



**ENERGIEVISIE INTERNATIONAAL
BUSINESSPARK FRIESLAND, HEERENVEEN**

DE-SCAN

G3 Advies bv

Costerweg 12b
4104 AJ Culemborg
T. 0345 50 33 11
F. 0345 50 33 00
E. info@g3advies.nl

In opdracht van: Gemeente Heerenveen
Uitgevoerd door: G3 Advies
Auteurs: ir. J. Blass
ing. A.J.P.M. Ketelaars
Projectnummer: 05.030

Culemborg, 11 oktober 2005



Energievisie IBF; Heerenveen
DE-scan

INHOUD

1	INLEIDING	1
2	BETROKKEN PARTIJEN	3
3	UITGANGSPUNTEN EN INVENTARISATIE	4
3.1	Locatie	4
3.2	Referentiegebouwen	4
3.3	Specifieke locatie uitgangspunten	5
3.4	Subsidie	5
4	DE-SCAN	6
4.1	Inleiding	6
4.2	Quick-scan	6
4.3	Beschouwde energieopties	6
4.4	Uitgangspunten beschouwde energieconcepten	7
4.5	Resultaten DE-scan IBF Heerenveen	8
4.5.1	Referentiesituatie	8
4.5.2	Vergelijking kosten en milieu	8
4.5.3	Beschouwing van de resultaten	10
	BIJLAGEN	11



1 INLEIDING

In de gemeente Heerenveen wordt het IBF, het Internationaal Businesspark Friesland ontwikkeld. Het IBF komt aan de noord-oostzijde van de stad in de elleboog van de A7 en de A32. Het IBF is een echte zichtlocatie, met zicht vanaf beide snelwegen en het klaverblad aan de noordzijde van de gemeente. Het terrein beslaat circa 250 hectare, waarvan ongeveer 150 hectare wordt uitgegeven. Het stedenbouwkundig ontwerp en Beeldkwaliteit IBF zijn reeds vastgesteld. Op dit moment is het bestemmingsplan in voorbereiding. Het terrein zal in twee fases worden uitgegeven. Het bouwrijp maken van fase 1 start zomogelijk in 2005 of 2006. De start van de uitgifte vindt eveneens plaats in 2006.

Figuur 1.1: Artist impression IBF (Bron: gemeente Heerenveen).



IBF krijgt twee ruimtelijke zones, een representatieve zone langs de A7 en de hoofdontsluitingsweg Saturnus en een standaard zone ten noorden en ten zuiden van de hoofdontsluitingsweg achter de representatieve zone. In de representatieve zone dient het IBF een aantrekkelijke zichtlocatie te zijn voor hoogwaardige representatieve bedrijven. Mogelijkheden van duurzaam en milieuvriendelijk bouwen en inrichten worden zoveel mogelijk toegepast, waaronder efficiënt ruimtegebruik en aandacht voor ecologie. Ook dienen grotere (internationaal) werkende bedrijven gevestigd te kunnen worden op ruimere kavels. Voor wat betreft de bedrijventypologieën biedt het IBF plaats aan bedrijven in verschillende segmenten, zoals hoogwaardige bedrijven, showrooms, transport gerelateerde bedrijvigheid en (kleine) producerende bedrijven.

De gemeente heeft in de nota "Uitgangspunten duurzaamheid op het IBF, Heerenveen", haar ambities ten aanzien van een diversiteit aan duurzaamheidsthema's verwoord. Met betrekking tot het thema energie is onderscheid gemaakt naar een drietal niveaus: het bedrijfsniveau, het terreinniveau en het terreinoverstijgende of omgevingsniveau. Voor het terreinniveau (of clusters op het terrein) zal worden onderzocht of een duurzame energie-infrastructuur kan bijdragen aan de CO₂ reductie en de duurzame kwaliteit van het bedrijventerrein.

Gemeente Heerenveen heeft G3 opdracht gegeven voor het opstellen van de energievisie te begeleiden. In de energiestudie zal enerzijds aandacht besteed worden aan de haalbaarheid en realiseerbaarheid van kansrijke energieopties. Anderzijds wordt aandacht besteed aan de bijdrage die de energieconcepten op de locatie en de regio kunnen hebben.

Gemeente Heerenveen heeft een projectgroep geformeerd voor het (voorbereiden van het) opstellen van de energievisie. Inmiddels heeft een eerste bespreking plaatsgevonden. In deze bespreking zijn onder andere de uitgangspunten geïnventariseerd op basis waarvan de energievisie zal worden opgesteld. Na de startbespreking volgt de uitvoering van de DE-scan. De resultaten van de DE-scan geven inzicht in de meest kansrijke en reële opties voor IBF. De resultaten van de DE-scan zullen in een workshop worden besproken. Het is de bedoeling dat in de workshop een selectie plaatsvindt van bijvoorbeeld de twee of drie meest kansrijke opties voor IBF. Deze opties zullen dan vervolgens nader worden uitgewerkt.



Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de partijen die bij het opstellen van de energievisie en uitvoeren van de DE-scan betrokken zijn. Hoofdstuk 3 gaat in op de uitgangspunten op basis waarvan de DE-scan zal worden uitgevoerd en de energievisie zal worden opgesteld. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de DE-scan ten aanzien van kosten en milieu beschreven.



2 BETROKKEN PARTIJEN

Om te komen tot de energievisie is een projectgroep opgericht waarin de betrokken afdelingen van de gemeente deelnemen:

- > RO (hoge kwaliteit ruimte),
- > Milieu (realisatie milieuambities)
- > EZ (gunstig investerings- en vestigingsklimaat).

De gemeente vervult een regierol bij de ontwikkeling en realisatie van IBF. Bij de ontwikkeling van IBF is het van belang om de vraag en aanbod in de markt met ieder haar eigen belangen af te stemmen. De aanbodzijde bestaat uit het energie(diensten)bedrijf of een parkmanagement-organisatie. De vraagzijde bestaat uit de toekomstige vestigers.

G3 Advies begeleidt de totstandkoming van deze DE-scan zodat de betrokken partijen een weloverwogen keuze kunnen maken met betrekking tot invulling van de energieambities van IBF.



3 UITGANGSPUNTEN EN INVENTARISATIE

Voor de DE-scan wordt een breed scala van energieconcepten beschouwd. De energieconcepten worden met elkaar vergeleken op basis van globale gegevens en kengetallen. Dit hoofdstuk geeft de uitgangspunten weer.

3.1 Locatie

Bij de energiescan wordt van de volgende locatiegegevens uitgegaan:

- > het IBF komt aan de noordoostzijde van de stad in de elleboog van de A7 en de A32
- > het IBF is grotendeels een zichtlocatie
- > bruto terrein: circa 250 hectare
- > netto uitgeefbaar ongeveer 150 hectare
- > het terrein zal in twee fases worden uitgegeven
- > bouwrijp maken fase 1 start zomogelijk in 2005 of 2006
- > start van de uitgifte vindt eveneens plaats in 2006
- > IBF kent drie typen grootte kavels:
 - > grootschalige verkaveling > 1,5 ha; circa 50% van totaal uitgeefbaar
 - > middelgrootte verkaveling > 0,75 ha; circa 10% van totaal uitgeefbaar
 - > kleinschalige verkaveling > 0,15 ha; circa 40% van totaal uitgeefbaar
- > IBF kent geen maximale kavelgrootte
- > maximaal milieucategorie 5
- > bebouwingspercentage is maximaal 70%
- > 80% van de locatie kent een bouwhoogte tussen de 6 en 25 meter
- > toepassing van alle vaste maatregelen uit het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen
- > op het IBF komt wellicht één windturbine (maximale ashoogte is 60 meter en maximale diameter is 70 meter).

Voor het IBF zijn vooralsnog geen doelstellingen ten aanzien van energiebesparing of inzet van duurzame gekwantificeerd.

3.2 Referentiegebouwen

In de scan wordt voor het bepalen van de indicatieve energievraag van het nieuw te ontwikkelen gebied gebruik gemaakt van drie referentiegebouwen. De projectgroep heeft in onderling overleg de referentiegebouwen geconcretiseerd. In tabel 3.1 op de volgende bladzijde zijn eigenschappen van de drie referentiegebouwen opgenomen.



Tabel 3.1.: eigenschappen referentiebedrijven (Bron: gemeente Heerenveen)

	Oppervlak referentiebedrijf [m2 b.v.o.]	Aantal bedrijven [stuks]	Oppervlak dat bedrijf representeert [m2 b.v.o.]
Bedrijf 1	1.400 (300 kantoor en 1.100 productie)	65	91.000
Bedrijf 2	14.000 (1.500 kantoor en 12.500 productie)	50	700.000
Bedrijf 3	35.000 (3.000 kantoor en 32.000 productie)	6	210.000
Totaal IBF		121	± 1.000.000

Uitgangspunt voor de energiescan is dat bij de bedrijven het kantoorgedeelte een warmte- en koudevraag heeft, het bedrijfspedeelte matig is verwarmd en niet wordt gekoeld. Daarnaast wordt ervan uitgegaan dat de bedrijven geen tot een matige warmtapwatervraag kennen. Uitgangspunt voor de studie is dat middels elektrische boilers voorzien wordt in de matige warmtapwatervraag.

3.3 Specifieke locatie uitgangspunten

De volgende locatie specifieke uitgangspunten zijn geïnventariseerd:

- > nabij IBF is een kaasproductiebedrijf aanwezig
- > nabij IBF is een koelhal aanwezig.

Bij beide bedrijven is informatie opgevraagd of er (rest) warmte beschikbaar is. Ten aanzien van de mogelijkheden is vooralsnog geen informatie beschikbaar gesteld. De studie maakt wel de mogelijkheden van restwarmte zichtbaar. Hierbij wordt gekeken wat de vraag van de locatie is en hoeveel restwarmte er nodig zou zijn. Indien gegevens beschikbaar zijn over de twee bedrijven ten aanzien van de hoeveelheid beschikbare restwarmte, kan nader bekeken worden of vraag en aanbod op elkaar aansluiten.

3.4 Subsidie

Om te stimuleren dat binnen Nederland effectiever wordt omgegaan met energie, subsidieert de overheid projecten met een duurzaam karakter en zijn fiscale regelingen van kracht. Of het project IBF hiervoor in aanmerking komt, is onzeker. Om onzekerheid uit te sluiten, houdt deze studie geen rekening met subsidies.



4 DE-SCAN

4.1 Inleiding

Energie en inzet van duurzame energie kunnen op verschillende niveaus worden gerealiseerd:

- > locatie en locatieoverschrijdend. Hierbij kan gedacht worden aan warmtelevering bijvoorbeeld gevoed met restwarmte van het kaas productiebedrijf
- > gebouwgebonden maatregelen. Bijvoorbeeld: betere isolatie en warmteterugwinning.
- > gebruikers (bijvoorbeeld hot-fill apparatuur en witgoed met energielabel A).

In de volgende paragrafen worden de mogelijkheden op gebouw-, locatie- en locatieoverschrijdend niveau beschouwd. De DE-scan beschouwt daarbij de realistische energieopties waarmee de energieprestatie van de locatie structureel kan worden verbeterd. Op basis van deze informatie kan de projectgroep vervolgens een keuze maken voor de invulling van de energievoorziening en eventuele vervolgstappen die hiermee samenhangen.

Dit hoofdstuk licht eerst de beschouwde energieopties toe. Vervolgens worden de resultaten gepresenteerd en toegelicht.

4.2 Quick-scan

Verschillende energieconcepten worden voor IBF (nog niet) kansrijk geacht. Het betreft:

- > Gaswarmtepomp
- > Aardwarmte (geothermische energie).
- > STEG
- > Waterkracht
- > Waterstof.

De bovenstaande afgevalen opties staan wel inhoudelijk beschreven in bijlage C.

4.3 Beschouwde energieopties

De beschouwde energieopties zijn een combinatie van maatregelen op locatieniveau en gebouwniveau. Op basis van deze energieopties worden de integrale mogelijkheden bekeken.

Locatieniveau: energievoorzieningen

De in de DE-scan beschouwde energieconcepten worden kort beschreven, waarbij onderscheid is gemaakt op basis van de verschillende (collectieve) infrastructuren voor energielevering aan de gebouwen:

- > Gas en elektriciteit
- > Warmte en elektriciteit
- > Warmte, koude en elektriciteit
- > Gas, koude en elektriciteit.

Bijlage D bevat een schematisch overzicht en een nadere toelichting van de duurzame energieconcepten.



Gebouwniveau: EPC-maatregelen

Er zijn opties onderzocht op gebouwniveau (EPC-aanscherping) en op het niveau van de energievoorziening. Voor de vergelijking van de opties is ervan uitgegaan dat:

- > bij de opties waarbij maatregelen worden getroffen op gebouwniveau, zijn de gebouwen aangesloten op een aardgas- en elektriciteits-infrastructuur.
- > bij opties op het niveau van de energievoorziening is uitgegaan van gebouwen die op casconiveau voldoen aan het Bouwbesluit tenzij expliciet anders aangegeven. Dat betekent dat het gebouw zonder de (duurzame) energievoorziening mee te rekenen aan het Bouwbesluit zou voldoen. Omdat een EPC een efficiëntere dan wel duurzame energievoorziening positief waardeert, zal de EPC daardoor lager zijn. Op deze wijze wordt voorkomen dat behaalde milieuwinst door een duurzame energie-infrastructuur teniet wordt gedaan door minder maatregelen op gebouwniveau. Daarmee wordt voldaan aan het Trias Energetica principe (zie tekstkader).

Referentiesituatie

Om integrale energieopties te kunnen vergelijken worden zij gerefereerd aan de volgende situatie:

- > gebouwen zijn aangesloten op een traditionele gas- en elektriciteitsvoorziening
- > een gasgestookte ketel voorziet in warmtebehoefte
- > bij de kantoren voorziet een elektrische koelmachine in de koude voor comfortkoeling
- > de gebouwen voldoen aan de huidige EPC-eisen uit het bouwbesluit.

4.4 Uitgangspunten beschouwde energieconcepten

Aan de berekeningen liggen een aantal algemene uitgangspunten ten grondslag. Deze paragraaf geeft algemene uitgangspunten voor de bio-olie/biomassa, de warmtepompopties en mogelijke restwarmte van de nabijgelegen kaasfabriek en koelhal.

De kosten van biologische brandstoffen zijn vrij onzeker omdat het een relatief nieuw product is en prijzen sterk kwaliteitsafhankelijk zijn. Daarnaast varieert het prijsniveau van de installatie en de toebehoren nog. Dit is de reden waarom in de resultaten een spreiding is weergegeven in het kostenniveau bij de opties op bio-olie en biomassa.

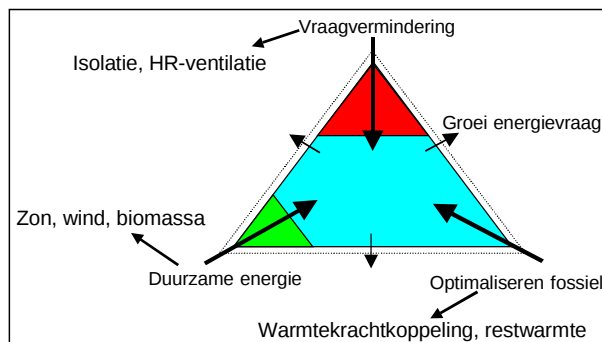
Energieprestatiecoëfficiënt (EPC)

Sinds 1995 stelt de overheid eisen aan de energiezuinigheid van gebouwen. In het Bouwbesluit is een eis opgenomen. Dit is de zogenaamde Energieprestatiecoëfficiënt (EPC). Hoe lager de EPC, hoe beter de energieprestatie is. Voor verschillende typen gebouwen wordt een verschillende EPC-eis gesteld. In dit onderzoek wordt voor de kantoren de factor tussen de gerealiseerde en vereiste EPC gehanteerd. Een factor van 1,0 betekent dat het kantoor voldoet aan het bouwbesluit.

Trias Energetica

De Trias Energetica beschrijft de voorkeursaanpak die van overheidswege wordt gepropageerd om te komen tot een zo gering mogelijke inzet fossiele energiebronnen. In de onderstaande figuur wordt hiervan een schematisch beeld weergegeven.

De eerste stap in de Trias Energetica is het terugdringen van de energievraag op het niveau van de energieafnemer. In stap twee wordt ernaar gestreefd om de energievraag op duurzame wijze in te vullen. Voor de energievraag die tenslotte resteert moet worden gezocht naar een zo efficiënt mogelijke inzet van fossiele energie.





De bio-olie wkk en biomassacentrale leveren naast duurzaam opgewekte warmte ook duurzaam opgewekte elektriciteit op. Deze productie vindt plaats in een vaste verhouding. Deze verhouding komt redelijk overeen met die van de vraag bij woningen. Bij woninglocaties is nagenoeg een volledig duurzame energievoorziening mogelijk. Bij bedrijventerreinen is de verhouding tussen de warmte en de elektriciteitsvraag anders. Door de beperkte warmtevraag zal ook beperkte duurzame elektriciteit worden opgewekt zodat een deel van deze vraag met “grijze” elektriciteit ingevuld moet worden.

De studie gaat ervan uit dat warmtepomptoeepassingen gebruik maken van grondwaterbronnen. Hiermee is op een duurzame wijze efficiënte invulling te geven aan de koudevraag.

Om het effect van de kosten van de warmte inzichtelijk te maken is een bandbreedte aangehouden van 1 tot 5 € per GJ warmte.

4.5 Resultaten DE-scan IBF Heerenveen

4.5.1 Referentiesituatie

In de referentiesituatie vragen de voorzieningen circa 73 TJ per jaar aan warmte en ongeveer 58 GWh elektriciteit. De totale fossiele energie-inzet is ongeveer 485 TJ per jaar met een CO₂-emissie in orde grootte van 27 kton per jaar.

4.5.2 Vergelijking kosten en milieu

De energievoorzieningen worden onderling beschouwd ten aanzien van:

- > Totale kosten versus CO₂-reductie
- > Inzet van duurzame energie.

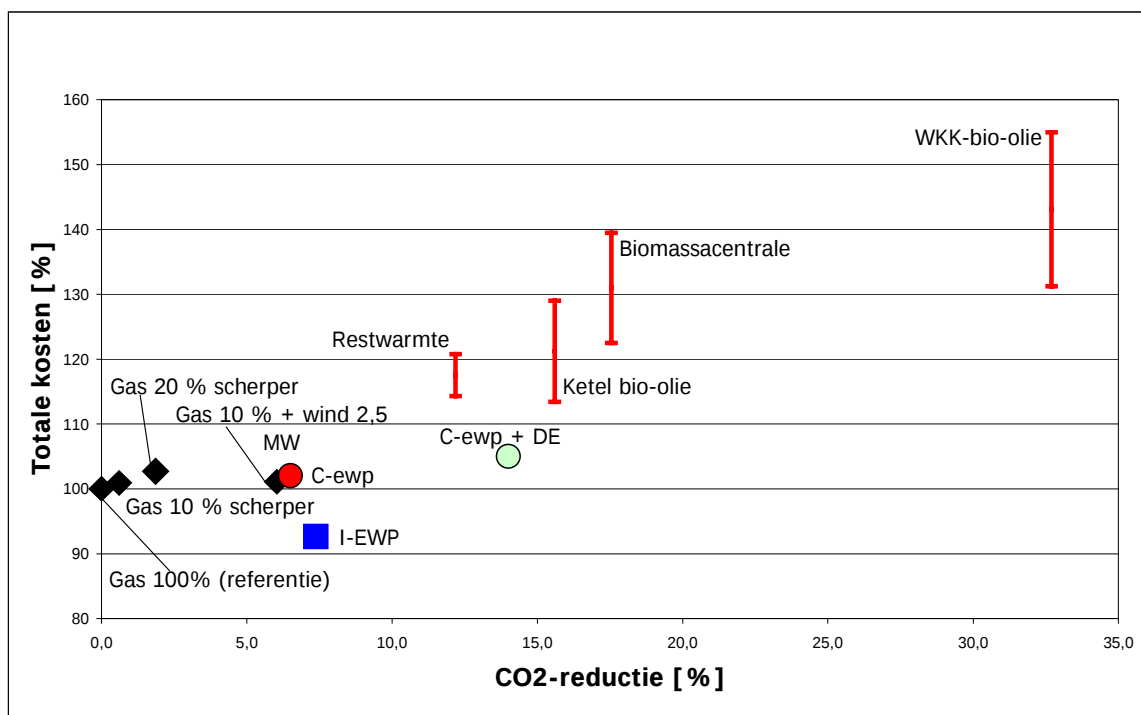
Op de horizontale as van figuur 4.1 is de CO₂-reductie weergegeven. Op de verticale as zijn de kosten van opties weergegeven. Onder totale kosten worden de kosten verstaan voor zowel woninggebonden als collectieve maatregelen. Deze zijn opgebouwd uit investeringen, onderhoudskosten en energiekosten. De kosten zijn over een looptijd van 25 jaar teruggerekend naar een netto contante waarde (NCW). Voor de installatietechnische maatregelen is rekening gehouden met de in deze periode benodigde herinvesteringen.

De opties worden met stippen aangegeven. Gezien het stadium in de planontwikkeling waarin de studie zich bevindt, zijn de stippen in principe vlekken. Dit komt doordat de energievraag en kosten worden bepaald op basis van referentiebedrijven en gemiddelde uitgangspunten. De investeringen en variabele kosten zijn gebaseerd op marktconforme kengetallen.



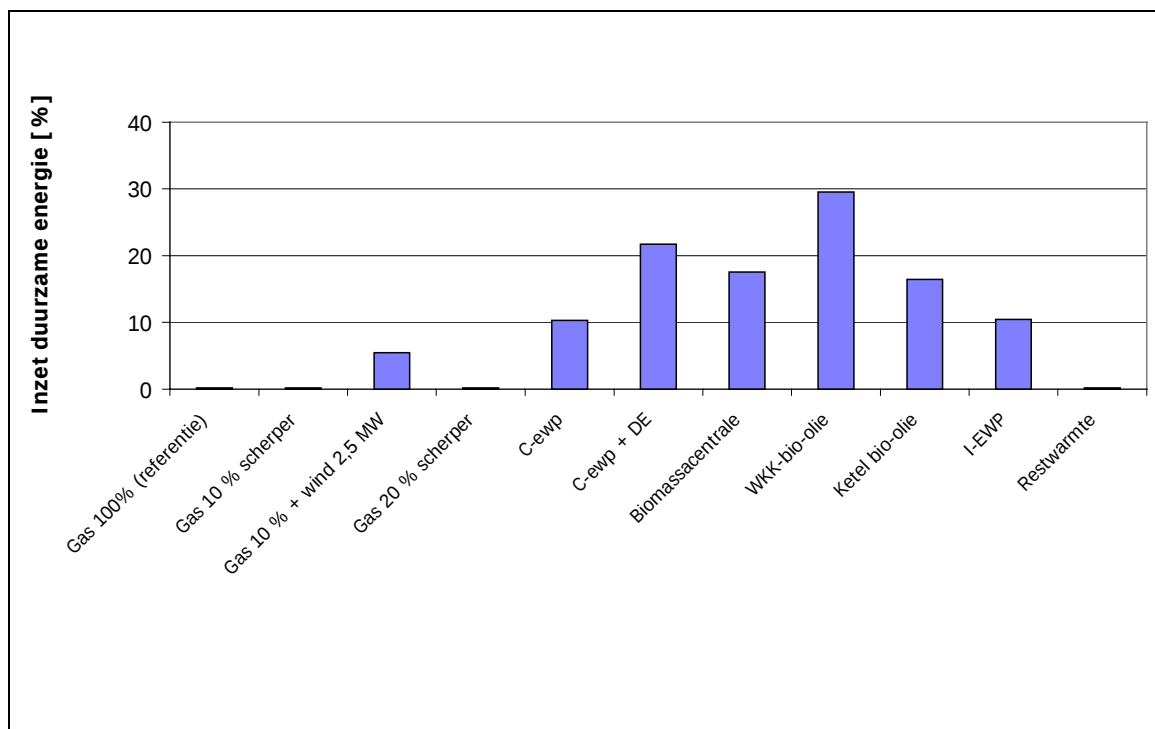
De figuren geven de onderstaande energieconcepten weer met het volgende symbool:

- > Gas en elektriciteit:
 - Gas EPC 100% (Referentie)
 - Gas 10% EPC-aanscherping
 - Gas 10% + wind 2,5 MW
 - Gas 20% EPC-aanscherping
- > Warmte en elektriciteit:
 - WKK-bio-olie
 - Biomassacentrale
 - Ketel bio-olie
 - Restwarmte
- > Warmte, koude en elektriciteit
 - C-EWP
 - C-EWP + DE
- > Gas, koude en elektriciteit
 - I-EWP



Figuur 4.1: resultaten CO₂-reductie versus kosten IBF

Figuur 4.2 op de volgende bladzijde geeft het aandeel duurzame energie van de verschillende energieconcepten weer.



Figuur 4.2: resultaten duurzame energie IBF

4.5.3 Beschouwing van de resultaten

Deze paragraaf bespreekt de resultaten van de energieconcepten. In bijlage D en E is een technische en schematische toelichting gegeven op de energieconcepten.

CO₂-reductie

- > Met EPC-aanscherping zijn enkele procenten CO₂-reductie te realiseren. Dit komt omdat maar voor circa 20% van het vloeroppervlak op IBF een EPC-eis geldt
- > Met 2,5 MW aan windturbines is circa 6% CO₂-reductie te realiseren
- > Met bio-olie WKK is de hoogste CO₂-reductie te realiseren tussen de 30 en 35%

Kosteneffectiviteit

De warmtepompopties en windenergie hebben de beste kosteneffectiviteit.

Inzet van duurzame energie

Bij de warmtepomp- en biobrandstof- en windopties is er inzet van duurzame energie variërend van 6 tot 30%.



Energievisie IBF; Heerenveen
DE-scan

11

BIJLAGEN

A	KAART IBF HEERENVEEN	12
B	MAATREGELPAKKETTEN	13
C	QUICKSCAN	15
D	SCHEMATISCHE WEERGAVE ENERGIEOPTIES	17
E	TOELICHTING BIJ ENERGIEMAATREGELEN EN –TECHNIEKEN	22
F	AFKORTINGEN	33



A KAART IBF HEERENVEEN



Bron: gemeente Heerenveen



B MAATREGELPAKKETTEN

Achtereenvolgens zijn de maatregelpakketten opgenomen voor:

- > Gebouw 1 (1.400 m²)
- > Gebouw 2 (14.000 m²)
- > Gebouw 3 (35.000 m²).

Gebouw 1

Maatregel	Gas-ref	Gas -10%	Gas -20%
Raam 1; HR++; houten koz.; U = 1,5	x	x	
Raam 1; HR+++; houtenkoz.; U = 1,4			x
Gevel 1; Rc = 3,5	x	x	x
P Dak 1; Rc = 3	x	x	
P Dak 1; Rc = 4,5			x
Begane grondvloer 1; Rc = 2,5	x	x	x
Verdiepingsvloer 1; Rc = 2,5	x	x	x
Ventilatiesysteem 1 :Toerenregeling	x	x	x
Ventilatiesysteem 1 :twin-coil	x	x	x
Verlichtingsinstallatie 1 :veegpulsschakeling		x	x
Verlichtingsinstallatie 1 :HF-verlichting	x	x	x
Warm: >50% heeft automatische toerenregeling	x	x	x
Koel: >50% heeft automatische toerenregeling	x	x	x

Gebouw 2

Maatregel	Gas-ref	Gas -10%	Gas -20%
Raam 1; HR++; houten koz.; U = 1,5	x	x	x
Gevel 1; Rc = 2,5	x	x	
Gevel 1; Rc = 4			x
H Dak 1; Rc = 2,5	x	x	x
P Dak 1; Rc = 3	x	x	
P Dak 1; Rc = 4			x
Begane grondvloer 1; Rc = 2,5	x	x	x
Verdiepingsvloer 1; Rc = 2,5	x	x	x
Zonwering; buitenzonwering handbediend			x
Ventilatiesysteem 1 :Toerenregeling	x	x	x
Ventilatiesysteem 1 :warmtewiel	x	x	x
Verlichtingsinstallatie 1 :veegpulsschakeling		x	x
Verlichtingsinstallatie 1 :HF-verlichting	x	x	x
Warm: >50% heeft automatische toerenregeling			x
Koel: >50% heeft automatische toerenregeling			x



Gebouw 3

Maatregel	Gas-ref	Gas - 10%	Gas - 20%
Raam 1; HR; houten koz.; U = 2,3	x		
Raam 1; HR++; houten koz.; U = 1,8		x	x
Gevel 1; Rc = 2,5	x	x	x
P Dak 1; Rc = 2,5	x	x	
P Dak 1; Rc = 3,0			x
Begane grondvloer 1; Rc = 2,5	x	x	x
Ventilatiesysteem 1 :twin-coil	x	x	x
Verlichtingsinstallatie 1 :veegpulsschakeling	x		x
Verlichtingsinstallatie 1 :HF-verlichting		x	x



C QUICK-SCAN

In deze bijlage worden de opties die voor IBF niet (of nog niet) in aanmerking komen nader toegelicht.

Individuele gaswarmtepomp

Het rendement van de gaswarmtepomp ligt in de orde van 125%. Dit betekent dat een gaswarmtepomp 25% meer warmte levert dan er aan (fossiele) brandstof ingaat. Dit is mogelijk doordat de warmtepomp warmte uit de omgeving onttrekt welke voor verwarming beschikbaar komt. Deze omgevingswarmte kan onttrokken worden aan afzuiglucht uit de bedrijven, buitenlucht, grondwater, oppervlaktewater of bodem. Indien wordt uitgegaan van buitenlucht als secundaire warmtebron voor de gaswarmtepomp, dan kan de omgevingswarmte door middel van een warmtewisselaar (die op het dak gemonteerd kan worden) aan de buitenlucht onttrokken worden.

Vanwege het lage temperatuurniveau (lager dan 60°C) dat een standaard warmtepomp kan leveren, zal het gebouw moeten worden voorzien van verwarming via een laag-temperatuursysteem (LT-systeem). De door de warmtepomp opgewekte warmte kan aan de ruimte worden overgedragen op één van de volgende manieren:

- > Extra grote radiatoren
- > Grotere warmtewisselaar in het luchtsysteem (in de luchtbehandelingkast)
- > Vloerverwarming.

De gaswarmtepomp(combi) neemt de warmteproductie voor warm tapwater en voor ruimteverwarming voor zijn rekening. Hij wordt bijgestaan door een geïntegreerde nageschakelde HR-ketel. Om pieken in de warmtapwatervraag te kunnen opvangen is tevens een boiler vat aanwezig.

De gaswarmtepomp is nog geen gemeengoed en op dit moment geen optie om op grote schaal toe te passen. Wel kunnen enkele proefprojecten worden uitgevoerd. Wellicht is het mogelijk om in een later stadium de gaswarmtepomp in te zetten in bijvoorbeeld groepen van energiezuinige gebouwen. In de vergelijking van de opties is de gaswarmtepomp niet verder meegenomen.

Collectieve gaswarmtepomp

Wanneer de gevraagde warmte wordt opgewekt door grote collectieve gaswarmtepompen, zal er centraal in het gebied een energiehuisje worden gesitueerd voor de warmtepomp en hulpketels. Het energiehuisje zal aangesloten worden op het gasnet. De grote warmtepomp werkt in principe hetzelfde als de individuele gaswarmtepomp. Ook hier is een secundaire warmtebron nodig. Hiervoor kunnen bodemwarmte, grondwater, oppervlaktewater en eventuele restwarmte van bijvoorbeeld bedrijven in de omgeving worden gebruikt.

Vanwege het feit dat de collectieve gaswarmtepomp minder goed scoort dan de elektrische warmtepomp en dat de technologie nog niet veel toegepast is, wordt deze voornamelijk toegepast in pilotprojecten en is daarom nog niet geschikt om grootschalig toe te passen.



Mini-WKK/ WKK

Een (mini-)WKK bestaat uit een gasmotorinstallatie. De gasmotor drijft een kleine generator aan waarmee elektriciteit wordt opgewekt. De warmte die wordt opgewekt in de gasmotor kan worden gebruikt voor warmtelevering. De elektriciteit kan voor eigen gebruik toegepast worden of verkocht worden aan het openbare elektriciteitsnet. Verder is op het bedrijventerrein een fijnmazige gas-infrastructuur aanwezig.

In de techniekruimte in het gebouw wordt een (mini-)WKK en enkele hulpketels geplaatst. De energiebesparing die met een WKK mogelijk is, is beperkt omdat de wkk warmtevraag gestuurd is. Een kantoorgebouw heeft een lage warmtevraag waardoor de installatie weinig draaiuren maakt. Als de WKK niet warmtevraag gestuurd is, en de elektriciteitskosten of de terugleververgoeding hoog zijn, is de exploitatie beter. In deze situatie zal de geproduceerde warmte weggekoeld worden. Dit is uit energetisch oogpunt niet gewenst en een economische beslissing. Om deze reden wordt de optie niet verder uitgewerkt in de studie.

Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat als een bedrijf een noodstroomvoorziening, of een bepaalde piek-elektriciteitsvraag heeft, het interessant kan zijn om een WKK-eenheid in te zetten. Zeker als de elektriciteit niet aan het net wordt teruggeleverd, maar voor eigen gebruik ingezet kan worden.

STEG

Een STEG-centrale bevat een stoom- en gasturbine waarmee elektriciteit en warmte opgewekt worden. Warmtelevering door een STEG komt in aanmerking bij grote locaties omdat het vermogen van een STEG zeer groot is. De grootte van IBF is in principe onvoldoende.

Een risico bij deze optie is de elektriciteitsproductie. De hoge kosten voor een STEG worden alleen terugverdiend indien de elektriciteit verkoop voldoende oplevert. In de huidige liberale markt hebben de elektriciteitsprijzen de neiging te dalen waardoor het risico bestaat dat de centrale niet rendabel wordt. Daar niet te verwachten is dat dit een reële optie is, wordt de STEG niet verder uitgewerkt.

Waterkracht

Met behulp van waterkracht kan er elektriciteit worden geproduceerd. Er zijn verschillende vormen van waterkracht:

- > Getijdencentrale
- > Golven centrale
- > Hoogteverschilcentrale.

Aangezien in de wateren in de omgeving van IBF geen aanzienlijke getijden, golven of hoogteverschil voorkomen wordt de optie niet verder uitgewerkt.

Waterstof

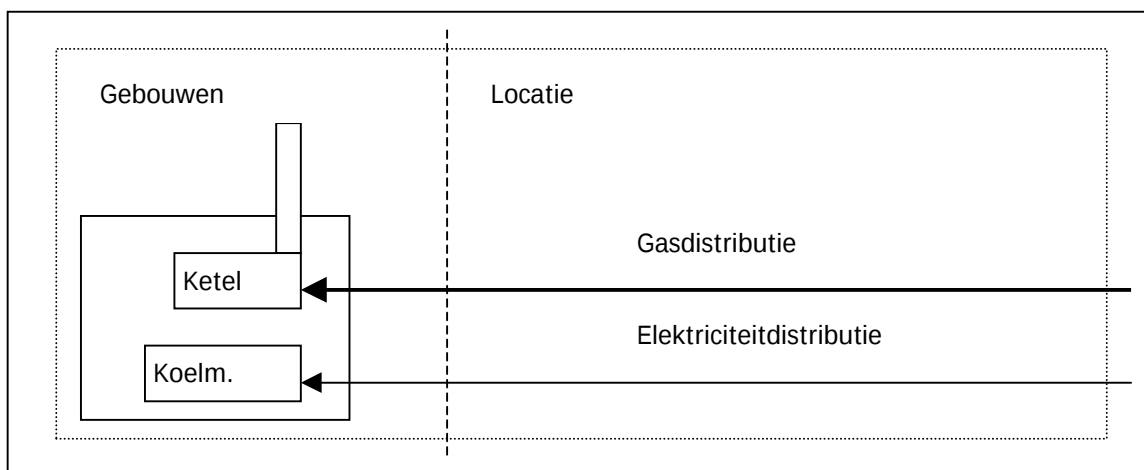
Momenteel wordt veel onderzoek verricht naar de toepassing van waterstof. Daar deze vorm zich in een nog zeer experimentele fase bevindt, wordt ze niet nader beschouwd.



D SCHEMATISCHE WEERGAVE ENERGIEOPTIES

Individuele gasketels en individuele elektrische compressiekoelmachines (gas)

In figuur D.1 wordt de energieoptie schematisch weergegeven. Ten behoeve van de ruimteverwarming en bereiding van warm tapwater worden individuele gasketels (Ketel) toegepast. Om in de koudebehoefte te voorzien, worden de gebouwen die een koudevraag hebben, uitgerust met individuele elektrische compressiekoelmachines.



Figuur D.1: schematische weergave van de referentiesituatie (GAS)

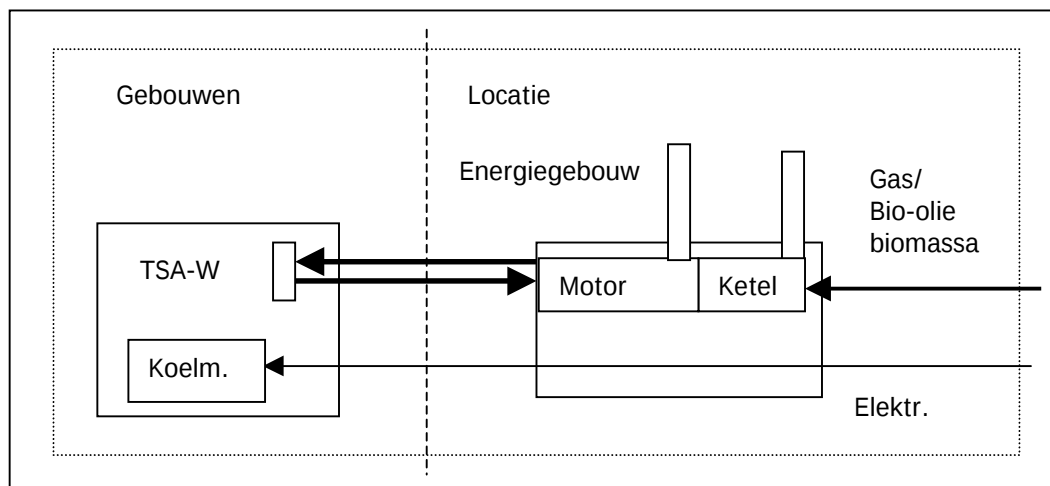
De gebruiker is in principe vrij om temperatuurtrajecten te kiezen voor de warmte- en koudeafgiftesystemen. Momenteel wordt bij individuele gasketels veelal voor verwarming een aanvoertemperatuur van 90°C tot 70°C en een retourtemperatuur van 70°C of 40°C toegepast. Het temperatuurtraject voor koude is meestal in orde van grootte 6°C aanvoer en 12°C retour. Iedere afnemer krijgt in principe een gas- en een elektriciteitsmeter waarop het individuele energieverbruik wordt geregistreerd.

Naast een elektriciteitsnet komt op de locatie een fijnmazig gasdistributienet waarop alle gebouwen worden aangesloten. Gasketels en de elektrische compressiekoelmachines gaan relatief inefficiënt om met energiebronnen. Hierdoor moeten op gebouwniveau relatief veel maatregelen worden toegepast om invulling te geven aan energieambities.



Collectieve warmtekrachtkoppeling en/ of ketel met individuele elektrische compressiekoelmachines (Biomassacentrale/ WKK bio-olie / bio-olie ketel)

In figuur D.2 wordt de energieoptie schematisch weergegeven. De gebouwen worden voorzien van een warmteaansluiting ten behoeve van de ruimteverwarming en warm tapwater. De warmte wordt in het centraal opgestelde energieruimte opgewekt door gasmotoren of ketels, eventueel bijgestaan door hulpketels om in de piekvraag te voorzien. De temperatuur van de aanvoerleiding bedraagt circa 70°C. In het gebouw wordt middels een warmtewisselaar (TSA-W) de warmte afgestaan aan het systeem in het gebouw. De aanvoertemperatuur is hoog genoeg om in het gebouw warm tapwater te produceren van 65°C. De motor produceert naast warmte ook elektriciteit. Deze wordt in principe aan het openbare elektriciteitsnet geleverd. Om in de koudebehoefte te voorzien, worden de gebouwen die een koudevraag hebben, uitgerust met individuele elektrische compressiekoelmachines.



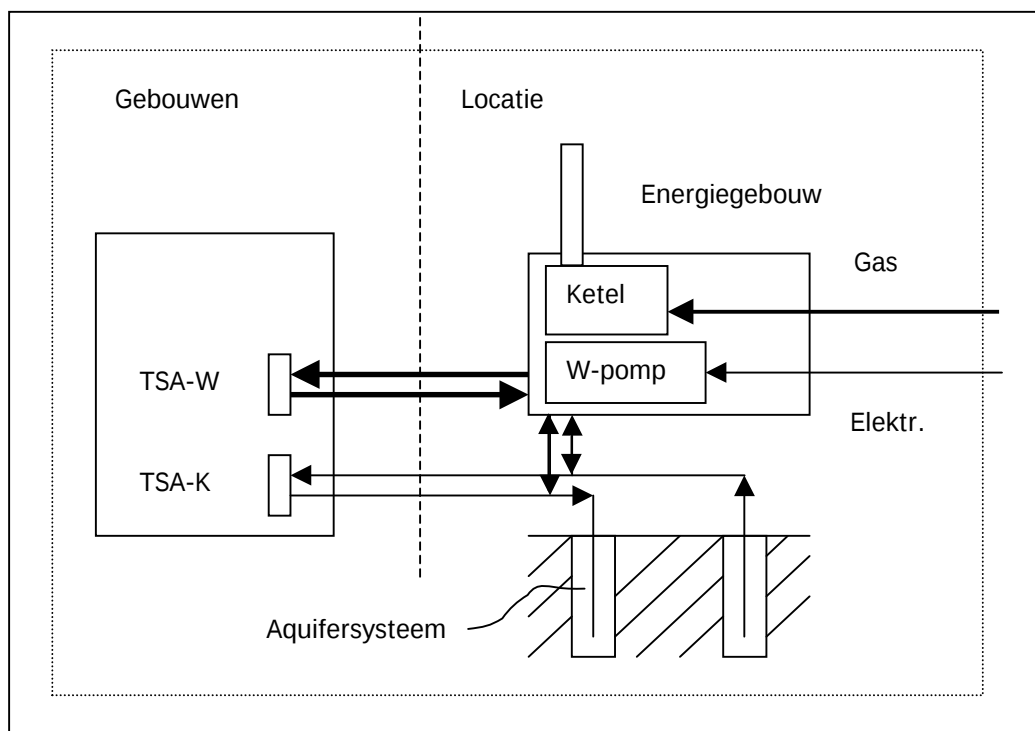
Figuur D.2: schematische weergave bio/ olie WKK en biomassacentrale



Collectieve elektrische warmtepompen

In figuur D.3 wordt de energieoptie schematisch weergegeven. De gebouwen worden aangesloten op een warmtenet en een koudenet om in de warmte en koudebehoefte te kunnen voorzien. De collectieve warmtepomp maakt net als bij de individuele warmtepompen gebruik van het collectieve aquifersysteem. Het aquifersysteem voorziet volledig in de koudebehoefte. Het koudenet geeft koude aan het systeem in het gebouw (TSA-K). Het warmtedistributienet geeft middels een warmtewisselaar (TSA-W) warmte aan het systeem in het gebouw.

Op de locatie wordt ruimte gereserveerd voor een separaat energiegebouw waarin de collectieve elektrische warmtepompen en hulpketels worden gesitueerd. Het energiegebouw wordt voorzien van een gas- en elektriciteitsaansluiting. In de kantoorgebouwen is geen gas beschikbaar. Ook kan in een cluster van gebouwen een dergelijke energie-infrastructuur worden toegepast.



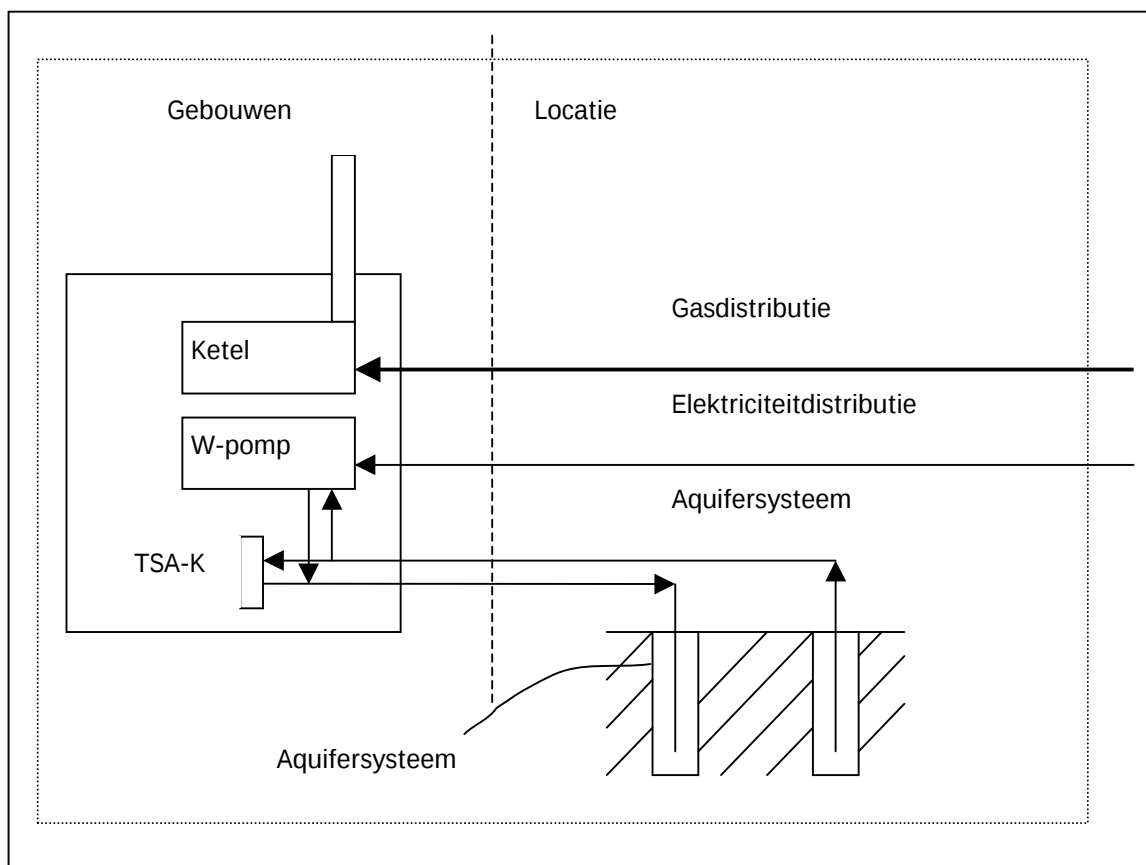
Figuur D3: schematische weergave C-EWP + koelnet.



Individuele elektrische warmtepompen

In figuur D.4 wordt de energieoptie schematisch weergegeven. Ten behoeve van de ruimteverwarming en bereiding van warm tapwater worden individueel opgestelde elektrische warmtepompen (W-pomp) en gasketels (Ketel) geplaatst. De ketels worden alleen tijdens pieken in de warmtevraag en tijdens eventuele storingen van de warmtepomp ingezet. Naast het elektriciteitsnet wordt ook bij deze energievoorziening op de locatie een fijnmazig gasnet aangelegd, waarop alle gebouwen worden aangesloten.

De elektrische warmtepomp maakt gebruik van een zogenaamde secundaire bron. Als secundaire bron voor de warmtepomp wordt de aquifer ingezet die tevens volledig in de koudebehoefte van de gebouwen voorziet. De koude wordt aan het systeem onttrokken en in het gebouw overgedragen middels een Tegenstroom Scheiding Apparaat (TSA-K).

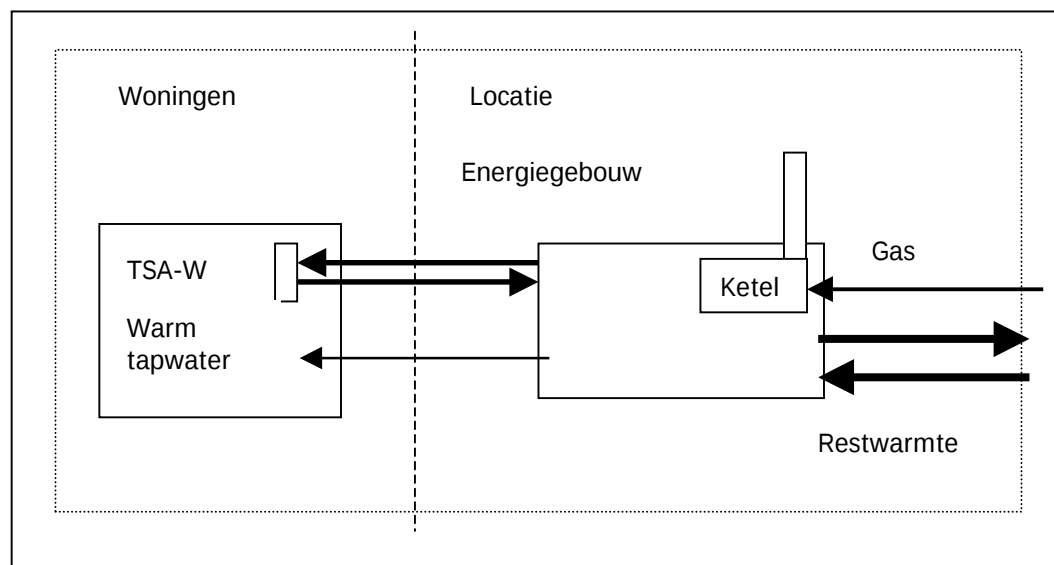


Figuur D.4: schematische weergave I-EWP + bronnet (koelnet)



Restwarmtelevering

In figuur D.5 wordt de energieoptie schematisch weergegeven. De woningen worden voorzien van een warmteaansluiting ten behoeve van de ruimteverwarming en van een separaat warm tapwaternet. De restwarmte van een nabij gelegen bedrijf wordt getransporteerd naar de locatie. In het gebouw wordt middels een warmtewisselaar (TSA-W) de warmte afgestaan aan het systeem in het gebouw.



Figuur D.5: schematische weergave Restwarmte



E TOELICHTING BIJ ENERGIEMAATREGELEN EN –TECHNIEKEN

GASINFRASTRUCTUUR	23
WARMTE-INFRASTRUCTUUR	23
ALLEEN ELEKTRICITEIT	24
WARMTEPOMP	24
ZONNEBOILER(COMBI)	26
ISOLATIE	26
ISOLERENDE BEGLAZING	27
WARMTERUGWINNING UIT VENTILATIELUCHT	27
LAGETEMPERATUURVERWARMING (LTV)	28
WINDTURBINE	28
AQUIFERSYSTEEM	29
BIO-OLIE	29
PV-PANELEN	30
GAS- OF DIESELMOTOR	30
 TER INFORMATIE	
ZONORIËNTATIE EN VOORWAARDEN VOOR GEBRUIK VAN ZONNE-ENERGIE	32
COMPACT BOUWEN	32
ENERGIEZUINIG ONTWERP	32



Gasinfrastructuur

Werking

Middels een distributienet wordt aardgas naar de gebouwen getransporteerd, dat in de woning wordt benut voor bijvoorbeeld verwarming en koken. De gebouweigenaar maakt zelf keuzen met betrekking tot in de woning toe te passen gastoestellen. Voor ruimteverwarming en warm tapwater is er een ruim aanbod van kachels, geisers en (combi)ketels. Ook een zonneboilercombi en in de toekomst een gaswarmtepomp of micro-wkk behoren tot de mogelijkheden. De gasgestookte wasdroger is een voorbeeld van een gastoestel, dat sinds kort op de markt is. Met de keuze voor toestellen wordt een invulling gegeven aan het gewenste comfortniveau in relatie tot de bijbehorende kosten (en bij sommigen ook de milieueffecten).

Op dit moment is er alleen aardgas leverbaar. De verwachting is, dat het aanbod in de toekomst wordt aangevuld met duurzaam geproduceerd gas. De realisatietermijn hiervoor is nog onbekend.

Kosten

De kosten voor de aanleg van een gasinfrastructuur in een wijk en het aansluiten van de woningen bedragen ongeveer 800 euro per woning. Voor utiliteitsgebouwen is afhankelijk van de benodigde capaciteit de aansluitkosten tot wel 5.000 euro bedragen. De onderhoudskosten zijn 3% van de investering, en worden via vastrecht aan de beheerder van het gasnet betaald.

Consequenties

- > Technisch: Geen consequenties
- > Ontwerpvrijheid: Geen consequenties
- > Comfort: Vrij in te vullen
- > Ruimtebeslag: Gasontvangststation in de wijk en een leiding in de grond (in het straatprofiel).

Warmte-infrastructuur

Werking

Middels een distributienet wordt warmte vanuit een centraal punt in de wijk of daarbuiten naar de gebouwen getransporteerd. Het gebouw heeft geen gasaansluiting en er hoeft geen ketel in de afzonderlijke gebouwen te worden geplaatst. Per gebouw/gebruiker wordt het warmteverbruik gemeten en doorberekend in de energierekening.

Warmtebron

De warmte-infrastructuur kan uit verschillende bronnen warmte betrekken. Voorbeelden zijn: gasmotor, warmtepomp, biomassaketel, zonthermische centrale (de technieken worden in deze bijlage toegelicht). Naast de warmtebron worden op of buiten de locatie hulpketels opgesteld die extra warmte kunnen leveren tijdens pieken in de vraag. Deze ketels kunnen ook worden ingezet bij onderhoud en eventuele storingen aan de warmtebron.

Distributienet

Het distributienet omvat een leidingstelsel dat warm water naar de gebouwen aanvoert en het afgekoelde water terugbrengt naar de centrale. De afgegeven warmte wordt benut voor de ruimteverwarming en warm tapwaterbereiding. Er zijn verschillende varianten van het distributienet die zich onderscheiden door de wijze waarop warm tapwater wordt bereid:

1. De warmte uit het leidingnet wordt gebruikt voor warmtapwaterbereiding. Hiertoe wordt een warmtewisselaar in de meterkast geplaatst
2. Warm tapwater wordt separaat opgewekt middels elektrische apparaten in de gebouwen, zoals warmtepomp-boilers (zie warmtepomp) en elektrische boilers
3. Warm tapwater wordt centraal opgewekt en via een separaat warmtapwaternet gedistribueerd.

In situatie 1 moet de aanvoertemperatuur van het warmtenet continu boven 70°C worden gehouden om tapwater van de gewenste temperatuur te kunnen leveren en legionellabesmetting te voorkomen. In situatie 2 en 3 kan het systeem bedreven worden met lage temperaturen of via een stooklijnregeling (hoge temperaturen in de winter en lage temperaturen in de zomer). De systemen 2 en 3 maken de toepassing van een centrale warmtepomp of een zonthermische centrale mogelijk.

Een warmte-infrastructuur is flexibel bij de toe te passen warmtebron, met name als gekozen wordt voor lage leveringstemperaturen. Er zijn al technieken beschikbaar waarmee een duurzame energievoorziening kan worden gerealiseerd, zoals een biomassa-installatie, warmtepompen op groene stroom, aardwarmte of een zonnecentrale.



Kosten

De kosten voor de aanleg van een warmtenet in de wijk en aansluiting van de woningen bedragen afhankelijk van het type woningen en de bebouwingsdichtheid tussen de 2.000 en de 4.500 euro per woning. Voor gebouwen zijn de totale kosten afhankelijk van het gevraagde vermogen (enkele honderden euro's per kilowatt aansluitvermogen). Onderhoudskosten liggen in de orde van 3% van de investering en worden via vastrecht geïnd.

Consequenties

- > Technisch: Geen
- > Ontwerpvrijheid: Voorkeur voor woningen met kruipruimten in verband met het onderbrengen van warmtedistributieleidingen (lagere kosten dan bij leidingen in de grond)
- > Comfort: Het energiebedrijf kan keuze bieden in het te leveren warm tapwatercomfort
- > Ruimtebeslag: In (of buiten) de locatie moet ruimte zijn of worden gemaakt voor de warmtecentrale. In de grond (in het straatprofiel) bevindt zich een dubbel leidingstelsel. Er treedt ruimtewinst op door distributieleidingen in de kruipruimte van woningen te plaatsen.

Alleen elektriciteit

Werking

Een gebouw wordt per definitie aangesloten op het elektriciteitsnet. Door toepassing van een elektrische warmtepompen (zie toelichting warmtepomp) kan een gebouw uitstekend en efficiënt worden verwarmd. De keuze voor dit systeem houdt in, dat er geen aanvullende infrastructuur voor gas en warmte meer nodig zijn.

Speciale aandacht moet worden besteed aan de secundaire warmtebron voor de warmtepompen. Door inzet van duurzaam opgewekte elektriciteit wordt een volledig duurzame energievoorziening gerealiseerd.

Kosten

De kosten van de infrastructuur bedragen ongeveer 1.350 euro per woning versus 1.800 (gas en elektriciteit) in de standaard situatie. Voor utiliteitsgebouwen is de bijdrage aansluitkosten afhankelijk van het vermogen en bedraagt circa 4.500 tot 70.000 euro.

Onderhoudskosten worden geraamd op 3% van de investering.

Consequenties

- > Technisch: Woningen worden elektrisch verwarmd met warmtepompen. Omdat de elektriciteitsvraag van een warmtepompwoning hoger is dan van een woning die is aangesloten op een gas- of warmtenet, moet het elektriciteitsnet een grotere capaciteit hebben (netverzwaring)
- > Ontwerpvrijheid: Geen consequenties
- > Comfort: Vrij in te vullen
- > Ruimtebeslag: Geen consequenties.

Warmtepomp

Werking

Een warmtepomp werkt volgens hetzelfde principe als een koelkast. Warmte wordt onttrokken op de ene plaats. Deze warmte, vermeerderd met de energie die nodig is voor de aandrijving van het proces, wordt weer afgegeven op een andere plaats. Het totale verwarmingseffect is daardoor groter dan de energie-input. Dit maakt de warmtepomp zeer efficiënt.

Elektrische warmtepompen zijn het meest gebruikelijk. Er zijn echter ook thermisch aangedreven (gasgestookte) varianten (absorptiewarmtepomp, gasmotorwarmtepomp). Een warmtepomp kan individueel in een gebouw of collectief in combinatie met warmtelevering worden toegepast.

Tapwater

Combiwarmtepomp

Met een combiwarmtepomp kan net als met een Combiketel zowel worden voorzien in de ruimteverwarming als in de tapwatervraag. Een combiwarmtepomp heeft een voorraadvat (boiler) kan samen met de warmtepomp geïntegreerd zijn in een behuizing of de boiler is naast de warmtepomp geplaatst. De warmtepomp kan tot 50 – 55 °C leveren zonder te veel in te leveren op het opwekkendement. Hogere temperaturen zijn ongewenst vanwege de hoge belasting van de compressor en het daarmee samenhangende lage rendement. Om ziekten, zoals legionella, te voorkomen wordt periodiek de boiler verwarmd tot boven de 60°C met een elektrisch element. Eenmaal per week is doorgaans voldoende.



Warmtepompboiler

De momenteel verkrijgbare warmtepompboilers gebruiken de afgevoerde ventilatielucht uit een woning als warmtebron om tapwater te verwarmen. Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning (uit de ventilatielucht) is niet te combineren met een warmtepompboiler omdat de warmte uit de ventilatielucht slechts toereikend is voor één van beide toepassingen.

Een andere combinatie van een warmtepompboiler is de warmte uit de retour van de vloerverwarming benutten voor het opwekken van warmtapwater. Met dit systeem kan warmteterugwinning uit de ventilatielucht worden toegepast.

Input: Elektriciteit en omgevingswarmte

Een warmtepomp onttrekt omgevingswarmte uit een zogenoemde secundaire bron. Dit kan zijn:

- > Bodem met gesloten bodemwarmtewisselaars (verticaal of horizontaal)
- > Grondwater uit een aquifer in combinatie met koeling of regeneratie in zomer. Regeneratie kan bijvoorbeeld door warmte uit asfaltcollectoren of nabij gelegen warmte uit oppervlaktewater in de aquifer op te slaan
- > Effluent van rioolwaterzuivering
- > Oppervlaktewater van meer of rivier.

De onttrokken omgevingswarmte wordt gekwalificeerd als duurzame energie. Het duurzaamheidsaandeel van de warmtepomp kan nog verder worden verhoogd, door gebruik te maken van duurzaam opgewekte elektriciteit.

Output: Nuttige warmte

De warmtepomp levert warm water met temperatuur van maximaal 55°C. Hoe lager de leveringstemperatuur, hoe efficiënter de warmtepomp werkt.

SPF is het jaarlijks gemiddelde van de verhouding tussen de door de warmtepomp geleverde warmte en verbruikte elektriciteit. Richtwaarden voor de SPF zijn, uitgaande van grondwater als secundaire bron, een gemiddelde afgiftetemperatuur van 40°C voor ruimteverwarming en 55°C voor warm tapwater:

- > Individuele warmtepomp 3,5
- > Collectieve warmtepomp 4,5
- > Warmtepompboiler 2,5

De SPF is sterk afhankelijk van de daadwerkelijke omstandigheden waarin de warmtepomp wordt toegepast en moet derhalve voor elke toepassing worden geëvalueerd.

Indien de warmtepomp "omkeerbaar" wordt uitgevoerd, is de warmtepomp in de zomer tevens koelmachine.

Kosten

De Investering voor een individuele warmtepomp, inclusief secundaire bron ligt in de orde van 7.000 tot 9.000 euro per woning, afhankelijk van lokale omstandigheden. Voor een collectieve warmtepompcentrale inclusief bron liggen de kosten op circa 700 euro per kW_{th}.

Van invloed op de totale gebruikskosten zijn de elektriciteitsstarieven en de onderhoudskosten. Tariefoptimalisatie vindt plaats door elektriciteit zoveel mogelijk in de daluren in te kopen. Jaarlijkse kosten voor onderhoud bedragen circa 4% van de investering. Bijdragen in de vorm van investeringssubsidies zijn projectafhankelijk.

Consequenties

- > Technisch: Omdat warmtepompen beter presteren naarmate de leveringstemperatuur lager is, worden ze bij voorkeur gecombineerd met Lage Temperatuurverwarming (zie techniekblad 'Lage Temperatuurverwarming'). Bij een collectief systeem kan eventueel ook Midden Temperatuurverwarming worden toegepast mits een lage retourtemperatuur kan worden gegarandeerd en hulpwarmteketels in serie met de warmtepomp worden geschakeld (zie 'Warmte en elektriciteit')
- > Ontwerpvrijheid: Geen beperkingen
- > Comfort: Consequenties voor thermisch comfort zijn afhankelijk van de keuze van het afgiftesysteem (zie 'Lage Temperatuurverwarming'). Bij warmtepomptoepassingen kan vaak tegen geringe meerkosten comfortkoeling van de woning worden aangeboden
- > Ruimtebeslag: Individuele warmtepompen zijn doorgaans uitgerust met een warmtebuffer. Voor de installatie is ongeveer 1,5 m² vloeroppervlak nodig. Een collectieve warmtepomp wordt, afhankelijk van het aantal woningen dat erop aangesloten is, geplaatst in een gebouw van 30 tot 150 m²
- > Geluid en trillingen: Het geluidsniveau van individuele systemen is genormeerd op maximaal 50 dB(A). Bij de plaatskeuze dient rekening te worden gehouden met het voorkomen van hinder en overlast



- > Emissies: Warmtepompen kunnen werken op basis van verschillende koudemiddelen. Sommige hiervan zijn zeer slecht voor het milieu als ze in de atmosfeer terechtkomen. De keuze van het koudemiddel is daarmee van invloed op het totale milieueffect van de toepassing van warmtepompen.

Zonneboiler(combi)

Werking

Een zonneboiler(combi) bestaat uit een collector, een opslagvat en een bijverwarming. In de collector, die doorgaans op het dak wordt geplaatst, wordt zonnewarmte opgevangen en overgedragen aan water. Het opgewarmde water wordt opgeslagen in een buffervat totdat het nodig is voor gebruik. Bij een zonneboiler die alleen warm tapwater maakt, wordt het water indien nodig nog naverwarmd in een separaat warmwatertoestel (combiketel, geiser). Bij een zonneboilercombi is de bijverwarming geïntegreerd in het systeem. Het toestel verzorgt naast de productie van warm tapwater ook de totale verwarming van het huis.

Input: zonnewarmte, elektriciteit, (aardgas)

- > Bij een zonneboiler is alleen elektriciteit voor de pomp nodig
- > Bij een zonneboilercombi is naast elektriciteit voor de pomp tevens aardgas voor de brander nodig.

Output: warm tapwater, (ruimteverwarming)

De zonneboiler levert warm tapwater (maximaal 90 °C). Een zonneboiler met een collector van 2,8 m² levert bij een gemiddeld gezin een energiebesparing op van ongeveer 3,6 GJ per jaar.

Een zonneboilercombi (collector 5,6 m²) levert naast warm tapwater ook warmte voor ruimteverwarming (maximaal 90 °C). De opbrengst bedraagt gemiddeld 7,0 GJ per jaar.

Kosten

De investering voor een zonneboiler ligt in orde van 1.450 euro per woning.

Investering voor een zonneboilercombi is afhankelijk van de collectoroppervlak 3.400 tot 4.500 euro per woning. Hierbij is echter geen separate ketel nodig zodat deze kosten als vermeden kosten kunnen worden berekend.

Voor beide systemen is op dit moment een energiepremie van 700 euro beschikbaar.

Een zonneboiler vraagt in principe geen onderhoud. Voor de zonneboilercombi moet worden gerekend op jaarlijkse onderhoudskosten van 3% van de investering.

Consequenties

- > Technisch: Bij de constructie van de woning dient rekening te worden gehouden met het gewicht van de (gevulde) installatie
- > Ontwerpvrijheid: De collector moet ingepast worden in of op het dakvlak. De oriëntatie van de collector moet min of meer op het zuiden zijn gericht, waarbij de hellingshoek van de collector bij voorkeur ligt tussen 20 en 50° (0° is horizontaal)
- > Comfort:
 - Zonneboiler: Geen consequenties
 - Zonneboilercombi: Hoog tapwatercomfort vanwege de beschikbaarheid van een buffervoorraad die continu op temperatuur wordt gehouden.
- > Ruimtebeslag: Beide systemen zijn uitgerust met een warmtebuffer. Voor de installatie is ongeveer 1 m² nodig.

Isolatie

Werking

De temperatuur binnen een gebouw is doorgaans hoger dan de buitentemperatuur. Via de buitenschil van het gebouw (dak, gevel, begane grondvloer) treden warmteverliezen op (transmissieverliezen). Door isolatiemateriaal aan te brengen in de schil nemen deze verliezen af. Bij toenemende isolatiedikte neemt het (absolute) effect op de besparing af.

Bij bestaande gebouwen met spouwmuur kan via een opening in de muur isolatiemateriaal in de spouw worden aangebracht. Hiertoe dient de spouwruijnte minimaal 50 mm te bedragen en moet de muur zijn opgebouwd uit een geschikte steensoort. Bovendien is het belangrijk dat de muur in een goede staat verkeert en dat de spouw redelijk schoon is. Puininsluitels kunnen gaan werken als koudebrug. Naast spouwisolatie is het mogelijk om aan de binnen- of buitenzijde van de muur voorzetwanden met isolatiemateriaal te plaatsen. Met name aan de buitenzijde heeft dit consequenties voor de afwerking. Aan de binnenzijde is vochtbeheersing het belangrijkste probleem.

Bij nieuwbouw wordt isolatiemateriaal middels isolatiepakketten in de spouw aangebracht.

**Kosten**

Een toenemende isolatiedikte leidt tot hogere kosten door:

- > Hoger materiaalverbruik
- > Speciale aansluitingen bij overgangen (gevel-kozijn en dak-gevel)
- > Afwerking van voorzetwanden aan de binnen of buitenzijde middels stuc- of metselwerk
- > Bij nieuwbouw dikkere gevels die een bredere fundering vragen
- > Bij extreme diktes zullen bij nieuwbouw speciale constructies nodig zijn.

Consequenties

- > Technisch: eventuele verbreding van de fundering bij nieuwbouw; aanpassing van aansluitingen
- > Ontwerpvrijheid: aanpassingen in aansluitingen zijn zichtbaar en vragen extra aandacht bij het ontwerp
- > Comfort: een meer gelijkmatige temperatuurverdeling leidt tot een verbetering van de comfortbeleving
- > Ruimtebeslag: door dikkere gevels is het ruimtebeslag groter en bij toepassing van voorzetwanden aan de binnenzijde wordt de binnenruimte kleiner.

Isolerende beglazing

Werking

Door glasoppervlakken treden transmissieverliezen op. Deze zijn een factor groter dan door de overige delen van gevels en daken. Daar staat tegenover dat vensters licht en passieve zonne-energie binnenlaten. Omdat beter isolerende beglazing de zon minder goed binnenlaat in de woning (minder effectieve benutting van passieve zonne-energie), is het besparingseffect bij toepassing aan de noordzijde groter dan bij toepassing aan de zuidzijde. Per saldo is het besparingseffect overigens ook aan de zuidzijde positief.

Glas kan isolerend worden gemaakt middels de volgende principes:

- > Toepassing van voorzetramen
- > Toepassing van twee (of meer) lagen glas met daartussen een isolerende luchtlaag. Een optimaal effect treedt op bij een spouwbreedte van 15 mm
- > Toepassing van edelgas in de spouw. Hiermee wordt de isolatiewaarde verbeterd ten opzichte van een met lucht gevulde spouw
- > Toepassing van een infrarood-coating die zonlicht doorlaat maar warmtestraling (van binnen naar buiten) tegenhoudt

Kosten

Een toenemende isolerende werking wordt bereikt door beter edelgas en een iets grotere spouwbreedte. Hierdoor nemen de kosten toe. Over het algemeen wordt de toename van de kosten gecompenseerd door de energiebesparing die ermee wordt bereikt.

Consequenties

- > Technisch: Dubbel glas met grotere spouwbreedte vraagt kozijnen met een grotere sponning, waardoor bij bestaande gebouwen vaak ook kozijnen vervangen of aangepast dienen te worden.
- > Ontwerpvrijheid: Geen consequenties.
- > Comfort: Sterk isolerende beglazing heeft een nivellerend effect op de weersinvloeden. De koudeval bij ramen is daardoor lager. In de zomer houdt isolerende beglazing de zon wat meer tegen dan gewone beglazing zodat de woning minder snel door de zon opwarmt.
- > Ruimtebeslag: Geen consequenties.

Warmteterugwinning uit ventilatielucht

Werking

Met af te voeren ventilatielucht kan middels een warmtewisselaar de toe te voeren verse buitenlucht worden voorverwarmd. Hiertoe moeten de betreffende luchtstromen via luchtkanalen op een centraal punt worden samengebracht. Door een goede afstemming van de hoeveelheden toe- en afgevoerde lucht passeert alle ventilatielucht de warmtewisselaar. De technische term voor dit systeem is 'gebalanceerde ventilatie of balansventilatie'. Bij goed geïsoleerde gebouwen kan door toepassing van warmteterugwinning een aanzienlijke reductie van het totale energieverbruik worden bereikt. Voor een optimaal effect moet extra aandacht worden besteed aan de luchtdichtheid van de woning of het gebouw (kierdichting).

Kosten



De meerinvestering voor het verbeteren van de kierdichting en het aanbrengen van een gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning ten opzichte van een mechanische afzuiging bedraagt 1.250 euro voor een woning. Voor utiliteitsgebouwen zijn verschillende systemen verkrijgbaar. De kosten variëren van 5 tot meer dan 50 cent voor een kuub per uur ventilatielucht.

Voor de jaarlijkse onderhoudskosten wordt 4% van de investering aangehouden.

Consequenties

- > Technisch: Warmteterugwinning kan uitsluitend in combinatie met gebalanceerde ventilatie. Een goede luchtdichtheid van met name de woning (kierdichting) is voorwaarde voor de goede werking van het systeem
- > Ontwerpvrijheid: Het aantal ventilatiekanalen is groter dan bij mechanische afzuiging
- > Comfort: Afwezigheid van ongecontroleerde koude luchtstromingen verhoogt de comfortbeleving
- > Ruimtebeslag: In de luchtbehandelingkast dient ruimte gereserveerd te worden voor de warmtewisselaar.

Lagetemperatuurverwarming (LTV)

Werking

Algemene stelregel is: hoe lager de verwarmingstemperatuur, des te gunstiger het rendement waarmee de warmte kan worden opgewekt. Om een ruimte te verwarmen tot een aangename verblijfstemperatuur is verwarmingstemperatuur van 35 tot 50°C in principe al ruimschoots voldoende. In de praktijk worden echter hogere temperaturen toegepast, omdat hiermee warmteoverdragend oppervlak (de grootte van de radiatoren) beperkt kan worden. LTV kan worden gerealiseerd door toepassing van:

- > Vergrote radiatoren
- > Vloerverwarming
- > Wandverwarming
- > Luchtverwarming.

Kosten

De investering bij conventionele radiatoren, inclusief leidingwerk en montage, bedraagt circa 1.800 euro voor een gemiddelde rijenwoning (aansluitvermogen 10 kW, aanvoer 90°C, retour 70°C). Bij een aanvoer van 70 °C en een retour van 40°C, zijn de kosten ongeveer 2.100 euro ten gevolge van de grotere radiatoren. Bij LTV (aanvoer <55 °C, retour 30 °C) gelden de volgende kosten:

- > Vergrote radiatoren : 2.800 euro,
- > Vloerverwarming : 2.800 euro¹,
- > Wandverwarming : 3.700 euro¹,
- > Luchtverwarming: 3.200 euro, excl. kosten HR-warmteterugwinning².

De jaarlijkse onderhoudskosten zijn niet hoger dan bij standaard radiatoren.

¹De kosten voor vloer- en wandverwarming gaan uit van een maximale aanvoertemperatuur van 50° C. Wanneer een hogere aanvoertemperatuur voor kan komen dient een speciale regelenheid toegepast te worden die de aanvoertemperatuur middels het bijmengen van de retour terugbrengt tot 50° C. De meerkosten voor een dergelijke regeling bedragen voor de genoemde gemiddelde rijenwoning circa 640 euro.

²Luchtverwarming wordt in de praktijk alleen toegepast in combinatie met warmteterugwinning uit ventilatielucht. Voor de overige LTV-systemen is deze combinatie niet noodzakelijk.

Windturbine

Werking

Windturbines zetten windenergie om in elektriciteit. Omdat de gemiddelde windsnelheid toeneemt met de hoogte, wordt de turbine op een mast geplaatst. De keuze van de masthoogte is een optimalisatie tussen bouwkosten en exploitatieopbrengsten. Turbines zijn in verschillende vermogens verkrijgbaar. Gangbare typen voor grootschalige windturbines variëren van 250 kW tot 3 MW.

Kleinschalige windturbines zijn verkrijgbaar vanaf enkele kW. Door het plaatsen van meerdere modules is het vermogen te vergroten.

Kosten

Een turbine kost ongeveer 900 euro per kW. Een kleinschalige windturbine kost ongeveer 5.000 euro per kW. De onderhoudskosten zijn 2% van de investering.



Consequenties

- > Technisch: Geen consequenties
- > Ontwerpvrijheid: Geen consequenties
- > Comfort: Geen consequenties
- > Ruimtebeslag: Landschappelijke inpassing is een specifiek aandachtspunt. Visuele hinder (esthetisch, beweging, slagschaduw, schittering), geluidshinder en verstoring van vogels zijn aspecten die bij de inpassing meegewogen dienen te worden.

Aquifersysteem

Werking

Een aquifer is een grondwaterreservoir in de bodem waarin warmte of koude kan worden opgeslagen. Om een aquifer in gebruik te kunnen nemen, moet het reservoir worden aangeboord. Een aquifer kan bestaan uit twee bronnen, een warme en een koude bron (doublet). Het principe is dat warm of koud water wordt opgepompt en dat energie-overdracht plaatsvindt. De bronnen dienen zodanig gesitueerd te worden dat de bronnen elkaar onderling niet beïnvloeden.

In principe kunnen aquifers in heel Nederland worden toegepast. Middels een proefboring kan worden bekeken of op de gewenste plaats een aquifer kan worden toegepast. Tevens kan de waterkwaliteit worden bepaald. De vergunningverlener zal in principe een thermische balans eisen. Indien bijvoorbeeld in de winter meer warmte wordt onttrokken aan de aquifer dan in de zomer wordt toegevoerd, spreekt men van een thermische onbalans. Om de aquifer in thermisch evenwicht te krijgen wordt de bron geregenereerd.

Regenereren kan op verschillende manieren. De meest voorkomende zijn regenereren met:

- > Oppervlaktewater
- > Koel- of warmtetoeren
- > Zonnecollectoren
- > Asfaltcollectoren.

Per provincie worden verschillende eisen gesteld aan een aquifersysteem. Vaak dient periodiek de waterkwaliteit te worden beoordeeld. Ook kan het zijn dat voor per kubieke meter onttrokken water een vergoeding dient te worden betaald.

Kosten

De kosten van aquifersystemen variëren sterk mede door het wel of niet moeten regenereren, diepte van de bronnen, aantal bronnen en kwaliteit van het water. De kosten variëren van 70 tot 450 euro per kilowatt.

Consequenties

- > Technisch: ten behoeve van ruimteverwarming zal naverwarming nodig zijn. Voor koeling kan het water uit het aquifersysteem direct worden gebruikt mits hoge temperatuur koeling wordt toegepast. Afhankelijk van de thermische onbalans zal een regeneratiesysteem nodig zijn
- > Ontwerpvrijheid: Voor situering van de bronnen dient aan bepaalde voorwaarden te voldoen zoals:
 - Onderlinge afstand van de bronnen
 - Richting van de grondwaterstroming
- > Comfort: Geen consequenties
- > Ruimtebeslag: Voor situering en "afdekking" van de putten dient eventueel op de locatie ruimte te worden gereserveerd. Dit geldt ook voor het benodigd leidingtracé en eventuele regeneratievoorzieningen.

Bio-olie

Werking

De bio-olie wordt geproduceerd uit bijvoorbeeld ingezameld frituurvet of gewonnen uit plantaardig materiaal zoals koolzaadolie. Het is als product vergelijkbaar met huisbrandolie en wordt ook volgens de daarvoor geldende richtlijnen getransporteerd en opgeslagen in tanks.

Met het verbranden van bio-olie in een wkk kan een volledig CO₂-neutrale wijk worden gerealiseerd ondanks dat er bij de verbranding van bio-olie CO₂ vrijkomt. De biologische olie is namelijk een product uit de zogenaamde korte koolstofkringloop. De in de planten opgenomen CO₂ komt bij de verbranding weer vrij. Er wordt dan gesproken over een korte koolstofkringloop en dat wordt beschouwd als CO₂-neutraal.

**Kosten**

De kosten van bio-olie lopen uiteen van 250 euro tot 450 euro per ton (7 euro tot 15 euro per GJ). De kosten voor de tanks zijn afhankelijk van de omvang waar deze komen (in de grond, in een energiegebouw). De transportleidingen van de olie, indien per woningen een olie ketel wordt geplaatst, zal dubbelwandig uitgevoerd moeten worden. Zijn vrij onzeker, omdat het een relatief nieuw product is en prijzen sterk kwaliteitsafhankelijk zijn.

Consequenties

- > Technisch: geen
- > Ontwerpvrijheid: Bij de verbranding van bio-olie komt een hogere concentratie NOx vrij dan bij de verbranding van aardgas. In gebieden met een hoge NOx basislast kan dit gevolgen hebben voor de realisatie
- > Comfort: Vrij in te vullen
- > Ruimtebeslag: De bio-olie heeft een hoog vlampunt en derhalve is er een gering brandgevaar, wel moet de opslag verwarmd kunnen worden om stolling en bevroering van de olie te voorkomen

Werking

De bio-olie wordt geproduceerd uit bijvoorbeeld ingezameld frituurvet of gewonnen uit plantaardig materiaal zoals koolzaadolie. Het is als product vergelijkbaar met huisbrandolie en wordt ook volgens de daarvoor geldende richtlijnen getransporteerd en opgeslagen in tanks.

Met het verbranden van bio-olie in een wkk kan een volledig CO₂-neutrale wijk worden gerealiseerd ondanks dat er bij de verbranding van bio-olie CO₂ vrijkomt. De biologische olie is namelijk een product uit de zogenaamde korte koolstofkringloop. De in de planten opgenomen CO₂ komt bij de verbranding weer vrij. Er wordt dan gesproken over een korte koolstofkringloop en dat wordt beschouwd als CO₂-neutraal.

PV-panelen

Werking

Op daken of andere zonbeschreven oppervlakken (gevel) kunnen PV-panelen gemonteerd worden die zonnestraling opvangen en omzetten in elektriciteit. Op deze manier wordt duurzame zonne-energie omgezet in een bruikbare en eenvoudig te transporteren vorm van energie.

Kosten

PV-panelen kosten ongeveer 7 euro per Watt piekvermogen (opbrengst onder optimale zonomstandigheden). Een modern PV-paneel van 1 m² levert ongeveer 100 Watt piekvermogen en jaarlijks ongeveer 80 kWh elektriciteit. De onderhoudskosten zijn nihil.

Consequenties

- > Technisch: De (dak)constructie moeten geschikt zijn voor de montage van PV-panelen,
- > Ontwerpvrijheid: De panelen worden bij voorkeur in het ontwerp geïntegreerd, zuidgerichte oriëntatie,
- > Comfort: Geen consequenties,
- > Ruimtebeslag: Geen consequenties.

Gas- of dieselmotor

Werking

Met gas- of dieselmotor kan een generator (dynamo) worden aangedreven om elektriciteit op te wekken. De motor moet gekoeld worden. De warmte die daarbij vrij komt kan nuttig worden ingezet. Deze vorm van energieopwekking wordt warmtekrachtkoppeling (wkk) genoemd.

Input:

- > aardgas, of eventueel andere gassen, bijvoorbeeld biogas of stortgas
- > dieselolie of eventueel andere oliesoorten zoals bio-olie

Output: warm water met temperatuur van maximaal 110°C en elektriciteit.

Rendementen: Elektrische rendementen van installaties liggen tussen de 30 en 45% (onderwaarde), afhankelijk van de grootte en het fabriekaat. Kleinere systemen (tot 250 kW) en systemen op biogas of stortgas komen tot 30 à 32%. Een gemiddelde voor systemen op aardgas is te leggen bij 35%. Dieselmotoren komen gemiddeld op 40% De totaalrendementen liggen in alle gevallen tussen de 80 en 90%.

Kosten

Een complete centrale kost ongeveer 1.100 euro per kW_e.



De onderhoudskosten zijn 6% van de investering.

Consequenties

- > Technisch: Geen consequenties.
- > Ontwerpvrijheid: Geen consequenties.
- > Comfort: Geen consequenties.
- > Ruimtebeslag: Er moet ruimte beschikbaar zijn of worden gemaakt voor de centrale in de wijk. De centrale heeft een verbrandingsgassenafvoer (schoorsteen), die ruim boven de omringende woningen moet uitsteken.
- > Emissies: De uitstoot van NO_x en roet vormen een punt van aandacht. Over het algemeen is dit met een rookgasreinigingsinstallatie goed op te vangen.



Ter informatie

Zonoriëntatie en voorwaarden voor gebruik van zonne-energie

Werking

Gebouwen met een op het zuiden gerichte gevel en/of dakvlak kunnen zoveel mogelijk profiteren van zonnewarmte ten behoeve van verwarming en warm tapwater. Bij de benutting van zonne-energie wordt onderscheid gemaakt tussen passieve en actieve zonne-energie.

Een optimale benutting van passieve zonne-energie treedt op als de stralingswarmte van de zon in het stookseizoen diep in de woning kan binnendringen. In de zomer moet daarentegen, vanwege mogelijke oververhitting, de zon uit de woning worden geweerd. Vanwege de hoge zonnestand in de zomer, is de zon op de zuidvensters relatief eenvoudig af te screenen door het toepassen van bijvoorbeeld een overstek. Oververhitting door instraling via glasoppervlakken op het westen of zuidwesten kan effectief worden voorkomen door een goede plaatsing van bomen of andere schaduwrijke begroeiing.

Voor de actieve benutting van zonne-energie kunnen zonneboiler(combi)s en PV-panelen worden toegepast. De oriëntatie mag hierbij enigszins afwijken van het zuiden. Bij bestaande gebouwen zijn de mogelijkheden afhankelijk van de beschikbaarheid van een geschikt dakvlak. Bij nieuwbouw kan in het ontwerpstadium rekening worden gehouden met het creëren van een geschikt dakvlak.

Van belang bij toepassing van zonne-energie is het voorkomen van schaduwwerking door bladhoudende bomen en hoge bouwwerken in de buurt. Vooral PV-panelen zijn gevoelig voor schaduwwerking.

Compact bouwen

Werking

Compact bouwen is een verzamelterm van maatregelen die leiden tot een kleiner oppervlak van de gebouwschil (dak, gevel, begane grondvloer) in relatie tot het vloeroppervlak. Mogelijkheden hiertoe zijn stapelen (meergezinswoningen), schakelen (rijenwoningen), aanbouwen (bergingen en garages) en ontwerpaanpassingen (diepere rijenwoningen, en lagere goothoogte).

Aandachtspunt bij een eventuele aanbouw is de deur tussen de aanbouw en de woning. Het is mogelijk dat het aanbouwen van een berging tegen een woning leidt tot een hoger energieverbruik als er een extra deur in de doorgaans goed geïsoleerde gevel wordt aangebracht.

Energiezuinig ontwerp

Werking

Het ontwerp van woningen en utiliteitsgebouwen biedt verscheidene mogelijkheden voor energiebesparing, zoals het optimaliseren van de interne zonoriëntatie, compartimentering en compact bouwen.

Een goede interne *zonoriëntatie* houdt in, dat verblijfsruimten met name aan de zonzijde worden gesitueerd.

Compartimentering maakt het mogelijk verschillende temperaturen en ventilatiehoeveelheden toe te passen. In de keuken kan doorgaans met een lagere temperatuur worden volstaan en zal de ventilatie middels de afzuigkap hoger zijn. Door de keuken af te scheiden van de woonkamer wordt voorkomen dat de keuken wordt geventileerd met warme lucht uit de woonkamer. Ook op de trap kan met een lagere temperatuur worden volstaan. Daarbij komt dat een dichte trap ook voorkomt dat koudere lucht van zolder de kamer instroomt.

Compact bouwen is reeds toegelicht in een apart fact-sheet.



F AFKORTINGEN

Bio-olie	Olie van biologische oorsprong
COP	Coefficiënt of Performance (verhouding tussen elektriciteitsvraag en nuttige warmtelevering door een warmtepomp)
DE	Duurzame energie
EPC	Energieprestatiecoëfficiënt
EPL	Energieprestatie op locatie
HR-ventilatie	Balansventilatie met hoog rendement warmteterugwinning uit ventilatielucht
LTV	Lage Temperatuur Verwarming (aanvoertemperatuur lager dan 50 °C)
MTV	Midden Temperatuur Verwarming
NCW	Netto Contante Waarde
Wkk	Warmtekrachtkoppeling
WP	Warmtepomp