

Technisch verslag - Voorbeeldgebouwen

→ Architecten en vaklieden uit de bouwsector

Fiche 3.2: vergelijking van de verwarmings- en sww-systemen voor ééengezinswoningen en appartementsgebouwen in passiefbouw en lage-energierenovatie



Voor meer informatie:
<http://www.leefmilieubrussel.be/voorbeeldgebouwen>

→ Architecten en beroepslieden uit de bouwsector



VERGELIJKING VAN DE VERWARMINGS- EN SWW-SYSTEMEN VOOR ÉÉNGEZINSWONINGEN EN APPARTEMENTSgebouwen IN PASSIEFBouw EN LAGE-ENERGIERENOVATIE

INHOUDSOPGAVE

UITDAGINGEN	3
1. ENERGIEVRAAG	3
2. VERWARMINGELEMENTen	4
2.1. Warmteafgifte temperatuur	4
2.2. Bereik vermogensmodulatie en reactietijd	4
2.3. Verwarmingelementen met convectiewarmte	4
2.4. Verwarmingelementen met stralingswarmte met een lage inertie	5
2.5. Verwarmingelementen met stralingswarmte met een hoge inertie	5
3. HERNIEUWBARE EN FOSSIELE ENERGIEBRONNEN OM IN DE VRAAG TE VOORZIEN	5
3.1. Fossiele energiebronnen.....	5
3.2. Hernieuwbare energiebronnen	9
4. COMBINATIE VAN DE WARMTEPRODUCTIE VOOR DE VERWARMING EN HET SWW	17
4.1. Groepering van de vraag	17
4.2. Gevoeligheid van de productiesystemen voor de temperatuurregeling.....	17
5. GEcentralISEERDE OF GEdecentralISEERDE WARMTEPRODUCTIE	17
BENADERING	19
1. OP HET NIVEAU VAN DE WIJK	19
1.1. Systemen die gebruik maken van hernieuwbare en fossiele energiebronnen	19
1.2. Nieuwe passieve wijk	19
1.3. Lage-energie renovatie van een wijk	22
1.4. Keuzecriteria	22
2. OP HET NIVEAU VAN APPARTEMENTSgebouwen	25
2.1. Toepassingen voor hernieuwbare energiebronnen.....	25
2.2. Nieuwe gebouwen in passiefbouw	25
2.3. Lage-energie renovatie van appartementsgebouwen.....	31
2.4. Keuzecriteria	32
3. OP HET NIVEAU VAN DE EENGEZINSWONING	33
3.1. Toepassingen voor hernieuwbare energieën	34
3.2. Nieuwe passieve eenge zinswoning	34
3.3. Lage-energie renovatie van een ééng zinswoning	36
3.4. Keuzecriteria	37
CONCLUSIE	40
1. UITDAGINGEN.....	40
2. COMBINATIE VAN HERNIEUWBARE EN FOSSIELE ENERGIEËN	40
3. KEUZE VAN DE WARMTEPRODUCTIESYSTEMEN	40
3.1. Wijk.....	40
3.2. Collectief gebouw: appartementsgebouw	40
3.3. Individuele woning: eenge zinswoning of geïsoleerd appartement	41

DOELGROEP

Architecten en vaklieden uit de bouwsector



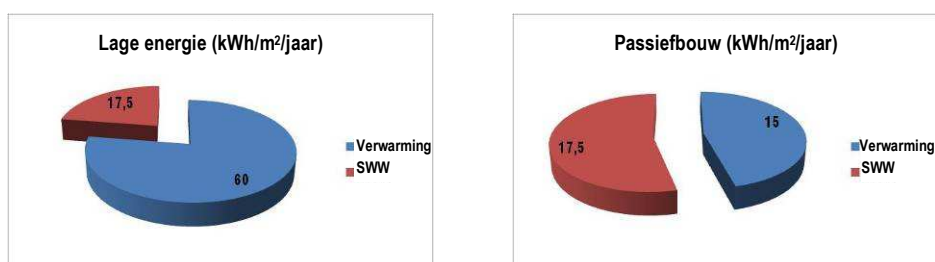
UITDAGINGEN

1. ENERGIEVRAAG

Wanneer de energieprestatie van een gebouw die van de passiefbouw benadert, dan wel die van een gebouw met lage tot zeer lage energie, kan hernieuwbare energie geheel of gedeeltelijk in de resterende energievraag voorzien. Dit zou een stad zoals Brussel in staat stellen de ambitieuze doelstelling te bereiken om tegen 2020 de CO₂-uitstoot met 20% of meer terug te dringen.

De uitdaging bestaat er dus in voor ééngezinswoningen en appartementsgebouwen in passiefbouw en lage-energieerenovatie in het Brussels gewest, de meest energie-efficiënte en milieuvriendelijke systemen te bepalen die voldoen aan de warmtevraag voor zowel verwarming als sanitair warm water (sww) en een optimaal comfort verzekeren.

Vergeet niet **“dat echte energiebesparing in een gebouw de energie is die men niet verbruikt”**. Dat geldt zowel voor de warmteverliezen van de wanden, infiltraties, hygiënische ventilatiebehoeften, enz. als voor het verbruik van sww.



Aandeel van de nettowarmtevraag voor verwarming en sww¹ in lage-energieerenovatie en in passiefbouw

Zowel in passiefbouw als lage-energieerenovatie, is de keuze van het warmteproductiesysteem voor verwarming en sanitair warm water afhankelijk van de energieprestatie van het gebouw.

Uit de voorgaande grafieken blijkt namelijk dat hoe meer men passiefbouw benadert, hoe groter het aandeel van de sww-vraag. Daarom, hoe meer men prestatie vooropstelt, hoe meer de keuze voorrang zal geven aan die sww-vraag.

Dat betekent:

- dat de vraag voor sanitair warm water moet worden beperkt door de bewoners bewust te maken van het belang van waterbeheer: minder water verbruiken, de druk en het debiet van het water verlagen aan de aftappunten (van meet af zijn waterbesparende voorzieningen zoals drukregelaars en debietbegrenzers verplicht);
- dat zowel in lage-energieerenovatie als in passiefbouw, de keuze van een verwarmingssysteem los van het sww-systeem geen zin heeft, vooral omdat men de vraag zo veel mogelijk met een hernieuwbare energie wil dekken.



Mousseur



Douchekop met instelbare sproeitraal

¹ De nettowarmtevraag moet van de brutowarmtevraag worden onderscheiden, want de brutovraag is ook afhankelijk van het type van warmteproductie en houdt dus rekening met de warmte-, distributie-, productie- en reguleringsrendementen.

2. VERWARMINGELEMENTEN

2.1. Warmteafgiftetemperatuur

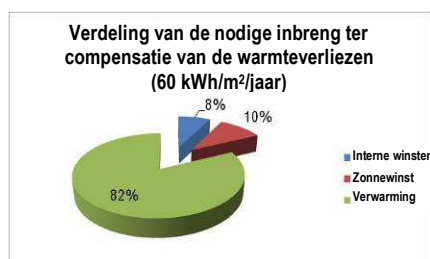
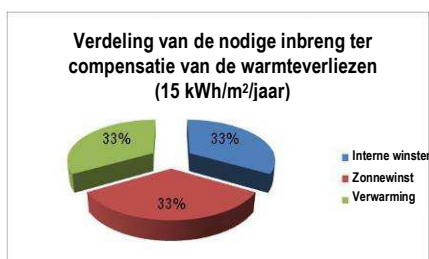
Rekening houdend met de geringe warmteverliezen van passieve en lage-energiegebouwen (respectievelijk 2 tot 5 kW voor een passieve woning bij een buitentemperatuur van -10°C , en van 8 tot 15 kW voor een lage-energiegebouw met een oppervlakte van ongeveer 85 m^2), moet de keuze noodzakelijkerwijs uitgaan naar aangepaste verwarmingssystemen in verhouding tot wat men normaal aanbeveelt voor een traditionele woning met een matige energiestaat. Omdat de temperatuur van het water dus lager mag zijn voor een verwarmingslichaam van gelijke grootte, kan men een keuze maken uit het uitgebreide aanbod van verwarmingssystemen op hernieuwbare energie.

Traditioneel werden voor weinig of niet-geïsoleerde gebouwen, de verwarmingselementen namelijk op $90-70^{\circ}\text{C}$ gedimensioneerd, of op $80-60^{\circ}\text{C}$ voor matig geïsoleerde gebouwen. In passiefbouw en lage-energieherenovatatie kan de temperatuur van de traditionele verwarmingselementen zoals radiatoren, ingesteld worden op $70-50^{\circ}\text{C}$, of bijv. $40-30^{\circ}\text{C}$ en nog lager voor vloerverwarming.

De temperaturen van de verwarmingselementen hebben een grote invloed op de keuze van de hernieuwbare energie en op hun rendement. Bijvoorbeeld, voor verwarmingselementen op lage temperatuur zoals vloerverwarming, kan een warmtepomp worden overwogen, rekening houdend met het feit dat zijn SPF-factor (Seasonal Performance Factor) des te beter is naarmate de warmteafgiftetemperatuur lager ligt.

2.2. Bereik vermogensmodulatie en reactietijd

- Hoe meer men de energiestaat van een passiefgebouw benadert, hoe lager het warmtevermogen ligt. In dat opzicht nemen zowel de interne als externe winsten de overhand op de warmteverliezen. Deze vaststelling betekent dat een kleine schommeling van de interne of externe winsten in passiefbouw, snelle schommelingen van de verwarmingsvraag kan veroorzaken. Men moet dus over verwarmingselementen met een snelle reactietijd kunnen beschikken. De reactietijd van traditionele radiatoren en vloerverwarming met een lage inertie, is respectievelijk kort (enkele minuten) en vrij kort (20 tot 30 minuten);



- Het traditionele marktaanbod omvat een uitgebreid vermogensgamma van radiatoren en vloerverwarming.

2.3. Verwarmingselementen met convectiewarmte

Lucht heeft een zeer lage warmtecapaciteit en is daarom geschikt om aan deze wisselende warmtevraag met een laag warmtevermogen tegemoetkomen.

- In passiefbouw is verwarming op hygiënische lucht bijvoorbeeld mogelijk zonder de warmwaterbatterijen op te hoge temperaturen te moeten instellen. Die lage temperaturen zijn nodig om verwarmingssystemen te kunnen kiezen zoals warmtepompen, die hun beste energie-efficiëntie bereiken bij lage temperaturen van de warme bron. Bovendien wordt aangenomen dat er in een passiefwoning geen koude wanden meer zijn, zodat er geen verwarmingselementen (radiatoren bv.) onder de ramen meer nodig zijn, en de positie van de ventilatieroosters dus gemakkelijk kan worden aangepast.
- In lage-energiegebouwen is de verwarming op hygiënische lucht dan weer moeilijk haalbaar, omdat de warmwaterbatterij temperaturen rond 55°C moet kunnen leveren (45°C voor de verwarmingslucht bijvoorbeeld) om de streeftemperaturen van de verschillende ruimten van het huis te kunnen halen. In dat geval wordt de voorkeur gegeven aan traditionele verwarmingselementen zoals radiatoren. Let echter wel dat de temperatuur van de ingeblazen lucht ook niet te hoog mag zijn: voor een goed comfort is 45°C een limiet.

In deze categorie omvat het aanbod:

- warmwaterbatterijen op hygiënische lucht;
- elektrische weerstand op hygiënische lucht.

2.4. Verwarmingelementen met stralingswarmte met een lage inertie

Verwarmingelementen met een lage inertie kunnen eveneens een oplossing bieden om in snel wisselende omstandigheden warmte te kunnen leveren met een laag vermogen, zowel in passief- als in lage-energiegebouwen.



Vloerverwarming met lage inertie
(Bron: <http://www.opal-systems.be>. Ter illustratie)

In deze categorie omvat het aanbod:

- warmwaterradiatoren;
- elektrische warmtestralers;
- vloer- en wandverwarming met een lage inertie, enz.

2.5. Verwarmingelementen met stralingswarmte met een hoge inertie

De keuze van dit type van verwarmingslichaam is moeilijk haalbaar in de hier besproken gebouwen, omdat de inertie in zijn nadeel speelt om aan snel wisselende warmtevragen tegemoet te komen. Verwarmingelementen met "massa" veroorzaken meestal oververhitting. Daarom zijn verwarmingelementen met stralingswarmte zoals vloerverwarming met een hoge inertie, niet geschikt. Bovendien zijn massakachels met houtblokken of pelletkachels niet geschikt als direct verwarmingslichaam in de te verwarmen ruimte, maar ze kunnen dienen als gecentraliseerde productie in de stookruimte met een buffervat waaruit de verwarmingelementen met een lage inertie hun warmtevermogen kunnen putten.

3. HERNIEUWBARE EN FOSSIELE ENERGIEBRONNEN OM IN DE VRAAG TE VOORZIEN

Om het Brusselse vastgoedpark met kleine energetische voetafdruk uit te breiden, moet de voorkeur logischerwijs uitgaan naar hernieuwbare eerder dan naar fossiele energieën om in de resterende lage energievraag te voorzien.

De toegang tot hernieuwbare energieën in een stedelijke omgeving is echter niet altijd vanzelfsprekend en/of is vrij duur. Dit veronderstelt namelijk dat men vlot een beroep kan doen op de bodem, de zon, de bossen, de koolzaadvelden, enz. Het zal des te moeilijker zijn voor een individueel project dan voor een gezamenlijk project.

Om die redenen kan het nodig zijn om toch fossiele brandstoffen te gebruiken "ter aanvulling" van de hernieuwbare energieën. Vandaar de optie van de "doordachte combinatie van hernieuwbare en fossiele energieën".

3.1. Fossiele energiebronnen

Zoals bekend, heeft België noch aardolie noch aardgas en moet het deze energiebronnen invoeren.

In het kader van passiefbouw of lage-energie-renovatie van wijken, appartementsgebouwen en ééngezinshuizen, moet de keuze van fossiele brandstoffen enkel worden gezien als eventuele back-up voor de hernieuwbare energiebronnen.

Stookolie

Energiebron	Productie en stand-by	Energie-, comfort-, en duurzaamheidscriteria		Geschikt		Ontwikkelingspotentie I en -belang			
				Van twijfelachtig nut					
				Niet geschikt					
				Wijk		Appartements- gebouw		Eengezins- woning	
Passiefbouw	Lage- energie- renova- tie	Passiefbouw	Lage- energie- renova- tie	Passiefbouw	Lage- energie- renova- tie				
Stookolie	Verwarmingsketel	Toegankelijkheid van de energiebron	Zeer ontwikkeld distributenet. Geen productie in de buurt	Uit energie- en milieuoogpunt te vermijden	Uit energie- en milieuoogpunt te vermijden	Indien bestaande recente verwarmingsketel	Uit energie- en milieuoogpunt te vermijden	Indien bestaande recente verwarmingsketel	
		Productie	Beperkt rendement (ongeveer 90% bij nominaal bedrijf)						
		Levensduur van de installatie	Afhankelijk van het onderhoudsniveau, kunnen de verwarmingsketels een levensduur hebben van 20 tot 30 jaar						
		Milieu-impact	Zwavel- (zure regen) en CO ₂ -uitstoot, enz., zware metalen, risico van lekken						
		Impact op de gezondheid	Zware metalen, uitstoot van fijne deeltjes						
		Opslag	In een tank. Noodzaak van bekuijing.						
		Kost	Laag						
		Reactietijd op warmtevraag	Snel						



Gas

Energiebron		Productie en stand-by		Energie-, comfort-, en duurzaamheidscriteria		Geschikt		Ontwikkelingspotentieel en -belang			
						Van twijfelachtig nut					
						Niet geschikt					
						Wijk		Appartementsgebouw		Eengezinswoning	
						Passiefbouw	Lage-energieernovatie	Passiefbouw	Lage-energieernovatie	Passiefbouw	Lage-energieernovatie
Gas	Verwarmingsketel, warmtekoppeling, WP gas	Toegankelijkheid van de energiebron	80% van de woningen zijn op het gasnet aangesloten. Vergeet echter niet dat gas niet uit Belgische bodem wordt gewonnen (risico van gaslekken)	Warmtekoppeling mogelijk	Warmtekoppeling voordelig	WP gas, condensatieketel mogelijk	WP gas, condensatieketel voordelig	Verwarmingsketel met zeer laag vermogen	Verwarmingsketel met zeer laag vermogen		
		Productie	Het rendement van de condensatieketels op PCI, kan 104% bereiken								
		Levensduur van de installatie	Afhankelijk van het onderhoudsniveau, kunnen de verwarmingsketels een levensduur hebben van 20 tot 30 jaar								
		Milieu-impact	Beperkt dankzij de uitstekende verbranding								
		Impact op de gezondheid	Weinig giftige uitstoot (verwarmingsketels met trekpat met geveluitlaat zijn toegestaan met inachtneming van de norm NBN D 51-003) en weinig geluidshinder								
		Opslag	Geen opslag								
		Kost	Laag								
		Reactietijd op warmtevraag	Snel								

Elektriciteit

Energiebron	Productie en stand-by	Energie-, comfort-, en duurzaamheidscriteria		Geschikt		Ontwikkelingspotentieel en -belang					
				Van twijfelachtig nut							
				Niet geschikt		Wijk		Appartementsgebouw		Eengezinswoning	
				Passiefbouw	Lage-energieernovatie	Passiefbouw	Lage-energieernovatie	Passiefbouw	Lage-energieernovatie		
Directe elektriciteit	Radiator met stralingswarmte, oliebad, boiler	Toegankelijkheid van de energiebron	Ja	Mogelijk, voor zover PV-compensatie	Te hoog verbruik in verhouding tot de PV-productie	Mogelijk, voor zover PV-compensatie	Te hoog verbruik in verhouding tot de PV-productie	Mogelijk, voor zover PV-compensatie	Te hoog verbruik in verhouding tot de PV-productie		
		Vervoer van de brandstof	Neen								
		Productie	Rendement: 100% via directe warmteafgifte								
		Levensduur van de installatie	> 20 jaar								
		Milieu-impact	Afhankelijk van de productie in de elektriciteitscentrale, maar meestal is de milieu-impact aanzienlijk								
		Impact op de gezondheid	Klein								

3.2. Hernieuwbare energiebronnen

In te voeren energiebronnen: het potentieel van biomassa

- Hout en houtderivaten

Energiebron	Productie en stand-by	Energie-, comfort-, en duurzaamheidscriteria		Geschikt		Ontwikkelingspotentieel en -belang					
				Van twijfelachtig nut							
				Niet geschikt		Wijk		Appartementsgebouw		Eengezinswoning	
				Passiefbouw	Lage-energie renovatie	Passiefbouw	Lage-energie renovatie	Passiefbouw	Lage-energie renovatie		
Hout	Verwarmingsketel, warmtekrachtkoppeling	Toegankelijkheid van de energiebron	Beperkt		Warmtekrachtkoppeling, gecentraliseerde houtketel mogelijk	Warmtekrachtkoppeling, gecentraliseerde houtketel voordelig	Opslagmogelijkheden, individueel systeem afgeraden	Pelletkachel met laag warmtevermogen			
		Productie	Beperkt rendement (ongeveer 92% bij nominaal bedrijf). Verwarmingsketel met een hoog vermogensbereik. Hoog wkk-vermogen								
		Levensduur van de installatie	De levensduur van de verwarmingsketels bedraagt tussen 15 en 25 jaar.								
		Milieu-impact	Lage zwavel- (zure regen) en CO ₂ -uitstoot, geen risico van bodemvervuiling								
		Impact op de gezondheid	Uitstoot van microdeeltjes								
		Opslag	Groot opslagvolume								
		Kost	Hoog (2 tot 3 keer meer dan gas en stookolie)								
		Reactietijd op warmtevraag	Pellets: snel Plakjes en houtblokken: traag								

- Biobrandstoffen

Plantaardige olie	Wkk-installatie	Toegankelijkheid van de energiebron	Beperkt		Warmtekrachtkoppeling mogelijk	Warmtekrachtkoppeling voordelig	Warmtekrachtkoppeling mogelijk	Warmtekrachtkoppeling voordelig	Zeer laag warmtevermogen niet beschikbaar Warmtekrachtkoppeling alleen moeilijk haalbaar.
		Productie	Plaatselijke warmte- en elektriciteitsproductie voordelig want beperkt de milieu-impact met 5 tot 20%. Voordelig voor het warmtenet.						
		Levensduur van de installatie	De levensduur van de wkk-installaties kan, afhankelijk van het aantal bedrijfsuren en het onderhoud, 10 tot 15 jaar bedragen. Vermogens beschikbaar vanaf 7,5 kW.						



	Milieu-impact	Voor een degelijke wkk-installatie (ontvankelijkheidscriteria voor premies en groenestroom-certificaten), moet de CO ₂ -uitstoot in verhouding tot het referentiesysteem, 5% lager liggen.					
	Impact op de gezondheid	Beperkte geluidshinder dankzij geluiddempende behuizing					
	Opslag	Tank. Niet bekend m.b.t. de stabiliteit van de brandstof.					
	Kost	Hoog (3 tot 4 keer meer dan een gasketel)					
	Reactietijd op warmtevraag	Vrij snel					

Ter plaatse beschikbare energiebronnen

1. Geothermisch potentieel (gesloten en open systemen)

Bij de renovatie of bouw van een huizenblok, een appartementsgebouw, een eengezinswoning enz. moet geothermie op zeer lage temperatuur met warmtepomp in overweging worden genomen.

• Gesloten systemen (verticale geothermische sondes)

Zoals op de kaart hiernaast afgebeeld, is het geothermisch potentieel voor de gesloten systemen afhankelijk van de ligging van het project op het Brusselse grondgebied. Een gespecialiseerd bedrijf zal dus bodemproeven moeten uitvoeren. Bovendien kan men slechts een beperkte hoeveelheid energie uit de bodem "putten" om zijn regeneratie niet in het gedrang te brengen. Wanneer namelijk te veel geothermische energie uit de bodem wordt geput, bestaat het risico dat de bodem op middellange termijn te veel afkoelt en dus niet meer winbaar is. Dit struikelblok kan worden vermeden:

- door in de wijken gemengde woon/winkel- of woon/kantoorgebouwen toe te laten. De koudevraag van de winkels biedt namelijk de mogelijkheid de bodem te regenereren door er warmte in te pompen;
- door op het niveau van de appartementsgebouwen en ééngesinswoningen de warmtevraag te beperken (passiefbouw).

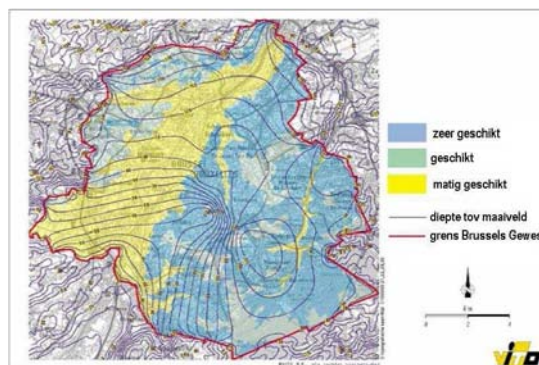
• Open systemen (winning en terugpompen van grondwater)

Calorieën uit het grondwater winnen en deze waterstroom daarna via de warmtepomp in de grondwaterlaag terugpompen, biedt het voordeel van een permanente onuitputtelijke koude bron, en op constante temperatuur, wat voor de systemen met verticale warmte-wisselaars niet noodzakelijkerwijs het geval is. Deze open systemen bieden dus een betere SPF-factor (Seasonal Performance Factor) dan de gesloten systemen, althans indien men in de onmiddellijke ondergrond kan beschikken over:

- een ondergronds waterbassin waaruit men vanuit thermisch oogpunt het nodige debiet kan putten zonder het milieu te belasten (houd wel rekening met eventuele andere geothermische installaties in de buurt en met de gevolgen van een te grote daling van de grondwaterspiegel);
- een grondwaterlaag waarvan de geochemische kenmerken de mogelijkheid bieden probleemloos en op lange termijn grondwater te winnen en terug te pompen (let op het dichtslibben van de installatie door fijne deeltjes en/of minerale neerslag).

Samengevat wil dit zeggen dat open systemen altijd een grondige hydrogeologische en geochemische studie vereisen. Momenteel lijken in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest alleen de ondergrondse waterbassins van het Brusseliaan en het Landeniaan de vereiste kenmerken te hebben.

Merk ook op dat de open systemen betere energie- en economische rendementen bieden wanneer toegepast voor de verwarming (in de winter) en de koeling (in de zomer) van gebouwen in de tertiaire sector (kantoren, ziekenhuizen, rusthuizen, handelszaken, enz.). Door de omkering van de stroomrichting van het ondergrondse



Geothermisch potentieel met verticale warmte-wisselaars (Bron : Vito)

water (de opslagput wordt retourput en omgekeerd), kan men een gebouw koelen op voorwaarde dat hoogtemperatuurkoeling mogelijk is (vloerplaten met betonkernactivering, koelplafonds, enz.). Deze systemen vereisen zeer gedetailleerde voorafgaande studies en zijn economisch renderend voor grote projecten waar de warmte- en koudevraag ongeveer gelijk zijn. Daarom zijn open geothermische systemen met winning en terugpompen van het grondwater niet aanbevolen voor projecten in de residentiële sector. Voor die projecten kan men in Brussel gaan voor een gesloten geothermisch systeem, per geval afhankelijk van:

- de aard van de ondergrond (warmtegeleidbaarheid en -vermogen): deze gegevens zijn essentieel voor de gesloten systemen;
- de beschikbare ruimte;
- de aanwezigheid van ondergrondse waterlagen, want zij beïnvloeden de mogelijke warmte-uitwisselingen tussen de ondergrond en het glycolwater dat door de warmte-wisselaars vloeit.
- het thermisch profiel van het project (warmte- en koudeprofiel);

Met andere woorden, voor dit type van energiebron is een dynamische thermische simulatie altijd aanbevolen. Voor de warmteproductie van woningen wordt geothermische energie gewonnen via systemen zoals water/water- of water/lucht-warmtepompen (WP).

Energiebron	Productie en reservevermogen	Energie-, comfort-, en duurzaamheidscriteria		Geschikt		Ontwikkelingspotentieel en -belang				
				Van twijfelachtig nut						
				Niet geschikt						
				Wijk		Appartementsgebouw		Eengezinswoning		
				Passiefbouw	Lage-energieernovatie	Passiefbouw	Lage-energieernovatie	Passiefbouw	Lage-energieernovatie	
Geothermie	"Aarde"/water-warmtepomp	Toegankelijkheid van de energiebron	Beperkt qua toegankelijkheid, oppervlakte en noodzaak van een ondergrond zonder nutsleidingen	Voor de duurzaamheid van de bodem is een koudevraag vereist (mogelijk indien woning + tertiair)	Voor een kleine warmtevraag met horizontale warmte-wisselaars	De warmtevraag is te groot in verhouding tot de regeneratie van de bodem, vooral voor geothermie met verticale warmte-wisselaars	Voor een kleine warmtevraag met horizontale warmte-wisselaars	De warmtevraag is te groot in verhouding tot de regeneratie van de bodem, vooral voor geothermie met verticale warmte-wisselaars		
		Productie	De SPF-factor (SPF: Seasonal Performance factor) varieert afhankelijk van de warme en koude bronnen. Een warme bron op lage temperatuur (verwarmingelementen in de woningen) is denkbaar in lage-energie- en passieve woningen.							
		Levensduur van de installatie	Warmtepompen hebben, afhankelijk van het onderhoud en het regeltypen van de compressor, een levensduur van ongeveer 15 jaar. Afhankelijk van de winning uit de bodem, kan het gebeuren dat de beschikbare calorieën niet toereikend zijn om in de warmtevraag te voorzien.							
		Milieu-impact	Beperkt							
		Impact op de gezondheid	Geen, voor zover de warmte-wisselaars gesloten zijn.							
		Opslag	De energie is in de bodem opgeslagen.							
		Reactietijd op de vraag	Traag (20 tot 30 minuten)							

2. Hydrothermisch potentieel (oppervlaktewater)



Hydrothermie is de winning van de nodige energie uit een voldoende volume water voor de verwarming van gebouwen. Het hydrothermische potentieel van Brussel bevindt zich in de nabijheid van de watervlakken, langs het kanaal, enz. Hydrothermie is denkbaar als het stroomdebiet voldoende is om in de warmtevraag te voorzien zonder het ecosysteem van het watervlak of de waterloop (kanaal, enz.) te verstoren. Evenals voor geothermische energie, wordt hydrothermische energie gewonnen via systemen zoals water/water- of water/lucht-warmtepompen (WP).

Energiebron	Productie en stand-by	Energie-, comfort-, en duurzaamheidscriteria		Geschikt		Ontwikkelingspotentieel en -belang		
				Van twijfelachtig nut				
				Niet geschikt				
				Wijk		Appartementengebouw		Eengezinswoning
		Passiefbouw	Lage-energie renovatie	Passiefbouw	Lage-energie renovatie	Passiefbouw	Lage-energie renovatie	
Hydrothermie	Water/water-warmtepomp	Toegankelijkheid van de energiebron	Beperkt qua toegankelijkheid van de waterlopen in Brussel en hun stroomdebiet.		Hydrothermie is mogelijk, voor zover het stroomdebiet toereikend is en de waterloop dichtbij			
		Productie	De SPF-factor (SPF: Seasonal Performance factor) varieert afhankelijk van de warm en koude bronnen. Een warme bron op lage temperatuur (verwarmingelementen in de woningen) is denkbaar in lage energie-, zeer lage energie- en passieve woningen. Een koude bron met hogetemperatuurkoeling is wenselijk voor een beter rendement van de warmtepomp (watervlak, rivier, enz.).					
		Levensduur van de installatie	De warmtepompen hebben, afhankelijk van het onderhoud en het regeltypen van de compressor, een levensduur van ongeveer 15 jaar. Afhankelijk van de winning uit de waterloop, kan het gebeuren dat de beschikbare calorieën niet toereikend zijn om in de warmtevraag te voorzien.					
		Milieu-impact	Geen, voor zover de warmtewinning beperkt is (een te grote afkoeling van de waterloop kan zijn ecosysteem verstoren).					
		Impact op de gezondheid	Beperkt					
		Opslag	De energie is in het watervlak of de waterloop opgeslagen, voor zover een voldoende aanvullingsdebiet aanwezig is					
		Reactietijd op de vraag	Traag (20 tot 30 minuten)					

3. Aërothermisch potentieel

Aërothermie bestaat uit de winning uit de buitenlucht van de nodige energie voor de verwarming van de gebouwen. Lucht als energiebron is zeer gemakkelijk toegankelijk. Het productiesysteem dat doorgaans in aërothermie wordt gebruikt, is de lucht/water of lucht/lucht-warmtepomp.

Energiebron		Productie en stand-by		Geschikt		Ontwikkelingspotentieel en -belang					
				Van twijfelachtig nut						Niet geschikt	
Energie-, comfort-, en duurzaamheidscriteria				Wijk		Appartementsgebouw		Eengezinswoning			
				Passiefbouw	Lage-energievariantie	Passiefbouw	Lage-energievariantie	Passiefbouw	Lage-energievariantie		
				Lucht		Lucht/water of lucht/lucht-warmtepomp		Het rendement van de warmtepompen is zeer beperkt omdat constant warm water op een hoge temperatuur moet worden geproduceerd		Het nut is twijfelachtig doordat een verdeelcircuit op hoge temperatuur moet worden gehandhaafd	
Toegankelijkheid van de energiebron	Ja										
Vervoer van de brandstof	Neen										
Productie	De SPF-factor (SPF: Seasonal Performance factor) van de warmtepompen met lucht als koude bron, is doorgaans niet zo goed als bij warmtepompen met water als koude bron (geothermie of hydrothermie).										
Levensduur van de installatie	De warmtepompen hebben, afhankelijk van het onderhoud en de regeling van de compressor, een levensduur van ongeveer 15 jaar.										
Milieu-impact	Beperkt										
Impact op de gezondheid		Geluids- en visuele hinder door het toestel buiten									

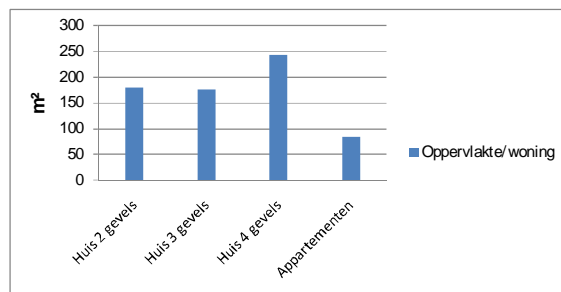
4. Het potentieel van windenergie

Voor de beoordeling van het potentieel van windenergie in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, verwijzen wij naar de conclusies van de studie uitgevoerd door het CERAA in samenwerking met het ICEDD, de ULB/ATM en de ULB/BEAMS: "Het windenergiepotentieel in het BHG", juli 2009. Het enige belang van windenergie in verhouding tot warmteproductie is het stand-byvermogen dat deze energiebron kan bieden voor verwarmingssystemen met warmtepomp en met directe elektriciteit.

Energiebron	Productie en stand-by	Energie-, comfort-, en duurzaamheidscriteria		Geschikt		Ontwikkelingspotentieel en -belang				
				Van twijfelachtig nut						
				Niet geschikt						
				Wijk		Appartement-s-gebouw		Eengezinswoning		
		Passiefbouw	Lage-energieernovatie	Passiefbouw	Lage-energieernovatie	Passiefbouw	Lage-energieernovatie			
Wind	Windenergie en warmtepomp of directe verwarming	Toegankelijkheid van de energiebron	Beperkt, eenvoudigweg omdat de windturbines om doeltreffend te zijn en ook om veiligheidsredenen van de buurtbewoners, open ruimten zonder bebouwing vereisen.		In een gunstig gelegen wijk met een vrij open ruimte, is een windturbine mogelijk Windturbulenties in stedelijke omgeving, lage woongebouwen, de stabiliteit van het materieel, veiligheid, enz., vereisen per geval een diepgaande studie					
		Vervoer van de brandstof	Neen							
		Productie	Windenergie kan aan een warmtepomp of een directe elektrische verwarming worden gekoppeld.							
		Levensduur van de installatie	20 jaar (bron: ADEME)							
		Milieu-impact	Laag							
		Impact op de gezondheid	Geluids- en visuele hinder							

5. Het potentieel van zonne-energie

In een studie die het CERAA in 2008 uitvoerde in opdracht van Leefmilieu Brussel over de toepassing van de principes van het passiefhuis in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, heeft men de gemiddelde oppervlakten vastgesteld die de verschillende woningtypes innemen, zoals in de grafiek hiernaast afgebeeld. Aangezien in Brussel de meeste gebouwen appartementsgebouwen zijn, wordt aangenomen dat een appartement gemiddeld ongeveer 85 m² inneemt. Op die basis geeft de berekening van de beschikbare dakoppervlakte voor de ideale plaatsing van thermische zonnepanelen, tussen 26 m² en 28 m² ongeacht het daktype (zadeldak of plat dak). Let wel dat thermische en fotovoltaïsche zonne-energie met elkaar concurreren, namelijk:



Gemiddelde oppervlakte van een woning afhankelijk van het type (Bron : CERAA)

- thermische zonne-energie dekt ongeveer 350 tot 500 kWh_{thermisch}/(m².jaar) van de warmtevraag (sww);
- fotovoltaïsche zonne-energie dekt zowat 120 tot 160 kWh_{elektrisch}/(m².jaar). Om sww op 45°C te produceren, heeft een warmtepomp geen goede COP (ongeveer 2), wat wil zeggen dat 1 m² PV slechts 240 tot 320 kWh_{thermisch}/(m².jaar) kan produceren.

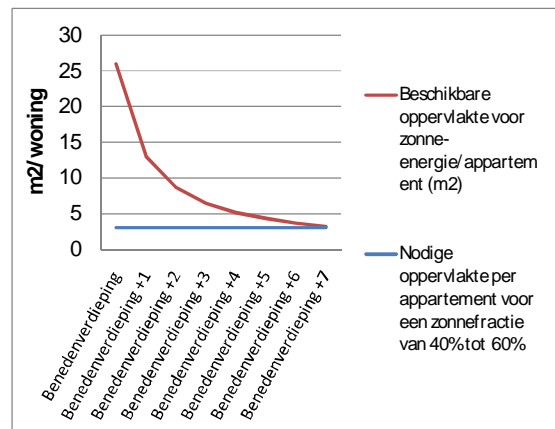


Bijgevolg wordt voor de bereiding van sww de voorkeur gegeven aan thermische zonnepanelen boven fotovoltaïsche zonnepanelen.

Voor verwarming is thermische zonne-energie niet voordelig omdat de meeste zonnewinsten buiten het verwarmingsseizoen vallen. Hier gaat de voorkeur dus uit naar fotovoltaïsche zonne-energie ter aanvulling van bijvoorbeeld een warmtepomp.

• **Thermische zonne-energie**

Op basis van de gegevens hiernaast kan men zich een idee vormen van het potentieel van zonne-energie per verdieping. Uit de grafiek kan men afleiden dat voor een zonne fractie van 40% tot 60% van de sww-vraag van een gebouw met een noord/zuid georiënteerd zadeldak of een plat dak zonder slagschaduw, 7 tot 8 verdiepingen (indien benedenverdieping bewoonbaar) kunnen worden gevoed met ongeveer 2 tot 4 m² zonnepanelen per appartement.



Beschikbaarheid van thermische zonne-energie

Zoals eerder aangetoond, vertegenwoordigt bij de renovatie of de bouw van passieve huizen of gebouwen, de sww-vraag een aanzienlijk aandeel van de energievraag. Voor dit soort projecten moet voor het sww thermische zonne-energie worden overwogen, rekening houdend met het feit dat de rentabiliteit altijd afhankelijk zal zijn van de investeringspremies.

Energiebron	Productie en stand-by	Energie-, comfort-, en duurzaamheidscriteria		Geschikt		Ontwikkelingspotentieel en -belang					
				Van twijfelachtig nut							
				Niet geschikt		Wijk		Appartementsgebouw		Eengezinswoning	
				Passiefbouw	Lage-energie renovatie	Passiefbouw	Lage-energie renovatie	Passiefbouw	Lage-energie renovatie		
Thermische zonne-energie	Zonneboiler	Toegankelijkheid van de energiebron	Bepikt, afhankelijk van de beschikbare oppervlakte en van de oriëntatie	Voor een appartementsgebouw is de zonne fractie groter dan voor een eengezinswoning				Kleinere zonne fractie want de vraag is verschoven in verhouding tot de zonnewinsten			
		Vervoer van de brandstof	Neen								
		Productie	Bepikte zonne fractie voor de zonnecollectoren (tussen 40 en 60%)								
		Levensduur van de installatie	Ongeveer 25 jaar								
		Milieu-impact	Zeet klein								
		Impact op de gezondheid	Geen								

• **Fotovoltaïsche zonne-energie**

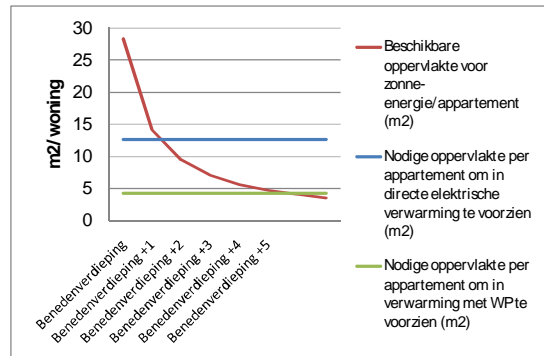
Zou directe elektrische verwarming voor de Brusselse gebouwen voordelig zijn indien het vastgoedpark passief was?

In de veronderstelling dat de ideale beschikbare dakoppervlakte voor de installatie van fotovoltaïsche panelen, evenals voor de thermische panelen, gemiddeld ongeveer 26 tot 28 m² bedraagt, toont een korte berekening het belang aan van het potentieel van fotovoltaïsche zonne-energie in Brussel.

- 1 m² PV-panelen levert ± 0,125 kWp en ± 106 kWh/jaar (bijvoorbeeld);
- een passief appartement zou voor de verwarming 15 kWh/m²/jaar directe elektriciteit verbruiken (een warmerendement van vrijwel 100%), of gemiddeld 1.275 kWh/jaar voor een appartement van 85 m².

Per appartement zijn dus gemiddeld 16 m² PV-panelen nodig alleen al om via directe elektrische radiatoren met gebruik van een hernieuwbare energiebron in de warmtevraag te voorzien.

De grafiek hiernaast geeft alleen het PV-potentieel voor verwarming weer, wetende dat de overige traditionele elektrische installaties veel meer elektriciteit verbruiken (ongeveer 3500 kWh/jaar voor verlichting, buretica, enz.)



Beschikbaarheid van fotovoltaïsche zonne-energie

Hieruit kan men de volgende vaststellingen trekken:

- fotovoltaïsche zonne-energie is niet toereikend om in de vraag te voorzien van de hernieuwbare directe elektrische verwarming van de passieve gebouwen in Brussel, wetende dat de gebouwen gemiddeld hoger zijn dan benedenverdieping+1.
- fotovoltaïsche zonne-energie kan voorzien in de verwarmingsvraag geleverd door een WP met een SPF-factor 3.

Energiebron	Productie en stand-by	Energie-, comfort-, en duurzaamheidscriteria		Geschikt		Ontwikkelingspotentieel en -belang			
				Van twijfelachtig nut					
				Niet geschikt					
		Wijk		Appartementsgebouw		Eengezinswoning			
		Passiefbouw	Lage-energieinnovatie	Passiefbouw	Lage-energieinnovatie	Passiefbouw	Lage-energieinnovatie		
Fotovoltaïsche zonne-energie	Gekoppeld aan een WP	Toegankelijkheid van de energiebron	Ja	Voor de productie van sww is het beter de beschikbare dakoppervlakte voor thermische zonne-energie te benutten				Afhankelijk van het rendement van de eraan gekoppelde WP	
		Vervoer van de brandstof	Neen						
		Productie	Rendement: 100% via directe warmteafgifte						
		Levensduur van de installatie	20 jaar						
		Milieu-impact	Klein						
		Impact op de gezondheid	Klein						

4. COMBINATIE VAN DE WARMTEPRODUCTIE VOOR DE VERWARMING EN HET SWW

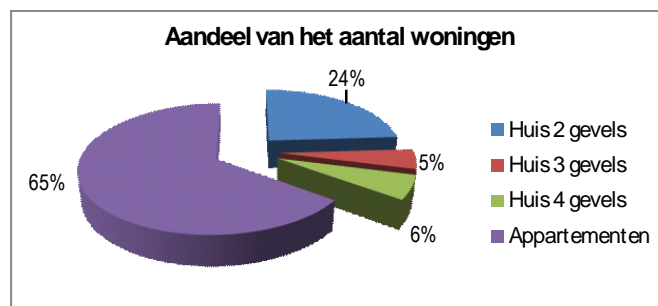
4.1. Groepering van de vraag

De combinatie van de warmteproductie voor de verwarming en het sww in een centraal punt van de woning, het appartementsgebouw of de wijk, beoogt de maximale groepering van de warmtevraag die door een hernieuwbare energie moet worden gedekt. De groepering van de warmteproductie op landelijk of stads/wijkniveau, bestaat in de ontwikkeling van een centraal verwarmingssysteem dat via een wisselaar op het warmtenet in de vraag van elk gebouw en gezin voorziet. Het concept is voordelig in die zin dat met een dergelijke groepering de warmteproductie wordt gecentraliseerd op een plaats die zich beter leent voor de winning van hernieuwbare energieën op grote schaal.

Zoals uit de grafiek hiernaast blijkt, stelt de groepering van de vraag in een stedelijke omgeving met een grote bevolkingsdichtheid (de meeste woningen zijn appartementen) minder problemen dan in een landelijke omgeving, gezien de kleinere afstanden tussen de productie en het groot aantal potentiële verwarmingselementen.

De "keerzijde van de medaille" bij de groepering van de warmtevraag voor verwarming en sww, is dat beide bedrijfstemperaturen niet noodzakelijkerwijs dezelfde zijn:

- de kleinere warmtevraag voor verwarming van moderne woningen neemt vrede met lagere afgiftetemperaturen en bijgevolg een lagere watertemperatuur van de productiesystemen. Voor passieve woningen kan de temperatuurregeling voor bijvoorbeeld vloerverwarming 40-30°C en zelfs 35-25°C bedragen;
- de temperatuurregeling van de sww-productiesystemen is echter onveranderd gebleven (minimaal 55°C op elk punt van het sww-net), vanwege het legionellarisico.



Studie uitgevoerd door het CERAA in opdracht van Leefmilieu Brussel – BIM (2008)

4.2. Gevoeligheid van de productiesystemen voor de temperatuurregeling

Sommige warmteproductiesystemen zijn gevoeliger dan andere voor de vereiste hoge temperatuurregelingen voor de gecombineerde distributie van verwarming en sww. Bijvoorbeeld:

- een systeem met warmtepomp (WP) levert duidelijk betere energieprestaties bij een lage temperatuur van het distributiewater (bijvoorbeeld voor vloerverwarming) → temperatuurregeling van het water op 40-30°C en zelfs lager;
- de energieprestatie van een houtketel of een warmtekrachtkoppeling op hout of koolzaadolie is minder gevoelig voor de hoge temperatuurregeling van het distributiewater → temperatuurregeling van het water op 80-60°C;
- de gascondensatieketel kan, mits een bijzondere zorg wordt besteed aan het waterdistributienet, zijn beste energieprestatie leveren bij een warmwatertemperatuur rond 50°C → temperatuurregeling van het water op 70-50°C;
- ...

5. GECENTRALISEERDE OF GEDECENTRALISEERDE WARMTEPRODUCTIE

De centralisatie van de warmteproductie, op het niveau van de wijk of van een appartementsgebouw, vereist een distributiesysteem. Dat distributiesysteem is onderhevig aan warmteverliezen op de distributieleidingen en vereist bijgevolg een hogere temperatuurregeling van de productie. Voor een warmtenet op wijkniveau moet het net bovendien met warmtewisselaars worden uitgerust. Het temperatuurverschil tussen de primaire en secundaire kring van de warmtewisselaars vereist eveneens een hogere temperatuurregeling van de productie. Afhankelijk van het type hernieuwbare energiebron zal een warmteproductiesysteem zich opdringen:

- voor warmtepompen die geothermische en hydrothermische energie winnen, moeten voor de grote wijkinstallaties in elk gebouw van de wijk gedecentraliseerde warmtepompen worden ingezet;
- voor systemen die geen lage temperatuurregeling vereisen om goede rendementen te leveren, kan één enkel gecentraliseerd systeem volstaan voor de verwarming en het sww.

De hierna volgende tabel² geeft de pluspunten van gecentraliseerde en gedecentraliseerde productiesystemen:

Gecentraliseerd	Verwarming
	De installatiekost ligt lager dan de kosten van de individuele installaties die dit systeem vervangt. Kleinere plaatsinname (en in sommige gevallen zelfs minder geluidshinder). Grotere bedrijfszekerheid en langere levensduur. Lagere onderhoudskosten (één productie-unit, één rookkanaal voor de verbrandingsgassen). Vaak hoger rendement dan dat van de gedecentraliseerde systemen. Potentieel van de benutting van hernieuwbare energieën (zonne-energie, warmtekrachtkoppeling, enz.)
	Sanitair warm water
	De grotere vraag kan een positief effect hebben (gelijktijdigheid van de vraag), waardoor kleinere vermogens en opslagvolumes nodig zijn. Mogelijkheid om zonnepanelen te installeren (bij de installatie of later).
Gedecentraliseerd	Verwarming
	Elke huurder betaalt zijn eigen lasten en sluit een contract af met de distributeur.
	Sanitair warm water
	Een gedecentraliseerde installatie kent minder distributieverlies. Er is geen circulatielus nodig.

² Uittreksel van de RELESO-renovatiegids voor appartementsgebouwen "*Optimiser la production de chaleur et d'ECS*"; T. Goetghebuer; MATRIciel; 2009



BENADERING

Het is de bedoeling de warmtevraag voor verwarming en sww zo veel mogelijk te dekken door de voorkeur te geven aan:

- hernieuwbare energieën als energievoorziening gekoppeld aan warmteproductiesystemen die een maximaal energierendement met een minimale milieu-impact leveren;
- milieuvriendelijke fossiele brandstoffen als aanvullend vermogen of eenvoudigweg als “back-up” voor de warmteproductiesystemen. Meestal zal gas de voorkeur hebben boven andere fossiele brandstoffen, onder meer dankzij het uitstekende rendement van de gascondensatieketels (ongeveer 104% op PCI).

1. OP HET NIVEAU VAN DE WIJK

1.1. Systemen die gebruik maken van hernieuwbare en fossiele energiebronnen

Welke hernieuwbare energiebronnen?



Beschikbare oppervlakten voor zonne-energie

Beschikbare oppervlakte voor geothermische energie

Stadswarmtenet

Wkk-installatie op hout bijvoorbeeld

(Bron: Google Earth)

1.2. Nieuwe passieve wijk

Warmteproductie

1. Het nut van geothermie en hydrothermie

In een gecentraliseerd systeem wordt geothermie of hydrothermie (koude bron) meestal gekoppeld aan een water/water-warmtepomp. Het is bekend dat een WP goede rendementen levert bij een hoge temperatuur van de koude bron (uit de bodem of water) en een lage temperatuur van de warme bron (de distributie en de verwarmingselementen).

- **Gecentraliseerde systemen**

De WP moet zo dicht mogelijk bij de verwarmingselementen worden geplaatst om distributieverliezen, het beroep op warmtewisselaars en bijgevolg hoge temperatuurregelingen te vermijden. De centralisatie van de warme bron stroomafwaarts van een WP heeft daarom geen nut.

Kortom, de centralisatie van de warme bron is niet geschikt voor warmtepompen.

- **Gedecentraliseerde systemen**

Op wijkniveau spreekt men van decentralisatie wanneer elk gebouw van de wijk met een WP is uitgerust. Dat belet echter niet de centralisatie van de koude bron.

2. Het nut van aërothermie



Evenals voor geothermie en hydrothermie, moet de WP zo dicht mogelijk bij de verwarmingselementen worden geplaatst om distributieverliezen, het beroep op warmtewisselaars en bijgevolg hoge temperatuurregelingen te vermijden.

De aandacht zal dus uitgaan naar decentralisatie op het niveau van het gebouw.

3. Het nut van warmtekrachtkoppeling

• Gecentraliseerde systemen

Warmtekrachtkoppeling is nuttig wanneer ze is gedimensioneerd op de warmtevraag voor verwarming maar vooral voor het sww. Voor een passieve wijk kan warmtekrachtkoppeling (hout, plantaardige olie, enz.) voordelig zijn, wetende dat hoe groter het vermogen van de warmtekrachtkoppeling en hoe langer haar levensduur, hoe groter haar energie- en financieel rendement. Een aanvullende hoogrendementsketel op gas zal altijd nodig zijn omdat een condensatieketel zijn condensatie niet noodzakelijkerwijs zal kunnen benutten.

Indien men warmtekrachtkoppeling overweegt, moet die noodzakelijkerwijs van goede kwaliteit zijn om de CO₂-uitstoot met meer dan 5% te kunnen terugdringen.

• Gedecentraliseerde systemen

De decentralisatie van het warmtekrachtkoppelingssysteem komt neer op de centralisatie ervan op het niveau van het gebouw (zie hierna).

4. Het nut van biomassa

Faesstraat

Een verwarmingsketel op hout (afval van de schrijnwerkerij, aangevuld met aangevoerde houtblokken) voorziet in de warmteproductie voor de verwarming en het sww van de schrijnwerkerij en het appartement. Thermische zonnepanelen voldoen aan een gedeelte van de sww-vraag.

Dit voorbeeld toont aan dat, afhankelijk van het activiteitsniveau van de schrijnwerkerij, de warmte in de vorm van een stadsverwarming aan een aantal huizen, een huizenblok of een wijk zou kunnen worden verdeeld.



(Bron: Leefmilieu Brussel - BIM)

Voor meer informatie betreffende het Faesstraat-project, zie de fiche van het **VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 008 (2007)**

• Gecentraliseerde systemen

In het kader van de integratie in een passiefbouwproject, van een circuit voor de nuttige toepassing van houtafval (bijvoorbeeld van een schrijnwerkerij), kan een warmteproductiesysteem op hout zoals een houtketel worden overwogen. Indien dit type van warmteproductie wordt gekozen, moet het nominale rendement van de houtketel(s) minstens 92% bedragen.

• Gedecentraliseerde systemen

De decentralisatie van het verwarmingssysteem op hout komt neer op de centralisatie ervan op het niveau van het gebouw (zie hierna).

5. Het nut van zonne-energie

Met een goede oriëntatie (zuid, zuidoost, zuidwest), kan de zonnefractie van de sww-vraag in voorverwarming ongeveer 40% tot 60% bereiken. Dit type van installatie dient ter aanvulling van een sww-productie en zal, gezien de distributieverliezen, per gebouw of huizenblok eerder dan op het niveau van de gehele wijk gedecentraliseerd zijn (kortere afstand tussen de zonnepanelen en de boiler).



Warmtedistributie

1. Warmtenet

Een warmtenet is voordelig vanuit economisch oogpunt wanneer de aansluitdichtheid groter is dan 1.500 kWh/lm en 1,5 kW/lm graafwerken (overinvestering in het net en bijkomende distributieverliezen).

Overwegende dat:

- twee aan elkaar grenzende passieve gebouwen van elkaar gescheiden zijn door 10 m ondergronds netwerk;
- elk gebouw per verdieping een warmtevermogen van maximaal 2,5 kW tot 5 kW vereist, of respectievelijk een appartement met 2 gevels op de 1e verdieping en een appartement op de dakverdieping (2 dakhellingen en een puntgevel).

Om $1,5 \text{ kW/m} \times 10 \text{ m} = 15 \text{ kW}$ (rentabiliteitsdrempel van een warmtenet) te bereiken, is een gebouw met minimaal benedenverdieping+3 vereist.

Stadswarmtenet: voorbeeld van een wkk-installatie op gas van $160 \text{ kW}_{\text{th}} - 99 \text{ kW}_{\text{e}}$ voor het "Bervoets"-verkavelingsproject. Haalbaarheidsstudie uitgevoerd voor Leefmilieu Brussel - BIM op 17 september 2007 door de wkk-facilitator van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

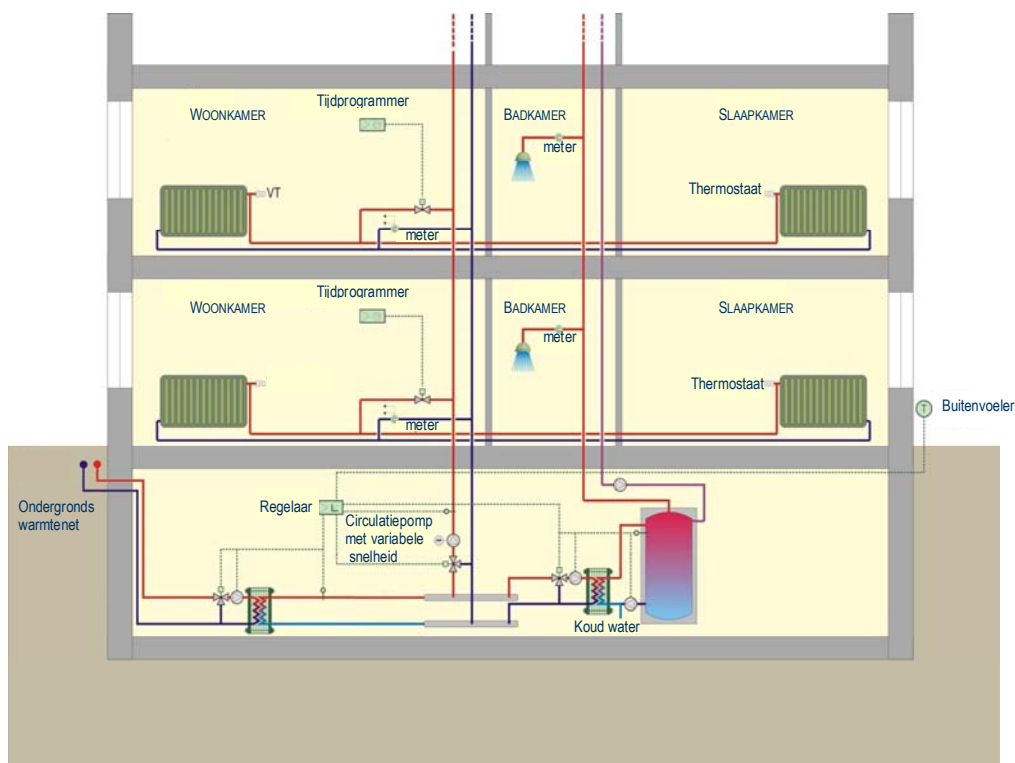
2. Warmtewisselaar

De ontwikkeling van een stadswarmtenet, op het niveau van een wijk of van een huizenblok, vereenvoudigt de warmtedistributie op het niveau van het gebouw. Ter hoogte van elk appartementsgebouw of woonhuis volstaat namelijk de installatie van een water/water-warmtewisselaar. De tweede warmte wisselaar voedt een collector die op zijn beurt als volgt voedt:

- de vertrekleidingen naar de verschillende verwarmingscircuits;
- de sww-boiler.

De warmteverliezen van de warmtenetten zijn een minpunt voor de ontwikkeling van dit soort verwarming. Indien voor een dergelijk warmtenet wordt gekozen, moet men erop toezien dat de warmteverliezen van het gehele warmtenet niet meer bedragen dan 5% van de productie.

De aansluiting, ongeacht het een appartementsgebouw of ééngesinswoning betreft, wordt volgens het principe-schema hiernaast uitgevoerd.



Warmtenet onder het trottoir + warmtewisselaar in de kelder (Bron: RELOSO)

Warmteregeling

- De warmteregeling van de centrale productie moet voor een zo breed mogelijk vermogensbereik moduleerbaar zijn om zo dicht mogelijk aan te sluiten bij de warmtevraag van de verschillende gebouwen in de wijk.
- Het water en de distributie moeten in verhouding tot de buitentemperatuur, op een glijdende temperatuur ingesteld zijn.

1.3. Lage-energieernovatie van een wijk

Warmteproductie

Voor een renovatie zal men de bestaande verwarmingsinstallatie trachten te behouden als ze recent is. De toevoeging van een systeem op hernieuwbare energie stelt niet te veel problemen qua aanpassing van het hydraulische circuit.

Evenals voor passiefbouw, zal de lage-energieernovatie van een wijk een beroep doen:

- op hernieuwbare energieën voor een maximale dekking van de energievraag;
- op fossiele brandstoffen als aanvullend vermogen of gewoon als “stand-by” voor de warmteproductiesystemen.

Omdat de warmteverliezen in lage-energiegebouwen in ieder geval groter zijn dan in passieve gebouwen, zal het nodige vermogen noodzakelijkerwijs hoger liggen. Bijgevolg moeten warmteproductiesystemen met een groter warmtevermogen worden overwogen.

Warmtedistributie

Wetende dat het gemiddelde warmteverlies van een lage-energieappartement gemiddeld 8 kW tot 15 kW bedraagt, is een gebouw van minimaal benedenverdieping+1 vereist om $1,5 \text{ kW/m} \times 10 \text{ m} = 15 \text{ kW}$ (rentabiliteitsdrempel van een warmtenet) te bereiken.

Warmteregeling

Bij behoud van het bestaande productiesysteem moet de warmteregeling van de productie trapsgewijs worden aangepast:

- door voorrang te geven aan het systeem op hernieuwbare energie;
- door het bestaande systeem als aanvulling te gebruiken.

1.4. Keuzecriteria

Hernieuwbare energieën

Voor wijkprojecten in passiefbouw geeft de onderstaande tabel de motivering om in hernieuwbare energieën te investeren.



Energiebron	Productie en stand-by	Energie-, comfort- en duurzaamheidscriteria Ontwikkelingspotentieel en -belang		Geschikt	
				Van twijfelachtig nut	
				Niet geschikt	
			Wijk		
		Passiefbouw	Lage-energieernovatie		
Hout en plantaardige olie	Verwarmingsketel, warmtekachtkoppeling	Productie	Gecentraliseerde productie		
		Vermogen	Breed vermogensbereik		
		Opslag	Gemakkelijk		
		Warmtenet	Gecentraliseerde productie, voor zover de warmtedichtheid van het warmtenet > 1,5 MWh/lm netleiding	Gecentraliseerde productie, voor zover de warmtedichtheid van het warmtenet > 1,5 MWh/lm netleiding	
		Aanvullend vermogen	Een gasketel voorziet meestal in de vraag naar extra vermogen.		
Geothermie en hydrothermie	Water/water- en grond/water-warmtepomp	Productie	Gedecentraliseerde productie op het niveau van elk gebouw met een gemeenschappelijke koude bron		
		Vermogen	Breed vermogensbereik		
		Koude bron	Geothermie kan installatieproblemen met zich meebrengen en is duur. Hydrothermie is gemakkelijker te installeren en goedkoper dan geothermie	De installatie van geothermie in een bestaand huizenblok kan problemen stellen en is duur	
		Duurzaamheid van de koude bron	Geothermie met verticale warmte-wisselaars is duurzaam als er een koudevraag is van gemengde woon/winkelgebouwen. Geothermie met horizontale warmte-wisselaars is duurzaam als ze correct is gedimensioneerd.		
		Warme bron	Gezien de lage warmteverliezen kunnen de temperaturen van de verwarmingselementen laag zijn, wat leidt tot een betere energieprestatie van de warmtepompen.	Door de grotere warmteverliezen zijn de temperaturen van de verwarmingselementen hoger dan in passiefbouw, wat leidt tot een lagere energieprestatie van de warmtepompen.	
		Energieprestatie van de WP	Goede energieprestatie voor een warme bron op lage temperatuur	Matige energieprestatie voor een warme bron op matige temperatuur	
		Aanvullend vermogen	Een gascondensatieketel voorziet meestal in de vraag naar extra vermogen.		
Aérothermie	Lucht/water-WP	Productie	Gedecentraliseerde productie op het niveau van elk gebouw met een gemeenschappelijke koude bron		
		Vermogen	Breed vermogensbereik		
		Koude bron	Overal beschikbaar Opgelet voor geluidshinder		



		Warme bron	Gezien de lage warmteverliezen kan de temperatuur van de verwarmingselementen laag zijn, wat de energieprestatie van de warmtepompen verbetert	Door de grotere warmteverliezen zijn de temperaturen van de verwarmingselementen hoger dan in passiefbouw, wat leidt tot een lagere energieprestatie van de warmtepompen.
		Energieprestatie van de WP	Matige energieprestatie voor een warme bron en koude bron op lage temperatuur	Beperkte energieprestatie voor een warme bron op matige temperatuur en een koude bron op lage temperatuur
		Aanvullend vermogen	Een gascondensatieketel voorziet meestal in de vraag naar extra vermogen.	
Thermische zonne-energie	Voor sww	Productie	Gedecentraliseerde productie op het niveau van elk gebouw	
		Vermogen	Beperkt vermogen, afhankelijk van de beschikbare dakoppervlakte. Stelt geen noemenswaardige problemen in Brussel.	
		Aanvullend vermogen	Een gascondensatieketel voorziet meestal in de vraag naar extra vermogen.	

Fossiele energie

Hier wordt de voorkeur gegeven aan gas als energiebron om de volgende redenen:

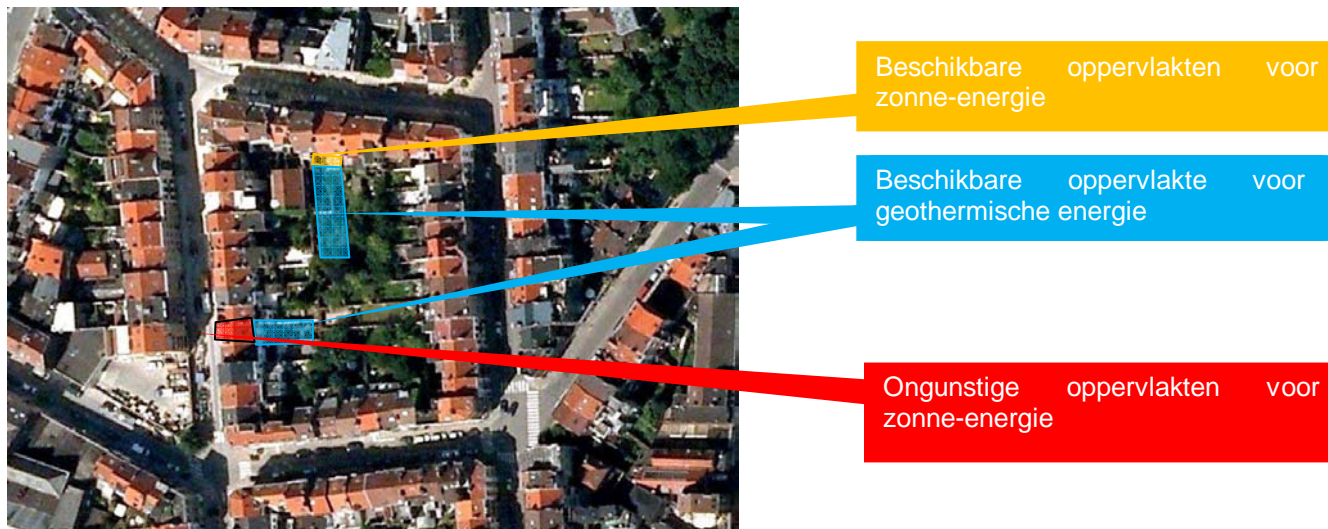
- de uitstekende energieprestatie van de gascondensatieketels;
- de goede energieprestatie en milieubalans van de warmtepompen op gas;
- de beperkte milieu-impact van de wkk-installaties op gas.

Energiebron	Productie en reservevermogen	Energie-, comfort- en duurzaamheidscriteria Ontwikkelingspotentieel en -belang		Geschikt	
				Van twijfelachtig nut	
				Niet geschikt	
			Wijk		
		Passiefbouw	Lage-energierenovatie		
Gas	Verwarmingsetel, WP gas, warmtekrachtkoppeling	Productie	Gecentraliseerde productie		
		Vermogen	Breed vermogensbereik		
		Opslag	Geen opslag		
		Warmtenet	Gecentraliseerde productie, voor zover de warmtedichtheid van het warmtenet > 1,5 MWh/lm netleiding	Gecentraliseerde productie, voor zover de warmtedichtheid van het warmtenet > 1,5 MWh/lm netleiding	
		Aanvullend vermogen	Geen aanvullend vermogen vereist indien warmtekrachtkoppeling of warmtepomp op gas		



2. OP HET NIVEAU VAN APPARTEMENTSGEBOUWEN

2.1. Toepassingen voor hernieuwbare energiebronnen



(Bron: Google Earth)

De lokale dekking van de warmtevraag met hernieuwbare energieën is van diverse factoren afhankelijk:

- beschikbaarheid van de bodem: is er een perceel vóór of achter het gebouw beschikbaar en is het toegankelijk;
- de toegankelijkheid tot zonne-energie is afhankelijk van de beschikbare dakoppervlakten en van hun oriëntatie (bij voorkeur zuid, zuidoost of zuidwest), rekening houdend met de eventuele aanwezigheid van slagschaduw van aangrenzende hoge gebouwen, enz.
- de toegankelijkheid van de stad voor houtderivaten stelt andere vragen zoals rond duurzame bosbouw, het voordeel van het gebruik van hout als brandstof eerder dan de toepassing ervan in passiefbouw, de toename van het vrachtwagenverkeer op de “Ring” voor het vervoer van de brandstof naar het centrum van de stad, de opslag in kleine woningen, enz.

2.2. Nieuwe gebouwen in passiefbouw

Warmteproductie en -distributie

1. Het nut van geothermie en hydrothermie

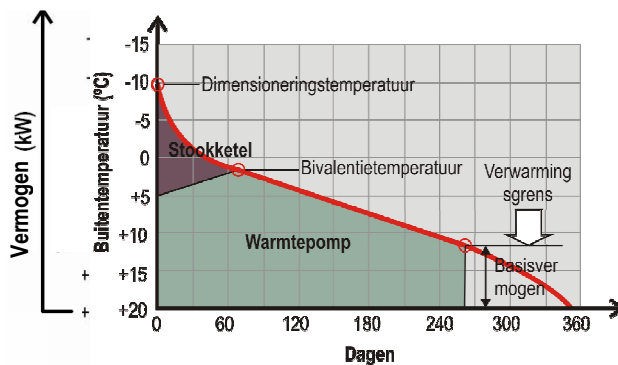
Louter vanuit productieoogpunt, varieert het nut van geothermie afhankelijk van de energieprestatie van het gebouw. Een passief gebouw wordt met horizontale warmte-wisselaars eerder dan met verticale warmte-wisselaars uitgerust, rekening houdend met de noodzakelijke regeneratie van de bodem (door warmte uit de bodem te “putten”, wordt deze onherstelbaar afgekoeld). Overigens is bekend dat de sww-vraag in een passief gebouw groter is dan de verwarmingsvraag. Dit beperkt de energieprestatie van de aan geothermische energie gekoppelde warmtepomp, want er moet water op hoge temperatuur worden geproduceerd, wat voor een WP niet het beste scenario is. Al bij al blijft de balans positief in vergelijking met een directe elektrische verwarming.

• Gecentraliseerde systemen

Om te voldoen aan de warmtevraag voor verwarming en voor sww, bestaat het compromis in een doordachte combinatie van een “geothermische” WP met een gascondensatieketel, wetende dat in passiefbouw het warmtevermogen doorgaans wordt gehalveerd.

Zoals de grafiek hieronder weergeeft, wordt een water/water-warmtepomp (WP) van een degelijk ontwerp (in geothermie bijvoorbeeld kan een WP een SPF-factor 4 bereiken) met een “INVERTER”-toerenregelaar uitgerust waarmee het vermogen tussen 40% en 100% kan worden ingesteld, en werkt op variabele druk op de verdamper.

De gasketel dient als “stand-byvermogen” voor de WP in de winter in dezelfde hoedanigheid als een tweede gasketel in trapsgewijze opstelling in geval van een defect aan de WP. Het is ook nuttig om voor het sww een hoogpresterende gasboiler in te zetten met de mogelijkheid van een bypass naar het verwarmingscircuit als stand-byvermogen.



(Bron : Energie+)

- **Gedecentraliseerde systemen**

Evenals op het niveau van de wijk, voorkomt decentralisatie van de productie dat de temperatuur van de warme bron moet worden verhoogd, wat tot een minder goede energieprestatie van de WP zou leiden. Men kan de WP op het niveau van het appartement bijvoorbeeld decentraliseren en via een watercircuit op de koude bron aansluiten.

2. Het nut van aërothermie

In de stad ligt de temperatuur gemiddeld 2°C hoger dan in een landelijke omgeving. Wetende dat de COP van de WP met 3% per °C temperatuurstijging van de koude bron (namelijk de lucht) wordt verbeterd, heeft aërothermie dus zijn nut in de stad.

- **Gecentraliseerde systemen**

Voor een gezamenlijke aanpak op het niveau van het gebouw kan de keuze van een lucht/water-warmtepomp nuttig zijn, voor zover de jaarlijkse energieprestatie van het gebouw (SPF: Seasonal Performance Factor) voldoet aan de criteria van het BHG (SPF-factor van 2,8 tot 4, afhankelijk van het type van de koude bron en van de warme bron: <http://www.leefmilieubrussel.be>). Qua geluid is een WP op het dak gunstig, voor zover de aangrenzende gebouwen dezelfde hoogte hebben.

Evenals voor geothermie en hydrothermie, is een condensatiegasketel als stand-by belangrijk, vooral om te voldoen aan de sww-vraag.

- **Gedecentraliseerde systemen**

Voor individuele aërothermische energie per appartement moet rekening worden gehouden met de niet uit te vlakken geluids- en visuele hinder.

3. Het nut van warmtekrachtkoppeling

- **Gecentraliseerde systemen**

Warmtekrachtkoppeling is nuttig wanneer ze gedimensioneerd is op de warmtevraag voor verwarming en sww. Voor passieve gebouwen is het belangrijk de warmtevraag voor verwarming en sww te groeperen. Vanuit financieel oogpunt, hoe groter het warmtevermogen van de warmtekrachtkoppeling en zijn bedrijfstijd (grote gebouwen), hoe beter het energie- en financieel rendement.

Hier is een wkk-installatie met een laag vermogen nodig (11 kW tot 30 kW). Wkk-installaties op plantaardige olie met dit vermogen zijn op de markt beschikbaar. Wkk-installaties op hout met een laag vermogen zijn echter niet beschikbaar.

Een aanvullende hoogrendementsketel op gas zal altijd nodig zijn, wetende dat een condensatieketel zijn condensatie niet noodzakelijkerwijs zal kunnen benutten.

Indien men warmtekrachtkoppeling overweegt, moet ze noodzakelijkerwijs van goede kwaliteit zijn om de CO₂-uitstoot met meer dan 5% te kunnen terugdringen. Vergeet trouwens niet dat warmtekrachtkoppeling ook interessant is voor de toekenning van groenestroomcertificaten, die vaak aan de basis liggen van het goede rendement.

- **Gedecentraliseerde systemen**

Microwarmtekrachtkoppeling is in volle ontwikkeling. Voor appartementsgebouwen is het financiële rendement zeer beperkt.



4. Het nut van biomassa

• Gecentraliseerde systemen

Hout in de vorm van pellets of houtspanen in de stad binnenbrengen, is niet altijd voordelig voor een appartementsgebouw, want de opslag ervan zal onvermijdelijk problemen stellen. Het nut van hout als energiebron moet worden afgewogen tegen de behoefte aan ruimte in de gemeenschappelijke delen. Los van deze beperking, is biomassa gunstig vanuit milieuoogpunt. Indien men voor dit type warmteproductie gaat, moet het nominaal rendement van de houtketel(s) minstens 92% bedragen.

• Gedecentraliseerde systemen

Kleine individuele pelletkachels in de appartementen zijn af te raden omdat dan per appartement een schoorsteen is vereist, wat de investeringskost verhoogt. Bovendien maken het beperkte rendement, de onvolledige verbranding van de kachels met een klein vermogen, het beheer van de assen, enz. het systeem minder aantrekkelijk.

5. De stationaire bedrijfscyclus

De werkingcycli kunnen de energieprestatie van de productiesystemen sterk beïnvloeden; in niet-stationair werking zijn de rendementen matig in vergelijking met een stationaire werking. Specifiek mogen de waarden niet lager liggen dan die van de werkingcycli weergegeven in de tabel hiernaast.

Voor verwarmingssystemen die zich in de verwarmde ruimte bevinden, is een te lange stationaire cyclustijd niet of weinig compatibel met een passief en zelfs een laag-energiegebouw.

Systeem	Aanbevolen cyclustijd (minuten)
Gasketels	1
Pelletkachels en -ketels	30
Houtkachels en -ketels	60
Warmtepompen	20

Voor verwarmingssystemen die zich in de verwarmde ruimte bevinden, is een te lange stationaire cyclustijd niet of weinig compatibel met een passief en zelfs een laag-energiegebouw.

Systeem	Aanbevolen cyclustijd (minuten)	Inertie van het systeem	Buffervat	Gecombineerd met het sww?
Gasketels	1	Laag (klein watervolume)	Niet verplicht	Ja
Pelletkachels en -ketels	30	Middelmatig tot hoog	Aanbevolen	Ja
Houtkachels en -ketels	60	Hoog	Aanbevolen	Ja
Warmtepompen	20	Boiler met een kleine capaciteit (modulerende WP dankzij de "inverter"-technologie)	Onderaan in de boiler	In voorverwarming

6. Gecombineerde verwarmings- en sww-productie

Een installatie met gecombineerde verwarmings- en sww-productie beperkt de investeringskost, voor zover de overdimensionering van het productiesysteem binnen bepaalde grenzen blijft. De energiebestekken van Energie+ (zie website: <http://www.energieplus-lesite.be/>) bevelen de combinatie van de twee warmteproductiesystemen aan wanneer het nodige warmtevermogen voor de sww-productie meer dan 30% bedraagt van het warmtevermogen voor de verwarmingsproductie. In tegengesteld geval is het beter de sww-productie te scheiden van de verwarmingsproductie.

Hou voor de bovengenoemde combinatie wel rekening met de volgende factoren:

- het warmteproductiesysteem moet in het tussenseizoen en in de zomer in werking blijven. Hierdoor wordt het rendement ietwat aangetast door de verliezen bij de uitschakeling van de verwarmingsketel, de verliezen van de collector en een minder goede verbrandingsrendement van de branders, die vaak in korte cycli werken.

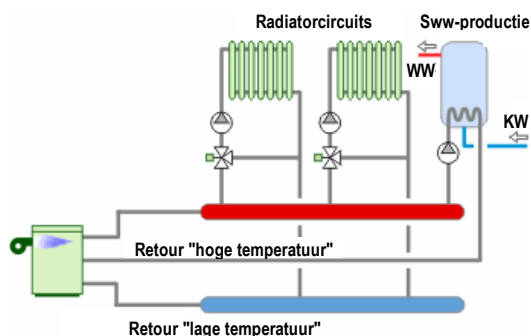
Met de moderne hoogrendementsketels zijn deze argumenten echter niet langer meer relevant. Met een aangepaste regeling kan de temperatuur van de stookketels met een laag watervolume worden verlaagd



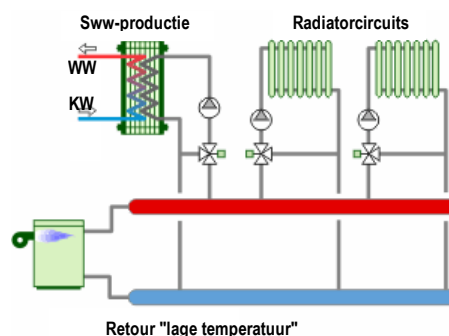
en zijn de verliezen bij de uitschakeling van de ketels zeer miniem. Ten slotte hebben de moderne stookketels een zeer breed vermogensbereik (10% tot 100%);

- in een gebrekkige installatie kan de productie van sanitair warm water de retourtemperatuur verhogen en de condensatie beperken. Er bestaan alternatieven die de condensatie niet verstoren en tegelijkertijd het rendement van de productie niet aantasten.

Bijvoorbeeld, voor een gecentraliseerd systeem:



Semidirecte warmteproductie met warmtewisselaar in de boiler en retour op "hoge temperatuur" (Bron: Energie+)



Warmteproductie met platenwarmtewisselaar gedimensioneerd voor een retourtemperatuur van 40°C - 45°C (Bron: Energie+)

7. Directe of semidirecte sww-productie?

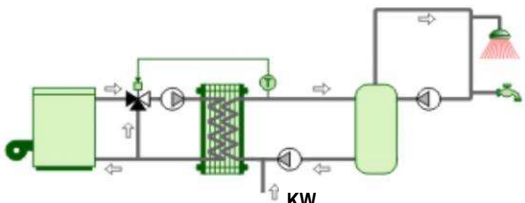
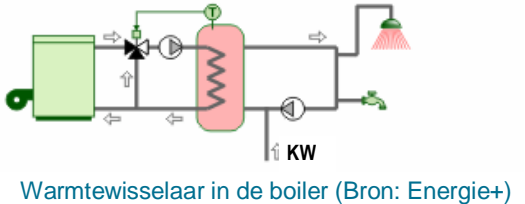
Zoals eerder vermeld, moet de beschikbare dakoppervlakte voor de installatie van thermische zonnecollectoren worden benut, aangezien zonne-energie een gemiddelde zonnefractie van 40% tot 60% kan leveren voor de sww-vraag van een gebouw van benedenverdieping+4 tot benedenverdieping+6, afhankelijk van het daktype (plat dak of zadeldak).

De keuze van een zonne-installatie voor alle appartementen van een gebouw is bepalend voor de keuze van het systeem voor de opslag van het sww. In deze opstelling wordt de voorkeur gegeven aan voorraadboilers of aan een semidirecte sww-productie.

Los van de aanwezigheid van een thermische zonne-installatie, wordt voor appartementsgebouwen de voorkeur gegeven aan een semidirecte sww-installatie, rekening houdend met het vrij hoge elektriciteitsverbruik van de primaire circulator in directe sww-productie en met de warmteverliezen van de platenwarmtewisselaars.

Toch is het nuttig de verschillende systemen met elkaar te vergelijken. De onderstaande tabel geeft de pluspunten weer van de belangrijkste twee alternatieven:

	Principeschema	Pluspunten
Directe sww-productie	<p>(Bron: Energie+)</p>	<ul style="list-style-type: none"> – beperkte plaatsneming – lage gronddruk – geen opslagverliezen – goede hygiënische prestatie – geen stilstaand warm water in boiler, wat het risico van legionella beperkt – lage investeringskost – eventueel het verbrandingsrendement indien de platenwarmtewisselaar gedimensioneerd is voor een retourtemperatuur van 40°C-45°C

Semidirecte sww-productie	 <p>Platenwarmtewisselaar buiten de boiler (Bron: Energie+)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - het comfort - dankzij de warmwaterboiler zijn de reactietijden kort en de temperatuursverschillen beperkt - het vermogen - het te installeren productievermogen is lager dan voor directe sww-productie - eventueel het verbrandingsrendement indien de platenwarmtewisselaar zich buiten de boiler bevindt en gedimensioneerd is voor een retourtemperatuur van 40°C-45°C
	 <p>Warmtewisselaar in de boiler (Bron: Energie+)</p>	

Espoir

Een gecentraliseerde gascondensatieketel voorziet in de warmteproductie voor de verwarming en het sanitair warm water. Een aanvulling voor de voorverwarming van het sww wordt geboden door thermische zonnecollectoren (40 m²) en 2 boilers van 800 liter. Als men in collectieve woongebouwen met zonnecollectoren werkt, zal de warmtevraag voor verwarming en sww vaak worden gecentraliseerd.



(Bron: Ecorce)

Voor meer informatie betreffende het Espoir-project, zie de fiche van het **VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 060 (2008)**

Wautersstraat

Een compacte gedecentraliseerde "machine" voorziet in de warmteproductie voor de verwarming, het sww en de hygiënische ventilatie van de duplex.

Een water/water-warmtepomp verbonden aan een geothermische koude bron voorziet in de verwarming op de hygiënische lucht en in het sww.

Dit systeem is geschikt voor beperkte ruimten of in renovatie.



Gecombineerde warmteproductie voor verwarming, sww en hygiënische ventilatie

(Bron: Leefmilieu Brussel - BIM)

Voor meer informatie betreffende het Wautersstraat -project, zie de fiche van het **VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 017 (2007)**

8. Het nut van zonne-energie

Met een goede oriëntatie (zuid, zuidoost, zuidwest) kan de zonnefractie van de sww-vraag in voorverwarming ongeveer 40% tot 60% bereiken. Dit type van installatie kan ter aanvulling van een traditionele warmteproductie met bijvoorbeeld een gascondensatieketel worden gebruikt. Thermische zonne-energie is bijzonder geschikt voor appartementsgebouwen, want de beheerder van het gebouw kan de gecentraliseerde warmteproductie gemakkelijk doorrekenen aan de verschillende gebruikers.



9. Dimensionering van de productie

• Verwarming

De normen NBN B62-003 en NBN EN 12831 geven de methode voor de dimensionering van de warmteproductiesystemen in functie van:

- de warmteverliezen van de wanden,
- de verliezen door infiltratie,
- de verwarmingsverliezen en de verwarmingsvraag gekoppeld aan hygiënische ventilatie.

De overdimensionering van de installaties moet worden beperkt overeenkomstig de energiebestekken van Energie+, die beschikbaar zijn op de website <http://www.energieplus-lesite.be/>. Merk wel op dat overdimensionering in sommige gevallen voordelig kan zijn. Een gascondensatieketel bijvoorbeeld biedt een beter rendement op laag bedrijf wanneer ze iets is overgedimensioneerd. Een te groot gedimensioneerde warmtepomp echter kan zijn vermogen niet regelen onder 40% in het tussenseizoen.

• Sanitair warm water

Overeenkomstig de energiebestekken van Energie+ (http://www.energieplus-lesite.be) wordt aanbevolen het vermogen van de gecombineerde warmteproductie volgens de hierna vermelde regel niet te veel te overdimensioneren:

dimensionering gecombineerde productie = warmtevermogen van de verwarming + warmtevermogen van het sww - (oververmogen herinschakeling + oververmogen dimensionering).

Warmteregeling

1. Algemene regels

Naast het warmteproductiesysteem, de kwaliteit van de distributie en de keuze van het verwarmingselement, is de regeling een van de vier factoren die bepalend zijn voor de kwaliteit van de verwarmingsinstallatie.

De regeling heeft een zeer grote impact op het verbruik:

- de afwezigheid van een tijdelijke onderbreking in periodes van leegstand of inactiviteit, kan leiden tot een oververbruik van 5% tot 30%.

Via een doeltreffende regeling van de verwarmingsinstallatie kan men:

- rekening houden met het ervaren comfort in de verschillende ruimten van het gebouw;
- de ingestelde binnentemperaturen in acht nemen, en de gratis warmtewinsten laten meespelen;
- de warmtetoevoer tijdelijk onderbreken in periodes van afwezigheid of inactiviteit ('s nachts bijvoorbeeld);
- de distributie- en productieverliezen beperken;
- rekening houden met plotse weersveranderingen.

2. Uitvoering

De keuze van een regeling gebeurt volgens de algemene uitvoeringsregels, met name:

- bij een gecentraliseerde regeling wordt elke homogene temperatuurszone door een eigen distributiecircuit gevoed. De verwarmingscircuits worden geregeld op een variabele temperatuur in verhouding tot de buitentemperatuur, en het sww-circuit overeenkomstig zijn ingestelde temperatuur van 60°C .
- los van de vraag of de productie gecentraliseerd is of niet, heeft elk appartement een individuele regeling via een thermostaatkraan op de radiatoren of een omgevingsthermostaat voor vloerverwarming met een lage inertie. Zo worden de ingestelde temperaturen in acht genomen, onafhankelijk van de interne of externe inbreng, en kan de verwarming in periodes van afwezigheid of inactiviteit tijdelijk worden onderbroken door bijvoorbeeld een schakelklok.

Men gaat uit van het principe dat de groepering van de individuele vraag de mogelijkheid biedt:



- productievermogens te bereiken die meer in de lijn liggen van het marktaanbod;
- schaalvoordelen te boeken bij de toepassing van hernieuwbare energieën. De installatie van geothermische warmte-wisselaars is bijvoorbeeld gemakkelijker te verantwoorden voor een gegroepeerde vraag dan voor een individuele vraag.

2.3. Lage-energie renovatie van appartementsgebouwen

Warmteproductie en -distributie

Voor een renovatie zal men de bestaande verwarmingsinstallatie trachten te behouden indien ze recent is. De toevoeging van een systeem op hernieuwbare energie stelt niet te veel problemen op het niveau van de aanpassing van het hydraulisch circuit.

In vergelijking met passieve gebouwen, onderscheiden de warmteproductie en -distributie in lage-energiegebouwen zich hoofdzakelijk op de volgende punten:

- het vermogen van de installaties, aangezien het warmteverlies groter is. Het marktaanbod van installaties voor de winning van hernieuwbare energieën is groter. Het is bijvoorbeeld vrij gemakkelijk wkk-installaties te vinden in een vermogensbereik van > 30 kW;
- de temperaturen van de warme bronnen en de verwarmingselementen moeten hoger liggen en beperken bijgevolg het rendement van warmteproductiesystemen zoals de WP;
- de hogere warmtevermogens die uit geothermie moeten worden “geput”, leiden vaak tot de “uitputting” van de bodem (na een aantal jaar regenereert de bodem zich niet meer). In lage energie is geothermie niet de beste keuze.

Warmtedistributie en -afgifte

Het behoud van de bestaande installatie maakt lage temperatuurregelingen mogelijk. Omdat de verwarmingselementen namelijk overgedimensioneerd zijn, kunnen voor hetzelfde vermogen de watertemperaturen lager liggen, waarbij systemen zoals warmtepompen baat hebben.

Warmteregeling

Bij behoud van het bestaande productiesysteem, moet de warmteregeling van de productie trapsgewijs worden aangepast:

- door voorrang te geven aan het systeem op hernieuwbare energie;
- door het bestaande systeem als aanvulling te gebruiken.

Bestaande vloerverwarming met een hoge inertie zal in het tussenseizoen moeilijk af te regelen zijn. Een oplossing zou erin bestaan de externe temperatuurvoeler beschut aan de zuidkant te plaatsen om oververhitting in het tussenseizoen te voorkomen.

Mundo-B

Een water/water-warmtepomp gekoppeld aan geothermische energie, voorziet in een gedeelte van de verwarming van het gebouw. Een koude bron bestaande uit 4 verticale warmte-wisselaars van 115 m diep geboord in de binnenplaats, voedt een warmtepomp van 28 kW met hernieuwbare energie.

Dit voorbeeld toont aan dat zelfs in volle stad een geothermische boring op het binnenterrein van een huizenblok kan worden uitgevoerd met benutting van hernieuwbare energie voor een gebouw of, zelfs groter, een huizenblok.



(Bron: EREC)

Voor meer informatie kunt u terecht op de website: <http://www.erec.org> en het **VOORBEELDGEBOUWPROJECT nr. 067 (2008)**



2.4. Keuzecriteria

Voor het ontwerp van appartementsgebouwen, geeft de onderstaande tabel de motivering om in hernieuwbare energieën te investeren.

Energiebron	Productie en aanvulling	Energie-, comfort- en duurzaamheidscriteria Ontwikkelingspotentieel en -belang		
		Appartementsgebouw		
		Passiefbouw	Lage-energie renovatie	
Plantaardige olie	Warmtekrachtkoppeling	Productie	Gecentraliseerde en semidirecte productie voordeliger	Behoud van de bestaande installatie indien in goede staat
		Vermogen	Beperkt aanbod van vermogens < 11 kW	Ruim aanbod van vermogens van 11 kW tot 30 kW en zelfs hoger
		Opslag	Gemakkelijk	
		Aanvullend vermogen	Een gasketel voorziet meestal in de vraag voor extra vermogen	Geleverd door het bestaande systeem
Geothermie en hydrothermie	Water/water- en grond/water-warmtepomp	Productie	Gedecentraliseerde productie op het niveau van elk appartement met een gemeenschappelijke koude bron	Behoud van de bestaande installatie indien in goede staat voor het sww en stand-by
		Vermogen	Breed vermogensbereik	
		Koude bron	Geothermie kan installatieproblemen met zich meebrengen en is duur. Hydrothermie is gemakkelijker te installeren en goedkoper dan geothermie.	De installatie van geothermie in een bestaand huizenblok kan problemen stellen en is duur.
		Duurzaamheid van de koude bron	Geothermie met verticale warmtewisselaars duurzaam als er een koudevraag is van gemengde woon/winkel- of kantoorgebouwen. Geothermie met horizontale warmtewisselaars is duurzaam als ze correct gedimensioneerd is.	In de meeste gevallen regenereert de bodem zich niet langer.
		Warme bron	Gezien de lage warmteverliezen, kan de temperatuur van de verwarmingselementen laag zijn, wat de energieprestatie van de warmtepompen verbetert.	Door de grotere warmteverliezen zijn de temperaturen van de verwarmingselementen hoger dan in passiefbouw, wat leidt tot een lagere energieprestatie van de warmtepompen.
		Rendement van de WP's	Goed rendement voor een warme bron met lage temperatuur	Matig rendement voor een warme bron met matige temperatuur
		Aanvullend vermogen	Voor een gecentraliseerd systeem is een aanvulling nodig zoals een gascondensatieketel of een sww-boiler. Toevoeging van thermische zonne-energie	Bestaand verwarmingssysteem en thermische zonne-energie
Aërothermie	Lucht/water-WP	Productie	Gedecentraliseerde productie op het niveau van elk appartement met een gemeenschappelijke koude bron	Behoud van de bestaande installatie indien in goede staat, voor sww en back-up



		Vermogen	Breed vermogensbereik		
		Koude bron	Overall beschikbaar Opgelet voor geluidshinder		
		Warme bron	Gezien de lage warmteverliezen kan de temperatuur van de verwarmingselementen laag zijn, wat de energieprestatie van de warmtepompen verbetert	Door de grotere warmteverliezen zijn de temperaturen van de verwarmingselementen hoger dan in passiefbouw, wat leidt tot een lagere energieprestatie van de warmtepompen.	
		Rendement van de WP	Matig rendement voor een warme bron en koude bron op lage temperatuur	Beperkt rendement voor een warme bron op matige temperatuur en een koude bron op lage temperatuur	
		Aanvullend vermogen	Voor een gecentraliseerd systeem is een aanvulling nodig zoals een gascondensatieketel of een sww-boiler. Toevoeging van thermische zonne-energie	Bestaand verwarmingssysteem en thermische zonne-energie	
Thermische zonne-energie	Voor sww	Productie	Gecentraliseerde productie op het niveau van elk gebouw		
		Vermogen	Beperkt vermogen, afhankelijk van de beschikbare dakoppervlakte. Stelt geen noemenswaardige problemen in Brussel.		
		Aanvullend vermogen	Een gascondensatieketel voorziet meestal in de vraag naar extra vermogen.		

Fossiele energie

Hier wordt de voorkeur gegeven aan gas als energiebron, rekening houdend met:

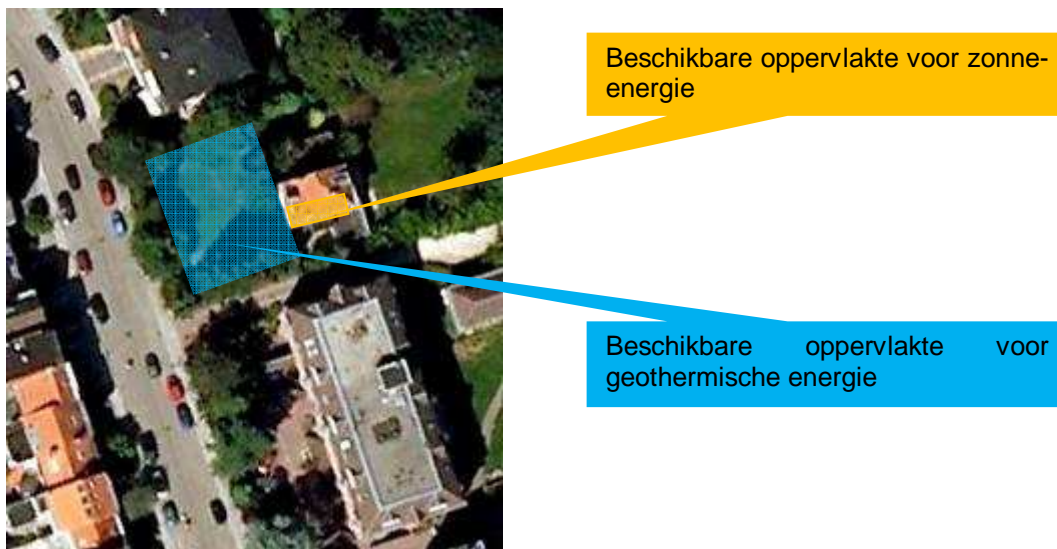
- de uitstekende energieprestatie van gascondensatieketels
- de goede energieprestatie en milieubalans van warmtepompen op gas
- de beperkte milieu-impact van wkk-installaties op gas.

Energiebron	Productie en aanvulling	Energie-, comfort- en duurzaamheidscriteria Ontwikkelingspotentieel en -belang		Geschikt	
				Van twijfelachtig nut	
Niet geschikt					
Gas	Verwarmingsketel, WP op gas, warmtekrachtkoppeling	Appartementsgebouw			
		Passiefbouw	Lage-energie renovatie		
		Productie	Gecentraliseerde productie	Vervangen indien stookolie	
		Vermogen	Breed vermogensbereik		
		Opslag	Geen opslag		
		Aanvullend vermogen	Geen aanvullend vermogen vereist indien warmtekrachtkoppeling of WP op gas		

3. OP HET NIVEAU VAN DE EENGEZINSWONING



3.1. Toepassingen voor hernieuwbare energieën



(Bron: Google Earth)

3.2. Nieuwe passieve eengezinswoning

Warmteproductie, -distributie, -afgifte en -regeling

Voor ééngesinswoningen gaat de keuze van de warmteproductie voor de verwarming en het sww uit naar kleine vermogens. Men moet wel productiesystemen kiezen die compatibel zijn met een lage-energie woning. Hoewel voor appartementsgebouwen de doordachte combinatie van een warmteproductiesysteem op fossiele energie met een systeem op hernieuwbare energie verantwoord kan zijn, moet men voor een passieve eengezinswoning een vermenigvuldiging van productiesystemen vermijden, met uitzondering echter van thermische zonne-energie voor de productie van sww.

Vergeet niet dat een passief huis een huis is dat vrijwel zonder verwarmingssysteem draait, maar dat er altijd in de productie van sww moet worden voorzien.

Voor ééngesinswoningen in passiefbouw wordt doorgaans een gecombineerde warmteproductie voor de verwarming en het sww toegepast, ermee rekening houdend dat de sww-vraag overweegt.

Op het niveau van de warmteafgifte voor verwarming, moet worden overwogen de hygiënische lucht te gebruiken omdat de ventilatie debieten toereikend kunnen zijn om de nodige warmte te leveren. Let wel dat elk geval apart moet worden beschouwd.

Volgens een studie van de UCL³ omvat het aanbod van gecombineerde warmteproductiesystemen voor verwarming en sww:

- warmtepompen;
- houtkachels of -ketels (houtblokken en pellets)
- gascondensatieketels;
- directe elektriciteit.

1. Het nut van geothermie, hydrothermie en aërothermie (WP)

Wat warmtepompen van elkaar onderscheidt, is de aard van de warme en de koude bron:

- voor geothermische energie, evenals voor hydrothermische energie, worden water/water-warmtepompen toegepast, waarbij water (al dan niet glycolwater) via de verticale of horizontale warmtewisselaars (geothermie) of een warmtewisselaar (hydrothermie), de warmte tussen de bodem en de WP overdraagt. De warme bron is meestal water;

³ Synthesenota: "Elaboration d'un outil d'aide à la conception de maisons individuelles à basse et très basse consommation d'énergie", C. Massart en L. Georges; Architecture et Climat; november 2009

- voor aërothermische energie worden vaak lucht/water-warmtepompen gebruikt. Er bestaan echter ook compacte lucht/lucht-warmtepompen die in het hygiënisch ventilatiesysteem worden ingebouwd. De verwarming gebeurt dus op de lucht met eventueel een elektrische aanvulling (verwarmingsweerstand).

Selectiecriteria:

- de energieprestatie van de warmtepompen. Rekening houdend met de aard van de koude bronnen (in België ligt de gemiddelde temperatuur van de bodem hoger dan die van de lucht), bieden water/water-warmtepompen een betere energieprestatie (SPF: Seasonal Performance Factor of seizoens-COP);
- de beschikbare grondoppervlakte voor geothermie. Bij plaatsgebrek en voor zover de samenstelling van de bodem dit toelaat, kunnen verticale warmte-wisselaars worden overwogen;
- geluidshinder en de oriëntatie ten opzichte van de zon voor aërothermie.

Voor dit soort technologie moet het warmtevermogen op het prestatieniveau van de woning worden afgestemd. De warmtepompen hebben de volgende kenmerken:

- de minimale vermogens liggen rond 6kW;
- voor warmtepompen uitgerust met een “inverter” bedraagt de vermogensmodulatie tussen 40% en 100% van het nominale vermogen;
- de bedrijfscyclus bedraagt ongeveer 20 minuten (wat vrij lang is);
- de investering varieert sterk, afhankelijk van de keuze van de warme en de koude bron. Geothermie bijvoorbeeld kost rond € 50/geboorde m;
- afhankelijk van de SPF-factor (SPF: Seasonal Performance Factor) heeft een WP een positieve milieubalans. Een geothermische water/water-WP kan een SPF-factor 4 bereiken en een lucht/water-WP een SPF-factor 3;
- een WP gekoppeld aan een voorraadboiler en met een gecombineerde warmteproductie voor de verwarming en het sww, kan zijn energieprestatie zien “kelderen” wanneer de boiler op hoge temperaturen werkt om legionella te voorkomen (te hoge temperatuur van de warme bron);
- in de stad kunnen aërothermische warmtepompen hinder veroorzaken indien ze op grote schaal worden toegepast. De inspectiedienst van Leefmilieu Brussel – BIM moet regelmatig klachten behandelen betreffende geluidshinder van HVAC-installaties, waarvan een deel de aërothermische warmtepompen betreft.

Het nut van biomassa

Kachels met inertie zijn afgeraden in passieve woningen vanwege het risico van oververhitting. Gecombineerd met de productie van sww via een buffervat, kan dit systeem voordelig zijn omdat het gebrek aan vermogensmodulatie kan worden gecompenseerd (minimaal 50% van het nominale vermogen).

Los van het probleem om een stad met hout te verwarmen, biedt hout duidelijk het voordeel van een bijzonder goede milieubalans.

Let wel op de volgende punten:

- de nodige opslagruimte in de stad kan problemen stellen;
- de investering is aanzienlijk (2 tot 3 keer meer dan voor een gascondensatieketel);
- beheer van de assen;
- uitstoot van fijne deeltjes.

Het nut van zonne-energie

Een passieve ééngezinswoning zal nog voordeliger zijn indien ze is uitgerust met een thermische zonne-installatie. Ook de verwarmingsvraag kan hier gedeeltelijk mee worden gedekt. Overweeg hiervoor of de overdimensionering van de thermische zonne-installatie financieel haalbaar is.

Men moet wel rekening houden met slagschaduw, die een grotere last zijn voor lage gebouwen, en dus voor ééngezinswoningen.



Het nut van gas

In Brussel zijn de meeste woningen op aardgas aangesloten, vandaar dat aardgas, hoewel fossiel, een bevoorrechte energiebron is.

Gas biedt de volgende voordelen:

- het hoge rendement van de gascondensatieketels (ongeveer 104%);
- de snelle reactietijd op een wisselende vraag;
- het warmtevermogen van de ketel is zeer geschikt voor een zwakke vraag;
- vermogensmodulatie tussen 10% en 100%;

Vanuit financieel oogpunt vertegenwoordigt gas een rationele investering. Het enige minpunt op het vlak van milieu is dat gas een fossiele energie is.

De verwarmingselementen op gas kunnen bijvoorbeeld radiatoren zijn op lage temperatuur of een warmwaterbatterij in het hygiënische ventilatiesysteem.

Het nut van elektriciteit

Algemeen beschouwd zijn voor lage-energie- of passieve woningen elektrische verwarmings- en sww-systemen aantrekkelijk, dankzij de volgende voordelen:

- de korte reactietijd van elektrische radiatoren en dus hun geschiktheid voor een lage warmtevraag;
- geen opslag van brandstof;
- lage investering;
- ...

Dit systeem gaat echter gebukt onder de toegepaste dagtarieven van elektriciteit en zijn ongunstige milieubalans inzake het verbruik van primaire energie (overeenkomstig de EPB-reglementering, stemt 1 “elektrische” kWh overeen met 2,5 kWh primaire energie) en inzake de CO₂-uitstoot (0,395 kg CO₂/kWh_e tegenover 0,060 kg CO₂/kWh voor hout in het BHG). Voor de sww-productie met voorraadboiler, kan men het gunstiger nachttarief genieten, maar de milieubalans blijft negatief.

3.3. Lage-energie- en renovatie van een ééngezinwoning

Warmteproductie

Voor een renovatie zal men de bestaande verwarmingsinstallatie trachten te behouden indien ze recent is. De toevoeging van een systeem op hernieuwbare energie stelt niet te veel problemen qua aanpassing van het hydraulische circuit.

Verwarming met hygiënische lucht in lage-energie- en renovatie is niet haalbaar. De ventilatiedebieten zijn niet toereikend om via de hygiënische lucht – die een beperkte capaciteit heeft als warmtegeleider (0,34 Wh/(m³u)/K) – aan de warmtevraag te voldoen. De nodige debieten om in de warmtevraag te voorzien, zouden als volgt vereisen:

- de overdimensionering van het hydraulische circuit, wat leidt tot
 - ventilatiekanalen met afmetingen die vaak niet compatibel zijn met de binnenhuisarchitectuur;
 - meerkosten van de installatie;
 - groot elektriciteitsverbruik van de ventilatoren, waarschijnlijk vergelijkbaar met het eigenlijke verwarmingsverbruik;
- grotere luchtsnelheden, wat tot grote geluidshinder kan leiden.

Voor nieuwe systemen wordt voor de warmteproductie dezelfde keuze toegepast als voor appartementsgebouwen, uiteraard naar verhouding, rekening houdend met:

- een lager warmtevermogen;
- de combinatie van de warmtevraag voor verwarming en sww;



Warmtedistributie en -afgifte

Het behoud van de bestaande installatie laat lage temperatuurregelingen toe. Omdat de verwarmingselementen namelijk overgedimensioneerd zijn, kunnen voor hetzelfde vermogen de watertemperaturen lager liggen, waarbij systemen zoals warmtepompen baat hebben; Overigens is het sww-circuit niet nodig omdat de vraag tijdens de dag meestal intermitterend is.

Opmerking:

Voor lage-energie ééngesinswoningen moet, per geval, het probleem worden opgelost van de “massakachels” of kachels met een lage inertie in de verwarmde ruimte.

Warmteregeling

De warmteregeling van de productie moet trapsgewijs worden aangepast:

- door voorrang te geven aan het systeem op hernieuwbare energie;
- door het bestaande systeem als aanvulling te gebruiken.

Bestaande vloerverwarming met een hoge inertie zal in het tussenseizoen moeilijk te regelen zijn. Een oplossing zou erin bestaan de externe temperatuurvoeler beschut aan de zuidkant te plaatsen om oververhitting in het tussenseizoen te voorkomen.

Ten slotte zullen bij afwezigheid langere tussenpauzen worden ingesteld omdat de woning minder snel afkoelt dan een woning met een groot warmteverlies.

3.4. Keuzecriteria

Hernieuwbare energieën

Energiebron	Productie en aanvulling	Energie-, comfort- en duurzaamheidscriteria Ontwikkelingspotentieel en -belang		Geschikt	
				Van twijfelachtig nut	
				Niet geschikt	
		Wijk			
		Passiefbouw	Lage-energie renovatie		
Hout	Verwarmingsketel, massakachel en pelletkachel	Productie	Gedecentraliseerd	Aangesloten op de bestaande installatie	
		Technisch-economisch oogpunt	Vanuit economisch oogpunt doet deze techniek het vrij goed wanneer men houtblokken of pellets gebruikt.		
		Milieu	Uitstekende milieubalans, als men een beroep doet op hernieuwbare houtcircuits (lokale houtproductie en -verbruik). In de stad is de beschikbaarheid van een houtcircuit vrij beperkt.		
		Vermogen	Breed vermogensbereik		
		Opslag	Gemengd, afhankelijk van de toegekende ruimte		
		Aanvullend vermogen	Thermische zonne-energie	Bestaand systeem en thermische zonne-energie	



Geothermie, hydrothermie en aërothermie	Water/water- en grond/water-warmtepomp	Productie	Gecentraliseerde productie samen met thermische zonne-energie		
		Vermogen	Breed vermogensbereik		
		Koude bron	Geothermie is gemakkelijker te installeren (als men over de nodige ruimte beschikt) maar is duur. Hydrothermie is gemakkelijker te installeren en goedkoper dan geothermie.	Voor een bestaande woning kan de installatie van geothermie problemen stellen en ze is duur.	
		Duurzaamheid van de koude bron	Voor geothermie met verticale warmte-wisselaars, moet een grote aandacht uitgaan naar de duurzaamheid van de energiebron en een gedetailleerde modellering met een specifieke software is noodzakelijk. Bij afwezigheid van een koudevraag is het trouwens mogelijk dat buitensporig diepe warmte-wisselaars nodig zijn om de duurzaamheid van de bodem te vrijwaren.		
		Warme bron	Gezien de lage warmteverliezen kan de temperatuur van de verwarmingselementen laag zijn, wat de energieprestatie van de warmtepompen verbetert.	Door de grotere warmteverliezen zijn de temperaturen van de verwarmingselementen hoger dan in passiefbouw, wat leidt tot een lagere energieprestatie van de warmtepompen.	
		Rendement van de WP	Goed rendement voor een warme bron met lage temperatuur	Matig rendement voor een warme bron met matige temperatuur	
		Aanvullend vermogen	Noodzaak van een elektrisch vermogen voor ontdooiing en thermische zonne-energie	Bestaand systeem en thermische zonne-energie	
Thermische zonne-energie	Voor sww	Productie	Gecentraliseerde productie		
		Vermogen	Beperkt vermogen, afhankelijk van de beschikbare dakoppervlakte. Stelt geen noemenswaardige problemen in Brussel.		
		Aanvullend vermogen	Een aanvullend vermogen is vereist, bij voorkeur hernieuwbaar	Bestaande installatie	

Fossiele energie

Energiebron	Productie en aanvulling	Energie-, comfort- en duurzaamheidscriteria Ontwikkelingspotentieel en -belang		Geschikt
				Van twijfelachtig nut
				Niet geschikt
			Wijk	
		Passiefbouw	Lage-energierenovatie	
Gas	Verwarmingsketel, WP gas	Productie	Gecentraliseerde productie	Indien stookolie, vervanging van de verwarmingsketel
		Vermogen	Breed vermogensbereik	
		Opslag	Geen opslag	
		Milieu	Hoewel gas uitstekende energieprestaties levert (104% op PCI), blijft het een fossiele energiebron.	
Volledig elektrisch	Direct elektrische radiator	Warmteafgifte	Uitstekend rendement, gemakkelijke installatie, regeling en onderhoud	
		Vermogen	Breed vermogensbereik	
		Milieu	Het rendement van de Belgische elektriciteitscentrales leidt tot een slechte milieubalans.	

CONCLUSIE

1. UITDAGINGEN

- In de eerste plaats moet de energievraag worden beperkt. Voor de verwarming gebeurt dat door de warmteverliezen door wanden en infiltraties te beperken; voor de hygiënische ventilatie is men afhankelijk van de effectieve bezetting van het gebouw; en voor het sww kan men lagere debieten instellen aan de aftappunten en de netdruk verminderen.
- Vervolgens voorziet een warmteproductie in de resterende energievraag voor verwarming en sww. Deze warmteproductie is aangepast:
 - aan de beschikbare hernieuwbare energiebronnen in de nabijheid van het project;
 - aan de wijkstructuur en aan het type van gebouw (appartementengebouw of ééngezinswoning);
 - aan het energieprestatieniveau van het gebouw (passiefbouw, lage-energieerenovatie), enz.

2. COMBINATIE VAN HERNIEUWBARE EN FOSSIELE ENERGIEËN

- Hoewel de stad haar beperkingen heeft, moet de voorkeur altijd uitgaan naar de benutting van lokale hernieuwbare energiebronnen (nabijheid van een waterloop voor hydrothermie, tuinen van een huizenblok voor geothermie, beschikbare dakoppervlakten voor geothermische zonne-energie, enz.). De ware rijkdom van de energiebronnen schuilt eveneens in hun diversificatie.
- Zekerheidshalve en om op een reserve te kunnen rekenen, is voor grote en middelgrote projecten de doordachte combinatie van hernieuwbare en fossiele energieën vereist. De hernieuwbare energie zal namelijk zo veel mogelijk in de warmtevraag voor verwarming en sww voorzien, en de fossiele energie zal in extreme winterse weersomstandigheden het nodige aanvullende warmtevermogen leveren.

3. KEUZE VAN DE WARMTEPRODUCTIESYSTEMEN

3.1. Wijk

- Op het niveau van de wijk wordt vaak een gecentraliseerde productie aanbevolen met het oog op een rationeel energiegebruik, de potentiële ontwikkeling van een verwarmingssysteem op hernieuwbare energie en de toepassing van thermische zonne-energie. Hierbij moet rekening worden gehouden met de volgende rentabiliteitscriteria van de warmtenetten: de aansluitdichtheid moet groter zijn dan 1.500 kWh/lm en 1,5 kW/lm uitgraving (overinvestering in het net en extra distributieverliezen).
- In het specifieke geval van geothermie en hydrothermie moet de keuze eerder uitgaan naar een gedecentraliseerde WP per gebouw, die via een watercircuit op de koude bron is aangesloten.
- In de meeste gevallen wordt het aanvullende warmtevermogen door een fossiele energiebron geleverd. Hiervoor wordt gas aanbevolen, met een voorkeur voor de gascondensatieketel (104% rendement op PCI).
- Een thermische zonne-installatie is voordelig en kan voldoen aan 40% tot 60% van de sww-vraag. De voorkeur moet worden gegeven aan een gedecentraliseerde thermische zonne-installatie per gebouw.

3.2. Collectief gebouw: appartementsgebouw

- Op het niveau van een appartementsgebouw wordt vaak een gecentraliseerde productie aanbevolen. Ze werkt een rationeel energiegebruik in de hand en laat ruimte voor de ontwikkeling van een verwarmingssysteem op hernieuwbare energie en de toepassing van thermische zonne-energie.
- Voor een lage-energieerenovatie wordt getracht het bestaande systeem te behouden als aanvullend vermogen of als stand-by van de warmteproductie op hernieuwbare energie.
- In het specifieke geval van geothermie en hydrothermie moet de keuze eerder uitgaan naar een gedecentraliseerde WP per appartement, die via een watercircuit op de koude bron is aangesloten.
- In passiefbouw wordt het aanvullende warmtevermogen meestal door een fossiele energiebron geleverd. Hiervoor wordt gas aanbevolen, met een voorkeur voor de gascondensatieketel (104% rendement op PCI).
- Bij het gebruik van een warmtepomp is de combinatie van de warmteproductie voor de verwarming en het sww moeilijker. Voor het aanvullende warmtevermogen om in de sww-vraag te voorzien, gaat de voorkeur uit naar een gascondensatieketel (let wel op de instelling van het retourwater).



- Een thermische zonne-installatie is voordelig en kan voldoen aan 40% tot 60% van de sww-vraag. De voorkeur moet worden gegeven aan een gecentraliseerde thermische zonne-installatie op het niveau van het gebouw.

3.3. Individuele woning: eengezinswoning of geïsoleerd appartement

- Voor een lage-energie-renovatie wordt getracht het bestaande systeem te behouden als aanvullend vermogen of als stand-by van de warmteproductie op hernieuwbare energie.
- In passiefbouw wordt verwarming op de hygiënische lucht overwogen als een voordelig alternatief in vergelijking met de traditionele verwarmingssystemen. Het marktaanbod omvat namelijk verwarmingssystemen zoals een compacte WP ingebouwd in de GMV (gecontroleerde mechanische ventilatie);
- Een thermische zonne-installatie is voordelig en kan in 40% tot 60% van de sww-vraag voorzien;
- Bij het gebruik van een warmtepomp is de combinatie van de warmteproductie voor de verwarming en het sww moeilijker:
 - in passiefbouw voorziet één enkele WP in de warmtevraag voor verwarming en sww. Thermische zonne-energie levert gedeeltelijk het aanvullende vermogen;
 - in lage-energie-renovatie voorziet één enkele WP in de verwarmingsvraag, voor zover het bestaande verwarmingssysteem in goede staat is. De sww-vraag wordt gedeeltelijk door thermische zonne-energie en gedeeltelijk door de bestaande verwarmingsinstallatie gedekt.
- "Volledig elektrische" systemen kunnen worden overwogen, vooral in passieve woningen, voor zover zij met een hernieuwbare energie zoals thermische of fotovoltaïsche zonne-energie worden aangevuld.



Redactie: MATRIciel

Leescomité: Leefmilieu Brussel - BIM

Verantwoordelijke uitgevers: J.-P. Hannequart & E. schamp – Gulledelle 100 – 1200 Brussel

