheden per gewas	49
4.9	Oogstvervroeging en afzet	51
5.	Effect van oogstvervroeging op de mogelijkheden voor groenbemesters	53
6.	Effect van oogstvervroeging op de natheid van de bodem bij de oogst	55
6.1	Bouwvoor	55
6.2	Ondergrond	55
7.	Verwachte effecten van klimaatverandering	57
8.	Conclusies	59
9.	Tenslotte	61
	Literatuur	63

# Samenvatting

De Nederlandse landbouw ziet door de inzet van zware oogst- en transportmachines de bodemstructuur achteruitgaan. Vooral oogsten onder natte omstandigheden tijdens de oogstmaanden september, oktober en november tast de bodemstructuur aan. Dit gaat ten koste van de gewasopbrengst. In dit onderzoek in opdracht van het Ministerie van EL&I is verkend:

- a. hoeveel de opbrengstderving door structuurbeschadiging bij de oogst kan bedragen;
  - b. of de bodemstructuur is te beschermen door de oogst te vervroegen, in de veronderstelling dat deze dan onder relatief droge omstandigheden kan plaatsvinden en
  - c. welk effect de klimaatverandering zal hebben op de oogstomstandigheden.
- a. Er bestaat weinig onderzoek naar structureerschade bij de oogst, herstel van de bodem na structureerschade en de gevolgen van structureerschade op de gewasopbrengsten in de jaren erna. Over kleigrond is uit een enkel onderzoek bekend dat wanneer er onder te natte omstandigheden geoogst wordt, een volledig herstel van de bouwvoor (de jaarlijks bewerkte laag) door grondbewerking uitblijft. Het duurt dan een aantal jaren voordat de grond zijn oorspronkelijke structuur terugheeft. De oogst valt daardoor meerdere jaren achtereen lager uit. Problematischer is het wanneer ook onder de ondergrond onder de bouwvoor meer verdicht raakt. Dit is nog moeilijker op te heffen. Duidelijk is dat er dan sprake zal zijn van een langdurige opbrengstschade.

Op basis van de beperkt beschikbare data is de verwachting dat bij een jaarlijks terugkerende bodemverdichting in het najaar het opbrengstverlies van de gewassen kan oplopen tot circa 10%.

- b. Binnen de gebruikelijke oogstperiode kan een teler het oogsttijdstip meestal vrij eenvoudig en zonder extra kosten vervroegen door vroege rassen te telen, voor te kiemen en vroeg te zaaien of te planten. Als veel telers dit doen, wordt de oogst geconcentreerd in een kortere periode en zal dit extra kosten met zich meebrengen: er moet extra geïnvesteerd worden in arbeid en machines. In dit rapport is oogstvervroeging daarom gedefinieerd als het naar voren halen van het begintijdstip van de oogstperiode, zodat er geen extra capaciteit in arbeid en machines nodig is.

Hierbij zijn drie vragen behandeld:

1. Bij welke gewassen is het mogelijk en realistisch om de oogst te vervroegen in teeltkundig opzicht, wat betreft kosten en baten en afzetperspectief?
2. In hoeverre ontstaan er meer mogelijkheden om structuurverbeterende groenbemesters te zaaien?
3. In hoeverre ontstaan door oogstvervroeging meer gunstige oogstdagen en drogere omstandigheden in de ondergrond?

1. De opties voor oogstvervroeging zijn verkend voor gewassen die regelmatig op een te natte bodem geoogst worden: snijmaïs, aardappelen, suikerbieten, winterpeen, witlof, cichorei en bewaar- en industriekool. Uit de verkenning komt naar voren:
  - oogstvervroeging is geen optie voor bewaarkool en witlofwortel,
  - 1 week vervroeging lijkt realistisch voor pootaardappel en cichoreiwortel,
  - 2 weken vervroeging kan bij snijmaïs, consumptieaardappelen, zetmeelaardappelen, suikerbieten, waspeen, grove peen en industriekool.

Om te beoordelen of de vervroegingsopties al dan niet realistisch zijn, is er in eerste instantie gekeken naar de baten en kosten van vervroeging. De geschatte opbrengstverhoging bedraagt gemiddeld circa 6% bij 2 weken oogstvervroeging en 3% bij 1 week vervroeging. Bij een bruto-opbrengst van € 5000 per ha gemiddeld over de volgteelten zijn de baten bij 2 weken vervroeging circa € 300 per ha/jaar en bij 1 week vervroeging € 150 per ha/jaar.

Het is belangrijk de baten inzichtelijk te maken: telers zullen alleen overgaan op de oogstvervroeging als ze er per saldo voldoende baat bij hebben. Ook zal oogstvervroeging moeten matchen met de afzet. Voor versteelten is oogstvervroeging gunstig, omdat dit de leverperiode verlengt. Bij producten voor de industrie (zetmeelaardappel, suikerbiet, waspeen, een deel van de sluitkool, cichoreiwortel) heeft de teler te maken met de oogstcampagne, de tijd waarin de industrie de producten aanneemt. Vervroeging zonder extra bewaarkosten is dan alleen realistisch als de industrie meewerkt door de campagne eerder te laten beginnen.

2. Oogstvervroeging vergroot de mogelijkheden voor groenbemesters na de oogst. Bovendien is de drogestofopbrengst van groenbemesters hoger bij een vroegere zaai. Groenbemesters houden voedingsstoffen in de bodem in de winter vast, verbeteren de bodemstructuur en verhogen het organischestofgehalte van de bodem. Kwantificering van de baten van groenbemesters voor de bodemstructuur was in deze studie niet mogelijk.
  3. 1 of 2 weken vervroeging van de hele oogstperiode levert meer gunstige oogstdagen op. Afhankelijk van het gewas is de toename gemiddeld over 30 jaar 5-6 werkbare oogstdagen bij 1 week vervroeging en 10-12 dagen bij 2 weken vervroeging. Deze verbetering betreft de bouwvoor. Voor de ondergrond heeft oogstvervroeging een licht positief tot negatief effect. Oogstvervroeging met 1 tot 2 weken in de periode vóór 1 september leidt gemiddeld over 30 jaar tot een wat minder droge ondergrond (6-15 mm meer water). Dit komt omdat er tot 1 september nog een neerslagtekort is, waardoor de ondergrond nog verder indroogt. Bij een vervroegde start van de oogst na 1 september ontstaat daarentegen een wat drogere ondergrond (6-11 mm minder water).
- c. Hoe het klimaat zal veranderen in het najaar is in de scenario's voor Nederland niet duidelijk. Het mogelijke effect op het aantal dagen met een werkbare bouwvoor kon daarom niet voorspeld worden. Wel leidt de klimaatverandering, afhankelijk van het scenario, op den duur tot een beperkt tot aanzienlijk drogere ondergrond in de oogstperiode.

Tenslotte: doorvertaling van de effecten van oogstvervroeging naar vermindering van de structuurschade in het najaar, verbetering van de bodemstructuur in de volgende seizoenen en tenslotte verhoging van de opbrengsten blijft complex. Maar bij de genoemde vervroegingsopties, die in navolgende jaren door opbrengstverhoging resulteren in hogere baten, is te verwachten dat ze een positief effect zullen hebben op de bodemstructuur en het bedrijfsrendement.



# 1. Inleiding

Oogstmachines en transportwagens verdichten de bodem. Daarom is het gangbaar na de oogst de grond te bewerken om de bodemstructuur te herstellen voor de teelt van het volgende gewas. Er ontstaan echter problemen als de grond te zwaar belast wordt. Een volledig herstel van de bodemstructuur blijft dan uit. Vooral onder natte omstandigheden kan de grond weinig belasting verdragen.

Onder de banden van oogstmachines kan de grond gaan vervormen, waardoor de bodemstructuur van de bouwvoor (de jaarlijks bewerkte laag) voor langere tijd op microniveau wordt aangetast. Dit verschijnsel speelt vooral bij kleigronden en wordt aangeduid als verkneding of versmering. Versmering treedt niet alleen onder banden op, maar ook als de grond te nat bewerkt wordt.

De grond onder de bouwvoor, de ondergrond, is van nature al compacter maar kan bij een te zware belasting sterker verdicht raken. Een te dichte ondergrond is alleen met veel moeite en vaak maar in beperkte mate te herstellen.

De kans op structuurschade is het grootst bij gewassen die later in het seizoen (vanaf 1 september) worden geoogst. Het gaat hierbij om (snij)maïs, aardappelen, suikerbieten, winterpeen, witlof en cichorei en bewaar- en industriekool.

De eerste doelstelling van deze verkenning was om na te gaan in hoeverre de bodemstructuur in het najaar beschadigd wordt en hoeveel dit ten koste gaat van de gewasopbrengst in de volgende jaren. Hoofdstuk 2 gaat in op deze vragen. Achtereenvolgens worden de effecten van oogstmachines op de bodem, opties om schade aan de bodemstructuur te beperken en de gevolgen van bodemstructuurschade in het najaar op volgende teelten besproken.

Aantasting van de bodemstructuur is mogelijk te voorkomen door de oogst- en transportwerkzaamheden bodemvriendelijker te laten verlopen. Dit is te bereiken door enerzijds de grond systematisch minder te belasten door de inzet van oogst- en transportmachines met een lage bodemdruk en anderzijds door alleen te werken als grond relatief droog is. Dat laatste is mogelijk te bereiken door vervroeging van de oogst. De tweede doelstelling van de verkenning was om na te gaan of het mogelijk is om via oogstvervroeging de bodemstructuur in het najaar minder te beschadigen en daardoor de gewasopbrengsten te verhogen.

De gebruikte methode om het effect van oogstvervroeging voor verbetering van de bodemstructuur te analyseren wordt in hoofdstuk 3 beschreven. De hoofdstukken daarna besteden aandacht aan drie aspecten daarvan:

1. In hoofdstuk 4 wordt besproken welke opties voor oogstvervroeging realistisch zijn in teeltkundig opzicht, wat betreft kosten en baten en wat betreft de afzet.
2. Aangenomen wordt dat groenbemesters en vanggewassen indirect bijdragen aan verbetering van de bodemstructuur via o.a. beworteling van de grond en verhoging van de aanvoer en omzetting van organische stof. Bespreking van deze indirecte effecten op de bodemstructuur viel niet binnen de scope van het project. Wel wordt in hoofdstuk 5 besproken in hoeverre oogstvervroeging de keuze voor in te zaaien groenbemesters verruimt.
3. Hoofdstuk 6 bespreekt in hoeverre oogstvervroeging leidt tot drogere bodemomstandigheden tijdens de oogst. Daarbij wordt afzonderlijk ingegaan op de omstandigheden van de bovengrond (de bouwvoor) en de ondergrond. Een nevendoelestelling van het onderzoek was om de mogelijke invloed van klimaatverandering op de bodemomstandigheden bij de oogst te verkennen. De resultaten van deze verkenning staan in hoofdstuk 7.

Tenslotte worden in hoofdstuk 8 de conclusies weergegeven.



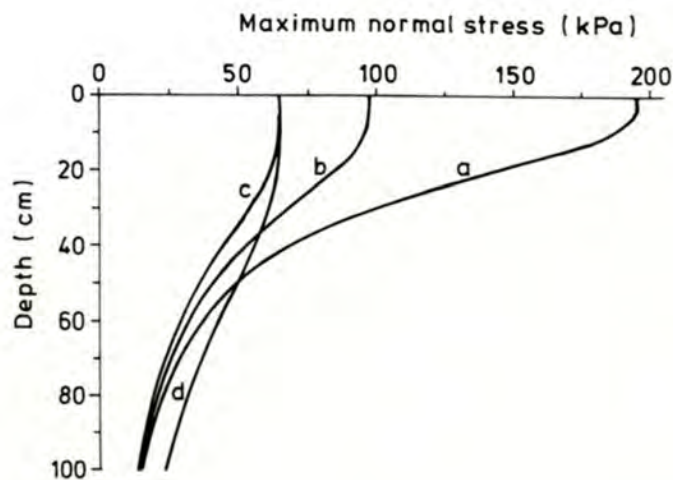
## 2. Bodemstructuurschade bij de oogst en effect op de gewasopbrengst

### 2.1 Effect van oogstmachines op de bodemstructuur

Het is algemeen bekend dat er bij de oogst aanzienlijke schade aan de bodemstructuur kan ontstaan, vooral bij de oogst van rooigewassen als dit onder natte omstandigheden moet gebeuren. Het bodemstructuurbederf wordt voornamelijk geassocieerd met de effecten die de wielen van oogstmachines en trekkers en wagens op de bodem hebben. Hoewel de grond bij de oogst van een aantal rooigewassen ook wordt bewerkt door bijvoorbeeld rooi-scharen en reinigingselementen op de machines is de hoeveelheid grond die daarbij betrokken is meestal beperkt. In deze studie is daarom de focus op verdichting- en versmering door de wielen van machines voor oogst- en transport.

De primaire oorzaak van verdichting en versmering van de grond is de mechanische belasting van de bodem. De bodemdruk is hiervoor een goede maat. In een aantal gevallen spelen echter ook afschuifkrachten in de grond een grote rol, vooral als de bewerking veel trekkracht vraagt.

De bodemdruk onder een band bouwt af met de diepte. In Figuur 1 is voor een aantal banden weergegeven hoe de afbouw van de maximale bodemdruk (in het centrum van het contactvlak onder de band) verloopt volgens Söhne (1953). Dit voorbeeld laat zien dat, in theorie, de bodemdrukken laag gehouden kunnen worden door verlaging van de wiellast en/of de druk direct onder de band.



*Figuur 1. Afname van de maximale bodemdruk met de diepte onder vier theoretische banden met verschillende bandlast ( $P$ ), banddruk ( $\pi$ ), contactoppervlak tussen band en grond ( $c.a.$ ) en verdeling van de druk in het contactvlak ( $s.d.$ ), berekend volgens Söhne (1953), met een concentratiefactor van 5.*

*(a) kleine band:  $P = 2.0 \text{ Mg}$ ,  $c.a. = 0,15 \text{ m}^2$ , niet-uniforme  $s.d.$  (hoge  $\pi$ );*

*(b) grote, stijve band:  $P = 2.0 \text{ Mg}$ ,  $c.a. = 0,30 \text{ m}^2$ , niet-uniforme  $s.d.$  (lage  $\pi$ );*

*(c) grote, flexibele band:  $P = 2.0 \text{ Mg}$ ,  $c.a. = 0,30 \text{ m}^2$ , uniforme  $s.d.$  (lage  $\pi$ );*

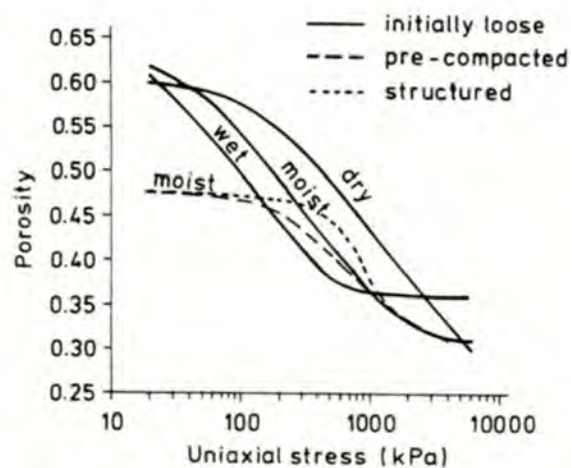
*(d) grootste flexibele band:  $P = 4,0 \text{ Mg}$ ,  $c.a. = 0,60 \text{ m}^2$ , uniforme  $s.d.$  (lage  $\pi$ ).*

*Bron: Vermeulen & Perdok, 1994.*

Het gedrag van de grond onder een band met een zekere bodemdruk is voornamelijk afhankelijk van de sterkte van de grond en de mate waarin de bodem tijdens de belasting opgesloten zit (Vermeulen en Perdok, 1994). De invloed van de bodemnatheid op dit gedrag verloopt vooral via de invloed daarvan op de sterkte van de grond en de plastische eigenschappen van de grond.

De reactie van grond op bodembelasting en natheid is schematisch weergegeven in Figuur 2. Als losse grond wordt samengedrukt in een monsterring (geheel opgesloten) neemt het poriënvolume af met de logaritme van de bodemdruk, waarbij natte grond minder weerstand tegen verdichting laat zien (minder sterk is) dan droge grond. Bij (te) natte grond stopt de verdichting als de meeste lucht uit het monster is ontweken en de grond bijna verzadigd is met water. Onder een wiel, waar de grond bovenin het bodemprofiel niet zoals in een monsterring zijdelings opgesloten zit, kan de grond in verzadigde toestand ook niet verder verdichten, maar wel plastisch vervormen (stromen, versmeren), waardoor structurelementen in de grond verloren gaan.

Als losse grond eerst voorverdicht wordt (pre-compacted curve in Figuur 2), treedt verdichting nauwelijks op totdat de voorverdichtingsdruk bereikt wordt; daarna volgt het monster weer de verdichtingscurve van losse grond. Eenzelfde soort reactie vertoont een ongestoord, gestructureerd bodemmonster uit het veld (structured curve in Figuur 2), maar hierbij is de weerstand tegen verdichting het resultaat van de voorverdichting en de extra sterkte van de grond die in de loop der tijd ontwikkeld is door bijvoorbeeld chemische bindingen tussen de bodemdeeltjes. Een dergelijk gedrag is te verwachten voor de ondergrond (Poodt *et al.*, 2003) of voor andere, langere tijd niet bewerkte grond.



Figuur 2. Verdichtingscurven voor aanvankelijk losse, voorverdichte en geconsolideerde grond bij verschillende natheid van de grond.

### 2.1.1 Bouwvoor

Een jaarlijks bewerkte, relatief losse bouwvoor heeft per definitie weinig weerstand tegen verdichting. Deze laag wordt zelfs bij zeer lage bodemdrukken verdicht. In de praktijk heeft men er daarom meestal vrede mee dat de bouwvoor in zekere mate verdicht raakt, temeer omdat de grond door een daaropvolgende groundbewerking weer goed losgemaakt kan worden. Als de bouwvoor echter zo nat is dat deze plastisch gaat vervormen (versmeren) of zelfs stromen ('vervloeien') onder de wielen, dan gaat de structuur van de grond geheel verloren. Dergelijke versmering of vervloeiing van grond treedt op bij gronden met een fijne textuur (klei, leem) en veel minder bij zandgronden. Bij versmeerde grond of vervloeide grond is de structuur niet simpel weer te herstellen door een groundbewerking uit te voeren, zoals bij droog verdichte grond.

## 2.1.2 Ondergrond

De sterkte van de ondergrond hangt sterk af van de samenstelling van de grond, de dichtheid en het vochtgehalte van de grond (Alakukku *et al.*, 2003). Bij toenemend vochtgehalte neemt de sterkte van de grond af (Lebert, 1989). De invloed van het vochtgehalte van de grond op de verdichting van de ondergrond werd o.a. onderzocht door Arvidsson *et al.* (2001). Zij onderzochten de bodemzinking op 50 cm diepte als gevolg van de passage van een suikerbieten-bunkerrooier (massa 35 Mg op twee assen en banddrukken van 170 - 200 kPa) onder verschillende bodemvochtomstandigheden op een zware zavelgrond. Bij een toename van het vochtgehalte van 11,0 naar 20,8% (m/m) nam de sterkte (door voorverdichting) af van 165 tot 98 kPa en nam de zinking van de grond op die diepte toe van 0 tot 2,1 mm. Het principe dat er bij nattere bodem meer verdichting in de ondergrond kan optreden is daarmee aangetoond. Om te kunnen voorspellen in welke mate ondergrondverdichting op zal treden zijn er echter nog te weinig kwantitatieve gegevens bekend over o.a. de grootte van bodembelastingen bij de oogst, de sterkte van ondergronden bij verschillende vochtgehalten en over de mate van plastische vervorming van de ondergrond als deze in verzadigde toestand belast wordt (Lebert, 1989).

## 2.2 Vermijden van bodemstructuurschade

Om bodemstructuurschade bij de oogst te voorkomen wordt er in het algemeen van uitgegaan dat beperking van de banddruk/aslast en vermijden van natte werkomstandigheden de beste mogelijkheden bieden (Söhne, 1953; Fekete, 1977; Perdok en Terpstra, 1983; Petelkau, 1986; Grecenko, 1989; Håkansson and Petelkau, 1994; Vermeulen en Perdok, 1994; Tijink *et al.*, 1995; Alakukku *et al.*, 2003; Chamen *et al.*, 2003; Van den Akker *et al.*, 2003; Tijink en Spoor, 2004; Stahl *et al.*, 2005; VDI, 2007).

### 2.2.1 Beperking van bodemdrukken

Voor Nederlandse omstandigheden geldt voor najaarswerk de aanbeveling om de banddruk beperkt te houden tot maximaal 1 bar (Perdok en Terpstra, 1983). Deze aanbeveling is gebaseerd op visuele effecten van berijden onder 'werkbare omstandigheden' met verschillende banddrukken op de bodemstructuur, vooral op kleigronden. Voor de bouwvoor ging het hierbij om diepe insporing van de machines en natte vervorming (versmering) van de grond te voorkomen. Dergelijke structuurschade aan de bouwvoor is niet geheel door ploegen te repareren en wordt daarom als ongewenst beschouwd.

In de ondergrond is het extra belangrijk om te voorkomen dat verdichting optreedt omdat het weer opheffen van ondergrondverdichting vaak problematisch is. De belasting van de grond moet daarom bij voorkeur de sterkte niet overschrijden. Door Perdok en Terpstra (1983) werd impliciet aangenomen dat door beperking van de banddruk tot maximaal 1 bar ook verdichting van de ondergrond kan worden voorkomen.

In de praktijk is het tot nu toe nog onvoldoende gelukt om bij oogstmachines en landbouwwagens dergelijke lage banddrukken ingevoerd te krijgen, ondanks de beschikbaarheid van brede banden en centrale luchtdrukregelsystemen. (Tijink, 1990; Van den Akker *et al.*, 2006; Vermeulen en van den Akker, 2010).

### 2.2.2 Vermijden van natte bodemomstandigheden

#### **Bouwvoor**

Het tijdstip waarop de oogst normaal moet plaatsvinden wordt, afhankelijk van het gewas, bepaald door de o.a. fysiologische rijpheid van het gewas en/of de contractueel overeengekomen afleverperiode. Of dit mogelijk is hangt af van de technische mogelijkheden om de oogst binnen te halen, d.w.z. of er machines beschikbaar zijn en of de grond bewerkbaar en berijdbaar is. Praktisch gezien wordt met werkbare omstandigheden bedoeld dat de bouwvoor droog genoeg is om effectief te werken, d.w.z. dat de machine goed functioneert zonder schade aan het product of de kwaliteit daarvan (bijvoorbeeld vorming van veel grondtarra), liefst zonder visuele schade aan de bodemstructuur

(beperking van insporing en wielslip), zonder verstopping van de machine met grond en zonder dat de machine op het veld vast komt te zitten. De beoordeling of de omstandigheden werkbaar zijn hangt in de praktijk mede af van de urgentie waarmee de oogst moet plaatsvinden; vroeg in het seizoen, als nog voldoende (goed) werkbare dagen worden verwacht, is men kieskeuriger dan aan het eind van een nat seizoen, als het risico groot is dat er niet genoeg (goed) werkbare dagen meer zullen komen om het resterende areaal te oogsten. In dat geval zullen ook slechtere oogstomstandigheden benut worden om de oogst binnen te halen. Beuving (1982) en Koolen *et al.* (1987) rapporteren voor de oogst van suikerbieten en aardappelen werkbaarheidsindicaties voor slechte en goede oogstomstandigheden op basis van de vochtspanning in de bodem, bepaald aan de hand van gelijktijdige meting van de vochtspanning en beoordeling van de werkbaarheid door de praktijk (Tabel 1).

*Tabel 1. Werkbaarheidsindicaties op basis van de vochtspanning in de bodem, voor bieten tot 10 cm en voor aardappelen tot 15 cm rooidiepte gemeten, voor slechte en goede oogstomstandigheden.*

Grondsoort	Drukhoogtegebied van het bodemvocht (kPa) lopend van slechte naar goede oogstomstandigheden			
	Suikerbieten		Aardappelen	
	slecht	goed	slecht	goed
Zand- en veenkoloniale grond	-3	-5	-4	-6
Lichte zavel (8 – 20% deeltjes < 2 µm)	-4	-10	-6	-10
Lichte klei (20 - 40% deeltjes < 2 µm)	-5	-8	-8	-12
Zware klei (>40% deeltjes < 2 µm)	-3	-6	-10	-18

We gaan er van uit dat bodemstructuurschade bij de oogst vermeden kan worden als er niet onder te natte omstandigheden gewerkt wordt, dus als de slechte oogstomstandigheden genoemd in Tabel 1 vermeden worden. Voor het vaststellen van bodemvochtgrenzen (werkbaarheidsgrenzen) voor goede oogstomstandigheden bieden de Atterbergse consistentiegrenzen, die door middel van visuele waarneming van het gedrag van grond in het laboratorium bepaald worden, enig houvast. De 'Lower Plastic Limit' (LPL) is het vochtgehalte waarbij het gedrag van de grond verandert van bros naar plastisch en de 'Upper Plastic Limit' (UPL) het vochtgehalte waarbij het gedrag verandert van plastisch naar visceus. Als de grond bewerkt (of bereiden) wordt bij een vochtgehalte hoger dan LPL kan versmering of vervloeiing optreden; grondbewerking bij deze vochtgehalten is contraproductief omdat de grond niet verkruidt. De LPL wordt daarom wel gehanteerd als grenswaarde tussen goede en slechte oogstomstandigheden. In Nederland gebruikte o.a. Smedema (1979) LPL als werkbaarheidsgrens om de invloed van draindiepte en drainafstand op het verloop van de natheid en de werkbaarheid van de grond te onderzoeken. Omdat het als nadeel gezien werd dat de bepaling van deze grenzen persoonsafhankelijk is werden ook andere werkbaarheidsgrenzen gedefinieerd waarvan gedacht werd dat deze exacter waren, zoals op basis van de luchtdoorlatendheid van de grond (Perdok en Tanis, 1975; Perdok en Hendrikse, 1982). Het vaststellen van een exacte bodemvochtgrens waarbij bodemstructuurschade voorkomen kan worden blijft echter moeilijk omdat er nu eenmaal geen scherp omslagpunt is tussen wel een geen bodemstructuurschade.

Indien werkbaarheidsgrenzen gedefinieerd worden zullen zij afhankelijk zijn van grondsoort, soort bewerking en bodemdruk. Dat het vochtgehalte waarbij gewerkt kan worden afhangt van de samenstelling van de grond is algemeen bekend. De werkbaarheidsgrens hangt ook af van het soort werktuig; terwijl ploegen in de winter vaak nog zonder zichtbare bodemschade aan de bouwvoor mogelijk is, kan de frees in de winter niet gebruikt worden omdat de grond dan te nat is. Vermeulen en Klooster (1992) toonden aan dat de werkbaarheidsgrens in het voorjaar ook afhangt van de bodemdruk van de machines; uitgaande van hetzelfde resultaat kan bij lage bodemdruk onder nattere omstandigheden gewerkt worden dan bij hoge bodemdruk. Het is aannemelijk dat dit ook in het najaar het geval zal zijn. In het algemeen zijn in de literatuur genoemde werkbaarheidsgrenzen alleen gespecificeerd voor grondsoort en soms voor bepaalde werkzaamheden.

Smedema (1979) rapporteert dat de Lower Plastic Limit voor verschillende gronden ongeveer overeenkwam met het vochtgehalte (% m/m, d.b.) van ongestoorde grondmonsters bij een vochtspanning van -10 kPa. Volgens Perdok en Hendrikse (1982) kwam het werkbaarheids criterium voor oogstactiviteiten op kleigrond het beste overeen met een vochtspanning van ca. -16 kPa. Volgens Hokke en Tanis (1978) komt een vochtspanning van -10 kPa het beste overeen met praktijkbeoordeling van de werkbaarheids grens op een zavelgrond. Zij beschikten over praktijk-inschattingen van het dagelijkse vochtgehalte van een zavelgrond over een lange reeks van jaren. Buitendijk (1985) hanteert ook een vochtspanning van -10 kPa als criterium voor een zavelgrond en -5 kPa voor zandgrond.

Als we uitgaan van een bepaalde lengte van de oogstperiode en een bodemvocht criterium om de grens tussen wel en geen bodemstructuurschade aan te duiden, kunnen te natte bodemomstandigheden zoveel mogelijk voorkomen worden als er in bijvoorbeeld 80% van de oogstjaren zoveel 'werkbare' dagen in de oogstperiode voorkomen dat alle percelen met de beschikbare capaciteit aan werktuigen en arbeid op 'werkbare' dagen kunnen worden geoogst. Een geschikt middel om aantallen werkbare dagen te berekenen zijn bodemvochtmodellen die op basis van algemeen beschikbare meteorologische gegevens het verloop van de natheid van de bodem kunnen berekenen (Wind, 1976; Buitendijk, 1976; Hokke en Tanis, 1978; Buitendijk, 1985). In deze berekeningen worden meestal bodemvocht-criteria op basis van de vochtspanning in de bodem gebruikt omdat deze in zulke modellen eenvoudig te hanteren is.

Het aantal werkbare dagen per periode in het najaar is in hoofdstuk 3 gebruikt om het effect van oogstvervroeging op de natheid tijdens de oogst te kwantificeren.

## Ondergrond

Door het ontbreken van voldoende kwantitatieve gegevens over relaties tussen samenstelling, vochtgehalte en sterkte van onze ondergronden, over de werkelijke mechanische belasting afhankelijk van de bovengrondse belasting en zelfs over welke eisen we in het kader van duurzaam bodembeheer aan de ondergrond moeten stellen (TCB, 2011) kunnen momenteel geen bodemvochtgrenzen opgesteld worden waarbij schade aan de bodemstructuur in de ondergrond (vooral verdichting) vermeden zou kunnen worden. In de praktijk wordt met het vochtgehalte van de ondergrond geen rekening gehouden bij beslissingen over het al dan niet uitvoeren van de oogst. Als er in de toekomst vochtgehaltecriteria voor de ondergrond ontwikkeld zouden worden, kunnen bodemvochtmodellen eventueel gebruikt worden om aantallen 'werkbare dagen' voor de ondergrond te berekenen. Modelberekeningen konden in het kader van de huidige studie niet uitgevoerd worden.

## 2.3 Opbrengstderving door bodemstructuurschade in het najaar

### 2.3.1 Bouwvoor

Het meest algemeen gebruikte bodemmanagementsysteem in Nederland is dat verdichting en versmering van de grond als gevolg van de oogst wordt opgeheven door jaarlijks na de oogst te ploegen. Op zandgronden gebeurt dit in het voorjaar en op kleigronden in het najaar. Kleigronden krijgen zo in de winter de gelegenheid om te verwerken onder invloed van vorst-dooi en nat-droog cycli.

Bij het onderzoek naar het vermijden van bodemstructuurschade door berijding van de grond zijn effecten van verschillende jaar-rond berijdingssystemen (Lamers *et al.*, 1986; Vermeulen en Klooster, 1992; Vermeulen en Perdok, 1994) en effecten van verschillende berijdingen in het voorjaar (Boone *et al.*, 1994; Vermeulen en Mosquera, 2009) onderzocht. Effecten van berijding in het najaar werden in Nederland alleen verkennend, specifiek binnen een systeem met vaste rijpaden, onderzocht (Vermeulen en Sukkel, 2008). De algemene tendens uit het onderzoek in Nederland voor een systeem met jaarlijks ploegen is dat zowel lagedruk berijding als een teeltsysteem met vaste rijpaden een verbetering van de bodemstructuur en opbrengststijgingen te zien geven.

Specifiek naar de effecten van structuurschade in het najaar is onderzoek gedaan in Zweden en de VS, eveneens in een systeem met jaarlijks ploegen. Håkansson *et al.* (1988) rapporteren dat niet alle bodemstructuurschade door

grondbewerking opgeheven wordt zelfs als de bulk-dichtheid van de niet-verdichte (kruimelstructuur) en verdichte/versmeerde grond (structuur met dichte kluiten) na bewerken gelijk zou zijn. Ploegen van een verdichte en versmeerde grond resulteerde in een ongelijk oppervlak met een ruwe structuur (indien droog geploegd) of versmeerde (indien nat geploegd) ploegvoren. De oppervlakteruwheid was ook na de winter aanzienlijk groter bij ploegen van verdichte grond dan bij ploegen van niet verdichte grond, wat betekent dat de grond minder goed verweerd was. Bij in het najaar verdichte en daarna geploegde grond was de hoeveelheid kluiten het jaar daarop in het zaaibed daarom groter dan bij niet in het najaar verdichte grond die eveneens daarna geploegde grond was, hoewel de toplaag in de winter verschillende keren bevroren was geweest en er intensief was geëgd. Volgens Voorhees (1983) hadden verdichte kluiten, ontstaan bij het ploegen van verdichte grond, een aanzienlijk grotere sterkte, ook na de winter.

Håkansson *et al.* (1988) en Arvidsson and Håkansson (1996) onderzochten het effect van extra berijdingen in het najaar, bovenop de normale berijdingen, via 21 lange termijn veldproeven op locaties met een ploegstelsel. De extra verdichting werd gedurende ten minste 7 jaar aangebracht en de gewasopbrengst werd tot 5 jaar na de laatste extra berijding gemeten. Door de extra berijdingen nam de totale porositeit en de macroporositeit af en nam de sterkte van de aggregaten toe. In de eerste 4 jaar van de experimenten nam de gewasopbrengst geleidelijk af waarna de opbrengstderiving constant was, gemiddeld 11,4%. In de 4 tot 5 jaar nadat de extra berijdingen gestopt waren nam de opbrengst weer toe tot het normale niveau.

De opbrengstverliezen waren groter op kleigronden dan op zandgronden. Håkansson *et al.* (1988) rapporteren dat op basis van dit onderzoek de conclusie kan worden getrokken dat bouwvoorverdichting op zandgronden binnen een jaar opgeheven kan worden door ploegen. Echter volledige opheffing van verdichtingseffecten op kleigronden vereist meerdere jaren ploegen in combinatie met een aantal vries-dooi of droog-nat cycli.

Uit de resultaten van extra behandelingen binnen het onderzoek van Arvidsson en Håkansson (1996) bleek dat:

- 1) de opbrengst lager werd met toenemende intensiteit van de extra berijding in het najaar en
- 2) de opbrengst lager werd met toenemende bodemdruk en bodemnatheid tijdens de extra berijding (Tabel 2).

Het was moeilijk om het zeer variabele opbrengstverlies door de extra berijdingen in het najaar te verklaren. De bodemdichtheid in het groeiseizoen was maar weinig hoger door de extra berijdingen. Arvidsson en Håkansson (1996) vermoeden dat de effecten op het gewas zijn veroorzaakt door de veranderingen in de mechanische eigenschappen van de grond, resulterend in grovere en drogere zaaibedden, slechtere opkomst, harde kluiten en verminderde opname van nutriënten.

*Tabel 2. Relatieve opbrengst (referentie = 100) in experimenten met verschillende banddruk (trailers) en natheid van de grond tijdens berijden. Gemiddelde van 4 jaar vanaf het 4e jaar na aanleg tot 1 jaar na stoppen van de extra berijdingen (Bron: Arvidsson en Håkansson, 1996).*

Experiment	Locatie 1	Locatie 2	Gemiddeld
Lage intensiteit*), normale natheid, 100 kPa banddruk	94	98	96
Hoge intensiteit*), normale natheid, 100 kPa banddruk	84	96	90
Hoge intensiteit, normale natheid, 300 kPa banddruk	77	93	85
Lage intensiteit, nat, 100 kPa banddruk	84	94	89
Hoge intensiteit, nat, 100 kPa banddruk	70	85	78

*\*) Lage intensiteit: 120 Mg km ha<sup>-1</sup>; hoge intensiteit 350 Mg km ha<sup>-1</sup>.*



### 2.3.2 Ondergrond

Hoewel verdichting van de ondergrond ook bij andere veldwerkzaamheden dan de oogst kan optreden, is het risico bij de oogstwerkzaamheden groot vanwege de hoge aslasten en bodemdrukken die daarbij voor kunnen komen. Alakukku (1996) rapporteert dat bij verschillende onderzoeken in ondergronden met een fijne textuur het effect van verdichting meetbaar is via diverse bodemeigenschappen, zoals de bulkdichtheid, de indringweerstand, macroporositeit, aantal bioporiën, de verzadigde waterdoorlatendheid en de luchtdoorlatendheid.

Langetermijnonderzoek naar effecten van ondergrondverdichting in diverse Europese landen, de USA en Canada werd uitgevoerd vanaf 1976, hoofdzakelijk op kleigronden (Håkansson, 1994; Håkansson and Reeder, 1994; Alakukku, 2000; Voorhees, 2000; Van den Akker *et al.*, 2006). Deze onderzoeken laten zien dat ondergrondverdichting, veroorzaakt door hoge wielbelastingen, in de periode van 5 tot 10 jaar na het aanbrengen van de verdichting opbrengstdervingen van 2,5 tot 6% veroorzaakt (Håkansson *et al.*, 1987). In Nederland werd onderzoek uitgevoerd op 4 zandlocaties door Wanink *et al.* (1990) en Alblas *et al.* (1994), waarbij de gemiddelde opbrengstderving bij snijmaïs 15% bedroeg.

Op basis van de uitkomsten van Nederlands onderzoek in het verleden op fijnzandige gronden en lichte zavelgronden (Boels, 1982; Wanink *et al.*, 1990; Alblas *et al.*, 1994) en meer recent onderzoek in Duitsland (Ehlers *et al.*, 2003, Schäfer-Landefeld *et al.*, 2004, Schwark *et al.*, 2006), kan worden geconcludeerd dat het zeer waarschijnlijk is dat een belangrijk deel van de relatief lichte gronden te sterk verdichte ondergronden heeft (Van den Akker *et al.*, 2006). Voor lössgronden is de situatie waarschijnlijk hetzelfde (Ehlers *et al.*, 2003).

Voor de Nederlandse kleigronden is de situatie niet duidelijk. Duidelijk is dat het overbelasten van de gestructureerde klei-ondergronden met hun permanente scheuren zal resulteren in een sterke afname van het drainagevermogen van deze gronden. Het is echter niet duidelijk in hoeverre dit voorkomt en in welke mate kleihoudende ondergronden kunnen herstellen, hetzij op natuurlijke wijze of door het diep losmaken van de grond (Van den Akker *et al.*, 2006).

### 2.3.3 Effect van grondbewerkingssystemen op de doorwerking van bodemstructuurschade

#### **Bouwvoor**

Het meeste onderzoek naar de doorwerking van bodemstructuurschade door berijding met machines is gedaan in ploegsystemen, zoals al besproken in paragraaf 2.3.1. Echter binnen de cyclus van berijden voor oogst en transport – losmaken door grondbewerking – en berijden en bewerken tijdens de teelt is de rol van het systeem van grondbewerken even belangrijk voor de bodemstructuur als het systeem van berijden. Immers, door minder intensief en minder vaak bewerken neemt de stabiliteit van de bodem toe en kan daardoor beter weerstand bieden aan bodembelasting. Anderzijds kan het niet meer, of met lagere bodemdruk berijden de grondbewerking als reparatiemaatregel voor de bodemstructuur overbodig maken. Sommer & Zach (1992) onderzochten op lemig zand effecten op bodem en gewas van verschillende intensiteiten van losmaken met en zonder verdichting door berijding. Vijf grondbewerkingssystemen (ploegen en conserverende varianten) werden onderzocht in een 3-jarige gewasrotatie met suikerbiet; wintertarwe en wintergerst (plus een bodembedekker). Door (volvelds) berijding nam het poriënvolume af, waardoor verschillen tussen grondbewerkingssystemen meestal verdwenen. Het verschil in poriënvolume tussen bereiden en onbereiden was aanzienlijk op geploegde plots en op plots die niet meer dan 18 maanden geleden losgemaakt werden. Voor suikerbiet en wintertarwe en, tot op zekere hoogte, wintergerst was in het algemeen geen bewijs dat ploegen op lemig zand hogere opbrengsten gaf dan de conserverende varianten.

#### **Ondergrond**

Natuurlijk herstel van een verdichte ondergrond door bevrozing en dooi en door zwellen en krimpen is mogelijk, maar daar waar ondergrondverdichting door berijding gemeten is blijkt de verdichting op deze wijze niet of maar langzaam te verdwijnen. In een experiment van Alakukku (1988) op kleigronden werd direct na het aanbrengen van

een (aantoonbare) verdichting tot in de ondergrond de bouwvoor weer geploegd, waarna twee grondbewerkings-systemen (ploegen en niet-kerend) en twee gewasrotaties (alleen zomergranen en zomergranen plus braakjaren met bodembedekking) ingezet werden. Uit dit onderzoek kwamen aanwijzingen dat er effecten van grondbewerking en gewasrotatie op de bodemfysische eigenschappen in bouwvoor en ondergrond zijn, mogelijk via de activiteit van plantenwortels en wormen.

Herstel of verbetering van de ondergrond door diepe grondbewerking (woelen) inclusief effecten daarvan op de gewasopbrengst werden in Nederland onderzocht op zandgronden en zavelgronden o.a. door Havinga (1978), Boels en Havinga (1982), Huinink *et al.* (1984), Alblas (1984) en Kooistra en Boersma (1994). Kooistra en Boersma (1994) rapporteren het effect van woelen op de verdichtingsgevoelige Nederlandse zavelgronden. Micromorfologische en bodemfysische metingen wezen uit dat deze gronden, bij ongewijzigd management, binnen 3 jaar na een diepe grondbewerking weer herverdicht zijn met mogelijk nog slechtere eigenschappen dan voorafgaand aan de bewerking. Ten aanzien van de gewasopbrengsten concludeerde Alblas (1984) dat diep losmaken op zandgronden alleen rendabel was bij asperges en dat het woelen op zavelgronden weinig tot geen positieve gewasreacties gaf, terwijl het aanbrengen van een verdichting in jonge zavelgronden flinke opbrengstreducties tot gevolg had. Uit het onderzoek komt het beeld naar voren dat woelen meestal een verslechtering van de situatie oplevert bij gronden die van nature verdichten of als de verdichting veroorzaakt wordt door te hoge bodembelasting en daarbij de oorzaak (bodemonvriendelijke machines) niet weggenomen wordt.

### 3. Methode voor bepaling van de potentie van oogstvervroeging voor verbetering van de bodemstructuur

#### 3.1 Definitie van oogstvervroeging

Doorgaans wordt veruit het grootste areaal in de akkerbouw, vollegrondsgroententeelt en maïsteelt geoogst in de periode van half juli tot half november, te beginnen met graszaad en graan en eindigend met late suikerbieten, winterpeen en andere late gewassen. Hoe de oogst van akkerbouwgewassen precies in de tijd verloopt, is jaarlijks verschillend en sterk afhankelijk van:

- Hoe de teeltomstandigheden waren en hoe de rijping van de gewassen verloopt;
- Het weer in de oogstperiode, d.w.z. het verloop van de geschiktheid van bodem en gewas voor de oogst (aantal werkbare dagen);
- De beschikbaarheid van voldoende arbeid en machines op het bedrijf en bij de loonwerker om de oogst binnen de werkbare dagen te kunnen uitvoeren.

In een aantal situaties moet de oogst doorgaan, weer of geen weer, omdat er leveringsverplichtingen zijn, zoals bij een aantal producten voor de versmarkt en voor de industrie (bijvoorbeeld suikerbieten). Een bekende piek in het werk komt vaak begin september voor als door omstandigheden het graan nog niet allemaal geoogst is, men ook druk bezig is met de startende aardappelooft en bovendien moet beginnen met de oogst van suikerbieten.

De praktijk is dat er een zekere 'optimale' capaciteit aan arbeid en machines aanwezig is waarmee de totale oogstklus met minimale kosten geklaard moet worden. Door Buitendijk (1985) wordt de aanwezige capaciteit aangeduid met de mechanisatiegraad. De variaties die voorkomen en de pieken in werkzaamheden die men tegenkomt worden opgelost door overwerk in piekperioden (bijvoorbeeld desnoods 24 uren inzet van machines bij werkbare omstandigheden), waar mogelijk uitstel van oogstwerk (oogst later dan op het optimale tijdstip) en desnoods oogst onder feitelijk onwerkbaar omstandigheden.

Om bij de jaarlijks sterk variërende oogstomstandigheden de aanwezige arbeid en machines toch voldoende te kunnen benutten (d.w.z. tegen minimale kosten te kunnen oogsten) is de 'optimale' capaciteit in de praktijk zodanig dat deze in zeer natte jaren onvoldoende is om alles op tijd onder werkbare omstandigheden van het land te halen. In zulke natte jaren wordt vooral aan het einde van de oogstperiode vaak minder nauw gekeken naar de werkbaarheid en wordt de periode indien onafwendbaar soms zelfs door de verwerkende industrie naar achteren geschoven. In droge jaren is de capaciteit van arbeid en machines ruim voldoende om alles tijdig te kunnen oogsten.

Bij eventuele maatregelen om de oogst te vervroegen moet met de effecten op de benutting van arbeid en machines rekening gehouden worden. Er is voor gekozen om bij het verdere onderzoek naar de mogelijkheden van oogstvervroeging als randvoorwaarde mee te nemen dat de benutting van arbeid en machines in de oogstperiode minimaal gelijk blijft. Oogstvervroeging, bij gelijke benutting van arbeid en machines, kan mogelijk op twee manieren bijdragen aan drogere omstandigheden tijdens de oogst van een gewas:

- Door gemiddeld vroeger te oogsten dan op dit moment gebruikelijk is kunnen mogelijk de bodemomstandigheden gemiddeld droger zijn dan nu. Om dit te bereiken bij gelijkblijvende benutting van arbeid en machines zal de gehele oogstperiode naar een vroeger tijdstip geschoven moeten worden.
- Door al vóór het huidige begintijdstip van de oogstperiode te beginnen en door te eindigen op het huidige eindtijdstip wordt de oogstperiode verlengd. Daardoor neemt gemiddeld over de jaren het aantal geschikte dagen voor de oogst toe en is de kans dat er voldoende droge dagen zijn om de oogst binnen te halen daarom groter, ook in relatief natte jaren.

Het maximale effect van oogstvervroeging is te verwachten als het begintijdstip van de oogstperiode vervroegd en de totale oogstperiode verlengd wordt. Deze definitie van oogstvervroeging wordt daarom in dit rapport gebruikt om de potentie van oogstvervroeging te onderzoeken.

## **3.2 Methode voor bepaling van realistische opties voor oogstvervroeging per gewas**

Een teler kan binnen de huidige oogstperiode het oogsttijdstip meestal vrij eenvoudig en zonder extra kosten vervroegen door vroege rassen te telen, voor te kiemen en vroeg te zaaien of te planten. Ook liggen er mogelijkheden om op ad-hoc basis de oogst te vervroegen. Dit gebeurt bijvoorbeeld in de bietenteelt waar de bieten alvast gerooid worden als slecht weer te verwachten is tot de aflevertijd. In het algemeen gaat dit om een ad-hoc vervroeging met maximaal 14 dagen. Dit is uiteraard alleen zinvol als het product rijp genoeg is en bewaard kan worden. De baten zijn dan dat onder goede omstandigheden geoogst kan worden waardoor verlies van tijd, verlies van product en bodemschade door slechte werkomstandigheden vermeden wordt. Dit moet opwegen tegen de kosten van opbrengstderiving en bewaring door het vroegere oogsttijdstip. Deze ad-hoc mogelijkheden voor oogstvervroeging zijn er ook voor aardappelen, bewaarpeen, witlof en cichorei en mogelijk ook voor bewaarkool.

De werkelijk teeltkundige uitdaging is om op een deel van het te oogsten areaal het begintijdstip van de oogstperiode te vervroegen, waarmee de oogst systematisch vervroegd kan worden. De teeltkundige opties om dit te bereiken worden in hoofdstuk 4 besproken. Hierbij is tevens per gewas beoordeeld in hoeverre deze opties realistisch zijn wat betreft kosten en baten en afzetmogelijkheden.

Bij systematische oogstvervroeging zijn de baten in de eerste plaats dat, statistisch gezien, onder betere omstandigheden geoogst kan worden. Hierdoor verbetert de bodemstructuur en neemt het opbrengstniveau van de gewassen toe. Op basis van de informatie in hoofdstuk 2 wordt geschat dat het opbrengstniveau maximaal ca. 10% kan toenemen als najaarsschade aan de bodemstructuur volledig vermeden kan worden. Andere baten, die niet te kwantificeren waren, zijn dat de mogelijkheden voor vastlegging van stikstof en behoud van organische stof door groenbemesters verruimd worden. Op basis van de verzamelde informatie is geschat dat de baten door vermindering van bodemstructuurschade door oogstvervroeging in de orde van grootte van 6% van de gemiddelde gewasopbrengst zullen kunnen bedragen bij twee weken vervroeging en 3% bij één week oogstvervroeging. Bij een bruto geldelijke opbrengst van € 5000/ha gemiddeld over de volgteelten zijn de baten dan 150 €/ha.jaar bij 1 week vervroeging en 300 €/ha.jaar bij 2 weken vervroeging. Vervolgens is aangenomen dat oogstvervroeging alleen realistisch is als de baten groter zijn dan de kosten.

Bij alle varianten voor systematische oogstvervroeging worden de kosten van de vervroeging feitelijk gedragen door de telers die de maatregelen nemen om daadwerkelijk vroeger dan het normale begin van de oogst te kunnen beginnen. De overige telers hoeven feitelijk geen kosten te maken omdat zij op de normale manier kunnen telen. Alle telers zijn echter gebaat bij een langere oogstperiode. Bij eventuele verruiming van de mogelijkheden om groenbemesters toe te passen zijn de vroege telers in eerste instantie gebaat, maar ook hier worden voor de overige telers de mogelijkheden mogelijk verruimd zonder dat zij de kosten dragen.

Oogstvervroeging zal in de praktijk alleen gebeuren als de telers die de kosten dragen er per saldo zelf voldoende baat bij hebben. De vraag of oogstvervroeging wat betreft kosten realistisch is beperkt zich daarom in eerste instantie tot de vraag of oogsten vóór het normale begintijdstip van de oogstperiode bedrijfseconomisch haalbaar is. Alleen als de extra kosten van de eerste telers op een of andere wijze omgeslagen zouden worden over alle telers zouden de kosten afgewogen moeten worden tegen de baten voor alle telers. Hier wordt in deze verkenning echter niet van uit gegaan.

### 3.3 Gebruikte indicatoren voor bepaling van de mate van bodemstructuurverbetering

#### 3.3.1 Groenbemesters

De effectiviteit van een groenbemester om de bodemstructuur te verbeteren zal waarschijnlijk samenhangen met de hoeveelheid organische stof die geproduceerd wordt, met de bereikte doorworteling van de grond en mogelijk met de bereikte bodembedekking. Een indruk van wat met verschillende groenbemesters bereikt kan worden, mits de groeitijd voldoende is, wordt gegeven in Tabel 3.

Tabel 3. Overzicht gewaseigenschappen groenbemesters (bron: Timmer *et al.*, 2004).

Gewas	Grondbedekking <sup>1</sup>	Gevoeligheid vorst <sup>1</sup>	Droge stofopbrengst (kg/ha) bij goed geslaagd gewas			Effectieve organische stof (kg/ha)
			bovengronds	overig	totaal	
Bladrammenas	9	3	3100	800	3900	850
Gele mosterd	9	1	3100	800	3900	850
Bladkool	9	5	3000	1000	4000	850
Engels raaigras	7	7	2200	2000	4200	1000
Italiaans raaigras	9	5	2500	1700	4200	1100
Westerwolds raaigras	9	5	2400	1700	4100	1050
Winterrogge	6	9	1000	600	1600	400
Soedangras	7	5				
Rode klaver	7	3	2700	1600	4300	1100
Witte klaver	6	5	2000	1300	3300	850
Perzische klaver	8	3	2600	800	3400	800
Voederwikke	7	3	2500	500	3000	650
Facelia	9	1	2300	700	3000	650
Afrikaantjes ( <i>T. patula</i> )	5	1			5000	850
Raketblad	3	1				
Spurrie	7	3	2600	300	2900	625

<sup>1</sup> Een hoger cijfer betekent snellere grondbedekking, minder vorstgevoeligheid en betere stikstofopname.

Het zaaien van een groenbemester is alleen zinvol als het gewas zich van het zaaitijdstip tot het moment dat het ondergeploegd wordt of totdat het uitvriest, voldoende kan ontwikkelen. Timmer *et al.* (2004) geven een overzicht van de mogelijke zaaidata voor een aantal groenbemestergewassen (Figuur 3).

Een veel toegepaste manier om na de oogst een snelle groei van een groenbemester te bereiken is het onderzaaien van de groenbemester in een gewas. Voorwaarde hierbij is dat de grond niet direct na de oogst bewerkt wordt en dat de grond bij de oogst niet te veel verreden wordt. Dit wordt daarom vooral toegepast in granen, die meestal laat in de zomer geoogst worden. Voor de keuze aan onderzaai-groenbemesters is het oogsttijdstip niet van belang, maar naarmate vroeger geoogst wordt zal de groenbemester zich wel beter kunnen ontwikkelen. Naar het effect van vroeger zaaien van graan is in deze studie verder niet gekeken.

Kwantificeren van de effecten van de inzaai van groenbemesters op de bodemstructuur was in het kader van dit project niet mogelijk. Als we veronderstellen dat het inzaaien van groenbemesters gunstig is voor de bodemstructuur, dan is het belangrijk dat een groenbemester gekozen kan worden die goed past bij het volggewas en dat het gewas zich na het zaaien nog goed kan ontwikkelen. Omdat de kosten van oogstvervroeging in eerste instantie

gedragen worden door degenen die ervoor zorgen dat de oogstperiode eerder kan beginnen is het voor de beoordeling van het effect van oogstvervroeging vooral van belang om te weten in hoeverre de keuze van groenbemesters in de vroegste oogstperiode verruimd wordt. Als indicator daarvoor is gebruikt het aantal mogelijke groenbemesters in de eerste oogstweek. Daarnaast geldt dat alle telers gemiddeld meer keuzemogelijkheden hebben. Het gewogen gemiddelde aantal groenbemesters dat over de gehele oogstperiode ingezaaid kan worden is als indicator voor deze keuzemogelijkheden gebruikt (zie hoofdstuk 5).

Overigens kan de keuze aan groenbemesters ook beperkt worden door hun mogelijke rol in de ontwikkeling van aanwezig populaties schadelijke aaltjes (Timmer *et al.*, 2004).

	maart	april	mei	juni	juli	aug	sept	okt
Bladrammenas								
Gele mosterd								
Bladkool								
Engels raaigras								
Italiaans raaigras								
Westerwolds raaigras								
Winterrogge								
Soedangras								
Rode klaver								
Witte klaver								
Perzische klaver								
Wikke								
Facelia								
Afrikaantjes								
Raketblad								
Spurrie								

*geel* = zaaien onder dekvrucht (maart - half mei)    *paars* = late stoppel (half aug. - half sept.).

*groen* = zaaien op braak land (mei - juni)                    *blauw* = N-vanggewas (half sept. - okt.).

*rood* = zaaien in vroege stoppel (juli - half aug.).

*Figuur 3.*        *Zaaitijdstippen van groenbemesters waarbij een goede ontwikkeling van het groenbemestergewas verwacht mag worden (Timmer et al., 2004).*

### 3.3.2 Bodemomstandigheden bij de oogst

In hoofdstuk 2 is het optreden van verdichting en versmering van de grond bij de oogst beschreven, inclusief de invloed van de bodemnatheid daarbij en wat daarvan de korte- en langetermijn gevolgen zijn voor de bodem en de gewasopbrengst. Hieruit werd duidelijk dat berijding onder relatief natte bodemomstandigheden leidt tot structuurbederf, vooral op gronden met een fijne textuur, en dat daarvan over een langere tijd opbrengsteffecten te verwachten zijn. Oogsten onder drogere omstandigheden zal daarom zeker bijdragen aan een goede bodemstructuur en groei van gewassen in navolgende jaren. De kennis ontbreekt echter om de effecten van verschillende bodemomstandigheden bij de oogst voor de vele verschillende bodemprofielen en wisselende seizoenen te kunnen kwantificeren. In dit rapport beperken we ons daarom tot de vraag of oogstvervroeging inderdaad zal kunnen leiden tot gemiddeld drogere oogstomstandigheden.

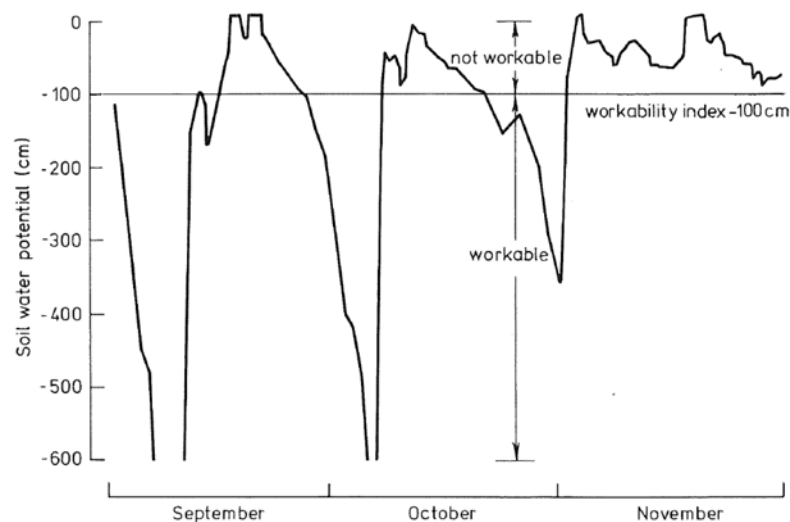
Voor dit doel is in dit hoofdstuk informatie verzameld over het verloop van de bodemnatheid in het najaar. Hierbij is onderscheid gemaakt in de natheid van de bouwvoor (tot ca. 25 cm diepte) en de natheid van de ondergrond (> 25 cm diepte). Daarmee wordt later in het rapport (hoofdstuk 6) per gewas geschat of de als realistisch beschouwde oogstvervroeging zal leiden tot merkbaar drogere bodemomstandigheden.

## Bouwvoor

Omdat er binnen dit project geen mogelijkheden waren om de bodemnatheid gedurende een groot aantal jaren in de najaarsperiode te meten of te simuleren, is gebruik gemaakt van eerder uitgevoerd onderzoek naar het aantal werkbare dagen in het najaar. Bij dergelijk onderzoek werd uit het verloop van de bodemnatheid in een bepaalde periode het aantal werkbare dagen bepaald, d.w.z. het aantal dagen waarbij de toplaag van de grond droger was dan het werkbareheids criterium. We nemen aan dat meer werkbare dagen in een periode betekent dat de bouwvoor dan gemiddeld droger was. Als indicator voor de verbetering van de bodemstructuur door betere bodemomstandigheden in de bouwvoor bij de oogst is gekozen voor de toename van het totaal aantal werkbare dagen in de oogstperiode door oogstvervroeging, vergeleken met de situatie zonder vervroeging.

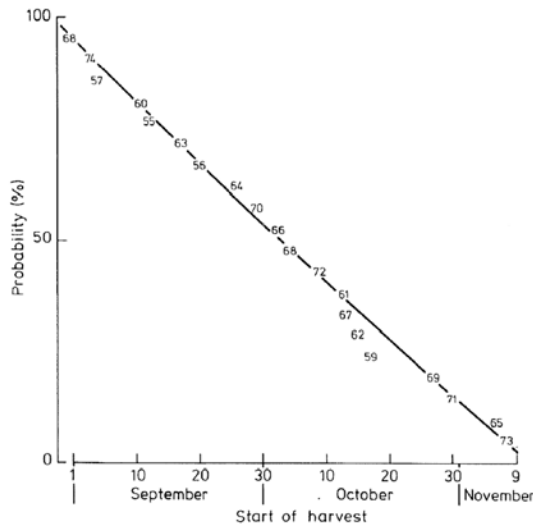
De natheid van de grond verloopt sterk in de loop van het jaar onder invloed van de hoeveelheden neerslag, verdamping en eventuele beregening. Buitendijk (1985) gaf een voorbeeld voor het verloop van de met een bodemvochtmodel berekende vochtspanning op 5 cm diepte in het najaar van 1970 (Figuur 4). In de figuur is ook aangegeven in welke periode de omstandigheden werkbare waren voor de suikerbietenooft bij een werkbareheids-grens van 100 cm vochtspanning (-10 kPa).

Buitendijk (1985) berekende het vochtspanningsverloop voor de jaren 1955 tot 1975 met als input de geregistreerde neerslag en verdamping en de bodemkarakteristieken van een lichte zavelgrond. Met deze gegevens werd voor de mogelijke startdata voor de oogst van suikerbieten in de periode van september- november de kans berekend dat er tot het einde van de oogst 12 werkbare dagen beschikbaar zouden zijn waarbij de bodem droger is dan -10 kPa (Figuur 5). In de periode van 1 september tot ca. half november blijkt deze kans lineair af te nemen van 100% tot 0%. Dit betekent dat het aantal werkbare dagen in deze periode uniform verdeeld is, d.w.z. dat de bodemnatheid op 5 cm diepte in deze periode gemiddeld genomen gelijk blijft.



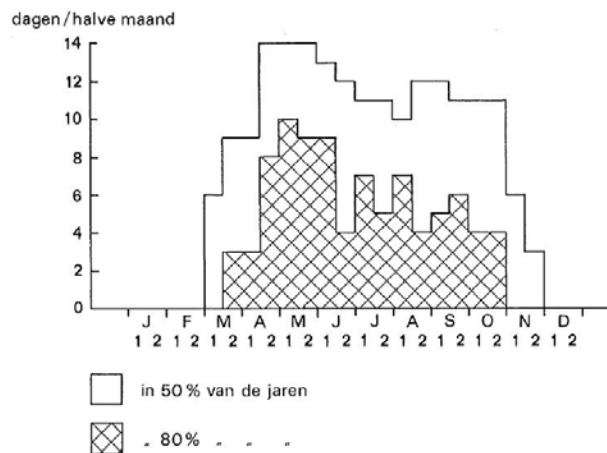
*Figuur 4. Verloop van de vochtspanning (cm water) op een diepte van 5 cm in het najaar van 1970 op een lichte zavelgrond.*

Ongeveer eenzelfde beeld komt naar voren uit 30 jaar praktijk waarnemingen in de Hoekse Waard (Hokke en Tanis, 1978), waar ook de maand augustus bij betrokken is. De aanwezigheid van informatie over de maand augustus, d.w.z. in de periode vóór de huidige tijdvensters voor de oogst van rooigewassen, was mede reden om deze gegevens te benutten om het effect van oogstvervroeging in te schatten. Hokke en Tanis (1978) beoordeelden de natheid van grond visueel, waarbij de volgende klassen zijn gehanteerd: zeer droog, droog, vochtig, nat, zeer nat en bevroren. Als werkbare dagen voor de oogst werden hier beschouwd de dagen waarop de grond zeer droog, droog of vochtig was.



*Figuur 5. Kans op 12 werkbare dagen op een zavelgrond in relatie tot de startdatum van de suikerbieten oogst bij een werkbareidsgrens van -10 kPa zuigspanning van het bodemvocht op 5 cm diepte (Buitendijk, 1985).*

Het effect dat de ‘zeer droge’ dagen soms ook te droog kunnen zijn om te oogsten werden door Hokke en Tanis (1978) verwaarloosd. Uit een vergelijking met gesimuleerde vochtspanningen met het model van Buitendijk (1976, 1985) bleek dat ‘vochtig’ ongeveer overeenkomt met een vochtspanning van -10 kPa. In Figuur 6 is de mediaan van het aantal werkbare dagen (50% van de jaren) per halve maand weergegeven en ook het aantal werkbare dagen dat in 80% van de jaren voorkomt. In de periode van 1 augustus tot 1 november blijft het gemiddeld aantal werkbare dagen ongeveer constant (10 tot 12 dagen per halve maand). In de eerste helft van november zijn er gemiddeld nog 6 werkbare dagen, in de tweede helft nog 3 en daarna zijn er feitelijk geen werkbare dagen meer. Kijken we naar het aantal werkbare dagen dat in 80% van de jaren voorkomt, dan zijn in de periode van 1 augustus tot einde oktober tussen de 4 en 7 werkbare dagen per halve maand beschikbaar, met een licht afnemende trend in de tijd. In deze periode is de neerslaghoeveelheid vergelijkbaar (Tabel 4) en is er nog een cumulatief neerslagtekort, waardoor het regenwater nog relatief snel afgevoerd kan worden naar diepere bodemlagen en de toplaag nog kan uitdrogen door verdamping van het bodemvocht.



*Figuur 6. Aantal werkbare dagen per halve maand afgeleid uit langjarige praktijkwaarnemingen van de bewerkbaarheid van de bodem volgens Hokke en Tanis (1978).*



In november neemt de neerslag weliswaar weinig toe, maar er is nu een neerslagoverschot, zodat het land langer nat blijft na regen en ook niet meer kan uitdrogen tot beneden veldcapaciteit (-10 kPa) omdat de verdamping erg laag wordt. Na eind oktober zijn er daarom geen '80% zekere' werkbare dagen meer beschikbaar.

Bij vergelijking van de neerslag data voor KNMI station De Bilt in de periode 1940 t/m 1974, die voor de werkbaarheidsstudies gebruikt werden, met meer recente data van station De Bilt voor de periode 1970 t/m 2000 (Tabel 5), valt op dat de maandelijkse neerslag niet meer dan 11% toe- of afgenomen is, behalve in maart (toename ca. 40%) en augustus (afname ca. 40%). Als we aannemen dat er geen grote veranderingen zijn opgetreden zijn in de neerslagfrequentie, betekent dit voor het aantal werkbare dagen een stijging in augustus en een wat sterker afnemende trend in de gehele oogstperiode, vergeleken met de periode 1940 t/m 1974. Omdat voor deze periode geen kwantitatieve gegevens beschikbaar waren over het aantal werkbare dagen is deze klimaatwijziging niet meegenomen in de conclusies over het effect van oogstvervroeging. We mogen echter aannemen dat deze klimaatontwikkeling op zich al gunstig uitpakt voor de natheid van de grond tijdens de oogst en dat het effect van oogstvervroeging in dit rapport iets onderschat is.

Tabel 4. Gemiddelde neerslag en verdamping in De Bilt in mm per maand in de periode 1940 - 1974 (Bron Hokke en Tanis, 1978) en de gemiddelde neerslag (mm) in de periode 1971 - 2000 (bron KNMI).

Maand	1940-1974				1971-2000
	Neerslag	Verdamping <sup>1</sup>	Neerslag balans	Cumulatief neerslagtekort <sup>2</sup>	Neerslag
Januari	64	2	62	-	67
Februari	54	10	44	-	48
Maart	46	28	18	-	65
April	50	54	-4	-	44
Mei	57	86	-29	4	62
Juni	66	98	-32	33	72
Juli	78	92	-14	65	70
Augustus	96	75	21	79	58
September	68	41	27	58	72
Oktober	70	19	51	31	77
November	76	5	71	-	81
December	75	1	74	-	77

<sup>1</sup> Factor *f* maal de Penman verdamping van vrij wateroppervlak.

<sup>2</sup> Aan het begin van de maand.

## Ondergrond

In tegenstelling tot de toplaag van de bodem en, daarvan afgeleid, de bouwvoor is er weinig gepubliceerde informatie over het verloop van de natheid van de ondergrond en daarmee over de geschiktheid om de ondergrond te bewerken en te berijden. Het aantal werkbare dagen in de oogstperiode is voor de ondergrond daarom ongeschikt als indicator voor de gemiddelde natheid van de ondergrond. De dagelijkse neerslag en verdamping spelen voor de natheid van de ondergrond een meer indirecte rol dan voor de natheid van de toplaag. Of er regenwater in de ondergrond terecht komt hangt af van de balans van neerslag en verdamping. Tenzij sprake is van hoge grondwaterstanden en aanzienlijke nalevering van water aan de ondergrond door capillaire opstijging vanaf het grondwater wordt het vochtgehalteverloop in de ondergrond in de oogstperiode vooral bepaald door het cumulatieve neerslagtekort. Het cumulatieve neerslagtekort is daarom gekozen als indicator voor de natheid van de ondergrond; een groot cumulatief neerslag tekort betekent een droge ondergrond en geen neerslagtekort betekent een natte ondergrond. Voor het verloop van het cumulatieve neerslagtekort is gekeken naar de normalen voor neerslag en

verdamping voor de periode 1971 – 2000 (Tabel 5). Begin augustus is dit neerslagtekort gemiddeld 97 mm, waarbij de ondergrond waarschijnlijk droog zal zijn. In augustus neemt het cumulatieve neerslagtekort nog toe van 97 tot 121 mm, maar daalt daarna totdat in november een neerslagoverschot ontstaat. Daarom wordt verwacht dat het vochtgehalte in de ondergrond vanaf 1 augustus tot 1 september op goed gedraineerde gronden nog afneemt en daarna langzaam toeneemt tot winterse waarden (veldcapaciteit of natter) in november.

Tabel 5. Gemiddelde balans van neerslag en verdamping in Nederland<sup>d</sup> in de periode 1971 - 2000.

Maand	Temperatuur gem. (°C)	RH gem. (%)	Neerslag som (mm)	Verdamping (Makkink) <sup>2</sup> som (mm)	Neerslag- overschot saldo (mm)	Cumulatief neerslagtekort <sup>3</sup> saldo (mm)
Januari	2,9	88	63,9	8,3	55,6	-
Februari	2,9	86	44,7	15,7	29,0	-
Maart	5,6	83	58,7	32,9	25,8	-
April	8,0	79	42,1	56,4	-14,3	-
Mei	12,3	77	55,1	85,1	-30,0	14
Juni	14,9	79	67,4	90,2	-22,8	44
Juli	17,1	79	65,4	95,1	-29,7	67
Augustus	17,2	79	58,1	83,1	-25,0	97
September	14,4	83	72,1	50,3	21,8	122
Oktober	10,6	86	75,9	27,8	48,1	100
November	6,5	88	78,6	11,5	67,1	52
December	4,1	89	72,0	6,5	65,5	-

<sup>1</sup> Bron: KNMI, normalen 1971-2000, gebaseerd op stations De Kooy, De Bilt, Eelde, Vlissingen en Maastricht.

<sup>2</sup> Referentieverdamping, inclusief de gewasverdamping van kort gemaaid gras.

<sup>3</sup> Aan het begin van de maand.

## 4. Realistische teeltkundige opties voor oogstvervroeging per gewas

### 4.1 Maïs

#### 4.1.1 De teelt

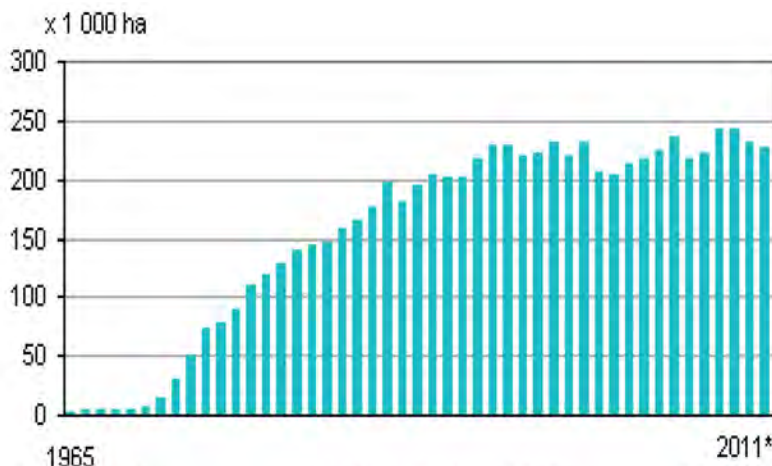
In 2011 werd in Nederland ruim 253.000 ha maïs geteeld. Hiervan wordt ruim 229.000 ha geoogst als snijmaïs. De rest wordt vooral geoogst als korrelmaïs (16.570 ha), CCM of MKS (6.218 ha). De teelt van suikermaïs is met 578 ha relatief beperkt. (zie Tabel 6). Het totale maïsareaal neemt de laatste jaren licht af, blijkt uit de CBS areaaltelling (zie Figuur 7).

Snijmaïs is naast gras het belangrijkste voedergewas in de melkveehouderij. De meeste snijmaïs wordt geteeld op de melkveehouderijbedrijven zelf en veelal (80%) in continu teelt. Verreweg het grootste deel (130 – 140.000 ha) wordt geteeld op de oostelijke en zuidelijke zandgronden. Snijmaïs wordt gezaaid in de periode 20 april tot 15 mei. De teelt is relatief eenvoudig.

Gemiddeld wordt de meeste snijmaïs geoogst in de periode van half september tot half oktober. De kolf is dan in het zogenaamde harddeegrijp stadium en de gehele plant heeft dan een drogestofgehalte van 34 - 36%. Het oogsten van snijmaïs gebeurt door de gehele plant vanaf stam te hakselen en in te kuilen. De meeste snijmaïs wordt ingekuild op het bedrijf waar het ook wordt gevoerd. De oogst wordt praktisch volledig uitgevoerd in loonwerk. Na de oogst wordt op zandgronden een lichte grondbewerking (stoppelbewerking) uitgevoerd en op lössgrond wordt na maïs de grond verplicht diep niet-kerend bewerkt. Daarna wordt op zand- en lössgronden verplicht een vanggewas ingezaaid. Een alternatief voor de inzaai van vanggewassen in de stoppel, vormt de onderzaai van een vanggewas in een jong snijmaïsgewas. De vliegende start die een dergelijke onderzaai onmiddellijk na de maïs oogst maakt, leidt tot een grotere droge stof opbrengst en grotere N-vastlegging dan stoppelzaai blijkt uit onderzoek (Hilhorst, 2009). Onderzaai wordt gezaaid kort voor het sluiten van het maïsgewas (circa 6 weken na maïszaai) en sluit een onkruidbestrijding na de maïs oogst uit. Mede hierom wordt in de praktijk vooralsnog met name stoppelzaai toegepast. Vanggewassen worden in het voorjaar vanaf 1 februari ingewerkt en dienen zodoende als bemesting voor het volggewas. Een enkele keer wordt het vanggewas geoogst als voedergewas. Zie voor meer details over de teelt van snijmaïs het handboek snijmaïs (Van Schooten *et al.*, 2010)

Tabel 6. Maïs areaal in Nederland in 2010 en 2011 in ha. (bron: CBS, 2011).

	2010	2011	verschil (+/-) om%
<b>Maïs areaal totaal</b>	<b>255626</b>	<b>253003</b>	<b>-1,3</b>
w.v. korrelmaïs	17091	16570	-3,1
w.v. corncob mix	7265	6218	-14,5
w.v. snijmaïs	230765	229637	-0,5
w.v. suikermaïs	505	578	+15



Figuur 7. Ontwikkeling van het areaal snijmaïs in Nederland van 1965 tot en met 2011 (CBS, 2011).

#### 4.1.2 Mogelijkheden voor vervroeging

Het oogsttijdstip bij dit warmteminnende gewas wordt het sterkst bepaald door het weer en klimaat. Optimale temperatuur bij zaai en tijdens de groei en voldoende water bij een goede voedingstoestand bevorderen een snelle gewasontwikkeling en een vroeg oogsttijdstip. Teelt in het zuiden van Nederland met een gemiddeld wat warmer klimaat geeft een duidelijke vervroeging in oogsttijdstip. Diagonaal over ons land is er een verschil in gemiddeld temperatuurverloop tussen Zeeuws-Vlaanderen en Noord-Groningen van 0,9 °Celsius zoals Figuur 8 aangeeft (bron KNMI Klimaatatlas). Weer en klimaat zijn geen stuurbare factoren voor de teler op zijn bedrijf en worden daarom hier buiten beschouwing gelaten. Vooral in de maïsteelt is het bij de rassenkeuze en andere teeltmaatregelen van belang hiermee rekening te houden.



Figuur 8. Gemiddelde jaartemperatuur per gebied in Nederland 1981 - 2010.

In het voorjaar zijn tal van stuurbare teeltmaatregelen om een vroeger oogsttijdstip te bereiken mogelijk: (een combinatie van) vroegere rassen, warme opkweek en vroeg planten, vroege grondsoorten, vroeger zaaien, zaai onder plastic afdekking, teelt op ruggen en mestplaatsing. Verder worden in het rapport 'Teeltvervroeging aardappel en maïs op zandgronden' (Verhoeven *et al.*, 2011) nog maatregelen genoemd als lagere stikstofbemesting, verlagen van het plantgetal en veranderen van het plantverband.

In het najaar kan de oogst vervroegd worden door eerder dan het optimale tijdstip te oogsten, eventueel met achterlating van een hogere stoppel. Hieronder wordt op de verschillende mogelijke vervroegingsmaatregelen nader ingegaan.

### **Zeer vroege rassen**

Bij snijmaïs worden de rassen ingedeeld in *zeer vroege*, *vroege* en *middenvroege rassen*, die in deze volgorde per categorie circa een 0,5 punt in bloei vroegheid afnemen. Een 0,5 punt bloei vroegheid komt overeen met gemiddeld een week. Zeer vroege rassen in plaats van middenvroege rassen geven dus gemiddeld 14 dagen vervroeging. De nieuwste zeer vroege rassen geven gemiddeld 2 - 3% lagere droge stof opbrengst, vergeleken met de nieuwste vroege rassen en 3 - 4% lagere droge stof opbrengst ten opzichte van middenvroege rassen. Bij een snijmaïssaldo van € 2617 per ha voor kleigrond (Schreuder *et al.*, 2009) komt dat respectievelijk overeen met een lager saldo van € 52 - € 79 en € 79 - € 105. In het segment van de zeer vroege rassen zijn meer productieve rassen in aantocht (pers. mededeling J. Groten).

Deels worden in de praktijk al zeer vroege rassen gebruikt, maar met het telen van zeer vroege rassen in plaats van middenvroege rassen kan op zandgronden de maïs oogst op circa 50% van het maïsareaal in het zuidelijk veehouderijgebied en 25 - 30% in het oostelijk veehouderijgebied circa twee weken worden vervroegd. Dat kan om zeer aanzienlijke arealen gaan. Verhoeven *et al.* (2011) schatten dat in het zuidelijke zandgebied bijna 29.000 ha twee weken eerder zou kunnen worden geoogst, en 26.000 - 28.000 ha circa 1 week eerder.

Nieuwe vervroegingsmogelijkheden dienen zich wellicht aan door gebruik van korte, zeer vroege rassen in combinatie met hogere plantgetallen. Groten (2009) onderzocht in Friesland de mogelijkheden van deze rassen. Geconcludeerd werd dat er met dergelijke rassen (in noord Nederland) in een groeiperiode van 18 weken een drogestofgehalte bereikt kan worden van 32%. Bij zaai in week 17 (rond 1 mei) valt de oogst dan in week 35 (eind augustus). Gemiddeld was de totale drogestofopbrengst 10 - 20% lager, het zetmeelgehalte 10 - 15% hoger en de VEM-waarde 4% hoger dan van standaardrassen. Uit onderzoek van Timmer (2009) bleek dat de lagere opbrengst van deze korte, zeer vroege rassen grotendeels gecompenseerd kan worden door een hoger plantaantal (tot 150.000 planten per ha) zonder dat dit ten koste gaat van het droge stofgehalte, het zetmeelgehalte en de voederwaarde. Hogere plantaantallen in combinatie met een nauwere rijafstand hadden in zijn onderzoek wel een licht negatief effect op het droge stofgehalte, het zetmeelgehalte en de voederwaarde.

### **Warme opkweek en vroeg planten**

Uitgegaan zou kunnen worden van opgekweekte maïsplanten. Warme opkweek kost circa € 0,05 per plantje (Schreuder *et al.*, 2009). De meerkosten zijn dan € 5500 per ha bij een plantgetal van 110.000 stuks per ha. Het KWIN saldo ligt tussen de € 1500 en € 2000. Verder is warme opkweek pas echt effectief als het gecombineerd wordt met afdekken na uitplanten met geperforeerd plastic folie of vliesdoek. Daarnaast is extra arbeid nodig voor het uitplanten en het opbrengen en afhalen van de bedekking. Plantopkweek en vroeg uitplanten onder afdekking komt alleen zeer beperkt voor bij de vroege teelt van suikermaïs. De vervroeging die bereikt kan worden is bij suikermaïs 10-21 dagen. Voor snijmaïs zal dat in dezelfde orde van grootte liggen. Gezien het lage saldo en de meerkosten is warme opkweek en vroeg planten niet interessant voor de snijmaïsteler.

## Vroege grondsoorten

Goed ontwaterde zand en lichte zavelgronden warmen in het voorjaar sneller op en zijn eerder bekwaam om maïs op te zaaien. Deze grondsoorten worden al veel gebruikt voor de maïsteelt.

Het grootste deel van het areaal is snijmaïs voor silage. De snijmaïsteelt is gebiedsgebonden; het wordt door de veehouder geteeld op eigen bedrijf of in de regio op beperkte rijafstand van zijn bedrijf in verband met het inkuilen dat op het bedrijfserf plaats vindt. Vroege grondsoorten kunnen via perceelhuur worden gebruikt om een eerder oogstbaar product te hebben. Vroege percelen zijn vaak ook in trek bij andere hoogwaardige teelten, waarmee de maïsteelt moet concurreren.

Extra gebruik van vroege percelen om de oogstcampagne te vervroegen is dus maar beperkt mogelijk.

## Vroeger zaaien

Dit is een optie met beperkte mogelijkheden voor oogstvervroeging, omdat het optimale zaaitijdstip weersafhankelijk is. Maïs heeft een 'warme start' nodig. De telers streven al standaard naar een zo vroeg mogelijke zaaidatum en zaaien zodra de bodemomstandigheden dat toelaten. Dit omdat vroeg zaaien in principe een hoge opbrengst mogelijk maakt. Te vroeg zaaien gaat echter ten koste van de opbrengst door meer kans op lage opkomst, slechte groei en nachtvorstschade.

## Zaai en afdekking onder plastic folie

Uit Nederlands (Van der Werf, 1993) en Belgisch onderzoek (Baert en Carlier, 1988) bleek dat maïs onder folie zaaien een duidelijk effect heeft op het moment waarop het optimale oogststadium wordt bereikt. Door maïs onder folie te zaaien kan het *1 tot 2 weken* eerder geoogst worden. Daarnaast heeft het een positief effect op de opbrengst en op het zetmeelgehalte. Daar staan echter hoge extra kosten van € 225 tot € 300 per ha tegenover. Uit genoemde onderzoeken bleek dat op koude kleigronden, vooral in het noorden van Nederland, afdekking met brede stroken plastic folie mogelijk rendabel is. Voor de zuidelijke en oostelijke zandgronden waar maïs relatief gemakkelijk kan worden geteeld, wordt geschat dat de voordelen te klein zijn om op te kunnen wegen tegen de extra kosten. Wel kan op die gronden met afdekking ook de gewenste oogstvervroeging worden bereikt. De in de Tabel 7 genoemde kosten betreffen afdekking van het *gehele* perceel met niet afbreekbaar plastic dat 3-5 weken kan blijven liggen maar daarna verwijderd moet worden.

Afdekking van alleen de zaaistrook is ook mogelijk. Dit geeft minder plastic kosten maar het plastic moet eerder, 1 - 2 weken na opkomst, verwijderd worden.

Een nieuwe ontwikkeling is de toepassing van afdekking met goed afbreekbaar plastic op zetmeelbasis. Deze plasticsoort is milieuvriendelijk, hoeft niet verwijderd te worden en ook hinderlijke plasticresten in de bouwvoor bij de volgteelt zouden worden voorkomen. Gezaaid worden steeds 2 rijen onder 1 plasticstrook met een onbedekte tussenliggende strook. Deze methode beperkt de benodigde hoeveelheid plastic en de kosten van afdekking. De zaai, het leggen van het plastic en de onkruidbestrijding vinden gemechaniseerd en in één werkgang plaats. Deze toepassingen zijn nog in onderzoek. Naar verwachting kan de oogst hiermee een maand worden vervroegd en daarmee ook vroege zaai op koude gronden mogelijk maken.

## Teelt op ruggen

Maïsteelt op ruggen (ridges) wordt in Canada uitgevoerd in combinatie met niet kerende grondbewerking. In Nederland is hiervoor onderzoek gestart door PPO-AGV. Of dit ook een vervroegingseffect oplevert is nog onduidelijk maar mag wel verwacht worden. Aardappelen bijvoorbeeld worden op ruggen geteeld onder andere om een vlotte groei te krijgen door een sneller opgewarmde rug. Dit effect kan ook belangrijk zijn bij maïs. Verder onderzoek is nodig om dit vervroegingseffect ook te toetsen bij maïs.

## Mestplaatsing bij de gewasrij

Ook bij voldoende bemesting is kort na zaai de opname van mineralen een beperkende factor voor een vlotte start van de maïsgroei. Dit geldt voor stikstof en vooral voor het in de grond weinig mobiele element fosfaat. In het voorjaar is de grondtemperatuur relatief laag voor een optimale opname. Ook is de bouwvoor nog onvoldoende doorworteld om het fosfaat tussen de rij goed te kunnen bereiken. De praktijk speelt daar al op in door plaatsing van stikstof en fosfaat op de rij (Maïsmap) waarbij N en P dicht geplaatst worden bij het zaadje voor een goede startgroei. Dit is vooral op gronden met een relatief lage Pw-toestand belangrijk.

Ook dierlijke mest wordt tegenwoordig wel dicht bij de planrij geplaatst. Uit het onderzoek (Schröder *et al.*, 1997; Van der Schoot *et al.*, 2009; Van der Schans *et al.*, 2011; Vermeulen *et al.*, 2012) blijkt niet dat rijenbemesting met dierlijke mest effect heeft op de afrijping (het droge stofgehalte) van het gewas.

## Lagere stikstofbemesting

Uit onderzoek van Van der Schans (1995) en Schröder (1990a) bleek dat het niveau van stikstofbemesting geen effect heeft op de rijpheidsdatum van maïs binnen de normale bemestingsniveaus. Om een vervroeging van ongeveer een halve week te bereiken, moest de stikstofgift tot 120 kg N per ha verlaagd worden. Dit resulteert in een forse opbrengstderiving (halvering van stikstofbemesting geeft een opbrengstverlaging van 15 – 20%) en is geen haalbare optie voor de praktijk.

## Verlagen van het plantgetal

Uit plantgetallen onderzoek van Ten Hag (1984), Schröder (1990) en van Dijk (1995b) blijkt dat door een 25% lager plantgetal te kiezen, de oogst ongeveer een halve week wordt vervroegd. Dit resulteert in een opbrengstderiving van 1 - 8%. De geldelijke opbrengstverlaging ligt dan tussen € 22 bij 1% lagere opbrengst op zandgrond tot € 210 bij 8% lagere opbrengst op kleigrond (Schreuder *et al.*, 2009).

## Ander plantverband

De standaard rijafstand 75 cm en 37,5 cm zijn met elkaar vergeleken in onderzoek van Van der Schans *et al.* (1995). De rijafstand had geen invloed op het droge stofgehalte bij de oogst. Halvering van de rijafstand leidde tot een hogere droge stofopbrengst in de jeugdfase tot aan het moment waarop het gewas sluit. Bij de eindoogst waren er echter geen verschillen in droge stofopbrengst. Ook de VEM waarden verschilden niet. De zetmeelgehalten waren niet geanalyseerd, maar de kolfaandelen in de beide rijafstanden waren gelijk. Duits onderzoek van Demmel *et al.* (2002) liet zien dat gedurende de afrijpingsperiode het droge stofgehalte van de kolf 2,5 - 3 procentpunten hoger was bij zaai in ruitvorm dan bij traditionele zaai. Het effect op het droge stofgehalte van de snijmaïs bij de eindoogst werd niet vermeld. Er waren geen significante effecten van de zaaimethode op de samenstelling. Zaaïen in driehoek verband verhoogde de maïsoopbrengst met 4 – 7%. Conclusie: in het algemeen kan worden gesteld dat een andere plantverdeling met nauwere rijafstand vooral een voorsprong geeft in ontwikkeling tijdens de jeugdfase, maar dat het nauwelijks tot geen effect heeft op het tijdstip waarop het optimale oogststadium is bereikt.

## Vroeger oogsten

Door Van Schooten *et al.* (2006) is het optimale oogststadium van de verschillende rastypen binnen het huidige rassensortiment onderzocht. Uit de resultaten bleek dat het optimale oogststadium van alle rastypen gelijk is en dat dit in een normaal vlot lopend groeiseizoen op 36% DS ligt. Wanneer de maïs eerder wordt geoogst, dan heeft dit naast een lager drogestofgehalte ook consequenties voor verschillende andere kenmerken. Per week steeg het drogestofgehalte met 3 procentpunten. Wanneer de maïs twee weken vroeger wordt geoogst, betekent dit dat het drogestofgehalte rond de 30% zal liggen. Daardoor daalt de VEM opbrengst 9% en het zetmeelgehalte circa 50 gram per kg DS lager liggen. Het VEM-gehalte zal gemiddeld 13 punten dalen. De conserveringsverliezen aan droge stof zullen 2,5 procentpunten hoger zijn. Uit het onderzoek van Van Schooten *et al.* (2006) bleek dat binnen dit drogestof traject de VEM daling in de drogestof beperkt blijft tot 13 eenheden en dat de DVE en OEB waarden nauwelijks veranderen. Bij inkuilen rond een drogestofgehalte van 30% zullen er lichte perssappen verliezen optreden. Uit het onderzoek is gebleken dat de perssappgrens ongeveer bij 32% DS ligt. Dit is 4 procentpunten (= 11%) lager

dan het optimale oogststadium van 36%. Om persapverliezen te voorkomen zou de maïs daarom niet meer dan anderhalve week eerder mogen worden geoogst. Samenvattend moet geconcludeerd worden dat eerder oogsten dan het optimale tijdstip ten koste gaat van de opbrengst en kwaliteit van de kuil en dus geen eerste optie is. De kosten van een 11% lager drogestofgehalte voor snijmaïs liggen tussen de € 244 op zandgrond en € 287 op kleigrond (Schreuder *et al.*, 2009).

### Vroeger oogsten met langere stoppel

Een eventuele vervroegingsmaatregel in het najaar is oogsten met een langere stoppellengete. Stoppels en stengels hebben een hoger vochtgehalte dan de kolf en zijn minder goed verteerbaar. Bij vroeger oogsten kan het drogestofgehalte van het geoogste product gelijk worden gehouden door een langere stoppellengete aan te houden. Met iedere 10 cm extra stoppellengete stijgt het drogestofgehalte met gemiddeld 0,6 procentpunten en de VEM waarde met zes eenheden per kg droge stof. Daar staat tegenover dat de drogestofopbrengst met circa 2,5% daalt. De totale voederwaarde opbrengst neemt met circa 2% af (Schröder, 1988). Om een week eerder te kunnen oogsten bij een gelijkblijvend gehalte aan droge stof (DS), zou geoogst moeten worden bij een 50 cm langere stoppellengete. De totale voederwaarde opbrengst daalt daardoor met 10%. Daarnaast blijft 4 - 6 kg N per ha per 10 cm langere stoppellengete op het land achter.

### 4.1.3 Conclusies

Tabel 7 geeft een samenvatting van mogelijke vervroegingsmaatregelen en effecten daarvan bij maïs.

*Tabel 7. Overzicht van teeltmaatregelen waarmee vervroeging van het oogsttijdstip bereikt kan worden in de huidige maïsteelt in Nederland en de kosten en opbrengstgevolgen daarvan.*

Stuurbare vervroegingsfactoren	Dagen vervroeging t.o.v. standaard	Opbrengst effect	Aandeel areaal (%)	Kosten (€/ha)	Opmerking
Zeer vroege rassen i.p.v. vroeg rassen	7	2 - 3% lager	100	52 - 79	
Zeer vroege rassen i.p.v. middenvroege rassen	14	3 - 4% lager	100	79 - 105	
Warme opkweek en vroeg planten	10 - 21	neutraal	-	> 5500	Te duur voor praktijk
Vroege grondsoorten	10 - 14	neutraal	beperkt	0	Snijmaïsteelt bedrijfs- en regio gebonden
Vroeger zaaien dan standaard	0 - 7	negatief	100	0	Door weer te veel risico
Zaai onder plastic afdekking (volvelds afdekking)	7 - 14	neutraal	100	200	Rijenafdekking met afbreekbaar folie nog in onderzoek
Teelt op ruggen	?	neutraal	100		Nog in onderzoek
Mestplaatsing in gewasrij	0	neutraal	100		Is al praktijk
Halvering N-bemesting	3 - 4	25% lager	nvt	555 (op zand) 654 (op klei)	Te duur voor praktijk
Verlaging plantgetal met 25%	3 - 4	1 - 8% lager	100	22 - 210	
Eerder oogsten	10	11% lager	100	244 - 287	
Eerder oogsten met langere stoppel	7	10% lager	100	220 - 261	



Zoals bovenstaande tabel laat zien zijn er veel mogelijkheden tot oogstvervroeging bij maïs. Vervroeging door gebruik van vroegere rassen is het meest perspectiefvol. Voor de zandgronden kan, met het telen van zeer vroege rassen in plaats van middelvroeg rassen, de maisoogst op circa 50% van het maisareaal in het zuidelijk veehouderijgebied en 25 – 30% in het oostelijk veehouderijgebied circa twee weken worden vervroegd (Verhoeven, 2011). Door gebruik van zeer vroege rassen in plaats van vroege rassen is *een week* winst te behalen. Er van uitgaande dat de vroegheidsindeling van de rassen naar rato ook voor de andere gronden geldt, is deze maatregel voor het gehele areaal van toepassing. Daarmee kan aan de wens om de start van de oogst 1 - 2 weken te vervroegen voldaan worden. Deze maatregelen kosten nu nog 2 - 4% opbrengst. Er zijn nieuwe vroege rassen op komst die productiever zijn.

Alle andere mogelijke maatregelen kosten geld of opbrengst of zijn risicovol of bedrijfsgebonden.

## 4.2 Aardappelen

### 4.2.1 De teelt

Het areaal aardappel beslaat in Nederland in totaal ruim 158.000 ha (Tabel 8). Ruim de helft van de teelt wordt uitgevoerd op kleigrond. De aardappelteelt komt verspreid over het hele land voor en is vaak economisch het belangrijkste gewas op het akkerbouwbedrijf. Het poottijdstip in de normale teelt is tussen half april en half mei. De teelt wordt op ruggen uitgevoerd.

Aardappelen zijn fysiologisch oogstrijp als ze zijn uitgedroogd, dit wil zeggen als de drogestof productie van de knollen niet meer toeneemt. Dit tijdstip is afhankelijk van rasvroegheid, poottijdstip, mineralen beschikbaarheid en groeicondities. Voor de meeste consumptie aardappelen is dat september - begin oktober.

Het feit dat aardappelen oogstrijp zijn betekent niet dat er dan ook geoogst wordt. Vaak wordt met rooien gewacht om de schil te laten afharden (anders te veel rooibeschatiging), de moederknollen te laten weggroten, het loof te laten afsterven of om de aardappelen minder lang te hoeven bewaren in de bewaarplaats. Soms ook worden percelen weken later dan het eerst mogelijke oogsttijdstip gerooid om logistieke redenen (bijvoorbeeld andere werkzaamheden, beschikbaarheid van apparatuur, begaanbaarheid van de grond of contractueel overeengekomen leveringstijdstip).

In de zomer, vaak voordat de aardappelen fysiologisch oogstrijp zijn, vindt de oogst plaats van pootaardappelen (24% van areaal), biologisch geteelde aardappelen, (ruim 1.000 ha = 0,6%; bron: biotrends, 2011) en vroege consumptie aardappelen (primeurteelten; vooral 2.200 ha van het areaal van de zuidelijke zandgronden = 1,3% van totaal areaal). In totaal wordt dus ruim een kwart van het areaal vóór 1 september geoogst. Naar de mogelijkheden van oogstvervroeging van deze aardappelen is niet gekeken omdat de bodem in augustus al relatief droog is en omdat nog ruime mogelijkheden voor inzaai van een groenbemester voorhanden zijn.

Het merendeel van de aardappelen wordt na 1 september geoogst. Voor deze aardappelen zijn hierna de mogelijkheden voor vervroeging van het oogsttijdstip nagegaan.

Tabel 8. Areaal aardappel in 2010 en 2011 per afzetwijze.

	2010	2011	% aandeel per afzetwijze 2011
Pootaardappelen	38.537	37.500	24
Consumptieaardappelen, totaal	73.035	72.000	45
<i>w.v. consumptieaardappel op kleigrond</i>	<i>51.031</i>	<i>50.100</i>	<i>31</i>
<i>w.v. consumptieaardappelen op zand/veengrond</i>	<i>22.004</i>	<i>21.900</i>	<i>13</i>
Zetmeelaardappelen	46.698	48.900	31
<b>Totaal</b>	<b>158.270</b>	<b>158.400</b>	<b>100</b>

Bron: CBS, 2011.

#### 4.2.2 Mogelijkheden voor vervroeging

De mogelijkheden om oogstvervroeging te bereiken bij aardappelen op zandgrond zijn recent geïnventariseerd door Verhoeven *et al.* (2011). In het voorliggende rapport zijn een aantal teksten uit dit rapport overgenomen en aangevuld met de mogelijkheden op kleigronden. Bij de inventarisatie naar de mogelijkheden van vervroeging is er vanuit gegaan dat de maatregelen niet of nauwelijks kostenverhogend mogen zijn. Dit om een goede acceptatie door de praktijk te verkrijgen.

De oogstrijpheid van het gewas wordt zowel bepaald door stuurbare als door niet stuurbare maatregelen. Niet stuurbaar is het weer en het klimaat. Een hoge temperatuur tijdens de groei en voldoende water bevorderen een snelle gewasontwikkeling en knolzetting en daarmee een vroege oogstrijpheid. Teelt in het zuiden van Nederland met gemiddeld wat warmer klimaat geeft een duidelijke vervroeging in oogsttijdstip, maar de ligging van de bedrijfspercelen is voor de teler een vast gegeven.

Stuurbare teeltmaatregelen om mogelijk een vroeger oogsttijdstip te bereiken zijn (een combinatie van) vroegere rassen, grotere poters, fysiologisch rijp pootgoed, goede voorkieming, verhoging van standdichtheid, vroeger poten, afdekken met vliesdoek of folie, uitstellen van de definitieve rugopbouw, lagere N-beschikbaarheid bij eind knolvorming, vroegtijdig loof doden en oogsten en afgeharde aardappelen eerder rooien.

#### Vroegere rassen

Het lijkt logisch voor de vroege oogst vroegrijpende rassen en voor de late oogst minder vroege rassen te telen. In de praktijk gebeurt dit ook. Voor de na 1 september geoogste aardappelen gaat de indeling naar vroegheid van oogst niet altijd samen met vroegrijpheid van het ras. De rassenkeuze hangt niet alleen af van vroegheid, maar meer van andere raseigenschappen zoals: bewaarbaarheid, specifieke eisen voor de verwerking, resistentie tegen bepaalde pathotypen van aardappelcysteeltjes, voorkeur van de teler en kwaliteit van de bewaarplaats. Volgens Verhoeven *et al.* (2011) is er binnen het grote sortiment van aardappelrassen toch keuze tussen gelijkwaardige rassen die verschillen in vroegheid. Door keuze voor een vroeger oogstbaar ras bij oogst na 1 september is het in ieder geval mogelijk vroeger te oogsten, zonder compromis met andere eisen en wensen.

#### Grotere poters

Door gebruik van grotere poters (>50 mm doorsnede) ontstaat in het begin van het groeiseizoen een voorsprong in gewasgroei ten opzichte van gebruik van kleinere poters. Echter, die voorsprong is bij oogst na 1 augustus veelal genivelleerd. Het gebruik van grotere poters is daarom geen aantrekkelijke vervroegingsmaatregel als de oogst na 1 augustus valt, temeer omdat meer kosten voor pootmateriaal worden gemaakt.

## **Fysiologisch optimaal rijp pootgoed voor goede voorkieming**

Een snellere start van het gewas en eerdere knolvorming en afrijping wordt bereikt met fysiologisch optimaal pootgoed (eventueel afgekiemd). Volgens onderzoek van Bus & Verstegen (2010) verschilt dit per ras en geldt dit vooral voor een beperkt aantal rassen met een erg lange kiemrust of rassen die snel kiemen en versleten raken. Een ras als Agria kiemt traag. Dit soort rassen hebben na een koele bewaring vaak hun maximale groeivermogen bij het poten nog niet bereikt. Daardoor is er een trage opkomst en een langzame beginontwikkeling. Dergelijke rassen moeten in de winter en het voorjaar bij 5 à 6 °C worden bewaard in plaats van bij 3 à 4 °C. Bij snel kiemende rassen moeten voor het poten 2 - 3 kiemen afgebroken worden. Een aantal rassen raakt dan zogenaamd versleten waardoor hun opkomst traag en slecht is. Deze rassen kunnen beter kouder bewaard en voorgekiemd worden.

Met een goede kieming komt pootgoed 7 - 10 dagen eerder op dan pootgoed dat bij het poten nog maar heel korte kiempjes heeft van 1 - 2 mm lengte, de zogenaamde witte puntjes (Veerman, 2003). Voorkiemen geeft het gewas een voorsprong, wat resulteert in eerdere knolzetting en –vulling. Goed voorkiemen kan één à twee weken later poten goedmaken. Vooral bij een korte groeiperiode zijn de effecten van voorkiemen groot.

## **Verhoging standdichtheid**

Grotere standdichtheid (meer hoofdstengels per m<sup>2</sup>) bevordert de vroegrijpheid van het gewas maar heeft ook invloed op de knolopbrengst, knolkwaliteit en de knolgrootte. Een hogere stengeldichtheid leidt tot een vroeger gewastype, meer knollen per m<sup>2</sup> en geeft bij gelijke opbrengst een fijnere sortering (kleinere knollen). Daar moet wel afzet voor zijn. Als voor de afzet juist een grovere sortering is gewenst, dan zou er bij hoge standdichtheid weer meer stikstof moeten worden gegeven om de knollen langer door te laten groeien. Daarmee verlaat het gewas weer. Per saldo wordt er daarom weinig oogstvervroeging bereikt door verhoging van de standdichtheid, tenzij in combinatie met aflevering van een fijnere sortering.

## **Vroeg poten**

Door vroeg te poten start de groeiperiode van de aardappel eerder en kan er mogelijk ook eerder worden gerooid. Voor een vlotte gewasontwikkeling moet de bodemtemperatuur boven de 10 °C liggen. De praktijk start al met het poten van aardappels zodra dit maar enigszins kan, zodra de grond is opgedroogd en het ergste nachtvorstgevaar is geweken. Deskundigen uit het gebied zien dan ook geen mogelijkheden om de teelt via deze maatregel verder te vervroegen. Ook kunnen niet alle percelen tegelijkertijd worden gepoot. Het poten wordt in de tijd gespreid vanwege beschikbare arbeid en pootmachines.

## **Afdekken met vliesdoek of folie**

Tijdelijke afdekking van het gewas met vliesdoek of folie in het voorjaar, verhoogt de (bodem)temperatuur en zorgt voor een snellere opkomst en begingroei. Deze maatregel kost circa € 1.200 per ha en kan financieel niet uit (Bus & Verstegen, 2009). Afdekken is soms alleen bij hele vroege oogst (vóór 1 juli) interessant om hiermee een (financiële) meeropbrengst te genereren bij hoge prijzen van primeuraardappelen.

## **Uitstellen van definitieve rugopbouw**

Bij een snelle definitieve rugopbouw warmen de aardappelruggen vroeg in het voorjaar langzaam op. Daardoor duurt het langer voor de planten boven komen. De opkomst heeft een directe relatie met knolvorming en oogsttijdstip. Soms wordt al vroeg, zodra de eerste aardappelen bovenkomen, een definitieve rug gevormd. Het onkruid wordt dan, nadat de gevormde rug bezakt is, met herbiciden bestreden. Deze laatste methode kan tot enkele dagen vertraging in beginontwikkeling van het gewas leiden.

Bij het uitstellen van de rugopbouw drogen kleine ruggen wel sneller uit. Men moet dan goed opletten dat er tijdig wordt berekend. Op zandgronden is de rugopbouw overigens vaak een onderdeel van de mechanische onkruidbestrijding. Aanaarden gebeurt voordat de onkruiden te groot worden om goed ondergewerkt te kunnen worden. De aardappelen staan dan al boven.

## Lagere N-beschikbaarheid tegen einde van knolvorming

Te kort aan stikstof aan het eind van de knolvorming doet de knollen eerder afrijpen omdat de droge stof productie stilvalt. Het is niet duidelijk hoeveel dagen er eerder kan worden geoogst bij verlaging van de N-gift met bijvoorbeeld 50 kg N per ha (Verhoeven *et al.*, 2011). Het is ook afhankelijk van het ras. De schattingen van de grote frites verwerkende bedrijven hierover lopen uiteen van 5 tot 15 dagen. De oogstperiode van aardappelen op zandgrond zijn in te delen in drie groepen: vroege oogst vóór 1 september; middenoogst van 1 september tot 1 oktober en de late oogst na 1 oktober.

De aardappelen voor middenoogst kunnen door een lagere N-gift vervroegd worden naar de eerste helft van september, en die van de late oogst naar 2<sup>e</sup> helft september.

De opbrengstderving bedraagt voor de middenoogst  $50 \times 3,3\% = 1,65$  ton per ha en voor de late oogst  $55 \times 3,3\% = 1,82$  ton per ha. Bij een gemiddelde uitbetalingsprijs van 10 cent per kg (Schreuder *et al.*, 2009) resulteert dat in een financiële opbrengstderving van respectievelijk € 165 en € 182 per ha. Bij een stikstofprijs van 94 cent per kg N voor KAS (naar Schreuder *et al.*, 2009) wordt er € 47 bespaard aan meststofkosten. De financiële derving van het saldo is dan respectievelijk € 118 en € 135 per ha.

## Vroegtijdig loof doden en oogsten

Volgens het rapport van Verhoeven *et al.* (2011) kan de oogst ook worden vervroegd door het loof al eerder, in een minder ver gevorderd stadium van afsterving, te doden. Als het loof in een groener stadium wordt gedood, voordat het gewas is afgerijpt, wordt de groei- en productieperiode voortijdig beëindigd (afgekap). Dit leidt tot verlies van knolopbrengst en veelal een lager onderwatergewicht. Vroegtijdig loof doden heeft geen zin als er tegelijkertijd naar wordt gestreefd om het loof zo lang mogelijk groen te houden. Als men het loof vroegtijdig wil doden, dan zal dit moeten worden gecombineerd met andere vervroegingsmaatregelen, zoals minder stikstof geven. Als daardoor de oogst met gemiddeld een week zou kunnen worden vervroegd moet het loof een week voortijdig worden gedood. Mogelijk is de totale opbrengstderving dan lager dan wanneer het loof zo lang mogelijk groen wordt gehouden.

Twee weken eerder loofdoden, geeft gemiddeld een opbrengstreductie van 4,5 à 5 ton per ha (bijna 10%). Bij een uitbetalingsprijs van 10 cent per kg is dat een derving van € 450 - 500 per ha. Daarnaast zullen extra kosten optreden omdat voor het doodspuiten van groener loof meer spuitmiddel nodig is. Hierbij wordt dan al uitgegaan van een lagere stikstofgift, waardoor het gewas al een week eerder dan normaal zou gaan afsterven.

Als het loof nog voor 100% groen is, is het financiële verlies twee keer zo hoog: 10 - 11 ton per ha c.q. € 900 – 1.000 per ha. Dit is bijvoorbeeld circa de helft van het financiële saldo bij gebruik van eigen mechanisatie, dat volgens Schreuder *et al.* (2009) voor consumptieaardappelen op zandgrond in het zuidoosten € 2.044 bedraagt.

Om bovenstaande veronderstelling te toetsen is nader onderzoek noodzakelijk.

## Voldoende afgeharde aardappelen na loofdoding eerder rooien

Op zandgrond is het mogelijk om een beperkt deel van het areaal aardappel, bestemd voor de bewaring, na loofdoding eerder te rooien. Op kleigrond is de groei gemiddeld trager en geldt dat in mindere mate. Standaard laat men de aardappelen in september nog even in de grond zitten, omdat de nachttemperaturen dan nog te hoog zijn om de aardappelen in een bewaarplaats voldoende snel te kunnen koelen. Om die reden rooit men in praktijk de bewaaraardappelen veelal pas vanaf de 4e week van september. Praktijkdeskundigen schatten dat er in het zuidelijk zandgebied circa 500 ha aardappelen vóór half september zouden kunnen worden gerooid.

Als al afgeharde aardappelen voor bewaring eerder worden gerooid, is de bewaarperiode aan de voorkant een paar weken langer. Dit kost extra stroom voor de ventilatie. Bijvoorbeeld de directe bewaarkosten voor consumptieaardappelen uit Flevoland bedragen € 251 voor 19 weken bewaring van half september tot eind januari (bron: Schreuder *et al.*, 2009). Twee weken langere bewaring geeft naar rato € 26 meer koelkosten.

Het twee weken eerder groen rooien en direct afleveren kost geen extra geld voor de teler, maar mogelijk wel voor de verwerkende industrie om capaciteitsproblemen op te lossen. Het bespaart de teler circa € 27 per ha, de kosten van doodspuiten, (Schreuder *et al.*, 2009) en van de eventuele laatste Phytophthora-besputingen.

### 4.2.3 Conclusies

Tabel 9 geeft een samenvatting van mogelijke vervroegingsmaatregelen en effecten daarvan bij aardappel.

Bij aardappelen zijn veel maatregelen voor vervroeging mogelijk. De meest perspectief biedende maatregel voor oogstvervroeging is al afgeharde aardappelen eerder te rooien. Het twee weken eerder rooien kost bij directe afleveren geen extra geld. Als de vroeger gerooide aardappelen worden ingeschuurd is de bewaarperiode aan de voorkant een paar weken langer. Dit kost extra stroom voor de ventilatie en ook kan een extra behandeling tegen kieming nodig zijn.

Alle andere maatregelen kosten geld of opbrengst, zijn risicovol of ras- en afzet specifiek.

*Tabel 9. Overzicht van teeltmaatregelen waarmee vervroeging van het oogsttijdstip van aardappelen bereikt kan worden in Nederland.*

Stuurbare vervroegingsfactoren	Dagen vervroeging	Meerkosten (€/ha)	Opmerking
Vroegere rassen	1 - 5	Geen meerkosten	Vaak minder bewaarbare rassen, die eerder afgezet moeten worden
Grotere poters	Niet bij oogst na 1 aug.	Meerkosten pootmateriaal	Alleen voor vroege teelt
Fysiologisch rijp pootgoed voor goede voorkieming	7 - 10	Arbeidskosten en materiaal van voorkiemen	Is nog geen standaard praktijk
Verhoging standdichtheid 25% bij standaard N-gift	5 - 7 ?	236	Meer pootgoedkosten. Beperkt mogelijk, alleen als een fijne sortering gevraagd wordt
Vroeger poten	0	n.v.t.	De praktijk poot al zodra het mogelijk is
Afdekken met vliesdoek of folie	0 - 10	1.200	Vervroeging afhankelijk van het weer; soms interessant voor primeurteelt
Rugopbouw uitstellen	2	Geen	
50 kg/ha lagere N-bemesting bij einde knolvorming	5 - 15 dgn, verschilt per ras	Middenoogst: 118 Late oogst: 135	Meerkosten voor de praktijk
Vroegtijdig loof doden en oogsten	14	450 - 500 per ha	Gecombineerd met lagere N-gift
Voldoende afgeharde aardappelen na loofdoding eerder rooien	14	Bespaart 27 voor doodspuiten. Geen meerkosten bij directe levering. Bij bewaarproduct 26 extra bewaarkosten	

## 4.3 Suikerbieten

### 4.3.1 De teelt

Het areaal suikerbieten bedraagt de laatste jaren ruim 70.000 ha en kan per jaar enkele duizenden ha wisselen (Tabel 10). Ook de gewasopbrengsten variëren fors per jaar. Over een langere termijn is het areaal suikerbieten fors gedaald. Bedroeg het in 1994 nog 114.00 ha, in 2000 was het areaal gedaald naar 109 000 ha tot ruim 70.000 ha een decade later. Door de forse stijging van de productie per ha is de totale productie slechts beperkt gedaald van 6 - 7 miljoen ton voor de eeuwwisseling tot 5 - 6 miljoen ton rond 2010.

Tabel 10. *Areaal, gewasopbrengst en productie van suikerbieten in Nederland van 2009 tot 2011.*

2009			2010			2011		
Geoogst areaal (ha)	Bruto opbrengst per ha (ton)	Totale bruto opbrengst (ton)	Geoogst areaal (ha)	Bruto opbrengst per ha (ton)	Totale bruto opbrengst (ton)	Geoogst areaal (ha)	Bruto opbrengst per ha (ton)	Totale bruto opbrengst (ton)
(x 1.000 kg)			(x 1.000 kg)			(x 1.000 kg)		
72.702	78,9	5.734.969	70.560	74,8	5.280.433	73.329	79,9	5.857.980

Bron: CBS, 2011.

Suikerbieten worden in Nederland op alle grondsoorten geteeld. Uit gegevens van IRS uit 2008 blijkt dat het merendeel van de suikerbieten op zwaardere gronden (klei- zavelgronden en löss) groeit, namelijk 62% (Tabel 11). Ruim een kwart van de teelt is op zandgrond en 13% op dal/veengronden.

Tabel 11. *Indeling areaal suikerbieten naar grondsoort in 2008.*

Grondsoort	Herkomst	Areaal (%)
Klei (25% lutum of meer)	zee	16
	rivier	2
Zavel (minder dan 25% lutum)	zee	40
	rivier	1
Zand		26
Dal/veen		13
Löss		3

Bron: IRS bietenstatistiek 2008.

De opbrengst bij suikerbieten wordt sterk bepaald door de lengte van het groeiseizoen. Het gewas heeft voor een maximale productie het hele groeiseizoen van voorjaar (maart) tot najaar (oktober) nodig. De productie wordt vooral bepaald door de lichtonderschepping, de hoeveelheid straling, de temperatuur, vochtvoorziening en beschikbaarheid van meststoffen. (Westerdijk, 1994). Ongeveer 60% van het areaal wordt geoogst in september en oktober. De overige 40% wordt vooral in november geoogst met uitloop naar half december. Het oogsttijdstip van een perceel is

momenteel vooral afhankelijk van de leververplichting aan de industrie en het risico op schade door matige vorst of onwerkbaar weer dat de teler bereid is te lopen. Door de spreiding in afleverdatum is de oogst door de loonwerker goed in te plannen. Daardoor is de beschikbaarheid van de loonwerker minder bepalend voor het oogsttijdstip, tenzij er lange tijd onwerkbaar weer voorkomt. Na oktober neemt de kans op matige vorst toe. Suikerbiet is een bulk-gewas met vrij lage saldi, die liggen tussen de € 650 op zandgrond en € 1150 op IJsselmeer kleigronden (Schreuder *et al.*, 2009). Volgens IRS teelthandleiding (2011) is voor de suikerbieten ideaal: warm weer tot circa 20 °C in de fase van kieming en bladvorming tot eind juni, koel zonnig zomerweer met temperaturen tot circa 20 °C in de productiefase, koel zonnig weer met nachttemperaturen dicht bij het vriespunt in het naseizoen. In ons land wordt aan de ideale temperaturen vaak niet voldaan. Vooral in het voorjaar zijn de temperaturen vaak te laag voor een snelle ontwikkeling.

### 4.3.2 Mogelijkheden voor vervroeging

Mogelijke teeltmaatregelen in het voorjaar om een vroeger oogsttijdstip te bereiken met gelijkblijvende productie kunnen zijn (een combinatie van) vroege rassen, opkweek van planten, vroeger zaaien en zaai onder plastic afdekking. Een grens voor de diverse mogelijkheden in het voorjaar is het eerste tijdstip waarop de zaaibedbereiding mogelijk is. Deze mogelijkheden zijn afhankelijk van grondsoort en weer en dus niet stuurbaar. De mogelijkheden voor oogstvervroeging in het najaar zijn eenvoudigweg om de bieten in een eerder stadium van ontwikkeling te oogsten.

#### **Vroegere rassen**

Suikerbieten worden in het rassenonderzoek op vroegheid beoordeeld op basis van het moment van volledige grondbedekking. In het rassenbulletin 2011 (persbericht suikerbieten CASR 2011) varieert de vroegheid van de aanbevolen rassen tussen 9 (zeer vroeg) en 6,5. Een 0,5 punt vroegheidsverschil komt overeen met 1 tot 2 dagen, afhankelijk van weer, streek en grondsoort. De rassenkeuze wordt door de teler en afnemer allereerst gedaan op basis van financiële opbrengst, maar wordt ook sterk bepaald door eventuele ziektedruk op zijn perceel (de kans op *Rhizoctonia* of aanwezigheid van Bietencystenaaltjes). Voor deze percelen is zelfs een apart rasadvies. Verder gaat rasvroegheid en financieel rendement niet altijd gelijk op.

Voor percelen, vrij van genoemde ziekten, zijn wel een aantal nieuwe *vroege, goed renderende* rassen in opkomst. Het best renderend is nu nog het vrij late ras Corvinia met een vroegheid 6,5 en een relatief financieel rendement van 106, gevolgd door de vroege rassen Rhino (nieuw) met een vroegheid van 9 en rendement van 104 en Haydn met een vroegheid van 8,5 en een rendement van 104. Bij keuze voor genoemde vroege rassen zal met een 2% lager rendement dus een in principe 2,5 - 5 dagen dan wel 2 tot 4 dagen eerder geoogst kunnen worden. Dit lagere rendement komt overeen met € 13 tot € 23 per ha afhankelijk van het teeltgebied.

In de praktijk wordt de rassenkeuze nog door tal van andere factoren in de eigen bedrijfssituatie bepaald, zoals leveringsverplichting of de druk van werkzaamheden van andere gewassen (aardappeloogst, etc.) in de vroegere oogstperiode.

Als er enige tijd voordat de bieten geleverd kunnen worden, gerooid wordt moeten ze tijdelijk worden opgeslagen. Dat brengt kosten en suikerverlies met zich mee. Bij verplichte late levering compenseert de fabriek de kosten. Bijvoorbeeld bij verplichte levering begin november compenseert de fabriek voor een week bewaring € 0,52 per ton. Bij 65 ton/ha betekent dat circa € 34 per week. Veronderstellende dat deze kosten ook voor tijdelijke bewaring in augustus gelden, komen de totale kosten op € 47 - € 57 bij 1 week eerdere rooien.

#### **Plantopkweek en uitplant onder brede afdekking**

Uitgegaan zou kunnen worden van opgekweekte suikerbietenplanten met afdekking na uitplanten. Dit geeft een forse vervroeging van circa 4-5 weken, maar is duur voor een bulkproduct als suikerbieten.

Plantopkweek in paperpots is bij suikerbieten onderzocht van 1997-1999 door PPO Vredepeel (zandgrond) in een biologische teelt met het doel de uren en kosten van mechanische onkruidbestrijding te verlagen (Anonymus, 2000). Opkweek in paperpots plus plantkosten kwamen toen uit op 2,05 eurocent per plantje. Wel kon met een lager plantgetal van 60.000 stuks volstaan worden voor dezelfde opbrengst. Dit gaf toen meerkosten van € 1230 per ha. Verder is warme opkweek effectiever als het gecombineerd wordt met afdekken na uitplanten met plastic folie of vliesdoek. Bij aardappelen kost deze maatregel circa € 1200 per ha (Bus & Verstegen, 2009). Dit zal ook voor suikerbieten gelden. De totale meerkosten komen daarmee uit op € 2430. Het KWIN saldi liggen tussen de € 650 en € 1150. Warme opkweek is voor suikerbieten dus geen optie.

## Vroeger zaaien

Omdat vooral de lengte van het groeiseizoen de hoogte van de opbrengst bepaalt streven de telers al standaard naar een zo vroeg mogelijke zaaidatum, en zaaien zodra de bodemomstandigheden dat toelaten. Onbedekte zaai eerder dan 15 maart geeft echter gemiddeld geen verbetering van de opbrengst. Bij eerdere zaai wordt vaak nauwelijks voldaan aan de minimum kiemtemperatuur van 3 - 5 °C, waardoor de kieming langzaam gaat en het kiemplantje kwetsbaar is voor verslumping, wortelbrand en vreterij. Koud weer na zaai en een slechte structuur belemmeren een goede opkomst en kan schieters veroorzaken (Westerdijk, 1994). Vroeger dan 15 maart zaaien zonder afdekking is dus geen optie voor een vroegere oogst. Uit het onderzoek van Hanse *et al.* (2011) blijkt wel dat de top suikerbietentelers er in slagen om gemiddeld 5 dagen eerder te zaaien dan de gemiddelde suikerbietenteler zonder toe te moeten geven op de kwaliteit van de bodemstructuur.

## Vroeger zaaien onder folie

Zaaien van suikerbieten onder folie is in Nederland geen praktijk omdat het tot op heden relatief duur is. Er is weinig Nederlands onderzoek naar de effecten van zaai onder folie. Duits onderzoek van Bürcky (1988) in Göttingen (Nedersaksen) liet bij vroeger zaaien onder breed plastic folie een 16-19% hogere veldopbrengst zien bij standaard rooidatum. Grofweg naar Nederlandse maatstaven vertaald geeft dit bij een gemiddelde opbrengst van 65 t/ha (onbedekte zaai) een hogere productie van 10 - 12 t/ha door zaai onder folie. Bij een middenprijs van € 3,20 per 100 kg (Schreuder *et al.*, 2009), kan de meeropbrengst dan € 320 - € 384 per ha bedragen.

Zaai onder afbreekbare plastic stroken kan ook voor suikerbieten een interessante vervroegingsoptie zijn, gezien de beperkte meerkosten van circa € 195 per ha voor folie in recente maïsproeven in Friesland (Van der Stok, 2011). Dit betrof strokenafdekking bij maïs met afbreekbaar geperforeerd folie met 2 zaairijen per strook. Door de nieuwe ontwikkelingen naar goed afbreekbare afdekkingen op zetmeelbasis zijn de nadelen voor milieu en plastic resten in de bouwvoor beperkt. Wel dient de onkruidbestrijding dan eerder en aangepast uitgevoerd te worden.

Afgeleid uit de wortelgroeicurve van suikerbiet, zou bij zaai onder stroken folie eenzelfde productie *circa 4 weken* eerder bereikt kunnen worden, zodat eerder gerooid kan worden. Nader onderzoek is nodig om onder Nederlandse omstandigheden te toetsen of suikerbieten zaai onder deze nieuwe, afbreekbare foliesoorten teelttechnisch gezien haalbaar is en economisch rendabel.

## Vroeger oogsten

Vroeger oogsten van suikerbieten, zonder productie verhogende maatregelen kost opbrengst. Bij normale zaai verloopt de toename van de bietenproductie lineair vanaf juli tot nagenoeg 1 oktober. Vervolgens vlakkt deze af tot 2<sup>e</sup> helft oktober. Daarna is er geen toename van de wortelproductie meer. Voor vroege levering vanaf begin september tot 1 oktober compenseert de afnemer de lagere opbrengst met een hogere prijs via een aflopende prijsstaffel, om zo voldoende spreiding in de aanvoer te krijgen voor de bietenverwerking in de fabriek. Individuele telers kunnen hun voorkeur aangeven voor vroege levering, maar de fabriek bepaalt en de telers krijgen vooraf bericht wanneer geleverd kan worden. Voor late levering moeten de bieten bij voorkeur al vóór 20 november gerooid zijn vanwege toenemend vorstrisico en worden de bieten tijdelijk bewaard op de hoop. Voor de bewaring vanaf die datum tot leveringsdatum is er een oplopende bonus met de lengte van de bewaarperiode. Het leveringsschema voor het hele suikerbietenareaal ligt dus vast.



Uiteraard kan de teler zelf beslissen de bieten vroeg te rooien en tijdelijk op de hoop op te slaan, ook al valt hij niet in een vroege levering. Bij 2 weken eerdere rooi, bijvoorbeeld half september in plaats van begin oktober, (voor structuurbehoud en tijdige inzaai van een groenbemester) is op basis van de groeicurve van suikerbiet (Westerdijk, 1994) de gemiddelde opbrengst circa 8 t/ha lager. Bij een prijs van € 3,20 per 100 kg komt dat uit op een lager saldo van € 256. Bij 1 week eerder rooien kost 8 t/ha of wel € 128. Vroeg rooien is dus een minder aantrekkelijke optie, tenzij men een vroege leveringsafpraak heeft met de fabriek waarin de lagere opbrengst gecompenseerd wordt. Als echter de omstandigheden goed zijn en de bieten moeten over een week geleverd worden is het aan te bevelen om niet met rooien te wachten; het kwaliteitsverlies door eventueel rooien onder mogelijk natte omstandigheden kost, als gewacht wordt met rooien, dan meer dan de verliezen door wat vroeger rooien (IRS, Betatip).

### 4.3.3 Conclusies

Tabel 12 geeft een samenvatting van mogelijke vervroegingsmaatregelen en effecten daarvan bij suikerbiet. De zekere en minst kostende maatregel om de suikerbietenoogst te vervroegen, vormt de teelt met vroegere rassen. Met vroege rassen is in augustus een tot 5 dagen winst te behalen, maar dit geeft een lager rendement door 2% extra opbrengstverlies. Eerder oogsten dan de huidige campagne start kost opbrengst en is minder aantrekkelijk.

*Tabel 12. Overzicht van teeltmaatregelen om extra vervroeging van het oogsttijdstip te bereiken, vergeleken met de huidige suikerbietenteelt in Nederland.*

Stuurbare vervroegingsfactoren	Dagen vervroeging	Opbrengst-effect	Meerkosten (€/ha)		Opmerking
			zonder bewaring	met .. wkn tijdelijke bewaring	
Vroege rassen	2,5 - 5	2% lager	13 - 23	47 - 57	1 wk bewaring
plantopkweek en uitplant onder bedekking	28 - 35	0	2430		Te duur voor praktijk
Vroeger zaaien	5	0	0	34	1 wk bewaring. Risicovol, geen praktijk, alleen voor toptelers
Vroege zaai onder folie stroken	tot 28 dgn	0	195 (folie)	195 + 136 = 331	Veel meerkosten bij 4 wkn bewaring; eerder leveren is gewenst; <i>nader onderzoek nodig</i>
2 wkn. eerder oogsten wel/niet bewaren tot de levering	14	13% lager	256	256 + 68 = 324	Bij 2 wkn bewaring
1 wk eerder oogsten en wel/niet bewaren tot de levering	7	6,5% lager	128	128 + 34 = 162	1 wk bewaring

Vroege zaai onder folie is in Nederland niet bekend maar geeft op basis van Duits onderzoek, een aanzienlijke vervroeging van 4 weken. Als hierdoor vroeg in het seizoen al goede opbrengsten behaald kunnen worden, zou de gehele campagne vervroegd kunnen worden. Nader onderzoek naar de haalbaarheid daarvan is nodig.

Samengevat zijn het gebruik van vroegere rassen en op termijn mogelijk zaai onder plastic folie opties voor oogstvervroeging. Hierdoor kan wel de hele campagne enkele weken vervroegd worden, waardoor minder risico op nat weer en vorst gelopen kan worden in de tweede helft van november. Onbekend is of een eerdere start van de campagne interessant zal zijn voor de suikerindustrie.

## 4.4 Peen

### 4.4.1 De teelt

Het totale areaal peen in Nederland bedraagt volgens CBS (2011) circa 9000 ha (Tabel 13). Bospeen en waspeen nemen ruim 1/3 van het totale areaal in.

#### Bospeen

Bospeen wordt in continu zaai geteeld voor de verse markt. Bospeen wordt geoogst vanaf de 2<sup>e</sup> helft van mei tot eind november. Dus maar een beperkt areaal bospeen wordt in de herfst geoogst.

#### Waspeen

Waspeen is veelal fijne peen die ook in continue teelt gezaaid wordt met hoge standdichtheid. Deze peen wordt gewassen en zonder loof direct geleverd aan de industrie. Standaard wordt vanaf juli tot eind oktober rechtstreeks van het land geleverd. Onderdekkersteelt: Percelen voor latere leveringen van fijne peen worden met stro en plastic afgedekt ter voorkoming van vorstschade. Ze worden vervolgens van eind oktober tot zelfs eind mei direct vanaf land geroid, gewassen en geleverd aan de industrie.

#### Grove peen

Grove peen, ook vaak aangeduid met winterpeen, heeft met 5800 ha een belangrijk aandeel in het totale areaal. Deze peen wordt eind april - begin mei gezaaid en geroid 15 augustus tot in november geoogst voor verse afzet. De in oktober en november gerooide peen wordt deels bewaard, op het bedrijf of bij derden, en afgeleverd voor consumptie in de winterperiode. In dit rapport wordt ervan uitgegaan dat grove peen jaarrond geleverd wordt en dat verse en bewaarde peen wat betreft levering uitwisselbaar zijn.

Tabel 13. Areaal bos- waspeen en winterpeen in 2010 en 2011.

jaar	2009	2010	2011
Bos-waspeen	3250	2950	3200
Winterpeen	5850	5568	5800
Totaal	9100	8518	9000

Bron: CBS, 2011.

## 4.4.2 Mogelijkheden voor vervroeging

Vervroeging van de oogst van bospeen is geen optie zolang tot aan eind november een vers product geleverd moet worden. Bewaring van bospeen is geen optie omdat dan het loof gaat verkleuren en smetten. Het loof bij bospeen is een versheidskenmerk. Ook waspeen wordt vers van het veld afgeleverd, in zomer/najaar van 1 juli tot aan eind oktober via de normale teelt en daarna via de onderdekkersteelt. Om de oogst op een waspeenperceel voor zomer/najaar levering te vervroegen zou de peen in principe wel enige tijd bewaard kunnen worden voordat deze afgeleverd wordt. Bij een gewassaldo incl. loonwerk van € 1626 per ha (fijne peen voor de versmarkt) en gemiddelde bewaarkosten (bij derden) van € 1100 per ha per maand (Schreuder *et al*, 2009) zal duidelijk zijn dat de mogelijkheden beperkt zullen zijn tot een korte bewaarperiode. Hieronder worden alleen de agronomische mogelijkheden besproken om de oogst van waspeen (ongeveer 50% van het areaal) 1 of 2 weken te vervroegen.

De situatie voor winterpeen (grove peen) is vergelijkbaar met die van waspeen. Zowel voor de verse levering als voor de bewaring neemt de bewaartijd toe als de oogst vervroegd wordt. De extra bewaarkosten moeten bezien worden tegen saldi (inclusief loonwerk) van € 2852 voor grove peen voor directe afzet en € 1938 voor grove bewaarpeen. Hieronder wordt besproken wat de agronomische mogelijkheden zijn om de oogst van grove bewaarpeen met 1 of 2 weken te vervroegen.

Stuurbare teeltmaatregelen voor een vroeger oogsttijdstip kunnen zijn (een combinatie van) gebruik van vroegere rassen, gebruik van rassen met een korte groeidiur, gebruik van 'geprimed' zaad, vroeger zaaien met plastic afdekking en eerder ('onrijp') oogsten.

### Waspeen

#### *Vroege rassen met korte groeidiur*

Eerdere start van de najaarsoogst van waspeen voor verse levering is mogelijk door keuze van vroegere rassen. Door keuze van bijvoorbeeld rassen vanaf 120 groeidagen zou, bij zaai 15 april vanaf half augustus de eerste waspeen geroid kunnen worden. Gevolgd door rassen met iets langere groeidiur. Zo kan een tot 14 dagen eerdere oogst bereikt worden.

Bij eerdere oogst en gelijkmatige continu levering moet er product tijdelijk gekoeld bewaard worden. Standaard kost bewaring bij derden in de periode van begin november (week 44) tot begin mei (week 18) kost € 5500 (Schreuder *et al*, 2009). Dat is gemiddeld € 1100 per maand. Extra bewaring van 7 dagen kost € 212 en van 14 dagen € 423.

De latere levering van waspeen vanaf november vindt plaats via ondergooiersteelt op zandgrond met bewaring van peen in de grond. Uit kostenoverweging is dit de goedkoopste teeltwijze.

### Grove peen

Bij grove peen wordt ervan uitgegaan deze jaarrond geleverd wordt en dat verse en bewaarde peen wat betreft levering uitwisselbaar zijn. Bij vroegere oogst zijn daardoor geen extra bewaarkosten.

#### *Vroeger zaaien*

Bij grove peen bestaat het sortiment voornamelijk uit hybriden van Nantes, Flakkese of Berlikumer types of kruisingsproducten daarvan. Bij deze hybriden kan door keuze van rassen met maximaal 130 groeidagen en door een vroege zaai op zavelgrond (rond 1 april) al in de 2<sup>e</sup> helft van augustus begonnen worden met rooien. Dit gebeurt al door enkele telers die vroeg in het seizoen verse grove peen willen leveren. Dit brengt wel hogere risico's met zich mee voor slechte opkomst door koudere grond en verslemping. In principe is vroeger zaaien op lichte gronden dus wel mogelijk, maar in de praktijk worden de daaraan verbonden risico's nu waarschijnlijk te groot gevonden voor toepassing op grotere schaal. Vroeger zaaien wordt daarom niet beschouwd als een haalbare optie voor oogstver-

vroeging op grotere schaal, mits aangetoond kan worden dat de risico's van vroeger uitzaaien van vroege rassen aanvaardbaar zijn.

#### *Vroeger zaaien onder afdekking*

Zoals bij de rassen al is aangegeven zijn er mogelijkheden tot vroeger zaaien, maar het is een weersafhankelijke maatregel. Indien lang groeiende rassen gewenst zijn die voor begin april gezaaid moeten worden, is afdekking met folie of vliesdoek vaak wenselijk om een redelijke opkomst en uniform product te krijgen. Afdekking geeft gemiddeld een vervroeging van 7 tot 14 dagen met een gemiddelde van 10 dagen. (Schoneveld, 1994). De meerkosten van afdekking met geperforeerd plastic folie bedragen € 578 per ha. (Schreuder *et al.*, 2009). Zoals eerder vermeld is op zwaardere gronden met teelt op ruggen een tijdige rugopbouw gewenst. Dit moet onder goede omstandigheden gebeuren, die vroeg in het voorjaar beperkt aanwezig zijn. De mogelijkheden voor oogstvervroeging door vroeger zaaien onder afdekking zijn daarom beperkt tot de lichtere gronden.

#### *Gebruik van geprimed zaad*

Gebruik van geprimed (voorgekiemd en teruggedroogd) zaad gaf in PAGV proeven een snellere opkomst van 2-4 dagen en, bij vroege oogst op 5 oktober een hogere productie van 0,5 - 1 kg per m<sup>2</sup> (10 ton/ha) (Schoneveld, 1991). Bij een langere groeiperiode is dit opbrengsteffect waarschijnlijk niet meer aanwezig, maar priming is voor een vroege teelt wel effectief. Geprimed zaad is duurder, maar geeft meer opkomstzekerheid, een betere uniformiteit, en er kan met een 8% lagere zaaizaadhoeveelheid per ha volstaan worden. Vier extra groeidagen geven dus 5000 kg x € 0,07 = € 350 tot 10000 kg x € 0,07 = € 700 extra saldo bij gelijke oogstdatum. Bij 4 dagen eerder oogsten is de opbrengst hetzelfde als bij gebruik van niet geprimed zaad. De meerkosten van geprimed zaad zijn onbekend, maar worden geschat op € 100 per ha. Bij 8% lagere zaaizaadkosten, berekend op standaard zaaizaadkosten van € 324 per ha zijn de meerkosten van het zaaizaad primen nog circa € 70 per ha.

#### *Vroeger oogsten*

Vroeger oogsten van een normaal winterpeengewas dat niet volledig is uitgegroeid, kost opbrengst. De wortelgroei bij peen verloopt lineair van juni tot eind augustus/begin september. De maanden daarna neemt de wortelgroei langzaam af door de lagere straling en een geringere hoeveelheid groen blad. Op basis van PAGV proeven (Schoneveld, 1991), was de productie van grove peen op 3 oktober 60 t/ha en op 15 november 75 t/ha. Zes weken eerder oogsten gaf dus 15 t/ha lagere opbrengst. Bij lineair groeiverloop in die periode zou het opbrengstverlies bij 1 week eerdere oogst 2,5 t/ha en bij 2 weken eerdere oogst 5 t/ha. De kosten van 1 en 2 weken eerder oogst bij een kg prijs van 7 cent zijn dan respectievelijk € 175 en € 350. Dit is een voorbeeld voor een laat ras. Per peentype, vroegheid en standdichtheid kan het opbrengstverlies fors verschillen.

Voor een individuele teler kan vroeger oogsten een overweging zijn, zeker als bijvoorbeeld een periode van slecht weer op komst is.

### 4.4.3 Conclusies

Bij bospeen voor levering in de herfst is oogstvervroeging niet mogelijk omdat direct geleverd moet worden met vers loof, dat een versheidsindicator is. In Tabel 14 worden de mogelijke maatregelen van de andere peensoorten samengevat.

*De oogst van waspeen* voor standaard levering in september - half november kan eerder gestart worden door *keuze van rassen* met een groeiduur van *maximaal 120 dagen* (zaai half april). De extra bewaarkosten zijn voor 1 week eerdere oogst zijn € 212 en voor 2 weken € 424.

Grove peen met *groeiduur van maximaal 130 dagen* vervroegen door zaai begin april is mogelijk zonder extra kosten, maar geeft risico's van slechte opkomst.

Grove peen rassen met een *lange groeiduur (130 - 150 dagen)* moeten in *maart* onder afdekking gezaaid worden, wil men die vóór 1 september kunnen oogsten. Zaai in maart geeft echter minder kans op goede omstandigheden voor grondbewerking en rugopbouw. De extra kosten bij rassen met lange groeiduur zijn € 340 voor folie. Een nadeel van folietoepassing is dat de onkruidbestrijding minder gemakkelijk kan worden uitgevoerd.

*Priming* van zaad geeft voor € 70 per ha een vervroeging van ca. 4 dagen en een uniformer product

*Vroeger oogsten* van een standaard teelt van grove peen bestemd voor bewaring is geen goede optie; behalve de onvermijdelijke extra bewaarkosten kost onrijp oogsten ook opbrengst en geeft het meer uitval.

*Samengevat* is bij peen een beperkte vervroeging van 4 dagen te verkrijgen tegen weinig meerkosten door gebruik van geprimed zaad. Grotere vervroegingen bij waspeen van 1 - 2 weken geeft bewaarkosten omdat de afnemer gelijkmatig geleverd wil zien voor continu levering. Bij grove bewaarpeen is vervroeging risicovol, of kost meer € 175 - 350 extra door afdekking of opbrengstverlies. Bij grove peen gaat vervroeging (voor eerdere verse levering) niet gepaard met bewaarkosten, omdat het product jaarrond geleverd kan worden en het verse en bewaarde product als inwisselbaar gezien wordt.

Tabel 14. *Overzicht van teeltmaatregelen voor oogstvervroeging, vergeleken met de huidige peen teelt in Nederland.*

Stuurbare vervroegingsfactoren	Dagen vervroeging	Opbrengst effect	Kosten (€/ha)	Opmerking
Vroegere rassen voor waspeen voor vroege oogst voor najaarslevering	7 en 14	neutraal	212 en 423	Bewaarkosten bij vervroeging van 7 en 14 dgn
Vroeger zaaien: grove peen; rassen met groeiduur van max. 130 dgn (zaai begin april)	7 - 14	neutraal	0	Risicovol van slechte opkomst
Vroege zaaien onder afdekking (zaai eind maart ) en eerder oogsten van grove peen rassen met lange groeiduur (145 - 150 dgn)	7 - 14	neutraal	340	Foliekosten
Geprimed zaad winterpeen	2 - 4	neutraal	70	Hogere zaadkosten
Vroeger oogsten (resp 1 en 2 wkn) grove winterpeen	7 en 14	3 en 6% lager	175 en 350	Lagere opbrengst

## 4.5 Koolgewassen

### 4.5.1 Areaal, teelt en oogstperiode

Het totale areaal kool in Nederland bedraagt ruim 12000 ha, waarvan ongeveer de helft in de herfst en winter (september tot april) geoogst en afgeleverd wordt (Tabel 15). Bij de teelt van kool onderscheiden we soorten die niet bewaard worden en na oogst direct voor de versmarkt geleverd worden en koolsoorten die goed bewaarbaar zijn.

Koolsoorten voor uitsluitend de verse levering (niet uit bewaring) zijn bloemkool, broccoli en spruitkool. De teelt van bloemkool en broccoli vindt verspreid over het land plaats op voornamelijk klei en zavelgronden. Grote teeltgebieden voor beide gewassen zijn Noord- en Zuid-Holland en voor broccoli ook de noordwest hoek van Friesland. Voor bloemkool en broccoli is oogstvervroeging geen optie omdat de telers gedurende een zo lang mogelijke periode in het jaar de Nederlandse kool in de schappen willen zien liggen. Oogstvervroeging in combinatie met bewaring voor deze koolsoorten geeft kwaliteitsverlies. De mogelijkheden voor vervroeging van de teelt worden daarom niet verder besproken.

Bij spruitkool wordt vanaf augustus tot april vanaf het land geoogst bij open weer. Bewaring van geoogst product geeft kwaliteitsverlies door verkleuring van het snijvlak. Bewaring van spruitkool aan de stam kan dit voorkomen maar is duurder dan directe oogst op het land en wordt bij uitzondering gedaan in vorstperioden. De spruitkoolteelt vindt verspreid over het land plaats op voornamelijk klei en zavelgronden met zuidwest Nederland als concentratiegebied.

Sluitkool wordt geteeld voor zowel verse consumptie, consumptie na bewaring en voor industriële verwerking tot zuurkool en gesneden kool. Voor deze afzetgebieden worden verschillende rassen geteeld, die weinig uitwisselbaar zijn; elke afzet kent zijn eigen oogstcampagne en afnemers. De sluitkoolteelt is nagenoeg geheel een Noord-Hollandse aangelegenheid (de Moel, 1996).

Tabel 6 geeft het areaal koolgewassen (ha) weer in Nederland voor 2010 en 2011, het oogstareaal na 1 september en de mogelijkheid om vroeger te kunnen oogsten. Alleen bij sluitkoolgewassen is oogstvervroeging mogelijk. Van de oogstperiode na 1 september betreft dat 2140 ha.

*Tabel 15. Areaal koolgewassen (ha) in Nederland in 2010 en 2011 en aandeel dat eventueel voor vroeger oogsten in aanmerking komt.*

Koolsoort	Jaar		Van oogstareaal 2011		Oogst vervroegbaar	Reden van niet*
	2010	2011	Schatting % oogst in periode sept/april	Areaal (ha) in oogst- periode sept/april op basis van schatting %		
Bloemkool	2369	2267	40	907	niet	Continu levering en beperkt houdbaar na oogst
Broccoli	1966	2080	30	624	niet	Continu levering en beperkt houdbaar na oogst
Chinese kool	330	350	60	210	niet	Nateelt
Sluitkool, totaal	<b>2753</b>	<b>2775</b>	<b>77</b>	<b>2140</b>		
waarvan:						
Rode kool	644	643	70	450	ja	
Groene- /savooiekool	99	80	90	72	ja	
Spitskool	403	360	50	180	ja	
Witte kool	1607	1692	85	1438	ja	
Spruitkool	2950	2917	80	2334	niet	Continu levering en beperkt houdbaar na oogst
<b>Totaal koolgewassen</b>	<b>10368</b>	<b>12111</b>	<b>60</b>	<b>6215</b>		

\* *De tuinder wil zo lang mogelijke levering van Nederlands product.  
Bron areaal: CBS, 2011.*

Bij de andere koolsoorten bloemkool spruitkool en broccoli is vervroeging ook mogelijk maar vanwege de gewenste continu levering zal de afnemer die gewassen opeenvolgend in de loop van de herfst of winter willen ontvangen. Tijdelijke bewaring gaat bij deze gewassen ten koste van de kwaliteit. Chinese kool wordt deels op zand geteeld in Limburg en oostelijk Noord Brabant en deels op kleigronden, voornamelijk in zuidwest Nederland. Chinese kool die voor de bewaring geteeld wordt, is een nateelt gewas na graanteelt. De bewaring van Chinese kool beperkt zicht tot 3 à 4 maanden. De teler wil de kool niet te vroeg oogsten om tot februari uit bewaring te kunnen leveren.

## 4.5.2 Mogelijkheden voor vervroeging

Mogelijke teeltmaatregelen voor vervroeging kunnen zijn: toepassing van vroege rassen, vroeger planten al dan niet onder afdekking, verlagen van het plantgetal, verlagen van de stikstofgift en voortijdig oogsten. Duidelijk is dat niet alle kool door deze maatregelen eerder geoogst kan worden omdat de capaciteit (materieel en personeel) voor het oogsten beperkt is. Daarom is de oogst niet in een piekmaand, bijvoorbeeld augustus, te organiseren. Uitgaande van gelijkblijvende oogstcapaciteit kan aan oogstvervroeging invulling gegeven worden door de gehele oogstperiode te vervroegen. Hieronder worden mogelijke maatregelen in beeld gebracht om de oogstperiode voor sluitkool 14 dagen te vervroegen.

Voor de zaai van een groenbemester als mineralenbinder, wordt het liefst een tijdstip voor *1 september* aangehouden. De oogst voor de versmarkt van directe levering vanaf land loopt vanaf juli tot november en draait in september al op volle toeren. De levering van industriekool vanaf land is vanaf circa half augustus tot december en is in september al volop gaande. De bewaarkooloogst komt pas eind september begin oktober op gang. Door 14 dagen oogstvervroeging komt dus alleen industriekool areaal en areaal voor verse levering deels vrij voor 1 september. Bij vervroegde oogst van industriekool moet of de verwerkingscampagne 2 weken eerder starten of tijdelijk bewaard worden. Tijdelijke bewaring geldt ook bij vervroeging van de oogst van verse markt kool. Extra vrijkomend areaal: Bij een oogstperiode van deze koolsoorten van half juli tot half november (20 weken) komt naar rato 10% van dit areaal extra vrij voor 1 september (2 weken over 20 oogstweken). Precieze cijfers naar afzetdoel worden niet meer geregistreerd, maar in 2002 bedroeg het bewaarkool areaal circa 1200 ha. (CBS 2004). Bij gelijkblijvend areaal voor de bewaarkool zou voor andere afzetdoelen ruim 1600 ha resteren. Daarvan komt bij 14 dagen eerder oogsten *160 ha extra vrij* voor 1 september.

### Vroege rassen

In de koolteelt worden specifieke rassen gebruikt, afhankelijk van de gewenste levertijd en het afzetdoel. Bijvoorbeeld bij de witte kool teelt voor bewaring worden lang groeiende rassen gebruikt omdat die het beste bewaren. Het zonder meer inruilen daarvan voor andere rassen met een kortere groeitijd, geeft meer bewaarverliezen, of verkort de mogelijke bewaartijd en geeft eerder verlies aan houdbaarheid in de afzetketen. Dit is geen haalbare optie.

### Vroeger planten

In de herfst wordt sluitkool rechtstreeks geleverd aan de industrie, (zuurkoolindustrie en snijderijen) en aan de verse markt. Vroeger planten om vroeger te kunnen oogsten is daarbij deels mogelijk. Hieronder is een voorbeeld voor afzet voor levering van kool voor zuurkoolverwerking uitgewerkt. In grote lijnen geldt dit ook voor afzet naar de versnijders voor verse markt en de bewaarkool.

Voor de zuurkoolindustrie begint de levering in augustus en deze gaat continu door tot in november. Een globale indeling bij koolteelt voor zuurkool is zomerteelt (half aug-half september), vroeg herfstteelt (half sept- half oktober) en laat herfstteelt (half oktober- half november). Elke leveringsperiode heeft zijn eigen koolsoorten die van augustus tot november een oplopende groeitijd en een toenemend droge stofgehalte (taaiheid) hebben. De teelt voor zuurkool is geheel in Noord-Holland geconcentreerd omdat daar de fabriek staat. De groeiduur van industriërassen loopt van 100 tot 145 dagen. Normaal wordt half april geplant. Rassen met groeiduur van maximaal 130 dagen zijn oogstklar voor 1 september.

Als de levering standaard gelijkmatig over de maanden verloopt, is hiermee 2/20 van het areaal vrij te maken voor 1 september. Als de zuurkoolindustrie de campagne niet eerder wil starten, dan dient de kool van dit areaal gemiddeld 14 dagen te worden opgeslagen. Bewaarkosten: bij bewaarkool kost opslag in mechanische koeling van week 43 (eind oktober) tot gemiddeld week 18 (half mei) € 1017 voor 85,5 ton. Dat is € 0,44 per ton per week. Naar rato zal gemiddeld 2 weken opslag van 100 ton/ha *industriekool* minimaal uitkomen op  $2 \times € 0,44 \times 100 = € 88$ .

Door oogst van een warmer product zullen de stroomkosten voor bewaring € 12 hoger zijn. Naar schatting komt voor industriekool daarmee de bewaring uit op € 100 per 2 weken. Bij tijdelijke opslag komen er verder nog kosten voor extra arbeid bij voor het in de bewaring brengen en uithalen.

### **Vroeger planten onder afdekking**

Door 14 dagen eerder planten kunnen rassen met een langere groeiduur (meer dan de 130 dagen) vervroegd worden tot vóór 1 september. Dit betekent planting rond eind maart. Voor een zekere groei is afdekking met vliesdoek of folie in de beginperiode gewenst. De meerkosten van bijvoorbeeld geperforeerd plastic folie voor afdekking bedraagt € 578 per ha. Daarnaast zijn extra metingen nodig voor het leggen en afhalen van de afdekking.

### **Verlagen van het plantgetal**

Verlagen van het plantgetal geeft bij kool beperkte vervroeging omdat kool al vrij ruim geplant wordt, waardoor licht- of voedselconcurrentie zich nauwelijks voordoet. Pas tegen de oogst raken de bladeren en de wortelstelsels elkaar. Dan sterven ook de oudste bladeren al weer af. Bij verlaging van het plantgetal van circa 20% is een vervroeging van 5 - 7 dagen mogelijk, maar dit geeft rond het optimale plantgetal naar rato een productieverlaging. Bij 20% lager plantgetal voor zuurkoolwitte (opbrengst 100 t/ha) kost dat 20 t/ha opbrengst à € 0,09 per kg = € 1800. Ook al zijn de plantkosten lager is dit geen optie voor de praktijk gezien het al lage saldo van deze teelt.

### **Lagere stikstofbemesting**

Kool is een vrij stikstofbehoefstig gewas. De totale behoefte is 250 - 300 kg/ha. Bij N tekort zal de productie achter blijven vooral doordat de kool niet goed vult en verkleurt, zodat ook de kwaliteit achterblijft. Bij 50 - 100 kg/ha verlaging van de N gift -N mineraal zal de groei eerder stilvallen naar schatting 5 - 10 dagen. Deze vervroeging zal een meer dan evenredig aandeel onverkoopbaar product geven aan onvolgroeide kool. Bij 20 - 30% lagere productie van bijvoorbeeld witte bewaarkool gaat het saldo € 3078 - 4617 naar beneden. Vervroeging door minder N-bemesting is daarom geen optie voor de praktijk.

### **Vroegtijdig oogsten**

In het *najaar* is vroegtijdig oogsten als vervroegingsmaatregel mogelijk maar dat kost productie. Bij 10 tot 14 dagen eerder oogsten dan het optimale oogstmoment zit de groeicurve in het afvlakkende gedeelte en zal 5 - 10% productie kosten.

Bij bewaarkool (85,5 t/ha opbrengst) betreft de opbrengstreductie 4225-8550 kg/ha en tegen een prijs van € 0,18 per kg is dat € 760 - € 1520. Gemiddeld zal 2 weken extra opslag van 80 ton/ha kool uitkomen op  $2 \times € 0,44 \times 80 = € 70$ . Totaal maakt dat een € 840 - € 1590 lager saldo (Schreuder, 2009).

Bij industriekool (100 t/ha opbrengst) gaat het om 5.000 tot 10.000 kg/ha lagere productie tegen € 0,05 = € 250 - € 500. Naar rato zal gemiddeld 2 weken opslag van 95 - 90 ton/ha kool voor verwerking minimaal uitkomen op  $2 \times € 0,44 \times 95$  dan wel  $2 \times € 0,44 \times 90 = € 84 - € 79$ . Totaal maakt dat een € 334 - € 579 lager saldo. De bewaarkosten vervallen als de fabriek bereid zou zijn eerder van start te gaan.



### 4.5.3 Conclusies

Bij bloemkool, broccoli en spruitkool die vrijwel uitsluitend voor de versmarkt geteeld worden is oogstvervroeging geen optie, omdat continu levering gedurende het hele seizoen gewenst is en omdat deze gewassen maar beperkt bewaard kunnen worden. Chinese kool bewaarteelt is een nateelt gewas na graanteelt en heeft daarom ook geen mogelijkheid tot voorvervroeging.

Bij sluitkool zijn er in principe mogelijkheden om vroeger te oogsten. Omdat de oogstcapaciteit beperkt is, is het raadzaam om de oogstperiode eerder te starten met bijvoorbeeld 1-2 weken. Daar hangen wel extra kosten aan, afhankelijk van de groeidiur van de rassen en het afzetdoel. (Tabel 16). De minst kostbare maatregel is eerder planten en eerder oogsten van kool voor de industrie. Voor bewaarkool is eerder planten onder afdekking het enige, maar te kostbare alternatief.

Tabel 16. Overzicht van teeltmaatregelen waarmee de oogstperiode van sluitkool ten opzichte van de huidige periode twee weken vervroegd kan worden.

Stuurbare vervroegingsfactoren	Dagen vervroeging	Opbrengsteffect	Kosten (€/ha)	Opmerking
Vroege rassen	nvt	nvt	nvt	Late rassen zijn niet zo maar voor vroege rassen in te ruilen
Vroeger planten <i>en eerder oogsten</i> met rassen met groeidiur van max. 130 dgn (planting half april)	14	neutraal	100 - 87	Industrie- en verse markt kool levering vanaf land, 2 wkn extra bewaarkosten
Vroeger planten onder afdekking en eerder oogsten: rassen met lange groeidiur (145 - 150 dgn) en planting in maart	10-14	neutraal	660	Folie en extra bewaarkosten
Lager plantgetal (20%)	5-7	20 t/ha	1800	Te duur voor praktijk
Lagere stikstofbemesting (20 - 30%)	circa 5 - 10	20 - 30%	3078 - 4617 bij bewaarkool	Te duur voor praktijk
Vroegtijdig oogsten				
<i>Bewaarkool</i>	10 - 14	5 - 10% lager	840 - 1590	Lagere opbrengst en extra
<i>Industriekool</i>	10 - 14	5 - 10% lager	334 - 579	Bewaarkosten; te duur voor praktijk

## 4.6 Witlofwortels

### 4.6.1 De teelt

In 2011 bedroeg het areaal witlof wortelen 3271 ha en in 2010 3016 ha. Witlofwortels worden in april/mei gezaaid en in de herfst gerooid. De meeste witlof wordt gezaaid tussen 5 en 25 mei afhankelijk van bekwaamheid van de bodem en de weersvooruitzichten. Voor een goede opkomst is een gemiddelde etmaaltemperatuur op zaaidiepte van 12 °C. gewenst. Dat is in een gemiddeld jaar rond 10 mei. De eerste, in september gerooide wortels van vroege rassen worden direct na het rooien opgezet voor de trek van witlof. De in oktober en november gerooide wortels van standaard rassen worden bij plus 0 °C of in het ijs bewaard om successievelijk in de winter en de daaropvolgende lente en zomer te worden opgezet voor de trek van witlof.

## 4.6.2 Mogelijkheden voor vervroeging

Teeltmaatregelen om het oogsttijdstip bij witlof te vervroegen kunnen zijn (een combinatie van) toepassing van vroege rassen, vroege grondsoorten, plantopkweek en uitplanten onder folie, vroeger zaaien, vroeger zaaien onder plastic afdekking en vroegtijdig oogsten.

### Vroege rassen voor late trek

De rasindeling bij witlof gaat naar geschiktheid voor de trekperiode. Daarbij worden van oudsher meerdere trekperiodes onderscheiden: de *zeer vroege trek* (lofoogst in augustus/september) van bedekte teelt van opgekweekte wortels of ter plaatse zaai en, de *vroege trek* met lofoogst eind september tot half december, de *middenvroeg* trek met lofoogst van half december tot eind april en de *late trek* met lofoogst van mei tot eind augustus. Vroege rassen leveren in een kortere groeiperiode een trekrijpe wortel dan late rassen.

Rassen zijn vaak te gebruiken voor 2 trekperiodes (bijvoorbeeld de vroege en middenvroeg trek, of de middenvroeg en late trek) (Kruistum, 1997). Voor de vroege trek worden dus in de praktijk vroege rassen gekozen. Keuze van vroege rassen voor de late trek geeft een slechte opbrengst en heeft dus geen zin.

### Vroege grondsoorten

Goed ontwaterde zandgronden en lichte zavelgronden warmen in het voorjaar sneller op waardoor witlof eerder gezaaid kan worden, het gewas sneller opkomt, sneller groeit en eerder trekrijpe wortels oplevert. Teelt op deze gronden levert bij zaai in de 2<sup>e</sup> helft van april binnen 20 weken (rond half augustus) trekrijpe wortels. Voor de vroege trek worden daarom vooral wortels van deze grondsoorten gebruikt. Voor latere trekken gebruikt men zwaardere grondsoorten (klei en zavel) omdat die een kwalitatief betere wortel opleveren die langer houdbaar is. Alle witlof op lichtere grondsoorten telen is dus geen optie.

### Combinatie van vroege rassen, vroege grondsoorten, papierkluitplant, warme opkweek, teelt onder bedekkingen met lager plantgetal

De grootste vervroeging wordt bereikt met bovengenoemde combinatie van maatregelen. Voor de zeer vroege trek wordt half maart op paperpots gezaaid en warm opgekweekt bij 16-18 °C. De teelt op paperpots wordt uitgeplant op vroege grondsoorten tussen 20 en 30 april onder folie of vliesdoek en bij een lager plantgetal dan standaard. Met deze teeltwijze wordt een vervroeging bereikt van 4 tot 5 weken en ze geeft eind juli begin augustus trekrijpe wortels. Wel is de witlofopbrengst van deze trek 17% lager. Ook zijn de opzetbare wortels minimaal twee keer zo duur door de warme opkweek, gebruik van papierkluitplant, het uitplanten en afdekken. Warme opkweek in kluitplant kost € 0,01 meer. Dat is al € 1800. Daarnaast kost afdekking € 578 per ha aan materiaal. Verder vraagt deze teeltwijze meer arbeid voor uitplanten en afdekken. Deze meerkosten zijn te hoog voor de praktijk en deze teeltwijze is voor het in dit rapport beoogde vervroegingsdoel niet haalbaar. Voor deze trekperiode eind juli begin augustus wordt daarom in de praktijk als alternatief uitgegaan van lang bewaarde wortels.

### Vroeger ter plaatse zaai onder afdekking met late rassen

In de praktijk wordt voor de vroege trek vanaf 2<sup>e</sup> helft april ter plaatse gezaaid met een lagere plantdichtheid dan normaal en vervolgens wordt de grond afgedekt met geperforeerd folie of vliesdoek. Dat kan ook voor de latere trek bij normaal plantgetal. Dat kost € 578 per ha aan materiaal. Het geeft een *vervroeging van 10 - 14 dagen*. Afdekking verhoogt de grondtemperatuur 1 - 2 °C, verbetert daardoor de opkomst en beperkt het aantal schieters.

### Teelt op ruggen

Teelt op ruggen wordt bij witlof vooral gedaan om ook op zwaardere kleigronden de wortels gemakkelijker te kunnen rooien. De laatste jaren wordt ook op lichtere zavelgronden steeds meer op ruggen geteeld om gemakkelijker en, na

regenval, eerder te kunnen rooien. In tegenstelling tot aardappelen is niet bekend of ruggenteelt een vervroegings-effect heeft.

### **Plantdichtheid verlagen**

Verlagen van de plantdichtheid wordt voor de vroegste trekken al standaard gedaan. Volgens de teelthandleiding (Kruistum, 1997) geeft maximalisatie van het aantal wortels in diameterklasse van 4-5 cm gemiddeld het beste trekresultaat en het hoogste economisch rendement. Bij verlaging van de plantdichtheid groeit de plant sneller omdat er minder concurrentie is voor voedingsstoffen en vocht en omdat meer straling opgevangen kan worden. Voor de eerste trek in het seizoen die in de praktijk nu gangbaar is (eind aug./begin sept.) wordt daarom een lager plantgetal gebruikt, tussen de 170 - 180.000 stuks per ha. Dit om een eerdere trekrijpheid te verkrijgen. Het plantgetal loopt op naar 200.000 - 220.000 stuks per ha voor de overige vroege trek (opzetten half sept. - half okt.) en naar 220 - 240.000 stuks/ha voor de latere trekken. Door de variatie in plantdichtheid komt het aantal opzetbare wortels op 126.000 stuks/ha voor de zeer vroege trek, 135.000 stuks voor de vroege trek en 140.000 stuks voor de latere trekken. Lagere plantgetallen voor vroegste trek kosten dus 10% opzetbare wortels en voor de vroege trek 3,5% opzetbare wortels vergeleken met de latere trekken.

### **Vroegtijdig oogsten**

*Vroegtijdig oogsten* van de wortels zonder vervroeging van de teelt is bij witlof geen optie. Het kost niet alleen wortelproductie maar men loopt ook grote kans op slechte resultaten of mislukken van de trek.

Voor de zeer vroege trek gaat men uit van een minimaal benodigde groeiduur van 20 weken en vroegst mogelijke rooi rond half augustus. Dat kan alleen bereikt worden bij zaai in maart onder afdekking. Voor de middelvroeg en late trek wordt een wortelgroei van 23 - 24 weken aangehouden en wordt er gerooid in oktober - november. Bij zaai in week 20 (half mei) komt men dan uit op rooi in week 43 - 44. Onder gunstige omstandigheden zou een week eerder gezaaid kunnen worden en na vlotte groei zou in de herfst een week eerder geoogst kunnen worden, waarmee 14 dagen vervroeging wordt bereikt. Maar dat is erg weersafhankelijk en je kunt daarop niet een oogst vooraf plannen.

## **4.6.3 Conclusies**

Zoals Tabel 17 laat zien is vervroeging van de oogst van witlofwortelen wel mogelijk maar dat brengt in de goedkoopste optie € 578 extra kosten met zich mee voor teelt onder afdekking.

Tabel 17. *Overzicht van teeltmaatregelen waarmee een extra vervroeging van het oogsttijdstip bij witlof bereikt kan worden.*

Stuurbare vervroegingsfactoren	Dagen vervroeging	Opbrengst- effect	Kosten (€/ha)	Opmerking
Vroege rassen voor late trekperioden	nvt	nvt	nvt	Rassen zijn specifiek voor de trekperioden. Vroege rassen voor late trek is niet mogelijk
Vroege grondsoorten	nvt	nvt	nvt	In de praktijk worden al vroege gronden voor vroege trek gebruikt. Voor late trek zijn vroege gronden minder geschikt
Opkweek in papierkluitplant, uitplant onder bedekking en lager plantgetal gecombineerd	28-35	25% lager	Minimaal 2378	Te duur voor praktijk, niet haalbaar
Vroege zaai onder plastic afdekking met vroege rassen en lager plantgetal	14	10% lager	578	Is al praktijk; extra kosten is afdekking
Vroege zaai onder plastic afdekking met late rassen en gelijk plantgetal	10 - 14	neutraal	578	Extra kosten van afdekking; excl. 14 dgn bewaarkosten
Teelt op ruggen	?	neutraal		Op zwaardere gronden wordt voor de latere trekken de wortels op ruggen geteeld. Een vervroegingseffect t.o.v. volveldsteelt is niet duidelijk, maar mag wel worden verwacht
Plantdichtheid verlagen	nvt	3,5 - 10%		Wordt al door praktijk gedaan voor vroege trek
Vroegtijdig oogsten zonder eerdere zaai	nvt	nvt	nvt	Geeft onrijpe wortels die slecht te trekken zijn

## 4.7 Cichoreiwortel

### 4.7.1 De teelt

Het areaal cichorei wortelen bedroeg in 2010 ruim 4.686 ha en was 2011 teruggevallen naar 3.300 ha. Het areaal cichorei wortelen is de laatste jaren sterk dalende. Cichoreiwortels worden geteeld voor de productie van inuline, een bestanddeel in de wortels. De teelt van cichorei speelt zich deels af op zandgrond met circa 700 - 800 ha in Drenthe en Oost-Brabant. De rest van de teelt komt verspreid over het land op verschillende grondsoorten voor. Cichorei wortelen worden zo vroeg mogelijk gezaaid zodra de vereiste bodemtemperatuur en bekwaamheid van de grond dat mogelijk maken, omdat een lang groeiseizoen gunstig is voor de gewasopbrengst. Gemiddeld is dat rond 10 april (Rassenlijst 2011). Evenals bij suikerbieten blijft de wortelopbrengst van cichorei in de herfst nog toenemen tot half november. De oogstcampagne voor cichorei start begin september en gaat door tot circa half november. Het streven is om de wortels voor de nachtvorstperiode uit de grond te hebben omdat bij te koude nachten de inuline ketens worden afgebroken (persoonlijke mededeling L. v.d. Brink, 2012). Lange opslag is geen optie vanwege te veel verliezen en kans op broei aan de hoop. Korte opslag van enkele weken is mogelijk. De verwerkingscampagne wordt beëindigd vóór kerstmis.

## 4.7.2 Mogelijkheden voor vervroeging

Teeltmaatregelen waarmee mogelijk een vroeger oogsttijdstip bij cichorei wortelen bereikt kan worden zijn: (een combinatie van) toepassing van vroege rassen, vroege grondsoorten, zaad primen, vroeger zaaien en zaai onder afdekking. Vroeger oogsten is mogelijk maar kost opbrengst.

### Vroege rassen

De beoordelingsverschillen op vroegheid tussen de aanbevolen rassen zijn niet groot en variëren van 6,5 tot 7,5 bij schaal 1 - 9. Eén punt vroegheidsverschil staat voor circa 4 - 5 dagen (persoonlijke mededeling L. v.d. Brink, 2012). De 2 vroegste rassen met beoordeling van 7,5 (Bronze en Belcanto) hebben een mindere schotresistentie. Andere eigenschappen als wortelopbrengst en inulinegehalten maken dat het ras Bronze wel een goede geldelijke opbrengst (relatief 102) scoort en Belcanto minder (relatief 99). Bij keuze van een vroeg ras dient dus sterk gekeken te worden naar de andere eigenschappen. Latere rassen als Diabolus (vroegheid 7) en Fugato (vroegheid 6,5) scoren qua geldelijke opbrengst beter met relatieve opbrengsten van 103 en 105. Keuze van *vroege* rassen geeft dus 1 – 3% minder geldopbrengst. Dat is € 32 tot € 97. De extra vervroeging die daarmee bereikt wordt is dus beperkt tot enkele dagen.

### Vroege grondsoorten

Goed ontwaterde zandgronden en lichte zavelgronden warmen sneller op waardoor eerder gezaaid kan worden, de opkomst sneller en uniformer verloopt, en het gewas sneller groeit. Veel cichorei wordt al gezaaid op zand- en dalgronden. Daarom wordt verwacht dat verlegging van de teelt naar regio's met lichtere gronden geen optie is om oogstvervroeging te bereiken.

### Zaad primen

Primen (voorkiemen en weer terug drogen) van zaazaad gaf een snellere veldopkomst. Het vervroegingseffect is 1 – 2%, wat bij een groeiduur van 231 dagen (1 april - 15 nov) neerkomt op 2 - 4 dagen. Primen gaf ook een verhoging van het plantaantal. De kosten van het zaad primen zijn niet exact bekend omdat het in de praktijk nog niet wordt toegepast. Uitgegaan wordt voorlopig van € 100 /ha meer zaadkosten voor primen.

### Vroeger zaaien

In de praktijk worden de rassen al zo vroeg als mogelijk gezaaid. Er wordt gestreefd naar zaai rond 10 april. Bij vroege zaai, ca. half maart, nam in proeven de kans op schieters aanmerkelijk toe, ook bij rassen met een goede schieterresistentie. Vervroeging van het zaaitijdstip van begin april naar half maart gaf gemiddeld over de jaren slechts een geringe opbrengstverhoging van 0,4%. Later in april zaaien kost gemiddeld 2 ton opbrengst per ha. Zaaien kan alleen als de grond geschikt is en de bodemtemperatuur minimaal van 10 °C is. Gemiddeld nog vroeger zaaien dan nu is geen optie om oogstvervroeging te bereiken.

### Vroeger zaaien onder afdekking en directe levering

Zoals bij de witlofteelt zou cichorei geteeld kunnen worden onder afdekking (vliesdoek of folie) en daarmee eerder gezaaid kunnen worden. Afdekking geeft gemiddeld een 1 - 2 °C hogere grondtemperatuur waardoor de opkomst zekerder wordt en de begingroei versneld. Veertien dagen eerder zaaien is gemiddeld mogelijk. De kosten van folie zijn € 578. Teelt onder afdekking in stuifgevoelige gebieden (dalgronden Drenthe) spaart ook een antistuij maatregelen uit wat een besparing van € 200 per ha kan geven.

### Zaad primen + vroege zaai onder afdekking bij directe levering

De combinatie van deze maatregelen maakt een vervroeging mogelijk van 16 - 18 dagen en kost € 478 - € 678 (kosten primen, afdekking en al dan niet uitsparen van antistuij maatregelen).

### Zaad primen+ vroege zaai onder afdekking en tijdelijke opslag

In geval dat de verwerkingscampagne (om welke logistieke reden dan ook) niet gelijktijdig met de vervroegde oogst gestart kan worden, dan zouden de wortels tijdelijk 14 dagen opgeslagen kunnen worden. Bij tijdelijke opslag nemen de ademhalingsverliezen sterk toe naarmate de temperatuur waarbij wortels bewaard worden hoger is. Bij korte opslag van 14 dagen zijn de verliezen beperkt. Uitgaande van dezelfde kosten van verliezen als bij suikerbieten van 7 cent per ton per dag zou 14 dagen bewaring van 46 ton/ha uitkomen op € 45. De combinatie van deze maatregelen maakt een vervroeging mogelijk van 16 - 18 dagen en kost € 523 - € 623 (kosten primen, afdekking en al dan niet uitsparen van antistuijf maatregelen en verlies bij tijdelijke opslag).

### 4.7.3 Conclusies

Het is waarschijnlijk mogelijk om de oogst van cichorei een week te vervroegen door gebruik van de vroegste rassen en geprimed zaad. De kosten hiervan zijn naar schatting ca. 150 €/ha. Zoals onderstaande Tabel 18 laat zien is ook 16 - 18 dagen vervroeging van de oogst van cichorei mogelijk maar brengt dat in de goedkoopste optie € 478 - € 678 extra kosten met zich mee vanwege teelt onder afdekking als direct geleverd kan worden. Bij 14 dagen extra bewaring worden de kosten minimaal € 45.

Tabel 18. *Overzicht van teeltmaatregelen waarmee een vervroeging van het oogsttijdstip bij cichorei bereikt kan worden.*

Stuurbare vervroegingsfactoren	Dagen vervroeging	Opbrengsteffect	Kosten (€/ha)	Opmerking
Vroege rassen	4 - 5	1 - 3% lager	32 - 97 lager saldo	
Vroege grondsoorten	nvt	nvt	nvt	De praktijk teelt al op vroege zand- en dalgronden
Zaad primen	2-4	Neutraal	100	
Vroeger zaaien	nvt	nvt	nvt	De praktijk zaait al zo vroeg mogelijk
Vroege zaai onder afdekking + directe levering wortels	14	Neutraal	378 - 578	Kosten afdekking € 578 Op stuifgevoelige gronden worden antistuijf maatregelen uitgespaard € 200
Zaad primen + vroege zaai onder afdekking bij directe levering	16 - 18	Neutraal	478 - 678	Kosten afdekking € 578 Kosten primen € 100 Besparing anti stuif- maatregelen € 200
Zaad primen + vroege zaai onder afdekking en tijdelijke bewaring 14 dagen	16 - 18	Minder winbare inuline	523 - 623	Kosten afdekking € 578 Kosten primen € 100 Besparing anti stuif- maatregelen € 200 Verlies bij 14 dgn opslag € 45

## 4.8 Samenvatting van realistische teeltkundige mogelijkheden per gewas

### *Snijmais*

Door gebruik van zeer vroege rassen in plaats van vroege rassen kan een week eerder dan de normale startdatum van 15 september begonnen worden met de oogst. De kosten hiervan zijn enig productieverlies ter waarde van ca. 50 - 80 €/ha. Er zijn nieuwe vroege rassen op komst die productiever zijn. Er van uitgaande dat de vroegheidsindeling van de rassen naar rato ook voor de andere gronden geldt, is deze maatregel voor het gehele areaal van toepassing. Twee weken eerder oogsten is mogelijk door onder plastic te zaaien. Hierbij treedt geen verlies van opbrengst op. De kosten bedragen ca. 200 €/ha.

### *Consumptieaardappel*

Door meer gebruik te maken van zeer vroege rassen en door verbetering van de kwaliteit van het voorgekiemde pootgoed kan waarschijnlijk ten minste een week en misschien twee weken eerder dan de normale startdatum van de oogst begonnen worden. De kosten hiervan zijn waarschijnlijk beperkt, maar op dit moment niet goed in te schatten. Bij consumptieaardappelen is het waarschijnlijk ook mogelijk om de einddatum van de oogst naar voren te halen door oogstrijpe aardappelen direct te oogsten en niet in de grond op het veld te bewaren zoals nu vaak gebeurd.

### *Pootaardappel*

Bij pootaardappelen moeten in principe allerlei rassen vermeerderd worden, dus rassenkeuze is hier geen optie. Verwacht wordt dat door verdere verbetering van de kwaliteit van het voorgekiemde pootgoed een week eerder dan normaal met de oogst begonnen kan worden.

### *Zetmeetaardappel*

Gewoonlijk worden bij de AVEBE al voormalers geleverd vanaf 7 augustus. In deze verkenning kon geen duidelijk beeld verkregen worden van de mogelijkheden om ook hier eerder met oogsten te beginnen en wat daarvan eventueel de kosten zouden zijn. Daarom is in deze verkenning de hoofdperiode van levering aangehouden in de veronderstelling dat vervroeging of intensivering van de levering van voormalers mogelijk is.

### *Suikerbiet*

Bij suikerbieten gaat eerder beginnen met oogsten gepaard met opbrengstverlies en mogelijk slechtere winbaarheid van de suiker. Er wordt in deze verkenning van uit gegaan dat oogstvervroeging realistisch is mits ook de campagne van de suikerfabrieken vervroegd wordt. De kosten van extra opbrengstverliezen (bovenop het opbrengstverlies dat al op 1 september optreedt) bedragen 128 en 256 €/ha voor respectievelijk 1 en 2 weken oogstvervroeging.

### *Waspeen*

De levering van de bulk van de waspeen aan de industrie (van 1 juli tot 15 november) zou relatief eenvoudig en zonder kosten vervroegd kunnen worden door keuze van vroegere rassen zoals nu al voor de vroege teelt gebeurd. Of dit realistisch is hangt vooral af van de mogelijkheden van de industrie om de verwerking ook naar voren te schuiven. Als dit niet kan zal vervroeging gepaard gaan met bewaarkosten (per week 212 €/ha) en daarmee veel minder realistisch worden.

### *Grove peen*

Standaard begint de oogst van grove peen op 1 september, maar een beperkt aantal telers op lichtere gronden leveren al verse grove peen vanaf 15 augustus door toepassing van zeer vroeg zaaien, vroege rassen en wellicht

geprimed zaad. Als aangetoond kan worden dat de risico's hiervan acceptabel zijn zou dit op grotere schaal toegepast kunnen worden, waardoor minder areaal ingezaaid hoeft te worden met bewaarrassen, die meestal als laatste oogstrijp zijn. De kosten hiervan kunnen beperkt zijn tot het gebruik van geprimed zaad (70 €/ha).

#### *Sluitkool, industrie*

Door vroeger te planten en vroege rassen te gebruiken is het in principe mogelijk om 1 tot 2 weken vóór het huidige begin van de kooloogst (15 augustus) te beginnen met de oogst en levering aan de industrie. De kosten daarvan zijn laag als de industrie ook eerder met de campagne begint. Bij gelijkblijvende campagne van de industrie blijft het voor individuele telers mogelijk vroeger dan normaal te oogsten en daarna het product 1 tot 2 weken te bewaren tot aflevering. De kosten zijn dan ca. 50 €/ha per week bewaring.

#### *Sluitkool, bewaar*

Voor de bewaring zijn alleen latere rassen geschikt. Vervroeging van het begintijdstip van de oogst lijkt ook niet logisch omdat dan nog volop verse sluitkool verkrijgbaar is. Door vervroegen van het begintijdstip van de levering van verse sluitkool (d.w.z. vóór 1 juli) zou de noodzaak om kool lang te bewaren vervallen en zou het areaal bewaarkool verminderd kunnen worden ten gunste van de vroege verse kool. De mogelijkheden om de levering van verse sluitkool te vervroegen zijn echter niet verkend.

#### *Witlofwortel*

De eerste oogst van witlofwortels is normaal rond 15 augustus op zand en rond 1 september op klei. Voor de specialistische markt kunnen deze data vervroegd worden door afdekking bij de teelt. Voor toepassing op grotere schaal is dit echter te duur en daarom onrealistisch.

#### *Cichoreiwortel*

Het is waarschijnlijk mogelijk om de oogst van cichorei een week te vervroegen door gebruik van de vroegste rassen en geprimed zaad. De kosten hiervan zijn naar schatting ca. 150 €/ha. Ook 16 - 18 dagen vervroeging van de oogst van cichorei is mogelijk door teelt onder afdekking, maar dit is vanwege de kosten niet realistisch.

De teeltkundige mogelijkheden en kosten om het begintijdstip van de oogst te vervroegen zijn per gewas samengevat en weergegeven in Tabel 19. Uit de tabel blijkt dat een oogstvervroeging van 7 en/of 14 dagen voor een aantal teelten wel mogelijk is binnen de gestelde kosten. Voor zetmeelaardappelen kon in het kader van dit project geen duidelijkheid verkregen worden. Bij bewaarkool en witlofwortel is oogstvervroeging niet realistisch omdat de kosten hoog zijn.



Tabel 19. *Huidige tijdvensters voor de oogst van de diverse gewassen, de kosten van 1 of 2 weken vervoeging tot vóór het huidige tijdvenster, indien realistisch, en het deel van het areaal waarop deze vervoeging betrekking heeft.*

Gewas	Huidig tijdvenster	Kosten van vervoeging (€/ha)		Deel van het areaal waarop vervoeging betrekking heeft (%)	
		1 week	2 weken	1 week	2 weken
Snijmaïs	15/09 - 15/10	50 - 80	200	19	32
Aardappel, cons-	1/09 - 15/10	mogelijk, kosten onbekend	mogelijk, kosten onbekend	19	32
Aardappel, poot-	15/08 - 15/09	mogelijk, kosten onbekend	-	18	-
Aardappel, zetmeel-	15/09 - 15/10	?	?	19	32
Suikerbieten	1/09 - 15/11	128	256	8	16
Waspeen, hoofd-seizoen	1/07 - 15/11	0	0	5	10
Grove peen	1/09 - 15/11	70	70	8	16
Sluitkool, industrie	15/08 - 15/11	0	0	7	13
Sluitkool, bewaar	1/10 - 15/11	niet realistisch	niet realistisch	-	-
Witlofwortel, klei	1/09 - 01/12	niet realistisch	niet realistisch	-	-
Witlofwortel, zand	15/08 - 01/11	niet realistisch	niet realistisch	-	-
Cichoreiwortel	1/09 - 15/11	150	niet realistisch	8	-

## 4.9 Oogstvervroeging en afzet

### *Systematische vervoegingsmogelijkheden afhankelijk van de soort afzet*

Als de oogst van producten vervoegd wordt zal dit moeten matchen met de afzet van de producten. We onderscheiden hierbij producten voor de versmarkt, voor verwerking door de industrie en voor bewaring voor later gebruik en afzet. Daarnaast speelt een rol of het (Nederlandse) product alleen in het seizoen of jaarrond in de schappen van de supermarkt moet liggen.

### *Producten voor de versmarkt*

Bij producten die direct van het land vers op de markt afgezet worden (primeuraardappelen, bospeen, een deel van de grove peen, bloemkool, broccoli, spruitkool, een deel van de witte/rode kool) wordt er in het algemeen naar gestreefd om zo lang mogelijk het Nederlandse product op de schappen te hebben. Als oogstvervroeging in versteelten bereikt kan worden (door eerder te beginnen met de oogst) is dit gunstig omdat daardoor de periode van verse levering verlengd kan worden. Het meest waarschijnlijk is dat daardoor de afzet vergroot kan worden, waarbij uitwisseling van areaal met andere gewassen plaats vindt en uiteindelijke effecten van de vervoeging op bodemstructuur en mogelijkheden voor groenbemesters niet te voorspellen zijn. Een uitzondering vormt misschien verse grove peen als we aannemen dat door uitbreiding van de beschikbaarheid van verse peen vroeg in het seizoen een deel van de bewaarteelt (late teelt) overbodig wordt en systematische oogstvervroeging van grove peen daadwerkelijk kan worden bereikt. Ook voor vervoeging van verse sluitkool is dit wellicht van toepassing omdat dan een deel van de late teelten van bewaarkool overbodig zouden kunnen worden. Effecten wat betreft prijs en afzet van de producten van huidige primeurteelten konden in de verkenning niet meegenomen worden.

### *Producten voor de industrie*

Bij producten die aan de industrie geleverd worden (zetmeel aardappel, suikerbieten, waspeen, een deel van de sluitkool, cichoreiwortel) heeft de teler te maken met de oogstcampagne, d.w.z. een door de industrie bepaalde tijd

waarin het product geleverd kan worden. Oogstvervroeging zonder extra bewaarkosten is daarom alleen realistisch als de industrie daaraan meewerkt. Bij verschillende producten is al een prijsstaffel voor vroege en late levering. Deze methode zou mogelijk ook ingezet kunnen worden om de kosten van oogstvervroeging te verdelen over alle telers.

## 5. Effect van oogstvervroeging op de mogelijkheden voor groenbemesters

In Tabel 20 wordt per gewas voor de huidige situatie en voor 1 en 2 weken oogstvervroeging, voor zover als realistisch beschouwd, aangegeven uit hoeveel groenbemesters als volggewas gekozen kan worden, in de eerste week na het begin van de oogst en gemiddeld over de hele oogstperiode.

Tabel 20. Gewogen gemiddelde van het aantal groenbemesters (uit Figuur 3) waaruit gekozen kan worden van het begintijdstip tot het eindtijdstip van de oogst, nu en bij de verschillende realistische vervroegingsvarianten.

Gewas	Huidig tijdvenster voor de oogst	Aantal mogelijke groenbemesters in de eerste oogstweek en / gemiddeld over de gehele oogstperiode		
		huidig tijdvenster	1 week vroeger	2 weken vroeger
Maïs	15/09 - 15/10	2 / 1,5	4 / 2,0	4 / 2,3
Aardappel, cons-	1/09 - 15/10	4 / 2,3	5 / 2,7	5 / 3,0
Aardappel, poot-	15/08 - 15/09	5 / 4,5	8 / 5,2	-
Aardappel, zetmeel-	15/09 - 15/10	2 / 1,5	4 / 2,0	4 / 2,3
Suikerbiet *	1/09 - 15/11	4 / 1,8	5 / 2,2	5 / 2,6
Waspeen **	1/07 - 15/11	13 / 5,1	12 / 5,5	12 / 5,8
Grove peen	1/09 - 15/11	8 / 3,1	11 / 3,7	11 / 4,1
Sluitkool, industrie	15/08 - 15/11	5 / 4,5	8 / 5,2	8 / 5,7
Sluitkool, bewaar	1/10 - 15/11	1 / 1,0	-	-
Witlofwortel, klei	1/09 - 01/12	4 / 1,7	-	-
Witlofwortel, zand	15/09 - 01/11	5 / 2,6	-	-
Cichoreiwortel *	1/09 - 15/11	4 / 1,8	5 / 2,2	-

\* Voor suikerbieten is aangenomen dat de duur van de oogstperiode gelijk blijft.

\*\* Exclusief onderdekkerspeen.

Oogstvervroeging levert een grotere keuzemogelijkheid voor groenbemesters op in vergelijking met de huidige situatie. Bovendien zal de drogestofopbrengst van groenbemesters hoger zijn als ze door oogstvervroeging eerder ingezaaid kunnen worden.

De telers die vervroegen tot vóór het huidige begin van de oogst kunnen nog 1 tot 3 meer soorten groenbemesters zaaien dan in de huidige situatie. Bij grove peen zouden bij vervroeging tot vóór 1 augustus nog klavers ingezaaid kunnen worden en bij pootaardappel en industriekool kunnen bij oogstvervroeging tot vóór 15 augustus nog wikke of facelia ingezaaid worden. Bij maïs en zetmeelaardappelen kunnen de telers bij vervroeging tot vóór 15 september nog een snelle, niet-winterharde groenbemester (bladrammenas of gele mosterd) of een groenvoedergewas (winterrogge of Westerwolds raaigras) inzaaien. Bij een niet te strenge winter kunnen deze groenvoedergewassen volgens de rassenlijst akkerbouwgewassen 2.400 – 2.500 kg/ha droge stof opleveren.

Kwantificeren van de baten van groenbemesters voor de bodemstructuur was niet mogelijk in het kader van deze studie.



## 6. Effect van oogstvervroeging op de natheid van de bodem bij de oogst

### 6.1 Bouwvoor

In Tabel 21 wordt het aantal werkbare dagen weergegeven voor het huidige tijdvenster voor de oogst en, voor zover realistisch, bij 1 en 2 weken vervroeging van de oogst. We zijn er hierbij uitgegaan van vervroeging van de startdatum van de oogst en ongewijzigd laten van het eindtijdstip.

De toename van het aantal werkbare dagen door oogstvervroeging is in ten minste 50% van de jaren (het gemiddelde aantal werkbare dagen) 5 tot 6 dagen bij 1 week vervroeging en 10 – 12 dagen bij twee weken vervroeging, afhankelijk van het gewas. Een vergelijkbare toename in ten minste 80% van het aantal jaren (het 80 procent percentiel) is 2 tot 3,5 dagen bij 1 week vervroeging en 4 tot 7 dagen bij twee weken vervroeging.

Het voordeel van meer beschikbare werkbare dagen voor de bodemstructuur is dat hieruit de dagen met de droogste grond gekozen kunnen worden en dat er in meer jaren voldoende dagen zijn om tijdig en onder goede omstandigheden te kunnen oogsten. Dit voordeel is niet specifiek voor de telers die door aanpassing van de teelt extra vroeg oogsten mogelijk maken en is voor deze groep telers moeilijk te kwantificeren.

Tabel 21. Aantal werkbare dagen in de oogstperiode in 50% en 80% van de jaren, voor diverse gewassen en voor tijdvensters met en zonder realistisch mogelijke vervroeging.

Gewas	Huidig tijdvenster	In 50% van de jaren			In 80% van de jaren		
		huidig venster	1 week vroeger	2 weken vroeger	huidig venster	1 week vroeger	2 weken vroeger
Snijmais	15/09 - 15/10	22	28	34	10	12,5	15
Aardappel, cons-	01/09 - 15/10	34	40	46	15	17	19
Aardappel, poot-	15/08 - 15/09	24	29	-	9	12,5	-
Aardappel, zetmeel-	15/09 - 15/10	22	28	34	10	12,5	15
Suikerbieten	1/09 - 15/11	51	57	63	19	21	23
Waspeen,	1/07 - 15/11	95	101	107	42	44	46
hoofdseizoen							
Grove peen	1/09 - 15/11	73	78,5	84	30	32,5	35
Sluitkool, industrie	15/08 - 15/11	63	68	73	23	26,5	30
Sluitkool, bewaar	1/10 - 15/11	28	-	-	8	-	-
Witlofwortel, klei	1/09 - 01/12	54	-	-	19	-	-
Witlofwortel, zand	15/08 - 01/11	57	-	-	23	-	-
Cichoreiwortel	1/09 - 15/11	51	57	-	19	21	-

### 6.2 Ondergrond

Zoals eerder besproken wordt verwacht dat op goed gedraineerde gronden de ondergrond eind juli droog is, dat het vochtgehalte vanaf 1 augustus tot 1 september nog wat afneemt en daarna langzaam toeneemt tot winterse waarden (veldcapaciteit of natter). In Tabel 22 is het gemiddelde cumulatieve neerslagtekort in de eerste week van de oogstperiode en in de gehele oogstperiode per gewas weergegeven voor het huidige tijdvenster voor de oogst en voor de situatie met 1 en 2 weken oogstvervroeging, voor zover realistisch.

Tabel 22. Gemiddeld cumulatief neerslagtekort<sup>1</sup> (in mm) in de eerste week van de oogstperiode en in de totale oogstperiode voor diverse gewassen en voor tijdvensters met en zonder realistisch mogelijke vervroeging, als indicator voor de natheid van de ondergrond.

Gewas	Huidig tijdvenster	Gemiddeld in de eerste week			Gemiddeld in de totale oogstperiode		
		huidig venster	1 week vroeger	2 weken vroeger	huidig venster	1 week vroeger	2 weken vroeger
Snijmaïs	15/09 - 15/10	111	117	122	101	104	107
Aardappel, cons-	01/09 - 15/10	122	116	110	107	108	109
Aardappel, poot-	15/08 - 15/09	110	103	-	116	113	-
Aardappel, zetmeel-	15/09 - 15/10	111	117	122	101	104	107
Suikerbieten	1/09 - 15/11	122	116	110	87	90	92
Waspeen, hoofdseizoen	1/07 - 15/11	67	61	56	90	88	86
Grove peen	1/09 - 15/11	97	90	82	93	93	92
Sluitkool, industrie	15/08 - 15/11	110	103	97	92	93	93
Sluitkool, bewaar	1/10 - 15/11	100	-	-	70	-	-
Witlofwortel, klei	1/09 - 01/12	122	-	-	76	-	-
Witlofwortel, zand	15/08 - 01/11	110	-	-	101	-	-
Cichoreiwortel	1/09 - 15/11	122	116	-	87	90	-

<sup>1</sup> Bron: KNMI, normalen 1971-2000, gebaseerd op stations De Kooy, De Bilt, Eelde, Vlissingen en Maastricht.

Voor de telers die de oogst vervroegen tot vóór de huidige startdatum van de oogstperiode is het cumulatieve neerslagtekort in de eerste oogstweek relevant voor de bodemomstandigheden in de ondergrond. Als de vervroeging betrekking heeft op een datum vóór 1 september is het cumulatieve neerslagtekort in de eerste oogstweek wat lager dan normaal (de ondergrond is nog iets natter); het neerslagtekort is dan 6 tot 7 mm lager bij 1 week vervroeging en 11 tot 15 mm bij 2 weken vervroeging. Oogstvervroeging is dan dus contraproductief als het gaat om oogsten onder droge omstandigheden in de ondergrond. Als de vervroegde startdatum van de oogst na 1 september ligt neemt het cumulatieve neerslag tekort in de eerst week van de oogst 6 mm toe bij 1 week vervroeging en 11 mm toe bij 2 weken vervroeging. Deze drogere omstandigheden in de ondergrond zijn relevant voor snijmaïs en zetmeelaardappelen.

Een indicatie van het gemiddelde effect van oogstvervroeging in de ondergrond voor alle telers is het gemiddelde cumulatieve neerslagtekort over de gehele oogstperiode. De verandering in deze waarde varieert van licht negatief een 6 mm hoger tekort (ondergrond iets droger) tot een 4 mm lager tekort (ondergrond iets natter). Gemiddeld drogere omstandigheden in de ondergrond worden vooral bereikt bij snijmaïs, zetmeelaardappelen en suikerbieten.

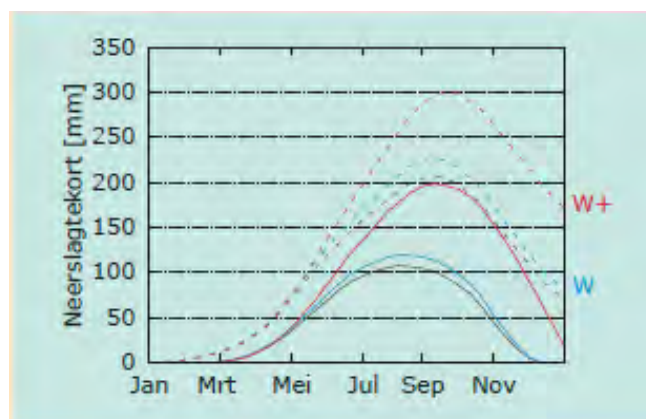
## 7. Verwachte effecten van klimaatverandering

In de meest recente informatie van KNMI'06 scenario's voor klimaatverandering wordt in Nederland rekening gehouden met 4 klimaatscenario's. Twee scenario's houden alleen rekening met wereldwijde temperatuurstijgingen van 1 en 2 graden in 2050 ten opzichte van 1990 (scenario's G en W). Door de opwarming van de aarde wordt voorspeld dat de totale hoeveelheid neerslag en de verdamping toe zullen nemen. Bij de twee andere scenario's (G+ en W+) wordt ook rekening gehouden met verandering van de luchtstromingen in Europa, die zullen leiden tot warmere en drogere zomers en zachtere en nattere winters.

De voorspellingen voor de zomers hebben in de KNMI scenario's betrekking op de maanden juni, juli en augustus en voor de winters op de maanden december, januari en februari. De gevolgen van de klimaatverandering in het voorjaar en de herfst zijn nog niet goed onderzocht (Van den Hurk *et al.*, 2006). Een uitvoerige studie naar de effecten van klimaatverandering op de bewerkbaarheid en een mogelijke verschuiving van het oogstseizoen kon niet binnen het kader van deze studie uitgevoerd worden. Hieronder wordt daarom slechts een eerste indruk gegeven van mogelijke effecten op de bewerkbaarheid en het cumulatieve neerslagtekort.

Rounsevell and Brignall (1994) suggereren dat de mogelijkheden om in Engeland in de herfst de grond te bewerken zullen verbeteren door de opwarming van de aarde, tenzij de hoeveelheid neerslag aanzienlijk zal toenemen (>15%). Voor de Nederlandse situatie is niet goed voorspeld hoe de neerslag in de maanden september, oktober en november in de verschillende scenario's zich zal ontwikkelen. Om die reden was het niet mogelijk om het effect op de bodemomstandigheden in de bouwvoor en daarmee het aantal werkbare dagen te voorspellen. In dit rapport is daarom uitgegaan van het verloop van de neerslag en zuigspanning in de bouwvoor zoals gerapporteerd door Buitendijk (1976) en Hokke en Tanis (1978).

Voor het mogelijke effect van klimaatverandering op het verloop van de bodemnatheid in de ondergrond is gekeken naar het verloop van het neerslagtekort in 50% van de jaren (gemiddeld) en in 90% van de jaren in scenario's W en W+. Hiervoor geeft het KNMI enkele data (Figuur 9). Voor scenario W zal het gemiddelde potentiële neerslagtekort aan het begin van het oogstseizoen (1 augustus) in 2050 wat toenemen ten opzichte van het historische klimaat, maar het neerslagtekort verdwijnt evenals in het huidige klimaat in november. De bodemnatheid van de ondergrond en daarmee ook het risico op verdichting van de ondergrond worden daarom waarschijnlijk beperkt lager in klimaatscenario W.



Figuur 9. Cumulatief neerslagtekort (= verschil tussen neerslag en potentiële verdamping) in Nederland voor het historische klimaat (1906 - 2000; zwarte lijnen), en klimaatscenario's W en W+ voor 2050 (KNMI, 2006). Voor elke datum geldt steeds dat het cumulatief neerslagtekort in 50% van de jaren onder de doorgetrokken lijn ligt en in 90% van de jaren onder de onderbroken lijn.

Voor scenario W+ neemt het potentiële neerslagtekort begin augustus gemiddeld flink toe en blijft ook na november nog bestaan. De verwachting is daarom dat de ondergrond tot in de winter relatief droog zal zijn, waardoor het risico van ondergrondverdichting aanzienlijk verminderd zal worden als ook de luchtstromingen in Europa gaan veranderen.

In tegenstelling tot het KNMI verwachten Kruijt *et al.* (2008) dat de gezamenlijke invloed van opwarming en toegenomen CO<sub>2</sub> concentratie in de atmosfeer op de evapotranspiratie en neerslagtekorten klein zullen zijn. In dat geval zou ook het effect op het risico van ondergrondverdichting klein zijn.



## 8. Conclusies

Op basis van de beperkt beschikbare data is de verwachting dat bij een jaarlijks terugkerende bodemverdichting in het najaar het opbrengstverlies van de gewassen kan oplopen tot circa 10%.

Om te voorkomen dat door oogstvervroeging kosten ontstaan voor benodigde extra capaciteit voor arbeid en machines, is oogstvervroeging gedefinieerd als het vervoegen van de oogst tot voor de startdatum van de huidige oogstperiode in combinatie met een gelijkblijvende einddatum. Oogstvervroeging is alleen realistisch als de kosten van vervoeging niet meer bedragen dan de baten uit hogere opbrengsten als gevolg van een betere bodemstructuur. De baten van 1 week vervoeging zijn gemiddeld circa € 150 per ha/jaar en bij 2 weken vervoeging op € 300 per ha/jaar.

Oogstvervroeging lijkt niet realistisch bij bewaarkool en witlofwortel. Een week vervoeging lijkt realistisch voor pootaardappel en cichoreiwortel en twee weken vervoeging lijkt realistisch voor snijmaïs, consumptieaardappel, zetmeelaardappel, suikerbiet, waspeen, grove peen en industriekool. De teeltmaatregelen om vervoeging te bereiken verschillen per gewas, maar concentreren zich op de toepassing van de vroegste rassen en nieuwe vroege rassen, eventueel gecombineerd met voorkiemen en zeer vroeg zaaien/planten met afdekking met plastic folie.

Telers die vroeger beginnen met de oogst kunnen eerder beginnen met het inzaaien van groenbemesters. Dit komt ten goede aan de bodem: groenbemesters houden voedingsstoffen vast en verbeteren de bodemstructuur via o.a. bodembedekking en toevoer van extra organische stof. Telers die vervoegen tot vóór het huidige begin van de oogst kunnen bovendien uit 1 tot 3 meer soorten groenbemesters kiezen dan in de huidige situatie. Kwantificeren van het effect van deze verruimde mogelijkheden voor inzaai van groenbemesters op de bodemstructuur was niet mogelijk.

Het aantal werkbare dagen in de totale oogstperiode is gebruikt als indicatie voor de kans dat onder goede bodemomstandigheden geoogst kan worden. De toename van het aantal werkbare dagen door oogstvervroeging bedraagt in tenminste 50% van de jaren bij 1 week vervoeging gemiddeld 5 tot 6 werkbare dagen en bij twee weken vervoeging 10-12 dagen. Het aantal extra werkbare dagen is per gewas verschillend. Een vergelijkbare toename in tenminste 80% van de jaren is 2 tot 3,5 dagen bij 1 week vervoeging en 4 tot 7 dagen bij 2 weken vervoeging.

Telers die de oogst vervoegen, kunnen te maken krijgen met een licht negatief of licht positief effect op de ondergrond. Oogstvervroeging in de periode vóór 1 september leidt gemiddeld over 30 jaar tot een wat minder droge ondergrond dan normaal: 6 tot 7 mm meer water in de ondergrond bij 1 week vervoeging en 11 tot 15 mm meer bij 2 weken vervoeging. Dit komt omdat er tot 1 september nog een neerslagtekort is, waardoor de ondergrond nog verder indroogt. Bij oogstvervroeging na 1 september ontstaat daarentegen een wat drogere ondergrond: 6 mm minder water bij 1 week vervoeging en 11 mm minder bij 2 weken vervoeging. Deze drogere omstandigheden zijn relevant voor oogstvervroeging bij snijmaïs en zetmeelaardappelen.

Doorvertaling van de effecten van oogstvervroeging naar vermindering van de structuurschade in het najaar, verbetering van de bodemstructuur en hogere gewasopbrengsten in de volgende seizoenen blijft complex. In dit rapport werd oogstvervroeging alleen realistisch beschouwd als de kosten daarvan gelijk of lager waren dan de geschatte baten. Daarom wordt verwacht dat de voorgestelde opties voor oogstvervroeging een positief effect zullen hebben op de bodemstructuur en het bedrijfsrendement.

Voor Nederland is niet duidelijk welk effect de klimaatverandering zal hebben op de neerslaghoeveelheden en de neerslagfrequentie in de maanden september, oktober en november. Voor de toplaag van de bodem, de bouwvoor, zijn mogelijke effecten van klimaatverandering op de bodemomstandigheden daarom niet te voorspellen. Voor de ondergrond geldt dat de klimaatverandering, afhankelijk van het klimaatscenario, waarschijnlijk zal leiden tot beperkte tot aanzienlijk drogere omstandigheden in de oogstperiode.



## 9. Tenslotte

In hoeverre de praktijk maatregelen om de oogst te vervroegen daadwerkelijk oppakt om gemiddeld onder betere omstandigheden te kunnen oogsten of om meer groenbemesters en vanggewassen te telen, is niet te voorspellen. De in dit rapport genoemde maatregelen zouden ook kunnen leiden tot de instelling van een nieuw optimum in de capaciteit van arbeid en machines, d.w.z. dat toename van het aantal werkbare dagen voor de oogst aanleiding kan zijn om dit met minder machines uit te voeren.

In dit project was het niet mogelijk om met de verwerkende industrie voldoende af te stemmen hoe realistisch vervroeging van de oogst is uit het oogpunt van verwerking en afzet, mede omdat de situatie voor elk gewas specifiek is. Aanbevolen wordt om bij eventuele vervolgstappen de mogelijkheden van oogstvervroeging alsnog af te stemmen met de industrie.



# Literatuur

- Alakukku, 1998.  
Properties of compacted fine-textured soils as affected by crop rotation and reduced tillage. *Soil Tillage Res.* 47: 83-89.
- Alakukku, L., 1996.  
Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. II. Long-term effects on the properties of fine-textured and organic soils. *Soil Tillage Res.* 37: 223-238.
- Alakukku, L., 2000.  
Responses of annual crops to subsoil compaction in a field experiment in clay soil lasting 17 years. In: Horn, R., Van den Akker, J.J.H. and Arvidsson, J. (eds.) Subsoil compaction: distribution, processes and consequences. *Advances in GeoEcology* 32, Catena Verlag, Reiskirchen, Germany, pp. 205-208.
- Alakukku, L., P. Weisskopf, W.C.T. Chamen, F.G.J. Tjink, J.P. van der Linden, S. Pires, C. Sommer & G. Spoor, 2003.  
Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction. A review. Part 1. Machine/soil interactions. *Soil Tillage Res.* 73: 145-160.
- Alblas, J., 1984.  
Groei en opbrengst van gewassen na diep losmaken. In: Inleidingen, Themadag effecten van diepe grondbewerking in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt. Lelystad, PAGV verslag 42: 70-82.
- Alblas, J., F. Wanink, J.J.H. van den Akker & H.M.G. van der Werf, 1994.  
Impact of traffic-induced compaction of sandy soils on the yield of silage maize in The Netherlands. *Soil Tillage Res.* 29: 157-165.
- Arvidsson, J., A. Trautner, J.J.H. van den Akker & Per Schjøning, 2001.  
Subsoil compaction caused by heavy sugarbeet harvesters in southern Sweden: II. Soil displacement during wheeling and model computations of compaction. *Soil Tillage Res.* 60: 79-89.
- Arvidsson, J. & I. Håkansson, 1996.  
Do effects of soil compaction persist after ploughing? Results from 21 long-term field experiments in Sweden. *Soil Tillage Res.* 39: 175-197.
- Baert, J. & L. Carlier, 1988.  
Kuilmâis, gezaaid onder plastic folie, in Vlaanderen. *Landbouwtijdschrift* 41, p. 1083-1092.
- Berge, H. ten & J. Postma, 2010.  
Duurzaam bodembeheer in de Nederlandse landbouw. Visie en bouwstenen voor een kennisagenda. Plant Research International, 126 pp. + bijlagen.
- Beuving, J., 1982.  
Onderzoek naar bodem- en waterhuishoudkundige gegevens voor invoer in en verificatie van een model voor berekening van de effecten van de waterhuishouding. Wageningen, ICW, Nota 1378.
- Boels, D., 1982.  
Physical soil degradation in the Netherlands. In: Boels, D., Davies, D.B., Johnston, A.E. (Eds.). *Soil degradation: proceedings of the land use seminar on soil degradation*, Wageningen, 13-15 October 1980, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, pp. 47-65.
- Boels, D. & L. Havinga, 1982.  
Bodemverdichting op een verbeterde veldpodzolgrond in Noord-Limburg: een proef met verschillende wiellasten. ICW nota 1388.
- Boone, F.R., G.D. Vermeulen & B. Kroesbergen, 1994.  
The effect of mechanical impedance and soil aeration as affected by surface loading on the growth of peas. *Soil Tillage Res.* 32: 253-268.
- Brink, L. van de, 2012.  
Persoonlijke mededeling vroegheids beoordeling Cichorei.
- Buitendijk, J., 1976.  
Modelonderzoek naar de samenhang van mechanisatiegraad, toelaatbare werkomstandigheden en de opbrengst van suikerbieten op een middelzware zavel. Wageningen, ICW, nota 895, 21 pp.

- Buitendijk, J., 1985.  
Effect of workability index, degree of mechanization and degree of certainty on the yield of sugar beet. *Soil Tillage Res.* 5: 247-257.
- Bürcky, K., 1988.  
Förderung der Jugendentwicklung der Zuckerrübe durch Pflanzung und Anbau unter Folie. *Journal of Agronomy and Crop Science*, Volume 161, Issue 3, pages 157–165.
- Bus, C. & H. Verstegen, 2010.  
Vervroeging gewasgroei bij biologische Aardappelen. Onderzoek naar vervroeging van de gewasgroei en de kieming, snelheid van opkomst en knolaanleg van verschillende rassen. PPO Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten, PPO nr. 3250105809, 33 p.
- Chamen, W.C.T., L. Alakukku, S. Pires, C. Sommer, G. Spoor, F.G.J. Tjink & P. Weisskopf, 2003.  
Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction. A review. Part 2. Equipment and field practices. *Soil Tillage Res.* 73: 161-174.
- CSAR, 2011.  
86<sup>e</sup> jaargang rassenlijst 2011, akkerbouwgewassen pg 60-61.
- CSAR, 2011.  
Suikerbieten, [www.irs.nl/userfiles/Betatip\\_documenten/Rassenbulletin\\_2010.pdf](http://www.irs.nl/userfiles/Betatip_documenten/Rassenbulletin_2010.pdf).
- Demmel, M., O. Hahnenkamm & M. Peterreins, 2002.  
Höhere Erträge durch bessere Standortverteilung? Versuchsergebnisse zur Gleichstandsmaat von Mais. In: *Mais* 1/2002, p. 4-7.
- Ehlers, W., K. Schmidke & R. Rauber, 2003.  
Changes in the state of compaction and structural performance of loess-derived arable soils in the south of Lower Saxony (in German). *Landnutzung und Landentwicklung* 44, 9-18.
- Fekete, A., 1977.  
Some observations on the contact pressure of tyres. *Zesz. Post. Nauk Roln.* 183: 125-130.
- Grecenko, A., 1989.  
Some engineering aspects of preventing excessive soil compaction. Proc. 4th Eur. Conf. Int. Soc. Terrain-Vehicle Systems (ISTVS), Wageningen, Netherlands, Vol. 1, pp. 62-68.
- Håkansson, I. (Ed.), 1994.  
Subsoil compaction by high axle load traffic. Special Issue *Soil Tillage Res.* 29:105-306.
- Håkansson, I. & R.C. Reeder, 1994.  
Subsoil compaction by vehicles with high axle load - extent, persistence and crop response. *Soil Tillage Res.* 29: 277-304.
- Håkansson, I., W.B. Voorhees, P. Elonen, G.S.V. Raghavan, A.L.M. Van Wijk, K. Rasmussen & H. Riley, 1987.  
Effect of high-axle load traffic on subsoil compaction and crop yield in humid regions with annual freezing. *Soil Tillage Res.* 10, 259-268.
- Håkansson, I., W.B. Voorhees & H. Riley, 1988.  
Vehicle and Wheel Factors Influencing Soil Compaction and Crop Response in Different Traffic Regimes. *Soil Tillage Res.* 11: 239-282.
- Håkansson, I. & H. Petelkau, 1994.  
Benefits of limited axle load. In: Soane, B.D. and C. van Ouwerkerk (Editors), *Soil Compaction in Crop Production*, Elsevier, Amsterdam, Netherlands, p. 479-499.
- Håkansson, I. & R.C. Reeder, 1994.  
Subsoil compaction by vehicles with high axle load - extent, persistence and crop response. *Soil Tillage Res.* 29: 277-304.
- Hanse, B., G.D. Vermeulen, F.G.J. Tjink, H.-J. Koch & B. Märlander, 2011.  
Analysis of soil characteristics, soil management and sugar yield on top and averagely managed farms growing sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in the Netherlands. *Soil Tillage Res.* 117: 61-68.
- Havinga, L., 1978.  
Effecten en gewasreactie ten gevolge van diepe grondbewerking op plaatgronden. *Cultuurtechnisch Tijdschrift* 18: 97-102.
- Hilhorst, G.J. & J. Verloop, 2009.  
Opbrengst vanggewas na maïs. *Koeien & Kansen; Pioniers duurzame melkveehouderij*, Rapport nr. 5, 21 p.

- Hokke, G. & T. Tanis, 1978.  
Onderzoek naar werkbare dagen voor veldwerkzaamheden op akkerbouwbedrijven. Wageningen, IMAG, publikatie nr. 109, 36 pp.
- Huinink, J.T.M., M.J. Kooistra & J.J. Kroon, 1984.  
Diepe grondbewerkingen en hun effecten. Goes, Consulentenschap voor de akkerbouw en de tuinbouw, Actualiteiten 32, 35 pp.
- IRS, 2008.  
Bietenstatistiek 2008. <http://www.bietenstatistiek.nl>.
- IRS, 2011.  
teelthandleiding, [www.irs.nl/alle/teelthandleiding](http://www.irs.nl/alle/teelthandleiding)
- KNMI, 2011.  
Klimaatatlas <http://www.klimaatatlas.nl/klimaatatlas.php>
- KNMI, 2006.  
Klimaat in de 21<sup>e</sup> eeuw. 4 Scenario's voor Nederland. De Bilt, KNMI, Brochure, 16 p.
- Kooistra, M.J. & O.H. Boersma, 1994.  
Subsoil compaction in Dutch marine sandy loams: loosening practises and effects. *Soil Tillage Res.* 29: 237-247.
- Koolen, A.J., P. Lerink, D.A.G. Kurstjens, J.J.H. van den Akker & W.B.M. Arts, 1992.  
Prediction of aspects of soil-wheel systems. *Soil Tillage Res.* 24: 381-396.
- Koolen, A.J., P. Boekel, U.D. Perdok & A.L.M. van Wijk, 1987.  
Werkbaarheidsgrenzen en hun bodemfysische achtergrond. In: Themadag 'Werkbaarheid en tijdigheid, 13 mei 1987. Lelystad, PAGV, Verslag nr. 64, p. 21 – 41.
- Kruistum, G. van, 1997.  
Witlof en Roodlof. Teelthandleiding nr. 79. PAGV Lelystad, 226 p.
- Kruijt, B., P.-J.M. Witte, C.M.J. Jacobs & T. Kroon, 2008.  
Effects of rising atmospheric CO<sub>2</sub> on evapotranspiration and soil moisture: A practical approach for the Netherlands
- Kuipers, H., 1961.  
Water content at pF<sub>2</sub> as a characteristic in soil cultivation research in the Netherlands. *Neth. J. Agric. Sci.* 9: 27-35.
- Lamers, J.G., U.D. Perdok, L.H. Lumkes & J.J. Klooster, 1986.  
Controlled traffic farming systems in The Netherlands. *Soil Tillage Res.* 8: 65-76.
- Lebert, M., 1989.  
Beurteilung und Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. Ph.D. thesis, Univ. Bayreuth, Germany, 131 p.
- LEI, Wageningen UR/ Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), 2004.  
Land- en tuinbouwcijfers 2004.
- Moel, C. de, 1996.  
Teelt van Sluitkool, teelthandleiding nr. 73. PAGV Lelystad, 167 p.
- Perdok, U.D. & T. Tanis, 1975.  
Onderzoek naar het aantal werkbare dagen voor de voorjaarsbewerking. *Bedrijfsontwikkeling* 6: 633-635.
- Perdok, U.D. & L.M. Hendrikse, 1982.  
Workability test procedure for arable land. Proc. 9<sup>th</sup> Conf. of ISTRO, Osijek, Yugoslavia: 511-519.
- Perdok, U.D. & J. Terpstra, 1983.  
Berijdbaarheid van landbouwgrond: Bandspanning en bodemverdichting. *Landbouwmecanisatie* 34: 363-366.
- Petelkau, H., 1986.  
Grenzparameter für die Bodenbelastung beim Einsatz von Traktoren und Landmaschinen aus der Sicht der Bodenfruchtbarkeit. Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss DDR, Berlin, Germany, 250: 25-36.
- Poodt, M.P., A.J. Koolen & J.P. van der Linden, 2003.  
FEM analysis of subsoil reaction on heavy wheel loads with emphasis on soil pre-consolidation stress and cohesion. *Soil Tillage Res.* 73: 67-76.

- Rounsevell, M.D.A. & A.P.Brignall, 1994.  
The potential effects of climate change on autumn soil tillage opportunities in England and Wales. *Soil Tillage Res.* 32: 275-289.
- Schäfer-Landefeld, L., R. Brandhuber, S. Fenner, H.J. Koch & N. Stockfish, 2004.  
Effects of agricultural machinery with high axleload on soil properties of normally managed fields. *Soil Tillage Res.* 75, 75-86.
- Schans, D.A. van der, W. van Dijk & O. Dolstra, 1995.  
Invloed van plantverdeling, zaaitijdstip en koude-tolerantie op de stikstofbenutting door mais tijdens de jeugdgroei. Verslag nr. 191. Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad.
- Schreuder, R., M. van Leeuwen, J. Spruijt, M. van der Voort, P. van Asperen & V. Hendriks-Goossens, 2009.  
Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 2009. Publicatie: PPO 383. PPO-AGV, Lelystad, 280 pp.
- Schoneveld, J.A., 1991.  
Teelt van Peen, teelthandleiding nr. 36, IKC-agv/PAGV, 151 p.
- Schröder, J.J., 1988.  
De invloed van hoger stoppelen op opbrengst en kwaliteit van snijmais. In: Informatiebundel Voedergewassen, maart 1988. Consulentenschap in Algemene Dienst voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad, p. V-1 - V-5.
- Schröder, J., 1990a.  
Stikstofdeling bij snijmais. PAGV-verslag nr. 106, PAGV Lelystad, 104 pp.
- Schröder, J., 1990b.  
Optimale plantgetal van snijmais en van korrelmais. PAGV-verslag nr. 108, PAGV Lelystad, 84 pp.
- Schröder, J.J., L. ten Holte & G. Brouwer, 1997.  
Response of silage maize to placement of cattle slurry. *Neth. J. of Agric. Sci.* 45.: 249-261.
- Schwark, A., E. Isensee & E. Hartung, 2006.  
Long-term Effects of Cultivation with Large Machinery on the Subsoil. VDI Berichte 1958, 21 p.
- Smedema, L.K., 1979.  
Drainage criteria for soil workability. *Neth. J. of Agric. Sci.* 27: 27-35.
- Söhne, W., 1953.  
Druckverteilung im Boden und Bodenverformung unter Schlepperreifen. *Grundl. Landtech.* 5: 49-63.
- Sommer, C. & M. Zach, 1992.  
Managing traffic-induced soil compaction by using conservation tillage. *Soil Tillage Res.* 24:319-336.
- Stahl, H., K. Marschall & H. Götze, 2005.  
Bodendruck und Bodenbelastbarkeit. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Heft 15, 128 p.
- Technische Commissie Bodem (TCB), 2011.  
Advies bodemverdichting, Den Haag, TCB-A071, 15 p. + bijlagen.
- Ten Hag, B.A., H.M.G. van der Werf & J. Boer, 1984.  
Optimalisering van de snijmaisteelt. In: Themadag Snijmais. PAGV-themaboekje nr. 4, 77 pp.
- Tijink, F.G.J., 1990.  
Rijden over land. 2. Ontwikkelingen op voertuiggebied. *Landbouwmecanisatie* 41: 7-9.
- Tijink, F.G.J., H. Döll & G.D. Vermeulen, 1995.  
Technical and economic feasibility of low ground pressure running gear. *Soil Tillage Res.* 35: 99-110.
- Tijink, F.G.J. & G. Spoor, 2004.  
Technische Leilijnen zur Vorbeugung von Bodenschadverdichtung. *Zuckerindustrie* 129: 647-652.
- Timmer, R.D., G.W. Korthals & L.P.G. Molendijk, 2004.  
Teelthandleiding groenbemesters. Welke groenbemester is de beste keuze? PPO-agv, www.kennisakker.nl.
- Van den Akker, J.J.H., J. Arvidsson & R. Horn, 2003A.  
Introduction to the special issue on experiences with the impact and prevention of subsoil compaction in the European Union. *Soil Tillage Res.* 73: 1-8.
- Van den Akker, J.J.H., J. Arvidsson & R. Horn (Editors), 2003B.  
Experiences with the Impact and Prevention of Subsoil Compaction in the European Union. *Soil Tillage Res.* 73: Issues 1-2, 1-186.



- Van den Akker, J.J.H., G.D. Vermeulen, P.H.M. Dekker & A.P. Phillipsen, 2006.  
Bodemverdichting. Leidraad Bodembescherming, onderdeel 5720. Sdu, Den Haag, 51 p.
- Van den Hurk, B., A. Klein Tank, G. Lenderink, A. van Ulden, G. J. van Oldenborgh, C. Katsman, H. van den Brink, F. Keller, J. Bessembinder, G. Burgers, G. Komen, W. Hazeleger & S. Drijfhout, 2006.  
KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands. KNMI Scientific Report WR 2006-01.
- Van der Schans, D., G. Meuffels, J.R. van der Schoot, W. van Dijk & B. Vermeulen, 2011.  
Precisie plaatsing van drijfmest in maïs. Veldproeven met precieze plaatsing van mest ten opzichte van de maisrij bij bemesten en zaaien in aparte werkgangen en het effect op bodemdichtheid en mineralenbenutting. PPO Publicatienr.436, pp 28.
- Van der Schoot, J.R., D.A. van der Schans, G.J.H.M. Meuffels & W. van Dijk, 2009.  
Precisietoepassing Drijfmest in maïs. Rapport Telers Mineralen Paraat PPO nr 3250145109 pp 13, 3 bijlagen.
- Van der Stok, 2011.  
Folie voor kwaliteit. Investing in plastic verdient zich terug. Grondig, januari 2011: 64-65.  
(<http://edepot.wur.nl/160011>).
- Van Dijk, W., H. van Schooten, M. van Walbeek & S. Postma, 1995b.  
Deltazaai beïnvloed opbrengst en kwaliteit snijmaïs nauwelijks. Praktijkonderzoek 95-2. Praktijkonderzoek Rundvee, Paarden en Schapen, Lelystad, p. 48-51.
- Van Schooten, H.A., J.W. Cone, W. van Dijk & R.L.M. Zom, 2006.  
Efficiënt gebruik van snijmaïs Deel 1: invloed rastype en oogststadium op opbrengst, kwaliteit, conservering en voeding. PraktijkRapport Rundvee 84, Animal Sciences Group Wageningen UR, Lelystad.
- Van Schooten, H. & B. Philipsen, *et al.*, 2010.  
Handboek snijmaïs. Lelystad, Wageningen UR Livestock Research.
- Veerman, A., 2003.  
Teelt van consumptieaardappelen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad, 88 pp.
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI), 2007.  
Maschineneinsatz unter Berücksichtigung der Befarbarkeit landwirtschaftlich genutzter Böden. Düsseldorf, Verein Deutscher Ingenieure, VDI Richtlinie 6101, 68 p.
- Verhoeven, J., C. Bus, W. van Dijk, W. van Geel, H. van Schooten, J. Schröder & R. Wustman, 2011.  
Teeltvervroeging bij consumptieaardappel en snijmaïs op zand ten behoeve van vanggewassen. Deskstudie naar mogelijkheden en beperkingen. WUR-Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, sector AGV, Lelystad, rapport projectnr 3250173010, 67 p.
- Vermeulen, G.D. & J.J. Klooster, 1992.  
The potential of a low ground pressure traffic system to reduce soil compaction on a clayey loam soil. *Soil Tillage Res.* 24: 337-358.
- Vermeulen, G.D. & U.D. Perdok, 1994.  
Chapter 19. Benefits of Low Ground Pressure Tyre Equipment. In: Soane, B.D. and Ouwerkerk, C. van (editors) *Soil Compaction in Crop Production. Developments in Agricultural Engineering*. Elsevier, Amsterdam: 447-478.
- Vermeulen, G.D. & W. Sukkel, 2008.  
Potential of low ground pressure for harvesting machinery in a controlled traffic farming system in organic agriculture. In: Proc. 5 th International Scientific Conference on Sustainable Farming Systems (ECOMIT), 5-7 November 2008, Piešťany, Slovakia, pp. 96-99.
- Vermeulen, G.D. & J. Mosquera, 2009.  
Soil, crop and emission responses to seasonal-controlled traffic in organic vegetable farming on loam soil. *Soil Tillage Res.* 102: 126-134.
- Vermeulen, G.D. & J.J.H. van den Akker, 2010.  
Ontwikkeling van bodembelasting door landbouwmachines. Wageningen, Plant Research International, projectnotitie, 14p.
- Vermeulen, B., J. Huijsmans, G. Meuffels & D. van der Schans, 2012.  
Precisieplaatsing van drijfmest in maïs. Effecten van precisieplaatsing en grondbewerking. Wageningen, Plant Research International, PRI rapport 451, 26 p. + bijlagen.
- Voorhees, W.B., 1983.  
Relative effectiveness of tillage and natural forces in alleviating wheel-induced soil compaction. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47: 129-133.

Voorhees, W.B., 2000.

Long term effects of subsoil compaction on yield of maize. In: Horn, R., Van den Akker, J.J.H., Arvidsson, J. (Eds.), *Subsoil Compaction: Distribution, Processes and Consequences*. Advances in GeoEcology 32. Catena Verlag, Reiskirchen, Germany, pp. 331-338.

Wanink, F., J. Alblas, H.M.G. van der Werf & J.J.H. van den Akker, 1990.

Snijmaïsofbrengst beïnvloed door berijding. *Landbouwmecbanisatie*, nr. 4, april 1990, pp. 28-29.

Werf, H.M.G. van der, 1993.

The effect of plastic mulch and greenhouse-raised seedlings on yield of maize. *J. Agronomy & Crop Science* 170, p. 261-269.

Westerdijk, C.E., S. Zwanepol & W. Heijbroek, 1994.

Teelt van Suikerbieten. Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, 126 pagina's

Wind, G.P., 1976.

Application of analog and numerical models to investigate the influence of drainage on workability in spring. *Neth. J. Agric. Sci.* 24:155-172.

#### **Geraadpleegde digitale bronnen en websites:**

Anonymus, 2000.

Biologische suikerbieten Plantafstanden paperpots vergeleken. Ekoland (<http://edepot.wur.nl/110566>).

Biotrends, 2011.

[http://www.bionext.nl/sites/default/files/biotrends\\_2011\\_lr.pdf](http://www.bionext.nl/sites/default/files/biotrends_2011_lr.pdf)

CBS, 2011.

Maatwerktablelakkerbouwdefinitief2011.xls <http://www.cbs.nl>

CBS, 2011.

Areaal maïs 2011. (<http://www.cbs.nl>)

Groten, J., 2009.

Optimalisatie maïstipe Friesland. Powerpointpresentatie

Timmer, R., 2009.

Standdichtheidsproeven landschapmaïs. Powerpointpresentatie