

Ruimtelijke effecten van grootschalige collectieve covergisting

*Een onderzoek naar locatiekeuze en transporteffecten
van een centrale covergistingsinstallatie in de gemeente Zuidhorn*



Bram Konneman

Masterthesis Economische Geografie
Faculteit der Ruimtelijke Wetenschappen
Februari 2007



RuG

Ruimtelijke effecten van grootschalige collectieve covergisting

*Een onderzoek naar locatiekeuze en transporteffecten
van een centrale covergistingsinstallatie in de gemeente Zuidhorn*

Bram Konneman

Masterthesis Economische Geografie
Faculteit der Ruimtelijke Wetenschappen
Februari 2007

Dit onderzoek is opgedragen aan:

Jan de Ruiter

*04-05-1953

†19-09-2006

Voorwoord

Een oud Groninger gezegde is: “Het Gronings besluit draait altijd op een strontpraatje uit”. Zo ook het afronden van mijn studie Economische Geografie aan de Faculteit der Ruimtelijke Wetenschappen van de Rijksuniversiteit Groningen. Mijn Masterthesis, die hier voor u ligt, gaat namelijk over het vergisten van mest en andere vormen van biomassa in een grootschalige, collectieve vergistingsinstallatie. De vele aspecten en het grote aantal spelers dat nodig is om een vergistingsinstallatie mogelijk en bovendien rendabel te maken zijn echter veel complexer dan het oude Groninger gezegde doet vermoeden. “Ik studeer af op stront”, wat vaak mijn antwoord was op de vraag over het onderwerp van mijn scriptie, was dan ook slechts een dekmantel voor de complexiteit van deze Masterthesis naar de ruimtelijke effecten van centrale covergisting.

Dit onderzoek is specifiek gericht op logistiek en locatiekeuze van een potentiële covergistingsinstallatie in de Gemeente Zuidhorn. Via mijn begeleider, prof. dr. D. Strijker, ben ik betrokken geraakt bij de projectgroep “Biogas in het Westerkwartier”, dat de mogelijkheden onderzocht van grootschalige collectieve covergisting in het Westerkwartier (Gemeente Zuidhorn). Een dertigtal boeren heeft hiervoor de Vereniging Collectieve Covergisting Westerkwartier opgericht en een haalbaarheidsonderzoek laten uitvoeren, waar ook ik een bijdrage aan heb mogen leveren. Ik heb vele vergaderingen van de Vereniging en van de samenwerkende bedrijven en instellingen mogen bijwonen. Dit was niet alleen nuttig voor mijn scriptie, maar ook een leuke aanvulling op mijn tweede master; Energy and Environmental Sciences aan het Centrum voor Energie en Milieukunde (IVEM) van de RuG.

Via deze weg wil ik een aantal mensen bedanken. Ten eerste zijn dit natuurlijk de leden van de Vereniging Collectieve Covergisting Westerkwartier. Zonder hen was dit project niet mogelijk geweest. Wil Nederland in de toekomst omschakelen naar een duurzame energiehuishouding dan zijn deze “bottom up” initiatieven onmisbaar. De uitspraak: “Duurzaamheid duurt het langst” is echter eens te meer bewezen met het intrekken van de MEP subsidie, dat de bouw van de vergistingsinstallatie tot op heden heeft geblokkeerd. Mijn complimenten aan de Vereniging om ondanks deze tegenslag toch door te gaan met het haalbaarheidsonderzoek. Ten tweede wil ik dhr. G.J. Zanstra, dhr. J. Klein Hesselink en dhr. T. Boersma bedanken voor hun begeleiding en advies. Zonder hen zou dit onderzoek er niet uitzien zoals het er nu uit ziet. Daarnaast zijn er een aantal bedrijven en instellingen bij het project betrokken waar ik direct of indirect dank aan verschuldigd ben. Deze zijn te vinden op de volgende bladzijde. Ten derde wil ik mijn begeleiders vanuit de Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen bedanken voor hun hulp, opmerkingen en adviezen. Dit is in de eerste plaats prof. dr. D. Strijker voor zijn begeleiding en feedback op het onderzoek. Daarnaast wil ik dhr. Oosterhoff en dhr. de Ruiter bedanken voor hun ondersteuning bij het GIS werk. Dhr. de Ruiter heeft, vanwege zijn ongeneeslijk ziekte en vroegtijdig overlijden, de resultaten van dit onderzoek echter niet meer kunnen aanschouwen. Ik was een van vele, maar ook een van de laatste studenten die van zijn kennis van GIS gebruik heeft mogen maken. Ik wil dan ook dit onderzoek opdragen aan dhr. de Ruiter.

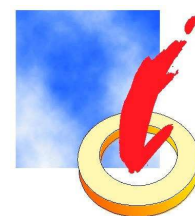
Tot slot wil ik mijn ouders, naaste familie en vrienden bedanken voor de leuke jaren die ik, mede dankzij hen, als student heb mogen doorbrengen.

Bram Konneman
Groningen, februari 2007

Met dank aan:



- ▲ Accountants
- Consultants
- Belastingadviseurs



TechnologieCentrum
Noord-Nederland

Inhoudsopgave

H1. Inleiding	1
1.1 Algemene inleiding	1
1.2 De onderbelichte ruimtelijke invalshoek	1
1.3 Projectbeschrijving	3
1.4 Stakeholders	6
1.5 Aanleiding en probleemstelling	6
1.6 Doelstelling	6
1.7 Vraagstelling	7
1.8 Aanpak	7
1.9 Leeswijzer	8
H2. Mest- en covergisting	9
2.1 Definities en afbakening	9
2.2 Mestvergisting en covergisting: het chemische proces	10
2.3. Voordelen van vergisting	12
H3. De vergistingsinstallatie	13
3.1 Basisonderdelen van vergistingsinstallatie	13
3.2 Proceskeuze en pre-engineering vergistingsinstallatie Zuidhorn	16
H4. Locatietheorieën en ruimtelijk-economische theorie	19
4.1 De locatietheorie van Weber	19
4.2 Agglomeratievoordelen	22
4.3 Transportkostenberekeningen binnen transportbedrijven	23
4.4 Bereikbaarheid en service area's	24
H5. Methodologie, GIS en gebruikte data	25
5.1 GIS en netwerkanalyses	25
5.2 Methodologie en gebruikte data	28
H6. GIS analyse	31
6.1 Transport en opslagscenario's	31
6.2 Gebruikte data en het wegennetwerk	33
6.3 Zwaartepuntanalyse	36
6.4 Bereikbaarheidsanalyse	38
6.5 Decentrale opslaglocaties	42
6.6 Centrale versus decentrale opslag	44
6.7 Effecten opschaling	49
6.8 Reflectie transportkosten	49
6.9 Ruimtelijke implicaties van verschillende toepassingsmogelijkheden van biogas	50
H7. Conclusies, reflectie en aanbevelingen	55
7.1 Beantwoording van de deelvragen	55
7.2 Beantwoording van de centrale onderzoeksvraag	60

7.3 Locatiekeuze van de vergistingsinstallatie in het Westerkwartier	61
7.4 Aanbevelingen voor verder onderzoek	62
Referenties	63
Bijlagen	66
Bijlage 1: Flowsheet pre-engineering collectieve vergistingsinstallatie Westerkwartier	66
Bijlage 2: Bereikbaarheidsanalyse op basis van afstand	67

Samenvatting

Mest- en covergisting hebben de laatste jaren hernieuwde aandacht gekregen binnen de Nederlandse landbouwsector. De gunstige ontwikkelingen met betrekking tot vergisting hebben geleid tot tientallen initiatieven voor mest en covergisting op boerderijschaal. Recentelijk is er, naast vergisting op boerderijniveau, ook aandacht voor centrale covergisting. Het principe hierbij is dat materiaal van verschillende boerenbedrijven vergist wordt op een centrale locatie. Deze installaties worden ook wel collectieve vergistinginstallaties genoemd. In de Gemeente Zuidhorn hebben (Provincie Groningen) heeft een groep boeren besloten gezamenlijk de mogelijkheden te willen onderzoeken van een collectieve vergistinginstallatie. Gezamenlijk hebben de 32 boeren de Vereniging Collectieve Covergisting Westerkwartier opgericht.

In publicaties over mest- en covergisting is de ruimtelijke invalshoek nog slechts weinig belicht. Dit is voor een deel te verklaren doordat de huidige literatuur vooral gericht is op kleinschalige vergisting waarbij de ruimtelijke consequenties minder van belang zijn. Er komt ook steeds meer literatuur over centrale grootschalige vergistingsinstallaties beschikbaar. In deze onderzoeken wordt wel aandacht besteed aan de ruimtelijke gevolgen, maar dit blijft vaak beperkt bij summiere kostenschattingen en het schetsen van het wettelijk ruimtelijk kader. Toch drukken met name transportkosten doorgaans een relatief zwaar stempel op realisatie en rentabiliteit van een centrale vergistingsinstallatie. Deze studie maakt, vanuit een economisch geografische invalshoek en met de casestudy Zuidhorn, een begin deze niche in kennis op te vullen. Dit is gedaan door het ontwikkelen van een methode om de transportstromen en opslagscenario's in kaart te brengen. Deze methode is grotendeels gebaseerd op een analyse in GIS (Geografisch Informatie Systeem). Daarbij wordt rekening gehouden met factoren zoals implicaties van de vraag naar vergiste mest en biogas, (ruimtelijke) wet- en regelgeving en technische (on)mogelijkheden van vergistingsinstallaties. Deze methode kan een steun in de rug zijn bij het kiezen van een geschikte locatie voor de vergistingsinstallatie en geeft tevens inzicht in mogelijke opslag- en transportmethodes. In dit onderzoek dient het initiatief in gemeente Zuidhorn als basis om de ruimtelijke impact van de centrale vergistinginstallatie te bepalen.

De ruimtelijke impact van een vergistingsinstallatie bevat verschillende facetten. Allereerst is er natuurlijk de locatie zelf. De grote centrale installatie zal goed zichtbaar zijn in het landschap. In een open landschap zal landschappelijke inpassing waarschijnlijk noodzakelijk zijn. In dit onderzoek is echter vooral veel aandacht besteedt aan transport van mest, energiemaïs en digestaat. Rond een centrale vergistingsinstallatie zullen veel transportbewegingen zijn voor de aanvoer van mest en andere co-producten. In theorie is aantal scenario's mogelijk voor het transporteren en opslaan van energiegewas, mest en digestaat. Twee hiervan zijn hier uitgelicht; centrale en decentrale opslag. In tegenstelling tot boerderijschaal- of buurtvergisters, die op het bedrijfsterrein van een participerende boer gelokaliseerd zijn, bevindt de vergister zich bij centrale vergisting op een apart hiervoor bestemde locatie (vaak een industrieterrein). Alle opslag zal centraal op het terrein van de vergister plaatsvinden. Er vindt pendel plaats van en naar de installatie van co-producten en digestaat. Bij een decentraal opslagscenario worden de co-producten decentraal opgeslagen

in de buurt van akkerbouwers en vanuit hier naar de centrale vervoerd. De decentrale opslag kan tevens opslagfaciliteit voor reeds vergist digestaat bevatten. In beide scenario's kan de mest van de veehouders opgeslagen blijven bij de veehouders zelf. Overige co-producten, zoals energiemais, zijn gebonden aan een oogstperiode van enkele weken. Het gevolg is een transportpiek rond de installatie in de oogstperiode. Bij decentrale opslag kan deze transportpiek gespreid worden over meerdere locaties waardoor er minder overlast voor omwonenden van de vergister is. Dit betekent een extra overslagpunt, maar hier staat tegenover dat er voor de participerende boerenbedrijven de mogelijkheid is de pendel tussen boerderij en decentraal overslagpunt in eigen beheer te nemen.

Het bepalen van de locatie van de vergister en eventuele decentrale opslaglocaties kan aan de hand van de volgende methodiek, die speciaal voor dit onderzoek ontwikkeld is. De methode bestaat uit de volgende stappen:

1. Samenstellen de dataset van aanwezige hoeveelheden mest en biomassa bij deelnemers.
2. Aanvullen ontbrekende gegevens door middel van de Landbouwtelling.
3. Toevoegen geografische coördinaten aan deelnemende boerenbedrijven.
4. Het ontwerpen van het (wegen)netwerk.
5. Analyse in GIS:
In ArcGIS kunnen nu de volgende analyses worden gedaan:
 - Een zwaartepuntanalyse van de aanwezige hoeveelheden mest en biomassa.
 - Een bereikbaarheidsanalyse van verschillende potentiële locaties voor de vergister met behulp van service area's.
 - Een analyse van mogelijke locaties voor decentrale opslag van mest en biomassa met behulp van service area's.
 - Kortste route analyse van bepaalde potentiële locaties voor de vergister. Hiermee kunnen de wegen die het zwaarste belast worden in kaart worden gebracht.
 - Een berekening van het totale aantal ritten en de totaal af te leggen afstand waarover mest en biomassa dienen te worden vervoerd en de hieraan gekoppelde tonkilometers. Op basis van deze gegevens kan een kostenindicatie worden gegeven van het transport van mest en biomassa. (niet uitgevoerd in dit onderzoek).
 - Analyse vanuit additionele implicaties, zoals de vraag naar biogas en fermentaat of bepaalde agglomeratievoordelen.
6. Multicriteria- en gevoeligheidsanalyse.
7. Definitieve locatiekeuze.
8. Management en monitoringsfase.

De gebruikte methodiek kan in principe voor elk vergistingsproject worden toegepast, mits de juiste data worden verkregen. Er zijn echter wel enkele haken en ogen aan deze methodiek verbonden. Zo zal het voor projecten met weinig deelnemende boerenbedrijven niet interessant zijn de methode te gebruiken. Het samenstellen van de dataset, en het verwerken in een GIS is redelijk tijdrovend. Tevens is een gedegen kennis van ArcGIS en in het

bijzonder van de *Network Analyst* vereist. Voor kleine projecten dient daarom een andere methodiek gevonden te worden. Voor deze projecten voldoet een beperkte analyse zoals in *Mestverwerking in Wintelre* (Kool et al. 2006). Verder legt dit onderzoek een aantal zwakke plekken binnen de *ArcGIS Network Analyst* bloot. Zo zijn er enkele beperkingen aan de analyse- en monitoringsmogelijkheden en zou de nauwkeurigheid nog verbeterd kunnen worden. Ondanks deze beperkingen geeft de aanpak een vrij nauwkeurige indicatie van transportafstanden, tonkilometers, bereikbaarheid van verschillende potentiële locaties, kortste route berekeningen en mogelijke locaties voor decentrale opslag. Verder kan GIS een steun zijn bij het in beeld brengen van ruimtelijke implicaties vanuit de verschillende toepassingsmogelijkheden van biogas. In dit onderzoek worden 5 verschillende toepassingsmogelijkheden voor biogas, en hun ruimtelijk implicaties besproken;

- *Warmtekrachtkoppeling (WKK)*

Het rendement van een WKK is relatief laag en er komt relatief veel restwarmte vrij in dit proces. Deze geproduceerde warmte moet lokaal afgezet kunnen worden, omdat het verlies aan warmte groter wordt naarmate grotere afstanden overbrugd moeten worden. De nabijheid van industrie of faciliteiten die een grote warmteafnemer kunnen zijn is een pré bij het verstromen van biogas in een WKK.

- *Distributie via hoge druk gasnetwerk*

Het is ook mogelijk het biogas rechtstreeks in het gasdistributienet te pompen. Voordeel hierbij is dat biogas met een hogere energetische efficiëntie gebruikt kan worden bij de eindgebruiker. Door het (hoge druk) hoofdtransportnet heeft tot nu toe geen biogas transport plaatsgevonden. Het op korte termijn injecteren van biogas in het hoge distributienetwerk van de Gasunie wordt vooralsnog niet realistisch ingeschat, omdat de samenstelling van biogas en aardgas teveel verschillen.

- *Distributie via lokaal gasnetwerk en nieuwe woonwijk*

Inpassing van groen gas in het lokale gasdistributienetwerk behoort momenteel tot de reële mogelijkheden. Het gas kan na reiniging en opwerking geleverd worden aan een plaatselijk energie distributiebedrijf. Voorwaarde hierbij is echter dat een Gasontvangststation (GOS) aanwezig moet zijn in de directe nabijheid van de vergistingsinstallatie. Ook kan er voor worden gekozen een vergister in de nabijheid van een nieuwe woonwijk te vestigen. Deze woonwijk kan naast het normale gasnetwerk worden voorzien van een groen gasnetwerk dat aangesloten is op de vergister.

- *Transportbrandstof*

Naast gebruik van biogas voor gas en elektriciteitsdistributie is het ook mogelijk biogas om te zetten in transportbrandstof. Zo is er een reële mogelijkheid biogas op te werken naar bio-CNG (bio-Compressed Natural Gas). Bio-CNG kan per truck of per schip naar de eindbestemming worden vervoerd, wat bio-CNG mobieler maakt dan groen gas of elektriciteit en warmte opgewekt door een WKK. Echter, dit zou een extra transportstroom opleveren rond de vergistingscentrale. Er kan ook gekozen worden voor de bouw van een tankstation op of nabij de locatie van de vergister. Hierdoor worden transportkosten vermeden, maar dit betekent wel dat er een stabiele afname van CNG moet worden gevonden. Doordat de markt voor duurzame transportbrandstoffen nog niet is ontwikkeld zal

zelf initiatief moeten worden genomen om deze optie rendabel te maken. Hierbij kan worden gedacht aan bussen van een regionale of lokale openbaar vervoersmaatschappij of trucks of andere voertuigen van bijvoorbeeld een loonwerker. Deze voertuigen zullen dan een aangepaste motor hebben om op bio-CNG te kunnen rijden. Het is ook mogelijk een aantal tractoren van participerende boerenbedrijven om te bouwen of het transport van mest en energiemais van en naar de vergister op een duurzame manier te laten plaatsvinden. Een andere optie kan zijn het wagenpark van een bedrijf of instelling om te bouwen tot duurzaam wagenpark.

- Brandstof voor aggregaten

Een laatste optie is om biogas om te zetten als brandstof voor aggregaten. Deze optie is te vergelijken met de optie WKK (Gasunie, 2006). In principe kan met geringe opwerking het biogas geschikt gemaakt worden als brandstof voor aggregaten. Deze optie is mobieler en flexibeler inzetbaar dan de WKK optie, dat aan een elektriciteitsgrid is gekoppeld, echter het energetisch rendement van de WKK optie ligt hoger. Daarnaast moet, net als bij de bio-CNG optie, de brandstof per as getransporteerd worden naar de eindgebruiker, wat een toename van transportkosten betekend.

Door middel van toepassing van de eerdergenoemde methodiek zijn een aantal potentiële locaties aangewezen voor de vergistingsinstallaties in de Gemeente Zuidhorn. In tabel 1 is per categorie aangegeven welke locatie(s) en scenario('s) het meest optimaal is/zijn.

	locatie			
	Zuidhorn (centraal)	Zuidhorn (decentraal)	Grijpskerk (centraal)	Grijpskerk (decentraal)
bereikbaarheid/ transportafstanden			+	+
minste overlast voor omwonenden		+		+
toepassingsmogelijkheden biogas:				
* Hoge druk gasnet	?	?	?	?
* Lage druk gasnet (lokaal)	+	+		
* WKK	+	+		
* transportbrandstof	?	?	?	?

Tabel 1. Meest optimale locatie(s) per categorie

Wanneer de locatiekeuze in zijn geheel bepaald zou worden door de transportkosten dan zou een locatie in het akkerbouwcluster ten noorden van Grijpskerk voor de hand liggen. De kosten van vervoer van energiemais bepalen het grootste deel van de totale transportkosten en worden op deze wijze geminimaliseerd. Het zijn echter niet alleen de transportkosten die een claim leggen op de locatiekeuze, maar dit zijn vooral de verschillende toepassingsmogelijkheden voor biogas. Zo is de aanwezigheid van een Gasovernamestations (GOS) een voorwaarde voor de distributie van groen gas en wordt vanuit vigerende wet- en regelgeving waarschijnlijk een locatie voorgeschreven op een industrie- of bedrijventerrein. De industrieterreinen van Zuidhorn en Grijpskerk lijken daardoor het meest voor de hand te liggen. Beide locaties hebben voordelen. Zo is Grijpskerk het best bereikbaar en heeft door de ligging dichtbij het akkerbouwcluster relatief lage transportkosten. De locatie in Zuidhorn heeft echter een aantal voordelen wat betreft de toepassingsmogelijkheden van biogas. Zo zijn er op het industrieterrein Gasovernamestations aanwezig en zijn er verschillende grote warmteafnemers in de nabije omgeving. Door betrokken partijen zal een afweging dienen te

worden gemaakt welke voordelen het zwaarste meewegen. Een decentraal opslagsysteem, waarbij een deel van het transport in eigen beheer van de Vereniging wordt gebracht, leidt voor de situatie in Zuidhorn waarschijnlijk niet tot grote transportkostenvoordelen. Een groter kostenvoordeel is wellicht de grondkosten. De grondkosten van deze decentrale opslagplaatsen kunnen lager liggen dan de grondkosten voor centrale opslag. De centrale opslag moet immers plaatsvinden op een industrie- of bedrijventerrein, waar de grondkosten hoger liggen dan in de buitengebieden. Daarnaast zijn er enkele andere voordelen van decentrale opslag. Het piektransport van energiemaïs naar de installatie kan gespreid over het jaar plaats vinden. Doordat de decentrale overslagplekken in het akkerbouwcluster liggen kan ook sneller geoogst worden. De druk op het wegennet en de overlast (voor omwonenden) gedurende de korte oogstperiode neemt hierdoor af.

H1. Inleiding

1.1 Algemene inleiding

Covergisting is het vergisten van mest met andere organische (rest)producten, zoals maïs, gras, bietenloof of aardappelschillen. Gedurende dit proces komt *biogas* vrij. Door dit natuurlijke afbraakproces onder gecontroleerde omstandigheden, in een speciaal daarvoor gebouwde installatie te laten verlopen, neemt de hoeveelheid vrijgekomen biogas toe. Biogas wordt over het algemeen gezien als een *duurzame energiebron*. Het is een energiebron waarover de mensheid voor onbeperkte tijd kan beschikken en waarbij door het gebruik ervan het leefmilieu en de mogelijkheden voor toekomstige generaties niet worden benadeeld. Als op alle veehouderijbedrijven in Nederland van voldoende omvang (circa 2800 bedrijven met ongeveer 4000 vleesvarkens of 200 melkkoeien) vergistinginstallaties worden gebouwd, is het mogelijk om hiermee ruim 1,2 miljoen huishoudens te voorzien van duurzame elektriciteit (SenterNovem et al, 2006).

Mest- en covergisting hebben de laatste jaren hernieuwde aandacht gekregen binnen de Nederlandse landbouwsector. Hernieuwd, omdat reeds eind jaren '70, begin jaren '80 geprobeerd is de techniek in Nederland te introduceren. Er is toen een dertigtal installaties op boerderijschaal gebouwd. Door technische fouten en de concurrentie van relatief goedkope elektriciteit en aardgas is deze introductie toentertijd mislukt (NOVEM, 2002). In bijvoorbeeld Denemarken en Duitsland waren de omstandigheden gunstiger en zijn vergistinginstallaties op grote schaal geïntroduceerd. Door ontwikkelingen in onder andere Nederlandse wet- en regelgeving is de rentabiliteit van mest- en covergisting de laatste jaren verbeterd. Zo maken subsidies voor groene stroom (MEP) en de nieuwe Mestwet (2006) het weer interessant te investeren in vergistingstechnieken. Verder is het waarschijnlijk dat, door (toekomstige) schaarste van fossiele energiebronnen en stijgende energieprijzen, de interesse in duurzame energie verder zal toenemen.

De gunstige ontwikkelingen met betrekking tot vergisting hebben de laatste jaren geleid tot tientallen initiatieven voor mest en covergisting op boerderijschaal. Recentelijk is er, naast vergisting op boerderijniveau, ook aandacht voor *centrale covergisting*. Het principe hierbij is dat materiaal van verschillende boerenbedrijven vergist wordt op een centrale locatie. Deze installaties worden ook wel collectieve vergistinginstallaties genoemd. In de gemeente Zuidhorn (Provincie Groningen) heeft een groep boeren besloten de mogelijkheden te willen onderzoeken van een collectieve vergistinginstallatie. Gezamenlijk hebben de 32 boeren (18 veehouders, 10 akkerbouwers en 4 gemengde bedrijven) de *Vereniging Collectieve Covergisting Westerkwartier* opgericht. Dit initiatief dient als basis voor dit onderzoek naar de ruimtelijke consequenties van deze centrale vergistinginstallatie.

1.2 De onderbelichte ruimtelijke invalshoek

In publicaties over mest- en covergisting is de ruimtelijke invalshoek nog slechts weinig belicht. Dit is voor een deel te verklaren doordat de huidige literatuur vooral gericht is op

kleinschalige vergisting waarbij de ruimtelijke consequenties minder van belang zijn. Er komt ook steeds meer literatuur over centrale grootschalige vergistingsinstallaties beschikbaar. In deze onderzoeken wordt wel aandacht besteed aan de ruimtelijke gevolgen. Het blijft echter vaak beperkt bij summiere kostenschattingen en het schetsen van het wettelijk ruimtelijk kader. Dit geldt tevens voor diverse haalbaarheidsonderzoeken naar vergistingsinstallaties (Kuikman et al., 2002; Van Lent en Van Dooren, 2001; Tijmensens et al., 2003). Ook in de haalbaarheidsonderzoeken naar vergisters ontbreekt het vaak aan een uitgebreidere analyse en worden locatiekeuze en logistiek slechts weinig belicht (Tijmensens et al., 2002; Schellekens, Snel, 2004; Van Dooren et al., 2005). Een rapport waar meer dan gemiddeld aandacht wordt besteed aan transport en locatie is het rapport Mestverwerking in Wintelre (Kool et al. 2006).

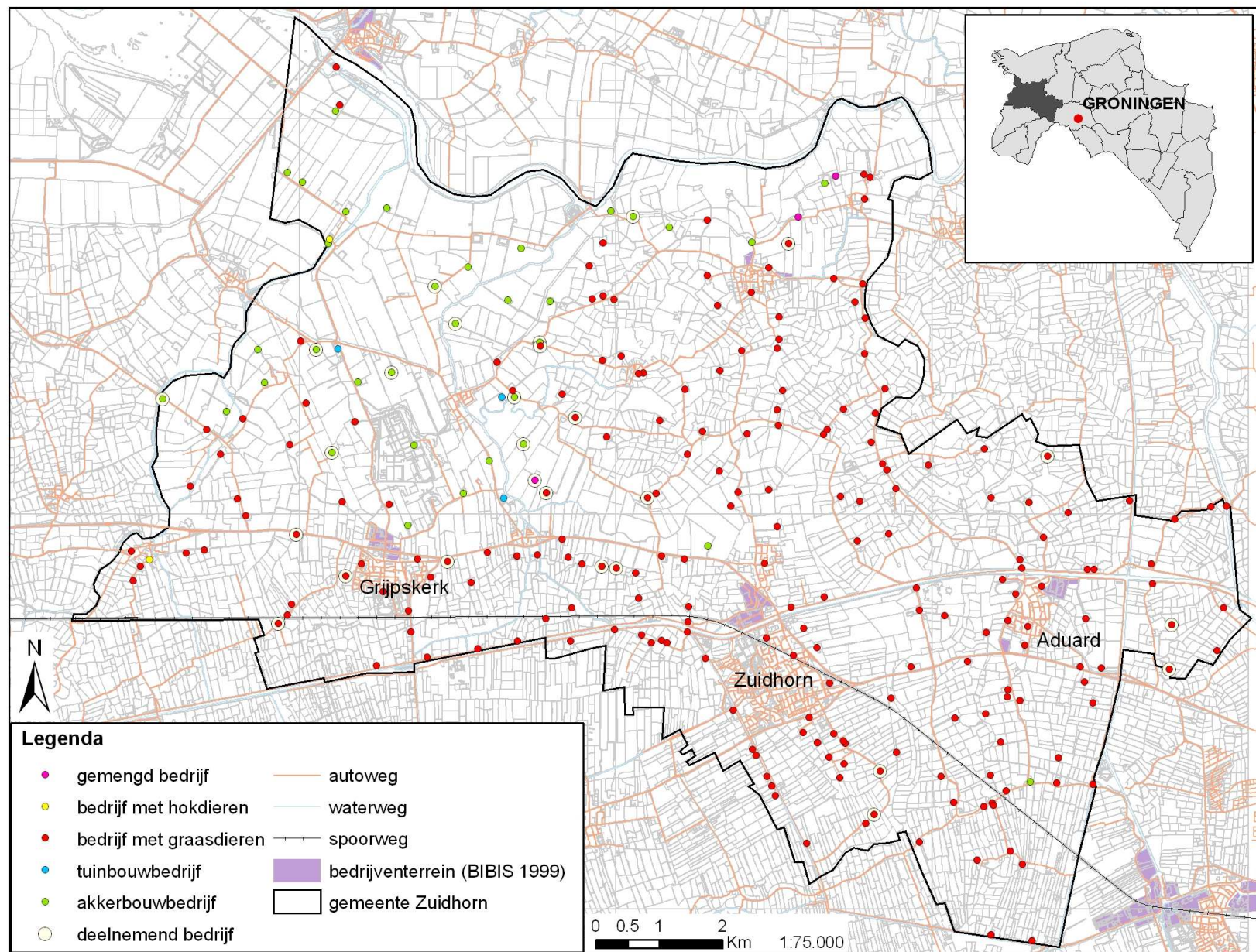
Toch drukken met name transportkosten doorgaans een relatief zwaar stempel op realisatie en rentabiliteit van een centrale vergistingsinstallatie. De transportkosten voor de installatie in Zuidhorn zijn in de quickscan op 1/3 van de totale kosten geschat (zie ook paragraaf 1.3). Deze studie maakt, met de casestudy Zuidhorn, een begin deze niche in kennis op te vullen, vanuit een economisch geografische invalshoek. Dit is gedaan door het ontwikkelen van een methode om de transportstromen en opslagscenario's in kaart te brengen. Daarbij wordt rekening gehouden met factoren zoals implicaties van de vraag naar vergiste mest en biogas, (ruimtelijke) wet- en regelgeving en technische (on)mogelijkheden van vergistingsinstallaties. Deze methode kan een steun in de rug zijn bij het kiezen van een geschikte locatie voor de vergistingsinstallatie en geeft tevens inzicht in mogelijke opslag- en transportmethodes.

1.3 Projectbeschrijving

In februari 2005 heeft een aantal leden van LTO-Noord, afdeling Zuidhorn en Landbouwvereniging Grijskerk en omstreken besloten samen de mogelijkheden te willen onderzoeken voor een collectieve vergistingsinstallatie. Het project is uniek voor Nederland. Wanneer het project ook daadwerkelijk gerealiseerd wordt is dit de eerste grootschalige collectieve covergistingsinstallatie in Nederland.

De gemeente Zuidhorn ligt in de provincie Groningen, ten westen van de stad Groningen (zie inzet in figuur 1.1). De groep van initiatiefnemers bestaat 18 veehouders, 10 akkerbouwers en 4 gemengde bedrijven (zie figuur 1.1). Door het collectief vergisten van mest en biomassa ontstaan er, door de schaalgrootte, meer mogelijkheden dan bij het vergisten van mest op boerderijniveau. Door het uitwisselen van verschillende meststoffen kan er beter in de mestbehoefte van de deelnemers worden voorzien. De akkerbouwers hebben vooral behoefte aan fosfaat en veehouders aan stikstof. Bij ruwe mest zijn deze stoffen moeilijk te scheiden. Bij fermentaat is het eenvoudiger de stikstofrijke *dikke fractie* (DIF) en de fosfaatrijke *dunne fractie* (DUF) te scheiden. Op deze manier kan uitruil plaatsvinden van mineralen tussen akkerbouwers en veehouders. Ook biedt het de mogelijkheid de onlangs verscherpte mestwetgeving het hoofd te bieden. De gebruiksnorm voor dierlijke mest is van 250 kg stikstof (N) per hectare per kalenderjaar teruggebracht naar 170 kg. In deze situatie zal er dus mest 'overblijven' als

gevolg van de nieuwe wet. Deze overschotmest kan vergist worden en eventueel worden uitgeruild tussen deelnemende boerenbedrijven.



Figuur 1.1 Boerenbedrijven en in de Gemeente Zuidhorn en deelnemers Vereniging Collectieve Covergisting Westerkwartier

Het project is van het begin af aan begeleid door Dhr. Zanstra (Convex) en Dhr. Boersma, deskundigen op het gebied van mest- en covergisting. Zij hebben onder andere ervaring opgedaan met een vergistingsinstallatie in het dorp Dearsum (gemeente, Boornsterhem, Friesland) begin jaren negentig. In mei 2005 is de Covergisting Westerkwartier opgericht en is het bestuur van de vereniging benoemd. Het bestuur heeft dhr. Zanstra en dhr. Boersma opdracht gegeven een quickscan te doen naar de mogelijkheden van een centrale vergister. Voor de quickscan is gebruik gemaakt van gegevens van een enquête die verstuurd is naar alle deelnemende boeren. De aanwezige stromen mest en biomassa van de deelnemende agrariërs zijn in beeld gebracht. Resultaten van de Quickscan waren onder andere dat, bij de huidige voorgestelde capaciteit, de installatie economisch niet rendabel is. In de quickscan is uitgegaan van een capaciteit van ongeveer 35.000 ton mest en 10.000 ton biomassa. De hoeveelheid geproduceerd biogas ligt dan rond de 1,3 miljoen m³. Om meer biogas te produceren zal meer biomassa moeten worden toegevoegd. Dit kan doordat wetgeving veranderd is, er mag nu meer dan het voorheen gestelde maximum van 49% biomassa worden toegevoegd aan het vergistingsproces. Dit betekent dat het menu van de vergistingsinstallatie is veranderd. Er wordt nu uitgegaan van het vergisten van minimaal 15.000 ton overschotmest en 42.000 ton (energie)maïs. Deze grote hoeveelheid energiemais is echter niet aanwezig bij de deelnemende boeren. Dit zal dus aangekocht moeten worden of de deelnemers zullen zelf meer biomassa (bijvoorbeeld energiemais) moeten gaan verbouwen. De hoeveelheid groen gas die de installatie kan leveren is geschat op 127 TJ, wat overeenkomt met het aardgasverbruik van 2.700 huishoudens.

Een andere uitkomst van de quickscan was dat de transportkosten een aanzienlijk deel van de totale exploitatiekosten van de installatie gaan vergen. De transportkosten zijn zelfs begroot op 1/3 van de totale kosten. Locatiekeuze en transportmiddel kunnen daardoor substantieel bijdragen aan kostenreductie (Zanstra, 2005). Ook leverde de quickscan vragen op omtrent de opslag van biomassa en mest. Dit onderzoek verkent en analyseert de ruimtelijke consequenties (transport, locatiekeuze en opslag) van de vergistingsinstallatie in Zuidhorn. Hoe en wat er precies wordt onderzocht wordt uiteengezet in paragraaf 1.5 t/m 1.8

Het project is na het presenteren van de quickscan in een tweede fase terechtgekomen. Besloten is om een haalbaarheidsstudie uit te voeren die uiteindelijk een go-/no go beslissing op moet leveren omtrent de realisatie van de vergistingsinstallatie. Dit onderzoek, naar de ruimtelijke consequenties van de installatie, maakt deel uit van deze haalbaarheidsstudie. Gedurende het project zijn er steeds meer partijen betrokken die een bijdrage leveren aan de haalbaarheidsstudie. Wat is begonnen als een initiatief van een aantal boeren is uiteindelijk uitgegroeid tot een unieke, duurzame en intensieve publiekprivate samenwerking.

1.4 Stakeholders

Een aantal derde partijen is gedurende het proces bij het project betrokken geraakt. Via de Provincie Groningen is een IAG (Innovatieve Actieprogramma Groningen) subsidieaanvraag ingediend voor de haalbaarheidsstudie. De haalbaarheidsstudie bestaat uit verschillende deelonderzoeken. Zo verricht de Vereniging Collectieve Covergisting Westerkwartier met behulp van onderzoeksbureau Convex en het Van Hall Instituut onderzoek naar de technische mogelijkheden van de installatie, de samenstelling van het menu en kwaliteitsbeheer. Ook dit onderzoek, naar de ruimtelijke impact van de installatie is uitgevoerd vanuit de Vereniging Collectieve Covergisting onder naam van de Rijksuniversiteit Groningen (RuG). In het haalbaarheidsonderzoek is een verkorte versie onderzoek terug te vinden in het hoofdstuk 'locatiekeuze en logistiek'. Verder doet Gasunie Engineering & Technology in dit verband onderzoek naar de mogelijkheden om het biogas op te waarderen naar aardgaskwaliteit en op het hoge druk netwerk van de Gasunie te brengen. De installatie in Zuidhorn dient hierbij als een pilot project. Advies- en Ingenieursbureau DHV richt zich op wet- en regelgeving die van toepassing is op het project en de NAU (Nederlandse Accountants Unie) heeft de projectontwikkeling in handen. Verder wordt het project ondersteund vanuit Energyvalley, dat haar kennis en kennisnetwerk inbrengt. Energyvalley is een organisatie die energie gerelateerde activiteiten probeert te stimuleren in de drie noordelijke provincies. Zij richt zich hierbij op de drie pijlers: duurzame energie, energiekennis en energiegerelateerde bedrijfsactiviteiten. Uiteindelijk moet dit leiden tot een hoogwaardig energiecluster in Noord-Nederland.

1.5 Aanleiding en probleemstelling

Zoals reeds in de inleiding is vermeld is er tot op heden weinig tot geen onderzoek gedaan naar de locatiekeuze en logistieke aspecten van transport van biomassa en mest op microschaal (op de schaal van 1 vergistingsinstallatie). Ook in eerdere haalbaarheidsonderzoeken naar (collectieve) vergisters wordt hier nauwelijks aandacht aan besteed. Daar duurzaamheid een belangrijke pijler in het haalbaarheidsonderzoek is en voorop staat in de ontwikkeling van de collectieve vergistingsinstallatie kan niet voorbij worden gegaan aan het transport en locatievraagstuk. Omdat transport, opslag en logistiek een grote invloed (kunnen) hebben op de haalbaarheid van de installatie is ervoor gekozen een uitgebreidere analyse te doen naar dan tot nu toe gebruikelijk is in rapporten naar co- en mestvergistingsinstallaties.

1.6 Doelstelling

Het verkrijgen van inzicht in de ruimtelijke impact van covergisting, specifiek gericht op de mogelijkheden voor een vergistingsinstallatie in de gemeente Zuidhorn (Groningen). De nadruk ligt hierbij op locatiekeuze, transporteffecten en opslagscenario's en de kosten die deze drie factoren met zich meebrengen. Implicaties vanuit de vraag naar fermentaat en biogas, technische (on)mogelijkheden van de installatie, maatschappelijke factoren en de wet- en regelgeving met betrekking tot covergisting zullen uiteindelijk een of meerdere "optimale" locaties voor de vergistingsinstallatie opleveren. Doordat er niet of

nauwelijks literatuur is over transporteffecten en locatiekeuze van co- en mestvergisters is er ook geen bestaande methodiek beschikbaar om deze factoren te analyseren. Een tweede doelstelling is dan ook een methode te ontwikkelen die inzicht geeft in de ruimtelijke impact van de collectieve vergistingsinstallatie. Deze methode moet ook toepasbaar zijn op vergistingsprojecten elders.

1.7 Vraagstelling

De centrale onderzoeksvraag die voortkomt uit de doelstelling is:

Wat is de ruimtelijke impact van een centrale vergistingsinstallatie in de gemeente Zuidhorn?

Om de hoofdvraag van dit onderzoek te kunnen beantwoorden is een aantal deelvragen geformuleerd die samen moeten leiden tot een beantwoording van de centrale onderzoeksvraag:

- Hoe kunnen mest- en biomassa stromen in kaart worden gebracht?
- Welke transport- en opslagscenario's behoren tot de mogelijkheden?
- Wat voor invloed hebben het aanbod van mest en co-producten en de vraag naar digestaat op de locatiekeuze?
- Wat voor invloed heeft de vraag naar biogas op de locatiekeuze?

1.8 Aanpak

Voor dit onderzoek zijn verschillende onderzoeksmethoden gebruikt. Allereerst is een literatuurstudie gedaan naar mest- en covergisting. Verder zijn er een aantal gesprekken geweest met experts op het gebied van mest- en covergisting en met stakeholders en deelnemers in het vergistingsproject. Tevens zijn verschillende vergaderingen en bijeenkomsten bijgewoond, onder andere van de Vereniging Collectieve Covergisting Westerkwartier. Omdat dit niet voldoende informatie opleverde om de onderzoeksvraag te beantwoorden is ervoor gekozen zelf een methode te ontwikkelen om de ruimtelijke impact van de vergistingsinstallatie in Zuidhorn in beeld te brengen. Er is, door middel van een enquête van Convex (Zanstra, 2005), data verzameld over de aanwezige hoeveelheden mest en biomassa van de deelnemende boeren. Deze data zijn aangevuld met gegevens uit de Meitelling van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV, 2005). Deze data bevatten naast de gegevens van de deelnemende boeren ook data van alle niet-deelnemende boeren in de gemeente Zuidhorn. Deze data zijn vervolgens omgezet naar een *geodatabase*. Dit is een database waarin de mest- en biomassa gegevens een ruimtelijke component hebben meegekregen, in dit geval geografische coördinaten van de boerenbedrijven in de gemeente Zuidhorn. Vervolgens zijn er in een *Geografisch Informatie Systeem* berekening uitgevoerd in de geodatabase. Er is onder ander een *netwerkanalyse* uitgevoerd en verschillende locatiefactoren zijn ruimtelijk in beeld gebracht. Voor een uitgebreide omschrijving van de gebruikte data, methode en technieken, GIS en netwerkanalyse zie hoofdstuk 5. Een beschrijving van de economisch geografische- en

ruimtelijk economische theorieën die aan basis liggen van de GIS analyse zijn te vinden in hoofdstuk 4.

1.9 Leeswijzer

Het rapport is opgebouwd uit de volgende hoofdstukken; Hoofdstuk 1 begint met een korte inleiding en geeft een projectomschrijving van het project "Biogas in het Westerkwartier". Verder zijn hier de aanleiding, probleem- en doelstelling, de onderzoeksvragen en de aanpak van het onderzoek te vinden. De hoofdstukken 2, 3 en 4 schetsen het theoretische kader dat schuilgaat achter dit onderzoek, waarbij hoofdstuk 2 gericht is op mest- en covergisting (definities, proces en voordelen van covergisting), hoofdstuk 3 op de vergistingsinstallatie an sich (inclusief een omschrijving van de installatie in Zuidhorn) en tot slot hoofdstuk 4 op de locatietheorieën en ruimtelijk economische theorieën die ten grondslag liggen aan de analyses in dit rapport. Hoofdstuk 5 behandelt de gebruikte methodologie, en gaat dieper in op het gebruik van GIS binnen dit onderzoek. In hoofdstuk 6 worden de verschillende transport- en opslagscenario's besproken en worden de uitkomsten van de verschillende (GIS)analyses uitgebreid beschreven. Hoofdstuk 7 worden de onderzoeksvragen beantwoord en conclusies getrokken en eindigt met een aantal aanbevelingen voor verder onderzoek.

H2. Mest- en covergisting

2.1 Definities en afbakening

Vergisting is een proces waarbij op bacteriële wijze organische stof (dierlijke mest en/ of biomassa) wordt afgebroken. In principe zijn alle soorten mest en organische stoffen geschikt voor vergisting. De organische stof wordt omgezet in twee eindproducten, biogas en *digestaat* (vergiste mest). Dit gebeurt onder anaërobe omstandigheden, dat wil zeggen dat het plaatsvindt in afwezigheid van zuurstof. Tijdens het proces verandert de samenstelling van de mest en wordt biogas gevormd. Een andere term die gebruikt wordt voor vergisten is *fermenteren*. Naast het vergisten van mest is het ook mogelijk om slib en organisch huishoudvuil te vergisten. Wanneer er, naast mest, andere organische producten (biomassa) worden meevergist is er sprake van *covergisting*. Dit levert in vrijwel alle gevallen een verhoogde biogasproductie op. In dit onderzoek staan mest- en covergisting centraal en zal geen aandacht worden besteed aan andere vormen van vergisting.

Mestvergisting is een vorm van mestverwerking. In veel gevallen is hierbij ook mestbewerking in het geding. Definities van mestverwerking en mestbewerking worden gegeven door Kuikman et al. (2000):

Mestverwerking is het toepassen van basistechnieken of combinaties daarvan met als doel de aard, samenstelling en/ of hoedanigheid van dierlijke mest te wijzigen.

Op grond van deze definitie kunnen scheiding, bezinking, compostering, beluchting, toevoeging van additieven, droging, vergassing, verbranding, indamping en vergisting tot voorbeelden van mestverwerking worden genoemd.

Mestbewerking is de behandeling van dierlijke mest zonder noemenswaardige veranderingen aan het product teweeg te brengen.

Voorbeelden van mestbewerking zijn: opslag, mengen, roeren, homogeniseren en verwijderen van vreemde objecten zoals plastic. Zowel mestverwerking als ook mestbewerking is van belang bij mestvergistingsinstallaties en dus ook bij de centrale vergister van Zuidhorn. In hoofdstuk 3 wordt een beschrijving gegeven van mestvergistingsinstallaties en de pre-engineering van de installatie in Zuidhorn.

Biogas dat geproduceerd wordt door mest- en covergisting wordt gezien als een vorm van *duurzame energie*. In de literatuur worden veel verschillende definities van “duurzame energie” gebruikt. De term duurzame energie is een afgeleide van het concept duurzame ontwikkeling dat in de jaren 80 werd geïntroduceerd met de publicatie ‘*Our Common Future*’, dat beter bekend staat onder de naam *Brundtland Rapport*. De World Commission on Environment and Development (WCED) van de VN formuleerde *duurzame ontwikkeling* daarin als volgt:

Sustainable development seeks to meet the needs and aspirations of the present without compromising the ability to meet those of the future.

Een onderdeel van duurzame ontwikkeling is duurzame energie. Het Ministerie van Economische Zaken hanteert als definitie (Werkgroep Onderzoek Duurzame Energieconversie, 2005):

Duurzame energie staat in het Nederlandse beleid voor elektriciteit, warmte of brandstof uit 'hernieuwbare bronnen'. Dit zijn bronnen die onuitputtelijk zijn (bijvoorbeeld zon of wind) of relatief snel vervangbaar (bijvoorbeeld biomassa), in tegenstelling tot fossiele brandstoffen als olie of gas.

Mest en biomassa kunnen door middel van mest- of covergisting bijdragen aan duurzame ontwikkeling in Nederland. Dit kan op verschillende manieren. Zo kan het geproduceerde biogas gebruikt worden als elektriciteit of brandstof en kan de vergiste mest verkocht worden als kunstmestvervanger. Daarnaast is het mogelijk om vrijgekomen warmte te benutten binnen het systeem of te gebruiken voor consumptie.

2.2 Mestvergisting en covergisting: het chemische proces

Aan het vergistingsproces neemt een groot aantal verschillende micro-organismen deel. De micro-organismen zetten complex, organisch materiaal om in methaan (CH_4), koolstofdioxide (CO_2), waterstof (H_2), H_2S en ammoniak (NH_3). Het vergistingsproces kan worden opgedeeld in vier verschillende fasen (zie ook figuur 2.1):

1. Hydrolyse

In de eerste fase van het proces worden complexe, niet opgeloste biopolymeren (vetten, eiwitten en koolhydraten) omgezet in minder complexe, opgeloste verbindingen (aminozuren, suikers, vetzuren en glycerol) door inwerking van extracellulaire enzymen. Deze enzymen worden gevormd door fermentatieve bacteriën die deze opgeloste stoffen door de celwand en membraan kunnen opnemen. Deze is bepalend voor de snelheid van het hele proces.

2. Acidogenese (ook wel fermentatie of zuurvorming)

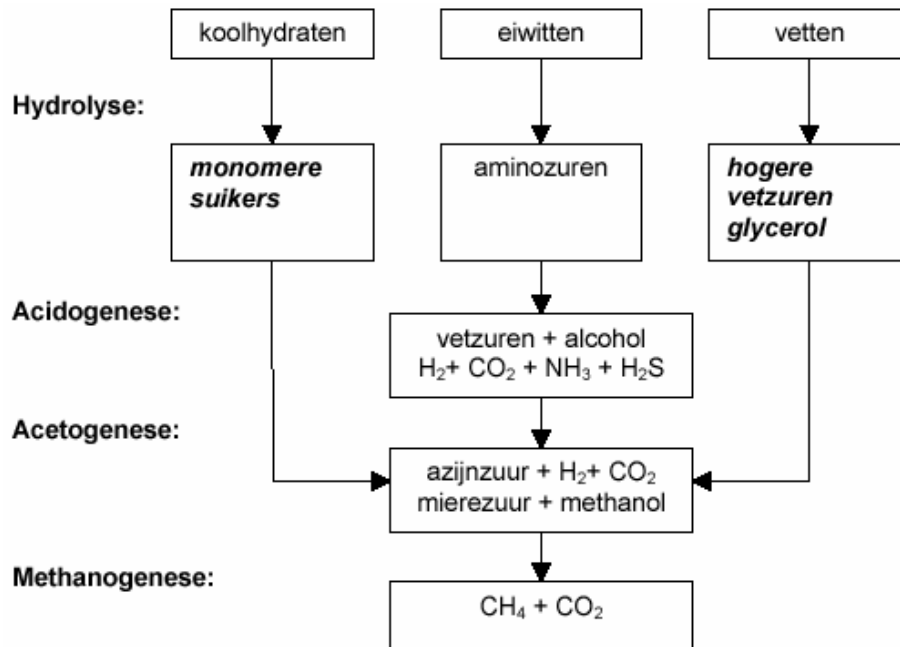
In de cellen van de fermentatieve bacteriën worden de opgeloste organische verbindingen omgezet in een reeks eenvoudige verbindingen die weer worden uitgescheiden. Er worden vluchtige vetzuren, alcoholen, CO_2 , H_2S , H_2 , NH_3 , melkzuur en nieuw celmateriaal gevormd. Deze producten hebben een verzurende werking op de omgeving, waardoor deze fase ook wel zuurvormende fase wordt genoemd. In deze fase komt ook de organisch gebonden stikstof in opgeloste vorm vrij als ammonium.

3. Acetogenese

De fermentatieproducten worden omgezet in acetaat, carbonaat, waterstof en nieuw celmateriaal.

4. Methanogenese

Acetaat, carbonaat, waterstof en methanol worden omgezet in biogas, wat voornamelijk bestaat uit methaangas (CH_4) en koolzuurgas (CO_2). Ook in deze fase wordt nieuw celmateriaal gevormd.



Figuur 2.1 Schematische weergave vergistingsproces
(Korsten, HAS kennistransfer 2002)

De snelheid en het verloop van het vergistingsproces wordt door een aantal factoren beïnvloed. De temperatuur, de zuurgraad, de koolstof/stikstofverhouding, het drogestofgehalte, de verblijftijd en procesremmende stoffen zijn bepalende factoren. De temperatuur van het gehele proces is van invloed op de snelheid waarmee het vergistingsproces verloopt. Bij hogere temperaturen verloopt het vergistingsproces sneller waardoor er meer biogas in een kortere tijd vrijkomt. De totale hoeveelheid biogas blijft echter gelijk (Van der Leeden et al, 2003). Bij vergisting zijn drie temperatuurniveaus te onderscheiden:

- psychrofiële vergisting ($0-20^\circ\text{C}$)
- mesofiële vergisting ($20-45^\circ\text{C}$)
- en thermofiële vergisting ($45-75^\circ\text{C}$)

Psychrofiële vergisting treedt spontaan op door de omgevingstemperatuur. Om een redelijke biogasopbrengst te krijgen moet de verblijftijd van het te vergisten mengsel lang zijn. Dit kan wel oplopen tot 100 dagen (Van der Leeden, 2003). *Mesofiële* vergisting is het meest stabiele niveau van vergisten en wordt in Nederland in de meeste vergistingsinstallaties toegepast. Het te vergisten mengsel wordt op temperatuur gebracht met een verwarmingssysteem gevuld met warm water. De verblijftijd van het te vergisten

mengsel wordt hiermee teruggebracht naar 15 tot 40 dagen. Ook bij *thermofiele* vergisting wordt het materiaal opgewarmd en daardoor de verblijftijd (10-20 dagen) verminderd. Het biogas komt dus eerder vrij, maar de totale hoeveelheid biogas die vrijkomt is niet hoger. Verder heeft thermofiele vergisting het nadeel dat er relatief veel energie toegevoerd moet worden om het vergistingsproces op gang te houden. Ook zijn de bacteriën op dit niveau gevoeliger voor schommelingen in zuurgraad en temperatuur, wat gevolgen kan hebben voor de biogasproductie (Leeden et al., 2003).

2.3. Voordelen van vergisting

In feite wordt alle mest vergist, ook wanneer dit niet in een installatie gebeurt. Het injecteren van dierlijke mest leidt tot anaërobe bodemomstandigheden waardoor de mest vergist wordt (Wiersma en Noorman, 2001). Deze vorm van vergisting levert echter milieuproblemen op zoals beschadiging van bodemleven en verlies van nitraat. Ook tijdens de opslag van mest en wanneer de mest op het land wordt gebracht, treedt dit proces spontaan op (*koude vergisting*). Door mestvergisting onder gecontroleerde omstandigheden te laten plaatsvinden, kunnen een aantal van deze problemen worden verminderd of geheel worden teruggedrongen. Ook voor de landbouw en milieu biedt vergisting een aantal voordelen. In tabel 2.1 zijn deze voordelen kort samengevat. Naast deze algemene voordelen is mestvergisting voor de boeren in Zuidhorn met name aantrekkelijk door de nieuwe Mestwetgeving. De gebruiksnorm voor dierlijke mest is van 250 kg stikstof (N) per hectare per kalenderjaar teruggebracht naar 170 kg. De overschotmest behoeft met een collectieve vergistingsinstallatie niet afgevoerd te worden, maar kan worden uitgeruild tussen de deelnemers van de vereniging of verkocht worden aan derden.

Aspect	Voordelen van collectieve covergisting
Klimaat	Productie van duurzame energie en reductie van de broeikasgassen methaan en lachgas. Bij opslag van mest en biomassa verdwijnen deze gassen normaalgesproken in de atmosfeer, bij vergisting worden deze gassen 'opgevangen'. Methaan, dat een 21 maal zo sterk broeikasgas is als CO ₂ , wordt omgezet naar CO ₂ .
Meststof op maat	In digestaat komen de stikstofverbindingen grotendeels voor als ammonium en wordt een deel van de fosfaatverbindingen beter beschikbaar gemaakt voor de plant. Op gebied van nutriëntenbeschikbaarheid is de werking van digestaat te vergelijken met die van kunstmest. Hierdoor is er een beter beschikbaarheid van nutriënten voor gewassen dan bij het uitspreiden van ruwe mest. Verder is de kans op uitspoeling minder waardoor minder kunstmest nodig is. Hiernaast is uitruil mogelijk tussen akkerbouwer (fosfaat) en veehouder (stikstof). Bij vergiste mest is het eenvoudiger fosfaat en stikstof te scheiden.
Risico op dierziekten	Hygiëniserende werking: fytosanitaire risico's kunnen beter beheersbaar worden gemaakt (reductie of afdoding onkruidzaden en verminderde kans op ziekten).
Geuremissie	Vergiste mest geeft minder geur af (vergisting is een gesloten proces).
Sociaal economisch	Geeft een mogelijk duurzaam inkomen aan de boer of mogelijke daling van de kosten van mest. Dit geldt met name voor boeren met een mestoverschot. Verder geeft de productie van groene energie een positief imago aan de landbouwsector.

*Tabel 2.1. De voordelen van collectieve vergisting.
(samengesteld op basis van Beumer, 2005)*

H3. De vergistingsinstallatie

Er zijn verschillende soorten mest- en covergistingsinstallaties. De keuze tussen de verschillende mogelijkheden wordt gemaakt op basis van robuustheid, kosten en opbrengsten, de gestelde eisen aan biogascentrales, de biogasopbrengst en biogaskwaliteit (Infomil, 2005). De belangrijkste onderdelen van een vergistingsinstallatie zijn: vooropslag, mestvergister, biogasopvang, overdrukbeveiliging, biogasverwerkingsinstallatie en naopslag. Verder kunnen aan de installatie verschillende vormen van voor- en nabewerking worden toegevoegd (Infomil, 2005). In paragraaf 3.1 worden de verschillende basisonderdelen van een doorsnee vergistingsinstallatie beschreven. De beschrijving is vooral gericht op vergisters op boerderijschaal. In paragraaf 3.2 wordt een beschrijving van de proceskeuze en de pre-engineering van de centrale vergister in Zuidhorn gegeven.

3.1 Basisonderdelen van vergistingsinstallatie

Hieronder worden de verschillende basisonderdelen van een vergistingsinstallatie beschreven. Deze onderdelen hebben betrekking op vergisters op boerderijschaal alsook op centrale vergisters. Bij het opschalen van installaties worden de extra mogelijkheden, zoals gasbewerking en mestscheiding, echter eerder rendabel dan het geval is bij vergisters op kleinere schaal. Hieronder volgt een beschrijving van de verschillende basisonderdelen.

Vooropslag

Voordat de mest de installatie in gaat kan het gedurende enige tijd worden opgeslagen. Langdurige opslag moet worden vermeden, omdat er biogas verloren gaat tijdens de opslag. De mest kan dan ook het beste rechtstreeks in de vergister worden gepompt. Meestal wordt het bestaande mestopvangsysteem gebruikt voor vooropslag, zoals mestzakken, silo's, kelders en bassins.

Mestvergister

Een vergister is een gasdichte, geïsoleerde en verwarmde tank waarin biogas uit biomassa wordt gewonnen. Er zijn twee hoofdtypen vergistingsystemen. *Propstroomvergisters en volledig geroerde systemen*. De volledig geroerde systemen kunnen vervolgens ingedeeld worden in *vergisters met constante inhoud* en *vergisters met variabele inhoud*.

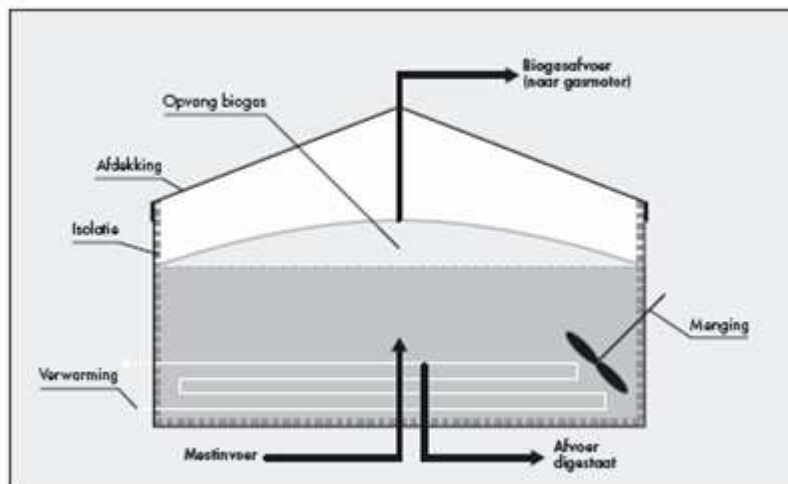
Propstroomvergisters (figuur 3.1) werken volgens het "first in - first out" principe. De mest die het eerste in de vergister gaat komt er ook als eerste weer uit. De mest gaat als het ware als een volumepakketje met constante snelheid door de vergister (Van der Leeden, 2003). Propstroomvergisters worden ook wel liggende vergistingsreactors genoemd. Het vergistingsproces vindt in twee fasen plaats. In de voorfermentatiefase wordt de mest opgewarmd, gehydrolyseerd en verzuurd. In de nafermentatiefase (in een andere silo) speelt de methaanvorming zich af. De bacteriëngroepen worden zo gescheiden, wat zorgt voor een betere leefomgeving van de bacteriën. Elke groep bacteriën heeft namelijk een optimale pH-waarde (zuurgraad) en een optimale verblijftijd.

Doordat bij een propstroomvergister alle mest een gelijke verblijftijd heeft en elke bacteriegroep een optimale leefomgeving heeft, produceert een propstroomvergister in theorie 10 % meer biogas dan een volledig geroerd systeem (Van Lent en Van Dooren, 2001).



Figuur 3.1 Het inwendige roerwerk van een propstroomvergister en de buitenkant van een propstroomvergister met erboven de gaszak (Bron: Animal Sciences Group, 2005)

Bij een volledig geroerd systeem wordt de mest in een silo gebracht en met roerders in beweging gehouden. Deze vergisters worden ook wel staande vergisters genoemd. De verblijftijden van mest fluctueren, waardoor de gasopbrengst lager is dan bij propstroomvergisters. Er zijn twee soorten volledig geroerde systemen. Bij een vergister met constante inhoud wordt op gezette tijden een hoeveelheid mest aan het proces toegevoegd terwijl er tegelijkertijd een zelfde hoeveelheid digestaat aan het proces onttrokken wordt. Een vergister met variabele inhoud werkt in principe hetzelfde alleen is geen navergister aanwezig.



Figuur 3.2 Schema van volledig geroerde vergister (Bron: Infomil, 2005)

Overdrukbeveiliging

Indien de biogasopslag volledig gevuld is en het biogas niet benut kan worden in bijvoorbeeld een gasmotor kan overdruk ontstaan. Het is immers niet mogelijk de biogasproductie stop te zetten, ook niet wanneer de vergister wordt stopgezet. Daarom is het nodig een overdrukbeveiliging aan te brengen. Dit kan door middel van een overdrukventiel in combinatie met een afblaasinrichting of een fakkel.

Biogasverwerkingsinstallaties

Voor het omzetten van biogas in, voor de consument, bruikbare energie zijn verschillende mogelijkheden. Momenteel wordt biogas omgezet in elektriciteit en warmte door middel van een *warmtekrachtkoppeling* (WKK). Door het biogas te verbranden wordt met een generator elektriciteit opgewekt waarbij ook warmte vrijkomt. Een deel van de geproduceerde energie (warmte) wordt weer teruggebracht in de vergister om het proces op gang te houden. De restwarmte kan gebruikt worden om de stallen of de bedrijfswoning te verwarmen of kan geleverd worden aan een derde partij (bijvoorbeeld een zwembad of een glastuinbouwbedrijf). De opgewekte elektriciteit kan op de boerderij zelf worden gebruikt of worden teruggeleverd aan het openbare net.

Naast de gangbare WKK wordt in de nabije toekomst waarschijnlijk nog een aantal biogasverwerkingsopties rendabel. Zo kan het biogas worden opgewerkt naar aardgaskwaliteit waardoor bijvoorbeeld een woonwijk kan worden verwarmd. De vergister moet dan van dusdanige omvang zijn dat genoeg biogas wordt geproduceerd om de wijk van energie te voorzien. Biogas kan ook worden omgezet in elektriciteit door gebruik te maken van een *brandstofcel*. In een brandstofcel wordt waterstofgas met lucht door elektrodes geleid. Hierdoor vindt een chemische reactie plaats waarbij water wordt gevormd en elektrische energie vrijkomt. Zowel het opwerken naar aardgas als het gebruik van brandstofcellen geeft een hoger rendement. Doordat er over toepassing van deze opties nog te weinig kennis is en doordat deze opties op boerderijschaal niet rendabel zijn wordt er in de praktijk nog geen gebruik van gemaakt. Een mogelijkheid die nog nauwelijks in de literatuur genoemd wordt is het benutten van biogas voor mobiele toepassing. Hierbij kan gedacht worden aan voertuigen die aangedreven worden door biogas of waarbij biogas wordt omgezet naar een ander soort brandstof zoals bio-Compressed Natural Gas (bio-CNG). In paragraaf 6.7 wordt meer aandacht besteed aan de mogelijkheden van het gebruik van biogas afkomstig van de installatie in Zuidhorn.

Naopslag

Naopslag is nodig omdat de vergiste mest maar een beperkte tijd van het jaar mag worden uitgereden. Naopslag is ook noodzakelijk wanneer de vergiste mest nog verder wordt bewerkt. Uitvoeringsvormen zijn silo's, mestzakken, kelders of bassins. De vergiste mest kan ook worden afgezet op ander landbouwbedrijven.

Optionele extra voorzieningen

Naast de hiervoor genoemde standaardonderdelen kan een aantal extra voorzieningen worden toegevoegd aan de mestvergistingsinstallatie. Deze zijn voor een vergister op boerderijschaal vaak niet rendabel, maar worden interessanter naarmate de installatie wordt opgeschaald.

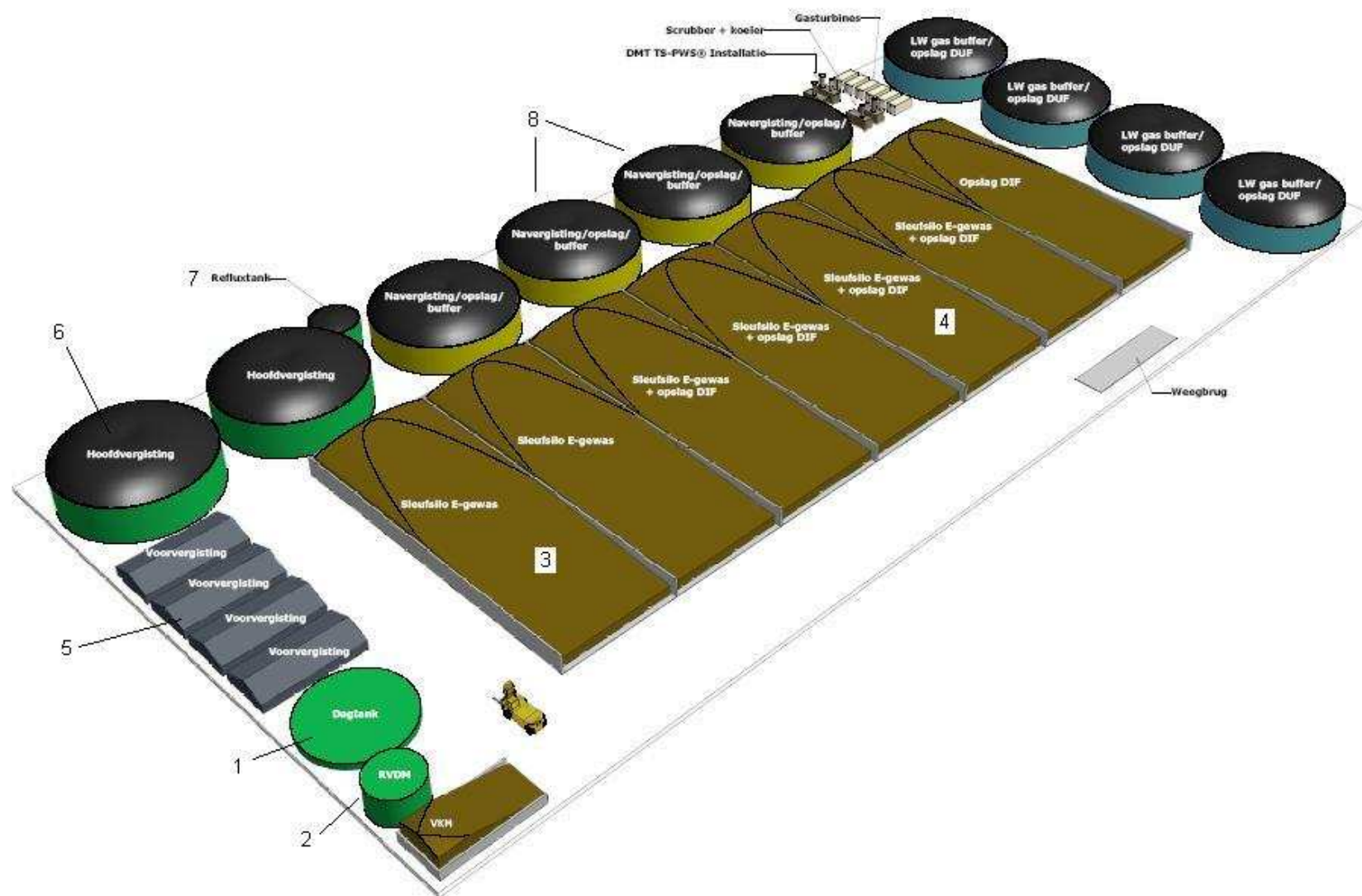
3.2 Proceskeuze en pre-engineering vergistingsinstallatie Zuidhorn

Onderdeel van het haalbaarheidsonderzoek naar de mogelijkheden van een collectieve covergister in Zuidhorn was het onderzoek naar de proceskeuze en de pre-engineering van de installatie. Deze schets van de installatie geeft een idee hoe de installatie eruit kan komen te zien en een waaruit een begroting geformuleerd kan worden. Hierbij wordt uitgegaan van het vergisten van minimaal 15.000 ton overschotmest en 42.000 ton (energie)maïs.

Leidend voor de proceskeuze waren in eerste instantie de robuustheid van het proces, evenals de noodzaak tot langdurige opslag van de fermentatieproducten en de beschikbaarheid van thermische energie (Zanstra, 2006). Het menu van de vergister zal in hoofdzaak bestaan uit energiegewas en aangevuld worden met 15% rundveedrijfmest (RVDM) en 5% vleeskuikenmest (VKM). Daar energiegewas een hoog drogestof gehalte heeft (29%) zou een droge fermentatie voor de hand liggen. Hier is echter maar beperkte praktijkervaring mee opgedaan met grootschalige installaties. Daarom is gekozen voor een *natte vergisting* dat impliceert dat de massa verdund moet worden tot een verpompbaar substraat met een drogestofgehalte van 15 tot 21% (Zanstra, 2006). Hiervoor zal een reflux (ongeveer 40% van het substraat wordt teruggepompt) uit de hoofdvergister worden benut die terug wordt gepompt in de dagtank. Bijkomend voordeel is dat het zuur in de silage in belangrijke mate geneutraliseerd wordt (Zanstra, 2006). Verder is gekozen voor mesofiele vergisting (zie paragraaf 2.2), omdat bij deze temperaturen het proces beter beheersbaar is en bovendien een opslagcapaciteit wordt toegekend aan de installatie. Daar de opslagcapaciteit 9 maanden moet zijn is het weinig zinvol het proces sneller te laten verlopen. Verder vraagt een thermofiele vergisting, vanwege de hogere procestemperaturen een grotere input aan thermische energie. Wanneer het biogas gebruikt wordt in een WKK installatie dan is deze hoeveelheid om niet aanwezig. Wordt het biogas opgewerkt naar distributiegas dan zal de warmtevraag ten koste gaan van de hoeveelheid te leveren biogas.

De totale beschikbare hoeveelheid RVDM die aanwezig is bij de participerende boeren komt op ongeveer op 50.000 ton mest. Wordt er van uitgegaan dat alleen overschotmest naar de vergistingscentrale gaat, dan komt dit getal op ongeveer 15.000 ton bij het huidige derogatie niveau (250 kg N/ha). Indien de stikstofgift teruggebracht wordt naar 170 kg N/ha wordt de hoeveelheid overschotmest circa 30.000 ton. De VKM is geschat op 2.500 ton. De omvang van de hoeveelheid biomassa is bepaald op een oogstperiode van enkele weken en is berekend met behulp van parameters voor biogasmaïs (energiemaïs). Dit zal een massa van ongeveer 42.000 ton per jaar opleveren. Deze hoeveelheid energimaïs is niet bij de participerende boeren aanwezig. Dit zal dus extra verbouwd moeten worden. Om deze capaciteit te halen zullen waarschijnlijk meer boerenbedrijven moeten toetreden tot de Vereniging Collectieve Covergisting Westerkwartier. Voor de transportanalyse en locatiekeuze is echter uitgegaan van de huidige groep deelnemers met hun (berekende) hoeveelheden mest en biomassa.

De installatie zoals deze in het haalbaarheidsonderzoek is beschreven is weergegeven in figuur 3.3 . De flowsheet van de installatie is terug te vinden in bijlage 1.



Figuur 3.3 Pre-engineering collectieve vergistingsinstallatie Westerkwartier (Bron: Zanstra, 2006)

Er is gekozen om het menu 2 keer per week aan te maken. Een zogenaamde voersnelheid is vereist om toetreding van zuurstof te voorkomen en een constante gasvorming te handhaven. De mest en biomassa worden in de dagtank (1) krachtig geroerd. De RVDM wordt aangevoerd vanuit een kleine opslagtanker (2) op het terrein die een opslagcapaciteit van 14 dagen heeft. Het energiegewas, dat 1 keer per jaar geoogst wordt, komt vanuit een centrale opslag op het terrein (3) of vanaf nader te bepalen decentrale opslaglocaties (zie Hoofdstuk 6). Wanneer een opslagunit leeg is kan deze tevens gebruikt worden voor *dikke fractie* vergiste mest (4). *De totaal benodigde opslagruimte is geschat op 1 hectare*. Vanuit de dagtank wordt de mest aangevoerd naar 4 voorvergisters (5), deze worden elk kwartier met 3 m³ substraat gevoed met een verblijftijd van 12 dagen. Voor voorvergisting is gekozen voor een horizontaal propstroom systeem. De hoofdvergister (6) is in duplo uitgevoerd met een volledig gemengd systeem en wordt vanuit 2 voorvergisters gevoed. De verblijftijd is 40 dagen. Het flexibele dak van de vergister heeft een dubbel membraan waardoor de top dienst kan doen als schuimberging en gasopslag voor het zogenaamde *hoogwaardige gas* (HW-gas). Het dak wordt door middel van een overdrukventilator in model gehouden. Er vindt een reflux plaats van de hoofdvergister naar de dagtank door middel van een refluxtank (7). De navergisters (8) zijn voorzien van een roerwerk, vooral om verzekerd te zijn dat ze bij het einde van het proces voldoende geruimd kunnen worden en er geen drijfslag achter blijft. De verblijftijd is geschat op ongeveer 120 dagen. Het flexibele dak is als dubbel membraan uitgevoerd en de topruimte doet dienst als gasbuffer voor HW-gas. Daar de grondstoffen afkomstig zijn van diverse bedrijven en na menging eindproducten weer worden afgevoerd naar de bedrijven is het voorstelbaar dat er zich problemen met onkruidzaden kunnen voordoen. Onkruidzaden kunnen het vergistingsproces overleven. Door het fermentaat een warmte behandeling te geven van tenminste 72 ° C gedurende 60 minuten wordt een reductie verwacht waarbij slechts één op de honderdduizend kweekbare eenheden overleeft. Deze sanitatiestap kan worden gecombineerd met het zogenaamd strippen en scrubben (ammoniak bewerking). Hierna kan het substraat worden gescheiden in een dunne en dikke fractie. De dikke fractie vergiste mest wordt opgeslagen in sleufsilos (4), de dunne fractie in silos met een dubbel membraandak.

In dit hoofdstuk is de theorie beschreven van de verschillende basisonderdelen van een vergistingsinstallatie. Verder zijn de proceskeuze en de pre-engineering van de centrale vergister in Zuidhorn uiteengezet. In het volgende hoofdstuk wordt de ruimtelijk economische theorie beschreven die ten grondslag ligt aan de analyse in Hoofdstuk 6.

H4. Locatietheorieën en ruimtelijk-economische theorie

In de meeste rapporten over mest- en covergistingsinstallaties wordt niet of nauwelijks aandacht besteedt aan de locatie van installaties. Dit is te verklaren doordat de installaties in Nederland tot nu toe doorgaans op boerderijschaal worden gebouwd. De transportbewegingen van de mest en eventuele andere inputs blijven hierdoor beperkt tot het bedrijfsterrein van de boerderij. De transportbewegingen zullen in de meeste gevallen weinig verschillen van traditionele vormen van mestverwerking. Echter wanneer er opgeschaald wordt, door een centrale vergister te bouwen, zullen de transportbewegingen boven het bedrijfsniveau uitstijgen. Bij exploitatie van een centrale vergister is transport een van de grootste kostenposten. In de quickscan zijn de transportkosten voor de installatie in Zuidhorn zelfs op 1/3 van de totale kosten geschat (Zanstra, 2005). Het is daarom van belang een locatie te kiezen waardoor de kosten zo veel mogelijk geminimaliseerd worden. Naast kostenoverwegingen is er een aantal factoren die zowel beperkend als kansrijk zijn voor de locatiekeuze van de installatie. Hierbij moet gedacht worden aan de vigerende wet- en regelgeving, implicaties vanuit de vraag naar fermentaat en biogas en technische aspecten van zowel de installatie als van de verschillende transportmodes. Dit alles wordt nader uitgewerkt in hoofdstuk 6.

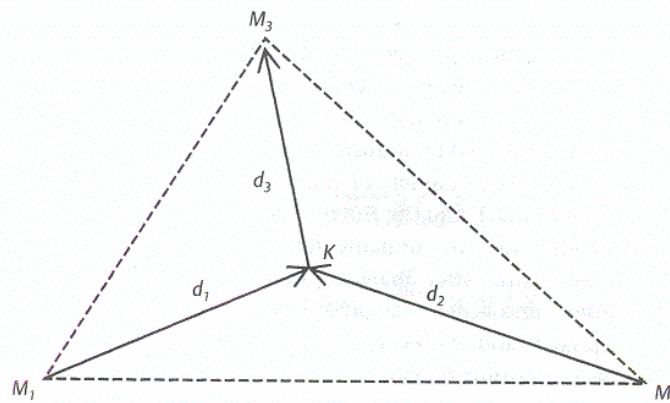
In dit hoofdstuk wordt de economisch-geografische theorie behandeld die achter de GIS analyse schuilt. Paragraaf 4.1 bevat de theorie achter de zwaartepuntanalyse die gebruikt wordt om de theoretisch optimale (minimale transportkosten) locatie van de covergistingsinstallatie in Zuidhorn te berekenen. Bij de zwaartepuntanalyse in GIS wordt uitgegaan van het minimaliseren van transportkosten van de covergistingsinstallatie. Het minimaliseren van de transportkosten is belangrijk omdat deze een groot aandeel hebben in de totale kosten van de installatie. Paragraaf 4.2 gaat in op agglomeratievoor- en nadelen. Dit zijn de voor- of nadelen verbonden aan een ruimtelijke clustering van economische activiteiten. In paragraaf 4.3 wordt dieper ingegaan op transportkostenberekeningen binnen transportbedrijven. In paragraaf 4.4 wordt de theorie besproken, waarmee de bereikbaarheid van verschillende potentiële locaties van de vergistingsinstallatie in beeld wordt. Deze 'service area' theorie is bovendien gebruikt om de locatie van (decentrale) opslagstations te bepalen.

4.1 De locatietheorie van Weber

Op het snijvlak van Economische Geografie en Ruimtelijke Economie is een aantal theorieën ontwikkeld om de optimale locatie van een economische activiteit te bepalen. De Duitse econoom en socioloog Alfred Weber, die naast Johann Heinrich Von Thünen en August Lösch tot de grondleggers van de Duitse school van locatie theoretici gerekend, ontwikkelde in 1929 zijn *least-cost model* van industriële locatie. De industriële locatietheorieën en dan met name het locatie-productie model van Alfred Weber is het meest geschikt voor het bepalen van de theoretische optimale locatie van centrale vergistingsinstallaties.

Weber gaat in zijn minimale kostenmodel uit van een aantal assumpties (Hurst,1972, Knox & Agnew, 1989, McCann, 2001). De eerste is dat bedrijven altijd de locatie kiezen waarbij de kosten geminimaliseerd worden. Verder zijn de transportkosten de belangrijkste kostenpost in de keuze van de locatie en een functie van gewicht en afstand. De grondstoffen bevinden zich in een of meer vaste punten in de ruimte evenals de afzetmarktgebieden van het betreffende product. Verondersteld wordt dat sommige grondstoffen (zoals water) evenwichtig over de ruimte zijn verspreid en op elke plaats verkrijgbaar. De ruimte zelf wordt isotroop voorgesteld, dat wil zeggen dat de ruimte vlak is zonder obstakels en dat de transportkosten alleen afhankelijk zijn van afstand. Deze assumpties lijken goed aan te sluiten bij het transport rond vergistingsinstallaties, waarbij transportkosten voor het grootste deel bepaald worden door gewicht en afstand.

Aan de hand van een eenvoudig tweedimensionaal model, de Weber locatie-productie driehoek, kan de grondgedachte van Weber verduidelijkt worden. In figuur 4.1 zijn M_1 en M_2 de plaatsen waar de grondstoffen (mest, biomassa) voor het productieproces vandaan komen. M_3 is de markt waar het eindproduct (fermentaats, biogas) afgezet wordt. Ergens binnen deze driehoek bevindt zich de optimale locatie voor een productie-eenheid K (de vergistingsinstallatie).



*Figuur 4.1 Weber locatie-productie driehoek
(Bron: McCann, 2001)*

In figuur 4.1 gebruikt de productie-eenheid K inputs van twee plaatsen (bijvoorbeeld mest van veehouder M_1 en van veehouder M_2) om een eenheid output te produceren. De notaties die verder in de figuur en de formules gebruikt worden zijn als volgt:

m_1, m_2	gewicht (tonnen) van inputs/ grondstoffen 1 en 2 die geconsumeerd worden door de productielocatie
m_3	gewicht van output 3 geproduceerd door de productielocatie
d_1, d_2, d_3	afstanden tot de productielocatie
k_1, k_2	hoeveelheid benodigd inputmateriaal 1 en 2 om 1 eenheid output te produceren.
t_1, t_2, t_3	transportrates per tonkilometer
p	goederenprijzen per ton
M_1, M_2	productielocaties van input 1 en input 2
K	productielocatie van goed m_3

De verhouding tussen de twee inputs om 1 eenheid output te produceren ligt vast. Er is bijvoorbeeld 1 eenheid m_1 nodig en twee eenheden m_2 om 1 eenheid m_3 te produceren. Dit wordt de productiecoëfficiënt genoemd. In formulevorm ziet dat er zo uit:

$$m_3 = f(k_1 m_1, k_2 m_2)$$

Als de prijs per eenheid output (p_3) vast staat, dan is de productielocatie waar maximale winst behaald kan worden, de plaats waar de totale input plus output transportkosten worden geminimaliseerd, *ceteris paribus* (McCann, 2001). Deze locatie wordt ook wel aangeduid met *Weber optimum locatie*. Deze kan gevonden worden door voor elke plaats de relatieve input plus output transportkosten te bepalen. De Weber optimum locatie is dus de plaats waar de som van deze kosten minimaal is. De formule die hierbij hoort is:

$$TC = \text{Min} \sum_{i=1}^3 m_i t_i d_i$$

Hierbij verwijst i naar de verschillende gewichten, transporttarieven en afstanden waarover de goederen vervoerd worden van en naar punt K (McCann, 2001). Het optimale punt zal, afhankelijk van de gewichten die worden toegekend aan de inputs en output, soms binnen de driehoek liggen of in andere gevallen in een van de hoeken van de driehoek. Hiervoor zijn een aantal mogelijkheden. Wanneer de input aan grondstoffen gewicht verliest (*weight-losing industries*) tijdens het productieproces zal de productie-installatie naar de plek van de grondstoffen worden "toegetrokken". Dit wordt veroorzaakt door het feit dat er meer gewicht aan grondstoffen toegevoerd moet worden dan dat er aan gewicht aan eindproducten wordt afgevoerd. De relatieve transportkosten van de input zijn dus hoger en moeten zoveel mogelijk gereduceerd worden. Dit kan door de afstand zo klein mogelijk te houden. Deze situatie wordt ook wel de grondstoffenoriëntatie genoemd. Bij de marktorientatie gebeurt in feite hetzelfde, met het verschil dat het nu relatief meer kost om de gemaakte producten te distribueren. Dat kan doordat er aan gewicht gewonnen wordt tijdens het productieproces door een materiaal (water) toe te voegen dat overal aanwezig is (*weight-gaining industries*). Het eindproduct kan ook moeilijk te transporteren zijn, bijvoorbeeld glas, meubelen of brood (Harvey, 1992). De productielocatie wordt nu meer naar de markt toegetrokken. Uiteindelijk zal de optimum productielocatie in de buurt van de plek worden gebouwd die de hoogste tonkilometers heeft om diezelfde tonkilometers te minimaliseren.

Naast de *weight-losing industries* en de *weight-gaining industries* zijn er industrieën die nog aan gewicht verliezen nog gewicht toevoegen tijdens het productieproces. Deze industrieën worden aangeduid als *footloose industries*. Het maakt niet uit waar een locatie gekozen wordt. De kosten zijn op elke plaats hetzelfde. Over het algemeen zullen ondernemers, wanneer op grote schaal geproduceerd wordt, ervoor kiezen zich dichtbij het grootste marktgebied te vestigen (Harvey, 1992). Bij het mest- en covergistingsproces gaat nauwelijks gewicht verloren. Het fermentaat daarentegen bestaat uit een *dikke fractie* (DIF) en een *dunne fractie* (DUF). Mocht ervoor gekozen worden alleen de dikke fractie

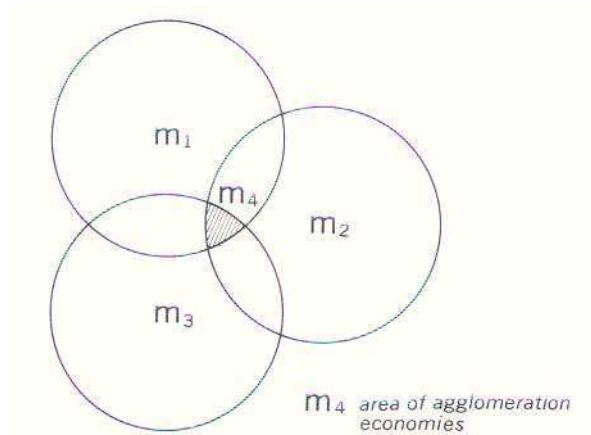
te verkopen of terug te brengen op het land van de deelnemende boeren, dan is sprake van een weight losing industry. De dunne fractie kan dan bijvoorbeeld geloosd worden in het riool. In dit geval zal de locatie van de vergister dicht bij de grondstofbronnen liggen (in dit geval de boeren die mest en biomassa leveren). Zelfs als een vergister als footloose wordt beschouwd is het nog interessant een zwaartepuntanalyse uit te voeren. In figuur 4.1 zijn er namelijk maar 2 grondstoflocaties (M1 en M2), voor de vergister zijn dit er 32 grondstofbronnen, wat het locatievraagstuk een stuk complexer maakt. Het kan bijvoorbeeld interessant zijn de vergister in de buurt van een cluster boerenbedrijven te bouwen.

4.2 Agglomeratievoordelen

Het oplossen van Weber's locationele model gebeurt in drie fasen (Hurst, 1972). De eerste fase is het 'vinden' van de plaats met de minste transportkosten. Vervolgens wordt deze plaats aangepast aan factorkosten zoals de kosten van arbeid of grond. De laatste fase bestaat uit een analyse van *agglomeratie voor- of nadelen*. Dit zijn de voor- of nadelen verbonden aan een ruimtelijke clustering van economische activiteiten. De eerste fase levert 1 enkele locatie op waar de transportkosten het laagst zijn. In de tweede en derde fase kunnen hier echter meerdere (suboptimale) locaties uit voort komen gezien het gewicht dat er aan de bepaalde factorkosten en agglomeratievoor- en nadelen wordt toegekend. Uiteindelijk zal door een managementbeslissing de definitieve locatie van de vergistingsinstallatie bepaald moeten worden. Dit kan bijvoorbeeld op basis van het toepassen aan wegingsfactoren.

Voor de locatiekeuze van vergistingsinstallaties zijn in principe alle fases van belang al zijn de arbeidskosten minder belangrijk, omdat deze binnengemeentelijk te verwaarlozen zijn. De factorkosten worden met name bepaald door de locatie waar de installatie wordt gebouwd. De kosten van het bouwen op industrieterreinen verschillen bijvoorbeeld met de kosten van bouwen op boerenerven. Agglomeratievoordelen kunnen zowel aan de aanbodkant (mest, biomassa) als ook aan de vraagkant (biogas, digestaat) een mogelijke rol spelen. In principe levert de keuze voor een collectieve vergistingsinstallatie al agglomeratievoordelen op, ongeacht de locatie van deze installatie. Door het gezamenlijk vergisten van materiaal kunnen kosten (bijvoorbeeld opslagkosten) omlaag gebracht worden of kan een hogere (biogas)productie behaald worden. Echter door het kiezen van een specifieke locatie kunnen meerdere kostenvoordelen te behalen zijn.

Verder kunnen er een aantal andere locatiefactoren een rol spelen die het de locatiekeuze beïnvloeden (zie hiervoor de inleiding van dit hoofdstuk) waardoor de installatie niet meer als footloose kan worden beschouwd. Zo zijn agglomeratievoordelen met name belangrijk bij de keuze tussen een grote centrale vergister of meerdere buurtvergisters. Stel dat in figuur 4.2 M1, M2 en M3 de locaties zijn waar de transportkosten geminimaliseerd zijn voor 3 vergisters op buurtniveau. Er kan dan gekozen worden om deze 3 vergisters te bouwen of om op m4 één collectieve centrale vergister te bouwen. Op deze plek moeten de extra transportkosten dan opwegen tegen de agglomeratiekostenvoordelen van locatie . Dit kan bijvoorbeeld goedkopere opslag, hogere biogasopbrengst of betere afzetmogelijkheden van het biogas zijn.



Figuur 4.2 Weber's agglomeratievoordelen (Bron: Hurst, 1972)

4.3 Transportkostenberekeningen binnen transportbedrijven

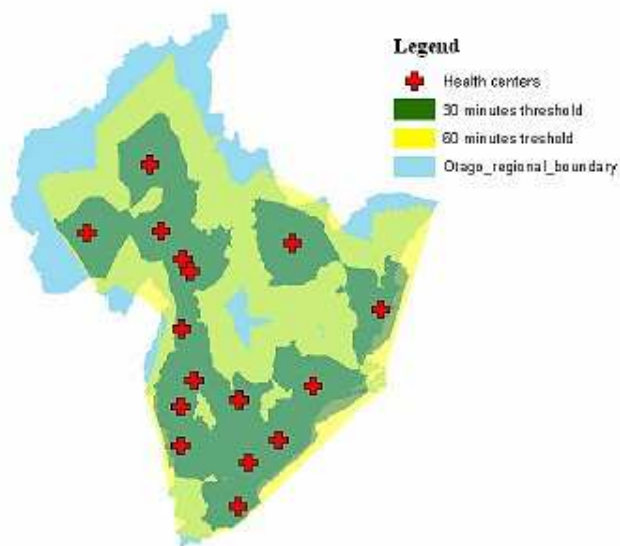
Transportkosten kunnen opgedeeld worden in tijds- en kilometer kosten (Blauwens et al., 1995). *Tijdskosten* zijn gebonden aan het verstrijken van de tijd. Ze lopen ook terwijl een voertuig stilstaat, bij laden of lossen of bij oponthoud. Voorbeelden van tijdskosten kunnen bijvoorbeeld zijn: laad- en loskosten, loon van de chauffeurs, of de jaarlijkse verzekeringspremie voor de voertuigen. Tot de tijdskosten behoren ook de vaste kosten van een vervoersbedrijf, die verbonden zijn met het aanhouden van een bepaalde capaciteit, bijvoorbeeld de huur van garages. Lambooy et al. (1997) gebruiken een andere benaming voor kosten die niet afhankelijk zijn van vervoersafstand en duiden deze aan als *terminal costs*. Zij plaatsen terminal costs, bijvoorbeeld kosten van het laden, overslaan en lossen van goederen, onder de vaste kosten. Het op een treinwagon zetten van een container wordt niet goedkoper wanneer die container slechts over kleine afstand moet worden verplaatst. Wanneer goederen over een lange afstand worden vervoerd kunnen deze vaste kosten over veel kilometers worden uitgesmeerd. Per vervoerde kilometer zijn de vaste kosten dan laag (Lambooy et al., 1997). De totale transportkosten nemen op deze manier wel toe. De verhouding tussen vaste en variabele kosten verschilt verder sterk per transportmiddel. Zo hebben vrachtwagens relatief lage vaste kosten en hoge variabele kosten. Daardoor is er bij een vrachtwagen bijna sprake van een lineaire relatie tussen kosten en transportafstand (Lambooy et al., 1997). Goederenvervoer per trein of schip brengt daarentegen hoge vaste kosten en relatief lage variabele kosten met zich mee. Daar mest, maïs en andere landbouwproducten vaak per vrachtwagen worden vervoerd is het van belang de transportafstanden zo kort mogelijk te houden om zo de transportkosten te minimaliseren. In paragraaf 5.2 wordt een methodiek aangereikt om de transportafstanden en daarmee transportkosten van het vervoer van mest en andere covergistingsproducten te minimaliseren. In Hoofdstuk 6 wordt deze methodiek toegepast voor het vergistingsproject in de Gemeente Zuidhorn.

Kilometerkosten worden bovenop de tijdskosten (of terminal costs) veroorzaakt door kilometers af te leggen. Zij worden aan de afzonderlijke vervoersprestaties toegerekend volgens afstand, bovenop de tijdskosten die per uur zijn toegerekend. Tot de

kilometerkosten behoren bijvoorbeeld het brandstofverbruik, onderhoudskosten, eventuele kilometervergoedingen van het personeel en schaderisico's. Sommige kosten kunnen buiten de indeling van tijd en afstand vallen. Deze kosten worden meestal buiten de indeling gehouden. Zij kunnen afzonderlijk toegevoegd worden aan de kostenberekening (Blauwens et al., 1995). Voorbeelden hiervan zijn tolgelden, havengelden of het bemonsteren van mest.

4.4 Bereikbaarheid en service area's

Bereikbaarheid heeft betrekking op het gemak waarmee een locatie bereikt kan worden en kan gemeten worden in reistijd (travel time) of in afstand (ESRI, 1996). Een bereikbaarheidsanalyse kan helpen bepalen hoe geschikt een locatie is voor een bepaald doel (in dit geval de plaatsing van een vergistingsinstallatie). Bereikbaarheid kan gemeten worden aan de hand van *service area's* (dienst gebieden). Een service area kan omschreven worden als het gebied dat alle plekken omvat die binnen een bepaalde weerstand (impedance) liggen, bijvoorbeeld een bepaalde afstand of reistijd (ESRI, 1996). Service area analyses kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden voor het bepalen het verzorgingsgebied van een ziekenhuis of het aantal klanten dat binnen een bepaalde afstand of reistijd supermarkt x kunnen bereiken. In figuur 4.3 zijn de verzorgingsgebieden (service area's) aangegeven van de 'health centers' in Otago, een regio in Nieuw-Zeeland. De donkergroene gebieden zijn de gebieden waar in maximaal 30 minuten een healthcenter bereikt kan worden. De lichtgroene gebieden zijn de gebieden waar in maximaal 60 minuten een healthcenter bereikt kan worden (Bagheri et al., 2005) Bij het berekenen van service area's wordt vaak gedaan met behulp van een netwerkanalyse in GIS. In het volgende hoofdstuk wordt dieper ingegaan op het gebruik van GIS en de netwerkanalyse. De service area techniek is in dit onderzoek gebruikt voor het bepalen van de bereikbaarheid van verschillende potentiële locaties voor de vergistingsinstallatie (paragraaf 6.4) en voor het bepalen van mogelijke locaties voor decentrale opslaglocaties (paragraaf 6.5).



Figuur 4.3 Service area's van health centers Nieuw Zeeland (Bron: Bagheri et al., 2005)

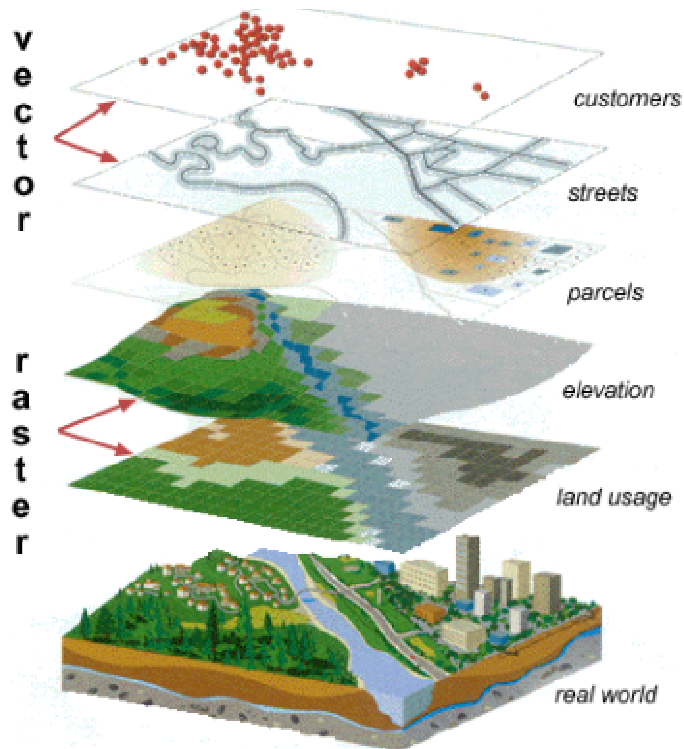
H5. Methodologie, GIS en gebruikte data

Zoals in de inleiding is genoemd was er voor dit onderzoek geen standaardmethode beschikbaar om het transport- c.q. locatiekeuze vraagstuk op te lossen. Daarom is een eigen methodiek ontwikkeld die voor het grootste deel gebaseerd is op een (netwerk)analyse in GIS. In dit hoofdstuk wordt een korte introductie gegeven over Geografische informatie systemen en over netwerkanalyses (5.1) Daarnaast wordt in paragraaf 5.2 de gebruikte methodologie nader uitgelegd. Ten slotte wordt in paragraaf 5.3 wordt een korte beschrijving gegeven van de gebruikte data.

5.1 GIS en netwerkanalyses

De methode die ontwikkeld is, bestaat voor het grootste deel uit een analyse in een *Geografische Informatie Systeem* (GIS). Geografisch duidt op de soort data die gebruikt worden. Kenmerkend voor geografische objecten is dat het gaat om locatiegebonden verschijnselen. Dergelijke objecten (bijvoorbeeld wegen, huizen, beplantingen) kunnen reëel zijn maar ook virtueel (administratieve grenzen, bestemmingscategorieën) (Geertman et al., 1999). Bij ruimtelijke gegevens of informatie gaat het om de kenmerken van deze geografische objecten. In vaktermen wordt vaak gesproken over *attribuutgegevens*. Deze gegevens zijn geordend in een *geodatabase*. Een ArcGIS geodatabase is verzameling geografische datasets die in een gemeenschappelijk bestandssysteem, een Microsoft Access database, of een multi-user relational database (bijvoorbeeld Oracle) staan (ESRI, 2006)

In een GIS kunnen diverse thematische (informatie)lagen over elkaar worden gelegd (zie figuur 5.1). Elke laag bevat informatie over een bepaald thema en worden voor gebruiksgemak opgeslagen als apart bestand (Heywood et al., 2002). In de figuur is verder onderscheid gemaakt in 2 typen GIS: *raster* en *vector* representaties. Bij rasterbestanden (land usage en elevation in figuur 5.1) wordt een denkbeeldig grid over het betreffende deel van de werkelijkheid gedacht, waarbij voor elke gridcel een bepaalde waarde wordt vastgesteld (Geertman et al., 1999). Hoe kleiner de omvang van de cel hoe nauwkeuriger het gebied wordt weergegeven. Tegelijkertijd neemt de omvang van het bestand toe. Bij een vectorbestand wordt de werkelijkheid uit punt-, lijn- en vlakelementen (customers, streets, parcels). In dit onderzoek wordt alleen gebruik gemaakt van vectorbestanden.



Figuur 5.1 Lagenbenadering in GIS (Bron: The University of Chicago:
<http://cier.uchicago.edu/gis>)

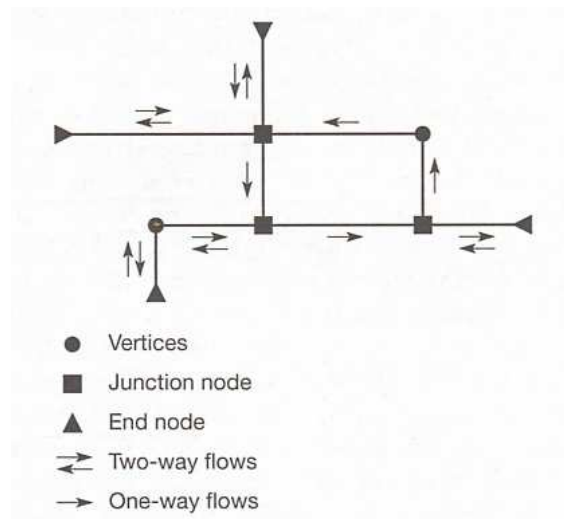
De visualisatie van een GIS gebeurt meestal in kaartvorm. Zo ontstaan geografische relaties die zonder gebruik van een GIS verborgen blijven (ESRI Nederland, 2006). Er zijn vele definities van GIS in omloop. Een veelgebruikte definitie die tevens het gebruik van GIS in dit onderzoek dekt wordt gegeven door Burrough (1986):

Een GIS is een verzameling werktuigen voor het verzamelen, opslaan en weergeven van ruimtelijke gegevens van de wereld om ons heen.

Deze verzameling werktuigen is in de praktijk erg breed en blijft zich door de huidige ontwikkelingen in GIS technologie steeds verder uitbreiden. Te denken valt aan speciale GIS software, ondersteunende programma's, tools en (internet)diensten, maar ook aan bijvoorbeeld hardware voor mobiel GIS zoals GPS ontvangers. In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de ArcGIS 9.1, GIS software van het *Environmental Systems Research Institute* (ESRI). ArcGIS 9.1 is een geïntegreerde verzameling softwareproducten voor het opzetten van een compleet geografisch informatiesysteem en is het meest gebruikte GIS pakket ter wereld. Naast ArcGIS is zijn er hulpprogramma's (MS Excel, MS Access en Paint Shop Pro) gebruik om data in te voeren te bewerken en te analyseren. Voor het onderzoek naar locatiekeuze en transport is gebruik gemaakt van een speciale uitbreiding van ArcGIS 9.1, de zogenaamde 'network analyst'.

Een *netwerk* is een systeem van onderling verbonden elementen zoals lijnen, punten en kruispunten waarover bepaalde bewegingen kunnen plaatsvinden (bijvoorbeeld van mensen, goederen, communicatie of informatie) (Heywood et al., 2002). In figuur 5.2 is

een vereenvoudigde versie van een netwerkmodel weergegeven. Een netwerkmodel is opgebouwd als een vector bestand en bestaat uit verschillende netwerkelementen: lijnen, punten (*nodes*), kruispunten (*junctions*), hoeken (*vertices*), bewegingen/ stromen (*flows*). Wanneer bijvoorbeeld een bustransportsysteem in kaart moet worden gebracht zijn de lijnen de wegen waarover de bussen rijden. De punten kunnen de bushaltes, busstations of onderhoudsplaatsen zijn, kruispunten de kruisingen van wegen, hoeken de bochten in de weg en de busritten de bewegingen. Daarnaast kan er voor gekozen worden het netwerk uit te breiden met afslagen (*turns*) en weerstanden (*impedances*). Bijvoorbeeld dat op bepaalde punten alleen rechts afgeslagen kan worden of dat aan wegen bepaalde weerstanden worden 'gehangen' zoals (reis)tijd of brandstofverbruik. Een flow kan verder één-wegs (bijvoorbeeld eenrichtingsverkeer) of twee-wegs zijn.

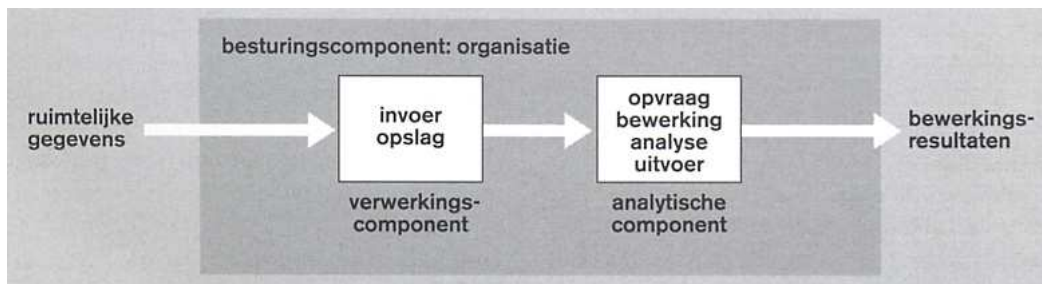


Figuur 5.2 Netwerkmodel (Bron: Heywood et al., 2002)

Grofweg kunnen twee typen netwerken worden onderscheiden: transportnetwerken en utiliteitsnetwerken (ESRI, 2006). Transportnetwerken zijn ongeleid, dat wil zeggen dat een "agent" (de persoon of het goed dat wordt verplaatst) vrij is te kiezen welke richting, met welke snelheid en welke en naar welke bestemming bewogen mag worden. Bij een utiliteitsnetwerk zijn deze keuzes niet vrij en is het netwerk dus geleid, bijvoorbeeld bij een waterleidingssysteem, elektriciteitsnetwerk of riolering. In de *ArcGIS Network Analyst* is het mogelijk om hierboven beschreven netwerken te creëren en beheren en analyses uit te voeren op netwerk datasets. Met de uitbreiding kunnen onder andere (kortste) routes bepaald en berekend worden, service area's en kostenmatrices gecreëerd worden en het vinden van nabije voorzieningen (closest facilities).

5.2 Methodologie en gebruikte data

De gebruikte methodologie bestaat voornamelijk uit het invoeren, bewerken en modelleren van data in GIS en het uitvoeren van analyses in ArcGIS en de Network Analyst. De gebruikte methodologie kan geplaatst worden binnen de algemene structuur van een geografisch informatiesysteem zoals dit gegeven is in figuur 5.3. Allereerst zijn ruimtelijke gegevens verzameld van de deelnemende agrarische bedrijven en van algemene karakteristieken van Zuidhorn (zoals het wegennet en industrieterreinen). Vervolgens zijn de data verwerkt en geanalyseerd, wat uiteindelijk heeft geleid tot een aantal bewerkingsresultaten, in dit geval kaarten en tabellen.



*Figuur 5.3 Algemene structuur van een geografisch informatiesysteem
(Bron: Ormeling en Kraak, 1999)*

De gebruikte methode in dit onderzoek bestaat grofweg uit de hieronder beschreven stappen. De methodiek is niet specifiek gericht op de situatie in de gemeente Zuidhorn, maar kan ook toegepast worden voor vergistinginstallaties elders, mits de juiste data verkregen kan worden.

1. *Samenstellen de dataset van aanwezige hoeveelheden mest en biomassa bij deelnemers:*

Via een enquête onder de leden van de Vereniging Collectieve Covergisting Westerkwartier (Zanstra, 2005) zijn gegevens over de aanwezige hoeveelheden mest en biomassa bij de deelnemers in beeld gebracht. Van de 32 deelnemers zijn er 22 die de enquête hebben ingevuld. Ook is gevraagd naar de opslagcapaciteit van mest bij de betreffende bedrijven.

2. *Aanvullen ontbrekende gegevens:*

De ontbrekende gegevens uit stap 1 zijn aangevuld met mest- en biomassa gegevens van de Landbouwtelling uit 2005. De Landbouwtelling is een jaarlijkse inventarisatie onder circa 90.000 landbouwbedrijven met als doel een Beschrijving te geven van de structuur van de Nederlandse agrarische sector (gegevens over bedrijven, veestapel, gewassen en speciale onderwerpen) (CBS, 2006). De gegevens worden ingewonnen door de Dienst Regelingen van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). De gegevens uit dit onderzoek zijn afkomstig uit de Meitelling van 2005. De landbouwtelling bevat onder andere gegevens over de aanwezige Grootvee-eenheden en aantal hectares landbouwgrond van de bedrijven. Een Grootvee-eenheid is een landbouwkundige omrekeningsfactor om verschillende soorten vee 'op te tellen'.

Zo komt een rund van 2 jaar oud overeen met 1 GVE en schapen en geiten met 0,1 GVE. Op basis hiervan is het mogelijk om de hoeveelheden mest voor verschillende soorten vee op te tellen. Verder is het mogelijk om op basis van het aantal hectares landbouwgrond te berekenen over hoeveel (potentiële) biomassa de deelnemers beschikken.

3. *Toevoegen geografische coördinaten*

De data uit stap 1 en 2 koppelen zodat de mest en biomassa database ruimtelijk te visualiseren is. De x en y coördinaten van de deelnemers zijn beschikbaar via de Landbouwtelling. Naast de gegevens van de deelnemers zijn mest en biomassa gegevens van alle boerenbedrijven uit Zuidhorn gebruikt.

4. *Het ontwerpen van het (wegen)netwerk.*

Naast de mest en biomassa hoeveelheden is een netwerk gecreëerd waar over deze hoeveelheden getransporteerd wordt naar de vergistingsinstallatie. Hiervoor is het Nationale Wegenbestand (NWB) van de Gemeente Zuidhorn en omgeving gebruikt. Het NWB is een verzameling weg-, vaar- en spoorvakken, die samen een digitaal geografisch netwerk vormen van vrijwel alle rij-, vaar- en spoorwegen in Nederland. Voor dit onderzoek zijn alleen autowegen meegenomen omdat er van uit wordt gegaan dat de mest en biomassa per as moeten worden vervoerd.

5. *Analyse in GIS*

De data zijn nu klaar voor analyse. In ArcGIS kunnen nu de volgende analyses worden gedaan (zie Hoofdstuk 6):

- Een zwaartepuntanalyse van de aanwezige hoeveelheden mest en biomassa zoals deze beschreven in paragraaf 4.1
- Een bereikbaarheidsanalyse van verschillende potentiële locaties voor de vergister met behulp van service area's zoals beschreven in paragraaf 4.4
- Een analyse van mogelijke locaties voor decentrale opslag van mest en biomassa met behulp van service area's.
- Kortste route analyse van bepaalde potentiële locaties voor de vergister. Hiermee kunnen de wegen die het zwaarste belast worden in kaart worden gebracht.
- Een berekening van het totale aantal ritten en de totaal af te leggen afstand waarover mest en biomassa dienen te worden vervoerd en de hieraan gekoppelde tonkilometers. Op basis van deze gegevens kan een kostenindicatie worden gegeven van het transport van mest en biomassa.
- Analyse vanuit additionele implicaties, zoals de vraag naar biogas en fermentaat of bepaalde agglomeratievoordelen (zie paragraaf 4.2) Zo kunnen Gasontvangststations (zie paragraaf 6.7) in beeld worden gebracht maar ook de vraag naar warmte (zwembaden) of de aanwezigheid van rioolwaterzuiveringsinstallaties.

6. *Multicriteria- en gevoeligheidsanalyse*

Aan de hand van de analyse in de geodatabase (mest en biomassa) kunnen de verschillende factoren getest worden op hun gevoeligheid. Daarnaast kunnen wegingsfactoren worden toegepast om een of meerdere (sub)optimale locaties voor de vergister te vinden. Door tijdgebrek is deze stap in dit onderzoek niet verder uitgewerkt. Daarnaast zullen de wegingsfactoren grotendeels afhangen van het proces dat in stap 7 plaatsvindt. Stap 6 en 7 zullen dan ook voor een groot deel samengaan.

7. *Definitieve locatiekeuze*

Op basis van de stappen 1 t/m 6 kan een weloverwogen beslissing worden genomen ten aanzien van mogelijke locatie(s) voor de centrale vergistingsinstallatie. In overleg met de stakeholders en overheden (in dit geval de gemeente Zuidhorn en de Provincie Groningen) kan uiteindelijk een definitieve locatie worden bepaald voor de bouw van de vergister.

8. *Management en monitorings fase*

Deze laatste fase is optioneel en kan toegepast worden wanneer meer boerenbedrijven willen toetreden tot de Vereniging Collectieve Covergisting Westerkwartier. Door toetreding van nieuwe leden kunnen transportstromen en locatie voor- en nadelen veranderen. Ook kan bij toetreding een indicatie worden gegeven van transport en opslagkosten. Daarnaast is het mogelijk de aanwezige transportstromen te monitoren en te plannen met behulp van speciale software. ArcGIS 9.1 lijkt hiervoor ontoereikend. Een programma als TransCAD, dat krachtiger monitorings- en management mogelijkheden heeft, lijkt hiervoor beter geschikt.

De hoofdstukken 2 t/m 6 vormen de theoretische achtergrond en de onderliggende methodiek in dit onderzoek. In het volgende hoofdstuk wordt de gekozen methodiek verder uitgewerkt en toegepast op de casestudy Zuidhorn.

H6. GIS analyse

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd van de verschillende analyses die met behulp van GIS zijn uitgevoerd. De analyses die beschreven zijn in stap 6 van paragraaf 5.2 zullen aan bod komen. Het hoofdstuk begint met een theoretische paragraaf (6.1) over de mogelijke transport- en opslag methoden bij covergisting. Paragraaf 6.2 gaat dieper in op de gebruikte data en het gebruikte netwerk. Vervolgens worden in paragraaf 6.3 t/m 6.7 de GIS analyses besproken. Achtereenvolgens komen zwaartepuntanalyses (6.3), bereikbaarheidsanalyses (6.4) en locaties voor decentrale opslag aan bod (6.5). In paragraaf 6.6 worden de voor en nadelen van centrale en decentrale vergisting tegenover elkaar gezet. Paragraaf 6.7 gaat kort in op de effecten van opschaling van de installatie. In Paragraaf 6.8 worden de transportkosten geschat en tot slot gaat paragraaf 6.9 in op de ruimtelijke implicaties van de verschillende toepassingsmogelijkheden van biogas.

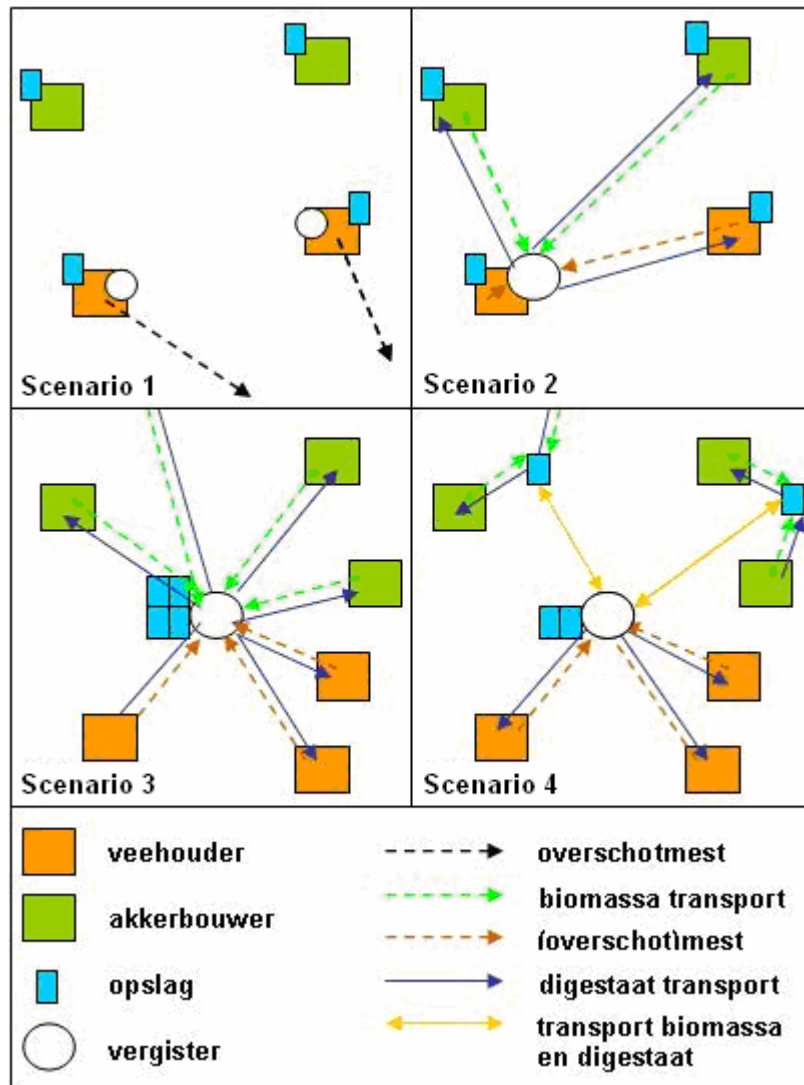
6.1 Transport en opslagscenario's

In theorie is aantal scenario's mogelijk voor het transporteren en opslaan van energiegewas, mest en digestaat. Deze worden schematisch weergegeven in figuur 6.1.

Scenario 1 gaat uit van vergisting op boerderijschaal. De input voor de installatie komt van het eigen bedrijf en er zijn dan ook alleen transportbewegingen binnen het bedrijf. Wanneer eventuele overschotmest, die normaal gesproken zou worden afgevoerd, in de installatie wordt gebracht, kan zelfs op transportkosten bespaard worden. Ook de opslagfaciliteit bevindt zich op het bedrijfsterrein. Het digestaat kan op het eigen bedrijf gebruikt worden of worden verkocht aan derden.

In *Scenario 2* is er een beperkt aantal boeren, dat een gezamenlijke (buurt)vergister exploiteert. Deze is gevestigd op één van de bedrijfsterreinen van de deelnemers. De transportbewegingen zullen ook veelal op buurt niveau plaatsvinden daar de mest/ co-producten op eigen terrein vergist en gebruikt worden. Opslag van mest en co-producten kan gezamenlijk dan wel individueel plaatsvinden.

In *Scenario 3* worden de mest en co-producten van de deelnemers naar een centrale vergister gebracht. Deze vergister bevindt zich niet meer op het bedrijfsterrein van een participerende boer, maar op een apart hiervoor bestemde locatie (vaak een industrieterrein). Het verschil met de vorige scenario's is dat alle mest en biomassa naar de installatie vervoerd moet worden. Verder zal ook het geproduceerde fermentaat terug naar de deelnemers of naar derden getransporteerd moeten worden. De fosfaatrijke dikke fractie (DIF) kan naar de akkerbouwers afgevoerd worden, de stikstofrijke dunne fractie (DIF) als meststof voor grasland, naar de veehouder. Scenario 3 gaat uit van een centrale opslagfaciliteit op het terrein van de vergister. Zowel het nog te vergisten als het reeds vergiste materiaal wordt hier opgeslagen.



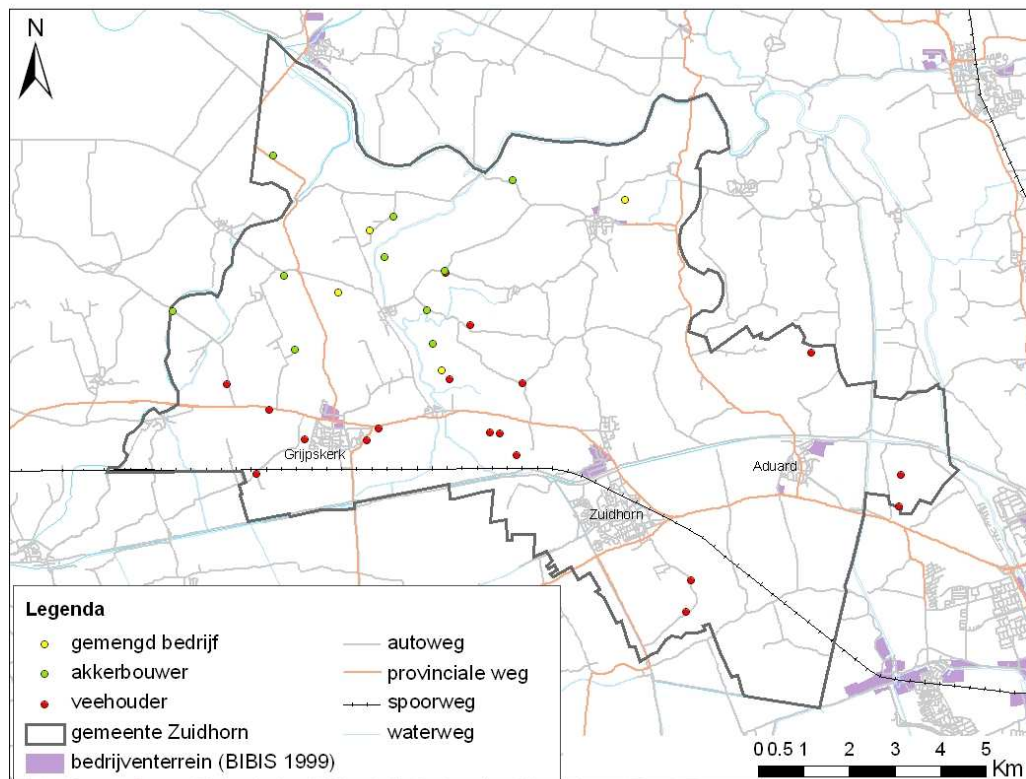
Figuur 6.1 Transport- en opslagscenario's

In *Scenario 4* wordt uitgegaan van een decentraal opslagsysteem. De co-producten worden nu decentraal opgeslagen in de buurt van akkerbouwers en vanuit hier naar de centrale vervoerd. De mest van de veehouders kan opgeslagen blijven bij de veehouders. De decentrale opslag kan tevens opslagfaciliteit voor reeds vergist digestaat bevatten. Vergeleken met scenario 3 is er bij dit scenario wel een extra transportbeweging. In scenario 3 wordt er alleen gereden van en naar de installatie (door een loonwerker). De truck gaat wel elke keer leeg terug, dus de capaciteit wordt maar voor de helft benut. In scenario 4 wordt, wanneer het energiemais van het land komt, eerst de decentrale opslag gevuld door trucks (van een loonwerker). Vervolgens kan er gedurende het hele jaar gependeld worden van een naar de installatie. Het voordeel hierbij is dat wanneer het digestaat is afgeleverd bij het overslagpunt er verse co-producten mee terug naar de centrale vergister kunnen worden genomen en vice versa. Er vindt dus een volledige capaciteitsbenutting plaats (de gele lijn in figuur 6.1). Daarnaast is het er het voordeel dat de boer de vergiste mest zelf bij het decentrale overslag/opslagpunt op kan halen. Voorwaarde is wel dat de overslagpunten op rijafstand (met tractor) van de boeren liggen

en dat er extra ruimte is voor de overslag van de producten. Een truck kan namelijk eenvoudigweg niet tegelijkertijd laden en lossen. In paragraaf 6.6 worden de voor- en nadelen van scenario 3 en 4 met elkaar vergeleken voor de situatie in Zuidhorn.

Tot slot is er een theoretisch scenario om de mest via pijpleidingen naar de vergister te transporteren. Hier zijn verschillende opties voor. Voorwaarde is wel dat er een aanzienlijke hoeveelheid mest naar de installatie getransporteerd moet worden. Alleen wanneer er druk in pijpleidingen kan worden gehouden is het mogelijk mest over grotere afstanden te transporteren. Bij grote hoeveelheden mest kan op transportkosten worden bespaard doordat transport via pijpleidingen goedkoper is dan wegtransport. Omdat er niet bijzonder veel mest naar de collectieve vergistingsinstallatie in de Gemeente Zuidhorn behoeft te worden vervoerd (alleen overschotmest) en omdat mesttransport via pijpleidingen in Nederland grote vergunningstechnische problemen met zich meebrengt is er voor gekozen dit scenario niet verder uit te werken.

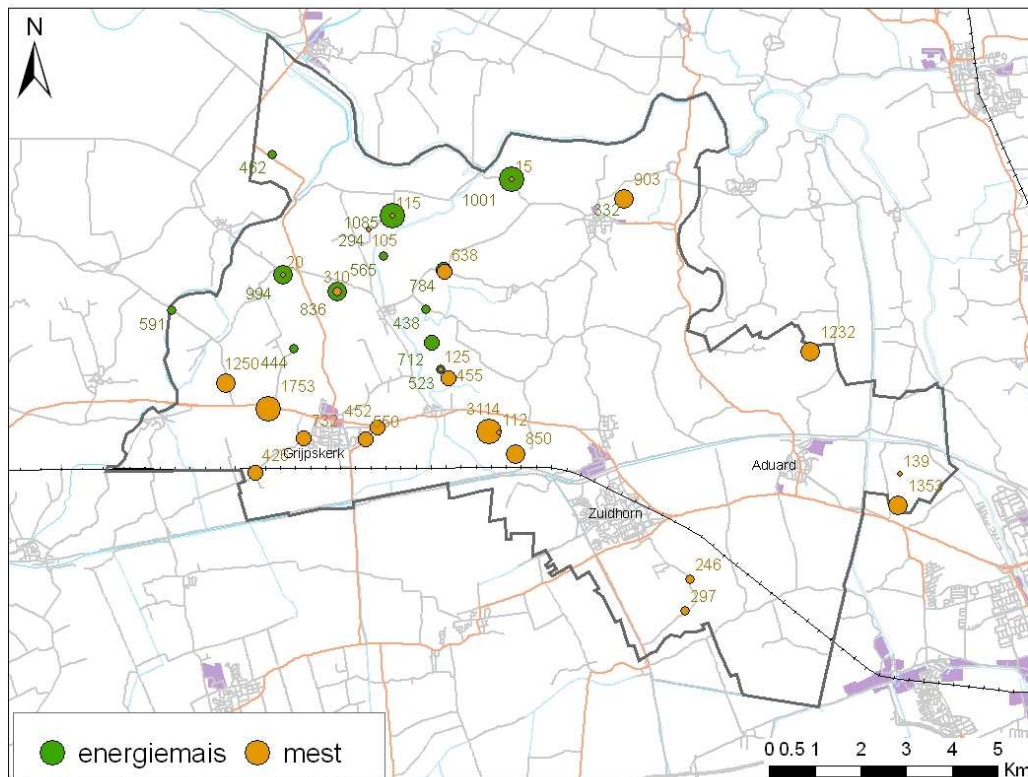
6.2 Gebruikte data en het wegennetwerk



Figuur 6.2 Participerende boerenbedrijven

Zoals al in paragraaf 5.2 beschreven, is gebruik gemaakt van de enquête gegevens over de aanwezige hoeveelheden mest en biomassa bij de deelnemers. De enquête is ingevuld door 22 deelnemers. De overige gegevens zijn berekend aan de hand van gegevens uit de Landbouwtelling van 2005. In figuur 6.2 is de ruimtelijke spreiding te zien van alle 32 deelnemende boerenbedrijven in de Gemeente Zuidhorn. Te zien is dat de deelnemers

over de hele gemeente verspreid zijn, maar dat de meeste bedrijven zich ten westen van Zuidhorn bevinden. Verder is er een opmerkelijke spreiding tussen akkerbouwers en veehouders zichtbaar. De akkerbouwers zijn veelal in het noordwesten gevestigd, terwijl de veehouders in de rest van de gemeente te vinden zijn. Dezelfde spreiding komt naar voren wanneer gekeken wordt naar alle boerenbedrijven in de gemeente Zuidhorn (zie figuur 1.1). Een verklaring hiervoor is de bodemgesteldheid. De betere landbouwgronden bevinden zich namelijk in het Noordwesten van de gemeente.



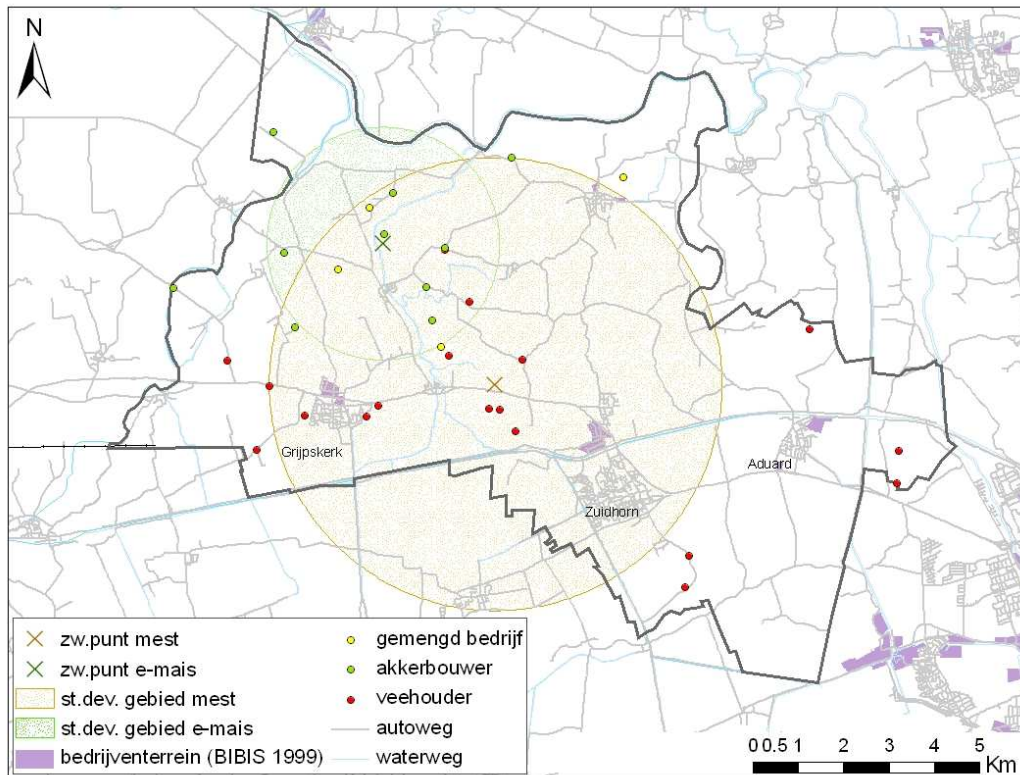
Figuur 6.3 Hoeveelheden mest en energiemais bij de participerende boeren

Zoals al in paragraaf 5.2 vermeld zijn gegevens over mest en biomassa berekend aan de hand van de enquête en de Landbouwtelling uit 2005. Aan de hand van de ingevulde enquêtes is de gemiddelde hoeveelheid mest per GVE berekend. De hoeveelheid komt op ongeveer 20 m³ per GVE per jaar. Voor de ontbrekende mestgegevens is deze hoeveelheid als standaard gebruikt en vermenigvuldigd met het aantal GVE uit de Landbouwtelling. De totale beschikbare hoeveelheid mest die aanwezig is bij de deelnemers komt zo op ongeveer op 50.000 ton mest. Er wordt echter vanuit gegaan dat alleen overschotmest naar de centrale gaat. Voor biomassa is uitgegaan van het verbouwen van energiegewas voor de centrale. Er is aangenomen dat elke akkerbouwer jaarlijks 12,5% van zijn totale areaal gebruikt voor de verbouw van energiegewas met een opbrengst van 70 ton per ha. In de huidige situatie is dit nog niet het geval. De deelnemende boeren zullen dus meer biomassa moeten gaan verbouwen. Wanneer dit is gebeurd, brengt dit de totale hoeveelheid energiegewas op ongeveer 10.000 ton. Dit is

nog 30.000 ton te weinig voor een vergister zoals die beschreven is in paragraaf 3.2. In figuur 6.3 zijn de berekende hoeveelheden mest en energiemais weergegeven

Voor de opbouw van het netwerk is de NWB wegenkaart (zie paragraaf 5.2) gebruikt die onderverdeelt is in gemeentelijke wegen en provinciale wegen (zie figuur 6.2). Verondersteld is dat er met een gemiddelde snelheid van 30 km/h over gemeentelijke wegen wordt gereden. Voor provinciale wegen is de snelheid op 60 km/h geschat. Ter vereenvoudiging is gekozen voor het weglaten van obstakels zoals bruggen, viaducten en spoorwegovergangen op het netwerk. Ook is verondersteld dat het gehele netwerk bestaat uit wegen met minstens twee rijrichtingen. Daarnaast is het voor een netwerkanalyse noodzakelijk dat de nodes (punten), in dit geval de participerende boerenbedrijven op het netwerk liggen. Daar boerderijen vaak aan lange oprijlanen liggen is het in veel gevallen zo dat de bedrijven met een speciale GIS tool 'op het netwerk gelegd moeten worden'. Deze tool zoekt als het ware het dichtstbijzijnde lijnstuk van de node op en verplaatst de node naar dit punt zodat deze op het netwerk ligt. Omdat het hier om een afwijking van slechts enkele tientallen meters gaat is de afwijking in de netwerkanalyse te verwaarlozen.

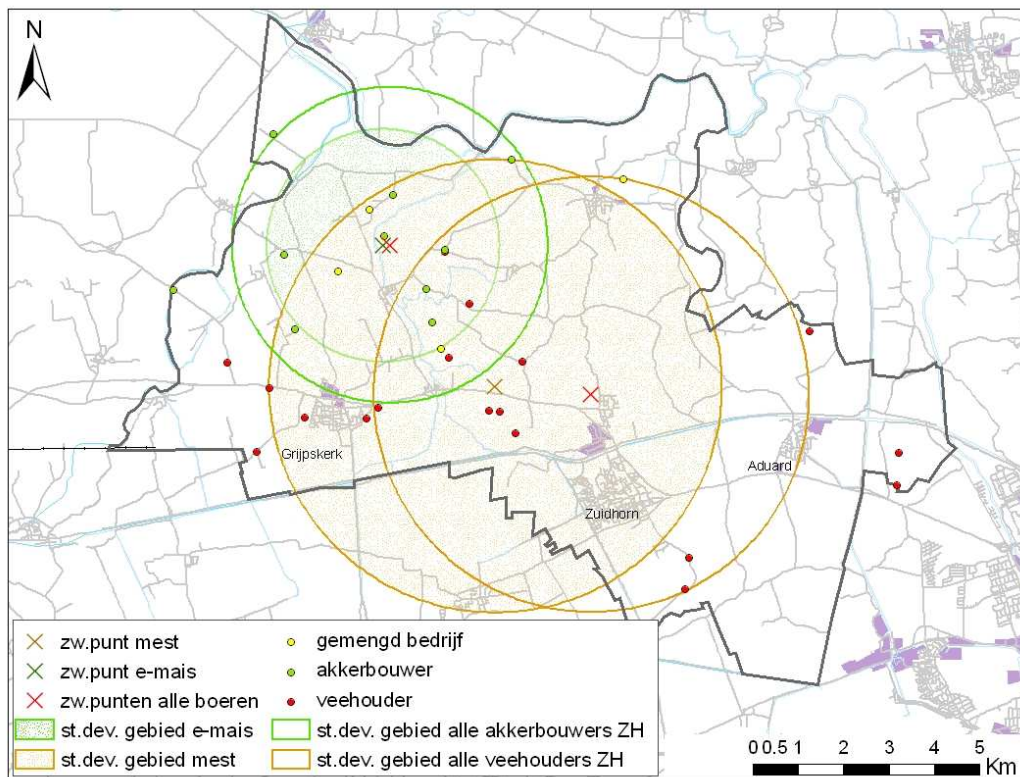
6.3 Zwaartepuntanalyse



Figuur 6.4 Zwaartepunten mest en energiemaïs van participerende boeren

Met behulp van GIS is een zwaartepuntanalyse gedaan zoals deze is beschreven in paragraaf 2.1. Het doel van deze analyse is een indicatie te geven waar zich de geografische centra van mest en biomassa bevinden, de *Weber optimum locaties*. Deze optimale locatie is dus de plek waar de transportkosten voor respectievelijk mest en energiemaïs het laagste zijn. Locatie K in figuur 4.1 is in dit geval de plek met de laagste transportkosten. M1, M2 en M3 zijn in dit geval de participerende boerenbedrijven, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen mest- en energiemaïs leverancier, omdat hiervoor aparte zwaartepunten zijn berekend. Het heeft namelijk weinig nut energiemaïs en biomassa bij elkaar op te tellen en hiervan het zwaartepunt te berekenen aangezien de aard van de aard van transport van de beide producten verschilt. In Figuur 6.4 zijn de zwaartepunten van mest en energiemaïs zichtbaar. Omdat de berekening hemelsbreed is en niet over het netwerk zijn deze locaties waarschijnlijk niet de plekken waar de transportkosten minimaal zijn, maar het geeft wel een goede indicatie van de clustering van veehouders en akkerbouwers en dus van mest en energiemaïs. Deze clustering komt nog beter naar voren wanneer naar de standaarddeviatiegebieden gekeken wordt (de cirkels in figuur 6.4). De cirkel van mest is groter dan die van energiemaïs, wat betekent dat de akkerbouwers meer geclusterd zijn dan de veehouders. Verder is te zien dat de zwaartepunten van mest en energiemaïs ongeveer 5 kilometer uit elkaar liggen. Het zwaartepunt van deelnemende veehouders ligt (bijna) op de provinciale weg tussen Grijpskerk en Zuidhorn. Voor biomassa ligt deze in het gebied tussen Lauwerzijl en Kommerzijl. Tot op heden is het niet mogelijk een GIS zwaartepuntanalyse "over het

netwerk” uit te voeren. Dit zou de nauwkeurigheid van de locatie met de minste transportkosten nog verder kunnen verbeteren.



Figuur 6.5 Zwaartepunten van mest en energiemaïs van participerende boeren en van niet-participerende boerenbedrijven van de gemeente Zuidhorn

Naast een zwaartepuntanalyse van de deelnemers is er ook een zwaartepuntanalyse gedaan van alle boerenbedrijven in Zuidhorn (zie figuur 6.5). Wat hierbij opvalt, is dat het biomassazwaartepunt en bijbehorend standaardafwijkinggebied op bijna dezelfde locatie ligt als die van de deelnemers. Dit is een belangrijk gegeven wanneer nieuwe deelnemers tot de vereniging zullen (moeten) toetreden. Wanneer er 1 of slechts enkele deelnemers toetreden, kan het zwaartepunt van de groep deelnemende bedrijven relatief veel afwijken van het zwaartepunt in figuur 6.4. Wanneer boerenbedrijven massaal zullen toetreden dan zullen de locaties van de zwaartepunten niet veel verschillen van die in figuur 6.5. Het mestzwaartepunt ligt ongeveer 2 kilometer oostelijker dan het zwaartepunt van de deelnemers, maar is in principe minder van belang omdat er al genoeg mest aanwezig is onder deelnemende boeren, zelfs als deze alleen overschotmest betreft.

6.4 Bereikbaarheidsanalyse

De Network Analyst van ArcGIS heeft één grote beperking. Het programma kan niet “uit zichzelf een optimale locatie voor de vergister aanwijzen”. Het is niet mogelijk het programma te laten “zoeken” naar een locatie. Het is alleen mogelijk om potentiële locaties aan te wijzen en van hieruit te berekenen in welke mate deze plek bereikbaar is. Omdat de installatie in de gemeente Zuidhorn waarschijnlijk op een industrieterrein komt (catagorie D, zie inzet) is er voor gekozen de drie mogelijke industrieterreinen die hiervoor geschikt zijn als potentiële locaties aan te wijzen en deze te verwerken in de netwerkanalyse. Het gaat hier om de industrieterreinen van Grijpskerk (de Rietlanden), Noordhorn/ Zuidhorn (Mokkenburg) en Aduard. Mochten er in een later tijdstip nog meer potentiële locaties naar voren komen, dan kunnen deze relatief eenvoudig in het GIS model worden toegevoegd.

Ruimtelijke Wet- en regelgeving met betrekking tot locatiekeuze

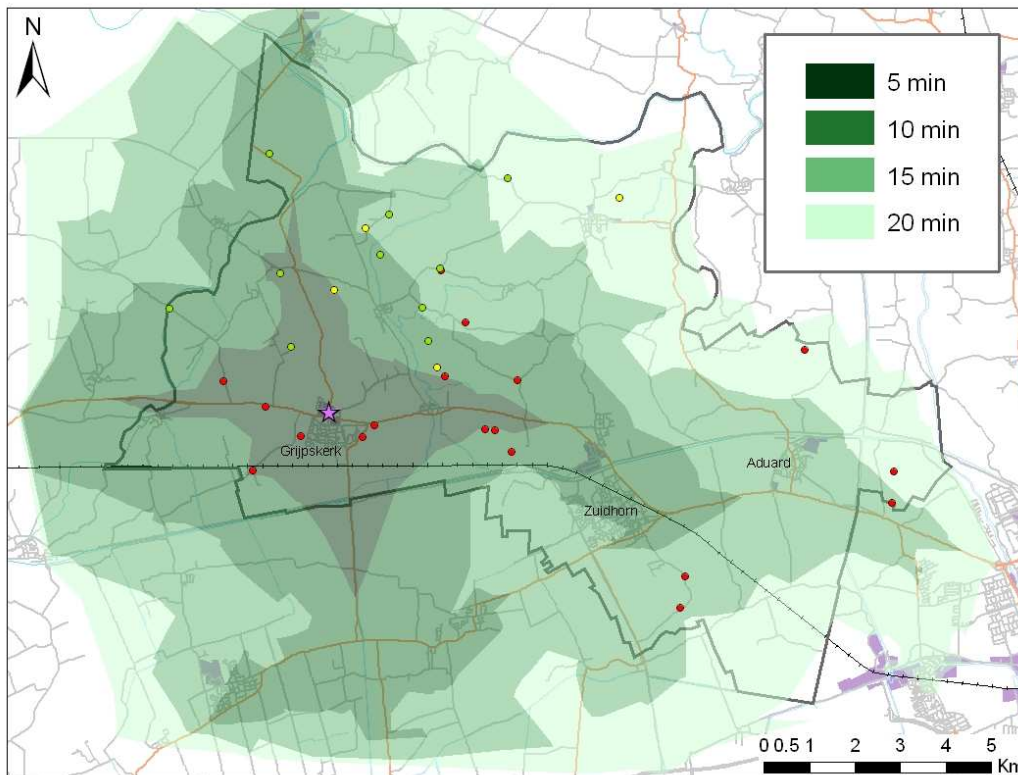
De Wet op de Ruimtelijke Ordening (WRO) regelt dat in streek- en bestemmingsplannen wordt aangegeven welke functies in welke gebiedscategorieën zijn toegestaan of zich daar kunnen ontwikkelen. (Infomil, 2005). De hoofdlijnen van de bestemmingsplannen zijn vastgelegd in de planologische kernbeslissing "Nationaal ruimtelijk beleid" en de Nota Ruimte. Het bestemmingsplan is uiteindelijk bindend en bepaald of de bouwvergunning voor de vergistingsinstallatie verleend zal worden. bij het bepalen van de locatie van een vergister is onderscheid gemaakt in een viertal situaties (overgenomen uit Infomil, 2005):

- A. Het bedrijf verwerkt eigen geproduceerde mest en voegt eigen en/ of van derden afkomstige co-substraten toe. Het digestaat wordt op de tot het bedrijf behorende gronden gebruikt.
- B. Het bedrijf verwerkt eigen geproduceerde mest en voegt eigen en/of van derden afkomstige co-substraten toe. Het digestaat wordt op de tot het bedrijf behorende gronden gebruikt, of naar derden afgevoerd.
- C. Het bedrijf verwerkt aangevoerde mest geproduceerd door derden en voegt eigen en/of van derden afkomstige co-substraten toe. Het digestaat wordt op de tot het bedrijf behorende gronden gebruikt.
- D. Het bedrijf verwerkt aangevoerde mest van derden en voegt eigen en/of van derden afkomstige co-substraten toe. Het digestaat wordt als meststof afgeleverd aan derden.

Categorie D is van toepassing bij grootschalige mestverwerking en is dus tegelijkertijd van toepassing op de vergister in Zuidhorn. Volgens Infomil (2005) is bij deze categorie installaties ruimtelijk maatwerk nodig waarbij locaties gezocht moeten worden in een bepaalde volgorde. Ten eerste komen bestaande industrie- en bedrijventerreinen, vestigingsgebieden glastuinbouw en terreinen voor Rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI) in aanmerking (stap 1). Mocht dit geen geschikte locatie opleveren dan kan een vergister worden toegestaan op een bestaand of voormalig agrarisch bouwblok (stap 2). In stap 3 kan een centrale vergistingsinstallatie worden toegestaan op een sterlocatie (locaties die provincies aanwijzen als gunstig gelegen, dat wil zeggen locaties die landschap, cultuur historie en natuur niet verstoren). Ten slotte is er in stap 4 nog de mogelijkheid een locatie te kiezen op een duurzame (project)locatie intensieve veehouderij. Wanneer voorgaande stappen geen geschikte locatie oplevert is het nog steeds mogelijk een locatie aan te wijzen voor een centrale vergister. Er zal dan net als bij voorgaande stappen een goed onderbouwde argumentatie moeten worden geleverd waarom juist die locatie in aanmerking komt en locaties uit voorgaande stappen niet.

Daarnaast is het van belang dat het leveren van energie bij covergisting niet gebonden is aan ruimtelijke wetgeving. De ruimtelijke afweging ligt bij het al dan niet toelaten van een installatie op een bepaalde locatie. Het leveren van energie behoeft daarmee geen zelfstandige toets aan het bestemmingsplan. Het past binnen de vrijheid van bedrijfsinrichting van agrarische bedrijven (art. 10 WRO). Bepalingen over de structuur van agrarische bedrijven kunnen op grond van dit artikel niet in het bestemmingsplan worden opgenomen (Infomil, 2005)

In figuur 6.6 zijn de resultaten van een bereikbaarheidsanalyse van een potentiële vergister op het industrieterrein van Grijpskerk zichtbaar. De bereikbaarheid van deze locatie geeft aan hoeveel boerderijen binnen een bepaalde tijd bereikt kunnen worden. In dit model is gekozen voor tijdseenheden van 5 minuten. Dus het aantal boerderijen dat bereikt kan worden in 5 minuten, het aantal in 10 minuten etc. Ook hier is uitgegaan van de aanname dat met snelheden van 30 km/h op gemeentelijke wegen en 60 km/h op provinciale wegen wordt gereden. De theorie die aan deze netwerkanalyse ten grondslag ligt is die van de service area en wordt besproken in paragraaf 2.2. De zogenaamde impedance, de weerstand die aan het netwerk te grondslag ligt, is in dit geval snelheid/tijd. Naast deze snelheid of tijds weerstand is er een analyse gedaan met alleen afstand als weerstand. De resultaten hiervan zijn te vinden in bijlage 2. Ook voor de locaties in Zuidhorn en Aduard zijn dezelfde analyses gedaan (zie hiervoor figuren 6.7, 6.8 en bijlage 2).



Figuur 6.6 Bereikbaarheidsanalyse locatie Grijpskerk

In tabel 6.1 is voor de drie locaties het aantal boerderijen opgeteld binnen de afzonderlijke 5 minuten gebieden. Dit getal geeft de onderlinge bereikbaarheid van de drie locaties. Hieruit blijkt dat de locatie op het industrietrein van Grijskerk het best bereikbaar is en dus het meest centraal ligt ten opzichte van participerende bedrijven, op geringe afstand gevolg door Zuidhorn.

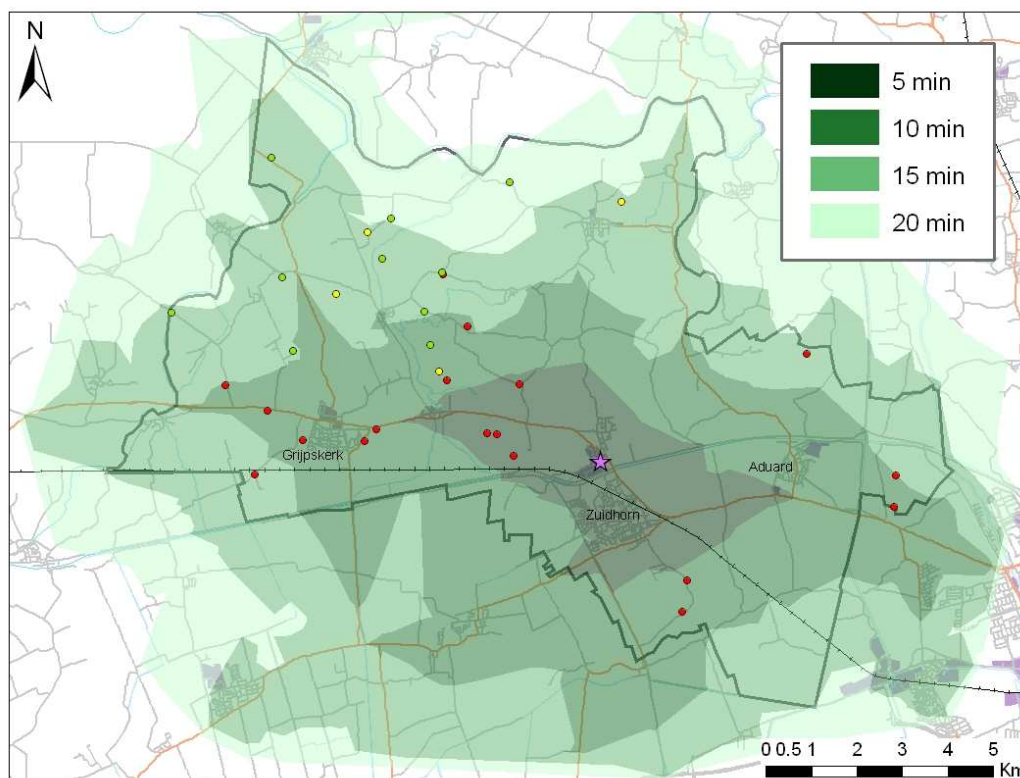
Minuten- Gebied	Grijskerk		Zuidhorn		Aduard	
	aantal bedrijven	totaal minuten	aantal bedrijven	totaal minuten	aantal bedrijven	totaal minuten
5	13	65	4	20	1	5
10	9	90	15	150	8	80
15	6	90	12	180	10	150
20	4	80	1	20	9	180
25	0	0	0	0	4	100
Totaal		325		370		515

*Tabel 6.1 Aantal deelnemende boerenbedrijven binnen
verschillende minutengebieden (per locatie)*

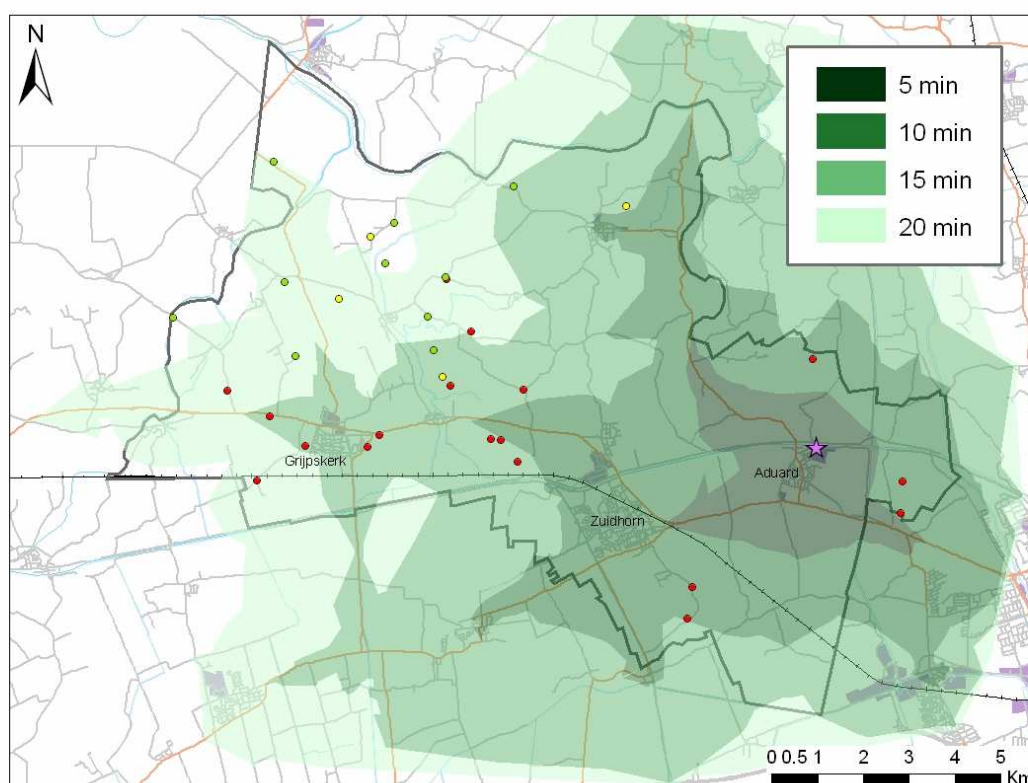
Wanneer alleen naar afstanden wordt gekeken en niet naar snelheid volgt een zelfde conclusie (zie tabel 6.2) Het verschil tussen Zuidhorn en Grijskerk is hier echter procentueel iets groter. De locatie Aduard is het slechtst bereikbaar. Als er boerenbedrijven zullen toetreden tot de vereniging dan kan dit gevolgen hebben voor de bereikbaarheid van de betreffende locaties ten opzichte van de deelnemers. Mochten er meer akkerbouwers toetreden tot de vereniging dan zal de locatie Grijskerk, gezien het zwaartepunt van energiemais, beter bereikbaar worden. Wanneer er meer mest in het proces zal worden gebracht en er veehouders zullen toetreden dan is niet van tevoren te voorspellen welke locatie de beste zal zijn, gezien de grotere spreiding van veehouders in de gemeente Zuidhorn.

afstand (km)	Grijskerk		Zuidhorn		Aduard	
	aantal bedrijven	totale afstand	aantal bedrijven	totale afstand	aantal bedrijven	totale afstand
3	7	21	4	12	0	0
6	16	96	8	48	5	30
9	2	18	16	144	5	45
12	4	48	4	48	8	96
15	3	45	0	0	14	210
Totaal		228		252		381

*Tabel 6.2 Aantal deelnemende boerenbedrijven binnen
verschillende afstandsgebieden (per locatie)*



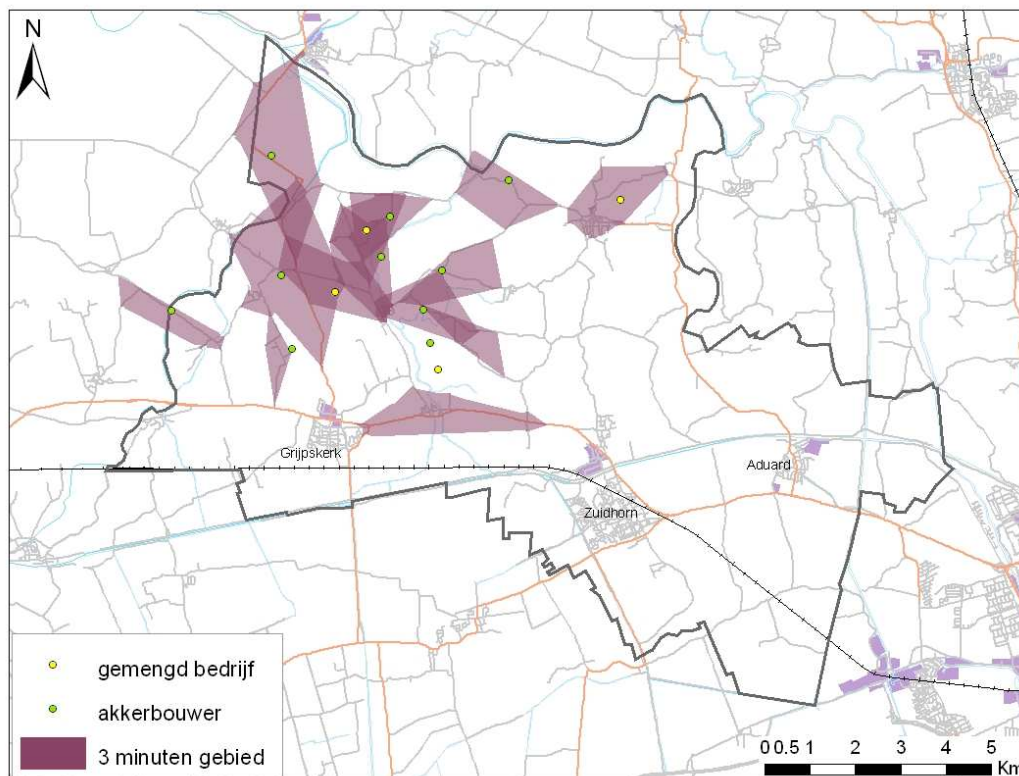
Figuur 6.7 Bereikbaarheidsanalyse locatie Zuidhorn



Figuur 6.8 Bereikbaarheidsanalyse locatie Aduard

6.5 Decentrale opslaglocaties

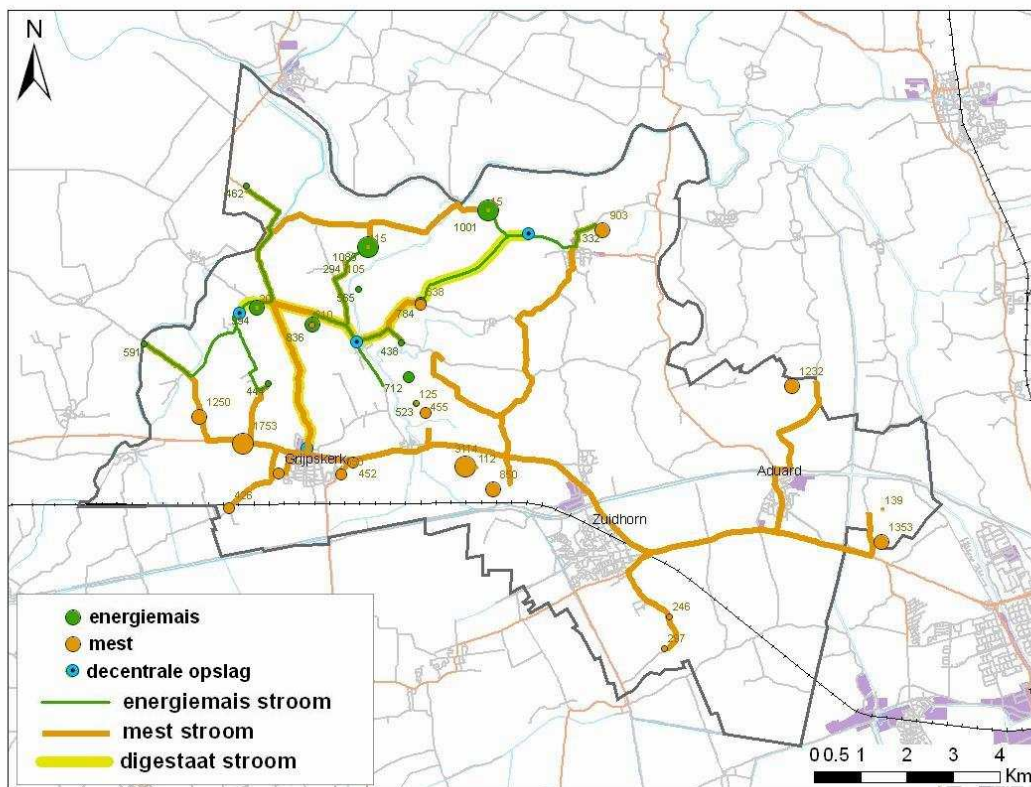
Zoals in paragraaf 6.1 is beschreven is het theoretisch mogelijk om in plaats van één centrale opslag te kiezen voor een decentraal opslagsysteem. Het bepalen van strategische gelegen opslaglocaties kan aan de hand van dezelfde methodiek als de bereikbaarheidsanalyse in paragraaf 6.4. Per akkerbouwer is een gebied (service area) berekend dat bereikbaar is binnen 3 minuten wanneer met 30 km/h wordt gereden. Hierbij zijn, zoals eerder vermeld, de oprijlanen van de boerderijen niet meegerekend. In figuur 6.9 is te zien dat de decentrale opslagpunten het beste ten noorden van Grijpskerk kunnen worden geplaatst. De donkerpaarse vlakken in figuur 6.9 laten de overlap van de 3 minuten gebiedjes van verschillende boerderijen zien. Deze gebieden liggen het meest strategisch voor de deelnemende akkerbouwbedrijven en zijn dan ook aangewezen plekken voor op- en overslag van energiemaïs en digestaat. Ook hier geldt dat wanneer bedrijven uit- of toetreden tot de Vereniging Collectieve Covergisting Westerkwartier, de situatie kan veranderen.



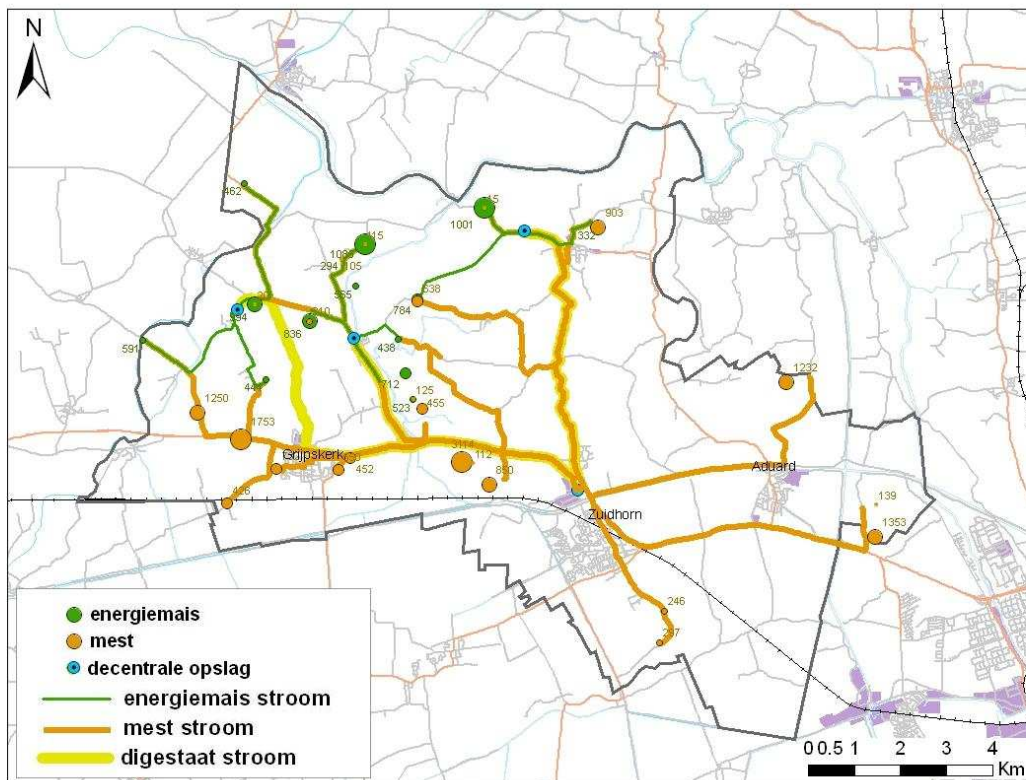
Figuur 6.9 Service area's participerende akkerbouwers en gemengde bedrijven

Aan de hand van de service area's in figuur 6.9 zijn in figuur 6.10 (locatie Grijpskerk) en 6.11 (locatie Zuidhorn) een drietal decentrale overslaglocaties geplaatst. De totale hoeveelheid opslagcapaciteit kan verdeeld worden over 4 locaties, de drie decentrale opslagpunten en een centrale opslaglocatie op het terrein van de vergistingsinstallatie. De geschatte 1 hectare aan opslagcapaciteit (zie paragraaf 3.2) kan verdeeld worden over deze punten. Op alle 4 locaties kunnen zowel energiemaïs als digestaat opgeslagen

worden. De locatie van de decentrale opslaglocaties, zoals weergegeven in figuur 6.9 wordt in principe niet beïnvloed door de locatie van de vergistingsinstallatie, tenzij hier een uitdrukkelijke reden voor is. Een voorbeeld hiervan is de relatieve ongunstige locatie van de vergister ten opzichte van het opslagpunt. Het kan bijvoorbeeld zo zijn dat de kortste route door of nabij een locatie ligt waar (zwaar) transport ongewenst is (een school of woonwijk). Er kan dan gekozen worden voor een minder gunstige locatie die dit probleem ondervangt. De locatiekeuze van de vergistingsinstallatie kan wel beïnvloed worden door de locaties van de decentrale opslagplaatsen. Omdat de pendel (zowel energiemais als digestaat) tussen de decentrale overslag en de vergister de grootste transportstroom zal zijn kan de routekeuze tussen overslaglocaties en vergister de locatiekeuze van de vergistingsinstallatie beïnvloeden. Wanneer de locaties Grijpskerk (figuur 6.10) en Zuidhorn (figuur 6.11) vergeleken worden is te zien dat voor beide locaties verschillende pendelroutes (de gele routes in de figuren) worden gebruikt. De kortste pendelroutes naar de vergister zijn voor de locatie Zuidhorn beter gespreid dan voor de locatie Grijpskerk. Het is mogelijk om deze routes, wanneer gekozen wordt voor de locatie Grijpskerk, meer te spreiden naar voorbeeld van figuur 6.10. Dit betekent echter dat er omgerekend wordt, wat de transportkosten zal verhogen.



Figuur 6.10 Decentrale opslaglocaties en transportstromen rond locatie Grijpskerk

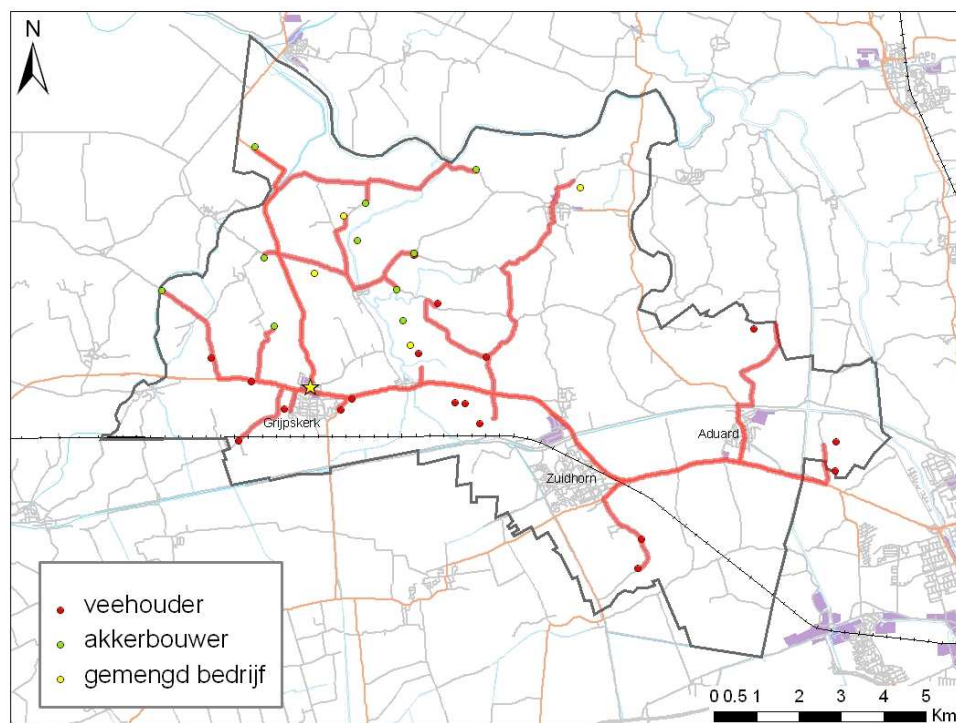


Figuur 6.11 Decentrale opslaglocaties en transportstromen rond locatie Zuidhorn

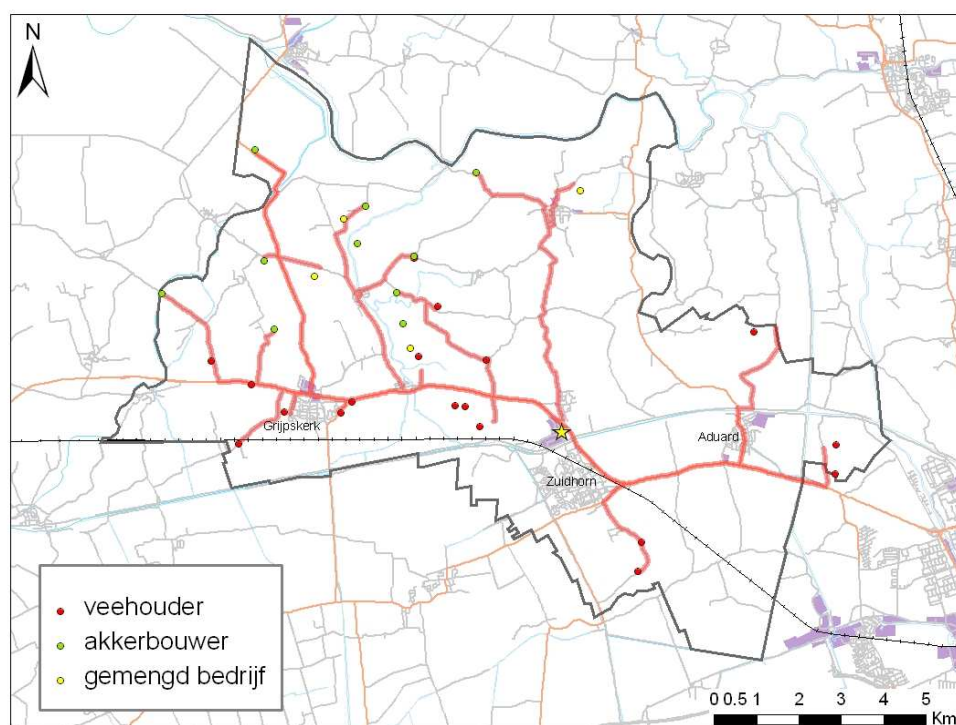
6.6 Centrale versus decentrale opslag

Zowel centrale als decentrale opslag brengen voor- en nadelen met zich mee. Deze paragraaf geeft inzicht in deze voor en nadelen en voor de vergister in het Westerkwartier. De verschillende transportstromen zullen in beeld gebracht worden voor de locaties Zuidhorn en Grijpskerk, zowel voor centrale opslag als voor decentrale opslag. De huidige groep deelnemers levert maximaal rond de 10.000 ton energiemais en minimaal 15.000 ton (overschot)mest op basis van 250 kg N/ha. Wanneer de beoogde 42.000 ton energiemais gehaald moet worden zal het transportplaatje drastisch veranderen. Hetzelfde geldt voor het vergisten van overschotmest op basis van 170 kg N/ha, de te vergisten hoeveelheid mest zal dan verdubbelen. In de volgende paragraaf is berekend hoeveel de transportcijfers zullen veranderen wanneer er boerenbedrijven zullen toetreden om de installatie op te schalen naar 42.000 ton energiemais.

In figuur 6.12 (Grijpskerk) en 6.13 (Zuidhorn) zijn de kortste transportroutes van en naar de vergister te zien wanneer gekozen wordt voor centrale opslag. Evenals in de vorige paragraaf is opgemerkt lijken de routes rond de locatie Zuidhorn beter gespreid. Hier staat tegenover dat het industrieterrein in Grijpskerk beter gelokaliseerd is wanneer gekeken wordt naar transportbewegingen.



Figuur 6.12 Kortste route centrale opslag locatie Grijpskerk



Figuur 6.13 Kortste route centrale opslag locatie Zuidhorn

In de tabellen 6.3a t/m d zijn de afstanden, aantallen ritten en tonkilometers weergegevens van het centrale opslagscenario voor het huidige aantal deelnemers met hun hoeveelheden mest en energiemais. ***Er is van uitgegaan dat er niet leeg wordt gereden.*** Er wordt digestaat naar een deelnemer gebracht en op de terugrit wordt mest of energiemais terug naar de installatie gereden. Voor mest is dit in de praktijk goed haalbaar. De mest kan gedurende het hele jaar opgehaald worden. Voor energiemais is dit bij centrale opslag een stuk ingewikkelder, aangezien de gehele hoeveelheid biomassa in een korte periode van het land komt en deze hoeveelheid direct naar de installatie vervoerd dient te worden (om energieverliezen en emissies te voorkomen). Daarnaast is er ***aangenomen dat een truck of kipper met een inhoud van 30 m³ een massa van 30 ton (drijf)mest en 15 ton energiemais kan transporteren.*** Dit op basis van een hogere dichtheid van drijfmest ten opzichte van energiemais.

In tabel 6.3a is de totaal af te leggen afstand, wanneer 1 keer naar alle deelnemers wordt gereden (inclusief retour), te zien. In totaal levert dit een afstand op van 434 kilometer voor Zuidhorn en 404 kilometer voor Grijskerk. Wanneer de totale afstand van alle ritten wordt berekend zijn deze getallen respectievelijk 15969 km voor Zuidhorn en 12915 km voor Grijskerk (zie tabel 6.3d). Verder zijn de relatief af te leggen 'mestafstanden' (226 km) groter dan de relatief af te leggen 'energiemaisafstanden' (178 km) voor de locatie Grijskerk. Voor de locatie Zuidhorn is dit precies andersom, omdat de locatie Zuidhorn dichterbij de mestboeren ligt en verder van het cluster akkerbouwers. Daarnaast zijn de totaal af te leggen kilometers energiemais voor beide locaties groter dan de totaal af te leggen kilometers voor mest (tabel 6.3d). Door de lagere dichtheid van energiemais zijn er meer ritten nodig om de hoeveelheid energiemais te verplaatsen. Hier staat tegenover dat het aantal tonkilometers mest voor beide locaties hoger is dan het aantal tonkilometers energiemais (tabel 6.3b). Dit is simpelweg te verklaren door de verhouding energiemais:mest (1:1,5) die bij de deelnemers aanwezig is. Er worden dus 1,5 keer zoveel tonnen mest versleept dan energiemais.

a	centrale opslag	
	locatie Zuidhorn	locatie Grijskerk
afstand mest	207	226
afstand emais	226	178
totaal afstand	434	404

b	centrale opslag	
	locatie Zuidhorn	locatie Grijskerk
tonkm mest	184292	144322
tonkm emais	147390	116054
totaal tonkm	331681	260376

c	centrale opslag	
	locatie Zuidhorn	locatie Grijskerk
aantal ritten mest	506	506
aantal ritten emais	604	604
totaal aantal ritten	1111	1111

d	centrale opslag	
	locatie Zuidhorn	locatie Grijskerk
totaal afstand mest	6143	5178
totaal afstand emais	9826	7737
totaal afstand	15969	12915

Tabellen 6.3a t/m d. Afstanden (km), aantallen ritten en tonkilometers bij centrale opslag

Uit de tabellen 6.3 a t/m d kan geconcludeerd worden dat de locatie Grijskerk een gunstiger ligging heeft dan de locatie Zuidhorn. Dat het aantal ritten energiemais voor beide locaties hoger is (100) dan het aantal ritten mest. En dat het aantal tonkilometers mest voor beide locaties hoger is dan het aantal tonkilometers energiemais. Een gemiddelde mestrit komt op 12,1 km voor de locatie Zuidhorn en 10,2 km voor de locatie

Grijpskerk. Een gemiddelde rit energiemais is 16,3 km voor de locatie Zuidhorn en 12,8 km voor Grijpskerk.

Bij een enkele grootschalige centrale opslagcapaciteit is er gedurende de oogstperiode van energiemais (enkele weken in september en oktober) een piektransportstroom naar de installatie toe (604 ritten in tabel 6.3c). Er wordt van uitgegaan dat er een loonwerker ingeschakeld moet worden om deze grote hoeveelheid energiemais naar de installatie te transporteren. Wanneer als retourvracht de vergiste mest, die gedurende een jaar in de installatie is geproduceerd, wordt meegenomen kan op transportkosten worden bespaard. De truck/ kipper rijdt dan immers niet leeg terug. Het is echter de vraag of dit in de praktijk haalbaar is, omdat laden en lossen nu eenmaal veel tijd vergen en de oogst van energiemais onder tijdsdruk van het land moet worden gehaald. Het is ook mogelijk het digestaat eerder naar het land te brengen. Het nadeel hiervan is dat er twee keer leeg wordt gereden en dit in feite een dubbele transportstroom van energiemais veroorzaakt. Het aantal ritten energiemais en de totaal af te leggen afstand voor energiemais zal hierdoor verdubbelen.

a	decentrale opslag	
	locatie Zuidhorn	locatie Grijpskerk
afstand mest	207	226
afstand emais naar decentrale opslag	67	67
afstand decentrale opslag naar installatie	213	161
totale afstand	973	454

b	decentrale opslag	
	locatie Zuidhorn	locatie Grijpskerk
aantal ritten mest	506	506
aantal ritten emais naar decentrale opslag	604	604
aantal ritten emais decentrale opslag naar installatie	604	604
totaal aantal ritten	1715	1715

c	decentrale opslag	
	locatie Zuidhorn	locatie Grijpskerk
tonkm mest	184292	144322
tonkm emais naar decentrale opslag	39201	39201
tonkm decentrale opslag naar installatie	138636	107281
totaal tonkm	362129	290805

d	decentrale opslag	
	locatie Zuidhorn	locatie Grijpskerk
totale afstand mest	6143	5178
totale afstand emais naar decentrale opslag	2378	2378
totale afstand decentrale opslag naar installatie	9242	7152
totaal afstand	17764	14708

Tabel 6.4 Afstanden (km), aantallen ritten en tonkilometers bij decentrale opslag

Wanneer energiemaïs decentraal opgeslagen wordt zoals in de figuren 6.10 en 6.11 dan verandert het transportplaatje (zie tabel 6.4 a t/m d). De mestroom blijft hetzelfde als bij centrale opslag, er komt een extra overslagpunt voor energiemaïs. Het aantal ritten neemt hierdoor toe met 604 (zie tabel 6.4c). Wanneer het maïs wordt geoogst wordt het met tractoren van deelnemers, of eventueel door een loonwerker, naar de decentrale opslagplekken gebracht. De gemiddelde afstand tot de overslagplaatsen is 3,9 km. Vanuit deze overslagplaatsen kan de installatie dan gedurende het hele jaar bevoorraadt worden. In tabel 6,4 is ervan uitgegaan dat zo efficiënt mogelijk wordt gereden. Dit betekent dat er niet leeg wordt gereden. Dus ofwel er wordt digestaat van de installatie naar de decentrale overslagplekken gebracht of er wordt (met een tractor) vanuit de overslagplekken digestaat mee teruggenomen naar de boeren. Door het strategisch kiezen van de decentrale overslagplekken nemen de totale afstand (tabel 6.4d) en de hoeveelheden tonkilometers (tabel 6.4c) nauwelijks toe. Een gemiddelde mestrit blijft 12,1 km voor de locatie Zuidhorn en 10,2 km voor de locatie Grijpskerk. Een gemiddelde energiemaïs rit wordt 19,2 km voor de locatie Zuidhorn en 15,7 km voor Grijpskerk. Dit is per rit voor beide locaties 2,9 km meer dan voor het centrale opslagscenario. Dit is simpelweg te verklaren doordat er niet meer via de kortst mogelijke route wordt gereden, maar via de wat 'suboptimalere' locaties van de decentrale opslagplaatsen. De afstanden die door een loonwerker gereden moeten worden (in dit geval dus de pendel van decentrale opslagpunten naar de vergister terug) zijn echter wel kleiner dan bij centrale opslag. Deze gemiddelde afstand ligt rond de 8 kilometer voor de locatie Zuidhorn en 6 kilometer voor Grijpskerk. Op deze manier kan dus per rit gemiddeld 6 of 7 kilometer "bespaard" worden op loonwerkerskosten door het transport van boerderij naar decentraal opslagpunt in eigen beheer te laten plaatsen vinden (met tractoren van deelnemers van de Vereniging).

Decentrale opslag leidt tot een lichte toename van de transportafstanden en hoeveelheden tonkilometers. Verder kan een extra overslagpunt in de transportketen tot een stijging van de kosten leiden (extra laad- en loskosten). Ook kunnen problemen ontstaan met wegen en bemonsteren van mest. Dit moet bij de vergistingsinstallatie plaatsvinden. De kosten van het decentrale overslagscenario zullen stijgen wanneer extra weegbruggen geplaatst moeten worden bij de overslagplekken. Hier staat tegenover dat er binnen de vereniging kosten bespaard kunnen worden wanneer eigen materieel ingezet wordt voor het vervoer van en naar de opslagpunten. De afstanden van de boerderijen naar de decentrale opslagpunten zijn dermate klein dat dit in de praktijk haalbaar is. Verder is er een betere spreiding van de transportbeweging is zowel geografisch als in de tijd. Het piektransport van energiemaïs naar de installatie kan gespreid over het jaar plaats vinden. Doordat de decentrale overslagplekken in het akkerbouwcluster liggen kan ook sneller geoogst worden. De druk op het wegennet en de overlast (voor omwonenden) gedurende de korte oogstperiode neemt hierdoor af. Een ander kostenvoordeel voordeel kan zijn dat de grondkosten van deze decentrale opslagplaatsen lager liggen dan de grondkosten voor centrale opslag. De centrale opslag moet immers plaatsvinden op een industrie- of bedrijventerrein, waar de grondkosten hoger liggen dan in de buitengebieden.

Verder kunnen ongeveer dezelfde conclusies worden getrokken als voor het centrale opslagscenario. De locatie Grijpskerk ligt ook in dit scenario gunstiger. Het aantal tonkilometers mest en energiemaïs is nu ongeveer gelijk. Dit wordt veroorzaakt doordat er iets verder moet worden gereden. Een decentraal overslagpunt ligt nu eenmaal niet precies op elke route van deelnemende boer naar de installatie.

6.7 Effecten opschaling

De huidige groep deelnemers levert maximaal rond de 10.000 ton energiemaïs en minimaal 15.000 ton (overschot)mest op basis van 250 kg N/ha. Wanneer door nieuwe mestwetgeving de gebruiksnorm voor dierlijke mest wordt teruggebracht naar 170 kg N/ha dan zal er meer mest bij de participerende veehouders 'overblijven'. Wanneer dit vergist wordt zal de transportstroom verdubbelen. Het aantal mestritten komt hiermee rond de 1000 per jaar, wat overeenkomt met 2 a 3 ritten per dag naar de vergistingsinstallatie. Ook de hoeveelheden tonkilometers en de totale afstand zoals weergegeven in figuur 6.3 zullen met een factor 2 toenemen. Wanneer de installatie wordt opgeschaald naar 42.000 ton energiemaïs dan zullen nieuwe leden moeten toetreden tot de Vereniging Collectieve Covergisting Westerkwartier. Het aantal ritten energiemaïs zal toenemen tot ongeveer 2800. Deze ritten zullen in de oogstperiode (enkele weken in september en oktober) van energiemaïs plaatsvinden. Het aantal ritten ligt dan tussen de 60 en 200 per dag (uitgaande van een oogstperiode van 2 tot 6 weken). Wanneer de ritten verspreid worden over de 4 decentrale opslaglocaties ligt dit aantal tussen de 15 en 50 per dag per locatie. Het wegennet en eventuele overlast veroorzaakt door transport kan hiermee worden verminderd.

6.8 Reflectie transportkosten

Aan de hand van het aantal ritten, kilometers en tonkilometers is een ruwe inschatting te maken van de totale transportkosten van de vergistingsinstallatie. Dit onderzoek schetst met name de theoretische basis om het transport in kaart te brengen vanuit een GIS methodiek. Er is minder aandacht besteed aan de daadwerkelijke transportkosten berekeningen van bijvoorbeeld transportbedrijven, loonwerkers of mesttransporteurs. Door transport in eigen beheer te houden zou de Vereniging Collectieve Covergisting wellicht kostenvoordelen kunnen behalen. Dit concept wordt bijvoorbeeld toegepast in Denemarken. De centrale vergistingsinstallaties in Denemarken hebben vaak 1 of meerdere voertuigen in eigen beheer om mest en biomassa te transporteren. In verder onderzoek zou dit kunnen worden uitgezocht voor de Nederlandse situatie en specifiek voor de case Zuidhorn. Er kan dan ook ingegaan op de kostenopbouw van het transport. In de literatuur worden verschillende kostenindicatoren voor transport weergegeven (zie ook paragraaf 4.3).

Net als in paragraaf 4.3 kan er onderscheid worden gemaakt tussen tijdskosten en kilometerkosten. De kilometerkosten kunnen worden uitgedrukt per kilometers of tonkilometer. Op basis van gegevens van een loonwerker zijn de kosten van mest rond de €1,30 per tonkm geschat, voor maïs ligt dit rond de €1,15 per tonkm. Deze bevatten zowel de tijdskosten alsook de kilometerkosten en zijn gebaseerd op aftanden tussen de

10 en 20 kilometer. Door tijdsgebrek is het niet mogelijk geweest deze gegevens te verifiëren en onder te verdelen naar tijds- en kilometerkosten. In een meer praktisch gericht onderzoek kan dit verder uitgezocht worden. Op basis van de €1,30 (mest) en €1,15 (energiemaïs) per tonkm is een grove schatting te geven van de transportkosten. In tabel 6.5 zijn deze kosten weergegeven.

transportkosten (centrale opslag)		
	Zuidhorn	Grijpskerk
mest	250.000 - 500.000	190.000 - 380.000
energiemaïs	170.000 - 700.000	130.000 - 560.000
totaal	420.000 - 1200.000	320.000 - 940.000

transportkosten (decentrale opslag)		
	Zuidhorn	Grijpskerk
mest	250.000 - 500.000	190.000 - 380.000
energiemaïs	160.000 - 675.000	125.000 - 530.000
totaal	410.000 - 1175.000	315.000 - 910.000

Tabel 6.5 Transportkosten per locatie voor centrale en decentrale opslag (in euro)

In de tabel zijn de minimale waarden voor de transportkosten van mest de huidige aangeboden hoeveelheden op basis van 250 kg N/ha. De maximale waarden zijn de aangeboden hoeveelheden bij 170 kg N/ha. De minimale waarden voor de transportkosten van energimaïs zijn gebaseerd op de mogelijke productie van energimaïs bij de huidige groep deelnemers. De maximale waarden zijn de kosten verbonden aan transport van 42.000 ton energimaïs. Voor het decentrale scenario zijn alleen de pendelkosten tussen decentrale opslag en vergister meegenomen. De pendel van boer naar decentrale opslag zal door de deelnemende boeren zelf dienen te worden verzorgd. Uit de tabel is op te maken dat de totale kosten tussen de 2 scenario's amper verschillen (slechts 5k-10k euro). Een groter verschil ligt in de locatiekeuze, waar bij de locatie Zuidhorn de transportkosten €100k- €250k hoger liggen dan wanneer voor de locatie Grijpskerk wordt gekozen.

6.9 Ruimtelijke implicaties van verschillende toepassingsmogelijkheden van biogas

Naast het transporttechnische deel en randvoorwaarden vanuit de ruimtelijke wet- en regelgeving zijn er nog een aantal additionele locatiefactoren die een rol spelen bij de locatiekeuze van vergistingsinstallaties. Er zijn verschillende ruimtelijke implicaties van verschillende toepassingsmogelijkheden van biogas. Deze kunnen voor een deel worden bestempeld als agglomeratievoordelen en voor een ander deel zijn het lokale specifieke omstandigheden die een rol spelen.

De vraag naar biogas speelt een belangrijke rol in de keuze voor de vergistingsinstallatie in de gemeente Zuidhorn. Er zijn verschillende toepassingsmogelijkheden van *biogas* (geproduceerd door vergisting) en *groen gas* (opgewerkt biogas). In de rapportage Gastecnologie (Gasunie, 2006) van het haalbaarheidsonderzoek worden 5 mogelijke toepassingen genoemd:

- WKK (Warmtekrachtkoppeling)
- Distributie via hoge druk gasnetwerk
- Distributie via lokaal gasnetwerk en nieuwe woonwijk
- Transportbrandstof
- Brandstof voor aggregaten

Biogas wordt momenteel in vrijwel alle gevallen van mestvergisting door middel van een *warmtekrachtkoppeling* (WKK) omgezet naar groene stroom en warmte (Gasunie, 2006). Het rendement van een WKK is relatief laag en er komt relatief veel restwarmte vrij in dit proces. Deze geproduceerde warmte moet lokaal afgezet kunnen worden, omdat het verlies aan warmte groter wordt naarmate grotere afstanden overbrugd moeten worden. De nabijheid van industrie of faciliteiten die een grote warmteafnemer kunnen zijn is dan ook een pré bij het verstromen van biogas in een WKK (Cnubben, 2005). Een voordeel van een WKK is echter dat er geen locatiespecifieke omstandigheden nodig zijn om elektriciteit in het net te brengen. In dit opzicht kan deze factor als footloose worden aangemerkt. Het enige dat nodig is is een vergunning tussen de groene stroom leverancier en de eindgebruiker. Mogelijke opties voor de case Zuidhorn zijn het zwembad in Zuidhorn (de Waterborg), (ouderen)zorgcentra of bedrijven op de hiervoor genoemde bedrijventerreinen. Het zwembad De Waterborg ligt dicht bij het bedrijventerrein Mokkenburg, aan de overzijde van het Van Starckenborghkanaal. Mocht de vergistingsinstallatie op het bedrijventerrein Mokkenburg gelokaliseerd worden dan zal het warmtetransport over het kanaal moeten plaatsvinden.

Verder is er een aantal ontwikkelingen rond nieuwbouwprojecten in de gemeente Zuidhorn, waarbij aansluiting gevonden zou kunnen worden gevonden. Ten oosten van de plaats Zuidhorn staat een nieuwe woonwijk (Oostergast) gepland (zie figuur 6.11). Deze wijk zal plaats bieden voor 1100 woningen. Uitgangspunt bij de ontwikkelingen in de Oostergast is dat rekening wordt gehouden met het aspect duurzaamheid. Er is onder andere gesproken over het uitrusten van woningen met warmtepompen om de huizen te verwarmen en te koelen (Gemeente Zuidhorn, 2006) In het zuidelijk deel van de wijk zal een nieuw woonzorgcentrum gerealiseerd worden, met 103 zorgwoningen, 200 verpleegplaatsen, 20 plaatsen voor dagbehandeling en 12 plaatsen voor dagverzorging Dit ter vervanging van het huidige Zonnehuis en het verzorgingstehuis de Westerburcht in Zuidhorn (Gemeente Zuidhorn, 2006). Wellicht is het mogelijk de opgewekte warmte en elektriciteit uit de WKK te gebruiken voor het verwarmen van huizen in Oostergast of het nieuwe woonzorgcentrum. Ook hier geldt dat het warmtetransport over het kanaal moet plaatsvinden.

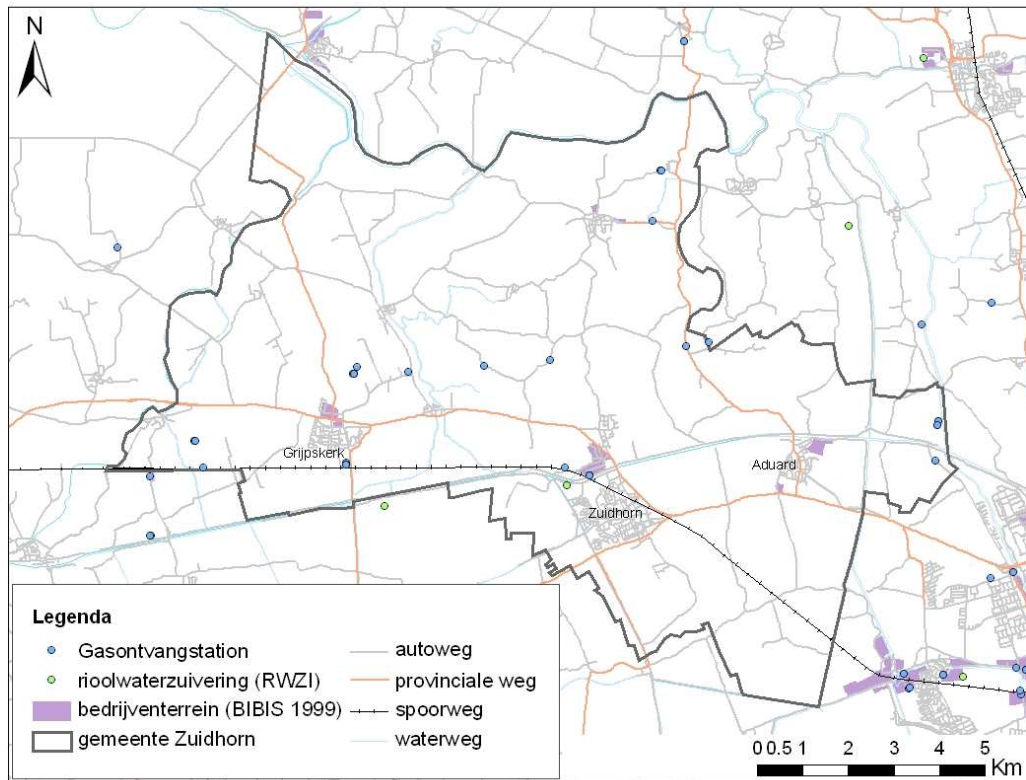


Figuur 6.11 Plannen nieuwbouwprojecten Zuidhorn (Bron: Gemeente Zuidhorn, 2006)

Naast het verstromen van biogas middels een WKK is het mogelijk het biogas rechtstreeks in het gasdistributienet te pompen. Voordeel hierbij is dat biogas met een hogere energetische efficiëntie gebruikt kan worden bij de eindgebruiker. De transportverliezen van gas zijn kleiner dan die van elektriciteit. Bovendien is het bufferen van gas, bij overproductie, eenvoudiger dan het bufferen van elektriciteit. Door het (hoge druk) hoofdtransportnet heeft tot nu toe geen biogas transport plaatsgevonden. Wanneer biogas wordt toegevoegd aan het aardgasnetwerk, dient het gas te voldoen aan de lokale kwaliteitseisen. Het op korte termijn injecteren van biogas in het hoge distributienetwerk van de Gasunie wordt vooralsnog niet realistisch ingeschat, omdat de samenstelling van biogas en aardgas teveel verschillen. Zo is er bijvoorbeeld kans op corrosie van het leidingennet wanneer biogas in het hoge druk gasnet wordt geïnjecteerd. Er zal dan ook eerst nog veel onderzoek gedaan moeten worden betreffende netintegriteit en gastoepassingen (Gasunie, 2006). De Nederlandse Gasunie heeft hiervoor een aantal onderzoekstrajecten in gang gezet.

Inpassing van groen gas in het lokale gasdistributienetwerk behoort wel tot de reële mogelijkheden. De druk in het distributienet is lager en bestaat voor het grootste deel uit kunststof leidingen waardoor geen kans is op corrosie van leidingen. Het gas kan na reiniging en opwerking geleverd worden aan een plaatselijk energie distributiebedrijf. Voorwaarde hierbij is echter dat een gasontvangstation (GOS) aanwezig moet zijn in de directe nabijheid van de vergistingsinstallatie. In figuur 6.12 zijn alle gasontvangstations in de gemeente Zuidhorn weergegeven. Zoals uit de figuur is op te maken is er een beperkt aantal stations aanwezig in de gemeente Zuidhorn. Hiervan liggen er slechts drie op een industrieterrein (alle gelegen op het industrieterrein Mokkenburg in Zuidhorn). Rond het industrieterrein in Grijskerk zijn ook drie stations gelegen, maar deze liggen ongeveer een kilometer van het industrieterrein vandaan. Wordt ervoor gekozen de installatie in Grijskerk te bouwen en het biogas in het lokale

gasdistributienet te injecteren dan zal een extra gasleiding aangelegd moeten worden, wat extra kosten met zich mee zal brengen.



Figuur 6.12 Gasontvangststations en RWZI's in de gemeente Zuidhorn

Naast gebruik van biogas voor gas en elektriciteitsdistributie is het ook mogelijk biogas om te zetten in transportbrandstof. Zo is er een reële mogelijkheid biogas op te werken naar bio-CNG (bio-Compressed Natural Gas). Deze ontwikkeling kan in principe in de pas lopen met de ontwikkeling van CNG uit aardgas (Gasunie, 2006). Voor (bio)-CNG moet het gas wel opgewaardeerd worden tot 97% methaan en worden gecomprimeerd naar meer dan 200 bar. Op deze manier worden problemen met bestaande aardgasinfrastructuur vermeden en zijn de locatiespecifieke voorwaarden minder streng dan bij een distributienetwerk. Verder kan het bio-CNG per truck of per schip naar de eindbestemming worden vervoert, wat bio-CNG mobieler maakt dan groen gas of elektriciteit en warmte opgewekt door een WKK. Echter, dit zou een extra transportstroom opleveren rond de vergistingscentrale. Er kan ook gekozen worden voor de bouw van een tankstation op of nabij de locatie van de vergister. Hierdoor worden transportkosten vermeden, maar dit betekent wel dat er een stabiele afname van CNG moet worden gevonden. Doordat de markt voor duurzame transportbrandstoffen nog niet is ontwikkeld zal zelf initiatief moeten worden genomen om deze optie rendabel te maken voor de installatie in Zuidhorn. Hierbij kan worden gedacht aan bussen van een regionale of lokale openbaar vervoersmaatschappij of trucks of andere voertuigen van bijvoorbeeld een loonwerker. Deze voertuigen zullen dan een aangepaste motor hebben om op bio-CNG te kunnen rijden. Het is ook mogelijk een aantal tractoren van participerende

boerenbedrijven om te bouwen of het transport van mest en energiemais van en naar de vergister op een duurzame manier te laten plaatsvinden. Een andere optie kan zijn het wagenpark van een bedrijf of instelling om te bouwen tot duurzaam wagenpark. Zo is het mogelijk om een CNG tankstation op het bedrijfsterrein te plaatsen. Er wordt momenteel onderzoek gedaan naar het rijden op (bio)-CNG in de 3 noordelijke provincies (Energy Valley, 2006) Daar deze opties momenteel nog niet economisch rendabel zijn en er nog weinig ervaring is opgedaan met duurzame transportbrandstoffen zijn deze opties alleen mogelijk met financiële ondersteuning of als pilot project. Of deze opties in de gemeente Zuidhorn rendabel zullen zijn zal veelal afhangen van deze financiële ondersteuning en in mindere mate van locatiespecifieke factoren. Ook de (eventuele afschaffing) van accijnzen op biobrandstoffen zal hierin een belangrijke rol spelen.

Een laatste optie is om biogas om te zetten als brandstof voor aggregaten. Deze optie is te vergelijken met de optie WKK (Gasunie, 2006). In principe kan met geringe opwerking het biogas geschikt gemaakt worden als brandstof voor aggregaten. Deze optie is mobieler en flexibeler inzetbaar dan de WKK optie, dat aan een elektriciteitsgrid is gekoppeld, echter het energetisch rendement van de WKK optie ligt hoger. Daarnaast moet, net als bij de bio-CNG optie, de brandstof per as getransporteerd worden naar de eindgebruiker, wat een toename van transportkosten betekent.

H7. Conclusies, reflectie en aanbevelingen

In dit onderzoek is een eerste aanzet gegeven om inzicht te krijgen in de ruimtelijke impact van een vergisting. Hierbij is getracht transportstromen en locatiekeuze ruimtelijk te visualiseren door middel van het toepassen van een, op GIS gebaseerde, methodiek. In dit laatste hoofdstuk zullen de centrale onderzoeksvraag (7.2) en de deelvragen beantwoord worden (7.1). Hierbij wordt tevens een reflectie gegeven van de gebruikte methodiek. In paragraaf 7.3 zal in worden gegaan op de locatiekeuze van de vergistingsinstallatie in het Westerkwartier. Tenslotte worden in paragraaf 7.4 enkele aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.

7.1 Beantwoording van de deelvragen

In paragraaf 1.7 is een aantal deelvragen geformuleerd om uiteindelijk de hoofdvraag te kunnen beantwoorden. Alvorens de centrale onderzoeksvraag te beantwoorden zal eerst worden ingegaan op de afzonderlijke deelvragen:

- Hoe kunnen mest- en biomassa stromen in kaart worden gebracht?

In dit onderzoek is er voor gekozen een op een Geografisch Informatie Systeem (GIS) gebaseerde methode toe te passen. Deze bestaat uit de volgende stappen:

1. *Samenstellen de dataset van aanwezige hoeveelheden mest en biomassa bij deelnemers:*
Door middel van een enquête onder deelnemende boerenbedrijven kunnen aanwezige mest- en biomassahoeveelheden in beeld worden gebracht.
2. *Aanvullen ontbrekende gegevens:*
Eventueel ontbrekende gegevens uit stap 1 kunnen worden aangevuld met mest- en biomassa gegevens van de Landbouwtelling. De landbouwtelling bevat onder andere gegevens over de aanwezige Grootvee-eenheden die gebruikt kunnen worden om de mestgegevens uit de enquête aan te vullen. Verder is het mogelijk om op basis van het aantal hectares landbouwgrond te berekenen over hoeveel (potentiële) biomassa de deelnemers beschikken. Wanneer geen enquêtegegevens zijn verzameld is het ook mogelijk alleen data uit de Landbouwtelling te gebruiken.
3. *Toevoegen geografische coördinaten:*
De data uit stap 1 en 2 koppelen zodat de mest en biomassa database ruimtelijk te visualiseren is. De x en y coördinaten van de deelnemers zijn beschikbaar via de Landbouwtelling.

4. *Het ontwerpen van het (wegen)netwerk:*

In GIS dient vervolgens een wegennetwerk opgebouwd te worden. Dit kan op basis van bestaande wegensystemen. Bijvoorbeeld het Nationale Wegenbestand (NWB).

5. *Analyse in GIS:*

In ArcGIS kunnen nu de volgende analyses worden gedaan:

- Een zwaartepuntanalyse van de aanwezige hoeveelheden mest en biomassa.
- Een bereikbaarheidsanalyse van verschillende potentiële locaties voor de vergister met behulp van service area's.
- Een analyse van mogelijke locaties voor decentrale opslag van mest en biomassa met behulp van service area's.
- Kortste route analyse van bepaalde potentiële locaties voor de vergister. Hiermee kunnen de wegen die het zwaarste belast worden in kaart worden gebracht.
- Een berekening van het totale aantal ritten en de totaal af te leggen afstand waarover mest en biomassa dienen te worden vervoerd en de hieraan gekoppelde tonkilometers. Op basis van deze gegevens kan een kostenindicatie worden gegeven van het transport van mest en biomassa. (niet uitgevoerd in dit onderzoek).
- Analyse vanuit additionele implicaties, zoals de vraag naar biogas en fermentaat of bepaalde agglomeratievoordelen.

6. *Multicriteria- en gevoeligheidsanalyse* (niet uitgevoerd in dit onderzoek)

Aan de hand van de analyse in de geodatabase (mest en biomassa) kunnen de verschillende factoren getest worden op hun gevoeligheid. Daarnaast kunnen wegingsfactoren worden toegepast om een of meerdere (sub)optimale locaties voor de vergister te vinden. Door tijdgebrek is deze stap in dit onderzoek niet verder uitgewerkt.

7. *Definitieve locatiekeuze*

Op basis van de stappen 1 t/m 6 kan een weloverwogen beslissing worden genomen ten aanzien van mogelijke locaties voor de centrale vergistingsinstallatie. In overleg met de stakeholders en overheden (in dit geval de gemeente Zuidhorn en de Provincie Groningen) kan uiteindelijk een definitieve locatie worden bepaald voor de bouw van de vergistingsinstallatie.

8. *Management en monitoringsfase*

Deze laatste fase is optioneel en kan toegepast worden wanneer meer boerenbedrijven willen toetreden. Door toetreding van nieuwe leden kunnen transportstromen en locatie voor- en nadelen veranderen.

De gebruikte methodiek kan voor elk vergistingsproject worden toegepast. Er zijn echter wel enkele haken en ogen aan deze methodiek verbonden. Zo zal het voor projecten met weinig deelnemende boerenbedrijven niet interessant zijn de methode te gebruiken. Het samenstellen van de dataset, en het verwerken in een GIS is redelijk tijdrovend. Tevens is een gedegen kennis van ArcGIS en in het bijzonder van de *Network Analyst* vereist. Voor kleine projecten dient daarom een andere methodiek gevonden te worden. Voor deze projecten voldoet een beperkte analyse zoals in *Mestverwerking in Wintelre* (Kool et al. 2006).

Ook zijn er enkele beperkingen aan de analysemogelijkheden in ArcGIS. De grootste beperking is dat het programma niet (nadat alle dat zijn ingevoerd) 'uit zichzelf een optimale locatie voor een vergister kan aanwijzen'. Het is niet mogelijk het programma te laten zoeken naar een optimale locatie. Het is alleen mogelijk om potentiële locaties aan te wijzen en van hieruit berekeningen uit te voeren. Verder is het bijvoorbeeld niet mogelijk een zwaartepuntanalyse via het wegennetwerk te laten plaatsvinden, dit kan alleen hemelsbreed. Omdat een hemelsbrede berekening van de *Weber Optimum location* minder nauwkeurig is, zijn de gevonden locaties waarschijnlijk niet de plekken waar transportkosten minimaal zijn. Het geeft echter wel een goede indicatie in welk gebied de locaties zullen liggen. Daarnaast kan op deze manier de clustering van akkerbouwers en veehouders worden gevisualiseerd. Een andere beperking zijn de (nog) zwak ontwikkelde monitoringsmogelijkheden binnen ArcGIS. Wanneer er boeren zullen toetreden is het vrij tijdrovend dit in te passen in het datasysteem. Wellicht worden deze mogelijkheden in de toekomst beter of zijn er software pakketten beschikbaar waarin de monitoringsfunctie sterker ontwikkeld is.

Ook al is de methodiek vrij tijdrovend en ook al zijn er een aantal beperkingen binnen ArcGIS, de aanpak geeft een vrij nauwkeurige indicatie van transportafstanden, tonkilometers, bereikbaarheid van verschillende potentiële locaties, kortste route berekeningen en mogelijke locaties voor decentrale opslag. Verder kan GIS een steun zijn bij het in beeld brengen van ruimtelijke implicaties vanuit de verschillende toepassingsmogelijkheden van biogas. Hierbij kan gedacht worden aan het in kaart brengen van Gas Overname Stations of potentiële locaties voor biogas tankstations. Het is niet ondenkbaar dat er in de nabije toekomst meerdere centrale vergisters in Nederland gebouwd zullen worden die wellicht nog groter zijn dan de beoogde vergister in Zuidhorn. Een grondige ruimtelijke (GIS) analyse is dan welhaast noodzakelijk.

- Welke transport- en opslagscenario's behoren tot de mogelijkheden?

Er zijn in theorie een vijftal scenario's voor het opslaan en transporteren van mest en biomassa. Van de hieronder genoemde scenario's zijn alleen 3 en 4 van toepassing op de installatie in de Gemeente Zuidhorn.

Scenario 1 gaat uit van vergisting op boerderijschaal. De input voor de installatie komt van het eigen bedrijf en er zijn dan ook alleen transportbewegingen binnen het bedrijf. Wanneer eventuele overschotmest, die normaal gesproken zou worden afgevoerd, in de installatie wordt gebracht, kan zelfs op transportkosten bespaard worden. Ook de

opslagfaciliteit bevindt zich op het bedrijfsterrein. Het digestaat kan op het eigen bedrijf gebruikt worden of worden verkocht aan derden.

In *Scenario 2* is er een beperkt aantal boeren, dat een gezamenlijke (buurt)vergister exploiteert. Deze is gevestigd op één van de bedrijfstreinen van de deelnemers. De transportbewegingen zullen ook veelal op buurt niveau plaatsvinden daar de mest/ co-producten op eigen terrein vergist en gebruikt worden. Opslag van mest en co-producten kan gezamenlijk dan wel individueel plaatsvinden.

In *Scenario 3* worden de mest en co-producten van de deelnemers naar een centrale vergister gebracht. Deze vergister bevindt zich niet meer op het bedrijfsterrein van een participerende boer, maar op een apart hiervoor bestemde locatie (vaak een industrieterrein). Het verschil met de vorige scenario's is dat alle mest en biomassa naar de installatie vervoerd moet worden. Verder zal ook het geproduceerde fermentaat terug naar de deelnemers of naar derden getransporteerd moeten worden. De fosfaatrijke dikke fractie (DIF) kan naar de akkerbouwers afgevoerd worden, de stikstofrijke dunne fractie (DIF) als meststof voor grasland, naar de veehouder. Dit scenario gaat uit van een centrale opslagfaciliteit op het terrein van de vergister. Zowel het nog te vergisten als het reeds vergiste materiaal wordt hier opgeslagen.

In *Scenario 4* wordt uitgegaan van een decentraal opslagsysteem. De co-producten worden nu decentraal opgeslagen in de buurt van akkerbouwers en vanuit hier naar de centrale vervoerd. De mest van de veehouders kan opgeslagen blijven bij de veehouders. De decentrale opslag kan tevens opslagfaciliteit voor reeds vergist digestaat bevatten. Vergeleken met scenario 3 is er bij dit scenario wel een extra transportbeweging. In scenario 3 wordt er alleen gereden van en naar de installatie (door een loonwerker). De truck gaat wel elke keer leeg terug, dus de capaciteit wordt maar voor de helft benut. In scenario 4 wordt, wanneer het energiemais van het land komt, eerst de decentrale opslag gevuld door trucks (van een loonwerker). Vervolgens kan er gedurende het hele jaar gependeld worden van een naar de installatie.

Scenario 5 is een theoretisch scenario om de mest via pijpleidingen naar de vergister te transporteren. Omdat er niet bijzonder veel mest naar de collectieve vergistingsinstallatie in de Gemeente Zuidhorn hoeft te worden vervoerd (alleen overschotmest) is dit scenario niet verder uitgewerkt. Bij vergistingsprojecten waar veel (vloeibare) mest bij betrokken is kan transport via pijpleidingen wellicht uitkomst bieden. Mesttransport via pijpleidingen kan daarom een ingang zijn voor verder onderzoek.

- Wat voor invloed hebben het aanbod van mest en co-producten en de vraag naar digestaat op de locatiekeuze?

De grootte van de aanwezige hoeveelheden mest en co-producten en de locatie van de boeren waar deze producten aanwezig zijn kunnen voor een deel de locatiekeuze bepalen. Voor een ander deel zullen deze bepaald worden door ruimtelijke implicaties vanuit de verschillende toepassingsmogelijkheden van biogas. Ook vigerende wet- en regelgeving (bijvoorbeeld het wel of niet verplicht vestigen op een industrieterrein) en

maatschappelijke factoren (bijvoorbeeld inspraak omwonenden) hebben een belangrijke rol binnen het locatiekeuze proces. Door middel van een zwaartepuntanalyse van mest en eventuele andere co-producten kunnen potentiële gebieden of locaties aangewezen worden voor de vergistingsinstallatie. Met behulp van een kortste route analyse en met enig rekenwerk kunnen de aantallen tonkilometers worden berekend waarop de transportkosten kunnen worden gebaseerd. Wanneer wordt gekozen voor decentrale overslagplaatsen voor digestaat en energiemais dan is het van belang deze te kiezen binnen het cluster van energiemaisboeren. Dit cluster kan ook weer bepaald worden door middel van een zwaartepuntanalyse. Hierbij zijn niet zozeer de hoeveelheden mais als wel de afstanden tussen de energiemaisboeren van belang.

- Wat voor invloed heeft de vraag naar biogas op de locatiekeuze?

In dit onderzoek worden 5 verschillende toepassingsmogelijkheden voor biogas aangeduid. Elke toepassingsmogelijkheid heeft zijn eigen ruimtelijke implicaties die hieronder kort besproken worden.

- Warmtekrachtkoppeling (WKK):

Het rendement van een WKK is relatief laag en er komt relatief veel restwarmte vrij in dit proces. Deze geproduceerde warmte moet lokaal afgezet kunnen worden, omdat het verlies aan warmte groter wordt naarmate grotere afstanden overbrugd moeten worden. De nabijheid van industrie of faciliteiten die een grote warmteafnemer kunnen zijn is een pré bij het verstromen van biogas in een WKK.

- Distributie via hoge druk gasnetwerk:

Het is ook mogelijk het biogas rechtstreeks in het gasdistributienet te pompen. Voordeel hierbij is dat biogas met een hogere energetische efficiëntie gebruikt kan worden bij de eindgebruiker. De transportverliezen van gas zijn kleiner dan die van elektriciteit. Bovendien is het bufferen van gas, bij overproductie, eenvoudiger dan het bufferen van elektriciteit. Door het (hoge druk) hoofdtransportnet heeft tot nu toe geen biogas transport plaatsgevonden. Wanneer biogas wordt toegevoegd aan het aardgasnetwerk, dient het gas te voldoen aan de lokale kwaliteitseisen. Het op korte termijn injecteren van biogas in het hoge distributienetwerk van de Gasunie wordt vooralsnog niet realistisch ingeschat, omdat de samenstelling van biogas en aardgas teveel verschillen.

- Distributie via lokaal gasnetwerk en nieuwe woonwijk:

Inpassing van groen gas in het lokale gasdistributienetwerk behoort momenteel tot de reële mogelijkheden. Het gas kan na reiniging en opwerking geleverd worden aan een plaatselijk energie distributiebedrijf. Voorwaarde hierbij is echter dat een Gasontvangststation (GOS) aanwezig moet zijn in de directe nabijheid van de vergistingsinstallatie. Ook kan er voor worden gekozen een de vergister in de nabijheid van een nieuwe woonwijk te vestigen. Deze woonwijk kan naast het normale gasnetwerk worden voorzien van een groen gasnetwerk dat aangesloten is op de vergister.

- Transportbrandstof:

Naast gebruik van biogas voor gas en elektriciteitsdistributie is het ook mogelijk biogas om te zetten in transportbrandstof. Zo is er een reële mogelijkheid biogas op te werken naar bio-CNG (bio-Compressed Natural Gas). Voor (bio)-CNG moet het gas wel opgewaardeerd worden tot 97% methaan en worden gecomprimeerd naar meer dan 200 bar. Op deze manier worden problemen met bestaande aardgasinfrastructuur vermeden en zijn de locatiespecifieke voorwaarden minder streng dan bij een distributienetwerk. Verder kan het bio-CNG per truck of per schip naar de eindbestemming worden vervoerd, wat bio-CNG mobieler maakt dan groen gas of elektriciteit en warmte opgewekt door een WKK. Echter, dit zou een extra transportstroom opleveren rond de vergistingscentrale. Er kan ook gekozen worden voor de bouw van een tankstation op of nabij de locatie van de vergister. Hierdoor worden transportkosten vermeden, maar dit betekent wel dat er een stabiele afname van CNG moet worden gevonden. Doordat de markt voor duurzame transportbrandstoffen nog niet is ontwikkeld zal zelf initiatief moeten worden genomen om deze optie rendabel te maken. Hierbij kan worden gedacht aan bussen van een regionale of lokale openbaar vervoersmaatschappij of trucks of andere voertuigen van bijvoorbeeld een loonwerker. Deze voertuigen zullen dan een aangepaste motor hebben om op bio-CNG te kunnen rijden. Het is ook mogelijk een aantal tractoren van participerende boerenbedrijven om te bouwen of het transport van mest en energiemais van en naar de vergister op een duurzame manier te laten plaatsvinden. Een andere optie kan zijn het wagenpark van een bedrijf of instelling om te bouwen tot duurzaam wagenpark.

- Brandstof voor aggregaten:

Een laatste optie is om biogas om te zetten als brandstof voor aggregaten. Deze optie is te vergelijken met de optie WKK (Gasunie, 2006). In principe kan met geringe opwerking het biogas geschikt gemaakt worden als brandstof voor aggregaten. Deze optie is mobieler en flexibeler inzetbaar dan de WKK optie, dat aan een elektriciteitsgrid is gekoppeld, echter het energetisch rendement van de WKK optie ligt hoger. Daarnaast moet, net als bij de bio-CNG optie, de brandstof per as getransporteerd worden naar de eindgebruiker, wat een toename van transportkosten betekent.

7.2 Beantwoording van de centrale onderzoeksvraag

Wat is de ruimtelijke impact van een centrale vergistingsinstallatie in de gemeente Zuidhorn?

De ruimtelijke impact van een vergistingsinstallatie bevat verschillende facetten. Allereerst is er natuurlijk de locatie zelf. De grote centrale installatie zal goed zichtbaar zijn in het landschap (zie figuur 3.3). In een open landschap zal landschappelijke inpassing waarschijnlijk noodzakelijk zijn. Tevens kan de centrale vergistingsinstallatie als boegbeeld voor duurzaamheid dienen voor de betreffende locatie of Gemeente. In dit onderzoek is vooral veel aandacht besteedt aan transport. Rond een centrale vergistingsinstallatie zullen veel transportbewegingen zijn voor de aanvoer van mest en andere co-producten. Wanneer deze centraal opgeslagen zullen worden is er in oogstperiode een piek in afvoer van digestaat en aanvoer van bijvoorbeeld energiemais.

Deze piek kan over het jaar verspreid worden door het plaatsen van decentrale opslagpunten in de buurt van clusters van deelnemende akkerbouwers. De mestaanvoer kan in beide scenario's gespreid over het jaar worden aan- en afgevoerd. De verschillende toepassingsmogelijkheden voor biogas kunnen ook ruimtelijke aspecten met zich meebrengen. Zo is een grote warmteafnemer in directe omgeving van de vergister noodzakelijk wanneer het biogas verstroomt wordt in een Warmtekrachtkoppeling (WKK). Wanneer het geproduceerde biogas als groen gas wordt gebruikt is het mogelijk dat de gasinfrastructuur zal moeten worden aangepast. En wanneer biogas als transportbrandstof of als brandstof voor aggregaten zal worden gebruikt dan zal er een extra transportstroom bij komen rond de vergister. In een ideale situatie zal een transportbrandstof worden afgezet in de regio rondom de vergister, zodat bij 1 of meer tankstations in de regio biobrandstof getankt kan worden.

7.3 Locatiekeuze van de vergistingsinstallatie in het Westerkwartier

Er zijn verschillende locaties denkbaar voor de centrale vergister in de Gemeente Zuidhorn. In figuur 7.1 is per categorie aangegeven welke locatie(s) en scenario('s) het meest optimaal is/zijn.

	locatie			
	Zuidhorn (centraal)	Zuidhorn (decentraal)	Grijpskerk (centraal)	Grijpskerk (decentraal)
bereikbaarheid/ transportafstanden			+	+
minste overlast voor omwonenden		+		+
<i>toepassingsmogelijkheden biogas:</i>				
* Hoge druk gasnet	?	?	?	?
* Lage druk gasnet (lokaal)	+	+		
* WKK	+	+		
* transportbrandstof	?	?	?	?

Figuur 7.1 Meest optimale locatie(s) per categorie

Wanneer de locatiekeuze in zijn geheel bepaald zou worden door de transportkosten dan zou een locatie in het akkerbouwcluster ten noorden van Grijpskerk voor de hand liggen. De kosten van vervoer van energiemaïs bepalen het grootste deel van de totale transportkosten en worden op deze wijze geminimaliseerd. Zoals in paragraaf 7.1 beschreven zijn het echter niet alleen de transportkosten die een claim leggen op de locatiekeuze, maar zijn dit vooral de verschillende toepassingsmogelijkheden voor biogas. Zo is de aanwezigheid van een Gasovernamestations (GOS) een voorwaarde voor de distributie van groen gas en wordt vanuit vigerende wet- en regelgeving waarschijnlijk een locatie voorgeschreven op een industrie- of bedrijventerrein. De industrieterreinen van Zuidhorn en Grijpskerk lijken daardoor het meest voor de hand te liggen. Beide locaties hebben voordelen. Zo is Grijpskerk het best bereikbaar en heeft door de ligging dichtbij het akkerbouwcluster relatief lage transportkosten. De locatie in Zuidhorn heeft echter een aantal voordelen wat betreft de toepassingsmogelijkheden van biogas. Zo zijn er op het industrieterrein Gasovernamestations aanwezig en zijn er verschillende grote warmteafnemers in de nabije omgeving. Door betrokken partijen zal een afweging dienen te worden gemaakt welke voordelen het zwaarste meewegen. Een decentraal opslagsysteem, waarbij een deel van het transport in eigen beheer van de Vereniging

wordt gebracht, leidt voor de situatie in Zuidhorn waarschijnlijk niet tot grote transportkostenvoordelen. Een groter kostenvoordeel is wellicht de grondkosten. De grondkosten van deze decentrale opslagplaatsen kunnen lager liggen dan de grondkosten voor centrale opslag. De centrale opslag moet immers plaatsvinden op een industrie- of bedrijventerrein, waar de grondkosten hoger liggen dan in de buitengebieden. Daarnaast zijn er enkele andere voordelen van decentrale opslag. Het piektransport van energiemaïs naar de installatie kan gespreid over het jaar plaats vinden. Doordat de decentrale overslagplekken in het akkerbouwcluster liggen kan ook sneller geoogst worden. De druk op het wegennet en de overlast (voor omwonenden) gedurende de korte oogstperiode neemt hierdoor af.

7.4 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Allereerst is voor het project in Zuidhorn noodzakelijk dat er een praktisch onderzoek komt naar de daadwerkelijke transportkosten. Hiervoor zullen enkele interviews met loonwerkers en boeren uit de omgeving Westerkwartier voldoen. Voor de hand ligt de opbouw van deze transportkosten en de indeling in tijds- en kilometerkosten zoals deze gegeven is in paragraaf 4.3 verder uit te zoeken. Dit kan eventueel uitgebreid worden met een praktisch onderzoek naar het in eigen beheer nemen van transport, zoals dit ook veel voorkomt bij centrale vergisters in Denemarken.

Daarnaast zijn er enkele onderzoeken denkbaar die ook voor andere vergistingsprojecten interessant kunnen zijn. Bijvoorbeeld onderzoek naar een andere eenvoudiger en minder tijdrovende (GIS)methodiek met een betere monitoringsfunctie. Evenals een onderzoek naar een mogelijke verbetering van de functies en analysemogelijkheden in de *ArcGIS Network Analyst*. Verder is het interessant het transport van mest per pijpleiding verder uit te zoeken (het 5^e scenario in paragraaf 6.1). Daarnaast kunnen enkele 'softere' ruimtelijke factoren onderzocht worden vanuit een maatschappelijk perspectief, bijvoorbeeld geluidsoverlast van transport en of stankoverlast. Vanuit milieuperspectief kunnen de effecten van transport op emissies en energieverbruik onder de loep worden genomen. Wanneer pilot projecten als deze aanslaan zullen wellicht meerdere vergistingsinstallaties gebouwd gaan worden in Nederland, de Provincie Groningen en wellicht ook in de Gemeente Zuidhorn. Dit zal leiden tot een behoorlijke toename van transport van mest en co-producten over de weg. Met het oog op de toekomst kan een onderzoek naar het optimaliseren van agrologistiek dan ook erg interessant zijn. Door het zoeken naar optimale omvang van en het clusteren (agrarische) activiteiten is het wellicht mogelijk grote kostenvoordelen te behalen binnen de agrarische sector.

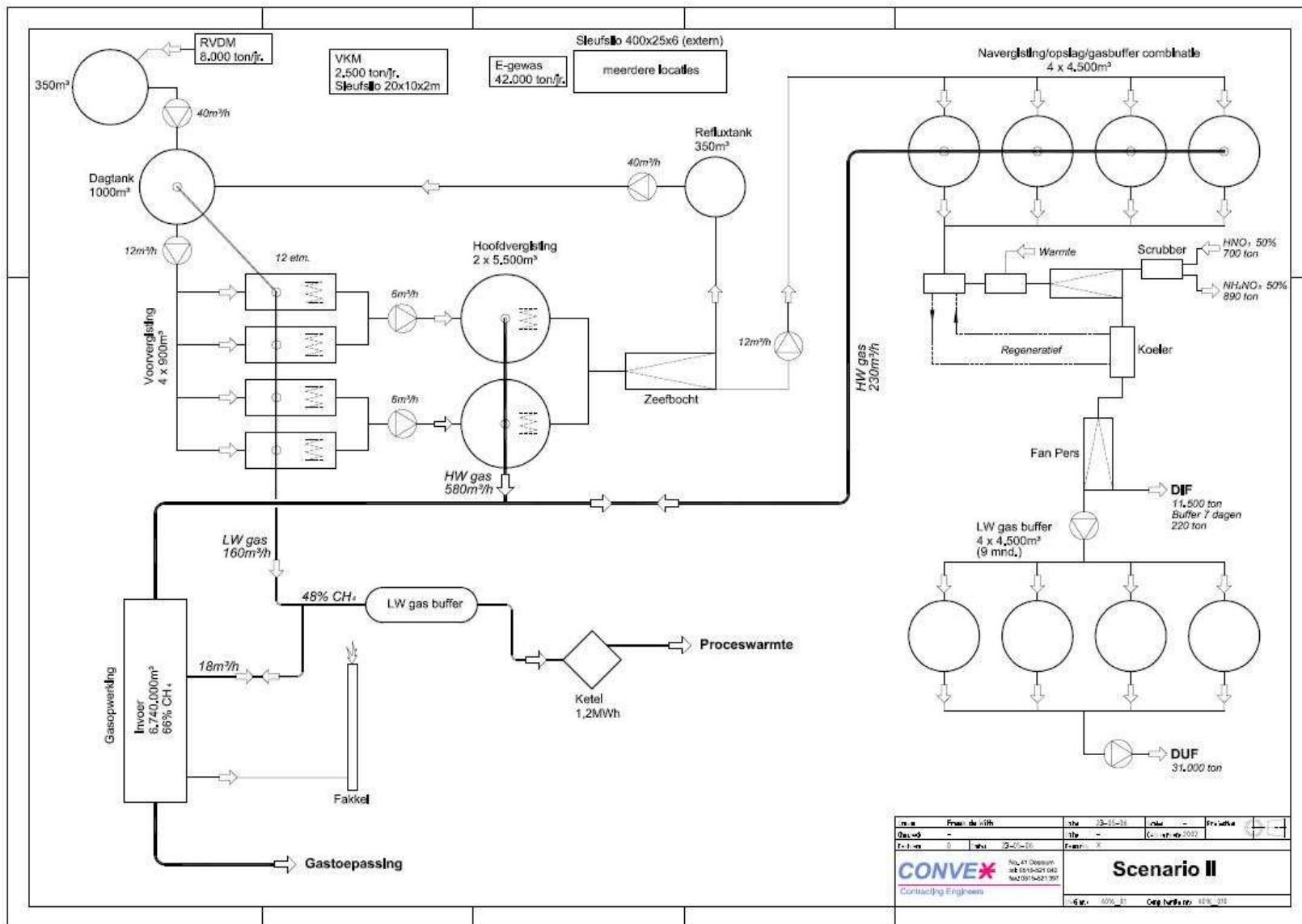
Referenties

- Animal Sciences Group (2005) *Vergisting van gras uit natuurgebieden in combinatie met runderdrijfmest*. PraktijkRapport Rundvee 62. Animal Sciences Group/ Praktijkonderzoek, Lelystad.
- Bagheri, N., G.L. Benwell, A. Holt. (2005) *Measuring spatial accessibility to primary health care*. Department of Information Science, University of Otago, Dunedin, New Zealand.
- Beumer, G.J. (2005) *Covergisting op boerderijschaal in Nederland. Een verkennende studie naar implementatie*. Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven.
- Blauwens, G. P. de Baere, E. van der Voorde (1995) *Vervoerseconomie*. Standaard Uitgeverij, Antwerpen.
- Burrough, P.A. (1986) *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment*. Clarendon Press, Oxford.
- Centraal Bureau voor de Statistiek (2006) *Landbouwtelling*, artikel van www.cbs.nl bezocht op 07-11-06.
- Cnubben P.A.J.P. (2005) *Eindrapportage Haalbaarheidsproject Nieuw Gas in Noord-Nederland*. Technologiecentrum Noord-Nederland, Groningen.
- Dooren, van H.J.C., G. Biewenga, J.L. Zonderland. (2005) *Vergisting van gras uit natuurgebieden in combinatie met runderdrijfmest*. PraktijkRapport Rundvee 62. Animal Science Group, Wageningen.
- Energy Valley (2006) *Wagenparkbeheerders in Energy Valley gebied enthousiast over duurzame brandstoffen*. www.energyvalley.nl bezocht op 12-10-2006
- ESRI (1996) *Arcview Network analyst, Optimum Routing, Closest Facility and Service Area Analysis*. Environmental Systems Research Institute, Redlands California.
- ESRI Nederland (2006) *Dit is GIS* www.esrinl.com Bezocht op: 31-10-2006
- Fridrich, C.J. (1958) *Alfred Weber's Theory of the Location of Industries*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Gasunie (2006) *Rapportage Gasfasetechnologie. Haalbaarheidsonderzoek "Biogas in het Westerkwartier"* Gasunie, Groningen.

- Geertman, S., J.J. Hartman, T. Overduin, R. Roosjen (1999) *Praktijkboek GIS, Toepassingen van geografische informatietechnologie*. Drukkerij GrafiEvers b.v., Duiven.
- Gemeente Zuidhorn (2006) Raadsvergadering 20 juni 2006 Voorstel over het stedenbouwkundig plan, het beeldkwaliteitplan, de samenwerkings- en uitwerkingsovereenkomst, de grondexploitatie (fase 1) en kredietvoting van de Oostergast. Gemeente Zuidhorn, Zuidhorn.
- Gemeente Zuidhorn (2006) *Ontwikkelingsvisie Noordhorn. Inventarisatie voorgenomen plannen*. Gemeente Zuidhorn, Zuidhorn
- Harvey, J. (1992) *Urban land economics*. 3rd edition. MacMillan Press, London.
- Heywood, I., S. Cornelius, S. Carver (2002) *An Introduction to Geographical Information Systems*. 2nd edition Prentice Hall, London.
- Hurst, M.E.E. (1972) *A geography of economic behaviour*. Duxbury Press Massachusetts.
- Infomil (2005) *Handreiking (co-)vergisting van mest*. PlantijnCasparie, Den Haag.
- Kool, A., A.H.J. van der Putten, F.C. van der Schans (2006) *Mestverwerking in Wintelre, de plussen en minnen*. Duurzame watergebieden, Benelux Middengebied, Tilburg.
- Korsten, G. (2002) *Ontwikkelen van een informatiesysteem voor het vergisten van mest in combinatie met organische reststromen op boerderijniveau*. HAS Kennistransfer, Den Bosch.
- Kuikman P.J., M. Buiters, J. Dolfing (2000) *Perspectieven van co-vergisting voor beperking van emissies van broeikasgassen uit de landbouw in Nederland*. Alterra, Research Instituut voor de Groen Ruimte. Wageningen.
- Lambooy, J.G., E. Wever, O.A.L.C. Atzema (1997) *Ruimtelijke Economische Dynamiek, een inleiding in de theoretische aspecten van de economische geografie*. Uitgeverij Coutinho, Bussum.
- Leeden, R.H.C. van der, P.P.M.J. van Roovert, A.H.M. van de Wassenberg (2003) *Mestvergisting op boerderijniveau. Vergunningverlening en haalbaarheid van vergisting van mest en biomassa*. NOVEM/ HAS Kennistransfer, 's-Hertogenbosch.
- Lent, van A. en H. Van Dooren (2001) *Perspectieven mestvergisting op Nederlandse melkvee- en varkensbedrijven*. Rapport 194. NOVEM, Den Haag.

- LNV (2005) Gegevens Meitelling. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Den Haag.
- McCann, P. (2001) *Urban and Regional Economics*. Oxford University Press, Oxford.
- NOVEM (2002) *Energie uit landelijk gebied, het gebruik van agrarische reststromen voor duurzame energieopwekking*. Drukkerij Rijser, Purmerend
- Ormeling, F., M-J. Kraak (1999) *Kartografie, visualisatie van ruimtelijke gegevens*. Delft University Press, The Netherlands.
- Schellekens J., L. Snel (2004) *Onderzoek naar Centrale Mestvergisting Koudum, Haalbaarheidsonderzoek van werkgroep Duurzaam Koudum-Vereniging Dorpsbelangen Koudum*. DLV Bouw, Milieu en Techniek B.V., Uden.
- SenterNovem, Stuurgroep Landbouw Innovatie Noord-Brabant (LIB), Vitaal Platteland Zeeland/Europese Unie, Zuidelijke Land- en Tuinbouworganisatie (ZLTO) (2006) *Kansen voor duurzame covergisting*. SenterNovem, Den Haag.
- Tijmensens, M.J.A., H. Mombarg, R.C.A. van den Broek, R.Wasser (2002) *Haalbaarheid van Covergisting van Oogstresten in de Mestvergister in de Wieringermeer*. Ecofys, Utrecht.
- WCED (1987) *Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford.
- Werkgroep Onderzoek Duurzame Energieconversie, (2005) *Voorstudie Wetenschapsverkenning Duurzame Energieconversie*. Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen, Amsterdam.
- Zanstra, G.J. (2005) *Q-scan Covergisting initiatief Noordelijk Westerkwartier*. Convex BV, Dearsum.
- Zanstra, G.J. (2005) *Enquête voor leden van de Vereniging Collectieve Covergisting Westerkwartier*. Convex BV, Dearsum.
- Zanstra G.J. (2006) *Proceskeuze en pre-engineering vergistingsinstallatie*. Uit: Biogas in het Westerkwartier. Concept haalbaarheidsonderzoek. Vereniging Collectieve Covergisting Westerkwartier, Zuidhorn.

Bijlage 1. Flowsheet pre-engineering collectieve vergistingsinstallatie Westerkwartier



Bijlage 2. Bereikbaarheidsanalyse op basis van afstand

