

# Eigen chips <sup>niet</sup> eerst!

Onderzoek naar het oogsten van houtige chips uit lokale landschappelijke beplantingen het verstoken ervan in (lokale) verbrandingsinstallaties.

Een product n.a.v. het KIGO Biovalorisatieproject



Antoon Kienhuis  
Hogeschool Van Hall Larenstein  
Velp  
maart 2013

1<sup>e</sup> versie, 2013 03 10

Eigen chips ***niet*** eerst!

Onderzoek naar het oogsten van houtige chips uit lokale landschappelijke beplantingen en het verstoken ervan in (lokale) verbrandingsinstallaties.

Een product n.a.v. het KIGO Biovalorisatieproject

Antoon Kienhuis  
Hogeschool Van Hall Larenstein  
Velp  
maart 2013

Trefwoorden:  
biomassa  
chips  
CO<sub>2</sub>-neutraliteit  
landschappelijke beplantingen  
pellets  
verbrandingswaarde hout  
versnipperen

## Inhoud:

Inhoudsopgave	
Inleiding . . . . .	3
1. Oogst van houtige biomassa uit landschappelijke beplantingen (= LB) . . . . .	5
1.1 algemene kenmerken/definities	5
1.2 vraag en aanbod chips	6
1.2.1 aanbod	6
1.2.2 vraag	8
1.3 toegevoegde waarde aan oogstproducten uit LB	9
1.4 bepaling voorraad biomassa LB	10
1.5 biomassa oogstechnieken	11
1.6 voorbewerkingsmogelijkheden van biomassa	11
1.6.1 rondhout of stam (stuk-)hout in brandhoutsortiment	11
1.6.2 verchippen: chips of chunks	11
1.6.3 shredderen	12
1.6.4 pelleteren en briketten maken	12
1.6.5 voorbewerking: torrefactie	13
1.6.6 voorbewerking: pyrolyse	13
1.7 gevolgen van oogst voor bos en LB	13
1.8 wet- en regelgeving	15
2. Verchippen van houtige biomassa en het product: chips . . . . .	16
2.1 chipmethodes	16
2.2 kosten en opbrengsten houtige biomassa uit LB	18
2.2.1 kosten	18
2.2.2 opbrengsten	19
2.3 wet- en regelgeving	19
3. Logistiek (van LB naar verbrandingsinstallatie) . . . . .	21
3.1 transport	21
3.2 opslag	22
3.3 drogen	24
4. Verbranding van hout en soorten kachels . . . . .	26
4.1 soorten verbrandingsinstallaties/kachels	26
4.2 eisen aan chips	28
4.3 warmte en/of kracht, warmteopslag	30
4.4 CO <sub>2</sub> -neutraliteit	30
4.5 afval na verbanding: as en rookgassen	32
4.6 subsidies i.r.t. energiewinning uit biomassa	32
4.7 terugverdientijd van een hout gestookte verbrandingsinstallatie	33
4.8 wet- en regelgeving	33

5. Conclusies uit studentenprojecten en bestaande verbrandingsinstallaties . . . . .	34
5.1 project Mulligen	34
5.2 project Landgoed Twickel	35
5.3 project Bruins & Kwast	36
5.4 biomassa-installatie Beetsterzwaag	37
5.5 biomassacentrale Lelystad	38
Lijst met de in dit rapport gebruikte afkortingen . . . . .	40
Literatuur . . . . .	41
Bijlagen: . . . . .	44
Bijlage 1: conversiefactoren, grootheden, eenheden enz.	44
Bijlage 2: wilgenteelt tbv energie	46
Bijlage 3: rekenvoorbeeld brandstofbehoefte van 100 KW verbandingsinstallatie	49
Bijlage 4: verbrandingsinstallaties of –ovens: systeem en types.	50

*Foto op voorpagina:  
chippers in actie tijdens het Elmia Bio-energy Congres, mei 2012 Jönköping (Zweden)  
foto: A. Kienhuis*

## Inleiding.

### Aanleiding

Het idee om houtige biomassa als brandstof voor verbrandingsinstallaties te gebruiken is ontstaan uit de wens om vrijkomend snoeiafval bij het onderhoud van landschappelijke elementen nuttig te gebruiken. De subsidie t.b.v. het onderhouden van zulke elementen leverde vaak grote hoeveelheden snoeiafval op die volgens de regels en tegen betaling gestort of in de open lucht verbrand moesten worden. Op lokaal niveau (o.a. Agrarische Natuurvereniging (A.N.V.) 't Onderholt – Lochem) leidde dit tot het idee om het onderhoud door plaatselijke terreineigenaren te laten uitvoeren en, met behoud van subsidies, het vrijkomende hout te verstoken in lokale, vaak kleine, stookinstallaties. Dit bleek op kleine schaal te werken, o.a. door de omstandigheid dat plaatselijke terreineigenaren, vaak met houtwallen op en/of rond hun landerijen, dit uitvoerden in voor hen, bedrijfseconomisch gezien, rustige tijden (lees: wintertijd), terwijl zij meestal ook de beschikking hadden over materiaal en materieel om dit werk mogelijk te maken. Arbeidstijd en materiaal waren daardoor ruim voor handen en werden meestal niet berekend.

Al snel volgden op grotere schaal ideeën en initiatieven, met een gemeenschappelijk kenmerk: schaalvergroting. Vanaf het moment dat dit, bij schaalvergroting passend, meer economisch benaderd werd, waarbij alle kosten en opbrengsten meegenomen werden, bleek het oogsten van houtige chips uit LB complexer dan het, op lokaal niveau tot dan toe uitgevoerd, ooit geleken had. Het bleek al snel noodzakelijk om oogstmethoden en –technieken, logistiek en stooktechnieken i.r.t. onderhoud van LB professioneel inzichtelijk te maken.

Gelijktijdig ontstonden vragen over de gevolgen voor de LB zelf, toen bleek dat, o.a. door wensen op het gebied van CO<sub>2</sub>-reductie en –neutraliteit, de vraag naar houtige biomassa snel ging stijgen.

In het kader van een KIGO-project is een project gestart dat nieuwe waarden moet opleveren voor biomassa uit natuur en landschap. Daarnaast moet het samenwerkingsverbanden opleveren tussen het groen onderwijs en bij natuur en landschap betrokken ondernemers, overheden, adviesbureaus en maatschappelijke organisaties. Centraal staat het ontwikkelen van een levendige en lerende Community of Practice (CoP) Valorisatie biomassa uit natuur en landschap. Deze samenwerking moet het tot waarde brengen van biomassastromen uit natuur en landschap gestalte te geven. De publicatie van dit rapport komt tegemoet aan de wens om verspreiding van opgedane ervaringen en nieuwe kennis te bewerkstelligen.

Dit rapport zal i.h.k.v. de CoP valorisatie Biomassa uitgangspunten het onderwerp “het lokaal oogsten en verstoken van houtige chips in lokale verbrandingsinstallaties” behandelen. Dit gebeurt aan de hand van een onderzoek naar de resultaten en ervaringen uit verschillende studentenprojecten op dit gebied. Het gaat daarom in dit rapport om het lokale karakter van zowel de oogst van biomassa als het verstoken van deze biomassa in nabij gelegen verbrandingsinstallaties, waarbij uitsluitend aan houtige biomassa aandacht besteed is.

Aandachtspunten bij deze projecten waren dan ook vooral: oogst van biomassa(chips) uit LB en de gevolgen ervan voor die LB; de logistiek rondom de oogst, het transport en drogen van chips en de levering en het stoken van chips en de mogelijkheden om energie op te wekken: warmte en/of elektriciteit. Zijdelings komt ook het oogsten van biomassa uit bossen aan de orde.

Het lokale karakter (lokaal oogsten en lokaal stoken) vormde zoals reeds vermeld het uitgangspunt, maar was tevens het onderwerp van onderzoek. In eerste instantie was de titel van het rapport dan ook “Eigen chips eerst!”, waarbij met “eigen” letterlijk het lokale karakter beoogd werd, zoals een kleine gemeente die lokale chips stookt in een plaatselijke verbrandingsinstallatie, of een landgoedbeheerder die zijn bedrijfsgebouwen verwarmt met chips uit eigen bos. Gedurende het onderzoek en vooral naarmate er meer resultaten van studentenprojecten bekend werden, werd

duidelijk dat het lokale karakter om economische redenen niet haalbaar leek. De titel is dan ook in de loop van het onderzoek veranderd in “Eigen chips *niet* eerst!”.

### Doel

Het doel van dit onderzoek is om aan de hand van de resultaten uit verschillende studentenonderzoeken naar biomassa het aanbod van houtige biomassa uit Landschappelijke Beplantingen concreet te maken en op een rendabele manier af te stemmen op de vraag naar houtige biomassa, waarbij het lokale karakter van aanbod en vraag uitgangspunt is. Het aanbod van biomassa is uitdrukkelijk gebaseerd op de leveringscapaciteit van het landschap en niet op de vraag naar biomassa. Onder leveringscapaciteit wordt hier verstaan de potentiële voorraad biomassa in de landschappelijke beplantingen die op een duurzame geogst kan worden in relatie tot de noodzakelijke continuïteit van levering aan lokale/regionale afnemers.

Dit rapport is primair geschreven als dictaat voor de afstudeerrichting Urban Forestry (Major) van de opleiding Bos- & Natuurbeheer (Larenstein – Velp)

Ook zal de in dit rapport/dictaat verwoorde kennis in het kader van de CoP Valorisatie Biomassa uitgangspunten beschikbaar gesteld via het Groene Kennisnet.

### Methode

Het onderzoek kende verschillende fasen. De eerste fase bestond uit het verzamelen van resultaten uit drie studentenonderzoeken (Mulligen, Twickel, Bruins&Kwast), gecombineerd met het formuleren van de uitgangspunten van dit onderzoek “Eigen chips eerst” en de doelstellingen ervan. Literatuuronderzoek zorgde voor aanvullende informatie, evenals de resultaten van een tweetal congressen (Papenburg, Elmia) en een aantal seminars en veldbezoeken in het kader van de KIGO-biovalorisatieproject.

### Leeswijzer

Dit dictaat begint met een algemene beschrijving van houtige biomassa (chips) uit landschappelijke beplantingen op het gebied van vraag en aanbod, voorraadbepaling en oogsttechniek, en de gevolgen voor het landschap. In het tweede hoofdstuk wordt ingegaan op het verchippen zelf en de kosten en opbrengsten van chips, gevolgd door een logistieke verhaal over transport, opslag en drogen van chips (hoofdstuk 3). In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de verschillende in kachels toegepaste verbrandingsmethodes, de kosten ervan, rookgassen en as als verbrandingsafval en CO<sub>2</sub>-neutraliteit. De resultaten van de verschillende studentenonderzoeken aangevuld met de beschrijving van enkele relevante biomassa-experimenten zijn vermeld in hoofdstuk 5. Een uitgebreide literatuurlijst zorgt voor een mogelijkheid voor verdieping van de in dit dictaat besproken onderwerpen.

Dit dictaat/rapport is bedoeld voor de studenten Urban Forestry van de opleiding Bos- en Natuurbeheer in Velp en wordt aangeboden aan alle geïnteresseerden die via het Groene Kennisnet informatie zoeken over houtige biomassa.

# 1. Oogst van houtige biomassa uit landschappelijke beplantingen (= LB)

## 1.1 algemene kenmerken/definities

Houtige biomassa kan geoogst worden uit landschappelijke beplantingen (gemakshalve hierna LB genoemd) en uit bossen. Over het algemeen bestaan LB uit loofhoutsoorten, bossen uit naaldhoutsoorten en gemengde (loof- en naaldhout) bossen. Met LB worden in deze rapportage bedoeld kleine bosjes (tot 5 ha), bomenrijen, houtwallen, singels, solitaire bomen en overige landschapselementen met opgaande beplanting.

Op de Nederlandse zandgronden bestaan de LB veelal uit de soorten (in houtwallen) Es, Zomereik, Sleedoorn, Meidoorn, Amerikaanse Eik, Amerikaanse vogelkers, (in heggen en lanen) o.a. Beuk,



Figuren 1.1 en 1.2 voorbeelden van LB.: (links) elzenhaag (de Mieden – Fr.); (rechts) houtwal NO- Twente iep, esdoorn en Winterlinde [Maes, 2012].

Zomereik, en als knot- en Leibomen Wilg, Zwarte els en Linde (zie figuren 1.1 t.m. 1.4). Deze elementen leveren vooral snoeihout op waaruit houtige biomassa verkregen kan worden, naast incidenteel stamhout, dat ofwel ook meteen verwerkt wordt tot biomassa, of een andere, hoogwaardiger bestemming krijgt (bijvoorbeeld meubelhout). Kenmerk van deze biomassa is dat het complex is de hoeveelheden die vrijkomen uit LB te kwantificeren. Op dit moment vindt kwantificering plaats op basis van ervaring (eerdere oogsten) en incidenteel metingen.



Figuren 1.3 en 1.4 voorbeelden van LB.: (links) knotwilgen; (rechts) meidoorn als (Maas)heg in Oeffelt (L) [Maes, 2012].

In bossen op de zandige gronden treft men als naaldhoutsoorten Grove den, Fijnspar, Douglas en Lariks, als loofhoutsoorten Eik, Beuk, Berk en Esdoorn. Bossen op rijkere gronden, zoals in de

Flevopolder bestaan hoofdzakelijk uit loofhoutsoorten, zoals Eik, Esdoorn, Linde, Kers, enz. In deze bossen kan het gaan om zowel tak- en tophout dat overblijft tijdens oogstwerkzaamheden als om stamhouddelen van bomen die niet gebruikt kunnen worden voor andere doeleinden binnen de houtindustrie. Met nadruk wordt hier vermeld dat het kán gaan om oogst van biomassa, omdat het traditionele bosbeheer nadrukkelijk om diverse redenen uitgaat van het achterlaten in het bos van alle tak- en tophout na oogst van stamhout. (Hierover meer in H. 1.7 gevolgen voor bos en LB). Mocht het tot de oogst van tak- en tophout komen dan zal kwantificering ook proefondervindelijk plaatsvinden en op basis van eerdere ervaringen. In dit rapport zal het verder alleen gaan over houtige biomassa afkomstig uit LB. Oogst uit bossen komt alleen zijdelings ter sprake.

## 1.2 vraag en aanbod chips

### 1.2.1 aanbod.

De houtige biomassa die gebruikt kan worden in houtgestookte verbrandingsinstallaties komt, als het gaat om LB, uit kleinere bosjes en solitaire bomen, lijnvormige beplantingen en andere beplantingen. Verder kan in deze installaties ook hout gestookt worden als zaagsel en zaagafvalstukken, afkomstig uit de houtverwerkende industrie en chips, gewonnen uit de teelt van houtige energiegewassen, zoals wilgenteelt. Tenslotte kan houtige biomassa uit L.B. een verder bewerking ondergaan tot hoogwaardiger brandstoffen, zoals pellets en briketten (zie H.1.6).

Zoals reeds gemeld is het complex om de hoeveelheden biomassa die vrijkomt uit LB te kwantificeren, waardoor de bepaling van hoeveelheden vooralsnog vooral plaatsvindt op basis van ervaring (eerdere oogsten). Maar er zijn ook enkele onderzoeken gedaan, zowel onderzoeken naar de globale hoeveelheid biomassa, uitgedrukt in tonnen/km<sup>2</sup>/jr., als gedetailleerdere onderzoeken die aangeven hoeveel biomassa bepaalde LB kunnen leveren in tonnen per jaar per ha of km.

In de gemeente Oldebroek e.o. is door de **Kema** geconstateerd dat, in een relatief kleine gemeente met kleine woonkernen en veel buitengebied, er per km<sup>2</sup> jaarlijks 10,8 ton snoeiafval (50% vocht) vrijkomt. [L. ten Damme e.a. (2012)].

**Schrijver** e.a. (2011) concludeert in zijn onderzoek naar biomassa in de Achterhoek dat het totale jaarlijkse oogstbare houtvolume uit de Achterhoekse LB (totaal 8700 ha, zonder gemeentelijk groen) voorzichtig geschat ongeveer 57.000 m<sup>3</sup> is, verdeeld over 1/3 deel naaldhout en 2/3 deel loofhout. Dat zou betekenen dat er in de Achterhoek (totaal 1220 km<sup>2</sup> (zie bijlage 1) gemiddeld 46 m<sup>3</sup>, ofwel 15 ton [bijlage 1] houtige biomassa per km<sup>2</sup> beschikbaar is. Hierbij wordt er in dit rapport van uitgegaan dat de oogst van tak- en tophout en ook stamhout, uit grootschaliger LB, bijvoorbeeld lanen van meer dan 300 meter lengte, ook beschikbaar is voor energiehout.

Andere onderzoeken hebben cijfers opgeleverd die verder kunnen bijdragen aan inzicht in de hoeveelheid biomassa dat jaarlijks uit LB geoogst kan worden. Zo geven **De Vries** e.a. (2008) aan dat er uit het landelijk gebied aan houtige biomassa, zowel uit kleine bosjes, bomenrijen, houtwallen, singels en landschapselementen in Nederland per jaar ongeveer 167 kton droge stof (d.s.) geoogst kan worden. De daadwerkelijke geoogste hoeveelheid zal om een aantal redenen, o.a. ecologische aspecten, lager liggen. Dit zijn landelijke cijfers, per regio zijn er geen hoeveelheden bepaald.

**Schrijver** e.a. (2011) geven ook nog de volgende landelijke hoeveelheden aan: houtwallen, heggen, knobomen en hakhout 91.000 ha; stedelijk groen 70.000 ha; bomenrijen en wegbeplantingen 46.000 ha. Dit is dus beduidend meer dan de getallen die Ecofys (zie hierna) bepaald heeft. In dit onderzoek waarin specifiek de Achterhoek onderzocht is, komt Schrijver tot de conclusie dat de bulk van de houtige biomassa uit de kleine bosjes afkomstig is (73%), en dat het totale areaal houtige biomassa de neiging heeft af te nemen.



Een onderzoek, uitgevoerd door **Ecofys** (2008) laat zien dat de oppervlakte LB in Nederland, inclusief de oppervlakte laanbomen, 90.000 ha is met en bijgroei van 9,8 m<sup>3</sup>/ha/jr. Inclusief particulier groen komt deze oppervlakte op 100.000 ha. Hierbij wordt aangegeven dat het werkelijk te oogsten deel 60% is. Het landelijk percentage LB als aandeel van de totale oppervlakte van Nederland (3.388.685 ha, exclusief wateroppervlakte) is daarom 2,96 %, afgerond 3%. Uiteraard is dit percentage per regio verschillend. Regio's met weinig LB zullen veel minder dan 3% LB hebben, terwijl "groene" regio's, zoals Brabant, Limburg, Achterhoek, een hoger percentage hebben.

Om de biomassa-leveringscapaciteit van een gebied makkelijk(er) vast te kunnen stellen is het wenselijk dat er een normeringssysteem komt om (globaal) die leveringscapaciteit te bepalen. Een mogelijkheid om dit snel te kunnen doen is om aan de hand van 1. de groeiplaats (bodem) en 2. de locatie in Nederland (open <> kleinschalig) en 3. de soorten beplanting te komen tot een indeling in bijvoorbeeld 4 – 6 klassen LB met voor elk een biomassaleveringscapaciteit uitgedrukt in bijvoorbeeld ton/km<sup>2</sup>.

Uit bovenstaande onderzoeken kunnen de volgende voorzichtige conclusies getrokken worden, waarbij meteen opgemerkt wordt dat onderstaande getallen indicaties zijn. De reden hiervan is dat LB zeer verschillend gedefinieerd en gegroepeerd zijn, ze in vele verschillende vormen, soorten en maten voorkomen en dat er veel variatie is in bodem en inrichting. In deze conclusies is Nederland opgedeeld in 2 regio's: zand (provincies Drenthe, Overijssel, Gelderland – excl. Betuwe, oostelijk Utrecht, Noord-Brabant en Limburg) en klei (alle overige provincies en Betuwe). Uiteraard is deze indeling globaal, en zelfs arbitrair. Maar voor een zeer globale bepaling van hoeveelheid biomassa uit een streek wel bruikbaar. Nader onderzoek zou dan de getallen moeten verfijnen.

In Nederland is per km<sup>2</sup> een hoeveelheid LB aanwezig van gemiddeld 3% van de oppervlakte, in een range van 2-5% en met een marge van enkele procenten.

De hoeveelheid biomassa in die LB (gem. 3% van de oppervlakte van een km<sup>2</sup>) is (zie ook hoofdstuk 1.4):

**op zandbodems ca. 5-12 ton d.s./km<sup>2</sup>/jr, op kleibodems ca. 8-15 ton d.s./km<sup>2</sup>/jr**

Een voorbeeld is Oldebroek (project Mulligen). De LB in deze gemeente leveren jaarlijks 10,8 ton biomassa/km<sup>2</sup> (50% vocht), ofwel 5,4 ton d.s./km<sup>2</sup>/jr. Hierbij moet opgemerkt worden dat dit een gemiddelde is over de hele oppervlakte van een gemeente en is gebaseerd op een landschapstype dat hoort bij de Veluwe (zand). Andere getallen uit bovengenoemde onderzoeken zijn:

- Achterhoek (Schrijver 2011): 7 % en 15 ton d.s./km<sup>2</sup>/jr.
- Noordelijke Friese Wouden 7 % en 22 ton d.s./km<sup>2</sup>/jr.
- Heel Nederland (Ecofys) 3% en 5 ton d.s./km<sup>2</sup>/jr.

Ondanks deze cijfers en dit potentieel aan biomassa is het moeilijk uitspraken te doen over de hoeveelheid biomassa die daadwerkelijk jaarlijks uit LB geoogst kan worden voor energieopwekking [Boosten, M., (Probos) 2009]. Er is namelijk nog weinig onderzoek gedaan naar cijfers over hoeveelheden biomassa uit de verschillende typen landschappelijke beplantingen (kleine bosjes, bomenrijen, singels, erven en andere landschapselementen). Er zijn wel wat getallen bekend; meer hierover in H. 1.4.

Maar er kan wel geconcludeerd worden dat bij deze hoeveelheid beschikbare biomassa en de wetenschap dat een installatie van 400 KW op jaarbasis ca. 1200 m<sup>3</sup> chips verbruikt, er voor tientallen installaties, tussen 100 KW en 1 MW, plaats is in Nederland. Als er meer grotere installaties (van enkele MW's), bijvoorbeeld zo een als in Lelystad (zie H. 5) staat, bijkomen zal de beschikbaarheid van houtige biomassa onder druk komen te staan.

De oogst van biomassa uit bossen ligt zoals reeds aangegeven veel complexer. Als er al biomassa uit bossen geoogst wordt komt die biomassa in eerste instantie uit tak- en tophout bij eerste dunningen en uit niet-verhandelbare houtsoorten en hout met incurante afmetingen bij latere dunningen. Bij eindkap kunnen grotere hoeveelheden biomassa geoogst worden. Hierbij geldt echter dat duurzaam bosbeheer voorschrijft dat de voedingsstoffenbalans en de boomsoortensamenstelling niet in gevaar mogen komen en dat (extra) oogst niet ten koste gaan van nieuwe of intensievere bodemverdichting (meer hierover in H. 1.7). De bepaling van de biomassaopbrengst en de oogst ervan uit bossen ligt nog complexer: indien al het te oogsten hout uit een bos bestemd wordt voor biomassa, dan kan de opbrengst per ha. uitgerekend worden uit de volgende grootheid: oogst = bijgroei onder aftrek van een % (vaak tussen 30 en 50%) o.i.v. de eisen die gesteld worden aan duurzaam bosbeheer. Voorbeeld: bijgroei = 8 m<sup>3</sup>/ha/jaar; % oogst van de bijgroei = 70 %; opbrengst biomassa 5,7 m<sup>3</sup>/ha/jaar, waarbij dan geldt dat er in dit voorbeeld voorbij gegaan wordt aan de eisen die duurzaam bosbeheer stelt.

Een groot knelpunt in de biomassa-oogst en -exploitatie uit LB zal blijven de steeds relatief kleine hoeveelheden biomassa, verspreid over een relatief groot en vaak moeilijk te exploiteren gebied. “De biomassahandel heeft te maken met veel volume, weinig gewicht” (meer hierover in H. 3).

Om tegemoet te komen aan het (exploitatie-)probleem dat veel LB geen optimale bedekkingsgraad hebben en geen optimale kwaliteit kunnen er een aantal maatregelen genomen worden. Het aanbod van biomassa uit LB kan bijvoorbeeld verhoogd worden als volgt:

1. aanleg meer landschapselementen, o.a. t.b.v. versterkings- en ontwikkelingsdoelstellingen van LB en van herkenbare landschappelijke structuren, overgangen en verschillen; verder t.b.v. instandhoudings- en versterkingsdoelstellingen voor relict-ontginninglandschap, landgoederensembles, mozaïekverkeveling en houtwallenstructuur;
2. ruimtelijke initiatieven die bijdragen aan de duurzame ruimtelijke kwaliteit, toegankelijkheid en duurzaam beheer van LB;
3. aanpassing beheer houtwallen: op tijd snoeien levert meer snoeihout dan tot nu toe in deze gemeente.
4. het verhogen van het percentage van de bijgroei dat geoogst wordt in een bos, tot bijvoorbeeld tot 70-75%

Over het aanleggen van meer LB zegt Schrijver (2011) het volgende: vanwege door oppervlakteverkleining van weilanden en akkers en opbrengstverlies door schaduwwerking van bomen en struiken ontstane opbrengstvermindering, die groter is dan de opbrengsten van energiehout uit die LB., zal het onwaarschijnlijk zijn dat agrariërs massaal zullen overgaan tot het aanleggen van extra LB.

De praktijk leert dat biomassa als bijproduct gezien wordt, dat ontstaat bij het beheren van terreinen en landschappelijke beplantingen waarvoor andere doelstellingen gelden dan het voortbrengen van biomassa. Om biomassa aan kwaliteitseisen te laten voldoen zou er geïnvesteerd moeten worden. Verder gaat het produceren van biomassa uit LB gepaard met veel onzekerheden. Onzeker zijn om te beginnen de subsidies voor landschapsonderhoud. Ook heeft het beschikbaar komen in korte tijd van zeer grote hoeveelheden biomassa uit bijvoorbeeld grote infrastructuurwerken (waarbij lang niet altijd alle oogstkosten aan het product biomassa toegerekend werden) prijsschommelingen en verstoring van de leveringscontinuïteit tot gevolg. Ook werkt de onduidelijkheid over de potentieel aanwezige hoeveelheid biomassa remmend op noodzakelijk investeringen door o.a. aannemers.

### 1.2.2 vraag

De potentiële en huidige afnemers van houtige biomassa uit LB zijn eigenaren met houtverbrandingsinstallaties van rond 100 KW tot 1 of enkele MW. De volgende indeling is hierbij aangehouden:

- kleine kachels

< 100 KW

- middelkleine installaties 100 – 500 KW
- middelgrote installaties rond 1 – 2 MW

Om een betere indruk te krijgen hoeveel een kachel of installatie kan verwarmen kan het volgende overzicht als leidraad dienen:

- geïsoleerde ééngezinswoning, zonder schuur/bijgebouw < 25 KW
- gemiddeld huishouden, ééngezinswoning, met bijgebouw < 50 KW
- woning/boerderij met meer bijgebouwen/stallen 50-100 KW
- bedrijfsgebouw met niet specifieke bedrijfsruimtes 100-200 KW
- bedrijfsgebouw met specialismen (bijv. kippenschuren) 200-500 KW
- centrale voor kleine woonwijk of aantal bedrijfsgebouwen 1-2 MW

Grote installaties (> 5 MW) zijn al wel in bedrijf maar behoren meestal toe aan bedrijven of organisaties die de aankoop en/of aanvoer van brandstof uit afvalhout, zelf geregeld hebben of in eigen beheer hebben. Dit kan ook inhouden een bedrijf met een eigen installatie die gestookt wordt bijvoorbeeld met zaagafval uit eigen bedrijf. Of een installatie die (een deel van) een woonwijk of bedrijfsterrein van warmte voorziet, waarbij de brandstofaanvoer uitbesteed is aan een aannemer. In dit rapport wordt daarom uitgegaan van afnemers met installaties met een vermogen tot maximaal enkele MW (middelgrote installaties).

Van kleine installaties, constateert Schrijver (2011), bestaan er in de regio Achterhoek al enige tientallen. Het zijn voornamelijk eigenaren die makkelijk (en goedkoop) aan houtige biomassa kunnen komen en/of eigenaren die over voldoende ruimte beschikken om een installatie te plaatsen en houtige brandstof op te slaan en te drogen.

(meer hierover in H 4.1)

### 1.3 toegevoegde waarde aan oogstproducten uit LB

Onder toegevoegde waarde aan biomassa uit LB wordt in dit rapport verstaan: de mogelijkheid om stamhout te bestemmen voor hoogwaardiger toepassingen dan biomassa (vezelhout), ook wel aangeduid met cascadering. Dit kunnen zijn toepassingen als meubelhout, zaaghout, kisthout en papierhout. Papierhout wordt in principe ook vervezeld, maar de opbrengst is beduidend hoger. Overigens wordt in de wetenschap met cascadering iets veel groters verstaan dan in bovenstaande zinnen i.r.t. biomassa is aangeduid. Cascadering staat in de wetenschap ten dienste van de biobased economy, en gaat vooral over (her-)gebruik van organische materialen in opvolgende bestemmingen, zoals vaak weergegeven in de eco-piramide. Hierbij staan farmaceutische producten aan de top van de piramide en loopt via voedsel, fijnchemicaliën/functionele materialen naar grondstoffen om tenslotte te eindigen in brandstoffen.

In dit rapport zal daarom verder gesproken worden over het geven van “toegevoegde waarde aan de oogstproducten”, en niet over cascadering.

In LB, voornamelijk bestaande uit loofhoutsoorten, zal regelmatig stamhout voorkomen, met afmetingen die dit stamhout geschikt maken voor hoogwaardiger verwerking, zoals zaaghout of meubelhout. De kwaliteit zal door de gangbare beheersmethode echter vaak niet voldoen aan zaaghout- of meubelhoutkwaliteit, omdat bomen in LB in dunningen niet geselecteerd worden en niet opgesnoeid. Het is daarom aannemelijk dat stamhout van zwaardere afmetingen vaak óf noestig is óf krom óf stambeschadiging heeft. In combinatie met het feit dat incidenteel een stam kwaliteitshout uit een te oogsten LB halen relatief erg duur is qua oogstkosten, maakt het aannemelijk dat het oogsten van andere sortimenten dan energiehout uit LB meestal niet aan de orde is.

Ook in bossen kan dit het geval zijn. In bijvoorbeeld oogst uit bossen t.b.v. biomassa is bij onderzoekslocatie Mulligen geconstateerd dat de kwaliteit van de bomen in die bossen zodanig was dat slechts 10 % van de bomen een betere kwaliteit had dan vezelhout (een norm voor biomassa). Deze 10% was dusdanig weinig dat besloten is de oogst uit het bos voor 100% te bestemmen voor biomassa [L. ten Damme (2012)].

#### 1.4 bepaling voorraad biomassa LB

De hoeveelheid biomassa in LB en bossen wordt aangegeven in tonnen biomassa met een vochtgehalte van 50%. Hout dat geoogst wordt bevat gemiddeld direct na oogst 50 % vocht of meer. Het soortelijk gewicht (s.g.) is voor naaldhout gemiddeld 0.66 en voor loofhout gemiddeld 0.73. In het geval dat opbrengsten in volumegewichten gegeven zijn, kan m.b.v. het s.g. het aantal tonnen met 50% vocht berekend worden.

Een nauwkeurigere kwantiteitsbepaling voor biomassa uit LB gaat uit van de afzonderlijke oppervlaktes van de aanwezige L.B. De houtige biomassa die gebruikt kan worden om de chips te leveren voor de hout gestookte verbrandingsinstallaties komt dan uit kleinere bosjes en solitaire bomen, lijnvormige en andere elementen. In de onderstaande tabel (tabel 1.5.1) zijn aan enkele van deze elementen opbrengsten gekoppeld [Proclam, z.j.; de in deze bron genoemde getallen zijn herleid naar een standaardeenheid]:

Tabel 1.5.1 opbrengsten uit de verschillende L.B.

Soort L.B.	Eenheid	Omloop	Opbrengst (ton/omloop /eenheid)	Opbrengst (m <sup>3</sup> vers/eenh. /omloop)	Opbrengst (ton vers/jr./ stand.eenh. <sup>1</sup> )
Knotbomen – wilg	10 st/100m	10 jr.	20 ton	30 m <sup>3</sup>	2 ton/km
Knotbomen - essen	10 st/100m	10 jr.	36 ton	54 m <sup>3</sup>	3,6 ton/km
Singels	km	10 jr.	40 ton	60 m <sup>3</sup>	4,0 ton/km
Houtwallen	ha	10 jr.	100 ton	150 m <sup>3</sup>	10 ton/ha
Bosjes tot 5 ha loofhout	ha	5 jr.	26 ton	39 m <sup>3</sup>	5 ton/ha
Bosjes tot 5 ha naaldhout	ha	5 jr.	35 ton	51 m <sup>3</sup>	7 ton/ha
Korte omloop bos - wilg	ha	3 jr.	48 ton/ha	72 m <sup>3</sup>	16 ton/ha

De volgende omrekeningsfactor is gebruikt: 1m<sup>3</sup> chips = 250-300 kg (conversiefactor 0,3)

<sup>1</sup> standaardeenheid gesteld op ha (bosjes/houtwallen); km (singels, lanen, bomenrijen enz.); st. (solitaire bomen).

Een recent studentenonderzoek in de Achterhoek en Twente door Van Eck, Lemmerlijn en Meister (2013) in opdracht van Bruins & Kwast geeft als één van de eersten exactere cijfers over de opbrengst van een aantal typen LB. Zij onderzochten m.n. houtwallen/-singels en hakhoutbosjes. De uitkomsten, ingedeeld in elementen op zandgronden en kleigronden, staan vermeld in tabel 1.5.2.

Type LB ►	Houtwallen/singels (8 m. breed) (m <sup>3</sup> houtige biomassa/km/jr.) (50% vocht)	Hakhoutbosjes (m <sup>3</sup> houtige biomassa/ha/jr.) (50% vocht).
Bodemsoort ▼		
zand	12*	6*
klei	15*	8*

Tabel 1.5.2. opbrengsten van twee typen landschappelijke beplantingen op zand en klei.

\* zie voorwaarden hierna

Aan deze cijfers zijn de volgende \*voorwaarden gekoppeld: het gaat hier om elementen die hoge kwaliteit chips leveren, met een gemiddelde diameter van het stamhout van > 15 cm, een optimale bedekkingsgraad en optimaal toegankelijk. De onderzoekers geven zelf al aan dat in veel situaties niet aan deze voorwaarden voldaan wordt en dat daarom de opbrengsten lager zullen zijn. Omgerekend naar ton droge stof worden de getallen voor houtwallen resp. op zand 4 en op klei 5 ton d.s./km/jr.

### 1.5 biomassa oogsttechnieken.

Door de verwevenheid in Nederland van bosbeheer en landschapsbeheer ligt het voor de hand dat daar waar mogelijk dezelfde oogstmethoden en –technieken gebruikt worden bij landschapsonderhoud en bij bosbeheer. Dit betekent over het algemeen ook dat bedrijven veelal in beide sectoren werkzaam zijn. Inzet van machines zal dan ook grote overeenkomst vertonen in bos en landschap. Een uitzondering is het specialistisch materieel voor de vervaardiging van houtige biomassa (chips of chunks). Dit zijn vaak grote en zware machines (tot 600 pk), versnipperaars, die gespecialiseerde bedrijven exploiteren.

Voor kleine, incidentele en/of lokale oogstwerkzaamheden kunnen ook loonbedrijven ingezet worden. Dit is een categorie aannemers die vooral gericht zijn op loonwerk op agrarische bedrijven, maar die door de afname aan werk (afnemend aantal agrariërs) zich steeds meer ook op dit werk richten. Deze loonwerkers zullen over het algemeen min of meer traditionele houtoogstmethoden en –materieel gebruiken, evenals traditioneel versnippermaterieel.

De werkmethode kan in het algemeen als volgt beschreven worden: vellen met motorzaag (kleinschalig) of harvester (grootschalig(er)), uitslepen en voorconcentreren, versnipperen of vervezelen en transport per vrachtwagen, al dan niet met losse container. Naarmate de objecten of de hoeveelheden kleiner zijn zullen de werkmethodes en het in te zetten materieel eenvoudiger zijn. In opkomst is het gebruik van harvester met een z.g. verzamelkop (accumulating energy wood head) Deze speciaal ontwikkelde kop kan meerdere stammen na afzagen verzamelen in de kop met speciaal daarvoor geconstrueerde extra armen.

Voor een uitgebreidere uiteenzetting over oogsttechnieken: zie H.2.

### 1.6 voorbewerkingsmogelijkheden van biomassa.

Naast de mogelijkheid om het hout onbewerkt te verbranden in speciaal voor dit doel ontwikkelde stukhout-verbrandingsinstallaties, kan de houtige biomassa de volgende voorbewerking ondergaan [biomassaforum, 2012]:

- verchippen of snijden: het hout wordt aan kleine stukjes gehakt of gesneden tot chips of chunks;
- shredderen: het hout wordt versplinterd/kapot geslagen;
- pelleteren en briketten maken: zaagsel en fijne houtkorrels worden geperst tot kleine brokken;
- de voorbewerking: torrefactie
- de voorbewerking pyrolyse

#### 1.6.1 rondhout of stam- (of stuk-)hout in brandhoutsortiment

Brandhoutsortiment: lengtes 0,5 of 1,0 m., diameter max. 15-20 cm., vooral bepaald door de handzaamheid van de stamstukken. Het brandhout moet met de hand ingevoerd worden in de kachel.

#### 1.6.2 verchippen: chips of chunks

Het hout wordt door (scherpe) beitels aan kleine stukjes gehakt of gesneden tot chips of chunks.

Chips kunnen afhankelijk van de kwaliteitsklasse variëren van enkele millimeters tot een aantal centimeters groot (gemiddeld 5 -100 mm). Voor de chiptechnieken: zie H. 2.1.

### 1.6.3 shredderen

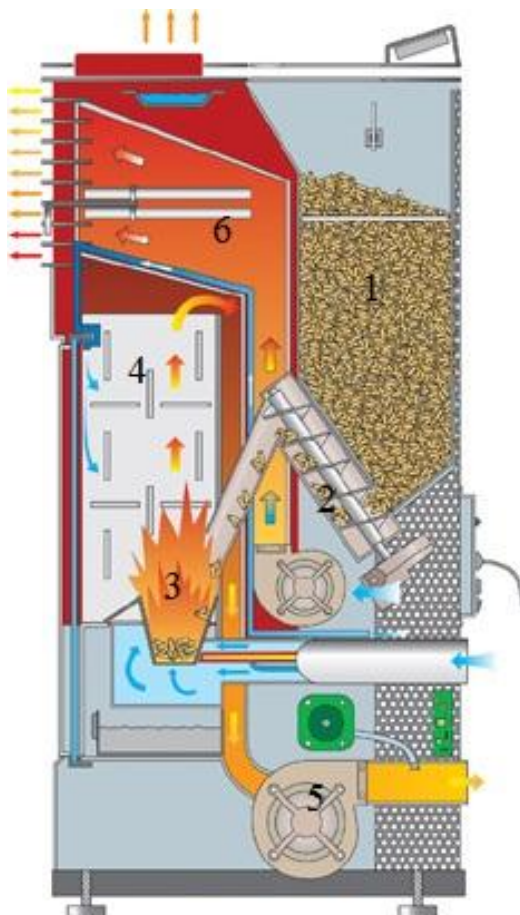
Een andere methode is de houtige biomassa te shredderen, waarbij de biomassa als het ware versplinterd/kapot geslagen wordt door (onscherpe) werktuigen. Brekers zijn apparaten die met laag toerental het hout breken, malers malen het hout met hoog toerental. Brekers zijn minder gevoelig voor vervuiling van het hout met stenen en metalen. Geshredderd hout heeft een minder uniforme samenstelling dan gechipt of versnipperd hout, aangezien de lengte, gladheid en breedte van de geshredderde stukken hout niet gelijk zijn.

### 1.6.4 pelleteren en briketten maken

Zaagsel en fijne houtkorrels worden onder hoge druk samengeperst tot kleine brokken en deze pellets worden gebruikt als brandstof. Ze worden zonder toevoeging van bindmiddelen onder hoge druk gefabriceerd uit zaagsel. Andere grondstoffen zoals houtsnippers of andere secundaire brandstoffen of reststromen zoals snoeihout, zaagsel, houtspaanders zijn minder geschikt (zie figuur 1.5). Sporadisch wordt ook maaisel en riet en hout uit specifiek daarvoor aangeplante bossen (o.a. wilg) gebruikt om pellets te maken, maar de kwaliteit is dan over het algemeen veel minder.



*Figuur 1.5: pellets in bulk* ►



De grondstoffen worden eerst gedroogd. Pellets hebben een doorsnee van gemiddeld 6 mm en een lengte van 10 tot 40 mm. Briketten hebben grotere afmetingen. Een pellet is een gestandaardiseerd product met cilindervorm met diameter 4-10 mm en lengte 20-50 mm., een vochtpercentage van gemiddeld 7% (i.i.g. < 15%), een verbrandingswaarde van 18 GJ/ton en het produceert bij verbranding < 0.5% as). Deze standaardisatie van de afmetingen heeft voordelen voor zowel transport en opslag, als voor de typen stookinstallaties (zie figuur 1.6). Vooral de stookinstallaties kunnen bij gebruik van pellets als brandstof veel eenvoudiger van aard zijn. Installaties voor vochtige chips moeten veel degelijker en zullen dus duurder zijn dan pelletinstallaties. En bij gebruik van verse chips zal een voordroogstelsel ingebouwd moeten zijn.

◀ *Figuur 1.6: schematische weergave van pellet-verbrandingsinstallatie [http://www.ourfloorplans.com] (rechtsboven: voorraadbunker pellets [1]; via worm [2] worden pellets in vuurhaard [3]; verbrandingsgassen via naverbrandingskamers [4] geforceerd naar schoorsteen [5]; warmte via ventilator woon- of werkruimte in geblazen [6])*

De productiekosten daarentegen zijn gemiddeld tweemaal zo hoog als die van chips. De prijs van pellets is daardoor dan ook twee- tot driemaal zo hoog als die van chips. In Nederland zijn er maar enkele grote producenten van pellets, in ieder geval één in Noord Holland en een in Noord Brabant. De voordelen van pellets t.o.v. houtchips zijn: ca. 2x hogere stookwaarde, veel beperktere uitstoot van fijnstof en as, een laag vochtpercentage, een veel lager niveau van onderhoudskosten aan verbrandingsinstallatie, lagere investering, leverbaar ook op andere manieren dan bulk en een veel hogere dichtheid. Een hoge dichtheid betekent minder opslagruimte nodig en een efficiënt transport [JALO biopellets, 2011].

De huidige prijs van pellets is € 200,-- (bulk, min. 20 ton) / 300,-- per ton [o.a. Olijve – Emlichheim (D)]. Ter vergelijking: de prijs van chips € 40,- (bulk) / 80,- (kleinverpakking) per ton.

#### 1.6.5 de voorbereiding torrefactie

Torrefactie: dit is een nieuwere techniek die op chips of grotere houtbrokken toegepast wordt. Hierbij wordt de biomassa “geroosterd of voorgebrand”, zoals bij koffiebonen, waardoor het vocht eruit gaat en er een goed brandbare, op steenkool lijkende massa overblijft. Het “branden” gebeurt bij 200-400<sup>0</sup>C, zonder zuurstof [agentschap, 2012]. Het resultaat is een stabiel product met hogere dichtheid en vergelijkbaar is met kolen.

#### 1.6.6 de voorbereiding pyrolyse

Pyrolyse: is een proces waarbij materiaal wordt ontleed door het te verhitten, bij temperaturen vanaf 300<sup>0</sup>C zonder toevoeging van zuurstof. Het resultaat is houtskool en in bepaalde omstandigheden, teerolie. De techniek is al oud. Eeuwen geleden pasten o.a. de Lappen (Finland) deze techniek al toe, alleen was bij hen het hoofdproduct teerolie, waarmee de huid van schepen waterdicht gemaakt werd, en was houtskool een (nuttig) bijproduct.

### 1.7 gevolgen van oogst voor bos en LB

De oogst van biomassa kan op gespannen voet staan met doelstellingen voor natuur- en landschapsbehoud. Omdat de rijksoverheid het gebruik van biomassa stimuleert heeft diezelfde overheid regels laten opstellen voor een duurzame winning van biomassa. In deze regels, ook wel criteria genoemd, worden eisen gesteld aan de herkomst en productie van biomassa ten aanzien van broeikasgasbalans, concurrentie met voedsel, lokale energievoorzieningen, medicijnen en bouwmaterialen, en biodiversiteit; en verder aan welvaart, welzijn en milieu. Deze criteria zijn opgesteld door een commissie o.l.v. Mw. Cramer en naar haar vernoemd: de Cramer-criteria. Deze criteria zijn vervolgens omgezet in toetsbare eisen door middel van een NTA (Nederlandse Technische Afspraak). De Nederlandse overheid zet de NTA, m.b.t. biomassa, de NTA8080 genoemd, in voor de regeling Stimulering Duurzame Energieproductie (SDE) [Task Force Energietransitie 2006].

Het belangrijkste criterium is dat de herkomst van de biomassa moet bekend zijn. Dit moet in de toekomst controleerbaar zijn door een track-and-trace systeem. Daarnaast worden als criteria genoemd: geen aantasting van beschermde gebieden of waardevolle ecosystemen, inzicht in mogelijke negatieve effecten op de regionale en nationale economie en geen negatieve effecten op het lokale milieu. Voor de lokale en regionale oogst van biomassa zijn daarom van belang dat de herkomst van chips bekend moet zijn en dat geen landschappen of delen daarvan aangetast mogen worden en dat afval geen probleem mag gaan worden.

Toch kunnen aanvullende aanbevelingen of criteria nodig blijken. Het tak- en tophout bevat gemiddeld genomen meer voedingsstoffen en essentiële mineralen dan het stamhout [J. de Jong (2011)]. Daarom kan dat uiteindelijk tot problemen leiden als de onttrekking van mineralen door een intensievere houtoogst groter is dan de aanvoer vanuit verwerking of depositie. Om deze reden is het

ook al wenselijk dat er bij de oogst een bepaalde hoeveelheid hout, m.n. het tak- en tophout, in het bos achterblijft. De Jong (2011) geeft aan dat er bij structurele dunningen gemiddeld 8 kg N<sub>2</sub>/ha en 5 kg Ca/ha meer afgevoerd wordt als ook het tak- en tophout geoogst wordt. Overigens zijn dit gemiddelden en zijn er in onderzoeken grote plaatselijke verschillen geconstateerd. Voor stikstof worden geen problemen verwacht, aangezien de jaarlijkse depositie deze onttrekking compenseert. Wel worden problemen verwacht met Calcium.

Het achterblijven of achterlaten van tak- en tophout heeft ook andere effecten. Zo beperkt tak- en tophout dat op de bosbodem verspreid is achtergelaten, de verdamping vanuit de bodem, en laat een microklimaat ontstaan boven de bosbodem, met vooral gelijkmatiger temperaturen. Overigens versnelt dit microklimaat in bepaalde situaties weer de mineralisatie, waardoor de hoeveelheid organische stof in de bodem door de jaren heen ongelijkmatig kan zijn. Verder onderdrukt het vaak de ontwikkeling van bodemvegetatie waardoor eventuele bosverjonging minder concurrentie ondervindt. Tak- en tophout, tenslotte, helpt, als het als “rijbaan” gebruikt wordt voor harvesters, de bodemverdichting voorminderen. Maar daar staat ook weer tegenover dat een optimale situatie bereikt wordt t.a.v. omzetting van tak- en tophout in nieuwe voedingsstoffen als het verspreid wordt door het hele bos.

In landen zoals Zweden en Denemarken met grootschalige houtoogst, en in steeds grotere mate, zij het onder voorwaarden, ook oogst van tak- en tophout, worden daarom asresten van verbranding van hout wel teruggebracht in het bos [Schrijver e.a. (2011)]. Maar ook het terugbrengen van asresten in het bos heeft bijwerkingen: de door de as ontstane hogere zuurgraad kan een versnelde, maar ongewenste mineralisatie tot gevolg hebben.

In deze Scandinavische landen, maar ook andere landen, zijn de bossen ingedeeld in klassen. Per klasse is er aangegeven hoe er gehandeld moet worden. Dit kan variëren van terugbrengen van as tot het beperken of uitsluiten van de oogst van tak- en tophout. Beperkingen gelden vooral voor de voor verzuring gevoelige bodems. In Nederland zou dat betekenen dat vooral voorzichtigheid en terughoudendheid geboden is in de bossen op de drogere, armere zandgronden, waar overigens een aanzienlijk deel van het Nederlandse bos gelokaliseerd is. Op andere, vruchtbaarder bodems, heeft de oogst van tak- en tophout minder gevolgen.

Het eerst in het bos laten drogen van geoogst tak- en tophout, waardoor naalden en bladeren in het bos achterblijven, beperkt de afvoer van voedingsstoffen aanzienlijk. Maar de extra oogstoperatie, nadat het tak- en tophout gedroogd is, werkt kostenverhogend en verstoort natuur en recreatie opnieuw.

Samenvattend kan gesteld worden dat in niet-verzuring gevoelige bossen in Nederland er mogelijkheden zijn om ook tak- en tophout te oogsten en af te voeren. Nadelige effecten moeten zo veel mogelijk vermeden worden.

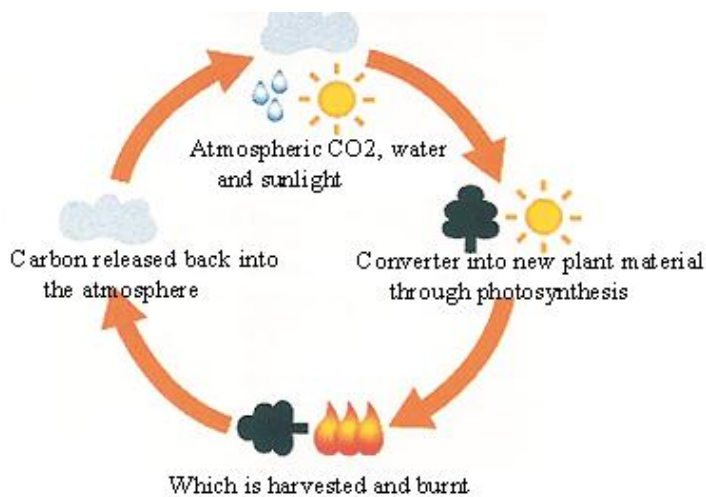
Zoals reeds gemeld in de Inleiding is een van de drijfveren om over te gaan tot het stoken op hout de CO<sub>2</sub>-neutraliteit bij de verbranding van hout. Hout is immers een energiebron waarbij bij verbranding een hoeveelheid CO<sub>2</sub> vrijkomt die gelijk is aan de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die wordt geabsorbeerd tijdens de groei. De kringloop wordt compleet gesloten als de asresten na verbranding weer terug gegeven worden aan de bodem ten behoeve van nieuwe planten- en bomengroei. Hout wordt daarom een hernieuwbare grondstof genoemd (zie figuur 1.7). Zie ook H.4.4.

Naast deze CO<sub>2</sub>-neutraliteit kunnen als voordelen van het stoken van hout genoemd worden: in vergelijking met fossiele brandstoffen is de brandstof hout een stuk goedkoper (tot een factor 2), de oogst van de brandstof kan uit eigen bossen en LB plaatsvinden en de investeringen verdienen zich na verloop van tijd (binnen de afschrijvingstermijn van de verbrandingsinstallatie) weer terug. Nadelen van stoken op hout zijn: opslag nodig voor de voorraad hout of chips, het meer arbeid vergen van deze manier van stoken in vergelijking met stoken op bijvoorbeeld gas, om de



verbrandingsinstallatie van brandstof te voorzien, de asresten moeten afgevoerd worden, er moet

rekening gehouden worden met filtering van de verbrandingsgassen en er is een hogere investering nodig dan bij traditionele verwarmingsketels.



◀ *Figuur 1.7: kringloop van CO<sub>2</sub> bij verbranding van hout [Mayo Energy Agency – Ireland]*

### 1.8 wet en regelgeving.

Er dient rekening gehouden te worden met het feit dat niet in alle jaargetijden biomassa gewonnen kan worden, waardoor een continue levering van brandstof aan een verbrandingsinstallatie kan stagneren. Oorzaak zijn de regels die de Flora- en faunawet hanteert, zoals het verbod op werkzaamheden in bos- en natuurgebieden tijdens het broedseizoen (15 maart t.m. 15 juli). Gedragscodes omschrijven hoe schade bij o.a. oogstwerkzaamheden beperkt en/of vermeden kunnen worden. Naleving van deze codes geeft als compensatie weer mogelijkheden om vrijstelling te krijgen voor bepaalde verboden. Toch wordt deze wet nog steeds als belemmerend ervaren bij de oogst van biomassa, omdat het een continue en vaak daardoor rendabeler oogst onmogelijk maakt.

## 2. Versnipperen houtige biomassa en het product: chips

In dit hoofdstuk worden de methodes behandeld om het geogste hout uit LB te oogsten, te verkleinen en te transporteren. Er wordt ingegaan op de kosten en de opbrengsten van chips voor terreineigenaren en op relevante wet- en regelgeving.

### 2.1 chipmethodes

In het onderhoud van landschappelijke beplantingen buiten bosverband in het landelijke- en stedelijke gebied wordt het velwerk met de motorzaag uitgevoerd of er worden standaard landbouwmachines met snoei- of maaiapparaten uitgerust. Speciaal ontwikkelde machines die (bijv. langs snelwegen) het snoeiafval in één werkgang kunnen afzagen, versnipperen en opvangen zijn in ontwikkeling. Ook toegepast worden harvesters met een z.g. verzamel-harvester kop (“accumulating energy wood head”). Deze kan in één gang meerdere dunne bomen afzagen (zie figuur 2.1). Het is de bedoeling dat in de toekomst een machine, uitgerust met deze kop het geogste hout meteen in een aangekoppelde verchipper kan stoppen.



◀ *figuur 2.1: verzamel-harvester kop (accumulating energy wood head). Deze kop kan in één gang meerdere bomen afzagen en verzamelen. (bron: Naarva – Joensuu, Finland)*



*figuur 2.2: ►  
onderhoud elzensingel velwerk met de motorzaag.  
Elzenhiem, Kollum (Fr).*

Grotere onderhoudsprojecten worden door gespecialiseerde aannemers uitgevoerd, maar voor eigen gebruik halen terreineigenaren het hout ook nog wel zelf uit de LB (zie figuur 2.2).

De machines die kunnen versnipperen (chippers, chunkers en shredders) zijn aangepast op de verschillende wensen met betrekking tot:

- Aandrijving;
- Grootte en eigenschappen van het te verkleinen hout;
- Productiecapaciteit;
- Terrein waar de werkzaamheden plaatsvinden;
- Investerings- en bedrijfskosten.

Shredders voor het grootschalig produceren van chips hebben een verwerkingscapaciteit van 60 tot 90 ton/uur en voor versnipperaars varieert deze van 30 m<sup>3</sup> tot 150 m<sup>3</sup>/uur (zie figuur 2.3 en 2.4). De inzet van grote versnipperaars en shredders gaat gepaard met hoge transportkosten (verplaatsingskosten) en de eis dat er continue voldoende materiaal voorgeconcentreerd voorhanden moet zijn. Op deze manier kan de volledige productiecapaciteit van de machines wordt benut en kan

een zo hoog mogelijke efficiëntie worden gehaald. Een ander knelpunt bij het versnipperen/shredderen kan zijn dat de kwaliteit van het product vaak te heterogeen is en daardoor niet aansluit op de vraag vanuit de handel en beheerders van verbrandingsketels. [Boosten, M., (Probos) 2009].



*Figuur 2.3: ►  
Overslag van chips uit mobile opvangbak in containers (bron: Bruins & Kwast – Goor).*

Kleinschaliger kunnen chips geproduceerd worden met behulp van trommel- of schijvenhakselaars met mechanische invoer van takhout (d.m.v. hydraulische arm), of met manuele invoer. Deze laatste hebben rendementen van ca. 10m<sup>3</sup> chips/uur, de hakselaars met gemechaniseerde invoer tot 50 m<sup>3</sup> chips/uur. Gemiddeld kost het verchippfen op kleine schaal ca. 1% van de door de chips

vertegenwoordigde verbrandingswaarde [Proclam, zonder jaartal].



◀*Figuur 2.4:  
versnipperaar van 550 PK (Dutch dragon EC6060) met eigen invoerarm, op harvesteronderstel van Timberjack 1110C. Gegevens: invoeropening 60x60 cm; aandrijving John Deeremotor 550 PK; met een 4-messentrommel. Foto: maart 2012 Flevoland, (foto A. Kienhuis)*

Bij uitbestede projecten verzorgt de tussenhandel veelal de logistiek naar de centrale of regelt de beheerder van de centrale het zelf. [Boosten, M., (Probos) 2009]. Vooral grotere afnemers maken gebruik van de zogenaamde tussenhandel. Aannemers of transporteurs kunnen dit doen, maar ook bepaalde handelsondernemingen. Niet zelden zijn tussenhandelaren gespecialiseerd in verschillende disciplines. Een combinatie van oogsten, transporteren en drogen is hierbij logisch. Een van de redenen van deze multifunctionaliteit is de noodzaak om over geschikt materieel te beschikken. En vaak moet dit materieel in meerdere disciplines inzetbaar zijn. Een voorbeeld is aannemersbedrijf Van Werven uit Oldebroek, gespecialiseerd in oogsten uit bos én LB, transporteren en drogen van chips (zie ook H. 5.5).

Nu de handel in en het verbruik van houtige biomassa een zodanig grote omvang heeft gekregen dat m.n. grote(re) afnemers in contracten vastgelegde eisen gaan stellen, die een continue aanvoer van biomassa regelen, wordt het oogsten van biomassa navenant specialistischer. Dit specialisme uit

zich vooral in de ontwikkeling van geavanceerde, vaak peperdure machines. En dit betekent meestal dat er voldoende werk voor die machines móet zijn.

Dit heeft ook gevolgen voor de kleinschaliger oogst van biomassa uit LB. De standaard landbouwmachines met snoeiapparaten worden vaker vervangen door speciaal voor dit doel ontwikkelde machines. De motorzaag verdwijnt meer en meer, terwijl harvesters hun intrede doen. Dit kan uitmonden in een uit efficiency oogpunt grootschaliger onderhouden LB. Mogelijke gevolgen die dit kunnen hebben zijn:

- selectief onderhoud, dat met de motorzaag wel mogelijk was, gaat tot het verleden behoren;
- niet de leveringscapaciteit van de LB zelf wordt leidraad bij onderhoud, maar de via contract vastgelegde verplichte leveringshoeveelheid;
- inzet van al maar zwaardere machines kunnen meer schade gaan veroorzaken;
- de moeilijk bereikbare LB worden niet meer onderhouden;
- LB worden te (te) fors aangepakt, om de onderhoudsfrequentie te minimaliseren.

## 2.2 kosten en opbrengsten houtige biomassa uit LB.

### 2.2.1. kosten

Op kleine schaal kan hout uit LB geoogst worden met motorzaag (kosten € 37,-/uur, incl. medewerker – niveau 2012). Hierbij zal bij de afvoer van het hout de nodige menskracht noodzakelijk zijn. Naast het feit dat het inhuren van loonwerkers met motorzaag om ergonomische redenen steeds moeilijker wordt, zal de ongemechaniseerde houtafvoer sterk kostenverhogend werken.

Inzet van een harvester (€ 125,-/uur, excl. verplaatsingskosten) is echter alleen lonend als er genoeg werk is voor zo'n machine en de afstanden tussen de verschillende kleine oogstlocaties niet te groot zijn (= te berijden door de harvester zelf).

Gemiddeld liggen de kosten van oogst uit LB bij een gemiddelde diameter (dbh) van 12 cm met een harvester ruim twee keer hoger dan oogst met een motorzaag. Bij een dbh van 16 cm is dit ongeveer twee keer zo hoog, bij een dbh van 24 is dit nog maar 1,5 maal. Onderstaande tabel (2.1) laat dit zien:

Oogst door:	dbh 12	dbh 16	dbh 20	dbh 24
motorzaag	25	16	13	11
harvester	58	31	22	17

*Tabel 2.1: oogstkosten (vellen/snoeien/korten) met motorzaag en harvester bij verschillende diameters van grove den in bosverband op borsthoogte (dbh) in €/m<sup>3</sup>. [Alterra (2010)]*

De conclusie die hier (voorzichtig) uit getrokken kan worden, is dat het onverstandig lijkt om in LB stammen te oogsten met een gemiddelde diameter (dbh) van 12 cm. of lager, tenzij er grote oppervlaktes LB beschikbaar zijn.

Schrijver (2011) toont aan dat de kostprijs van het onderhoud aan LB nooit gedekt kan worden door de opbrengst van houtsnippers. Zelfs alleen het versnipperen en transport over een afstand van max. 1 km, zijn niet kostendekkend. Onderhoud aan LB, waarbij de geoogste biomassa dient als brandstof in houtgestookte verbrandingsinstallaties, zal daarom ook alleen kostendekkend zijn, en dus rendabel, als de landschapsonderhoudssubsidie gehandhaafd blijft.

De totale hoeveelheid energie overigens, die nodig is voor de oogst, transport en voorbewerking van het hout, is gemiddeld ca. 7% van de energie-inhoud, die bij verbranding energetisch kan worden

benut [Kuiper, 2008]. Vanuit dit oogpunt bezien is het dus altijd rendabel om hout te gebruiken als energiebron.

### 2.2.2. opbrengsten voor terreineigenaren.

De prijs voor houtsnippers (chips) kan op drie manieren bepaald worden:

1. op basis van volumen,
2. via gewicht en vochtgehalte,
3. op basis van geproduceerde warmte [AVN-infoblad, 2012].

Ad1. De prijsbepaling van chips op basis van volume-eenheden is alleen gerechtvaardigd als de houtsoort en het vochtgehalte bekend zijn.

Ad 2. Bij de prijsbepaling via gewicht en vochtgehalte dienen beide grootheden precies bekend te zijn.

Een correctiefactor bepaalt dan op basis van het vochtgehalte, de prijs; de prijsbepaling via deze correctiefactor wordt toegepast in de grensstreek Gelderland/Overijssel en Munsterland; bij een vochtgehalte van 30% is de correctiefactor 1,0.

Ad.3. De laatste methode gaat uit van de geproduceerde warmte.

De gemiddelde prijs van verse chips (vochtgehalte > 50%) af bos of oogstlocatie ligt tussen € 10,-- en € 15,-- /ton [Schrijver (2011)]. Transportkosten zijn bij enkelvoudig transport (van oogstlocatie rechtsreeks naar afnemer) rond € 10,--/ton. Geleverd franco afnemer betekent dat, dat de prijzen voor verse chips (> 50% vocht) variëren van € 20,-- tot € 25,--/ton. Droge chips (vochtgehalte 35%), geleverd franco afnemer kosten € 40,-- tot € 60,--/ton.

De Nederlandse prijzen voor houtige chips staan onder druk door de hogere prijzen die in Duistland en Denemarken ervoor betaald worden. In Duitsland ligt de prijs voor chips met 35% vocht tussen € 75,-- en € 84,--/ton, franco afnemer. Naast het prijsopdrijvend effect van het Duitse prijsniveau voor houtige chips kunnen ook de grotere installaties die bedrijven of woonwijken van warmte voorzien, de prijs van chips beïnvloeden. Voorbeelden van grote biomassacentrales zijn de centrale Lelystad (7 MW) die een wijk van warmte voorziet, en de houtpellet gestookte centrale in Zevenaar, die een deel van een bedrijventerrein van warmte voorziet. Gemeentes spelen hierbij een rol, omdat zij in hun drang om meer duurzame energie toe te passen of in hun wens CO<sub>2</sub>-neutraal te worden, dergelijke installaties kunnen subsidiëren.

Schrijver (2011) hanteert een waarde van uit LB geogste houtchips bij opwekking van elektriciteit van € 0,03/kWh.

## 2.3 wet- en regelgeving

Bij het oogsten van biomassa uit LB is o.a. de Notitie afvalhout/houtafval van belang. Het gaat er om of iets als afval óf als product bestempeld wordt. Is het afval dan mag het alleen onder strikte voorwaarden bijvoorbeeld opgeslagen worden. Tevens zijn er dan vergunningen nodig. Ook bij transport zijn er strikte regels. Al in 2005 is er een rapport opgesteld over de situatie wanneer iets afval is, en wanneer niet [Kremers, e.a. (2005)].

Recent is er echter een eind gekomen aan de onduidelijkheid m.b.t. biomassa. Het product biomassa wordt nu niet meer als afval gezien en mag dan ook zonder beperkingen verhandeld worden. Dit geldt voor biomassa als oogstproduct uit wilgenplantages maar ook uit landschappelijke beplantingen.

Voor iedere stookinstallatie geldt, dat er keuze gemaakt moet worden uit de soorten biomassa. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen de herkomst en de kwaliteit van de biomassa. Zo wordt

hout dat geteeld wordt voor de (biomassa-)industrie of er uiteindelijk rechtstreeks terecht komt als schoon hout geclassificeerd. Alle overige bronnen zijn dan afval, dat bijvoorbeeld vrijkomt bij verwerking van hout of houtproducten of uit verpakkingsmateriaal.

Voor deze houtige afvalstromen gelden de volgende categorieën:

1. bouw-, onderhouds-, renovatie- en sloopwerken;
2. verwerking van (grof) huishoudelijk afval en restafval van bedrijven, o.a. eenmalige verpakkingen;
3. onderhoud van openbare ruimtes, tuinen, parken, openbaar groen, bossen en agrarische percelen als snoeiafval;
4. oogst uit tuinen, parken, openbaar groen, bossen en agrarische percelen, als snoeiafval;
5. oogst van producten uit bossen, als resthout of gerooid hout uit agrarische percelen;

De kwaliteit van afvalhout wordt vervolgens ingedeeld in de categorieën:

A-hout: ongeverfd, onbehandeld hout

B-hout: geverfd, gelakt, verlijmd hout

C-hout: geïmpregneerd hout, en verduurzaamd hout in het algemeen.

Zowel het hout dat uit bossen wordt gewonnen als het hout uit de landschapselementen valt in categorie A. Dit betekent dat de installatie niet hoeft te voldoen aan de hoogste emissie-eisen die wel gelden voor categorie C hout.

Een uitzondering op de notitie afvalhout/houtafval wordt gemaakt als het gaat om hout dat een bijproduct is van een andere bewerking. Hier wordt dus bedoeld het bewerken van ‘schoon’ hout, waarbij de gemaakte tussenproducten dienen als grondstof voor een ander product, bijvoorbeeld in de meubelindustrie. Als een afvalhoutproduct nuttig is toegepast verliest dit houtproduct zijn afvalhoutstatus. Hiervan is sprake als er bijvoorbeeld een uit een houtig afvalproduct warmte is opgewekt, want dan wordt dat houtproduct en de vervolgproducten (asresten) niet meer als afval gezien.

De wetgeving bepaald zowel de emissie-eisen als de eisen van de installatie. Doordat de droge biomassa ongeverfd en onbehandeld wordt verstoekt, zijn er geen speciale emissie regulerende aanpassingen nodig. In een installatie die voldoet aan de eisen voor afvalhout mag tevens schoon hout verwerken worden. Wanneer de installatie alleen maar schoon hout zou verbranden, valt het onder de gemeentelijke wetgeving [L. ten Damme, e.a.; 2012].

### 3. Biomassalogistiek (van landschap naar verbrandingsinstallatie)

Onder logistiek wordt in dit rapport verstaan “de juiste dingen op de juiste tijd en op de juiste plaats brengen in de juiste hoeveelheden en tegen optimale kosten”. Logistiek is het organiseren, plannen, besturen en uitvoeren van een goederenstroom.

Biomassalogistiek omvat dan ook het traject van de productie van de brandstof via de distributie naar de eindafnemer en heeft als doel om tegen optimale kosten en duurzaam kapitaalgebruik te voldoen aan de behoeften van de klant.

Logistiek is onlosmakelijk verbonden met het begrip ketenbeheer en er zal dus een evenwicht gevonden moeten worden tussen de vaak zo moeilijk verenigbare doelstellingen van duurzaam bos- en landschapsbeheer enerzijds en de kostenminimalisatie en klanttevredenheid anderzijds. In dit hoofdstuk zal om praktische redenen onder biomassalogistiek verstaan worden het transport, de opslag en het drogen van het product. Deze zullen hier dan ook behandeld worden. In de andere hoofdstukken worden de andere aspecten die formeel tot logistiek gerekend moeten worden (oogst en de gevolgen voor bos en landschap en de levering van de brandstof en afval) behandeld.

#### 3.1 transport

Onder transport van de biomassa wordt verstaan het totaal aan afstand die de biomassa moet afleggen van de oogstplaats tot de voorraadbunker in of bij de verbrandingsinstallatie. Hierbij spelen de volgende aspecten een rol: de oogstlocatie, de beschikbaarheid van de biomassa, de transportafstand(en), de hoeveelheid biomassa, de transportmiddelen, de locatie van de verbrandingsinstallatie en de bereikbaarheid ervan.

Er zijn verschillende transporttrajecten mogelijk:

- van oogstplek naar tijdelijke opslag nabij de oogstplek (transport door dumpers);
- van tijdelijke opslag naar drooglocatie (transport door vrachtauto's);
- van drooglocatie naar voorraadbunker van verbrandingsinstallatie (transport door vrachtauto's).

Maar het is ook mogelijk om rechtsreeks te gaan:

- van tijdelijke opslag nabij de oogstplek naar voorraadbunker van verbrandingsinstallatie.

Het spreekt voor zich dat ook bij biomassa-oogst uit LB de transportafstanden zo kort mogelijk gehouden moeten worden, maar als via een tussenopslag de chips gedroogd moeten worden kan het mogelijk zijn dat een efficiëntere (lees: goedkopere) droging opweegt tegen een langere transportafstand. En een goedkopere droging kan bereikt worden door schaalvergroting, ofwel samenwerking binnen een regio. Transport is op dit moment één van de duurste schakels uit de biomassaketen. Onderzoeken tonen aan dat deze schakel 20-30 % van de totale kosten vergt. [Boosten, M., (Probos) 2009]. Het reduceren van transport zelf heeft alle aandacht, maar ook het ontwikkelen van nieuwe methoden en transportmaterieel ter voorkoming van transport van lucht. Immers, chips bevatten per m<sup>3</sup> tot 60 % lucht t.o.v. het droge stof gewicht.

Het lijkt in eerste instantie logisch om vóór het transport het materiaal dat de houtige biomassa moet gaan leveren eerst te verkleinen/versnipperen. Transport van chips is tot 8x goedkoper per kilometer dan transport van niet verkleind tak- en stamhout, blijkt uit verschillende onderzoeken. Toch meldt de literatuur ook dat de methode versnipperen-op-oogstlocatie, m.a.w.:

oogst > uitrijden > versnipperen > transport > drogen

vaak duurder is dan de methode:

oogst > uitrijden > transport > versnipperen > drogen.

Boosten e.a. (2009) geven aan dat de eerste methode tot bijna tweemaal duurder kan zijn (gemiddeld € 35,00 en € 68,00/stère chips). De oorzaak zou dan liggen in het feit dat op de drooglocatie een veel efficiëntere versnipperaar ingezet kan worden én dat bij doordacht transport

het vervoer van takhout door samenpersing ook rendabel kan plaatsvinden. Ook kan het sorteren op de “werf” van biomassa uit verschillende boom- en struiksoorten bijdragen aan de kwaliteit van de chips. Hieruit kan de conclusie getrokken worden dat in elk op te zetten biomassa oogststelsel de oogst-/versnippermethode binnen de logistiek zorgvuldig onderzocht moet worden.

Kostenbesparing kan ook bereikt worden door de locatie van de drooglocatie of drooglocaties centraal te kiezen. Dit reduceert de transportafstand aanzienlijk. Tenslotte kan ook het versnipperen in twee etappes bijdragen aan kostenreductie: op de oogstplaats een grove versnippering, op de drooglocatie een definitieve versnippering met zware versnipperaars met grote capaciteit. Dit is natuurlijk alleen rendabel bij een bepaald (groot) biomassavolume.

In het transport zelf kunnen drie hoofdsystemen onderscheiden worden:

- het containersysteem op vrachtauto, vaak in combinatie met aanhangwagens;  
kenmerken: veel containers nodig, complexe planning, “lege” ritten noodzakelijk, hoog tarfaandeel;
- de landbouwtractor en aanhangwagen combinatie;  
kenmerken: alleen geschikt voor korte(re) afstand, volume aanhangwagens beperkt, meerdere combinaties nodig, lagere oogstpadenbelasting, snelle lossing
- de walking-floor in gesloten opleggers (trailers);  
kenmerken: alleen geschikt voor transport vanaf (tussen) opslag, groot volume, makkelijk te laden met shovel, makkelijke lossing, laag tarfaandeel, na elk transport volgt een lege rit).

Op transportkosten kan 10-15% bespaard worden als de tussenopslag van chips vermeden wordt en de chips rechte lijn van de oogstplek naar de voorraadbunker van verbrandingsinstallatie gebracht kan worden. De chips worden dan niet gedroogd. De voorraadbunker moet dan zodanig groot zijn dat eventuele stagnatie van aanvoer door bijvoorbeeld de onderbreking van de oogstwerkzaamheden tijdens het broedseizoen opgevangen kan worden [L. ten Damme, 2012]. Uiteraard kan er ook tijdelijk gekozen worden voor een tussenopslag.

Direct gerelateerd met het transport is de locatie van de verbrandingsinstallatie. De locatie is bepalend voor de omvang van de verbrandingsinstallatie. Een gemiddelde verbrandingsinstallatie (0,5 tot 1 MW) heeft een inhoud van 6 x 6 x 4 meter. Er zijn diverse mogelijkheden:

- de meest voorkomende situatie: in een bestaand gebouw/object;
- in een nieuw te bouwen gebouw/object;
- in nieuw te bouwen aanbouw van een bestaand gebouw/object;
- in een container die geplaatst wordt bij een gebouw/object.

Deze laatste mogelijkheid, een containerinstallatie, is een ruimtebesparende mogelijkheid. Hierbij is een compacte biomassaverbrandingsinstallatie geplaatst in een container. Deze installaties zijn compleet: dus voorzien van een brandstofaanvoersysteem, een oven, een systeem dat verbrandingsresten verwijdert en rookgasfiltersysteem.

[Damme, L. ten, e.a.; 2012]

### 3.2 opslag

Na de productie van chips moeten deze brandstof opgeslagen worden. Dit is (bijna altijd) noodzakelijk omdat de aanvoer van de brandstof naar de verbrandingsinstallatie het hele jaar door continue moet zijn. Dit betekent dat er 365 dagen per jaar periodiek een van tevoren afgesproken hoeveelheid chips geleverd moet kunnen worden. Een buffer is daarom noodzakelijk.

Opslag is ook noodzakelijk als de brandstof gedroogd moet worden.



De keuze van een verbrandingsinstallatie is o.a. afhankelijk van het maximale vochtpercentage van de chips die verstoekt gaan worden. Opslag van chips, om over een buffer te kunnen beschikken kunnen uiteraard, kan bij een goede planning gecombineerd worden met het droogproces. Immers houtchips hebben de natuurlijke eigenschap bij opslag te drogen (voor droogtechnieken: zie volgende paragraaf).

Het verbruik van biomassa door de verbrandingsinstallatie is bepalend voor de hoeveelheid ruimte die beschikbaar moet te zijn om biomassa op te slaan. De opslag kan in eigen beheer plaatsvinden of er kan een tussenpersoon of aannemer ingeschakeld worden (zie figuur 3.1 t.m. 3.3).

Overwegingen voor de keuze eigen beheer of uitbesteden kunnen liggen op het financiële vlak (de kosten van transport en opslag door een aannemer zijn aanzienlijk), maar kunnen ook ingegeven worden door een duurzaamheidsprincipe: het lokaal oogsten, drogen en verstoken van biomassa.



*opslag van verse chips ▲*

*▲ fractiegrootte van de chips*

*Figuren 3.1/3.3: biomassa centrale Lathen; maart 2012 Papenburg (D) (foto's A. Kienhuis)*

*Aanvoer van verse chips per trailer met een zeer efficiënte losmogelijkheid de "walking floor" ►*



Aandachtspunten bij opslag door een aannemer zijn naast de al genoemde financiën ook het gebruik van de biomassa en het desgewenste lokale karakter. Dit laatste kan verdwijnen met de komst van een aannemer omdat deze grootschaliger moeten werken dan lokaal mogelijk is (de biomassa "verdwijnt dan op de grote hoop"). Een en ander hangt natuurlijk samen met de definitie van lokaal. En door het grootschalige werken van een aannemer is er meestal ook extra transport nodig, dat niet alleen financiële gevolgen heeft maar ook weer meer milieubelastend is, als het gaat om lokaal biomassa oogsten en stoken.

De opslagruimte die nodig is om een hoeveelheid chips in eigen beheer op te slaan om een continue levering mogelijk te maken, is te berekenen.

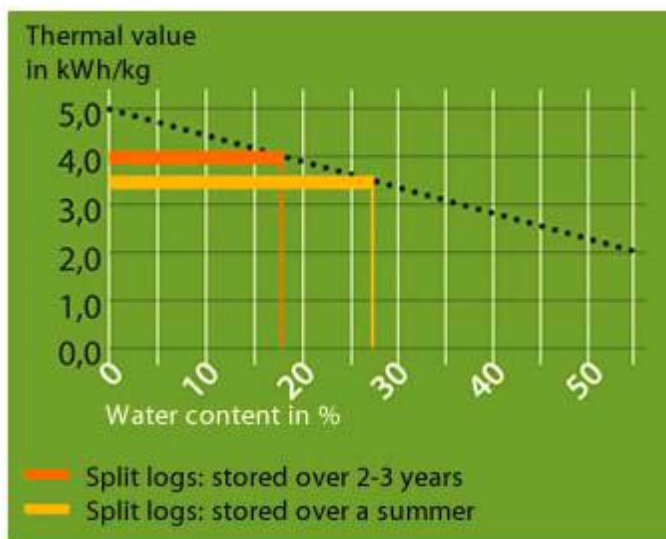
De volgende situatie is als voorbeeld van toepassing: verbrandingsinstallatie van 1 MW; jaarlijks nodig 1800 m<sup>3</sup> verse chips. Bij een gemiddeld jaarrond stookgedrag moet er wekelijks 36 m<sup>3</sup> chips 50%-vocht geleverd worden. Nu zal in de winter de behoefte aan brandstof 3x hoger zijn dan in de zomer. Daarnaast dient uit veiligheid een reservebuffer van 100% aangehouden te worden.

Opgeteld betekent dit een voorraad van  $36 * 3 * 100\%$ , ofwel afgerond  $200 \text{ m}^3$ . Een bunker van deze inhoud heeft bijvoorbeeld een afmeting van (lengte \* breedte \* hoogte)  $8*5*5 \text{ m}$ . Uiteraard is dit van de situatie ter plekke afhankelijk.

### 3.3 drogen

Uitgangspunt bij het drogen van houtige biomassa is het vochtpercentage dat de chips mogen bevatten alvorens ze worden verbrand. Dit ligt vast omdat de keuze van een verbrandingsinstallatie o.a. gebaseerd is op het vochtpercentage van de te verstoken chips. De duur en wijze van opslag heeft een directe invloed op dat vochtpercentage.

Het verstoken van hout of chips met een vochtpercentage  $> 30\%$  is inefficiënt. Een deel van de energie-inhoud van het hout moet gebruikt worden om het water te verdampen. Tevens kan er een snelle vervuiling en aantasting van de verbrandingsinstallatie optreden. In cijfers: chips met een vochtpercentage van  $30\%$  hebben een  $1,5\text{x}$  hogere verbrandingswaarde dan chips met  $50\%$  vocht



(vers hout) (zie figuur 3.4). Hout met  $20\%$  vocht heeft zelfs  $1,8\text{x}$  hogere verbrandingswaarde. Overigens is het verschil in verbrandingswaarde bij verschillende houtsoorten bij eenzelfde vochtgehalte te verwaarlozen. Niettemin bestaan er ook verbrandingsinstallaties die gevoed kunnen worden met vers hout. Meer hierover in H.4.

◀ figuur 3.4. Verband tussen verbrandingswaarde van hout (kWh/kg) en vochtpercentage. [FPInnovations – Canada]

Hout kan vers worden versnipperd en het kan eerst een tijd gedroogd worden. Als voordelen van het versnipperen van vers hout t.o.v. het versnipperen van voorgedroogd hout kunnen genoemd worden: 1. een hoger rendement van de versnipperaar, 2. minder slijtage van de messen en 3. een kortere droogtijd van 4-6 maanden. Nadelen zijn: 1. risico op broei in de berg chips, 2. meer stof en kans op broei indien versnipperd wordt met blad of naalden, 3. het stoken van niet droge chips geeft veel meer vervuiling van de verbrandingsinstallatie en 4. een noodzakelijke overdekte droogruimte als opslag.

Versnipperen van droog (voorgedroogd) hout kent de voordelen: 1. chips zijn na versnipperen direct te gebruiken en 2. de chips zijn beter op te slaan. Maar deze methode heeft als nadelen: 1. meer stof tijdens het versnipperen, 2. (veel) meer ruimte nodig voor de opslag van het nog te versnipperen tak- en stamhout, 3. meer slijtage van de messen van de versnipperaar, en 4. een relatief langere voordroogtijd tot  $30\%$  vocht.

Er wordt onderscheid gemaakt in het zogenaamde voordrogen, waarbij het niet-versnipperde hout na oogst tijdelijk opgeslagen wordt, meestal op of in de buurt van de oogstplek, en drogen-in-opslag, waarbij ná versnippering de chips opgeslagen worden.

Voordrogen heeft als voordeel dat het vochtpercentage alvast vermindert, en dat bladeren of naalden afvallen, waardoor vervuiling van de chips door naalden en bladeren voorkomen wordt. Als nadeel wordt ervaren de grote ruimte die deze opslagmethode vergt, de aantasting van kevers e.d. die vervolgens plagen kunnen veroorzaken, de kans op vestiging van beschermde (rode lijst-)

diersoorten in de takhopen met als gevolg dat die takhopen niet meer beroerd mogen worden en de vaak in het oog springende, maar niet gewaardeerde, stapels hout die ontstaan. Tevens bestaat er gevaar voor broei in de stapel.

Het drogen in opslag van versnipperd hout vindt meestal plaats onder een afdak of in een aparte droogruimte of –hal. Een nadeel is de ruimte die dit in beslag neemt, een soms niet-onaanzienlijke kostenpost. Drooglocaties variëren van kleine locaties met de mogelijkheid om 600 ton droge chips/jaar op te slaan, tot locaties die enige 10.000-den tonnen/jaar kunnen opslaan [Boosten, M., (Probos) 2009].

Een drooglocatie moet om rendabel te kunnen zijn, een bepaalde grootte hebben, afhankelijk van de minimale “omzet” van de aannemer die de drooglocatie beheert, maar ook van de grootte van het gebied dat biomassa levert en leveringscapaciteit ervan, en tenslotte van de gemiddelde transportafstand naar de drooglocatie. Bundeling van oogstobjecten lijkt hierbij, vooral bij kleinere terreineigenaren, een vereiste (eigen chips *niet* eerst!). Een bijkomend voordeel van bundeling is de uniformiteit in oogst en daardoor de continuïteit van de levering en de kwaliteit van de geleverde chips.

#### Drogingsmethoden

Houtige biomassa kan op verschillende manier worden gedroogd in de buitenlucht: met of zonder zeil, of onder een afdak. In alle gevallen zal een berg chips goed doorlucht moeten worden ter voorkoming van broei. In de buitenlucht onder een zeil kunnen snippers gedroogd worden tot 30% vocht. Onder een afdak tot nog lagere waarden. Zonder geforceerde droging duurt droging tot 20% vocht enkele jaren. Geforceerd drogen betekent dat er een constante stroom lucht door de stapel droge biomassa wordt geblazen; het vocht zal op deze manier sneller verdampen. Met deze methode is een vochtpercentage van 20% wel haalbaar [L. ten Damme e.a. (2012)].

De opslag van chips gebeurt bij voorkeur in een berg met kegelvorm. Bij een hoogte van een berg van ca. 3 meter zal er vanuit het centrum van de berg een aerobe fermentatie ontstaan. Dit veroorzaakt een temperatuurstijging, waarbij het in het hart van de berg zo'n 35<sup>0</sup> Celsius wordt tot aan 90<sup>0</sup> Celsius in de top van de berg. Door dit temperatuursverloop wordt het vocht naar boven toe afgevoerd. Er moet dan ook boven de berg voldoende luchtstroming mogelijk zijn [Proclam, z.j.]. Aandachtspunten bij het drogen van chips in een berg zijn: 1. een snelle opslag van chips in een berg voorkomt broei, 2. een kegelvormige berg heeft het beste resultaat en 3. de berg chips de eerste vier maanden niet keren, want dat zal compostering in de hand werken. De chipsopslag zelf dient bij voorkeur voorzien te zijn van een verhard vloeroppervlak (beton), voldoende hoge steunmuren en een afdak, waarbij de constructie een goede natuurlijke ventilatie mogelijk maakt.

Chips met een vochtpercentage van 20% (M20 – zie verklaring H. 4.2) kunnen zonder problemen langdurig opgeslagen worden. Chips met 35% vocht (M35) maximaal één jaar, met 45% vocht (M45) maximaal één maand en verse chips (M50) moeten direct gebruikt worden.

## 4. Verbranding van hout en soorten stookinstallaties/kachels

Verbranding van houtige chips kan in verschillende installaties plaatsvinden. De verschillende stookinstallaties komen in dit hoofdstuk aan bod. De eisen, die aan de chips gesteld worden door die verschillende type verbrandingsinstallaties, worden behandeld en de WKK, warmte-kracht-koppeling wordt uitgelegd. De aan verbranding van hout gerelateerde CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt behandeld evenals het begrip CO<sub>2</sub>-neutraliteit. De bij een verbranding ontstane afvalproducten, rookgas en as, worden belicht aan de hand van de relevante wetten en regels. Subsidies worden genoemd die bij de oprichting van een houtgestookte verbrandingsinstallatie van pas kunnen komen en een rekenvoorbeeld zal licht werpen op de terugverdientijd van een investering in een houtgestookte verbrandingsinstallatie. En tenslotte worden relevante wetten en regels toegelicht.

### 4.1 Soorten stookinstallaties/kachels

Verbrandingsinstallaties of stookinstallaties/kachels zijn er in vele soorten en maten. Het gebruik van houtige biomassa voor energieopwekking kan plaatsvinden in grote energiecentrales waarin de biomassa wordt bijgestookt of in speciale biomassacentrales die alleen biomassa verwerken. In de grote energiecentrales wordt de biomassa in de vorm chips, geshredderd groenafval en in mindere mate zeefoverloop van de compostering aangeleverd. Afzet van geshredderd hout en zeefoverloop vindt voornamelijk plaats in België en Duitsland. In dit rapport gaat de aandacht naar de logistieke keten voor het leveren van houtchips aan de biomassacentrales en de kwaliteitseisen die nu en in de toekomst aan deze houtchips worden gesteld.

Er bestaan een aantal verschillende technieken voor de energetische omzetting van biomassa in biomassacentrales, maar het rendement van deze centrales wordt grotendeels bepaald door de kwaliteit van de brandstof (meestal houtchips). De toegepaste techniek van een hout gestookte biomassacentrale bepaalt ook grotendeels de kwaliteit van de brandstof die kan worden ingezet. In Nederland zijn de volgende verbrandingssystemen bekend:

- Wervelbedverbranding;
- Roosterovens.

Brandstof kan in de verbrandingskamer gebracht worden met behulp van:

- Inblaassysteem;
- Schroefstuw- of een vijzelmechanisme.

Daarnaast zijn er stookhout-verbrandingsinstallaties, die stammen van bepaalde lengte als brandstof aankunnen. Gangbare lengtes zijn dan 0,5 en 1,0 meter, waarbij de diameter om diverse redenen, o.a. handzaamheid en brandeigenschappen, maximaal 15-20 cm is. De installatie vergt droog hout en bestaat alleen in de klein(ere) vermogens tot ca. 60 kW.

Alleen meest voorkomende typen, de wervelbedovens en de roosterovens worden hier verder behandeld. De meeste installaties die tegenwoordig gebouwd worden zijn overigens roosterovens.

Aan de basis zal elke verbrandingsinstallatie bestaan uit een voorraadbunker waarin brandstof opgeslagen wordt, een systeem dat de brandstof in de ketel brengt, de verbrandingsketel zelf, een warmtewisselaar die de rookgassen van warmte “ontdoet”, een rookgasafvoer en een opvangbak voor as. De meeste ovens zijn volautomatisch werkend. Ook werken deze biomassaverbrandingsinstallaties alleen als er een warmtevraag is. Zonder warmtevraag wordt de houtaanvoer geminimaliseerd waardoor de verbranding van biomassa vrijwel stopt.

Drie factoren zijn bepalend voor de kwaliteit van de houtchips en de eisen die aan houtchips worden gesteld: de fractiegrootte en de homogeniteit ervan, het vochtgehalte en het asgehalte.

De grootte van de chips is reeksreeks van invloed op een goede verbranding in de oven: de meest optimale grootte is 20 x 25 x 10 mm. Het brandstoftoevoersysteem, bijvoorbeeld met een vijzel, kan

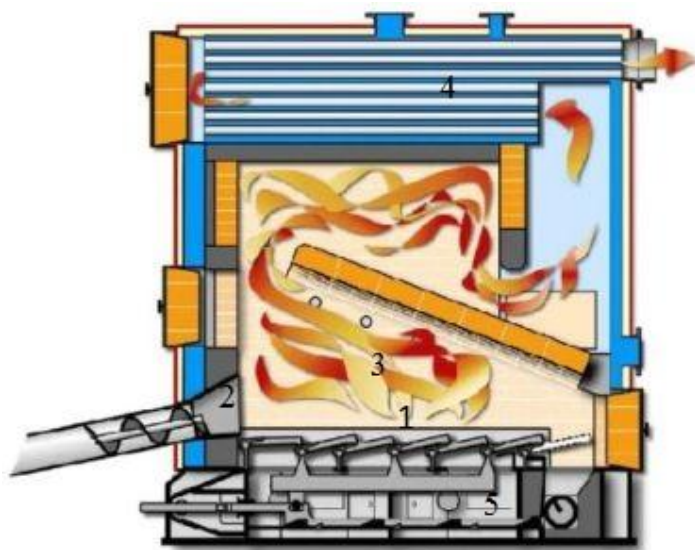
verstopt raken als er te grote chips toegevoerd worden. Het toevoersysteem en de oven moeten daarom afgestemd zijn op de kwaliteit van de brandstof.

Het vochtgehalte moet, afhankelijk van het type installatie en de mogelijkheid tot voordrogen, tussen de 20% en 60% liggen. Geshredderd materiaal kan in zeer beperkte hoeveelheden worden bijgemengd met houtchips.

De kwaliteitseisen voor de **wervelbed-oven** zijn vrij hoog. Het materiaal moet binnen een bepaalde tijd verbrand zijn. Te fijn materiaal brandt te vroeg of valt door het zandbed. In het midden van de ketel is de meest optimale verbranding. Hiervoor moet het hout goede roleigenschappen hebben en voldoen aan een bepaalde grootte.

In een **roosteroven** kan zowel gechipt als geshredderd materiaal worden ingezet. In de kachel verbrandt de brandstof over een beweegbaar trappenrooster, waarbij de brandstof aan het eind van het rooster opgebrand en gedoofd moet zijn. De grootte van het materiaal moet voor optimale verbranding zo homogeen mogelijk zijn met een voorkeur voor chips van gemiddeld 50x50x20 mm. Hoe meer contact- oppervlak (buitenkanten) hoe beter de verbranding en het rendement. Het materiaal mag niet volledig bestaan uit de deeltjes die aan de ondergrens voldoen (onderfractie), maar er worden geen harde eisen gesteld aan het maximale aandeel onderfractie. Het vochtgehalte mag maximaal 55-60% bedragen. Het minimum vochtgehalte is 30% op het moment dat een branderbed niet gekoeld wordt. Het as valt vanaf het trappenrooster in de asafvoerschroef. Deze brengt het as buiten de verbrandingsruimte in een ascontainer. De snelheid van het trappenrooster wordt bepaald door de grootte van de brandstof en de warmtevraag.

Dit systeem maakt een houtgestookte verbrandingsinstallatie uitgerust met een beweegbaar rooster tot het meest flexibele verbrandingssysteem. Een verbrandingskamer met een beweegbaar rooster kan een groot scala aan brandstoffen verbranden (soorten, afmetingen en vochtpercentage). Met dit systeem kunnen zowel droge als natte brandstoffen worden verbrand - met inbegrip van vers gekapt en gechipte bomen. In de praktijk zijn er weinig biomassa brandstoffen die niet geschikt zijn voor deze verbrandingsinstallatie met een beweegbaar rooster. Ketels met een beweegbaar rooster zijn leverbaar vanaf 130kW tot 20MW (boven 3MW alleen in combinatie met een hydraulische invoer). Vervaardigd van speciaal warmte werend gegoten verchromd staal verdeelt het beweegbaar rooster [1] de brandstof nadat het in de verbrandingskamer is ingevoerd [2] (zie figuur 4.1). Het beweegbaar rooster transporteert de brandstof van de materiaalvoer naar het uiteinde van de verbrandingskamer [3]. Tijdens het transporteren van de brandstof wordt de (uitgestraalde) warmte



in de verbrandingskamer gebruikt om de brandstof (voor) te drogen. Door het toepassen van dit systeem is het niet nodig om de brandstoffen voor te drogen (hetzij in het bos of door middel van een extra handeling). Via warmtewisselaars [4] worden de verbrandingsgassen afgevoerd. De asresten worden automatisch afgevoerd en opgevangen [5]. (Bron: Binder – Oostenrijk)

◀ *Figuur 4.1: roosterbed verbrandingsoven [Binder]*

In bijlage 4 zijn een aantal voorbeelden van verbrandingsinstallaties opgenomen.

Het aandeel groen in chips moet tot een minimum beperkt worden. Naalden en blad bevatten namelijk een groot aandeel alkaliën en zouten. Deze veroorzaken zuurvorming in combinatie met water. De metalen delen in de installatie worden hierdoor aangetast. Ook is het smeltpunt van de as lager zodat er meer slakvorming in de ketel plaatsvindt.

Vis (2000) haalt een Zweeds onderzoek aan waaruit blijkt dat met name de naalden en bladresten aan de broodnodige biomassa t.b.v. bodemontwikkeling en nutriëntenhuishouding bijdragen. Van belang is dus, deze zoveel mogelijk in het bos achter te laten, ook wanneer hele bomen geoogst worden [Boosten, M., (Probos) 2009]. Dit geldt met name in, zoals reeds verwoord hiervoor, zuurgevoelige bossen.

Biomassaverbrandingsinstallaties hebben een optimaal rendement bij een zo constant mogelijke verbranding. Dit is meestal rond de 80% van het maximale - of piekvermogen. Omdat vanuit de kachelbouwers het advies gegeven wordt om de warmtevraag gemiddeld ruim onder het piekvermogen te laten liggen, levert zo'n installatie gemiddeld 95% van de warmtevraag [L. ten Damme e.a., 2012]. Bij een installatie die permanent het piekvermogen moet leveren ontstaat onevenredig veel slijtage aan de installatie.

Bij het niet-permanent-stoken op maximum capaciteit zal gemiddeld een aantal keren per jaar de maximale warmtevraag hoger liggen dan het maximale vermogen van de verbrandingsinstallatie. Dit zou opgevangen kunnen worden door bijverwarmen met bijvoorbeeld een gasverwarmingsinstallatie. Bij oprichting van de verbrandingsinstallatie zal hier in de ontwerpfase a rekening mee gehouden moeten worden. Andere warmtebronnen zijn ook mogelijk, ook mobiele. Het is in ieder geval aan te bevelen om naast een biomassaverbrandingsinstallatie ook de beschikking te hebben over een alternatieve warmtebron, om storingen aan de hoofdverwarming op te vangen.

Biomassaverbrandingsinstallaties zijn er in veel capaciteiten. Ingedeeld op basis van vereiste vergunningen zijn er:

<u>Type kachel</u>	<u>capaciteit</u>	<u>benodigde vergunningen</u>
- kleine kachels	< 100 KW	- geen vergunningen nodig
- middelkleine installaties	100 – 500 KW	- gemeentelijke vergunning nodig
- middelgrote installaties	rond 1 – 2 MW	- provinciale vergunningen nodig
- energiecentrales	> 10 MW	- rijksvergunningen vereist.

#### 4.2 eisen aan chips

Doordat er verschillende typen verbrandingsinstallaties bestaan, verschillen de eisen die aan de brandstof gesteld worden, de chips, ook. In het algemeen zal de kwaliteit van chips afhangen van 1. het vochtgehalte, 2. de homogeniteit van de chips, en 3. de zuiverheid van de chips (een asrest van < 1% laat zien dat er geen vervuiling in de chips aanwezig is).

Kleine ketels hebben een homogener en kleiner product nodig, met meestal een vochtgehalte-eis van < 30%, terwijl grotere ketels een heterogener product aankunnen, maar wel weer grotere chips nodig hebben. Andere eisen t.a.v. de chips liggen op het vlak van de aanwezigheid van:

- schimmels in het hout (eis is bij installaties < 1MW meestal “weinig tot geen schimmels aanwezig”),
- vervuiling van het hout met afvalproducten als plastic (plastic tussen de chips verhoogt het aandeel chloor in de rookgassen),
- blad en naalden, welke het aandeel vlieg-as verhogen en problemen kunnen veroorzaken in de rookgasfilters.

De aanwezigheid van schimmels in het hout is een aandachtspunt. Naast problemen met de stookinstallaties kunnen schimmels ook problemen veroorzaken bij de mensen die de installaties van brandstof voorzien of de chips bewerken. Schimmels kunnen de z.g. “farmers lung” veroorzaken, een ziekte die overigens niet veel voorkomt. Het dragen van masker P3 is desondanks aan te bevelen bij verwerking van hout met schimmels.

De eisen die aan chips gesteld worden zijn samengevat in kwaliteitseisen. De definitie van een houtchip is: het product dat ontstaat door het snijden met scherpe snijwerktuigen van tak- en stamhout. De grootte van de chips ligt tussen de 5 en 100 mm [Kofman, 2007]. Een Europese kwaliteitsstandaard is in de maak. De eisen zullen vooral gesteld worden aan grootte van de deeltjes, het vochtgehalte, het asgehalte en de dichtheid (zie tabel 4.1). In detail:

- de grootte van de deeltjes wordt aangegeven met getal dat aangeeft dat 80% van de deeltjes groter zijn dan dat getal in 0,1mm (bijv.: G50 = 80% van de deeltjes is > 5,0 mm);
- het vochtgehalte met een getal dat de vochtigheid aan geeft (bijv.: W40 = vochtgehalte 35-40%), waarbij onderscheid gemaakt wordt in luchtdroog (20%), opslaggeschikt (< 30%), beperkt opslaggeschikt (< 35%), vochtig (< 40%) en vers (< 50%);
- de dichtheid wordt aangegeven met een getal in kg/m<sup>3</sup> (bijv.: S160 = dichtheid < 160 kg/m<sup>3</sup>);
- het asgehalte kent twee klassen: A1 met asrest <0,5% en A2 met asrest tussen 0,5 en 2% [Boosten, M., (Probos) 2009].

<b>grootte</b>	<u>klasse</u>	<u>hoofdfractie</u> (> 80% van gewicht)	<u>fijne fractie</u> (< 5% van gewicht)
	G30	80% > 3,0 mm	1 mm
	G50	80% > 5,0 mm	1 mm
	G100	80% > 10.0 mm	1 mm
<b>vocht</b>		<u>grenswaarde</u>	<u>benaming</u>
	W20	< 20%	luchtdroog
	W30	< 30%	opslaggeschikt
	W35	< 35%	beperkt opslaggeschikt
	W40	< 40%	vochtig
	W50	< 50%	vers
<b>dichtheid</b>	S160	< 160 kg/m <sup>3</sup>	
<b>asrest</b>		<u>Grenswaarde in % d.s.</u>	
	A1	< 0,5%	
	A2	0,5 < asrest < 2%	
<i>Tabel 4.1: kwaliteitseisen van chips.</i>			

De genoemde eisen die aan chips gesteld worden blijken in de praktijk, bij levering niet altijd nageleefd te worden. Een groot deel van de nu geproduceerde houtige biomassa is sterk heterogeen qua afmetingen en kwaliteit en wordt regelmatig met een te hoog vochtgehalte afgeleverd. De dichtheid is overigens een relatief knelpunt: aan de ene kant zien transporteurs graag dat de dichtheid van de houtige chips hoger wordt, wat een efficiënter transport oplevert, aan de andere

kant is het droogproces gebaat bij een lagere dichtheid, ofwel meer lucht in de biomassa, wat het droogproces bevordert.

#### 4.3 warmte en/of kracht, warmteopslag

Met een Warmte-Krachtkoppeling (WKK) wordt het mogelijk gemaakt om naast warmte ook elektriciteit op te wekken. Dit is efficiënt als van de verbrandingsinstallatie niet de permanent maximale warmte gevraagd wordt, bijvoorbeeld in de zomer. Maar een investering in een WKK-installatie is pas rendabel bij grotere verbrandingsinstallaties. De kleinste WKK-installatie die thans leverbaar is, is een installatie van 3000 kW (3MW warmte of 3.8MW elektriciteit).

Een WKK-installatie zal gekozen worden op de maximale warmtevraag. Dit zal meestal in de winter zijn, zodat er in de zomer met de overcapaciteit die dan ontstaat, elektriciteit opgewekt kan worden, voor eigen gebruik of teruglevering aan het elektriciteitsnet.

Bij Warmte Koude Opslag (WKO) wordt in de zomer de overtollige warmte ondergronds opgeslagen, in de winter wordt dit weer naar boven gepompt om bij te dragen aan de warmtevraag. Wanneer het water zijn warmte heeft afgestaan wordt het ondergronds weer opgeslagen en kan het in de zomer gebruikt worden voor koeling of er kan door aardwarmte weer warmte-energie aan het water toegevoegd worden. Er bestaat een open en een gesloten systeem: bij een open systeem wordt grondwater onttrokken uit de bodem terwijl een gesloten systeem werkt met een gesloten leidingsysteem met vloeistof. Beide systemen zijn aan vergunning(en) gekoppeld. WKO is een hulpenergieleverancier en kan daardoor niet alleen naast een biomassaverbrandingsinstallatie bestaan. Als door een storing deze bio-installatie niet werkt, is de WKO niet alleen in staat aan de maximale warmtevraag in de winter te voldoen.

#### 4.4 CO<sub>2</sub>-neutraliteit

In het kader van duurzaamheid, met name de energievoorziening en de reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot (o.a. afgeleid van de klimaatdoelen van het kabinet) worden er in snel tempo stappen ondernomen om over te gaan op hernieuwbare energie. CO<sub>2</sub> komt vrij bij de verbranding van fossiele brandstoffen. Bij hernieuwbare energie wordt er van uitgegaan dat de bij verbranding van een product, zoals hout, de vrijkomende CO<sub>2</sub> weer opgenomen wordt door in dit geval bomen bij de vorming van in eerste instantie blad en vervolgens hout. Dit gebruik van hernieuwbare energie wordt door zowel de landelijke als de lokale overheden gestimuleerd en daardoor ook gesubsidieerd. De bijdrage van biomassa aan de reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot is op dit moment nog maar enkele procenten [Kienhuis, 2011]. Drijfveer achter deze CO<sub>2</sub>-reductie is het Kyoto-protocol. In dit protocol was afgesproken dat de geïndustrialiseerde landen de uitstoot van koolstofdioxide tussen 2008 en 2012 verminderen met 5,2 procent ten opzichte van het ijkjaar 1990.

CO<sub>2</sub>-uitstoot heeft door deze mondiale wens tot reductie, geleid tot een situatie waarbij een hoeveelheid CO<sub>2</sub> geld waard is geworden. De producenten van dit gas (degene die dit gas uitstoten) moeten geld betalen voor deze uitstoot, degene die dit gas onttrekken aan het milieu kunnen geld innen. Om de handel in CO<sub>2</sub> mogelijk te maken en te reguleren is de CO<sub>2</sub>-emissiehandel opgezet en zijn er CO<sub>2</sub>-emissierechten (effecten) uitgegeven, geregeld in een wet. De effecten zijn verhandelbaar in de Europese Unie. De Nederlandse Emissieautoriteit (NEa) is het bevoegd gezag voor uitvoering van de wet over de handel in o.a. CO<sub>2</sub>-emissierechten. De AFM houdt toezicht op de markt.

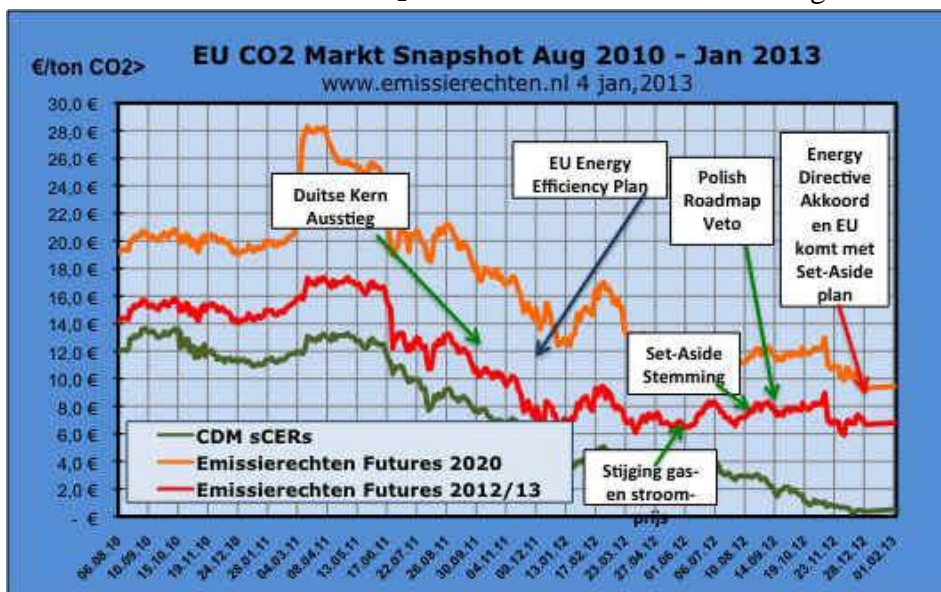
Bedrijven die (veel) energie gebruiken moeten hun jaarlijkse CO<sub>2</sub>- (en NO<sub>x</sub>-) uitstoot vastleggen in emissierapportages. Deze rapportages moeten jaarlijks worden geverifieerd door de (onafhankelijke



en geaccrediteerde) NEa. Deze bedrijven krijgen CO<sub>2</sub>-emissierechten toegewezen, als zij beschikken over een geldige emissievergunning. Deze hoeveelheid wordt jaarlijks door de Nederlandse overheid (de ministeries van Economische Zaken en VROM) vastgesteld op basis van het nationale toewijzingsplan. Wie meer CO<sub>2</sub> uitstoot dan toegestaan, kan/moet aanvullende rechten kopen of emissie reducerende maatregelen nemen. Bedrijven echter die rechten over hebben, kunnen deze binnen de EU verkopen. CO<sub>2</sub> heeft mede hierdoor een waarde gekregen en kan daardoor bij deze ondernemingen worden toegevoegd aan de bedrijfsbalans. De verwachting is dat de emissieplafonds steeds lager worden, omdat de huidige emissiereductie onvoldoende is om de klimaatverandering een halt toe te roepen. De economische waarde van CO<sub>2</sub>-emissies zou daardoor in theorie verder kunnen toenemen.

Particulieren kunnen sinds 2010 via de CO<sub>2</sub>-markt van Stichting Natuur en Milieu ook rechten kopen en zo deze emissiehandel beïnvloeden. De waarde van een ton CO<sub>2</sub> schommelde rond 2010 tussen € 14,00 en € 17,00 [Kienhuis, 2011]. Sindsdien is deze waarde door diverse oorzaken hard gedaald en dreigt er zelfs een volledige mislukking van het oorspronkelijke doel van de uitgifte van CO<sub>2</sub>-emissies, namelijk stimulering van het gebruik van duurzame energie.

Enkele gebeurtenissen die de CO<sub>2</sub>-markt danig beïnvloedt hebben zijn o.a. het afbouwen van het gebruik van kernenergie in Duistland (2011), het uit de handel halen van het overschot aan emissierechten (o.a. door relatief korte en zachte winters) en het tegenwerken van enkele Europese landen van het nieuwe EU CO<sub>2</sub>-reductiedoel -80% in 2050. Begin 2013 was de prijs van een ton



CO<sub>2</sub> gedaald tot minder dan € 7,00. (zie figuur 4.2: “emissierechten futures 2012”).

◀ figuur 4.2: Waarde van CO<sub>2</sub> “emissierechten futures 2012”) in de afgelopen jaren gedaald tot minder dan € 7,00/ton CO<sub>2</sub> (bron [www.emissierechten.nl/marktanalyse](http://www.emissierechten.nl/marktanalyse))

Een onverwachte invloed op de prijs van CO<sub>2</sub> is het gestegen gebruik van kolen in de Nederlandse energiecentrales. De prijs van kolen kon goedkoper worden dan de prijs van gas, doordat in Amerika de prijs van kolen daalde door de explosieve winning van schaliegas dat in dat land nu gebruikt wordt voor elektriciteitsopwekking.

Biomassa is de biologisch afbreekbare fractie van producten, afvalstoffen en residuen (plantaardig en dierlijk) uit de landbouw, bosbouw en aanverwante bedrijfstakken, als ook uit industrieel en huishoudelijk afval. Een onderdeel hiervan is het stamhout en tak- en tophout uit onderhoud van bos en landschappelijke beplantingen of voor dit doel (energieopwekking) geteeld, hier verder “energiehout” genoemd. Biomassa geldt als hernieuwbare energiebron omdat de bij verbranding uitgestoten CO<sub>2</sub> bij de vorming van nieuw groen weer opgenomen wordt. Verbranding is dus CO<sub>2</sub>-neutraal. De verbranding van hout kan opgevat worden als een gesloten systeem: bij groei van biomassa wordt CO<sub>2</sub> opgenomen, bij verbranding komt het weer vrij, zodat er een gesloten systeem

ontstaat. De huidige aandacht voor biomassa/bio-energie ingegeven door wens tot reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot; initiatieven hiertoe worden stevig gesubsidieerd. De uitstoot van CO<sub>2</sub> bij verbranding van hout is 1,83 ton CO<sub>2</sub>/ton hout, ofwel 152,50 ton CO<sub>2</sub>/TJ (Terra Joule). Ter vergelijking: de uitstoot van aardgas is 2,58 ton CO<sub>2</sub>/ton gas, ofwel 54,90 ton CO<sub>2</sub>/TJ. Maar de uitstoot van CO<sub>2</sub> bij verbranding van hout wordt gecompenseerd bij de groei van hout ter grootte van eenzelfde hoeveelheid, nl. 1,83 ton CO<sub>2</sub>/ton gevormd hout [Kofman (2007)]. Naast deze reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot zijn er ook (mogelijk) nadelen bij verbranding van biomassa. Er treedt een milieubelasting op door voorbewerking/productie, transport en restafval van biomassa, bij verbranding komen schadelijke stoffen vrij, bij grootschalige productie van biomassa kan er teeltverdringing optreden, zoals energieplantages die ten koste kunnen gaan van voedselproductie.

#### 4.5 afval na verbranding: as en rookgassen

Na het verbrandingsproces waarbij de energie uit de droge biomassa onttrokken is, blijven verbrandingsresten in de vorm van o.a. as, zand e.d. over. De hoeveelheid as die achterblijft na de verbranding is sterk afhankelijk van de kwaliteit van de biomassa en efficiëntie van de oven en wordt bepaald door de het aandeel onbrandbare anorganische componenten. Hout heeft vergeleken met andere organische brandstoffen een laag asgehalte, meestal < 1% as, als de brandstof minder dan 25% vocht bevat. Grassen, stro, en riet bijvoorbeeld laten een veelvoud van as achter (tussen 3 en 6% as).

De verbrandingsassen bevatten veel mineralen en zijn daarom onder voorwaarden voor onder andere tuinders en agrariërs een mogelijke meststof. Ook het terugbrengen van het as in bossen is, vanuit de kringloopgedachte, een optie. Indien het niet mogelijk is om een bestemming te vinden waar de verbrandingsassen gebruikt kunnen worden mogen zij als “normaal afval” worden afgevoerd. Bij ovens met een groot vermogen (vanaf 500kW) zijn extra maatregelen nodig om de rookgassen te reinigen zodat verbrandingsgassen afgevangen kunnen worden. Bij deze grotere installaties geldt een emissie-eis t.a.v. fijnstof van max. 50 mg/m<sup>3</sup> rookgas [Boer (zonder jaartal)]. Dit kan bijvoorbeeld met een elektrostatisch filter. Het verbrandingsas wordt dan wel gezien als klein chemisch afval en mag daarom niet zonder meer gestort worden [L. ten Damme, e.a. 2012].

#### 4.6 subsidies i.r.t. energiewinning uit biomassa

Energiewinning uit biomassa is o.a. door de hoge exploitatiekosten tot op heden onrendabel (M. Boosten, Probos, 2009). Daarom zijn er door overheden een aantal subsidies beschikbaar gesteld die kunnen helpen om het in bedrijf stellen van een biomassa-installatie, in het kader van duurzame energie en CO<sub>2</sub>-reductie, mogelijk te maken. Maar een aantal subsidies zijn recent (2011/2012) ook weer komen te vervallen, zoals de Energie Onderzoek Subsidie (EOS).

Een aantal relevante subsidies in dit kader zijn:

- Energie-investeringsaftrek (EIA);
- Green Deal;
- Regeling groenprojecten;
- Subsidie kleine landschapselementen;
- Subsidie voor het landelijk gebied;
- Subsidiestelsel Natuur- en Landschapsbeheer (SNL-regeling).
- Subsidie duurzame energievoorziening;
- Subsidieregeling klimaatmaatregelen.

Provincie Gelderland heeft voor het jaar 2011 een subsidieplafond voor biomassa installaties van 200.000 euro [Gelderland.nl]. Aanschaf van een installatie kan bijvoorbeeld ook gesubsidieerd worden met de EIA-regeling, maar ook met de Regeling groenprojecten van een bank.

Voor onderhoud Landschappelijke beplantingen zijn er de subsidie kleine landschapselementen en de subsidie regeling landelijk gebied of de SNL-regeling. Bij de SNL-regeling zijn meer mogelijkheden, zo is het onder andere mogelijk om een subsidie voor bosbeheer aan te vragen.

#### 4.7 terugverdientijd van een hout gestookte verbrandingsinstallatie

Onderstaande opmerkingen en cijfers zijn gebaseerd op het onderzoek van Schrijver e.a. (2011), waarin de terugverdientijd van een hout gestookte verbrandingsinstallatie behandeld wordt. Hierbij gelden de volgende randvoorwaarden:

- de verbrandingsinstallatie wordt ingericht naast de gasgestookte CV, die blijft bestaan;
- de bedragen, zoals investeringen en gasprijs, golden voor de jaren 2008-2009;
- de prijs voor chips bedroeg toen € 14,--/m<sup>3</sup>;
- het chipsverbruik is gebaseerd op de maximaal verwachte hoeveelheid te produceren warmte;
- het droogproces vindt extern plaats: tot een vochtgehalte van 25-30%;
- de investeringsaftrek (EIA) is omgerekend naar een ca. 10% lagere investering.

Naar aanleiding van dit onderzoek kan het volgende gesteld worden:

- hoe hoger het vermogen van de installatie is, hoe lager de terugverdientijd is;
- de terugverdientijd bij installaties met een hoger vermogen is 7-10 jaar bij gebruik van de EIA.

Een ander onderzoek [Proclam, z.j.] geeft aan dat de terugverdientijd van kleine installaties hooguit enkele jaren is. Bij een installatie van 100 KW zijn de investeringskosten (€ 20.000,--) na bijna zes jaar terugverdiend indien de droge brandstof (chips) gekocht worden van derden (kosten € 3200,-- per jaar), en binnen iets meer dan drie jaar indien chips uit eigen bos en landschap wordt betrokken (kosten € 1100,-- per jaar).

De totale investeringen bij eenvoudige installaties (één tot enkele honderden KW) zijn beduidend lager dan de investeringen bij installaties voor wijkverwarming (één tot enkele MW); en dus is de terugverdientijd dan ook beduidend lager.

#### 4.8 wet- en regelgeving

De wet- en regelgeving met betrekking tot het verstoken van houtige biomassa richt zich op:

1. het stoken of verbranden zelf
2. de door verbranden ontstane as en rookgassen
3. het verbranden van houtige biomassa, zoals snoeihout, als afvalstof

De gemeente is in eerste instantie de vergunningverlener (installaties > 100 MW), pas bij installaties > 1 MW is de provincie de vergunningverlener. Het verbranden van houtige biomassa ligt qua vergunning dus bij de gemeente.

Bij verbranding van hout komen de volgende stoffen vrij als verbrandingsproduct of als brandstofrestproduct: zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>), stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), koolmonoxide (CO), fijnstof en kleine hoeveelheden chloor en benzeen. De zware metalen die uitgestoten worden zijn vooral mangaan, zink, lood en koper (resp. 5000, 1200, 200 en 100 mg/MJ), en verder nikkel en chroom (< 50 mg/MJ) en zeer kleine hoeveelheden arseen en cadmium (< 10 mg/MJ) [website Kronos – Finland)].

## 5. Conclusies uit studentenprojecten en resultaten van bestaande verbrandingsinstallaties.

In dit hoofdstuk zijn resultaten en conclusies verzameld van drie studentenprojecten over de potentie van landschappelijke beplantingen t.a.v. de oogst van biomassa en over twee verbrandingsinstallaties, een middelgrote en een grote installatie, m.b.t. brandstofvraag in relatie tot geproduceerde energie.

### 5.1 Landgoed Mulligen te Oldebroek, leveringscapaciteit van de gemeente Oldebroek.

Dit onderzoek is in opdracht van Stichting Innovatielandgoed Mulligen uitgevoerd in 2012 door de studenten van Van Hall Larenstein: L. ten Damme, W. Sturris, B. van der Veen en T. Verkerk.

#### **Samenvatting onderzoek:**

De opdracht en het doel van het onderzoek waren [Damme, L ten; e.a.; 2012]: onderzoeken of het groen in de gemeente Oldebroek genoeg houtige biomassa kan leveren om een lokale biomassaverbrandingsinstallatie van brandstof te voorzien, zodanig dat het landschap er baat bij heeft.

Er is gestart met een analyse van de huidige biomassaleveringscapaciteit van het werkgebied. Hierin is onderscheid gemaakt tussen de landschapselementen en het bosareaal binnen dit werkgebied. Het werkgebied is een deel van de totale oppervlakte van de gemeente Oldebroek, gelegen rondom het landgoed Mulligen, ter grootte van ca. 10 km<sup>2</sup>. De uitkomsten van het onderzoek zijn daarna geëxtrapoleerd naar de oppervlakte van de hele gemeente.

Vervolgens is aan de hand van de warmtevraag van twee zwembaden als voorbeelden een gasvraag opgesteld; met deze gasvraag zijn twee biomassaverbrandingsinstallaties gekozen. Eén 300kW installatie (100.000 m<sup>3</sup> aardgas) en een 750kW installatie (300.000 m<sup>3</sup> aardgas). Zowel de vraag van de installaties als leveringscapaciteit van het gebied is omgerekend naar vier vochtpercentages: 20, 30, 40 en 50%. Er is ook berekend of de biomassa gedroogd zou kunnen of moeten worden en er is onderscheid gemaakt tussen biomassa uit landschappelijke beplantingen en uit bos.

De uitkomsten waren: op dit moment kan er genoeg biomassa uit de landschapselementen in de hele gemeente Oldebroek gewonnen om te voorzien in de vraag van een 750kW installatie. Bij een vochtpercentage van de chips van 50% is er een tekort van ruim 300 ton, bij drogen tot 20% is er een overschot van 200 ton chips. Bij een installatie van 300 kW leveren de landschappelijke beplantingen ruim voldoende biomassa om te voldoen aan de warmtevraag. Hierbij is de opbrengst van biomassa uit de bossen niet nodig.

Er is ook gekeken of in het werkgebied de beschikbaarheid van droge biomassa verhoogd kan worden; de volgende situaties dienen zich o.a. aan: aanleg van meer landschapselementen, aanpassing van het beheer van houtwallen, waarbij op tijd snoeien meer snoeihout levert dan tot nu toe in deze gemeente en het verhogen van het oogstpercentage van de bijgroei in bos, tot bijvoorbeeld tot 70-75%.

Met betrekking tot de logistieke aspecten van een biomassaverbrandingsinstallatie, van opslag en droging tot transport, valt op dat de volgende aspecten het gebruik van lokale biomassa in lokale verbrandingsinstallaties rendabeler kunnen maken: locatiekeuze van de verbrandingsinstallatie en de opslag van biomassa, een efficiënt transporttraject en het (voor-)drogen.

Vóór de keuze van een type verbrandingsinstallatie moet het afvalvraagstuk (rookgassen en as) opgelost zijn.

Om een indicatie te krijgen van de kosten of besparingen die een biomassaverbrandingsinstallatie met zich meebrengt, in vergelijking met een gasinstallatie, zijn de inkooprijzen van de brandstoffen

met elkaar vergeleken. Uit het onderzoek blijkt dat het mogelijk is om te voorzien in de brandstofvraag van een 300kW (100.000 m<sup>3</sup> aardgas) biomassaverbrandingsinstallatie voor alle vochtpercentages. Een 750kW biomassaverbrandingsinstallatie kan in de brandstofvraag (gelijk aan 300.000 m<sup>3</sup> aardgas) worden voorzien mits de biomassa is gedroogd tot 20%. Daarnaast zou een biomassaverbrandingsinstallatie de inkoop van brandstof (ten opzichte van aardgas) tot 60% verlagen.

5.2 Landgoed Twickel te Delden, leveringscapaciteit van landgoed Twickel en verwaarding van de geogste biomassa.

Dit onderzoek is als afstudeeronderzoek uitgevoerd in 2012 door de student van Van Hall Larenstein: Niek Spoelder bij Landgoed Twickel [Spoelstra (2012)].

**Conclusies en aanbevelingen onderzoek** (voor dit rapport bewerkt en ingekort):

Landgoed Twickel kan ten aanzien van de kwaliteit, kwantiteit en ecologische duurzaamheid al het tak- en tophout oogsten dat vrijkomt bij kaalkap en het kan daarnaast bij het beheer van houtwallen de volledige bomen met tak- en tophout oogsten. Bij de eindkap van bossen komt per hectare circa 75 ton tak- en tophout vrij, bij houtwallen (elke 15 jaar afzetten) is dit circa 154 ton per kilometer. Bij het huidige beheer wordt er jaarlijks gemiddeld 625 ton verse snippers geproduceerd. Het biomassapotentieel is 1857 ton verse snippers per jaar. In theorie kan het hele biomassapotentieel geoogst worden. Als een groter deel van de houtwallen ook geoogst worden kan jaarlijks door middel van gefaseerd beheer nog eens 5,6 kilometer geoogst worden met een opbrengst van 154 ton verse snippers per kilometer. Een deel wordt niet geoogst omdat de opbrengsten niet overal opwegen tegen de kosten voor het oogsten.

Uit de berekening blijkt dat met de huidige marktprijzen het voor Twickel rendabel is om de biomassa te versnipperen (bij een minimale snelheid van 12 ton per uur bij een opbrengst van € 28,--) en te vermarkten.

Aan de energievraag, die berekend is op 272 ton aan verse snippers voor verwarming van het kasteel, kan ruimschoots worden voldaan (625 ton bij het huidige beheer), waarbij een besparing van minimaal € 656,-- op jaarbasis wordt bereikt. De resterende hoeveelheid snippers van circa 353 ton kan vermarkt worden en extra opbrengsten genereren.

Omdat de verwachting is dat de gasprijs verder gaat stijgen de komende jaren is het zeer waarschijnlijk dat het stoken van een biomassaverbrandingsinstallatie rendabel blijft in de toekomst.

Met betrekking tot de kwaliteitseisen van de chips uit landgoed Twickel wordt geconcludeerd dat een aantal zaken van belang is voor een goede kwaliteit, namelijk: een maximaal vochtpercentage van 35% voor optimale verbranding, zo min mogelijk (blad)groen (en als dit er in aanwezig is, dan droge bladeren en naalden) en maximaal 30% schors. Hier moet Twickel bij het beheer en de oogst van biomassa rekening mee houden.

De kosten voor het op de markt brengen van biomassa (versnipper- en transportkosten) bedragen (prijsniveau 2012) € 15,75/ton verse snippers bij een versnipperingsnelheid van 20 ton per uur bij houtwallen.

Het afvoeren van tak- en tophout bij dunningen op landgoed Twickel is wenselijk in verband met verarming van de grond door het verwijderen van nutriënten. Bij de oogst van tak- en tophout, naast de reguliere oogst van stamhout, wordt 25-50% extra stikstof en calcium afgevoerd. Het gevolg hiervan is dat plant- en boomsoorten niet optimaal kunnen groeien. Dit heeft gevolgen voor de toekomstige generatie bos en de kwaliteit daarvan.

Het verwijderen van tak- en tophout van gronden die gevoelig zijn voor uitputting (nagenoeg alle gronden op Twickel) is wel mogelijk, als de weggenomen nutriënten kunstmatig weer aangevuld worden. Dit kan door het gebruik van kalksteen of houtas. Het is wenselijk om de ontwikkelingen op het gebied van wetgeving ten aanzien van (hout)as te volgen omdat wellicht in de komende jaren besloten wordt dat het terugbrengen van nutriënten via as in het bos toegestaan wordt.

Het lokaal stoken van ‘eigen’ biomassa geeft een hoger rendement per ton houtsnippers vanwege lagere transportkosten. De CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt gereduceerd doordat er in plaats van fossiele brandstoffen biomassa wordt verbrand. Dit doet recht aan de afspraken die gemaakt zijn in het Kyoto verdrag en dit komt tegemoet aan het beleid van de provincie Overijssel om in de provincie 20% duurzame energie te gaan gebruiken in 2020, waarvan 10% biomassa. Door volgens het principe local for local te werken draagt Twickel bij aan lokale energievoorziening en wordt het milieu minder belast doordat er minder fossiele brandstoffen worden gebruikt. Hiermee draagt Twickel bij aan de doelen van provincie Overijssel om meer bio-energie te gaan gebruiken de komende jaren.

### 5.3 Project Bruins & Kwast Biomass Management te Goor: leveringscapaciteit van landschappelijke beplantingen in Achterhoek, Liemers en Twente.

Dit onderzoek is in opdracht van Bruins & Kwast uitgevoerd in 2013 door de studenten van Van Hall Larenstein: E. van Eck, T. Lemmerlijn en N. Meister, verenigd in E.N., Adviesbureau Energie Natuurlijk [Van Eck e.a. (2013)].

#### **Samenvatting onderzoek** (voor dit rapport bewerkt en ingekort):

In opdracht van Bruins en Kwast werd gekeken naar mogelijkheden voor het beter benutten van landschappelijke beplantingen voor de teelt van energiehout. De hoofdvraag luidde: hoe kan op een efficiënte en duurzame manier energiehout worden geoogst uit landschappelijke beplantingen in de Achterhoek, Salland, Twente en de Liemers?

Het projectgebied besloeg de oppervlakte van de Achterhoek, Liemers, Twente en Salland, totaal 340.590 hectare. In het projectgebied komen veel verschillende typen LB voor. Voor deze rapportage zijn in eerste instantie vijftien typen LB globaal onderzocht op geschiktheid voor oogst van energiehout. Drie typen LB die veel voorkomen in het projectgebied en/of in potentie veel opleveren voor de oogst van energiehout zijn vervolgens verder uitgewerkt: hakhoutbos, houtwal/houtsingel beheerd als hakhout en knobomenrijen.

Door middel van literatuurstudie, bestaande kennis binnen Bruins en Kwast en interviews met mensen uit het vakgebied is de benodigde informatie verkregen. Aan de hand van steekproeven van de monitoring kleine landschapselementen van Landschapsbeheer Nederland, circa vier procent van het totale oppervlak van de regio, is de verspreiding van de drie landschappelijke beplantingen in het projectgebied bepaald. De verwachte bijgroei is bepaald aan de hand van de methode ‘Groen goud uit landschapsonderhoud’, een rapport met bijgroei- en verwachtingen van landschappelijke beplantingen in de Gelderse vallei en met behulp van de STIBOKA-methode om groei- en verwachting per bodem te bepalen voor bosbomen in de verschillende regio’s en de Gelderse vallei.

Het projectgebied bevat circa 920 hectare hakhoutbos, 940 kilometer knobomenrij en 4.420 kilometer houtwal/houtsingel. Samen hebben deze drie beplantingen een bijgroei van circa 32.250 ton vers hout per jaar. Knobomen hebben in het projectgebied een hoge verspreiding maar een lage bijgroei- en verwachting. Houtwal/houtsingel heeft naar verhouding de meeste potentie voor energiehout. De kosten voor oogst van energiehout uit hakhout liggen, afhankelijk van terreinomstandigheden, diameter borsthoogte en dichtheid tussen de 1.500 en 6.000 euro per

hectare. Voor opbrengsten uit energiehout mag voor een goede kwaliteit chips gerekend worden op € 30,--/ton.

De huidige prijs voor chips is niet voldoende is om de kosten voor de oogst van landschappelijke beplantingen te dekken. In de bij het hoofdrapport behorende Veldgids wordt inzicht gegeven in de kosten voor het beheer, en welke variabelen invloed hebben op de hoogte van deze kosten en deze kosten omlaag kunnen brengen. Het ontwikkelen van gebiedsmodellen of regionale plannen, waarin beheer van landschappelijke beplantingen gecombineerd wordt met beheer van bossen en stedelijke beplanting zullen een gunstig effect hebben op de kosten. Deze methode kan vooral voor continuïteit zorgen.

Hoewel het voor Bruins en Kwast wenselijk is om het hele jaar door energiehout te verchippen, blijkt dit in de praktijk lastig. Voor de continuïteit van werkzaamheden kan ervoor gekozen worden tak- of stamhout na de oogst eerst in het landschap op te slaan (bufferen) om dit in een ander seizoen te verchippen. Hierbij stuit men in de praktijk op twee problemen, namelijk de wet- en regelgeving, o.a. Faunawet, en de beleving door burgers van stapels takhout in het landschap. Het geven van toegevoegde waarde aan het product biomassa na oogst (cascadering) is wenselijk maar in de praktijk vaak niet haalbaar. Bij LB zijn de oppervlaktes zo klein dat het niet rendabel is, o.a. door de veel hogere transportkosten, om de kleine hoeveelheden hout van een sortiment met betere kwaliteit te scheiden van het sortiment biomassa.

Door de stijgende vraag naar energiehout bestaat het risico dat eigenaren van landschappelijke beplantingen zich volledig gaan richten op goed verkoopbare biomassasoorten. De minder productieve beplantingen zouden daardoor vervangen kunnen worden door monotone efficiënte hakhoutbosjes of worden ingericht met snelgroeiende niet gewenste soorten. Dit zou een verarming van het landschap betekenen. In overleg met gemeenten, provincies en streekfondsen zou over de (extra) financiering van dit soort projecten kunnen worden nagedacht.

#### 5.4 Biomassaverbrandingsinstallatie Beetsterzwaag, 1 MW

Bron: [de Boer, 2008]; [www.dienstlandelijkgebied.nl/actueel](http://www.dienstlandelijkgebied.nl/actueel);

De verbrandingsinstallatie in Beetsterzwaag is opgezet in opdracht van de ANV De Alde Delte – Tijnje. Het is het resultaat van een DLG-project dat alternatieve inkomstenbronnen moest ontwikkelen om het landschapsonderhoud betaalbaar te houden.

Als alternatieve inkomstenbron is daarom een bio-energieverbrandingsinstallatie van 1 MW geplaatst, nadat DLG een onderzoek uitgevoerd heeft naar de kansen en mogelijkheden om snoeihout van houtwallen en –singels te benutten als biomassa voor de opwekking van duurzame energie. De AVN exploiteert de installatie terwijl een speciaal hiervoor opgerichte stichting (Stichting Boom) zorgt voor een continue aanvoer van chips. De chips worden geoogst in de directe omgeving van Beetsterzwaag en zijn afkomstig uit houtwallen en –singels.

Met de plaatsing van de installatie was € 800.000,-- gemoeid. De eindgebruikers van de duurzaam opgewekte energie zijn een revalidatiecentrum, met o.a. een sporthal en zwembad, en een school, die beide op jaarbasis ongeveer 400.000 m<sup>3</sup> aardgas gebruiken. De installatie voorziet in ca. 80% van de energievraag van beide instellingen. De energie wordt geleverd tegen een marktconforme prijs.

De energie uit de biomassa-installatie wordt door warmtewisselaars overgedragen aan de bestaande aardgasgestookte warmte-installaties bij beide instellingen. Deze laatste zullen als back-up intact blijven.

De chips worden direct na oogst naar een voorraadbunker gebracht. De hal waarin deze bunker ligt is 15x30 meter. De verbrandingsinstallatie, Kohlbach - Oostenrijk, kan verse chips aan (vochtgehalte 50 % of meer). Vanuit de voorraadbunker worden de chips volautomatisch naar de oven getransporteerd, via een bewegend rooster, waarbij de chips vlak voor zij de oven in gaan, gedroogd worden. Op het middelste deel van het rooster vindt vergassing tot houtskool plaats en op het eind wordt de houtskool verbrand. De as wordt automatisch afgevoerd naar een container. De rookgassen moeten voldoen aan de eis van max. 50 mg/m<sup>3</sup> fijnstof en installatie is daarom voorzien een multicycloonfilter en een elektrofilter, die de stofdeeltjes in de rookgassen voor het grootste deel opvangt. De installatie werkt volledig computer gestuurd en vanuit Oostenrijk (Kohlbach) voortdurend gecontroleerd.

De installatie gebruikt jaarlijks ongeveer 4100 m<sup>3</sup> chips (50% vocht). Nu weegt 1 m<sup>3</sup> chips (50%) ongeveer 300 kg en levert ca. 680 kWh. De installatie produceert daarom jaarlijks gemiddeld 2600 MWh. De voorraadbunkers voor chipsopslag zijn in totaal 1000 m<sup>3</sup> groot.

Jaarlijks wordt met deze installatie ongeveer 640 ton CO<sub>2</sub> bespaard en 320.000 m<sup>3</sup> aardgas. De CO<sub>2</sub>-besparing door de installatie komt overeen met het jaarlijkse gebruik van CO<sub>2</sub> van ca. 200 huishoudens.

Het project ‘Biomassa-installatie Beetsterzwaag’ is genomineerd voor de P-NUTS Awards 2010 in de categorie ‘Energietransitie lokaal duurzaam energiebedrijf’. De agrarische natuurvereniging De Âlde Delte kan met de energieopbrengst van snoeihout een belangrijk deel van het onderhoud van de houtwallen en houtsingels betalen. Het biomassaproject levert een forse besparing op, op het aardgasverbruik én op de CO<sub>2</sub>-uitstoot (ca. 640 ton per jaar). Initiatiefnemer van het project is DLG regio Noord. Andere belangrijke partijen van dit project, zijn de provincie Friesland, de gemeente Opsterland, Revalidatie Friesland en de school Lyndensteyn.

### 5.5 Biomassa Centrale Lelystad, 7 MW

Bronnen: [www.biowkk.eu](http://www.biowkk.eu); [www.powerplants.vattenfall.nl/powerplant/lelystad](http://www.powerplants.vattenfall.nl/powerplant/lelystad); [www.lelystad.groenlinks.nl/nieuws/2006](http://www.lelystad.groenlinks.nl/nieuws/2006); [www.bio-enerco.com](http://www.bio-enerco.com).

#### Houtgestookte warmtekrachtcentrale in Lelystad

In Lelystad is naast een aardgasgestookte warmtekrachtcentrale ook een houtgestookte centrale aan het stadsverwarmingsnet gekoppeld die woningen en gebouwen van warmte, die vrijkomt bij het opwekken van elektriciteit, voorziet (zie figuur 5.5.1.). De exploitant van de stadsverwarming, NUON, levert daardoor groene warmte aan het warmtenet. In een speciale biomassaketel worden



houtchips uit de regio verstoekt. De ketel levert per uur 9 ton stoom, met een druk van 30 bar, aan stoomturbines die een generator aandrijven. Deze generator heeft een elektrisch vermogen van ongeveer 1 MW.

◀ figuur 5.5.1: de centrale Lelystad

De houtgestookte centrale wordt als “basislastcentrale” gebruikt: dankzij de koppeling aan het warmtenet, dat aan een groot aantal woningen en gebouwen warmte levert, is er vrijwel altijd



voldoende warmtevraag. Na een start met enkele kinderziektes, draait de centrale nu vrijwel continu. De productie van groene stroom bedraagt meer dan 7 miljoen kWh per jaar, en de geleverde warmte komt overeen met ongeveer 5 miljoen m<sup>3</sup> aardgasequivalent. Dagelijks komen er vier vrachtwagens verse chips in de stortbunker lossen, totaal 160 m<sup>3</sup>. De toevoer van de houtchips gaat volledig automatisch.

*figuur 5.5.2. ►  
verbrandingsruimte biomassacentrale Lelystad*



Kenmerken centrale Lelystad:

Brandstof (geen turf):	Biomassa
Warmtecapaciteit:	7 MWth (thermal)
Gem. jaarlijkse warmteproductie:	38 GWh
Eigendom	Vattenfall 49%
Jaar van ingebruikname:	2000

De centrale produceert warm water voor gebruik en verwarming van woningen en bedrijven. 's Zomers is de productie voldoende, 's winters wordt de centrale aangevuld door een gasgestookte ketel. De centrale draait op snoeihout van de gemeente Lelystad en houtsnippers (chips) uit de regio (Flevoland).

De centrale is aanvankelijk ontworpen voor onbemand gebruik. Dit bleek niet goed te werken. Tegenwoordig is de centrale op werkdagen bemand. In het weekend en 's avonds wordt de centrale door een operator via een computer thuis in de gaten gehouden. De centrale heeft een experimenteel karakter. In de loop der jaren is er veel aangepast en verbouwd. De naast warmte opgewekte elektriciteit wordt terug geleverd aan het net. De biomassacentrale bezit een rookgaszuiveringsinstallatie.

De levering van chips aan de centrale gebeurt door BioEnerco, een particulier, niet beursgenoteerd bedrijf dat biomassa in ruwe vorm inkoopt en verwerkt tot hoogwaardige grondstof voor onder andere biomassacentrales. Het bedrijf werd in 1999 opgericht als een dochter van vier grote groenbedrijven: Staatsbosbeheer, Vagroen Biomassa, Van der Wiel Infra & Milieu en Biomassa Van Werven Energie. Het doel van die samenwerking is kennis over biomassa te bundelen en samen te zoeken naar efficiënte en milieuvriendelijke methoden om er energie van te maken. Voor de biomassacentrale in Lelystad oogst en verwerkt het bedrijf biomassa tot een hoogwaardige brandstof. Voor dat doel heeft Van Werven Energie BV, één van de vier partners, een centraal opslag- en verwerkingsbedrijf ingericht in Biddinghuizen. Het is gebouwd op de groei: van hieruit kan BioEnerco nog twee nieuwe warmtekrachtcentrales van dezelfde omvang als die in Lelystad bevoorraden.

## Lijst met de in dit rapport gebruikte afkortingen

LB = Landschappelijke beplanting(en).

Energie-eenheden Joule en Watt en decimale eenheden: zie bijlage 1.

Boomsoortenafkortingen (SBB-lijst) - samenvatting:

bu = beuk	ei = eik	gd = grove den
fs = fijnspar	ed = esdoorn	be = berk

ANV = Agrarische NatuurVereniging

CO<sub>2</sub> = kooldioxide

CoP = Community of Practice

DLG = Dienst Landelijk Gebied

d.s. = droge stof

KIGO = (Regeling) Kennisverspreiding en Innovatie Groen Onderwijs

KOH = Korteomloophout – Belgische term voor snelgroeiend hout

odt. = oven droge ton

pk = paardenkracht (oude eenheid van vermogen; 1 pk = 0,736 watt)

NO<sub>2</sub> /NO<sub>x</sub> = Stikfodioxide / Stikstofoxide verbindingen

s.g. = soortelijk gewicht

## Literatuur

(onder “en verder” uitsluitend niet in dit rapport aangehaalde literatuur)

### 1. Boeken/rapporten

Gebruikt in dit rapport:

- Alterra (2010) Normenboek Natuur, Bos en Landschap. Alterra/WUR Wageningen
- Boer, D. de & I. de Jong. e.a. (zonder jaartal) Biomassa-installatie Beetsterzwaag – Duurzame energie uit houtsingels voor Revalidatie Friesland en School Lyndensteyn. Groningen, Dienst Landelijk Gebied Noord.
- Boosten, M., J. Oldenburger (2011). Kansen voor de aanleg van wilgenplantages in Nederland. Wageningen, Stichting Probos
- Boosten, M., J. Oldenburger, J. van den Briel, J. Oorschot, M. Boertjes (2009); De logistieke keten van houtige biomassa uit bos, natuur en landschap in Nederland: stand van zaken, knelpunten en kansen, Wageningen, Stichting Probos, i.s.m. Borgman Beheer Advies en Biomassa Stroomlijn.
- Broeze, J., E. Annevelink, M. Vollebregt (2007); Onderzoek biomassa en energie Biopark Terneuzen. WUR-rapport 848; Agro and Food Sciencegroup, Wageningen.
- Damme, L. ten, Wander Sturris, Bert van der Veen, Timo Verkerk, (2012); Zwemmen in biomassa. Onderzoeksverslag Landgoed Mulligen, Oldebroek, i.o.v. Landgoed Mulligen/VHL. VHL-Velp
- Van Eck, E., T. Lemmerlijn en N. Meister (2013). Energie uit landschap. Onderzoeksverslag i.o.v. Bruins & Kwast in Twente en Achterhoek. VHL. Velp
- Jong, J. de (2011). Effecten van oogst van takhout op de voedingstoestand en bijgroei van bos. Alterrarapport 2202. Wageningen
- Kienhuis, A (2011); Bosexploitatie, Van aanplant tot oogst en van transport/verwerking tot product; dictaat opleiding Urban Forestry, Van Hall Larenstein - Velp
- Kremers, e.a. (2005). Afval of biomassa. Een juridische onderbouwing – Ingenieurs- bureau Tauw.
- Kuiper, L. & S. de Lint. 2008. Binnenlands biomassapotentieel. Biomassa uit natuur, bos, landschap, stedelijk groen en houtketen. Utrecht, Ecofys.
- Maes, B. e.a. 2012. Historische wallen in het Nederlandse landschap. Rijksdienst voor het Culturele Erfgoed, Amersfoort. Zalsman, Zwolle.
- Probos, 2009; kengetallen
- Schrijver, R & E. Oosterkamp (2011); Het landschap, bron van energie; studie naar houtige biomassa in de Achterhoek. WUR-rapport 276. (Wetenschapswinkel).
- Spoelstra, N (2012); Biomassapotentieel van Landgoed Twickel. Afstudeerscriptie Landgoed Twickel. VHL-Velp
- Spijker, J.H., M. Boosten, (2010); Inzet van hout voor energie in de provincie Gelderland; Stichting Probos en Alterra; Wageningen
- Spijker, J.H., H.W. Elbersen, J.J. de Jong, C.A. van den Berg & C.M. Niemeyer. 2007. Biomassa voor energie uit de Nederlandse natuur. Een inventarisatie van hoeveelheden, potenties en knelpunten. Alterra-rapport 1616. Wageningen, Alterra.
- SEI – Sustainable energy Ireland (2002), Briefing Note on Biomass
- Task Force Energietransitie, Projectgroep Duurzame productie van biomassa (2006); Criteria voor duurzame biomassaproductie. Samenwerkingsverband verschillende Ministeries, Wetenschap en Bedrijfsleven
- Vries, B. de, A. de Jong, R. Rovers, F. Haccoû, J. Spijker, C. van den Berg, C. Niemeijer, D. Frank & J. Westerink. 2008. Energie à la carte. De potentie van biomassa uit het landschap voor energiewinning. Alterra-rapport 1679. Wageningen, Alterra.

*En verder:*

Booy, E., (2012); Adviesrapportage bosrandenbeheer Zuid-Limburg. Stageopdracht bij SBB i.o.v.

VHL-Velp

Oldenkamp, L. 2008. Niet rijk rekenen met energiehout. *Houtwereld*. 61; 13, 9.

Schepers, B., & M. Bles, (2010); Meer energie uit biomassa. CE-Delft, Publicatienummer 10.3298.81.

Tetteroo, K., 2011; From waste to business in Spain. Stageopdracht bij Europa-Parts, Spain, i.o.v. VHL-Velp

Vis, J., (2000); Oogst van energiehout (uit bos). Driebergen/Utrecht, Staatsbosbeheer & Novem. Gilden & Van Soest, 2008

Welink, J.H., & E. van der Koog, 2004; energie uit afval en biomassa. DUP Satellite *en*:

Alterra: rapport biomassa-oogst en effect op nutriënten Rapport2202.pdf

Alterra: rapport 1380, beschikbare biomassa SBBterreinen.pdf

Probos: 6 jaar energieteelt - de resultaten.pdf

Probos: rapport Harvest of forest residues in Europa.pdf

Probos: rapport Kansen Wilgen energieteelt.pdf

Handbook pellets.pdf

Rapport A guide to small-scale wood fuel (biomass) heating systems.pdf - England-Bristol

## 2. Verslagen/powerpoints/krantenartikelen/brochures

AVN, Agrarische Natuurvereniging (2012), Brochure Stoken op Streekhout: prijsbepaling voor houtsnippers. Een Infoblad energiehout. Een uitgave van het Interreg-IVA-project.

Boer, Dirk de (2008). Biomassa-installatie Beetsterzwaag, duurzame energie uit houtsingels. Brochure Dienst landelijk gebied – regio noord, Groningen.

Euris (2006) (Europeans Using Roundwood Innovatively and Sustainable). Energie uit hout met kleine diameter. Een internationaal studentenproject vanuit Leonardo da Vinci-fonds

Kofman, P.D. (2007). Coford cursusmap: Hout voor energie (Cursus ontwikkeld voor Council for Forest Research and Development - Coford, Ierland). Vertaald i.o.v. AVIH, 2008. Uitgegeven P. Kofman, Danish Forestry Extension - Denmark

Proclam vzw (West-Vlaanderen) (zonder jaartal). Parc Caps st Marais d'Opale, Maison du Bois, zonder jaartal, Hout meer dan energie alleen. Brochure ter bevordering van kleinschalig stoken op hout.

*En verder:*

Inverde – België, 2008; Energie uit biomassa; verslag van een studiemiddag

Rein, G., 2011; Groen gras vreet energie, krantenartikel: Volkskrant

## 3. websites

Agentschap. De site van het Min. van Ec. Zaken, landbouw en Innovatie: [www.agentschap.nl](http://www.agentschap.nl)> Programma's & Regelingen ›Bio-energie Thema's Bio-energie Input Bio-Energie.

Geraadpleegd mei 2012 over bio-energie voorbereidingstechnieken.

Arca53. Een site over "heating" in het algemeen. Geraadpleegd mei 2012 over grootheden m.b.t. verwarming via [www.arca53.dsl.pipex.com/index\\_files/degree](http://www.arca53.dsl.pipex.com/index_files/degree).

Biomassaforum, een site van het Bosschap, Platform Hout Nederland (PHN) en Branche Vereniging Organische Reststoffen (BVOR), samen met Min. van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie: [www.biomassaforum.nl](http://www.biomassaforum.nl). Geraadpleegd mei 2012 over voorbereidingen van biomassa

Enerpedia, de agrarische energie encyclopedie. Geraadpleegd 2012 via [www.enerpedia.be](http://www.enerpedia.be) over Boer zoekt hout; demodag in 2008 over Snelgroeiend hout (KOH = Korteomloophout – België)

JALO biopellets. Geraadpleegd in 2011 via [www.jalobiopellets.nl](http://www.jalobiopellets.nl) over pellets

Kronos. Finse site over "wood properties". Geraadpleegd in mei 2012 via [www.kronos.fi/.../](http://www.kronos.fi/.../) wood properties.

Provincie Gelderland. Geraadpleegd 2011 via [www.gelderland.nl](http://www.gelderland.nl) over subsidieregelingen Retscreen. Een onderdeel van de site van National resources Canada ([www.nrcan.gc.ca](http://www.nrcan.gc.ca)).

Geraadpleegd mei 2012 over o.a. Energiekosten via [www.restscreen.net](http://www.restscreen.net) (onderdeel heating Project load and Energy Calculation).

Stoken op streekhout. Geraadpleegd mei 2012 via [www.stokenopstreekhout.nl](http://www.stokenopstreekhout.nl) over ANV's Wikipedia. Geraadpleegd 2012 via <http://nl.wikipedia.org/wiki/Nederland> over oppervlakte Nederland

*En verder:*

AVIH. via [www.avih.nl](http://www.avih.nl).

Boschap. via [www.boschap.nl](http://www.boschap.nl).

Pelletsatlas: <http://www.pelletsatlas.info>: pellets en calculation tool; pellethandel in Nederland

## Bijlagen

### Bijlage 1: Omrekenenheden/-factoren en energiegrootheden

#### Energie-eenheden

- standaard eenheid van energie: Joule (J) (= vermogen om werk te verrichten)
- standaard eenheid van arbeid Watt (W), waarbij 1 Watt = 1 Joule/sec.  
1 kWh = 1 kJ/sec gedurende 1 uur, ofwel 1 kWh = 3,6 MJ/h

#### Overige eenheden:

- d.s. = droge stof
- odt. = oven dry ton = oven droge ton (0% vochtgehalte) (= soortelijk gewicht)
- kton = Kiloton = 1000 ton = 1.000.000 kg
- kW / kWh = Kilowatt (1000 Watt) / Kilowattuur
- kJ = Kilojoule (1000 Joules)

#### Decimale veelvouden/ - voorvoegsels:

k M G T P E = Kilo ( $10^3$ ); Mega ( $10^6$ ); Giga ( $10^9$ ); Terra ( $10^{12}$ ); Peta ( $10^{15}$ ); Exa ( $10^{18}$ ).

Factor	Voorvoegsel	Symbool
$10^3 = 1.000$	Kilo	k (kleine letter!!)
$10^6 = 1.000.000$	Mega	M
$10^9 = 1.000.000.000$	Giga	G
$10^{12} = 1.000.000.000.000$	Tera	T
$10^{15} = 1.000.000.000.000.000$	Peta	P
$10^{18} = 1.000.000.000.000.000.000$	Exa	E

#### Omrekenfactoren vast hout naar bulk

- $m^3$  hout naar rondhout stère 1 stère rondhout =  $0,7 m^3$  350-400 kg/ $m^3$  (50% vocht)
- $m^3$  hout naar brandhout stère 1 stère brandhout = ca.  $0.6 m^3$
- $m^3$  hout naar pellet  $m^3$  1  $m^3$  hout =  $0,7 m^3$  bulk pellets
- $m^3$  hout naar chips  $m^3$  1  $m^3$  hout =  $2,7 m^3$  bulk chips

#### Omrekenfactoren i.r.t. houtchips van fs en bu:

	fs	fs	bu	bu
1 $m^3$ (stère) 30%	213 kg	735 kWh	329 kg	1110 kWh
1 $m^3$ (stère) 45%	271 kg	696 kWh	418 kg	1049 kWh
1 ton (1000kg) 30%	$4.7 m^3$ (stère) <sup>[1]</sup>		$3.0 m^3$ (stère) <sup>[1]</sup>	
1 ton (1000kg) 45%	$3.7 m^3$ (stère) <sup>[1]</sup>		$2.4 m^3$ (stère) <sup>[1]</sup>	

#### Omrekenfactor van kWh naar Joule

1 kWh = 1000 Wh = 3,6 MJ (MJoules)

#### Verbrandingswaardes hout en chips 1 $m^3$ (stère) / 1 ton (tussen halen het vochtpercentage):

	1 $m^3$ (stère)	1 ton / 1000 kg
brandhout (50%) <sup>[6]</sup>	350-400 kg $\diamond$ 4,5 – 5,5 GJ	
chips (50%) <sup>[2]</sup>	300 kg $\diamond$ 2,5 GJ ( $\approx$ 680kW / $75 m^3$ aardgas)	$3,5 m^3$ 9,5 GJ/ton
chips (40%) <sup>[3]</sup>		8,9 GJ/ton
chips odt. <sup>[3][6]</sup>		19 (18-21) GJ (es/ei: 20, gd/fs: 19)
pellets <sup>[6]</sup> (10%)	650 kg $\diamond$ 17 GJ	

**Oppervlaktes van Nederland en enkele regio's, zoals gebruikt in dit rapport <sup>[4]</sup>**

Nederland	4.152.800 ha (ca. 18% water) > netto	3.735.400 ha land	(37.354 km <sup>2</sup> )
Gelderland		497.176 ha land	( 4.972 km <sup>2</sup> )
Achterhoek		120.800 ha land	( 1.208 km <sup>2</sup> )

Bronnen:

[1] = Schrijver e.a. (2011)

[2] = Boer (zonder jaartal)

[3] = Kofman (2008)

[4] = Wikipedia (2012) / gegevens Verenigde Naties (2004)

[6] = Euris (2006)

## Bijlage 2

### Biomassa uit snelgroeïend hout.

Snelgroeïend hout is een biomassa-bron die in principe buiten het kader van dit onderzoek “Eigen hout eerst”, en de inhoud van dit rapport valt, omdat de basisgedachte bij dit onderzoek was om hout te stoken uit bestaande beplantingen. Toch is het gerechtvaardigd aandacht te geven aan deze biomassa-bron.

Onder snelgroeïend hout wordt verstaan een speciaal voor de teelt van hout of biomassa aangelegd perceel, met houtige gewassen die in korte omloop beheerd worden. In de meeste gevallen wordt hiervoor wilg gebruikt. Een perceel snelgroeïend hout (in België Korteomloophout (KOH) genoemd) heeft dan ook geen andere functies dan alleen zoveel mogelijk biomassa opbrengen [Enerpedia 2012].

Hiertoe wordt meestal landbouwgrond gebruikt. Boomsoorten die het meest gebruikt worden hiervoor zijn wilg, die het meeste geschikt lijkt voor de Nederlandse situatie, populier, els en robinia. Met name de wilg wordt gebruikt voor energiehout, de populier voor zaaghout en vezelhout. Het belangrijkste kenmerk van deze vier boomsoorten is dat zij hard groeien.

#### De wilg als leverancier van energiehout.

De wilg past van oudsher uitstekend in het Nederlandse landschap, de boom heeft een uitstekende groei, en, voor energiehoutteelt erg belangrijk, een goed uitstoelend vermogen (= het vermogen om na snoei nieuwe uitlopers te vormen). De wilg is makkelijk toepasbaar voor gemechaniseerde aanplant en oogst [Boosten, 2011]. Vanuit duurzaamheidsprincipes ligt het voor de hand om wilgen alleen aan te planten op plaatsen waar deze teelt niet hoeft te concurreren met voedsel- en voedergewassen, of terreinen met natuurdoelstellingen. Voorbeelden zijn o.a. braakliggende terreinen, vuilstorten, baggerdepots, maar ook robuuste verbindingszones, maar ook (spoor- en) wegbermen en oevers en dergelijke.

Na een grotendeels mislukte proef, enkele tientallen jaren geleden, met de teelt van wilg en robinia in korte omloop, worden er nu weer terreinen aangeplant met wilg. Ook in andere landen gebeurt hetzelfde, of is dit al langer geleden gestart. Zweden, dat al jaren de wilgenteelt onderzoekt, kent op dit moment 10.000 ha wilgenplantages voor energiehout, Engeland, dat recenter deze teelt ter hand heeft genomen, ca. 5000 ha. In Duitsland is de wilgen-energieteelt sterk in opkomst en heeft enige 1000-den ha. met wilg aangeplant. Op Europese schaal zijn er al enige 10.000-den ha. voorhanden, terwijl een aantal landen concrete ideeën hebben deze oppervlakte aanzienlijk te verhogen [Boosten, 2011].

#### De wilgenteelt.

Bij gebruik van wilg wordt uitgegaan van stekmateriaal dat na drie jaar voor de eerste keer geoogst kan worden (afgezet); na de volgende drie jaar zijn de uitlopers geschikt voor oogst. Deze cyclus kan daarna nog één maal herhaald worden.

In het kader van oogstefficiëntie genieten langwerpige percelen de voorkeur, waarbij de “kopakker” ter breedte van gemiddeld 12 m. niet ingeplant wordt. De volgende maten hebben de voorkeur: plantafstand (h.o.h.): 50-75 cm; rijafstand (h.o.h.): 75 cm per 2 rijen en vervolgens 1,50 cm tussen de dubbele rijen. Dit komt overeen met ca. 16.000 st. per ha. Afhankelijk van de oogstmachine (combine) moet met de breedte van de rijsporen rekening gehouden worden. Als plantmateriaal genieten de z.g. kortstekken de voorkeur: 1 jarige wilgenstekken (kloon) van ca. 20 cm.

Bij aanplant moet er, net als bij bosaanplant, onkruidbestrijding toegepast worden alvorens het aan te planten perceel te ploegen en te eggen. Geplant wordt met een landbouwplantmachine, zoals een preiplanter. Na aanplant moeten de volgende nazorgmaatregelen overwogen worden: mechanische onkruidbestrijding, toppen van de uitlopers, bemesting (NPK). Ook kan wildvraat aanzienlijke schade veroorzaken en zijn beschermende maatregelen noodzakelijk.



De eisen die aan een kloon voor de wilgenteelt gesteld moeten worden zijn: snel aanslaan (goed wortelen), snelle groei, goed regeneratievermogen, ziekteresistent, en geschikt voor verschillende bodemtypes en het Nederlandse klimaat. Ter spreiding van risico's is het raadzaam verschillende klonen tegelijk aan te planten.

De oogst kan plaatsvinden met een (aangepaste) maishakselaars. Deze werken volgens het principe "cut & chip", waarbij in één arbeidsgang wordt afgezet (gezaagd of gesneden), verchipt en de chips opgevangen in een opvangbak op de hakselaar of in een met de hakselaar meerrijdende landbouwopvangwagen met tractor (zie figuren b2.1 en b2.2). Deze combinatie van machines heeft een erg



▲ *Figuur b2.1: oogstmachine New Holland FR9000 Zeldegem België in actie: oogst van wilgen. De chips worden opgevangen in een landbouwcombinatie [New Holland].*

hoog rendement, ca. 1 ha/ uur. Indien de oogst gescheiden wordt van het versnipperen, waardoor er twee machines ingezet moeten worden, heeft dit een verlaging van het rendement tot gevolg, maar er kunnen dan wel minder zware machines ingezet worden (gunstig bijvoorbeeld in natte terreinen).



*Figuur b2.2: New Holland front ►*

Onderzoek heeft aangetoond dat een 2-4 jarige oogstcyclus het meest rendabel is. De wilgen moeten immers geoogst worden op het moment dat de aanwas maximaal is. Een opbrengst van 10 ton d.s./ha/jaar, vanaf het 2<sup>e</sup> of 3<sup>e</sup> groeijaar, is dan reëel. Na 20 tot 30 jaar zijn de wilgen aan vervanging toe omdat de productiviteit dan sterk afneemt en de wilgen niet goed meer uitlopen na een oogstcyclus [Boosten, 2011].

Bij het berekenen van de rentabiliteit van de teelt van wilgen t.b.v. biomassa in korte omloop moet met de volgende zaken rekening gehouden worden: in landbouwsituatie is er recht op braakpremie, er zijn veelal financieringslasten, waterschaplasten en pacht- of huurkosten en er kunnen toezichtkosten ontstaan.

Boosten geeft aan dat bij een wilgenteelt met 5 oogsten in een omloop van 15 jaar, de volgende opbrengsten (afgerond) per ha. mogelijk zijn (prijsaanname chips 0% vocht = € 60,--/ton):

- opbrengst:	145 ton d.s./15 jaar
- kosten (aanleg, exploitatie e.d.)	€ 8.000,-- (waarvan € 3800,-- aanlegkosten)
- opbrengst	€ 8.700,--
- saldo	€ 700,--

Na 12 jaar is de opbrengst in bovenstaand voorbeeld nog negatief. Dat betekent dat wilgenteelt vanaf een 5<sup>e</sup> oogstcyclus pas geld gaat opbrengen. In dit voorbeeld is rekening gehouden met gemiddelde kosten, zoals transportkosten en opslagkosten. Het spreekt voor zich dat met name hierin besparingen mogelijk zijn, afhankelijk van de omstandigheden.

Naast bovenstaande teelttechnische en financiële zaken zijn er bij de teelt van wilgen in korte omloop ook specifieke wetten en regelingen van belang. Dit zijn de [Boosten, 2011]:

- boswet en/of gemeentelijke kapverordening;
- flora en faunawet
- wet milieubeheer
- bestemmingsplannen

De boswet is van belang in verband met de vrijstelling herplantplicht, de gemeentelijke kapverordening bij oogst van wilgenplantages, die binnen de “bebouwde-kom-boswet” vallen.

De flora- en faunawet beschermt plant- en diersoorten, ook die soorten die zich in wilgenplantages vestigen. Een ontheffing artikel 75 F&F-wet, die aangevraagd moet worden vóór aanleg, is dan onontbeerlijk. Voor vogelsoorten geldt een andere ontheffing.

De wet milieubeheer komt in beeld als het gaat over de vraag (discussie) of de geoogste chips een “duidelijk product is van de teelt” en dus geen afval. Een opgesteld beheersplan waarin dan m.n. de teelt en het teeltdoel zijn omschreven, biedt dan uitkomst.

Bestemmingsplannen kunnen de aanleg van wilgenplantages in de weg staan. Een bestemmingsplanwijziging of tijdelijke uitzondering is dan noodzakelijk.

Wilgenteelt is gemiddeld genomen, na ca. 15 jaar rendabel, afhankelijk van de omstandigheden.

Naast deze zuivere financiële rentabiliteit kunnen er ook indirecte opbrengsten van toepassing zijn.

Gedacht kan worden aan bijdragen die de wilgenteelt levert aan:

- lokale of regionale CO<sub>2</sub>-neutraliteitsinitiatieven;
- landschappelijke aankleding van braakliggende terreinen of vuilstorten
- verhoging van de biodiversiteit van braakliggende terreinen.

Deze indirecte opbrengsten kunnen de beslissing om wilgen te gaan telen gunstig beïnvloeden.

### Bijlage 3: Rekenvoorbeeld brandstofbehoefte van 100 KW verbandingsinstallatie

#### Bepaling benodigde hoeveelheid chips:

Uitgangspunt: 100 KW kachel (piekvermogen)  
(voldoende voor een woning/boerderij met meer bijgebouwen/stallen)  
Continue warmtevraag: 80% van piekvermogen  
Seizoensinvloed: wintervraag: 6 maanden 80% van continue-vermogen,  
zomervraag: 6 maanden 50% van continue-vermogen

Totale warmtebehoefte (KW): 6 maanden 64 KW + 6 maanden 40 KW = totaal: 52 KW

Totale warmtevraag (omrekening naar Joules / 1 KW = 1 KJ/sec.)

= 52 KJ/sec

= 52 \* 3600 \* 24 \* 365 KJ / jaar = 1640 GJ / jaar

Benodigde hoeveelheid chips (1 ton chips (odt.) levert 19 GJ.):

benodigd 1640 / 19 = 86 ton chips (odt)

ofwel: 86 \* 3.33 = 286 stère chips (od)

Benodigde hoeveelheid chips (1 ton chips (50%) levert 9,5 GJ)

benodigd 1640 / 9,5 = 173 ton chips (50%)

ofwel: 173 \* 3.33 = 571 stère chips (50%)

Conclusie. In bovenstaand voorbeeld heeft een 100 KW kachel heeft per jaar nodig:

571 stère chips (50% vocht) ofwel 86 ton chips (odt)

#### Bepaling oppervlakte bos

(met als v.w. 30% van de oogst is sortiment energiehout en bijgroei is 6m<sup>3</sup>/ha/jr.):

Totale behoefte aan chips (50%): 571 stère chips (50% vocht)  
= 399.7 m<sup>3</sup> chips (50%) (1 m<sup>3</sup> hout = 0.7 stère hout)  
= 1332.3 m<sup>3</sup> rondhout (30% van oogst is energiehout)  
= 1903.3 m<sup>3</sup> bijgroei (oogst = 70% van bijgroei)

Benodigde oppervlakte bos: 317 ha bos (met bijgroei = 6m<sup>3</sup>/ha/jr)

#### Bepaling oppervlakte landschappelijke beplanting:

(met als v.w.: zandige bodem levert 8 ton ds/km<sup>2</sup>/jr.)

Totale behoefte aan chips (50%): 571 stère chips (50% vocht)

= 286 stère chips (od) ofwel 86 ton chips (odt.)

Benodigde oppervlakte LB 14,3 km<sup>2</sup> landschap met een aandeel van 3% LB.

#### Bijlage 4: Verbrandingsinstallaties of –ovens: systeem en types.

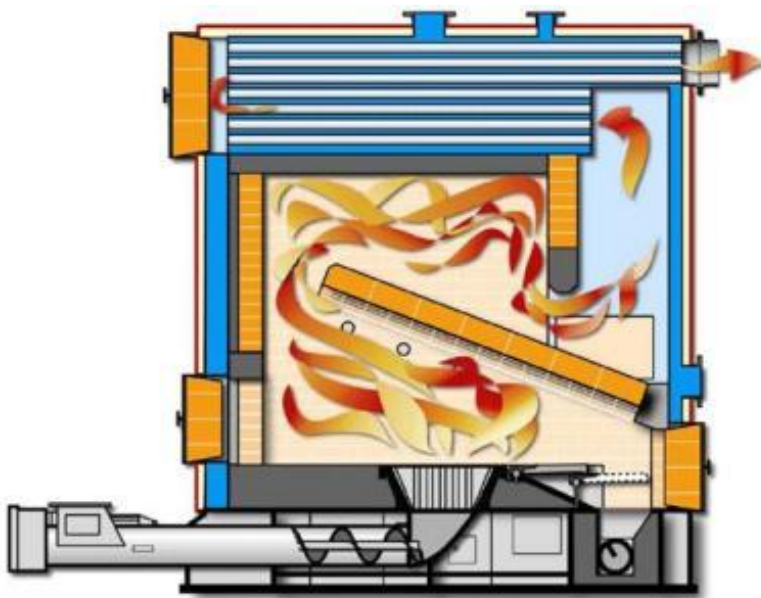
Het meest flexibele verbrandingssysteem is een houtgestookte verbrandingsinstallatie uitgerust met een zogenaamd **beweegbaar rooster**. Een verbrandingskamer met een beweegbaar rooster kan een groot scala aan brandstoffen verbranden (soorten, afmetingen en vochtpercentage). Met dit systeem kunnen zowel droge als natte brandstoffen worden verbrand - met inbegrip van vers gekapt en gechipte bomen. In de praktijk zijn er weinig biomassa brandstoffen die niet geschikt zijn voor een Binder verbrandingsinstallatie met een beweegbaar rooster.

De roosteroven, brandt op zowel gechipt als geshredderd materiaal. In de kachel verbrandt het hout over een beweegbaar trappenrooster, waarbij de het hout aan het eind van het rooster opgebrand en gedoofd moet zijn. De grootte van het materiaal moet zo homogeen mogelijk zijn met een voorkeur voor chips (50x50x20 mm). Het vochtgehalte mag maximaal 55-60% bedragen en het minimum vochtgehalte is 30%.

Ketels met een beweegbaar rooster zijn leverbaar vanaf 130kW tot 20MW (boven 3MW alleen in combinatie met een hydraulische invoer). [Binder – Oostenrijk]. Uitleg over de werking van dit type oven en afbeelding: zie H.4.1.

Onderinvoer- of retorte brander (zie figuur b4.1):

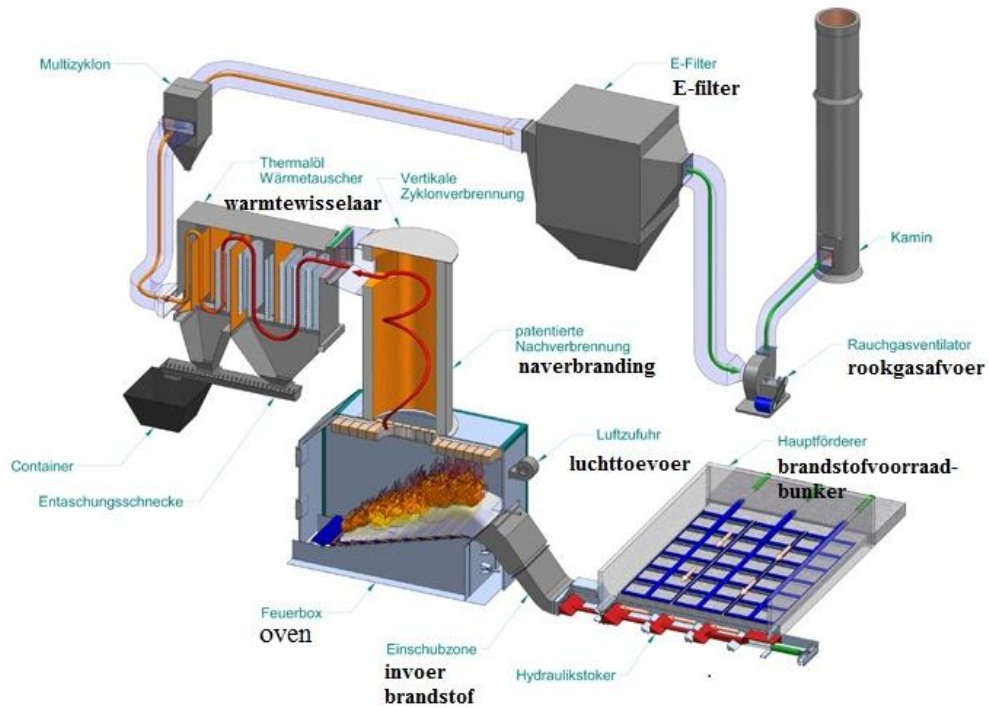
Bij verbrandingsinstallaties die gebaseerd zijn op het zogenaamde **onderinvoer** (retorte) principe,



wordt de brandstof met een minimum aantal bewegende delen, van onderen, in de verbrandingskamer getransporteerd / geduwd. De robuuste retorte is gemaakt van speciaal warmtewerend gegoten verchroomd staal. Een belangrijk punt bij deze onderinvoersystemen is dat zij, door het ontbreken van een voordroogmogelijkheid, brandstoffen kunnen verbranden met een maximaal vochtpercentage van 35%.

◀ *Figuur b4.1: onderinvoer verbrandingsoven*

Een voorbeeld van een verbrandingsinstallatie met hoger vermogen (vanaf 1 MW), type wervelbed-brander met warmte- wisselaar is opgenomen in figuur b4.2. De kwaliteitseisen van chips voor met name een wervelbed-oven zijn hoog. Het materiaal moet in de oven binnen een bepaalde tijd verbrand zijn. Te fijn materiaal brandt te vroeg op en te groot materiaal valt door het zandbed. Ook is een aanvoersysteem via kettingsystemen, vijzels en valpijpen vrij complex. Het hout moet goed kunnen rollen en de optimale grootte is 20 x 25 x 10 mm. Het vochtgehalte moet tussen de 20% en 60% liggen.



◀ *Figuur b4.2: wervelbed-verbrandingsinstallatie ("Vorschubrostfeuerung").*  
*Bron: Agro-Oostenrijk.*