



30620316-TOS/ECC 08-9136

Thermische verwerking champost

Arnhem, 14 juli 2008

Auteur A.F. Stam, J.J. Erbrink
KEMA Technical & Operational Services

In opdracht van Productschap Tuinbouw

auteur : A.F. Stam	08-07	beoordeeld : A.E. Pfeiffer	08-07
B 42 blz.	1 bijl. MvD	goedgekeurd : A.G.L. Zeijseink	08-07

© KEMA Nederland B.V., Arnhem, Nederland. Alle rechten voorbehouden.

Dit document bevat vertrouwelijke informatie. Overdracht van de informatie aan derden zonder schriftelijke toestemming van KEMA Nederland B.V. is verboden. Hetzelfde geldt voor het kopiëren (elektronische kopieën inbegrepen) van het document of een gedeelte daarvan.

Het is verboden om dit document op enige manier te wijzigen, het opsplitsen in delen daarbij inbegrepen. In geval van afwijkingen tussen een elektronische versie (bijv. een PDF bestand) en de originele door KEMA verstrekte papieren versie, prevaleert laatstgenoemde.

KEMA Nederland B.V. en/of de met haar gelieerde maatschappijen zijn niet aansprakelijk voor enige directe, indirecte, bijkomstige of gevolgschade ontstaan door of bij het gebruik van de informatie of gegevens uit dit document, of door de onmogelijkheid die informatie of gegevens te gebruiken.

INHOUD

	blz.
SAMENVATTING	4
1 Inleiding	6
1.1 Achtergrond	6
1.2 Doelstelling	6
1.3 Leeswijzer.....	6
2 Samenstelling champost.....	7
3 Eerdere studies.....	12
4 Kleinschalige verbranding (tot 2 MW thermisch)	14
5 Grootschalige stand alone verbranding	16
5.1 Drogen	16
5.1.1 Wervelbedverbranding.....	18
5.1.2 Roosterverbranding	19
5.2 Meestoken in cementoven.....	19
5.3 Meestoken in kolencentrale	20
5.4 Meestoken in slibverwerkingsinstallaties	25
5.5 Afzet van assen	25
5.5.1 Inzet cementproductie	26
5.5.2 Afzet van assen uit Stand-alone installaties	26
5.5.3 Meestoken in een kolencentrale	27
6 Economische haalbaarheid	28
6.1 Thermodynamische Analyse	28
6.2 Werkwijze	28
6.3 Uitgangspunten.....	30
6.4 Resultaten.....	33
7 Integreeren champost met andere biomassastromen	37
7.1 Integratie met verwerking van drijfmest.....	37
7.2 Alternatieve biomassa	37
REFERENTIES	40
Bijlage A Corrosie en sintering (agglomeratie)	41

SAMENVATTING

De afzet van champost komt onder druk te staan en brengt steeds hogere kosten met zich mee. Bovendien neemt de concurrentie vanuit andere landen toe, waardoor de prijzen onder druk staan. In PT-verband is voorgesteld de afzet van champost te koppelen aan de productie van energie. Kortom wat zijn de mogelijkheden om champost als een brandstof te gebruiken voor duurzame energietoepassingen. Het doel van de studie is een verkennend onderzoek uitvoeren naar de mogelijkheden om met champost als brandstof, eventueel samen met andere biomassastromen, in te zetten voor de opwekking van energie. Het verkennend onderzoek is een bureaustudie, waarbij tevens voorzien is in een chemisch fysische analyse van de brandstof en richt zich primair op verbrandingstechnieken.

Analyses van champost en compost (de onderlaag van de champost) zijn apart uitgevoerd.

Op basis van samenstellingsanalyses van champost is de inzet van champost voor kleinschalige en grootschalige inzet bezien: in stand-alone installaties, maar ook als meestookproduct bij poederkoolgestookte centrales en de cementindustrie. De technische analyse richt zich daarbij op de potentiële energieproductie en de versturende invloeden van probleemstoffen in de champost. De energieproductie uit champost is relatief laag, terwijl de probleemstoffen voor aanzienlijke corrosie en vervuilingproblemen kunnen zorgen. Op grond hiervan wordt geconcludeerd dat meestoken in kolencentrales en de cementindustrie weinig kansrijk zijn. Kleinschalige verbranding (ruwweg tot 5 MWth) is evenmin voor de hand liggend, terwijl grootschalige verbranding (meer dan 100,000 ton/jaar onder bepaalde voorwaarden wellicht technisch en economisch mogelijk is. De economische berekeningen voor een installatie van 350,000 ton/jaar komen voor de basisvariant uit op een verwerkingstarief van 40 EUR/ton. De onzekerheid is echter nog groot, niet in het minst vanwege het feit dat er nog geen bewezen concepten voor champostverbranding zijn en vanwege de hausse in de staalprijzen van het afgelopen jaar. De randvoorwaarden waaronder een lager tarief mogelijk is, betreffen met name een gecombineerde inzet met andere probleemstoffen zoals slib. Hiervoor moet dan echter scherp aan de wind gezeild worden en uit der aard der zaak moeten hiervoor diverse obstakels opgeruimd worden.

Thermische verwerking van champost is derhalve geen aantrekkelijke verwerkingsroute. De compost (onderlaag in de champost) en de (integrale) champost verschillen nauwelijks in samenstelling. Scheiden van compost en champost heeft derhalve geen zin.

Mogelijk bieden de volgende opties nog een kans, die nader onderzocht kunnen worden, afhankelijk van de noodzaak minder aantrekkelijke alternatieven te zoeken:

- 1 aanbevolen wordt met de slibsector contact te zoeken om gecombineerd slib en champost te verwerken
- 2 co-verbranden met kippenmest is een (theoretisch) optie, omdat de reststoffen als mest afgezet kunnen worden. De huidige initiatieven voor kippenmestverbranding bieden op dit moment weinig capaciteit (technisch en in de vergunning)
- 3 inzet bij een bruinkoolcentrale in Duitsland is een optie, die verder nagegaan kan worden. Bruinkool en champost verschillen minder dan steenkool en champost.

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

De afzet van champost via de reguliere kanalen komt in toenemende mate onder druk te staan en brengt steeds hogere kosten met zich mee. De kosten van energie stijgen. Bovendien neemt de concurrentie vanuit andere landen toe, waardoor de prijzen onder druk staan. Sinds 1 januari 2006 valt champost onder de definitie van dierlijke mest. De gewijzigde definitie van dierlijke mest per 1 januari 2006 leidt ertoe dat bij export van champost de EVOA-procedure voor dierlijke mest gevolgd zal moeten worden. Het belang van het ontwikkelen van alternatieve afzetmogelijkheden voor champost neemt daarmee toe. Gezien deze ontwikkelingen is voorgesteld de afzet van champost te koppelen aan de productie van energie. Kortom wat zijn de mogelijkheden om champost als een brandstof te gebruiken voor duurzame energietoepassingen.

1.2 Doelstelling

Doelstelling(en) en afbakening: doel is het uitvoeren van een verkennend onderzoek naar de mogelijkheden om met champost als brandstof, al dan niet in combinatie met andere biomassa brandstoffen waaronder mest, in te zetten voor de opwekking van elektriciteit en/of productie van warmte. Het verkennend onderzoek is een bureaustudie, waarbij tevens voorzien is in een chemisch fysische analyse van de brandstof. Het verkennend onderzoek richt zich primair op verbrandingstechnieken.

1.3 Leeswijzer

Eerst wordt de samenstelling van champost besproken (hoofdstuk 2), dit op basis van historische metingen en eigen analyses van een representatief monster. Dan wordt kort aangegeven welke stappen op weg naar de realisatie onderscheiden kunnen worden (hoofdstuk 3). Vervolgens wordt de technische haalbaarheid getoetst (kleinschalig met alleen warmteproductie en grootschalig met vooral elektriciteitsproductie), zie hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 wordt de economische analyse gegeven. De combinatiemogelijkheden met andere biomassaströmen wordt in hoofdstuk 6 besproken, en hoofdstuk 7 sluit af met discussie en conclusies.

2 SAMENSTELLING CHAMPOST

Champost is een gestoomd mengsel van in de champignonteelt gebruikte compost met circa 30% dekaarde. De compost voor de champignonteelt is samengesteld uit verschillende mestsoorten (van paarden en/of pluimvee), stro en gips. Champost wordt toegepast als organische meststof (bodemverbeteraar).

Van champost worden regelmatig analyses genomen, omdat het van belang is te weten of de champost voldoet aan onder meer het BOOM-besluit. Enige historische samenstellingsgegevens zijn in tabel 1 samengebracht.

Tabel 1 Samenstellingsgegevens champost (bron: ZLTO)

		ZLTO	ZLTO	CBB	CBB	CBB	CBB	NIPA	NIPA	DSM
		2005	2001	analyse 2000	analyse 1999	analyse 1998	analyse 1997	analyse 1995(25)	analyse 1995 (5)	
ds	g/kg	338	308,96	320	295	300	317	347	360	350,00
os	% ds	58,8	62,16	56,5	59	62,9	64,1	50,13	48,7	62,86
fosfaat	g/kg ds	12,4	12,02	13,7	10,5	10,2	10,1	18,8	22,6	
stikstof	g/kg ds	20,2	21,04	16,3	17,48	4,6(vers)				
Cd	mg/kg ds	0,23	0,26	<0,4	0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	
Cr	mg/kg ds	5,9	8,36	<15	<15	8	9	<10	<10	
Cu	mg/kg ds	40	28,08	31	29	27	21	26,28	53,4	
Hg	mg/kg ds	0,04	0,05	<0,05	0,08	<0,2	<0,2	0,06	<0,04	
Ni	mg/kg ds	4,3	4,48	3	4	7	<5	<5	<5	
Pb	mg/kg ds	<6,3	7,032	<13	<13	11	6	<15	<15	
Zn	mg/kg ds	136	125,12	150	120	106	66	112	150	
As	mg/kg ds	1,6	1,912	<4	<4	<5	<5	<5	<5	
stikstof	mg/kg ds									15,71
N	%	0,20								0,58
K ₂ O	g/kg ds	27,3	21,54							24,86

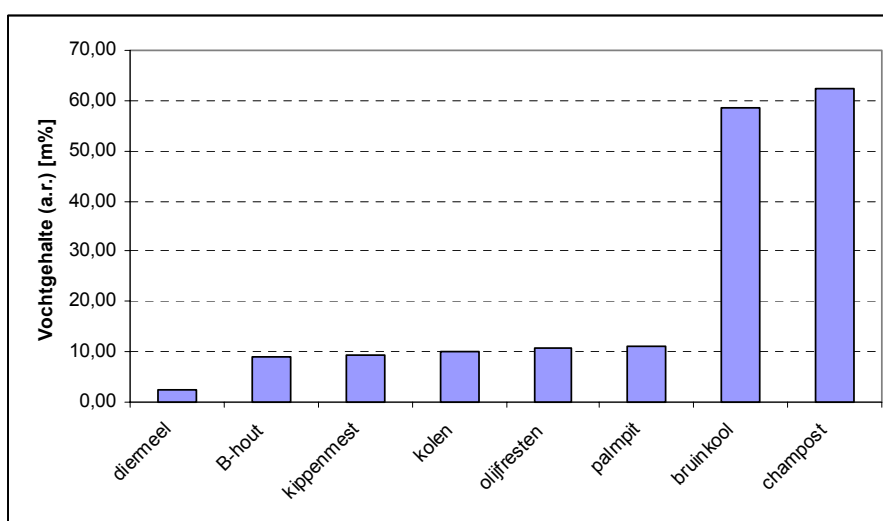
Om meer inzicht te krijgen in de brandstofkwaliteit zijn van de champost twee monsters bij de firma Franzmann genomen en geanalyseerd bij ECN. Het eerste monster is de onderlaag van de champost (de compost) en het tweede monster is de champost zoals dat normaal wordt afgevoerd. Het idee daarachter is dat compost zonder de deklaag wellicht een samenstelling heeft die zich beter laat verbranden in de beoogde verbrandingstechnieken. Om een indruk te krijgen van de analyseresultaten zijn deze vergeleken met kolen, bruinkool en enkele gangbare (meestook-)biomassastromen zoals kippenmest, B-hout, olijfstrengen, palmpit

en diermeel, zie tabel 2. Uit de tabel blijkt dat de compost (onderlaag in de champost) en de (integrale) champost nauwelijks in samenstelling verschillen. Scheiden van compost en champost heeft derhalve geen zin. In het vervolg zal in dit rapport daarom alleen over champost gesproken worden.

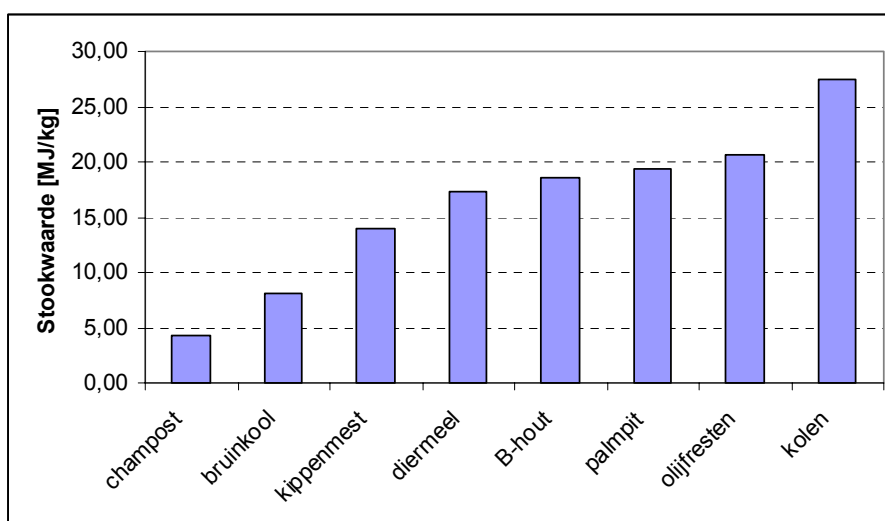
Tabel 2 Samenstelling champost en diverse gangbare brandstoffen. Twee monsters zijn geanalyseerd, hiervan zijn de resultaten weergegeven in de kolommen compost (de onderlaag van de champost) en champost.

Name	compost	champost	kolen	bruinkool	kippenmest	B-hout	RWZI slib	palmpit	diermeel
PROXANAL									
Moisture (a.r.)	61,20	63,88	9,95	58,69	9,29	9,08	75	11,01	2,50
Fixed Carbon			44,12		14,40	21,62	28,4	17,59	12,71
Volatile Matter			33,62		47,82	76,53		77,28	63,31
Ash	39,28	36,52	12,30	8,70	37,79	1,85	43	5,14	23,95
ULTANAL									
Ash	39,28	36,52	12,30	8,70	37,79	1,85	43	5,14	23,95
C (d.b.)			71,05	61,75	37,38	50,26	28,4	48,34	43,07
H (d.b.)	3,77	3,82	4,61	4,50	4,19	6,91	4,6	6,20	6,04
N (d.b.)	2,29	1,90	1,50	0,60	3,76	1,03	3,5	2,62	9,16
Cl (d.b.)	0,77	0,63	0,01	0,05	0,13	0,07	.07	0,21	0,87
S (d.b.)	3,35	2,70	0,69	0,39	0,74	0,00	0,09	0,26	1,27
O (by diff.)			9,83	24,02	15,64	39,88	19,6	37,23	15,64
Stookwaarde (a.r.)	2,66	2,51	27,49	8,10	13,99	18,54	2 a 3	19,36	17,27
Asanalyse									
macro-elements									
Al	0,31	0,32	1,71	0,20	0,18	0,04	2,7	0,15	0,29
Ca	4,95	6,93	0,35	1,34	13,93	0,32	11,8	0,31	6,88
Cl	0,77	0,63	0,01	0,85	0,13	0,07	0,07	0,21	0,87
Fe	0,22	0,20	0,54	0,02	0,11	0,05	7,8	0,30	0,04
K	3,59	2,62	0,12	0,23	3,47	0,16	0,5	0,63	0,61
Mg	0,55	0,45	0,13	0,02	0,85	0,06	1,0	0,18	0,19
Na	0,32	0,26	0,04	0,01	0,15	0,04	1,8	0,00	1,11
P	0,57	0,47	0,04	1,84	2,30	0,08	5,2	0,62	4,17
Si	4,09	3,55	3,02	0,07	0,93	0,20	10,1	0,39	0,00
Ti	0,02	0,01	0,10	0,00	0,01	0,02	0,3	0,00	0,00

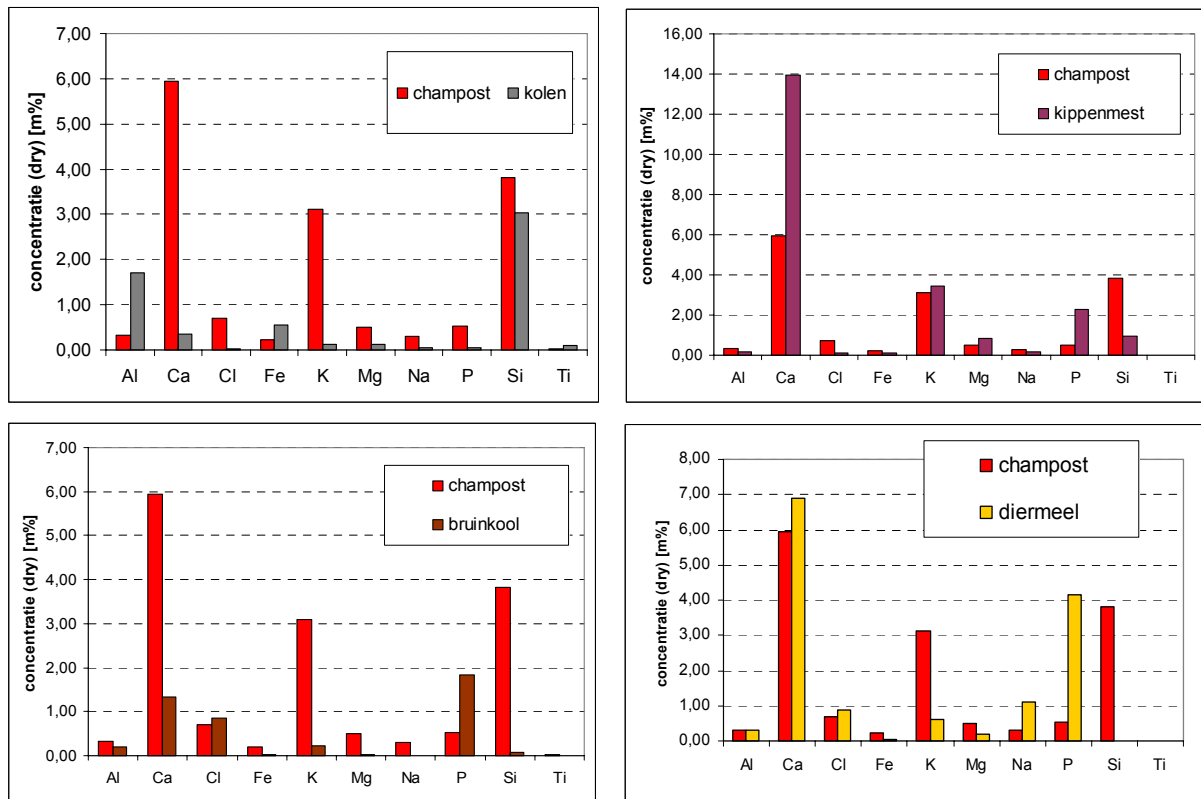
Het vochtgehalte en het asgehalte van champost zijn opvallend hoog. Het asgehalte van champost (dat voor een groot gedeelte uit mest bestaat) is vergelijkbaar met dat van kippenmest. Kippenmest is echter veel droger, het vochtgehalte van champost ligt hoger dan het hoge vochtgehalte van bruinkool, zie figuur 1. Het hoge as- en vochtgehalte resulteren in een lage stookwaarde, zie figuur 2. De verschillen tussen compost en champost zijn voor wat betreft verbrandingseigenschappen klein. Van de champost is ruwweg 25% dekaarde en 75% compost.



Figuur 1 Vochtgehalte van champost in vergelijking met diverse gangbare biobrandstoffen



Figuur 2 Stookwaarde van champost in vergelijking met diverse gangbare biobrandstoffen



Figuur 3 Asanalyse (macro-componenten) van champost vergeleken met (a) kolen, (b) bruinkool, (c) kippenmest en (d) diermeel

In vergelijking met kolen en bruinkool is de concentratie calcium en kalium aanzienlijk hoger. Kalium is een (alkali-) element dat vervluchtigt bij lagere temperaturen (vanaf circa 700 °C) en een toename van vervuiling en verslaking kan veroorzaken door respectievelijk het uitcondenseren van sulfaten en de verlaging van het smeltpunt van assen. Deze effecten veroorzaken op hun beurt weer een toename van hoge temperatuurscorrosie, zie ook paragraaf 4.4. Calcium is een (aardalkali-) element dat ook voor een toename van verslaking en vervuiling kan zorgen, zij het in mindere mate dan kalium.

Belangrijk voor de voornoemde verslaking- en vervuilingsmechanismen is de verschijningsvorm van de elementen. Aangezien champost voor een groot gedeelte uit mest bestaat, is te verwachten dat de calcium (zoals in kippenmest) gebonden is als calciumfosfaat, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Het asgehalte en de elementsamenstelling van champost is goed te vergelijken met kippenmest, alhoewel het vochtgehalte hoger en de stookwaarde lager is.

Voor een verbrandingsproces is een biomassa nadelig indien:

- het stikstofgehalte is hoog (hogere NO_x)
- de biomassa veel chloor bevat (corrosie gevaar)
- het assmelpunt laag is (kans op slakvorming in de verbrandingsinstallatie)
- het vochtgehalte hoog is (groter dan 65%, hulpbrandstoffen zijn nodig).

Voor champost geldt dat min of meer alle vier de aspecten nadelig uitpakken.



Figuur 4 Champost monster

3 EERDERE STUDIES

In Nederland is op beperkte schaal aandacht gegeven aan het thema duurzame energie of energiebesparing in de paddenstoelensector en meer specifiek aan alternatieve technieken om champost te verwerken. In de Meerjaren afspraak Energie Paddenstoelenteelt is vermeld dat de sector zich verplicht tot het gezamenlijk doen van studie naar de mogelijkheden van duurzame energie inzet (LTO Nederland, 2007).

KEMA heeft een haalbaarheidsstudie naar de energierterugwinning uit champost gedaan (KEMA, 1998). Hieruit werd geconcludeerd dat een verwerkingstarief van meer dan 25 EUR per ton nodig is. Voor een installatie met een doorzet van 380.000 ton per jaar is destijds een investering geschat van 60 miljoen EUR.

Een oriënterende studie van PPO (2002) meldt wel dat de vergisting van champost technisch mogelijk zou zijn, noemt ook de criteria om tot een succes te komen maar doet geen uitspraken omtrent de haalbaarheid ervan. Een studie van ECO consult (2007) vergelijkt een aantal mogelijke alternatieve routes voor de verwerking van champost en noemt de inzet van champost voor energieproductie wel, maar geeft geen aanwijzing of dit technisch en economisch een haalbare optie is.

In opdracht van het Productschap Tuinbouw is een eerdere korte studie gedaan naar de alternatieve routes voor de afzet van champost (Eco Consult, 2007). De elementen die als kansrijk genoemd in deze studie zijn de toepassing van perskoek (het product na mechanische ontwatering van de champost) door omzetting in biodiesel of biobrandstof-pellets

In een recente studie van SenterNovem naar de verwachte beschikbaarheid van biomassa-stromen voor energieopwekking in 2010 wordt champost niet genoemd.

VITO in België heeft overzichten gemaakt van verbrandingstechnieken (VITO, 2000). Voor lastige brandstoffen (dat wil zeggen hoog chloor-, kalium- en stikstofgehaltes) worden technieken ingezet die hogere kosten met zich mee brengen. Verwerkingstechnieken rond de 100 EUR per ton worden genoemd. Voor een pluimveemestverwerkingsinstallatie zijn de investeringen geschat op 50 miljoen EUR voor een installatie met een capaciteit van 200.000 ton per jaar.

Voor de verwerking van varkensmest (na indikking en droging) worden door VITO-tarieven genoemd van 200 EUR per ton droge stof genoemd, teruggerekend naar champost komt dit

neer op 75 EUR per ton. Daarbij wordt terecht opgemerkt dat de investeringskosten sterk afhangen van de benodigde rookgasreiniging. Indien de samenstelling van champost met kippenmest wordt vergeleken (zie tabel 2), dan moet geconcludeerd worden dat rookgasreiniging duurder zal uitvallen.

Champost is niet alleen een Nederlands issue. Immers, naast Nederland zijn Ierland en Polen de concurrenten op de Europese markt. In Engeland is een verkennende studie gedaan naar de combinatie van coal slurry en champost (SUWIC, ongedateerd). De mix wordt tot pellets geperst en aangeboden aan energieproducenten. In Nederland is dit geen optie; coal slurry is niet beschikbaar en voor het pelletiseren moet al gauw 40 EUR per ton worden gerekend. Alleen indien de pellets dan tegen een duidelijke positieve waarde afgezet kunnen worden, kan deze optie nader bestudeerd worden. Pellets met een hoog asgehalte, waarin ook N, P en K sterk vertegenwoordigd zijn, zijn echter geen aantrekkelijke brandstof. In Engeland bestaan nog deponie's met coal sludge; het maken van pellets uit deze hoogcalorische brandstof, waar champost dan kan meeliften, is onderwerp van actuele studies. Voor Nederland is dit niet relevant.

In Ierland zijn meerdere studies uitgevoerd naar alternatieve wegen voor de verwerking van champost, zoals door de Ierse Senter Novem (Sustainable Energy Ireland, SEI, 2003). Daarin valt te lezen dat de co-verbranding van champost (met bijvoorbeeld kippenmest) als kansrijk wordt gezien en dat er proefinstallaties overwogen worden. In Noord Ierland is een meer diepgaande studie gedaan naar de mogelijkheden om via een verbrandingsproces de champost op een economisch verantwoorde wijze te verwerken (McCahey e.a., 2003). Uit deze studie werd een verwerkingstarief van ongeveer 10 £ (€ 15/ton) berekend voor een doorzet van 100.000 ton per jaar. Wanneer de onderliggende gegevens worden overgenomen en vertaald naar de Nederlandse situatie, is het verwerkingstarief € 32/ton (zie tabel 3). In de Nederlandse situatie is gerekend met representatieve waarden voor verzekering en onderhoud, zoals doorgaans wordt aangenomen. Ook is gerekend op enige voorbereidingskosten zoals het verkleinen van de champost (dat bestaat uit klontachtig materiaal) alsmede transport en opslagkosten. Een afschrijftermijn van 10 jaar is voor de Nederlandse situatie gekozen, omdat de MEP-subsidie¹ deze termijn hanteert.

¹ Ten tijde van deze rapportage is van een MEP-situatie uitgegaan, SDE-tarieven en -voorwaarden waren niet bekend

Tabel 3 Vertaling van uitgangspunten kostenberekening in UK studie naar de Nederlandse situatie

post	eenheid	UK studie	NL
rentevoet	%	15	5
afschrijftermijn	jaar	15	10
investeringen	MEUR	13,5	13,5
onderhoud	EUR	144.000	270.000
voorbewerking	EUR	0	740.000
elektriciteitsprijs	EUR /MWh	45	120
verzekering	EUR	170.000	200.000
overige kosten	EUR	297.000	300.000
afvoer reststoffen	EUR /ton	0	50

Met name de investeringsniveaus in de andere studies zijn aanmerkelijk hoger dan in de UK-studies. Ook over de investeringsniveaus op kleine schaal bestaat veel onzekerheid. In de VITO-studie wordt gemeld dat een installatie die (pluimvee) mest kan verwerken met een capaciteit van 2.500 ton/jaar een investering vergt van 300.000 tot 350.000 EUR en een uiteindelijk verwerkingstarief van 18 EUR/ton. Pluimveemest echter is geen champost en in deze studie wordt specifiek naar champost gekeken, uitgaande van samenstellingsgegevens van de champost. Wel geeft het inzicht rond pluimveemest een indicatie van de onderwaarde; de verwerking van champost zal zeker niet goedkoper zijn.

4 KLEINSCHALIGE VERBRANDING (TOT 2 MW THERMISCH)

Een houtgestookte ketel met een vermogen van 2 MWth vergt een investering van een 800.000 EUR. Deze produceert dan bij een doorzet van 4.000 ton houtchips per jaar (12 MJ/kg, ketelrendement 80%), 14.000 GJ per jaar. Voor een verbrandingsketel, die lastiger biomassastromen kan verwerken, is een ander type ketel nodig, die specifiek deze vochtige en asrijke biomassastromen aankan. Deze zijn aanmerkelijk duurder vooral vanwege de meer omvangrijke ketel en rookgasreiniging. Voor een dergelijke installatie zijn geen budgetprijzen beschikbaar omdat het niet gangbaar is laagwaardige biomassa als brandstof in te zetten. Het is daarom lastig hiervoor een economische berekening te maken. Indien champost wordt verstoekt, zal de doorzet op het rooster wat hoger kunnen zijn, echter de rookgasvolumes zijn groter omdat met een hogere luchtvermaat gestookt wordt en ook is

luchtvoorwarming nodig. Daarnaast moet de ketel naar verhouding ruimer gebouwd worden om het risico van verslaking en vervuiling te verminderen, ook moeten meer corrosie resistente materialen worden toegepast. Uitgaande van een budgetprijs van 0,8 miljoen EUR voor een houtverbrandingsketel (2 MWth), wordt de investering 1,6 miljoen EUR. Bij een stookwaarde van 4 MJ/kg voor de champost levert een dergelijke installatie 3.000 GJ aan nuttig aanwendbare warmte. Er wordt vanuit gegaan dat 25% van de thermische input als warmte afgezet kan worden. Dit is een redelijke schatting omdat er enerzijds warmteverliezen zijn en anderzijds er hooguit 50% van de warmte op jaarbasis afgezet kan worden indien deze voor ruimteverwarming wordt ingezet (hetgeen de basisoptie is). Voor de overige uitgangspunten, zie tabel 4. Een afschrijftermijn van 15 jaar is hier gekozen; de MEP-subsidie² is nu niet van toepassing zodat een ruimere en een meer technische afschrijftermijn wordt gehanteerd.

Tabel 4 Uitgangspunten kostenberekening kleinschalige verbranding van champost

investering	1,6	M EUR
afschrijftermijn	15	jaar
rentevoet	5%	per jaar
voorbewerking champost	2	EUR/ton
onderhoud	2%	per jaar
bediening	4.000	EUR/jaar
hulpstoffen	6.5	EUR/ton
afvoer as per ton as	50	EUR/ton
warmte prijs	5	EUR/GJ
diverse operationele kosten	50.000	EUR/jaar

Met deze uitgangspunten wordt een verwerkingstarief van ruwweg 60 tot 70 EUR per ton berekend. Indien we de door VITO vermelde investering voor een kippenmestverwerkingsinstallatie (350.000 ton, capaciteit 2.500 ton/jaar) als uitgangspunt nemen (zie hoofdstuk 3) en weer aannemen dat deze investering voor champost het dubbele zal zijn, dan wordt hetzelfde verwerkingstarief berekend (73 EUR/ton). Voeg daarbij de vergunningsprocedure voor een dergelijke installatie, waarbij champost als afval wordt aangemerkt (immers, de eigenaar van de champost ontdoet zich hiervan) met strenge eisen aan de emissies, de reststoffen afvoer en het geurbeleid en de conclusie is dat verwerking op kleine schaal een lastig te realiseren optie is, waar champignonkwekers niet als eerste aan moeten gaan werken.

² Ten tijde van deze rapportage is van een MEP-situatie uitgegaan, SDE-tarieven en voorwaarden waren niet bekend

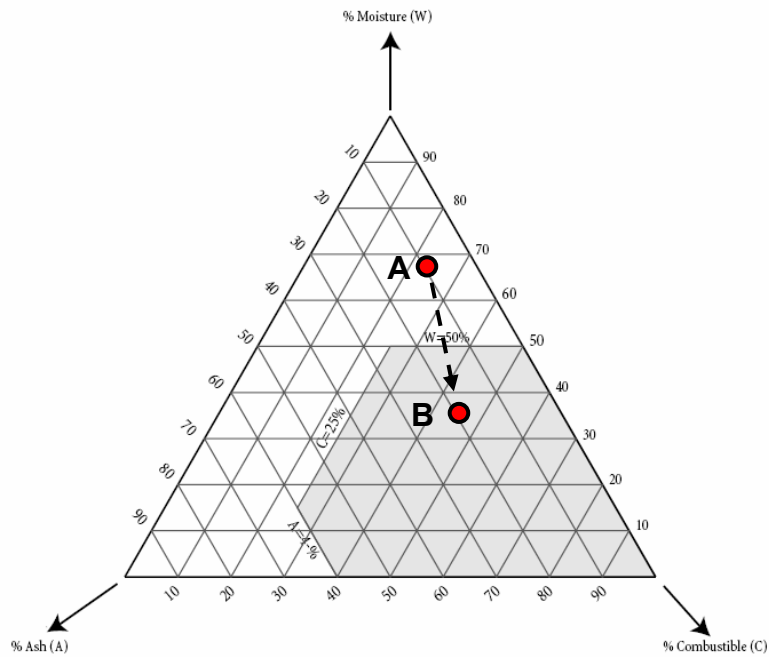
Een meer fundamenteel probleem is of een kleinschalige installatie in staat is om een kwalitatief hoogwaardige verbranding te realiseren met een kwalitatief slechte brandstof zoals champost. De verwachting is dat dit problematisch zal zijn en dat het gebruik van hulpbrandstoffen (bijvoorbeeld hout) noodzakelijk is.

5 GROOTSCHALIGE STAND ALONE VERBRANDING

5.1 Drogen

Om een stof te kunnen verbranden, geldt dat het vochtpercentage en de inerte fractie (asgehalte) niet te hoog mogen zijn. Bij afvalverbranding wordt het Tanner-diagram (zie figuur 5) gebruikt om te bepalen of een bepaalde stof geschikt is voor verbranding. In grijs is in het diagram het garantiegebied aangegeven waar de stof brandbaar is. Typische waarden van vocht- en asgehalte zijn voor champost respectievelijk 67% en 9% (as received), weergegeven als punt A in figuur 5.

Daarbij moet de stookwaarde, voor mogelijke thermische verwerking, minimaal 5 tot 6 MJ/kg zijn. Door de champost te drogen, waarbij het vocht- en asgehalte op respectievelijk 35% en 18% komt (punt B in figuur 5), komt de stookwaarde op ongeveer 7,8 MJ/kg waarbij thermische verwerking mogelijk is.



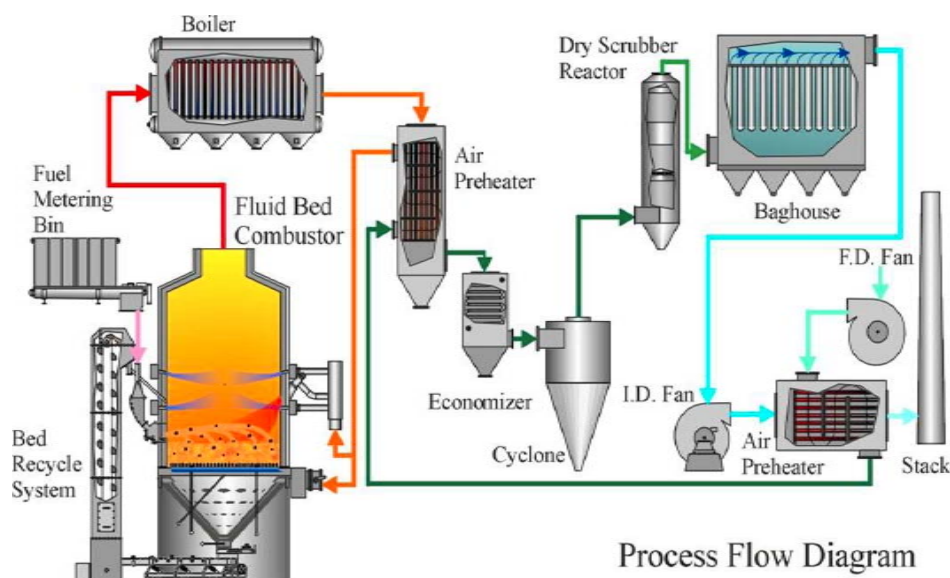
Figuur 5 Droogstap van 67% vocht (punt A) naar 35% vocht (punt B) in Tanner-diagram om verbranding mogelijk te maken

Het meeste vocht in champost is geen aanhangend vocht maar intercellulair gebonden waardoor mechanische ontwatering (bijvoorbeeld centrifuge) weinig zin heeft. Een alternatief is thermische droging. Wanneer de bij de verbranding vrijkomende warmte wordt aangewend voor het produceren van elektriciteit, kan lagedruk stoom (8 bar) uit de turbine worden afgetapt en de champost worden gedroogd met een indirecte droger, bijvoorbeeld een schijvendroger zoals wordt toegepast bij droging van rioolwaterslib in slibverbrandingsinstallaties.

Het drogen heeft dus tot gevolg dat de stookwaarde stijgt en ook dat de totale doorzet (ton/uur) daalt. Het verder drogen van de champost betekent dan dat de verbrandingsketel kleiner kan zijn. Omdat ook het rookgasvolume daalt, kan de verdere uitvoering van de rookgaskanalen ook wat kleiner zijn. Met de schatting van de investeringen is hiermee rekening gehouden.

5.1.1 Wervelbedverbranding

Wervelbedverbrandingsinstallaties worden in Nederland algemeen ingezet voor de verbranding van zuiveringsslib. In het buitenland worden diverse soorten biomassa (hout, stro, turf, verkleind huishoudelijk afval) in wervelbedovens verbrand, onder andere in Scandinavië. In Idaho (USA) wordt een mengsel van kippenmest, varkensmest en kalkoemest verstoekt in een 900 kW testinstallatie. Een overzicht van dit systeem is gegeven in figuur 6.



Figuur 6 Process Flow Diagram 900 kW wervelbedverbrandingsinstallatie Idaho, USA

Bedagglomeratie kan een belangrijk probleem vormen gezien de samenstelling van de as. De asdeeltjes kunnen verweken en samenkleven waardoor verstoppingen in het wervelbed kunnen optreden. Of dit in de praktijk zal optreden, is niet eenduidig te voorspellen wegens het ontbreken van referenties. Wel zijn problemen opgetreden bij proeven met het verbranden van mest.

Om meer inzicht te verkrijgen over de mogelijkheid van het optreden van bedagglomeratie is een thermodynamische evenwichtsberekening uitgevoerd met het computerprogramma FactSage. De resultaten van deze berekeningen zijn gegeven in bijlage A.

Uit deze berekeningen blijkt de verbranding van champost voor zowel corrosie als bedagglomeratie serieuze problemen te kunnen opleveren. Hoge chloride concentraties kunnen

corrosie veroorzaken en vereisen vaak de keuze van hoogwaardige en duurdere staal-soorten. Vanwege de gesignaleerde problemen rond bedagglomeratie en corrosie, wordt de economische haalbaarheid verder alleen van roosterverbranding bekeken.

5.1.2 Roosterverbranding

Roosterverbranding wordt internationaal met succes toegepast bij onder andere afvalverbranding, maar ook in het geval van thermische verwerking van pluimveemest blijkt dit concept in de praktijk een goede uitvoeringsvorm. In Engeland draaien een aantal installaties reeds enige tijd en is de problematiek van assintering beheersbaar gebleken.

Voor champost zijn nog geen referenties bekend, echter vanwege de goede ervaringen met pluimveemestverbranding zal de economische haalbaarheid hiervan verder bekeken worden.

5.2 Meestoken in cementoven

In cementovens worden secundaire brandstoffen meegestookt. Co-verbranding van afvalfracties in de productie van klinker wordt al tientallen jaren en op grote schaal toegepast. In de Europese cementindustrie wordt gemiddeld 10% van de energiebehoefte op deze manier gedekt. Veelvuldig gebruikte afvalstromen zijn onder meer: autobanden, rubber, papierafval en -slib, houtsnippers, afvalolie, gedroogd waterzuiverings-slib, kunststoffen en solventen.

De reden dat deze secundaire brandstoffen worden toegepast is dat de brandstoffen een toegevoegde waarde hebben op het gebied van:

- energie-inhoud (vervanging van fossiele brandstoffen)
- mineralen (vervanging van natuurlijke mineralen).

Voor champost is dit in beide gevallen niet van toepassing. De stookwaarde is op "as received" basis beneden de 5 MJ/kg. De as in champost bevat aanzienlijke concentraties aan fosfor en zwavel die juist negatief zijn voor de cementkwaliteit. Bovendien zal de ENCI te Maastricht naar verwachting in 2010 haar activiteiten beëindigen. Meestoken in een cementoven is daarom geen voor de hand liggende route.

5.3 Meestoken in kolencentrale

Champost wordt momenteel niet in kolencentrales meegestookt. De kolencentrale die het dichtst bij het afzetgebied van de champost is gelegen is de Amercentrale van Essent in Geertruidenberg. Gezien de strenge eisen die Essent stelt wat betreft "groenheid" van de biomassa, wordt in de Amercentrale voornamelijk hout meegestookt. Meestoken van champost lijkt hier niet opportuun, met name vanwege de lage stookwaarde in combinatie met het verhoogde risico van verslaking en vervuiling. De centrales die in aanmerking komen voor meestook van afwijkende biomassastromen zijn de kolencentrale in Borssele en de kolencentrale op de Maasvlakte.

Bij de kolencentrale in Borssele past het verstoken van deze brandstof, wegens de lage stookwaarde, niet in de huidige milieuvergunning. Bij de Maasvlaktecentrale zijn er wat meer mogelijkheden mede door de mogelijkheid om biomassastromen via een voorbewerking tot een pelletachtige brandstof te verwerken.

Bij meestoken van champost met kolen worden een aantal problemen verwacht op het gebied van:

- rendementsverlies door hoog vochtgehalte
- de invoer van de brandstof
- verslaking
- vervuiling
- corrosie
- de-activering DeNOx-installatie.

Rendementsverlies door hoog vochtgehalte

Het hoge vochtgehalte geeft aanleiding tot rendementsverlies. Door een extra droogstap, waarbij lagedrukstoom aan het proces onttrokken moet worden, komt er minder energie ter beschikking van het kringproces om elektriciteit op te wekken. Wanneer de biomassa niet gedroogd de ketel in wordt gebracht, treedt uiteraard ook rendementsverlies op. Het water moet verdampt worden en minder warmte kan worden overgedragen aan het kringproces.

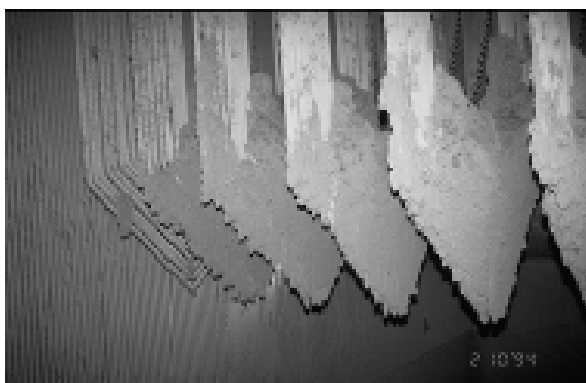
Invoer van de brandstof

Om een goede uitbrand te garanderen (onder andere vanwege de limitering van 5 tot 7% C in de vlieggas, afhankelijk van de categorie vlieggas) moeten de biomassadeeltjes voldoende klein worden gemalen. De diameter moet kleiner dan 1 mm zijn. Tevens kunnen te grote deeltjes geheel niet de vuurhaard ingaan maar direct in de bodemas terecht komen. Het voorkomen van champost is anders dan van kolen waardoor een aanvullende maal-

bewerking noodzakelijk is. Gezien het hoge vochtpercentage zal ook wegens de droogcapaciteit van de molens de invoer van champost via de kolenmolens beperkt zijn. Investering in extra of aangepaste molens is dan noodzakelijk.

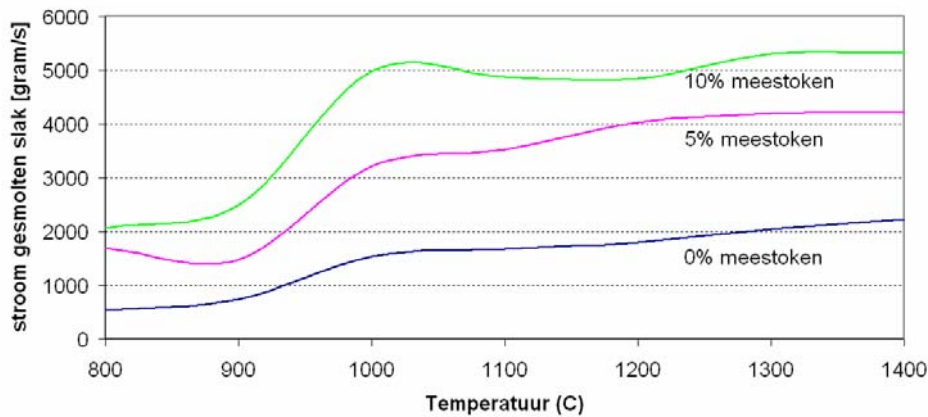
Verslakking en vervuiling

In de as van champost bevinden zich verhoogde concentraties elementen (ten opzichte van kolen) kalium en calcium, zie hoofdstuk 2. Natrium, kalium, ijzer en zwavel en ook aardalkalimetalen (Ca, Mg) zijn elementen die voor smeltpuntverlaging (of verwekingtemperatuur) van de assen zorgen en als gesmolten zout een eutecticum³ kunnen vormen. (Gesmolten slak-)deeltjes zetten zich af op de ketelwand en bij het toenemen van de laagdikte neemt de temperatuur zodanig toe dat de laag aan de oppervlakte gesmolten is. Vliegassdeeltjes worden weer in deze laag ingevangen. Plaatsen waar voornamelijk verslakking plaatsvindt, zijn de brandermonden, plaatsen waar eventueel de vlammen de ketelwand raken, gedeelten van de membraanwand en de oververhitterbuizen (zie figuur 7).



Figuur 7 Oververhitterbuizen met afzettingsslaag

³ Een eutecticum is een mengsel van twee of meer elementen die samen een lager smeltpunt hebben dan de beide componenten waar het mengsel uit bestaat



Figuur 8 Thermodynamisch evenwicht waarbij de hoeveelheid gesmolten slak bepaald is bij diverse temperaturen voor 0, 5 en 10% (e/e) meestoken van champost met kolen

Ook bij vervuiling spelen de voornoemde elementen een belangrijke rol waar K en Na zouten zich afzetten op oververhitter-, economizer- en voorwarmerbuizen in de tweede trek.

Nadelige gevolgen van verslakking en vervuiling zijn divers: door afzettingen treedt isolatie op waardoor minder warmte naar de stoom overgedragen kan worden. Dit betekent rendementsverlies (verminderde inkomsten uit elektriciteitsverkoop). Daarnaast treedt er versterkte corrosie op onder sulfaatrijke afzettingen. Om deze effecten te voorkomen moet extra onderhoud worden gepleegd, al dan niet voorzien, desnoods met stilleggen van de plant.

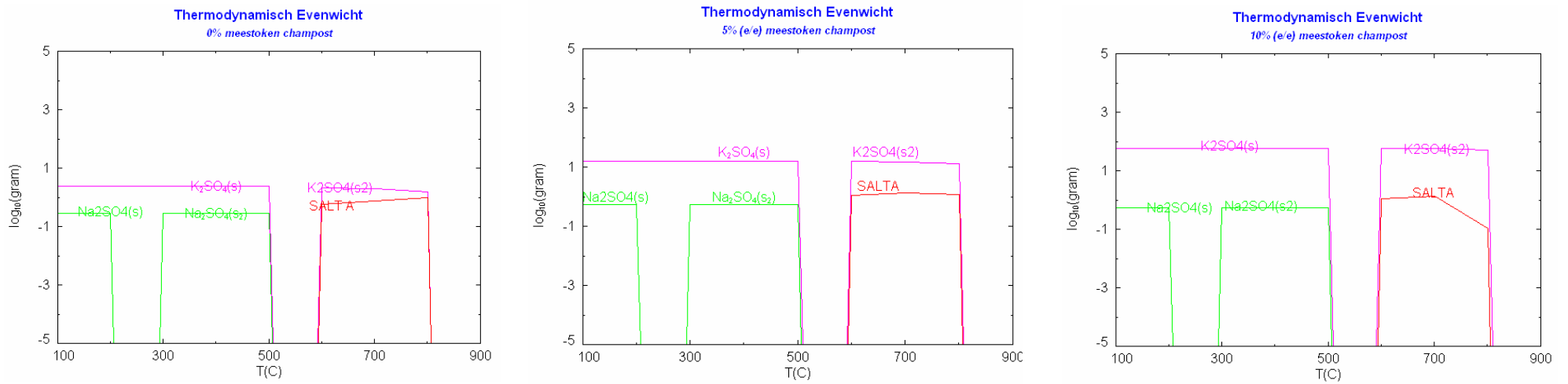
Corrosie

Gezien het hoge chloorgehalte en de zwavel/chloor-verhouding in de rookgassen, de toenemende kans op verslakking en vervuiling is een aanzienlijke kans op corrosie. De verhouding waarin zwavel en chloor voorkomen moet in het geval van wervelbedverbranding boven 4:1 liggen om corrosieproblemen te voorkomen. Deze verhouding geldt voor wervelbedketels en kan niet direct vertaald worden voor poederkoolcentrales, alhoewel de zwavel/chloor-verhouding wel belangrijk is.

De-activering DeNOx-installatie

Katalysatorvergiften zijn elementen als K, Na, Mg en P die zich chemisch aan het katalysatoroppervlak binden waardoor katalytische omzetting van stikstofoxiden niet meer mogelijk is. De beschadiging is onherstelbaar en vervanging van katalysatormodulen is noodzakelijk,

al dan niet tijdens een *geplande* stop. Het gehalte (aard)alkalimetalen en fosfor in champost is aanzienlijk hoger dan bij kolen, ook het asgehalte en de massastroom brandstof is hoger (het laatste vanwege de lage stookwaarde) waardoor de-activering van de DeNOx-installatie zeer waarschijnlijk een probleem zal zijn.



Figuur 9 Thermodynamische evenwichtssamenstelling van rookgassen, zoutsmelt (SALT A) en gecondenseerde zouten K_2SO_4 en Na_2SO_4 . Meestookpercentages zijn 0, 5 en 10% (e/e)

Conclusie

In acht nemende:

- de lage calorische waarde
- het hoge vochtgehalte
- het voorkomen van de biomassa
- de verhoogde aanwezigheid van de elementen Na, K, S, P en Cl

met als gevolg toenemen van verslaking, vervuiling, corrosie, deactivering van deNOx-installatie en rendementsverlies wegens het hoge vochtgehalte, aanpassing van maalinstallaties met als gevolg hiervan extra (wellicht niet-gepland) onderhoud, verminderde elektriciteitsopbrengsten en eventuele extra investeringskosten en daarbij gevoegd:

- de verwachte lage animo om champost mee te stoken
- de noodzakelijkheid om milieuvergunningen aan te passen

is meestoken van champost in een kolencentrale geen voor de hand liggende route.

5.4 Meestoken in slibverwerkingsinstallaties

Bij enkele slibverbranders is nagegaan of er restcapaciteit is de champost mee te stoken. Het blijkt dat de belangrijkste slibverbranders (Dordrecht en Moerdijk) wel enige restcapaciteit hebben, maar dat dit onvoldoende is om het verwachte overschot op te kunnen nemen. Bovendien zijn de slibverbranders eigendom van hoogheemraadschappen, waarbij het de vraag is of zij bereid zijn andere stromen te verwerken. Ook de vergunning moet het toelaten. Mondelinge informatie maakte duidelijk dat co-verwerking geen automatisme is. Per e-mail ontvangen informatie gaat uit van de aannahme van alleen slib. De verwerkingstarieven zullen overigens niet lager zijn dan die van slib die in de orde van grootte van 70 tot 80 EUR per ton liggen. De stookwaarde is nauwelijks hoger en de verontreinigingen zijn fors. Het is zelfs de vraag of een wervelbedinstallatie champost sowieso wel kan accepteren, vanwege de geschetste problemen met bedagglomeratie en te verwachten corrosie. Een co-verwerkingsexperiment zou moeten uitwijzen in hoeverre dit mogelijk is en hoe het staat met de daadwerkelijke bereidheid van de slibverbranders om actief mee te denken in een oplossing.

5.5 Afzet van assen

Omdat de droge stof in champost voor ruwweg 1/3 uit as bestaat en 2/3 uit organische stof is het belangrijk te weten welke afzetroute voor de assen, na verbranding van de champost, beschikbaar is en welke kosten daaraan verbonden zijn. Achtereenvolgens worden de assen

besproken die ontstaan bij meestoken in de cementindustrie, stand-alone verbrandingsinstallaties en bij meestoken in een kolencentrale.

5.5.1 Inzet cementproductie

Een deel van de minerale fractie van champost zou ook geschikt kunnen zijn als grondstof voor portlandklinker, het halfproduct van portlandcement. Portlandklinker bestaat voor circa 66% uit CaO, 22% uit SiO₂, 5% uit Al₂O₃ en voor 7% (Taylor, 1997) uit andere componenten als TiO₂, MgO e.d. (voetnoot: de elementen worden op oxidebasis weergegeven, dit wil echter niet zeggen dat zij als oxide aanwezig zijn). Als grondstof voor CaO wordt kalksteen gebruikt, terwijl voor de andere componenten grondstoffen als poederkoolvliegias, leisteen, zuiveringslib e.d. worden ingezet. Het relatief hoge gehalte aan CaO en in mindere mate SiO₂, maakt het materiaal in principe interessant. Het aandeel K, P, S en de lage stookwaarde zijn echter niet positief voor de inzetbaarheid.

Productie geschiedt momenteel nog bij ENCI in Nederland. Het moederbedrijf is voornemens deze locatie te sluiten. Juist over de grens is echter ook een andere locatie (CBR), die open blijft.

5.5.2 Afzet van assen uit Stand-alone installaties

De assen afkomstig van stand-alone verbranding worden gekenmerkt door hoge gehalten aan fosfor en kalium; gecombineerd met een laag gehalte aan aluminium. Met name de hoge gehalten fosfor en kalium maken deze assen technisch ongeschikt voor toepassing als vulstof in beton, een gangbare toepassing van poederkoolvliegias. Toepassing van deze assen als grondstof voor vulstof in asfalt is in principe mogelijk. Het betreft echter hoofdzakelijk verdringing van AVI-vliegias. Deze wordt momenteel ingezet met een negatieve waarde. Deze negatieve inzetwaarde wordt geschat op meer dan 100 EUR/ton. Verdringing van AVI-vliegias zal alleen mogelijk zijn indien een vergelijkbare negatieve waarde wordt betaald. Een basistoepassing die voor assen van champost haalbaar is, is de toepassing als vulstof voor grouts in de Duitse mijnen⁴. De vulstof wordt gemengd met cement en water en wordt gebruikt voor het vullen en stutten van mijngangen om verzakkingen tegen te gaan. De kosten voor deze afzetroute worden geschat op circa 100 EUR/ton, dit op basis van eerdere studies.

⁴ Grouts is een soort vulstof, die als een soort slurry wordt geïnjecteerd ter opvulling van uitgeputte mijnengangen en daarna verhard

In theorie is het ook mogelijk de assen toe te passen als meststof. De assen zullen daartoe moeten worden toegelaten als meststof en aan diverse criteria dienen te voldoen. Deze optie wordt hier niet verder worden beschouwd.

5.5.3 Meestoken in een kolencentrale

De vrijkomende assen van beide centrales worden nuttig toegepast. Poederkoolvliegias wordt regulier toegepast als vulstof in beton, waarbij een deel van het cement vervangen wordt en een duurzamer beton wordt verkregen. De poederkoolvliegias dient aan een scala van eigenschappen die in BRL 2505 van Stichting BMC zijn beschreven. Deze BRL is gebaseerd op de Europese norm NEN-EN 450. Het is strategie van de concerns, die deze centrales bedrijven, dat de assen op een dergelijk hoog niveau nuttig worden toegepast. Dit betekent dat het meestoken van champost de kwaliteit en de afzetzekerheid van de assen niet negatief mag beïnvloeden.

Aan poederkoolvliegias gestelde eisen die relevant zijn in relatie tot het gebruik van champost als brandstof, hebben vooral betrekking op Ca, K en het gehalte reactief kiezelzuur. Het meestoken van champost is mogelijk tot zekere percentages omdat er enige marge bestaat tussen de grenswaarden en de gemiddelde samenstelling van as afkomstig van steenkool. Echter, er worden regulier ook andere brandstoffen meegestookt die een vergelijkbare invloed uitoefenen op de samenstelling van de poederkoolvliegias. Dit betekent dat de inzet van champost de inzet van andere brandstoffen verdringt. Uitgaande van een gemiddelde steenkool die in Nederlandse centrales verstoekt wordt, is het meestoken van 5-10% m/m champost in principe mogelijk zonder dat de eisen van de BRL 2505 overschreden worden. Dit betekent echter dat geen andere secundaire brandstoffen meer meegestookt kunnen worden. Dit laatste is een groot bezwaar, omdat centrales uiteraard op zoek zijn naar brandstoffen die steenkool (24 MJ/kg) kunnen vervangen, met andere woorden brandstoffen met bij voorkeur een hoge stookwaarde.

6 ECONOMISCHE HAALBAARHEID

6.1 Thermodynamische Analyse

Met het bij KEMA operationele thermodynamische rekenpakket SPENCE® zijn berekeningen uitgevoerd voor het verstoken van champost in een wervelbedinstallatie, de uitkomsten zijn in dit stadium ook bruikbaar voor roosterverbrandingsinstallaties. Hiervoor waren basismodellen beschikbaar die gemakkelijk omzetbaar waren naar de verwerking van champost. Voordroging is geïntegreerd in het proces. Via een stoomketel wordt stoom gegenereerd van 400 °C en 40 bar (standaard stoomparameters voor afvalverbranding). De stoom wordt vervolgens geëxpandeerd in een stoomturbine gekoppeld aan een generator waarbij elektriciteit wordt opgewekt.

Met SPENCE® worden massabalansen en energiebalansen opgesteld rekening houdend met warmte- en stralingsverliezen en het elektrisch eigen verbruik. Het processchema is gegeven in bijlage B. Belangrijke gegevens zijn:

- input champost 350.000 ton/jaar (20 ton/uur)
- thermische input: 35,5 MWth
- bruto elektriciteitsproductie: 12,3 MWe
- netto elektriciteitsproductie: 8,3 MWe
- bodemas: 2,7 ton/uur (20.500 ton/jaar)
- vlieggas: 2,7 ton/uur. (20.500 ton/jaar)
- voor de droging wordt 10 bar, 180 °C stoom uit de stoomturbine afgetapt.

Deze gegevens zijn gebruikt voor de economische analyse.

6.2 Werkwijze

Aan de hand van een aantal uitgangspunten ten aanzien van diverse economische parameters wordt de haalbaarheid van de stand-alone roosterverbranding bekeken. In deze analyse is voor roosterverbranding gekozen, omdat deze techniek een breed scala aan brandstoffen kan verwerken. De resultaten van de thermodynamische berekeningen zijn gebruikt, welke voor een wervelbed zijn berekend. Hoewel roosterverbranding iets minder energie oplevert dan wervelbedverbranding, zijn voor een eerste analyse de berekeningsuitkomsten van deze wervelbedverbranding gebruikt. In de gevoeligheidsanalyse is nagegaan wat het effect van meer of minder elektriciteitsproductie is. Er is geëvalueerd hoeveel degene die de champost aflevert aan de poort moet betalen aan de thermische verwerker

zodat inkomsten en uitgaven met elkaar in evenwicht zijn. De prijs die de champost-leverancier betaalt wordt ook wel *gate fee* genoemd.

De gevoeligheid van de economische parameters op de *gate fee* is geanalyseerd en weergegeven in een tornadodiagram. Hierbij worden de individuele parameters gevarieerd waarbij de verandering in de *gate fee* wordt weergegeven. De economische analyse kent een aantal (soms grote) onzekerheden. De belangrijkste daarin zijn:

- de investeringen voor de biomassacentrale (BMC)
- de rentevoet
- de elektriciteitsprijs die gecontracteerd kan worden
- de afschrijftermijn van de installaties
- de onderhoudskosten en
- de afvoerkosten voor de restproducten.

Deze hangen af van diverse factoren. Zo is het op moment van schrijven van dit rapport niet duidelijk hoe de stimuleringsregeling voor groene stroom (Nu SDE genaamd, voorheen de MEP) eruit zal gaan zien. Dit bepaalt de opbrengsten voor groene elektriciteit uit de champostcentrale. Er is in de basisvariant beperkt rekening gehouden met de mogelijke inkomsten van warmtelevering aan derden (wel in de gevoeligheidsanalyse). In het algemeen gesproken zal dit geen grote invloed op de uitkomsten hebben. Doorgaans kan er een prijs afgesproken worden die overeenkomt met de vermeden aardgasinkoopkosten. Bovendien zullen er extra investeringen nodig zijn om de warmtelevering te realiseren. Warmtelevering moet daarom gezien als een extraatje bovenop de baten van het project en niet als de economische ruggengraat van een project. In aanvulling op de productie van elektriciteit wordt warmte alleen geleverd als dit in zichzelf rendabel is.

Het investeringsniveau van de champostcentrale is behept met grote onzekerheden. We hebben hier te maken met een techniek die op zich wel bewezen is (verbranden van biomassa), maar in het specifieke geval van mest (eventueel in combinatie met een andere biomassa) betekent dit voor de leverancier een extra risico. Dit komt vanwege de onduidelijkheid welke dimensionering en materialen er gekozen moeten worden, welke stoom parameters er mogelijk zijn en welke levensduur van de installatie er gegarandeerd kan worden. Bovendien moet er gerekend worden op flinke prijsstijgingen voor de technische installatie vanwege de sterk gestegen staalpijzen en de druk op de leveranciers van deze installaties vanwege de toegenomen vraag uit de Aziatische landen⁵. Informatie bij leveranciers leert dat er een onzekerheid van minimaal 30% bestaat. Dit geldt ook voor de

afvoerkosten van de assen. De kwaliteit ervan staat niet op voorhand vast. In de basisreken-situatie is uitgegaan van een negatieve waarde van 50 EUR per ton. Maar zoals in de paragraaf 5.5 is gemotiveerd kunnen deze kosten gemakkelijk 100 EUR of meer zijn. De rentevoet is een volgende onzekerheid. Op moment van schrijven is natuurlijk wel bekend welke rentevoet er gehanteerd kan worden indien er op dit moment gecontracteerd moet worden. Echter, de voorbereidingen van een champostcentrale vereisen een lang traject van meerdere jaren. Dat betekent dat op moment van de afsluiting van contracten er een andere rente van toepassing kan zijn.

Al deze onzekerheden hebben een bepaalde impact op de haalbaarheid van zo'n project. Initiatiefnemers zijn daarom erg geholpen met een duidelijk inzicht van deze financiële risico's. Een effectief hulpmiddel hier is een zogenaamd tornadodiagram. De diverse onzekerheden in de kosten en baten van een project worden ingeschat en doorgerekend en vervolgens in een overzichtelijk diagram getoond. Daarbij wordt de basisvarianten als referentie genomen en wordt de invloed op (in dit geval) het totale verwerkingstarief getoond. Door diverse invloedsfactoren te rangschikken naar het effect ervan op het totale verwerkingstarief wordt een figuur verkregen die op een tornado lijkt.

In de volgende paragrafen wordt voor een verbrandingsinstallatie zo'n tornadodiagram gegeven. In het diagram is aangegeven wat het referentieverwerkingstarief is (in EUR per ton champost). Per invloedsfactor is een horizontale balk gegeven, die laat zien hoe het tarief verandert (lager of hoger wordt) door de betreffende invloedsfactor te variëren met de aangegeven waarde. De bandbreedte van de invloedsfactor is een maat voor de onzekerheid in deze factor; hiermee wordt dus een beeld verkregen van de onzekerheid die in het poorttarief bestaat en welke factor de belangrijkste invloeden hierop hebben.

6.3 **Uitgangspunten**

De volgende uitgangspunten zijn daarbij gehanteerd:

- de elektriciteitsprijs geldt voor de E-productie uit de BMC
- voor de transportkosten is een onzekerheid van 50% gegeven (dus rekening houdend met een halvering respectievelijk verdubbeling)
- de onzekerheid voor de investeringen voor de BMC is: $\pm 25\%$ (dit is wellicht weer iets aan de lage kant)

⁵ De bij KEMA bekende investeringsniveaus zijn gecorrigeerd voor "normale" inflatie en daarbij ook nog voor een 30% prijsstijging tengevolge van deze twee effecten

- in de base case wordt de elektriciteitsprijs op € 0,12 per kWhe gezet. Hierin is € 0,097 MEP-subsidie begrepen, de vergoeding zoals vastgesteld per 1 januari 2005. Dit betekent dat de elektriciteit voor een prijs van 2,3 cent aan het energiebedrijf verkocht wordt. Op het ogenblik bestaat er geen MEP-vergoeding maar voor de toekomst wordt een dergelijke vergoeding wel weer verwacht. Ook de basisvergoeding van 2,3 cent is in praktijk hoger, zodat hier een voorzichtige aanname is gemaakt
- er is voorzien in een beperkte levering van (laagwaardige) warmte⁶, overeenkomend met 2.000 vollasturen per jaar
- gerekend wordt op een beperkte voorbewerking van de champost om het in de juiste stukgrootte de verbrandingsketel in te krijgen.

Er wordt uitgegaan van levering van warmte en elektriciteit, in de MEP-regeling kon geen vergoeding verkregen worden vermeden CO₂-uitstoot met een WKK-installatie wanneer als brandstof een hernieuwbare energiebron gebruikt wordt, waaronder biomassa. Overigens wordt er relatief weinig elektriciteit geproduceerd en heeft de elektriciteitsprijs daardoor een beperkt effect op de gate fee. De fiscale EIA-maatregel geeft (onder voorwaarden zoals een ondergrens voor het totaalrendement) een fictieve “korting” op de investering van ca. 11,2% (bij benadering: 44% EIA maal 25,5,5%⁷ vennootschapsbelasting = 11,2%). Deze korting is in de berekeningen verdisconteerd. Het is niet op voorhand gezegd dat EIA van toepassing is, dit hangt sterk af van de fiscale positie van de investeerder (waar echter ook weer lease constructies voor mogelijk zijn).

Investeringen

De totale investering is begroot op ca. EUR 85 mln (350.000 ton champost per jaar). Dit is op basis van budgetprijzen die in het verleden bij diverse leveranciers zijn opgevraagd en zijn vergeleken met de investeringen van bestaande (slibverbrandings) installaties. De bruto kosten (dus zonder inkomsten uit afzet van energie en assen) voor de grootschalige verbranding van pluimveemest in een roosteroven met uitgebreide rookgasreiniging die voldoet aan Nederlandse emissie-eisen werden enkele jaren geleden geraamd op ongeveer 50 EUR/t pluimveemest met circa 60% ds. De investering voor een installatie voor 200.000 t/j werd geraamd op ongeveer 50 miljoen EUR. De investeringen voor slibverbranders: de installatie van de DRSH in Dordrecht (375.000 ton slib/jaar) staat voor 90 miljoen EUR op de balans; de slibverbrandingsinstallatie in Moerdijk voor 94 miljoen EUR (400.000 ton/jaar). Gelet op de verschillen in de samenstelling van slib en champost (zie tabel 2, champost is hoger in Cl en S-gehalte, iets lager in N) is de rookgasreiniging duurder ingeschat dan “normaal” voor dit soort installaties. De opdeling van de investeringen is gegeven in tabel 5:

⁶ Deze warmte (maximaal 100 °C) kan ingezet worden voor ruimteverwarming

⁷ Peildatum 1 januari 2007

Tabel 5 Investerings roosterverbranding (350.000 ton /jaar)

Investering	mIn EUR
voorbewerking	2,0
transport naar oven e.d.	1,2
rooster/verbrandingslucht	8,1
ketel, voedingwater etc.	14,2
rookgasreiniging	16,2
turbine/generator/luco	16,2
Pijpenbrug en ondergronds trace	0,5
Warmtewisselaar naar 70/40 systeem	0,5
reststoffenverwerking	2,0
utilities	2,0
Droger(s)	7,0
bouwkundig	14,0
E en MRA	14,0
projectcoördinatie & onvoorzien	4,9
bouwrente	4,9
grondkosten	4,5
EIA korting 11.2%	-11,5
totale investeringskosten	100,6

Verdere economische gegevens zijn weergegeven in tabel 6.

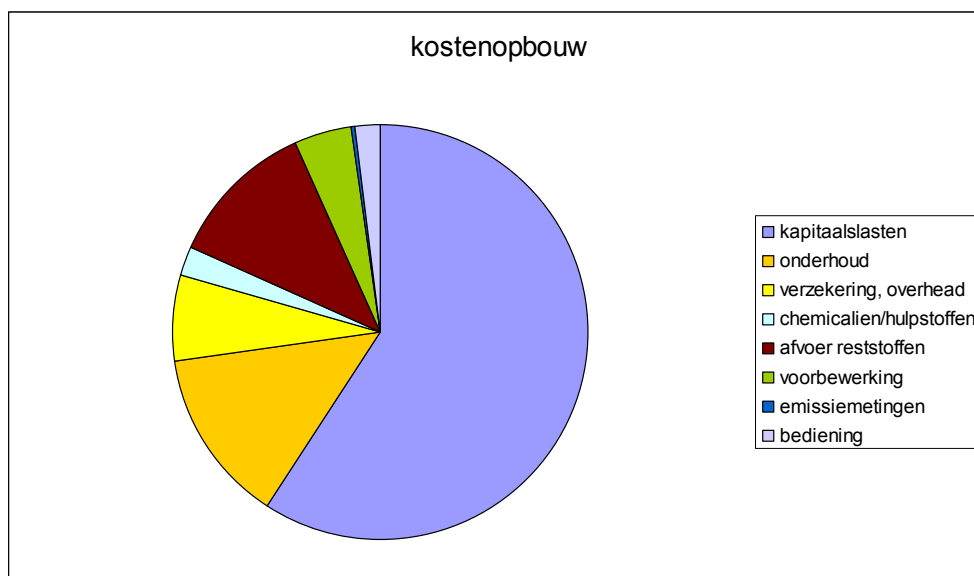
Tabel 6 Economische gegevens model stand alone verbranding

brandstof	champost	
doorzet (nat)	350.000	ton/jr (as received)
doorzet (droog)	200.000	ton/jr (bij 65% d.s.)
stookwaarde	7,8	MJ/kg (bij 65% d.s.)
Afzetkosten assen	100	EUR/ton
elektriciteitslevering	7	MWe
warmtelevering (netto)	6	MWth (gemiddeld)
aantal fte's	8	
elektriciteitsprijs	0,12	EUR/kWh
warmte	10	EUR/GJ
rente	5%	reëel
ec. levensduur	10	jaar
annuïteit	12,95%	

De thermodynamische berekeningen zijn gedaan voor een wervelbedinstallatie. Hiervoor waren basismodellen beschikbaar die gemakkelijk omzetbaar waren naar de verwerking van champost. Voor de investeringen is uitgegaan van een roosterverbrandingsoven (deze is iets duurder dan een wervelbed, echter minder dan 10% op deze schaalgrootte). De investeringen voor een rooster dan wel wervelbed verschillen overigens niet veel (< 10%).

6.4 Resultaten

Het poorttarief dat voor verbranding met een schaalgrootte van 350 000 ton/jaar is berekend, bedraagt **45 EUR/ton**. De opbouw hiervan is gegeven in figuur 10. Daaruit blijkt al duidelijk dat de investeringen zwaar drukken op de exploitatiekosten en dus op het poorttarief. Dat betekent tevens dat alles wat met de investering te maken heeft (zoals de rente, de afschrijvingsduur, de onderhoudskosten (als percentage van de investeringen) en dergelijke ook sterk doorwerken in het poorttarief. Dat wordt dan zichtbaar in het tornadodiagram.



Figuur 10 Opbouw van het poorttarief voor champost verbranding, poorttarief 45 EUR/ton

Voor het tornadodiagram zijn de volgende parameters (zie tabel 7) en hun bandbreedte toegepast (uitgedrukt als de parameter waarde in de basis en in een respectievelijk laag en hoog scenario).

Tabel 7 Bandbreedten voor relevante parameters in de onzekerheidsanalyse

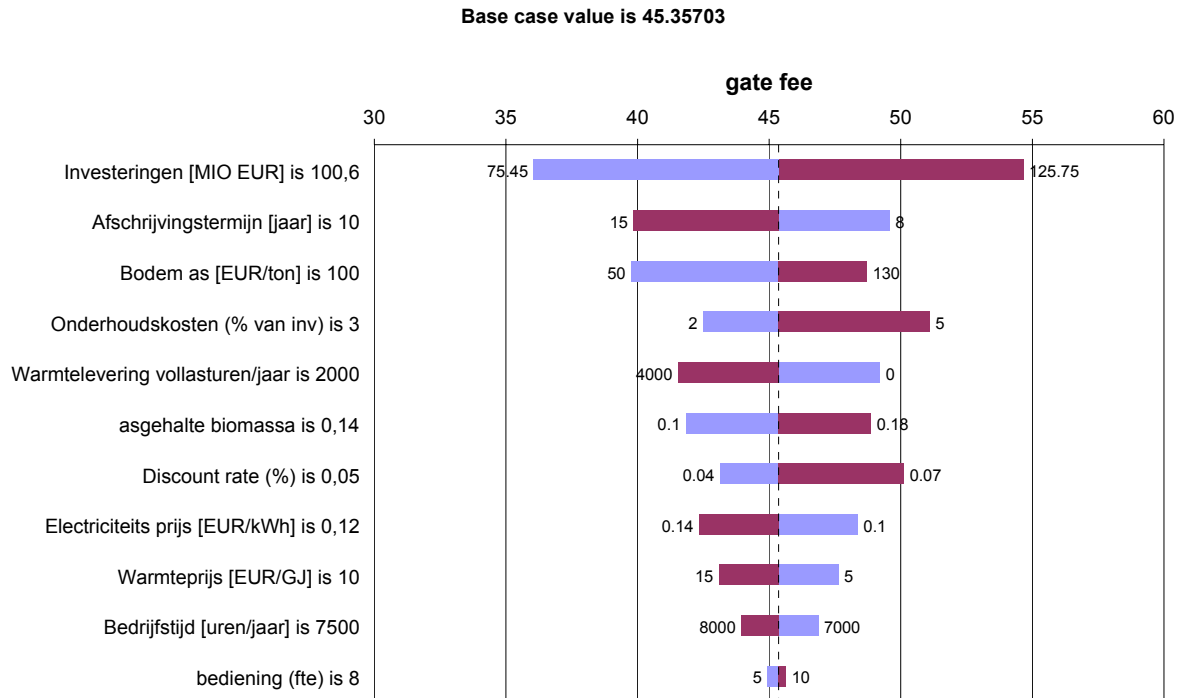
	basis	laag	hoog
Onderhoudskosten (% van inv)	3	2	5
Warmtelevering vollasturen/jaar	2000	1000	4000
Discount rate (%)	5%	4%	7%
Bedrijfstijd [uren/jaar]	7500	7000	8000
Warmteprijs [EUR/GJ]	10	5	15.
Elektriciteitsprijs [EUR/kWh]	0,12	0,10	0,14
Investerings [MIO EUR]	77	58	96
Afschrijvingstermijn [jaar]	10	8	15
bediening (fte)	8	4	10
Bodem as [EUR/ton]	50	20	120
asgehalte biomassa	14%	10%	18%
voorbewerkingskosten (EUR/ton)	5	2	10

In figuur 11 is het tornado diagram gegeven. Hierin is te zien dat:

- de onzekerheid groot is
- de investeringsomvang, de afschrijvingstermijn en de onderhoudskosten de top drie van invloedsfactoren zijn
- de elektriciteitsprijs en het aantal bedrijfsuren per jaar, niet zo'n grote invloed hebben.

Daaruit valt op te maken dat vooral goed gekeken moet worden naar een installatie, die een relatief lage investering koppelt met lage onderhoudskosten en een lange levensduur. De reden waarom de afschrijvingstermijn op 10 jaar is gesteld, wordt gevonden in de termijn van 10 jaar waarvoor de MEP toeslag wordt gegarandeerd⁸. Indien de afschrijvingstermijn op 15 jaar wordt gesteld en de elektriciteitsprijs voor de laatste 5 jaren op 4 eurocent wordt gezet, wordt een poorttarief van EUR 52 berekend.

⁸ Met ingang van 2008 is dit de SDE regeling



Figuur 11 Tornadodiagram met invloed van verschillende parameters op de gate fee

De jaarlijkse kosten en inkomsten staan in tabel 8 vermeld.

Tabel 8 Jaarlijkse kosten en inkomsten

Jaarlijkse bedrijfskosten

kapitaalslasten	13,028,160
onderhoud	3,018,000
verzekering, overhead	1,509,000
chemicaliën/hulpstoffen	455,569
afvoer reststoffen	4,340,125
voorbewerking	996,154
emissiemetingen	50,000
bediening	400,000
Totale jaarlijkse lasten	23,797,008

Jaarlijkse inkomsten

elektriciteit	6,329,495
warmte	1,592,554
Totale jaarlijkse baten	7,922,048

Uit deze analyse blijkt dat onder de bepaalde voorwaarden een rendabele verwerking mogelijk is. Het belangrijkste is de kapitaalslasten terug te brengen. Het verwerkingstarief kan bijvoorbeeld lager uitvallen indien:

- de investering tot 75 miljoen kan worden beperkt
- de onderhoudskosten dan hetzelfde blijven
- geen voorbereidingskosten nodig zijn
- de warmte afzet naar 4.000 vollasturen per jaar kan stijgen
- en de afschrijftermijn 15 jaar is

dan is het verwerkingstarief 27 EUR/ton.

Daarbij is rekening gehouden met het E-tarief voor groene stroom dat voor 10 jaar gegarandeerd is. Na deze termijn van 10 jaar valt het groene stroom tarief terug op 4 tot 5 eurocent/kWh (het grijze tarief). Indien het groene stroomtarief voor 15 jaar geldt, dan wordt het verwerkingstarief 23 EUR/ton.

Tenslotte is mogelijk op zoek te gaan naar aanvullende biomassastromen die in de installatie mede verwerkt kunnen worden. Dit is het onderwerp van de volgende paragraaf.

7 INTEGREREN CHAMPOST MET ANDERE BIOMASSASTROMEN

7.1 Integratie met verwerking van drijfmest

In een tweede uitgangssituatie zijn ingedikte (varkens- en runder) mest en champost gemengd in een verhouding van 1:3.5. 100.000 ton ingedikte is afkomstig van ruwweg 800.000 ton drijfmest.

De mest wordt evenals de champost voorgedroogd en in een mixer gemengd met de champost. Het mengsel wordt verbrand. Wanneer de mest en champost beiden voorgedroogd worden tot 35% droge stof is autotherme verbranding zeker mogelijk en is de vuurhaardtemperatuur lang genoeg op het vereiste niveau. De biomassacentrale (BMC) levert dan 9,6 MW elektriciteit. Dit heeft tot gevolg dat de BMC wat groter moet worden uitgevoerd dan in het basisvariant. De totale investering stijgt dan van 97.9 naar 100 miljoen EUR en het verwerkingstarief wordt 37 EUR/ton. Uiteraard geldt dit verwerkingstarief dan ook voor de ingedikte mest.

Een tarief van 37 EUR/ton voor de champost ligt momenteel ver boven de marktprijs, zodat dit op zich geen reëel scenario is. Pas wanneer een biomassa gevonden kan worden met een vergelijkbare vochtgehalte en stookwaarde als de ingedikte mest en met een negatieve marktwaarde van ruim 60 EUR/ton en een omvang van 100.000 ton/jaar wordt een mestverwerkingstarief verkregen van 30 EUR/ton.

7.2 Alternatieve biomassa

Zoals uit de vorige berekeningen blijkt, is champost een matige brandstof voor een verbrandingsinstallatie. In deze paragraaf wordt een korte beschouwing gegeven als er behalve champost een andere brandstof wordt meegestookt. De vraag dringt zich dan op, welke brandstoffen hiervoor in aanmerking kunnen komen. Beantwoording van deze vraag wordt beperkt door de gekozen installatie; deze wordt ontworpen voor een bepaalde biomassa: champost. Als supplement kan niet zomaar elke andere biomassa worden toegevoegd, deze moet enigszins vergelijkbare kenmerken bezitten als champost. Bovendien dient de biomassa een duidelijke negatieve waarde te hebben, anders worden de verwerkingskosten niet lager, maar juist hoger. Een potentiële kandidaat zou GFT (of restfracties van GFT) kunnen zijn. Voor deze brandstof is door KEMA eerder een studie gemaakt (KEMA, 2000). Er is indertijd een verwerkingstarief berekend van 25 tot 40 EUR per ton (prijsniveau 2000), afhankelijk van de schaalgrootte (150 tot 300 kton/jaar). De poorttarieven zoals die worden gevraagd door de verwerkers voor GFT-compostering liggen rond de 60 tot

80 EUR/ton (K+V, 2005). In de toekomst zullen deze tarieven aanzienlijk lager kunnen liggen: 35 a 40 EUR /ton, (Deloitte, 2006).

Andere biomassastromen waaraan gedacht kan worden zijn

- pluimveemest
- papierslib
- rietplaggen
- slib van RWZI's
- bij- en afvalproducten van de voedings- en genotsmiddelen industrie.

Belangrijk hierbij is de volgende aspecten na te gaan:

- huidige poorttarieven
- ontwikkeling poorttarieven komende jaren
- stookwaarde, asgehalte en assamenstelling
- gehalten aan N, P, Cl, S en K
- mogelijkheid tot het maken van verwerkbaar mixen biomassa met champost.

Verdere analyse van biomassamixen valt buiten het scope van dit rapport.

Conclusies en aanbevelingen

- 1 Champost thermisch verwerken is nog geen bewezen techniek.
- 2 Het scheiden van de compostlaag van de champost is niet zinvol: er is geen verbetering van de samenstelling aangetoond.
- 3 Met name de hoge gehalten aan mineralen en verontreinigingen/meststoffen maken champost tot een lastige brandstof.
- 4 De energieopbrengst is relatief laag door het lage gehalte aan organische stof.
- 5 De uitgevoerde analyses laten zien dat het technisch niet onmogelijk is om energie-opwekking uit champost mogelijk te maken.
- 6 Kleinschalige verbranding van champost lijkt geen levensvatbare optie.
- 7 Grootschalige verbranding van champost leidt met name door de hoge investeringen tot een verwerkingstarief van rond de 45 EUR/ton.
- 8 Meestoken in centrales, cementindustrie en slibverbrandingsinstallaties is niet (centrales) tot beperkt (slib) mogelijk.
- 9 Meestoken in kippenmestverbrandingsinstallaties lijkt technisch een beter alternatief; de lopende kippenmestinitiatieven in Nederland bieden echter weinig ruimte.
- 10 Co-verbranding met andere lastige biomassa zoals GFT, groenafval en slibben geeft wellicht een beter economisch perspectief.

Aanbevolen wordt:

- Het nader uitzoeken van alternatieven voor de afzet van champost door export naar verder weg gelegen gebieden: de transportkosten stijgen weliswaar, maar zullen het niveau van de verwerkingskosten hier gepresenteerd niet overstijgen.
- Het meestoken van champost in een bruinkoolcentrale nader te bestuderen. De aard van de brandstof komt op enkele punten overeen met die van bruinkool (vochtgehalte). Bruinkoolcentrales zijn alleen gevestigd in Duitsland over de grens bij Limburg in onder andere Neurath, Frimmersdorf, Weisweiler en Niederaussem.
- Het nader onderzoeken van de randvoorwaarden waaronder champost tegen een aanvaardbaar tarief kan worden verwerkt:
 - een betere analyse van de investeringskosten door: a) minimaal drie aanbieders van installaties een budget-prijs te laten opgeven, een gedegen thermodynamische en materiaaltechnische analyse te maken, waardoor de technische en economische levensduur beter onderbouwd kunnen worden
 - nagaan welk groene stroom tarief voor deze specifieke reststromen mogelijk is
 - nagaan welke voorbewerking er zeker nodig is voor verwerking (interviews met biomassa-voorbewerkingspecialisten en afvalverwerkers)
- Het contact leggen met de slibverbrandingssector om vast te stellen of een gezamenlijke aanpak mogelijk is.

REFERENTIES

Deloitte, 2006. Keuzes voor de toekomst. Eindrapportage herijking strategie VVWNG Amstelveen, 4 december 2006. In opdracht van vuilverwerkingsbedrijf Noord-Groningen.

K+V, 2005. Aanbesteding verwerking huishoudelijk restafval, grof huishoudelijk restafval en GFT. K+V rapport NO-05-21-030.

KEMA, 1998. Haalbaarheidsstudie thermische verwerking champost. KEMA rapport 98570584-KPG/PEN 98-3076, oktober 1998.

LTO, 2007. Meerjarenafspraak energie Paddenstoelenteelt 2007-2011. Stuurgroep MJA-e Paddenstoelen, april 2007.

PPO, 2002. Oriënterende studie naar de mogelijkheden voor hergebruik van champost. Proaktijkonderzoek Plant&Omgeving B.V., 2002-20, oktober 2002.

ECO consult, 2007. The alternative use of spent mushroom compost. Rapport in opdracht van Productschap Tuinbouw, april 2007.

KEMA, 2000. Een life cycle cost management analyse van vijf verwerkingstechnieken voor GFT. KEMA rapport 99560370-KPS/SEN 00-3109, juni 2000.

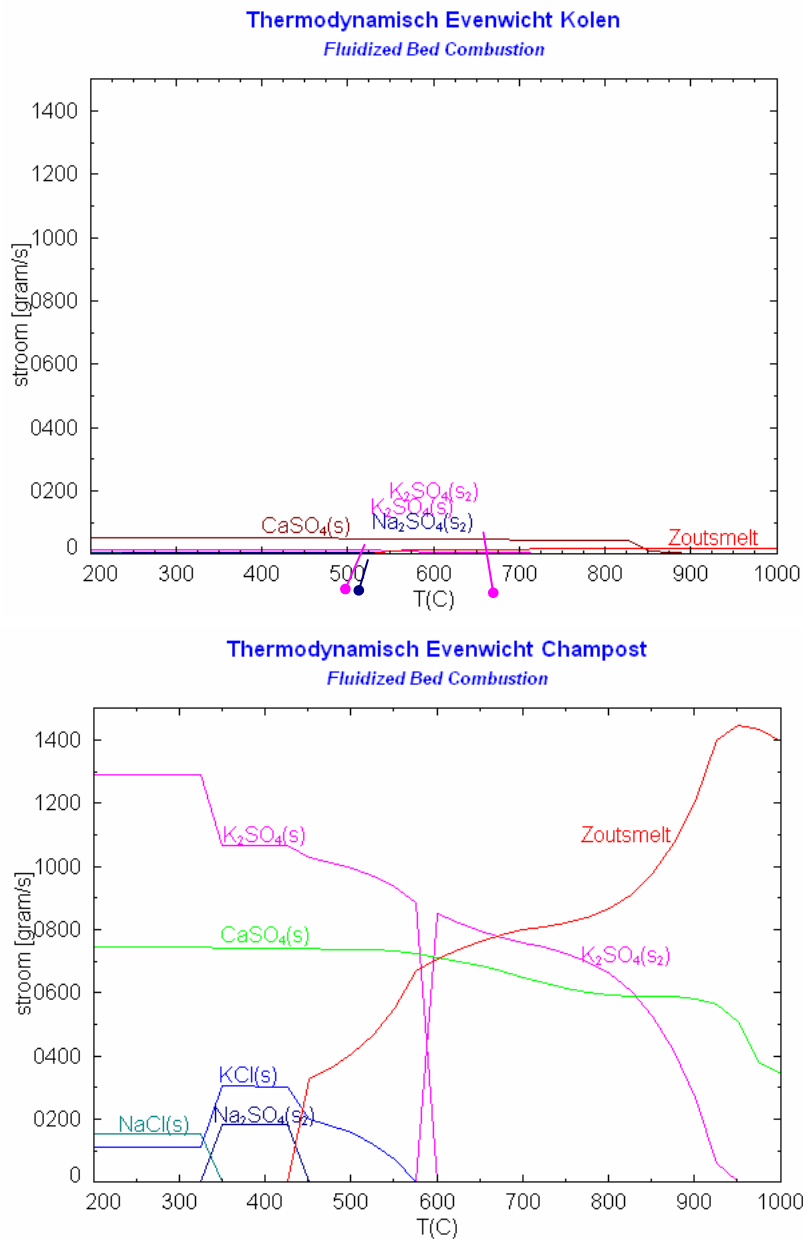
RPS MCOS, SEI, 2003. An assessment of the Renewable Energy Resource Potential of Dry Agricultural Residues in Ireland.

SUWIC, ongedateerd. Re-Use of Spent Mushroom Compost for Fuel Production. Poster presentation of the University of Sheffield, waste incineration center.

TAYLOR, H.F.W., 1997. Cement chemistry. Telford Publishers.

BIJLAGE A CORROSIE EN SINTERING (AGGLOMERATIE)

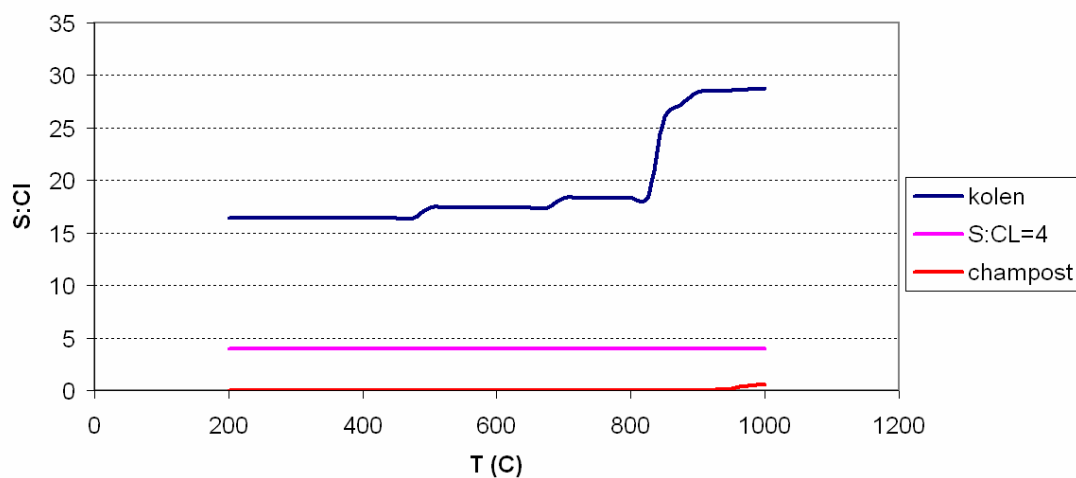
Om meer inzicht te verkrijgen over de mogelijkheid van het optreden van bedagglomeratie is een thermodynamische evenwichtsberekening uitgevoerd met het computerprogramma FactSage. Dit hulpmiddel berekent de assamenstelling als functie van de temperatuur bij een gegeven brandstofsamenstelling.



Figuur A1 Evenwichtsamenstelling gesmolten en gestolde (gecondenseerde) zouten in het temperatuurgebied 1000 – 200 °C van kolen en champost stoken in een FBC

Doordat het gehalte alkalimetalen in champost aanzienlijk hoger is dan bij kolen, het asgehalte hoger en de massastroom brandstof hoger (het laatste vanwege de lage stookwaarde) is een enorme toename te zien in de stroom gesmolten en gecondenseerde zouten. Bij 900 °C – de vuurhaardtemperatuur in een FBC – is een grote stroom gesmolten zout aanwezig. Dit duidt op een aanzienlijke toename van het risico op bedagglomeratie.

Een ander probleem naast bedagglomeratie dat optreedt bij het verbranden van mest in wervelbedketels is corrosie. Om corrosieproblemen beheersbaar te houden dient de verhouding S:Cl minimaal 4 te zijn. In figuur A2 is te zien dat dit voor verbranding van kolen ruimschoots het geval is maar voor de verbranding van champost is de verhouding bij 900 °C niet hoger dan 0,03. Er kunnen dus bij verbranding van champost corrosieproblemen verwacht worden.



Figuur A2 Zwavel-chloor verhouding in de rookgassen bij wervelbedverbranding van kolen en champost. Om corrosie te beperken dient de verhouding S:Cl boven vier te zijn hetgeen in het geval van champostverbranding niet zo is.

Uit deze berekeningen blijkt de verbranding van champost voor zowel corrosie als bedagglomeratie serieuze problemen te kunnen opleveren.