

Inhoud

1.0 Inleiding.....	3
2.0 Bestaande situatie.....	4
2.1 Algemeen.....	4
2.2 Installaties.....	4
2.2.1 Verwarming.....	4
2.2.2 Koeling.....	5
2.2.3 Droog/bewaarwanden.....	7
2.3 Energie verbruik.....	8
2.3.1. Gas verbruik.....	8
2.3.2. Elektriciteitsverbruik.....	9
2.3.3. Warmte/krachtverhouding.....	10
2.3.4. Warmte/koude vraag.....	11
3.0 Energiebesparende investeringen.....	13
3.1 Opties.....	13
3.2 Warmtevoorziening cellen.....	13
3.2.1 Gebruik ketelhuis 2.....	14
3.2.2 Aanschaf nieuwe ketel.....	14
3.2.3 Kosten analyse.....	15
3.3 Inzet warmtepompsysteem.....	16
3.3.1 Principe van een warmtepomp.....	16
3.3.2 Beschrijving van het systeem.....	17
3.3.2.1 Algemeen.....	17
3.3.2.2 capaciteit warmtepomp.....	17
3.3.2.3 Koudebehoefte.....	18
3.3.2.4 Koudemiddel.....	19
3.3.2.5 warmteafgiftesysteem kas.....	19
3.3.3 Kosten.....	20
3.3.3.1 Bronsysteem.....	20
3.3.3.2. Extra kosten omzettingssysteem.....	20
3.3.3.3 Extra kosten warmte afgifte systeem.....	21
3.3.3.4 Extra energiekosten omzettingssysteem.....	21
3.3.3.5 Extra kosten herstel thermische balans.....	21
3.3.3.6 Energiekosten warmtepomp.....	21
3.3.4 Baten.....	21
3.3.4.1 Besparing gasverbruik.....	22
3.3.4.2 Verlaging stroomkosten nieuwe koelinstallatie.....	22
3.3.4.3 Verlaging energiekosten bestaande koelinstallatie.....	22
3.3.5 Overzicht van kosten en baten.....	22
3.4 Warmteterugwinning.....	27
3.4.1 Principe.....	27
3.5 Gecombineerde opwekking warmte en elektriciteit.....	29
3.5.1 Principe.....	29
3.5.2 Systeemkeuze.....	29
3.5.3. Kosten-batenanalyse.....	30
3.6 Gebruik bassinwater.....	31
3.6.1 Inleiding.....	31
3.6.2. Waterkwaliteit.....	32
3.6.3. Vervanging ondergrondse bron.....	33

3.6.4. Voorkoelen van ventilatielucht	35
3.6.5 Gebruik t.b.v. watergekoelde condensor	37
3.7 Gelijkstroommotoren.	38
4.0 Subsidies.....	39
5.0 Conclusies.	40

1.0 Inleiding.

Triflor BV gaat in verband met de onlangs uitgebreide oppervlakte schuurkas ook de opslagcapaciteit voor bloembollen uitbreiden. Omdat het een behoorlijke uitbreiding betreft is het een goed moment om stil te staan bij de energievoorziening op het bedrijf. AgroFocus is gevraagd om de energievoorziening in kaart te brengen en de economische haalbaarheid van diverse alternatieven te onderzoeken.

De energiekosten vormen namelijk een toenemend deel van de totale voortbrengingskosten op een tulpenteelt- en broeibedrijf. Voor de duurzaamheid van de bedrijfsvoering verdient de energievoorziening dus aandacht. In bestaande situaties is het echter vaak moeilijk om energiebesparende technieken technisch goed in te passen.

Er zijn in de bestaande situatie uiteraard allerlei installaties aanwezig t.b.v. de bedrijfsprocessen (drogen, koelen, verwarmen e.d.). Waar mogelijk zullen deze ingepast moeten worden in de duurzamere energievoorziening. Het rapport omvat daarom ook een beschrijving van bestaande installaties en de nieuw te bouwen cellen. Daarnaast is het energieverbruik op basis van door opdrachtgever aangeleverde gegevens in kaart gebracht. Al deze gegevens leiden tot een aantal mogelijke opties om de energievoorziening duurzamer te maken. Reeds beproefde energiebesparende investeringen zoals drogen met kaslucht, frequentieregelaars op circulatie ventilatoren, ethyleenmeters en verlichting met elektronische voorschakelapparatuur worden in deze haalbaarheidsstudie niet nader uitgewerkt. Het energiebesparingpotentieel van deze investeringen is reeds aangetoond en het rendement daarvan is veel minder afhankelijk van de specifieke bedrijfssituatie.

Duurzaamheid is hierbij voornamelijk economisch bepaald. Duurzaamheid in milieutechnische zin en de koppeling naar gebruik van steeds vernieuwbare energiebronnen staat minder centraal hoewel duurzaamheid meestal juist in die termen gedefinieerd wordt. Om deze duurzaamheid tot realiteit te maken zal een bedrijf economisch wel moeten overleven. Omdat daarbij vermindering van het energieverbruik bijna altijd aan de orde is, is er daarmee ook aandacht voor de milieutechnische aspecten van duurzaamheid. Voor het gebruik van vernieuwbare energiebronnen (energie uit zon, wind en biomassa) is het verband met economische duurzaamheid wat minder vanzelfsprekend.

2.0 Bestaande situatie.

2.1 Algemeen.

Om de bestaande installaties in de nieuwe opzet geheel of gedeeltelijk gebruikt zullen worden, worden deze hier kort beschreven. Daarnaast is het huidige energieverbruik met de bestaande installaties basis voor een nadere analyse. Voor een plaatsbepaling van de installaties wordt verwezen naar de tekening in bijlage 1

2.2 Installaties.

2.2.1 Verwarming.

Het bedrijf heeft de beschikking over twee ketelhuizen. De ketels in het oudste ketelhuis (ketelhuis 1) verzorgen de verwarming van de oudste kassen, en de cellen en droogwanden in de oudste bedrijfsgebouwen.

In 2003 is een nieuw ketelhuis (ketelhuis 2) gebouwd waarin een ketel de verwarming van de toen gebouwde kas verzorgt. De gegevens van de diverse ketels staan vermeld in tabel 1

Tabel 2.1: overzicht gegevens verwarmingsketels

Ketel huis	Brand-stof	Ketel merk	type	bouwjaar	nom. cap. kW	Brander	Rookgas-condensor
1	Aardgas	Buderus	SK 715	1992	1151-1250	overdruk	nee
	Aardgas	Biasi		1986	313-522	overdruk	nee
	Olie	Buderus					nee
2	aardgas	Deltamax		2003	2300	overdruk	ja

De verwarmingscapaciteit van de cellen is in de meeste gevallen niet bekend. Bij de gegevens van de cellen staan wel de berekende benodigde verwarmingscapaciteiten aangegeven. De beschrijving van het warmte afgiftesysteem in de kas is beperkt tot dat van de laatst gebouwde kas in 2003 die in 2007 iets meer dan verdubbeld is. De beide ketelhuizen zijn met elkaar verbonden door middel van een transportleiding en een warmtewisselaar.

Tabel 2.2: gegevens warmteafgifte systeem kas.

	Afd. 1	Afd. 2	Afd. 3	Afd. 4	Afd.1 ^a	Afd.2 ^a	Afd.3 ^a	Afd.4 ^a
Gootafstand m.	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27	4.27
Tralie m.	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
Aantal tralies	4	3	4	3	4	4	4	4
Vakmaat m.	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Aantal vakken	9.3	9.3	7.6	7.6	9.3	9.3	7.6	7.6
Verw buis ø 51								
Aantal/tralie	5	5	5	5	5	5	5	5
Totale lengte m.	837	628	684	513	837	837	684	684
Temp.traject	90-75	90-75	90-75	90-75	90-75	90-75	90-75	90-75
afgifte cap. kW	135	101	111	83	135	135	111	111
Verw buis ø 32								
Aantal/tralie	16	16	16	16	16	16	16	16
Totale lengte m.	2614	1961	2125	1594	2614	2614	2125	2125
Temp.traject	75-60	75-60	75-60	75-60	75-60	75-60	75-60	75-60
afgifte cap. kW	199	149	162	121	199	199	162	162
tot .afgifte W/m ²	156	156	156	155	156	156	156	156
% afgifte door hijsverwarming	60	60	59	59	60	60	59	59

De totale warmteafgifte capaciteit (berekend bij de gemiddelde watertemperatuur en een kastemperatuur van 21°C 2275 kW) is nagenoeg gelijk aan de capaciteit van de ketel in ketelhuis 2.

2.2.2 Koeling.

Er zijn op het bedrijf totaal 19 bewaarcellen en twee stoomcellen. Er worden nog vier bewaarcellen bij gepland. De meeste bewaarcellen zijn voorzien van koeling en verwarming. De leeftijd en de technische staat van de cellen is uiteenlopend. Voor de cellen met koeling geldt in de meeste gevallen dat per cel een aparte koelinstallatie is voorzien. In de volgende tabellen zijn de gegevens van de cellen opgenomen.

Tabel 2.3A: gegevens bewaarcellen.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Lengte m.	18	18	14.1	19.5	14.1	24	9.0	19.5
Breedte m.	10.8	10.8	6.0	11.5	6.0	14.5	4.5	11.5
gem hoogte m.	4.8	4.8	6.75	5.90	6.75	5.10	3.25	5.90
Opslagcap.								
Gaasbakken	6600	6600	4840	7700	4840	13200	600	7700
Trays opgepl	11500	11543	6184	16403	6047	6184	-	16221
Palletkisten	-	-	-	-	-	-	-	-
Verw cap kW ¹⁾	86	-	63	100	63	173	8	100
Aantal PV ²⁾	10	10	5	12	5	16	1	12
Circ ventilator	-	-	-	-	-	-	-	-
Koelcap kW H	Zie ³⁾	Zie ³⁾	26.8	66.5	30.7	78.3	9.6	78.2
Koelcap kW L	Zie ³⁾	Zie ³⁾	13.6	43.1	15.2	40.3	4.9	40.6
Compressor ⁴⁾	O	O	SH	SH	O	SH	H	O
Koudemiddel	R401A	R401A	R22	R507A	R12	R22	R22	R22
• Kg	35.7	35	19.9	89.5	24	40	8	62

1) berekende waarden

2) PV: plafondventilator

3) Capaciteit niet nader bepaald door beperkte technische documentatie

4) compressortype: O=open;SH=semi hermetisch; H=hermetisch

tabel 2.3B: gegevens bewaarcellen

	9	10	11	12	13	14	15	16
Lengte m.	24.5	16.5	8.0	8.0	8.0	8.0	25.0	20.0
Breedte m.	12.0	21.0	11.0	11.0	15.25	11.0	21.4	41.4
gem hoogte m.	4.50	4.85	4.75	4.75	4.75	4.75	5.65	5.65
Opslagcap.								
Gaasbakken		-	-	-	-	-	21560	13860
Trays opgepl		13200	3360	3360	4800	-	31666	20935
Palletkisten		400	120	120	180	120	-	-
Verw cap kW ¹⁾		251	75	75	113	75	282	181
Aantal PV ²⁾	12	-	-	-	-	-	20	16
Circ vent		20x9N _{sp}	6x9N _{sp}	6x9N _{sp}	9x9N _{sp}	6x9N _{sp}	-	-
Koelcap kW H		210	70	70	132	-	154	136
Koelcap kW L	25	105	35	35	66	-	91	68
Compressor ³⁾	O	O	O	O	SH	-	SH	
Koudemiddel	R22	R22 ⁴⁾	R22	R22	R22	-	R404A	
• Kg	50	300	150	150	69.3	-	266	

1) berekende waarden

2) PV: plafondventilator

3) compressortype: O=open;SH=semi hermetisch; H=hermetisch

4) twee aparte installaties 10A en 10B

Tabel 2.3C: gegevens bewaarcellen.

	Hal 3	Veiling- karren	BLC		1 N	2 N	3 N	4 N
Lengte m.	39.6	24.80	9.90		24.60	24.60	24.60	24.60
Breedte m.	21.6	21.60	9.90		21.50	21.50	21.50	21.50
gem hoogte m.	5.90	4.0	2.75		5.75	5.75	5.75	5.75
Opslagcap.								
Gaasbakken		-	-		16940	16940	16940	16940
Trays opgepl	41739		-		25200	25200	25200	25200
Palletkisten		-	-		-	-	-	-
Verw cap kW ¹⁾	-	65	-		222	222	222	222
Aantal PV ²⁾	-	8	-		20	20	20	20
Circ ventilator	-	-	-		-	-	-	-
Koelcap kW H	-	-			140	140	140	140
Koelcap kW L	96	66	n.t.b.		76	76	76	76
Compressor ³⁾	SH	SH	O					
Koudemiddel	R404A	R404A	R22					
• Kg	200	120	18					

1) berekende waarden

2) PV: plafondventilator

3) compressortype: O=open;SH=semi hermetisch; H=hermetisch

Het koudemiddel R22 maakt met 867 kg ruim de helft uit van de totale koudemiddelvulling. Vanaf 2010 mag alleen hergebruikte R22 worden ingezet. Vanaf 2015 is bijvullen met R22 verboden.

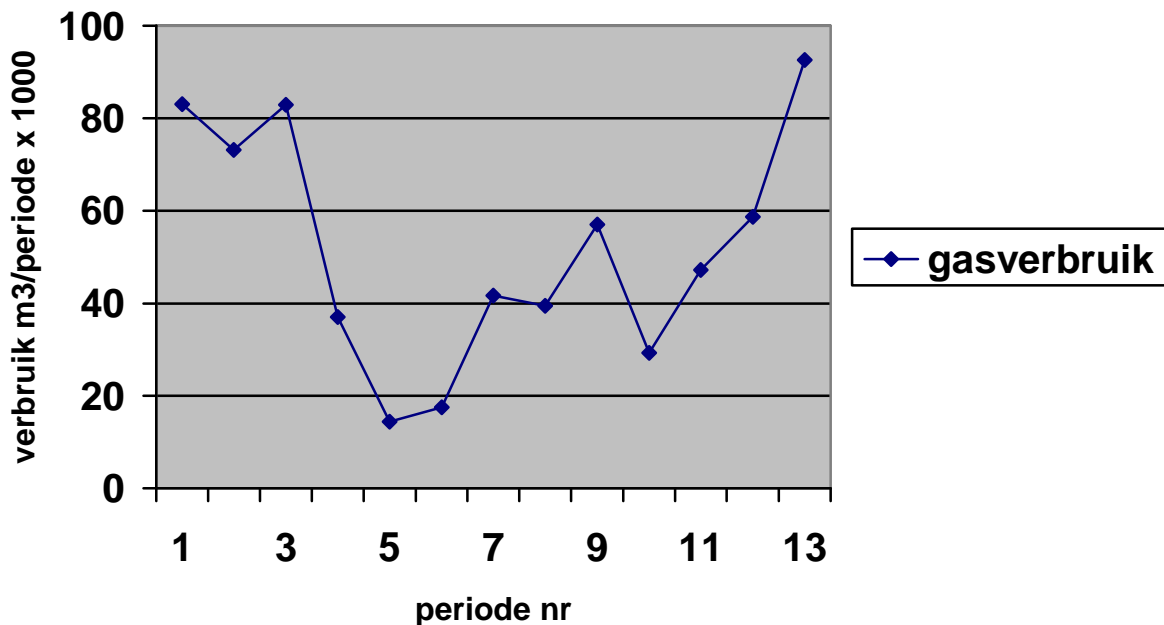
2.2.3 Droog/bewaarwanden.

Over het gehele bedrijf verspreid staan droogwanden opgesteld. Er zijn op dit moment 16 wanden uitgerust met verwarming waarvan 8 voor nadrogen en 41 wanden zonder verwarming. Elke wand is voorzien van een ventilator met een 2.2 kW motor. Het totale verwarmingsvermogen voor de droogwanden is geschat op circa circa 750 kW. In de haalbaarheidsstudie wordt het warmteverbruik meteen herleid uit het gasverbruik. Exacte bepaling van de verwarmingscapaciteit van de heaterblokken is door het ontbreken van technische documentatie moeilijk en gezien het ondergeschikte belang achterwege gelaten. In de nieuwe kas worden 6 droogwanden (in gebruik voor drogen met kaslucht) in 2009 voorzien van heaterblokken. Omdat het aantal wanden met verwarming beperkt is, worden cel 11 en 12 en soms cel 10 ook gebruikt voor (na)drogen.

2.3 Energie verbruik

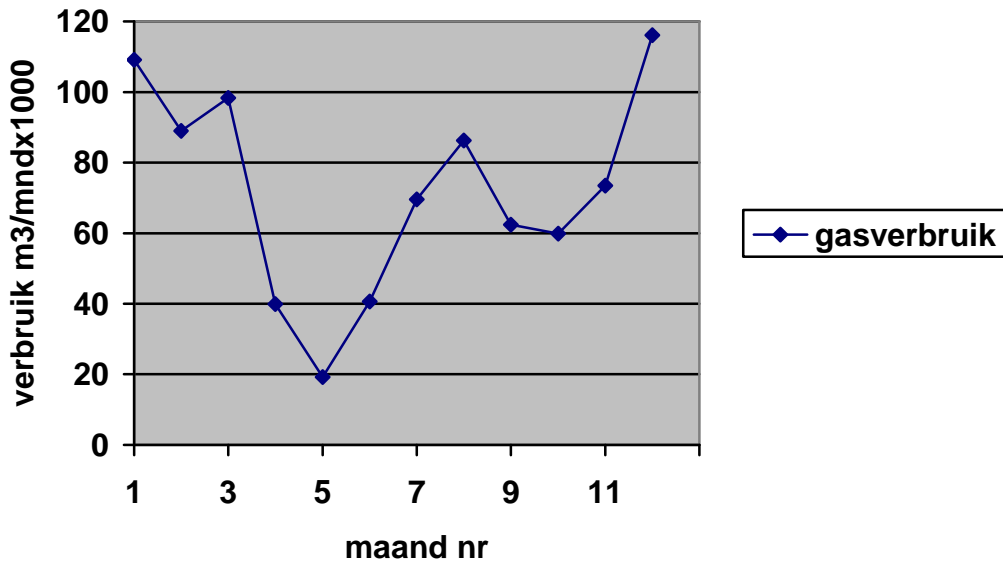
2.3.1. Gas verbruik

Op basis van de gegevens van 2006 en 2007 (MPS) ligt het verbruik op circa 675.000 m³/jaar. Op basis van de MPS gegevens is per periode gemiddeld over 2006 en 2007 het gasverbruik in kaart gebracht. Dit staat weergegeven in de volgende grafiek.



figuur 2.1: verloop van het gasverbruik per periode gemiddeld over 2006 en 2007.

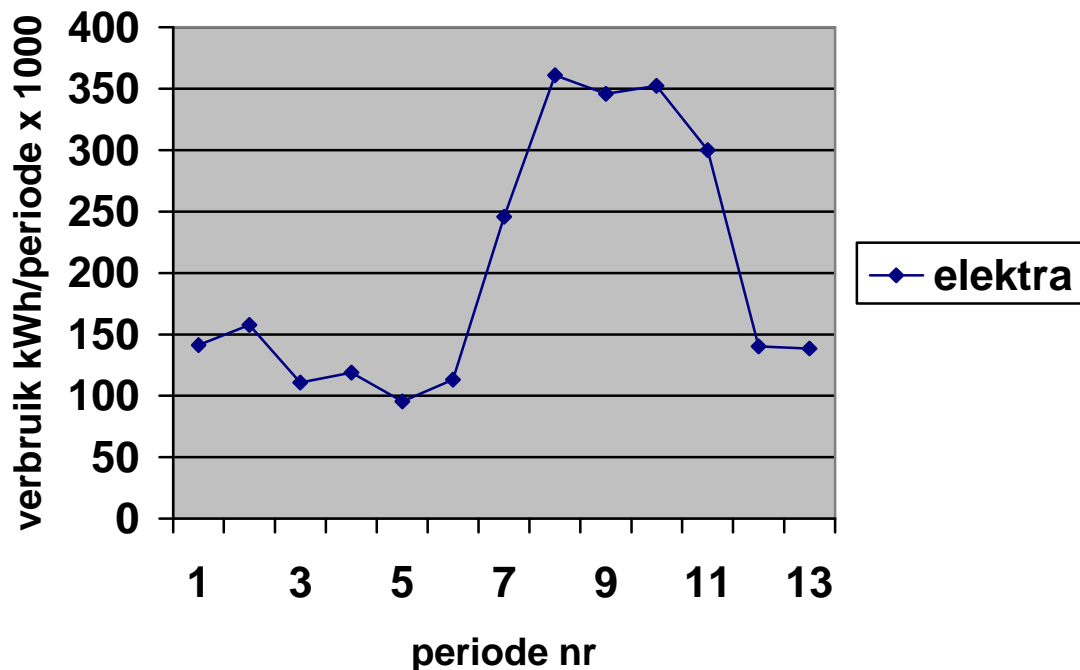
In het gasverbruik is de uitbreiding van de kas nog niet opgenomen. De uitbreiding is in januari 2008 in gebruik genomen. In het gasverbruik is wel het gebruik van de oudste kassen (circa 4000 m²) opgenomen. Berekeningen geven aan dat sloop van dit gedeelte van de kassen een vermindering van het gasverbruik met zich meebrengt dat circa 20% lager ligt dan het energieverbruik van de laatste uitbreiding van de nieuwe kas. Daarnaast is er een toename in het gasverbruik in de zomer omdat de opslagcapaciteit bollen uitgebreid wordt. De totale opslagcapaciteit neemt met 55% toe. Het huidige gasverbruik van de maanden juni t/m oktober is daarvoor gecorrigeerd. Op basis daarvan is het te verwachten gemiddelde verbruik vanaf de sloop van bestaande kassen en de uitbreiding met vier nieuwe cellen (2009) te berekenen. In figuur 2.2 is dat weergegeven.



figuur 2.2: berekend verloop van gasverbruik per maand vanaf 2009.

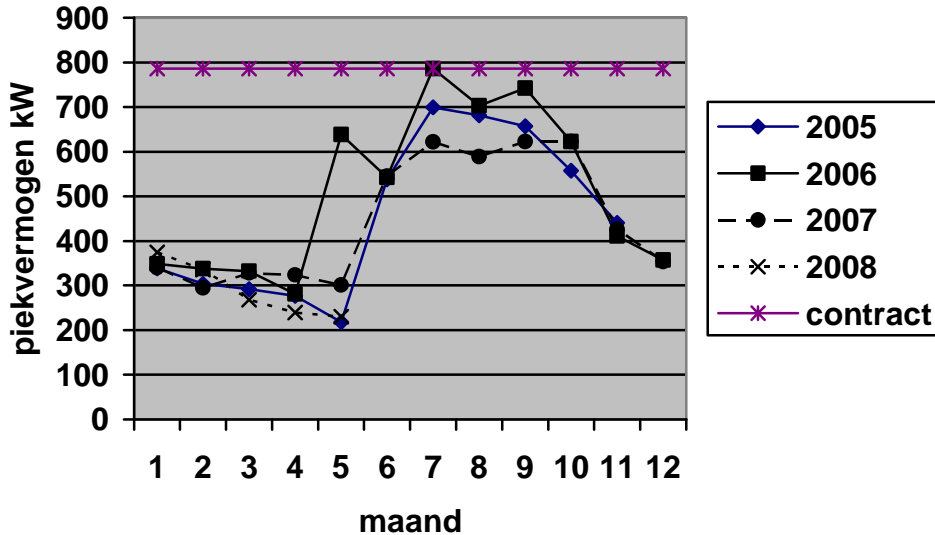
2.3.2. Elektriciteitsverbruik.

Op basis van de gegevens van 2006 en 2007 (MPS) ligt het verbruik op circa 2.6 miljoen kWh/jaar. Op basis van de MPS gegevens is per periode gemiddeld over 2006 en 2007 het elektriciteitsverbruik in kaart gebracht. Dit staat weergegeven in de volgende grafiek. Het laagste gemiddelde maandelijks gevraagd vermogen bedraagt 142 kW.



figuur 2.3: verloop van het elektriciteitsverbruik per periode gemiddeld over 2006 en 2007.

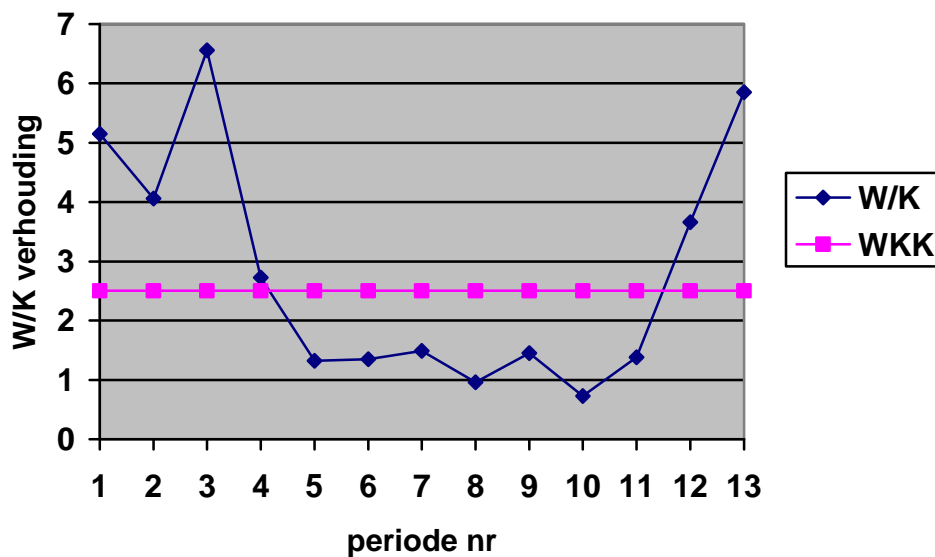
Het bedrijf beschikt over twee transformatoren van respectievelijk 400kVA en 630 kVA. Het gecontracteerd vermogen bedraagt 786 kW. Overschrijding van het gecontracteerde vermogen heeft de laatste jaren niet plaatsgevonden. Toch is het de laatste jaren voorgekomen dat de transformator van 630 kVA overbelast werd. Een sterk ongelijke verdeling van de belasting kan hieraan ten grondslag liggen. Het piekvermogen per maand over de laatste jaren is weergegeven in de volgende figuur.



figuur 2.4: piekvermogen per maand in de jaren 2005 t/m 2008.

2.3.3. Warmte/krachtverhouding

Het gas- en elektriciteitsverbruik laten grote verschillen in verloop zien. De verhouding tussen de het gasverbruik en het elektriciteitsverbruik is uit te drukken in de z.g. warmte/krachtverhouding. Daarbij zijn gas en stroom naar dezelfde energie eenheid omgerekend. In figuur 2.5 staat dit weergegeven.



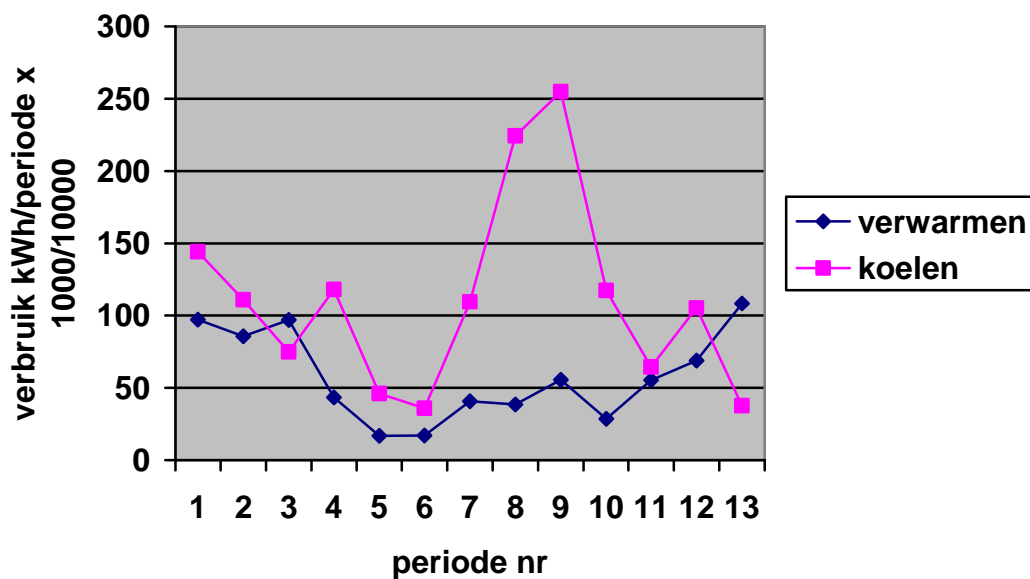
figuur 2.5: verloop van de verhouding tussen het elektriciteitsverbruik en gasverbruik gemiddeld over 2006 en 2007.

Als het gasverbruik van de nieuwe kasafdelingen wordt meegenomen zal de W/K verhouding in de perioden 12 t/m 3 nog iets verder toenemen.

Een gecombineerde warmte en krachtopwekking in de vorm van een WKK zou in dit geval betekenen dat er in de maanden januari t/m april en december veel elektriciteit aan het net geleverd moet worden. Een gecombineerde opwekking van warmte en kracht volgens het total energy concept behoort wel tot de mogelijkheden.

2.3.4. Warmte/koude vraag.

De koudebehoefte is niet door registratie vast te stellen en er zijn geen gegevens van vergelijkbare bedrijven voor handen. De koudebehoefte is daarom berekend op basis van de door opdrachtgever verstrekte gegevens over de temperatuurregimes in de diverse cellen, de bezettingsgraad en de beschikbare gegevens over de koeltechnische installaties. Daarbij zijn alleen de cellen 10 t/m 16 in beschouwing genomen omdat de situering van deze cellen en installaties een eventuele gecombineerde opwekking van warmte en koude mogelijk maken. Bovendien zijn deze installaties in een technisch redelijk goede tot goede staat. Cel nr 9 heeft een wat afwijkend gebruik, staat de helft van de tijd leeg en zal i.v.m. de uitbreiding ook aangepast worden. Deze cel is daarom in het geheel niet meegenomen.



figuur 2.6: gemiddeld verbruik voor verwarmen (kWh/periode x 10.000) over 2006 en 2007 en berekend verbruik voor koelen (kWh x 1000)

Hoewel er uitgedrukt in kWh veel minder energie nodig is voor het koelen dan voor het verwarmen, is het verloop met name in de kasperiode beter op elkaar afgestemd dan bij verwarmen en elektriciteit.

3.0 Energiebesparende investeringen.

3.1 Opties

Bij het beoordelen van de verschillende opties voor energiebesparende investeringen is er een aantal factoren die de keuzes inperkt/bepaalt:

- 1) de technische staat en de ligging van het complex cellen 1 t/m 8 is zodanig dat het inpassen van de bestaande installaties van deze cellen in een energiebesparend concept geen reële optie is.
- 2) De technische uitvoering van de installaties van het complex cellen 9 t/m 14 sluit inpassing van deze installaties in een mogelijk warmtepompsysteem uit.
- 3) De cellen 15 en 16 komen wel in aanmerking voor inpassing in een mogelijk warmtepompsysteem.
- 4) Gezien de uitbreiding van de opslagcapaciteit is een grotere verwarmingscapaciteit voor de zomerperiode noodzakelijk.
- 5) Gezien de aard van de bestaande bebouwing is bouwkundige aanpassingen voor centrale aanvoer en afvoer van ventilatielucht (met het oog op warmteterugwinning) geen reële optie.
- 6) Bouwkundige aanpassingen/voorzieningen aan de nieuw te bouwen cellen t.b.v. energiebesparende investeringen zijn wel mogelijk.

Op basis van deze randvoorwaarden zijn de volgende onderdelen onderzocht.

- 1) warmtevoorziening van de cellen
- 2) warmtepompsysteem met combinatie koelen/verwarmen en ondergrondse opslag van warmte en koude.
- 3) Warmteterugwinning uit ventilatielucht
- 4) Inzet van gecombineerde warmte en elektriciteitsopwekking
- 5) Gebruik van gelijkstroombmotoren.

3.2 Warmtevoorziening cellen.

Het bestaande ketelhuis 1 verzorgt de warmtebehoefte van alle cellen. De ketel in ketelhuis 2 is bestemd voor verwarming van het nieuwe kassencomplex en staat in de zomerperiode stil. Op basis van de opslagcapaciteit van de bestaande cellen bedraagt de benodigde maximale verwarmingscapaciteit 1730 kW. Daarbij komt dan nog de benodigde warmte voor de droogwanden. Uiteraard is de maximale behoefte maar een beperkt deel van de tijd nodig. Dat sluit aan bij de ervaring van de gebruiker dat het door de Buderus ketel van 1150 kW geleverde vermogen meestal voldoende is en dat soms de Biasi ketel met een vermogen van maximaal 522 kW moet bijkomen. In de nieuwe situatie wordt de opslagcapaciteit verhoogd met 67.760 gaasbakken. Dat resulteert in een extra maximaal vermogen van bijna 900 kW. Zonder verdere aanpassingen zal het maximaal benodigde vermogen om de gewenste condities te realiseren niet gehaald kunnen worden. Er zijn meerdere opties om dit probleem op te lossen. Twee alternatieven zijn berekend:

- 1) gebruik van de bestaande ketel in ketelhuis 2 gedurende de zomer zodat de ketels in ketelhuis 1 niet meer nodig zijn.

- 2) In ketelhuis 1 een nieuwe ketel plaatsen in plaats van de Biasi ketel waarmee het vermogen wordt opgevoerd tot circa 2300 kW.

3.2.1 Gebruik ketelhuis 2

Bij uitvoering van deze optie levert dit ketelhuis alle benodigde warmte in het bedrijf gedurende het gehele jaar. De benodigde investeringen daarvoor zijn:

- Aanpassen van de verdeler in ketelhuis 2
- Nieuwe transportpomp in ketelhuis 2
- Aanleg van circa 460 m leidingwerk (aanvoer en retour)

De exploitatiekosten van deze aanpassing zijn:

- Rente, afschrijving en onderhoud van de benodigde investeringen
- Energiekosten van de pomp.
- Warmteverlies door de leidingen.

3.2.2 Aanschaf nieuwe ketel.

Bij deze optie wordt de bestaande ketel Biasi vervangen door een ketel met een nominaal vermogen van circa 1100 kW. De benodigde investeringen van de ze optie zijn:

- Aanschaf van een nieuwe ketel.
- Ontmantelen en afvoeren van de Biasi ketel
- EBI nieuwe ketel.

De exploitatiekosten van deze optie zijn:

- Rente en afschrijving van de nieuw aangeschafte ketel
- Kosten van het wettelijke verplichte onderhoud en de periodieke inspectie

De aanpassing van de verdeler in ketelhuis 1 is in beide opties nodig, beïnvloedt de beslissing dus niet, en is dan ook niet in de berekening opgenomen.

De ketel in ketelhuis 2 heeft een goed rendement wat zeker hoger ligt dan het rendement van de bestaande Buderus ketel. Een nieuw aan te schaffen ketel (met een beter rendement als de Biasi ketel) voor ketelhuis 1 gaat vermoedelijk als eerste ketel functioneren. Bij de optie van een warmtepompsysteem wordt deze nieuwe ketel voorzien van een rookgascondensator. Door de beperktere capaciteitsregeling bij de optie van één ketel wordt het betere rendement ook deels teniet gedaan omdat bij een lagere warmtevraag de ketel vaker in – en uitschakelt. Het aspect van een mogelijk beter rendement is daarom niet in de beschouwing betrokken.

Een aspect wat niet in geld is uit te drukken, maar wel degelijk meegewogen moet worden is de kwetsbaarheid. Bij de optie dat ketelhuis 2 in de totale warmtebehoefte voorziet is de kwetsbaarheid groter dan wanneer meerdere ketels ter beschikking staan. Dat betekent dat de voordelen van een ketel wel behoorlijk groot moeten zijn om tot daartoe te besluiten.

3.2.3 Kosten analyse.

Op grond van het voorgaande is de voor beide opties de volgende kosten analyse op te stellen.

Tabel 3.1: analyse van de kosten van twee opties voor de warmtevoorziening van de cellen.

Kosten	Optie 1	Optie 2
Investeringskosten		
• Aanpassing verdeler	€ 1.300,=	
• Transportpomp	€ 4.200,=	
• Leidingwerk incl.isolatie	€ 19.150,=	
• Ketel P _{nom} 1100 kW		€ 28.000,=
• EBI		€ 800,=
• Ontmantelen en afvoer bestaande ketel		€ 750,=
Jaarkosten		
• Rente/afschrijving/onderhoud ¹⁾	€ 2.900,=	€ 2.900,=
• PO en PI 2 ketels		€ 1.600,=
• Pompenergie ²⁾	€ 800,=	-
• Warmteverlies ²⁾	€ 1.250,=	-
Totale jaarkosten	€ 4.950,=	€ 4.500,=

1) de rente en afschrijving van de bestaande Buderus ketel zijn niet meegenomen.

2) totaal circa 120 dagen (½ juni t/m ½ oktober). Elektriciteit € 0,11/kWh; gas € 0,34/m³

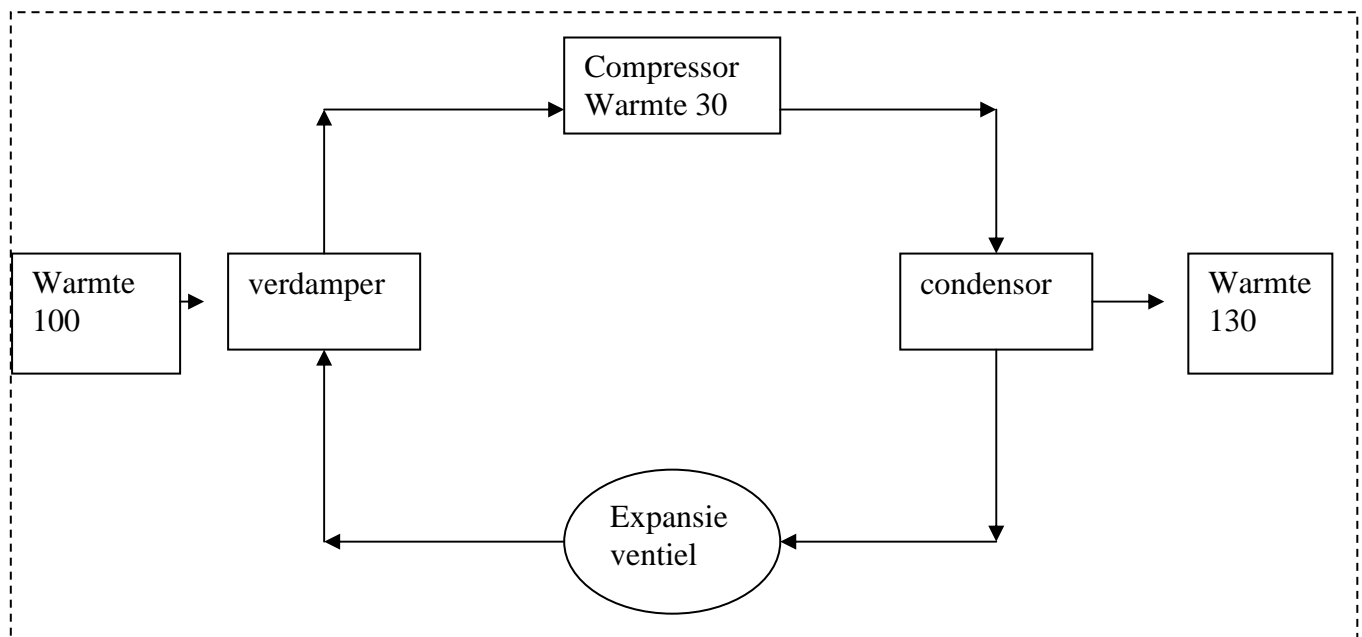
Deze globale kostenanalyse geeft aan dat de keuze voor het gebruik van een ketel voor de totale energievoorziening van het bedrijf slechter is dan de optie waarbij de verwarmingscapaciteit in ketelhuis 1 wordt uitgebreid.

Deze conclusie heeft belangrijke consequenties voor een eventuele inzet van een warmtepomp systeem. Omdat de warmtevoorziening in de zomer en in de winter van verschillende ketelhuisen komt zijn extra thermische koppelingen nodig. Deze werken kostprijsverhogend

3.3 Inzet warmtepompsysteem.

3.3.1 Principe van een warmtepomp.

Bij het opwekken van koude ontstaat altijd afvalwarmte. Dat is de warmte die vrijkomt uit het af te koelen product of de af te koelen ruimte. Daarnaast ontstaat warmte als gevolg van het feit dat het koudemiddel dat door warmte opname verdampt is, weer samengeperst moet worden onder hoge druk om weer vloeibaar te kunnen worden. In schema ziet dat er als volgt uit.



figuur 3.1: principe van een koelinstallatie.

Een warmtepomp is niets anders dan een koelinstallatie. Het enige verschil is dat zowel de koude als de warmte nuttig gebruikt worden. Als het kan meteen, als het niet kan door opslag van koude en warmte in de bodem.

Warmtepompsystemen werken wat verwarming betreft wel op veel lagere temperaturen dan verwarmingsketels. Watertemperaturen liggen tussen de 50°C voor de aanvoer en 40°C voor de retour, terwijl bij verwarmingsketels de temperaturen liggen tussen de 90°C voor de aanvoer en de 70°C voor de retour. Er zijn twee duidelijke gevolgen van deze lagere temperaturen: 1) warmtewisselaars voor luchtverwarming moeten bijna 3 x zo'n groot oppervlak hebben om dezelfde capaciteit te halen. Ook het benodigde pompvermogen is twee keer zo groot dan bij een normaal verwarmingssysteem. Daarnaast is opslag van koude en warmte nodig omdat de behoefte aan koude en warmte maar een deel van de tijd samenvalt. Op basis van de figuur 2.6 is te zien dat de gelijktijdigheid hoog kan zijn op dit bedrijf

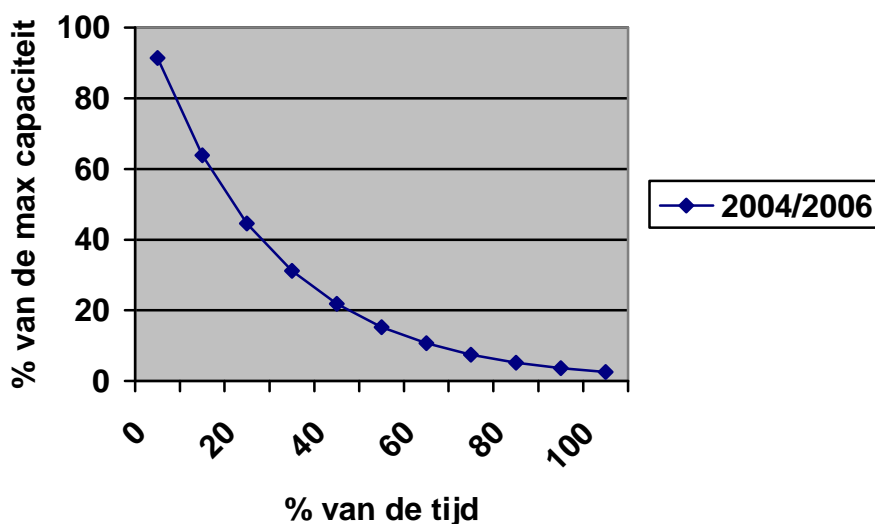
3.3.2 Beschrijving van het systeem.

3.3.2.1 Algemeen.

Gezien de bestaande aanwezige installaties en de eis van thermische balans wordt gekozen voor een systeem waarbij de warmtepomp het hele seizoen zoveel mogelijk lage temperatuur warmte levert. De aanwezige CV ketel dekt de pieklast. Om de thermische balans onder alle omstandigheden te kunnen garanderen is er de mogelijkheid om een rookgascondensor t.b.v. de nieuwe ketel in te zetten, warmte te onttrekken aan de buitenlucht of een WKK met beperkte capaciteit in te zetten.

3.3.2.2 capaciteit warmtepomp

Gezien de scheve verhouding tussen de benodigde koelcapaciteit en verwarmingscapaciteit kan de warmtepomp niet zo groot zijn omdat anders als gevolg van de benodigde warmteproductie veel te veel koude geproduceerd zou worden. Het is echter een bekend gegeven dat de benodigde maximale warmtecapaciteit voor de kasverwarming slechts zelden aangesproken wordt. In de z.g. jaarbelastingduurkromme is dat goed te zien. Voor Triflor is deze niet bekend. Voor een vergelijkbaar tulpen broeibedrijf is deze wel bekend en weergegeven in figuur 3.2



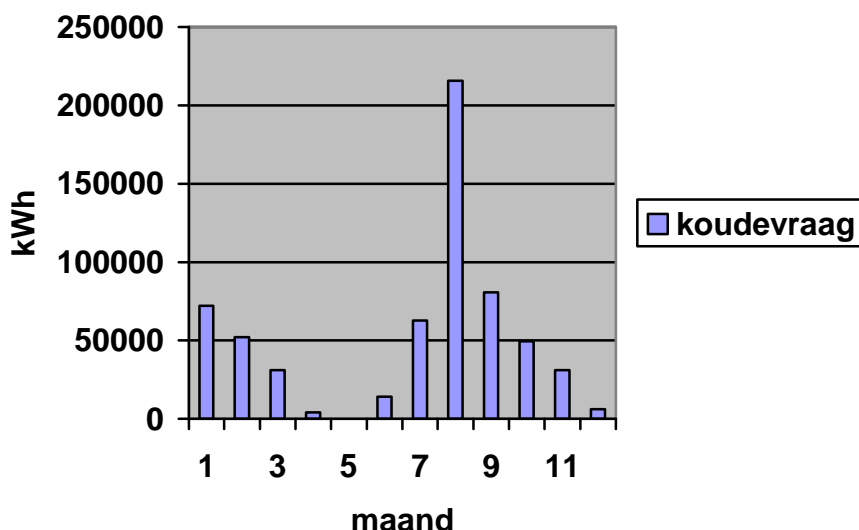
figuur 3.2: jaarbelastingduurkromme van de verwarming. Gebaseerd op statistisch bewerkte gegevens van een tulpen broeibedrijf gemiddeld over de periode 2004 t/m 07/2006

Zo wordt slechts in 10% van de tijd 64% van de maximale capaciteit gevraagd. Een aanspraak op 45% van de maximale capaciteit treedt in 20% van de tijd op. De maximale capaciteit wordt slecht gedurende 0.2% van de tijd aangesproken. In deze statisch bewerkte gegevens komt dat er niet eens uit. Het geeft wel aan dat een warmtepomp afgestemd op de koudebehoefte (en dus beperkt in capaciteit) toch een behoorlijke bijdrage kan leveren aan de

verwarmingsbehoefte uitgedrukt in % van het totale energieverbruik. Deze z.g. basislast is een aanvulling op de bestaande ketelcapaciteit. Bij dit zg. bivalent parallel bedrijf van de warmtepomp levert de verwarmingsketel de aanvullende capaciteit.

3.3.2.3 Koudebehoefte.

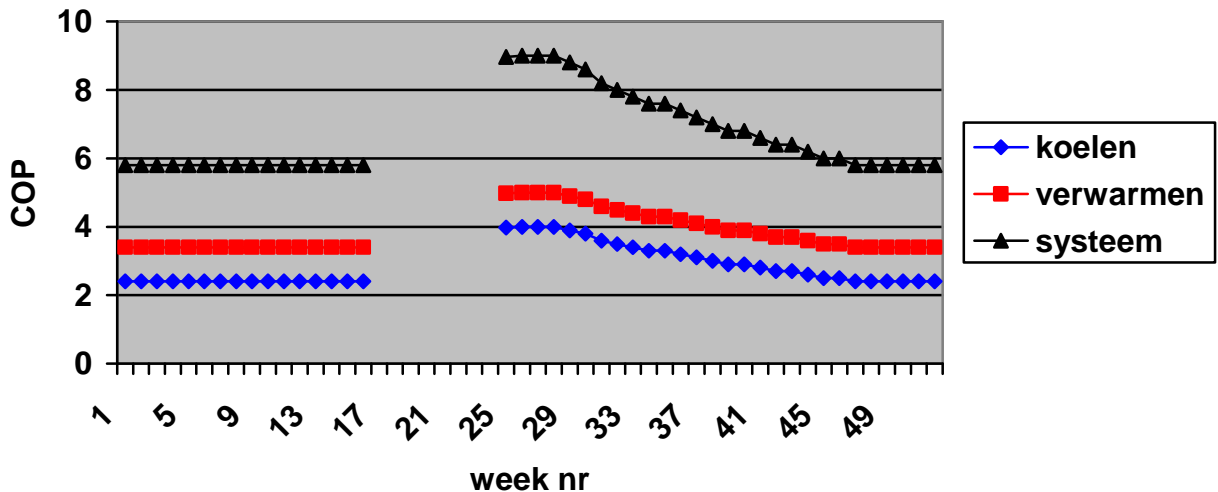
De koudebehoefte is in de nieuwe situatie anders dan wat eerder berekend is. Alleen de vier nieuw te bouwen cellen en de bestaande cellen 15 en 16 kunnen in een dergelijk warmtepompsysteem opgenomen worden. Zoals al eerder aangegeven zijn geen gegevens van de koudebehoefte bekend, maar zijn deze berekend op basis van gegevens van de installaties, bezettingsgraad en bewaarregimes. De berekende koudebehoefte staat weergegeven in figuur 3.3



figuur 3.3: berekende koudebehoefte in kWh voor de cellen 15 en 16 en vier nieuw te bouwen cellen.

Als benadering van de capaciteit wordt uitgegaan van een warmtepompsysteem die gedurende het gehele broeiseizoen en ook in de zomermaanden draait. In de zomermaanden wordt de warmte benut voor thermische compensatie. In de broeiperiode is de COP¹⁾ van koelen en verwarmen wat lager omdat de bewaartemperatuur in de cellen laag is. De COP van het systeem is weergegeven in de volgende figuur. De achtergronden daarvan worden hier niet verder toegelicht. De berekeningen zijn gebaseerd op de opgegeven celtemperaturen.

1) COP:coëfficiënt of performance: het opgewekte koel- of verwarmingsvermogen (uitgedrukt in kW) per kW opgenomen elektrisch vermogen.



figuur 3.4: berekende COP voor een warmtepompsysteem voor de nieuwe cellen.

Op basis van de COP voor verwarmen en koelen in het broeiseizoen en de mogelijkheid om in de zomer de thermische balans te herstellen, wordt de warmtepomp capaciteit vastgesteld op 180 kW.

3.3.2.4 Koudemiddel

Voor het warmtepompsysteem wordt gekozen voor het koudemiddel ammoniak. Dit koudemiddel heeft bij hogere temperaturen nog steeds een goede COP. Gezien de opstelling van de cellen, de aanwezigheid van personeel en de mogelijk benodigde tijd voor de vergunningenprocedure is uitgegaan van een indirect systeem waarmee de koudemiddelinhoud onder de 200 kg kan blijven. Er hoeft dan geen milieuvergunning aangevraagd te worden.

3.3.2.5 warmteafgiftesysteem kas

In de nieuwe kas is een systeem van vaste buizen (Ø 51 mm) en hijsverwarming (Ø 31.8 mm) geïnstalleerd. Dit systeem voldoet en hoeft daarom ook niet aangepast of uitgebreid te worden. Gezien de relatief lage temperaturen waarmee een warmtepompsysteem werkt, is het voor de hand liggend om de hijsverwarming als lage temperatuurnet te gebruiken. Totaal is in de hele kas circa 17.800 m hijsverwarming geïnstalleerd. Op basis van een aanvoertemperatuur van 50°C, een retourtemperatuur van 40°C en een kastemperatuur van 16°C bedraagt de afgiftecapaciteit bijna 750 kW. Dat is veel meer dan door de warmtepomp geleverd kan worden. De warmtepomp installatie dient dus voorzien te worden van een bijmengregeling vanuit de ketelinstallatie. Op basis van de temperatuureisen die per afdeling kunnen verschillen zal later in overleg moeten worden vastgesteld of het gehele bestaande hijsverwarmingsnet of slechts een gedeelte daarvan aangesloten moet worden.

3.3.3 Kosten

De kosten voor het warmtepompsysteem bestaan uit een aantal onderdelen:

- 1) Het bronsysteem
- 2) Extra kosten voor het omzettingssysteem (de warmtepomp)
- 3) Extra kosten voor het warmte afgifte systeem
- 4) Extra energiekosten omzettingssysteem
- 5) Extra kosten voor het herstellen van de thermische balans.
- 6) Energiekosten voor het aandrijven van de warmtepomp.

De onderdelen 1 t/m 3 betreffen investeringskosten die omgerekend moeten worden naar exploitatiekosten. Per onderdeel worden dezelfde afschrijvingsperioden en onderhoudskosten aangenomen. De rente op het geïnvesteerde vermogen wordt in alle gevallen op 6% gesteld. De restwaarde wordt in alle gevallen op nul gesteld. De prijs per kWh elektriciteit is gebaseerd op een gemiddelde prijs over de levensduur van de installatie waarbij een trendmatige stijging van 5% per jaar is aangehouden. Datzelfde geldt overigens voor de prijs van aardgas.

3.3.3.1 Bronsysteem

De kosten voor het bronsysteem omvatten de kosten voor de twee bronnen, de warmtewisselaar, de pompen en de benodigde meet – en regelapparatuur. Daarnaast zijn de kosten voor bodemonderzoek en de vergunningenprocedure (inclusief MER) in deze kostenpost opgenomen. Mocht er in de bodem ter plekke veel gas zitten dan worden de kosten iets hoger. Er is gekozen voor een open bronsysteem. De mogelijkheid om met heipalen slangen in de grond te brengen (gesloten systeem) is overwogen. Op basis van de ervaringen met de laatste uitbreiding waarbij cel 15 en 16 zijn gebouwd is door de bouwondernemer ingeschat dat er onder de funderingsbalken 50 heipalen met een lengte van 15.5 m en onder de vloer van de huidige kas 7 180 heipalen met een lengte van 15.5 m nodig zijn. Het totaal beschikbare vermogen bedraagt daarmee circa 90 kW. Het op deze manier beschikbare vermogen is te klein, terwijl de kosten van dit bronsysteem met circa € 45.000,= in de buurt komen van een open bron met een dubbele capaciteit.

3.3.3.2. Extra kosten omzettingssysteem

Het betreft hier extra kosten die veroorzaakt worden door het feit dat de koelinstallatie als een indirect systeem i.p.v. als een direct systeem uitgevoerd moet worden. Daarnaast vallen hieronder de extra kosten voor de procesregeling omdat de combinatie van CV ketel met een warmtepompsysteem om een aangepaste procesregeling (voorkeursregeling) vraagt.

3.3.3.3 Extra kosten warmte afgifte systeem.

De extra kosten voor het warmte afgifte systeem bestaan uit extra buizen Ø 51 mm. De warmteafgifte van het hijsverwarmingsnet is bij een gemiddelde buistemperatuur van 45°C ongeveer de helft is van die bij een gemiddelde buistemperatuur van 67.5°C waarop het systeem nu is uitgelegd. Omdat het aandeel hijsverwarming groot is kan het achterwege blijven van die aanpassing ertoe leiden dat in extreme weersomstandigheden de gewenste temperatuur kortstondig niet gehaald wordt. Extra buizen op het hijsverwarmingsysteem is technisch moeilijker te realiseren en brengt ook meer lichtverlies met zich mee. Daarnaast is bijmenging van de ketel noodzakelijk.

3.3.3.4 Extra energiekosten omzettingssysteem.

Een indirect systeem vraagt een lagere verdampingstemperatuur dan een direct systeem. Dat maakt de koudeopwekking in principe duurder. Voor het bepalen van deze extra kosten wordt voor een direct systeem uitgegaan van R507. Omdat er gewerkt wordt met ammoniak en omdat de condensatietemperatuur constant lager ligt dan bij een direct systeem met een luchtgekoelde condensor is er een klein positief verschil ten gunste van het indirecte systeem.

3.3.3.5 Extra kosten herstel thermische balans.

De thermische balans in de bodem moet over een periode van drie jaar gemeten in orde zijn. Omdat er meer koude wordt opgewekt dan er met geproduceerde warmte wordt gecompenseerd, is het geheel niet in evenwicht. In de bestaande situatie wordt in de zomer gebruik gemaakt van een ketel zonder rookgascondensor. Dat is ook logisch omdat er in de zomer geen lage temperatuur net in gebruik is. Bij vervanging van een van de ketels die 's zomers in gebruik is, wordt wel een rookgascondensor voorzien. De restwarmte uit het gas wordt dan benut voor het herstellen van de warmtebalans. Daarmee wordt een belangrijke bijdrage geleverd aan het herstellen van de warmtebalans. De kosten van de rookgascondensor en de thermische koppeling aan het warmtepompsysteem zijn extra kosten die gemaakt worden samenhangend met de keuze voor het warmtepompsysteem.

3.3.3.6 Energiekosten warmtepomp.

Feitelijk resulteert het gebruik van een warmtepomp in een omwisseling van gas voor elektriciteit. Het elektriciteitsverbruik is gebaseerd op de draai uren van de warmtepomp, en de COP.

3.3.4 Baten

De baten van de inzet van een warmtepompsysteem in deze situatie zijn:

- 1) besparing op het gasverbruik van de CV ketel.
- 2) Verlaging van de stroomkosten van de nieuwe koelinstallatie.
- 3) Verlaging van de stroomkosten van de huidige koelinstallatie.

3.3.4.1 Besparing gasverbruik.

De warmte opgewekt door de warmtepomp hoeft niet opgewekt te worden door de CV ketel en resulteert dus in een vermindering van het gasverbruik. Voor de bepaling van de vermindering van het gasverbruik is uitgegaan van een ketelrendement van 84% op basis van de bovenwaarde van aardgas (35.17 MJ/m³)

3.3.4.2 Verlaging stroomkosten nieuwe koelinstallatie.

Los van het feit dat een indirect systeem met ammoniak en een watergekoelde condensor kennelijk minder energie kost dan een conventionele koelinstallatie (zie 6.1.2.) ligt de grootste besparing in het feit dat als de warmtepomp draait voor het opwekken van warmte er geen extra stroom nodig is voor het koelen. Dat geldt uiteraard alleen voor het opwekkingsgedeelte. De verdamperventilatoren vragen uiteraard altijd extra stroom of de warmtepomp nu draait voor verwarming of niet.

3.3.4.3 Verlaging energiekosten bestaande koelinstallatie.

De bestaande koelinstallatie (cel 15 en 16) wordt voorzien van een watergekoelde condensor. De warmte van de koelinstallatie is hard nodig om de thermische balans in evenwicht te krijgen. Het gevolg is dat de koelinstallatie jaarrond op een lagere condensatietemperatuur kan draaien. De weersinvloeden op de condensatietemperatuur spelen immers geen rol meer terwijl dat bij een luchtgekoelde condensor (situatie nu) wel het geval is.

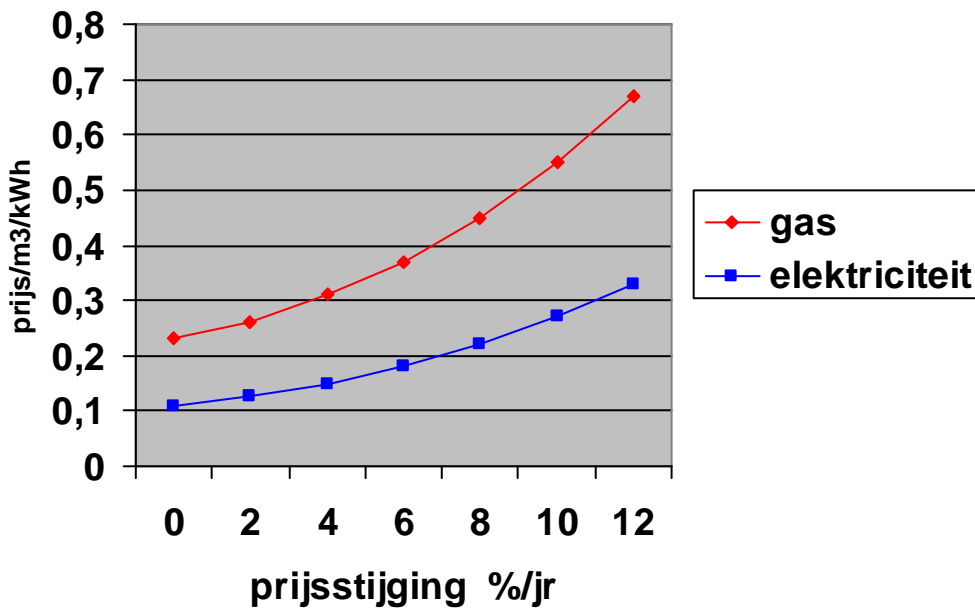
3.3.5 Overzicht van kosten en baten

In de volgende tabel is het overzicht van kosten en baten in de vorm van een exploitatie overzicht weergegeven. Daarbij is een levensduur van installaties aangehouden van 15 jaar. Het gehanteerde rentepercentage voor berekening van de kosten van het geïnvesteerde vermogen is 6%. De restwaarde is in alle gevallen op nul gesteld. Voor de onderhoudskosten is 2.5% per jaar gerekend. Let wel het gaat niet om alle exploitatie kosten alleen van die onderdelen die op de keuze voor een warmtepompsysteem betrekking hebben.

Tabel 3.2: overzicht van kosten en baten van WP en conventioneel systeem.

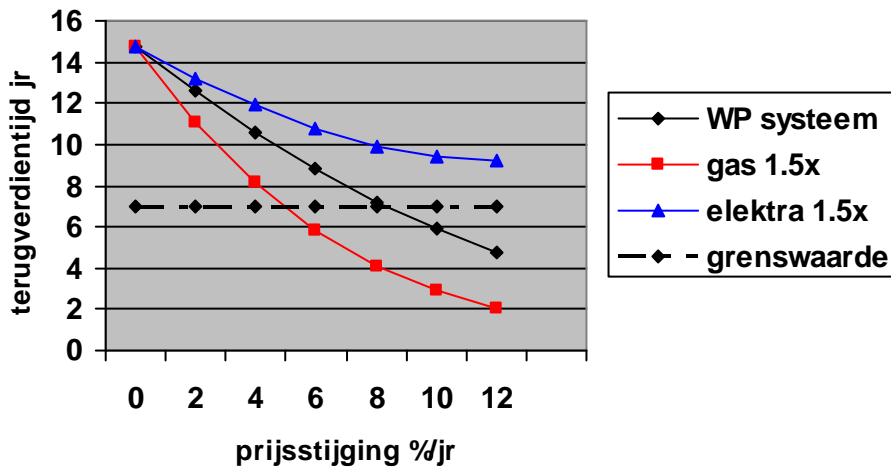
Kostenpost	Investering/ hoeveelheid	warmtepompsysteem	Conventioneel systeem
Warmtepompsysteem	€ 675.000,=		
• Afschrijving		€ 45.000,=	
• Rente		€ 20.250,=	
• Onderhoud		€ 16.875,=	
<i>Totaal vaste kosten</i>		€ 82.125,=	
Conventioneel koeling	€ 280.000,=		
• Afschrijving			€ 18.667,=
• Rente			€ 8.400,=
• Onderhoud			€ 7.000,=
<i>Totaal vaste kosten</i>			€ 34.067,=
Energie WP systeem			
Gasverbruik	536.434 m ³	€ 182.233,=	
Elektriciteitsverbruik	395.349 kWh	€ 65.974,=	
<i>totaal variabele kosten</i>		€ 248.207,=	
Energie conventioneel			
Gasverbruik	864.104 m ³		€ 293.547,=
Elektriciteit koeling	165.251 kWh		€ 27.576,=
<i>Totaal variabele kosten</i>			€ 321.123,=
Totale exploitatiekosten		€ 330.332,=	€ 355.190,=
Netto rendement WP		€ 24.858,=	
Terugverdientijd		9.7 jaar	

In de berekeningen is de trendmatige stijging van de prijzen voor aardgas en elektriciteit van zeer grote invloed op het rendement en dus de terugverdientijd. Voor diverse trendmatige stijgingspercentages is de gemiddelde prijs voor een m³ gas en een kWh elektriciteit over de levensduur van de installaties berekend. De prijzen staan weergegeven in de volgende figuur

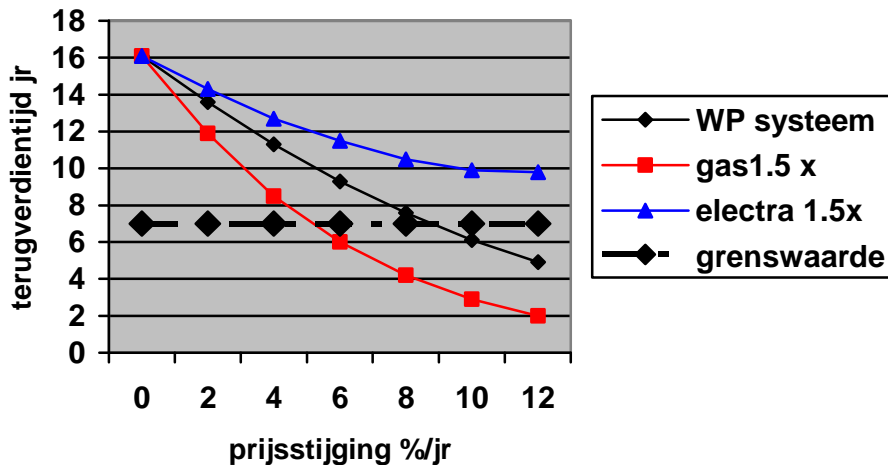


figuur 3.5: de gemiddelde prijs voor gas en elektriciteit over een periode van 15 jaar bij diverse trendmatige prijsstijgingspercentages per jaar.

De invloed van de trendmatige prijsverhogingen op de terugverdientijd is enorm groot zo blijkt uit de volgende figuren.



figuur 3.6: terugverdientijd warmtepompsysteem bij verschillende trendmatige prijsstijgingspercentages per jaar bij een rente van 6%.



figuur 3.7: terugverdientijd warmtepompsysteem bij verschillende trendmatige prijsstijgingspercentages per jaar bij een rente van 8%.

Een terugverdientijd die langer is dan 7 jaar is economisch niet verantwoord. De hier berekende terugverdientijden zijn exclusief subsidie effecten.

Er is een mogelijkheid om met een energiedak in de zomer warmte op te slaan in de bodem die in de winter gebruikt wordt. Het warmtepompsysteem kan daardoor groter worden. Het vraagt naast het energiedak waarvan de extra investering al circa € 100/m² bedraagt (in vergelijking met een gewoon dak) ook de investering in een koelinstallatie voor de nieuwe cellen. Daarnaast zal het stroomverbruik toenemen omdat de warmte uit de koelinstallatie nu niet direct wordt afgegeven aan het lage temperatuur verwarmingsnet maar aan de warmtepomp. Het stroomverbruik van de koelinstallatie zal afnemen omdat deze installatie nu bij een iets hogere verdampingstemperatuur kan werken. Om al deze effecten goed in kaart te brengen is deze optie in vervolg op de nu berekende terugverdientijden voor bovenbeschreven systeem nog nader uitgewerkt. In tabel 3.3 is de rendementsberekening weergegeven.

Tabel 3.3: overzicht van kosten en baten van WP met energiedak en conventioneel systeem.

Kostenpost	Investering/ hoeveelheid	warmtepompsysteem	Conventioneel systeem
Warmtepompsysteem	€ 735.000,=		
• Afschrijving		€ 49.000,=	
• Rente		€ 22.050,=	
• Onderhoud		€ 18.375,=	
<i>Totaal vaste kosten</i>		€ 89.425,=	
Conventioneel koeling	€ 280.000,=		
• Afschrijving			€ 18.667,=
• Rente			€ 8.400,=
• Onderhoud			€ 7.000,=
<i>Totaal vaste kosten</i>			€ 34.067,=
Energie WP systeem			
Gasverbruik	496.877 m ³	€ 168.795,=	
Elektriciteitsverbruik	481.470 kWh	€ 80.346,=	
<i>totaal variabele kosten</i>		€ 249.141,=	
Energie conventioneel			
Gasverbruik	864.104 m ³		€ 293.547,=
Elektriciteit koeling	165.251 kWh		€ 27.576,=
<i>Totaal variabele kosten</i>			€ 321.123,=
Totale exploitatiekosten		€ 338.566,=	€ 355.190,=
Netto rendement WP		€ 16.624,=	
Terugverdientijd		11.2 jaar	

Weliswaar nemen de kosten van het gasverbruik verder af, maar dat weegt niet op tegen de extra investeringen in het energiedak, de grotere warmtepomp en de apart benodigde koelinstallatie voor de nieuwe cellen.

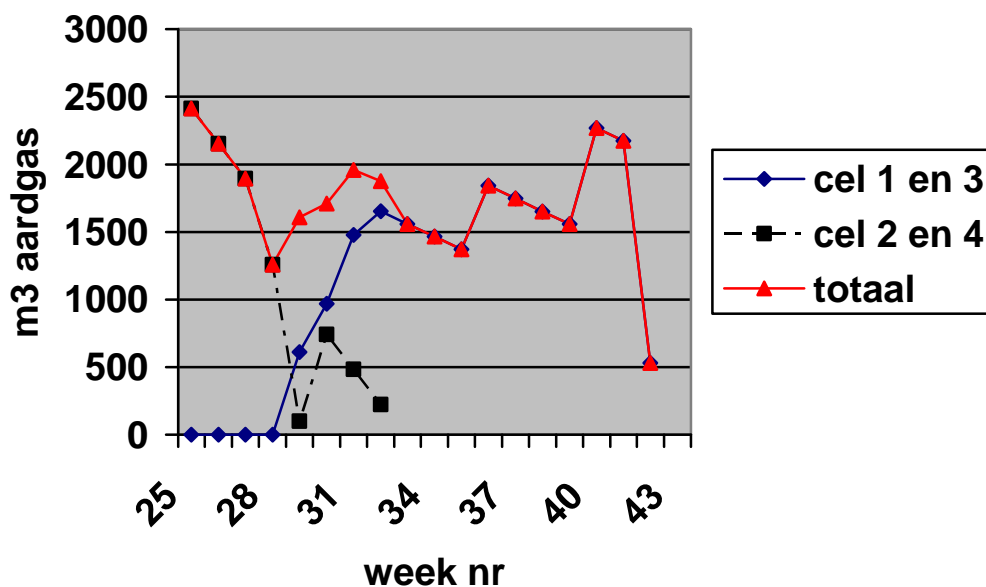
3.4 Warmteterugwinning

3.4.1 Principe

Bij de nieuwbouw bestaat de mogelijkheid om de luchtaanvoer en de luchtafvoer centraal aan te leggen. Daarmee ontstaat de mogelijkheid om met behulp van een systeem van twee warmtewisselaars warmte terug te winnen. Overdag als er gekoeld moet worden kan de lucht uit de cellen de ingaande lucht afkoelen. In het geval verwarming nodig is, kan de uitgaande lucht de ingaande lucht opwarmen. Tussen de twee warmtewisselaars circuleert een glycol oplossing.

Warmteterugwinning zonder tussenmedium glycol is mogelijk met een kruisstroomwisselaar. Deze optie heeft verschillende nadelen t.o.v. een systeem met twee warmtewisselaars. Omdat in en uitlaten gescheiden van elkaar liggen is een behoorlijk groot kanaalsysteem nodig om in en uitlaat bij elkaar te brengen. Het systeem is gevoelig voor vervuiling. Dat geldt ook voor het systeem met twee warmtewisselaars. Dat laatste is echter veel gemakkelijker te reinigen. Dat betekent dat voor behoud van het rendement de onderhoudskosten hoog zijn op een bollenbedrijf. De optie met kruisstroom warmtewisselaars is daarom niet opgenomen in de berekeningen.

Op basis van een thermisch rendement van 40% is voor de vier nieuwe cellen de besparing op het gasverbruik per week berekend. Daarbij is boven celtemperaturen van 20°C uitgegaan van 100% ventilatie. Warmterugwinning door condensatie van vocht is daarbij niet meegenomen. De besparing is een bruto effect. De pompenergie en het extra drukverlies door de warmtewisselaars is nog niet verrekend.



figuur 3.8: berekende besparing gasverbruik bij warmteterugwinning ($\eta_{\text{thermisch}} = 40\%$) voor de vier nieuw te bouwen cellen

De besparing over de weken 25 t/m 42 bedraagt circa 31.000 m³ gas.

Oriënterende berekeningen van de benodigde pompcapaciteit geven echter aan dat de benodigde capaciteit meer dan 100 m³/uur bedraagt. Dat is een gevolg van het feit dat het om kleine temperatuurverschillen tussen ingaande en uitgaande lucht gaat die twee keer overwonnen moeten worden. Bij een geschat drukverlies van 35 kPa per blok is het extra verbruik aan elektriciteit al circa 10.000 kWh (circa € 1.670,=) gedurende 17 weken. Ook is er extra drukverlies van de lucht die twee keer door een extra warmtewisselaar getransporteerd moet worden. Berekend extra energieverbruik 12.000 kWh (circa € 2.000,=) gedurende 17 weken.

De investeringskosten (nog zonder bouwkundige voorzieningen) bedragen € 55.000,=

Tabel 3.3: overzicht kosten batenanalyse van warmteterugwinning.

kostenpost	Aantal/eenheid	Kosten €
Gegevens		
Techn levensduur WTW	15 jaar	
Prijs aardgas nu	m ³	0,228
Stijgingsperc. prijs gas	5%/jaar	
Prijs elektriciteit nu	kWh	0,112
Stijgingsperc. prijs elektra	5%/jaar	
rentepercentage	6%	
Investering WTW	1	55.000,=
Kosten		
Rente	6%	1.650,=
afschrijving	15 jaar	3.667,=
Onderhoud	2%	1.100,=
Totale vaste kosten		6.417,=
Extra energieverbruik	22.000 kWh	3.670,=
Totale jaarkosten		10.087,=
Opbrengsten		
Besparing gasverbruik	31.000 m ³	10.540,=
Netto rendement		453,=
Terug verdientijd ¹⁾		13.3 jaar

1) investeringskosten/cash flow

3.5 Gecombineerde opwekking warmte en elektriciteit.

3.5.1 Principe.

Opwekking van elektriciteit gebeurt door middel van een aangedreven dynamo. Het aandrijven van de dynamo kan met behulp van opgewekte stoom, of met behulp van een verbrandingsmotor. In beide gevallen komt er afvalwarmte vrij. Het rendement over het gehele proces berekend bedraagt ongeveer 40%. Dat betekent bijvoorbeeld bij het gebruik van aardgas voor het aandrijven van een motor dat 60% van het aardgas wordt omgezet in warmte. Als de warmte onmiddellijk kan worden benut voor verwarmingsdoeleinden dan levert dat een besparing op het gasverbruik op en stijgt het rendement. De besparing op brandstof bij gecombineerde opwekking ligt tussen de 15 en 30% en is afhankelijk van het gekozen systeem en de warmte krachtverhouding.

3.5.2 Systeemkeuze.

Op basis van de berekende warmte krachtverhouding in de huidige situatie (zie figuur 2.5) is duidelijk dat als men de volledige warmtevraag zou willen dekken met een gecombineerde productie van warmte en elektriciteit (WKK concept) er in de maanden januari t/m april en november en december veel elektriciteit aan het net geleverd moet worden. Bij dit concept zou in de periode mei t/m november heel veel warmte over zijn, of de installatie zou heel veel op deellast moeten draaien. Een gecombineerde opwekking van warmte en kracht waarbij de elektriciteitsbehoefte leidend is (total energy concept) en het openbare net aanvullend is, heeft deze nadelen niet. Dit systeem vraagt ook minder dure voorzieningen voor het terugleveren van stroom.

3.5.3.Kosten-batenanalyse

In de volgende tabel staan de belangrijkste gegevens waarop de kosten-batenanalyse is gebaseerd.

Tabel 3.4: overzicht kosten baten analyse WKK/TE

Parameter	Eenheden		Opmerkingen
Gegevens			
Advies gebaseerd op gegevens	2 jaar	2 jaar	Hoe meer jaren hoe betrouwbaarder
Gemiddeld jaarverbruik gas	864.104 m ³	864.104 m ³	Gebaseerd op nieuwe situatie
Gemiddeld jaarverbruik elektra	2.657.608 kWh	2.657.608 kWh	Gebaseerd op huidige situatie
Laagste gem elektrisch verm.	139 kW	139 kW	Uitgangspunt bij niet terug leveren
Technische levensduur WKK	15 jaar	15 jaar	Op basis van nieuwe WKK/TE
Prijs aardgas nu	€ 0,228/m ³	€ 0,228/m ³	incl.variabele.transportkosten.REB
Stijgingsperc. prijs gas	5%/jaar	5%/jaar	
Prijs elektriciteit nu	€ 0,112/kWh	€ 0,112/kWh	incl.variabele.transportkosten.REB
Stijgingsperc. prijs elektra	5%/jaar	5%/jaar	
Keuze WKK/TE			
Elektrisch vermogen	140 kW	200 kW	
Rendement stroomopwekking	37%	37 %	
Totaal vermogen	388 kW	555 kW	
Thermisch vermogen	213 kW	304 kW	
Aantal draai uren per jaar	7887	7553	
Maanden met deellast	1	4	
Rente	6%	6%	
Onderhoud	20%	20%	Na circa 25000 draai uren revisie
Gasverbruik per jaar	348.555 m ³	476.850 m ³	
Elektr prod. per jaar kWh	1.104.222	1.510.660	
Investeringskosten WKK	€ 219.475,=	€ 338.490,=	Zie voetnoot 1)
Kosten			
Vaste kosten	€ 65.111,=	€ 100.419,=	
Gasverbruik	€ 118.294,=	€ 161.835,=	
Energiekosten koppeling	€ 2.300,=	€ 2.600,=	
Totale kosten	€ 185.705,=	€ 264.854,=	
Opbrengsten			
Elektriciteit	€ 184.268,=	€ 252.093,=	
Warmte	€ 69.608,=	€ 95.228,=	Besparing op gasverbruik CV ketel
Totale opbrengsten	€ 253.876,=	€ 347.322,=	
Netto rendement	€ 68.171,=	€ 82.468,=	
Terug verdientijd ²⁾	2.7 jaar	3.2 jaar	

1) inclusief bekabeling naar HVI en thermische koppeling naar 2 ketelhuizen.

2) Terugverdientijd = investeringsbedrag/cash flow

De WKK moet gezien de kosten van stroomkabels worden opgesteld in een van de ruimten waar een hoofdverdelinrichting zich bevindt. Uitgangspunt is plaatsing bij de HVI van 630 kVA. Dit maakt een thermische koppeling met zowel het oude als het nieuwe ketelhuis noodzakelijk. Dat gaat gepaard met extra investeringskosten die zijn opgenomen in de investeringskosten van de WKK/TE. Daarnaast gaat dit gepaard met extra energiekosten voor een transportpomp en extra warmteverlies. De kosten daarvoor zijn gebaseerd op een transportleiding van DN 65 of DN 80 met 50 mm glaswolisolatie (met aluminium beplating) met een lengte van 175m naar het nieuwe ketelhuis en een lengte van 135 m naar het oude ketelhuis. De warmte wordt in de maanden november t/m april naar het nieuwe ketelhuis en gedurende de maanden mei t/m oktober naar het oude ketelhuis getransporteerd.

Op basis van deze berekeningen is een investering in een kleine WKK het overwegen waard. De berekeningen zijn gebaseerd op het huidige elektriciteitsverbruik en het toekomstig gasverbruik. Deellast verbruik wordt in deze situatie veroorzaakt doordat het gevraagde gemiddelde elektrisch vermogen lager is dan het met de WKK/TE opgewekte elektrisch vermogen. Dat betekent dat die situatie na uitbreiding alleen maar beter wordt. Vanuit dat oogpunt is de keuze voor 200 kW elektrisch vermogen verantwoord omdat de terugverdientijd dan nagenoeg gelijk wordt aan die van een WKK met 140 kW elektrisch vermogen. Bouwkundige aanpassingen t.b.v. een opstellingsruimte zijn hierin niet meegenomen. Het huidige noodstroomaggregaat dat in het nieuwe ketelhuis is opgesteld wordt hiermee overbodig. De eventuele kapitaalvernietiging die dat met zich meebrengt is niet in de berekening meegenomen.

3.6 Gebruik bassinwater.

3.6.1 Inleiding.

Triflor beschikt over een groot bassin voor het spoelen van bollen. Voor een groot deel is dit een bassin waarin bezinking plaatsvindt. Het bassin heeft een oppervlakte van circa 10.000 m². Met een gemiddelde diepte van 3 m. bedraagt de inhoud dus 30.000 m³. Dat water zou voor verschillende doeleinden gebruikt kunnen worden.

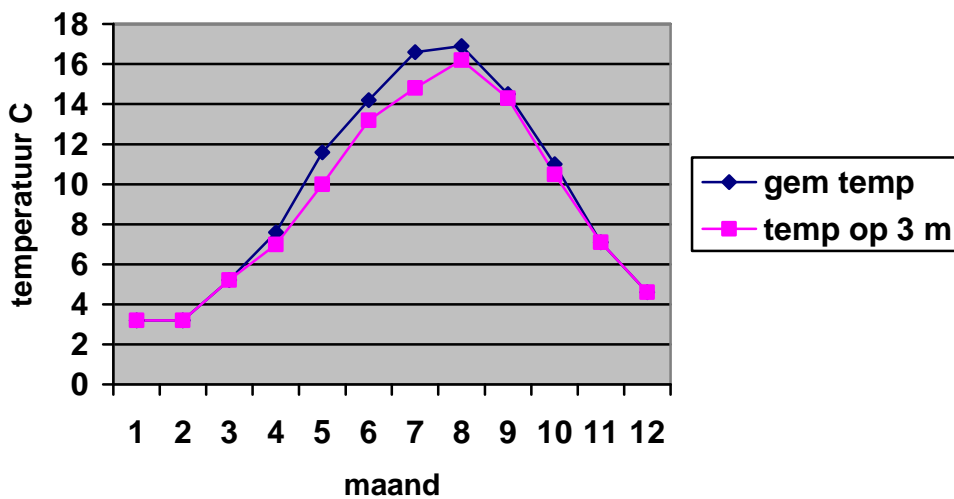
- 1) als vervanging van de ondergrondse bron van het warmtepompsysteem.
- 2) Als koelwater waarmee de ventilatielucht t.b.v. bollen bewaring wordt voorgekoeld
- 3) Als koelwater waarmee een watergekoelde condensor ingezet kan worden voor de koelinstallaties.

Randvoorwaarde van Triflor is dat het proceswater in de zomer niet meer dan 5°C in temperatuur mag stijgen. Dat is al veel. De effecten op algengroei en eventuele overlast van insecten kunnen voor problemen zorgen. Bij de eerste inventarisatie wordt hiermee geen rekening gehouden.

3.6.2. Waterkwaliteit.

3.6.2.1 watertemperatuur.

De temperatuur van het water is niet bekend. Het verloop van de watertemperatuur is behoorlijk gecompliceerd. Absorptie van langgolvlige straling, uitwisseling van warmte met de bodem en lucht en warmtestromen in de vorm van verdampt water spelen daarbij een rol. Op basis van literatuur is een schatting gemaakt van de watertemperatuur op 3 m diepte. De ligging, afmetingen en diepte van het oppervlakte water hebben een belangrijke invloed op het temperatuurverloop met de diepte. Om dat exact in kaart te brengen zouden over meerdere seizoenen metingen verricht moeten worden.



figuur 3.9: geschat temperatuur verloop op 3 m diepte bassin op basis van gemiddelde temperatuur gedurende het jaar.

3.6.2.2. Chemische analyse

Het eventueel te gebruiken water is chemisch geanalyseerd. Voor gebruik in luchtkoelers en/of watergekoelde condensor moet het water aan bepaalde kwaliteitseisen voldoen. De gegevens staan in de volgende tabel. Op basis daarvan is gebruik in koelers en watergekoelde condensoren volgens toeleveranciers wel toegestaan. Een filtratie is wel gewenst, maar chemische toevoegingen en/of een ontijzeringsinstallatie wordt niet noodzakelijk geacht.

Tabel 3.5: analyse gegevens bassin water

Parameter/element	Eenheid	Waarde/concentratie	Opmerkingen
pH	-	8.6	
EC	mS/cm	0.6	
HCO ₃ ⁻	mmol/l	5.7	
NH ₄ ⁺	mg/l	<1.0	
K	mg/l	12.6	
Na	mg/l	33.6	
Ca	mg/l	76.6	
Mg	mg/l	14.7	
NO ₃ ⁻	mg/l	3.6	
Cl ⁻	mg/l	33.5	
S	mg/l	<0.1	
P	mg/l	<0.1	
Si	mg/l	14.1	
Fe	mg/l	0.3	Mogelijke Fe afzetting
Mn	mg/l	0.1	Mogelijke Mn afzetting
Zn	mg/l	<0.1	
B	mg/l	0.1	
Cu	mg/l	<0.1	
Mo	mg/l	<0.1	
Totale hardheid	mmol/ltr	2.5	
Totale hardheid	°D	14.1	

3.6.3.Vervanging ondergrondse bron

Bij een warmtepompsysteem vindt onttrekking van warmte plaats in de winterperiode en aanvoer van warmte in de zomerperiode. Uitgangspunt bij de beoordeling op haalbaarheid is dat er geen dubbel systeem nodig moet zijn. Een kleinere bron naast een bovengronds bassin levert in kosten voor de bron niet zo'n grote besparing die door de kosten van een leidingsysteem van circa 160 m (circa 30 m van het inname punt tot machinekamer en circa 130 m van de machinekamer tot aan het punt waar het water weer wordt ingebracht) met pomp teniet wordt gedaan.

Maatgevend voor de mogelijkheden is de mogelijke temperatuurfluctuatie van het bassin in de zomer en de ondergrens van 0°C in de winter.

In de maanden juli en augustus is de berekende warmteafvoer respectievelijk 275.600 MJ en 967.900 MJ. Als er geen warmteafvoer/warmtetoevoer plaatsvindt betekent dat een temperatuurstijging van 2.2 °C in juli en 7.7 °C in augustus. Naarmate de watertemperatuur hoger wordt zullen de warmteverliezen door straling in de nachtelijke uren toenemen. Ook zal door een groter temperatuurverschil tussen water en lucht de warmteafvoer door verdamping en convectie toenemen. Bij gewone omstandigheden is voor juli een gemiddelde verdamping van 4.6 mm/dag te berekenen wat resulteert in een temperatuurafname van 0.9°C/dag. Voor augustus is de berekende verdamping 5.1 mm/dag en de temperatuurafname 1.0°C/dag.

Op basis van de globale straling is een temperatuurtoename van circa 0.6°C/dag in de periode juli-augustus te berekenen (uitgaande van 50% absorptie en opname van kortgolvlige straling door de bodem of zwevende deeltjes in het water). Dat zou resulteren in een afkoeling van

circa 0.3 °C per dag. In de praktijk is er in die maanden een lichte toename van de temperatuur te constateren. Zonder diepgravend literatuuronderzoek en berekeningen is het hiermee aannemelijk dat de warmtetoever vanuit de warmtepomp zal leiden tot een temperatuurtoename die in de orde grootte zal liggen van de hiervoor genoemde cijfers. Voor augustus is dat absoluut onacceptabel.

In de winterperiode is het omgekeerde aan de hand. Op basis van het geschatte temperatuurverloop vanaf oktober kan een warmtebalans wordt opgesteld. In de volgende tabel is dat weergegeven.

Tabel 3.6: temperatuur en energiebalans van het bassin t.b.v. het warmtepompsysteem zonder warmtetoever in de voorafgaande periode.

Maand	Temp begin °C	Temp eind °C	MJ uit bassin	MJ nodig voor WP systeem
Oktober	10.7	7.1	452.088	437.152
November	7.1	4.6	313.950	504.131
December	4.6	3.2	175.812	639.442

Bij een iets verhoogde temperatuur als gevolg van warmtetoever in de zomer zou het moment van “uitputting” later in het broeiseizoen liggen.

Tabel 3.7 : temperatuur en energiebalans van het bassin t.b.v. het warmtepompsysteem met warmtetoever in de voorafgaande periode.

Maand	Temp begin °C	Temp eind °C	MJ uit bassin	MJ nodig voor WP systeem
Oktober	16.0	12.5	437.152	437.152
November	12.5	8.5	504.131	504.131
December	8.5	3.4	639.442	639.442
Januari	3.4	0.9	316.095	316.095
Februari	0.9	0.5	50.232	348.971

Hoewel deze berekening niet volledig “waterdicht” is, is deze wel voldoende nauwkeurig om te kunnen concluderen dat in de winterperiode het bassin onvoldoende energie bevat om het warmtepompsysteem te ondersteunen gedurende het gehele broeiseizoen.

3.6.4. Voorcoelen van ventilatielucht

Op basis van de maximale opslagcapaciteit is per cel een ventilatiecapaciteit van afgerond 43.000 m³/uur nodig. Per twee cellen is een overstek beschikbaar. Bij een maximale luchtsnelheid over het blok van 3 m/s zou 8 m² koelblok oppervlak nodig zijn. Die ruimte zit in ieder geval wel in het overstek. Het totale extra drukverlies over het blok moet in de orde grootte van 15 tot 20 Pa liggen. Voor de ingaande watertemperatuur kan 15 °C in juli en 16 °C in augustus aangehouden worden. De uren waarin de voorcoeling wellicht interessant zijn staan weergegeven in de volgende tabel.

Tabel 3.8: gemiddelde buitenluchtcondities en gewenste cel temp

Uur van de dag	Temp. °C ¹⁾	RV %	Week	Cel nummer			
				Nr	N1	N2	N3
<i>Juli</i>							
9.00	18.9	71.0	27	-	22.8	-	22.8
10.00	19.4	68.8	28	-	21.7	-	21.7
11.00	19.8	67.1	29	-	20.6	-	20.6
12.00	19.9	66.7	30	25	19.5	25	19.5
13.00	19.8	67.1	31	24.6	18.4	24.6	18.4
14.00	19.4	68.8					
15.00	18.9	71.0					
<i>Augustus</i>							
9.00	19.3	68.8	32	24.2	17.3	24.2	17.3
10.00	19.9	66.3	33	23.8	16.2	23.8	16.2
11.00	20.3	64.7	34	23.4	15.1	23.4	15.1
12.00	20.4	64.3	35	23.0	14.0	23.0	14.0
13.00	20.3	64.7					
14.00	19.9	66.3					
15.00	19.3	68.8					

1) gemiddelde maximum temperatuur.

Op basis van deze gemiddelde gegevens is alleen in augustus mogelijk een voordeel te halen met het voorcoelen. In de andere perioden is de buitenlucht gemiddeld voldoende koud om met buitenlucht de temperatuur te handhaven (weliswaar met schommelingen in de producttemperatuur). Koeling is dan niet nodig en energiewinst door het niet inzetten van mechanische koeling is er dan niet. Het gaat om de schuin gedrukte condities. Daarbij is een RV van 80% in de cel aangenomen.

De benodigde koelcapaciteit voor de schuin gedrukte condities is berekend waarbij wel een op de bewaartemperatuur aangepast ventilatieregime is aangehouden

Tabel 3.9: berekend koelvermogen bij de geventileerde bewaring van bloembollen in cel N2 of N4

Tijdstip	Benodigd koelvermogen in kW			
	17.3	16.2	15.1	14
Celtemperatuur °C →				
Ventilatie m ³ /uur	28.000	26.200	24.500	23.200
9.00	10.5	33.3	52.4	69.2
10.00	15.4	38.0	56.7	73.3
11.00	18.7	41.1	59.6	76.0
12.00	19.5	41.8	60.3	76.7
13.00	18.7	41.1	59.6	76.0
14.00	15.4	38.0	56.7	73.3
15.00	10.5	33.3	52.4	69.2

Op basis van gemiddelde waarden voor het temperatuurverschil over de koeler en de k waarde van de koeler en een watertemperatuur van 15°C is zijn bovenstaande koelcapaciteiten wel haalbaar. Daarvoor is dan wel een groot koelerooppervlak nodig. De werkelijke waarden van lucht- en watertemperatuur zullen van de gemiddelde waarden afwijken. Duidelijk is ook dat bij de celtemperaturen onder 16.2 °C gebruik van het verkoelen niet meer voldoende is omdat het verschil tussen watertemperatuur en lucht ontoelaatbaar klein wordt. Het maximale koelvermogen waarop de koeler kan worden uitgelegd is dus circa 45 kW bij de genoemde condities. Tijdelijk kan het koelblok meer presteren omdat de aangezogen buitenlucht tijdelijk warmer zal zijn.

Op basis van het aangegeven celgebruik is deze methode toepasbaar voor 2 van de 4 nieuwe te bouwen cellen. De totaal op deze manier af te voeren warmte in een periode van vier weken bedraagt 24.200 MJ per cel. Daarvoor is een energieverbruik van pomp en ventilator van 2085 kWh berekend. Zou men deze warmte afvoeren met de mechanische koeling dan gebeurt dat vanwege de hoge verdampingstemperatuur onder energetisch gunstige condities. De COP van de koeling is op dat moment gemiddeld circa 4. Op basis van de daarvan afgeleide COSP is de berekende energieopname om deze warmte af te voeren berekend op 2250 kWh. Voor dit geringe verschil in energieverbruik moet circa € 35000,= extra geïnvesteerd worden voor twee cellen. Op basis van het verkoelen zou de maximale koelcapaciteit voor deze twee cellen circa 90 kW kleiner kunnen zijn. Dat komt eigenlijk alleen maar terug in de compressor- en condensorcapaciteit. Geschatte besparing in de orde grootte van € 30.000,=. Daarmee is deze investering economisch niet interessant. Dat hangt vooral samen met de beperkte duur waarin de inzet mogelijk is. De bouwkundige kosten om de koelers in te passen in het overstek zijn daarbij niet eens meegenomen.

Normaal gesproken wordt de koelcapaciteit van een installatie niet uitgelegd op de maximale koudebehoefte bij zomerkoeling omdat een dergelijke investering gewoonweg economisch niet verantwoord is. In de piekperiode accepteert men tijdelijk een wat hogere temperatuur, de ventilatie wordt beperkt of men kiest een combinatie van deze twee strategieën. Door nu wel te investeren in koeling m.b.v. bassinwater en de mechanische koeling op de gebruikelijke capaciteit uit te leggen, hoeft men in de piekperiode minder concessies te doen. De voordelen daarvan zijn niet te becijferen. Het voordeel moet dan vooral komen van de kwaliteitsverbetering

3.6.5 Gebruik t.b.v. watergekoelde condensor.

Koelinstallaties op land zijn in Nederland meestal voorzien van luchtgekoelde condensoren. Bij een energiezuinig ontwerp wordt de condensor ontworpen op een verschil van 10K tussen de buitenluchttemperatuur en de condensatietemperatuur. Bij bollen waar in de zomer ook bij hoge verdampingstemperaturen gekoeld wordt, loopt het verschil tussen buitenluchttemperatuur en condensatietemperatuur op tot 15K. Door nu in die periode het bassinwater te gebruiken om de condensatiewarmte af te voeren kan de condensatietemperatuur verlaagd worden. Het energieverbruik neemt daardoor af. Het effect van een dergelijke investering is in de volgende tabel weergegeven.

Tabel 3.10: rendementsberekening inzet watergekoelde condensor in de zomerperiode

Parameter	Eenheid	juli	Augustus
Koudebehoefte cel 1 en 3	MJ	7.400	38.000
Koudebehoefte cel 2 en 4	MJ	151.600	506.700
Totale koudebehoefte cel 1 t/m 4	MJ	159.000	544.700
Berekende temperatuurstijging bassin	°C	1.3	4.3
COP bij +7.5/+40 (luchtgekoelde condensor)	3.9		
COP bij +7.5/+30 (watergekoelde condensor)	5.4		
Berekend elektriciteitsverbruik bij COP 3.9 ¹⁾	kWh	11.325	38.800
Berekend elektriciteitsverbruik bij COP 5.4 ¹⁾	kWh	8.180	28.020
Energieverbruik pomp t.b.v. watergekoelde condensor	kWh	325	1.115
Energiebesparing	kWh	2.820	9.965
Investeringskosten	€	35.000,=	
Jaarkosten (rente, afschrijving en onderhoud)	€	4200,=	
Netto rendement (o.b.v. € 0,112 /kWh en +5%/jr)	€	/- 2.065,=	

1) alleen voor de compressoren

Om de inzet van de watergekoelde condensor te vergroten zou deze gedurende het gehele jaar ingezet kunnen worden voor alle vier de cellen. Het probleem is dat dit wellicht leidt tot een ongewenste temperatuurverhoging van het bassinwater. Theoretisch wordt een verhoging van 11.9°C berekend, door warmteverliezen zal dat praktisch veel minder zijn maar toch meer dan acceptabel. Om die reden zou naast de watergekoelde condensor nog een luchtgekoelde aanwezig moeten zijn. Weliswaar kan de luchtgekoelde condensor kleiner zijn, maar door extra regelapparatuur valt die besparing grotendeels weg.

Tabel 3.11 rendementsberekening inzet watergekoelde condensor gedurende het gehele jaar

Parameter	Eenheid	luchtgekoeld	Watergekoeld
Totale koudebehoefte cel 1 t/m 4	MJ	1.500.000	1.500.000
Berekende temperatuurstijging bassin	°C	n.v.t.	11.9
Gemiddelde COP bij luchtgekoelde condensor	3.47	3.47	4.86
Berekend elektriciteitsverbruik bij COP 3.47 ¹⁾	kWh	120.000	
Berekend elektriciteitsverbruik bij COP 4.86 ¹⁾	kWh		86.000
Energieverbruik pomp t.b.v. watergekoelde condensor	kWh		13.000
Energiebesparing	kWh		21.000
Investeringskosten	€	35.000,=	
Jaarkosten (rente, afschrijving en onderhoud)	€	4200,=	
Netto rendement (o.b.v. € 0,112 /kWh en +5%/jr)	€	/- 700,=	
Berekende terugverdientijd	jr		21.5

3.7 Gelijkstroommotoren.

Bij gelijkstroommotoren zijn de verliezen van omzetting van elektrische energie naar draai energie op de ventilatorbladen lager dan bij wisselstroom-en draaistroommotoren. Dat komt omdat in een draaistroommotor verliezen optreden omdat het magnetisch veld 50x per seconde wordt omgedraaid en omdat de spanning vooruitloopt op de stroom. Uit proeven blijkt dat het verschil in energieverbruik kan oplopen van 20 -40%. Omdat de onderhoudskosten in het verleden hoger lagen wordt de gelijkstroommotor weinig toegepast. Door nieuwe ontwikkelingen in de elektronica is dit bezwaar komen te vervallen. Zoals blijkt uit de tabellen met gegevens van de cellen, worden zeer veel plafondventilatoren toegepast. Dat hangt samen met de opslag in gaasbakken. Totaal met de nieuwe uitbreiding gaat het om ruim 200 plafondventilatoren. Daarnaast zijn 47 axiaal circulatieventilatoren van 2.2 kW in gebruik. Totaal gaat het om een geïnstalleerd asvermogen van 186 kW waarvan de plafondventilatoren ongeveer 45% uitmaken. Het gaat daarbij om eenfase wisselstroommotoren met een redelijk laag rendement (orde grootte 60-65%). Voor de axiaal ventilatoren ligt het rendement hoger (orde grootte 80%) Bovendien is het niet zo eenvoudig om de draaistroommotoren van de bestaande axiaal ventilatoren uit te wisselen voor gelijkstroommotoren. Om die reden ging de aandacht uit naar de toepassing van gelijkstroommotoren voor de plafondventilatoren. Bij dit aantal plafondventilatoren is dat bij 4000 draai uren per jaar een verschil dat kan oplopen van circa 65.000 kWh tot circa 125.000 kWh.

Het installeren van 80 plafond ventilatoren in de nieuwe cellen zou dan een goede proef kunnen zijn. Later zouden andere bestaande plafondventilatoren vervangen kunnen worden. De leveranciers van plafondventilatoren hebben de gelijkstroommotor echter niet in het leveringspakket. Dat geldt ook voor de leveranciers van de axiaal circulatieventilatoren. Een goede kosten-batenanalyse is dus niet op te stellen.

In de koelinstallatie is het ook mogelijk om gelijkstroommotoren toe te passen. De mogelijke besparingen en technische uitvoering worden in overleg met een leverancier nog uitgewerkt.

4.0 Subsidies.

De meest voor de hand liggende subsidie nl. de Energie InvesteringsAftrek (EIA) is in beschouwing genomen. Wellicht dat er nog andere subsidie mogelijkheden zijn, maar dat vergt meer onderzoek. Van gehele warmtepompsysteem komen de bron – en het omzettingssysteem in aanmerking voor de EIA. Dat is in een eerder project ook het geval geweest. Mocht dat niet lukken dan komt het indirecte koelsysteem in aanmerking voor VAMIL. De WKK komt ook in aanmerking voor EIA. Overigens is de EIA ook van toepassing op een pompcirculatiesysteem. Voorwaarde voor de EIA is uiteraard wel dat men belasting betaalt. De nieuwe investeringsplannen kunnen tot zo'n hoge investeringsaftrek leiden dat aan de voorwaarde wellicht niet voldaan kan worden. In hoeverre met investeringen "geschoven" kan worden om deze voorwaarde wel te halen is niet duidelijk. De mogelijke EIA is om die reden niet in de berekeningen betrokken. De Marktintroductie Energie Innovatie (MEI) biedt wellicht mogelijkheden, maar dat hangt sterk af van de andere bedrijven die een aanvraag indienen. Toekenning vindt plaats op basis van het energiebesparingpotentieel. Vanwege de onduidelijkheid over deze mogelijkheid is ook die subsidie regeling niet in de berekeningen betrokken. Het is bovendien bij elke vorm van subsidiëring onduidelijk of na het verstrijken van de technische levensduur van de installatie bij vervanging alsnog een subsidie van toepassing is. De afschrijvingskosten (een belangrijk deel van de jaarkosten) worden daarom gebaseerd op de vervangingswaarde. Daarbij kunnen subsidies ten principale geen rol spelen. Ook om die reden is ervoor gekozen de subsidies buiten beschouwing te laten.

5.0 Conclusies.

Hoewel het onvermijdelijk is om in de haalbaarheidsstudie bepaalde aannamen te doen is dat hier zoveel mogelijk beperkt. Voor de investeringskosten zijn door de inbreng van de installateur en de gesprekken met diverse leveranciers betrouwbare bedragen naar voren gekomen. Voor het energieverbruik is zoveel mogelijk uitgegaan van eigen verbruikscijfers van de afgelopen twee jaren. De terugverdientijd is een handvat voor het bepalen van de economische haalbaarheid en niet meer dan dat. Het zorgt voor maatgevoel waarmee de beslissing om al dan niet te investeren beter onderbouwd kan worden. Iedere vorm van berekenen van de terugverdientijd is discutabel omdat prijsstijgingen van energie die daarin een belangrijke rol spelen nu eenmaal niet te voorspellen zijn. Daarnaast is een maximale terugverdientijd arbitrair zolang dit maximum wordt vastgesteld op een termijn die korter is dan de technische levensduur van de installaties.

Met deze beperkingen in het achterhoofd zijn de conclusies naar voren gekomen zoals weergegeven in tabel 5.1:

Tabel 5.1: overzicht van de belangrijkste conclusies uit onderzoek duurzame energievoorziening.

onderdeel	Conclusies
Warmtepomp	Centralisering van de warmtevoorziening in een ketelhuis levert geen financieel voordeel op en maakt de kwetsbaarheid van het bedrijf groter. Dit is dus geen werkbare optie.
	Een warmtepompsysteem levert een besparing op energiekosten van circa € 73.300,= per jaar op.
	De investeringskosten voor een warmtepompsysteem liggen circa € 395.000,= hoger dan voor een conventioneel systeem (pompcirculatiesysteem als uitgangspunt genomen).
	Het netto rendement van het warmtepompsysteem bedraagt daarmee circa € 25.000,=.
	Op basis van het netto rendement bedraagt de terugverdientijd 9.7 jaar bij een gemiddelde prijsstijging van 5% per jaar voor gas en elektriciteit.
	Gezien de berekende terugverdientijd is een investering in een warmtepompsysteem op basis van deze uitgangspunten niet rendabel.
	Toepassing van een energiedak heeft een negatief effect op het financiële rendement van het warmtepompsysteem.
	Een berekende terugverdientijd van 7 jaar (gezien de onvermijdelijke onnauwkeurigheden en onzekerheden in de berekening wordt dat als grens beschouwd) wordt gehaald bij een trendmatige prijsverhoging van 8% per jaar voor gas en elektriciteit.
warmte terugwinning	Warmteterugwinning in de periode waarin geventileerd wordt is met een terugverdienperiode van ruim 13 jaar economisch niet rendabel zeker als men bedenkt dat daar ook nog extra bouwkundige aanpassingen voor nodig zijn.
Gebruik bassinwater	Gebruik van het bassin i.p.v. een bron t.b.v. het warmtepompsysteem leidt tot te hoge temperaturen in augustus en een energietekort in de winter. Het geheel baseren op een kleinere warmtepomp leidt tot extra investeringen i.v.m. een dubbel systeem en t.b.v. warmteafvoer van de koelinstallatie.

onderdeel	Conclusies
Gebruik bassinwater	Gebruik van het bassinwater om de ventilatielucht voor te koelen is gezien de beperkte inzetmogelijkheid economisch niet rendabel. Met deze investering kan wel een grotere temperatuurschommeling van het product op warme dagen voorkomen kunnen worden. Daarvoor is deze investering wel zinvol. De economische rentabiliteit daarvan is moeilijk te bepalen.
	Gebruik van het bassinwater t.b.v. een watergekoelde condensor levert in de korte periode van juli en augustus een negatief resultaat op. Inzet gedurende het gehele jaar is wat gunstiger, maar levert nog steeds een negatief netto rendement en een extreem lange terugverdientijd op waarmee deze toepassing economisch niet haalbaar is.
WKK/TE	Een gecombineerde opwekking van warmte en elektriciteit levert een netto rendement van € 68.000,= tot € 82.500,= (afhankelijk van de grootte).
	Op basis van het netto rendement bedraagt de terugverdientijd 2.7 tot 3.2 jaar bij een gemiddelde prijsstijging van 5% per jaar voor gas en elektriciteit.
	Gezien het netto rendement en de terugverdientijd van een WKK is een investering in een kleine WKK (die een heel jaar kan draaien) economisch rendabel.
Gelijkstroom motoren	De inzet van gelijkstroombmotoren is vanwege de beperkte informatie over de verkrijgbaarheid nog niet uitgewerkt. Oriënterende berekeningen geven aan dat dit een energiebesparingoptie is die nog aandacht verdient in een verder investeringstraject.