Rendabel landgoedbosbeheer door CO2 reductie.

Verkoop hout, maar verkoop **ook** warmte en energie.

V.J. (Coos) Aalbers

Rendabel landgoedbosbeheer door CO2 reductie.

*Verkoop hout, maar verkoop **ook** warmte en energie.*

In opdracht van: Bosgroep Noord- Oost Nederland

Hogeschool van Hall Larenstein

Auteur: V.J. (Coos) Aalbers

Datum: September 2011
Status: Afstudeerscriptie
Studierichting Bos- en Natuurbeheer
afstudeerrichting Bosbouw/ Urban Forestry
Vastgoed management
Onderwijs instelling: Hogeschool Van Hall Larenstein, Dhr. J. Raggers, docent Bosbouw
Externe begeleiding: Bosgroep Noord- Oost Nederland, Dhr. M. den Hoedt

Voorwoord

Dit rapport heb ik geschreven gedurende een periode van vier maanden in het kader van het afstuderen. Het afstuderen betrof de combinatie twee majors. De major Bosbouw/ Urban forestry en de major Vastgoed management. De combinatie van onderdelen/onderwerpen uit beide studierichtingen is zo goed als mogelijk gemaakt en verwerkt in dit rapport. Deze studierichtingen komen in mijn overtuiging op het gebied van landgoedbeheer het dichts bij elkaar. Op een landgoed vindt meestal bosbeheer/houtproductie plaats. Dit draagt bij aan de rentabiliteit van het totale landgoedbeheer. Het streven naar inkomen staat hoog in het vaandel. Een goed landgoedbeheer is een beheer waarbij de opbrengsten de kosten dekken en indien mogelijk een winst behaald wordt. Hierbij is het van belang de marktwerking en ontwikkelingen op allerlei vlakken nauwlettend te volgen en, wanneer mogelijk, in te springen als dat de financiële situatie kan verbeteren. In het kader daarvan heb ik de mogelijkheid tot het vermarkten van energie uit hout onderzocht. Hierbij is als extra, in het kader van de richting Vastgoedmanagement, aandacht besteed aan contractvormen die bij een dergelijke situatie aan de orde komen.

Dit rapport heb ik kunnen schrijven met dank aan mijn externe begeleider dhr. M den Hoedt werkzaam bij de organisatie; Bosgroep Noord- Oost Nederland. Dank voor de begeleiding, de feedback, de betrokkenheid en de geboden mogelijkheid tot het ontwikkelen van mijn capaciteiten. Ik mocht een prettige werksfeer, werkplek en mogelijkheid tot overleg genieten. Mijn begeleider namens de Hogeschool Van Hall Larenstein, bosbouwdocent dhr. J. Raggers toonde zijn betrokkenheid, was aanspreekbaar voor de begeleiding en de momenten van terugkoppeling. Hartelijk dank daarvoor.

Witharen, september 2011

V.J. (Coos) Aalbers

Samenvatting

De hoofdvraag: *"Is het haalbaar en rendabel voor een landgoed, vormgegeven in een inkomsten te genereren door houtige biomassa van eigen bodem doormiddel van een biomassa- verbrandingsinstallatie in energie om te zetten en daarmee in eigen- en/of lokale energiebehoefte te voorzien?* Is ontstaan vanuit het feit dat tegenwoordig houtproductie nauwelijks winstgevend is en de houtprijzen variërend zijn. In sommige jaren voor veel particuliere bosbezitters een verliespost. [1] Het beheer van landgoederen is vaak moeilijk te bekostigen. Daarnaast is met het inwerkingtreden van het nieuwe provinciaal subsidiestelsel (SNL, januari 2010) de beheersubsidie per hectare bosoppervlak met ca. € 40 verlaagd. Dit draagt, op de korte – en middellange termijn, bij aan de achteruitgang van de rentabiliteit van het landgoed. Los daarvan, maar niet minder relevant, staat in het Kyoto protocol voor de Europese Unie vastgesteld dat de uitstoot van broeikasgassen (CO2) met 8% gereduceerd moet zijn in 2012. Afgeleide van het Kyoto protocol is het voor Nederland gespecificeerde Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren[2]. Hiermee moet de bijdrage aan de, voor Nederland geldende, CO2 reductiedoelstellingen gerealiseerd worden. Landgoederen kunnen hieraan een bijdrage leveren gezien er uit het beheer en bij de productie van hout biomassa vrijkomt. Deze biomassa kan worden omgezet naar energie. De uitstoot van CO2, vrijkomend bij opwekking van energie uit fossiele brandstof, wordt daarmee vermeden. Deze biomassa, zoals tak- en tophout blijft momenteel achter in het bos omdat het verzamelen en vermarkten onrendabel is. Om dit om te zetten naar energie in een biomassaverbrandingsinstallatie nodig. Uit de biomassa van het landgoed kan energie opgewekt worden voor eigen en/of lokaal gebruik.
Het is onbekend of het rendabel is een biomassa verbrandingsinstallatie op een landgoed te realiseren zodat Dit zou een besparing op de energie inkoop kunnen opleveren. Een verbetering van de totale rentabiliteit van het landgoed is daar het gevolg van. Hierop is dit onderzoek gericht.
Landgoed Boschoord is onderdeel van de stichting Maatschappij van Weldadigheid (MvW). Dit landgoed fungeert als onderzoekgebied van deze haalbaarheidstudie. Ter beantwoording van de hoofdvraag wordt in eerste instantie bepaald in welke vorm en welke hoeveelheid biomassa beschikbaar is op landgoed Boschoord. Gezien het landgoed grotendeels uit bos bestaat is hout als brandstof voor de hand liggend. Houtchips kunnen doormiddel van een verbrandingsketel in (warmte)energie worden omgezet. Onder energiehout wordt met name het tak- en tophout verstaan. Ook hout uit onrendabele dunningen en slecht functionerende opstanden die omgevormd moeten worden zijn in dit onderzoek als energiehout aangeduid. De jaarlijkse hoeveelheid geoogst hout is berekend op grond van de resultaten van de afgelopen jaren. Het totaal van het beschikbare volume energiehout, uit alle houtstromen op het landgoed, is berekend doormiddel van de Biomassa Expansie Factor. Twee scenario's zijn gedefinieerd. Zodoende kan bijvoorbeeld gekozen worden de houtstroom 'brandhout' als energiehout in te zetten maar opduur ook het sortiment vezelhout. Voorgesteld wordt het 'verjongingsplan Boschoord' na te streven, van deze stroom energiehout wordt in de berekening uitgegaan. Een aantekening daarbij is dat vanwege verkregen inzichten de bos- omvorming wellicht beter gericht kan worden op de percelen die het slechtst functioneren. Dit herhoogt de hoeveelheid energiehout. Een aspect dat aan de orde is bij oogst van biomassa/ energiehout is mogelijke verschaling van de bosgrond. De significantie hiervan is beoordeeld aan de hand van uitspraken van deskundigen. Het is van de kwaliteit van de houtchips afhankelijk hoeveel energie hieruit opgewekt kan worden. De na te streven kwaliteit is gedefinieerd. De oogstbare hoeveelheid houtchips per jaar is vergeleken met de warmtevraag. Om te beoordelen welke capaciteit verbrandingsinstallatie daarbij past is uitgegaan van 4000 draaiuren per jaar. Uitgesloten is op deze (kleine) schaal elektriciteit op te wekken. De potentiële hoeveelheid hout volstaat niet, het is niet rendabel en er is een risico op het instabiel raken van de daarvoor benodigde turbine. Dit is de reden dat in dit onderzoek enkel op productie van warmte energie/ kWh(th) wordt ingezet.

[1] *Lei- rapport, 'Bedrijfsuitkomsten in de Nederlandse particuliere bosbouw over 2009', december 2010, p.8*

[2] *Rijksoverheid: 'Convenant schone en zuinige Agro- sectoren', 2008*

De haalbaarheid van de installatie is ook gebleken uit het rekenmodel. De optionele warmtevraag van optie twee is samen met de houtchips kwaliteit en de huidige gasprijs ingevoerd. Als warmtevraag zijn twee opties onderscheiden. Deze twee opties zijn: het kantoor en het museum, onderdeel van de MvW(1) en het behandelcentrum Hoeve Boschoord(2). Het blijkt mogelijk met de hoeveelheid houtchips uit scenario 1 Met vochtigheidpercentage van 35-40%) aan de warmtevraag van twee 'opties' samen te kunnen worden voldaan. De afstand tussen beide blijkt echter te groot om de warmte te kunnen transporteren zonder (te)veel rendementsverlies. Daarom wordt voorgesteld om alleen op het behandelcentrum, optie 2, te richten. Doormiddel van leveranciers van installaties is tot de totale investeringsrichtprijs gekomen. Tussen de huidige opbrengst van de verkoop van houtchips/ton aan de bosweg tegen de marktwaarde van het energie equivalent van aardgas, is gebleken dat hiertussen een marge van ca. € 20,- zit. Andere berekeningen en prognoses bieden kleine maar positieve marges in het voordeel van energiehout omgezet in warmte. Gebleken is dat 'maatwerk' per individuele situatie en specialistische kundigheid vereist zijn om de exacte berekening te kunnen maken. De bepalende factoren zijn opgesomd in een 'opzet van criterium'. de aanbevelingen de conclusie. Ter ondersteuning is een hoofdstuk over leveringscontractvormen opgenomen. De onderzoekvraag is hiermee beantwoord. Het verkopen van warmte, geproduceerd uit houtchips, meegenomen de factoren, is winstgevende dan de huidige verkoop van houtchips op landgoed Boschoord. Prognoses bieden positieve toekomstperspectieven.

Inhoudopgave

VOORWOORD **2**

SAMENVATTING **3**

1. INLEIDING **7**

1.2. Probleemstelling. 8
1.3. Doelstelling 8
1.4. Onderzoeksvraag. 9
1.5. Deelvragen. 9
1.6. Onderzoekmethodiek en werkwijze. 10
1.7. Beperkingen in het onderzoek. 11
1.8. Te verwachten resultaten. 11
1.9. Leeswijzer 11

2. BIOMASSA ALS ENERGIEBRON. **12**

2.1. Biomassa volgens de Cramer criteria. 12
2.2. Biomassa uit bos. 13
2.2.1. Biomassa Expansie Factor (B.E.- factor). *13*
2.3. Houtchips 13
2.3.1. Vochtgehalte. *14*
2.3.2. Kwaliteit van de chips. *14*
2.4. Energie- warmte of elektriciteit? 15

3. BOSBEHEER/BESCHIKBAARHEID BIOMASSA BOSCHOORD. **16**

3.2. Berekening van het aandeel energiehout 17
3.2.1. Opbrengst tabellen opstandgemiddelde. *18*
3.3. Berekeningen toegepast op de verschillende houtstromen. 19
3.3.1. Houtoogst regulier + potentiële oogst biomassa. *19*
3.3.2. Omvorming en kaalslagen huidig + potentiële oogst biomassa. *20*
3.3.3. Brandhout huidig + potentiële oogst biomassa. *20*
3.3.4. Laanbomen huidig + potentiële oogst biomassa. *21*
3.3.5. Totaal opstandvolume en biomassa aanwas per jaar. *21*
3.3.6. Aandeel vezelhout scenario 2. ..... *22*
3.3.7. De totalen. *23*
3.4. Marktwaarde van chips 'aan de bosweg'/ kosten boswerken. 24
3.5. Prijs houtchips vergeleken met aardgas. 25
3.6. Ecologisch effect bij extractie van biomassa uit bos. 26

5. AFNEMERS VAN WARMTE. **28**

5.1. Seizoensafhankelijke warmtevoorziening. 28
5.2. De maatschappij van weldadigheid/ optie 1. 29
5.2.1. Warmtevraag. *29*
5.3. Behandelcentrum Hoeve Boschoord/ optie 2. 30
5.3.1. Warmtevraag: *30*
5.4. Gas besparing. 31

6. MINIMALE/MAXIMALE CAPACITEIT VERBRANDINGSINSTALLATIE..... 32

6.1. OPTIE 1 INPUT/OUTPUT. 33
6.2. OPTIE 2 INPUT/OUTPUT. 34
6.3. MAXIMALE INPUT/OUTPUT EN PRODUCTIECAPACITEIT. 36
6.4. WELKE VERBRANDINGSINSTALLATIE OP BOSCHOORD? 37
6.4.1. Geschikte installaties. *37*

7. REALISERINGSVOORSTEL BOSCHOORD..... 38

7.1. INVESTERINGSKOSTEN VAN DE EXPLOITATIE. 38
7.1.1. De installatie met luchtfilter. *39*
7.1.2. Het gebouw *39*
7.1.3. Opslagterrein. *39*
7.1.4. Transportnetwerk buizen. *39*
7.1.5. Oogstkosten. *39*
7.1.6 Transport. *40*

8. KOSTEN/ OPBRENGSTEN VERGELEKEN 41

8.1. DE KOSTENBEREKENING. 41
8.2. BENADERING VAN DE WINSTVERWACHTING. 42
8.3. OPZET VAN CRITERIUM. 44

9. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN 45

9.1. CONCLUSIE. 45
9.3. AANBEVELINGEN. 47

10. CONTRACTEN 48

10.1. BIOMASSA HOUTCHIPS LEVERINGSCONTRACT. 48
10.2. BIOMASSAWARMTE LEVERINGSCONTRACT. 49
BRONVERMELDING. 51

1. INLEIDING.

Sinds het vervallen van het oude (P)SN subsidiestelsel Programmabeheer en het inwerkingtreden van het SNL subsidiestelsel, is de subsidie voor bosbeheer met productiefunctie omlaag gegaan. SNL is sinds januari 2010 inwerking getreden. Dit subsidiestelsel is ondergebracht in het Provinciaal Ontwikkelingsprogramma (POP2) en gefinancierd vanuit het Investeringsbudget Landelijk Gebied (ILG). In 2009 ontving de particuliere bos/landgoedeigenaar nog een vergoeding van gemiddeld € 81,- per hectare (inclusief het recreatiepakket). Op basis van het nieuwe subsidiestelsel is de vergoeding circa € 40,- per hectare lager. Gemiddeld genomen sloten boseigenaren het boekjaar 2009 met een negatief getal[3]. De houtprijs is zeer variabel, de beheers/oogstkosten van bos zijn altijd hoog.
Op grond van deze achteruitgang is de vraag, hoe een willekeurig landgoed beheerd kan blijven worden bij minder inkomen uit subsidie en sterk fluctuerende (hout)opbrengsten, zeer relevant. Is er een alternatieve en constantere inkomstenbron uit bosbeheer mogelijk? Daarnaast is, afgaand op de recente ontwikkelingen rondom het gebruik van biomassa(energiehout), de vraag ontstaan of ook deze houtstroom als inkomstenbron voor een landgoed kan fungeren. Is deze stroom beter te benutten dan momenteel gebeurd? Doormiddel van de beschikbare technieken kan biomassa in energie omgezet worden en wellicht een hogere prijs voor het hout opleveren.
Voortkomend uit deze vraag heeft de Bosgroep Noord Oost Nederland gevraagd een haalbaarheidstudie te doen naar de mogelijkheid voor een landgoed niet alleen hout, maar ook hout omgezet in energie te vermarkten. Als onderzoeksgebied is landgoed Boschoord aangewezen, een onderdeel van de stichting Maatschappij van Weldadigheid in Drenthe. Een vraag is of er met een biomassaverbrandingsinstallatie met biomassa van eigenbodem de panden op het landgoed en/of externe energieafnemers van energie/warmtevraag kunnen worden voorzien.
Onduidelijk is de mogelijkheid een inkomstenbron of besparing doormiddel van het voorzien van energie/warmte voor eigen gebruik en/of lokale afzet realiseerbaar is. Onder potentiële externe afnemers kunnen een behandelcentrum, een gemeentehuis, een zwembad of een bejaardentehuis in de omgeving van het landgoed worden verstaan. De verwachting is dat top- en takhout, dat momenteel achterblijft bij houtoogst(dunningen) en andere laagwaardige houtstromen winstgevend geëxploiteerd kunnen worden. Daarmee zal alternatief inkomen uit het landgoed ontstaan.
Belangrijk is te weten wat de marktwaarde per m3/ton gesnipperd hout 'langs de bosweg' is. De berekening van de totale oogst- en investeringskosten voor energieproductie is daaraan te spiegelen. Afhankelijk daarvan kan het rendement berekend worden. De haalbaarheid van dit concept wordt daaraan afgeleid.

De opdracht wordt uitgevoerd in het kader van de afstudeeropdracht op de majors; Bosbouw/ Urban Forestry en Vastgoed- en Grondtransacties aan de Hogeschool Van Hall- Larenstein te Velp.

[3] *Lei- rapport, 'Bedrijfsuitkomsten in de Nederlandse particuliere bosbouw over 2009', december 2010, p.8*

1.2. Probleemstelling.

Landgoederen vormen een wezenlijk aandeel van het totaal bosoppervlak dat Nederland rijk is. Houtproductie echter is nauwelijks winstgevend en de prijzen zijn variërend. In 2009 betekent dit voor veel particuliere bosbezitters zelfs een verliespost. (Lei- rapport, december 2010, p.8)
Het beheer van landgoederen is vaak moeilijk te bekostigen. Het inkomen is vaak laag. Daarnaast vermindert met het inwerkingtreden van het nieuwe provinciaal subsidiestelsel (SNL, januari 2010) de beheersubsidie per hectare bosoppervlak met ca. € 40. Dit draagt, op de korte – en middellange termijn, bij aan de achteruitgang van de rentabiliteit van het landgoed. Los daarvan, maar niet minder relevant, staat in het Kyoto protocol voor de Europese Unie vastgesteld dat de uitstoot van broeikasgassen (CO2) met 8% gereduceerd moet zijn in 2012.
Afgeleide van het Kyoto protocol is het voor Nederland gespecificeerde Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren[4]. Hiermee moet de bijdrage aan de, voor Nederland geldende, CO2 reductiedoelstellingen gerealiseerd worden. Afgesproken is dat gestreefd wordt naar circa 200 Petajoule (PJ) duurzame energieproductie per jaar. Dit moet in 2020 gerealiseerd zijn door de Agrosectoren.
Landgoederen kunnen hieraan een bijdrage leveren gezien er uit het beheer en bij de productie van hout hoeveelheden biomassa vrijkomen. Deze biomassa kan worden omgezet naar energie. De uitstoot van CO2, vrijkomend bij opwekking van energie uit fossiele brandstof, wordt daarmee vermeden. De energie bron is CO2 neutraal. Deze biomassa, zoals tak- en top hout resterend uit houtproductie/oogst, blijft momenteel achter in het bos omdat het verzamelen en vermarkten onrendabel is. Het is onbekend of het haalbaar is een biomassa verbrandingsinstallatie op een landgoed te realiseren zodat uit de biomassa van het landgoed energie opgewekt kan worden voor eigen en/of lokaal gebruik. Dit zou een besparing op de energie inkoop en inkomsten kunnen opleveren. Een verbetering van de totale rentabiliteit van het landgoed is daar het gevolg van.
De vraag is of het verslechterende bosbouwinkomen in combinatie met het halen van CO2 reductiedoelstellingen, door uit biomassa een nieuwe inkomstenbron te genereren, meerdere doelen gelijktijdig kunnen worden opgelost en behaald.

1.3. Doelstelling

Het rapport heeft als doel de mogelijkheid te onderzoeken naar de mogelijkheid inkomen uit biomassa/energiehout op landgoederen te genereren. Daarnaast is het doel een goed beeld te verkrijgen aan welke vereisten moet worden voldaan en van welke factoren de haalbaarheid afhankelijk is. De doelstelling is om doormiddel van, het vermarkten van energie in plaats van hout, de rentabiliteit van het landgoed te verbeteren. Hypothetisch gesteld kan hiermee de recent gehalveerde beheersubsidie (nieuwe SNL regeling) worden ondervangen. Reductie van CO2 (het streven de uitstoot van het broeikasgas kooldioxide te verminderen[5]) is een zeer waardevolle bijkomstigheid en sluit aan bij het streven/doelstellingen van de overheid. Dit biedt wellicht gesubsidieerde ondersteuning voor initiatieven waarbij CO2 uitstoot vermindert en duurzame energie wordt opgewekt. De doelstelling echter, is het subsidieonafhankelijk draaien van dit concept.

Het beoogde resultaat is een ‘opzet van criterium’ waaraan deze mogelijkheid per willekeurig landgoed getoetst kan worden op haalbaarheid. Hieruit zal de geschiktheid van het landgoed voor dit concept blijken en op basis daarvan kunnen worden geadviseerd. Beoogt wordt met dit onderzoek, naast de verantwoorde bosbouw en een bijdrage aan de doelstellingen ter reductie van CO2, verbetering in de rentabiliteit van landgoedbeheer te bewerkstelligen. Wanneer dat mogelijk is wordt gelijktijdig de subsidieonafhankelijkheid van het landgoedbeheer vergroot.

[4] *Rijksoverheid: ‘Convenant schone en zuinige Agro- sectoren’, 2008*
[5] *http://www.encyclo.nl/begrip/CO2%20reductie*

1.4. Onderzoeksvraag.

"Is het haalbaar en rendabel voor een landgoed, vormgegeven in een 'opzet van criterium' waaraan dat toetsbaar wordt, inkomsten te genereren door houtige biomassa van eigen bodem doormiddel van een biomassa- verbrandingsinstallatie in energie om te zetten en daarmee in eigen- en/of lokale energiebehoefte te voorzien?

1.5. Deelvragen.

Specifiek voor landgoed Boschoord:
Het beantwoorden van de hoofdvraag is vanuit twee kanten van benadering mogelijk. Dit betreft:

- Hoe groot is de energievraag en kan, met de op landgoed Boschoord beschikbare biomassa, aan die energievraag worden voldaan?
- Hoeveel biomassa is beschikbaar en hoe groot is de energievraag die daarmee kan worden voldaan?

De tweede optie, het beredeneren vanuit de hoeveelheid beschikbare biomassa, is als uitgangspunt gekozen voor dit haalbaarheidsonderzoek. Aan de hand van deze hoeveelheid biomassa worden berekeningen gedaan en daarmee de mogelijkheden onderbouwd. De vragen die leiden tot het antwoord op de hoofdvraag staan hieronder opgesomd. Het antwoord op vragen 3, 5 en 6 vormen de hoofdlijn van dit rapport.

1. Van welke factoren is de haalbaarheid, voor het voorzien van een landgoed in eigen energiebehoeften uit biomassa, afhankelijk?
2. Welke soort biomassa is op landgoed Boschoord beschikbaar voor energiewinning?
3. Hoe groot is de beschikbare hoeveelheid bruikbare biomassa op landgoed Boschoord?
4. Welke biomassacentrale is meegenomen de lokale factoren het meest geschikt?
5. Hoe hoog is de energievraag van het landgoed zelf en hoe hoog van andere potentiële afnemer(s)?
6. Wat zijn de investeringskosten en wat levert een ton biomassa omgezet in energie (meer) op dan verkoop 'aan de bosweg'?
7. Zijn er andere financiële baten? Op welke startsubsidie(s), investeringsaftrek en/of CO2 reductiebeloningen wordt bij een dergelijk project aanspraak gemaakt?
8. Welke contractvormen zijn nodig bij levering biomassa of energie?
9. Zijn er ecologische gevolgen door ontnemen van biomassa uit het landgoed, zijn die effecten significant?
10. Wat zijn de randvoorwaarden waaraan voldaan moet worden, opzet van criterium, voor algemene toepasbaarheid van dit concept?

1.6. Onderzoekmethodiek en werkwijze.

Dit onderzoek zal hoofdzakelijk doormiddel van literatuurstudie, bedrijvenbezoek en interviews uitgevoerd worden. Hierbij zal aanspraak gedaan worden op de bibliotheek aan het Larenstein en van de beschikbare literatuur aan het kantoor van de Bosgroep Noord – Oost Nederland. Ook zal gebruik gemaakt worden van het internet. Het bedrijfsbezoek en de te interviewen personen zullen gekozen worden aan de hand van de benodigde informatie. Hieronder staat de onderzoeksmethode per deelvraag kort omschreven. Deze omschrijving van de onderzoeksmethode wordt verduidelijkt door te ondernemen activiteit per deelvraag.

- **1:** Het vaststellen van de factoren van invloed gebeurt doormiddel van web- en literatuuronderzoek, bedrijvenbezoek en gesprekken met deskundigen.
- **2:** De beschikbare biomassa wordt bepaald door de meest aanwezige vorm van biomassa, de energiebron.
- **3:** Het biomassa potentieel op Boschoord wordt aan een hand analyse van bosinventarisatiegegevens uit voorgaande onderzoeken, beheerplannen(FSC), en hout- oogstresultaten tot op heden bepaald. Hieruit zal blijken welke vak- en afdelingen op landgoed Boschoord voor biomassa(oogst) in aanmerking komen. Om het gemiddelde houtvolume per hectare te bepalen, en de hoeveelheid biomassa daarmee, zullen houtmetingen worden gedaan en bijpassende opstandtabellen worden geraadpleegd.
- **4:** De geschiktheid van de installatie, vereisten en capaciteit specifiek voor landgoed Boschoord en investeringskosten zullen worden bepaald aan de hand van bedrijvenbezoek, interviews, internet en gesprekken met deskundigen.
- **5:** Het onderzoek naar de energievraag en lokale afzetmogelijkheden gebeurd doormiddel van interviews met potentiële afnemers en deskundigen.
- **6:** De investeringskosten worden doormiddel van interview van handelaars en/of exploitanten van de installaties inzichtelijk.
- **7:** De opbrengsten per ton biomassa(chips) aan de bosweg worden bepaald aan de hand van interviews met aannemers en deskundigen.
- **8:** Andere financiële baten zullen blijken uit interviews met ondernemers die reeds een dergelijke installatie hebben ingezet. Daarnaast is dat op internet te vinden.
- **9:** Alvorens het voorstellen van deze contractvormen zullen voorbeelden gezocht worden en uit deze de best passende opzet gebruikt worden.
- **10:** Gelijktijdig met interviews aan deskundigen en bedrijvenbezoek zullen deze deelvragen eveneens onderzocht worden. Aanvullend daarop zal web- literatuur onderzoek worden toegepast ter beantwoording van deze vragen. De mogelijkheid van algemene toepasbaarheid van dit concept wordt aan gedurende dit onderzoek duidelijk. De geïnventariseerde voorwaarde die blijken uit het onderzoek voor landgoed Boschoord zijn eveneens aan de orde bij algemene toepassing.

1.7. Beperkingen in het onderzoek.

Omdat ter beantwoording van deze onderzoeksvraag veel informatie nodig is en ter beantwoording van de hoofdvraag op zichzelf veel subonderzoeken nodig zijn, kan onoverzichtelijkheid ontstaan. Doordat in dit onderzoek veel op zich zelf staande factoren en gegevens gecombineerd nodig zijn, is een duidelijke afbakening van het onderzoeksveld noodzakelijk. Op het technische aspecten rondom de biomassa- installaties bijvoorbeeld, zal behalve de globale gegevens zoals capaciteit en de het rendement, niet inhoudelijk worden ingegaan. Een gedetailleerde 'investeringsbegroting' vergt kennis, ervaring en professionele deskundigheid. Dit wordt daarom naar vermogen uitgevoerd. Opstandgegevens specifiek van het landgoed Boschoord zullen aangeleverd moeten worden gezien het vele werk dat het zou vergen deze zelfstandig te moeten inventariseren. Opgrond daarvan wordt kan met een 'proefmeting' het gemiddelde opstandvolume per hectare worden bepaald. Ook wordt dit onderzoek specifiek gericht op landgoed Boschoord en afnemers van energie/warmte in die omgeving. Enkel de 'opzet van criterium' is algemeen geldend. Dat er in een dergelijk project de CO2 emissie wordt gereduceerd is vast te stellen, echter de exacte berekening van de hoeveelheid(ton) dient door een adviesbureau te worden uitgevoerd. Als laatst wordt er geen onderzoek gedaan naar eventueel benodigde vergunningen die van invloed kunnen zijn op de doorgang van dit concept.

1.8. Te verwachten resultaten.

Een schriftelijk rapportage van een haalbaarheidstudie naar een biomassaverbrandingsinstallatie op een landgoed waarbij het zelfvoorzienend is in biomassa en waarbij de rentabiliteit van het landgoed door deze alternatieve inkomstenbron het uitgangspunt is. De reductie van CO2, verbeterde rentabiliteit en een subsidie onafhankelijker positie vormen de fundamenten van de motivatie voor dit onderzoek. Het eindproduct bestaat uit een rapport met daarin een analyse van de haalbaarheid, uitgewerkt in een 'realiseringsvoorstel' voor landgoed Boschoord. Ook een 'opzet van criterium', een opsomming van de vereisten is het resultaat. Aanbevelingen worden gedaan op grond van de resultaten uit het onderzoek, op schatting van de totale investeringskosten en de kostenberekening. Van dit rapport wordt ook een digitale versie gebrand op cd-rom. Vervolgens wordt dit gepresenteerd tijdens het colloquium, de eindverdediging.

1.9. Leeswijzer.

Na deze inleiding, waarin de onderzoekmethode is beschreven, volgt een hoofdstuk geschreven over biomassa gerelateerde algemeenheden. In hoofdstuk 3 wordt het uitgangspunt van dit onderzoek bepaald, de potentiële hoeveelheid biomassa op landgoed Boschoord. Deze wordt gedefinieerd in twee scenario's. Ook de wijze van berekening en de verwachte bijgroei staan hierin beschreven. Daaraan gekoppeld is de biomassa verwerkt tot houtchips, en de waarde daarvan aan 'de bosweg'. De eventuele ecologische gevolgen van de onttrekking van biomassa uit bos is beschreven vanuit verschillende meningen van experts. De kwaliteitvereisten van de houtige biomassa(houtchips) en het antwoord op de vraag warmte energie of elektriciteitproductie staan in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 is gewijd aan de warmtevraag benaderd vanuit twee opties. Interne afname en externe afname van warmte. Onderzocht wordt of het product 'warmte' is te vermarkten aan derde of dat het beter ingezet kan worden eigengebruik. Van een externe afnemer van warmte en van het gebruik daarvan door het landgoed zelf wordt de vraag geïnventariseerd. Hoofdstuk 6 is gewijd aan de vereiste houtbehoefte gerelateerd aan de warmtevraag, de vereiste capaciteit van de installatie en de verbrandingstechniek. Waarbij rekening gehouden moet worden bij het opstarten van opwekken van warmte uit houtchips staat in hoofdstuk 7, het realiseringsvoorstel. Of de investering in de installatie en andere kosten uiteindelijk opwegen de opbrengsten van de verkoop van warmte in kWh ten opzichte van verkoop van houtchips per ton, bepaald uiteindelijk de haalbaarheid van het concept. Dit vraagstuk wordt behandeld in hoofdstuk 8. De getrokken conclusies en aanbevelingen en 'de opzet van criterium' vormen hoofdstuk 9. Afgesloten wordt met hoofdstuk tien over (levering)contracten, een belangrijk aspect bij de voorkomende langere termijn afspraken.

2. BIOMASSA ALS ENERGIEBRON.

Er zijn verschillende soorten biomassa beschikbaar voor energieopwekking gedefinieerd. Echter alle biologisch afbreekbare fractie van producten, afvalstoffen en residuen van de landbouw - met inbegrip van plantaardige en dierlijke stoffen – uit de bosbouw en aanverwante bedrijfstakken zijn biomassa. Met andere woorden, alle soorten organisch materiaal vallen onder de noemer; “biomassa”. Een gegeven is dat vormen van organische stof, zowel vegetatief als dierlijk, zowel dood of levend, afhankelijk van het vochtpercentage en de soortelijke eigenschappen van de stof brandbaar zijn. Dit relevant gegeven voor dit onderzoek. Een ander gegeven is dat bij verbranding van organische stof energie vrijkomt in de vorm van warmte.
Het onderzoek naar de mogelijkheid van energie uit (houtige)biomassa is min of meer afgerond. De potenties en mogelijkheden zijn bekend. Voor biomassa andere stromen zoals heideplagsel en gras/hooi is verdere technische ontwikkeling nog wel nodig. De noodzaak tot het inzetten van biomassa voor energiewinning is niet afgenomen. De afspraken, convenanten en deadlines ter reductie van de uitstoot van broeikasgassen zijn blijven staan voor 2020. De opwekking van energie uit biomassa wordt reeds veel toegepast. De techniek, de apparatuur en installaties zijn beschikbaar en bewijzen zich in meer en mindere mate.
Niet alleen houtige biomassa wordt in Nederland gebruikt, een breed scala aan groene stromen blijken voor energiewinning inzetbaar doormiddel van verschillende technieken. Gezien het landgoed Boschoord hoofdzakelijk uit bos bestaat is de inzet van hout als energiebron het meest voor de hand liggend. Voor dit onderzoek is daarom gekozen het opwekken van energie middels verbranding van ‘houtige biomassa’ uit te werken. Om te kunnen beoordelen of opwekking van energie daaruit op landgoed Boschoord in de toekomst garandeerbaar blijft moet een accuraat beeld van de staande houtvoorraad, van de bijgroei en van de jaarlijks beschikbare hoeveelheid biomassa verkregen worden.

2.1. Biomassa volgens de Cramer criteria.

In 2007 heeft de commissie Cramer duurzaamheideisen bij biomassaproductie opgesteld. Hierbij moet de broeikasgasbalans netto besparing CO2 >30% en vanaf 2011 >50% zijn, mag de beschikbaarheid biomassa voor voedsel, bouwmaterialen niet afnemen, de biodiversiteit niet aangetast worden, gelden er milieurandvoorwaarden en zijn er inmiddels Europese afspraken en vastlegging in Nederlands Technische Afspraken; NTA- eisen. Hierin staan de eisen beschreven voor duurzame biomassa ten behoeve van energiedoeleinden. Deze NTA onderscheid zich in NTA 8080 en NTA 8003[6], de laatste is een classificatiesysteem gericht op de handel (faciliteren en stimuleren) van biomassa. NTA 8080 is bedoeld om te worden toegepast bij organisaties die aantoonbaar duurzaam biomassa willen produceren, verwerken, verhandelen of inzetten voor energieopwekking.[7] De criteria uit de NTA 8080 hebben betrekking op reducties van broeikasgasemissies, concurrentie met voedsel en/of andere lokale toepassingen, biodiversiteit, milieu, welvaart en welzijn.[8] Voor dit project is deze duurzaamheid certificatie mogelijk.

De netto besparing bij biomassaproductie is afhankelijk van 4 onderdelen:

- Grondstofproductie (machines, kunstmest; koolstofopslag bodem)
- Transport
- Conversie
- Eindgebruik.

Inzet van nevenproducten (bij houtproductie) is dus erg gunstig; voordeel van natuur t.o.v. landbouw, want de input voor grondstofproductie hoeft niet mee te tellen.

---

[6] *http://www.nen.nl/web/Normshop/Nieuwe-normen-stimulering-duurzame-energie.htm*

[7] *Criteria voor duurzame biomassa productie, 14 juli 2006*

[8] *http://www.qsbv.com/00/qsc/nl/177_190/content/3665/Certificatie_Duurzaamheid_Biomassa_NTA_8080.html*

2.2. Biomassa uit bos.

Afhankelijk van de leeftijd van het bos, de boomsoort en de houtkwaliteit is het verstandig af te wegen voor welke doeleinde het hout het best geoogst kan worden. Het zou onverstandig zijn hoogkwalitatief zaaghout te verbranden voor opwekking van energie. Concurrerende, zieke, zwakke en/of minderwaardige bomen worden uit de opstand verwijderd om de groeikracht van de overblijvende bomen te bevorderen. De zogenaamde dunning. Het uit deze terugkomende dunningen vrijkomende hout heeft vaak een geringe stamdiameter van 7- 20 cm. Vanaf nu wordt dit 'hout uit onrendabele dunningen genoemd'. De waarde van dergelijk hout voor de houtverwerkende industrie is betrekkelijk laag. Hierdoor ligt het gebruik ervan als energiehout voor de hand. Maar ook het tak- tophout dat achterblijft na dunningen en hout uit kaalslagen ten behoeve van bosomvorming komen in aanmerking als energiehout in de vorm van houtsnippers/chips. De 'installatie input' betreft het resthout dat niet voor andere 'hogere' verwerkingsdoeleinden in aanmerking komt.

2.2.1. Biomassa Expansie Factor (B.E.- factor).

Voor de berekening van het totale bovengrondse boomvolume, te weten; stamhout + takken, zijn de bijgroeicijfers/houtoogstcijfers van rondhout vermenigvuldigd met een 'Biomassa Expansie Factor' (B.E.- factor). Dit totale boomvolume geeft een indicatie van de beschikbare hoeveelheid biomassa uit houtoogst. Het volume tak- en tophout is de aan de hand van B.E.- factor te berekenen door hiervan het kwalitatief hogere (rond)hout van af te halen. Per m3 bijgroei, dus ook per gehele boom hout, kan daarmee bepaald worden wat de hoeveelheid biomassa is in totaal en per hectare. Het boomvolume met aftrek van het stamvolume is het tak- en tophout. Het aandeel tak- en tophout varieert per boomsoort, en is een boomsoort- specifieke factor. Deze factoren staan in bijlage 1. Deze gehanteerde B.E.- factor zijn afkomstig uit de Allometric Biomass and Carbon Factor Database, IPCC 2003 ontrokken, de bron waarnaar gerefereerd wordt in het Alterra rapport[9]. De initiële bron geeft geen toereikende verklaring en grondslag ter berekening van de B.E.- factor per boomsoort. Dit is een digitaal rekenprogramma en geeft aan de hand van de ingevoerde gegevens o.a. de plaatselijk geldende Biomassa Expansie Factor. Er is geen toegang gevonden tot deze database. Gerekend wordt met gepubliceerde, voor Nederland geldende, B.E.- factoren. Deze methode wordt gehanteerd de hoeveelheid biomassa op het landgoed op een zo accuraat mogelijke wijze te berekenen.

2.3. Houtchips.

Houtchips zijn versnipperd hout met een deeltjes grootte van 0-200 mm. Het produceren van houtchips kan, ook zonder eigengebruik als energiebrandstof, aantrekkelijk zijn. Het nadeel is dat om te chippen gespecialiseerde machines nodig zijn en er rekening gehouden moet worden met de complexere logistiek en opslag. De mogelijke afzet en bestemming heeft alles te maken met de marktwaarde. In Nederland is de marktprijs voor houtige biomassa momenteel ca. € 35 per ton vers gewicht inclusief het transport naar de afnemer. De kosten zijn per ton € 20,-. De transportkosten maken een substantieel deel uit van de mogelijke opbrengst, bij grotere afstanden daalt de opbrengst tot ca. € 8 per ton vers gewicht. Goede kwaliteit houtsnippers zijn niet verontreinigde snippers die veel hout en weinig schors en blad bevatten en over een goede deeltjesgrootte beschikken (G).[10] De prijs van de biomassa verschilt en is onder andere afhankelijk van opwerking, het vochtgehalte en het aandeel blad en naalden (verbranden niet goed en leveren dus vooral extra as- afval op in de installatie). Ook zijn de naalden slecht voor de installatie i.v.m. zure/corrosieve werking. Elke installatie stelt zijn eigen technische eisen aan wat voor hout er verstookt kan worden, hoe groot het materiaal moet zijn en welk vochtgehalte toelaatbaar is. Vochtig hout brandt slechter en is ook lastiger op te slaan omdat het gaat broeien. Daarbij vervliegt een deel van de energie.[11]

---

[9] *Kwantificering van beschikbare biomassa voor bio-energie uit Staatsbosbeheerterreinen, Tolkam G.W. et al. Alterra- rapport 1380, ISSN 1566-7197, Wageningen 2006*

[10] *www.snipperhout.nl*

[11] *Verslag AVIH, Sion Vink, juni 2010*

De energie inhoud ofwel de brandwaarde van de hoeveelheid houtchips (uit 3.3.7) geven een indicatie in welke grootheden biomassaverbrandingsinstallaties (onder de omstandigheden op Boschoord) vereist zijn. De energie inhoud van de chips is afhankelijk van een aantal factoren. Deze zijn het vochtgehalte, de kwaliteit van de chips en van de afkomstige houtsoort, of te wel, het soortelijk gewicht. De hoeveelheid energie per eenheid (ton) hout wordt uitgedrukt in Joules. Deze energie is niet volledig te benutten, bij omzetten van de chips naar energie zal rendementsverlies optreden.

2.3.1. Vochtgehalte.

Groen of versgewicht is het gewicht van het hout inclusief het vocht in het hout bij ontvangst. Aangezien vers gekapt hout een vochtgehalte heeft van circa 50% heeft, is het nodig het hout te drogen voordat het verbrand en/of versnipperd wordt. Reden hiervoor is dat blad en naald achterblijft en het vochtigheidspercentage van de houtchips lager wordt. Zonder droging hebben chips een aantal belangrijke nadelen:

- Bij transport wordt meer dan de helft aan water vervoerd.
- De houdbaarheid van groene chips is kort, direct gebruik is daardoor noodzakelijk.
- De verbrandingswaarde van groene chips is laag
- De aanwezigheid van naalden en bladeren verhoogt het asgehalte en het aandeel vliegas.

Het vochtgehalte bepaald de opslag mogelijkheid. Het maximum vochtgehalte wordt uitgedrukt in 'W' klassen met 5 % intervallen. Kleine installaties vragen een lager vochtgehalte in verhouding met grotere. Medium installaties vragen een vochtgehalte van W25 tot W40. Grote installaties zijn onverschillig voor vochtgehalte, W25 – W60, het vochtgehalte mag nooit te veel variëren. W20 chips kunnen zonder problemen langdurig worden opgeslagen. W35 chips kunnen maximaal een jaar worden opgeslagen. W45 chips kunnen een maand worden opgeslagen en chips met een hoger vochtgehalte dan 45% moeten direct verbruikt worden. Algemeen geld dat hoe droger de chips zijn hoe hoger de brandwaarde is.[12] Vochtgehalten van de chips van 35% en 40% wordt aanbevolen te worden nagestreefd. Bij het de chips van W35 tot W40, het vochtgehalte verkregen middels zomerdroging, wordt de energie inhoud hoger en dus de benodigde hoeveelheid houtchips lager. Gedurende de zomerdroging verliest het blad en naalden gelijktijdig met het omlaag zakken van het vochtigheidspercentage en het stijgen van de brandwaarde. In de berekeningen in hoofdstuk 6 en 8 is W50/W55 als het minimum uitgangspunt genomen. De energie inhoud van W35 en W40 is berekent en staat in (bijlage 2)[13]. (In bijlage 26 wordt gerekend met W50, 7GJ/ton en met W40, 10,1 Gj/ton.)

2.3.2. Kwaliteit van de chips.

De kwaliteit van de schone chips is belangrijk. Chips met inmenging van naalden e.d. verhogen aandeel vliegas en veroorzaken corrosie in het rookgasfilter. Naalden hebben een hoge inhoud aan plantenvoedingstoffen, dus is het ecologisch gezien beter deze in het bos achter te laten. De naalden vallen na een zomer drogen (half jaar) van de takken. Bij het achterlaten van het tak- en top hout is het belangrijk dat de er niet overheen gereden wordt. Vanwege de aarde aan de takken blijft meer as over bij verbranding. Wel 5 % meer dan bij schone verbranding. Het as is duur om af te voeren. [36a] De chip grootte, 'G' geeft de fractiegrote verdeling aan (bijlage 3). De vereiste stukgrootte is afhankelijk van het installatietype. [14]

---

[12]_[36a] *Hout voor energie voorzieningsketen; "van bos naar poort", D. Kofman, Danish forestry Extension*

[13] *Gebaseerd op de database van Phyllis, database for biomass and waste, Energy research Centre of* the Netherlands, *http://www.ecn.nl/phyllis/ntamulti.asp*,

[14] *Booster M. et al, 2009, de logistieke keten van houtige biomassa uit bos, natuur en landschap in Nederland, stand van zaken, knelpunten en kansen.*

2.4. Energie- warmte of elektriciteit?

Energie wordt in twee soorten opgewekt en is in kWh te onderscheiden als: de elektrische energie(e) en de thermische energie(th). Afhankelijk van het type installatie kan alleen warmte of elektriciteit én warmte geproduceerd worden. Voor het omzetten van biomassa naar energie zijn verschillende technieken beschikbaar. Directe verbranding van biomassa is één van de oudste en meest gebruikte methoden om energie uit biomassa te genereren. Het directe product hiervan is hete lucht, welke gebruikt kan worden als warmte, voor de productie van warmwater of stoom. Deze stoom kan vervolgens in elektriciteit omgezet worden middels de turbine. Verbranding kan plaatsvinden op elke schaal; van klein (kachels voor ruimteverwarming) tot heel groot (elektriciteitscentrales). [15] Voor andere technieken/referenties, zie bijlage 4. Om hiertussen een gegronde keuze te maken is belangrijk te weten vanaf welke hoeveelheid biomassa (houtchips) het opwekken van elektriciteit rendabel wordt.

Het opwekken van elektriciteit door verbranding van houtige biomassa wordt interessant bij een verbrandingsinstallatie met een capaciteit vanaf 1 MWe (MegaWatt elektrische energie). De daarvoor benodigde hoeveelheid biomassa is als volgt uit te rekenen: neem 8000 draaiuren per jaar. Totale productie elektriciteit is dan 1 MW(e) * 8000 uur = 8000 MWh (Megawatt-uur). 1 MWh is gelijk aan 1 miljoen Watt-uur. 1 Watt-uur kun je opwekken door 1 Watt gedurende 1 uur op te wekken. 1 Watt komt overeen met 1 Joule/seconde. 1 Watt-uur is dus 3600 Joule (1 Joule/seconde * 3600 seconden). 8000 MWh is dus 8000 * 1 miljoen Joule/seconde * 3600 seconden dus 8000 * 1 miljard * 3,6 Joule. 1 miljard Joule is 1 GJ (GigaJoule), dus 8000 MWh = 8000 * 3,6 GJ = 28800 GJ. Om 28800 GJ elektrische energie op te wekken heb je vijf keer zoveel hout energie nodig. Dit omdat de elektrische efficiëntie van dergelijke (kleine) systemen ca. 20% is. Er is dus 28800 GJ * 5 = 144000 GJ thermische energie nodig. Verbranden van 1 ton vers hout met een vochtgehalte van ca. 50% geeft grofweg 7 GJ aan energie. Er is dus per jaar 144000 GJ / 7 (GJ/ton) = 20.500 ton nodig voor een 1 MWe centrale. [16] Ter vergelijking: op Boschoord komt 1.718 – 1.976 ton verse chips per jaar vrij.

"*Het opwekken van een kWh elektrisch is niet aan te bevelen bij 'kleinere' hoeveelheden biomassa. De stoomturbine waarmee dat plaats vind is dan eveneens klein en daardoor eerder instabiel, vanwege de stoom onder zeer hoge druk. Daardoor komt het veiligheidsrisico in het geding. Ook is het opwekken van elektriciteit financieel onaantrekkelijk. De extra investeringskosten ten opzicht van de investering in alleen een warmte- installatie is heel hoog. Het hoogste rendement wordt behaald uit warmteopwekking, dit is doorgaans 90% optimaal. Als daarnaast in de elektrische turbine moet wordt geinvesteerd zijn die hoge investeringskosten niet in verhouding met het extra rendement*" [17]

Bij de productie van elektriciteit komt eveneens warmte vrij. Deze warmte (doorgaans als warmwater), dat vrijkomt bij het koelproces van de installatie, moet worden geloosd wanneer het niet ingezet kan worden voor andere gebruiksdoeleinden. Omdat er veel energie in deze warmte zit maar dit dan niets oplevert verlaagd dit zou dit het rendement van de installatie aanzienlijk. Deze argumenten tezamen, zelfs in het geval dat de (rest)warmte kan worden ingezet, doen bepalen dat alleen warmteproductie voor de MvW optioneel is. Dit met name vanwege het ontbreken van de hoeveelheid biomassa op Boschoord. Het grote tekort aan houtchips zou (duur) ingekocht moeten worden, wat het gehele concept negatief zal doen uitvallen.

[15] *Biomassa verbranding is een bewezen technologie. Harderwijk, 16 februari 2010 Reumerman P., pag 1,2,3*

[16] *Dhr. P. Reumerman, projectleider houtgestookte Bio-WKK, Regio noordoost Veluwe (gemeenten)*

[17] *Interview Dhr. B. Reuverkamp, installatie handelaar/ deskundige.*

3. BOSBEHEER/BESCHIKBAARHEID BIOMASSA BOSCHOORD.

In dit hoofdstuk staan de houtoogststromen, de vrijkomende hoeveelheden en het biomassa potentieel voor langere termijn beschreven. De jaarlijkse aanwas van het boseigendom is berekend zodat controleerbaar wordt hoeveel geoogst kan worden ten opzichte van de jaarlijkse bijgroei.

In oktober 2004 is voor het landgoed Boschoord eigendom van de stichting Maatschappij van Weldadigheid (MvW), voor de periode 2005 – 2015 een bosbeleidsplan opgesteld in het kader van het project FSC- groepscertificering. Daarin staat dat de belangrijkste doelstelling in de bosopstanden van de MvW houtproductie is. Dit levert een duurzame bijdrage aan de financiële middelen voor het beheer van het bos. Het beheer is gericht op het voortbrengen van kwalitatief goede bomen. Voor loofhout geldt dat de bast glad moet zijn en de takken dun. Voor het realiseren van kwaliteitshout is verjonging met goede productieverwachtingen nodig. Het eigendom is goed ontsloten. Op het gehele eigendom liggen wegen en paden waarvan de meeste door bosbouwmachines berijdbaar zijn, waardoor houtoogst goed mogelijk is. Bij een duurzame en dus verantwoorde vorm van houtoogst is het belangrijk dat er niet meer wordt geoogst dan er bijgroeit, een houtoogstprognose is hierbij van belang. Bij de houtoogst zal ongeveer 80 % van de lopende bijgroei worden geoogst.[18]
Het areaal aan bos van de Maatschappij van Weldadigheid is opgedeeld in tien werkblokken met vergelijkbare omvang. Jaarlijks wordt er in één van de werkblokken geoogst. Acht van deze werkblokken liggen op landgoed Boschoord. Dit impliceert een roulatiesysteem van tien jaar. Op grond van de opstandgegevens uit het FSC beheerplan is duidelijk in welk vak welke hoofdboomsoort van welk kiemjaar staat.

De gegevens van het beheerplan zijn tot stand gekomen door vaksgewijze inventarisatie op het oog. Op basis van deze gegevens is de opstandlegger opgesteld. Hierin staat per vak en afdeling het oppervlak, het beheertype, de hoofdboomsoort en het kiemjaar. Het totale oppervlak (hout)productie bos is 544 ha. Deze gegevens zijn van belang bij de berekening volumebepaling van de houtvoorraad en als afgeleide daarvan het potentieel volume energiehout.

Een nauwkeurige berekening van de potentiële hoeveelheid energiehout in m3 en tonnages is vereist. Om van de bosbouwtechnische situatie een goed beeld te krijgen zijn voor het bosbeheer geschreven rapporten geraadpleegd. Dit betreft het onderzoek naar leeftijdverdeling van de houtopstanden, genaamd; '*De vergrijzing van het Nederlandse bos, het toekomstperspectief voor de continuiteit van de houtproductiefunctie'* [19] en het *'Verjongingsplan Boschoord'*[20]. Onderzoek naar de leeftijdsverdeling van de opstanden bracht aan het licht dat er te weinig verschil in leeftijden aanwezig is en er zeer noodzakelijk beheer op verjonging moet ingezet worden. Het bos verjongingsplan is daarop gebaseerd en biedt een concreet plan deze ongewenste situatie op te lossen. Doormiddel van het (groepen)kap systeem moet gefaseerd over tien jaar in de toekomstige houtproductie verzekerd worden.

[18] *Bosbeheerplan voor het boseigendom van de Stichting Maatschappij van Weldadigheid 2005 – 2015, Bosgroep Noord- Oost Nederland 2005.*

[19] *De vergrijzing van het Nederlandse bos, het toekomstperspectief voor de continuïteit van de houtproductiefunctie', Hartkamp W.M., Jansen W.J.M, juni 2008.*

[20] *Verjongingsplan Boschoord, studentengroep BUF Van Hall Larenstein, januari 2009.*

3.2. Berekening van het aandeel energiehout.

Op grond van het 'bosverjongingsplan' is duidelijk welke percelen zijn aangewezen voor groepsgewijze uitkap ten behoeve van bosomvorming. Dit is bepaald op grond van een functie- beoordeling per vak en afdeling (bijlage 5). Aan de hand van een eigen ondervinding en beoordeling van het functioneren van de voor bosomvorming aangewezen opstanden (bijlage 6) is gebleken dat daarbij geen rekening gehouden is met optimale oogst van potentieel energiehout. De aangewezen percelen bestaan vaak uit hoger kwalitatieve houtproductiesoorten en zijn niet overeenkomstig met de voor biomassa geschikte (slechte) kwaliteit.

Het bos- verjongingsplan selecteert percelen vanuit het doel het bos- generatieverschil weer in ballans te brengen. Met name in de leeftijdsfase 4, 5 en 6. Deze leeftijdsklasse bevatten doorgaans kwalitatief hoogwaardig hout. Voor biomassa ligt het potentieel in slecht functionerende opstanden met kwalitatief laagwaardig hout. Voor dit gebruiksdoel is beredeneerd dat juist de vakken die beoordeeld zijn op 'slechte houtproductie', 'matige houtproductie', 'slechte natuur' en 'matige natuur' een hogere energiehout potentie bevatten. De geselecteerde vakken uit bijlage 7 worden aanbevolen als in aanmerking komende vakken voor het omvormingsplan en oogst van energiehout. (bijlage 7 is gebaseerd op bijlage 5) Deze bevinding vergt wellicht een nieuwe selectie van percelen voor bosomvorming zodat de nadruk meer ligt op het kappen in minst (hout)productieve en percelen met meer voor energiehout in aanmerking komend sortiment. Voor de totale berekening van het energiehout potentieel wordt vooralsnog uitgegaan van het huidige bos- omvormingsvoorstel.

Bij zowel de reguliere houtoogst als bij het groepsgewijze uitkappen komt een bepaalde hoeveelheid energiehout vrij. Vanwege de mogelijkheid het stamhout met de huidige bestemming 'vezelhout' in te zetten voor energiehout doeleinden zijn twee verschillende scenario's onderscheiden. Per scenario is de hoeveelheid energiehout (tak- en tophout) berekend. Dit energievolume versnippert (chips) is de wenselijke installatie input.

Scenario 1: Is berekend op: het doorzetten van het huidige (verjonging/omvorming) beheer, reguliere houtoogst/productie, oogst van brandhout, onderhoud van lanen.
Scenario 2: Is berekend op: het doorzetten van het huidige (verjonging/omvorming) beheer, reguliere houtoogst/productie, oogst van brandhout, onderhoud van lanen. Inclusief het sortiment met de bestemming 'vezelhout' (10%).

3.2.1. Opbrengst tabellen opstandgemiddelde.

Een precieze berekening van het opstandvolume (V) is noodzakelijk. Dit vanwege de berekening van de hoeveelheden energiehout, nodig voor bepaling van de haalbaarheid van deze studie. Daarom is voor de hoofdboomsoorten de dominante hoogte gemeten en aan de hand daarvan het volume (m3 per hectare) bepaald met behulp van de opbrengstentabel[21]. De berekening hiervan is te vinden in bijlage 8. Daaraan voorafgaand is gekeken naar de bodemkaart van Boschoord en is geconcludeerd dat er zich bodemtechnisch geen grote verschillen voordoen. Het betreft doorgaans een leemarm, fijn zandige podzolgrond (bijlage 9)[22]. De groeiomstandigheid is in die zin als gelijk te beschouwen. De grondwatertrap in dit gebied varieert tussen VI en VII, er zijn iets nattere gebieden rondom vennen. (bijlage 10)

Onder de hoofdboomsoorten worden voor naaldhout: **Japanse lariks, Douglas, Fijnspar en de Grove den** verstaan**. De Zomereik** is de meest voorkomende loofhoutsoort, in totaliteit zijn loofbomen in mindere mate aanwezig op landgoed Boschoord. (bijlage 11)
Aan de hand van het gemiddelde van de hoogste bomen per opstand, de dominante boomhoogte, (Hdom) en de leeftijd is de groeiklasse bepaald per boomsoort. Gebaseerd op dit uitgangspunt is het gemiddelde boomvolume per hectare op landgoed Boschoord berekent. Op grond daarvan is het volume van biomassa potentie per hectare berekend.

Uit deze houtmeting is gebleken dat het gemiddelde stamvolume per hectare naaldhout 284 m3 is en van loofhout 208 m3. Het gemiddelde van beide is ca. 268 m3/ha. Dit gemiddelde is het getal waarmee gerekend wordt. Het berekende Drentse gemiddelde, meegenomen de specifieke omstandigheden op Boschoord en de inschatting van deskundigen bevestigen dat deze aanname (bijlage 12).

[21] *Opbrengst tabellen voor belangrijke boomsoorten in Nederland, Jansen J.J. et al, 1996.*

[22] *Kennisonline.wur.nl.*

3.3. Berekeningen toegepast op de verschillende houtstromen.

Zoals beschreven in hoofdstuk 2.2.1. wordt de het biomassa potentieel berekend met behulp van de Biomassa Expansie Factor (B.E.- factor). Voor energietoepassingen is het tak- en tophout een belangrijke houtstroom. Voor de toepassing is daarom met de B.E.- factor bepaald wat het totale boomvolume is.

3.3.1. Houtoogst regulier + potentiële oogst biomassa.

In de reguliere dunningen wordt op Boschoord elk jaar ca. 2.800 m3 rondhout geoogst, in 2010 was dit ca. 4.000 m3, beduidend meer dan gemiddeld. Afhankelijk van de noodzaak tot dunnen wordt er op Boschoord wel, of niet gedund. De overzichten van de 'houtoogstregistratie tabellen' staan in bijlage 13.

Tabel: houtoogst registratie per jaar en gemiddelde.

Jaar	Totaal geoogst (m3)	Totaal gedund (ha)	Gemiddeld/ ha/m3.
2003	2.943	115	26
2004	4.099	149	28
2005	1.447	42	35
2006	1.377	39	35
2007	3.575	105	34
2008	1.287	35	37
2009	3.967	90	44
2010	4.186	120	35
totaal	**22.881**	**695**	
gemiddelde	**2.860**	**87**	**33**

Bij de reguliere oogst van stamhout blijft het tak- en tophout in de huidige situatie in de opstand achter. Dit betreft een gemiddelde van ca. 1.050 m3 per jaar. Afhankelijk van de hoeveelheid houtoogst varieert dit getal per jaar en is doorgaans hoger.

Hoeveelheid biomassa per jaar uit houtoogst			
Jaar	Reg. m3 /jr	*B.E.-factor (1,37)23 totaal reg.	totaal t&t/ m3
2003	2.943	4.032	1.089
2004	4.099	5.616	1.517
2005	1.447	1.982	535
2006	1.377	1.886	509
2007	3.575	4.898	1.323
2008	1.287	1.763	476
2009	3.967	5.435	1.468
2010	4.186	5.735	1.549
gemiddelden	**2.860**	**3.918**	**1.058**

Uit deze berekening blijkt dat er per jaar gemiddeld 2.860 m3 hout geoogst wordt en er daarbij gemiddeld 1.058 m3 tak- en top hout vrijkomt.

[23] *NB: B.E.F- factor is naaldhoutgemiddeld.*

3.3.2. Omvorming en kaalslagen huidig + potentiële oogst biomassa.

In jaar 2010 hebben op landgoed Boschoord de eerste kaalslagen plaatsgevonden. De hoeveelheid energiehout die van deze kaalslagen vrijkwam is ca. 240 m3 op 5,6 hectare. (Bijlage 14).

Kaalkap 2010	Totaal geoogst (m3)	aantal ha.	B.E.-factor	Totaal boomvolume m3* B.E.- factor	M3 biomassa
kaalkap jl	240,00	1,61	1,50	360,00	**120,00**
kaalkap pc	372,81	4,04	1,32	492,11	**119,30**
Totaal	**612,81**	**5,65**		**852,11**	**239,30**

Het plan 'natuurlijke verjonging' wijst een aantal vakken aan waarin de eerste tien jaar, met ingang van werkzaamheden vanaf 2010, verjonging gerealiseerd moet worden. Het plan natuurlijke verjonging hanteert de werkblokken zoals in het FSC beheerplan. Per werkblok is een aantal vakken geselecteerd waarin groepenkap of coulissekap gepland zijn (zie bijlage 6). De hoeveelheid tak- en tophout uit kaalslag en omvorming voor de komende tien jaar is per werkblok/jaar berekend.
De jaarlijkse voorgestelde hoeveelheid in het Bos- verjongingsplan, is hoger dan het aantal m3 dat in 2010 in het kader van het omvormingsplan is gekapt. Deze voorgestelde hoeveelheid m3 is berekend door het aantal hectare maal het opstandgemiddelde (268 m3/ha) maal de B.E.-factor (1,35 gemiddeld loof- en naaldhout) met aftrek van het stamhout sortiment gedeeld door vijf jaar. Hieruit blijkt dat gemiddeld 567 m3 energiehout uit bos- omvorming vrijkomt. Hiermee wordt gerekend.

	Totaal 1e 5 jaar:	**Totaal 2e 5 jaar:**
Aantal Ha	30	31
M3	7.960	8.228
B.E.- factor (1,35)	10.745	11.107
Potentieel tak- top/ m3	2.786	2.880
Tak- top m3/ jaar	**557**	**576**
Gemiddeld		**567**

3.3.3. Brandhout huidig + potentiële oogst biomassa.

De jaarlijks gewonnen hoeveelheid brandhout is aangenomen op grond van het enige beschikbare jaaroverzicht van brandhoutverkopen, het jaar 2010. Van het jaar 2011 is slechts één kwartaal inzichtelijk. Het kwartaal komt overeen met het gemiddelde per kwartaal in 2010. (zie bijlage 15). Naar berekening komt er per jaar gemiddeld 772 m3 brandhout vrij. Dit getal is genomen als uitgangspunt. In plaats van brandhout kan hieraan de bestemming energiehout gegeven worden. Wanneer deze hoeveelheid niet voor energiehout wordt ingezet blijft in het beste geval slechts ca. 390 m3 tak- en tophout per jaar over. In de tabel is de totale hoeveelheid vermenigvuldigt met de B.E.- factor (loofhout gemiddeld 1,5) met aftrek van het stamhout is dit de hoeveelheid energiehout. Wanneer dit takhout eveneens voor brandhout wordt meegenomen is het aandeel energiehout nog lager. Bij de oogst van brandhout wordt doorgaans meer hout, tot kleinere diameter geoogst. Aangenomen is dat slechts 50% van het totaal voor energiehout gebruikt kan worden. Dat is 193 m3/jaar. Deze hoeveelheid is opgeteld in de berekening, echter afgeraden wordt dit daadwerkelijk mee te nemen in verband met hoge kosten van verzamelen.

Brandhout	m3	B.E.-factor loof	Tot m3	tak en top m3	M3/jaar 50%
2010	**772,00**	1,50	1.158,00	386,00	**193**

3.3.4. Laanbomen huidig + potentiële oogst biomassa.

Er komt ook energiehout vrij bij het onderhoud van 550 laanbomen per jaar. Op het onderhoud van deze landschapselementen moet de MvW momenteel geld toeleggen. De kosten bedragen € 40,- tot € 50,- per ton geoogste houtsnippers vanwege het arbeidsintensieve werk. De houtsnippers worden verkocht voor circa € 20,- per ton. Een verliespost van ongeveer € 20 - € 30,- de ton.[24] In het afgelopen seizoen zijn 331 laanbomen gesnoeid en kwam ca. 50 ton chips vrij (0,15 ton). Normaliter worden er 550 laanbomen per jaar gesnoeid met een frequentie van 5 jaar (totaal ca. 3.000 bomen). Jaarlijks komt er ca. 80 ton houtchips uit de snoei van laanbomen vrij.[25]

3.3.5. Totaal opstandvolume en biomassa aanwas per jaar.

Voor Boschoord geldt een gemiddeld bijgroeicijfer (Icv) van 9 m3/ha/jaar (FSC- beheerplan boseigendom st. MvW, Bosgroep N- O Ned.). Dit is een schatting op basis van het interpreteren van de groeiplaatsgegevens, aanwezige boomsoorten en de landelijke bijgroeicijfers[26]. Dit betreft alleen het volume spilhout met schors. Hier wordt mee gerekend in de houtoogstplanning en is bepaald op grond van de groeiklasse. Voor de berekening is de B.E.- Factor gemiddeld van naald- en loofhout 1,35[27] gebruikt. Aan de hand van deze berekening komt het bijgroei volume per jaar op Boschoord op: 544,51 ha x 9,0 (Icv) x 1,35 = 6.615 m3 volume bijgroei. Gezien het werkhout niet voor biomassa in aanmerking komt wordt dit er vanaf getrokken. 6.615 m3 – 544,51 ha x 9,0 (Icv) = 1.715 m3. Dit is het jaarlijks bijgroeiend volume biomassa potentieel. Het is relevant doordat dit weergeeft dat er continuïteit en garantie van oogstbaar energiehout voor de toekomst is. In de toekomst kan per jaar minimaal 6.615 m3, waarvan ca. 1.700 m3 energiehout is, geoogst worden zonder dat de houtopstand daardoor in volume afneemt.

Totaal aanwas van de biomassa/ jr

	ha houtopstand	* gemiddelde 268/ha	eenheid
staande houtvoorraad	544,51	145.928,68	m3
V* B.E.-factor	544,51	197.003,72	m3
biomassa potentieel tak en top.	544,51	51.075,04	m3
Icv	544,51	4.900,59	m3
Icv * B.E.-factor	544,51	6.615,80	m3/jr
Biomassa potentieel tak en top.	**544,51**	**1.715,21**	**m3/jr**

[24] *Benutting van de biomassa uit het Drents-Friese Wold, tussenrapportage maart 2011, Natuur en Milieu Federatie Drenthe*

[25] *Dhr J. Kruijer, opzichter MvW*

[26] *FSC beleidsplan St. Maatschappij van Weldadigheid, Bosgroep, 2008.*

[27] *Kwantificering van beschikbare biomassa voor bio-energie uit Staatsbosbeheerterreinen, Tolkam G.W. et al. Alterra- rapport 1380, ISSN 1566-7197, Wageningen 2006.*

3.3.6. Aandeel vezelhout scenario 2.

Op grond van het houtexploitatie overzicht van Boschoord 2010, (bijlage 13.1) en de berekening van aandeel vezelhout sortiment per houtsoort (bijlage 16) is gekomen tot het percentage 'vezelhout'. Het aandeel vezelhout is per boomsoort verschillend. Met percentages, gehanteerd door de Bosgroep (bijlage 16.1) is op grond van de verdeling in boomsoorten het aandeel vezelhout berekend. Van 2010 is slechts 8% van het totale aandeel sortimenthout als vezelhout verkocht. Voor Boschoord specifiek wordt in deze berekening uitgegaan van jaarlijks 10% van de gemiddelde reguliere oogst. Landelijk ligt het aandeel vezelhout hoger (10 -20%). Dit is afhankelijk van de boomsoortensamenstelling en het aandeel voor vezelhout geschikte sortiment. Momenteel levert vezelhout ca. € 41,- per ton 'aan de bos weg'. Dit betreft een hoge(re) waarde waardoor het nog niet aantrekkelijk is dit als energiehout in te zetten.[28]

	m3	%	% aandeel V	m3 vezelhout
jl	1.064	25,90	11	117,04
dg	730	17,80	11	80,30
fs	1.106	27,00	0	0,00
ss	17	0,40	0	0,00
od	169	4,10	10	16,90
pc	22	0,50	10	2,20
gd	994	24,20	10	99,40
Totaal	**4.102**	**100**		**(8%) 315,84**

[28] *Regiobeheerder/ Houtverkopen Bosgroep N-O Ned. Dhr M. Jansen*

3.3.7. De totalen.

Scenario 1 het scenario waarin wordt uitgegaan van totale oogst en hoog mogelijke benutting van het tak- en tophout. Het tweede scenario is een variant daarop en is berekend op de inzet van vezelhout voor energiehout. In de tabel: de twee kapscenario's en de totale hoeveelheden. De tonnages zijn berekend met de omrekeningsfactor 1.11, gehanteerd door de Bosgroep.[29]

Totaal potentieel scenario 1			
Houtstromen	Type hout	m3/ jr	Ton/jr (vers)
Oogst regulier	naald	1.058	953
Kaalslag bosverjonging	gemengd	567	511
Brandhout	loof	193	174
Lanen	loof	89	80
Totaal		**1.907**	**1.718**

Totaal potentieel incl. vezelhout/ scenario 2			
Houtstromen	Type hout	m3/ jr	Ton/jr (vers)
Oogst regulier	naald	1.058	953
Kaalslag bosverjonging	gemengd	567	511
Brandhout	loof	193	174
Lanen	loof	89	80
Vezel (10%)	naald	286	258
Totaal		**2.193**	**1.976**

De hoeveelheid m3 uit scenario 1 is hoger dan is berekend als jaarlijkse bijgroei (3.3.5.). Zie tabel.

Oogst (m3)	1.907
Icv (m3)	1.715
Verschil (m3)	**192**

Dit is verklaarbaar door de het meegerekende potentieel hout uit het bos- omvormingsplan. Dit plan is in 2020 voltooid. Er zal vanaf dan jaarlijks, mits de planning aangehouden wordt jaarlijks ca. 567 m3 minder energiehout vrijkomen. Of dit de mogelijkheden beperkt blijkt uit de resultaten in hoofdstuk 6. Deze totale uitkomsten vormen vooralsnog het uitgangspunt van dit onderzoek en worden gehanteerd bij de berekeningen voor de mogelijke hoeveelheid energieopwekking en de installatiecapaciteit.[30]

[29] *Dhr M. den Hoedt, Houtverkopen Bosgroep N-O Ned.*

[30] *NB: In de tabel is de hoeveelheid in m3 naar gewicht in tonnen omgezet met de factor 1.11, de door de Bosgroep gehanteerde factor bij facturatie e.d.*

3.4. Marktwaarde van chips 'aan de bosweg'/ kosten boswerken.

Er zijn voor dit onderzoek drie oogstmethoden gedefinieerd. Het 'geïntegreerd oogsten'(gelijktijdig) van rond- en energiehout, de 'geïntegreerde oogst met een gespleten werkgang' en de 'kaalslagmethode' in het geval van de bos omvorming waarbij het sortiment als stamhout verkocht kan worden maar ook de hele boom versnippert kan worden.
De dunningsmethode 'tak- en tophout geïntegreerd' oogsten en de methode 'geïntegreerd met een gespleten werkgang' gebeurd met behulp van een Harvester. Bomen worden zowel geveld als uitgesnoeid. De houtige biomassa (top- en takhout en de dunnere stammen) laat men bij de gespleten werkgang achter in de bos opstand om te drogen. Een halfjaar later wordt een Forwarder ingezet om het hout uit de opstanden te halen. Met een oogsttrein (tractor, versnipperaar, kiepwagen) wordt het hout op een verzamelplaats versnipperd en in containers afgevoerd. Voor de kaalslag geldt het zelfde principe, vooral het verzamelen van het tak- en tophout is daar gemakkelijker. Deze methoden zijn geschikt voor terreinen met een redelijk tot goed draagvermogen. Met de opbrengst van het vrijkomende rondhout (industrieel sortiment) kan een groot deel van de voornaamste oogstkosten worden gedragen. Inzet van geïntegreerde oogstmethode levert gemiddeld een extra opbrengst op van 15-20% dankzij de oogst van het tak- en tophout.[31] De kaalslag methode is vooral rendabel vanwege de ruimte die ontstaat bij de exploitatie.
Om de kosten van de boswerkzaamheden te bepalen zijn prijsindicaties opgevraagd van aannemers die de bosbouwwerken en/of oogst van biomassa uitvoeren. Echter, met name de oogst van het tak- en tophout uit dunningen na droging (geïntegreerde oogst met gespleten werkgang) is aan de orde. Het merendeel van het potentiële energiehout komt uit dunningen. De gespleten werkgang bevordert de kwaliteit van de chips. Er moet hierbij rekeninggehouden worden met het gegeven dat bij 'onzorgvuldige' bosexploitatie slechts 60% van tak- en tophout oogstbaar is doordat energiehout normaalgesproken in de bodem gereden wordt. Belangrijk is daarom het tak- en tophout dusdanig te stapelen dat daarvan niets verloren gaat.

1) De geïntegreerde oogst: is te gebruiken in opstanden die al hoger kwalitatief hout opleveren. Het energiehout is hier tak- en tophout. Het energiehout naar de bosweg uitrijden en daar chippen is de meest efficiënte methode. De oogstkosten worden gedragen door de opbrengsten van het industriële rondhout sortiment. [32] Kosten ca. € 30,-/ton.
2) Oogst uit een dunning met gespleten werkgang: Bij het chippen van het tak- en tophout moet een machine worden gehuurd. Deze kost ca. € 115,- per uur. Deze machine kan 5 ton houtige biomassa per uur verwerken tot houtsnippers, een kostenpost van € 23,- per ton. De marktwaarde van een ton houtchips bij de afnemer varieert van € 30,- tot € 35,-. Wanneer wordt meegenomen dat werkzame uren van de gebruikte machine nooit 100% zijn en er daarnaast nog loonkosten moeten worden berekend, zijn de oogstkosten € 30,- tot € 35,- meer reëel. Hieruit blijkt dat alleen de afvoer van het tak- en tophout als chips niet rendabel kan worden uitgevoerd.[33]
3) Oogst uit een kaalslag: Bij de versnippering van hout uit kaalslag wordt gerekend met ca. 5 ton per uur bij vollast werk met een snippercombinatie. Deze combinatie betreft een trekker met hooglader en een container aan de bosweg. De snippercombinatie kost € 115,- /uur. En een container staat aan de bosweg. De combinatie snippert een hooglader achter de trekker vol en lost deze vervolgens in de container aan de bosweg. De gerekende kosten per ton zijn (incl. transport) ca. €23,- De huidige prijs per ton bij de verwerkende industrie is € 30.- tot € 35,-. Verwacht wordt een prijs van € 40.- tot € 45,- in 2012. [34]

[31] *Winst uit eigen woud hout oogsten, bewaren en stoken, de Boer B. februari 2009.*

[32] *Hout voor energie voorzieningsketen; "van bos naar poort", D. Kofman, Danish forestry Extension*

[33] *Dhr. Kruijer, opzichter Boschoord/MvW*

[34] *Dhr. Leffers, bosbouwaannemer in Havelte, mei 2011*.

De aanname van kosten en opbrengsten die aan de orde zijn bij het 'oogsten' van het biomassa potentieel geven een indicatie. Voor de kostprijs bij geïntegreerde oogst is uitgegaan van ca. € 30,- en marktwaarde is € 35.- per ton. De kostprijs per ton houtchips uit dunning, met de gespleten werkgang, zijn nog hoger vanwege het meerwerk bij het verzamelen van het tak- en tophout. De kaalslag is het meest rendabel uitvoerbaar bij een kostprijs van ca. € 20,- per ton. De methode van oogst bepaald of de chips op rendabele wijze geoogst kunnen worden, de marktwaarde is ca. € 35,-/ton. De 'oogstkosten' van hout uit laanbomen is hoog € 40 – € 50/ ton, dit betreft echter maar een relatief klein aandeel van het totaal. Voor de oogstkosten 'totaal' zal met € 30,- per ton gerekend worden. Dit betreft een globaal gemiddelde van de kosten uit alle boswerken tezamen.

3.5. Prijs houtchips vergeleken met aardgas.

- Neem een ton houtchips met energie inhoud van 7GJ (50% vochtigheidspercent). Dit is betekent ca. 1.944 kWh(th) per ton. (7GJ maal 1 miljoen/3,6/1000).
- Één m3 aardgas bevat in deze berekening 10,45 kWh/m3.[35] Een ton houtchips heeft daarmee een gelijke energie inhoud van 186 m3 (1.944/10,45=186 aardgas).
- 186 m3 aardgas kost ca. € 55,80 (bij € 0,30/m3[36], tarief 2011 voor grootgebruikers, inclusief transportkosten, energiebelasting (EB) en vastrecht)
- Een ton houtchips op zichzelf heeft momenteel een marktwaarde van ca. € 35,-.
- Tussen de opbrengsten per ton chips, de energiewaarde van de ton houtchips en de kosten van het equivalent daarvan ten opzichten van verbruik van aardgas zit nu een verschil van € 20,80.

Met andere woorden; om dezelfde hoeveelheid kWh' s uit een ton hout op te wekken zoals nu uit gas gebeurd kan € 20,80 per ton besteedt/geïnvesteerd worden voordat dat onrendabel wordt. Hier moet de investering voor de gehele installatie nog van gedaan worden. De oogstkosten zijn hier reeds in verwerkt. Zie verder hoofdstuk 8.2.

[35] *lijst van termen en hun betekenis, augustus 2006.*

[36] *http://www.energieadviesgroep.com/nl-nl/gas*

3.6. Ecologisch effect bij extractie van biomassa uit bos.

Het ontrekken van biomassa uit bos kan, hypothetisch gesteld, op termijn leiden tot verschraling vanwege de onttrekking van essentiële mineralen. Dit doordat de voortdurende houtoogst groter is dan de aanvoer vanuit verwering of depositie. In het tak- en tophout is de concentratie van essentiële mineralen hoger dan in het stamhout. Zodoende worden nutriënten verwijderd. Daardoor treedt verschraling op. De vraag is of dit niet ten kosten van de ecologische waarde gaat. Vanwege deze mogelijkheid is dit een factor waarmee rekening gehouden dient te worden bij de oogst van biomassa. Om die reden en ook in verband met de biodiversiteit is het wenselijk dat er bij de oogst een bepaalde hoeveelheid hout in het bos achterblijft. In landen zoals Zweden en Denemarken met houtoogst op grote schaal, worden asresten teruggebracht in het bos". [37] Of de effecten van het ontrekken van biomassa significant zijn is afhankelijk van groeiplaats omstandigheden en de bodem. Dit behoeft nader onderzoek. Een aantal personen uit het werkveld geven hun mening [38] op de stelling: 'Ontrekken van biomassa leidt tot verschraling en achteruitgang ecologie'

"mijn antwoord op de stelling; een volmondig ja! Maar dat geldt dan net zo hard voor de houtoogst. Ecologisch gezien zou het beste zijn als 30% van de houtvoorraad uit dood hout bestaat, maar goed, dan kun je dus niet oogsten. In de oude subsidieregeling SN moest je per hectare 2 dode stammen van minimaal 30 cm laten liggen of staan. Daardoor is de gemiddelde doodhout voorraad in de Nederlandse bossen in 10 jaar tijd toegenomen van 5 naar 11%. Maar in de nieuwe regeling is die verplichting afgeschaft. Een aantal bosbeheerders maakt nog dood hout uit overtuiging, maar de meeste stoppen ermee. Dus dat percentage gaat weer rap omlaag. Voor biomassa hebben we het nu nog alleen over tak- en tophout, maar als die prijs blijft stijgen, worden ook de mindere sortimenten stamhout interessant.
Uit onderzoek in Noord Amerika en Scandinavië blijkt dat afvoer van hele bomen, inclusief zelfs de bodemkluit, voor de bodemvruchtbaarheid meestel geen probleem is. Maar er staat wel altijd bij dat dat niet geldt voor arme bodems. En laat er nou net bij ons in Nederland de meeste bos op arme grond staan. Voor de bodemvruchtbaarheid is het overigens het beste om het tak- en tophout eerst een half jaar te laten liggen. 70% van de nutriënten zit namelijk in de bladderen en naalden, en die vallen er dan vanzelf af. De biomassaverwerking heeft de takken ook liever kaal. Maar dat kost wel weer een extra werkgang, want je kunt het niet meteen bij de oogst meenemen. In Scandinavië hebben ze de richtlijnen dat 20% tot 30% van het oogstafval verspreidt in het bos moet blijven liggen." [39]

"De stelling is niet waar, in elk geval nu nog niet. Voorlopig is het in Nederland te duur om uit dunningen het tak- en tophout te oogsten voor biomassa, de uitrijkosten zijn hoger dan de opbrengst. Het tak- en tophout komt nu toch nog vooral van bosschages langs wegen en kaalkapvlakten. Maar als de prijs stijgt en opweegt de uitrijkosten, dan kan het wel gaan gebeuren. Vervolgens moet je afvragen of je dit wilt op zandgrond; ik denk het niet. Maar op humusrijke grond kan het best. Je haalt toch nooit alles weg, dat is te duur. De uitrijwagen rijdt een deel van de takken in het zand, die zijn dan vervuild. Je haalt er niet meer dan 60% uit. Qua natuurwaarde is dat uitrijden overigens zo gek nog niet. Als je de grond openrijt, komt er allerlei interessants op. Het is bewezen dat als je een bos met rust laat, er minder biodiversiteit is."[40]

"Als je al het dode hout afvoert, is dat natuurlijk dramatisch voor de biodiversiteit. Dus als je hoofdfunctie natuur is, moet je dat niet doen. Maar in multifunctionele bossen, als je voldoet aan de basiszorgvuldigheid, dan laat je per hectare zoveel stammen staan of liggen. En dan kun je best wat tak- en tophout missen, dat kleine hout maakt niet zoveel uit. De biodiversiteit zit hem toch vooral in de

[37] *Het landschap, Bron van energie Schrijver R.A.M et al, pag. 21*

[38] *Vakblad Natuur Bos Landschap,2e jaargang, februari 2011*

[39] *Citaat: Dhr B. Nyssen, Bosgroep Zuid- Nederland*

[40] *Citaat: Dhr R. Jacobs, Parenco Hout B.V.*

dikke boomstammen. Die moeten jaren blijven liggen, zodat er een hele successiereeks aan insecten en schimmels op kan ontwikkelen".[41]

Een risico van de oogst van meer biomassa uit de Nederlandse natuur is die van roofbouw. In de 18e en 19e eeuw vond er door onder meer overbegrazing en intensief sprokkelen een degradatie van het ecosysteem plaats, maar dat is nu nauwelijks aan de orde. Uit de bossen in Nederland wordt slechts een deel van de jaarlijkse bijgroei geoogst. Voor een goede ontwikkeling van de biodiversiteit is er behoefte aan dood hout in het bos. Ook een deel van het tak- en tophout moet achterblijven als broed- en schuilgelegenheid voor dieren. Dit lijkt goed mogelijk, ook bij een hoger oogstniveau. Beheer van die typen natuur is er juist op gericht om zo veel mogelijk van de bijgroei af te voeren om die schrale situaties te behouden, ook omdat de voedselarme situaties onder druk staan door aanvoer van nutriënten uit de lucht. Landschappelijke beplantingen dienen herhaaldelijk te worden afgezet, gesnoeid en ingeboet. Het winnen van biomassa uit bos, natuur en landschap gaat dan ook veelal goed samen met behoud van biodiversiteit. Voor bossen is wel meer kennis gewenst over de hoeveelheid hout die geoogst kan worden in
de verschillende bostypen met behoud (of zelfs versterking) van de biodiversiteit. Daarbij kan verwacht worden dat het huidige oogstniveau in de meeste situaties verhoogd kan worden[42]

[41] *Citaat: Dhr R. J. Bijlsma, Alterra*

[42] *Vakblad Natuur Bos Landschap,2e jaargang, februari 2011*

5. AFNEMERS VAN WARMTE.

Afzet mogelijkheden van warmte moeten lokaal worden gezocht. Het eigen gebruik van de warmte, door de stichting Maatschappij van Weldadigheid zelf, is daarmee één van de opties. Dit wordt vanaf nu als 'optie 1' beschouwd. Bij eigen energievoorziening zal dat een jaarlijkse besparing op normale inkoop van energie opleveren. Anderzijds kan door de verkoop van de warmte, aan een externe afnemer, inkomsten gegenereerd worden. Als externe afnemer is het behandelcentrum Hoeve Boschoord het meest voor de handliggend, en wordt vanaf nu als 'optie 2' beschouwd. Dit complex ligt midden in het landgoed Boschoord en verbruikt aanzienlijke hoeveelheden warmte, beide gegevens maken deze potentiële afnemer interessant. Van beide opties, het kantoor en het museum de panden behorend bij de MvW en van het behandelcentrum is de warmtevraag geanalyseerd.

5.1. Seizoensafhankelijke warmtevoorziening.

De energievraag verschilt per seizoen en dag en per nacht. Het energie verbruik door de leverancier wordt verrekent nadat onderscheid gemaakt is in dal- (nacht) en hoge (dag) tarieven. De energie prijzen verschillen, in de dalperiode zijn deze lager. De warmtevraag zal in de zomerperiode beduidend lager zijn dan in de winterperiode. Dit heeft gevolgen voor het aantal draaiuren van de verbrandingsinstallatie. In het ideale geval is er ten tijde van de zomerperiode een warmtevraag en afname zoals van een zwembad in de buurt. Daardoor kan de productie doorgaan en kan de installatie verspreid over het hele jaar meer continue draaien. Dit is echter niet geval. Het dichts bijzijnde zwembad is op 1 á 2 km vanaf het behandelcentrum. De warmtebehoefte verdeeld per jaar, het verschil van de warmtevraag per seizoen, is grofweg 1/3 zomermaanden (mei – september) en 2/3 wintermaanden (oktober – april).
Het aantal draaiuren van de installatie is pas goed te benaderen bij precieze analyse naar het warmte verbruik over het gehele jaar. Hieruit zal de piek- en dalvraag/belasting voor de toekomstige installatie eveneens blijken. Hierop moet de precieze vermogenseis vastgesteld worden. [43] Vooralsnog wordt gerekend met 4.000 draaiuur/ jaar.

[43] *Mvr.I Corter, Zilverbergadvies*

5.2. De maatschappij van weldadigheid/ optie 1.

De jaarafrekening is van de periode 2008/2010 (de overzichten in bijlage 17). Alleen het gasverbruik kWh(th) in m3 aardgas is relevant, gezien de warmtevraag in dit onderzoek centraal staat. Deze zijn in de jaarafrekening opgemaakt voor anderhalf jaar vanwege de hernieuwde peildatum in september. Dit is teruggerekend naar één jaar. (m3/ 19 maanden x 12 maanden.) Ongeveer vijf kilometer vanaf landgoed Boschoord, nabij het dorp Frederiksoord, staat het kantoor van de stichting Maatschappij van Weldadigheid (Huize Westerbeek) en het museum over de Maatschappij van Weldadigheid. Beide zijn in eigendom van de Maatschappij. De tussenliggende afstand bedraagt ca. 650 m hemelsbreed.

De adressen zijn:

- Museum: Koningin Wilhelminalaan 87, 8382GC Frederiksoord:
- Kantoor: Majoor van Swietenlaan 28, 8382CG Frederiksoord:

5.2.1. Warmtevraag.

Het gasverbruik van de panden zijn ter CV- verwarming van de panden en geven dus de warmtevraag weer. Het gasverbruik wordt geduid in m3. Voor dit onderzoek is het aantal m3 omgerekend naar kWh voor een vergelijking met de uitkomsten van de productie in kWh(th). Voor de omrekening naar kWh(th) is de factor 10,54 gebruikt. Één m3 gas bevat 10,54 kWh[44] (bijlage 18). De warmtevraag van het kantoor en het museum is totaal 227.443 kWh (th). De onderstaande tabel biedt van deze berekening het overzicht. De richtlijn ter verdeling van de warmtevraag per seizoen is ca. 1/3 zomermaanden (mei – september) en 2/3 wintermaanden (oktober – april).

	m3/ seizoen	m3/ maand	kWh maand	kWh/jr.
winter (5 maand)	14.386	2.877	30.326	151.628
zomer (7 maand)	7.193	1.028	10.831	75.814
Totaal/ jaar	**21.579**			**227.443**

[44] *lijst van termen en hun betekenis, augustus 2006.*

5.3. Behandelcentrum Hoeve Boschoord/ optie 2.

Het behandelcentrum Hoeve Boschoord wordt als 'externe afnemer' beschouwd omdat deze instelling volledig onafhankelijk van de Maatschappij van Weldadigheid opereert. De gunstige ligging, midden op het landgoed, is van grootte (meer)waarde.
Het adres is:

- Boijlerstraat 4, 8387 XN Boschoord

Voor het behandelcentrum is het energie verbruik meerzijdig te benaderen. Het complex heeft namelijk de beschikking over een eigen warmtekrachtkoppeling (WKK) op aardgas. Met de WKK wordt het hoofdgebouw en verschillende bijgebouwen van energie, zowel elektrisch als warmte, voorzien. De overige panden op het terrein zijn daarop niet aangesloten en worden op met een CV- systeem verwarmd. Deze panden zijn aangesloten op het (reguliere) gasnetwerk. Er moet blijvend over de WKK beschikt kunnen worden. Vanwege de elektriciteitproductie maar ook als back- up systeem is van belang dat de WKK inwerking blijft. Daarom wordt hier de warmtevraag zodanig gedefinieerd, het alternatief voor de warmtevraag van enkel de 'CV- gestookte' panden.

5.3.1. Warmtevraag:

De CV- installaties, van de 'niet' aan de WKK aangesloten panden, verbruiken gemiddeld 250.000m3/jaar. De WKK een gemiddelde van 250.000 m3 per jaar. Het verbruik per jaar staat in deze tabel en de complete overzichten zijn in bijlage 19 opgenomen.

	jaar	2006	Eenheden
Gas	**CV**	**227.258**	**m3**
	WKK	295.299	m3
	verbruik	522.557	m3
	jaar	2009	
Gas	**CV**	**261.346**	**m3**
	WKK	232.870	m3
	verbruik	494.216	m3
	jaar	2011	
Gas	**CV**	**261.347**	**m3**
	WKK	224.000	m3
	verbruik	485.347	m3
	gemiddelden		
Gas	**CV**	**249.984**	**m3**
	WKK	250.723	m3
	verbruik	500.707	m3

De berekening in de onderstaande tabel is gebaseerd op het gemiddelde gasverbruik van de CV- installatie. De factor 10,54 kWh/m3 gas is gebruikt voor de omrekening naar kWh(th)[45] (bijlage 18). De onderstaande tabel geeft het gasverbruik van de CV- installatie van het behandelcentrum weer verdeeld per seizoen: ca. 1/3 zomermaanden (mei– september) en 2/3 wintermaanden (oktober – april).

	m3/ seizoen	m3/ maand	kWh maand	kWh/jr.
winter (5 maand)	166.667	33.333	351.333	1.756.667
zomer (7 maand)	83.333	11.905	125.476	878.333
totaal	**250.000**			**2.635.000**

[45] *lijst van termen en hun betekenis, augustus 2006.*

5.4. Gas besparing.

Een m3 aardgas kost het de MvW (optie 1) ca. € 0,55 (gebaseerd op de bijlage 17 met het gasverbruik jaaroverzicht) behandelcentrum ca. € 0,30 In de berekening van optie 2 is het grootverbruikertarief (hoofdstuk 3.5) gehanteerd. De netto prijs (incl. vastrecht, meter- en transportkosten) maal het aantal verbruikte m3. Het prijsverschil is vanwege de verschillende categorieën waarin de beide opties vallen (tarief klein- of grootverbruik). De hoeveelheid gas die, in het geval van dit concept, niet ingekocht hoeft te worden is de directe (jaarlijkse) kostenbesparing. Onderstaande tabel geeft weer welk bedrag per optie jaarlijks bespaard wordt.

	M3	**Besparing in € /jaar**
Optie 1	21.579	11.868
Optie 2	250.000	75.000

6. MINIMALE/MAXIMALE CAPACITEIT VERBRANDINGSINSTALLATIE.

Berekend is of de hoeveelheid beschikbare biomassa volstaat om aan de warmtevraag van optie 1 of van optie 2 te voldoen. Dit rekenvoorbeeld is gebaseerd op twee uitgangspunten:

1. Een m3 verse houtchips met een vochtigheidspercentage van 50% bevat en een energie inhoud van ca. 7 GJ energie/m3.
2. Voor het aantal vollast uren(draaiuren) is uitgegaan van 4.000 uur/jaar. De capaciteit, dus het vereiste vermogen is berekend per optie/warmtevraag. De installatie zal bij 4.000 draaiuren een bepaalde hoeveelheid vermogen (kWh's) leveren. (zie onderstaande tabel).

De benodigde installatiecapaciteit is als volgt te berekenen: Het gasverbruik in m3 omgerekend naar het aantal kWh(th) (1 m3 = 10,54kWh[46]) gedeeld door het aantal draaiuren van de installatie.

Wanneer de installatie meer uren dan 4.000 draait blijft de capaciteit hetzelfde maar worden meer kWh's geproduceerd. Wanneer er minder draaiuren gemaakt (kunnen) worden moet de capaciteit van de installatie hoger zijn om de gewenste output(kWh(th)) alsnog te verkrijgen. Hierbij moet worden meegenomen dat een gemiddelde installatie en rendement heeft van 90%. De (hout)input dient daarom hoger te zijn om de warmtevraag te kunnen beantwoorden. 100 gedeeld door 90 is 1,11. Wanneer de input met 1,11 wordt vermenigvuldigt wordt met een rendement van 90% toch aan de gehele 100% warmtevraag voldaan.[47] (lees ook 6.1 en 6.2) Met onderstaande capaciteiten wordt gerekend.

Kantoor + museum (optie 1):	M3 gas	kWh/jr.	Vereist vermogen MW(th)
totaal	**21.579**	**227.443**	0,057
Behandelcentrum (optie 2):	M3 gas	kWh/jr.	
totaal	**250.000**	**2.635.000**	0,659

Het kiezen van het juiste vermogen van de installatiecapaciteit heeft niet alleen te maken met de warmtevraag, maar ook met de verdeling van de warmtevraag over het jaar. Het is belangrijk dat de capaciteit niet te hoog is. De energievraag over een jaar kent pieken en dalen. In theorie moet de installatie de hoogste piekvraag op kunnen vangen. [48] Om de hoogste piek op te kunnen vangen moet de capaciteit van de installatie hoog genoeg zijn. De dalen in de energievraag zijn ook van invloed op de capaciteit. Een installatie met een vermogen hoger dan 500kW moet over een elektrostatisch luchtfilter beschikken, een extra investering. Een installatie moet altijd boven de minimale grens van 30% blijven draaien. Dit hangt samen met het feit dat onder dit minimum condensvorming optreed. Condensvorming is slecht voor de installatie, het asfilter werkt dan slechter en corrosie in de rookkanalen treed op. Mocht de geproduceerde warmte gedurende de daluren geen bestemming krijgen dan moet dat geloosd worden. De installatie uitzetten kan. Beide zouden het rendement nadelig beïnvloeden.[49] Er moet daarom zorgvuldig afgewogen voor welke installatiecapaciteit gekozen wordt. Met name de minimum en de maximum vraag zijn hierop van invloed. Afgevraagd moet worden of de wens heerst daadwerkelijk de hoogste piek van de warmtevraag opgevangen moet worden met de installatie, of dat deze op een andere manier kan worden opgelost. Dit vergt voor onderzoek en inschattingsvermogen van de specifieke situatie.

---

[46] *lijst van termen en hun betekenis, augustus 2006.*

[47] *Dhr. P.k Reumerman, Regio Noord-Veluwe: "Warmteketels (heat-only)* hebben in de regel een zeer hoge *efficiëntie van 85% - 90%. Er is dus maar 1/ (0,85-0,90) keer zoveel energie-input nodig."*

[48] *Mvr. I. Corter, Zilverbergadvies.*

[49] *Dhr. G. Prinsen, afdelingverkoop, KARA Energy systems*

6.1. Optie 1 input/output.

De daarvoor benodigde hoeveelheid biomassa is als volgt uit te rekenen: er zijn bijvoorbeeld 4.000 draaiuren per jaar. Totale warmtevraag/ productie is voor optie 1: **0,057 MWth** * 4.000 uur = 227,44 MWh (Megawatt- uur).

1 MWh is gelijk aan 1 miljoen Watt- uur. 1 Watt- uur kun je opwekken door 1 Watt gedurende 1 uur op te wekken. 1 Watt komt overeen met 1 Joule/seconde. 1 Watt- uur is dus 3.600 Joule (1 Joule/seconde * 3.600 seconden). 277,44 MWh is dus 227,44 * 1 miljoen Joule/seconde * 3.600 seconden of te wel 227,44 * 1 miljard * 3,6 Joule. 1 miljard Joule is 1 GJ (Giga Joule). 227,44 MWh = 227,44 * 3,6 GJ = 818,79 GJ.

Omdat de efficiëntie van verbrandingsinstallaties ca. 90% is er om 818,79 GJ warmte energie op te wekken 1,11 keer zoveel hout energie nodig'. Er is dus 818,79 GJ * 1,11 = 908,85 GJ thermische energie input nodig.

Bij een energie inhoud van 7GJ per ton (vochtigheidspercentage 50%) is het: 908,85/7 is **130 ton**, de hoeveelheid houtchips per jaar, nodig om aan de warmtevraag van optie 1 te voldoen. 892,48 GJ is dus gelijk aan netto output 227.443 kWh wat gelijk is aan 277,44 MWh (kWh/1000).

optie 1 minimaal nodig		
Input hout	130	ton/jaar
Energie inhoud chips	7	GJ/ton
Energie input per jaar	910	GJ/jaar
Rendement ketel	90	%
Netto energieproductie	819	GJ/jaar
Draaiuren	4.000	uur/jaar
Netto energieproductie per uur	0,2	Gj/uur
Netto vermogen ketel	38.955	J/s
In MW(th)	0,057	MW(th)
Productie	**227,44**	**MWh**
Productie	**227.443**	**kWh**

De berekening in de tabel is als volgt: 130 ton hout maal 7 GJ/ton is 910 GJ per jaar. 90% van 910 is 819 GJ/jaar. 819GJ/ het aantal draaiuren 4000/jaar is 0,2 GJ/uur. 0,2 maal 1 miljard gedeeld door 3600 is 56.875 J/s. 1 Joule/seconde komt overeen met 1 Watt. 56.875J/s gedeeld door 1 miljoen = 0,057 MW(th). 0,057 maal het aantal draaiuren is 227,44 MWh en maal duizend is het aantal in kWh.

Ter vergelijking met de beschikbare hoeveelheid:

Scenario 1: Ton/jr (vers)/jaar
1.718
Scenario 2: Ton/jr (vers)/jaar
1.976

Uitgegaan van een energie inhoud van 11,75GJ/ton (35% vochtigheidspercentage, bijlage 20) is 908,85/11,75 = **77,35 ton/jaar** chips nodig.
Uitgegaan van een energie inhoud van 10,85GJ/ton (40% vochtigheidspercentage, bijlage 20) is 908,85/10,85 = **83,76 ton/jaar** chips nodig.

6.2. Optie 2 input/output.

De daarvoor benodigde hoeveelheid biomassa is als volgt uit te rekenen: er zijn bijvoorbeeld 4.000 draaiuren per jaar. Totale warmtevraag/ productie is voor optie 2: **0.66 MWth** * 4.000 uur = 2.635 MWh (Megawatt- uur).

1 MWh is gelijk aan 1 miljoen Watt- uur. 1 Watt- uur kun je opwekken door 1 Watt gedurende 1 uur op te wekken. 1 Watt komt overeen met 1 Joule/seconde. 1 Watt- uur is dus 3.600 Joule (1 Joule/seconde * 3.600 seconden). 2.635 MWh is dus 2.635 * 1 miljoen Joule/seconde * 3.600 seconden of te wel 2.635 * 1 miljard * 3,6 Joule. 1 miljard Joule is 1 GJ (Giga Joule). 2.635 MWh = 2.635 * 3,6 GJ = 9.486 GJ.

Omdat de efficiëntie van verbrandingsinstallaties ca. 90% is er om 9.486 GJ warmte energie op te wekken 1,11 keer zoveel hout energie nodig'. Er is dus 9.486 GJ * 1,11 = 10.528 GJ thermische energie input nodig.

Bij een energie inhoud van 7GJ per ton (vochtigheidspercentage 50%) is het: 10.528/7 is **1.504 ton**, de hoeveelheid houtchips per jaar, nodig om aan de warmtevraag van optie 2 te voldoen. 10.528 GJ is dus gelijk aan netto output 2.635.000 kWh wat gelijk is aan 2.635 MWh (kWh/1000).

optie 2 minimaal nodig		
Input hout	1.504	ton/jaar
Energie inhoud chips	7,00	GJ/ton
Energie input per jaar	10.528	GJ/jaar
Rendement ketel	90	%
Netto energieproductie	9.475	GJ/jaar
Draaiuren	4.000	uur/jaar
Netto energieproductie per uur	1,62	Gj/uur
Netto vermogen ketel	450.684	J/s
In MW(th)	0,659	MW(th)
Productie	**2.635**	**MWh**
Productie	**2.635.000**	**kWh**

De berekening in de tabel is als volgt: 1.504 ton hout maal 7 GJ/ton is 10.528 GJ per jaar. 90% van 10.528 is 9.475 GJ/jaar. 9.475 het aantal draaiuren 4.000/jaar is 1,62 GJ/uur. 1,62 maal 1 miljard gedeeld door 3.600 is 450.684 J/s. 1 Joule/seconde komt overeen met 1 Watt 450.684 gedeeld door 1 miljoen = 0,66 MW(th). 0,66 maal het aantal draaiuren is 2.635 MWh en maal duizend is het aantal kWh.

Ter vergelijking met de beschikbare hoeveelheid:

Scenario 1: Ton/jr (vers)/jaar
1.718
Scenario 2: Ton/jr (vers)/jaar
1.976

Uitgegaan van een energie inhoud van 11,75GJ/ton (35% vochtigheidspercentage, bijlage 20) is 10.528/11,75 = **896 ton/jaar** chips nodig.
Uitgegaan van een energie inhoud van 10,85GJ/ton (40% vochtigheidspercentage, bijlage 20) is 10.528/10,85 = **970 ton/jaar** chips nodig.

Hiermee wordt duidelijk dat de energiepotentie aan verse chips op het landgoed Boschoord (hoofdstuk 3.3.7) volstaat de energievraag van de energieverbruikers (optie 1 en 2) te vervullen. Wanneer de bosomvorming afgerond is ontstaat een tekort van ca 297 ton (1.718 ton – 511 ton = 1207 ton en 1504 ton (nodig) -1207 ton (beschikbaar)). Echter wanneer het 35% tot 40% vochtigheidgehalte wordt behaald is het netto energieresultaat per ton hoger en de hout(hout)behoefte lager. Wanneer dat vochtigheidspercentage bereikt wordt is er bij het wegvallen van de het energiehout uit bosomvorming geen tekort maar overschot van ca. 274 ton per jaar. (1207 ton (beschikbaar) – ca. 933 ton (nodig) (896+970/2))

Wanneer er, zoals in scenario 2, meer dan 1.718 ton hout mocht vrijkomen door het sortiment vezelhout voor energiehout in te zetten, kan meer hout in energie worden omgezet. Deze berekening geeft de minimaal vereiste benodigde hoeveelheid van houtchips weer. Een installatie met een hogere capaciteit heeft afhankelijk van de vollast- uren een hogere input aan chips en een hogere output aan energie. Van groot belang is dat de potentiële houtstroom voor biomassa niet overschat wordt. Wanneer van een overschatting uitgegaan wordt kan op een bepaald moment onverhoopt wel een kort aan houtchips betekenen. Daardoor zou moeten worden ingekocht van een chipsleverancier wat altijd meer kost dan eigen voorziening. Vooralsnog lijkt er geen tekort en is de inzet van het vezelsortiment onnodig.

Om aan de warmte behoefte van optie 1 te voldoen is bij houtchips met een energie inhoud van 7 GJ slechts 130 ton per jaar nodig. Dit betreft een relatief kleine hoeveelheid hout en dus eveneens laag financieel gewin, afhankelijk van de exploitatie.

6.3. Maximale input/output en productiecapaciteit.

Wanneer al het beschikbare energiehout uit de twee scenario's volledig ingezet zou worden zijn de netto productie resultaten hoger (zie tabel). Een overschot aan warmte ontstaat dan. De berekening is gelijk aan de berekening in paragraaf 6.1 en 6.2, de input van houtchips is afkomstig uit de scenario' s 1 en 2. Dit geeft de maximale productie aan.

Scenario 1	beschikbare hoeveelheid biomassa	
Input hout	1.718	ton/jaar
Energie inhoud chips	7	GJ/ton
Energie input per jaar	12.026	GJ/jaar
Rendement ketel	90	%
Netto energieproductie	10.823	GJ/jaar
Draaiuren	4.000	uur/jaar
Netto energieproductie per uur	2,71	Gj/uur
Netto vermogen ketel	750.625	J/s
In MW(th)	0,752	MW(th)
Productie	3.006	MWh
Productie	3.006.500	kWh

Scenario 2	beschikbare hoeveelheid biomassa	
Input hout	1.976	ton/jaar
Energie inhoud chips	7	GJ/ton
Energie input per jaar	13.828	GJ/jaar
Rendement ketel	90	%
Netto energieproductie	12.445	GJ/jaar
Draaiuren	4.000	uur/jaar
Netto energieproductie per uur	3,11	Gj/uur
Netto vermogen ketel	864.284	J/s
In MW(th)	0,864	MW(th)
Productie	3.457	MWh
Productie	3.457.136	kWh

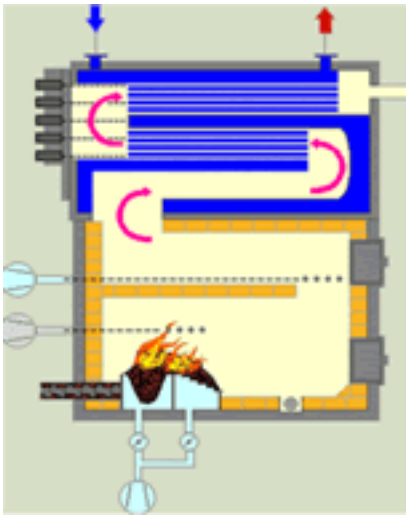
Scenario 1: Bij een energie inhoud van 11,75GJ/ton (35% vochtigheidspercentage, bijlage 21) is bij dezelfde hoeveelheid hout een productie van 5.048.080 kWh/ jaar mogelijk.
Bij een energie inhoud van 10,85GJ/ton (40% vochtigheidspercentage, bijlage 21) is bij dezelfde hoeveelheid hout een productie van 4.661.075 kWh/ jaar mogelijk.

Scenario 2: Bij een energie inhoud van 11,75GJ/ton (35% vochtigheidspercentage, bijlage 21) is bij dezelfde hoeveelheid hout een productie van 5.804.724 kWh/ jaar mogelijk.
Bij een energie inhoud van 10,85GJ/ton (40% vochtigheidspercentage, bijlage 21) is bij dezelfde hoeveelheid hout een productie van 5.358.122 kWh/ jaar mogelijk.

6.4. Welke verbrandingsinstallatie op Boschoord?

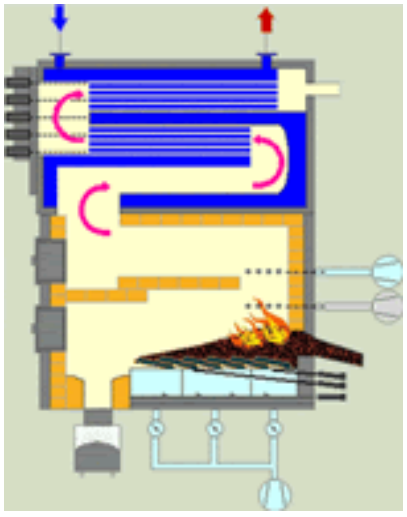
De geschiktheid van de installatie is afhankelijk van de beschikbare hoeveelheid biomassa, de kwaliteit van de houtchips, van de energievraag en van de gewenste energievorm; kWh(e), kWh(th) of een combinatie van beide. Er zijn veel mogelijkheden.
Gebaseerd hoofdstuk 3 waaruit de potentiële hoeveelheden houtchips blijken, op hoofdstuk 4 waarin de kwaliteit vereisten van de houtchips staan beschreven is gebleken wat de capaciteit van installatie kan zijn. Op grond van de warmtevraag (hoofdstuk 5) is berekend wat de minimale capaciteit van de installatie moet zijn. Daarop kan worden gebaseerd welke installatie voor landgoed Boschoord het best passend is. De opwekking van elektriciteit is op grond van voorgaande uitgaanssituatie uitgesloten. Een installatie levert in dit concept alleen thermische energie (heath- only). Voor optie 2 is een installatie van 875 kW is aanbevolen.

6.4.1. Geschikte installaties.



Zonder de technische kennis is niet te bepalen welke installatie het best geschikt is voor de situatie op Boschoord. Echter deze voorbeelden van verbrandingsinstallaties in aanmerking komen. Dit betreft de MAWERDA installaties met onderschroef verbranding. Met het onderschroef verbrandingssystemen is het mogelijk een zeer brede range van biomassa/houtchips om te zetten in energie. Het onderschroef verbrandingsprincipe kent drie systemen:

- FU RIA: onderschroef verbranding met een leverbaar vermogen van 110 KW tot 850 kW.
- FU RIA B: onderschroef verbranding met een leverbaar vermogen van 110 KW tot 1100 kW.
- FU RA: dubbele onderschroef verbranding met een leverbaar vermogen van 100 kW tot 5000 kW.



Het MAWERA bewegend vlakrooster verbrandingsysteem is geschikt voor de verbranding van biomassa in de range van stof tot stukgrootte van 300 mm (> G30 tot G100) en voor hout van droog tot 50% vochtigheid. Tevens is het geschikt voor de verbranding van afwijkende brandstoffen met een hoog asgehalte. De MAWERA bewegend vlakrooster houtverbrandingsinstallatie wordt aangeduid met type FSR met een leverbaar vermogen tot 13000 kW. Het grote voordeel van het vlakke bewegende rooster is als eerste de hoge beschikbaarheid door het zeer zware ontwerp en als tweede het lage stofgehalte in de rookgassen door de gecontroleerde beweging van de brandstof op het rooster. Bij verbranding met een vlak bewegend rooster wordt de brandstof in vergelijking met andere systemen gecontroleerd voortbewogen [50]

[50] *www.estufa.nl/luchtinjectiesysteem.*

7. REALISERINGSVOORSTEL BOSCHOORD.

Alvorens kan worden bepaald of het rendabel is te investeren in de biomassaverbrandingsinstallatie moeten de kosten van het opwekken van warmte berekend worden. De investering en kosten van de exploitatie waarbij rekeninggehouden moet worden staan in dit hoofdstuk beschreven. Al deze investeringen zijn nodig alvorens gestart kan worden met opwekken van energie uit houtchips. De totale hoogte bepaald uiteindelijk de kostprijs van de warmte. Aan de hand daarvan kan berekend worden of er voor een ton houtchips of voor een de ton omgezet in warmte een hogere prijs gekregen kan worden.

7.1. Investeringskosten van de exploitatie.

Gebleken is uit interviews met een leverancier van verbrandingsinstallaties[51] en bedrijven gespecialiseerd in haalbaarheidsanalyses[52], dat het bepalen van het investeringsbedrag van de aan te schaffen installatie niet eenduidig vast te stellen is. Met alle gegevens, kennis en middelen waarover nu beschikt wordt kan het de exacte exploitatie niet gegarandeerd worden. Dat komt o.a. doordat bij de berekening van de opbrengst van de verkoop van warmte een complexe investeringsbegroting gemaakt moet worden. De investering moet over een nader te bepalen aantal jaren afgeschreven worden. Dit is locatie en situatie afhankelijk. Veel variabelen zijn hierop van invloed en blijken in elke specifieke situatie verschillende uitkomsten te geven. De uitkomst van de berekening van het rendement is afhankelijk van velerlei factoren. Voorbeelden van de verschillende parameters en factoren zijn: aantal jaren van afschrijving, rente percentage op middellange termijn, de grootte van installatiecapaciteit, de chipskwaliteit, de prijs van aardgas, de marktwaarde van houtchips, de lengte van de warmtetransport(leidingen), etc. De kennis die daarvoor nodig is, ligt bij specialisten die complexe modellen hebben opgezet waarin alle variabelen invoerbaar en aanpasbaar zijn. De bezitters van de modellen geven deze informatie nooit honderd procent vrij. Tegen een vergoeding bieden zei exacte berekeningen. Echter zelfs voor experts blijven een aantal variabelen speculatief.

Subsidies en de Energie Investeringsaftrek (EIA een fiscaal 'voordeel') staan positief op de balans. Vanwege de laatst genoemde hoeft minder inkomsten- of vennootschapsbelasting te worden betaald. In 2011 is 41,5% van de investeringskosten aftrekbaar van de fiscale winst. Het directe financiële voordeel is afhankelijk van het belastingpercentage; het bedraagt ongeveer 10% van de goedgekeurde investeringskosten. (bijlage 22) Deze EIA kan toegepast worden naast de 'gewone' investeringsaftrek. [53] Deze regeling verkort de terugverdien tijd van de investering. De belangrijke kostenposten staan nader omschreven in de volgende paragraven.

[51] *Dhr. B. Reuverkamp, exploitant verbrandingsinstallaties.*

[52] *Mvr I. Corter, Zilverberg advies*

[53] *www.agentschapnl.nl/nl/programmas-regelingen/energie-investeringsaftrek-eia*

NB: De Subsidie Duurzame Energie (SDE) is op de productie kWh elektrisch van niet van toepassing (bijlage23) De ministeriële regeling; Milieukwaliteit Elektriciteitsproductie (MEP) subsidie is eveneens gebaseerd op de duurzame productie van kWh elektrisch, is momenteel opgeheven in afwachting van nadere besluitvorming door het volgend Kabinet.

7.1.1. De installatie met luchtfilter.

De installatie behoeft dan geen elektrostatisch filter (e.s.f.) Voor een installatie van 875kW moet ca. € 300.000,- aangehouden worden, inclusief lucht/elektrostatisch- rookgasfilter is dat € 350.000,-. Het bedrag staat voor een functionerend geheel. Exclusief gebouwen en infrastructuur. Het betreft een uitvoering: Multifunctioneel vuurhaard(breed scala houtchips), een hydraulisch gestuurd (groot) rooster. Het e.s.f. is pas wettelijk verplicht vanaf een installatiecapaciteit van meer dan 0,5 MW. Gekozen kan worden de installatie zal met lagere capaciteit dan vereist voor optie 2. Het niet hoeven investeren in het e.s.f. scheelt ca. € 50.000,- tot € 100.000,- op de investeringsbegroting. Dit wordt echter afgeraden omdat daarmee aan ca. 75% van de gasbesparing niet voldaan kan worden wat weer hogere (bij)stook kosten brengt. 875kW is in dit project het meest economisch maar mist 15% van de gasbesparing. Echter 15% (de piekbelasting) komt zeer zelden voor in de Nederlandse winters.[54]

7.1.2. Het gebouw

De verbrandingsinstallatie moet droog kunnen staan. Hiervoor moet geïnvesteerd worden in een gebouw/loods, die hoog genoeg is en wind- en waterdicht. Goede ventilatie in het gebouw is van groot belang. € 25.000,- is in- begroot.

7.1.3. Opslagterrein.

De opslag van de chips moet op een plek zijn waar de houtchips droog kunnen worden. Een grote betonnen plaat volstaat voor dit doel. Houtchips kunnen daar zon- en wind droog worden. Voordat de chips de installatie ingaan moeten ze, in een voorportaal van de installatie, onder een overkapping worden gestort. De hout- chips met 35 % vochtpercentage kunnen niet langer dan een jaar bewaard worden. Continuïteit en doorstroom van de chips zijn dus belangrijk. Meer details over opslag staan in bijlage 24. [55] Het opslagterrein moet groot genoeg zijn voor de opslag van de voorraad houtchips ca. 800 m3 (is ca. 20m x35m). Een glad afgewerkte betonnen vloer moet gestort of aangelegd worden vlakbij/naast de loods waarin de installatie staat. De overkapping, het voorportaal naast de loods waarin de installatie staat, moet voldoende ruimte hebben voor houtchips voor ca. twee weken productie. Begroot is € 8.000,-.

7.1.4. Transportnetwerk buizen.

Voor het transport van de warmte met het 'medium' water, zullen gelaste geïsoleerde stalenbuizen van 12 meter per stuk gebruikt moeten worden. Vanaf de installatie tot de afnemer en retour.
De installatie dient zo dicht mogelijk bij de warmteafnemer te worden geplaatst om de kosten van dit leidingnet (langer = duurder) zoveel mogelijk te beperken. Op korte afstand zijn de kosten ca. € 35,-/€ 40,- per strekkende meter, op langere afstand moeten de buizen een grotere diameter hebben en gaat de prijs omhoog naar ca. € 70,- € 80,- per strekkende meter.[56]
Het behandelcentrum (optie 2) ligt op het landgoed en zeer dicht bij de houtbron. Het kantoor en het museum staan ca. 5 km van landgoed Boschoord vandaan. Het leidingnet zou, wanneer de installatie beide opties van warmte voorzien zouden worden, een (te) grote afstand moeten overbruggen. Hoge kosten en warmte/rendementverlies ca. 1% per 500 m treden dan op. Dit impliceert dat gekozen moeten worden tussen alleen optie 1, of alleen optie 2 van warmte te voorzien.

7.1.5. Oogstkosten.

Van de drie oogstmethoden zijn de oogstkosten gemiddeld € 30,- per ton houtchips. De chips komen zowel uit geïntegreerde houtoogst, geïntegreerde houtoogst met gespleten werkgang als uit kaalslag.

---

[54] *Dhr. G. Prinsen, afdelingverkoop, KARA Energy systems*

[55] *Winst uit eigen woud hout oogsten, bewaren en stoken, de Boer B. februari 2009.*

[56] *Mvr. I. Corter, Zilverberg Advies*

7.1.6 Transport.

Normaal gesproken worden de snippers vaak over grotere afstand verplaatst alvorens ze op de plaats van bestemming zijn. Er gerekend met de kosten van € 67,- /uur voor een vrachtwagen met container (ca. 15 m3) Een nadelig aspect van versnipperen aan de bosweg is dat wanneer één m3 rondhout (of het rondhoutequivalent aan takken) versnipperd wordt, deze biomassa een volume van drie m3 los gestorte houtsnippers krijgt. Drie m3 snippers wegen nog steeds één ton. Het te transporteren volume is echter driemaal zo groot geworden ten opzichte van het transport van massief rondhout. Uiteraard worden de transportkosten bij gebruik van de houtchips op of nabij het landgoed (het behandelcentrum), beduidend lager en niet als kostenpost gerekend op de investeringsbegroting.
De (bos) exploitatiewegen op Boschoord zijn in goede staat. Deze worden na houtoogstactiviteiten met regelmaat hersteld. De plaats waar de installatie zal komen te staan moet goed bereikbaar zijn voor vrachtwagencombinaties. Hiervoor moeten verharde wegen aangelegd worden. Deze zijn aanwezig in optie 2.

De investeringshoogte van de exploitatie wordt grotendeels bepaald door de posten in de tabel: Datgene van hoogste invloed op de totaal- investering is onderstreept, niet al de bedragen zijn geverifieerd, het luchtfilter kan lager, exacte begroting en nacalculatie is vereist. (de prognose uit bijlage 26.2 geeft aan dat dit het plafond van investeringshoogte betreft)

Investeringbegroting:

Onderdeel	Bedrag	Beschrijving
Verbrandingsinstallatie	300.000	875 kW, 'Turnkey'
Elektrostatisch filter	50.000	Boven 500kW verplicht
EIA	-30.000	EIA 10%
Overkapping	25.000	Eenvoudige loods
Opslagfaciliteit	8.000	Betonnen plaat
Werkuren	10.000	Ca. 4% v/d investering (Onderhoud, reparatie, procescontrole en bediening 3- 4 uur/week)
kosten bouwheer	10.000	Aannemer
infrastructuur	0,0	Reeds aanwezig
afschrijvingen	19.880	Per jaar (Afhankelijk van gekozen aantal jaren).
rentevoet	15.000	5%
Oogst/ boswerk	45.120	30,- ton (1.504 ton/jaar)
as- afvoer	0,0	'Omniet' aan agrariërs in omstreek?
leidingnet	25.000	€ 30- € 40/ meter/ afhankelijk van afstand
advieskosten	1.500	Adviesbureau voorbereiding
Totaal	**479.500**	

8. KOSTEN/ OPBRENGSTEN VERGELEKEN

8.1. De kostenberekening.

Op grond van de hoogte van de warmtevraag, de locatie, de houtvraag en de verwachte winstmarge van optie 2 kan beoordeeld worden dat deze situatie de meest gunstige uitgangspositie heeft. Daarom is voor optie 2 de berekening (in samenwerking met een adviesbureau) uitgevoerd. De haalbaarheid van de warmte voorziening uit houtchips aan het Behandelcentrum Hoeve Boschoord wordt daarmee aangetoond. De besparing op inkoop van het huidige gasverbruik van het behandelcentrum heeft een marktwaarde van ca. € 75.000,-/ jaar. De investeringskosten en de bijkomende kosten tezamen met aftrek van de opbrengsten bij levering aan het behandelcentrum (voor bijvoorbeeld 90% van de marktwaarde van het equivalent aan aardgas) verspreid over een bepaald aantal jaren bepalen het rendement.

Voor een goede prognose wat betreft de winstgevendheid van de houtchips omgezet in warmte is gebruikgemaakt van een rekenmodel. Dit model is geschikt om de keten van houtoogst tot en met warmteopwekking gedetailleerd te simuleren. Het is ontworpen ter berekening van specifieke situaties waarbij de wens heerst houtchips om te zetten in warmte. Dit model is zeer complex opgesteld omdat het alle parameters bevat die van invloed zijn op de uiteindelijke kostprijs per GJ. Al de variabelen zitten in het model verwerkt. De ingevoerde gegevens zijn locatie- en situatieafhankelijk. Dit maakt het mogelijk om te maken afwegingen vooraf zorgvuldig te doordenken. Immers beslissingen vooraan in de keten hebben gevolgen in later stadium. Beslissingen van nu hebben gevolgen voor de toekomst. De brandstofkwaliteit bijvoorbeeld hangt nauw samen met de keuze van de soort installatie. De installatie keuze hangt weer nauw samen met de investeringskosten. Ook is brandstofkwaliteit van invloed op de onderhoudskosten, de mate van storingen of de levensduur van de installatie. Het zijn allemaal aspecten met belangrijke invloed op de haalbaarheid. In de keten doen vaak meerdere partners mee: de houteigenaar, de aannemer of houthandelaar, de installatie- eigenaar, de warmteafnemer. Allemaal willen en moeten zij er goed uitkomen.
De investering in een verbrandingsinstallatie is relatief groot en moeten zich over langere periode terugbetalen. Het is dus verstandig vooraf stil te staan bij de keuzes. Het model maakt het mogelijk om prijs-, markt- en technische kennis van verschillende belangen/invalshoeken en expertises samen te brengen, zoals houtoogst, verwerkingsmethoden, brandstofeigenschappen, installatie- en verwarmingstechniek, etc. Het model geeft inzicht in de haalbaarheid en de meest optimale keten in een bepaalde situatie. Zilverbergadvies, de ontwerper van dit simulatiemodel genaamd E- Land, geeft ter illustratie een tweetal prognoses. Hierin zijn de voor Boschoord specifieke gegevens ingevoerd. Deze resultaten geven een prognose, echter omdat niet alle variabelen ingevoerd zijn/konden worden (bij gebrek aan kennis daarvan) moet rekening gehouden worden met een afwijking van 10 tot 20% van de kosten. De adresgegevens en enkele 'screenshots' van het model zijn te vinden in bijlage 25. De twee prognoses staan in de bijlage 26.

Dit adviesbureau biedt haar diensten aan voor € 1500,- en berekend daarvoor in overleg met de betrokken partijen de haalbaarheid. Aanbevolen wordt met behulp van dit bureau de specifiekere berekening te maken.[57]

[57] *Mvr I. Corter, Zilverberg advies*

8.2. Benadering van de winstverwachting.

In de tabel is zichtbaar dat de winst uit alleen de gas besparing bij eigen energie voorziening hoger liggen dan de winst uit de hoeveelheid houtchips die nodig is om de besparing te bewerkstelligen. Gerekend is met een gasprijs van 0,55 voor optie 1, een volledige besparing. En 0,30 voor optie twee, tegen 90% van de marktwaarde van gas vanwege het feit dat de afnemer extern is. Het benodigde te oogsten hout kost ca € 30,-/ton en levert op € 35,-/ton dus is met € 5,- winst gerekend. De tabel geeft het jaarlijkse verschil weer. De investering is hierin niet meegerekend. De hoeveelheid hout geldt voor chips met een energie inhoud van 7GJ/ton. Als de energie inhoud hoger is wordt is minder hout nodig en het verschil groter.

	Verbruik	besparing	Benodigd hout	**Besparing € energie min oogstkosten houtchips**	**winst hout 'aan de bosweg'**
Aardgas tegen houtschips	Gas m3	gas € **(1)**	ton chips (7GJ) **(2)**	**(1) – ((2) x € 30,-)**	**opbrengst houtchips €**
(100%) 1	21.579	11.868	130	**7.968**	**650**
(90%) 2	250.000	67.500	1.504	**22.380**	**7.520**

Dit is de eerste stap naar het antwoord op de vraag "Levert een ton houtchips van een bepaalde energie inhoud omgezet in warmte meer op dan de reguliere verkoop van een ton houtchips aan de bosweg?". Echter het volledige antwoord op die vraag, oftewel de haalbaarheid van de installatie, is dat dit onderhevig is aan veel factoren en variabelen. Deze bepalen of de installatie wel of niet rendabel kan zijn over de hele levensduur. Wanneer bijvoorbeeld de marktwaarde van aardgas stijgt zullen de marges ten opzichte van de kale verkoop van de houtchips stijgen. Echter wanneer de marktwaarde van houtchips stijgt zal dat negatief gevolg hebben op de winstmarges van houtchips omgezet in warmte. Wanneer de rentevoet stijgt heeft dit negatief effect op de afschrijftermijn van de installatie. Zo zijn er veel variabelen die het rendement van de installatie beïnvloeden. Bijkomend feit is dat het verschil in de marge tussen de verkoop van kale houtchips (A) en omgezet in warmte (B) de investering meegerekend, zeer klein zijn, al dan niet gelijk. Relatief kleine veranderingen hebben daardoor directe invloed op het netto resultaat. Dit is van groot belang mee te nemen in bij de overweging op de biomassawarmte over te stappen. De onderstaande tabel illustreert deze beweringen, uitgaande van een investeringshoogte van € 350.000,-. (capaciteit van de installatie is 875kW)

Wanneer een met ‘een grote slag’ de kosten en opbrengsten van verkoop houtchips en verkoop van warmte tegenover elkaar worden afgezet blijkt het volgende:

A (aan de bosweg)	ton	€
snippers opbrengst (€ 35,-)	1.504	52.640
snippers oogstkosten (€ 30,-)	1.504	45.120
winst / jaar		7.520
Winst 30 jaar		**225.600**
B (biogasinstallatie)	ton	€
besparing gas	250.000	75.000
verkoop warmte 90% v/d marktwaarde gas		67.500
oogstkosten (€ 30,-/ton)	1.504	45.120
Ca. 4% v/d investering = onderhoud en reparatie		10.000
winst / jaar		19.880
langere termijn		€
kosten installatie (incl. 10% EIA)(875kW)		315.000
max. afschrijving / jaar = volledige winst		19.880
Investering terug verdienen		16
Winst 30 jaar		**278.320**
Technische levensduur installatie: 20 jaar		

Uit deze grove berekening, gebaseerd op bedragen uit dit onderzoek, blijkt dat het verschil tussen beide methode van verkoop van ‘houtchips’ in dit voorbeeld ca. € 52.720,- bedraagt. Dit is het verschil in de nettowinst over een periode van dertig jaar. De levensduur van de installatie staat op 30 jaar geeft een voor houtchips positief verschil.

Volgens een leverancier[58] is de het investeringsbedrag van de installatie op € 150.000 te zetten, de levensduur op 20 jaar en een installatie met capaciteit van 499kW(geen elektrostatisch luchtfilter). In bijlage 27. Het verschil van € 53.360,- in het voordeel van houtchips. De installatiecapaciteit echter volstaat niet. Dit betreft niet de meest economische oplossing.

[58] Dhr. G. Prinsen, afdelingverkoop, KARA *Energy systems*

8.3. Opzet van criterium.

Belangrijke factoren die de haalbaarheid van het concept voor Boschoord bepalen gelden direct ook voor algemene toepasbaarheid van dit concept op landgoederen. Gebleken is dat de haalbaarheid van dit plan afhankelijk is van zowel plaatselijk geldende factoren als algemeen geldende factoren. In opzet van criterium is geen onderscheid gemaakt daartussen. Voor een goede beoordeling van de mogelijkheden en/of een verbrandinginstallatie een rendement geeft is gedetailleerd maatwerk nodig. Daarnaast is het van belang wetenschap te hebben van de specifieke omstandigheden bij berekening van een dergelijk concept.

1. Er is beschikking over een landgoed/particulier bosbezit, met voldoende bosoppervlak om de houtbehoefte te vervullen.
2. De plaatselijk geldende beheersstrategie dient gericht te zijn op de hout productiedoelstelling.
3. De (rest)houtstromen die uit beheersmaatregelen die plaatsvinden vrijkomen, zoals houtproductie, snoei, bij onderhoud en omvorming, dienen te worden ingezet als energiehout doeleinden.
4. Het potentieel (tak- en top)hout, met de bestemming houtchips, moet per hectare per jaar en op langere termijn voldoende en beschikbaar zijn.
5. De opbrengsten per ton houtchips aan de bosweg dient lager te zijn dan dat het omgezet in energie oplevert. (specifieke berekening)
6. Het totaal van de vrijkomende hoeveelheid houtchips per jaar moet volstaan de installatie te voorzien.
7. De totale per jaar vrijkomende hoeveelheid dient gedurende het jaar verspreid vrij te komen. De stroom houtchips moet constant zijn en gegarandeerd over de werkbare termijn van de installatie (ca. 30 jaar).

8. De energievraag (warmte/ elektriciteit) van de panden gerelateerd aan het landgoed moet berekend worden.
9. De energievraag (warmte/ elektriciteit) van andere grootte energieafnemers in de omgeving moeten berekend worden. Gestreefd moet worden naar seizoensonafhankelijk warmteafname.
10. De totale energievraag, jaarrond, moet bekend zijn zodat de installatie op efficiëntst en continue mogelijke wijze productie uren kan draaien.
11. Een daarbij passende verbrandingsinstallatie, met voldoende capaciteit/vermogen, moet aan deze warmte vraag kunnen voldoen. (situatie afhankelijk)
12. De energievraag moet gedefinieerd worden. Besloten moet worden aan welke vorm en aan welke warmtevraag voldaan gaat worden.
13. De chips moeten aan de kwaliteitsnormen die de installatie vereist voldoen. (vochtigheidpercentage, fractiegrootte, soortelijke energie inhoud)

14. De landgoedeigenaar dient over financiële middelen beschikken om een dergelijke (grootte)investering te kunnen doen. Naast subsidie/fiscale regelingen om de investering en/of exploitatiekosten te reduceren is vaak de bank nodig als kapitaalverschaffer voor de (rest)investering. Voor het verstrekken van een lening door de bank zijn garanties belangrijk.
15. Er dient gebruik gemaakt te worden van financiële baten zoals subsidie(s) en/of energie investeringsaftrek (EIA).
16. Er dient over vereiste vergunning(en) beschikt te worden.
17. Er dient over voldoende ruimte beschik te worden voor een loods voor de installatie en een opslagplaats voor houtchips/ infrastructuur.
18. Er dient voldoende mankracht/tijd beschikbaar te zijn de installatie te bevoorraden/ repareren/ onderhouden
19. Oogst en het chippen van energiehout vergt gespecialiseerde machines. Dit werk moet kunnen worden uitbesteed aan een aannemer.
20. De afstand van de installatie tot de warmteafnemer dient zo klein mogelijk en niet groter dan ca. 500m te zijn.

9. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

9.1. Conclusie.

De haalbaarheid van het concept, levert energieopwekking hoger rendement dan reguliere verkoop van houtchips is, meegenomen de complexiteit en de beperking, bevestigd. De haalbaarheid is beoordeeld vanuit de beschikbare hoeveelheid biomassa. Bij de houtoogst en boswerken is het hout uit onrendabele dunningen, tak- en tophout dat achterblijft na reguliere dunning en andere laagwaardig hout bruikbaar als energiehout (houtchips). Van deze houtstromen is het volume tak- en tophout berekend middels de B.E.- factor. De energiehout is gedefinieerd is twee scenario's. Het is afhankelijk van het vochtgehalte van de chips of de oogst van brandhout en snoeihout van laanbomen als energiehout ingezet moet worden. Het vochtgehalte bepaald namelijk de energie inhoud van het hout, is deze te laag dan is meer hout nodig. Zouden de houtchips een 50% vochtigheidpercentage bevatten dan moet al de als energiehout gedefinieerde houtpotentie ingezet worden. Echter, bij het voorgestelde 35% – 40% vochtigheidspercentage is de energie inhoud hoger en hoeft minder hout te worden geoogst om aan dezelfde energievraag te voldoen. Rekening gehouden moet worden met het gegeven dat bij onzorgvuldige bosexploitatie slechts 60% van tak- en tophout oogstbaar is. Veel energiehout wordt normaal gesproken in de bodem gereden. Belangrijk is daarom het tak- en tophout dusdanig te stapelen dat daarvan niets verloren gaat.
De jaarlijkse bijgroei (Icv) van de hoeveelheid biomassa is berekend ter indicatie van de toekomstig oogstbare hoeveelheden. Hieruit blijkt dat de benodigde jaarlijkse hoeveelheid van oogstbaar biomassa niet garandeerbaar is voor de toekomst. Wanneer de bosomvorming (over tien jaar) voldaan is, valt die houtstroom weg.
De scenario's onderscheiden zich op het verschil dat in scenario 1 (1.718 ton) de jaarlijks geoogste hoeveelheid vezelhout niet is meegerekend en in scenario 2 (1.976 ton) wel. Daartegenover staat de grootte van de energievraag. De energievraag is benadert vanuit twee opties. 1) Het voorzien van de warmtevraag van het landgoed zelf. 2) Het voorzien van een externe afnemer, het behandelcentrum Hoeve Boschoord. Voor optie 1 geldt dat het twee panden betreft met een afstand van ca. 600 meter daartussen. Voor optie 2 geldt dat dit een complex betreft en een Warmte Kracht Koppeling het complex voorziet van elektriciteit. Met de daarbij vrijkomende warmte wordt een deel van de panden verwarmt. De warmtevraag is daarom enkel gedefinieerd voor de CV- verwarmde panden op het complex. Uit berekening is gebleken dat met het potentieel energiehout op het landgoed ruim aan deze energievragen kan worden voldaan. Gebleken dat de afstand tussen de twee opties te groot is en de warmte over een te lange afstand moet worden getransporteerd om beide te voorzien. Het rendementverlies is ca. 1% per 500 m. het leidingnet is zeer kostbaar. Daarom moet gekozen worden tussen op twee opties. Vanuit deze wetenschap is dit rapport gericht is op de warmtevraag van optie 2, deze beschikt over de gunstigste uitgangspositie. De ligging is ideaal, er is ruimte voor opslag en loods en de installatie kan direct bij de warmteafnemer staan.
Gebleken is dat enkel de opwekking van warmte energie mogelijk is. Opwekking van elektriciteit is uitgesloten vanwege de geringe hoeveelheid potentieel hout en de kleinschaligheid met de onrendabele perspectieven voor elektriciteit van dien. Daarom is enkel de optie van een heat- only systeem geanalyseerd en mogelijk gebleken. De minimaal benodigde capaciteit van de installatie is: 2635MWh, gedeeld door het ingeschatte aantal vollast uur (4000 uur) is ca. 0,66 MW. Het exacte aantal draaiuren is pas te benaderen bij nauwkeurig onderzoek naar het warmte verbruik over het gehele jaar. Hieruit zal de piek- en dalbelasting voor de installatie eveneens blijken. Op grond daarvan moet de precieze vermogenseis vastgesteld worden. Het daadwerkelijke aantal draaiuren ligt doorgaans lager waardoor een hogere capaciteit nodig is: 700kW tot 900kW. Dit behoefd naderonderzoek. Het antwoord op de onderzoeksvraag is hiermee nog niet gegeven. Van groot belang is het om goede toekomstgarantie te hebben van het rendement. De levensduur van een installatie is doorgaans 30 jaar, de investering hoog en de oogst kosten eveneens. Het antwoord op de vraag: Levert een ton houtchips van een bepaalde energie inhoud omgezet in warmte meer op dan de reguliere verkoop van een ton houtchips 'aan de bosweg', is in niet eenduidig. De beperking ligt in het feit

dat het antwoord op die vraag locatie, omgeving en situatie afhankelijke is. Daarnaast kan met alle gegevens, kennis en middelen waarover nu beschikt wordt het antwoord op de vraag niet zo maar gegeven worden. Dat komt doordat bij de berekening van de opbrengst van de verkoop van warmte een investeringsbegroting gemaakt moet worden die over een nader te bepalen aantal jaren afgeschreven moet worden. Hierop zijn veel variabelen van invloed en deze blijken in elke specifieke situatie verschillende uitkomsten te geven. Het rendement is afhankelijk van velerlei factoren. Voorbeelden van de verschillende parameters en factoren zijn: de grootte van installatiecapaciteit, het aantal jaren van afschrijving, het rente percentage op middellange termijn, de marktwaarde van houtchips, de chipskwaliteit, de prijs van aardgas, de lengte van de warmtetransport(leidingennet), wel of geen elektrostatisch rookgasfilter etc. De kennis die daarvoor nodig is, ligt bij specialisten die complexe modellen hebben opgezet waarin al de variabelen invoerbaar en aanpasbaar zijn. Uit de modellen rolt een prognose voor de specifieke situatie, afhankelijk van de ingevoerde gegevens. De bezitters van de modellen geven deze informatie nooit honderd procent vrij, zei hopen de exacte berekening zelf te mogen maken voor de betreffende situatie. Uit de prognoses waarover wel beschikt wordt en uit een eigen berekening 'met een grote slag', komen positieve uitslagen. Uitslagen die, meegenomen de beperkingen en gebrek aan informatie, opgrond van ingevoerde variabelen blijk geven dat het omzetten van houtchips in warmte voor optie 2 rendabel kan.
Om deze exacte berekening te verkrijgen, met daarin alle parameters meegenomen, moet een gespecialiseerd bureau ingeschakeld worden. Met een model kan een situatie specifieke berekening gemaakt worden waaruit de haalbaarheid en een garantie van het rendement blijkt. Op die berekeningen kan een afgewogen keuze gemaakt worden.
Voor een nauwkeurige beoordeling van de mogelijkheden voor een verbrandingsinstallatie is gebleken dat kennis, maatwerk en een gedetailleerde berekening nodig zijn. Het is van belang wetenschap te hebben van de investeringhoogte en specifieke kosten die aan de orde zijn. Dit onderzoek heeft ondanks de beperkingen wel tot resultaten geleidt waarop vastgesteld kan worden dat dit concept, aangaande de opwekking van warmte uit houtchips op landgoed Boschoord, een toekomst heeft.
Gebleken is dat er op ten duur ecologische gevolgen mogelijk zijn bij het (te veel) oogsten van biomassa. Echter specialisten melden geen alarmerende gevolgen. Op arme zandgronden moet niet ten kosten van alles elke tak- of top voor energiebestemming worden geoogst, hier en daar wat laten liggen volstaat om dit eventuele nadelige gevolgen te ondervangen. Daarnaast wordt de mogelijke verschaling tegen gegaan door de voorgestelde 'geïntegreerde oogstmethode met gespleten werkgang'. Door droging van het hout in het perceel blijven de nutriëntrijke naalden en bladeren ter plekke achter. Dit verhoogt tevens de kwaliteit en de brandwaarde van de houtchips aanzienlijk. (hoger hout gehalte minder inmenging blad/naald en lagere vochtigheidspercentage)
De realisatie van het project op de locatie van het behandelcentrum Hoeve Boschoord geniet aanbeveling. De ligging van het behandelcentrum midden op het landgoed is ideaal, zowel de houtchips als de warmte vergen zodoende geen hoge transportkosten. Het technische personeel van het behandelcentrum kan wellicht de verbrandingsinstallatie onderhouden en aanvullen.

9.3. Aanbevelingen.

1. Het is aan te bevelen in het geval van 'geïntegreerde oogst uit dunning' het energie hout een zomerdroging te laten ondergaan door het een half jaar lang in de houtopstand achter te laten. Dit verhoogd de kwaliteit van de houtchips en bevoordeeld de ecologisch toestand.
2. Aanbevolen wordt de koers van 'Bos- verjongingsplan' te wijzigen en in te zetten op het omvormen van percelen 'slecht functionerend', gebaseerd op bijlage 5. Hierbij de zelfde oppervlakte en hoeveelheden te hanteren.
3. Vanwege de relatieve kleinschaligheid wordt aanbevolen alleen warmte op te wekken. Dit omdat te weinig energiehout beschikbaar is voor het opwekken van elektriciteit. Daarbij staat de investering voor een installatie waarmee warmte en elektriciteit te opgewekt wordt niet in verhouding tot het rendement.
4. Aanbevolen wordt in een vooronderzoek na te gaan welke leveranciers in staat zijn de installatie te leveren. Deze specialisten kunnen de situatie analyseren en adviseren in welke vorm het project het best gegoten kan worden. Met hun technische kennis kunnen zij de berekening maken, een bepaald rendement garanderen en een bijpassende installatietype en capaciteit adviseren.
5. Het is aan te bevelen om meerdere offertes aan te vragen. Zowel leverancier van verbrandingsinstallaties als adviesbureaus berekenen de kosten en opbrengsten van de exploitatie verspreid over levensduur en het rendement. Daaruit zal blijken of het project, ook na gedetailleerde berekening, rendabel is.
6. Aanbevolen wordt vervolg onderzoek te voltrekken naar het energiehout potentieel en het systematisch te meten alvorens de stap tot investeren genomen wordt.
7. Aanbevolen wordt bij vervolg onderzoek te berekenen welke hoeveelheden CO2 gereduceerd worden in de definitieve vorm van het gekozen energieconcept.
8. Aanbevolen wordt contractueel de volgende zaken vast te leggen bij verkoop van warmte; levering(hoeveelheid, kwaliteit, tijdstip betalingsvoorwaarden met inbegrip van eventuele boete en indexeringsclausules.
9. Aanbevolen wordt nader onderzoek te doen naar de vergunningen die nodig zijn aan te vragen. Hierbij te denken aan: Wet milieubeheer, de wet voor verontreiniging oppervlaktewateren, een milieu effect rapportage, het bestemmingsplan en bouwvergunningen. (zie daarvoor www.wetten.nl.)[59]

[59] *Cogen projects, Praktisch stappenplan voor het realiseren van een biomassa WKK, mei 2010.*

10. CONTRACTEN

Twee contractvormen, de meest voor de handliggende, zijn uitgelicht en beschreven op inhoudelijk aspecten. Bij afname van houtchips van derde, wanneer een tekort dreigt bij onvoldoende biomassa-voorraad uit landgoed Boschoord zelf, komt het 'biomassaleveringscontract' aan de orde. Bij warm-televering aan het behandelcentrum Hoeve Boschoord het 'warmteleveringscontract'.

10.1. Biomassa houtchips leveringscontract.

Het contract moet de volgende informatie bevatten:

- De identificatie van de partner(s) in het contract. (personalia)
- De namen en de telefoonnummers van de contactpersonen.

De volgende punten dienen contractueel vastgesteld te worden

- Een goed contract wordt afgesloten voor een langjarige contractperiode van bv: 3, 5 of 10 jaar.
- Een contract heeft een prijs index clausule met een jaarlijkse heronderhandelingdatum.
- Het contract geeft de formule weer om de geleverde hoeveelheid energie/ ton te berekenen
- Het contract geeft de betalingsmethode weer. Met name de termijnen en de aanbetaling re-geling.
- Het contract beschrijft duidelijk de kwaliteit van de chips die geleverd moeten wor-den.(normen)
  - De oorsprong van houtsoorten.
  - Het vochtgehalte van de chips.
  - Nominale grootte van de chips.
  - Fractie grootte en grote verdeling daarvan van de chips.
  - Het niet acceptabele van te grote delen.
  - Het asgehalte dat een ton chips bevat.
- Beschrijft duidelijk de hoeveelheid die geleverd moet worden en de verdeling daarvan over de tijd. (continuïteit/ tijdsinterval tussen ladingen)
- De eindgebruiker koopt wel of geen chips in van andere en visa versa.
- Het contract moet aangeven wat de hoeveelheid per levering is, waar van afgeweken kan worden met bijvoorbeeld 10% plus of 10% min.
- Het contract beschrijft de tijdsperiode waarin geleverd mag worden.
- Totale te leveren hoeveelheid, aangegeven in welke eenheid; ton, stère of GJ
- Verdeling over de tijd van de levering(en).
- Het aantal te besteden werkuren voor levering. [60]

[60] *Hout voor energie voorzieningsketen; "van bos naar poort", D. Kofman, Danish forestry Extension, maart 2011.*

10.2. Biomassawarmte leveringscontract.

Deze opzet is bedoeld als richtlijn bij de voltooiing van het warmteleveringscontract voor behandelcentrum. Beide partijen worden geadviseerd te streven juridische advies in te winnen voor het aangaan van een juridisch bindend contract. Hierbij zijn de volgende punten aan de orde en moet de volgende informatie zijn opgenomen:

1. Contract.

- De identificatie van de partner(s) in het contract. (personalia)
- Het verbruiksadres van de afnemer. (technische gegevens afnemer)
- Schatting jaarlijks kWh(th) gebruik van de afnemer. (seizoensgebonden/hoog/laag)
- De betalingswijze + de gegevens (rekeningnummer – naam rekeninghouder)
- De betalingstermijn (maandelijks of drie maandelijks)
- Het tarief (prijs index clausule met een jaarlijkse heronderhandelingdatum)
- De ingangsdatum van de afname/contract.

2. Biomassa specificatie.

De geschikte biomassa- specificatie zal afhangen van het type brandstof en de prestaties specificatie van de ketel. Biomassa kwaliteit kan worden beschouwd als minder belangrijk voor de eindgebruiker, omdat het hier de warmte die wordt gekocht betreft. Dit is wel relevant in termen van de prijs van de ketel en de prijs van de warmte die hierdoor wordt bepaald. De biomassa specificatie is meetbaar aan de hand van opgestelde normen (bijlage 3). Middels deze normen kunnen alle relevante eigenschappen van de brandstoffen worden beschreven, alsmede de fysische en chemische eigenschappen van de brandstof, methoden voor de bemonstering en de beoordeling van het vochtgehalte, enz.

3. Duur van het contract.

Bij levering van warmte kWh aan het behandelcentrum Hoeve Boschoord is het van belang dat de duur van het contract wordt vastgelegd voor een groot aantal jaren, een langjarig contract. De leverancier en eindgebruiker kunnen overeenkomen tot een passend aantal jaren van levering. Er wordt aanbevolen dat het contract zal moeten lopen voor een minimale periode van twee jaar - heeft te maken met investeren in logistiek / installatie. De formele contractevaluatie moet op jaarlijkse basis plaatsvinden. Een verstandige opzegtermijn/ verlenging van het contract voor beide partijen is drie maanden.

4. Kwantiteit.

De hoeveelheid van de levering, seizoenbepaald en dag- nacht verschil indien van toepassing.
In theorie is het makkelijkst om biomassa te verkopen als energie. De geleverde energie is eenvoudig op te nemen doormiddel van een warmtemeter. Maar in de praktijk, is het niet zo eenvoudig de continuïteit van de afname te garanderen. Dit omdat het zal afhangen van tal van factoren, zoals de calorische waarde van de brandstof, de optimale werking van de ketel, en van de seizoensgebonden prestaties van de ketel. Het is daarom belangrijk vanuit het perspectief van de leverancier, dat een voorgeschreven hoeveelheid van warmte afname, contractueel wordt overeengekomen. Gebeurt dit niet dan zal de economische levensvatbaarheid van het contract in het geding kunnen komen.

5. Prijs.
De uiteindelijke sleutel tot een succesvol warmteleveringscontract is de transparantie tussen alle partijen over de prijsstelling van het tarief. Hierbij is het belangrijk dat de biomassa kosten blijvend de concurrentiekracht ten opzichte van prijzen van fossiele brandstoffen behouden. Dit met het oog op de economisch levensvatbaarheid voor de eindgebruiker. De biomassa leverancier en de warmte leverancier moeten ook in staat zijn voldoende winstmarge te behouden. De prijs moet dan worden geïndexeerd door het instellen van een eerste prijs op basis van de volledige kosten van het leveren van de biomassa aan de afnemer. De initiële prijs verandert dan in de tijd door de periodieke toepassing van de overeengekomen indexering. Echter, de afgifte van een gepaste index voor biomassa is complex. De stijgende kosten van fossiele brandstoffen zal steevast een domino-effect op de prijs van biomassa hebben (dat wil zeggen met betrekking tot oogst, verwerking en transportkosten). Er zijn een aantal verschillende vormen van indexering die zouden kunnen worden toegepast:

• Een belangrijke prijsindex voor de brandstof is de index zoals gebruikt wordt voor de index voor een zware stookolie (of gas) voor middelgrote productiebedrijven.
• De prijs kan verhoogd worden tegen een overeengekomen tarief. Per jaar bijvoorbeeld 2% of 5%.
De meest geschikte indexering moet uiteindelijk onderling worden overeengekomen tussen de leverancier en de eindgebruiker.

8. Warmteafgifte.
In theorie is het contractueel het makkelijkst om biomassa te verkopen door middel van een bepaalde prijs per kWh of MWh. De andere contractuele afspraken over de kwaliteit van de brandstof, levertijden, etc. zijn erg belangrijk. Het is dan ook aan te bevelen dat de eindgebruiker een minimum hoeveelheid warmte per maand koopt om de financiële levensvatbaarheid van het contract te handhaven vanuit het perspectief van de leverancier. Ook zodat beide partijen aan hun verplichtingen kunnen blijven voldoen.

9. Betalingsvoorwaarden.
De datum van facturering kan afhangen van de eindgebruiker of de financiële boekjaren, terwijl de betalingsvoorwaarden zullen afhangen van de standaard van de leverancier en de verkoopvoorwaarden. Beide moeten vooraf overeengekomen worden om later te elk geschil op datum te voorkomen. De wijze van facturatie kan zijn indien gewenst tussentijds en/of jaarlijks.[61]

[61] *www.carbontrust.co.uk.*

Bronvermelding.

Artikelen

- Boon C. 2 juni 2010, Verslag AVIH, *bezoek aan paprikateler Sion Vink*, maart 2011.
- Vakblad Natuur Bos Landschap, 2e jaargang, februari 2011, Stelling: Biomassa uit bos botst met streven naar dood hout, maart 2011.
    - Citaat: Dhr B. Nyssen, Bosgroep Zuid- Nederland.
    - Citaat: Dhr R. Jacobs, Parenco Hout B.V.
    - Citaat: Dhr R. J. Bijlsma, Alterra.

Literatuur

- Berger E.P., Luijt J., Voskuilen M.J. december 2010, '*Bedrijfsuitkomsten in de Nederlandse particuliere bosbouw over 2009'*, lei- rapport, februari 2011.
- D. Kofman, Danish forestry Extension, 2010, *Hout voor energie voorzieningsketen*; "van bos naar poort", april 2011.
- Velp(reader- VHL), november 2007, *Bosbeheerplanning, bos en natuurbeheer*, april 2011.
- Velp(reader- VHL), maart 2006, *Bosbouwbegrippenlijst, bos en natuurbeheer,* april 2011.
- Velp(reader- VHL), juli 2006, *Het Beheersplan, bosinventarisatie, bos en natuurbeheer*, april 2011.

Brochures (model)

- Boer B. februari 2010, *Winst uit eigen woud, hout oogsten, bewaren en stokende*. (Gebaseerd op artikel van ing. Nuisl J. in het vakblad De Landeigenaar, februari 2009), maart 2011.
- Zilverberg advies Mevr. I. Corter, *E-land model*: *Energie van het land, modeling biomass2heat*, maart 2011.

Internet

- http://www.milieuloket.nl, http://www.encyclo.nl/begrip/CO2reductie, febr/aug 2011.
- http://www.nen.nl/web/Normshop/Nieuwe-normen-stimulering-duurzame-energie, aug 2011
- http://www.qsbv.com/00/qsc/nl/177_190/content, NTA 8080, augustus 2011
- http://www.ecn.nl/phyllis/ntamulti.asp, database for biomass and waste, Energy research Centre of the Netherlands,
- http://www.groenloket.nl, SNL subsidieregeling, februari 2011.
- http://www.snipperhout.nl, informatie houtchips, maart 2011.
- http://www.zakelijk.woonenergie.nl, Lijst van termen en betekenis, augustus 2006, mei 2011.
- http://www.energieadviesgroep.com, kleinverbruik2011, gasprijs juni 2011
- http://www.kara.nl, KARA energy systems, augustus 2011
- http://www.estufa.nl, informatie verbrandingsinstallatie, april 2011.
- http:// www.agentschapnl.nl, energie-investeringsaftrek-eia, EIA, juni 2011
- http://www.agentschapnl.nl/nl/programmas-regelingen/stimulering-duurzame-energieproductie-sde, SDE, augustus 2011
- http://www.greenenergyservices.nl, informatie omrekeningsfactoren, maart 2011
- http://www.agentschapnl.nl, informatie energie- investeringsaftrek- eia, mei 2011.
- http://nl.wikipedia.org, informatie energie inhoud aardgas, mei 2011
- http://www.carbontrust.co.uk, informatie contractvorm, mei 2011.

Interviews

- Interview Dhr. P. Reumerman, projectleider houtgestookte Bio-WKK, Regio noordoost Veluwe (gemeenten)
- Interview Dhr. J. Kruijer, (bos)opzichter Maatschappij van Weldadigheid, april 2011 tot augustus 2011.
- Interview Dhr M. Jansen Regiobeheerder/ Houtverkopen Bosgroep N-O Ned.
- Interview Dhr. B. Reuverkamp, Verbrandingsinstallatie deskundige, mei 2011.
- Interview Dhr. Leffers, bosbouwaannemer in Havelte, mei 2011
- Interview Mvr.I Corter, Zilverbergadvies, augustus 2011
- Interview Dhr. G. Prinsen, afdelingverkoop, KARA Energy systems
- Interview dhr. J. Langeweg, exploitant van de verbrandingsinstallatie Beetsterzwaag, maart 2011.
- Interview dhr. J. Vink, exploitant van de verbrandingsinstallatie Beetgum, maart 2011.
- Interview dhr. B. Slot, hoofd technische dienst, Behandelcentrum Hoeve Boschoord, april 2011.
- Interview dhr. C. Bomers, Bio- vergistinginstallatie Groenlo, mei 2011.

Rapporten

- Rijksoverheid Ministerie van Landbouw, 2008, *'Convenant schone en zuinige agrosectoren',* maart 2011.
- Tolkam G.W. van den Berg C.A., Nabuurs G.J.M.M., Olsthoorn A.F.M., Alterra- rapport 1380, ISSN 1566-7197, Wageningen 2006, *Kwantificering van beschikbare biomassa voor bio-energie uit Staatsbosbeheerterreinen,* april 2011.
- Booster M. Oldenburgen J., Oorschot J., Boertjes M., van den Briel, J., 2009, *De logistieke keten van houtige biomassa uit bos, natuur en landschap in Nederland, stand van zaken, knelpunten en kansen,* maart 2011.
- Reumerman P. *Biomassa verbranding is een bewezen technologie*. Harderwijk, 16 februari 2010, pag. 1,2,3, mei 2011.
- Bosgroep Noord- Oost Nederland 2005, *Bosbeheerplan voor het boseigendom van de Stichting Maatschappij van Weldadigheid(FSC), 2005 – 2015*, maart 2011.
- Hartkamp W.M., Jansen W.J.M, juni 2008, *De vergrijzing van het Nederlandse bos, het toekomstperspectief voor de continuïteit van de houtproductiefunctie*, maart 2011.
- Studentengroep BUF Van Hall Larenstein, januari 2009, *Verjongingsplan Boschoord,* maart 2011.
- Jansen J.J., Sevenster J., Faber P.J., 1996, *Opbrengst tabellen voor belangrijke boomsoorten in Nederland*, maart 2011.
- Natuur en Milieu federatie Drenthe, *Natuur en Milieu Federatie Drenthe, Benutting van de biomassa uit het Drents-Friese Wold, tussenrapportage*, maart 2011.
- Bosgroep, 2008, *FSC beleidsplan St. Maatschappij van Weldadigheid*, maart 2011.
- Schrijver R.A.M, Oosterkamp E.B, maart 2011, Alterra Rap. 276, pag. 21, *Het landschap, Bron van energie.* april 2011.
- Cogen projects, *Praktisch stappenplan voor het realiseren van een biomassa WKK*, mei 2010.
- LNV Meetnet Functievervulling Bos, 2001-2005*, Vijfde Nederlandse Bosstatistiek Directie Kennis,* Ede. januari 2006.(bijlage 12)