

Beperkte verspreiding

contractnr. 021323

ANRE-DEMONSTRATIEPROJECT
KWO bij KLINA te Brasschaat

Eindrapport

H.Hoes en N.Robeyn

Studie uitgevoerd in opdracht van ANRE

2005/ETE/R/

Vito

Maart 2006

MANAGEMENTSAMENVATTING

KLINA (Klinieken Noord Antwerpen) past de techniek van koude-warmteopslag (KWO) toe in het nieuwe ziekenhuiscomplex. De techniek biedt een alternatief of aanvulling op energieverblindende klassieke koelmachines, tevens kan een deel van de verwarmingsenergie via deze opslagtechniek geleverd worden. In dit kader werd een subsidie van 35 % toegekend op de investeringskosten voor de innovatieve installatie door de erkenning van dit project als demonstratieproject. Dit impliceert dat het project gedurende een drietal jaren opgevolgd dient te worden met als doel een evaluatie van de innoverende techniek, een opdracht die Vito kreeg van de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE) van de Vlaamse Gemeenschap.

Dit eindrapport behandelt de evaluatie na drie jaar werking van de KWO-installatie. Ondanks het feit dat de opstart van de installatie reeds plaatsvond in augustus 2000, kon de goede werking van de installatie pas vanaf juli 2002 en de correcte registratie van de gegevens pas vanaf november 2002 gegarandeerd worden (dit door allerhande defekten en programmeerproblemen). Deze installatie staat in voor het aanreiken van thermische energie voor de luchtbehandelingsinstallatie. Deze staat in voor ongeveer de helft van de totale verwarmingsvraag en de volledige koudevraag van het hospitaal.

Dit rapport handelt over de periode 01/01/2003 – 31/12/2005. Tijdens deze periode werd er 247.000 m³ grondwater verplaatst van de koude naar de warme bron (ontladen) en 220.000 m³ grondwater verplaatst van de warme naar de koude bron (laden). Dit vertegenwoordigt in totaliteit 2,4 GWh warmte en 1,87 GWh koude. Van de totale koelvraag van het gebouw werd over deze drie jaar 78 % geleverd door het KWO-systeem.

Het primair energieverbruik bedraagt 2084 GJ voor de KWO-installatie (incl. warmtepomp) tegenover 13873 GJ voor de referentie-installatie, een vermindering met 11789 GJ. Vertaald naar de CO₂-uitstoot geeft dit een reductie van 620 ton. De CO₂-reductie bedraagt 63 %.

Deze innovatieve installatie (koude-warmteopslag + omkeerbare warmtepompen) levert warmte aan een globale SPF van 5,5 (verwarming) en een globale KF van 14,8 (koeling) voor de energievoorziening van het luchtbehandelingsstelsel.

INHOUD

1	INLEIDING	3
2	KOUDE-WARMTEOPSLAG BIJ KLIMA	5
3	ENERGIEREGISTRATIE.....	8
4	ENERGIE-EVALUATIE.....	9
4.1	Grondwatersysteem.....	10
4.2	Koelmachines/warmtepompen.....	12
4.3	Thermische balans	15
5	PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN CO ₂ -REDUCTIE	18
6	BESLUIT	19

1 INLEIDING

De Klinieken Noord-Antwerpen (KLINA) heeft besloten om de campus Vesalius uit te breiden met 400 bedden. Er werd besloten om in de nieuwbouw van het ziekenhuis comfortkoeling toe te passen. Een interessant alternatief voor mechanische koeling is koeling door middel van een installatie met lange-termijn koude-warmteopslag (KWO). Met lange-termijn koude-warmteopslag is het mogelijk om voor koeling relatief veel energie te besparen met als gevolg dat het milieu minder wordt belast. Ook kan tijdens de winter een gedeelte van de verwarmingsenergie bespaard worden door voorverwarming van de koude buitenlucht met KWO.

Voor de klimatisering van het gebouw werd geopteerd voor een koude-warmteopslagsysteem in combinatie met 2 omkeerbare koelmachines. Het koude-warmteopslagsysteem bestaat uit één koude en één warme bron met elk een diepte van ongeveer 65 m (diam. boring = 80 cm). Het maximale grondwaterdebiet bedraagt 100 m³/h voor zowel het laden als het ontladen van koude. De twee omkeerbare koelmachines hebben elk een koelvermogen van 195 kW en worden, afhankelijk van het seizoen, gebruikt voor de productie van warmte of koude. In de zomer wordt er enerzijds koude geproduceerd voor comforttoepassingen en anderzijds voor de klimatisering van de operatiekamers alwaar temperatuur en relatieve vochtigheid geregeld worden. Het koude-warmteopslagsysteem levert hiertoe de koude door middel van het oppompen van grondwater uit de koude bron. Dit grondwater neemt de gebouwwarmte op en wordt geïnjecteerd in de warme bron. Bij een ontoereikend koelvermogen of indien een onvoldoende lage temperatuur bereikt wordt door het KWO-systeem, worden de koelmachines ingeschakeld. De condensorwarmte wordt eveneens afgevoerd via het KWO-systeem naar de warme bron. In de winter wordt grondwater opgepompt uit de warme bron met als doel het voorverwarmen van de koude buitenlucht voor verse-luchtname. Op deze manier wordt de winterkoude door het KWO-systeem opgenomen en op zijn beurt geïnjecteerd in de koude bron.

Door het energiezuinig en milieuvriendelijk karakter werd dit project als demonstratieproject goedgekeurd in november 1995. Vito voert in opdracht van de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE) van de Vlaamse Gemeenschap een evaluatie van dit project uit. Het aanvangsverslag werd opgemaakt in oktober 1998. De totale investeringskost voor de KWO-installatie bedroeg 697.572 €, KLINA kreeg een subsidie van 35% op dit bedrag toegezegd zijnde 244.175 €. De opstart van de installatie had plaats in de zomer 2000. Om een evaluatie van het project mogelijk te maken, dienen uurlijks de voornaamste parameters van de KWO- en de HVAC-installatie geregistreerd te worden. Het registreren en uitlezen van de gegevens aangaande de verschillende energiestromen (voor weergave in ms-excel, zoals aangegeven in lastenboek) heeft lange tijd op zich laten wachten door verschillende problemen. Bijkomend was de goede werking van de KWO-installatie gestoord door verschillende technische storingen. Zo was er een beschadiging van één der putten met als gevolg de indringing van regenwater en bijgevolg een kortsluiting in de sturing van enkele kranen en verder verscheidene defekten aan de omkeerbare koelmachines/warmtepompen. De goede werking van de installatie kon dan ook pas tegen de zomer 2002 gegarandeerd worden. Sinds oktober 2002 is het tevens mogelijk om de gegevens volledig en in de juiste vorm uit het registratiesysteem uit te lezen.

Het energiestromen van het KWO-systeem werden opgevolgd over een periode van drie jaar. Op basis van deze gegevens worden de technische prestaties van de technologie, de energiebesparing (en de vermindering van de CO₂-emissie) en de economische rendabiliteit bepaald.

In dit eindrapport wordt een globale evaluatie na drie jaar effectieve werking gegeven van de KWO-installatie. In hoofdstuk 2 worden de technische aspecten van de installatie verduidelijkt. In hoofdstuk 3 wordt een overzicht gegeven van de geregistreerde gegevens. In hoofdstuk 4 is een evaluatie opgenomen van deze geregistreerde gegevens, hetgeen zich vertaalt in een primaire energiebesparing en een CO₂-reductie zoals aangegeven in hoofdstuk 5. Een algemeen besluit is aangegeven in hoofdstuk 6.

2 KOUDE-WARMTEOPSLAG BIJ KLINA

De koude-warmteopslaginstallatie (KWO) bij KLINA maakt deel uit van een globaal nieuwbouwproject, het is geïntegreerd in de verwarmings- en luchtbehandelingsinstallatie van het gebouw. De KWO-installatie zorgt voor de voorverwarming (in de winter) en de koeling (in de zomer) van de ventilatielucht voor het volledige ziekenhuis (veertigtal luchtbehandelingskasten). Dit kan gerealiseerd worden door grondwaterverpompings tussen twee bronnen. Op die manier wordt winterkoude (opgenomen via de luchtbehandelingskasten) opgeslagen in een koude bron, zomerwarmte komt terecht in een warme bron. De thermische energie (warmte/koude) wordt tijdelijk (seizoenaal) in de bodem vastgehouden (thermische energieopslag in de bodem). KWO is een duurzaam alternatief voor de energieverstrijkende koudeproductie met klassieke koelmachines. De koelbatterijen van de meeste luchtbehandelingskasten (uitgezonderd operatiekwartier) zijn gedimensioneerd op 11°/21°C i.p.v. 6°/12°C voor de klassieke systemen. Dit is noodzakelijk om optimaal gebruik te maken van de koelvoordelen van het systeem.

De installatie wordt vanuit een centrale regeling bestuurd. Vanuit deze centrale regeling worden de subregelingen “opslag” en “warmtepomp” aangestuurd. Deze subregelingen bepalen de werking van het grondwatersysteem (opslag) en de aansturing van de warmtepompinstallatie. Afhankelijk van de buitentemperatuur komt het systeem in een bepaalde bedrijfstoestand.

Het systeem komt in de bedrijfstoestand “zomerseizoen” als de buitentemperatuur gedurende 30 minuten hoger is dan 14°C (instelbaar). In de zomer wordt er koude geleverd door de koudeopslag aan de koelbatterijen in de luchtgroepen. Als de gewenste aanvoertemperatuur van de koudevragers niet wordt bereikt, dan worden de koelmachines ingezet om het gekoeld watercircuit na te koelen tot de gewenste temperatuur. De condensorwarmte van de koelmachines wordt afgevoerd via het retourwater van het gekoeld watercircuit en komt uiteindelijk terecht in de warme bron. Op die manier wordt steeds nuttig gebruikt gemaakt van elke energiestroom, indien warmte of koude niet ogenblikkelijk nuttig besteed kan worden dan kan deze bewaard worden in de ondergrond. De koelmachines worden (intern) geregeld op een uittredetemperatuur uit de verdamper van 6°C.

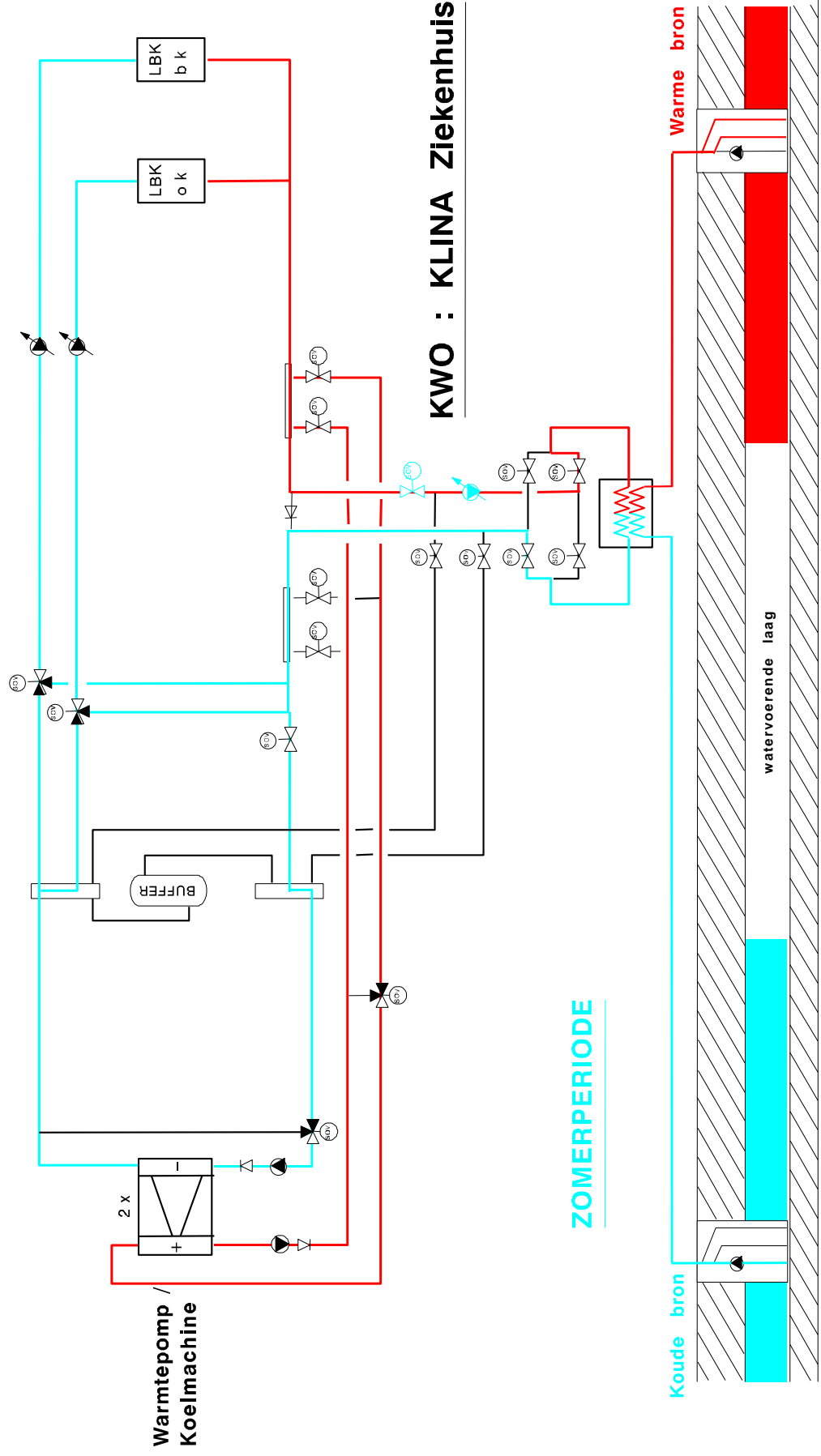
Het systeem komt in de bedrijfstoestand “tussenseizoen” als de buitentemperatuur gedurende 30 minuten hoger is dan 4°C en lager is dan 14°C. In het tussenseizoen worden de koelmachines omgekeerd ingezet (als warmtepomp) voor het leveren van warmte. Deze warmte wordt in de ‘koelbatterijen’ overgedragen aan de ventilatielucht. De koelbatterijen van de luchtgroepen fungeren dan als verwarmingsbatterijen. De temperatuur na de batterijen wordt geregeld naar 18 à 19°C. De koude die aan de verdamperszijde van de warmtepompen vrijkomt, wordt geladen in de koude bronnen van de opslag.

Het systeem komt in de bedrijfstoestand “winterseizoen” als de buitentemperatuur gedurende 30 minuten lager is dan 4°C. In het winterseizoen wordt er koude geladen met de koelbatterijen in de luchtgroepen. De koelbatterijen worden zodanig geregeld dat de uittredetemperatuur van het gekoeld water ongeveer 6°C bedraagt. Als er niet voldoende koude is geladen dan kan eventueel één van de warmtepompen ingeschakeld worden. De

koude die aan de verdamperzijde van de warmtepomp vrijkomt, wordt geladen in de koude bron van het energieopslagsysteem. Op die manier kan de thermische balans in de ondergrond gegarandeerd worden.

Zowel bij het laden als het ontladen volgt de bronpomp van de KWO-installatie de hoofdpomp van de koud watercircuit in debiet. Zo verkrijgen we steeds een 1:1 debietsverhouding over de primaire warmtewisselaar van het grondcircuit met als gevolg een gelijk temperatuursverschil primair/secundair. Als globaal resultaat zal de grondwatertemperatuur aan het eind van een koude periode (winter) in de koude bron de natuurlijke grondtemperatuur (12°C) onderschrijden (8°C mogelijk in geval van strenge winter). Anderzijds zal in de warme bron de natuurlijke grondtemperatuur aanzienlijk overschreden worden (19°C in geval van warme zomer).

De praktijk heeft ondertussen uitgewezen dat het tussengeschakelde buffervat (voor kortetermijn opslag van condensorwarmte of verdamperkoude bij warmtepomp- of koelmachinebedrijf) niet nuttig is en dat een rechtstreekse koppeling met de KWO-installatie aangewezen is. Op heden wordt het buffervat dan ook niet meer in zijn oorspronkelijke functie gebruikt en heeft het zijn nut verloren. Dit heeft echter geenszins geleid tot onefficiënte neveneffecten of storingen.



3 ENERGIEREGISTRATIE

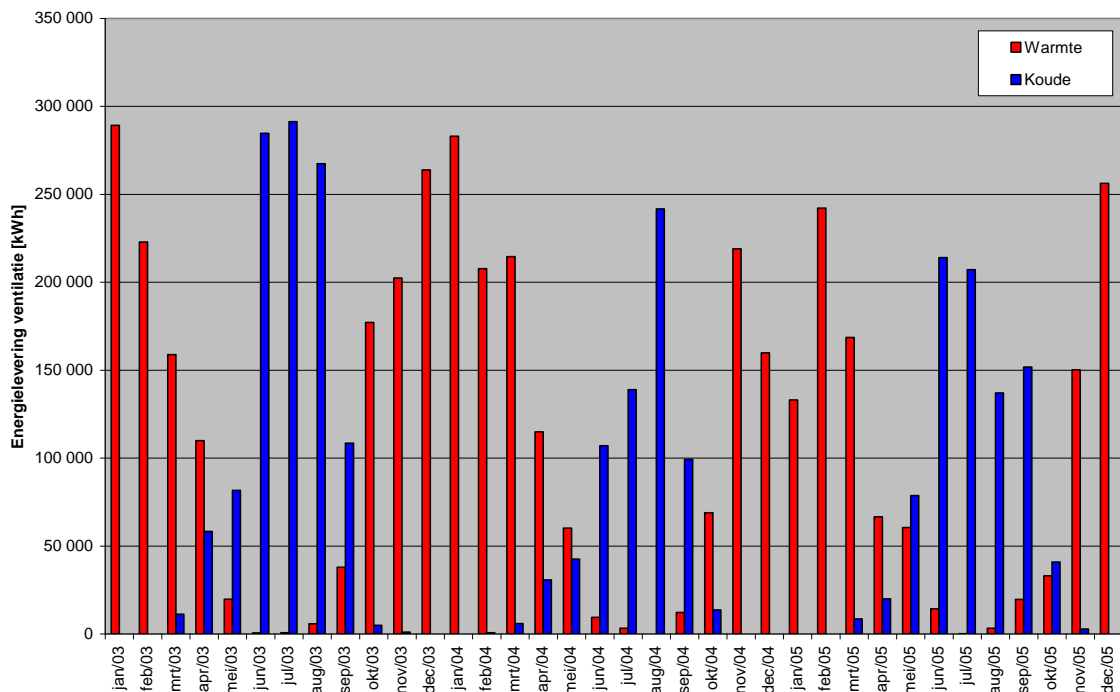
Voor de opmeting van dit demonstratieproject worden volgende werkingsparameters opgemeten :

- 1) Energieoverdracht grondwatercircuit, meting van het grondwaterdebiet en grondwatertemperatuur voor en na de grondwaterwarmtewisselaar;
- 2) Warmtelevering koelmachine/warmtepomp 1, meting van werkingstijd van de condensorpomp (vast debiet) en meting van de watertemperatuur voor en na de condensor;
- 3) Warmtelevering koelmachine/warmtepomp 2, meting van werkingstijd van de condensorpomp (vast debiet) en meting van de watertemperatuur voor en na de condensor;
- 4) Koudelevering koelmachine/warmtepomp 1, meting van werkingstijd van de verdamperspomp (vast debiet) en meting van de watertemperatuur voor en na de verdamper;
- 5) Koudelevering koelmachine/warmtepomp 2, meting van werkingstijd van de verdamperspomp (vast debiet) en meting van de watertemperatuur voor en na de verdamper;
- 6) Elektriciteitsverbruik van koelmachine/warmtepomp 1;
- 7) Elektriciteitsverbruik van koelmachine/warmtepomp 2;
- 8) Elektriciteitsverbruik van de grondwater- en circulatiepompen;
- 9) Buitentemperatuur;
- 10) Relatieve vochtigheid buitenlucht;
- 11) Energievraag (warmte / koude) ziekenhuis.

Alle metingen gebeuren op halfuurlijkse of uurlijkse basis. Voor temperaturen worden ogenblikkelijke waardes aangegeven, voor debieten/werkingstijden worden gecumuleerde waardes opgenomen. Metingen 1 ... 10 worden geregistreerd in het regel- en loggingssysteem van de koude-warmteopslaginstallatie (gebouwbeheersysteem Klina). Maandelijks worden deze gegevens door Klina verstuurd naar Vito. Het formaat van de datafiles is een excel-file. De koudevraag van het ziekenhuis wordt gemeten door afzonderlijke apparatuur (2 debietmeters en 4 temperatuursensoren), voorzien door Vito. De registratie van deze gegevens gebeurt met een datalogger. Deze registratie laat ook toe om het aandeel van de koude-warmteopslaginstallatie in de warmtevraag te meten, doordat de koelbatterijen als voorverwarmingsbatterij gebruikt worden in de winter. De totale warmtevraag van het gebouw wordt afzonderlijk geregistreerd door Klina.

4. ENERGIE-EVALUATIE

Bij de toepassing van de KWO-technologie ligt de focus op koeling. Energieverslindende compressiekoeling wordt bij deze technologie vervangen door energiezuinige koeling. Dit is mogelijk doordat grondwater van nature uit een temperatuur heeft van om en bij 12°C en dat dit grondwater relatief makkelijk kan opgehaald worden voor energie-uitwisseling. Het gebruik (geen verbruik) van grondwater voor koeldoeleinden wordt “ontladen” genoemd. Grondwater wordt dan opgepompt uit de koude bron, en na warmtewisseling wordt de gebouwwarmte in de warme bron geïnjecteerd. Het systeem wordt aanzien als een gigantische koudebuffer, vandaar de termen “laden” en “ontladen” van koude. Bij hoge buitentemperaturen en bijgevolg grote koellast nemen de koelmachines een deel van de koudelevering op zich, de condensorwarmte wordt systematisch in de warme bron gebracht. Alle thermische energie die geproduceerd wordt door de koelmachines wordt aangewend voor conditionering van het gebouw (koude) of wordt bewaard door opslag in de ondergrond (warmte). Men verkrijgt een thermische balans tussen de energievraag van het gebouw, koude en warmte geproduceerd door de koelmachines en het ondergronds opslagsysteem (KWO). Figuur 4.1 geeft een overzicht van de geleverde energie door het innovatief verwarmings- en koelsysteem, hetgeen zich volledig richt op de ventilatie-inrichting van het hospitaal. Het statische verwarmingsstelsel, bestaande uit radiatoren, is niet gekoppeld met deze installatie en wordt bijgevolg op klassieke wijze voorzien via CV-ketels.

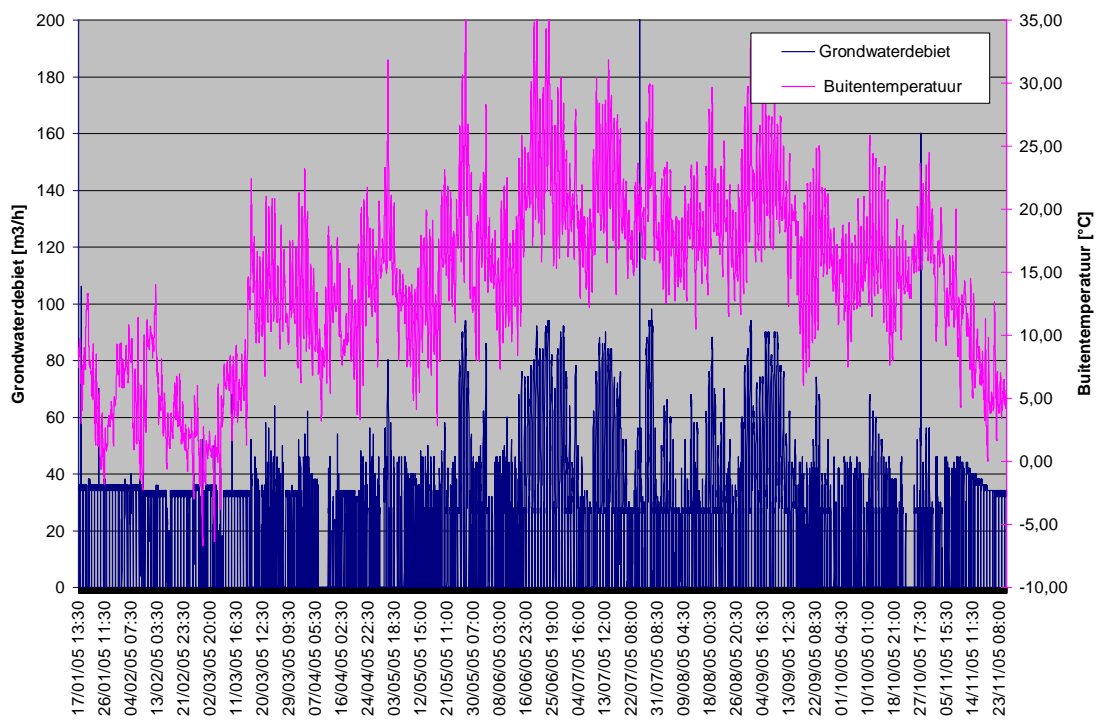


Figuur 4.1 : Warmte- en koudelevering aan luchtbehandelingskasten 2003-2004-2005

4.1 Grondwatersysteem

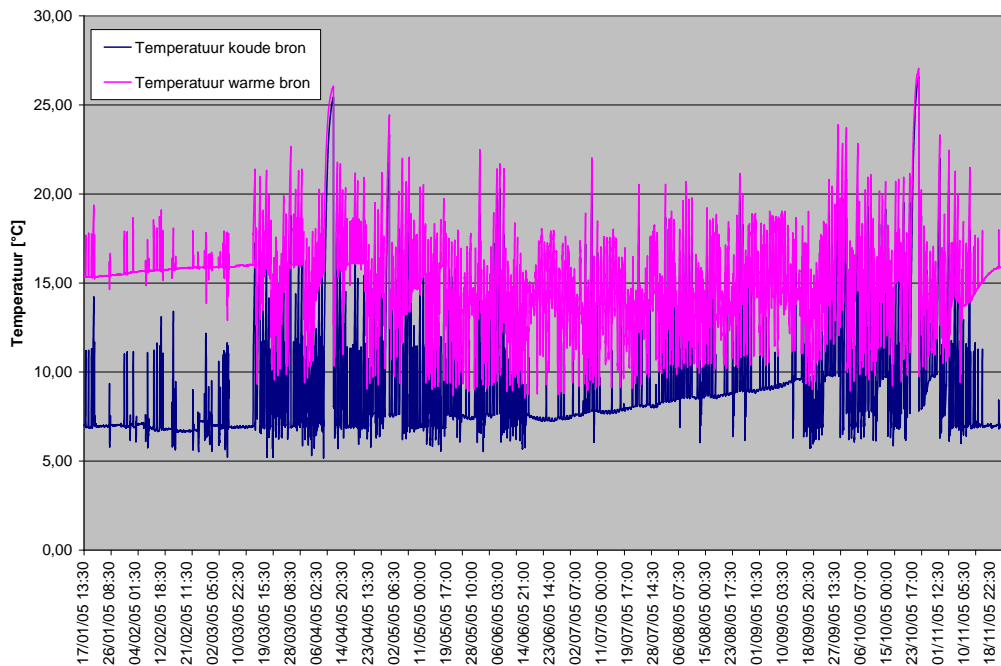
Het primair circuit van het koude-warmteopslagsysteem (grondwatercircuit) volgt nauwgezet de koudevraag van het gebouwcircuit. Er is dan ook duidelijk een verband te zien tussen de buitentemperatuur en het grondwaterdebiet. Figuur 4.5 geeft een overzicht van beide parameters.

Door de vele draaiuren in de winter is het voldoende om op laag debiet (typisch 35 m³/h) koude te laden in de koude bron. Dit wordt gerealiseerd door het voorverwarmen van de koude buitenlucht, nodig voor verse-luchttoevoer in het ziekenhuis. In de zomerperiode daarentegen zal het debiet in functie van de buitentemperatuur opgedreven worden. Bij buitentemperaturen boven 22°C zal het grondwaterdebiet nagenoeg 100 m³/h bedragen met verlagingen tot 85, 60 en 35 m³/h bij respectievelijk lagere temperaturen.



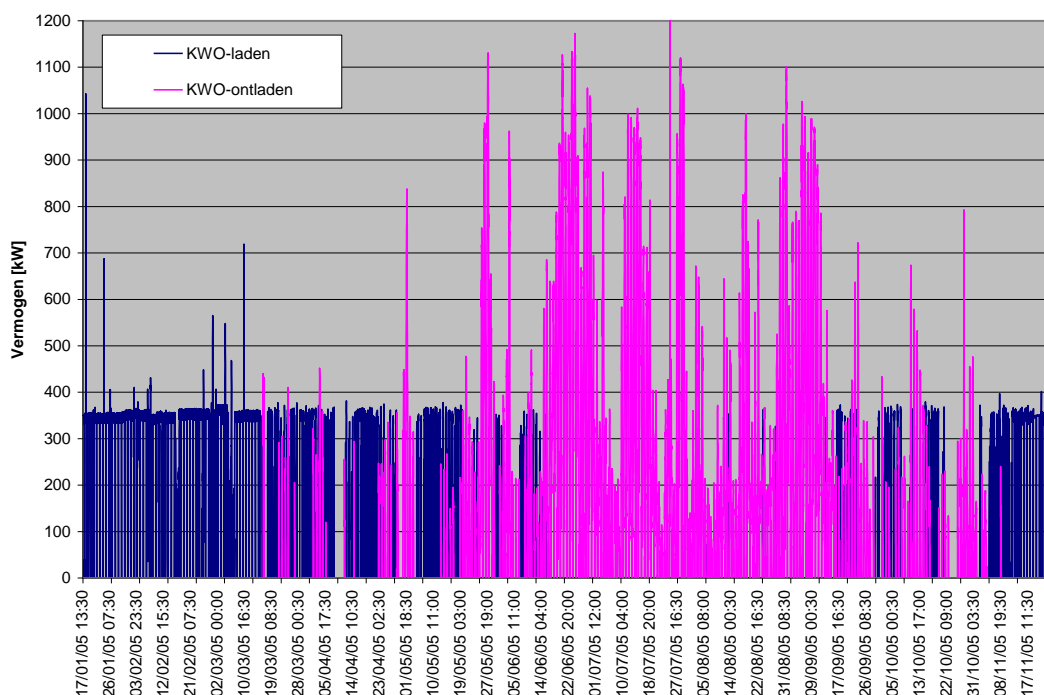
Figuur 4.5 : verband buitentemperatuur – grondwaterdebiet Klina (jaar 2005)

In figuur 4.6 worden de grondwatertemperaturen voorgesteld voor 2005 (januari tot november). De eigenlijke brontemperaturen zijn het best zichtbaar tijdens de winter-en zomerperiodes. Zo is duidelijk zichtbaar dat de koude brontemperatuur tijdens de zomerperiode langzaam maar zeker stijgt van ruim 7°C in juni tot bijna 10°C in september. Dit geeft tevens duidelijk aan dat aan het einde van de zomer het grondwatersysteem nog steeds operationeel is en koude aanreikt onder de natuurlijke grondtemperatuur (zijnde 12°C). Voor de winterperiode kan afgeleid worden dat warmte onttrokken wordt aan $\pm 16^\circ\text{C}$ uit de warme bron om aan 7°C geïnjecteerd te worden in de koude bron.



Figuur 4.6 : Temperaturen grondwatersysteem

De energielevering door het KWO-systeem (ontlading van de koude bron enerzijds en laden van de koude bron anderzijds) wordt voorgesteld in figuur 4.7. Het systeem levert een vermogen tussen 200 kW en 1 MW. Hierbij is uiteraard een duidelijk verband te leggen met het grondwaterdebiet uit figuur 4.5. In de winterperiode is er een eerder constante vermogenlevering aan gemiddeld 350 kW (warmte leveren aan gebouw of koude laden van koude bron). In de zomerperiode zal het geleverde vermogen veel sterker fluctueren in functie van de thermische belasting van het gebouw.



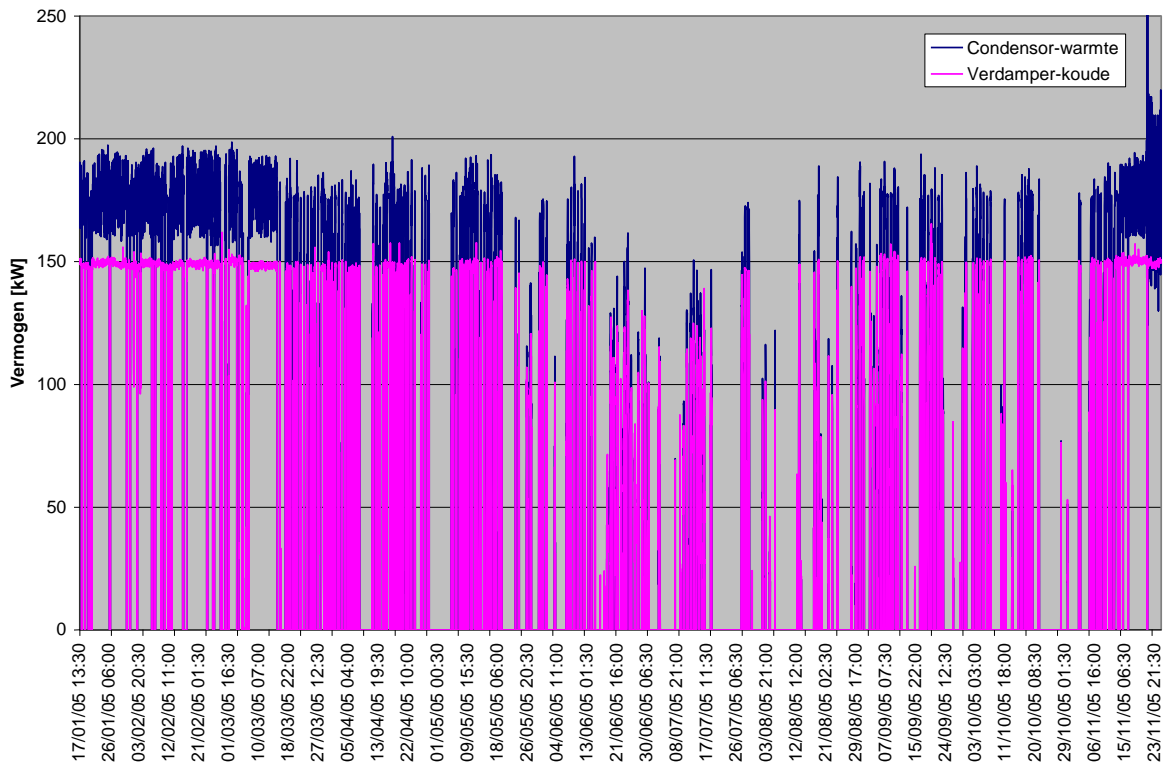
Figuur 4.7 : Thermische energie-overdracht naar grondwatersysteem

Uit figuur 4.1 kan het evenwicht tussen de onttrokken en geïnjecteerde energiehoeveelheden van warme en koude bron over de periode van de metingen. Het grondwatersysteem heeft 6,66 TJ koude geleverd versus 8,71 TJ warmte, er is een onbalans van ongeveer 24% tussen warmte en koude over de ganse meetperiode. Dit is echter vooral te wijten aan de weinig optimale situatie bij het begin van de meetperiode. Indien het laatste bedrijfsjaar beschouwd wordt, is duidelijk zichtbaar dat de balans beter in evenwicht is. Over die periode is er 3,49 TJ koude geladen versus 3,12 TJ koude ontladen (nog 10% verschil). Er wordt vastgesteld dat er jaarlijks meer koude geladen dan ontladen wordt, op die manier is er steeds een veilige toestand om te kunnen blijven garanderen dat er voldoende koude beschikbaar zal zijn (koeling met KWO is het meest efficiënt, vandaar de focus op koeling). Uiteraard kunnen er bij stijgende onbalans problemen ontstaan bij de onttrekking van warmte uit de warme bron bij warmtepompbedrijf tijdens het stookseizoen. Dit dient verder opgevolgd te worden, waarbij steeds een lange-termijn evenwicht nagestreefd dient te worden.

Het elektriciteitsverbruik van het KWO-systeem is eveneens opgemeten. Over de totale meetperiode van drie jaar was er een elektriciteitsverbruik door de bronpompen van 114,5 MWh (69,75 MWh voor pompen van warme naar koude bron = laden ; 44,75 voor pompen van koude naar warme bron = ontladen). Ervan uit gaand dat alle warmte en koude door de KWO opgenomen of afgegeven nuttig besteed wordt, dan kan gesteld worden dat warmtelevering geschiedt aan $SPF = 33$ en koudelevering met een koudefactor $KF = 42$. Indien gesteld wordt dat enkel de direct geleverde warmte en koude gerekend mag worden, dan bekomt men $SPF = 8$ en de $KF = 31$. De correcte waardes liggen echter tussen beide grenzen, het is echter niet mogelijk deze exact te bepalen doordat directe en indirecte energielevering vaak samen gebeuren en zodoende niet gescheiden kunnen worden. Doordat koude- en warmtelevering van KWO en warmtepompen zo met elkaar verweven zijn, is het echter duidelijker om een totaalbeeld te geven omtrent de prestaties van warmte- en koudelevering. Dit is aangegeven in hoofdstuk 5.

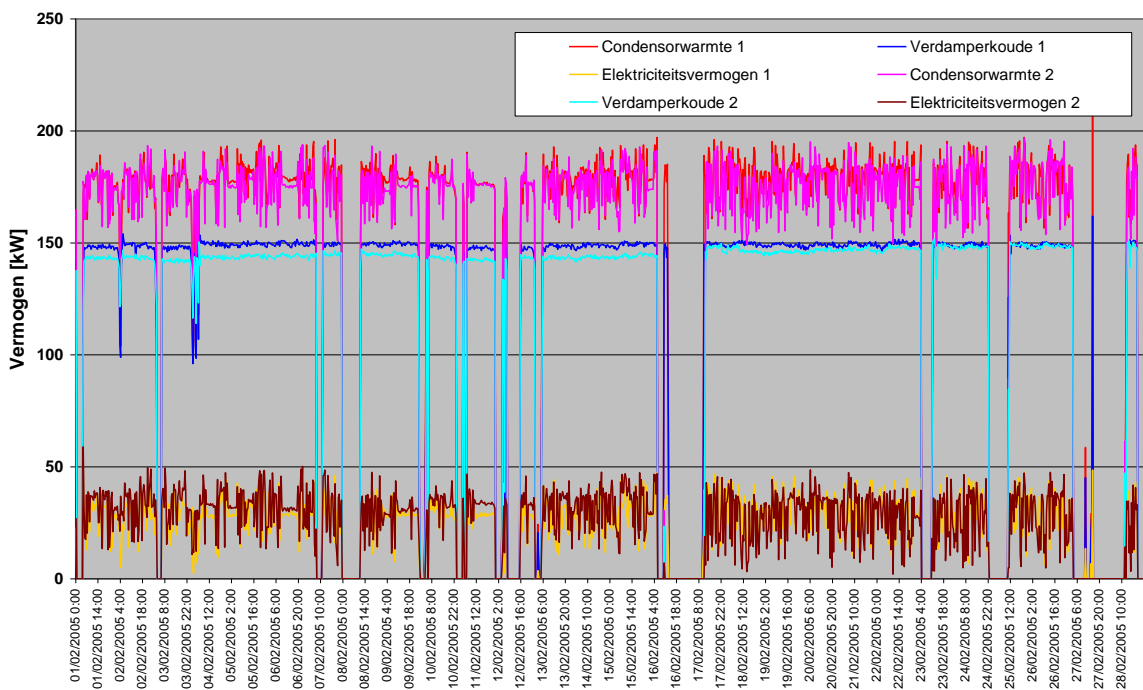
4.2 Koelmachines/warmtepompen

De omkeerbare warmtepomp heeft een belangrijke bijdrage tot de globale energiebesparing van de installatie. Enerzijds zal het toestel aan hoog rendement warmte leveren aan het gebouw (vooral in het tussenseizoen bij mildere buitentemperaturen). Anderzijds draagt het systeem bij als koelmachine om bij vraag voldoende lage temperaturen te kunnen genereren. Een overzicht van de werking van omkeerbare warmtepomp 1 in 2005 is gegeven in figuur 4.8.



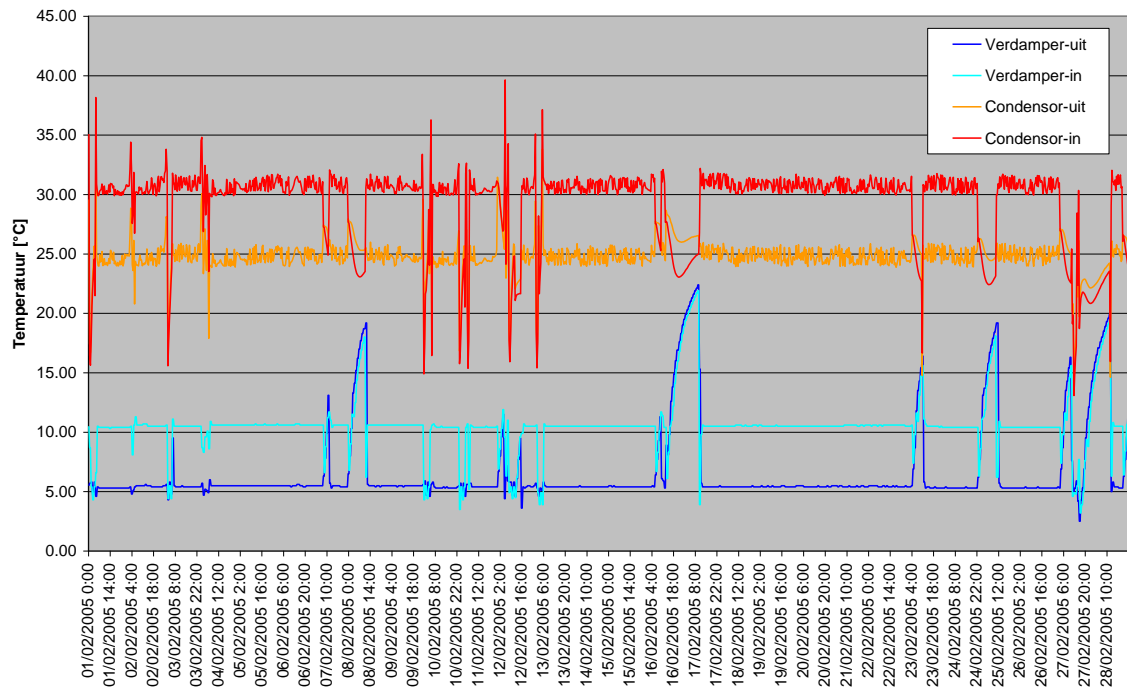
Figuur 4.8 : Condensator- en verdampervermogens [kW] voor omkeerbare warmtepomp 1

Een detailoverzicht van de geleverde en opgenomen vermogens van beide warmtepompen tijdens februari 2005 is weergegeven op figuur 4.9



Figuur 4.9 : Geleverde en opgenomen vermogens voor beide warmtepompen (02/2005)

Hieruit blijkt dat de warmtepompen gemiddeld 180 kW warmte leveren met een elektrische energie-input van gemiddeld 30 kW. Dit leidt tot hoge COP-waardes en warmtelevering met een zeer hoge efficiëntie. Deze hoge waardes zijn te wijten aan de relatief kleine temperatuursprong tussen de onttrokken warmte uit de warme bron (verdampertemperaturen 11/6) en de afgegeven warmte (condensortemperaturen 31/24), zie tevens figuur 4.10.



Figuur 4.10 : Verdamper- en condensortemperaturen warmtepomp 1 (02/2005)

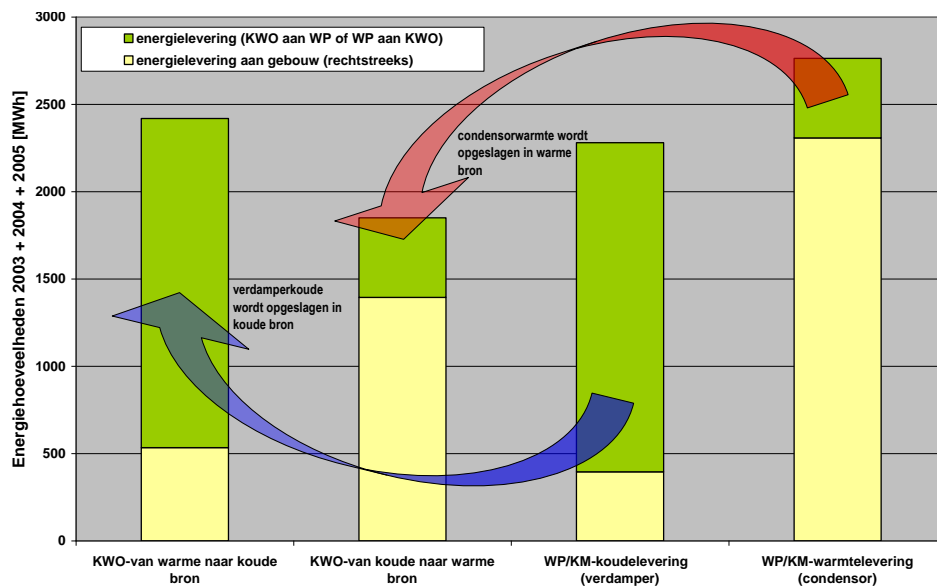
De prestaties van de tweede warmtepomp zijn analoog, de geleverde energiehoeveelheden alsmede de aangereikte temperaturen zijn aan elkaar gewaagd.

Condensor 1 leverde 1,43 GWh versus 1.39 GWh voor condensor 2, verdamper 1 leverde overeenkomstig 1,19 GWh versus 1,11 voor verdamper 2. Dit betekent dat zowel warmte als koude aangereikt werden aan een zeer hoog rendement met behulp van deze toestellen. Warmtepomp 1 bereikt een prestatiecoëfficiënt $COP = 6,2$ (verhouding condensorwarmte versus elektrisch verbruik), warmtepomp 2 haalt $COP = 5,8$. Dit zijn zeer hoge waardes die impliceren dat de werkingsomstandigheden voor zowel koelmachine- als warmtepompbedrijf zeer gunstig liggen en dat bijgevolg warmte én koude worden aangeboden aan een rendement dat ruimschoots boven het gemiddelde ligt. Dit is mogelijk doordat enerzijds het bronsysteem (KWO) op relatief hoge temperatuur en anderzijds het afgiftesysteem op relatief lage temperatuur werkt.

4.3 Thermische balans

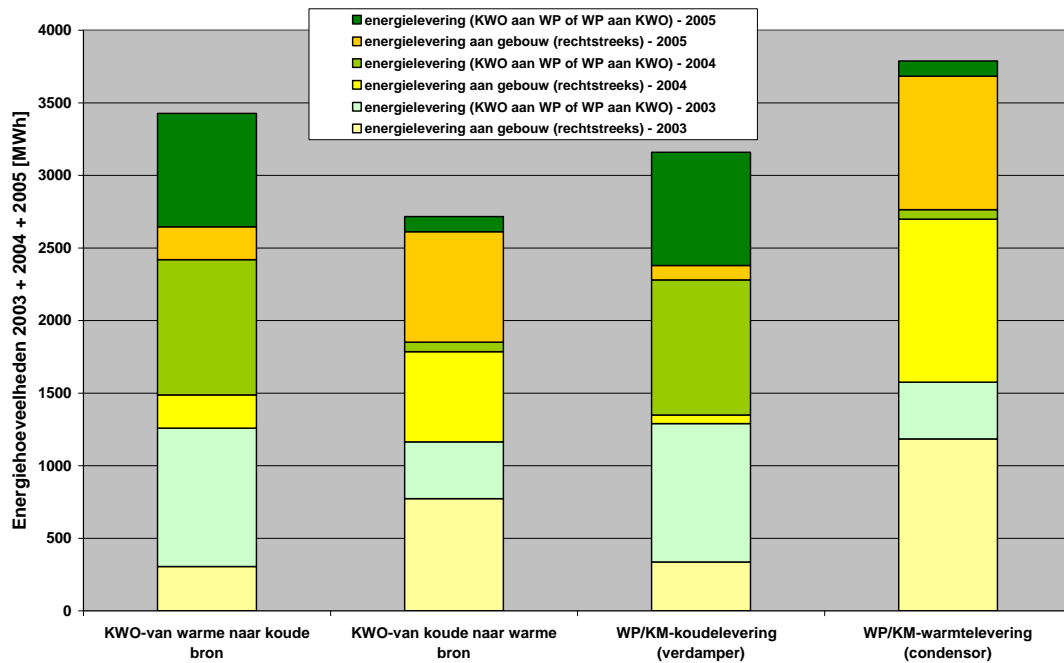
Alle energiestromen van warmtepompen, koelmachines of het grondwatersysteem komen steeds nuttig terecht. Er is een thermische balans tussen deze verschillende energieleveranciers en de energievraag van het gebouw.

Figuur 4.1 geeft een beeld van de energielevering van de KWO-installatie en de warmtepomp over de ganse meetperiode. Het grootste deel (75%) van de KWO-koudeproductie wordt rechtstreeks aangewend voor de koeling van het gebouw. De overige 25% wordt gebruikt voor koeling van de condensor van de koelmachine tijdens zomersituatie. Deze komt dan in bedrijf voor het aanleveren van koude op lage temperatuur (voor ontvochtigingstoepassingen). Analoog levert de KWO warmte, het aandeel rechtstreekse warmtelevering aan het gebouw is beperkt (22%). Meestal zal de KWO warmte leveren aan de verdamper van de warmtepomp bij warmtevraag. Op die manier wordt er zeer efficiënt warmte geleverd aan het gebouw en wordt de koude bron geladen met koude.



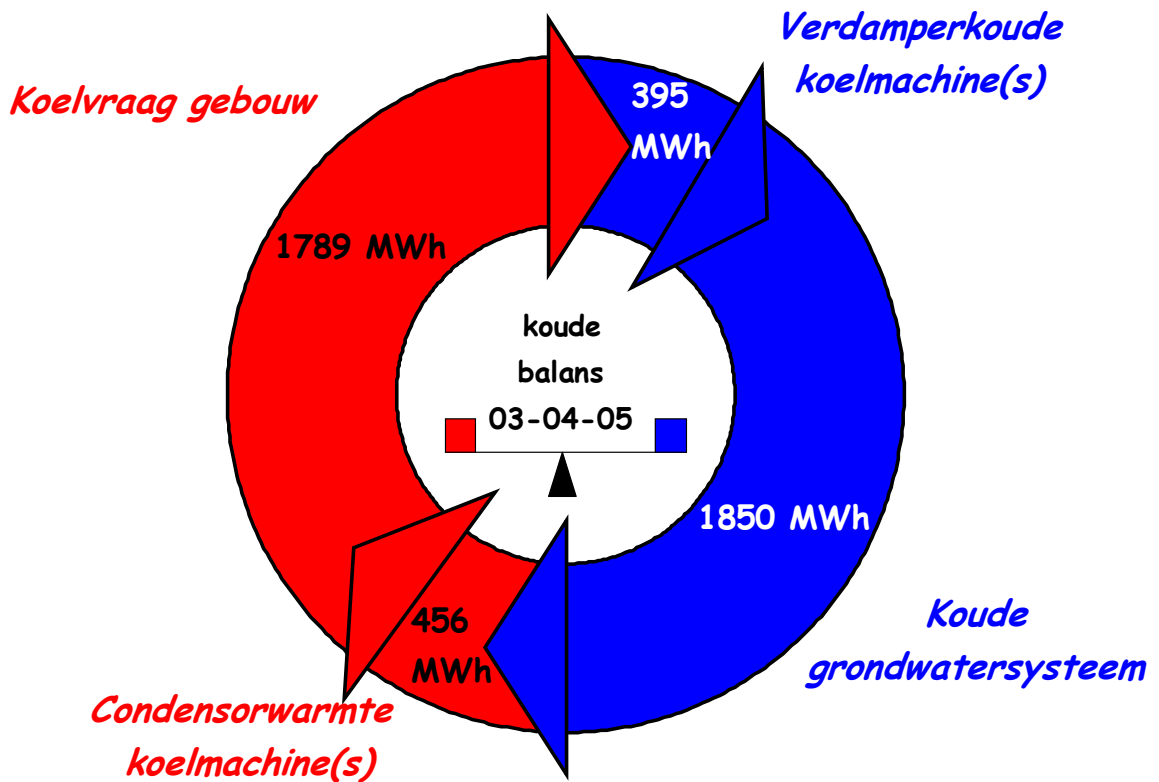
Figuur 4.1 : energielevering over drie jaar

Het grondwatersysteem is over de ganse meetperiode niet volledig in balans, uit de koude bron werd 1850 MWh koude onttrokken tegenover 2419 MWh warmte uit de warme bron (24% verschil). In figuur 4.2 wordt een overzicht per jaar getoond, hierin is duidelijk dat er vooral 2004 een onbalans was. In dat jaar was er minder koudelevering (686 MWh) ten opzichte van warmtelevering (1161 MWh). Doordat de voornaamste besparingen met deze technologie gehaald worden op koeling, kunnen we echter stellen dat er een koudeoverschot is in de koude bron zodat er tijdens de warmere zomerperiodes zeker voldoende koelcapaciteit voorhanden blijft.

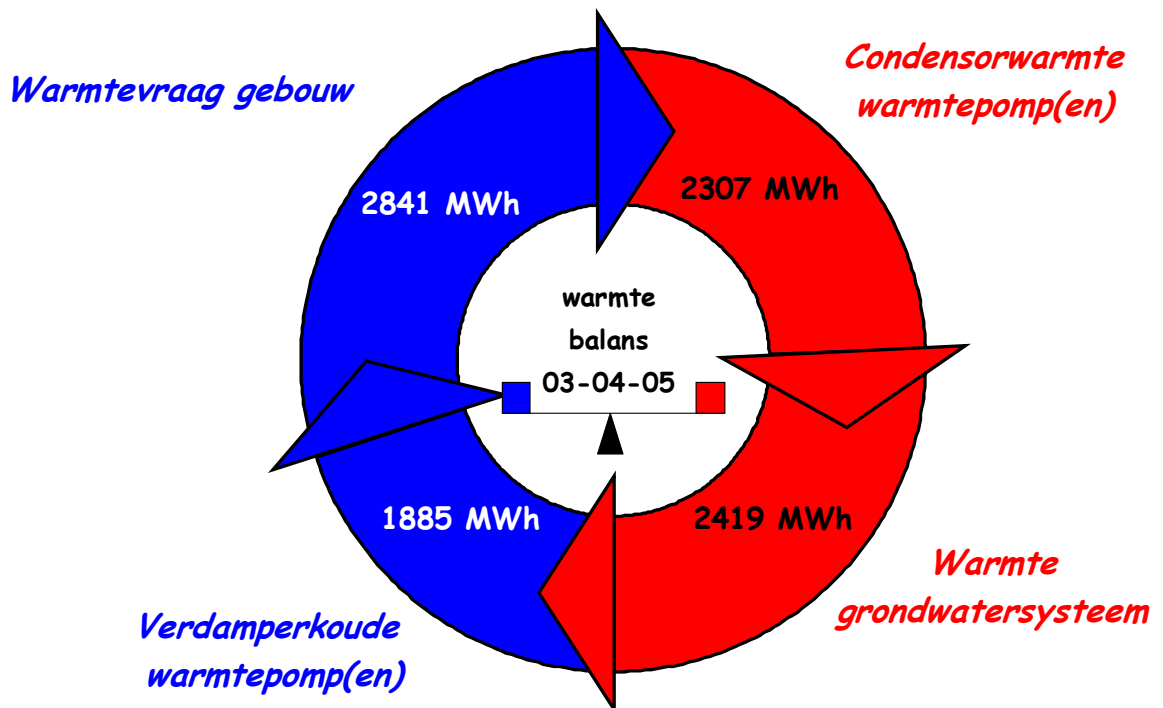


Figuur 4.2 : energielevering per jaar

Figuren 4.3 en 4.4 tonen de thermische balans voor koeling en verwarming tussen de energievrag(er) (de kliniek), de warmtepompen (tijdens de zomerperiode acterend als koelmachine) en de KWO-installatie. Deze figuur toont dat er geen enkele energiestroom verloren gaat in dit installatieconcept. In de zomer (figuur 4.3) wordt oververhitting van het gebouw vermeden door koudelevering door de KWO-installatie, bijkomend ondersteund door de koelmachines. De onvermijdelijke condensorwarmte wordt eveneens opgenomen in het bronnensysteem. In de winter (figuur 4.4) wordt afkoeling van het gebouw vermeden door warmtelevering door de warmtepompen, ondersteund door warmte uit de warme bron. Het warmte-aanbod, voor de verdamp(er) van de warmtepomp gebeurt eveneens door de warme bron.



Figuur 4.3 : Koudebalans KWO en Koelmachines (2003-2004-2005)



Figuur 4.4 : Warmtebalans KWO en warmtepompen (2003-2004-2005)

5 PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN CO₂-REDUCTIE

Om de primaire energiebesparing te kunnen bepalen is het nodig om de KWO-installatie te vergelijken met een referentie-installatie. Hiervoor wordt vergeleken met een klassieke watergekoelde koelmachine een KF van 3,5 en een HR+-gasketel met een jaarrendement van 85%. Voor de omrekening naar primaire energie wordt gerekend met een rendement van 44 % voor een elektriciteitscentrale. Voor de bepaling van de CO₂-emissie wordt uitgegaan van een uitstoot van 624 g CO₂ per kWh_e en 55 g CO₂ per MJ_t. Onderstaande tabel geeft een totaal-overzicht na drie jaar werking. Het is belangrijk aan te geven dat de innovatieve KWO-installatie enkel instaat voor energietoevoer aan de luchtbehandelingsinstallatie. Het aanreiken van de koude in het ziekenhuis gebeurt echter wel hoofdzakelijk via deze installatie. Onderstaande tabel geeft dan ook enkel een overzicht van deze installatie in vergelijking met een referentie-installatie.

	KWO + KM/WP (installatie Klina)	Gasketel + KM (referentie-installatie)
Elektriciteitsverbruik	579 MWh _e	511 MWh _e
Gasverbruik	0 MWh _t	3342 MWh _t
Primair energieverbruik	2084 GJ	13873 GJ
Reductie primaire energie	- 11789 GJ	
Reductie primaire energie	- 85 %	
CO₂-uitstoot	361 ton	981 ton
CO₂-reductie	- 620 ton	
Besparing	- 63 %	

Door toepassing van de KWO-techniek werd de CO₂-productie met 620 ton verminderd over de voorbije drie jaar. Het gasverbruik voor de luchtbehandelingsinstallatie valt volledig weg en wordt vervangen door elektriciteitsverbruik van de bronpompen en de warmtepomp. Doordat de warmtepomp zeer efficiënt warmte levert en de bronpompen nog veel efficiënte koude, blijft het totale elektriciteitsverbruik van dezelfde grootte-orde als bij de referentie-installatie. Er is een totale **primaire energiebesparing van 85 %** op de koudelevering en warmtelevering voor ventilatie samen en een **CO₂-reductie van 63 %**.

Op jaarbasis staat deze installatie gemiddeld in voor een reductie van primaire energie met ongeveer 3930 GJ en een vermindering van de CO₂-uitstoot met ongeveer 207 ton.

Als de ganse energie-installatie voor verwarming, koeling en ventilatie van het hospitaal beschouwd wordt (excl. sanitair warm water), dan zal de totale **primaire energiebesparing van 44 %** bedragen en de **CO₂-reductie van 37 %**.

Deze innovatieve installatie levert warmte aan een globale SPF van 5,5 (verwarming) en een globale KF van 14,8 (koeling).

6 BESLUIT

Het toepassen van de koude-warmteopslagtechniek (KWO) in combinatie met een omkeerbare warmtepomp bij KLINA leidt tot volgende besluiten na drie jaar werking (01/2003 tem 12/2006) :

- Over de ganse periode was er een totale koelvraag van 1789 MWh en een totale warmtevraag (van het ventilatiesysteem) van 2841 MWh voor het gebouw;
- In totaal werd 247.000 m³ grondwater verplaatst van de koude naar de warme bron (ontladen), hiermee werd 78 % van de koelvraag gedekt door het KWO-systeem;
- In totaal werd 220.000 m³ grondwater verplaatst van de warme naar de koude bron (laden), hiermee werd 19 % van de warmtevraag (van de luchtgroepen) gedekt door het KWO-systeem;
- Toepassing van KWO gaf een totale jaarlijkse reductie van het primair energieverbruik met 3930 GJ (voor totale koeling van het ziekenhuis én verwarming van ventilatielucht);
- Vertaald naar de CO₂-uitstoot betekent dit een reductie met 207 ton per jaar;
- Globaal betekent dit een besparing van 85 % op het primair energieverbruik voor luchtbehandeling en 63 % op CO₂-emissie;
- Op het totale energieplaatje voor verwarming en koeling van het ganse ziekenhuis betekent dit een primaire energiebesparing van 44 % en een CO₂-reductie van 37 %;
- Deze innovatieve installatie (koude-warmteopslag + omkeerbare warmtepompen) levert warmte aan een globale SPF van 5,5 (verwarming) en een globale KF van 14,8 (koeling) voor de energievoorziening van het luchtbehandelingsysteem.

Na een moeilijke start in de periode 1999 – 2002, heeft de KWO-installatie bij KLINA te Brasschaat vanaf eind 2002 de verwachtingen aangaande de realisatie van een belangrijke hoeveelheid energiebesparing uiteindelijk toch kunnen realiseren. De installatie biedt het grootste deel van de koude aan met een zeer hoog rendement. De combinatie met een omkeerbare warmtepomp zorgt ervoor dat er steeds voldoende koude kan geladen worden in de koudere periodes en dat ook het aanbod van verwarmingsenergie geschiedt aan zeer hoog rendement (COP tussen 5 en 6). De KWO-technologie staat dan ook in voor een aanzienlijke besparing op het aanbieden van koude én warmte bij KLINA en hebben alzo een belangrijke gunstige invloed op de totale energiefactuur.