

Voorstudie Kringloop ondernemen

Arjan (A.P.) Smits, Ton (A.H.M.C.) Baltissen

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, B.U. Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit.

Opdrachtgever : Gemeente Neder-Betuwe en Laanboompact
Uitvoering : Praktijkonderzoek Plant en Omgeving
Financiers : Regio Rivierenland en provincie Gelderland

Dit project is uitgevoerd door steun vanuit het Regionaal Samenwerkingsprogramma.

DLO en gemeente Neder-Betuwe zijn niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.



Het RSP maakt onderdeel uit van Eigen-Wijs Rivierenland en wordt mede mogelijk gemaakt door de provincie Gelderland.



PPO Projectnummer: 32 360871 00

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR

Business Unit Bloembollen, Boomkwekerij & Fruit

Adres : Prof. Van Slogterenweg 2, 2161 DW Lisse
: Postbus 85, 2160 AB Lisse

Tel. : 0252 - 46 21 21

Fax : 0252 - 46 21 00

E-mail : infobomen.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
2 PROBLEEM EN DOELSTELLING.....	9
2.1 Inleiding	9
2.2 Probleem	9
2.3 Doelstelling	9
3 METHODE	11
4 RESULTAAT.....	13
4.1 Gemeente Neder-Betuwe	13
4.2 Inventarisatie boomkwekerij.....	13
4.2.1 Bemesting.....	16
4.3 Composteren	17
4.4 Energie uit verbranding	20
4.4.1 Verbranding in energiecentrale.....	21
4.4.2 Verbranding in een kachel op het bedrijf	21
4.4.3 Vergisting.....	22
4.4.4 Gasificatie	22
4.4.5 Torrefractie	22
4.4.6 Fermentatie/ Bokashi	23
5 WORKSHOP.....	25
6 DISCUSSIE EN CONCLUSIES	27
7 LITERATUUR.....	29

Bijlage 1 Dodingstemperatuur van enkele onkruiden en voor planten ziekten verwekkende organismen

Samenvatting

Het project Voorstudie Kringloop ondernemen is uitgevoerd door Praktijkonderzoek Plant en Omgeving in opdracht van gemeente Neder-Betuwe en het Laanboomcompact..

Op het laanboombedrijf is veel biomassa vrij beschikbaar, die in potentie geschikt is voor energie opwekking, maar ook voor verwerking tot compost. Het benutten van het snoeihout en afvalhout van laanboom bedrijven kan een belangrijke bijdrage leveren aan de organische stofvoorziening. Composteren kan ook een goed alternatief zijn voor het verbranden van afvalhout. Centrale vraag in dit project is: welke belemmeringen moeten er worden weggenomen om alternatieve verwerking van groenafval bij laanboomkwekerijen succesvol te maken?

Om deze vraag te beantwoorden zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

- technische aspecten/haalbaarheid van compostering op het bedrijf (welke afvalstromen, wanneer in de tijd, hoeveel, etc.)
- uitwerking van belemmeringen voor compostering
- de kosten maar ook de meerwaarde van kringloop ondernemen
- mogelijkheden en beperkingen van huidige wet- en regelgeving op dit terrein

Compost kan niet zonder meer gerealiseerd worden uit snoeiafval vanwege de hoge C/N verhouding van dat afval. Toevoegingen zijn noodzakelijk en (dierlijke) mest kan een ervan zijn. Nu gaat de dierlijke mest rechtstreeks naar het land. Compost kan er voor zorgen dat de nutriënten voor een langere periode voor de bomen beschikbaar blijft en het organische stof gehalte en bodemstructuur verbeteren.

Een andere mogelijkheid is het omzetten van groenafval in "houtskool" (biochar) en dit als stabiele grondverbeteraar toe te passen. In Nederland worden de eerste experimenten opgestart. Op Betuwse kleigrond zijn voor zover bekend nog geen gegevens over deze toepassing.

Uit de inventarisatie blijkt dat er van december tot juni de grootste hoeveelheid groenafval vrijkomt op de kwekerij vrij door zowel snoeien als rooien van onverkoopbare bomen. Volgens de kwekers is alleen groenafval van de dunning of het onverkoopbare product haalbaar om te verwerken. De rest wordt tussen de bomen versnipperd.

De energiewaarde van het groenafval van een kwekerij van 5 ha is gelijk aan het gasverbruik van 14 huishoudens. Bij gebruik van enkel dunning- of onverkoopbaar product is dit vergelijkbaar met het gasverbruik van 10 huishoudens.

Het rapport beschrijft een aantal mogelijkheden. Er zijn mogelijkheden die zeker de moeite waard zijn om op kleine schaal te testen (Biochar, compostering met toevoeging van mest en fermentatie). Verdere verkenning van nu nog niet technisch en financieel haalbare toepassingen is gewenst, want ze kunnen in de toekomst wel perspectief bieden (vergassing van hout, verbranding in een energiecentrale).

1 Inleiding

In april 2008 is Regio Rivierenland met de provincie Gelderland een regionaal Samenwerkingsprogramma (RSP) gestart. Doel van dit programma is om in de periode tot 31 december 2011 gezamenlijk geformuleerde doelen te realiseren door het uitvoeren van een aantal projecten. Deze projecten worden in onderling wisselende samenwerking met de deelnemende gemeenten uitgevoerd.

Voor meer informatie: <http://www.regiorivierenland.nl/Contracten/RSP>

In opdracht van de gemeente Neder-Betuwe en het Laanboompact is het project Voorstudie Kringloop ondernemen uitgevoerd door Praktijkonderzoek Plant en Omgeving.

Op het laanboombedrijf komt veel biomassa vrij. Deze biomassa kan voor energie opwekking gebruikt worden, of worden gecomposteerd. Het nuttig gebruiken van snoeihout en afvalhout van laanboom bedrijven kan financiële voordeel opleveren. Het kan een belangrijke bijdrage leveren aan de organische stofvoorziening. Composteren is dus een belangrijke vorm van kringloop ondernemen.

Het project Voorstudie Kringloop Ondernemen bekijkt de praktische en financiële haalbaarheid van waardevolle benutting van het snoeihout en afvalhout van laanboombedrijven.

2 Probleem en doelstelling

2.1 Inleiding

In de regio Rivierenland komen er bij de boomteelt elk jaar grote hoeveelheden snoeihout beschikbaar. Bovendien worden er regelmatig beschadigde of niet verkochte bomen geroid. Vaak gebeurt dit wanneer de bomen aan het eind van hun teeltcyclus niet verkocht zijn en het perceel vrij moet worden gemaakt voor een nieuwe teelt. De teler moet dit hout dan opruimen en daar zijn verschillende mogelijkheden voor. Een van die mogelijkheden is verbranding met stank- en rookoverlast tot gevolg. Hoewel verbranden van groenafval op landelijk niveau verboden is, wordt dat in de gemeente Neder-Betuwe onder voorwaarden toegestaan. Voortzetting van deze ontheffing is echter zeer onzeker.

Naast opstoken van groenafval wordt op de meeste kwekerijen een deel van het snoeiafval versnipperd en verspreid. Plantenziekten als de schimmel *Verticillium* kunnen met deze werkwijze worden verspreid. *Verticillium* veroorzaakt jaarlijks belangrijke schade in de boomkwekerij.

Alternatieve verwerking van groenafval zoals composteren, biobrandstof, vergassen, vergisten, fermenteren of verwerking tot houtskool wordt door de sector wel gezien als mogelijkheid, maar verhogen wel de kosten. De sector is geïnteresseerd in een verkenning naar de technisch en financiële mogelijkheden.

2.2 Probleem

Op het laanboombedrijf is veel biomassa vrij beschikbaar, die in potentie geschikt is voor energie opwekking, maar ook voor verwerking tot compost. Het benutten van het snoeihout en afvalhout van laanboom bedrijven kan een belangrijke bijdrage leveren aan de organische stofvoorziening. Composteren kan ook een goed alternatief zijn voor het verbranden van afvalhout. Centrale vraag in dit project is: welke belemmeringen moeten er worden weggenomen om alternatieve verwerking van groenafval bij laanboomkwekerijen succesvol te maken?

Belangrijke belemmeringen en vragen zijn er op de volgende gebieden:

- technische vragen op gebied van compostering: hoe, wanneer, waar, wie, welke materialen?
- welke aanvullende maatregelen zijn op bedrijfsniveau gewenst en/of noodzakelijk?
- vragen over kosten en opbrengsten: wat kost het en wat krijg ik ervoor terug?
- milieukundige vragen: is zelf composteren een duurzaam concept?
- wettelijke beperkingen: wat mag wel en wat mag niet?
- risico's: t.a.v. ziekten op de bedrijven (o.a. *Verticillium*)
- maatschappelijke belemmeringen: aspecten zoals geuroverlast
- uitvoering van de compostering: zelf of loonwerker
- voor welke bedrijven is zelf compostering van reststromen haalbaar?
- wat vraagt zelf composteren van de ondernemer?

In dit project wordt een start gemaakt met het beantwoorden van deze vragen.

2.3 Doelstelling

Uitvoeren van een haalbaarheidsonderzoek naar de benutting van reststromen (biomassa) op boomteeltbedrijven in samenhang met activiteiten van andere stakeholders op dit gebied, zoals gemeenten.

3 Methode

Dit project inventariseert de mogelijkheden voor zelf compostering op laanboombedrijven in de Betuwe. Hiervoor zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

- technische aspecten/haalbaarheid van compostering op het bedrijf (welke afvalstromen, wanneer in de tijd, hoeveel, etc.)
- uitwerking van belemmeringen voor compostering
- de kosten maar ook de meerwaarde van kringloop ondernemen
- mogelijkheden en beperkingen van huidige wet- en regelgeving op dit terrein;

Ook andere actoren (gemeenten) werden in deze inventarisatie betrokken.

De resultaten hiervan werden bilateraal en in workshopverband besproken met de actoren uit de regio, waaronder laanboomkwekers en medewerkers van gemeenten waar laanboomteelt wordt bedreven. De resultaten van de workshops leiden tot het starten van vervolgprojecten. Dit kan in de vorm van verder onderzoek, opzetten van een pilot etc.

Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (onderdeel van Wageningen UR) heeft interviews gehouden met medewerkers van de Gemeente Neder-Betuwe. Een inventarisatie heeft plaatsgevonden van de hoeveelheid groen- en snoeiafval die vrijkomt bij de teelt gedurende het jaar op 5 laanboomkwekerijen. Met deze inventarisatie is een goed beeld verkregen van de hoeveelheid groenafval die gedurende het jaar van de kwekerij komt en de mate van beschikbaarheid daarvan. Monsters van dit snoeiafval zijn geanalyseerd op droge stof en daarmee samenhangende energiewaarden. De kwaliteit van het groenafval voor compostering is een belangrijk aspect. Interviews met de betrokken kwekers en een literatuurstudie heeft inzicht gegeven in de mogelijkheden van alternatieve verwerking van groenafval. De resultaten van de onderzoeken zijn gepresenteerd en besproken in een workshop, waarbij de betrokken partijen alsook het Laanboomcompact en werkgroep Innovatie van de Kring en Studieclub Opheusden aanwezig waren.

4 Resultaat

4.1 Gemeente Neder-Betuwe

De gesprekspartners vanuit de gemeente Neder-Betuwe waren:

- Roger Jacobs (Projectleider gebiedsontwikkeling en Projectleider RSP-projecten: Duurzame onkruidbestrijding, Voorstudie Kringloop ondernemen en Duurzaam Rooien en –opslaan
- Peter Kegelaar (Werkvoorbereider Groen).

Tijdens interviews met medewerkers van de gemeente Neder-Betuwe is duidelijk geworden dat het in principe niet is toegestaan groenafval van landbouwbedrijven te verbranden. Dit wordt alleen onder strikte voorwaarden met een ontheffingsaanvraag toegestaan.

Voorwaarden en regels stookbeleid:

- Voor het stoken (verbranden) is een stookontheffing nodig van burgemeester en wethouders.
- Stoken mag alleen in de periode 1 november tot en met 31 mei.
- Alleen gerooide bomen mogen in de openlucht worden verbrand. Dus niet: snoeihout, planken, schuttingen, pallets e.d.
- Bij hoge uitzondering mag ook snoeihout worden verbrand. Maar dan alleen als het gaat om snoeihout dat vrijkomt bij onderhoud van cultuurlandschappen en erfbeplanting. En alleen als dat snoeihout niet kan worden versnipperd, verklepeld, afgevoerd of opgestapeld tot houtwallen;
- Het is niet toegestaan om verduurzaamde boompalen, plastic boomhulzen of ander afval mee te verbranden.

De belangrijkste bezwaren tegen verbranden van groenafval zijn volgens de gemeente de aanzienlijke stank- en rookoverlast en dat er bij onvolledige verbranding ook schadelijke gassen kunnen vrijkomen. Toekomstige ontheffingen staan binnen de gemeente ter discussie. Daar spelen dan ook andere overwegingen een rol, zoals de reputatie van de gemeente. Het huidige beleid tot aanvragen van een stookontheffing loopt tot 1 maart 2014. Verlenging is erg onzeker. Per 1 maart 2011 is de mogelijkheid gecreëerd een eenmalige ontheffing voor een periode van 3 jaar aan te vragen. De administratiekosten zijn daardoor verlaagd.

Snoeiafval van gemeentegroen wordt zoveel mogelijk ter plekke versnipperd en onder het groen verspreid. Overig snoei en maaiafval brengt de gemeente zelf naar een professioneel composteerbedrijf. In 2010 werd hiervoor rond de 475 ton naar de composteerder gebracht. Men betaalt de composteerder een bedrag per ton voor de afname.

De gemeente ziet graag dat de boomkwekers een alternatief ontwikkelen om het groenafval te verwerken i.p.v. het verbranden.

4.2 Inventarisatie boomkwekerij

In overleg met een kweker, PPO en DLV Plant is een schema (tabel 1) opgezet voor de snoeiactiviteiten op de laanboomkwekerijen. Hierbij wordt uitgegaan van een 5-jarige teelt van uitgangsmateriaal tot leverbare boom. In de tabel is ook aangegeven of het hier gaat om een substantiële hoeveelheid (“bulk”) aan groenafval waar rekening mee moet worden gehouden of niet. In de tabel is ook aangegeven of er binnen dit project gegevens over konden worden verzameld en wat de meeste kwekers er nu mee doen.

Tabel 1. Snoei en dunnings activiteiten op de laanboomkwekerij.

Jaar	Snoei	Tijdstip	Bulk	Gegevens	Standaard
Jaar 0	Braak	juni/april	-	-	-
Jaar 1 Oculatie	Terugknippen	aug./sept.	Nee	Ja	Laten liggen Versnipperen
	Terughalen	dec./jan.	Nee	Nee	Laten liggen
Jaar 2	Terugknippen net boven oculatie	jan./febr.	Nee	Nee	Laten liggen
Jaar 3	Toppen op 2 meter, zijhout verwijderen	dec./mrt.	Ja	Nee, wel schatting	'composteren' Brandstapel
	Opknippen kroon	aug./okt.	Ja	Ja	Laten liggen
Jaar 4	Dunning/ kroonsnoei	dec./mei	Ja	Ja + schatting	Brandstapel
Jaar 5	Uitval niet verkocht	mei/juni	Ja	Ja + schatting	Brandstapel

De snoei zoals deze wordt uitgevoerd in het eerste en tweede jaar van de teelt staat weergegeven in figuur 1. Door middel van snoei wordt de groei van de boom gestimuleerd. Verwijdering van een deel leidt tot reactie van de boom om het natuurlijk evenwicht tussen wortel en kroon te herstellen. Op deze reactie wordt bij het snoeien ingespeeld om de boom te vormen tot het gewenste model en kwaliteit. Op deze wijze kan voldaan worden aan het uiteindelijke gebruiksdoel.

Vanwege het starttijdstip van dit project ontbreken gegevens van groenafval aan het begin van het jaar. Deze hoeveelheden zijn volgens de kwekers/adviseurs in verhouding tot wat vrijkomt bij andere handelingen van weinig belang.

Uit het schema in tabel 1 valt op te maken dat het overgrote deel van het groenafval dan wel op de brandstapel (figuur 2 en 3) belandt dan wel op het perceel blijft liggen (figuur 4). In het laatste geval wordt dit in het algemeen tussen de rij versnipperd. Nutriënten die vrijkomen uit afgebroken snoeiafval kunnen weer door de bomen worden opgenomen. Ook onkruid wordt zo enigszins bestreden. Doordat het groenafval achterblijft op de plaats waar het gesnoeid is, is de kans op verspreiding van ziektes klein.

Een aantal grote kwekerijen topt de gerooide 2-jarige spullen in de schuur waarbij verder wordt gesnoeid. Het groenafval wordt dan versnipperd en op een hoop gebracht. Het volgende seizoen wordt dit halfverteerde materiaal verspreid op een nieuw in te planten perceel. Door deze werkmethode wordt er organisch materiaal aan de bodem toegevoegd. Een nadeel van deze methode is dat de afbraak ("compostering") niet goed verloopt, waardoor de normale temperaturen bij composteren (50 tot 60 °C) vrijwel zeker niet worden gehaald. Hierdoor vindt er geen afdoding plaats van ongewenste organismen (o.a. schimmels) en onkruiden. Er bestaat een kans dat onkruid en ziekten over het bedrijf worden verspreid.



Figuur 1. Snoei boven de oculatie in jaar 1 + 2 in de teelt



Figuur 2, 3 en 4. Links en midden: verbranding van groenafval, rechts los snoeiafval (jaar 3 + 4) versnipperd in de rij.

Voor een mogelijke alternatieve verwerking van groenafval is zowel de kwaliteit als de kwantiteit van het groenafval van belang, maar ook de beschikbaarheid over het jaar. Om inzicht hierin te krijgen zijn op 5 kwekerijen metingen uitgevoerd om het gewicht van groenafval te bepalen op verschillende tijdstippen. Hierbij werd het gewicht van groenafval bepaald van meerdere gerooide of gesnoeide bomen en gerelateerd aan de oppervlakte. Het droge stofgehalte van dit afval is bepaald (figuur 5). Aan de hand van deze droge stof gehalten kon de potentiële energiewaarde van dit groenafval worden bepaald.



Figuur 5. Enkele monsters van groenafval voor droge stof bepaling.

Laanboomkwekerijen met opzetterteelt (5 jarige teelt) hebben gemiddeld 1/5 deel van de oppervlakte van de kwekerij onder iedere teeltfase liggen, waarbij het 5^e jaar en braak elkaar in 1 jaar afwisselen. In Tabel 2 is op basis van de verzamelde gegevens voor een fictieve kwekerij van 5 hectare, de kwaliteit en kwantiteit van groenafval door het jaar weergegeven.

Tabel 2. Groenafval en potentiële energiewaarden van groenafval op een kwekerij van 5 ha.

Jaar	Snoei op kwekerij van 5 ha (20% per selectie)	Tijdstip	Groenafval per boom (kg)	Ds.	Groen-afval kg. ds. per ha	Energie MJ (19.2/kg.ds)
Jaar 1 Oculatie	Terugknippen	Aug/sept	0,22 (20.000 stuks/ha)	35%	1540	29.568
Jaar 2	Toppen op 2 meter, zijhout verwijderen	Dec/mrt	1.5 (20.000 stuks/ha)	60%	18000	345.600
Jaar 3	Opknippen kroon	Aug/okt	0,20 (20.000 stuks/ha)	35%	1400	26.880
Jaar 4	Kroonsnoei 14/16 16/20 20/30	Dec/mei	3,6 (33%) 3,9 (33%) 4,0 (33%) (5.300 stuks/ha)	35%	2204 2387 <u>2449 +</u> 7040	135.168
Jaar 5	Uitval niet verkocht/ Dunning 175/200- 6/8/10 12/14 14/16	Mei/juni	2,1 (5%) 3,7 (5%) 7,0 (10%) 10.8 (10%)	60%	1260 2220 2226 <u>3435 +</u> 9141	175.507

Bij de gangbare werkwijze worden niet verkoopbare laanbomen op het perceel verbrand. Nadat eventueel aanwezig teelt ondersteunende voorzieningen zijn verwijderd worden de percelen leeg gerooid door een shovel. De shovel rijdt de bomen naar een hoop en deze wordt in de brand gestoken. Tijdens het rooien schuift de shovel regelmatig nieuwe bomen op de stapel waarbij het vuur omgegooid wordt. Voor één hectare laanbomen is een loonwerker ongeveer 4 uur bezig en dit kost ongeveer 268 euro. (Bakker, 2007)

4.2.1 Bemesting

Voor een goede en gezonde groei van de bomen is een vruchtbare grond onontbeerlijk. In de regio Opheusden maken veel laanboomkwekers gebruik van pachtgrond. In de pachtovereenkomst is veelal een afspraak opgenomen, dat mest vanuit de veehouderij bij de start van de teelt op het land wordt toegediend. Voor de mest wordt meestal niet betaald, er wordt zelfs een kleine vergoeding gegeven voor de combinatie van plantklaar maken van een perceel en toedienen van mest. Een voordeel van deze overeenkomst is de lage kosten voor het geschikt maken van het land voor de nieuwe beplanting. Een nadeel van deze aanpak is dat de nutriënten uit de mest voor het grootste deel in het eerste jaar van de teelt beschikbaar komen terwijl de bomen dan nog klein zijn en de meeste nutriënten niet kunnen benutten. Bij het einde van de teelt zijn de meest nutriënten via uitspoeling niet meer beschikbaar voor de bomen terwijl de bomen deze dan juist nodig hebben. Dierlijke mest heeft over het algemeen een laag effectief organische stofgehalte (Tabel

3). De effectieve organische stof (EOS) is het organische materiaal dat een jaar na toediening van de organische mest nog in de bodem aanwezig is. Alleen dit materiaal draagt bij aan het o.s. gehalte in de bodem. De hoeveelheid effectieve organische stof is daarom een goede maat voor de effectiviteit van een organische meststof.

Tabel 3. Gemiddelde samenstelling van een aantal organische meststoffen (Smits, 2011).

	Effectieve organische stof	N	P ₂ O ₅	EOS/N	EOS/P ₂ O ₅
	(in kg per 1000 kg vers product)			(kg/kg)	(kg/kg)
GFT-compost	205	12,8	5,0	16	41
Groen-compost	135	5,0	2,2	27	61
Champost	89	5,8	3,6	15	25
Rundveestalmest	74	6,9	3,8	11	19
Dunne rundveemest	30	4,9	1,8	6	16

Het organische stofgehalte heeft invloed op de chemische eigenschappen, de fysische eigenschappen, de bodemfauna en de microbiële activiteit in de bodem. Een hoger gehalte aan organische stof zorgt wat de chemische eigenschappen betreft, voor een bodem met een hogere capaciteit om voedingselementen te binden en daarmee uitspoeling te voorkomen. Wat betreft fysische eigenschappen, zorgt organische stof voor een betere bodemstructuur, beluchting van de bodem en verhoging van het vochtvasthoudend vermogen. In de regio Opheusden is het organische stofgehalte in de kleibodems over het algemeen laag waardoor de kans op structuurbederf bij betreding van het land met zware landbouwmachines toe neemt. Structuurbederf op zijn beurt kan zorgen voor slechte drainage en slechte groei van de bomen.

Om de afbraak aan organisch materiaal in de bodem te compenseren, dient de kweker regelmatig voldoende organisch materiaal toe te voegen. In de boomkwekerij wordt veelal de mest voor het planten toegediend. Met deze mest wordt de stikstof en fosfaatgebruiksruimte meestal gebruikt. Door deze wettelijke normen is het niet toegestaan andere aanvullende meststoffen met meer EOS toe te dienen. Gewasresten, zoals deze tussen de bomen worden verspreid, dragen nauwelijks bij aan het op peil houden van het organische stofgehalte. Deze resten verteren zo snel dat binnen een jaar tot driekwart van de droge stof is verdwenen. Compost is veel stabiel. Een jaar na aanwending is nog 70 tot 80% van het organische materiaal aanwezig. En ook de daaropvolgende jaren verschillen organische producten in afbraaksnelheid en dus in de hoeveelheid die achterblijft aan organische stof (PPO-AGV, 2003).

4.3 Composteren

Een van de alternatieven voor verbranding is composteren. Composteren is een belangrijke vorm van kringloop ondernemen. Volgens de inventarisatie heeft een laanboomkwekerij met een omvang van 5 ha, een jaarlijkse hoeveelheid groenafval van 45 m³ of 37.000 kg. ds. oftewel bijna 7500 kg. ds. per ha. In potentie kan dit groenafval een belangrijke bijdrage leveren aan de organische stofvoorziening, met vele voordelen.

Indien het groenafval voor compostering afkomstig is van het eigen bedrijf dan telt deze organische mest niet mee in de stikstof of fosfaatboekhouding. Op deze wijze wordt de stikstof- en fosfaatgebruiksruimte vergroot.

Om het omzettingsproces van groenafval naar compost goed te laten verlopen moet aan een aantal voorwaarden worden voldaan. De belangrijkste voorwaarden voor het verkrijgen van een goede omzetting van groenafval naar compost zijn: de C/N verhouding, het vochtgehalte, oppervlak waar de afbraak plaatsvindt en de menging van de producten. In Tabel 4 worden de waarden van organisch afval van verschillende oorsprong gegeven alsook de streef waarde van goede compost.

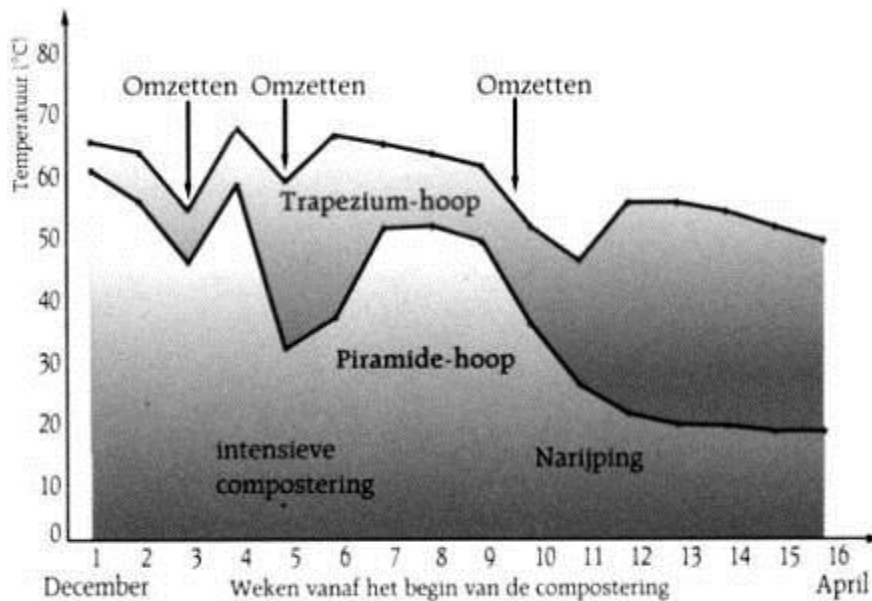
Tabel 4. Kwaliteit groenafval: C/N verhouding, vocht en droge stof.

Soort	C/N	Vochtigheid	% d.s .
Compost (gewenst)	20-30/1	50-60%	> 10
Weidegras	15/1		16
Bermgras	20/1		20
Schors	100-130/1		3
Snoeihout	100-150/1	40%	60
Bladeren	30-60/1	Vers: 65% Droog: 25%	35- 75
Rundveestalmest	12/1		24
Rundveedrijfmest	7,5/1		9
Varkensdrijfmest	5/1		9

Door aan de voorwaarden te voldoen wordt de basis gelegd voor het proces om groenafval binnen 6 á 10 weken om te zetten naar compost. Een goed lopend proces is nodig om de temperatuur/tijd condities te halen, waarbij ongewenste organismen als aaltjes, schimmels en onkruidzaden worden gedood. In bijlage 1 staan de dodingtemperaturen van de belangrijkste voor planten ziekteverwekkende organismen en onkruidzaden. Indien het composteringsproces goed verloopt worden door het omzettingproces temperaturen van meer dan 65 °C gehaald.

Uit bovenstaande tabel wordt duidelijk dat schors, snoeihout en bladeren over het algemeen een te hoge C/N verhouding hebben om het composteerproces goed te laten verlopen. Om tot een gewenste C/N verhouding te komen, is toevoeging van dierlijke mest een optie. Deze toegevoegde mest telt dan mee voor de mestboekhouding van het bedrijf. In principe kan ook gras worden gebruikt om de gewenste C/N verhouding te krijgen. Voor kwekers in de regio Neder-Betuwe is hiervoor mogelijk bermgras van gemeenten beschikbaar, die momenteel voor de afvoer moeten betalen. Nadeel van bermgras is een nog steeds relatief hoog C/N-quotiënt waardoor grote hoeveelheden nodig zijn om de C/N verhouding van groenafval van de kwekerij te verlagen. Regelgeving staat deze toepassing wel nog in de weg.

Versnipperd groenafval composteert beter. Een aantal kwekerijen gebruikt nu al een verklepelaar om snoeiafval te versnipperen. Daarnaast dient een composthoop minimaal 6 keer omgezet te worden om te zorgen voor goede menging en zo ook het buitenste deel van de hoop aan voldoende hoge temperatuur wordt blootgesteld om ongewenste organismen te doden. De frequentie van omzetten kan variëren van gemiddeld een maal per week tot gemiddeld een maal per vier weken. In de beginfase wordt meestal frequenter omgezet dan in een latere fase. De frequentie is afhankelijk van de porositeit (luchtigheid) van het composterende materiaal en van de snelheid waarmee de porositeit terugloopt door het inzakken van de hoop. De temperatuurontwikkeling van de composthoop kan helpen het juiste moment voor omzetting te bepalen (Figuur 6).



Figuur 6. Temperatuurcurves trapeziumvormige en piramidevormige composthoop.

Voor kleinere kwekerijen kunnen genoemde werkzaamheden (verklepelen, omzetten) door een loonwerker worden uitgevoerd. Daar zijn dan kosten en extra vervoersbewegingen in de regio aan gekoppeld. Bij grotere bedrijven is aan te raden compostering met eigen machines uit te voeren zoals met de in figuur 7 weergegeven trekker combinatie.



Figuur 7. Omzetting van compost door een trekker combinatie.

Een alternatieve methode is een verwerking van compost op een gezamenlijke verwerkingsplaats. Voordeel hiervan is dat op deze plaats de condities voor het composteerproces nauwkeurig kunnen worden gevolgd en investeringen in machines kunnen worden gedeeld. Een belangrijk aspect van compost dat buiten het bedrijf is verwerkt en weer naar bedrijf terug komt, is dat dit meetelt voor de stikstof- en fosfaatsnormen. Daarnaast zijn extra vervoersbewegingen nodig om het groenafval naar het gezamenlijke punt te brengen met als gevolg hogere kosten, meer milieubelasting en meer verkeer in de regio (Dekker et al. 2010).

Afvalverwerking is wel aan regelgeving gebonden.

Net als bij verbranding kan ook bij het composteringsproces overlast door geuremissies worden ervaren. Kans op geuroverlast is het grootst gedurende het verkleinen en mengen van materiaal, opzetten van composteringshopen, omzetten van composteringshopen en zeven en afgraven van eindproduct voor transport. Daarnaast kan percolaat (uit de hoop stromend water) voor geuroverlast zorgen (AgentschapNL, 2009). Om overlast te voorkomen gelden de volgende regels:

- De opslag van substraatmateriaal bij bedrijven met open opslagplaats (mest en groenafval) moet plaats vinden ten minste 5 meter vanaf de insteek van oppervlaktewater en ten minste 7,5 meter vanaf de erfgrans.
- Een composteringshoop mag worden samengesteld uit: 1) Niet-dierlijk organisch restmateriaal van eigen bedrijf, opgeslagen op een hoop, vers of meer of minder verteerd 2) Hulpstoffen ter verbetering van het composteringsproces of de te produceren compost (waaronder mogelijk dierlijke mest), tot 50 volumeprocent van de composteringshoop.
- Het droge stofgehalte van de composteringshoop moet minstens 30% bedragen (dit is in het algemeen het geval bij groenafval van kwekerijen).
- Het risico van belasting van de bodem met uitgespoelde nutriënten uit een composteringshoop neemt toe naarmate de hoop langer op dezelfde plaats ligt. Indien een composthoop langer dan twee weken en maximaal negen maanden binnen drie jaar op dezelfde plaats ligt dient uitspoeling uit de composteringshoop beperkt worden door deze af te dekken met vezeldoek of antiworteldoek in de periode van 1 november tot en met 1 maart. Na verwijderen van de hoop wordt deze plaats gedurende twee jaar en drie maanden niet als composteringsplaats gebruikt. Indien de composteringshoop meer dan negen maanden binnen drie jaar op dezelfde plaats ligt dient de uitspoeling uit de composteringshoop beperkt te worden door deze af te dekken met vezeldoek in de periode van 1 september tot en met 31 maart en door aanleg van een adsorptielaag (bijvoorbeeld van stro of tuinturf) onder de composteringshoop. Deze maatregelen kunnen desgewenst vervangen worden door de composthoop op een vloeistofdichte vloer met opvang van lekwater te leggen.

Een knelpunt voor compostering algemeen blijven de kosten. Indien de kosten voor het toedienen van dierlijke mest en plantklaar maken van een perceel zo laag blijven als nu het geval is (anno 2011), zal composteren duurder uitvallen. De kosten van composteren op het eigen bedrijf zijn ongeveer 8-10 euro per ton inclusief opzetten van de compoststruggen en 8 tot 10 keer omzetten. Dit geldt bij ca. 600 m³ uitgangsmateriaal en exclusief verzamelen van het materiaal en voorbereiding (klepelen of versnipperen) (Rovers, 2008). Ter vergelijking: gecertificeerde compost kost ca 20 euro per ton (Smits, 2011).

4.4 Energie uit verbranding

Volgens de duurzame energiescan (DE scan) van Rivierenland heeft gemeente Neder Betuwe een potentieel om rond de 300,000 GJ duurzame energie uit verbranding van droge biomassa op te wekken van agrarisch herkomst. Ter vergelijking een gemiddeld huishouden verbruikt 89 GJ/jr. (totale energie incl. gas, elektra). Het potentieel van deze bio-energie is 57% van de totale behoefte in Neder-Betuwe (Gooijer et.al, 2004), bij een totaal van 7500 huishoudens in de gemeente.

Uit de inventarisatie is duidelijk geworden dat de 7.500 kg. Ds. die jaarlijks gemiddeld per ha vrijkomt van een laanboomkwekerij een potentiële energiewaarde heeft van 143.000 MJ. Dit komt overeen met een energiewaarde van 4455 m³ aardgas. Uitgaande van een gasverbruik per jaar van 1.576 m³ aardgas per huishouden (Nibud peildatum 2009), betekent dit dat het groenafval per hectare boomkwekerij voldoende is om aan gasverbruik van 2,8 huishoudens te voldoen. Volgens de betrokken kwekers is voor verwerking van groenafval, alleen het groenafval dat in het derde teeltjaar bij het toppen in dec./mrt. vrijkomt en het groenafval van de uitval/ dunning/niet verkochte bomen uit jaar 4 en 5 van voldoende omvang en geschikt voor energieopwekking. Dit deel van het groenafval heeft een potentiële energiewaarde van 5.428 kg. ds.

per ha., overeenkomend met een vergelijkbaar gasverbruik van 2 huishoudens. Voor de omzetting van groenafval naar energie zullen een aantal mogelijkheden worden besproken.

4.4.1 Verbranding in energiecentrale

Het aandeel groene stroom in Nederland neemt jaarlijks toe. Verbranding van biomassa in energiecentrales draagt daar aan bij. De vergoedingen voor biobrandstoffen zoals hout zijn op dit moment nog laag maar naargelang de vraag naar duurzame energie zal toenemen, zal ook de prijs voor biomassa verbeteren. De centrale in Cuijk is in 1999 gebouwd en leverde bruto 28 MegaWatt energie. Het opstoken en transport van houtsnippers in de centrale kost 3 MegaWatt, dus levert de centrale netto 25 MegaWatt. Daarvoor worden jaarlijks 250000 ton chips, of 7,2 kilogram per seconde, verstoekt (Knoops, 2010). De centrale is nu tijdelijk stilgezet, maar er wordt gewerkt aan een herstart (in 2012 al!).

Voor de installatie in Cuijk golden de volgende eisen voor de biomassa voor aanlevering:

- Hout moet vrij zijn van schimmels.
- Er zijn geen chemische en verduurzamingsmiddelen toegepast.
- Vochtpercentage tussen de 20 en 60% liggen.
- De maximale hoeveelheid aanhangend zand is tien gram per kilogram biomassa. Gevaar van klei/zand op groenafval is dat er bij hoge temperatuur vorming van slakken in de oven kan optreden. De klei wordt een soort glas.
- De maximale hoeveelheid blad is drie volume procent.
- Voor de aangeleverde chips gelden bepaalde afmetingen (Senternovem, 2005).



Figuur 8. Voor levering aan de energiecentrale in Cuijk is ook een vaste chipgrootte vereist.

Voor de boomkwekerij is vooral de maximaal hoeveelheid toegestane zand en klei lastig te realiseren. Dit lukt makkelijker als worteldeel/stronk niet meegaat. Daardoor en de eis van de gewenste chipgrootte maakt het voorlopig financieel niet haalbaar. Hout voor de centrale in Cuijk legt nu gemiddeld een afstand af van 90 kilometer. Het zou duurzamer zijn om hout van dichterbij Cuijk te gebruiken (Knoops, 2010). Hopelijk zullen nieuwe centrales hier in de toekomst op in kunnen spelen.

4.4.2 Verbranding in een kachel op het bedrijf

Er bestaan hout gestookte HR cv-ketels die gebruikt kunnen worden voor de warmte behoefte van bedrijven of woningcomplexen (Figuur 9). Volgens Schrijver (2011) is bij de huidige prijs voor houtchips alleen met subsidie deze investering terug te verdienen. Daarnaast gelden de kwaliteitseisen zoals chipgrootte en klei/zand hoeveelheden in het materiaal ook voor deze kachels. De betrokken kwekers hebben ook aangegeven dat de laanboombedrijven over het algemeen weinig warmte verbruiken, waardoor voor eigen gebruik deze techniek minder interessant is. Ook zal hout voor toepassing in deze cv's, opgeslagen moeten

worden op de kwekerij. Het grootste verbruik is in de winter terwijl het meeste hout in mei/juni beschikbaar komt. Indien deze toepassing wel op grotere schaal wordt toegepast is de vraag of vergunning zal worden verleend, omdat er NOx en SOx vrijkomen bij de verbranding.



Figuur 9. Opslag van houtchips.

4.4.3 Vergisting

In Nederland wordt de steeds meer gebruikgemaakt van biogas uit vergisting. Bij vergisting worden middels een anaeroob dissimilatieproces koolhydraten door micro organismen omgezet in onder andere biogas. De meeste vergisting installaties maken gebruik van dierlijke mest. Een groot voordeel van vergisting is dat dit gas na zuivering zelfs aan het bestaande aardgasnetwerk kan worden toegevoegd. De laatste jaren wordt gekeken naar de mogelijkheden alternatieve afvalstromen te gebruiken voor vergisting zoals bloembollen, mais of rogge. Groenafval van (boom)kwekerijen lijkt vooralsnog niet geschikt voor vergisting, doordat hout een hoog lignine gehalte heeft, wat moeilijk afbreekbaar is (SenterNovem, 2005).

4.4.4 Gasificatie

Gasificatie (meestal vergassing genoemd) is het chemische proces waarbij een materiaal bij hoge temperatuur (700 tot 900 °C) wordt omgezet in een mengsel van voornamelijk koolmonoxide (CO) en waterstof (H₂). Dit stookgas kan worden gebruikt voor de energieopwekking door het te verbranden in een motor of turbine als een WKK (Warmte- Krachtkoppeling). De verbrandingswaarde van dit gas is wel lager dan bijv. het Groningse aardgas. Ter vergelijking, de verbrandingswarmte van stookgas is, gemeten in calorische waarde, circa 3-15 MJ/m³. Terwijl de verbrandingswarmte van het Groningse aardgas circa 32 MJ/m³ is (Devriendt, 2003; Verkerk, 1992).

Een groot voordeel van vergassing is dat de eisen t.a.v. de hoeveelheid klei en grond mogelijk minder van belang zijn, dan bij verbranding bij hogere temperaturen in een energiecentrale (Bakker, 2007). Vergassen van hout is echter op dit moment nog een technologische ontwikkeling, waarbij reiniging van het gas o.a. op het gebied van stof en teer voor problemen zorgen. Daarnaast zijn de investeringskosten erg hoog (Devriendt, 2003; Bakker, 2007).

4.4.5 Torrefractie

Het begrip torrefactie is afgeleid van het Franse werkwoord “torrefier” dat roosteren betekent. In de huidige toepassingsvorm is torrefactie een milde thermische behandeling, onder zuurstofarme omstandigheden, van biomassa of biomassa-houdende grondstoffen. Torrefactie maakt hiermee het produceren van vervangende producten voor fossiele brandstoffen mogelijk. De geproduceerde biokolen kunnen rechtstreeks in traditionele kolencentrales worden ingezet. Hiermee wordt de uitstoot van fossiel CO₂ gereduceerd en kan deze technologie een belangrijke rol gaan spelen in de vergroening van energiecentrales die nu nog steenkool gebruiken. Belangrijke voordelen van deze vervangende brandstof,

ten opzichte van het rechtstreeks inzetten van biomassa als brandstof, zijn de sterk verbeterde maalbaarheid en betere energetische eigenschappen met daarbij behorende logistieke voordelen.

Het tijdschrift 'De Voor' van John Deere beschrijft de toepassing van houtskool als bodemverbeteraar (Mache, 2009). Houtskool wordt al honderden jaren toegepast op zeer arme gronden waarbij zogenaamde 'terra preta' ontstonden (Figuur 8). Een van bij dit onderzoek betrokken kwekers heeft ook interesse getoond in dit stabiele organisch materiaal of Biochar. Hoewel er nog nauwelijks ervaringen bekend zijn van toepassing van dergelijk materiaal op relatief vruchtbare kleigronden zoals in de gemeente Neder-Betuwe, is het zeker de moeite waard dit te testen. Initiatieven daartoe zijn genomen. In Nederland bestaan bedrijven die groenafval kunnen omzetten in biokolen. Het zou nuttig zijn als er ook mobiele installaties zouden komen om de transportkosten te beperken.



Figuur 8. Links een nutriëntarme oxisol en rechts een oxisol omgevormd tot terra preta (bron Wikipedia.nl).

4.4.6 Fermentatie/ Bokashi

Naast de bekende manier om groenafval te verwerken, zoals composteren en vergisten, is er ook een andere manier om met groenafval om te gaan. Het is de uit Japan afkomstige methode, Bokashi. Het woord betekent gefermenteerde organische stof. De fermentatie wordt met behulp van zogenaamde effectieve micro-organismen (EM) op gang gebracht. Niet alleen groenafval maar ook keukenafval en dierlijk mest zijn geschikt om klein- of grootschalig gefermenteerd te worden. Het eindproduct, Bokashi, dat na 6 - 8 weken rijpen klaar is, is een bodemverbeteraar.

Het fermentatieproces start niet vanzelf. Daar is de zogenaamde Bokashi starter voor nodig. Dit bestaat uit tarwezemelen die met EM, effectieve micro-organismen (schimmels, gisten en bacteriën) zijn ingeënt. De micro-organismen zorgen ervoor dat het afval fermenteert, in plaats van dat het composteert. De micro-organismen zelf kunnen geprepareerd worden in een vat. In dit geval wordt er zogenaamde EM-A mengsel in water opgelost. Daarnaast zijn er voor het verkrijgen van het beoogde product kleimineralen en zeeschelpenkalk nodig.

Bokashi kan op industriële schaal uit groenafval worden vervaardigd. De ingrediënten moeten laagsgewijs met een wisselende C:N (koolstof: stikstof) verhouding worden toegevoegd. Deze gelaagde structuur wordt afgedekt met een luchtdichte folie.

Aan dit systeem toegekende voordelen zijn:

- Er gaat geen organisch materiaal verloren. In tegenstelling tot composteren heb je bij fermenteren hetzelfde volume als waarmee je bent gestart (Langerak, 2001)
- Er ontstaan geen CO₂ of methaan emissies
- Het verrijkt de grond met micro-organismen en bevordert het bodemleven
- Het heeft een brede toepasbaarheid
- Het reduceert de bedreiging door ziekten bij de teelt van gewassen

Een nadeel van het Bokashi systeem is dat er rotting kan optreden, waarbij de ontwikkeling van blauwzuurgas zich kan voordoen (VHG-TNO, 2010). Daarnaast is er nog onvoldoende ervaring met groenafval om garanties over ziekte- en onkruidbestrijding te geven. Het is verder niet duidelijk of bovengenoemde claims onderzocht en onderbouwd zijn.

5 Workshop.

Op 7 september 2011 heeft bij Praktijkonderzoek Plant en Omgeving te Randwijk een workshop plaatsgevonden met vertegenwoordigers van de bij het RSP-project betrokken gemeenten, betrokken kwekers, het Laanboompact en Werkgroep Innovatie van de Kring en Studieclub Opheusden.

Tijdens deze workshop is een presentatie gegeven van de resultaten van het project en de kansen en beperkingen voor samenwerking tussen de boomkwekerijsector en gemeente Neder-Betuwe. Ook twee andere samenwerkingsprojecten Duurzaam Rooien en Opslaan en Duurzame Onkruidbestrijding behandeld.



Figuur 14. De Workshop op 7 september 2011 te Randwijk.

Er werd een goede discussie gevoerd. Belangrijk knelpunt is het vervoer. Bij composteren op bedrijf moet het groenafval van alle percelen naar een centrale plek worden gebracht en moet een loonwerker 6x langskomen om de composthoop om te zetten.

6 Discussie en conclusies

Compost kan niet zonder meer gerealiseerd worden uit snoeiafval vanwege de hoge C/N verhouding van dat afval. Toevoegingen zijn noodzakelijk en (dierlijke) mest kan een ervan zijn. Nu gaat de dierlijke mest rechtstreeks naar het land.

Indien van een perceel onvoldoende groenafval komt om een goede composthoop ter plekke te maken, moet het groenafval worden vervoerd naar een andere locatie. De loonwerker komt dan naar die centrale plek of moet de diverse locaties langs. Afweging moet op bedrijfsniveau plaatsvinden.

Een andere mogelijkheid is het omzetten van groenafval in "houtskool" (biochar) en dit als stabiele grondverbeteraar toe te passen. Ervaring hiermee is er in de tropen en op zeer arme gronden. In Nederland worden de eerste experimenten opgestart. Op Betuwse kleigrond zijn voor zover bekend nog geen gegevens over deze toepassing.

De inventarisatie beschrijft een aantal mogelijkheden. Wet en regelgeving, ontwikkeling ABC terrein en de huidige economische situatie zijn belangrijke randvoorwaarden. Er zijn mogelijkheden die zeker de moeite waard zijn om op kleine schaal te testen (Biochar, compostering met toevoeging van mest en fermentatie). Verdere verkenning van nu nog niet technisch en financieel haalbare toepassingen is gewenst, want ze kunnen in de toekomst wel perspectief bieden (vergassing van hout, verbranding in een energiecentrale). De stookontheffing in de gemeente Neder-Betuwe loopt tot 2014, onduidelijk is wat erna nog kan en mag.

De volgende conclusies worden getrokken:

Algemeen:

- Van december tot juni komt de grootste hoeveelheid groenafval op de kwekerij vrij door zowel snoeien als rooien van onverkoopbare bomen.
- Een kwekerij van 5 ha geeft ongeveer 45 m³ groenafval per jaar.
- Volgens de kwekers is alleen groenafval van de dunning of het onverkoopbare product haalbaar om te verwerken. De rest wordt tussen de bomen versnipperd.

Compostering:

- Groenafval op de kwekerij heeft een veel hogere C/N verhouding dan wenselijk is voor compostering. Dit heeft consequenties voor snelheid van compostering, doding van ongewenste organismen en stikstofvastlegging.
- Op dit moment wordt er veel gebruik gemaakt van bemesting van het land met dierlijke mest. Door menging van deze dierlijke mest met het groenafval kan de wenselijke C/N verhouding voor compost worden verkregen. Een andere bemestingsstrategie moet dan worden gevolgd.
- Groenafval, dat op het bedrijf blijft, eventueel omgezet in compost, wordt niet meegerekend met de bemestingsnormen (stikstof en fosfaat).
- Compost kan er voor zorgen dat de nutriënten voor een langere periode voor de bomen beschikbaar blijft en het organische stof gehalte en bodemstructuur verbeteren.
- Een belangrijk knelpunt voor alternatieve centrale verwerkingsmethoden is de noodzaak van transport van groenafval naar een centrale plaats. Verwerking ter plekke (perceel) vergt transport van loonbedrijf om het groenafval voor compostering om te zetten.

Energie:

- De energiewaarde van het groenafval van een kwekerij van 5 ha is gelijk aan het gasverbruik van 14 huishoudens. Bij gebruik van enkel dunning- of onverkoopbaar product is dit vergelijkbaar met het gasverbruik van 10 huishoudens.
- Voor verbranding van hout in een energiecentrale worden op dit moment hoge eisen gesteld door energiebedrijven aan klei/ grond dat in het groenafval mag zitten.
- Vergassen van hout is in ontwikkeling. Mogelijk zijn bij deze techniek de eisen aan de aanwezigheid en hoeveelheid van klei/grond minder belangrijk.
- Verbranding van groenafval in een kachel op het bedrijf betekent een noodzakelijke opslag van bewerkt groenafval voor een langere periode. De interne vraag naar energie op laanboomkwekerijen is beperkt.

Experimentele oplossingen:

- Groenafval van boomkwekerijen heeft een te hoog lignine gehalte om voor vergisting in aanmerking te komen.
- Een alternatieve verwerking van het groenafval is verwerking tot houtskool en Biochar. Voordeel hiervan is dat door onvolledige verbranding de CO₂ van het groenafval langer wordt vastgehouden. De CO₂ wordt in de bodem vastgelegd. Wellicht kan voor deze oplossingsrichting meer financiële ondersteuning worden gevonden (klimaatgelden). Er zijn goede ervaringen met de invloed van houtskool op de bodemeigenschappen bij zeer arme gronden, maar er is niet bekend hoe dit werkt op Nederlandse vruchtbare kleigrond. Verder onderzoek is gewenst.
- Ook de alternatieve verwerking van fermenteren met de Bokashi methode kan interessant zijn voor de boomkwekerij, maar er is nog onvoldoende ervaring onder Nederlandse omstandigheden beschikbaar. Verder onderzoek is gewenst.

7 Literatuur

- Agentschap.NL, 2009
Compostering van groenafval, bron: www.infomil.nl
- Bakker, H., E. den Boer, S. Daamen, W. van Dijk, R. Muusers 2007
Alternatieve verwerking voor rooihout afkomstig van de fruit- en laanboomteelt. WUR
- Dekker, Ir. P.H.M., ing M. van Zeeland, ing. JGM Paauw. 2010
Levenscyclusanalyse groencompost, Grootchalig en zelf composteren, PPO-AGV.
- Devriendt, N. P Vanderstraeten, 2003
Optimale energetische valorisatie van houtafval, ANRE
- Gooijer, Ir. H. de, Drs. M Chang, Ir. A Visser, 2004
DE (Duurzame Energie) scan Rivierenland – Notities, startbijeenkomsten en potentieel per gemeente, Ecofys.
- IKC-AT, 1992.
Technische handleiding bij het stomen van grond en substraat. p 48-49
- Knoops, C. 2010
Biomassa: inkomstenbron voor duurzaam terreinbeheer. Essent
- Koppejan, Ir. J, dr. Ir. E. Annevelink, 2002
Energie uit het landelijk gebied, Novem
- Langerak, E. 2011
Groenafval wordt bodemverbeteraar. Tuin & Landschap (10): 30-31
- Mache, 2009
Slechte bodem verbeteren met houtskool. De Voor: Vol. 39 Nr 170: 13-16
- PPO-AGV, 2003.
Effecten van grondbewerking en organische stof op de structuur van de bouwvoor. Gepubliceerd op Kennisakker.nl (<http://www.kennisakker.nl>)
- Rovers, J. 2008
Praktijknetwerk Telen met Toekomst – Composteren op eigen bedrijf, PPO-AGV.
- Senternovem, 2005
Energie uit biomassa, achtergrondinformatie over beleid, chemie en techniek. Programma Duurzame energie in Nederland
- Schrijver, Ing. R.A.M., Ir. E.B. Oosterkamp, 2011.
Het landschap: bron van energie. Alterra-rapportnummer 2164
- Smits, A.P. 2011
Consultancy: Compost en bodemkwaliteit, PPO-Boomkwekerij.

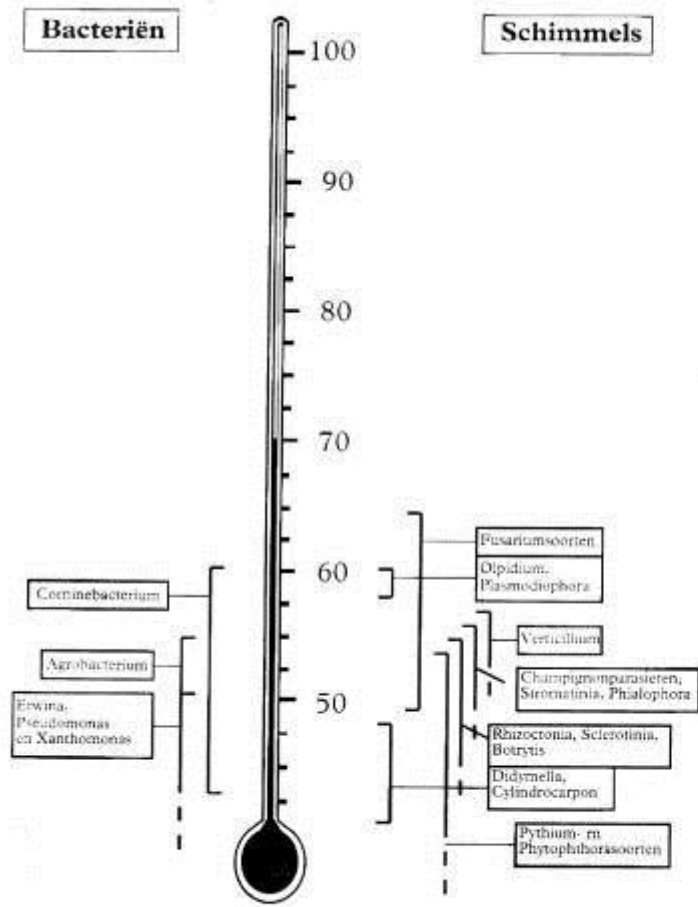
Verkerk, dr. G. 1992

Binas, Informatieboek vwo-havo voor het onderwijs in de natuurwetenschappen

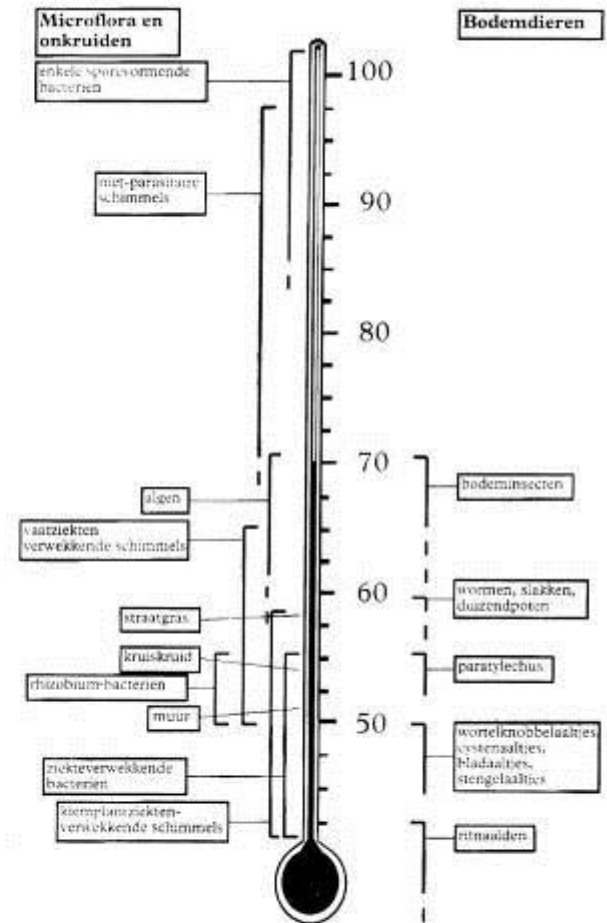
VHG-TNO, 2010

Fermentatie van groenafval met het Bokashi systeem. Project 'Met groene innovatie naar de top'

Bijlage 1: Dodingstemperatuur van enkele onkruiden en voor planten ziekteverwekkende organismen



Dodingstemperaturen van ziekteverwekkende micro-organismen bij een behandeling van de grond gedurende 30 minuten



Dodingstemperaturen van microflora, onkruiden en bodemdieren bij een behandeling van de grond gedurende 30 minuten.

Bron: IKC-AT (1992)