



30920555-Consulting 10-0508 Confidential

Statusoverzicht en impactanalyse van torrefactie in Nederland

Eindversie Bestemd voor AgentschapNL

Arnhem, 11 maart 2010

Auteur: C.P. Kleinschmidt

In opdracht van Agentschap NL

auteur : C.P. Kleinschmidt	2010-03-11	beoordeeld : M.B. Beekes	2010-03-11
B 51 blz.	0 bijl. MS	goedgekeurd : A.E. Pfeiffer	2010-03-11

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

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.

De inhoud van dit rapport mag slechts als één geheel aan derden kenbaar worden gemaakt, voorzien van bovengenoemde aanduidingen met betrekking tot auteursrechten, aansprakelijkheid, aanpassingen en rechtsgeldigheid.

INHOUD

	blz.
Samenvatting	4
1 Inleiding	6
2 De voordelen van torrefactie	7
3 Overzicht torrefactie technologie	11
3.1 Warmte integratie concepten	15
4 Torrefactie van Nederlandse biomassa stromen	17
4.1 Aanbod biomassa in Nederland	17
4.2 Vraag naar biomassa in Nederland	19
4.3 Haalbaarheid torrefactie	21
4.4 Toepassingen van het getorreficeerde product	24
4.5 Aanbod van getorreficeerd product	27
5 Economische waarde torrefactiepellets	28
5.1 Vergelijking met houtpellets	28
6 Overzicht projectinitiatieven	31
7 Overzicht belangrijkste knelpunten	36
7.1 Technische knelpunten	36
7.2 Markteconomische knelpunten	38
7.3 Knelpunten in regelgeving	40
8 Oplossingsrichtingen	43
9 Conclusies	46
Referenties	48

SAMENVATTING

Dit rapport bevat een overzicht van de torrefactie ontwikkeling in Nederland die in opdracht van SenterNovem uitgevoerd is om meer inzicht te krijgen in de markt en knelpunten van torrefactie.

Torrefactie is technisch en commercieel haalbaar in Nederland als voorbehandeling van schone biomassa die wordt ingezet in (bestaande) kolencentrales. Concreet zal dit leiden tot het opstarten van twee commerciële torrefactie installaties in 2010 met een gezamenlijke productiecapaciteit van 80 kton/jaar, waarvoor al afnamecontracten zijn getekend. KEMA schat in dat de productiecapaciteit van getorreficeerd materiaal in Nederland de komende jaren kan stijgen tot 200 - 250 kton/jaar in 2014. De vraag is echter veel groter.

De belangrijkste technische uitdagingen bij de ontwikkeling van torrefactie technologie zijn de emissies, de opschaling naar een commerciële installatie, de productkwaliteit, goede procescontrole, het warmte-integratie concept en de toepasbaarheid bij verschillende biomassasoorten.

De economische analyse in dit rapport laat zien dat torrefactie ook economisch toegevoegde waarde oplevert ten opzichte van concurrerende producten zoals houtpellets. De break-even prijs (verdisconteerde kostprijs) tot aan de poort is voor torrefactiepellets lager dan die van houtpellets (bij de gebruikte business case), doordat de beperkte massa en volume stroom na torrefactie leidt tot aanzienlijke kostenbesparingen verderop in de keten. Bovendien kunnen met getorreficeerde biomassa hogere meestookpercentages worden bereikt, waardoor de inkomsten uit meestooksubsidies kunnen stijgen en de kosten voor CO₂ emissies verder kunnen worden gereduceerd. De marktprijs van torrefactiepellets wordt echter niet alleen bepaald door de kostprijs, maar is vooral een uitkomst van het onderhandelingsproces tussen vraag en aanbod dat momenteel plaatsvindt. In dit onderhandelingsproces spelen onzekerheden over de verbranding –en maaleigenschappen, opslagmogelijkheden, broei en explosiegevaar van het getorreficeerde product een grote rol en vormen ook een knelpunt voor een snelle marktpenetratie van torrefactie. Fundamenteel onderzoek en grootschalige meestookproeven zijn van groot belang om deze onzekerheden weg te nemen.

In de huidige marktcondities wordt de inzet van in Nederland beschikbare biomassa voor energieopwekking via torrefactie beperkt tot vooral schone biomassa (hoofdzakelijk A-hout). Schone biomassa is echter relatief duur, beperkt beschikbaar en in veel gevallen ook inzetbaar bij toepassingen die hoogwaardiger zijn dan energieopwekking. Hierdoor sturen overheden steeds meer aan op de inzet van rest- en afvalstromen. Voor de inzet van afvalstoffen bestaan voornamelijk een aantal knelpunten die betrekking hebben op de

beschikbaarheid, de inkooprijzen, de technische specificaties van de torrefactie installatie (vooral de relatie tussen biomassa dichtheid en doorzet), de vergunningsprocedure van de torrefactie installatie (MER plichtig) en de productspecificaties die worden gevraagd door de afnemers (hoofdzakelijk energiebedrijven), die er in de praktijk voor kiezen om geen afvalstoffen mee te stoken in verband met de vergunningseisen (BEES of BVA) en prestaties van de kolencentrale (askwaliteit, ketel integriteit, efficiency). Deze combinatie van factoren maakt dat de 1^e generatie torrefactie installatie in Nederland primair op schoon hout zal draaien, zodat de technische en economische risico's beperkt blijven. De overheid zou de impasse omtrent de inzet van afvalstoffen bij torrefactie kunnen doorbreken door de discussie met energiebedrijven aan te gaan over de voorwaarden waarbij energiebedrijven bereid zijn/ertoe overgaan om hun centrales onder BVA te opereren. Hierbij moet duidelijk worden in welke mate getorreficeerde afvalstoffen aan deze voorwaarden kunnen voldoen.

Omtrent de regelgeving die van toepassing is op de inzet van biomassa bestaan er in de markt nog onduidelijkheden, maar geen directe knelpunten. Er is behoefte aan product standaardisatie om onzekerheden bij de afnemers en torrefactie producenten weg te nemen. De Nederlandse Technische Afspraak (NTA) 8003 voor biomassa classificaties heeft met opzet een ruime definitie van het getorreficeerde product, zodat de standaardisatie nog kan worden afgestemd met de producenten en afnemers. Uit de reacties van de producenten blijkt echter dat er wel behoefte is aan coördinatie van dit proces door de overheid. De NTA 8080 is in zoverre belangrijk voor producenten en afnemers van het getorreficeerde product, dat het bepaalt of het meestoken van het product in aanmerking komt voor SDE subsidie. Deze subsidie is voor de opkomende torrefactiemarkt cruciaal. De duurzaamheidseisen die in de NTA 8080 worden gesteld, vormen geen direct struikelblok voor de marktpenetratie van torrefactie. Wel bestaat er onduidelijkheid over de duurzaamheid van getorreficeerde mengstromen en moet er duidelijkheid komen over hoe er binnen de NTA 8080 wordt omgegaan met de herleidbaarheid en CO₂ allocatie van getorreficeerde mengstromen.

1 INLEIDING

Torrefactie heeft zich de afgelopen jaren in Nederland sterk ontwikkeld van R&D onderwerp naar de eerste commerciële installatie die al dit jaar zal opstarten. De eerste contracten voor grootschalige afname door energiebedrijven zijn inmiddels getekend. Alles wijst erop dat torrefactie geen hype is, maar op het punt staat door te breken en zelfs de potentie heeft om houtpellets te vervangen als standaard vaste biobrandstof om mee te stoken in een kolencentrale. Om op de impact van deze ontwikkeling te anticiperen en de marktintroductie mogelijk te faciliteren, heeft SenterNovem KEMA verzocht om een statusoverzicht van torrefactie in Nederland te maken.

In dit statusoverzicht wordt de stand van de techniek beschreven, waarbij de mogelijkheden en beperkingen van de huidige torrefactie concepten aanbod zullen komen. KEMA is vanaf het begin nauw betrokken geweest bij de ontwikkeling van torrefactie en heeft als onafhankelijke partij de verschillende torrefactie technologieën geëvalueerd.

Op basis van de technisch-economische mogelijkheden van torrefactie, de beschikbare biomassa voor energieopwekking en de eisen die worden gesteld aan energieconversie, wordt een inschatting gemaakt van de Nederlandse markt voor het getorreficeerde product. Dus de criteria die worden gesteld aan het getorreficeerde product over de hele keten worden hierbij in beschouwing genomen. Het Nederlandse regelgevingskader met betrekking tot het benutten van biomassa voor energieopwekking speelt hierbij een belangrijke rol.

De markt (lees vraag) voor het getorreficeerde product wordt in belangrijke mate bepaald door de commerciële waarde van het product ten opzichte van concurrerende vaste biobrandstoffen zoals houtpellets. KEMA heeft een business model ontwikkeld waarmee de complete waarde keten van houtpellets en torrefactiepellets economisch wordt doorgerekend en met elkaar wordt vergeleken??.

Verder geeft dit rapport een overzicht van de torrefactie initiatieven die momenteel in ontwikkeling zijn. De belangrijkste aspecten van deze projecten en de ontwikkelaars worden beschreven. In het laatste hoofdstuk worden de belangrijkste technische en markteconomische knelpunten en de knelpunten voortvloeiend uit regelgeving behandeld.

De resultaten van de technische en economische evaluatie in dit rapport bieden geen grondslag voor de kwalificatie/diskwalificatie van een specifieke technologie of de marktprijs van het product, maar dienen slechts ter bevordering van het inzicht in de Nederlandse torrefactie ontwikkeling.

2 DE VOORDELEN VAN TORREFACTIE

Torrefactie resulteert in een hoogwaardige brandstof, die qua eigenschappen sterk overeenkomt met steenkool. Een overzicht van de algemene brandstofeigenschappen wordt gegeven in Tabel 1, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen: hout, houtpellets, getorreficeerd hout, torrefactie-pellets en houtskool.

Tabel 1 Secundaire brandstofeigenschappen

	Hout	Houtpellets	Torrefactie-pellets	Houtskool	Steenkool
Vochtgehalte (% wt)	30 – 45	7 – 10	1 – 5	1 – 5	10 – 15
Calorische waarde (MJ/kg)	9 – 12	15 – 16	20 – 24	30 – 32	23 – 28
Vluchtige bestanddelen (% db)	70 – 75	70 – 75	55 – 65	10 – 12	15 – 30
Vaste koolstof (% db)	20 – 25	20 – 25	28 – 35	85 – 87	50 – 55
Dichtheid (kg/l)	0,2 – 0,25	0,55 – 0,75	0,75 – 0,85	~ 0,20	0,8 – 0,85
Energetische dichtheid (GJ/m ³)	2,0 – 3,0	7,5 – 10,4	15,0 – 18,7	6 – 6,4	18,4 – 23,8
Stof	gemiddeld	beperkt	Beperkt	hoog	beperkt
Hydroscopische eigenschappen	hydrofiel	hydrofiel	hydrofoob	hydrofoob	hydrofoob
Biologische degradatie	Ja	Ja	Nee	nee	nee
Maalgedrag	speciaal	speciaal	klassiek	klassiek	klassiek
Hanteerbaarheid	speciaal	speciaal	makkelijk	makkelijk	makkelijk
Constantheid	beperkt	hoog	Hoog	hoog	hoog

Wat uit Tabel 1 naar voren komt is dat torrefactie de calorische waarde van hout verhoogt door vocht en een deel van de vluchtige bestanddelen aan het hout te onttrekken. Een groot verschil met het maken van houtskool is echter dat tijdens torrefactie een zo groot mogelijk aandeel van de vluchtige bestanddelen en koolstof blijft behouden in het product, zodat deze chemische energie niet verloren gaat. Met andere woorden: de torrefactie condities worden zo gecontroleerd dat verkoling niet plaatsvindt.

Bij torrefactie van hout wordt het chloor- en zwavelgehalte in absolute waarden wel beperkt gereduceerd, maar de relatieve waarden veranderen weinig. Het relatieve asgehalte neemt na torrefactie zelfs iets toe, omdat er een deel van de droge stof verloren gaat tijdens torrefactie.

Uit de gegevens van Tabel 1 volgt dat torrefactie een aantal belangrijke voordelen oplevert, die in de sectie hieronder zullen worden behandeld.

Maalbaarheid

Het getorreficeerde product is broos geworden doordat hemi-cellulose en in mindere mate lignine en cellulose worden afgebroken. Deze stoffen zijn verantwoordelijk voor de vezelstructuur, die het meemalen van biomassa in de kolenmolens ernstig beperken. Wanneer hout gedurende 20 minuten bij een temperatuur tussen de 260 °C en 300 °C wordt getorreficeerd, zal het energieverbruik van een hamermolen met 50 tot 85% afnemen en de doorzet met een factor van 2 tot 6,5 toenemen (vergeleken met onbewerkt hout) [Bergman, 2005]. Deze bevindingen zijn veelbelovend voor het meemalen van getorreficeerd materiaal in de kolenmolens van kolengestookte energiecentrales. Een grootschalige maalttest met getorreficeerd materiaal in de kolenmolens heeft echter nog niet plaatsgevonden. Ook blijkt de maalbaarheid van het getorreficeerde product sterk te verschillen per torrefactie technologie, procescondities en biomassa input.

Verbrandingseigenschappen

Voor een goede verbranding zijn veel factoren van belang, maar zeker de calorische waarde, het vochtgehalte, het asgehalte, de reactiviteit en de deeltjesgrootte. Getorreficeerd hout heeft een calorische waarde die in de buurt komt van kolen en is erg droog met een vochtgehalte onder de 5%. Verder bezit het veel minder as dan kolen (2 tot 5% db respectievelijk 10 tot 20% db) en heeft het een hogere reactiviteit, die voor een belangrijk deel wordt veroorzaakt door het gehalte vluchtige bestanddelen (55 - 65% db) wat veel hoger is dan bij kool (10 tot 12% db). Spence® simulaties hebben aangetoond dat het effect op prestaties van de ketel en stoom/water circuit bij het meestoken van hoge percentages getorreficeerd materiaal (> 56% massa basis) minimaal is [KEMA, 2009]. Bij het meestoken van getorreficeerd materiaal verschuift de temperatuur in de ketel, waardoor de temperatuur bij de uitlaat van de ketel zal stijgen. Met wat kleine aanpassingen in de procescontrole zal deze temperatuurverschuiving echter niet leiden tot een lagere efficiency van de ketel.

Er zijn nog geen experimentele gegevens beschikbaar over de verbrandingseigenschappen van getorreficeerd hout. Essent heeft in 2004 20 ton getorreficeerd materieel verwerkt in de Borsele centrale, maar deze test was te kleinschalig om de verbrandingscondities fundamenteel te onderzoeken. KEMA voert momenteel onderzoek uit naar de reactiviteit en verbrandingseigenschappen van getorreficeerd materiaal.

Pelleteren

Door biomassa eerst te torreficeren alvorens het te pelleteren kan het energieverbruik van pelleteren worden gereduceerd. De biomassa is na torrefactie nog warm, waardoor de pers minder weerstand ondervindt. De sterkte van de resulterende torrefactie-pellets kan 1,5 tot 2 keer zo sterk zijn als conventionele houtpellets [Bergman, 2005]. De toename in

mechanische weerstand van torrefactie-pellets wordt veroorzaakt door de zwakkere staat van de biomassa polymeren en het ontstaan van vetachtige moleculen die als bindende factor werken. De in biomassa natuurlijk aanwezige stof lignine (vooral in houtachtige stromen) speelt een belangrijke rol in de kwaliteit van de pellets, omdat het een bindende werking heeft. Tijdens torrefactie wordt deze stof echter in meer of mindere mate afgebroken, afhankelijk van de procescondities tijdens torrefactie. Van pelletleveranciers heeft KEMA vernomen dat het pelleteeren van getorreficeerd materiaal goed mogelijk is, maar wel een aanzienlijke hoeveelheid testruns vergt om de juiste proces condities te vinden. Bovendien zijn de pelleteer condities sterk afhankelijk van de soort biomassa. Om de kwaliteit van de torrefactiepellets te verhogen wordt dan ook gedacht aan het toevoegen van glycerine, paraffine malasse of lignine. Een andere mogelijkheid is het in lage percentages bijmengen van plastic, papierslib, kippenmest of RWZI-slib.

Transport

De bulkdichtheid van biomassa daalt tijdens torrefactie, doordat het volume nagenoeg constant blijft, maar de massa neemt af door het onttrekken van vocht en vluchtige bestanddelen. In deze toestand is het getorreficeerde product relatief duur om te transporteren en lastig te hanteren, doordat de energiedichtheid laag is (3 tot 3,3 GJ/m³) en er een hoog risico op stofemissies bestaat. Bovendien is het product in poedervorm gevoelig voor zelfontbranding (hoog reactief) en absorbeert het product in poedervorm in beperkte mate vocht.

Om deze problemen te voorkomen, kan het getorreficeerde materiaal worden gepelleteerd. Hiermee neemt de energiedichtheid toe tot 15 à 18 GJ/m³, wat aanzienlijke kostenvoordelen oplevert in transport ten opzichte van houtpellets die een energiedichtheid hebben van 8 tot 10 GJ/m³. Bovendien zijn torrefactiepellets minder gevoelig voor degradatie dan houtpellets en is het risico op zelfontbranding (broei) veel minder groot dan bij poeder. Dit maakt het product uitermate geschikt voor transport over lange afstanden. De meerkosten van een pelleteerstep worden dan over het transport meer dan terugverdiend, doordat de kosten kunnen halveren.

Wanneer de biomassa beschikbaar is in Oost-Europa of in Canada is het zeker rendabel om een torrefactie installatie bij de biomassabron te plaatsen en de biomassa als torrefactiepellets te vervoeren. Wanneer de biomassa lokaal beschikbaar is, wegen de baten van pelleteeren vaak niet op tegen de kosten. De transportafstand is dus een belangrijke variabele in de opzet van een torrefactie installatie en business case.

Hanteerbaarheid en kosten bij de centrale

Doordat de energiedichtheid van biomassa toeneemt door torrefactie, is er een klein massastroom product nodig voor dezelfde energieproductie. Wanneer het getorreficeerde product ook nog wordt gepelleteerd, neemt ook de volumestroom sterk af in vergelijking met houtpellets. Hierdoor kan worden bespaard op investeringen in opslag en biomassa logistiek op het terrein van de centrale die de biomassa verwerkt.

Een andere factor die de opslagkosten en biomassa hanteerkosten verlaagt ten opzichte van houtpellets is dat getorreficeerd materiaal hydrofobe eigenschappen heeft. Tijdens torrefactie worden verbindingen van OH-groepen verbroken, door dehydratatie reacties. Daarvoor in de plaats ontstaan onverzadigde non-polaire groepen, waardoor de biomassa zijn vermogen om water te adsorberen grotendeels verliest. De hydrofobe eigenschappen van getorreficeerd materiaal maken de biomassa minder gevoelig voor degradatie (rotting), broei en vochtopname. Na torrefactie zal vocht zich nauwelijks meer chemisch binden aan de biomassa (adsorptie), maar in de praktijk is gebleken dat getorreficeerd materiaal wel vocht opneemt door absorptie wanneer het voor een langere tijd (weken) aan de buitenlucht wordt blootgesteld. Een overdekte opslag of open opslag voor een niet al te lange periode zou moeten volstaan voor torrefactie pellets, terwijl houtpellets in een gesloten, droge ruimte dienen te worden opgeslagen (biomassa silo's). Met het risico op broei bij grootschalige opslag van getorreficeerd materiaal (chips of pellets) is nog onvoldoende ervaring opgebouwd, omdat deze hoeveelheden product nog niet beschikbaar zijn.

Brandstof flexibiliteit

Ondanks dat er een grote variëteit aan biomassasoorten bestaat, komen de polymeren hemicellulose en cellulose in meer of mindere mate in alle biomassasoorten voor. Hierdoor is torrefactie theoretisch toepasbaar op een grote variëteit aan biobrandstoffen en is het in theorie mogelijk om een heterogene invoerstream van biomassa om te zetten in een homogener product, met gunstige eigenschappen. Er is echter nog zeer weinig ervaring met het torreficeren van een heterogene voedingsstream, omdat het vinden van de juiste proces parameters al lastig genoeg is met een homogene toevoer van een relatief 'schone' biomassa zoals A-hout.

Er worden wel testen gedaan met torrefactie van verschillende biomassa soorten, waarbij vooral de goedkopere alternatieven voor schoon hout interessant zijn. Vanuit een duurzaamheidsoogpunt wordt er in steeds meer landen op aangestuurd om niet-houtachtige stromen, zoals bermgras, stro, hooi en landbouw residuen, beter te benutten in energieopwekking, in plaats van het relatief hoogwaardige product schoon hout in te zetten, wat ook in veel andere applicaties kan worden toegepast. Hier wordt in de volgende hoofdstukken wordt hier nader op ingegaan.

3 OVERZICHT TORREFACTIE TECHNOLOGIE

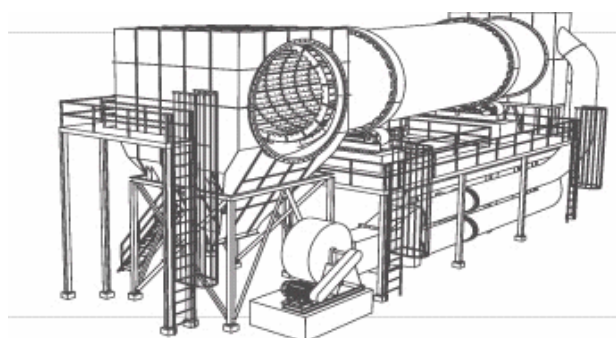
Er zijn verschillende reactor technologieën beschikbaar om torrefactie bij toe te passen. De reactor technologieën hebben zich reeds bewezen bij andere applicaties. In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste reactor technologieën en de betrokken partijen. Hierbij worden ook buitenlandse bedrijven genoemd omdat die mogelijk wel invloed kunnen hebben op de Nederlandse markt.

Tabel 2 Overzicht reactor technologieën en gerelateerde bedrijven

Reactor technologieën	Bedrijven
Roterende trommel	CDS (UK), Torr-coal (NL), BIO3D (FR)
Herreshoff oven	CMI-NESA (BE), Wyssmont (USA)
Torbed reactor	Topell (NL)
Schroefreactor	BTG (NL), Biolake (NL), FoxCoal (NL), ETPC (SWE)
Compact bewegend bed	ECN (NL), Torspyd (FR), Buhler (D)
Belt droger	Stramproy (NL), Agri-tech producers (US)
TurboDryer®	Thenergo (US)
Vast bed	NewEarth Eco Technology (US)

De belangrijkste reactor technologieën zullen hieronder kort worden beschreven, waarna ze op een aantal technische criteria met elkaar zullen worden vergeleken.

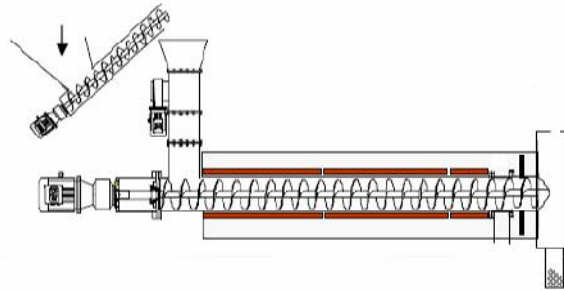
Roterende trommel: de droogtrommel is een continu reactor die zich heeft bewezen in verschillende toepassingen. Wanneer toegepast voor torrefactie kan de biomassa direct of indirect worden verhit door oververhitte stoom of rookgas. Het torrefactie proces kan worden gecontroleerd door de torrefactie temperatuur, de rotatiesnelheid, lengte en hellingshoek van de trommel te variëren.



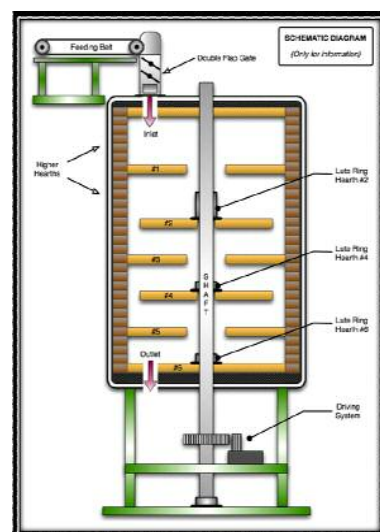
De draaiende beweging van de trommel zorgt voor het mengen van het brandstofbed en een goede warmteoverdracht, maar er vindt ook wrijving plaats tussen de trommelwand en de biomassa, waardoor de fractie fijn stof toeneemt. Roterende trommels zijn beperkt op te

schalen; de maximale capaciteit van 1 lijn is bereikt bij 10 tot 12 t/u voeding, ofwel circa 5 t/u product.

Schroefreactor: een schroefreactor is een continu reactor die bestaat uit een schroef of meerdere schroeven die de biomassa geleidelijk door de reactor verplaatst. De reactor is een bewezen technologie en kan zowel horizontaal als verticaal worden geplaatst. Een schroefreactor wordt meestal indirect verhit door een medium dat de reactorwand verhit, maar er bestaan ook concepten waarbij directe verhitting plaatsvindt door middel van een tweelingschroefstelsel. Een nadeel bij indirecte verhitting is dat er temperatuur excursies kunnen optreden waar de biomassa de reactorwand raakt, met verkoling als gevolg. Verder is de warmteoverdracht in een schroefreactor beperkt doordat er beperkte menging van de biomassa plaatsvindt. De verblijftijd van de biomassa wordt bepaald door de lengte en draaisnelheid van de schroef. Een schroefreactor is een relatief goedkope reactor, die slechts beperkt kan worden opgeschaald, omdat de verhouding schroefoppervlakte/biomassa volume ongunstig wordt bij opschaling. Hierdoor moeten er meerdere lijnen boven of onder elkaar worden geplaatst om een significante productie te halen. Omdat er dan geen 'economies of scale' geldt, kan een installatie met een aanzienlijke productiecapaciteit toch duur worden.

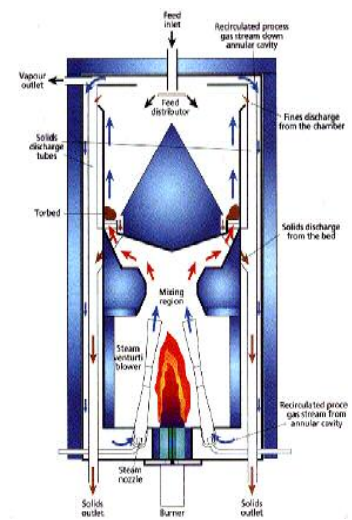


Herreshoff oven of Multiple Hearth Furnace (MHF): dit is een continu reactor die bestaat uit verschillende fases of reactorlagen, waarbij de temperatuur geleidelijk wordt opgevoerd van 220 °C tot 300 °C. Ook dit reactortype heeft zich bewezen in verschillende toepassingen. De biomassa wordt aan de bovenzijde van de reactor op een plaat gebracht en vervolgens met mechanische armen naar de buitenzijde van de plaat geschoven. Vervolgens valt de biomassa naar beneden op de tweede plaat. Hierbij wordt de biomassa naar binnen geschoven en valt ze door een gat in het midden van de plaat. Dit proces wordt over meerdere lagen herhaald, waardoor de biomassa wordt gemengd en er homogene verhitting plaatsvindt. Torrefactie vindt plaats met directe verhitting van interne gasbranders en stoominjecties, die de temperatuur per reactorlaag nauwkeurig kunnen controleren. In de bovenstaande reactorlagen wordt de biomassa gedroogd en in de onderste reactorlagen

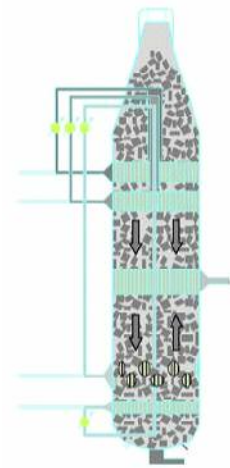


vindt torrefactie plaats. De MHF reactor is goed op te schalen naar een diameter van 7 tot 8 meter, waardoor de specifieke investering (EUR/ton product) sterk afneemt. De interne branders resulteren wel in een beperkte gasconsumptie. Een neveneffect is dat de verbranding van aardgas leidt tot de productie van vocht, die samen met de stoominjecties en het vocht dat wordt onttrokken uit de biomassa leidt tot een relatief vochtig torrefactie gas. Erg vochtig torrefactie gas heeft een lage calorische waarde (verdunding organische koolwaterstoffen) en dit leidt tot een suboptimale naverbranding.

Torbed (wervelbed): de Torbed reactor heeft zich bewezen in verschillende applicaties waaronder verbranding. De reactor kan als batch en continu reactor bedreven worden en er bestaan Torbed installaties met een diameter van 5 tot 7 meter. Torrefactie met Torbed technologie is echter slechts op zeer kleine schaal als batchproces bewezen (test reactor van 2 kg/h). Bij een torbed reactor wordt het warmte medium met een hoge snelheid (50 tot 80 m/s) langs stationaire, gedraaide bladen geblazen. Hierdoor wordt de biomassa zowel in horizontale als in verticale richting verplaatst en ontstaan er toroidale wervelingen. De toroidale wervelingen zorgen voor een optimale menging en directe verhitting van de biomassa, waardoor er een efficiënte warmte/massa uitwisseling plaatsvindt. Hierdoor is het mogelijk om te torreficeren bij hogere temperaturen (tot 380 °C) en kortere verblijftijden (rond de 80 seconden) in vergelijking met de andere reactor technologieën. Door de korte verblijftijd is het mogelijk om een hogere productie snelheid te realiseren, wat commerciële voordelen biedt. De vulgraad van een Torbed reactor is wel beperkt omdat het brandstofbed zich tegen de reactorwand bevindt, waardoor slechts een beperkt deel van het reactorvolume wordt benut. De hogere torrefactie temperatuur leidt wel tot een groter verlies van vluchtige bestanddelen en dus tot een lagere energie efficiëntie. Een ander effect van de relatief hoge torrefactie temperatuur is het risico op teervorming, waardoor optimale naverbranding cruciaal is.



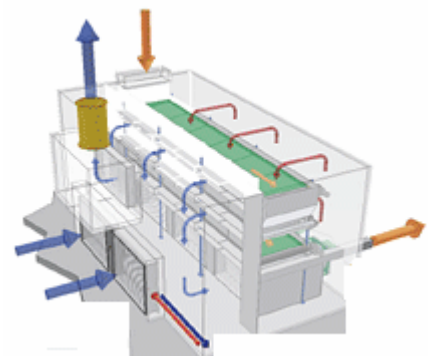
Bewegend compact bed: deze continu reactor bestaat uit een valbuis zonder bewegende delen, die compleet gevuld is met biomassa. De voeding vindt plaats aan de bovenkant van de reactor, waarna de biomassa geleidelijk naar beneden beweegt terwijl het direct wordt verhit door een warmtemedium dat zich in tegengestelde richting van beneden daar boven in de reactor verplaatst. Onder aan de reactor wordt het getorreficeerde product verwijderd en afgekoeld. Bovenaan de reactor worden de gasvormige reactieproducten verwijderd. De torrefactie condities zijn vergelijkbaar met de andere technologieën (verblijftijd: 30 tot 40 minuten; torrefactie temperatuur 300 °C).



Doordat er geen menging van het brandstofbed plaatsvindt tijdens de migratie van deeltjes naar beneden, bestaat er het risico op kanaalvorming, waarbij het warmtemedium zich een weg van de minste weerstand door het brandstofbed heen baant, met een ongelijk getorreficeerd product als gevolg. In de 100 kg/u testreactor werd dit effect nog niet waargenomen, maar bij opschaling wordt de kans op kanaalvorming groter.

De vulgraad van deze reactor is relatief hoog omdat het complete reactorvolume wordt benut. Dit in combinatie met de afwezigheid van bewegende delen, maakt het mogelijk om met deze reactor relatief gemakkelijk biomassa te verwerken met een lage dichtheid. Een nadeel is wel dat de drukval over het brandstofbed relatief hoog is. Zeker wanneer de fractie fijne deeltjes (< 5 mm) toeneemt, bestaat het risico dat de drukval te veel toeneemt, waardoor de installatie zichzelf zal uitschakelen. Met een zeefstap kan voorkomen worden dat de fractie fijne deeltjes de kritische grens overschrijdt, maar bij bepaalde biomassasoorten kunnen fijne deeltjes in de reactor zelf ontstaan door de druk van het brandstofbed op de getorreficeerde deeltjes die zich in de onderste lagen in de reactor bevinden.

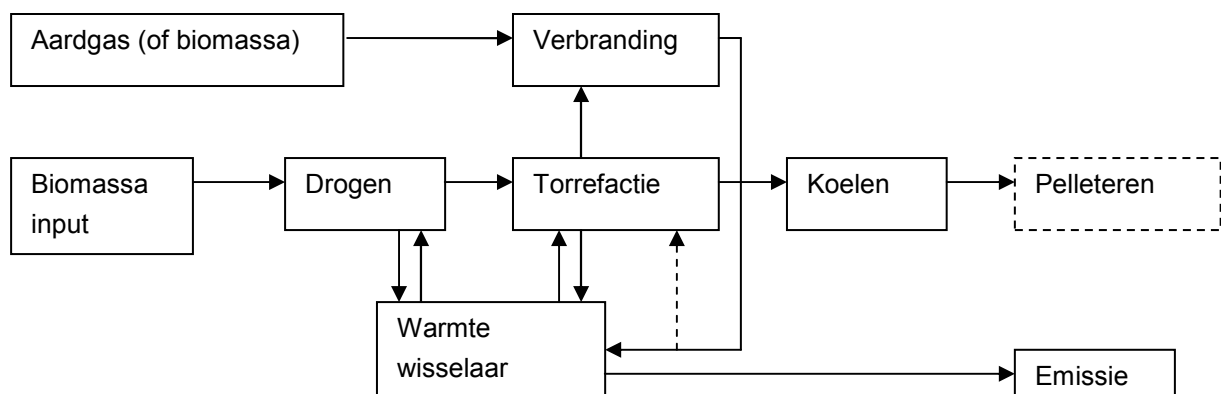
Banddroger: de banddroger is een bewezen continu reactor voor het drogen van biomassa. De biomassa wordt getransporteerd met behulp van een band, terwijl het direct wordt verhit door het warmtemedium. Een bekende methode is het injecteren van het warmtemedium door gaatjes in de band. Terwijl de biomassa van de ene band op de andere band valt, vindt er menging plaats wat een homogene torrefactie ten goede komt. De band (snelheid) biedt een effectieve methode om biomassa te transporteren en de verblijftijd te controleren, zodat alle deeltjes



dezelfde verblijftijd ondervinden en niet, zoals in andere concepten het geval is, kunnen blijven hangen in de reactor (te lange verblijftijd: verkoling) of juist te snel de reactor kunnen verlaten (te korte verblijftijd: niet volledig getorreficeerd). Een nadeel van de injectie gaten in de band is dat deze snel kunnen verstoppert met fijn stof en teren. Daarnaast biedt het oppervlakte van de band ruimte voor een beperkt volume aan biomassa, waardoor biomassa met lage bulk dichtheden de productiecapaciteit sterk omlaag brengt. Verder is de temperatuurcontrole in de reactor beperkt omdat het proces slechts met de temperatuur van het warmtemedium en de snelheid van de band geregeld kan worden. Een banddroger neemt relatief veel ruimte in, waardoor het opschalingpotentieel beperkt is en er meerdere lijnen nodig zijn voor grootschalige productie. Daar staat tegenover dat de investeringskosten voor deze technologie relatief laag zijn.

3.1 Warmte integratie concepten

De range van procescondities waaronder torrefactie plaatsvindt, verschilt enigszins bij de verschillende reactor technologieën die worden toegepast. Het basisconcept van een warmte geïntegreerde torrefactie installatie is echter gelijk voor de verschillende technologieën, zie Figuur 1.



Figuur 1 Overzicht warmte integratie

Om een zo hoog mogelijk rendement te behalen worden de vluchtige bestanddelen die vrijkomen bij torrefactie verbrand, waarbij de resulterende warmte in het rookgas wordt geïntegreerd met het torrefactieproces en het voordroogproces op de volgende manieren:

- recirculatie van rookgas voor directe verhoging van het proces. Deze manier van warmte-integratie heeft als voordeel dat er geen verliezen zijn door warmtewisselaars en dat de warmte-uitwisseling tussen het rookgas en de biomassadeeltjes relatief efficiënt is. Een nadeel van het direct injecteren van rookgas is dat een deel van de biomassa zal

- oxideren door de zuurstoffractie die nog in de rookgassen aanwezig is. Verder zal de investering in rookgaskanalen relatief hoog uitvallen door de grote volumes rookgas.
- recirculatie van torrefactie gas voor directe verhitting van het proces, waarbij het torrefactiegas wordt verhit door het rookgas met behulp van een warmtewisselaar. Ook deze manier van warmte-integratie maakt gebruik van efficiënte warmte-uitwisseling tussen gas en vaste stof. Wel vindt er een verlies plaats tijdens de warmte-uitwisseling van het rookgas met het torrefactiegas. Verder resulteert de directe injectie van torrefactiegas in een verhoogd risico op teervorming door polymerisatiereacties tussen de organische koolwaterstoffen (fenol, furfural) en zuren (mierzuur, azijnzuur). Het recirculeren van het torrefactiegas verhoogt de concentratie van deze componenten waardoor er meer teer wordt gevormd. Er moeten dus maatregelen worden genomen om de teerfractie te verwijderen uit de recirculatiestroom.
 - recirculatie van (superkritisch) stoom voor directe of indirecte verhitting van het torrefactie proces, waarbij de stoom wordt verhit door het rookgas met behulp van een warmtewisselaar. Bij directe verhitting met stoom wordt de warmte van het gas efficiënter op de biomassa overgedragen dan bij indirecte verhitting, maar er ontstaat wel een vervuilde stroom die hogere eisen stelt aan het materiaalgebruik. Bij indirecte verhitting met stoom of rookgas geldt dat er een verhoogd risico is op hot spots in de torrefactie reactor, met als gevolg een hoger risico op verkoling van de biomassa. Bij indirecte verhitting wordt wel het aantal verontreinigde stromen beperkt.

De energie die vrijkomt bij het verbranden van de vluchtige bestanddelen is, volgens processimulaties uitgevoerd door KEMA (2008), voldoende om zowel het droogproces als het torrefactie proces te voorzien van de benodigde warmte. Hierbij is het echter wel van groot belang dat de biomassa wordt voorgedroogd voordat het de torrefactiereactor wordt ingevoerd. Vochtpercentages hoger dan 15% (ingang reactor) hebben een suboptimale energiebalans tot gevolg, omdat het verbranden van een vochtig torrefactiegas meer energie kost. Het torrefactiegas heeft een temperatuur van 300 °C bij de uitlaat van de reactor en dient te worden verhit naar minimaal 900 °C voordat er een adiabatisch verbrandingsproces ontstaat. Het netto rendement van een geïntegreerd proces zal tussen de 70 en 90% liggen, afhankelijk van de reactor technologie, integratieconcept en de biomassa. Een manier om het rendement te verhogen is het benutten van restwarmte van een andere installatie, bijvoorbeeld van een WKK eenheid of een afvalverbrandingsinstallatie. Hierbij geldt echter wel dat de restwarmte van laagwaardige kwaliteit is (50 tot 60 °C), waardoor deze alleen kan worden benut in het voordroogproces. KEMA heeft ook gekeken naar een stoomintegratie van het water-/stoomcircuit van een kolencentrale met een torrefactie installatie, maar dit is een relatief dure oplossing die het proces van energieopwekking negatief beïnvloedt. In het algemeen geldt dat het koppelen van autonome processen de complexiteit van procescontrole vaak verhoogt en de levensduur en beschikbaarheid van de processen verlaagt.

4 TORREFACTIE VAN NEDERLANDSE BIOMASSA STROMEN

4.1 Aanbod biomassa in Nederland

SenterNovem (Koppejan, 2009) schat het potentiële Nederlandse aanbod op 47 Mton in 2020, waarvan 10 Mton beschikbaar zou kunnen zijn voor energieopwekking. De huidige beschikbaarheid van biomassa voor energieopwekking bedraagt circa 125 PJ LHV/ 180 PJ HHV. Daarvan wordt circa 40% ingezet, wat heeft geleid tot een energieproductie van 72 PJ in 2008 (Koppejan, 2009).

De biomassastromen die groter zijn dan 200 kton/a en momenteel of op de middellange termijn (tot 2020) een significante bijdrage kunnen leveren aan energieopwekking staan vermeld in tabel 4.

Tabel 4 Beschikbare Nederlandse biomassa stromen in 2009 en 2020 (kton ds/jaar). Bron Koppejan [2009]

		2009	2020 ¹
1	A-hout	420	420
2	B-hout	800	936
3	Schoon resthout	425	383
4	Hout uit bos met oogst	150	498
5	Bermgras	0	512
6	Natuurgras	0	378
7	SRF	135	800
8	Papierresiduen	97	239
9	RWZI slib	341	349
10	Diermeel	213	85
11	Dierlijke vetten	1.085	788
12	Mest	4.892	1.933
13	Pluimveemest	1.501	2.030

Het aanbod van A-hout in Nederland is beperkt en wordt verwerkt in de spaanplaatindustrie, in de productie van pallets en gebruikt voor energieopwekking. De verdeling tussen de sectoren van de beschikbare hoeveelheid A-hout is afhankelijk van de prijsontwikkeling. Het aanbod B-hout wordt benut in de houtvezel- en spaanplaatindustrie, geëxporteerd naar Duitsland en verbrand in de biomassa centrales van de afvalverbrandingbedrijven. Aangezien er initiatieven in ontwikkeling zijn die de bestaande standalone biomassa

¹ De getallen in deze kolom zijn gebaseerd op het scenario 'Regional Communities' die in Koppejan (2009) worden doorgerekend.

capaciteit uitbreiden, zal er een schaarste aan afvalhout en knip- en snoeihout ontstaan. De beschikbare stroom schoon resthout wordt geschat op 425.000 ton per jaar in 2009. Deze hoeveelheid wordt gebruikt voor de productie van houtpellets als meestookbrandstof en als brandstof voor standalone biomassa centrales, maar ook in de houtvezel- en spaanplaatindustrie. Volgens de toekomstscenario's neemt de gemiddelde beschikbaarheid van schoon resthout de komende jaren af tot 383.000 ton per jaar in 2020. De productie van hout uit bos met oogst zal volgens Koppejan, 2009 toenemen, waardoor er 296.000 ton per jaar beschikbaar is voor energieopwekking in 2020.

Bermgras en natuurgras worden momenteel nog niet ingezet voor energieopwekking, maar de verwachting is dat deze stromen boven de 200 kton per jaar uitkomen in 2020.

De papierresiduen die in navolging van het Landelijke Afval Plan (LAP) beschikbaar zijn voor energieopwekking zijn nog erg beperkt (circa 100 kton per jaar), maar zullen naar verwachting toenemen tot boven de 200 kton per jaar in 2020. De beschikbare stroom RWZI slib wordt vooral verwerkt in vergistinginstallaties

De beschikbaarheid van diermeel blijft constant rond de 200 tot 250 kton/jaar. Of deze stroom ook daadwerkelijk zal worden ingezet als brandstof voor energieopwekking in 2020 is sterk afhankelijk van de geldende vergunningsregimes bij de centrales en de regelgeving omtrent verwerking van dierlijke restproducten (in verband met ziektekiemen).

De beschikbare stroom dierlijke vetten is aanzienlijk in Nederland met 1085 kton per jaar. De verwachting is dat in 2020 gemiddeld 788 kton per jaar dierlijke vetten beschikbaar zijn voor de productie van biodiesel.

De beschikbaarheid van mest en pluimveemest is aanzienlijk in Nederland, gezamenlijk goed voor circa 5 Mton droge stof per jaar. Hiervan is momenteel 1.500 kton pluimveemest beschikbaar voor energieopwekking, waarvan 400 kton per jaar wordt verwerkt in BMC centrale te Moerdijk. Deze stroom zal verder toenemen tot een gemiddelde van 2.188 kton per jaar in 2020. De overige meststromen kunnen worden benut voor energieopwekking door middel van anaerobe vergisting. Momenteel wordt er circa 450 kton per jaar vergist en de verwachte beschikbaarheid in 2020 is gemiddeld 2,5 Mton per jaar (Koppejan, 2009).

4.2 Vraag naar biomassa in Nederland

In 2008 werd er 72 PJ aan biomassa omgezet in energie in Nederland. Hiervan werd ongeveer 20 PJ gerealiseerd met het mee- en bijstoken van biomassa. Dit komt overeen met ruim 1 Mton biomassa per jaar. De bestaande kolencapaciteit stookt hierbij gemiddeld over een jaar 8% biomassa op energiebasis mee. De vergunde meestook ruimte is echter 2,8 Mton per jaar. Verder staat er nog ruim 4.000 MWe nieuwe kolencapaciteit in de planning, met een rendement van 46% en een verwacht meestookpercentage tot 30%. Op energiebasis bedraagt de berekende biomassa vraag van de nieuwe kolencapaciteit dan ruim 4 Mton per jaar.

Nederland kent momenteel vier Biomassa Energie Centrales (BECs) die afvalhout verwerken, met een gezamenlijk vermogen van 85 MWe, waarmee circa 700 kton per jaar afvalhout wordt verwerkt. HVC heeft nog 2 andere initiatieven voor een BEC in ontwikkeling beide met een capaciteit van 23 MWe en ook Eneco ontwikkelt een BEC van circa 23 MWe. Wanneer deze capaciteit wordt gerealiseerd, zal de vraag naar biomassa met grofweg 600 kton per jaar stijgen. Gezien de huidige marktsituatie is het onzeker of deze projecten worden doorgezet. Een overzicht van de huidige en toekomstige meestook en standalone capaciteit wordt gegeven in Tabel 5.

Tabel 5 Overzicht van huidige (2008) en toekomstige meestook en standalone capaciteit van vaste biobrandstoffen (Bron: CE Delft, 2009 en KEMA)

Bestaande kolencapaciteit	Vermogen (MWe)	Biomassa (kton/j)
Electrabel (Gelderland 13)	590	75
E.ON (maasvlakte 1+2)	1040	207
Nuon (Hemweg 8)	630	40
Nuon (Buggenum)	250	20
Essent (Amer 8 en 9)	1245	638
Essent (Amer 9 vergassen)	30	22
EPZ/DELTA (Borssele 12)	426	122
<i>Totaal</i>	<i>4211</i>	<i>1124</i>
Bestaande Standalone capaciteit		
Essent (Cuijk)	27	221
Twence Hengelo	15	123
HVC Alkmaar	23	188
AVR Rozenburg	20	164

<i>Totaal</i>	85	695
Geplande kolencapaciteit		
NUON (Magnum 1)	1200*	777*
E.ON (Maasvlakte 3)	1070	1108
RWE (Eemshaven)	1600	1657
Electrabel (Maasvlakte)	800	829
<i>Totaal</i>	4220	4371
Geplande standalone capaciteit		
Eneco	23	200
HVC Zaanstad	23	200
HVC Dordrecht	23	200
<i>Totaal</i>	69	600

* Het kolenvergassingsaandeel van Magnum is 750 MWe, maar het is nog onduidelijk of deze zal worden gerealiseerd.

Om de verwachte vraag naar biomassa in Nederland van de komende jaren (tot 2020) in te schatten, worden de volgende aannames gedaan:

- de bestaande kolencapaciteit benut de maximaal vergunde meestook ruimte: 2,7 Mton/jaar
- van de nieuwe kolencapaciteit hebben het RWE project en het E.ON project de meeste kans van slagen. Wanneer deze centrales 30% biomassa op energiebasis meestoken, kan er 2,8 Mton/jaar (berekende waarde) aan biomassa worden verwerkt
- van de nieuwe standalone capaciteit zullen er twee projecten worden gerealiseerd: 0,4 Mton/jaar.

In totaal komt de maximale vraag naar biomassa voor standalone verbranding en meestoken dan uit op ongeveer 6,6 Mton per jaar. De beschikbare biomassastromen voor deze 2 opwekcategoryen zijn momenteel bij lange na niet voldoende om in deze vraag te voorzien. Ondanks dat Koppejan (Koppejan, 2009) aangeeft dat er in 2020 wellicht 10 Mton biomassa voor energieopwekking beschikbaar zou kunnen zijn, zullen de Nederlandse ambities voor energieopwekking uit biomassa voorlopig voor groot deel afhankelijk zijn van import.

4.3 Haalbaarheid torrefactie

De beschikbare Nederlandse biomassa stromen moeten aan de volgende criteria voldoen om voorbehandeld te kunnen worden met torrefactie:

- 1 De beschikbare biomassa moet reageren op het torrefactieproces (hoog biologisch gehalte) en het torrefactieproces moet waarde toevoegen aan de biomassa ten opzichte van andere voorbereidingen.
- 2 De beschikbare biomassa moet aan de technische specificaties van de torrefactie installatie voldoen
- 3 Torrefactie van beschikbare biomassa moet leiden tot een economisch haalbare business case
- 4 De beschikbare biomassa moet geen knelpunten veroorzaken in de vergunningsprocedure van de torrefactie installatie

In Tabel 6 worden de beschikbare biomassa stromen in Nederland voor energieopwekking afgezet tegen de bovengenoemde criteria.

Tabel 6 Geschiktheid voor torrefactie van beschikbare biomassa in Nederland

	Biomassa	Biologische fractie	Technisch haalbaar	Economische haalbaar	Vergunnings-procedure
1	A-hout	++	++	+/-	++
2	B-hout	++	+	++	-
3	Schoon resthout	++	++	+	++
4	Hout uit bos met oogst	++	++	+	++
5	Bermgras	++	-	+	-
6	Natuurgras	++	-	+/-	++
7	SRF	+	+/-	++	-
8	Papierresiduen	++	+/-	-	-
9	RWZI slib	-	-	-	-
10	Diermeel	-	-	-	-
11	Dierlijke vetten	-	-	-	-
12	Mest	-	-	-	-
13	Pluimveemest	-	-	-	-

Allereerst dient de biomassa een aanzienlijke fractie (> 50%) biologisch materiaal (vooral fractie hemi-cellulose, lignine en cellulose) te hebben, wil torrefactie toegevoegde waarde bieden ten opzichte van andere verwerkingsroutes zoals vergisting of directe verbranding. Vervolgens is het vochtgehalte van de biomassa bepalend voor de business case. De biomassa dient te worden voorgedroogd tot minder dan 15% vocht alvorens het techno-economisch haalbaar kan worden getorreficeerd. Zeer vochtige biomassa (> 60%) kost teveel energie om voor te drogen tot een vochtgehalte van minder dan 15%, waardoor dit economisch in veel gevallen niet haalbaar is. Dit betekent dat de biomassa categorieën 9 tot en met 13 afvallen voor behandeling met de huidige generatie torrefactie technologie. ECN doet echter onderzoek naar een technologie genaamd TorWash, waarbij natte en verontreinigde biomassa wordt getorreficeerd, gewassen en gedroogd (door persen) in 1 geïntegreerde processtap. Dit proces kan potentieel zeer geschikt zijn voor de verwerking van natte biomassastromen in Nederland, door deze op te waarderen als brandstof voor energieproductie. De ontwikkeling bevindt zich echter nog in de R&D fase en de technologie is nog niet technisch en financieel haalbaar. Een belangrijk nadeel dat dient te worden opgelost is het vochtgehalte van het product, dat na pelletieren nog zeker 40% bedraagt, waardoor het niet geschikt is voor verbranding of vergassing.

De biomassa categorieën 1 tot en met 8 bezitten een biologische fractie die voldoende is om torrefactie effectief te laten zijn. In het algemeen geldt dat schoon hout (stroom 1,3 en 4) techno-economisch haalbaar kan worden getorreficeerd. Hierbij geldt wel dat resthout of snoei- en kniphout economisch voordeliger zijn dan A-hout dat relatief duur is en in veel gevallen ook kan worden toegepast in hoogwaardigere toepassingen dan energieopwekking. Voor al het schone hout geldt dat de vergunningsprocedure van de torrefactie installatie binnen de Nederlandse Emissie Richtlijn (NER) valt en dat de vergunning relatief snel (wel afhankelijk van locale bezwaren) en tegen beperkte kosten kan worden verkregen.

De vergunningsprocedure van een torrefactie installatie die B-hout wil verwerken ligt gecompliceerder, omdat B-hout als een afvalstroom wordt geclassificeerd. Dit betekent dat de activiteit MER-beoordelingsplichtig is bij het verwerken van meer dan 50 ton/dag (15.625 t/j) en MER-plichtig is bij het verwerken van meer dan 100 ton/dag (31.250 t/j). De installaties die nu in Nederland worden gerealiseerd verwerken allemaal meer dan 100 ton/dag. Het laten uitvoeren van een MER is kostbaar en tijdrovend en kan voor een kleine ondernemer een belangrijk struikelblok vormen. Hier komt nog bij dat B-hout in Nederland op het moment slechts zeer beperkt beschikbaar is, omdat de beschikbare

stromen grotendeels zijn gecontracteerd door de Nederlands Biomassa Energie Centrales (BECs).

Naast B-hout worden ook SRF, papierresiduen en bermgras geclassificeerd als afvalstoffen, waarvoor de MER-plicht geldt bij het verwerken van meer dan 100 ton/dag. De SRF stromen die voldoen aan de minimum standaard van het LAP kunnen worden benut voor energie opwekking. SRF is een interessante biomassastroom omdat het relatief goedkoop te verkrijgen is en een relatief hoge calorische waarde heeft. Recentelijk is de Europese handel in SRF stromen vergemakkelijkt door nieuwe regelgeving. Van de stroom papierresiduen mogen volgens het LAP alleen papierrejects en papierslib worden gebruikt voor energieopwekking. Deze stromen zijn momenteel relatief klein, slechts een kleine 100 kton/jaar. Bovendien worden deze residuen vaak al benut in het eigen proces van de papierverwerkende industrie en heeft deze stroom een erg laag calorische waarde.

B-hout, SRF en bermgras mogen dan tegen een relatief lage prijs verkrijgbaar zijn, ze stellen wel hogere eisen aan de rookgasreiniging van de torrefactie installatie. Deze afvalstromen bevatten namelijk relatief hoge concentraties alkaliën, chloor, zwavel, stikstof, zware metalen en as. Hierdoor is het ontstoffen en verbranden van het gas dat vrijkomt bij torrefactie niet voldoende om aan de emissie eisen te voldoen. Additionele rookgasreiniging, zoals doekfilters met actief kool of natte wassers zijn dan noodzakelijk. Dit heeft een negatief effect op de economische haalbaarheid van de torrefactie installatie.

Naast de chemische compositie spelen ook de fysische eigenschappen van biomassastromen een rol in hun potentiële benutting voor energieopwekking met behulp van torrefactie. Zo heeft de lage bulk dichtheid ($< 100 \text{ kg/m}^3$) van grasachtige biomassastromen (bijvoorbeeld stro, natuurgras, bermgras) een negatief effect op de technische en economische haalbaarheid van torrefactie. De reactor technologieën hebben beperkte biomassa transportmogelijkheden in de reactor en een beperkte vulgraad. Hierdoor neemt de doorzet op energiebasis sterk af, waardoor de productiekosten per ton getorreficeerd product toenemen ten op zichte van bijvoorbeeld hout. Verder bestaat er het risico dat lichte deeltjes onvoldoende verblijftijd hebben omdat ze met het torrefactiegas de reactor kunnen verlaten. Als grasachtige biomassa stromen niet goed worden voorbehandeld (voldoende klein worden gesneden/gehakseld), dan kunnen de slierten zorgen voor het disfunctioneren van mechanische transportsystemen in de reactor, waardoor er een brandstofblokkade kan ontstaan.

Over het algemeen kan worden gesteld dat de huidige generatie torrefactie technologie tegen technische en economische beperkingen aanloopt bij het verwerken van biomassa

met lage bulk dichtheden. Dit wil echter niet zeggen dat er in de praktijk geen grasachtige stromen zullen worden getorreficeerd of dat er geen markt bestaat voor het product. Wanneer de inkoop prijs van grasachtige stromen voldoende laag is, kunnen de technische en economische beperkingen worden gecompenseerd. Wel verwacht KEMA dat het getorreficeerde product van grasachtige biomassastromen voorlopig nog niet in de Nederlandse meestookmarkt zal worden ingezet. Het volume probleem bij biomassasoorten met een lage dichtheid zou eventueel verholpen kunnen worden met een pelleteer stap voor torrefactie, maar dan bestaat er het risico dat de pellets uit elkaar vallen tijdens het torrefactie proces of in de kern onvoldoende getorreficeerd zijn. Bovendien zullen de pellets tegen een hoge prijs moeten worden ingekocht en kan worden overwogen om ze dan direct mee te stoken.

4.4 Toepassingen van het getorreficeerde product

De beschikbare biomassa in Nederland kan pas worden ingezet voor energieopwekking via torrefactie, wanneer niet alleen torrefactie techno-economisch haalbaar kan worden toegepast, maar ook wanneer het product techno-economisch haalbaar kan worden verwerkt in energie conversie. In Tabel 7 worden de voor torrefactie geschikte Nederlandse biomassa stromen uitgezet tegen de belangrijkste conversie technologieën.

Tabel 7 Toepassing van getorreficeerd product in verschillende conversietechnologieën

Getorreficeerd product	Meestoken	Standalone verbranden	Vergassen
Schoon hout	+	-	-
B-hout	-	+	+
Bermgras	-	+/-	+
Natuurgras	+	+	+
SRF	-	+/-	+

De voordelen van torrefactie komen vooral tot expressie bij de opwekking van energie in (oudere) bestaande kolencentrales. Deze installaties zijn niet uitgerust voor het meestoken van biomassa en kunnen sterk kostenbesparen bij de inzet van getorreficeerd product. Uit Tabel 7 komt naar voren dat het getorreficeerde product van schoon hout en natuurgras met name geschikt zijn voor meestoken, omdat aan de technische specificaties van een kolencentrale kan worden voldaan en het past binnen de milieuvergunning.

Voor de biomassa stromen die onder afvalstoffen vallen (B-hout, bermgras en SRF), geldt dat het product slechts kan worden verwerkt in energieopwekking onder het Besluit Verbranden Afvalstoffen (BVA), met als uitzondering de vergasser van de Amercentrale die B-hout onder BEES mag meevergassen. In Nederland hebben de energiebedrijven momenteel de grote voorkeur om hun kolencentrales onder het Besluit Emissie-Eisen Stookinstallaties (BEES) te opereren, omdat bij operatie onder BVA regime strengere emissie-eisen en meetverplichtingen gelden. Zoals eerder vermeld kan deze voorkeur in de toekomst veranderen.

Zelfs wanneer een kolencentrale onder BVA regime wordt bedreven, zal er vooral schone biomassa worden verwerkt (zie bijvoorbeeld secundaire brandstof portfolio Centrale Gelderland van Electrabel). Dit heeft te maken met de techno-economische haalbaarheid van het meestoken zelf. Het verwerken van gele lijst biomassa (afvalstoffen) in een kolencentrale zal het risico op verslakking, vervuiling en corrosie van de kolenketel verhogen, waardoor de levensduur zal verkorten en de efficiëntie van de ketel zal dalen. Bovendien resulteert de inzet van getorreficeerde afvalstoffen in moeilijk te verwerken restproducten (askwaliteit) door de verontreinigende componenten die ook na torrefactie in de biomassa aanwezig zullen zijn. Energiebedrijven zullen deze biomassastromen dan ook liever niet verwerken in hun kolengestookte centrales, waardoor de drijfveer voor torrefactie producenten om afvalstoffen te torreficeren ook beperkt is. Hier kan de komende jaren echter wel verandering in plaatsvinden. Zeker wanneer het getorreficeerde product van afvalstoffen aanzienlijk goedkoper is dan houtpellets.

De nieuwe kolencapaciteit zal een hoger rendement hebben (circa 46%) en bij het ontwerp kan al meteen rekening worden gehouden met het meestoken van biomassa. Hierdoor zullen deze kolencentrales beter geschikt zijn om biomassa te verwerken en is de potentiële kostenbesparing met torrefactie geringer dan bij de bestaande kolencapaciteit. Niettemin kan torrefactie ook bij nieuwe kolencapaciteit het maximale meestookpercentage verhogen, waardoor de bijdrage aan duurzame energieopwekking toeneemt en de CO₂ reductiekosten afnemen. De voordelen van het verwerken van getorreficeerde biomassa in nieuwe kolencapaciteit uit zich vooral in betere maal –en verbrandingseigenschappen ten opzichte van niet-getorreficeerde biomassa.

De afvalstromen B-hout, bermgras en SRF zijn beter geschikt voor standalone verbranding en vergassing, omdat deze conversie technologieën veel lagere eisen stellen aan de chemische en fysische eigenschappen van de biomassa (zie Tabel 7).

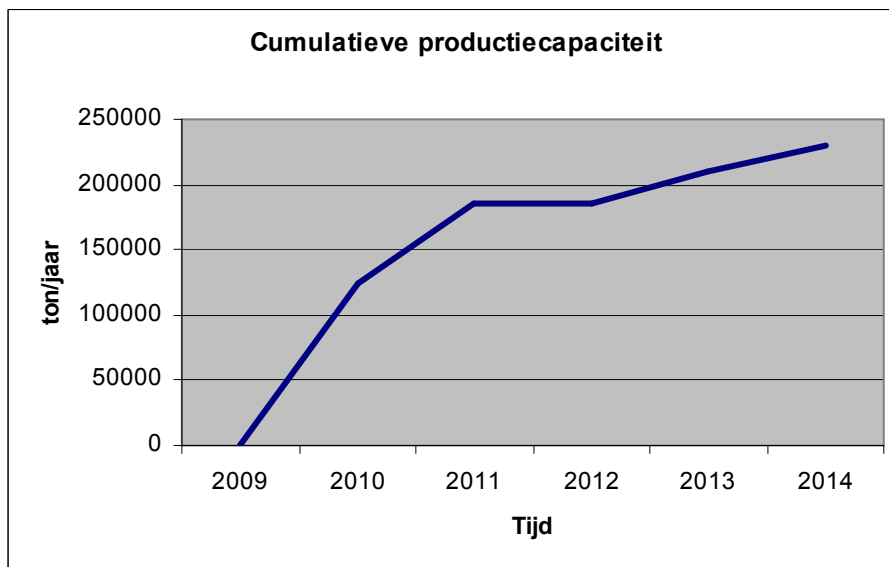
Standalone verbranding maakt in veel gevallen gebruik van een rooster of een wervelbed, waardoor de biomassa niet als poeder hoeft te worden geïnjecteerd zoals bij een kolenketel het geval is. Hierdoor heeft de installatie een grotere brandstofflexibiliteit. De inzet van afvalstoffen wordt echter ook bij deze technologie beperkt door de negatieve effecten van corrosie, verslakking, vervuiling, de emissies en de askwaliteit. Bovendien kan de biomassa ook direct worden verwerkt in een standalone verbrandingsinstallatie zonder relatief dure voorbehandeling zoals torrefactie, waardoor het verwerken van een hoogwaardig product zoals getorreficeerde biomassa onnodig duur zal zijn. Getorreficeerde biomassa zou wel het rendement kunnen verhogen, maar daarbij is het maar zeer de vraag of winst aan rendement opweegt tegen de additionele brandstofkosten.

Door het lage vochtgehalte, de goede maalbaarheid en de gunstige C/H/O verhoudingen na torrefactie kan het product voordelen bieden bij vergassing. De business case voor vergassing valt in veel gevallen echter ongunstig uit tegenover andere conversie technologieën zoals standalone verbranden. Dit komt door de relatief hoge investeringskosten, de kwaliteit van de assen (verontreinigingen blijven achter in de bodemas en vooral de vlieg-as) en de syngaskwaliteit (teerfractie). De inzet van een getorreficeerd product zou de business case gunstig kunnen beïnvloeden doordat de efficiency van vergassing theoretisch zal stijgen, maar hier is nader onderzoek voor vereist. In tegenstelling tot standalone verbranding, heeft vergassing wel een uitgebreide voorbehandeling (vocht en deeltjesgrootte zijn kritisch) nodig voor goede conversie van de biomassa, waardoor de brandstofprijs hoger ligt dan bij standalone verbranding. Hierdoor is getorreficeerde biomassa economisch eerder rendabel bij vergassing dan bij de inzet in een BEC. Tot slot heeft vergassing minder last van verslakking, corrosie en vervuiling omdat het grootste deel van de verontreinigende elementen in de assen (of slak) achterwege blijft. Dit resulteert uiteraard wel in een askwaliteit die moeilijk kan worden verwerkt in andere toepassingen (vaak worden deze assen gestort in oude mijnen).

Tot slot zou het getorreficeerde product ook kunnen worden toegepast in de particuliere markt, waar torrefactie briketten kunnen worden toegepast in houtkachels. Het is echter de vraag of briketten op basis van torrefactie qua prijs kunnen concurreren met houtbriketten of hout pellets, die worden gemaakt in een goedkoper productieproces. Deze toepassing wordt in dit kader niet nader beschouwd.

4.5 Aanbod van getorreficeerd product

Op het moment zijn er afnamecontracten afgesloten met Essent en DELTA voor de levering van in totaal 170 kton/jaar getorreficeerd product. Deze productiecapaciteit zal echter het komende jaar nog niet worden gehaald, ondanks dat Stramproy Green Investment en Torr-Coal hun installaties dit jaar zullen opstarten en Topell naar verwachting in 2011. Dit heeft te maken met de optimalisatie van de procescondities en het verhelpen van kinderziektes. Deze 3 installatie zullen allemaal schoon hout verwerken om redenen die in de vorige paragrafen zijn uiteengezet. Om een indruk te krijgen van hoe het aanbod van getorreficeerd product zich op de middellange termijn zal ontwikkelen, is op basis van de meest belovende initiatieven een schatting van de productiecapaciteit gemaakt. Het resultaat wordt getoond in Figuur 2, waar de cumulatieve Nederlandse productiecapaciteit van getorreficeerd product in 2014 wordt geschat op 200 tot 250 kton per jaar. De onderliggende data en aannames worden nader behandeld in hoofdstuk 6.



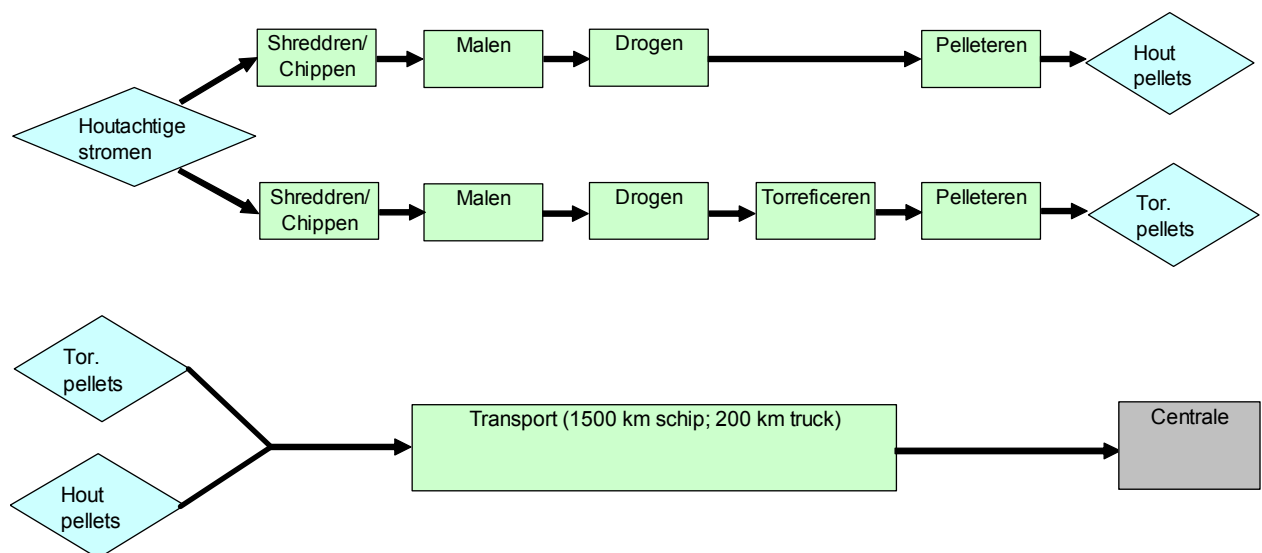
Figuur 2 Cumulatieve torrefactie productiecapaciteit over de tijd

5 ECONOMISCHE WAARDE TORREFACTIEPELLETS

Tot dusver heeft hoofdstuk 2 de technische voordelen van torrefactie beschreven, hoofdstuk 3 is ingegaan op de stand van torrefactie technologie en hoofdstuk 4 heeft aangetoond dat de markt voor het getorreficeerde product aanzienlijk is en dat het verwachte Nederlandse aanbod voorlopig niet aan de te verwachten Nederlandse vraag kan voldoen. Dit hoofdstuk zal verder ingaan op de toegevoegde waarde van torrefactie als vaste brandstof door een economische vergelijking te maken met houtpellets als concurrerend product.

5.1 Vergelijking met houtpellets

Om een goede vergelijking tussen houtpellets en torrefactiepellets te kunnen maken is het belangrijk alle productiestappen mee te nemen in de productieketen van de brandstof. Figuur 3 geeft een schematische overzicht waarbij het onbewerkte hout wordt gechipped, gemalen, gedroogd, getorreficeerd (bij de torrefactie-keten), gepelleteerd, opgeslagen en tenslotte getransporteerd naar de centrale. Voor de transportafstand wordt uitgegaan van 1.500 km transport per schip en 200 km transport per truck van de haven naar de centrale.



Figuur 3 Schematische weergave van productieketen

Bij de economische vergelijking wordt uitgegaan van 15 t/u onbewerkt hout met een vochtgehalte van 30% en een calorische waarde van 12 MJ/kg als input biomassa. Vervolgens wordt op basis van een business model de minimale kostprijs (break-even price) tot aan de poort (gate price) van de centrale berekend. Deze waarde wordt verkregen door

de verdisconteerde kosten over een evaluatieperiode van 10 jaar te delen door de verdisconteerde productie van pellets uitgedrukt in GJ. De kosten bestaan uit investeringskosten en operationele kosten uit de KEMA kost engineering database. De productiekosten worden in dit model bepaald door bediening en onderhoud (O&M), energiekosten, kosten voor de brandstof en uiteraard de transportkosten. Voor O&M wordt een vast percentage van de investering genomen. Verder wordt er gerekend met een set aan economische input parameters zoals biomassa prijs, elektriciteitsprijs, discontovoet et cetera. Omdat deze input variabelen voor beide ketens gelijk zijn, heeft het voor de vergelijking geen toegevoegde waarde om deze expliciet te noemen.

Resultaten

De resultaten van de berekeningen staan weergegeven in tabel 8. Het gaat hierbij vooral om de relatieve waarde van de resultaten. De absolute cijfers zijn van ondergeschikte waarde, omdat die sterk afhankelijk zijn van de aannames voor deze specifieke case. De absolute break-even prijs kan dus niet worden gebruikt als referentie voor een marktprijs.

Tabel 8 Relatieve vergelijking kosten productie houtpellets versus torrefactie-pellets

		Houtpellets	Torrefactie-pellets
Input biomassa	(t/u)	15,0	15,0
Productie pellets	(t/u)	12,1	8,4
Calorische waarde pellets	MJ/kg	14,9	19,7
Volumestroom	m ³ /h	20,1	10,9
Energie-inhoud	MW	50	46 (92% van houtpellets)
Break-even gate price	EUR/GJ	8,18	7,81

Conclusie

Tabel 8 laat zien dat de break-even kostprijs van torrefactie-pellets lager is dan die van houtpellets: 7,81 EUR/GJ respectievelijk 8,18 EUR/GJ (voor deze case). Dit betekent dat torrefactie ook economische toegevoegde waarde heeft ten opzichte van concurrerende producten.

Hoewel de investeringskosten van de torrefactieroute hoger zijn door de additionele voorbereidingstap, zijn de operationele kosten van de productiestappen na torrefactie beduidend lager, doordat de volume- en massastroom van torrefactiepellets veel kleiner zijn dan die van houtpellets. De transportkosten zijn in deze business case voor torrefactiepellets zelfs 46% lager dan die van houtpellets. Hoe groter de afstand, hoe voordeliger torrefactie (en omgekeerd). In dit kostenvoordeel is nog niet de kostenbesparing van torrefactie

meegenomen die kan worden gerealiseerd op de centrale zelf. Zo zijn er bij het meestoken van torrefactiepellets bijvoorbeeld geen biomassa silo's nodig, hoeven er slechts zeer beperkte interne logistieke aanpassingen te worden gedaan en zijn aparte hamermolens en branders niet nodig. Doordat torrefactiepellets het mogelijk maken om met een hoger percentage biomassa mee te stoken in bestaande kolencapaciteit, kunnen er verder kosten worden bespaard op CO₂ emissies.

De break-even prijzen in tabel 8 zijn kostprijzen, terwijl de waarde van torrefactiepellets ook kan worden benaderd vanuit een marktprijs. De marktprijs van torrefactiepellets kan worden benaderd op basis van de houtpelletprijs plus de economische waarde voor de hogere calorische waarde van het product. De havenprijs van houtpellets varieert redelijk constant tussen de 120 en 130 EUR/ton ofwel 7,5 tot 8,2 EUR/GJ. De gemiddelde calorische waarde van torrefactiepellets is circa 20 GJ/ton, wat betekent dat de calorische waarde 25% hoger is dan houtpellets. De prijs van torrefactiepellets zou volgens deze beredenering uit kunnen komen op een poortprijs van 150 tot 163 EUR/ton. Hieruit valt af te leiden dat de toegevoegde waarde van torrefactiepellets, die alleen voortkomt uit een toegenomen calorische waarde, neerkomt op circa 30 EUR/ton product. Eventuele voordelen in verwerking van het product zijn dan nog niet in de prijs meegenomen.

6 OVERZICHT PROJECTINITIATIEVEN

In dit hoofdstuk zal een overzicht worden gegeven van de Nederlandse torrefactie initiatieven. Per ontwikkelaar zullen een aantal aspecten van het initiatief worden beschreven. KEMA heeft deze informatie verkregen door site visits, persoonlijke communicatie met sleutelpersonen en questionnaires. Hierbij geldt dat KEMA de informatie voor deze studie niet bij alle torrefactie producenten heeft kunnen verifiëren en deze dus mogelijk onvolledig of achterhaald kan zijn.

Stramproy Green Investments (SGI): SGI is een spin-off van de Stramproy Group en bestaat uit minder dan 4 tot 6 medewerkers. Het bedrijf heeft een milieuvergunning voor de ontwikkeling van een torrefactie installatie in Steenwijk met een productiecapaciteit van 45.000 t/j. De torrefactie installatie is geïntegreerd met een bio-WKK installatie (8 MWth). Hierbij wordt de laagwaardige warmte van de WKK eenheid gebruikt voor het voordrogen van de biomassa die wordt getorreficeerd. De warmte voor het torrefactieproces wordt geleverd door een naverbrander die de calorische waarde van het torrefactiegas benut. SGI heeft een contract met Essent/RWE voor de levering van maximaal 90.000 t/j getorreficeerd product en heeft ook een contract met een onbekende partij voor de levering van de biomassa (hout). De belangrijkste investeerder in SGI is de Belgische ontwikkelaar 4Energy Invest, die ook een torrefactie installatie met SGI ontwikkelt in Amel. De bouw van de torrefactie installatie in Steenwijk is reeds afgerond. De verwachting is dan ook dat de installatie de komende weken zal opstarten.

Torr-Coal B.V. (Torr-Coal): Torr-Coal is een relatief klein bedrijf met 6 tot 8 medewerkers, dat een eigen torrefactieproces heeft ontwikkeld gebaseerd op draaitrommeltechnologie. Het bedrijf is ook al langere tijd betrokken bij en geïnteresseerd in het opwerken van afval naar een brandstof voor energiecentrales. Hiertoe heeft het een proces ontwikkeld, waarbij de biomassa wordt gewassen, zodat het gehalte chloor en zwavel kan worden teruggebracht. Op basis van dit proces wil Torr-Coal ook afvalstromen torreficeren met een biogeen gehalte van minimaal 60%. Op dit moment ontwikkelt Torr-Coal een torrefactie installatie in Dilsen-Stokkem net over de grens met België. De installatie heeft een productiecapaciteit van 35.000 t/j en zal in maart 2010 van start gaan. De vergunning voor de verwerking van hout is reeds verkregen en de vergunningsprocedure voor de verwerking van afvalstromen op deze locatie loopt nog. De provincie Limburg moet nog besluiten of Torr-Coal voor 2 additionele lijnen op basis van SRF MER-plichtig is. Naast het project in Dilsen-Stokkem, heeft Torr-Coal plannen om 2 lijnen op basis van SRF in Brabant te ontwikkelen. Voor de ontwikkeling van torrefactie installaties, gaat Torr-Coal joint ventures aan met een vaste technologie leverancier en een investeerder, waarbij Torr-Coal 100% eigenaar zal zijn, met een

risicokapitaal van 40% en een banklening voor de overige 60%. Torr-Coal is actief betrokken bij het standaardiseren van het product. Zo geeft het bedrijf aan een eigen Hard Grove Index (HGI) voor biomassa te hebben ontwikkeld.

Topell B.V. (Topell): Topell B.V. bestaat uit 6 tot 8 medewerkers en werkt nauw samen met Torftech Ltd. Dit is een Engels bedrijf dat patenthouder is van de Torbed technologie. Het bedrijf heeft een licentie verleend aan Topell om wereldwijd Torbed technologie toe te passen voor torrefactie doeleinden. Het bedrijf heeft vier locaties geëvalueerd voor de ontwikkeling van een torrefactie-installatie, waarbij een vergunning is verkregen voor de locatie in Eemshaven en Duiven. De locatie in Harlingen is afgefallen omdat een MER verplicht was. In Duiven zal de bouw van een 60 kton installatie in 2010 starten. De biomassa wordt aangeleverd door lokale recycling bedrijven en zal voornamelijk bestaan uit bosresiduen en schoon afvalhout. De installatie die in Duiven zal komen te staan zal bestaan uit meerdere Torbed reactoren aan elkaar gekoppeld, om zo voldoende brandstofflexibiliteit en verblijftijd te creëren. Hiermee wijkt deze installatie in ontwerp af van de testinstallatie die in 2009 in Borculo heeft gestaan, deze installatie bestond maar uit 1 fase ofwel 1 Torbed reactor. De engineering en fabricage wordt op dit moment uitgevoerd door Torftech. Er moeten nog belangrijke engineering en optimalisatie stappen worden genomen, waardoor niet wordt verwacht dat de installatie voor 2011 zal opstarten.

RWE is voor 25% aandeelhouder van Topell geworden door 3,3 miljoen Euro in het bedrijf te investeren (VGB, 2010). Recentelijk hebben de Gedeputeerde Staten van Gelderland voorgesteld om Topell 1 miljoen Euro beschikbaar te stellen. De verwachting is dat dit wordt goedgekeurd door Provinciale Staten

Andere Nederlandse initiatieven die minder ver zijn gevorderd in de realisatie als de bovenstaande initiatieven en waar KEMA in mindere mate of niet bij betrokken is geweest zijn: BioLake B.V., FoxCoal B.V., BTG, EQnomics, Qlyte B.V., ECN en E-clair Energy NV. Voor een volledig overzicht, wordt terugverwezen naar Tabel 2, waar ook de initiatieven buiten Nederland zijn gepresenteerd.

Energie Centrum Nederland (ECN): het initiatief BO2GO, waarbij ECN, Econcern en Chemfo een joint venture waren aangegaan voor de ontwikkeling van een 70.000 t/j torrefactie installatie in Delfzijl, is niet verder gekomen dan de milieuvergunning, omdat Econcern in 2009 failliet ging. ECN heeft het onderzoek naar torrefactie op basis van bewegend bed technologie inmiddels afgerond en is op zoek naar partners die de huidige testinstallatie van 100 kg/u kunnen opschalen naar een installatie op commerciële schaal. Om dit te realiseren moet er echter nog een investeerder worden aangetrokken, een partij

die het project wil ontwikkelen en een partij die de engineering en fabricage op zich kan nemen. Omdat deze zaken voorlopig nog niet in zicht zijn, is de verwachting dat er geen torrefactie installatie op basis van ECN technologie operationeel zal zijn voor 2014.

BioLake B.V. (BioLake): is een consortium van ATO en 5 boerenbedrijven, die een testinstallatie hebben bedreven in de kop van Noord Holland. De installatie zou voornamelijk landbouw residuen moeten verwerken op basis van het TOP proces van ECN, maar heeft uiteindelijk gekozen voor een eigen ontwikkelde technologie gebaseerd op een schroef-/spindelsysteem (ook in overleg met FoxCoal en BTG). Interessant is dat BioLake mobiele eenheden ontwikkelt die per container kunnen worden vervoerd en bij de biomassabron kunnen worden geplaatst. Het bedrijf heeft met een testinstallatie vooral ervaring opgedaan met stro, maar zal de grootschalige installatie van 5 tot 10 kton/jaar in het buitenland (landen in Oost-Europa) plaatsen omdat de stroprijs te hoog is in Nederland (concurrerend met veevoeder). BioLake verwacht de grote installatie de 2^{de} helft van dit jaar operationeel te hebben. Het product wordt in de particuliere markt van die landen afgezet. Hiermee hoeft het product niet aan de nauwe specificatie van kolencentrales te voldoen. Het bedrijf claimt een zeer korte verblijftijd (<10 min) bij een torrefactie temperatuur van onder de 270 °C. Het proces wordt indirect verhit met torrefactie gas en resulteert volgens het bedrijf in goede kwaliteit pellets.

Qlyte B.V. is een spin-off van DSM, die het Sub-coal® proces van DSM heeft meegenomen en dit heeft gecombineerd met een torrefactiestap. Het bedrijf heeft een milieuvergunning aangevraagd in Delfzijl voor de verwerking van de cellulose/plastic fractie in afval.

E-clair Energy N.V. ontwikkelt een installatie op het Europark in Coevorden. Het bedrijf wordt mede gefinancierd door de Noordelijke Ontwikkelingsmaatschappij (NOM).

FoxCoal B.V. heeft een torrefactie systeem ontwikkeld op basis van een schroefreactor. Aan een opgeschaalde installatie wordt momenteel gewerkt en er bestaan plannen om een torrefactie installatie in Groningen te plaatsen. Verdere informatie kan niet beschikbaar worden gesteld.

In Tabel 9 wordt nogmaals de projectinformatie van de meest vergevorderde torrefactie initiatieven in Nederland overzichtelijk samengevat.

Tabel 9 Overzicht van de meest ver gevorderde torrefactie initiatieven in Nederland

Naam	Torr-Coal	Topell	Stramproy
Biomassa leverancier	Natuur en bosbeheer	Lokale recycling bedrijven (GRR)	?
Afnemer product	Delta	Essent	Essent/RWE
Investeerder	Bank-investering	RWE en bank investering	4Energy Invest
Locatie	Dilsen-Stokkem	Duiven	Steenwijk
Ontwikkelingsstadium	Bouw	Engineering	Start-up
Verwachte start-up	2010	2011	2010
Productiecapaciteit	35.000	50 tot 60.000	45.000
Soorten biomassa	Hout en afval (60% biogeen)	Bosresiduen en afvalhout	Snoeihout, A-hout
Geïntegreerd of stand-alone	Stand-alone	Stand-alone	Geïntegreerd
Business concept	Jointventure (min 26%)	Jointventure (min 65%)	Jointventure (> 50%)
Reactor principe	Droog-trommel	Torbed	Bandroger

Uit tabel 9 komt naar voren dat de torrefactie initiatieven van Torr-Coal en Stramproy het eerst zullen worden gerealiseerd. Beide partijen zullen in 2010 hun installatie in bedrijf nemen. Topell verwacht eind dit jaar de installatie in Duiven te hebben gebouwd en in 2011 op te starten, maar grootschalige productie wordt niet voor 2012/2013 verwacht. Het project van ECN heeft flinke vertraging opgelopen door het faillissement van Econcern, die de rol van investeerder en projectontwikkelaar had. Bij alle projecten geldt echter dat eerst de procescondities bij verschillende biomassavoedingen moeten worden geoptimaliseerd alvorens met de commerciële productie kan worden gestart.

Verder valt op dat alle partijen ervoor kiezen om eerst te werken met hout als biomassa. Dit heeft alles te maken met de technische en economische knelpunten die de eerste generatie torrefactie technologie ondervindt bij het torreficeren en meestoken van agrarische restproducten. BioLake is hierop een uitzondering, aangezien het bedrijf wel stro zal torreficeren, maar de stro zal uit het buitenland komen en het product zal op de particulieren markt in het buitenland (verwarmen van huishoudens) worden verkocht.

Voor alle ontwikkelaars van torrefactie processen in Nederland geldt dat de bedrijven relatief klein zijn (< 10 medewerkers) en een beperkte financiële basis bezitten, waardoor additionele financiering dient te worden aangetrokken van banken of private investeringsmaatschappijen. De additionele financiering vindt in de meeste gevallen plaats door een joint venture aan te gaan, waarbij de ontwikkelaars voor een aanzienlijk deel eigenaar willen zijn van het project (26% tot zelfs 65%). Om de additionele financiering aan te kunnen trekken is het van groot belang dat het biomassa leveringscontract en het afnamecontract van het product zijn afgesloten, zoals het geval is bij Topell, Torr-Coal en Stramproy.

7 OVERZICHT BELANGRIJKSTE KNELPUNTEN

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste knelpunten voor de ontwikkeling van torrefactie opgesomd, onderverdeeld in technische knelpunten, markteconomische knelpunten en knelpunten met betrekking tot de regelgeving.

7.1 Technische knelpunten

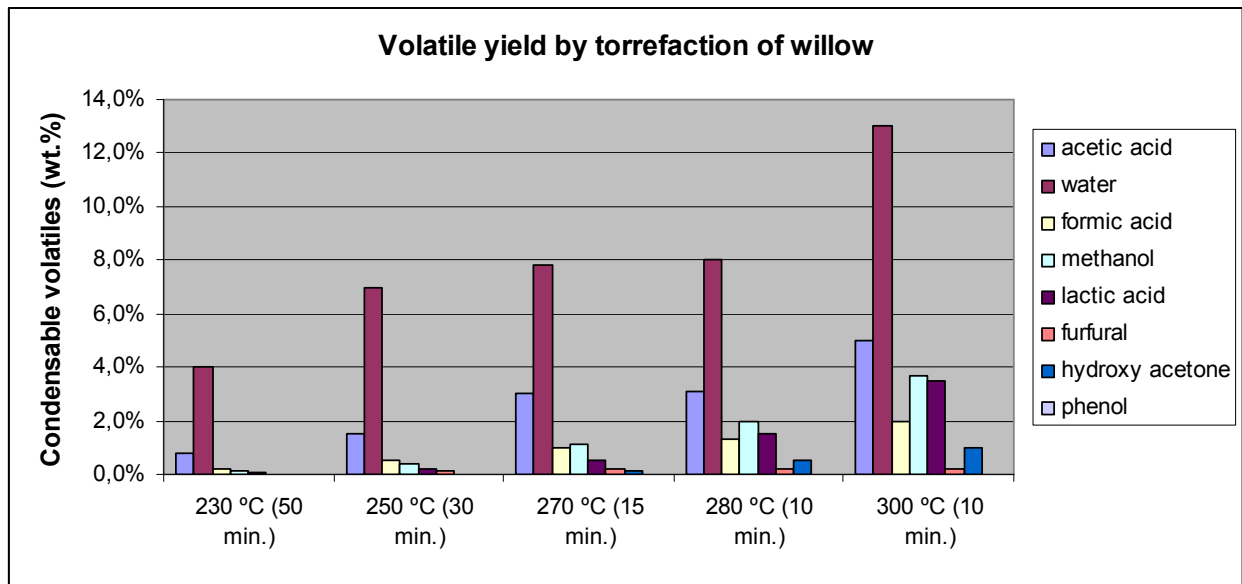
Brandstof flexibiliteit

De generatie torrefactie technologie die momenteel in ontwikkeling is heeft een beperkte brandstof flexibiliteit. Een nauwkeurige voorbehandeling is noodzakelijk om goede procescontrole en productkwaliteit te garanderen. De biomassa dient homogeen te worden verkleind tot een beperkte bandbreedte in deeltjesgrootte (> 5 mm en < 20 mm). Hiervoor moet de biomassa worden gechipped en gemalen en vervolgens moet de fijne en grove fractie uit de biomassastroom worden gezeefd. Daarnaast dient de biomassa te worden voorgedroogd tot een vochtgehalte van $< 15\%$, om onvolledige en inefficiënte naverbranding van vochtig torrefactie gas te voorkomen en de verblijftijd van torrefactie te minimaliseren. Ten slotte lopen alle reactor technologieën tegen technische en economische knelpunten aan bij het verwerken van biomassa met een lage dichtheid zoals hooi, gras en stro². Ondanks dat torrefactie van deze agri-residuen technisch wel mogelijk is, zullen de torrefactie projecten die nu in ontwikkeling zijn in Nederland dan ook allemaal primair op hout draaien.

Emissies/ Rookgasreiniging

Tijdens de torrefactie worden vluchtige bestanddelen en vocht aan de biomassa onttrokken. De belangrijkste reactieproducten zijn koolstofdioxide, koolmonoxide, water, mierenzuur, azijnzuur en methanol, maar ook komen er fenolen, furfural, fluorides en lichte teren vrij in kleinere fracties, zie Figuur 4.

² BioLake claimt voornamelijk stro te torreficeren, maar zal dat wel in het buitenland doen en het product afzetten in de particuliere markt, waar andere eisen worden gesteld dan in de meestookmarkt.



Figuur 4 Reactieproducten in condensaat van torrefactiegas op basis van torrefactie van wilgen bij verschillende condities (Bron: Prince, 2005)

Deze organische componenten kunnen niet zonder meer worden geëmitteerd en vereisen een rookgasreiniging. Daarnaast is er ook risico op stofemissie tijdens het droog- en torrefactie proces. Een kosteneffectieve oplossing is het torrefactiegas door een cycloon te leiden en vervolgens te verbranden in een naverbrander voor het terugwinnen van de energie-inhoud. Voor nagenoeg 100% vernietiging van de organische componenten is voldoende verblijftijd, een goede menging van gassen, een overmaat aan zuurstof en een vlamtemperatuur van minimaal 900 °C nodig. Hiermee vang je echter nog niet de fracties fluoride, zwavel en chloor af, die pas worden verwijderd met een actief koolfilter of een natte wasser. Dit maakt de rookgasreiniging wel substantieel duurder. Bovendien dient er rekening te worden gehouden met de teerfractie, zeker bij temperaturen boven de 300 °C. Er bestaat dan een risico dat er teer condenseert op het product, de pijpen of in de cycloon, voordat het kan worden gekraakt in de naverbrander.

Opschalen

Torrefactie heeft zich bewezen op “bench” of “pilot” schaal (20 tot 600 kg/uur), maar de opschaling naar een productie-eenheid van industriële schaal (circa 5 tot 10 ton/uur) levert een aantal technische uitdagingen op. Bij een schroef, draaitrommel of banddroger is het ontwerp van de testinstallatie beperkt op te schalen en zijn meerdere lijnen nodig om een industriële productiecapaciteit te realiseren. Over het algemeen geldt dat bij grotere installaties de biomassahanteerbaarheid een belangrijk knelpunt kan worden. Ook kunnen bepaalde verhoudingen bij opschaling veranderen. Zo kan het opschalen van een bewegend

bed leiden tot het “tunnel” effect, waarbij het warmtemedium niet evenredig wordt verdeeld over de biomassa. Bij het opschalen van een schroefreactor kan de verhouding schroefbladoppervlakte versus biomassavolume ongunstig uit gaan vallen. Kortom bij een opschaling van meer dan 10 keer en in sommige gevallen zelfs 500 keer de productiecapaciteit van de testinstallatie kunnen aanzienlijke technische knelpunten ontstaan.

Procescontrole

Procescontrole en dan specifiek de regulatie van de torrefactie temperatuur, is cruciaal voor een efficiënt proces en een goed product. De torrefactie concepten verschillen in de mate en wijze van procescontrole. Over het algemeen geldt dat indirecte verhitting een minder efficiënte en effectieve manier is van temperatuur controle, waardoor er een hoger risico bestaat op verkolingsreacties met als resultaat een lager rendement en een inhomogeen getorreficeerd product. Echter in alle torrefactie concepten geldt dat een goed gecontroleerde bandbreedte in deeltjesgrootte van de voedingstroom leidt tot betere procescontrole. Ook de manier waarop warmte wordt geïntegreerd is bepalend voor de mate van procescontrole. Het meeste onderzoek heeft zich tot nu toe geconcentreerd op het optimaliseren van procescontrole bij torrefactie van hout. Het controleren van de procescondities bij andere biomassasoorten vormt nog een knelpunt.

7.2 Markteconomische knelpunten

Allereerst speelt de prijsvorming van het torrefactie product een belangrijke rol in de ontwikkeling van torrefactie. Energiebedrijven zijn sterk geïnteresseerd in het product, maar nemen niet alle waarde componenten mee die de torrefactie producenten wel wensen mee te nemen. Een punt voor discussie is bijvoorbeeld de kostenbesparingen die op de centrale kunnen worden gerealiseerd, door lagere investeringen in biomassa verwerkingsapparatuur en lagere kosten voor asverwerking of zwavel en CO₂ emissies. Bij energiebedrijven bestaan ook nog onzekerheden en dus risico's omtrent de kwaliteit en verwerking van het getorreficeerde product. Het is nog niet zeker of de torrefactie producenten het product volgens de specificaties kunnen leveren (standaardisatie) en het is ook nog niet zeker wat exact het maalgedrag en de verbrandingscondities zijn bij het meestoken van grote hoeveelheden getorreficeerd product. Op dit moment tasten de producenten en afnemers elkaar dus af en worden voorzichtig de eerste contracten gesloten. Zolang de onzekerheden en risico's blijven bestaan is dit een knelpunt in de marktontwikkeling van torrefactie.

Een ander knelpunt voor een goede marktintroductie van torrefactie is de commerciële basis voor het ontwikkelen van een torrefactie project. De torrefactie producenten lopen een prijs-

en volumerisico op de inkoop van biomassa. De beschikbaarheid van goedkopere biomassa, zoals afvalhout, wordt bemoeilijkt door de beperkte hoeveelheden die in Nederland vrijkomen in verhouding tot de vraag. Hierdoor nemen de biomassa prijzen toe en komt er druk te staan op de marges van de torrefactie producenten. De torrefactie producenten zouden hun brandstofflexibiliteit kunnen verhogen door hun proces aan te passen, maar dit vergt additionele investeringen. Het is dus van groot belang voor de ontwikkeling van torrefactie dat de eerste generatie torrefactie technologie voldoende business oplevert om hernieuwde investeringen te doen voor procesverbetering.

Torrefactie producenten zullen een optimum zoeken tussen commerciële belangen en milieutechnische belangen. Vanuit een energetisch en milieutechnisch oogpunt is het van belang om zo min mogelijk product te verliezen bij een zo hoog mogelijke energie-efficiënte van het proces. Vanuit een commercieel oogpunt is het echter belangrijk om een zo groot mogelijke doorzet te behalen. Dit kan worden bereikt door hogere temperaturen en kortere verblijftijden, maar dit gaat wel ten koste van de productopbrengst, doordat een groter percentage vluchtige bestanddelen aan de biomassa wordt onttrokken bij deze procescondities. Een additioneel verlies van bijvoorbeeld 10% aan product kan commercieel aanvaardbaar zijn wanneer een dubbele doorzet kan worden bereikt.

Een andere bedreiging voor de Nederlandse torrefactiemarkt zijn de ontwikkelingen die in het buitenland plaatsvinden. Nederland liep in het begin duidelijk voorop in de ontwikkeling van torrefactie, maar in het buitenland zijn ook allerlei initiatieven ontstaan. In het begin waren dit vooral marketing verhalen waarbij naar Nederlands onderzoek werd gerefereerd, maar inmiddels zijn er een aantal serieuze initiatieven die ook gebruik maken van eigen ontwikkelde torrefactie technologie. Wanneer de buitenlandse initiatieven zich sneller kunnen ontwikkelen door een beter ondernemersklimaat (voldoende goedkope biomassa aanwezig, minder veeleisende regelgeving, makkelijker te financieren), dan bestaat er een grote kans dat de internationaal opererende energiebedrijven het getorreficeerde product in het buitenland zullen bemachtigen, waardoor de Nederlandse initiatieven mogelijk marktverlies lijden. Een ander risico dat uit het buitenland komt is dat biomassa die nu in grote hoeveelheden naar Europa en Nederland wordt getransporteerd, de komende jaren steeds vaker zal worden benut in lokale afzetmarkten. Dit heeft te maken met een opkomende meestookmarkt in de VS en Canada, door duurzaamheidsverplichtingen en stimulatiepakketten van de overheid, maar ook in Duitsland en Engeland zijn er initiatieven voor grote standalone biomassacentrales. Door deze ontwikkelingen in het buitenland kan de beschikbaarheid van goedkope (schone) biomassa sterk onder druk komen te staan, wat het ontwikkelen van torrefactie projecten in Nederland minder aantrekkelijk maakt.

7.3 Knelpunten in regelgeving

Het is voor de ontwikkeling van torrefactie van groot belang dat de regelgeving het niet onmogelijk maakt om een markt voor het product te creëren. Relevante regelgeving voor energieopwekking uit biomassa met behulp van torrefactie is het Landelijk Afval Plan (LAP), Nederlandse Technische Afspraak (NTA) 8003, NTA 8080 (8081), Registratie, Evaluatie, Autorisatie en beperkingen van Chemische stoffen (REACH), de Nederlandse Emissie Richtlijn (NER) en de Large Combustion Plants (LCP) richtlijn.

Het LAP bepaalt welke afvalstoffen (biomassa van op de gele lijst) hun nuttige toepassing in energieopwekking kunnen vinden. De meest recente versie van het LAP vormt geen obstakel voor de inzet van afvalstoffen die geschikt zijn voor torrefactie.

De NTA 8003 bevat een classificatie van biomassa, waar ook torrefactie in is opgenomen onder het kopje samengestelde stromen (code 803). Torrefactie wordt als samengestelde stroom geclassificeerd omdat de herkomst van de biomassa na torrefactie lastig te bepalen is. Zodra deze herkomst bekend is wordt het product van torrefactie weer als een specifieke biomassa geclassificeerd. Marktpartijen hebben wel aangegeven dat torrefactie te summier is opgenomen in de NTA 8003, omdat er geen classificatie van het proces zelf of het product in is opgenomen. Het Nederlandse Normalisatie Instituut (NEN) heeft de classificatie van torrefactie juist zo breed mogelijk gehouden, zodat bepaalde torrefactie processen niet al bij voorbaat zouden worden uitgesloten. In de praktijk komt het er echter op neer dat de afnemers (energiebedrijven) nu volledig de specificatie van het product bepalen.

De NTA 8080 en 8081 zijn een vertaling van de Cramer duurzaamheidscriteria. De duurzaamheidscriteria uit de NTA 8080 hebben betrekking op reducties van broeikasgasemissies, concurrente met voedsel en/of andere lokale toepassingen, biodiversiteit, milieu, welvaart en welzijn. Hierbij wordt duidelijk niet alleen gekeken naar de energieopwekking in de centrale, maar naar de gehele keten van teelt tot aan opwekking. Op dit moment wordt door het Nederlandse Normalisatie-instituut (NEN) de laatste hand gelegd aan een certificatieschema van biomassa voor de energieproductie op basis van de NTA 8080, waarin een track en trace systeem voor ingekochte biomassa en een standaard rekenmethodiek voor broeikasgasemissie worden gegeven. De verwachting is dat het schema begin 2010 operationeel zal worden en dat de eerste biomassastromen voor deze zogenaamde "golden standaard" gecertificeerd kunnen worden. Nederland mag echter geen onderscheid maken tussen erkenning van biomassa op basis van de Europese Renewable Energy Directive (RED) of NTA 8080/81. Het RED stelt voor vaste biobrandstoffen eigenlijk geen duurzaamheidseisen, wat betekent dat iedere lidstaat aanvullende eisen mag stellen

totdat er op Europees niveau anders is besloten. De extra inspanningen voor NTA 8080/81 ten opzichte van RED zullen dus bepalend zijn voor de vraag of het Nederlandse certificatieschema kans van slagen heeft in de mondiale markt van biomassa voor energie (level playing field).

De NTA 8080 regelgeving is voor torrefactie in zoverre belangrijk dat het bepaalt of het getorreficeerde product wel of niet in aanmerking komt voor SDE subsidie bij energie opwekking. De SDE subsidie is vooralsnog noodzakelijk om economisch rendabel torrefactie te kunnen toepassen, net zoals houtpellets. In het algemeen verwacht KEMA niet dat de duurzaamheidseisen die in de NTA 8080 worden gesteld, een direct struikelblok voor de marktpenetratie van torrefactie zullen vormen. Wel bestaat er onduidelijkheid over de duurzaamheid van getorreficeerde mengstromen en moet er duidelijkheid komen over hoe er binnen de NTA 8080 wordt omgegaan met de herleidbaarheid en CO₂ allocatie van getorreficeerde mengstromen. Zo bestaan er onder de torrefactie producenten plannen om kleine percentages (< 10%) pluimveemest, papierrejets, kunststofhoudende biomassa of RWZI-slib bij hout te mengen om zo een hogere kwaliteit pellet te genereren.

De kwestie rond REACH speelt op dit moment een belangrijke rol. Volgens deze EU richtlijn dienen bedrijven de grondstoffen van A tot Z nauwkeurig te volgen en daarop hun administratie af te stemmen. Wanneer deze richtlijn ook van toepassing wordt gesteld op torrefactie, zal dit de ontwikkeling van torrefactie in de huidige staat zwaar belasten, omdat het volgen van deze richtlijn een uitgebreid administratief systeem vereist, wat voor de relatief kleine ondernemers hoge kosten met zich meebrengt.

In Nederland zijn tot nu toe drie milieuvergunningen verleend. De vergunning in Delfzijl (BO2GO) en die in Duiven (Topell B.V.) zijn uitgegeven door de provincie en de installatie in Steenwijk (Stramproy Green Investments) door de gemeente. Het is onduidelijk waarom de gemeente Steenwijk als bevoegd gezag optrad in plaats van de provincie Overijssel. Wat betreft de vergunningsprocedure van torrefactie, geldt in het algemeen dat het torreficeren van biomassa valt onder de Nederlandse Emissie Richtlijn (NER), omdat het geen stookactiviteit betreft. De snelheid en kosten waarmee het vergunningstraject kan worden doorlopen hangen echter in belangrijke mate af van de plicht om een Milieu Effect Rapportage (MER) uit te voeren. Hierbij maakt de Wet Milieubeheer een onderscheid tussen het verstromen van schone biomassa en afvalstoffen.

Bij schone biomassa is de activiteit pas MER-plichtig bij het verstoken van 300 MWth aan biomassa. Aangezien de torrefactie installaties geen stookinstallaties zijn, komt een MER procedure bij het torreficeren van schone biomassa niet ter sprake.

Bij het verstromen van afvalstoffen wordt echter geen onderscheid meer gemaakt tussen stookactiviteiten of andere activiteiten, zoals torrefactie. Dit betekent dat torrefactie van afvalstoffen (gele lijst biomassa) beoordelingsplichtig is voor een MER bij het verwerken van meer dan 50 ton/dag en MER-plichtig is bij het verwerken van meer dan 100 ton/dag. Aangezien de installaties die nu worden geplaatst een hoeveelheid biomassa verstromen die rond of boven de 100 ton/dag ligt, zal een MER moeten worden uitgevoerd. Ontwikkelaars hebben al aangegeven dat wanneer een MER verplicht is, de specifieke locatie niet kan worden ontwikkeld, omdat dit te veel tijd en geld kost. Hierdoor wordt er vooralsnog gekozen voor het verwerken van schone biomassa. Het uitvoeren van een MER tijdens de vergunningprocedure hoeft niet per definitie een belemmering voor de ontwikkeling van torrefactie te zijn. Als de vergunningskosten voor het torreficeren van afvalstoffen, tijdens de operationele fase ruim kunnen worden terugverdiend, zullen torrefactie producenten er ook toe overgaan om afvalstoffen te torreficeren. Een goed voorbeeld van een torrefactie producent die wel op een afvalstof inzet is Torr-Coal, die van plan is om twee extra lijnen van ieder 35.000 ton/jaar te bouwen op de locatie in Dilsen-Stokkem, waarbij het de bedoeling is dat er SRF wordt verwerkt. Momenteel beraadt het bevoegde gezag van provincie Limburg in België zich over de noodzaak tot het uitvoeren van een MER.

8 OPLOSSINGSRICHTINGEN

De knelpunten kunnen hanteerbaar worden via verschillende oplossingsrichtingen. Onderscheid is daarbij gemaakt in oplossingsrichtingen die aan de markt zijn en waarbij de overheid betrokken is. In dit hoofdstuk wordt een aanzet gedaan voor de oplossing van knelpunten.

Opschalen met schone biomassa – markt

Bij elke biomassa soort bestaat een ander technische en economisch optimum voor torrefactie. Het technische optimum wordt vooral bepaald door de technische specificaties van de reactor technologie, de mate van procescontrole, de product specificaties, het ontwerp voor warmte integratie en de emissies. Het economische optimum wordt vooral bepaald door de biomassa inkoopprijs, de kosten voor het voorbehandelen, het verlies aan product tijdens torrefactie, de doorzet die kan worden gerealiseerd en de prijs waarvoor het product kan worden verkocht. Het bepalen van het technische en economisch optimum voor een specifieke biomassasoort vergt tijd en kosten. In de aanloop van de ontwikkeling van de eerste commerciële torrefactie installaties is er met verschillende biomassasoorten geëxperimenteerd, maar om de financiële en technische risico's te beperken wordt de opschaling naar de eerste commerciële installatie primair gebaseerd op schoon hout. Aan de opschaling zelf kleven al voldoende risico's, zeker wanneer de opschaling in sommige gevallen meer dan 100 keer de productiecapaciteit van de testinstallatie behelst. De mate van opschaling bij torrefactie wordt voor een belangrijk deel ook bepaald door de afnemers, die slechts het product afnemen wanneer dit in aanzienlijke hoeveelheden wordt geproduceerd. De praktijk zal uitwijzen of de opgeschaalde eenheden die dit jaar in bedrijf komen ook de geclaimde productiecapaciteit halen.

Grootschalige ervaring opdoen met torrefactie tot 2013 – markt

Voor de ontwikkeling van torrefactie is het van groot belang dat de prijs van het product voldoende is om economisch rendabel te kunnen opereren. De prijsvorming van het product vindt op dit moment plaats tussen de belangrijkste afnemers (energiebedrijven) en de torrefactie producenten. Hierbij spelen onzekerheden over de verbrandingseigenschappen, maaleigenschappen, opslagmogelijkheden, broei en explosiegevaar een belangrijke rol. Ook bestaat er onduidelijkheid over de kosten die kunnen worden bespaard bij de centrale zelf en of die (deels) geïncorporeerd kunnen worden in de prijs van het getorreficeerde product. Deze onzekerheden drukken de prijs die tot stand kan komen en belemmeren een snelle marktpenetratie van torrefactie. Deze onzekerheden kunnen voor een belangrijk deel worden weggenomen door het uitvoeren van grootschalige meestooktesten, waarbij minimaal 5000 ton product voor een aantal dagen wordt meegestookt om zo het effect op de

prestaties van de centrale te bepalen. In principe is een batch van 1000 ton product al voldoende om de hanteerbaarheid van het product te bepalen. Daarnaast is er (experimenteel) onderzoek noodzakelijk voor het bepalen van de verbrandingscondities en maaleigenschappen van het product. Deze activiteiten vinden momenteel ook plaats. Zo voert KEMA onderzoek uit naar de verbrandingseigenschappen van getorreficeerd materiaal in een valbuisoven en hebben de torrefactie producenten zich verenigd (Dutch Torrefaction Association) om tot een standaardisering van het product te komen. Torr-Coal claimt zelfs een Hard Grove Index (HGI) voor getorreficeerd materiaal te hebben ontwikkeld.

Product standaardisering – overheid en regelgeving

Voor het standaardiseren van de productspecificaties ziet KEMA wel ruimte voor een rol van de overheid. Doordat de NTA 8003 niet ingaat op de specificaties van het getorreficeerde product, worden deze nu grotendeels bepaald door de afnemers. De afnemers zullen zo min mogelijk risico willen lopen, waardoor de afnemers productspecificaties eisen die mogelijk niet kunnen worden gehaald door de torrefactie producenten of slechts tegen zeer hoge kosten. Om dit te voorkomen zou de overheid het proces van productstandaardisering kunnen coördineren, waarbij de afnemers en producenten op een constructieve manier met elkaar in overleg kunnen treden over dit onderwerp. KEMA zou als onafhankelijke partij een rol kunnen spelen bij het inschatten of de genoemde risico's en specificaties reëel zijn en om de openstaande onzekerheden en vragen op te lossen.

Zorgvuldige grondstoffen boekhouding – overheid en subsidie

Torrefactie kan mogelijk tegen een probleem aanlopen met de NTA 8080, als het gaat om traceerbaarheid van de biomassa en het bijmengen van andere biomassastromen. Na torrefactie is de herkomst van het product lastig te bepalen, zeker wanneer het gaat om een mengstroom. Dit betekent dat de torrefactie producenten een nauwkeurige boekhouding dienen bij te houden om aan de eisen van de NTA 8080 te kunnen voldoen. Ook is het nog niet duidelijk of kunststofhoudende afvalstoffen binnen de NTA 8080 als duurzaam worden gedefinieerd. Indien dit niet het geval is, dan zal het getorreficeerde product van SRF niet in aanmerking komen voor SDE subsidie en moeten de torrefactie producenten dit product op eigen kracht vermarkten. Het is belangrijk dat zo snel mogelijk duidelijkheid wordt gegeven over hoe torrefactie producenten hierin het kader van de NTA 8080 mee om dienen te gaan. Verder bestaat de kans dat biomassa wordt getorreficeerd.

Import van getorreficeerde biomassa – overheid en duurzame import

De biomassa beschikbaarheid in Nederland vormt een belangrijk knelpunt voor torrefactie, omdat goedkope biomassa schaars is. Een oplossing hiervoor is biomassa te importeren, maar dit verhoogt de inkoopprijs. Om dit te vermijden kan de torrefactie installatie beter bij de

biomassabron wordt geplaatst. Deze optie voorziet in voldoende biomassa en geeft aanzienlijke kostenvoordelen voor transport. Deze trend zie je ook bij de grote afnemers van biomassa, die steeds vaker positie innemen hogerop in de biomassaketten (een actueel voorbeeld is de beslissing van RWE/Essent om een 750 kton pellet in de VS te bouwen). Naast de biomassamarkt in de VS en Canada kan ook worden gedacht aan de exploitatie van de Oost-Europese markt voor biomassa, die echter nog sterk in ontwikkeling is.

Afvalstoffen en torrefactie – overheid en afvalbeleid

Tot slot bestaat er het risico dat afvalstoffen niet voor energieopwekking via torrefactie kunnen worden benut. Op dit moment hebben de belangrijkste afnemers (energiebedrijven) geen interesse in getorreficeerde afvalstoffen, omdat zij voorkeur hebben om onder het BEES regime te opereren. Bovendien heeft het meestoken van verontreinigde biomassa een negatief effect op de askwaliteit, de emissies en de prestatie van de kolenketel, waardoor extra kosten gemaakt worden. Het meestoken van getorreficeerde biomassa kan vanuit een economisch perspectief wel interessant zijn wanneer het product een lagere prijs (EUR/GJ) heeft dan houtpellets, waarmee de additionele kosten voor het meestoken van een afvalstof worden gecompenseerd. Of deze economische prikkel voldoende is om de energiebedrijven ertoe te bewegen getorreficeerde afvalstoffen mee te stoken zal de praktijk moeten uitwijzen. Getorreficeerde afvalstoffen kunnen echter ook worden verwerkt met vergassing of standalone verbranding, maar deze technologieën kunnen afvalstoffen ook direct verwerken zonder voorbehandeling met torrefactie. Hierbij is het weer de vraag of de inzet van getorreficeerd product zal leiden tot een hogere efficiëntie of lagere verwerkingskosten, die de additionele kosten voor de aankoop van het product compenseren. De overheid zou de impasse omtrent de inzet van afvalstoffen bij torrefactie kunnen doorbreken door duidelijk te krijgen onder welke voorwaarden energiebedrijven bereid zijn/ er toe overgaan om hun centrales onder BVA te opereren en om afvalstoffen mee te stoken. Ook kan onderzoek naar de combinatie van torrefactie en vergassing en/of de combinatie van torrefactie en standalone verbranding de inzet van getorreficeerde afvalstoffen bij deze conversie technologieën bevorderen.

9 CONCLUSIES

Torrefactiepellets zijn een hoogwaardige secundaire brandstof, die het mogelijk maakt om hogere percentages biomassa mee te stoken in een kolencentrale en de kosten te verlagen. De technologie is op kleine schaal bewezen en bevindt zich nu in de opschalingfase naar een commerciële installatie (50.000 tot 70.000 ton/jaar). Ondanks dat er tijdens torrefactie een deel van de energie-inhoud van de biomassa verloren gaat, is het mogelijk om een thermische efficiëntie van circa 90% te halen voor het torrefactie proces met geïntegreerde droger.

Technische uitdaging: van demonstratie naar een commerciële schaalgrootte

De belangrijkste technische uitdagingen bij de ontwikkeling van torrefactie technologie zijn de emissies, de opschaling naar een commerciële installatie, de productkwaliteit, goede procescontrole, het warmte-integratie concept en de toepasbaarheid bij verschillende biomassa soorten. Leveranciers bieden verschillende concepten aan waarmee torrefactie kan worden toegepast, maar het is nog onduidelijk met welk concept de beste resultaten kunnen worden geboekt. Dit heeft ook te maken met het feit dat de optimale procescondities per concept en biomassasoort nog experimenteel bepaald moeten worden. Tot op heden is vooral geëxperimenteerd met hout en de eerste installaties die worden gerealiseerd zullen op schoon hout draaien. De eerste generatie torrefactie technologie is in het algemeen minder geschikt voor het verwerken van agri-restproducten, doordat de fysische en chemische eigenschappen van deze biomassasoorten resulteren in een suboptimale technische en economische operatie van de torrefactie installatie. Dit wil echter niet zeggen dat er in de praktijk geen agri-restproducten getorreficeerd zullen worden of dat er geen markt bestaat voor het product. Wanneer de inkoopprijs van grasachtige stromen voldoende laag is, kunnen de technische en economische beperkingen worden gecompenseerd.

Economisch perspectief aanwezig

De economische analyse in dit rapport laat zien dat torrefactie ook economisch toegevoegde waarde oplevert ten opzichte van concurrerende producten zoals houtpellets. De break-even prijs (verdisconteerde kostprijs) tot aan de poort is voor torrefactiepellets lager dan die van houtpellets (bij de gebruikte business case), doordat de beperkte massa- en volumestroom na torrefactie leidt tot aanzienlijke kostenbesparingen hoger op in de keten. Bovendien kunnen met getorreficeerde biomassa hogere meestookpercentages worden bereikt, waardoor de inkomsten uit meestooksubsidies kunnen stijgen en de kosten voor CO₂ emissies verder kunnen worden gereduceerd. De marktprijs van torrefactiepellets wordt echter niet alleen bepaald door de kostprijs, maar is vooral een uitkomst van het onderhandelingsproces tussen vraag en aanbod dat momenteel plaatsvindt. Hierbij worden

onzekerheden en risico's voor de torrefactie producenten en de afnemers tegen elkaar afgewogen.

Eerste afnamecontracten zijn een feit, opstart torrefactie in 2010

De technische en economische voordelen van torrefactie worden duidelijk herkend door energiebedrijven, die momenteel vooral de Nederlandse vraag naar getorreficeerd product representeren. Concreet heeft dit geleid tot het overeenkomen van afnamecontracten en het kunnen aantrekken van bankfinancieringen, waardoor in 2010 twee torrefactie installaties zullen opstarten met een gezamenlijke productiecapaciteit van 80 kton/jaar. KEMA schat in dat de productiecapaciteit van getorreficeerd materiaal de komende jaren kan stijgen tot 200 - 250 kton/jaar in 2014.

Duidelijkheid nodig over regelgeving in relatie tot torrefactie

Omtrent de regelgeving die van toepassing is op de inzet van biomassa bestaan er in de markt nog onduidelijkheden, maar geen directe knelpunten. Er is behoefte aan product standaardisatie om onzekerheden bij de afnemers en torrefactie producenten weg te nemen. De Nederlandse Technische Afspraak (NTA) 8003 voor biomassa classificaties heeft met opzet een ruime definitie van het getorreficeerde product, zodat de standaardisatie nog kan worden afgestemd met de producenten en afnemers. Uit de reacties van de producenten blijkt echter dat er wel behoefte is aan coördinatie van dit proces door de overheid. De NTA 8080 is in zoverre belangrijk voor producenten en afnemers van het getorreficeerde product, dat het bepaalt of het meestoken van het product in aanmerking komt voor SDE subsidie. Deze subsidie is voor de opkomende torrefactiemarkt cruciaal. De duurzaamheidseisen die in de NTA 8080 worden gesteld vormen geen direct struikelblok voor de marktpenetratie van torrefactie. Wel bestaat er onduidelijkheid over de duurzaamheid van getorreficeerde mengstromen en moet er duidelijkheid komen over hoe er binnen de NTA 8080 wordt omgegaan met de herleidbaarheid en CO₂ allocatie van getorreficeerde mengstromen.

REFERENTIES

KEMA, 2007, Economische haalbaarheidstudie naar torrefactie, rapportnummer 30620128-Consulting 06-1126.

KEMA, 2009, Evaluatie bio-energie technologieën. Fase 1: Inventarisatie beschikbare technologieën. Rapportnummer 309-20385 Consulting-2042.

KEMA, 2009, Evaluatie bio-energie technologieën. Fase 2: Eindrapportage. Rapportnummer 309-20385 Consulting-2387.

Bergman, P.C.A. 2005. Combined torrefaction and pelletisation. ECN.

Prince, M.J. 2005. Thermodynamic analysis of biomass gasification and torrefaction. Proefschrift. Technische Universiteit Eindhoven.

CE Delft. 2009. Duurzame elektriciteitsmarkt? Delft.

NTA 8003. Classificatie van biomassa voor nuttige toepassing. Nederlandse Normalisatie Instituut.

LAP2 (2009 -2021). Infomail site.

Koppejan, J. 2009. Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020. Eindversie. November 2009. SenterNovem.

KEMA, 2008. Statusdocument Bio-energie 2008. In opdracht van SenterNovem.

Vergunningsaanvraag Topell B.V. Locatie Duiven. Provincie Gelderland.

Vergunningsaanvraag Stramproy Green Investment B.V. Locatie Steenwijk. Gemeente Steenwijkerland.

Vergunningsaanvraag Torr-Coal. Locatie Dilsen-Stokkem. Provincie Limburg, België.

Vahrenholt, F. Gassner, H. 2010. The Growth Strategy of RWE Innology –Role of RES in RWE's strategy. VGB PowerTech 2010.