

Laagtemperatuur verwarming en hoogtemperatuur koeling

Onderzoek naar concepten voor appartementen



In opdracht van:

Hogeschool Utrecht
Faculteit: natuur en techniek
Hogere Installatie Techniek

Onder begeleiding van:

De heer Ing. P. Centen
(Nathan Import/Export B.V.)

De heer Ir. H van Tienhoven (HU)

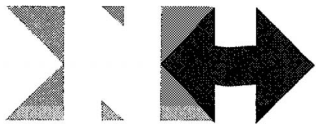
Afstudeerbedrijf:

Nathan Import/Export B.V.
te Duiven.

Student:

Jurgen Megens
1151035

Juni 2006



Voorwoord

In het laatste semester van de opleiding Hogere Installatie Techniek, aan de Hogeschool Utrecht, wordt er afgestudeerd. Het is hierbij de bedoeling dat de student de eerder opgedane kennis en ervaringen toepast in een projectopdracht. Deze projectopdracht dient in ongeveer 80 werkdagen te worden uitgevoerd bij een bedrijf.

Mijn interesse ging uit naar een innovatief project met duurzame energie. Bij Nathan Import/Export B.V. kreeg ik de mogelijkheid om aan een project te werken waar mijn interesses liggen,

Nathan Import/Export B.V. is een moderne en dynamische organisatie die meerdere fabrieksvertegenwoordigingen heeft van toonaangevende Europese producten in de verwarmings- en installatiebranche in de Benelux. Nathan Import/Export B.V. onderhoudt contacten met afnemers waarbij het vooral gaat om groothandelaren in cv-apparatuur, woningbouwverenigingen, adviesbureaus en installatiebedrijven.

In het rapport dat voor u ligt wordt ingegaan op de verschillende mogelijkheden om appartementen te verwarmen en koelen. U moet hierbij denken aan vloerverwarming, vloerkoeling, betonactivering en verwarmen en koelen met ventilator convectoren. Kenmerk van dit soort: verwarming en koeling is het toepassen van lage (verwarming) en hoge (koeling) temperaturen.

Tijdens het maken van dit rapport heb ik dankbaar gebruik gemaakt van de kennis van het personeel van Nathan Import/Export B.V. Hiervoor wil ik ze hartelijk danken. Mijn speciale dank gaat uit naar de heren Peter Centen en Dirk Staring en mevrouw Alice Gijsbers die mij begeleid cq. ondersteund hebben tijdens mijn gehele afstudeerperiode.

Tevens gaat mijn dank uit naar mijn begeleidend docent de heer van Tienhoven van de Hogeschool Utrecht.

Door deze personen kan ik terugkijken op een leuke en leerzame afstudeerperiode.

Jurgen Megens

Duiven, 16 mei 2006



Samenvatting

Vanuit de bouw-, advies-, en installatiebranche is er een toenemende vraag naar concepten voor laagtemperatuurverwarming en hoogtemperatuurkoeling in appartementen ontstaan. Naar aanleiding van deze vraag is dit rapport geschreven.

Dit rapport is geschreven in opdracht van Nathan Import/Export B.V. welke fabrieksagent/importeur is van producten voor de verwarmings- en installatiebranche.

In het rapport zijn vijf verschillende systemen behandeld:

1. 2-pijps systeem
2. 3-pijps systeem
3. 4-pijps systeem
4. VKW systeem
5. Individueel warmtepomp systeem

Bij deelonderzoek 1 t/m 4 wordt het verwarmings- en koelwater centraal in de technische ruimte opgewekt. Voor de opwekking kan worden gekozen voor een bivalent (warmtepomp en cv-ketel) of monovalent (warmtepomp of cv-ketel en koelmachine) opwekkingssysteem. Bij deze systemen kan ook warmteopwekking door middel van zonne-energie worden toegepast. Deze warmte kan worden gebruikt voor het verwarmen van verwarmingswater en tapwater. Verder kan de verkregen warmte worden gebruikt voor het teruggeven van warmte aan het grondwater. Deze warmte wordt door warmtepompen onttrokken.

De bereiding van warm tapwater zal bij deelonderzoek 1 t/m 3 centraal gebeuren, hier is een warm water circulatieleiding en een legionella beheersplan nodig. Bij deelonderzoek 4 en 5 zal het tapwater in de woning worden verwarmd., hier is geen warm water circulatieleiding en een legionella beheersplan nodig.

Het GIW (garantie instituut woningbouw) stelt vanaf 1 januari 2007 een aantal eisen aan het verwarmen van woningen. Deze eisen hebben invloed op de systemen in de woningen.

In de appartementwoningen kan er worden verwarmd en gekoeld door middel van de vloer en ventilator convectoren. Met betonactivering kan er in de woning worden gekoeld. De temperatuur in de woningen kan per vertrek worden geregeld. De aanvoertemperatuur van de verdeler wordt centraal of in de woning bepaald.

De keuze van het opwekkingssysteem heeft grote invloed op de EPC van het appartement. Deze is op 1 januari 2006 van 1 naar 0,8 gegaan. Bij toepassing van een warmtepomp wordt de EPC van 0,8 gehaald. Wordt er een monovalent systeem met een cv-ketel en koelmachine toegepast, wordt de gewenste EPC niet gehaald, en zal er op een andere manier energie moeten worden bespaard.

Bij elk deelonderzoek is een conclusie geschreven. In de hoofdconclusie zijn al deze conclusies met elkaar vergeleken. De aanbeveling is geschreven voor de bewoners en de opdrachtgever van het appartement.



Inhoudsopgave

Voorwoord	1
Samenvatting	2
1. Inleiding	5
2. Beschrijving van de gevolgde werkwijze	6
3. Algemene uitleg opwekkingsapparaten	7
3.1 Inleiding.....	7
3.2 Warmtepomp.....	8
3.3 Combi-warmtepomp.....	9
3.4 Cv-ketel.....	10
3.5 Koelmachine.....	10
3.6 Zonnecollector.....	10
3.7 VKW-unit.....	11
4. Verwarmen/koelen in een appartement	13
4.1 Inleiding.....	13
4.2 Vloerverwarming.....	14
4.3 Vloerverwarming/koeling.....	16
4.4 Betonactivering.....	17
4.5 Verwarmen/koelen d.m.v. ventilator convectoren.....	18
4.6 Weersafhankelijk regelen.....	19
5. Deelonderzoek 1: 2-pijps systeem	20
5.1 Inleiding.....	20
5.2 Uitleg 2-pijps systeem.....	20
5.3 Bivalent opwekkingssysteem.....	21
5.4 Monovalent opwekkingssysteem.....	24
5.5 Regeling verwarmen/koelen per appartement.....	29
5.6 Conclusie deelonderzoek 1.....	31
6. Deelonderzoek 2: 3-pijps systeem	32
6.1 Inleiding.....	32
6.2 Uitleg 3-pijps systeem.....	32
6.3 Bivalent opwekkingssysteem.....	33
6.4 Monovalent opwekkingssysteem.....	36
6.5 Regeling verwarmen/koelen per appartement.....	41
6.6 Conclusie deelonderzoek 2.....	43
7. Deelonderzoek 3: 4-pijps systeem	44
7.1 Inleiding.....	44
7.2 Uitleg 4-pijps systeem.....	44
7.3 Bivalent opwekkingssysteem.....	45
7.4 Monovalent opwekkingssysteem.....	48
7.5 Regeling verwarmen/koelen per appartement.....	53
7.6 Conclusie deelonderzoek 3.....	55



8. Deelonderzoek 4: VKW systeem	56
8.1 Inleiding	56
8.2 Opwekking VKW systeem	56
8.3 Bivalent opwekkingssysteem	57
8.4 Monovalent opwekkingssysteem	60
8.5 Regeling verwarmen/koelen per appartement	65
8.6 Conclusie deelonderzoek 4	67
9. Deelonderzoek 5: Individueel warmtepompsysteem	68
9.1 Inleiding	68
9.2 Individueel opwekking met een combi-warmtepomp	68
9.3 Regeling verwarmen/koelen per appartement	69
9.4 Conclusie deelonderzoek 5	71
10. EPC van sen appartement	72
10.1 Inleiding	72
10.2 Systeem invloed op EPC	72
11. Hoofdconclusie en aanbevelingen	73
11.1 Inleiding	73
11.2 Hoofdconclusie	73
11.3 Aanbeveling	75
12. Bronvermelding	81
Verklarende woordenlijst	82
Bijlagen (apart bijgevoegd)	83



1. Inleiding

Marktbewegingen in de bouw- en installatiebranche zorgen voor toenemende interesse in laagtemperatuurverwarming en hoogtemperatuurkoeling in de Nederlandse nieuwbouw van appartementen.

Met name de introductie van de NEN 5128-2004 en bijbehorende NPR 5129 computerprogramma spelen hierin een leidende rol met als leidraad de EPC welke per 1 januari 2006 definitief van 1 naar 0,8 is gegaan.

Door deze EPC verlaging van 1,0 naar 0,8 zullen warmtepompen en warmtepompconcepten in combinatie met LTV-vloerverwarming en zogenaamde passieve koeling een hoofdrol gaan spelen in nieuw te realiseren woning- en appartementenbouw concepten.

Door de nieuws publicatie (Installatie-eisen nieuwbouw eengezinswoningen en appartementen) van de GIW/ISSO zullen er een aantal (nieuwe) eisen aan de nieuwbouw van appartementen worden gesteld. Deze eisen zullen op 1 januari 2007 ingaan.

Nathan Import/Export B.V. is fabrieksagent in de Benelux van producten in de verwarmings- en installatiebranche. Vanuit de bouw-, advies-, en installatiebranche is een informatievraag ontstaan naar nieuwe installatieconcepten voor appartementen.

Voor Nathan Import/Export B.V. zijn de mogelijkheden voor het verwarmen en koelen van appartementen onderzocht. Uit het onderzoek zijn een vijftal systemen uitgekomen. Deze systemen zullen in dit rapport apart van elkaar worden uitgelegd en zullen uiteen lopen van eenvoudig tot uitgebreid.



2. Beschrijving van de gevolgde werkwijze

Voor het verwarmen en koelen, met laagtemperatuur verwarming en hoogtemperatuur koeling, van een appartement zijn er een aantal afgifternogelijkheden. Er kan worden verwarmd en gekoeld door middel van de vloer, het plafond en door ventilator convectoren.

Voordat er in een appartement kan worden verwarmd en gekoeld zal er eerst warm en koel water moeten worden opgewekt. Voor die opwekking zijn er een aantal mogelijkheden.

In dit rapport wordt ingegaan op de opwekking door middel van een 2-pijps-, 3-pijps-, en 4-pijps systeem. Voor het verwarmen van water kan gebruik worden gemaakt van een warmtepomp of cv-ketel. Het koelen van water kan met de bron die de warmtepomp voed, of met een koelmachine.

De bereiding van warm tapwater dient bij deze verschillende systemen collectief te worden gedaan. Hier wordt in dit rapport niet verder op in gegaan. Er is echter wel een mogelijkheid om warm tapwater per appartement (individueel) te bereiden. Dit kan met een combi-warmtepomp en met, de door Nathan Import/Export B.V. ontwikkelde, VKW unit (deze afkorting staat voor Verwarmen Koelen en Warm tapwater). Dit komt in deelonderzoek 4 en 5 aan bod.

De informatie die nodig is voor het maken van dit rapport is uit de documentatie gehaald die bij Nathan Import/Export B.V. beschikbaar is, van internet en uit studieboeken. Ook is er gebruik gemaakt van de informatie die is verkregen door het volgen van presentaties en lezingen.

De opbouw van dit rapport is als volgt:

In dit rapport zullen er bij de deelonderzoeken een aantal apparaten terugkomen waarmee warm en koel water wordt opgewekt. In hoofdstuk 3 worden deze apparaten behandeld.

In hoofdstuk 4 worden de verschillende afgiftemogelijkheden van verwarmen en koelen beschreven. Deze afgifternogelijkheden zijn voor ieder deelonderzoek van toepassing.

Na de algemene uitleg over de opwekkingsapparaten en afgiftemogelijkheden zullen de verschillende opwekkingssystemen worden beschreven. Deze systemen worden onderverdeeld in deelonderzoeken. In hoofdstuk 5, 6 en 7 wordt het 2-, 3- en 4-pijps systeem behandeld. Hierin wordt ingegaan op de opwekking centraal in de technische ruimte en de regeling van de afgiftemogelijkheden per appartement.

Het VKW systeem wordt in deelonderzoek 4 (hoofdstuk 8) behandeld. Er wordt in dit hoofdstuk uitgelegd hoe de VKW-unit het verwarmen en koelen van het appartement regelt. De warmte en koude opwekking van dit systeem gebeurt centraal, de bereiding van warm tapwater gebeurt met dit systeem individueel in de woning.

Het laatste deelonderzoek 5 (hoofdstuk 9) gaat over een individueel systeem per appartementwoning. Elke woning heeft hierbij een eigen combi-warmtepomp. Met dit systeem kan een woning worden verwarmd, gekoeld en worden voorzien van warm tapwater.

In hoofdstuk 10 wordt uitgelegd wat de opwekkingssystemen voor invloed hebben op de EPC.

Na elk deelonderzoek wordt er een conclusie getrokken. In hoofdstuk 11 zal de hoofdconclusie worden beschreven en zullen er aanbevelingen worden gedaan.



3. Algemene uitleg opwekkingsapparaten

3.1 Inleiding

Voor de opwekking van warm en koel water zijn er een aantal apparaten. **Deze apparaten** komen tijdens de **deelonderzoeken** telkens terug. Daarom worden ze in dit hoofdstuk kort beschreven, zodat er **bij** het lezen van de deelonderzoeken een beeld kan worden gevormd bij de verschillende apparaten.

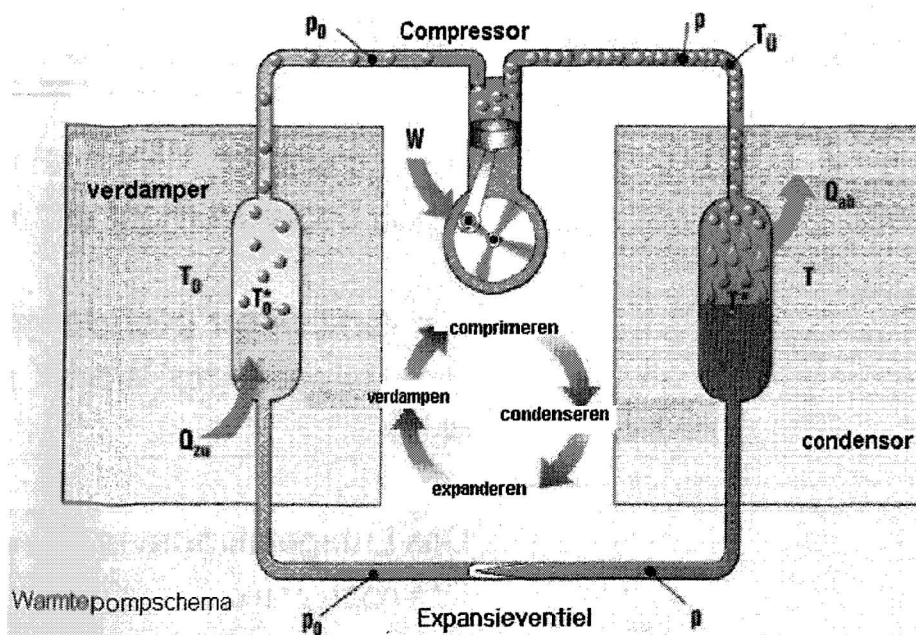
De volgende apparaten zullen worden behandeld:

- Warmtepomp
- Combi-warmtepomp
- Cv-ketel
- Koelmachine
- Zonnecollectoren
- VKW-unit



3.2 Warmtepomp

Een warmtepomp is vergelijkbaar met een koelkast. Het is een gesloten systeem van vloeistof en damp. De vier hoofdonderdelen zijn de verdamper, pomp (compressor), warmtewisselaar (condensor) en een expansieventiel (zie figuur 1). De compressor zuigt de koude damp aan uit de verdamper en perst deze samen. Hierdoor wordt de damp warm. In de warmtewisselaar geeft de damp vervolgens zijn warmte af aan bijvoorbeeld water. De damp gaat dan over in vloeistof (condensatie). Via het expansieventiel komt de vloeistof weer in de verdamper en de cyclus kan opnieuw beginnen. Op deze wijze wordt "warmte" met een lage temperatuur "opgepompt" naar warmte met een hoge temperatuur, vandaar de term warmtepomp. De hiervoor benodigde energie is elektriciteit om de compressor te laten werken.



Figuur 1. Principe warmtepomp

Aan de verdamperzijde wordt een bron aangesloten. Deze bron haalt warmte uit de aarde door middel van een horizontale of verticale bodemwisselaar. De warmte die uit de aarde komt ($\pm 10^\circ\text{C}$) wordt door een warmtewisselaar afgegeven aan het koudemiddel (R407C), waardoor het verdampt. De warmte die vrij komt bij de condensor wordt afgegeven aan het verwarmingssysteem. De temperatuur die wordt afgegeven is rond de 40°C . Het rendement wordt uitgedrukt in een COP-waarde. COP betekend Coëfficiënce Of Performance. Van een warmtepomp varieert de COP van 3,5 tot 5. Dit komt overeen met een rendement van 350 tot 500%. Bij een COP van 5 wordt bij 1kW elektriciteit 5kW warmte opgewekt.

Doordat het water uit de bron een temperatuur heeft van ongeveer 10°C kan er ook worden gekoeld. Het water wordt dan om de warmtepomp heen gestuurd en direct aan het koelsysteem afgegeven.

Er zijn ook warmtepompen die worden gevoed door lucht in plaats van aardwarmte. Met deze warmtepompen kan niet worden gekoeld. Deze zullen niet voorkomen in dit verslag.

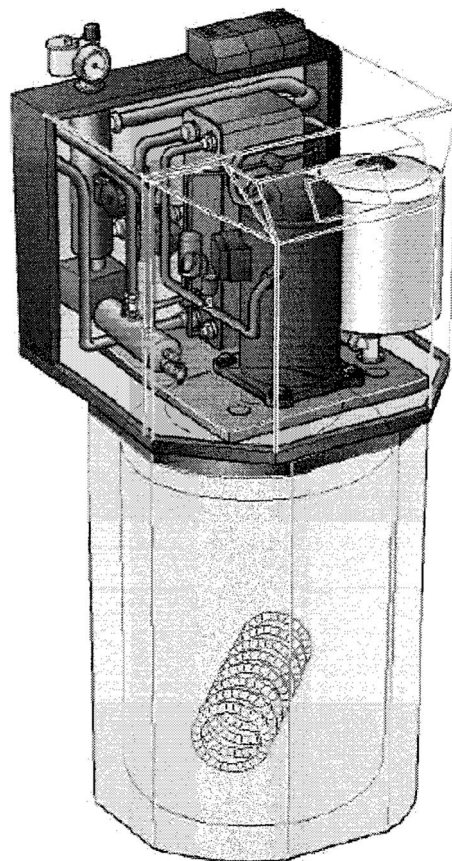


3.3 Combi-warmtepomp

Met de combi-warmtepomp wordt er naast verwarmingswater ook warm tapwater bereid. De werking van deze warmtepomp is hetzelfde als bij de normale warmtepomp. Het verschil is dat deze warmtepomp een voorraadvat heeft voor het warme tapwater. Op figuur 2 is een combi-warmtepomp met aan de onderkant een buffervat te zien.

De warmtepomp verwarmd niet alleen het verwarmingswater maar ook het tapwater. Doordat het tapwater moet worden verwarmd tot een temperatuur van 60°C zal de warmtepomp hogere temperaturen moeten maken. Het koudemiddel R 407C, dat in de gewone warmtepomp zit, is niet geschikt voor deze hoge temperatuur. Daarom wordt er in een combi-warmtepomp gebruik gemaakt van het koudemiddel R 134A, deze is wel geschikt voor hoge temperaturen. Van deze combi-warmtepomp is de COP 3,4. Dit komt overeen met een rendement van 340%.

Met deze combi-warmtepomp is het ook mogelijk om te koelen. Dit werkt op dezelfde manier als bij de gewone warmtepomp die in § 3.2 staat beschreven.



Figuur 2. combi-warmtepomp



3.4 Cv-ketel

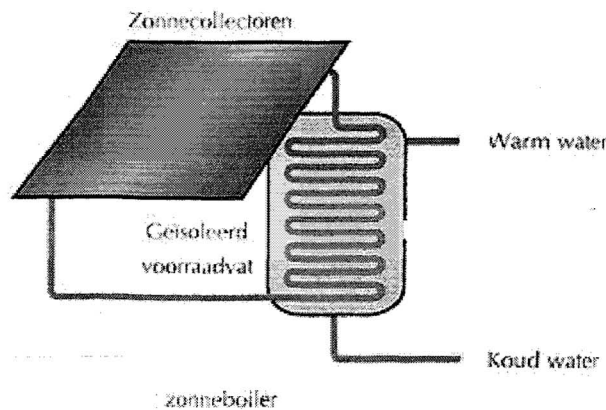
Een cv-ketel verwarmt water door gas te verbranden. Het rendement van een HR cv-ketel is ongeveer 85%. Dit is duidelijk minder dan bij een warmtepomp.

3.5 Koelmachine

Een koelmachine heeft een omgekeerde werking als een warmtepomp. De verdamper haalt de warmte uit het koelwater of lucht en stoot de warmte die vrijkomt uit via de condensor. De COP van een koelmachine ligt rond de 3.

3.6 Zonnecollector

De zonnecollector is opgebouwd uit een zwarte, dubbelwandige, vlakke metalen plaat (de absorber), waardoor water langzaam circuleert (zie figuur 3). Als de zon schijnt wordt het water dat door de absorber stroomt opgewarmd. Dit water kan worden gebruikt om het buffervat van het verwarmingssysteem te verwarmen. In het water dat door de collector stroomt is ongeveer 10% glycol toegevoegd. Hierdoor bevriest het water niet als de buitentemperatuur onder de 0°C komt. Het rendement van zonnecollectoren is erg afhankelijk van het buitenklimaat. Het is daarom moeilijk om iets over het rendement te zeggen.



Figuur 3. Zonnecollector

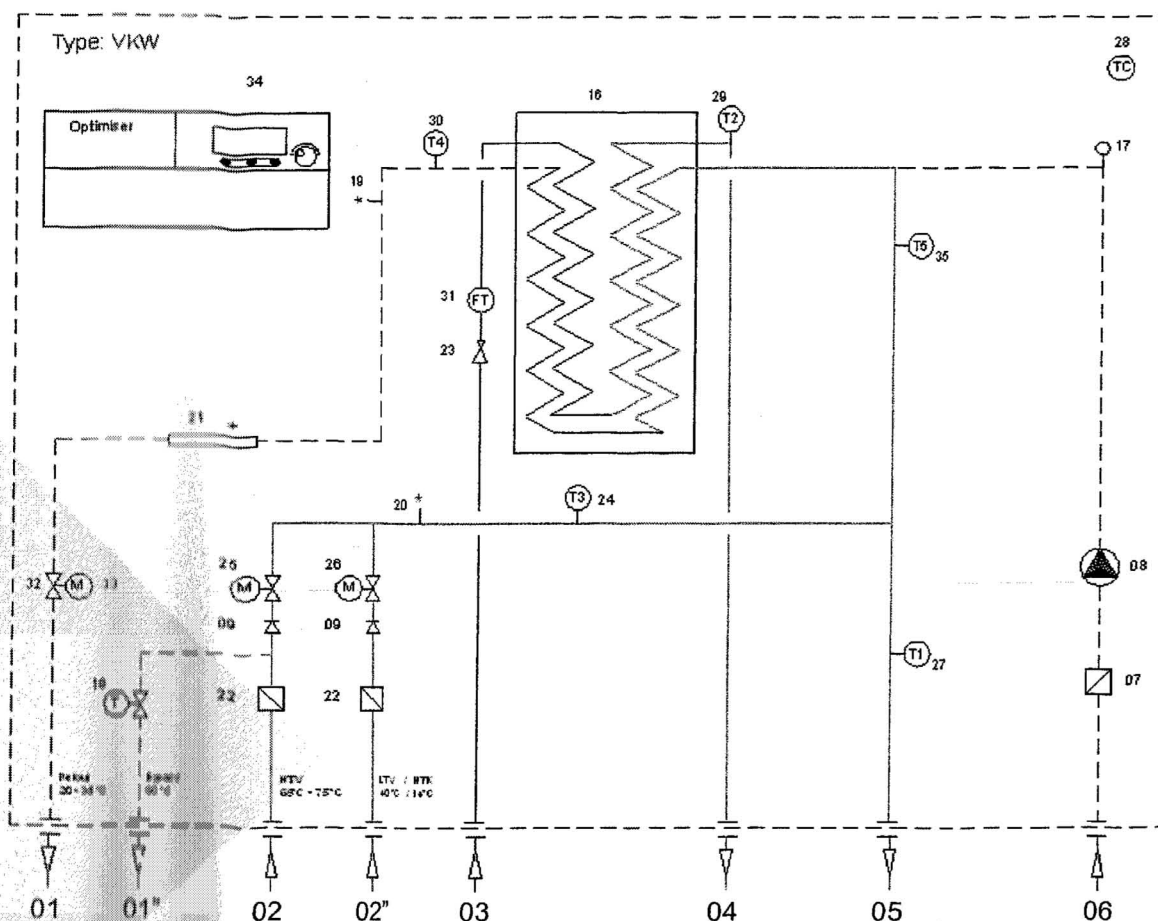


3.7 VKW-unit

Met deze unit (figuur 4) is het mogelijk om in een woning te verwarmen, te koelen en om warm tapwater te bereiden.

De unit heeft aan de onderkant acht aansluitingen.

- 01 **Laag** temperatuur retourleiding.
- 01" Hoog temperatuur bypass retourleiding.
- 02 Hoog temperatuur aanvoerleiding.
- 02" Gecombineerde laag temperatuur verwarming en hoog temperatuur koel
aanvoerleiding.
- 03 Koud waterleiding.
- 04 Warm waterleiding.
- 05 Vloerverwarming/vloerkoeling aanvoerleiding.
- 06 Vloerverwarming/vloerkoeling retourleiding.



Figuur 4. Schema VKW-unit



Leiding 01 transporteert het verwarmings- en koelwater, welke via beide aanvoerleidingen (02 en 02") aan de appartementen zijn toegevoerd, terug naar de centrale technische ruimte.

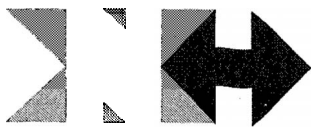
De **hoogtemperatuur bypass retourleiding (01")** transporteert het bypass verwarmingswater, welke via de aanvoerleiding (02) aan de appartementen zijn toegevoerd, terug naar de centrale technische ruimte.

Deze leiding met zeer geringe leidingdiameter dient ervoor om de centrale aanvoerleiding (02) op temperatuur te houden. Hierdoor wordt de wachttijd voor warm tapwater bereiding **geminimaliseerd**, tevens wordt thermische vervuiling van de laagtemperatuur retourleiding (01) voorkomen.

Door aansluiting 02" stroomt, afhankelijk van de gemiddelde buitentemperatuur, **verwarmingswater** met een temperatuur van 25 - 40 °C of koelwater met een temperatuur van **ca. 14 - 17°C**. Deze gaat vanaf de centrale technische ruimte naar de woningen van het appartement. Om de bewoners toch te kunnen laten verwarmen als er centraal al op koelbedrijf is geschakeld, kan de aanvoerleiding 02 worden gebruikt. De unit regelt dan dat er water van 65 tot 75°C wordt gemengd met het retourwater, zodat er de gewenste temperatuur door de vloerverwarming wordt **getransporteerd**.

Aansluiting 03 is voor de aanvoer van koud water. Dit water wordt door middel van een **warmtewisselaar** opgewarmd door het aanvoerwater van +/- 70°C, dat door aansluiting 02 wordt **getransporteerd**. Het verwarmde water van ongeveer 60°C **gaat** door aansluiting 04 naar de woning **tas**.

De **2 aansluitingen** 05 en 06 zijn de aanvoer en retour voor de verwarming en koeling van de woning.



4. Verwarmen/koelen in een appartement

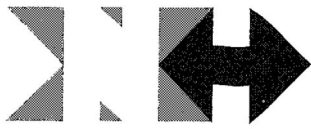
4.i Inleiding

Voordat de verschillende deelonderzoeken worden behandeld wordt eerst uitgelegd wat voor Nathan Import/Export B.V. de belangrijkste afgiftemogelijkheden zijn in een appartementwoning. Deze afgiftemogelijkheden hebben betrekking op laagtemperatuur verwarming en hoogtemperatuur koeling en zullen van toepassing zijn in ieder deelonderzoek.

Voor het verwarmen en koelen van een woning is het volgende mogelijk:

- Vloerverwarming
- Vloerverwarming/vloerkoeling
- Plafondverwarming/koeling (betonactivering)
- Verwarmen/koelen d.m.v. convectoren.

Verder in dit rapport zal er regelmatig over een weersafhankelijke regeling worden gesproken, daarom wordt er in dit hoofdstuk ook uitgelegd wat dit precies inhoud.



4.2 Vloerverwarming

Van vloerverwarming is bekend dat het zeer comfortabel is. Dat komt door de gelijke verdeling van de warmte en omdat de warmte voornamelijk door straling wordt afgegeven. Hierdoor wordt er met een lagere ruimtetemperatuur een behaaglijk "klimaat" in de woning verkregen. Ook vindt er geen luchtcirculatie plaats. De lucht is niet voelbaar in beweging, hierdoor is er geen tocht, stof en geluid. Ook is het bij vloerverwarming eenvoudig om per vertrek de temperatuur te regelen.

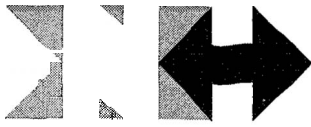
Het afgevend vermogen van vloerverwarming per m^2 is afhankelijk van:

- Hart op hart afstand van de buizen. Als de buizen dichter op elkaar liggen wordt het afgevend vermogen groter.
- Vloerbedekking. Bij bijvoorbeeld tegels is het afgevend vermogen groter dan bij tapijt. Dit komt doordat tegels een lagere warmteweerstand hebben.
- Dikte van de buis. Een dikkere buis geeft meer vermogen af.
- Watertemperatuur. Hoe hoger watertemperatuur des te groter het vermogen.

In het algemeen wordt er bij vloerverwarming een vermogen van 30 tot 80 W/m^2 gehaald.

Voor nieuw te bouwen appartement met vloerverwarming in de woningen zijn door het GIW (Garantie Instituut Woningbouw) een aantal eisen gesteld. Deze zullen ingaan op 1 januari 2007. De belangrijkste eisen zijn:

- **Drukverlies:**
Drukverlies mag niet meer dan 20 Kpa zijn.
- **Watertemperatuur:**
De aanvoer temperatuur mag maximaal 40°C te zijn.
- **Geluid:**
Ieder appartement heeft een eigen kwaliteitsklasse. Deze kwaliteitsklasse geeft aan wat de eisen zijn voor het geluid in de woningen.
- **Uitzetting vloer:**
Ter voorkoming van schade door uitzetting van de vloer dient er randisolatie en eventueel een dilatatievoeg te worden toegepast.
- **Regeling per vertrek:**
Bij appartementen met alleen vloerverwarming dient er per vertrek te worden geregeld.



Drukverlies

Het totale drukverlies in de installatiemag niet meer dan 20 KPa. bedragen. Om dit te berekenen wordt er altijd uitgegaan van de ongunstigste sectie. Bij vloerverwarming is dit de groep met het langste aantal meters.

Als het drukverlies boven de 20 KPa. uitkomt, zijn er een aantal mogelijkheden:

- Dikkere buis toepassen, zodat het drukverlies per meter lager wordt.
- De groepen korter te maken, hierdoor komen er meer groepen in de woning.
- De buizen dichter op elkaar leggen, hierdoor wordt het vermogen dat een groep moet afgeven niet te hoog. Daardoor wordt het volumestroom kleiner en ook het drukverlies.

Watertemperatuur

Volgens de nieuwe eisen van het GIW mag de aanvoertemperatuur van de vloerverwarming niet meer hoger zijn dan 40°C. Door deze nieuwe eis zal het afgevend vermogen van de vloerverwarming lager zijn dan voorheen. Hier dient bij het berekenen van de vloerverwarming rekening mee te worden gehouden.

Voorheen werd er gewerkt met aan aanvoertemperatuur van 55°C en een retour van 45°C, hierbij is er een ΔT van 10K.

Nu de aanvoertemperatuur niet hoger mag zijn dan 40°C zal de ΔT lager moeten worden, ongeveer 5K. Hierdoor wordt voorkomen dat de gemiddelde watertemperatuur niet te laag wordt waardoor ook de warmteafgifte lager wordt.

Geluid

Ieder appartement heeft een eigen kwaliteitsklasse. Deze kwaliteitsklasse geeft aan wat de eisen zijn voor het geluid in de woningen. Er zijn 5 verschillende klassen:

1. Loopgeluiden zijn niet storend waarneembaar.
2. Loopgeluiden zijn in het algemeen niet storend waarneembaar.
3. Loopgeluiden e.d. zijn soms storend
4. Loopgeluiden veelal hinderlijk.
5. Loopgeluiden veelvuldig hinderlijk,

Voor het bepalen van de juiste isolatie zijn er tabellen. In deze tabellen kan aan de hand van de kwaliteitsklasse van de woning en de massa van de draagvloer de juiste isolatie worden gekozen. Deze isolatie zorgt ervoor dat er geen contactgeluid tussen woningen is en dat er geen warmte overdracht van de ene woning naar de andere plaatsvindt.

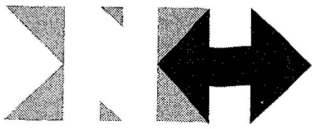
Voor de isolatie van de begane grond vloer en het dak kan gebruik worden gemaakt van alleen thermische isolatie.

Uitzetting vloer

Omdat de vloer opgewarmd wordt zal die gaan "werken". Door de uitzetting van de vloer op te vangen dient er altijd randisolatie te worden toegepast. Als de ruimte een groter oppervlak dan 40m² heeft, moet er een dilatatievoeg worden gemaakt. Deze voeg loopt van wand tot wand en scheidt de twee velden zodat ze kunnen uitzetten.

Regeling per vertrek

Zoals al gezegd dient er in appartementen met alleen vloerverwarming, per vertrek te worden geregeld. Dit houdt in dat er in elke ruimte een thermostaat dient te hangen. Hoe deze de temperatuur in de ruimtes regelt, is per deelonderzoek verschillend. Daarom wordt dit bij de deelonderzoeken uitgelegd.



4.3 Vloerverwarming/koeling

Bij appartementwoningen met vloerverwarming kan met hetzelfde systeem ook gekoeld worden. Er wordt dan in **plaats** van warm water, **koel** water door de buizen in de vloer getransporteerd.

Vloerkoeling is niet te vergelijken met het koelen door bijvoorbeeld een airco-splitsysteem. Het is een vorm van passieve koeling, een airco-splitsysteem is actieve koeling. Voor het selecteren van een airco-splitsysteem wordt er uitgegaan van de piekvermogens, die worden verkregen uit een koellastberekening. Bij vloerkoeling is er sprake van een continu proces van koelen. Dit wil zeggen dat er constant koel water van 17°C door de buizen stroomt. Hierdoor wordt de **warmte** uit de ruimte onttrokken. Dit wordt ook wel topkoeling genoemd. Voor het bepalen van het **vermogen** van de vloerkoeling kan er 1/3 van het piekvermogen worden genomen. Bij vloerkoeling kunnen vermogens van 15 tot 30 W/m² worden gehaald.

Koeling door middel van de vloer wordt door veel mensen als heel prettig ervaren. Dit komt doordat er net **als** bij vloerverwarming geen luchtverplaatsing is. De ruimte wordt ook gelijkmatig gekoeld. Bij **bijvoorbeeld** een airco-splitsysteem wordt er op één punt in de ruimte koude lucht ingeblazen, **hierdoor** kunnen klachten zoals tocht en geluid ontstaan.

Bij het **aanleggen** en uitrekenen van vloerkoeling dient er met dezelfde punten als bij vloerverwarming rekening te worden gehouden. Waar bij vloerkoeling nog op gelet moet worden is **condensvorming**. Het is daarom verstandig om in ruimtes met een hoge relatieve vochtigheid, zoals een **badkamer**, geen vloerkoeling toe te passen.

Het GIW stelt **geen** eisen aan appartementwoningen met vloerkoeling.



4.4 Betonactivering

De activering van beton is een relatief eenvoudig principe. In de betonvloer en plafonds worden buizen, met een diameter van 20mm, gelegd en hierdoor wordt warm of koud water getransporteerd. Het beton dient hierbij als energiebuffer. Hierdoor kan het gebouw verwarmd of gekoeld worden. Het voordeel van betonactivering is dat het met lage aanvoertemperaturen, voor verwarmen ($\leq 26^{\circ}\text{C}$), en hoge aanvoertemperatuur voor koelen ($\geq 17^{\circ}\text{C}$) kan werken.

Betonactivering wordt voornamelijk toegepast in utiliteitsgebouwen. Er is nu gekeken of het ook mogelijk is om dit in appartementen toe te passen. Als eerste wordt er in het kort uitgelegd hoe de betonactivering wordt toegepast in een utiliteitsgebouw. Hierna wordt gekeken of het ook mogelijk is in een appartement.

4.4.1 Betonactivering in utiliteitsgebouwen

In utiliteitsgebouwen wordt betonactivering vaak als volgt toegepast:

In de vloer van de begane grond wordt vloerverwarming en vloerkoeling, zoals in § 3.3, toegepast. In de volgende betonlagen wordt betonactivering gebruikt. Hierdoor is het mogelijk om in het hele gebouw het zelfde klimaat te creëren. Vaak wordt het systeem dan in twee groepen verdeeld. Een groep is voor de noordzijde, en de andere groep voor de zuidzijde. Dit heeft te maken met het feit dat de zon een groot gedeelte van de dag op de zuidzijde staat. Hierdoor hoeft er dan aan die zijde minder te worden verwarmd of juist meer te worden gekoeld.

4.4.2 Betonactivering in een appartement:

Bij appartementen is ■ betonlaag tussen de begane grond en de 1^e verdieping niet mogelijk. Door de eisen van geluid en regeling per vertrek zal er een andere gebouwopzet gemaakt moeten worden. In de vloer van de begane grond zit net als bij een utiliteitsgebouw ook vloerverwarming en vloerkoeling. De laag tussen de begane grond en de 1^e verdieping zal uit drie lagen bestaan. De onderste laag is beton met betonactivering, hierboven komt er een laag isolatie en in de dekvloer komt weer vloerverwarming en vloerkoeling. De isolatie zorgt ervoor dat er geen contactgeluid en warmte- of koudeoverdracht naar de onder- of bovenburen plaatsvindt.

De betonactivering bestaat net als vloerverwarming uit groepen. De slangen hebben een diameter van 20mm en liggen op een hartafstand van 150mm. De buizen worden vooraf in een fabriek al gemonteerd op de betonnetten. Het beton wordt in de fabriek of op de bouwplaats op de netten gestort. Met een kraan worden de betonplaten op de draagmuren van een woning gelegd. Omdat in een appartementwoning tegenwoordig alleen de buitenste muren draagmuren zijn, liggen de betonplaten over de gehele lengte van de woning. Een betonplaat kan boven meerdere ruimtes liggen. Hierdoor is het niet mogelijk om met betonactivering per ruimte te verwarmen. De eis van regeling per ruimte is alleen van toepassing op het verwarmen van woningen en niet op het koelen. Daarom zal er in appartementwoningen alleen kunnen worden gekoeld met het betonactivering.

Als er wordt gekoeld met het plafond is het vermogen groter dan bij het koelen via de vloer. Dit komt doordat kou omlaag gaat. Hierdoor is het mogelijk om vermogens van ongeveer 40 W/m^2 te creëren. Betonactivering zal worden toegepast in woningen waarbij de benodigde koellast niet kan worden gedekt met alleen vloerkoeling. In deze appartementen zal er dan een hoge interne en externe warmtebelasting zijn.



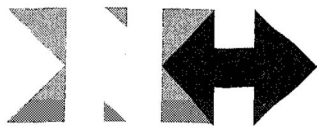
4.5 Verwarmen/koelen d.m.v. ventilator convectoren

Het laatste opwekkingssysteem is het systeem waarmee wordt verwarmd en gekoeld door middel van convectoren. De aanvoertemperatuur voor de convectoren is hetzelfde als voor de vloerverwarming en koeling.

Een convector is voorzien van een ventilator. Deze kan op drie standen draaien. Om geluidsoverlast te voorkomen wordt er bij Nathan Import/Export B.V. aangeraden om in woningen de ventilator op de laagste stand te zetten. Bij verwarmen met een aanvoertemperatuur van 40°C kunnen er vermogens worden gehaald tussen de 720 en 5810 Watt. Als er met een convector wordt gekoeld, wordt er een koelvermogen tussen de 280 en 2300 Watt gehaald. De leidingen die naar de convector lopen kunnen op de vloerverwarmingsverdeler worden aangesloten. Een ventilator convector kan uitstekend in combinatie met vloerverwarming/koeling worden gebruikt.

Het voordeel van convectoren, ten opzichte van radiatoren, is dat er met een lagere aanvoertemperatuur kan worden verwarmd. Daarnaast is het een voordeel dat er ook mee kan worden gekoeld. Omdat convectoren "sneller" werken dan vloerverwarming/koeling, wordt het vaak toegepast in slaapkamers, iedere convector kan apart worden bedient door middel van een thermostaat.

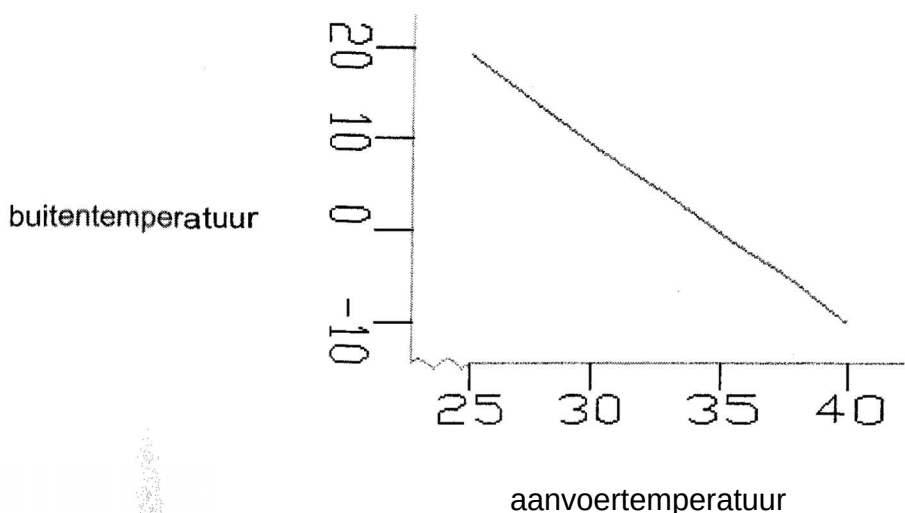
Het nadeel van een convector is dat deze een stopcontact nodig heeft voor de ventilator. Door de ventilator ontstaat er luchtverplaatsing en stofvorming. De ruimte wordt niet gelijkmatig verwarmd of gekoeld zoals bij vloerverwarming/koeling. Een ander nadeel kan zijn dat sommige mensen bezwaar hebben tegen een convector aan de wand, omdat dat niet fraai oogt.



4.6 Weersafhankelijk regelen

Bij het weersafhankelijk regelen van de aanvoertemperatuur voor de verwarming wordt gebruik gemaakt van de buitentemperatuur. De regeling zal op basis van de temperatuur buiten de aanvoertemperatuur van de verwarming bepalen.

Het principe is vrij eenvoudig, hoe lager de buitentemperatuur des te hoger de aanvoertemperatuur. Bij een buitentemperatuur van -10°C zal de aanvoertemperatuur 40°C zijn. Dit is de maximale aanvoertemperatuur voor vloerverwarming. Hoe dichter de buitentemperatuur bij het vooraf ingestelde omschakelpunt komt, des te kouder de aanvoertemperatuur. Als het omschakelpunt op 20°C staat ingesteld zal er bij een buitentemperatuur van 19°C een watertemperatuur van 25°C zijn. Om te voorkomen dat de temperatuur in het buffervat constant blijft schommelen bij een temperatuurverandering buiten, wordt de gemiddelde buitentemperatuur over 24 uur genomen. In figuur 5 staat een grafiek waarin te zien is wat de aanvoertemperatuur is bij een bepaalde buitentemperatuur.



Figuur 5. Grafiek buitenregeling

Bij installaties zonder een weersafhankelijke regeling zal de aanvoertemperatuur op 40°C worden gehouden. De weersafhankelijke regeling heeft als voordeel dat er niet altijd een maximale aanvoertemperatuur wordt aangehouden. Hierdoor wordt er veel energie bespaard, omdat de maximale temperatuur alleen wordt gebruikt als het buiten -10°C is.



5. Deelonderzoek I: 2-pijps systeem

5.1 Inleiding

In dit deelonderzoek wordt het 2-pijps systeem behandeld. Als eerste wordt uitgelegd wat een 2-pijps systeem is. Hierna worden de verschillende 2-pijps opwekkingssystemen aan de hand van bijlagen behandeld. Hierbij moet gedacht worden aan bivalente en monovalente systemen. Verder wordt uitgelegd hoe de afgiftesystemen in de woningen worden geregeld. Als laatste wordt de conclusie van dit deelonderzoek beschreven.

5.2 Uitleg 2-pijps systeem

Een 2-pijps systeem is een systeem dat uit, de naam zegt het al, twee pijpen bestaat. De ene pijp is de aanvoer en de andere de retour (figuur 6). Een 2-pijps systeem kan worden gebruikt voor alleen verwarming, en voor verwarming en koeling.

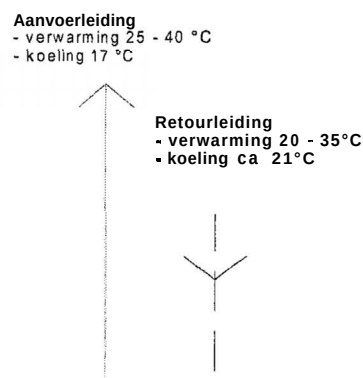
Bij alleen verwarming wordt er centraal water verwarmd en vanaf daar wordt het water naar de woningen in het appartement getransporteerd. De aanvoertemperatuur van het warme water mag niet hoger zijn dan 40°C. Dit in verband met de eisen van het GIW.

Er kan worden gekozen om de aanvoertemperatuur weersafhankelijk te regelen. Hoe hoger de buitentemperatuur, des te lager de aanvoertemperatuur. Bij geen weersafhankelijke regeling wordt er altijd een aanvoer temperatuur van 40°C naar de woningen in het appartement getransporteerd.

Er is ook een 2-pijps systeem waarbij kan worden verwarmd en gekoeld. Er wordt dan centraal in de technische ruimte omgeschakeld op verwarmen of koelen. Dit gebeurt aan de hand van de buitentemperatuur.

Het omschakelpunt van verwarmen of koelen kan worden ingesteld op een bepaalde buitentemperatuur, bijvoorbeeld 20°C. Als de buitentemperatuur onder die waarde is zal het systeem op verwarmingsbedrijf staan. Er wordt dan warm water door de aanvoerleiding gestuurd. Als de buitentemperatuur boven de waarde komt wordt er overgeschakeld op koelbedrijf. Om te voorkomen dat er voortdurend bij een buitentemperatuur van rond de 20°C wordt geschakeld tussen verwarmen en koelen zit er een wachttijd tussen. Deze kan bijvoorbeeld worden ingesteld om pas om te schakelen als het gemiddeld over 24 uur, warmer is dan 20°C.

De woningen in het appartement kunnen of worden verwarmd of gekoeld. Het is niet mogelijk dat één woning in het appartement aan het verwarmen is en een ander aan het koelen.



Figuur 6.2-pijps systeem



5.3 Bivalent opwekkingssysteem

5.3.1 inleiding

Een bivalent opwekkingssysteem is een systeem dat door middel van twee apparaten warm en koel water opwekt. Bij warm water gebeurt dit door een combinatie van een warmtepomp en een cv-ketel. Het koel water wordt opgewekt via de bron van de warmtepomp.

In dit rapport worden twee verschillende bivalente opwekkingssystemen behandeld, welke voor Nathan Import/Export B.V. van toepassing zijn.

De twee bivalente opwekkingssystemen zijn:

- Warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel
- Warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel en zonne-energie



5.3.2 Warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel

Aan de hand van het schema in bijlage 27 wordt de bivalente warmte/koude opwekking via een warmtepomp en cv-ketel behandeld.

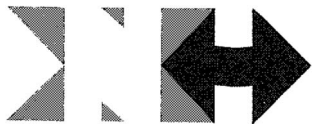
Verwarming

Het water in het buffervat zal hoofdzakelijk worden verwarmd door de warmtepomp. In geval van veel warmtevraag, of een defect aan de warmtepomp kan de cv-ketel bijspringen om het buffervat op de gewenste temperatuur te houden. De temperatuur in het buffervat wordt weersafhankelijk geregeld, of constant op 40°C gehouden.

Koeling

Voor het opwekken van koel water wordt er gebruik gemaakt van de bron van de warmtepomp. Het water in deze bron is ongeveer 10°C. Dit water gaat door een warmtewisselaar en koelt het water in het koelsysteem af van ongeveer 21°C tot ongeveer 14 á 15°C. Het gekoelde water wordt dan verder getransporteerd naar een open verdeler in de aanvoerleiding. Dit water wordt dan gemengd met de rest van het systeemwater en gaat dan met een temperatuur van 17°C naar de woningen in het appartement. In koelbedrijf wordt de driewegklep omgeschakeld, zodat het koude water niet over het buffervat gaat.

In bijlage 2.1. is het afgiftesysteem te zien met alleen verwarming. Het koelsysteem vervalt hierbij.



5.3.3 Warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel en zonne-energie

In *bijlage 2.2* wordt de bivalente warmtelkoude opwekking via een warmtepomp, cv-ketel en zonne-energie weergegeven. Dit systeem zal in de volgende paragraaf worden behandeld.

Verwarming

Het principe van dit systeem is hetzelfde als van het systeem van "warmtelkoude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel". Het enige verschil is dat het buffervat ook wordt verwarmd door zonne-energie. Hierdoor zal er bij zonneschijn een deel of al het "werk" van de warmtepomp en/of cv-ketel worden overgenomen. Het gasverbruik zal in deze situatie lager zijn. Het vermogen van de warmtepomp en cv-ketel kan echter niet lager zijn, omdat deze genoeg vermogen moet leveren bij koude en niet zonnige dagen.

De warmte die wordt verkregen door zonne-energie wordt tevens voor een deel gebruikt om "warmte" terug te geven aan de bron. Door een open verdeler in de retourleiding van het bronsysteem te zetten wordt er warmte aan het grondwater toegevoegd. Hierdoor wordt de temperatuur van het grondwater niet te laag.

Een andere manier om warmte terug te geven aan de bron is door middel van:

- Warmteterugwinning van de afgezogen lucht
- Asfalt collector (horizontale bodemwisselaar)
- Atrium koeling

In praktijk zal de zonne-energie ook gebruikt worden voor het verwarmen van tapwater

Koeling

Dit systeem werkt hetzelfde als het koelsysteem van "warmtelkoude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel".

Het afgiftesysteem met alleen verwarming is te zien in *bijlage 2.2.1*. Het koelsysteem vervalt hierbij.

Toepassing

Deze bivalente systemen worden in praktijk bij een 2-pijps systeem het meeste toegepast, omdat met behulp van de cv-ketel en zonne-energie het voorraadvat van het warme tapwater kan worden verwarmd.



5.4 ***Monovalent opwekkingssysteem***

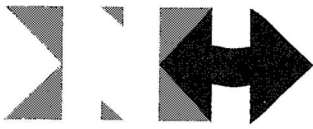
5.4.1 Inleiding

Een monovalent opwekkingssysteem is een systeem dat door middel van één apparaat warm en/of koud water opwekt. Bij warm water kan dit door bijvoorbeeld een warmtepomp of cv-ketel. Bij koud water is dit mogelijk via de bron van de warmtepomp of met een koelmachine.

In dit rapport worden de vier verschillende monovalente opwekkingssystemen behandeld, welke voor Nathan Import/Export B.V. het meest van toepassing zijn.

Deze vier monovalente opwekkingssystemen zijn:

- Warmte/koude opwekking via een warmtepomp
- Warmte/koude opwekking via een warmtepomp en zonne-energie
- Warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine
- Warmte opwekking via een cv-ketel/zonne-energie en koude opwekking via een koelmachine



5.4.2 Warmte/koude opwekking via een warmtepomp

Het systeem "monovalente warmte/koude opwekking via een warmtepomp" zal aan de hand van *bijlage 2.3* worden behandeld.

Verwarming

Het verwarmen van het buffervat gebeurt door twee warmtepompen. Er zijn twee redenen waarom er wordt gekozen voor twee warmtepompen, namelijk:

1. Bij eventueel defect aan één warmtepomp kan de andere warmtepomp het verwarmen overnemen. Hiermee wordt uitgesloten dat het appartement zonder verwarming komt te ritten,
2. Het totale vermogen wordt verdeeld over twee warmtepompen. De eerste warmtepomp levert 1/3 van het totale vermogen en de andere 2/3 van het totale vermogen. Op deze manier wordt de warmtepomp optimaal benut. Bij een lage warmtevraag schakelt de warmtepomp met 1/3 van het totale vermogen in. Bij een gemiddelde warmtevraag wordt de warmtepomp met 2/3 van het totale vermogen ingeschakeld. En bij een hoge warmtevraag worden beide warmtepompen ingeschakeld. Er kan nu in drie fases worden verwarmd.

Bij een ander type warmtepomp, namelijk met twee compressoren, kan er met twee warmtepompen ook worden verwarmd in vier fases. Bij bijvoorbeeld een totaal vermogen van 120 KW worden er twee warmtepompen van 60 KW genomen. Doordat deze zijn voorzien van twee compressoren kan elke warmtepomp op 30 KW of 60 KW draaien. Met twee warmtepompen kan er in vier fases van 25% worden verwarmd.

De aanvoertemperatuur wordt net als bij het bivalente systeem weersafhankelijk geregeld of op constant 40°C gehouden.

Koeling

Voor het opwekken van koel water wordt er gebruik gemaakt van de bron van de warmtepomp. Het water in deze bron is ongeveer 10°C. Dit water gaat door een warmtewisselaar en koelt het water in het koelsysteem af van ongeveer 21°C tot ongeveer 14 á 15°C. Het gekoelde water wordt dan verder getransporteerd naar een open verdeler in de aanvoerleiding. Dit water wordt hier gemengd met de rest van het systeemwater en gaat dan met een temperatuur van 17°C naar de woningen in het appartement. In koelbedrijf wordt de driewegklep omgeschakeld, zodat het koude water niet over het buffervat gaat.

Voor de koeling is er geen verschil ten opzichte van het bivalente systeem.

In *bijlage 2.3.1* is het afgiftesysteem te zien met alleen verwarming. Het koelsysteem vervalt hierbij.



5.4.3 Warmtelkoude opwekking via een warmtepomp en zonne-energie

In *bijlage 2.4* staat de monovalente warmtelkoude opwekking via een warmtepomp en zonne-energie. Welke wordt behandeld in deze paragraaf.

Verwarming

Het principe van dit systeem is hetzelfde als van "warmte/koude opwekking via een warmtepomp". I-et enige verschil is dat het buffervat ook wordt verwarmd door zonne-energie. Hierdoor zal er bij zonneschijn een deel of al het "werk" van de warmtepomp worden overgenomen, Het vermogen van de warmtepomp kan echter niet lager zijn, omdat deze **genoeg** vermogen moet leveren bij koude en niet zonnige dagen.

De warmte die wordt verkregen door zonne-energie wordt ook hier voor een deel gebruikt om "warmte" terug te geven aan de bron. Door een open verdeler in de retourleiding van het bronsysteem te zetten wordt er warmte aan het grondwater toegevoegd. Hierdoor blijft de temperatuur van het grondwater in evenwicht.

Koeling

Het koelen werkt op dezelfde manier als het systeem van § 5.4.2.

In *bijlage 2.4.1* is het afgiftesysteem te zien met alleen verwarming. Het koelsysteem vervalt.

Toepassing

Systemen met **alleen** een warmtepomp worden voornamelijk toegepast in gebieden waar geen gas infrastructuur beschikbaar is. Voor de bereiding van warm tapwater kan er een hoge temperatuur warmtepomp worden toegepast. Deze heeft echter niet zo'n hoog rendement als een "gewone" warmtepomp die met lagere temperaturen werkt.



5.4.4 Warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine

Het schema van **bijlage 2.5** geeft het systeem "warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine" weer en zal worden behandeld worden in de volgende paragraaf.

Verwarming

De cv-ketel zorgt ervoor dat het buffervat wordt verwarmd. De **aanvoertemperatuur** kan ook hier **weersafhankelijk** worden geregeld of op 40°C worden gehouden.

Koeling

Het water wordt gekoeld door een koelmachine. Uit de koelmachine komt water met een temperatuur van 12°C. De driewegklep stuurt het water naar de open verdeler in de **aanvoerleiding** of naar het buffervat waar het water op 12°C wordt gehouden.

In de open **verdeler** wordt het water van 12°C gemengd met het **retourwater** en gaat het met **een** temperatuur van 17°C naar de appartementen. Tijdens koelbedrijf wordt de driewegklep in de **verwarmings aanvoerleiding** zo gezet, dat het **retourwater** niet over het buffervat van de verwarming gaat.

In **bijlage 2.5.1** staat het afgiftesysteem met alleen verwarming. Het koelsysteem vervalt.



5.4.5 Warmte opwekking via een cv-ketel/zonne-energie en koude opwekking via een koelmachine

Het laatste monovalente systeem "warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine" staat op *bijlage 2.6* en wordt in deze paragraaf behandeld,

Verwarming

Dit opwekkingssysteem verschilt weinig met het vorige systeem van "warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine". Het verschil is dat het verwarmen van het buffervat nu door de cv-ketel en zonne-energie gebeurt. De zonne-energie zal een deel van het opwarmen van het buffervat overnemen van de cv-ketel. De ketel zal minder vaak branden en het gasverbruik zal lager zijn.

Koeling

Het koelen werkt op dezelfde manier als bij "warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine" van § 5.4.4.

In *bijlage 2.6.1* is het afgiftesysteem te zien met alleen verwarming. Het koelsysteem vervalt.

Toepassing

Dit systeem zal worden toegepast in gebieden waar het niet mogelijk is om een warmtepomp te plaatsen. Een reden hiervoor kan zijn dat de bodem niet geschikt is voor het maken van een bron voor de warmtepomp.



5.5 Regeling verwarmen/koelen per appartement

5.5.1 Inleiding

Bij een 2-pijps systeem met uitsluitend verwarming kan er worden verwarmd via de vloer en met ventilator convectoren. Is het 2-pijps systeem ook voorzien van koeling, dan kan er via dezelfde vloer en convectoren worden gekoeld.

5.5.2 Regeling verwarming

Op *bijlage 2.7* staat de doorsnede van een appartement weergegeven. Aan de hand van deze bijlage wordt de regeling voor verwarming van de woning uitgelegd.

Zoals al gezegd dient er in appartementen met alleen vloerverwarming per vertrek te worden geregeld. Dit kan door een bedraad systeem en door een draadloos systeem. In *bijlage 2.7* is een draadloos systeem weergegeven.

De twee systemen bestaan uit drie dezelfde onderdelen.

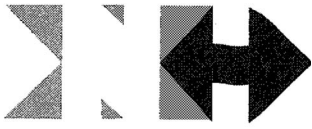
1. Zend- en ontvangstmodule
2. Ruimtethermostaat
3. Stelaandrijving

De zend- en ontvangstmodule ontvangt de informatie van de ruimtethermostaat. Deze informatie wordt doorgestuurd naar de stelaandrijving die op de verdeler is gemonteerd. Mocht er warmtevraag in de ruimte zijn dan wordt de stelaandrijving, die bij de vloerverwarmingsgroep van de ruimte hoort, open gestuurd. Zodra de ruimte op temperatuur is wordt dit doorgegeven aan de zend- en ontvangstmodule en deze stuurt de stelaandrijving weer dicht.

Het verschil tussen de twee systemen is dat de ruimtethermostaat bij een draadloos systeem via infrarood werkt, en aan de zend- en ontvangstmodule is een ontvangstantenne gemonteerd.

Bij een systeem met ventilator convector wordt er op de groep van de convector geen stelaandrijving geplaatst. Dit komt doordat de convector een eigen regeling heeft. Deze regeling staat weergegeven op *bijlage 7.1*.

De ventilator convector is voorzien van een thermostaat. Deze thermostaat is in te stellen op verwarmen of koelen. Als de thermostaat op de verwarmingsstand staat, zal deze bij warmtevraag de afsluiter in de aanvoerleiding open sturen, zodat er warm water door de convector stroomt.



5.5.3 Regeling verwarming/koeling

De regeling voor de verwarming en koeling van de woning staat op *bijlage* 2.8.

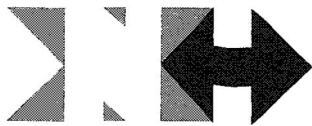
Deze regeling heeft hetzelfde principe als de regeling voor de vloerverwarming in § 5.5.2. Het verschil is dat er bij deze regeling een extra thermostaat nodig is.

Deze thermostaat is gemonteerd op de aanvoerleiding en meet of er verwarmd of gekoeld moet worden. Dit gebeurt aan de hand van de aanvoertemperatuur, als deze boven de 25°C is, wordt er aan de ontvangstmodule doorgegeven dat er moet worden verwarmd. Als de aanvoertemperatuur onder de 20°C is zal er worden doorgegeven dat er moet worden overgegaan naar de koelstand. De regeling gaat dan omgekeerd werken. Op de zend- en ontvangstmodule zit voor de badkamer een aparte aansluiting.

Als er wordt overgeschakeld op koelbedrijf stuurt de ontvangstmodule de stelaandrijver van de groep van de badkamer dicht. Als er in de badkamer zou worden gekoeld, zou er condensvorming ontstaan omdat een badkamer een hoge relatieve vochtigheid heeft.

Als er wordt gekoeld met ventilator convectoren, moet de thermostaat van de convector op de koelstand worden gezet. Deze regeling gaat dan ook omgekeerd werken. Als de ingestelde temperatuur onder de ruimtetemperatuur is, zal de afsluiter worden open gestuurd.

Bij deze regeling is het niet mogelijk om betonactivering toe te passen. Bij betonactivering moet tijdens koelbedrijf een afsluiter worden aangestuurd, dit is met de zend- en ontvangstmodule niet mogelijk,



5.6 Conclusie deelonderzoek I

Uit het onderzoek van het 2-pijps systeem en de afgifteregeling, zijn een aantal conclusies gekomen.

Bij een 2-pijps systeem zijn er twee mogelijkheden:

1. Verwarmen
2. Verwarmen en koelen

In de woning kan ieder vertrek apart worden geregeld.

Bij het systeem met verwarmen en koelen kunnen de bewoners niet zelf kiezen tussen verwarmen of koelen. Ze zijn afhankelijk van de regeling van het centrale systeem. Staat het systeem op verwarmen kan er in de woningen alleen worden verwarmd. Staat het systeem in koelbedrijf, kan er in de woningen alleen worden gekoeld.

Er kan worden verwarmd en gekoeld via de vloer en met ventilator convectoren.

Het toepassen van betonactivering is bij een 2-pijps systeem niet mogelijk, omdat de zend- en ontvangstmodule niet een afsluiter voor de verdeler van de betonactivering kan opensturen tijdens koelbedrijf.

Vanuit de technische ruimte gaan er twee leidingen naar de woningen. De aanleg van het systeem en de regeling daarvan zijn redelijk eenvoudig.

Er zijn drie verschillende opwekkingsmogelijkheden.

1. Bivalent cv-ketel + warmtepomp en eventueel zonenergie.
2. Monovalent warmtepompen en eventueel zonenergie.
3. Monovalent cv-ketel + koelmachine en eventueel zonenergie.

Afhankelijk van het gebied kunnen deze systemen worden toegepast. Bij gebrek aan gas infrastructuur kan mogelijkheid 2 worden toegepast. In gebieden waar geen bronsysteem kan worden toegepast is mogelijkheid 3 een optie.

De bereiding van het warme tapwater gebeurt centraal in de technische ruimte, daarom zal er voor een appartement met een 2-pijps systeem een legionella beheersplan moeten worden geschreven.



6. Deelonderzoek 2: 3-pijps systeem

6.1 Inleiding

In dit deelonderzoek is het 3-pijps systeem onderzocht. Tijdens het onderzoek is gekeken naar het principe van een 3-pijps systeem. Verder is er gekeken naar de mogelijke manieren van het opwekken van warm en koel water, en wat de afgifte mogelijkheden zijn per appartementwoning. Als laatste wordt de conclusie van dit deelonderzoek beschreven.

6.2 Uitleg 3-pijps systeem

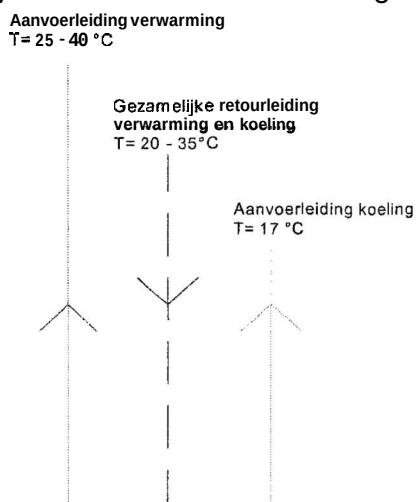
Een 3-pijps systeem bestaat uit een aanvoerleiding voor verwarming, een aanvoerleiding voor koeling en een gezamenlijke retourleiding voor de verwarming en koeling (figuur 7). Bij een 3-pijps systeem kan het verwarmingswater weersafhankelijk worden geregeld. Er kan ook voor constant een aanvoertemperatuur van 40°C worden gekozen. In dit geval wordt de aanvoertemperatuur in de woningen door middel van menging met het retourwater geregeld. Hier wordt in §6.5 verder ingegaan.

Het voordeel van dit systeem is dat er per woning kan worden gekozen om te verwarmen of koelen. De bewoners van een appartement zijn niet, zoals bij een 2-pijps systeem, afhankelijk van de buitentemperatuur. Ze kunnen altijd kiezen of ze willen verwarmen of koelen.

Het nadeel van dit systeem is dat er drie (dikke) leidingen door heel het appartement lopen. Een ander nadeel is dat het retourwater van de verwarming en koeling zich zal gaan mengen. Hierdoor zal er meer moeten worden verwarmd en gekoeld om aan de juiste aanvoertemperaturen te komen.

In praktijk zal dit waarschijnlijk niet hele grote verliezen opleveren, als er in een woning wordt gekoeld is het buiten meestal rond de 18°C , de aanvoertemperatuur van het verwarmingswater is dan rond de 30°C en heeft dan een retourtemperatuur van ongeveer 24 á 25°C . De retourtemperatuur van koelwater ligt ongeveer rond de 21°C . Er is dan maar een gering verlies.

Een 3-pijps systeem zal zeer goed moeten worden ingeregeld. Dit komt door de gezamenlijke retour. Deze zal in balans moeten zijn met de twee aanvoerleidingen.



Figuur 7. 3-pijps systeem



6.3 *Bivalent opwekkingssysteem*

6.3.1 Inleiding

Net als bij het 2-pijps systeem wordt er bij het 3-pijps systeem onderscheid gemaakt tussen een bivalent en een monovalent opwekkingssysteem.

Een bivalent opwekkingssysteem is een systeem dat door middel van twee apparaten warm en/of koel water opwekt. Bij warm water gebeurt dit door een combinatie van een warmtepomp en een cv-ketel. Het koel water wordt opgewekt via de bron van de warmtepomp.

Bij een 3-pijps bivalent opwekkingssysteem zijn er twee systemen die voor Nathan Import/Export B.V. van belang zijn:

- Warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel
- Warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel en zonne-energie



6.3.2 Warmtelkoude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel

Aan de hand van het schema in *bijlage 3.1* wordt de bivalente warmte/koude opwekking via een warmtepomp en cv-ketel behandeld.

Verwarming

Het water in het buffervat zal hoofdzakelijk worden verwarmd door de warmtepomp. In geval van veel warmtevraag, of een defect aan de warmtepomp kan de cv-ketel bijspringen om het buffervat op de gewenste temperatuur te houden. De temperatuur in het buffervat wordt weersafhankelijk geregeld. Of constant op 40°C gehouden. Dit is afhankelijk van het afgiftesysteem in de woning. Hierover in hoofdstuk 5.4 meer.

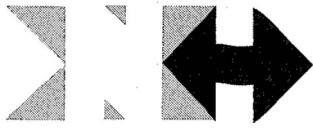
Koeling

Voor het opwekken van koel water wordt er gebruik gemaakt van de bron van de warmtepomp. Het water in deze bron is ongeveer 10°C. Dit water gaat door een warmtewisselaar en koelt het water in het koelsysteem af van ongeveer 21°C tot 14 á 15°C. Het gekoelde water wordt dan verder getransporteerd naar een open verdeler in de aanvoerleiding. Dit water wordt dan gemengd met de rest van het systeemwater en gaat dan met een temperatuur van 17°C naar de woningen in het appartement.

Na de openverdeler zit een temperatuuropmeter. Deze meet of de aanvoertemperatuur van de koeling 17°C is. Als de temperatuur te hoog is zal de toerengeregelde pomp harder gaan draaien tot de gewenste temperatuur is bereikt. Als de temperatuur te laag is zal de pomp zachter gaan draaien.

Een toerengeregelde pomp heeft een minimale flow, hij blijft op z'n laagste stand altijd zachtjes draaien. Mocht de temperatuur in dit geval dan nog te laag zijn, dan kan er door middel van de driewegklep retourwater in de aanvoerleiding worden geïnjecteerd. Hierdoor kan er dan toch een temperatuur van 17°C worden gehaald.

De gezamenlijke retourleiding van de verwarming en koeling wordt aangesloten op het buffervat, en de koel aanvoerleiding.



6.3.3 Warmtelkoude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel en zonne-energie

In **bijlage** 3.2 wordt de bivalente warmtelkoude opwekking via een warmtepomp, cv-ketel en zonne-energie weergegeven. Dit systeem zal in de volgende paragraaf worden behandeld.

Verwarming

In principe werkt **dit** systeem hetzelfde als het systeem van "warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel". Het enige verschil is dat het buffervat ook wordt verwarmd door zonne-energie. Hierdoor zal er bij zonneschijn een deel of al het "werk van de warmtepomp en/of cv-ketel worden overgenomen. Het gasverbruik zal in deze situatie lager zijn. Het vermogen van de warmtepomp en cv-ketel kan echter niet lager zijn, omdat deze genoeg vermogen moet leveren bij koude en niet zonnige dagen.

De warmte die wordt verkregen door zonne-energie wordt tevens voor een deel gebruikt om "warmte" terug te geven aan de bron. Door een open verdeler in de retourleiding van het bron systeem te zetten wordt er warmte aan het grondwater toegevoegd. Hierdoor blijft de temperatuur van het grondwater in evenwicht.

Tevens zal in praktijk de zonne-energie ook gebruikt worden voor het verwarmen van het tapwater.

Een andere manier om warmte terug te geven aan de bron is door middel van:

- Warmteterugwinning van de afgezogen lucht
- Asfalt collector (horizontale bodemwisselaar)
- Atrium koeling

Koeling

Dit systeem werkt hetzelfde als het koelsysteem van "warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel" in § 6.3.2.

Toepassing

Deze bivalente systemen worden in praktijk bij een 3-pijps systeem het meeste toegepast, omdat met behulp van de cv-ketel en zonne-energie het voorraadvat van het warme tapwater kan worden verwarmd.



6.4 Monovalent opwekkingssysteem

6.4.1 Inleiding

Een monovalent opwekkingssysteem is een systeem dat door middel van één apparaat warmt en/of koud water **opwekt**. Bij warm water kan dit door bijvoorbeeld een warmtepomp of cv-ketel. Bij koud water is dit mogelijk via de bron van de warmtepomp of met een koelmachine.

In dit rapport worden vier verschillende monovalente opwekkingssystemen behandeld die voor Nathan Import/Export B.V. het meest van toepassing zijn.

De vier meest voorkomende monovalente opwekkingssystemen zijn:

- Warmte/koude opwekking via een warmtepomp
- Warmte/koude opwekking via een warmtepomp en zonne-energie
- Warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine
- Warmte opwekking via een cv-ketel/zonne-energie en koude opwekking via een koelmachine



6.4.2 Warmte/koude opwekking via een warmtepomp

Het systeem "monovalente warmte/koude opwekking via een warmtepomp" zal aan de hand van *bijlage 3.3* worden behandeld.

Verwarming

Het verwarmen van het buffervat gebeurt door 2 warmtepompen. Er zijn 2 redenen waarom er wordt gekozen voor 2 warmtepompen:

1. Bij eventueel defect aan een warmtepomp kan de andere het verwarmen overnemen. Hiermee wordt uitgesloten dat het appartement zonder verwarming komt te zitten.
2. Het totale vermogen wordt verdeeld over twee warmtepompen. De eerste warmtepomp heeft $\frac{1}{3}$ van het totale vermogen en de andere heeft $\frac{2}{3}$ van het totale vermogen. Op deze manier wordt de warmtepomp optimaal benut. Bij een lage warmtevraag schakelt de warmtepomp met $\frac{1}{3}$ van het totale vermogen in. Bij een gemiddelde warmtevraag wordt de warmtepomp met $\frac{2}{3}$ van het totale vermogen ingeschakeld. En bij een hoge warmtevraag worden beide warmtepompen ingeschakeld. Er kan nu in drie fases worden verwarmd.
Bij een ander type warmtepomp, namelijk met twee compressoren, kan er met twee warmtepompen ook worden verwarmd in vier fases. Bij bijvoorbeeld een totaal vermogen van 120 KW worden er twee warmtepompen van 60 KW genomen. Doordat deze zijn voorzien van twee compressoren kan elke warmtepomp op 30 KW of 60 KW draaien. Met twee warmtepompen kan er in vier fases van **25%** worden verwarmd.
De aanvoertemperatuur wordt net als bij het bivalente systeem weersafhankelijk geregeld of op constant 40°C gehouden.

Koeling

Het koelen werkt op exact dezelfde manier als bij het bivalente systeem



6.4.3 Warmtelkoude opwekking via een warmtepomp en zonne-energie

In **bijlage 3.4** staat de monovalente warmtelkoude opwekking via een warmtepomp en zonne-energie. Welke wordt behandeld in deze paragraaf.

Verwarming

In principe werkt dit systeem hetzelfde als het systeem van "warmte/koude opwekking via een warmtepomp". Het enige verschil is dat het **buffervat** ook wordt verwarmd door **zonne-energie**. Hierdoor zal er bij zonneschijn een deel of al het "werk" van de warmtepomp worden overgenomen. Het vermogen van de warmtepomp kan echter niet lager zijn, omdat deze **genoeg** vermogen moet leveren bij koude en niet zonnige dagen.

De warmte die wordt verkregen door zonne-energie wordt ook hier voor een deel gebruikt om "warmte" terug te geven aan de bron. Door een open verdeler in de retourleiding van het bronsysteem te zetten wordt er warmte aan het grondwater toegevoegd. Hierdoor blijft de temperatuur van het grondwater in evenwicht.

Koeling

Het koelen werkt op exact dezelfde manier als bij het bivalente systeem.

Toepassing

Systemen met **alleen** een warmtepomp worden voornamelijk toegepast in gebieden waar geen **gas infrastructuur** beschikbaar is. Voor de bereiding van warm **tapwater** kan er een hoge temperatuur warmtepomp worden toegepast. Deze heeft echter niet zo'n hoog rendement als **een** "gewone" warmtepomp die met lagere temperaturen werkt.



6.4.4 Warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine

Het schema van **bijlage 3.5** geeft het systeem "warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine" weer en zal worden behandeld worden in de volgende paragraaf.

Verwarming

De cv-ketel zorgt ervoor dat het buffervat wordt **verwamt**. De aanvoertemperatuur kan ook hier **weersafhankelijk** worden geregeld of op 40°C worden gehouden.

Koeling

Het water wordt gekoeld door een koelmachine. Uit de koelmachine komt water met een temperatuur **van 12°C**. De driewegklep stuurt het water naar de open verdeler in de **aanvoerleiding** of naar het buffervat waar het water op 12°C wordt gehouden.

In de **open verdeler** wordt het water van 12°C gemengd met het retourwater, en gaat het met een temperatuur **van 17°C** naar de appartementen.



6.4.5 Warmte opwekking via een cv-ketel/zonne-energie en koude opwekking via een koelmachine

Het laatste monovalente systeem "warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine" staat op **bijlage** 3.6 en wordt in deze paragraaf behandeld.

Verwarming

Dit opwekkingssysteem verschilt weinig met het vorige systeem van "Warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine". Het verschil is dat het verwarmen van het buffervat nu door de cv-ketel en zonne-energie gebeurt. De zonne-energie zal een deel van het opwarmen van het buffervat overnemen van de cv-ketel. De ketel zal minder vaak branden en ook het gasverbruik zal minder zijn.

Koeling

Het koelen werkt op exact dezelfde manier als bij "Warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine" systeem.

Toepassing

Dit systeem zal worden toegepast in gebieden waar het niet mogelijk is om een warmtepomp te plaatsen. Een reden hiervoor kan zijn dat de bodem niet geschikt is voor het maken van een bron voor de warmtepomp.



6.5 Regeling verwarmen/koelen per appartement

6.5.1 Inleiding

Bij een 3-pijps systeem is er de mogelijkheid om per appartement te verwarmen of te koelen. Dit kan door middel van vloerverwarming/koeling of door ventilator convectoren. Tevens is het bij dit systeem mogelijk om betonactivering (koelen via het plafond) toe te passen.

6.5.2 Verwarmen/koelen via vloer en convectoren

In *bijlage* 3.7 staat een schema van verwarmen en koelen via de vloer. Bij dit schema is de aanvoertemperatuur centraal geregeld. Deze varieert van 25 tot 40°C. De regeling van dit systeem bestaat uit de volgende onderdelen.

- Optimiser
- Zend- en ontvangstmodule
- Ruimte thermostaat
- Stelaandrijvers
- Referentie thermostaat

De referentie thermostaat kan worden opgehangen een ruimte in de woning (meestal woonkamer) of buiten. Deze thermostaat meet de temperatuur en geeft deze door aan de optimiser. De optimiser kan worden ingesteld op welke temperatuur er moet worden geschakeld tussen verwarmen en koelen. Als de thermostaat in de woonkamer hangt zal het omschakelpunt rond de 24°C liggen. Deze heeft een instelbare wachttijd die standaard staat ingesteld op 60 minuten. Hierdoor wordt voorkomen dat er voortdurend zal worden geschakeld tussen verwarmen en koelen.

Als de thermostaat buiten hangt zal het omschakelpunt rond de 21°C liggen. Ook hier kan een wachttijd worden ingesteld.

Tijdens verwarmingsbedrijf zal de optimiser de afsluiter in de verwarming aanvoerleiding open sturen. Bij het omschakelen naar koelbedrijf wordt deze afsluiter gesloten en wordt de afsluiter van de koelwater aanvoerleiding open gestuurd.

Nu de optimiser weet of er moet worden verwarmd of worden gekoeld, wordt dit doorgegeven aan de zend- en ontvangstmodule. Deze staat in contact met de ruimtethermostaten. Mocht er tijdens verwarmingsbedrijf warmtevraag in een ruimte zijn, stuurt de zend- en ontvangstmodule de stelaandrijver(s) van de bijbehorende groep(en) open.

Tijdens koelbedrijf werkt de regeling in principe hetzelfde. De zend- en ontvangstmodule is nu door de optimiser op de koelstand gezet. Als de ruimtethermostaten nu onder de ruimtetemperaatuur staan ingesteld zal de zend- en ontvangstmodule de stelaandrijvers weer aansturen. De optimiser stuurt tijdens koelbedrijf de stelaandrijver van de badkamergroep dicht. Dit is noodzakelijk omdat er in de badkamer een hoge relatieve vochtigheid heerst. Als er dan wordt gekoeld zal er condensvorming ontstaan.



Op de verdeler is **een** condensatievoeler geplaatst. Als de condensatievoelertijdens koelbedrijf, op basis van de **ingestelde** gevoeligheid, het gevaar van condenswatervorming **waarneemt**, **dan** wordt de afsluiter **in** de koelwater aanvoerleiding gesloten. Bestaat er **geen condensgevaar meer** dan wordt de afsluiter weer geopend.

In het schema dat op bijlage 3.9 staat is de regeling van een systeem met een **constante aanvoertemperatuur** van 40°C. De regeling van verwarmen en koelen werkt hetzelfde als de regeling van *bijlage* 3.7. Het verschil bij dit systeem is dat de aanvoertemperatuur van de verwarming door **de** optimiser wordt bepaald. Door het retourwater met het aanvoerwater te mengen kan **zo de** gewenste aanvoertemperatuur bereikt worden. Deze wordt **gemeten** door **de** temperatuur **meter** die in de verdeler is geplaatst, en is gekoppeld aan de optimiser. De **juiste aanvoertemperatuur** wordt geregeld door het open en dicht sturen van de afsluiter in de aanvoerleiding.

Wordt er **gekozen** voor een constante aanvoertemperatuur van 40°C, dan hebben de leidingen vanuit de **technische** ruimte een kleinere diameter dan de leidingen van een systeem met **centrale weersafhankelijke** regeling. Dit komt doordat er met een hoge AT wordt gewerkt.

Bij een systeem met ventilator convector wordt er op de groep van de convector geen stelaandrijver geplaatst. Dit komt doordat de convector een eigen regeling heeft. Deze regeling staat op *bijlage* 7.1.

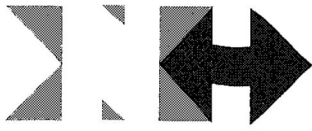
De ventilator convector is voorzien van een thermostaat. Deze thermostaat is in te stellen op verwarmen of koelen. Als de thermostaat op de verwarmingsstand staat zal deze bij warrntevraag de afsluiter in de aanvoerleiding open sturen zodat er warm water door de convector stroomt.

Tijdens koelbedrijf moet de thermostaat van de convector op de koelstand worden gezet. Deze regeling **gaat dan** omgekeerd werken. Als de ingestelde temperatuur onder de ruimtetemperatuur is, zal **de afsluiter** worden open gestuurd.

6.5.3 Koelen met betonactivering

Bij appartementen met betonactivering is de regeling nagenoeg hetzelfde als bij Verwarmen/koelen via vloer en convectoren. Op *bijlage* 3.8 en 3.10 is te zien dat voor betonactivering **een aparte** verdeler nodig is. In de aanvoerleiding voor de verdeler is een afsluiter geplaatst welke door de optimiser bij koelbedrijf open wordt gestuurd. Bij het maken van de betonplaten zal er rekening moeten worden gehouden met de badkamer. In het beton boven d e badkamer mogen **geen** leidingen worden gelegd. Hierdoor wordt voorkomen dat er in de badkamer wordt gekoeld.

In *bijlage* 7.2 staat een systeem met betonactivering en ventilator convectoren. De regeling van de convector is hetzelfde als de regeling van *bijlage* 7.1.



6.6 Conclusie deelonderzoek 2

Uit het onderzoek van het 3-pijps systeem en de afgifteregeling, zijn een aantal conclusies gekomen.

De vertrekken in de woningen van het appartement kunnen allen apart worden geregeld.

Het is mogelijk om met een 3-pijps systeem te verwarmen en te koelen. De bewoners kunnen zelf kiezen tussen of ze in hun woning willen verwarmen of koelen.

Er kan worden verwarmd en gekoeld via de vloer en met ventilator convectoren.

Met dit systeem is het mogelijk om betonactivering toe te passen. De regelaar in de woningen kan een afsluiter voor de verdeler van de betonactivering open sturen tijdens koelbedrijf. Het comfort in de woning zal tijdens koelbedrijf hoger zijn dan bij alleen vloerkoeling.

Bij een 3-pijps systeem wordt het retourwater gemengd. Hierdoor wordt er niet optimaal met de opgewekte energie omgegaan. Het verwarmingswater zal in dit systeem verder afkoelen dan bij een apart systeem omdat er ook retourwater van het koelsysteem bij wordt bijgemengd. Dit geldt ook andersom. Het retourwater van het koelsysteem wordt gemengd met het retourwater van de verwarming. Deze verwarmd het gekoelde water meer dan bij een gescheiden systeem.

De aanvoertemperatuur kan centraal worden geregeld aan de hand van de buitentemperatuur of in de woning, dit gebeurt aan de hand van de buitentemperatuur of ruimtetemperatuur. Als het in de woning wordt geregeld, komt er verwarmingswater met een temperatuur van 40°C in de woningen aan en zullen de leidingen vanuit de technische ruimte een kleinere diameter hebben.

Doordat er een gezamenlijke retour is, is het regelen van dit systeem niet eenvoudig. Er zijn drie verschillende opwekkingsmogelijkheden.

- 1 Bivalent cv-ketel + warmtepomp en eventueel zonenergie.
- 2 Monovalent warmtepompen en eventueel zonenergie.
- 3 Monovalent cv-ketel + koelmachine en eventueel zonenergie.

Afhankelijk van het gebied kunnen deze systemen worden toegepast. Bij gebrek aan gas infrastructuur kan mogelijkheid 2 worden toegepast. In gebieden waar geen bronsysteem kan worden toegepast is mogelijkheid 3 een optie.

De bereiding van het warme tapwater gebeurt centraal in de technische ruimte, daarom zal er voor een appartement met een 3-pijps systeem een legionella beheersplan moeten worden geschreven.



7. Deelonderzoek 3: 4-pijps systeem

7.1 Inleiding

In dit deelonderzoek is het 4-pijps systeem onderzocht. Tijdens het onderzoek is gekeken naar het principe van een 4-pijps systeem. Verder is er gekeken naar de mogelijke manieren van het opwekken van warm en koel water, en wat de afgifte mogelijkheden zijn per appartementwoning. De conclusie van dit deelonderzoek zal als laatste worden beschreven.

7.2 Uitleg 4-pijps systeem

Een 4-pijps systeem bestaat uit een aanvoer- en retourleiding voor verwarming, en een aanvoer- en retourleiding voor koeling (figuur 8).

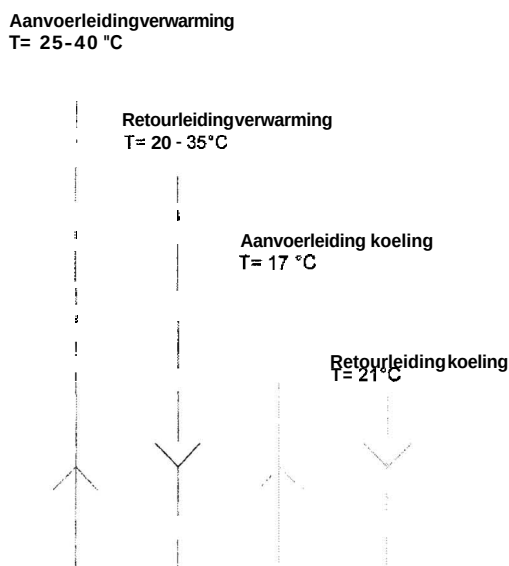
Ook bij een 4-pijps systeem kan het verwarmingswater weersafhankelijk worden geregeld en er kan ook voor constant een aanvoertemperatuur van 40°C worden gekozen. Dit is afhankelijk van het afgiftesysteem in de woningen. Hier wordt in §7.5 verder op ingegaan.

De aanvoertemperatuur van het koelsysteem zal altijd 17°C zijn.

Het voordeel van dit systeem is dat er, net als bij het 3-pijps systeem, per woning kan worden gekozen om te verwarmen of koelen. De bewoners van een appartement zijn niet, zoals bij een 2-pijps systeem, afhankelijk van de buitentemperatuur. Ze kunnen altijd kiezen of ze willen verwarmen of koelen.

Verder is er bij een 4-pijps systeem het voordeel dat het retourwater niet wordt gemengd zoals bij een 3-pijp systeem.

Met nadeel van dit systeem is dat er 4 leidingen door het appartement moeten lopen.



Figuur 8.4-pijps systeem



7.3 Bivalent opwekkingssysteem

7.3.1 Inleiding

Ook bij een 4-pijps systeem wordt er onderscheid gemaakt tussen een bivalent en monovalent opwekkingssysteem.

Een bivalent opwekkingssysteem is een systeem **dat** door middel van twee apparaten warmt en/of koel water opwekt. Bij warmt water gebeurt dit door **een** combinatie van een warmtepomp en een cv-ketel. **Het** koel water wordt opgewekt via de bron van de warmtepomp.

Bij een 4-pijps bivalent opwekkingssysteem zijn er twee systemen die voor Nathan Import/Export B.V. van belang zijn:

- Warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel
- Warmte/koude opwekking via een warmtepompcv-ketelen zonne-energie



7.3.2 Warmtelkoude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel

Aan de hand van het schema in *bijlage 4.1* wordt de bivalente warmte/koude opwekking via een warmtepomp en cv-ketel behandeld.

Verwarming

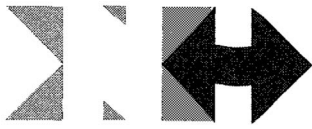
Het water in het buffervat zal hoofdzakelijk worden verwarmd door de warmtepomp. In geval van veel warmtevraag, of een defect aan de warmtepomp kan de cv-ketel bijspringen om het buffervat op de gewenste temperatuur te houden. De temperatuur in het buffervat kan ook hier weersafhankelijk worden geregeld of op 40°C worden gehouden.

Koeling

Voor het opwekken van koel water wordt er gebruik gemaakt van de bron van de warmtepomp. Het water in deze bron is ongeveer 10°C. Dit water gaat door een warmtewisselaar en koelt het water in het koelsysteem van 21°C af tot 14 á 15°C. Het gekoelde water wordt dan verder getransporteerd naar een open verdeler in de aanvoerleiding. Dit water wordt dan gemengd met het retourwater van de koeling en gaat dan met een temperatuur van 17°C naar de woningen in het appartement.

Na de openverdeler zit een temperatuuropmeter. Deze meet of de aanvoertemperatuur van de koeling 17°C is. Als de temperatuur te laag is zal de driewegklep meer retourwater laten doorstromen zodat de temperatuur hoger wordt.

Bij een te hoge temperatuur zal de driewegklep de retourwater toevoer verder sluiten zodat de temperatuur lager wordt.



7.3.3 Warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel en zonne-energie

In *bijlage* 4.2 wordt de bivalente warmte/koude opwekking via een warmtepomp, cv-ketel en zonne-energie weergegeven.

Verwarming

In principe werkt dit systeem hetzelfde als het systeem van "warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel". Het enige verschil is dat het buffervat ook wordt verwarmd door zonne-energie. Hierdoor zal er bij zonneschijn een deel of al het "werk" van de warmtepomp en/of cv-ketel worden overgenomen. Het gasverbruik zal in deze situatie lager zijn. Het vermogen van de warmtepomp en cv-ketel kan echter niet lager zijn, omdat deze genoeg vermogen moet leveren bij koude en niet zonnige dagen.

De warmte die wordt verkregen door zonne-energie wordt tevens voor een deel gebruikt om "warmte" terug te geven aan de bron. Door een open verdeler in de retourleiding van het bron systeem te zetten wordt er warmte aan het grondwater toegevoegd. Hierdoor blijft de temperatuur van het grondwater in evenwicht.

In praktijk zal de zonne-energie ook gebruikt worden voor het verwarmen van het tapwater.

Een andere manier om warmte terug te geven aan de bron is door middel van:

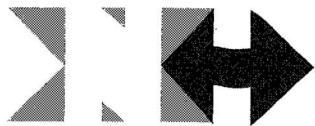
- Warmteterugwinning van de afgezogen lucht
- Asfalt collector (horizontale bodemwisselaar)
- Atrium koeling

Koeling

Dit systeem werkt hetzelfde als het koelsysteem van "warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel".

Toepassing

Deze bivalente systemen worden in praktijk bij een 4-pijps systeem het meeste toegepast. Omdat met behulp van de cv-ketel en zonne-energie het voorraadvat van het warme tapwater kan worden verwarmd. Het is voor de gebruiker gunstiger om een cv-ketel en warmtepomp te nemen omdat twee warmtepompen financieel niet aantrekkelijk is.



7.4 Monovalent opwekkingssysteem

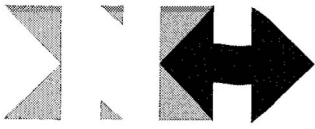
7.4.1 Inleiding

Een monovalent opwekkingssysteem is een systeem dat door middel van **één** apparaat **warmt en/of** koud water opwekt. Bij warm water kan dit door bijvoorbeeld een warmtepomp af **cv-ketel**. Bij koud water is dit mogelijk via de bron van de warmtepomp of met een koelmachine.

In dit rapport worden vier verschillende monovalente opwekkingssystemen behandeld, **welke voor** Nathan Import/Export B.V. het meest van toepassing zijn.

De vier **monovalente** opwekkingssystemen zijn:

- **Warmte/koude** opwekking via een warmtepomp
- **Warmte/koude** opwekking via een warmtepomp en zonne-energie
- Warmte apwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine
- **Warmte** apwekking via een cv-ketel/**zonne-energie en** koude opwekking via een koelmachine



7.4.2 Warmte/koude opwekking via een warmtepomp

Het systeem "monovalentewarmte/koude opwekking via een warmtepomp" zal aan de hand van *bijlage 4.3* worden behandeld..

Verwarming

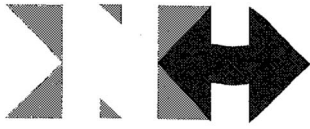
Voor het verwarmen van het buffervat verschilt dit systeem niets ten opzichte van het 3-pijps systeem.

Het verwarmen van het buffervat gebeurt door 2 warmtepompen. Er zijn 2 redenen **waarom** er wordt gekozen voor 2 warmtepompen:

1. Bij eventueel defect aan 1 warmtepomp kan de andere het verwarmen overnemen. Hiermee wordt uitgesloten dat het appartement zonder verwarming komt te zitten.
2. Het totale vermogen wordt verdeeld over 2 warmtepompen. De eerste warmtepomp heeft 1/3 van het totale vermogen en de andere heeft 2/3 van het totale vermogen. Op deze manier wordt de warmtepomp optimaal benut. Bij een lage warmtevraag schakelt de warmtepomp met 1/3 van het totale vermogen in. Bij een gemiddelde warmtevraag wordt de warmtepomp met 2/3 van het totale vermogen ingeschakeld. En bij een hoge warmtevraag worden beide warmtepompen ingeschakeld. Er kan nu in drie fases worden verwarmd.
Bij een ander type warmtepomp, namelijk met twee compressoren, kan er met twee warmtepompen ook worden verwarmd in vier fases. Bij bijvoorbeeld een totaal vermogen van 120 KW worden er twee warmtepompen van 60 KW genomen. Doordat deze zijn voorzien van twee compressoren kan elke warmtepomp op 30 KW of 60 KW draaien. Met twee warmtepompen kan er in vier fases van 25% worden verwarmd.
De aanvoertemperatuur wordt net als bij het bivalente systeem weersafhankelijk geregeld en op constant 40°C gehouden.

Koeling

Het koelen werkt op exact dezelfde manier als bij het bivalente systeem



7.4.3 Warmte/koude opwekking via een warmtepomp en zonne-energie

In **bijlage 4.4** staat de monovalente warmte/koude opwekking via een warmtepomp en zonne-energie. Welke wordt behandeld in deze paragraaf.

Verwarming

In principe werkt dit systeem hetzelfde als het systeem van "warmte/koude opwekking via een warmtepomp". Het enige verschil is dat het buffervat ook wordt verwarmd door zonne-energie. Hierdoor zal er bij zonneschijn een deel of al het "werk" van de warmtepomp worden overgenomen. Het vermogen van de warmtepomp kan echter niet lager zijn, omdat deze genoeg vermogen moet leveren bij koude en niet zonnige dagen.

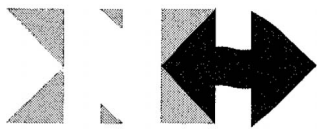
De warmte die wordt verkregen door zonne-energie wordt ook hier voor een deel gebruikt om "warmte" terug te geven aan de bron. Door een open verdeler in de retourleiding van het bronsysteem te zetten wordt er warmte aan het grondwater toegevoegd. Hierdoor blijft de temperatuur van het grondwater in evenwicht.

Koeling

Het koelen werkt op exact dezelfde manier als bij het bivalente systeem.

Toepassing

Systemen met alleen een warmtepomp worden voornamelijk toegepast in gebieden waar geen gas infrastructuur beschikbaar is. Voor de bereiding van warm tapwater kan er een hoge temperatuur warmtepomp worden toegepast. Deze heeft echter niet zo'n hoog rendement als een "gewone" warmtepomp die met lagere temperaturen werkt.



7.4.4 Warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine

Het schema van *bijlage 4.5* geeft het systeem "warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine" weer en zal worden behandeld worden in de volgende paragraaf.

Verwarming

De cv-ketel zorgt ervoor dat het buffervat wordt **verwamt**. De aanvoertemperatuur kan ook hier weersafhankelijk worden geregeld of op 40°C worden gehouden.

Koeling

Het water wordt **gekoeld** door een koelmachine. Uit de koelmachine **komt** water met een temperatuur van **12°C**. De driewegklep **stuurt** het water naar de open verdeler in de **aanvoerleiding** of naar het buffervat waar het water op 12°C wordt gehouden.

In de **open verdeler** wordt het water van 12°C gemengd met het retouwater, en gaat het met een temperatuur van 17°C naar de appartementen.



7.4.5 Warmte opwekking via een cv-ketel/zonne-energie en koude opwekking via een koelmachine

Het laatste monovalente systeem "warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine" staat op *bijlage 4.6* en wordt in deze paragraaf behandeld.

Verwarming

Dit opwekkingssysteem verschilt weinig met het vorige systeem van "Warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine". Het verschil is dat het verwarmen van het buffervat nu door de cv-ketel en zonne-energie gebeurt. Hierdoor wordt er een deel van het opwarmen overgenomen van de cv-ketel door de zonne-energie. De ketel zal minder vaak branden en **ook** het gasverbruik zal minder zijn.

Koeling

Het koelen werkt op exact dezelfde manier als bij "Warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine" systeem.

Toepassing

Dit systeem zal worden toegepast in gebieden waar het niet mogelijk is om een warmtepomp te plaatsen. Een reden hiervoor kan zijn dat de bodem niet geschikt is voor het maken van een bron voor de warmtepomp.



7.5 Regeling verwarmen/koelen per appartement

7.5.1 Inleiding

Bij een 3-pijp systeem is er de mogelijkheid om per appartement te verwarmen of te koelen. Dit kan door middel van vloerverwarming/koeling of door ventilator convectoren. Tevens is het bij dit systeem mogelijk om betonactivering (koelen via het plafond) toe te passen.

7.5.2 Verwarmen/koelen via vloer en convectoren

In bijlage 4.7 staat een schema van verwarmen en koelen via de vloer. Bij dit schema is de aanvoertemperatuur centraal geregeld. Deze varieert van 25 tot 40°C. De regeling van dit systeem bestaat uit de volgende onderdelen.

- Optimiser
- Zend- en ontvangstmodule
- Ruimte thermostaat:
- Stelaandrijvers
- Referentie thermostaat

De referentie thermostaat kan worden opgehangen een ruimte in de woning (meestal woonkamer of buiten). Deze thermostaat meet de temperatuur en geeft deze door aan de optimiser. De optimiser kan worden ingesteld op de temperatuur waarbij er moet worden geschakeld tussen verwarmen en koelen. Als de thermostaat in de woonkamer hangt zal het omschakelpunt rond de 24°C liggen. Deze heeft een instelbare wachttijd die standaard staat ingesteld op 60 minuten. Hierdoor wordt voorkomen dat er voortdurend zal worden geschakeld tussen verwarmen en koelen.

Als de thermostaat buiten hangt zal het omschakelpunt rond de 21°C liggen. Ook hier kan een wachttijd worden ingesteld.

Tijdens verwarmingsbedrijf zal de optimiser de afsluiters van de verwarmingsleidingen open worden gestuurd. Bij het omschakelen naar koelbedrijf worden deze afsluiters weer gesloten en wordt de afsluiters van de koelwaterleidingen open gestuurd.

Nu de optimiser weet of er moet worden verwarmd of gekoeld, wordt dit doorgeven aan de zend- en ontvangstmodule. Deze staat in contact met de ruimtethermostaten. Mocht er tijdens verwarmingsbedrijf warmtevraag in een ruimte zijn dan stuurt de zend- en ontvangstmodule de stelaandrijver(s) van de bijbehorende groep(en) open.

Tijdens koelbedrijf werkt de regeling in principe hetzelfde. De zend- en ontvangstmodule is nu door de optimiser op de koelstand gezet. Als de ruimtethermostaten nu onder de ruimtetemperatuur staan ingesteld zal de zend- en ontvangstmodule de stelaandrijvers aansturen. De optimiser stuurt tijdens koelbedrijf de stelaandrijver van de badkamergroep dicht. Dit is noodzakelijk omdat er in de badkamer een hoge relatieve vochtigheid heerst. Als er dan wordt gekoeld zal er condensvorming ontstaan.

Op de verdeler is een condensatievoeler geplaatst. Als de condensatievoeler tijdens koelbedrijf, op basis van de ingestelde gevoeligheid, het gevaar van condenswatervorming waarneemt, dan



wordt de afsluiter in de koelwater aanvoerleiding gesloten. Bestaat er geen condensgevaar **meer** dan wordt de afsluiter weer geopend.

In het schema dat op *bijlage 4.9* staat is de regeling van een systeem met een constante aanvoertemperatuur van 40°C. De regeling van verwarmen en koelen werkt **hetzelfde** als de regeling van *bijlage 3.7*. Het verschil bij dit systeem is dat de aanvoertemperatuur **van** de verwarming door de optimiser wordt bepaald. Door het retourwater met het aanvoerwater te mengen kan zo de gewenste aanvoertemperatuur bereikt worden. **Deze** wordt **gemeten** door **de** temperatuur meter die in de verdeler is **geplaatst**, en is gekoppeld aan de optimiser. De juiste **aanvoertemperatuur** wordt geregeld door het open en dicht sturen van de afsluiter in de aanvoerleiding.

Wordt er gekozen voor een constante aanvoertemperatuur van 40°C, dan hebben de leidingen vanuit de technische ruimte een kleinere diameter dan de leidingen van een systeem met **centrale** weersafhankelijke regeling. Dit komt doordat er met een hoge AT wordt gewerkt.

Bij een **systeem** met ventilator convector wordt er op de groep van de convector geen stelaandrijver **geplaatst**. Dit komt doordat de convector een eigen regeling heeft. Deze regeling staat op *bijlage 7.1*.

De ventilator convector is voorzien van een thermostaat. Deze thermostaat is in te stellen op **verwarmen** of koelen. Als de thermostaat op de verwarmingsstand staat zal deze bij warmtevraag de afsluiter in de aanvoerleiding open sturen zodat er warm water door de convector stroomt.

Tijdens koelbedrijf moet de thermostaat van de convector op de koelstand worden gezet. Deze regeling **gaat dan** omgekeerd werken. Als de ingestelde temperatuur onder de **ruimtetemperatuur** is, zal de afsluiter worden open gestuurd.

7.5.3 Koelen met betonactivering

Bij appartementen met betonactivering is de regeling nagenoeg hetzelfde als bij Verwarmen/koelen via vloer en convectoren. Op *bijlage 4.8* en *4.10* is te zien dat voor betonactivering een aparte verdeler nodig is. In de aanvoerleiding voor de verdeler is een afsluiter geplaatst welke door de optimiser bij koelbedrijf open wordt gestuurd. Bij het maken van de betonplaten zal er rekening moeten worden gehouden met de badkamer. In het beton boven de badkamer mogen geen leidingen worden gelegd. Hierdoor wordt voorkomen dat er in de badkamer wordt gekoeld.

In *bijlage 7.2* staat een systeem met betonactivering en ventilator convectoren. De regeling van de convector is hetzelfde als de regeling van *bijlage 7.1*.



7.6 Conclusie deelonderzoek 3

Uit het onderzoek van het 4-pijps systeem en de afgifteregeling, zijn een aantal conclusies gekomen.

In de woningen van het appartement kan iedere ruimte apart worden **geregeld**.

Het is mogelijk om met een 4-pijps systeem te verwarmen en koelen. De bewoners **kunnen zelf** kiezen tussen of ze in hun woning willen verwarmen of koelen.

Er kan worden verwarmd en gekoeld via de vloer en met ventilator convectoren.

Met dit systeem is het mogelijk om betonactivering toe te passen. De regelaar in de woningen kan een afsluiter **voor** de verdeler van de betonactivering open sturen tijdens koelbedrijf. Het comfort in de woning zal tijdens koelbedrijf hoger zijn dan bij alleen vloerkoeling.

Bij een 4-pijpa systeem wordt het retourwater van het verwarmingswater en koelwater gescheiden gehouden. **Hierdoor** wordt er optimaal met de opgewekte energie omgegaan omdat er geen opgewarmd water extra wordt afgekoeld. Dit geldt andersom ook voor het koelwater, deze wordt niet onnodig opgewarmd.

De **aanvoertemperatuur** kan centraal worden geregeld aan de hand van de buitentemperatuur of in de woning, dit gebeurt aan de hand van de buitentemperatuur of ruimtetemperatuur. Als het in de woning wordt geregeld, komt er verwarmingswater met een temperatuur van 40°C in de woningen **aan en** zullen de leidingen vanuit de technische ruimte een kleinere diameter hebben.

Door het **verwarmen** en koelen van **elkaar** gescheiden blijft is dit systeem eenvoudig te regelen. Er gaan **vier leidingen** van de technische ruimte naar de woningen.

Er zijn drie verschillende opwekkingsmogelijkheden.

- 1 bivalent cv-ketel + warmtepomp en eventueel zonenergie.
- 2 monovalent warmtepompen en eventueel zonenergie.
- 3 monovalent cv-ketel + koelmachine en eventueel zonenergie.

Afhankelijk van het gebied kunnen deze systemen worden toegepast. Bij gebrek aan gas infrastructuur kan mogelijkheid 2 worden toegepast. In gebieden waar geen bronsysteem kan worden toegepast is mogelijkheid 3 een optie.

De bereiding van het warme tapwater gebeurt centraal in de technische ruimte, daarom zal er voor een appartement met een 4-pijps systeem een legionella beheersplan moeten worden geschreven.



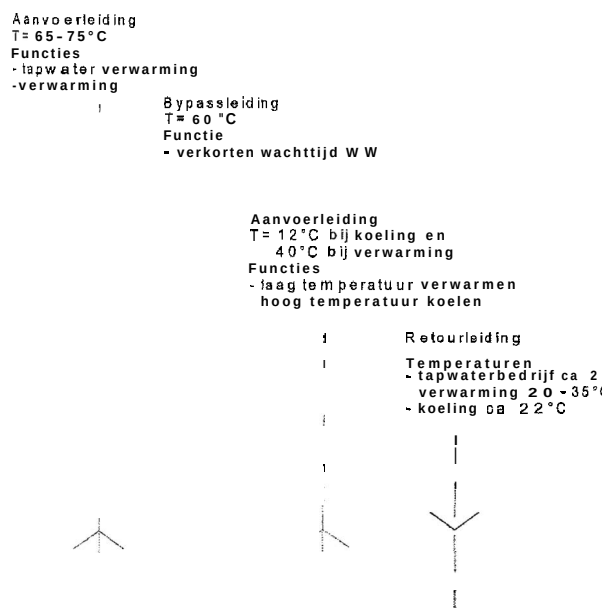
8. Deelonderzoek 4: VKW systeem

8.1 Inleiding

In deelonderzoek 4 wordt het VKW (Verwarmen, Koelen en Warm tapwater) systeem behandeld. In §3.6 is werking van deze unit behandeld. De opwekking van het verwarmings- en koelwater gebeurt centraal. In dit deelonderzoek zullen de verschillende opwekkingssystemen voor het VKW systeem, aan de hand van bijlagen, worden behandeld. Hierbij moet gedacht worden aan bivalents en monovalente systemen. Verder wordt de regeling van het afgiftesysteem behandeld. De conclusie van dit deelonderzoek komt als laatste aan bod.

8.2 Opwekking VKW systeem

Bij een VKW systeem zijn aan de primaire zijde van de VKW unit vier leidingen nodig. Het gaat om een aanvoerleiding van 65-75°C voor het verwarmen van tapwater en eventueel vloerverwarming. Een bypassleiding om er voor te zorgen dat er altijd water van 65-75°C in de VKW unit aanwezig is voor het verwarmen van tapwater. Verder is er een gezamenlijke aanvoerleiding voor het verwarmen (40°C) en koelen (15°C) nodig en een retourleiding van het gehele systeem (figuur 9). Centraal wordt er geregeld of er door de aanvoerleiding verwarmings- of koelwater wordt gestuurd. Het omschakelpunt tussen verwarmen en koelen kan worden ingesteld op een bepaalde buitentemperatuur, bijvoorbeeld 20°C. Wanneer de buitentemperatuur onder die waarde is zal het systeem op verwarmingsbedrijf staan. Er wordt dan warm water door de aanvoerleiding gestuurd. Wanneer de buitentemperatuur boven de waarde komt wordt er overgeschakeld op koelbedrijf. Om te voorkomen dat er voortdurend bij een buitentemperatuur van rond de 20°C wordt geschakeld tussen verwarmen en koelen zit er een wachttijd tussen. Deze kan bijvoorbeeld worden ingesteld om pas om te schakelen als het gemiddeld over 24 uur, warmer is dan 20°C.



Figuur 9. VKW systeem



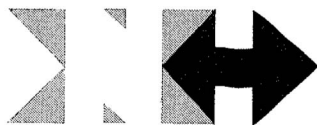
8.3 Bivalent opwekkingssysteem

8.3.1 Inleiding

Een bivalent opwekkingssysteem is een systeem dat door middel van twee apparaten warm en/of koel water opwekt. Bij warm water gebeurt dit door een combinatie van een warmtepomp en een cv-ketel. Het koel water wordt opgewekt via de bron van de warmtepomp.

Bij een VKW bivalent opwekkingssysteem zijn er twee systemen die voor Nathan Import/Export B.V. van belang zijn, namelijk:

- Warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel
- Warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel en zonne-energie



8.3.2 Warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel

Aan de hand van het schema in *bijlage* 5.1 wordt de bivalente warmte/koude opwekking via een warmtepomp en cv-ketel behandeld.

Verwarming

Bij een VKW systeem zijn er twee aanvoerleidingen. De twee aanvoerleidingen hebben een verschillende temperatuur, daarom zijn er ook twee buffervaten nodig. De cv-ketel zal het buffervat van de hoogtemperatuur aanvoerleiding tussen de 65°C en 75°C houden. Het buffervat van de laagtemperatuur aanvoerleiding wordt door de warmtepomp op de juiste temperatuur gehouden. Deze temperatuur is weersafhankelijk geregeld. Bij een defect aan de warmtepomp of bij veel warmtevraag kan de cv-ketel bijspringen om het buffervat op de juiste temperatuur te houden. In de bypassleiding komt het water met een temperatuur van 60°C terug in het hoogtemperatuur buffervat.

Koeling

Voor het opwekken van koel water wordt er gebruik gemaakt van de bron van de warmtepomp. Het water in deze bron is ongeveer 10°C. Dit water gaat door een warmtewisselaar en koelt het water in het koelsysteem af van 22°C tot ongeveer 12°C. Het gekoelde water wordt dan verder getransporteerd naar een open verdeler in de aanvoerleiding. Dit water wordt dan gemengd met de rest van het systeemwater en gaat dan met een temperatuur van 14°C naar de woningen in het appartement. Tijdens koelbedrijf zal de afsluiter, welke in de aanvoerleiding zit die uit het laagtemperatuur buffervat komt, sluiten. Hierdoor wordt voorkomen dat het koelwater door het buffervat stroomt en deze afkoelt.



8.3.3 Warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel en zonne-energie

In **bijlage 5.2** wordt de bivalente warmte/koude opwekking via een warmtepomp, cv-ketel en zonne-energie weergegeven. Dit systeem zal in de volgende paragraaf worden behandeld.

Verwarming

Het principe van dit systeem is hetzelfde als van het systeem van "warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel". Het enige verschil is dat de buffervaten ook wordt verwarmd door zonne-energie, hierdoor zal er bij zonneschijn een deel of al het "werk" van de warmtepomp en/of cv-ketel worden overgenomen. Het gasverbruik zal in deze situatie lager zijn. Het vermogen van de warmtepomp en cv-ketel kan echter niet lager zijn, omdat deze genoeg vermogen moet leveren bij koude en niet zonnige dagen.

De warmte die wordt verkregen door zonne-energie wordt tevens voor een deel gebruikt om "warmte" terug te geven aan de bron. Door een open verdeler in de retourleiding van het bronsysteem te zetten wordt er warmte aan het grondwater toegevoegd. Hierdoor wordt de temperatuur van het grondwater niet te laag.

Een andere manier om warmte terug te geven aan de bron is door middel van:

- Warmterugwinning van de afgezogen lucht
- Asfalt collector (horizontale bodemwisselaar)
- Atrium koeling

Koeling

De koeling in dit systeem werkt hetzelfde als de koeling van "Warmte/koude opwekking via een warmtepomp/cv-ketel" welke in § 8.3.2 staat.

Toepassing

De twee bivalente systemen van § 8.3.2 en 8.3.3 worden toegepast in appartementen waar gas ter beschikking is. Het verwarmen van het hoogtemperatuur buffervat gebeurt hier door een cv-ketel, als dit door een warmtepomp moet gebeuren (§8.4.1) is het financieel niet aantrekkelijk.



8.4 Monovalent opwekkingssysteem

8.4.1 Inleiding

Een monovalent opwekkingssysteem is een systeem dat door middel van één apparaat warm en/of koud water opwekt. Bij warm water kan dit door bijvoorbeeld een warmtepomp of cv-ketel. Bij koud water is dit mogelijk via de bron van de warmtepomp of met een koelmachine.

In dit rapport worden de vier verschillende monovalente opwekkingssystemen behandeld welke voor Nathsn Import/Export B.V. het meest van toepassing zijn.

Deze vier monovalente opwekkingssystemen zijn:

- Warmte/koude opwekking via een warmtepomp
- Warmte/koude opwekking via een warmtepomp en zonne-energie
- Warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine
- Warmte opwekking via een cv-ketel/zonne-energie en koude opwekking via een koelmachine



8.4.2 Warmte/koude opwekking via een warmtepomp

Het systeem "monovalente warmte/koude opwekking via een warmtepomp" zal aan de hand van *bijlage 5.3* worden behandeld.

Verwarming

Voor dit systeem zijn er twee warmtepompen nodig om de twee buffervaten te verwarmen. Voor het verwarmen van het hoogtemperatuur buffervat is er een hoogtemperatuur warmtepomp nodig. Deze warmtepomp kan tot een temperatuur van 70°C verwarmen. Het laagtemperatuur buffervat wordt door een 'normale' warmtepomp op de juiste temperatuur gehouden. Deze temperatuur wordt weersafhankelijk geregeld. Bij een defect aan de 'normale' warmtepomp of bij veel warmtevraag kan de hoogtemperatuur warmtepomp bijspringen om het buffervat op de juiste temperatuur te houden. In de bypassleiding komt het water met een temperatuur van 60°C terug in het hoogtemperatuur buffervat.

Koeling

Voor het opwekken van koel water wordt er gebruik gemaakt van de bron van de warmtepomp. Het water in deze bron is ongeveer 10°C. Dit water gaat door een warmtewisselaar en koelt het water in het koelsysteem af van 22°C tot ongeveer 12°C. Het gekoelde water wordt dan verder getransporteerd naar een open verdeler in de aanvoerleiding. Dit water wordt dan gemengd met de rest van het systeemwater en gaat dan met een temperatuur van 14°C naar de woningen in het appartement. Tijdens koelbedrijf zal de afsluiter in de aanvoerleiding, welke uit het laagtemperatuur buffervat komt, sluiten. Hierdoor wordt voorkomen dat het koelwater door het buffervat stroomt en deze afkoelt.



8.4.3 Warmtelkoude opwekking via een warmtepomp en zonne-energie

In *bijlage 5.4* staat de monovalente warmte/koude opwekking via een warmtepomp en zonne-energie. Dit systeem wordt in deze paragraaf behandeld.

Verwarming

Het verwarmen van de buffervaten gebeurt op dezelfde manier als in §8.4.2. Door toepassing van zonne-energie kan er bij zonneschijn een deel of al het "werk" van de warmtepompen worden overgenomen. Het vermogen van de warmtepompen kan bij deze toepassing niet lager worden omdat deze ook genoeg vermogen moeten leveren bij koude en niet zonnige dagen.

De warmte die wordt verkregen door zonne-energie wordt tevens voor een deel gebruikt om "warmte" terug te geven aan de bron, Door een open verdeler in de retourleiding van het bronsysteem te zetten wordt er warmte aan het grondwater toegevoegd. Hierdoor wordt de temperatuur van het grondwater niet te laag.

Een andere manier om warmte terug te geven aan de bron is door middel van:

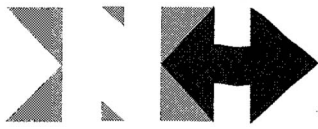
- Warmteterugwinning van de afgezogen lucht
- Asfalt collector (horizontale bodemwisselaar)
- Atrium koeling

Koeling

De werking van het koelsysteem verandert bij zonne-energie toepassing niet. Het werkt op dezelfde manier als in §8.4.2

Toepassing

De systemen van §8.4.2 en 8.4.3 zullen worden toegepast in appartementen waar geen gas infrastructuur ter beschikking is.



8.4.4 Warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine

Het schema van *bijlage* 5.5 geeft het systeem "warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine" weer, en zal behandeld worden in de volgende paragraaf.

Verwarming

De twee buffervaten worden bij dit systeem verwarmd door twee cv-ketels. De **bovenste cv-ketel** verwarmd het **hoogtemperatuur** buffervat en houdt de temperatuur op 65°C tot 75°C. De **andere** cv-ketel verwarmd het laagtemperatuur buffervat. De temperatuur wordt in dit buffervat **weersafhankelijk** geregeld. Mocht er één cv-ketel kapot gaan, kan de andere bijspringen.

Koeling

Het water wordt gekoeld door een koelmachine. Uit de koelmachine komt water met een temperatuur van 12°C. De driewegklep stuurt het water naar de open verdeler in de aanvoerleiding of **naar** het buffervat waar het water op 12°C wordt gehouden.

In **de** open verdeler wordt het water van 12°C gemengd met het retourwater **en gaat** het met een temperatuur van 14°C naar de appartementen. Tijdens koelbedrijf **maakt** de afsluiter in de aanvoerleiding, **welke** uit het laagtemperatuur buffervat komt, sluiten. Hierdoor wordt voorkomen dat het koelwater door het buffervat stroomt en deze afkoelt.



8.4.5 Warmte opwekking via een cv-ketel/zonne-energie en koude opwekking via een koelmachine

Het laatste monovalente systeem "warmte opwekking via een cv-ketel en koude opwekking via een koelmachine" staat op *bijlage* 5.6 en wordt in deze paragraaf behandeld.

Verwarming

Het opwekken van warmwater voor de buffervaten gebeurt nu ook door zonne-energie. Dit is een aanvulling op de twee cv-ketels. Doordat de buffervaten mede door zonne-energie worden verwarmd zullen de cv-ketels minder vaak branden. Hierdoor zal het gasverbruik lager zijn als bij het systeem van §8.4.4

Koeling

Het koelsysteem werkt op dezelfde wijze als het koelsysteem van §8.4.4.

Toepassing

In gebieden waar het toepassen van een warmtepomp niet mogelijk is, zal dit systeem kunnen worden toegepast. Een reden voor het niet toepassen van een warmtepomp kan zijn dat de bodem niet geschikt is voor het maken van een bron voor de warmtepomp.



8.5 Regeling verwarmen/koelen per appartement

8.5.1 Inleiding

Bij een VKW-systeem systeem is er de mogelijkheid om per appartement te **verwarmen** of te koelen. Dit kan door middel van vloerverwarming/koeling of door ventilator **convectoren**. **Tevens** is het bij dit **systeem** mogelijk om betonactivering (koelen via het plafond) toe te passen.

8.5.2 Verwarmen/koelen via vloer en convectoren

In *bijlage 5.7* staat een schema van verwarmen en koelen via de vloer. De regeling van dit systeem bestaat uit:

- Regelaar (**in** VKW unit)
- Zend- en ontvangstmodule
- Referentie ruimtethermostaat
- Ruimtethermostaat
- Stelaandrijvers

De **regelaar** in de VKW-unit regelt het gehele systeem. Aan de hand van de temperatuur in de **aanvoerleiding** in de unit weet de regelaar of er moet worden verwarmd of gekoeld. Een temperatuur opnemer meet de aanvoertemperatuur. Als deze boven de **25°C** is weet de regelaar dat er moet worden verwarmd. Is de aanvoertemperatuur onder de **20°C** weet de regelaar dat er moet worden **gekoeld** in de woning. Als er centraal is omgeschakeld op koelbedrijf, maar in de woonkamer is nog warmtevraag door de referentie thermostaat, dan kan de hoogtemperatuur **aanvoerleiding** worden gebruikt om de vloer of convectoren te **verwarmen**. Het water wordt dan in de unit **terug gemengd** tot de gewenste aanvoertemperatuur.

Nu de regelaar weet of er moet worden verwarmd of gekoeld, zal dit worden doorgeven aan de zend- en ontvangstmodule. Deze staat in contact met de ruimtethermostaten in de overige ruimtes. Mocht er tijdens verwarmingsbedrijf warmtevraag in een ruimte zijn, stuurt de zend- en ontvangstmodule de stelaandrijver(s) van de bijbehorende groep(en) open.

Op de groep(en) van de woonkamer mogen geen stelaandrijvers worden geplaatst. Hierdoor wordt voorkomen dat de pomp vastloopt als alle stelaandrijvers dicht staan. Als er in de woonkamer **geen** warmtevraag meer is en in een andere ruimte wel, dan wordt de groep van de woonkamer **als buffer** gebruikt voor het verwarmen van de andere ruimtes.

Tijdens koelbedrijf werkt de regeling in principe hetzelfde. De zend- en ontvangstmodule is nu door de regelaar op de koelstand gezet. Als de overige ruimtethermostaten nu onder de ruimtetemperatuur staan ingesteld zal de zend- en ontvangstmodule de stelaandrijvers weer aansturen. De regelaar stuurt tijdens koelbedrijf de stelaandrijver van de badkamergroep dicht. Dit is noodzakelijk omdat er in de badkamer een hoge relatieve vochtigheid heerst. Als er dan wordt gekoeld zal er condensvorming ontstaan.

Bij een systeem met ventilator convector wordt er op de groep van de convector geen stelaandrijver **geplaatst**. Dit komt doordat de convector een eigen regeling heeft. Deze regeling staat **weergegeven** op *bijlage 7.1*.



De ventilator convector is voorzien van een **thermostaat**. Deze thermostaat is in te stellen op verwarmen of koelen. Als de thermostaat op de verwarmingsstand staat, zal deze bij warmtevraag de afsluiter in de aanvoerleiding open sturen, zodat er warm water door de convector stroomt.

8.5.3 Koelen met betonactivering

Bij appartementen met betonactivering is de regeling nagenoeg hetzelfde als bij verwarmen/koelen via vloer en convectoren. Op bijlage 5.8 is te zien dat voor betonactivering een aparte verdeler nodig is. In de aanvoerleiding voor de verdeler is een afsluiter geplaatst welke door de regelaar bij koelbedrijf open wordt gestuurd. Bij het maken van de betonplaten zal er rekening moeten worden gehouden met de badkamer. In het beton **boven** de badkamer mogen geen leidingen worden gelegd. Hierdoor wordt voorkomen dat er in de badkamer wordt gekoeld.

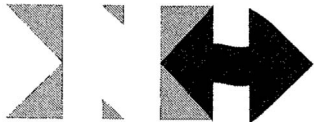
In **bijlage** 7.2 staat een systeem met betonactivering en ventilator convectoren weergegeven. De regeling van de convector is hetzelfde als de regeling van **bijlage** 7.1.

8.5.4 Bereiden warm tapwater

Bij het openen van een warm tapwater kraan gaat het water met een temperatuur van ongeveer 70°C door een warmtewisselaar. Aan de andere zijde van de wisselraar stroomt koud tapwater. Het koude tapwater wordt opgewarmd tot een temperatuur van 60°C. Het verwarmingswater wordt hierbij afgekoeld tot ongeveer 22°C.

8.5.5 Energieverbruik

In de VKW-unit zitten twee energiemeters, deze bepalen door de aanvoer- en retourtemperatuur te meten, hoeveel energie er per woning wordt verbruikt. Deze energiemeters kunnen worden uitgelezen en aan de hand van die gegevens kan de energieafrekening plaatsvinden. Dit is samen met de watermeter de enige meter in de woning (ervan uitgaand dat er niet op gas wordt gekookt).



8.6 Conclusie deelonderzoek 4

Uit het onderzoek van het VKW systeem en de afgifteregeling, zijn een aantal conclusies gekomen,

Ieder vertrek in de woning kan apart worden geregeld.

Het is mogelijk om met een VKW systeem te verwarmen en te koelen. Als er centraal op koelbedrijf is overgegaan kunnen de bewoners zelf kiezen of ze in hun woning willen verwarmen of koelen. Staat het systeem centraal op verwarming, dan kunnen de bewoners alleen verwarmen in de woning.

Er kan worden verwarmd en gekoeld via de vloer en met ventilator convectoren.

Met dit systeem is het mogelijk om betonactivering toe te passen. De regelaar in de unit kan een afsluiter voor de verdeler van de betonactivering open sturen tijdens koelbedrijf. Het comfort in de woning zal tijdens koelbedrijf hoger zijn dan bij alleen vloerkoeling.

Met een VKW-unit wordt warm tapwater in de woning bereid. Hierdoor hoeft er in de centrale technische ruimte geen warm tapwater voorraadvat te staan. Verder loopt er geen warm tapwater- en circulatieleiding door het gebouw. De kans op legionella is bij dit systeem nihil en er hoeft voor dit systeem geen legionella beheersplan worden geschreven.

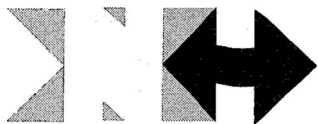
In de unit zit een energiemeter, hiermee wordt per woning het energieverbruik bijgehouden. Dit is voor de bewoners een voordeel omdat ze nu de verbruikte energie op één rekening krijgen.

Er zullen bij dit systeem vier leidingen vanuit de technische ruimte naar de woningen gaan.

Er zijn drie verschillende opwekkingsmogelijkheden.

- 1 Bivalent cv-ketel + warmtepomp en eventueel zonenergie.
- 2 Monovalent warmtepompen en eventueel zonenergie.
- 3 Monovalent cv-ketel + koelmachine en eventueel zonenergie.

Afhankelijk van het gebied kunnen deze systemen worden toegepast. Bij gebrek aan gas infrastructuur kan mogelijkheid 2 worden toegepast. In gebieden waar geen bronsysteem kan worden toegepast is mogelijkheid 3 een optie.



9. Deelonderzoek 5: Individueel warmtepompsysteem

9.1 Inleiding

Tijdens de vorige deelonderzoeken is er telkens gebruik gemaakt van een collectief opwekkingssysteem. In dit laatste deelonderzoek is er onderzocht hoe er per woning verwarmingswater, koelwater en warm tapwater kan worden opgewekt met een individueel systeem.

Omdat Nathan Import/Export B.V. fabrieksagent van warmtepompen is, wordt er in dit deelonderzoek gekeken naar een individuele opwekking per appartementwoning met een combiwarmtepomp. Hiermee kan er verwarmings- en koelwater worden opgewekt. Verder kan er met een combi-warmtepomp ook warm tapwater worden bereid.

9.2 Individueel opwekking met een combi-warmtepomp

De combi-warmtepomp wordt aangesloten op twee leidingen. Deze twee leidingen komen vanuit de technische ruimte en nemen de warmte door middel van een warmtewisselaar op van het bronwater. Deze leidingen dienen dampdicht te worden geïsoleerd. Dit in verband met condensvorming. De warmtepomp werkt met een spanning van 400 Volt.

9.2.1 Verwarmen

De warmtepomp is aangesloten op collectief bronsysteem. Buiten bij het appartement is een (grote) bron gemaakt. Het water dat uit deze bron komt, is ongeveer 10°C. Dit water wordt naar de warmtepompen die in de woning staan getransporteerd. In de warmtepomp wordt het water opgewarmd tot een temperatuur van 25 tot 40°C. Dit is afhankelijk van de buitentemperatuur. Als het water is opgewarmd gaat het naar de verdeler van het afgiftesysteem.

9.2.2 Koelen

Voor het koelen van de woning wordt er gebruik gemaakt van het bronwater. Dit water van 10°C wordt in de warmtepomp gemengd met het retourwater tot een temperatuur van 17°C.

9.2.3 Warm tapwater

In de warmtepomp is een voorraadvat gebouwd. Het water in dit vat wordt door de warmtepomp constant op een temperatuur van 60°C gehouden. Het vat is zeer goed geïsoleerd waardoor het water in het vat nauwelijks afkoelt. Bij het opendraaien van een warmwaterkraan wordt het water uit het voorraadvat gehaald.

9.2.4 Toepassing

Een combi-warmtepomp zal worden toegepast in appartementwoningen waar het gewenst is om per woning een eigen opwekkingssysteem te hebben.



9.3 Regeling verwarmen/koelen per appartement

9.3.1 Inleiding

Bij een individueel systeem is er de mogelijkheid om per appartement te verwarmen of te koelen. Dit kan door middel van vloerverwarming/koeling of door ventilator convectoren. Tevens is het bij dit systeem mogelijk om betonactivering (koelen via het plafond) toe te passen.

9.3.2 Verwarmen/koelen via vloer en convectoren

In *bijlage 6.1* staat een schema van verwarmen en koelen via de vloer weergegeven. Hierbij is de aanvoertemperatuur in de warmtepomp geregeld. De regeling van dit systeem bestaat uit:

- Regelaar (in warmtepomp)
- Zend- en ontvangstmodule
- Referentie ruimtethermostaat
- Ruimtethermostaat
- Stelaandrijvers
- Buitentemperatuur opnemer
- Flow regelaar

In de warmtepomp bevindt zich een regelaar, deze regelt het gehele systeem. Aan de hand van de buitentemperatuur bepaalt de regelaar de aanvoertemperatuur en of er moet worden verwarmd of gekoeld. Het omschakelpunt van verwarmen en koelen is instelbaar. Standaard zal deze rond de 21°C liggen en heeft een instelbare wachttijd die staat ingesteld op 60 minuten. Hierdoor wordt voorkomen dat er voortdurend zal worden geschakeld tussen verwarmen en koelen.

In de woonkamer hangt een referentie ruimtethermostaat. Aan de hand van de temperatuur in de woonkamer bepaalt de regelaar of er in de woning moet worden verwarmd, tijdens verwarmingsbedrijf, of gekoeld tijdens koelbedrijf.

Nu de regelaar weet of er moet worden verwarmd of gekoeld, zal dit worden doorgeven aan de zend- en ontvangstmodule. Deze staat in contact met de ruimtethermostaten in de overige ruimtes. Mocht er tijdens verwarmingsbedrijf warmtevraag in een ruimte zijn, stuurt de zend- en ontvangstmodule de stelaandrijver(s) van de bijbehorende groep(en) open.

Op de groep(en) van de woonkamer mogen geen stelaandrijvers worden geplaatst. Hierdoor wordt voorkomen dat de pomp vast loopt als alle stelaandrijvers dicht staan. Als er in de woonkamer geen warmtevraag meer is en in een andere ruimte wel, dan wordt de groep van de woonkamer als buffer gebruikt voor het verwarmen van de andere ruimtes.

Tijdens koelbedrijf werkt de regeling in principe hetzelfde. De zend- en ontvangstmodule is nu door de regelaar op de koelstand gezet. Als de overige ruimtethermostaten nu onder de ruimtetemperatuur staan ingesteld zal de zend- en ontvangstmodule de stelaandrijvers weer aansturen. De regelaar stuurt tijdens koelbedrijf de stelaandrijver van de badkamergroep dicht. Dit is noodzakelijk omdat er in de badkamer een hoge relatieve vochtigheid heerst. Als er dan wordt gekoeld zal er condensvorming ontstaan.



9.3.3 Koelen met betonactivering

Bij appartementen met betonactivering is de regeling nagenoeg hetzelfde als bij verwarmen/koelen via vloer en convectoren. Op *bijlage* 6.2 is te zien dat voor betonactivering een aparte verdeler nodig is. In de aanvoerleiding voor de verdeler is een afsluiter geplaatst welke door de regelaar bij koelbedrijf open wordt gestuurd. Bij het maken van de betonplaten zal er rekening moeten worden gehouden met de badkamer. In het beton boven de badkamer mogen geen leidingen worden gelegd. Hierdoor wordt voorkomen dat er in de badkamer wordt gekoeld.



9.4 Conclusie deelonderzoek 5

Uit het onderzoek van het individueel systeem en de afgifteryegeling, zijn een aantal conclusies gekomen.

Bij dit systeem kan ieder vertrek van de woning apart worden geregeld

Bij een individueel systeem is het mogelijk om per woning te verwarmen en te koelen. De bewoners kunnen dit zelf bepalen.

Doordat een warmtepomp is voorzien van een compressor, heeft de bewoner een geluidsbron in zijn woning. Dit kan in sommige gevallen hinderlijk zijn.

Er kan worden verwarmd en gekoeld via de vloer en met ventilator convectoren.

Met dit systeem is het mogelijk om betonactivering toe te passen. De regelaar van de combi-warmtepomp kan een afsluiter voor de verdeler van de betonactivering open sturen tijdens koelbedrijf. Het comfort in de woning zal tijdens koelbedrijf hoger zijn dan bij alleen vloerkoeling.

In de combi-warmtepomp wordt het warme tapwater voor de woning bereid. Het warme tapwater wordt opgeslagen in een voorraadvat van 250 liter. Hierdoor is er een hoog comfort van warm tapwater. De kans op legionella is hierbij nihil en er hoeft voor dit systeem geen legionella beheersplan worden geschreven.

De technische ruimte van het appartement hoeft bij dit systeem niet groot te zijn. Dit komt omdat er centraal niets hoeft te worden opgewekt. Er moet alleen een warmtewisselaar en één of meerdere pompen in de technische ruimte worden geplaatst om het water dat is opgewarmd door het bronwater naar de warmtepompen te transporteren. Er lopen dan twee leidingen door het gebouw, Deze leidingen hebben echter wel een grotere diameter dan de verwarmings en koelleidingen. Tevens zullen deze dampdicht moeten worden geïsoleerd.



10. EPC van een appartement

10.1 Inleiding

Dit hoofdstuk gaat over de invloed van de opwekkingssystemen op de EPC. Er wordt gekeken wat de invloed is op de EPC bij de verschillende opwekkingssystemen die in de deelonderzoeken zijn behandeld. De EPC is vanaf 1 januari 2006 verlaagd van 1 naar 0,8.

De EPC is een heel belangrijk item bij de bouw van appartementen. Bij het ontwerp van een gebouw wordt hier al rekening mee gehouden.

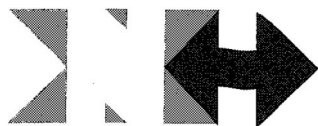
10.2 Systeem invloed op EPC

De EPC wordt met het NPR 5129 computerprogramma bepaald. In dit programma worden alle bouwkundige delen van een appartement ingevoerd zoals wanden, ramen, kozijnen, enz. Na invoering van al deze gegevens kom er een getal uit. Dit getal zal bij een normaal appartement rond de 1 liggen. In tabel 1 is uitgegaan van een appartement met een EPC van 1. Hierin is duidelijk te zien wat de verschillende systemen voor invloed hebben.

opwekkingssysteem	EPC	waardering
warmtepomp+cv-ketel	0,75	+
warmtepomp+cv-ketel en zon	0,72	++
warmtepomp	0,68	+++
warmtepomp + zon	0,65	++++
cv-ketel+koelmachine	0,98	--
cv-ketel+koelmachine en zon	0,95	-

Tabel 1. EPC waardering

Bij alle toepassingen van een warmtepomp wordt de gewenste EPC van 0,8 gehaald. Wordt er een cv-ketel met koelmachine toegepast, zal de 0,8 niet worden gehaald. Bij deze appartementen zal er op een andere manier energie moeten worden bespaard. Dit kan door bijvoorbeeld een ventilatie systeem met warmteterugwinning toe te passen.



11. Hoofdconclusie en aanbevelingen

11.1 Inleiding

In de deelonderzoeken zijn conclusies getrokken over de verschillende systemen. In dit hoofdstuk wordt aan de hand hiervan een hoofdconclusie gegeven.

Tot slot zal er een aanbeveling worden gegeven. Deze aanbeveling heeft betrekking op de bewoners van het appartement en de opdrachtgever die het appartement laat bouwen.

11.2 Hoofdconclusie

Bij de bouw van appartementen is de EPC heel belangrijk. Bij het ontwerp van een gebouw wordt hier al rekening mee gehouden. Bij het toepassen van een warmtepomp wordt de gewenste EPC van 0,8 gehaald.

Bij elk systeem kunnen de vertrekken van de woning apart worden geregeld.

De aanvoertemperatuur kan bij een 3- en 4-pijps systeem, centraal worden geregeld of in de woning. Als het in de woning wordt geregeld, komt er verwarmingswater met een temperatuur van 40°C in de woningen aan. Centraal wordt de aanvoertemperatuur aan de hand van de buitentemperatuur met een weersafhankelijke regeling bepaald.

Wordt er gekozen voor een constante aanvoertemperatuur van 40°C, dan hebben de leidingen vanuit de technische ruimte een kleinere diameter dan de leidingen van een systeem met centrale weersafhankelijke regeling. Dit komt doordat er met een hoge AT wordt gewerkt.

Het is mogelijk om met alle systemen te verwarmen en koelen via de vloer en met ventilator convectoren. Met een 2-pijps systeem kan er ook alleen worden verwarmd via de vloer en met ventilator convectoren.

Bij een 2-pijps systeem met verwarmen en koelen is de bewoner afhankelijk van de centrale regeling. Deze bepaald of er in de woningen van het appartement wordt verwarmd of gekoeld. Bij de andere systemen kan de bewoner zelf kiezen of die zijn of haar woning wil verwarmen of koelen.

Het toepassen van betonactivering is niet mogelijk bij het 2-pijps systeem. Bij de andere systemen is dit wel mogelijk.

Bij de deelonderzoeken 1 t/m 3 kan er centraal warm- en koelwater worden opgewekt met drie verschillende systemen:

- | | |
|---------------|--|
| 1. Bivalent | cv-ketel + warmtepomp en eventueel zonenergie. |
| 2. Monovalent | warmtepompen en eventueel zonenergie. |
| 3. Monovalent | cv-ketel + koelmachine en eventueel zonenergie |



Voor het bepalen van het opwekkingssysteem centraal (deelonderzoek 1 t/m 4) is men afhankelijk van het gebied waar het appartement wordt gebouwd. In gebieden waar gas en een goede grondlaag ter beschikking zijn kan er voor alle opwekkingssystemen worden gekozen. In gebieden met een goede grondlaag, maar zonder gas infrastructuur kan een monovalent systeem met alleen warmtepompen worden toegepast. Wordt het appartement in een gebied gebouwd waar geen bronsysteem kan worden gemaakt, dan kan er alleen een monovalent systeem met een cv-ketel en koelmachine worden toegepast.

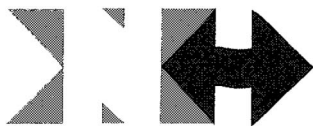
Wanneer warm tapwater wordt bij de deelonderzoeken 1 t/m 3 centraal opgewekt. Voor deze systemen dient een legionella beheersplan te worden geschreven, omdat de warm tapwaterleiding door het hele gebouw loopt.

Bij het deelonderzoek 4 van het VKW systeem wordt het warm- en koelwater centraal opgewekt en het warm tapwater wordt met de VKW-unit in de woning bereid.

Bij het individuele systeem met een combi warmtepomp van deelonderzoek 5, wordt er centraal geen verwarmings- en koelwater opgewekt. Dit gebeurt in de warmtepomp die in de woning staat, warm tapwater wordt ook in de woning bereid.

Bij de systemen met centrale opwekking gaan er bij het 4-pijps en VKW systeem vier leidingen van de technische ruimte naar de woningen van het appartement. Bij het 3-pijps systeem zijn dat er drie en bij het 2-pijps systeem twee.

Het regelen van het 3-pijps systeem is moeilijker omdat bij dit systeem als enige het verwarmings- en koelcircuit met elkaar in contact komen.



11.3 Aanbeveling

De aanbeveling wordt opgesplitst in twee aanbevelingen. De eerste zal voor de bewoners zijn en de tweede voor de opdrachtgever.

11.3.1 Bewoners

Voor het verwarmen en/of koelen van de woning zijn voor de bewoners de volgende drie aspecten van belang: het comfort in de woning, de kosten van het systeem en de ruimte die het in beslag neemt. Deze drie aspecten worden alle drie apart besproken.

Comfort

Als de verschillende systemen naast elkaar worden gelegd zijn er vier verschillende comfort niveaus. Er is ~~in~~ een woning mogelijk om alleen te verwarmen (-). Bij woningen waarin kan worden verwarmd en gekoeld wordt er onderscheid gemaakt. Bij een 2-pijps systeem hebben de bewoners niet zelf de keuze tussen verwarmen en koelen. Ze zijn afhankelijk van de centrale regeling (+). Bij de andere systemen kunnen de bewoners zelf kiezen of ze in de woning willen verwarmen of koelen (++) . Bij systemen met betonactivering hebben de bewoners een hoger comfort omdat er met het plafond wordt gekoeld (+++).

Kosten per woning

Vaar de kosten per woning is er in dit rapport gekeken naar de kosten bij een 2-, 3- en 4-pijps systeem, Het VKW systeem en het individuele systeem kan hiermee niet worden vergeleken, omdat deze ook warm tapwater bereiden. Bij de andere systemen wordt het warme tapwater centraal bereid.

In bijlage 8 staat een kosten overzicht. Hierin is te zien hoe de kosten tot stand zijn gekomen.

Voor het bepalen van de kosten is uitgegaan van een woning van 100m².

In elke woning zijn er een aantal onderdelen voor elk afgifte systeem hetzelfde. Het gaat hierom om de buis die in de woning ligt, de zend- en ontvangst module, ruimtethermostaten, stelaandrijvers, isolatie, bevestigingsmateriaal en de bijbehorende aansluitmaterialen. De standaard prijs is € 2.940,86.

Voor de kostenanalyse wordt het 2-pijps systeem met alleen verwarmen als basis genomen. Bij dit systeem is er naast het standaard materiaal alleen een verdeler nodig. De kosten van het standaard systeem en de 9-groeps verdeler zijn € 3.485,86 (100%). Dit is de goedkoopste regeling. Wordt er met het 2-pijps systeem ook gekoeld, dan is er een thermostaat nodig die het systeem omschakelt om te koelen. Deze thermostaat kost € 85,-. Het totaal komt hierbij op € 3.570,86 (102%).

Bij het 3-pijps systeem kan er ook betonactivering worden toegepast. Bij het systeem zonder betonactivering is er naast het standaard materiaal een 3-pijps verdeler met negen groepen nodig en een regelaar. De kosten hiervan zijn € 4.375,86 (125.5%). Als er betonactivering wordt toegepast is er een extra verdeler van zeven groepen nodig, een afsluiter, buis en de aansluitmaterialen. De kosten van betonactivering zijn € 2.287,40. De totale kosten voor een 3-pijps systeem met betonactivering zijn € 6.663,26 (191.15%).



Bij een 4-pijps systeem zijn de kosten voor verwarmen en koelen zonder betonactivering € 4.480,86 (128.54%). Hierbij is er naast het standaard materiaal een 4-pijps verdeler van negen groepen en een regelaar nodig. Wordt er hierbij nog betonactivering toegepast dan kost dat € 6.768,26 (194.16%)

Ruimte

Appartementwoningen worden per m² verkocht. Om deze reden is het voor de bewoner van een appartement ook van belang hoeveel ruimte het systeem in beslag neemt.

In appartementen met een Z-pijps systeem is er een verdeler en een zend- en ontvangstmoduul nodig. Deze nemen niet veel ruimte in beslag(+++). Vaak worden ze in een opbergkast geplaatst.

Voor het 3- en 4-pijps systeem is voor verwarmen en koelen via de vloer net zoveel ruimte als bij het 2-pijpa systeem nodig (+++). Bij dit systeem is een regelaar nodig. Deze regelaar komt boven de verdeler te hangen en zal geen extra ruimte in beslag nemen. Voor betonactivering is er een verdeler nodig. Deze neemt niet zoveel ruimte in beslag omdat die net onder het plafond komt te hangen(++).

Bij toepassing van een VKW systeem in een appartement komt er in de woning een VKW-unit te hangen. Hiernaast komt ook weer de verdeler en een zend- en ontvangstmoduul te hangen voor verwarmen en koelen via de vloer (+). Bij betonactivering is er nog een verdeler meer nodig deze ruimte weegt niet op tegen de ruimte die de unit in beslag neemt (+).

Appartementen met een individueel systeem per woning zijn de meeste ruimte kwijt. Dit komt doordat er in de woningen een warmtepomp komt te staan. Naast de warmtepomp is er voor vloerverwarming/koeling een verdeler en een zend- en ontvangstmoduul nodig (-). Mocht er ook betonactivering worden toegepast dan komt er nog een verdeler bij (-).



In tabel 2 staan de aspecten en de systemen tegenover elkaar afgewogen. Voor de systemen met een individuele warm tapwater bereiding zijn geen kosten opgenomen. Dit komt doordat deze niet met elkaar te vergelijken zijn, het is erg afhankelijk van de grootte van het appartement. Het VKW systeem heeft een centrale opwekking en bij het individuele systeem wordt alles in de woning opgewekt. Tevens is de exacte prijs van de VKW unit nog niet bekend. Dit komt doordat de unit zich nog in de ontwikkelingsfase bevindt.

De waardering is als volgt bepaald: het comfort heeft de hoogste prioriteit, de waardering hiervan wordt met drie vermenigvuldigt. Hierna komen de kosten, deze worden vermenigvuldigt met twee. De benodigde ruimte heeft de laagste prioriteit en wordt daarom maar één gedaan.

Voor het VKW en individueel systeem is de waardering niet ingevuld. Doordat er bij deze systemen geen kostenanalyse is, kan er ook geen juiste waardering worden gegeven.

deelonderzoek	Bewoners			
	3x comfort	2x kosten per woning	1x benodigde ruimte	waardering

Collectieve warm tapwater bereiding,

2-pijps systeem				
verwarmen	-	(100%) ++	+++	-
verwarmen/koelen	+	(102,4%) ++	+++	++
3-pijps systeem				
verwarmen/koelen	++	(125,5%) +	+++	+++
met betonactivering	+++	(191,15%) --	++	+
4-pijps systeem				
verwarmen/koelen	++	(128,54%) +	+++	+++
met betonactivering	+++	(194,16%) --	++	+

Individuele warm tapwater bereiding.

VKW systeem				
verwarmen/koelen	++	n.v.t.	+	n.v.t.
met betonactivering	+++	n.v.t.	+	n.v.t.

Individueel warmtepompsysteem				
verwarmen/koelen	++	n.v.t.	+	n.v.t.
met betonactivering	+++	n.v.t.	-	n.v.t.

Tabel 2.

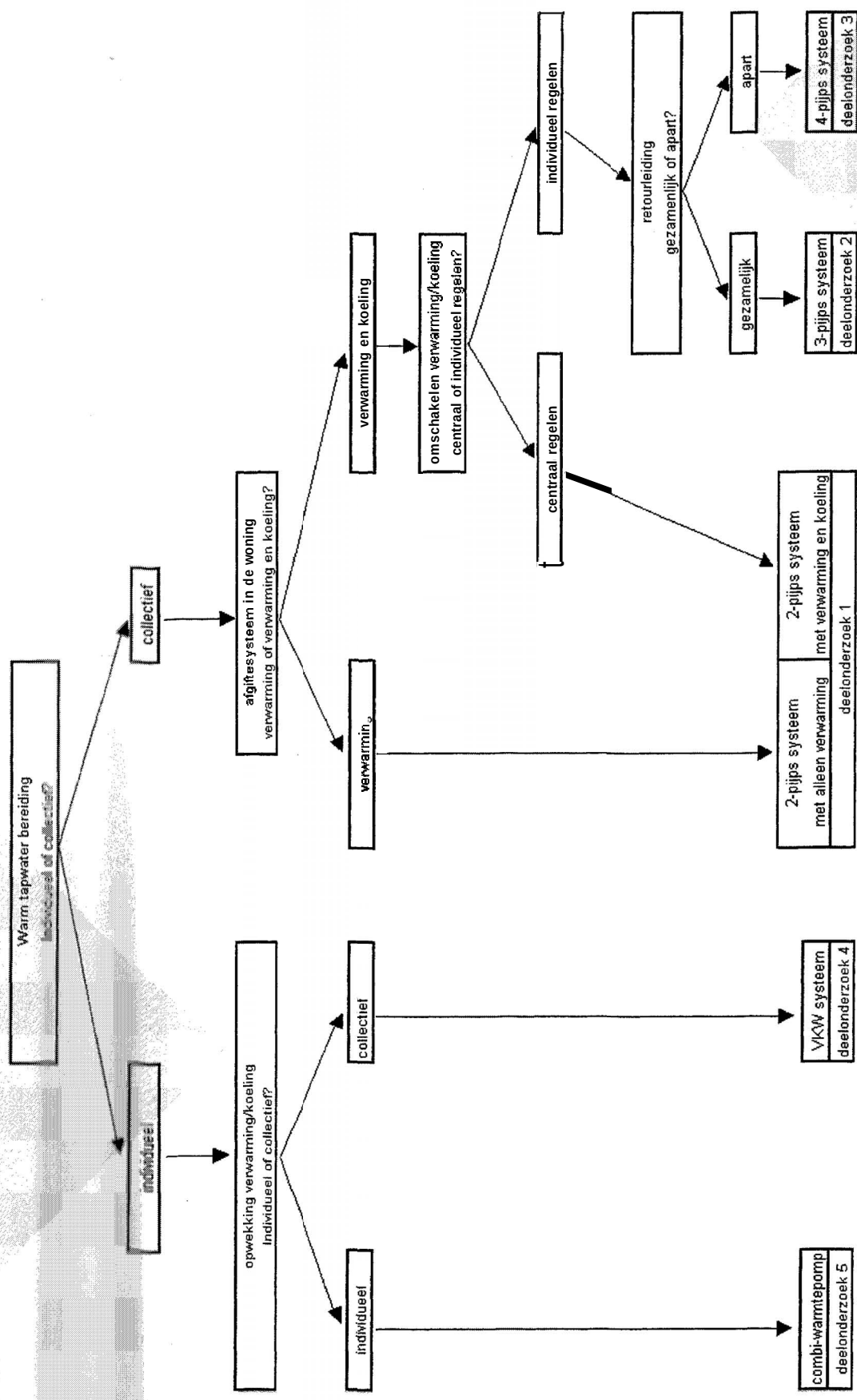
Zoals hierboven is te zien, is een 3- of 4-pijps systeem voor de bewoners de beste keuze bij een systeem dat collectief warm tapwater bereidt. De kosten vallen ten opzichte van het standaard 2-pijps systeem mee. Het comfort is hoger en de ruimte die het in beslag neemt is net zo veel.

Voor de bewoners is het van belang wat voor opwekkingssysteem er in de centrale ruimte staat. Dit heeft te maken met de energie rekening. Als er in de technische ruimte een warmtepomp staat zullen de energie kosten voor de bewoners lager zijn dan als er een cv-ketel met een koelmachine staat.

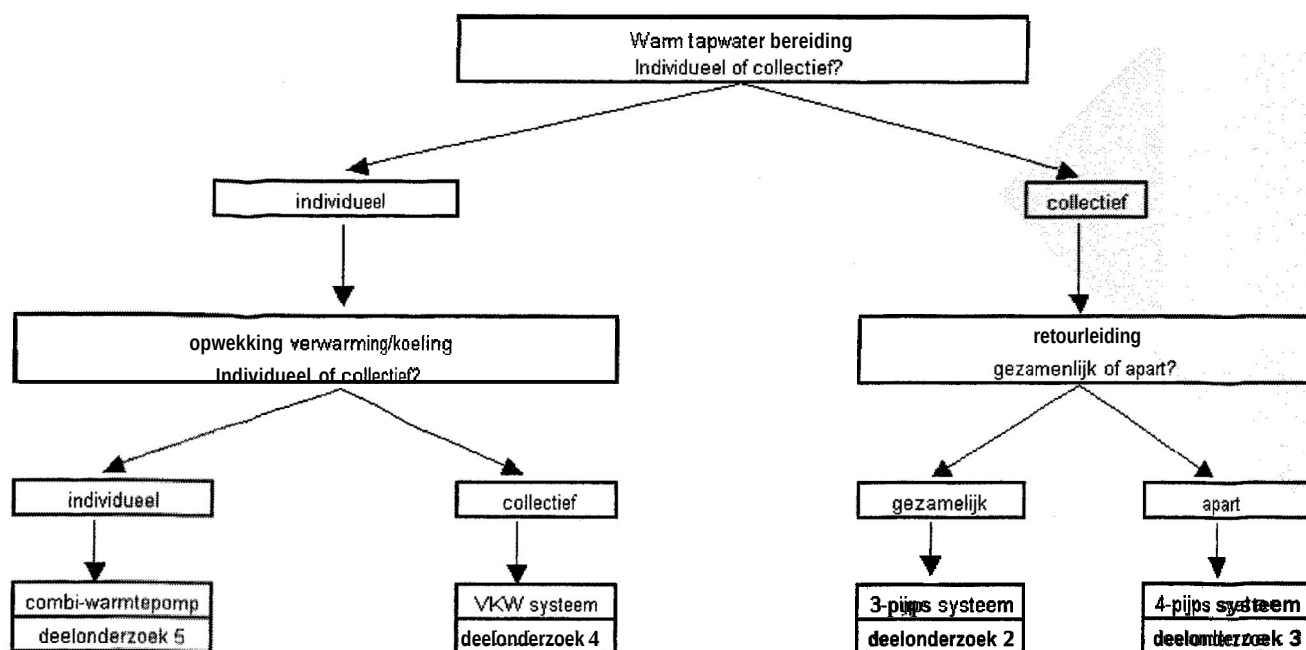


11.3.2 Opdrachtgever

Het is niet mogelijk om voor de opdrachtgever een goede aanbeveling te doen. Dit komt doordat de systemen veel van elkaar verschillen. En ook erg afhankelijk zijn van de wensen van de opdrachtgever. Voor het bepalen van het juiste systeem heeft de opdrachtgever een aantal keuzes. Als eerste moet worden bepaald of er betonactivering in het appartement wordt toegepast. Zonder betonactivering kan keuzeschema 1 worden gebruikt. Voor appartementen met betonactivering wordt keuzeschema 2 gebruikt, hierin staan de verschillende keuzes voor de opdrachtgever. Na het doorlopen hiervan zal er één systeem overblijven. Dit systeem staat in het deelonderzoek wat eronder staat.



1. Keuzeschema voor appartementen zonder betonnactivering



2. Keuzeschema voor appartementen met batonactivering

Opwekkingssysteem

Als de opdrachtgever heeft bepaald van voor systeem er in het appartement komt, zal er nog moeten worden gekeken naar de opwekking in de technische ruimte. Dit geldt voor deelonderzoek **■** t/m **4**.

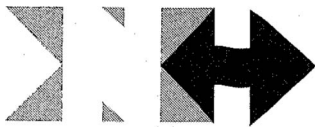
Zoals in de conclusie staat zijn er drie verschillende mogelijkheden:

1. Bivalent cv-ketel + warmtepomp en eventueel zonenergie.
2. Monovalent warmtepompen en eventueel zonenergie.
3. Monovalent cv-ketel + koelmachine en eventueel zonenergie

In bijna alle gevallen (ca. 90%) wordt het appartement in een gebied gebouwd waar de grond goed is en waar gas ter beschikking is. In dit geval kan de opdrachtgever het beste kiezen voor een bivalent systeem met een cv-ketel en warmtepomp.

Met dit systeem zal de EPC onder de 0,8 uitkomen en het is goedkoper dan een monovalent systeem met uitsluitend warmtepompen.

Als er onder een EPC van 0,8 is uitgekomen kan dit grote voordelen hebben op de kosten van de bouw van een appartement. Als er bijvoorbeeld met een installatie op een EPC van 0,7 is uitgekomen is het mogelijk om het ontwerp van het gebouw aan te passen. Hierdoor kan er dan flink op de kosten worden bespaard. Zo kan er bijvoorbeeld voor de buitenwand van een Rc-waarde van 4,0 naar 3,0 worden gegaan. Er wordt dus als het ware weer terug gerekend naar de 0,8.



72. Bronvermelding

Geraadpleegde literatuur

- Isso publicatie 49
Kwaliteitseisen vloer-lwandverwarming, vloer-lwandkoeling, december 2004
- GIW publicatie
Lage temperatuur verwarming in woningen, datum onbekend.
- GIW publicatie
Garantie en waarborgregeling appartementen, 2003
- GIW publicatie
Installatie-eisen nieuwbouw, eengezinswoningen en appartementen, 2005
- Leren communiceren.
Handboek voor mondelinge en schriftelijke communicatie, 1999.
- NEN 5128-2004.
Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen – Bepalingsmethode, maart 2004
- Isso publicatie 73
Ontwerp en uitvoering van verticale bodemwarmtewisselaars, maart 2005
- Isso publicatie 50
Kwaliteitseisen verwarmingsinstallatieswoningen.
Ontwerptechnische kwaliteitseisen en richtlijnen voor warmwaterverwarmingsinstallaties met hoge en/of lage temperaturen in de woningen en woongebouwen, oktober 2001
- Isso publicatie 72
Ontwerpen van individuele en kleine elektrische warmtepompsystemen voor woningen.

Geraadpleegde artikelen

- Verwarming Ventilatie 12
Aanscherping EPC vraagt om integrale benadering, december 2005.
- Installatie magazine
De nieuwe EPN en de aangescherpte EPC, september 2005.
- Installatie magazine
Lagere EPC en nieuwe EPN domineren VSK 2006, januari 2006.

Geraadpleegde internet sites

- www.nathan.nl
- www.nen.nl
- www.bouwkennis.nl
- www.epbd.nl
- www.waterkotte.de
- www.uponor.nl
- www.sbk-neuenstein.de



Verklarende woordenlijst

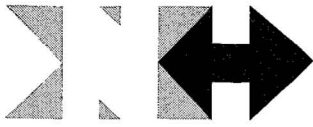
Asfalt collector:	Buizen register dat onder asfalt wordt gelegd. Hiermee kan de bron van de warmtepomp worden opgewarmd.
Atrium koeling:	Een atrium bestaat grotendeels uit glas. Binnen wordt het bij zonneschijn snel warm. Door die warmte weg te koelen kan de bron worden opgewarmd.
Bronsysteem:	Het systeem dat nodig is om de warmtepomp te voorzien van bronwater.
Buffervat:	Een groot vat van ongeveer 400 Liter met water dat op een bepaalde temperatuur wordt gehouden voor de verwarmingsinstallatie.
EPC:	Energie Prestatie Coëfficiënt. Energie norm waaraan nieuwbouw woningen en woongebouwen moeten voldoen.
Koelmiddel: R407C	Milieuvriendelijk koelmiddel. Maximale werktemperatuur 55°C.
Koelmiddel: R134A	Milieuonvriendelijkkoelmiddel. Maximale werktemperatuur 75°C.
NEN:	Nederlands Normalisatie-instituut. Dit instituut maakt normen die betrekking hebben op de bouw van gebouwen.
NPR:	Nederlandse Praktijkrichtlijn. Richtlijnen die betrekking hebben op de NEN.
Open verdeler:	Een verdeler die twee hydraulische circuits, met elk een eigen circulatiepomp, met elkaar verbind.
Stelaandrijving:	Aandrijving gemonteerd op een verdeler. Deze kan groepen open en dicht sturen.
Warmteterugwinning:	De warmte die afgezogen lucht bevat, gebruiken om inblaas lucht te Verwarmen.
Warmtewisselaar:	Een wisselaar die warmte van het ene medium overdraagt naar het andere medium.



Bijlagen (apart bijgevoegd)

De bijlagen zullen los van dit **rapport** worden bijgevoegd.

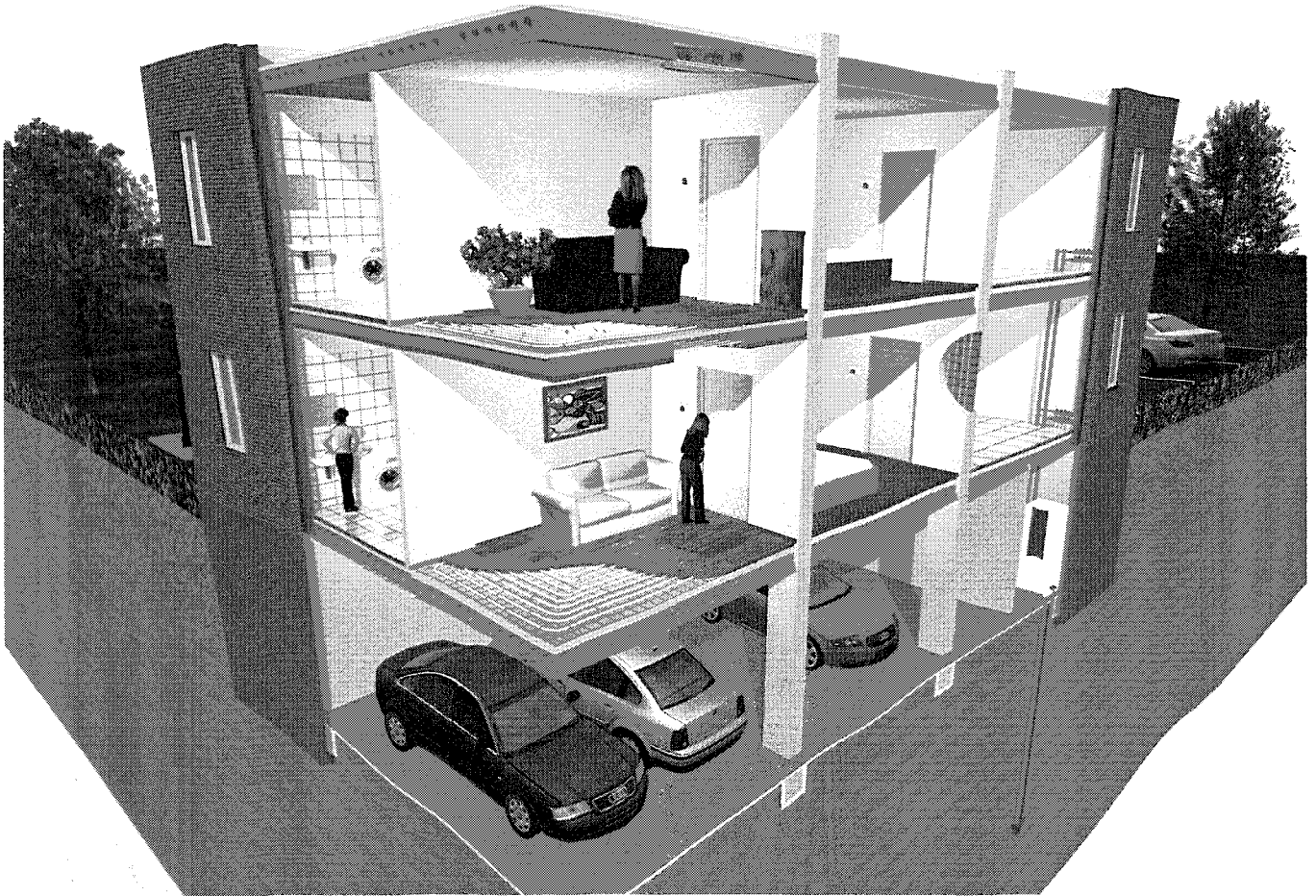
1. Legenda
2. Bijlagen van het 2-pijps systeem
 - 2.1 Bivalent warmtelkoude opwekking
 - 2.1.1 Bivalent warmte opwekking
 - 2.2 Bivalent + zonne-energie **warmte/koude** opwekking
 - 2.2.1 Bivalent + zonne-energie warmte opwekking
 - 2.3 Monovalent **warmte/koude** opwekking
 - 2.3.1 Monovalent warmte opwekking
 - 2.4 Monovalent + zonne-energie **warmte/koude** opwekking
 - 2.4.1 Monovalent + zonne-energie warmte opwekking
 - 2.5** Monovalent warmte en koude opwekking
 - 2.5.1 Monovalent warmte opwekking
 - 2.6 Monovalent c zonne-energie warmte en koude opwekking
 - 2.6.1 Monovalent + zonne-energie warmte opwekking
 - 2.7 Regeling vloerverwarming
 - 2.8 Regeling vloerverwarming/koeling
3. Bijlagen van het 3-pijps systeem
 - 3.1 Bivalent warmte/koude opwekking
 - 3.2 Bivalent + zonne-energie warmte/koude opwekking
 - 3.3 Monovalent warmtelkoude opwekking
 - 3.4 Monovalent + zonne-energie warmtelkoude opwekking
 - 3.5 Monovalent warmte en koude opwekking
 - 3.6 Monovalent + zonne-energie warmte en koude opwekking
 - 3.7 Regeling vloerverwarming/koeling laag ΔT
 - 3.8 Regeling vloerverwarming/koeling + betonactivering **laag** AT
 - 3.9 Regeling vloerverwarming/koeling hoog AT
 - 3.10 Regeling vloerverwarming/koeling + betonactivering hoog AT
4. Bijlagen van het 4-pijps systeem
 - 4.1 Bivalent warmte/koude opwekking
 - 4.2 Bivalent + zonne-energie warmtelkoude opwekking
 - 4.3 Monovalent warmtelkoude opwekking
 - 4.4 Monovalent + zonne-energie **warmte/koude** opwekking
 - 4.5 Monovalent warmte en koude opwekking
 - 4.6 Monovalent + zonne-energie warmte en koude opwekking
 - 4.7 Regeling vloerverwarming/koeling laag AT
 - 4.8 Regeling vloerverwarming/koeling + betonactivering laag AT
 - 4.9 Regeling vloerverwarming/koeling hoog AT
 - 4.10 Regeling vloerverwarming/koeling + betonactivering hoog AT



5. Bijlagen van het VKW systeem
 - 5.1 Bivalent warmte/koude opwekking
 - 5.2 Bivalent + zonne-energie warmte/koude opwekking
 - 5.3 Monovalent warmte/koude opwekking
 - 5.4 Monovalent + zonne-energie warmte/koude opwekking
 - 5.5 Monovalent warmte en koude opwekking
 - 5.6 Monovalent + zonne-energie warmte en koude opwekking**
 - 5.7 Regeling vloerverwarming/koeling
 - 5.8 Regeling vloerverwarming/koeling + betonactivering
6. Bijlagen van het individuele warmtepomp systeem
 - 6.1 vloerverwarming/koeling + warm tapwater
 - 6.2 vloerverwarming/koeling e betonactivering + warm tapwater
7. Bijlagen van de afgiftesystemen in combinatie met ventilator convectoren
 - 7.1 vloerverwarming/koeling + ventilator convector
 - 7.2 vloerverwarming/koeling + ventilator convector en betonactivering
8. Kostenoverzicht afgiftesysteem per woning.

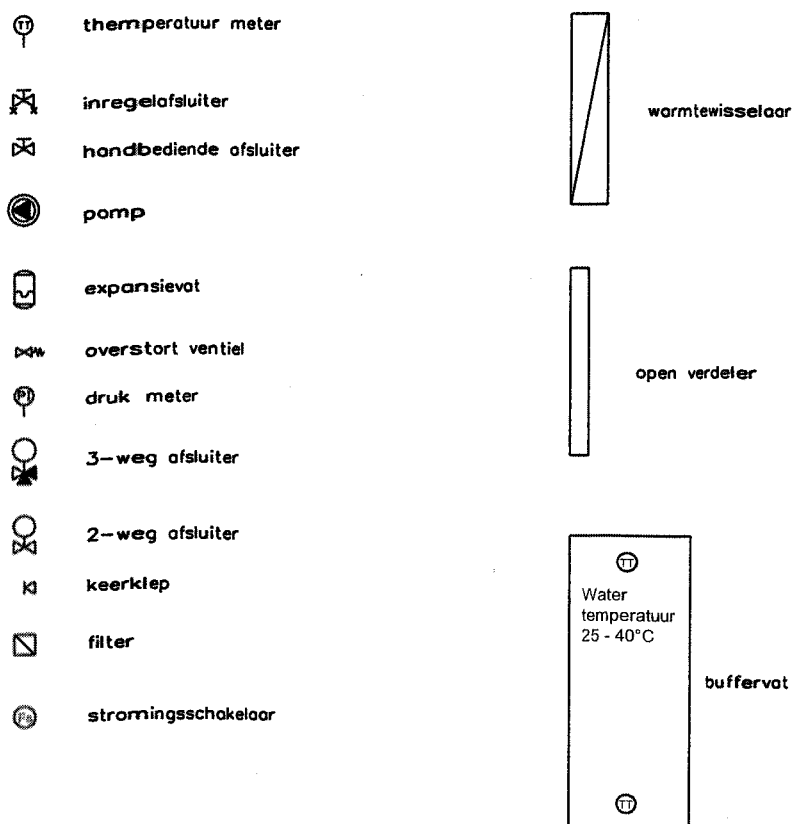
Laagtemperatuur verwarming en hoogtemperatuur koeling

Onderzoek naar concepten voor appartementen



Bijlagen

Bijlage 1



Legenda schema's

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



tel. (026) 4459845 — fax. (026) 4459373

impact 73 — 6921 RZ Duiven

postbus 1008 — 6920 BA Duiven

internet: www.nathan.nl — e-mail: tekening@nathan.nl

tekenaar: J. Megens

e-mail: j.megens@nathan.nl

schaal:

formaat: A4

datum:

file: Legenda

tek.no:

1

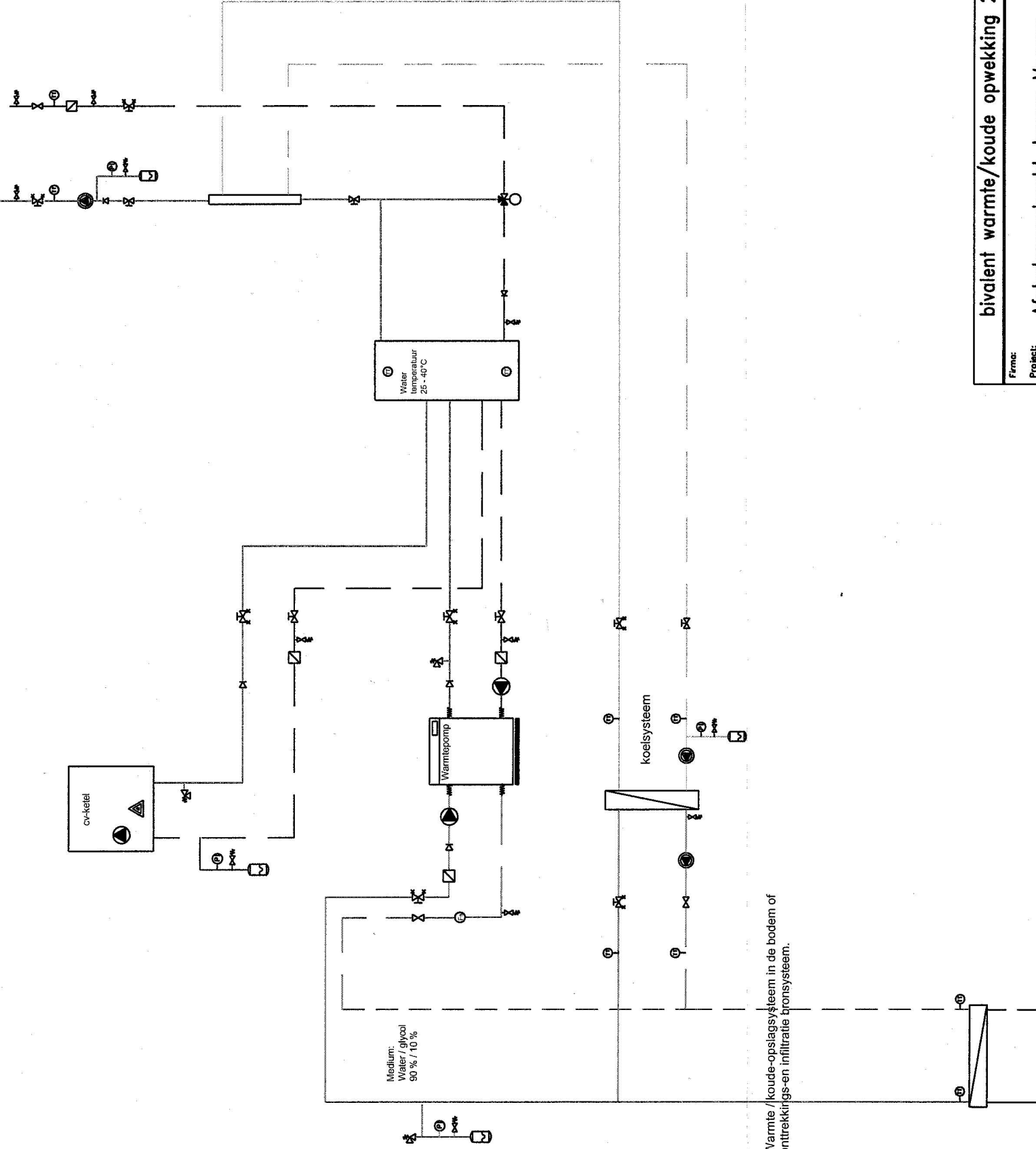
werk no.:

Bijlage 2 verwarmen & koelen in appartementen

2-pijps systeem

Aanvoerleiding
- verwarming 25 - 40 °C
- koeling 17 °C

Retourleiding
- verwarming 20 - 35°C
- koeling ca. 21°C



bivalent warmte/koude opwekking 2-pijps

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



telefoon: J.Megens

e-mail: j.megens@nathan.nl

schied:

tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373

postbus 1008 - 6920 BA Duiven

internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl

tek.no:

2.1

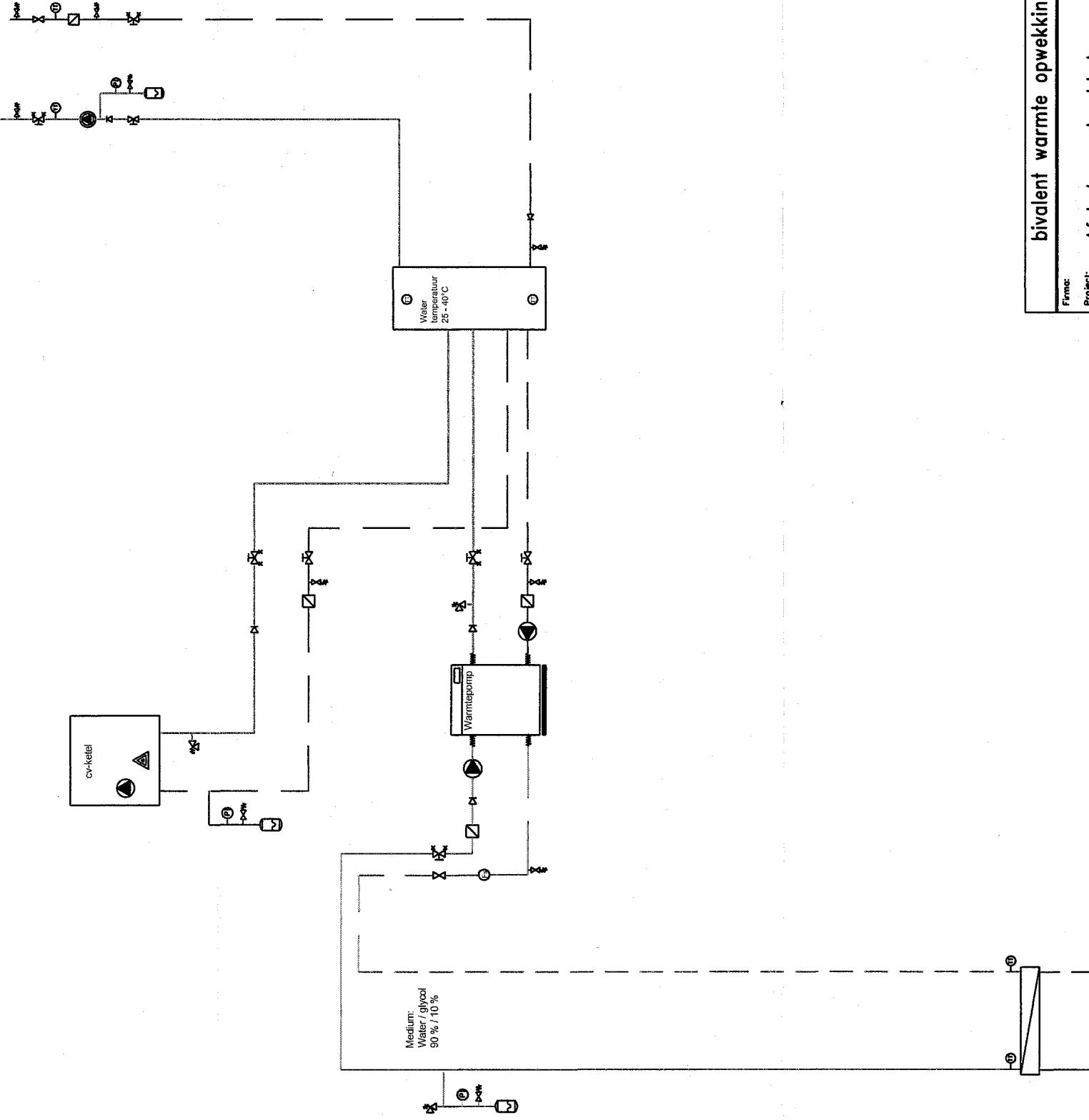
werk no.:

nvt

schema 2-pijps systeem

Aanvoerleiding
- verwarming 25 - 40 °C

Retourleiding
- verwarming 20 - 35°C



bivalent warmte opwekking 2-pijps

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



telefoon: J. Megens

e-mail: j.megens@nathan.nl

tek. no:

2.1.1

werk. no:

nvt

schied:

formaat: A3

datum:

titel:

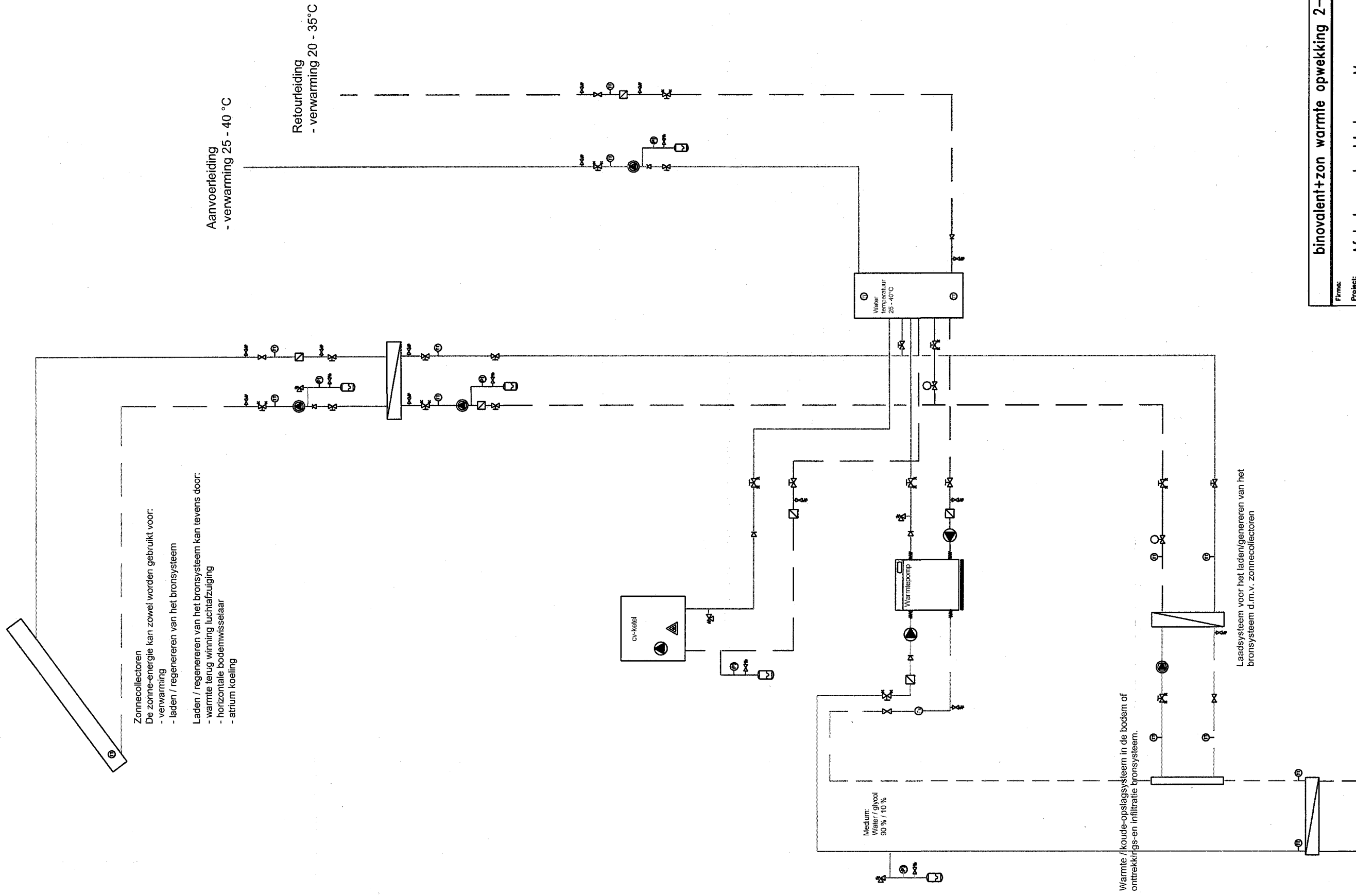
schema 2-pijps systeem

tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373

Impact 73 - 6921 RZ Duiven

postbus 1008 - 6920 BA Duiven

internet: www.nathan.nl - e-mail: teleing@nathan.nl



bivalent+zon warmte opwekking 2-pijps

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



telefoon: J. Megens

e-mail: j.megens@nathan.nl

tek. no:

2.2.1

werk no:

nvt

tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373

Impact 73 - 6921 RZ Duiven

postbus 1008 - 6920 BA Duiven

internet: www.nathan.nl - e-mail: teleing@nathan.nl

school:

format: A3

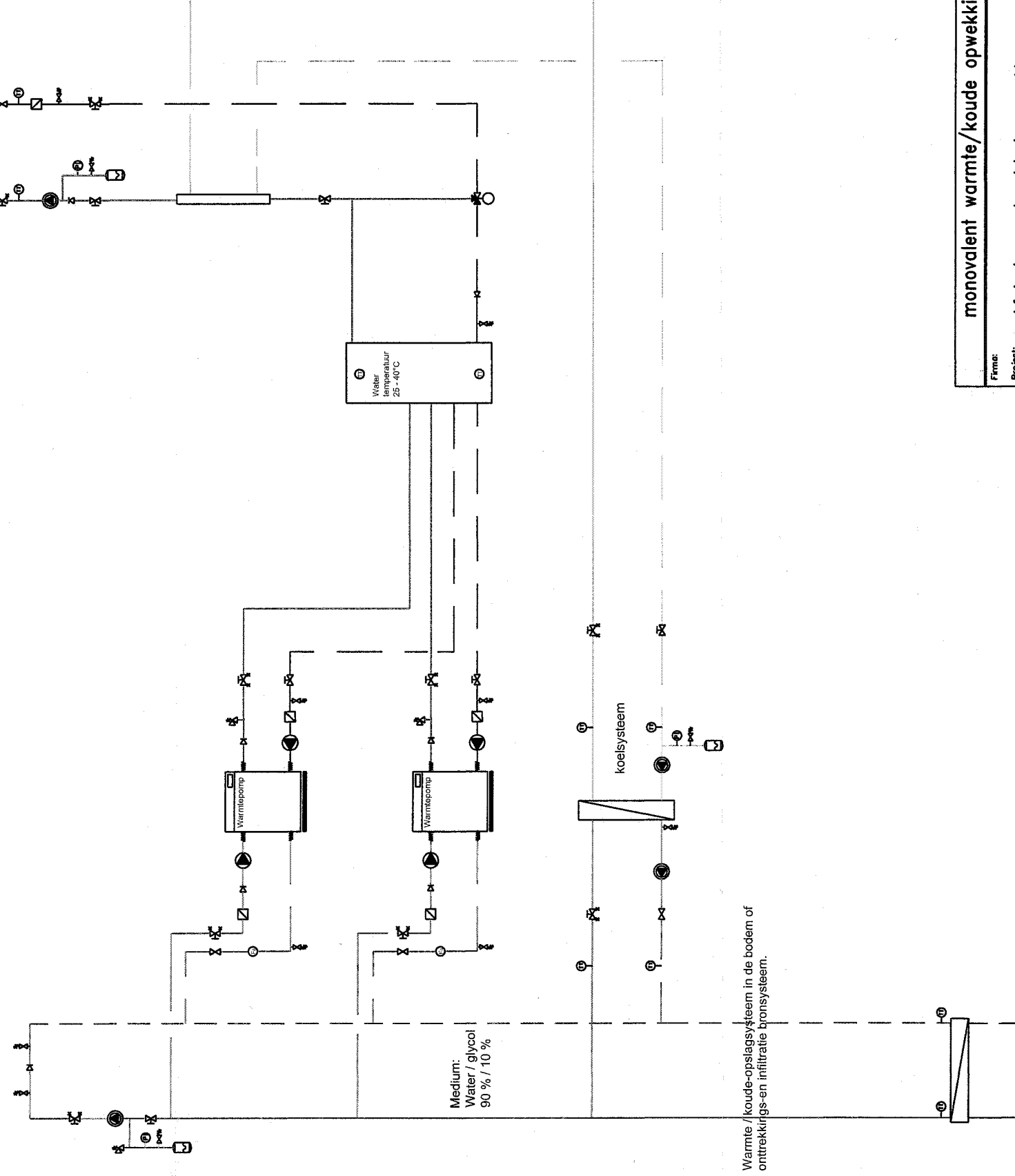
datum:

titel:

schema 2-pijps systeem

Aanvoerleiding
- verwarming 25 - 40 °C
- koeling 17 °C

Retourleiding
- verwarming 20 - 35°C
- koeling ca. 21°C



monovalent warmte/koude opwekking 2-pijps

Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens

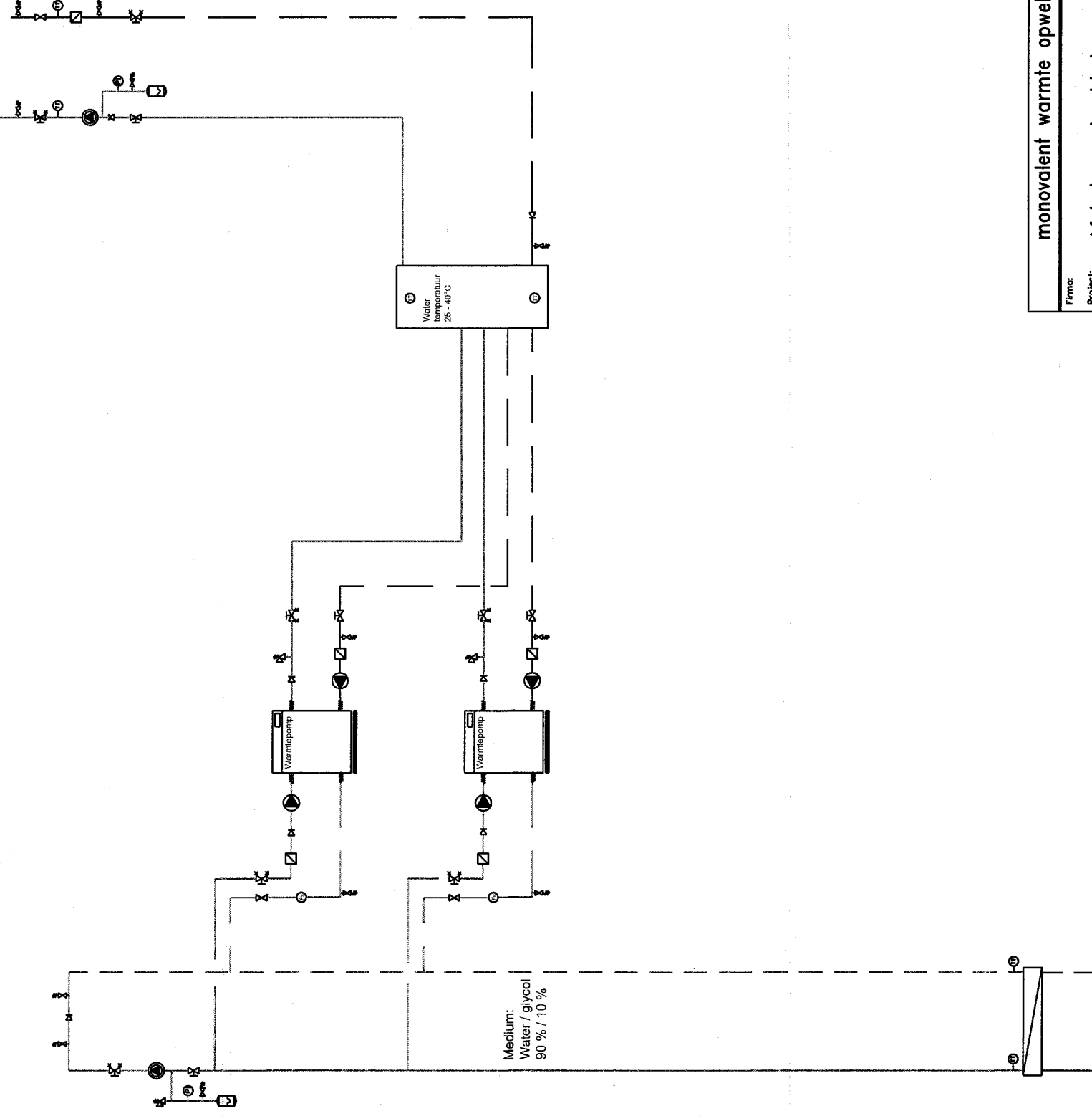


telefoon:	J. Megens	tek. no:	2.3
e-mail:	j.megens@nathan.nl	werk no:	nvt
school:			
termoet:	AJ		
datum:			
file:	schema 2-pijps systeem		

tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373
Impact 73 - 6921 RZ Duiven
postbus 1008 - 6920 BA Duiven
internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl

Aanvoerleiding
- verwarming 25 - 40 °C

Retourleiding
- verwarming 20 - 35°C



monovalent warmte opwekking 2-pijps

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



tek. no:

2.3.1

e-mail: j.megens@nathan.nl

werk no:

nvt

school:

formaat: A3

datum:

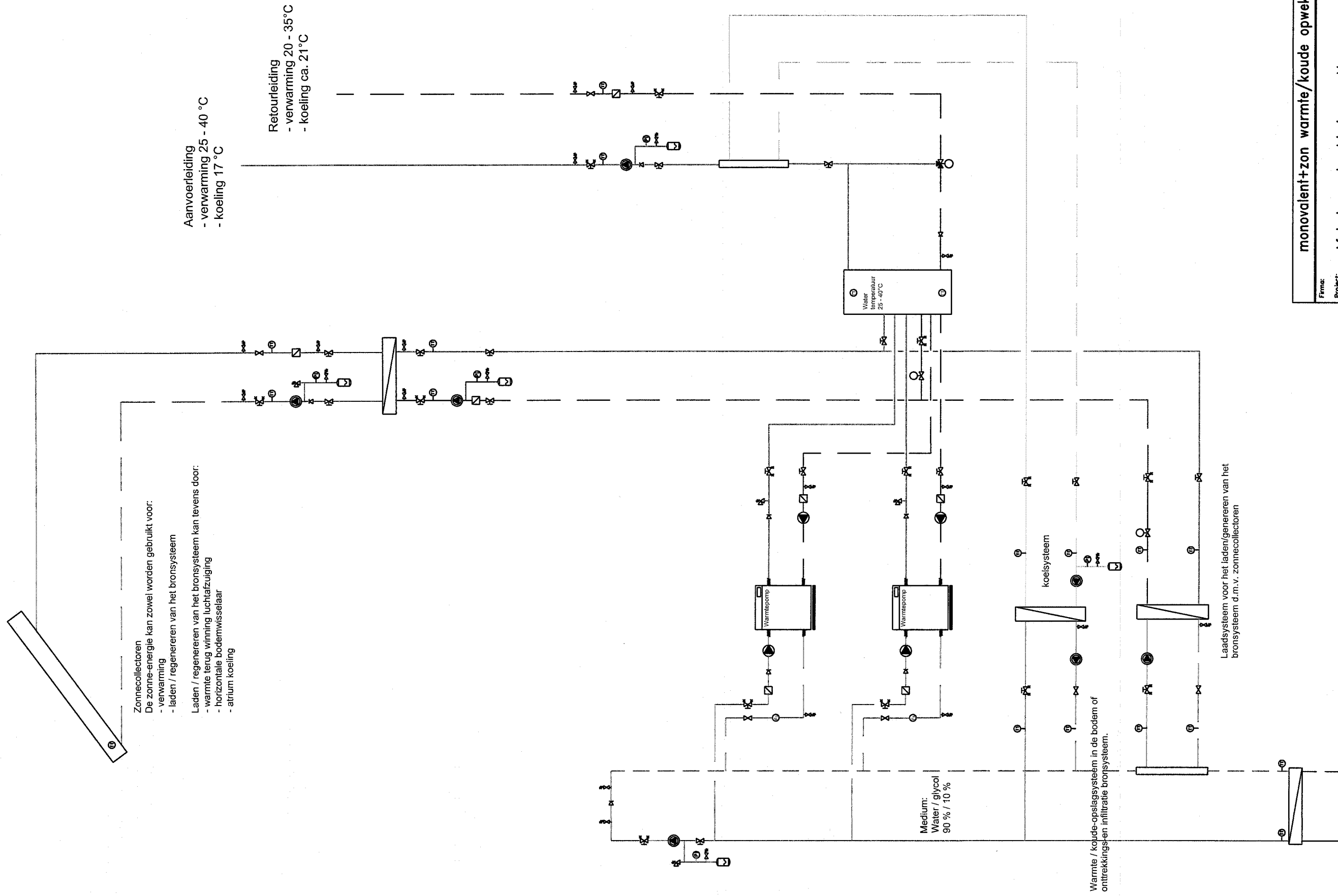
titel: schema 2-pijps systeem

tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373

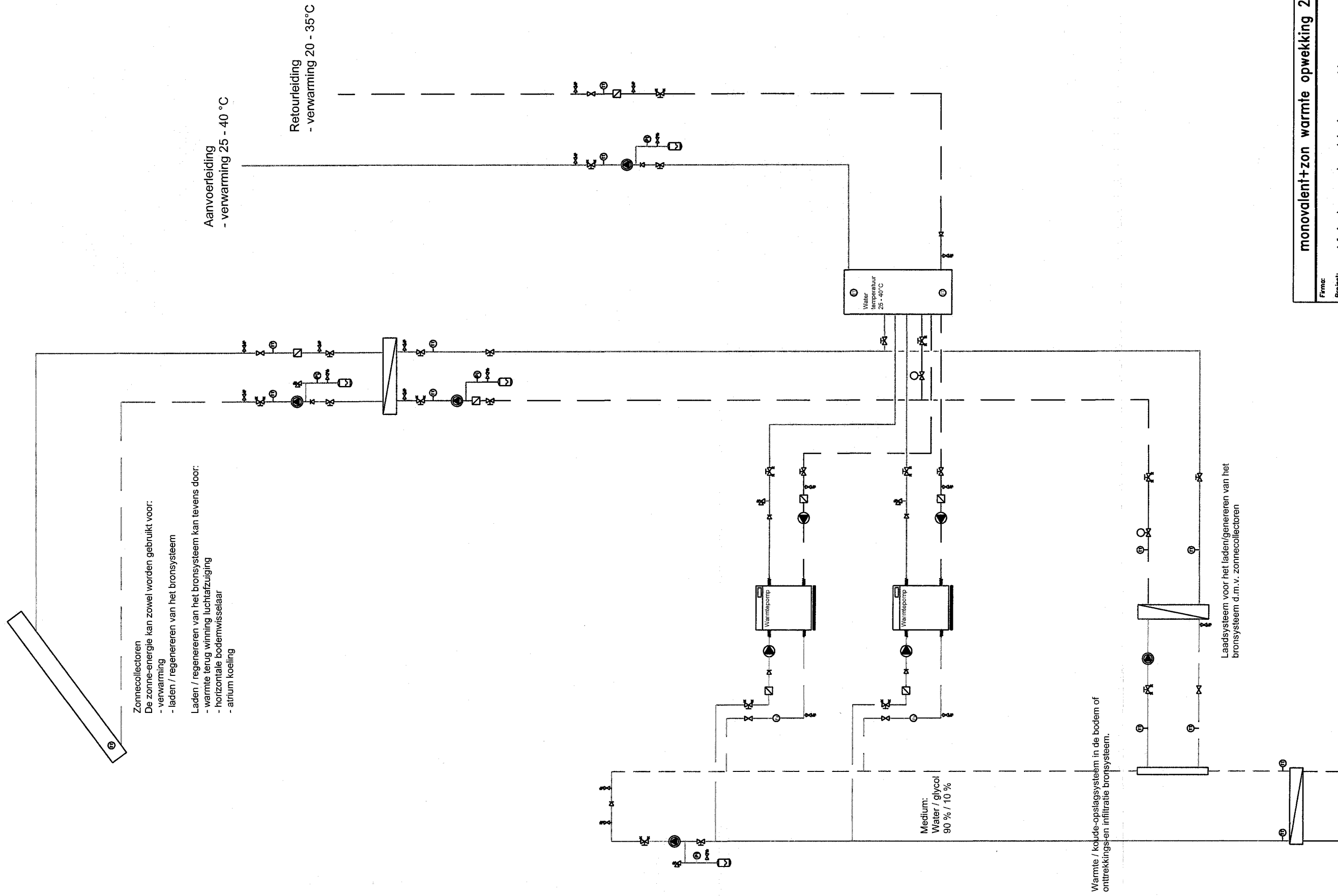
impact 73 - 6921 RZ Duiven

postbus 1008 - 6920 BA Duiven

internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl



Firma:		monovalent+zon warmte/koude opwekking 2-pijps	
Project:		Afstudeeropdracht Jurgen Megens	
telefoon:	J. Megens	telefoon:	2.4
e-mail:	j.megens@nathan.nl	e-mail:	nvt
schied:		schied:	
formaat:	A3	formaat:	
datum:		datum:	
file:	schema 2-pijps systeem	file:	



monovalent+zon warmte opwekking 2-pijps

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



telefoon: J. Megens

e-mail: j.megens@nathan.nl

tel. (026) 4458845 - fax. (026) 4458373

Impact 73 - 6921 RZ Duiven

postbus 1008 - 6920 BA Duiven

internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl

tek.no:

2.4.1

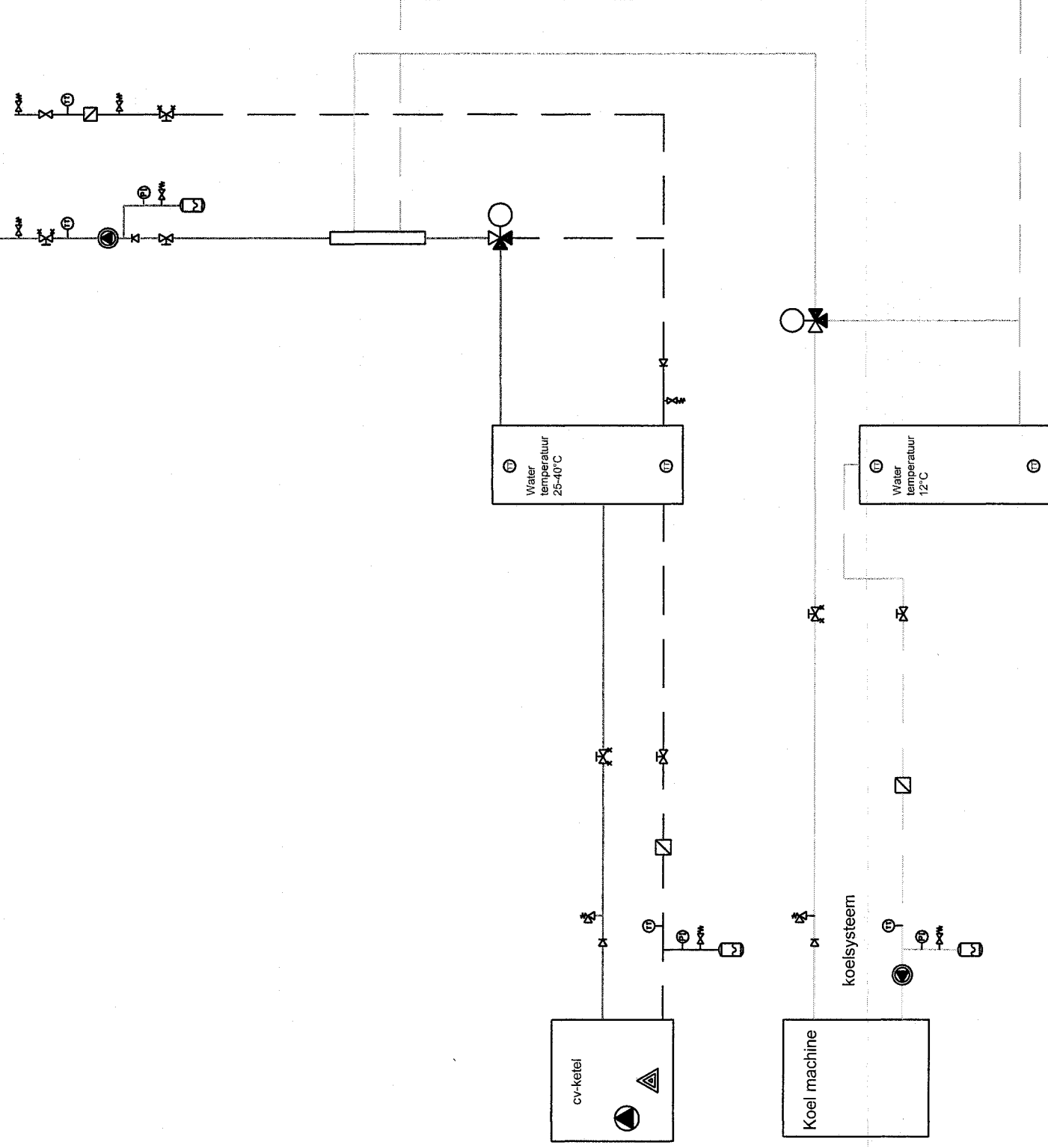
werk no:

nvt

schema 2-pijps systeem

Aanvoerleiding
- verwarming 25-40°C
- koeling 17°C

Retourleiding
- verwarming 20 - 35°C
- koeling ca. 21°C



monovalente warmte en koude opwekking 2-pijps

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



telefoon: J. Megens

e-mail: j.megens@nathan.nl

tel. no:

2.5

werk no.:

nvt

school:

format: AJ

datum:

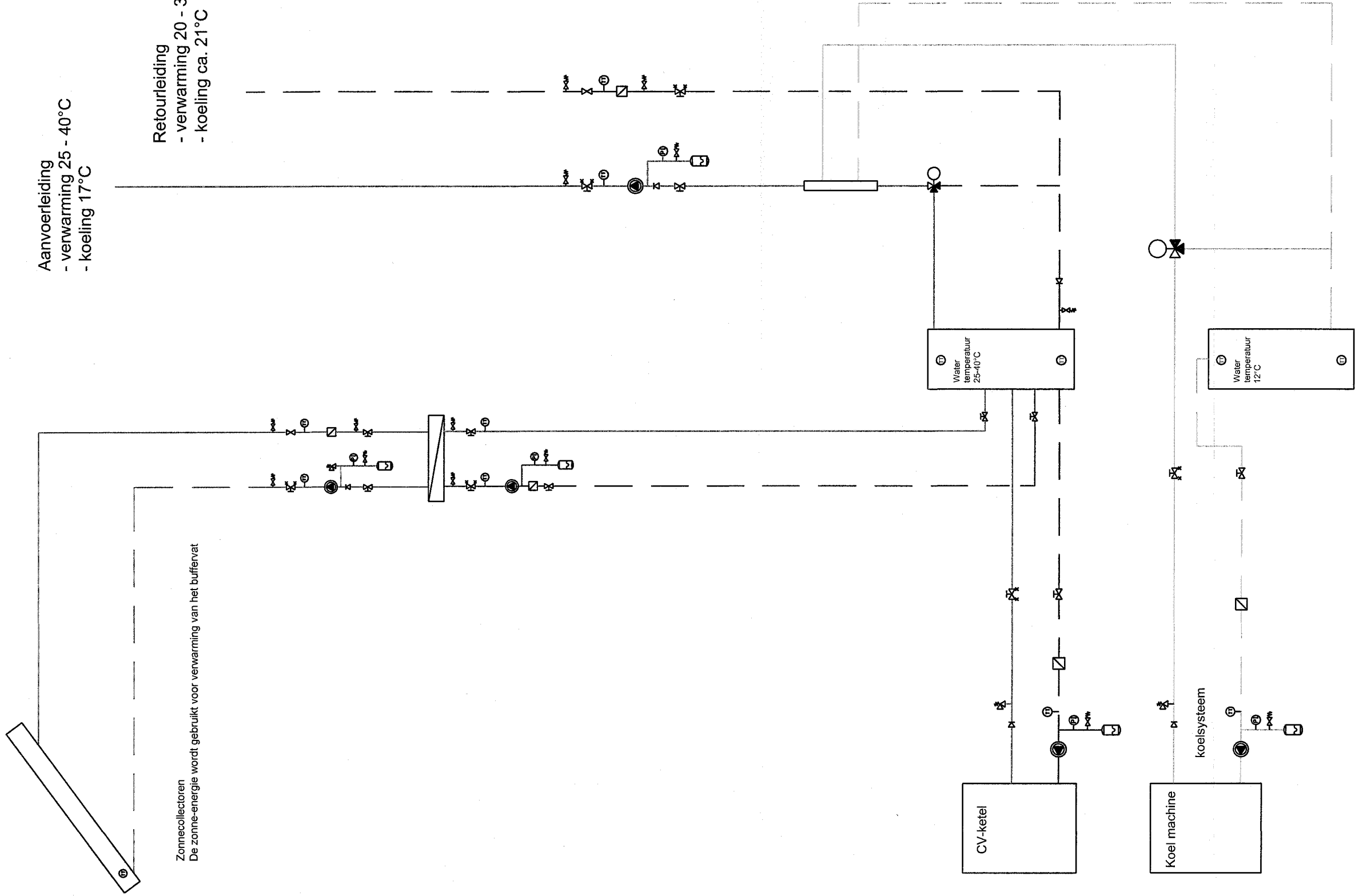
file: schema 2-pijps systeem

tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373

postbus 73 - 8921 RZ Duiven

postbus 1008 - 8920 BA Duiven

internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl



monovalent+zon warmte en koude opwekking 2-pijps

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



telefoon: J. Megens

e-mail: j.megens@nathan.nl

school: A3

formaat: A3

datum:

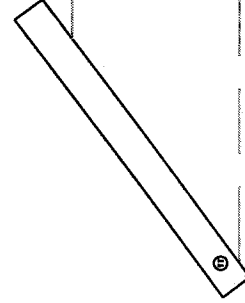
titel: schema 2-pijps systeem

tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373

Impact 73 - 6921 RZ Duiven

postbus 1008 - 6920 BA Duiven

internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl



Zonnecollectoren
De zonne-energie wordt gebruikt voor verwarming van het buffervat

Aanvoerleiding
- verwarming 25 - 40°C

Retourleiding
- verwarming 20 - 35°C

Water
temperatuur
25-40°C

CV-ketel

monovalent+zon warmte opwekking 2-pijps

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



tel. (026) 4459843 - fax. (026) 4459373
Impact 73 - 6921 RZ Duiven
Postbus 1008 - 6920 BA Duiven
internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl

tekenaar: J. Megens
e-mail: j.megens@nathan.nl

tel.no:

2.6.1

werk no.:

nvt

schadit:

A3

formaat:

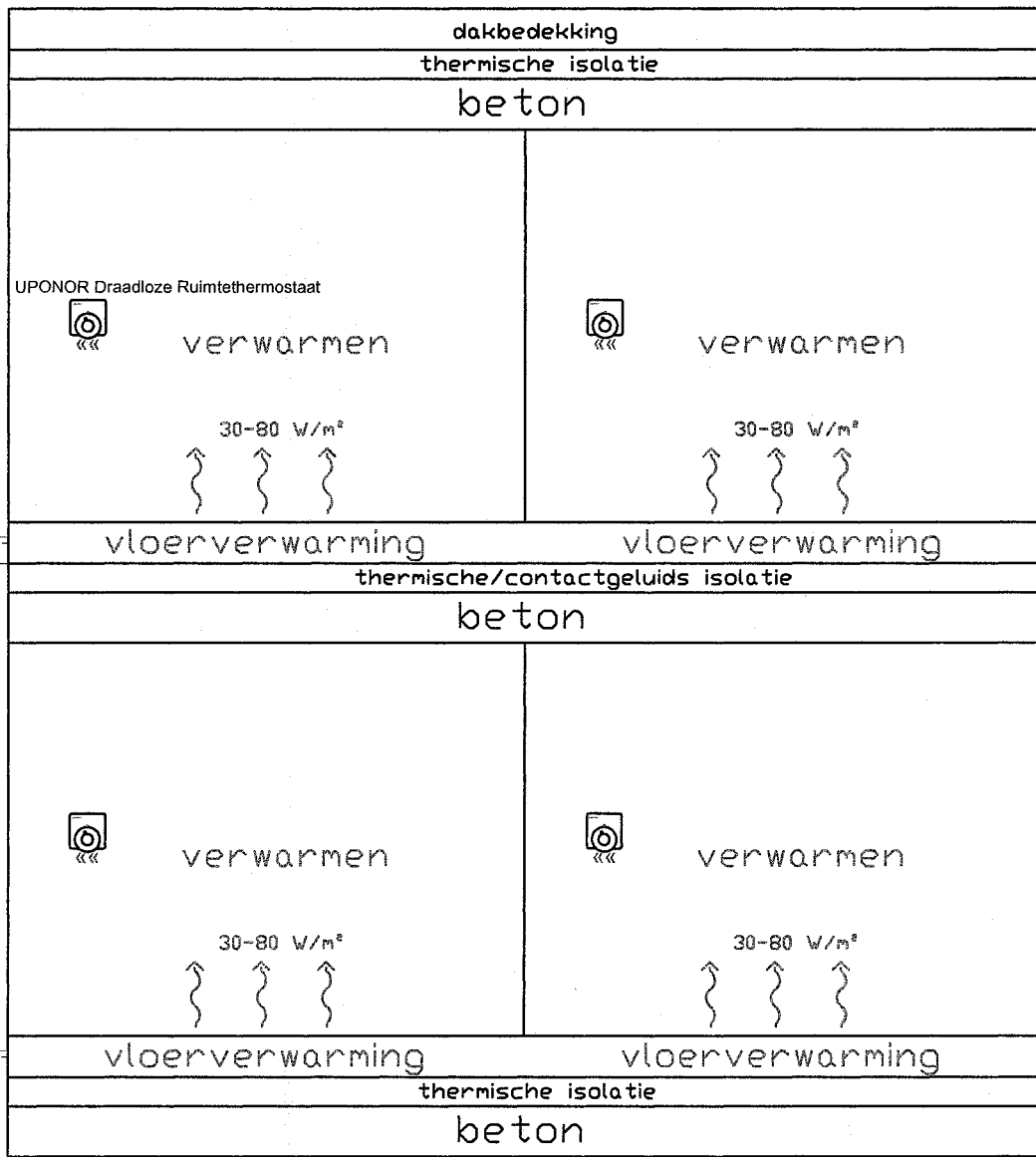
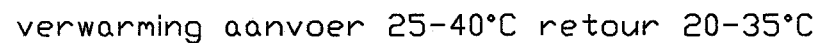
A3

coluim:

schema 2-pijps systeem

file:

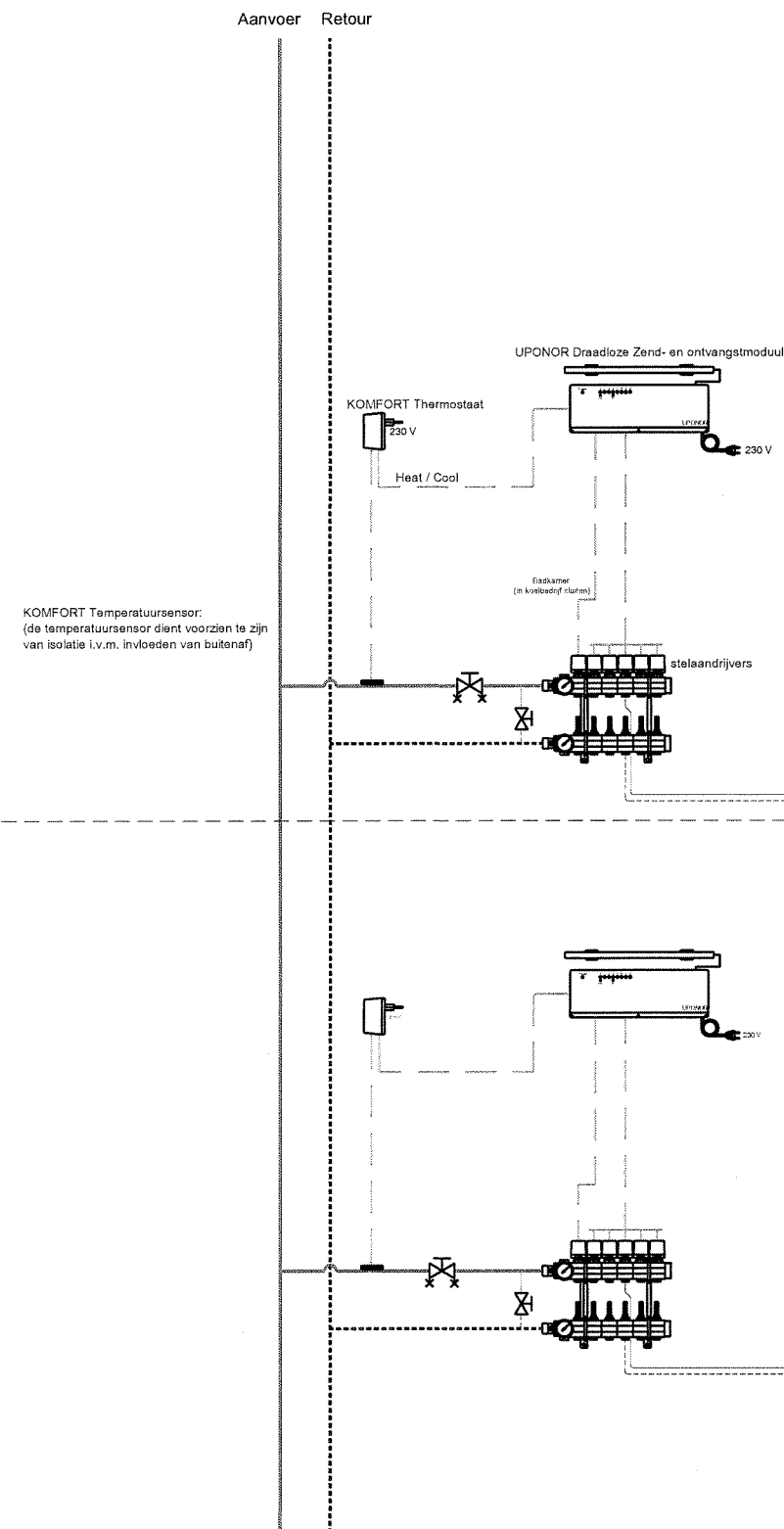
Doorsnede
appartement



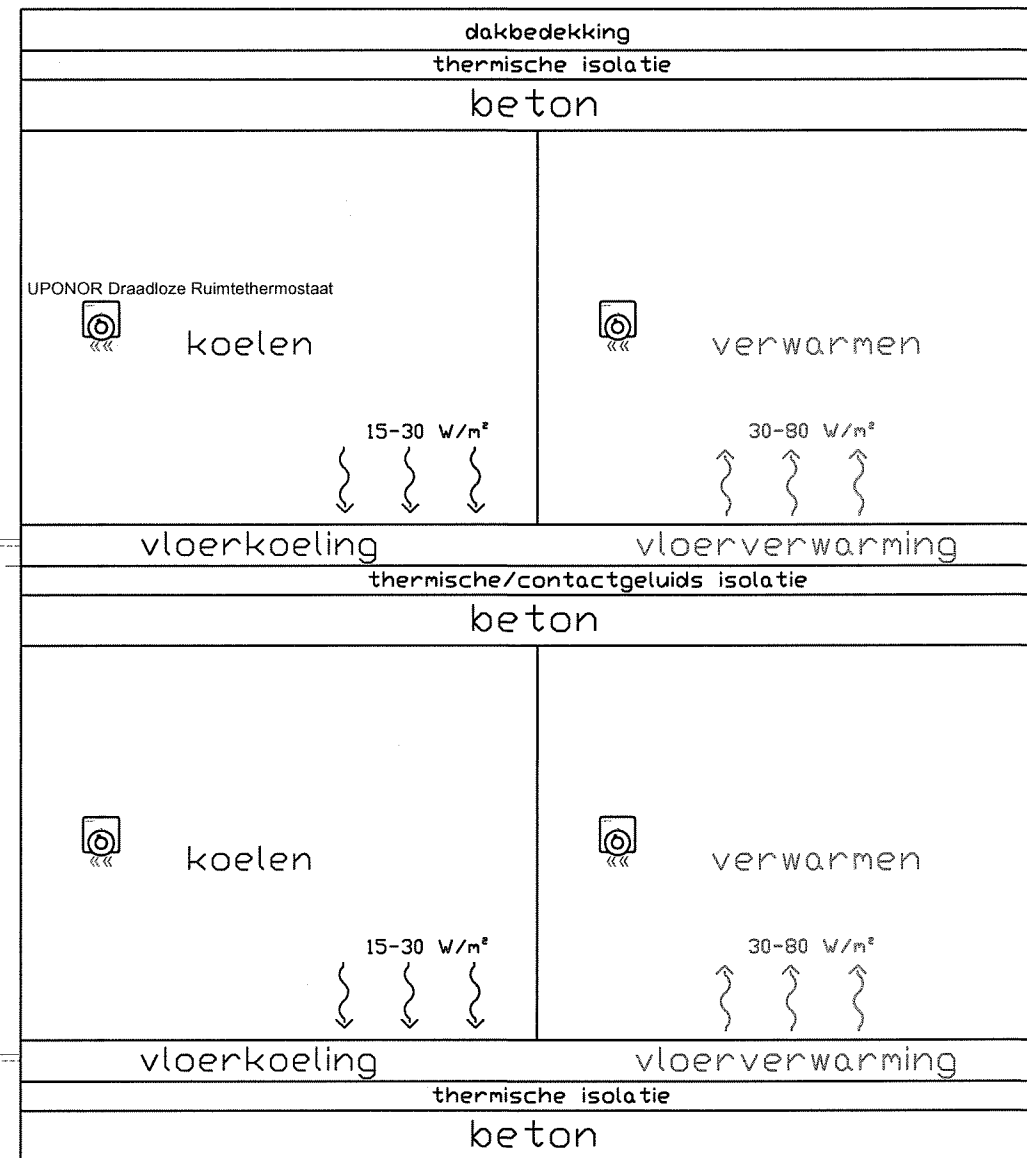
Collectief warm tapwater

2-pijps vv		
Firma:		
Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens		
 NATHAN IMPORT/EXPORT B.V.	tek.naor: J.Megens e-mail: j.megens@nathan.nl	tek.no: 2.7
	school:	werk.no:
	formaat: A3	nvt
	datum:	
	file: schema 2-pijps systeem	
tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373 impact 73 - 8921 RZ Duiven postbus 1008 - 6920 BA Duiven internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl		

Doorsnede appartement



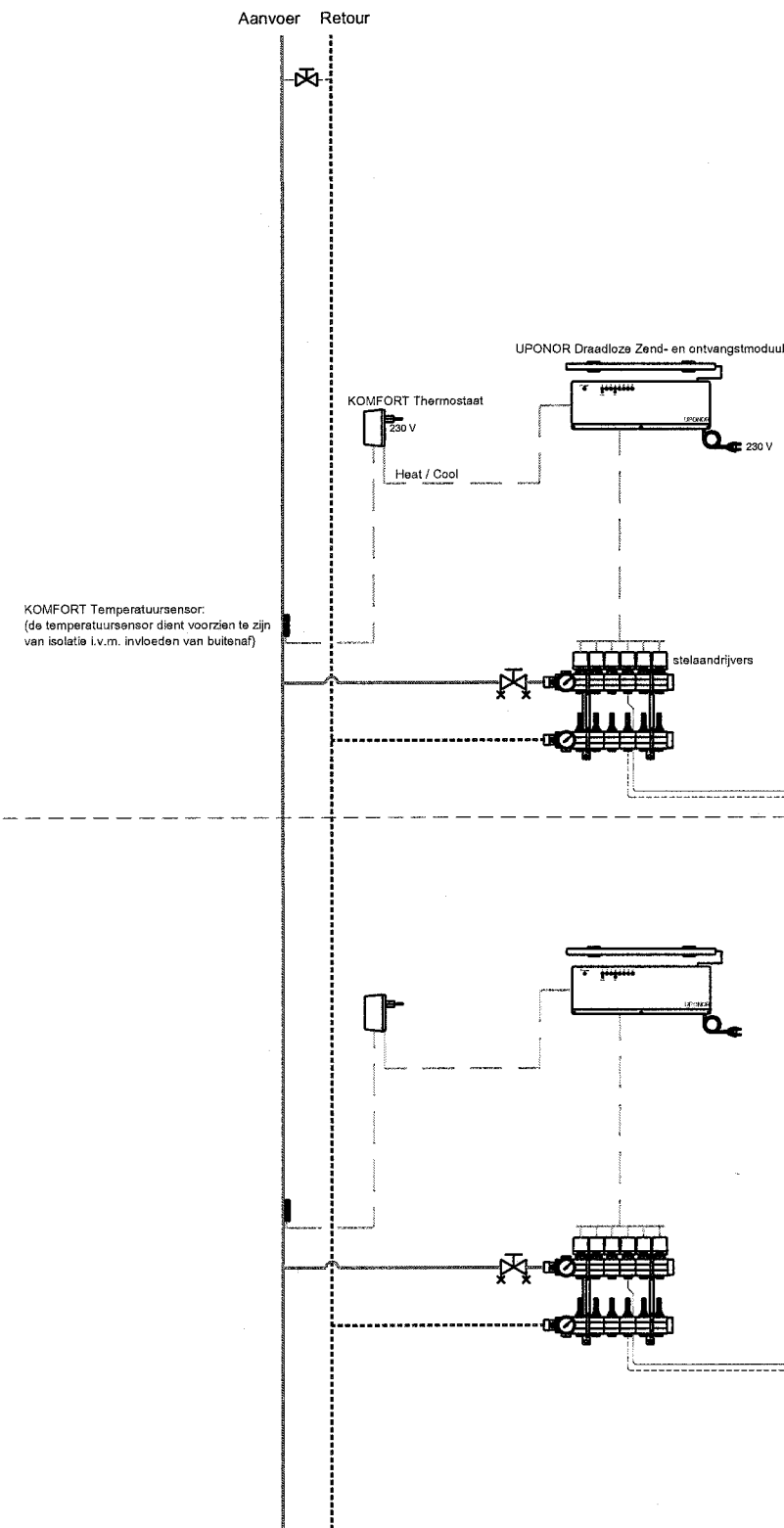
verwarming aanvoer 25-40°C retour 20-35°C
koeling aanvoer 17°C retour 21°C



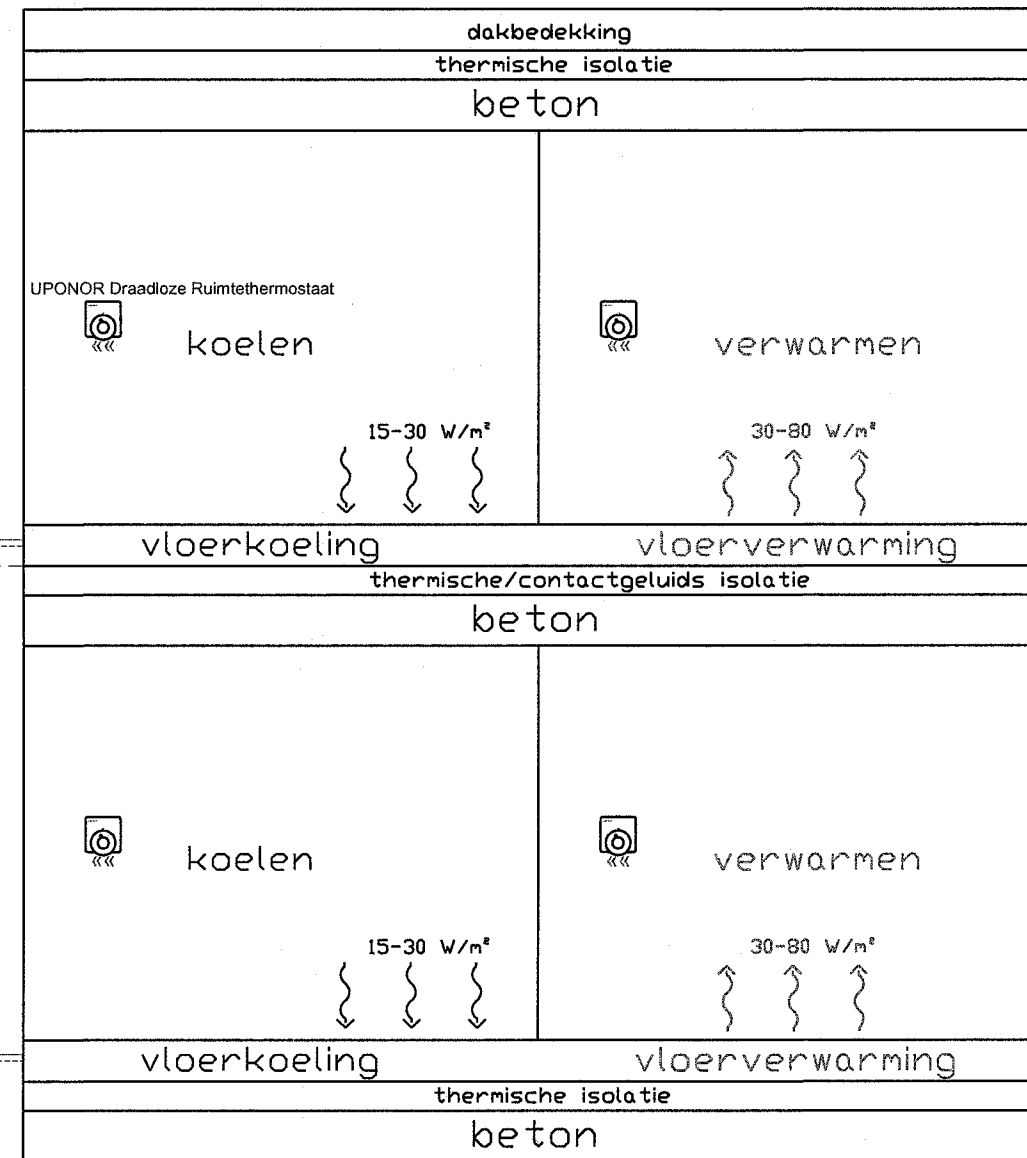
Collectief warm tapwater

2-pijps vv/vk			
Firma:			
Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens			
 NATHAN IMPORT/EXPORT B.V.	tekenaar: J. Megens	tek.no:	
	e-mail: j.megens@nathan.nl	2.8	
	school:	werk no.:	
	formaat: A3	nvt	
	datum: 10-03-2006		
postbus 1008 - 6920 BA Duiven	file: schema 2-pijps systeem		
internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl			

Doorsnede appartement



verwarming aanvoer 25-40°C retour 20-35°C
koeling aanvoer 17°C retour 21°C



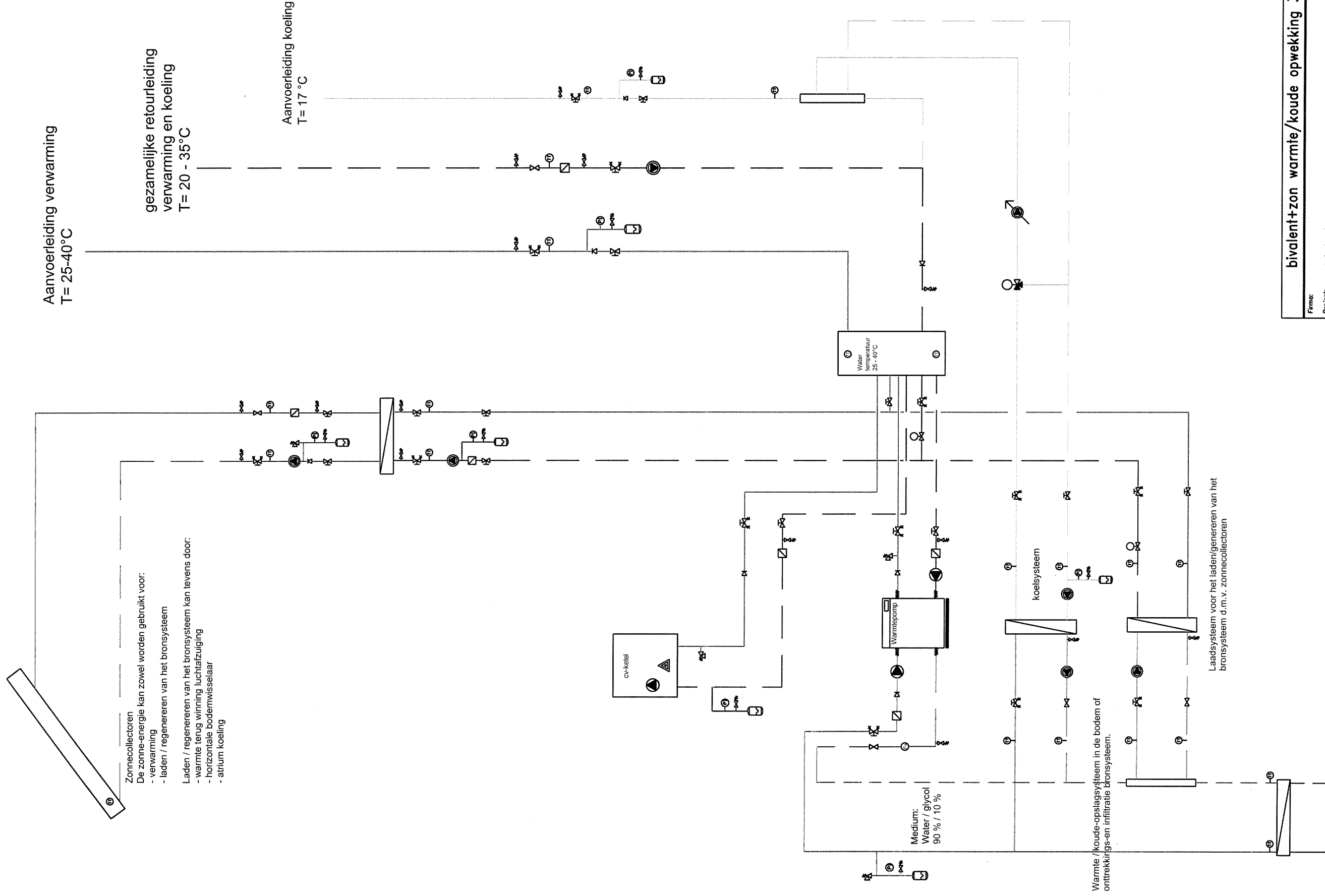
Collectief warm tapwater

2-pijps w/vk.1

Firma:		
Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens		
 NATHAN NATHAN B.V. B.V.	tekenaar: J. Megens	tek. no: 2.9
	e-mail: j.megens@nathan.nl	
	school:	werk no.: nvt
	formaat: A3	
	datum: 24-03-2006	
file: schema 2-pijps systeem		
tel. (026) 4459845 – fax. (026) 4459373		
Impact 73 – 6921 RZ Duiven		
postbus 1008 – 6920 BA Duiven		
internet: www.nathan.nl – e-mail: tekening@nathan.nl		

Bijlage 3 verwarmen & koelen in appartementen

3-pijps systeem



bivalent+zon warmte/koude opwekking 3-pijps

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



tekenaar: J. Megens

e-mail: j.megens@nathan.nl

tek.no:

3.2

werk no.:

nvt

schad:

formaat: A3

datum:

file:

tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373

impact 73 - 6921 RZ Duiven

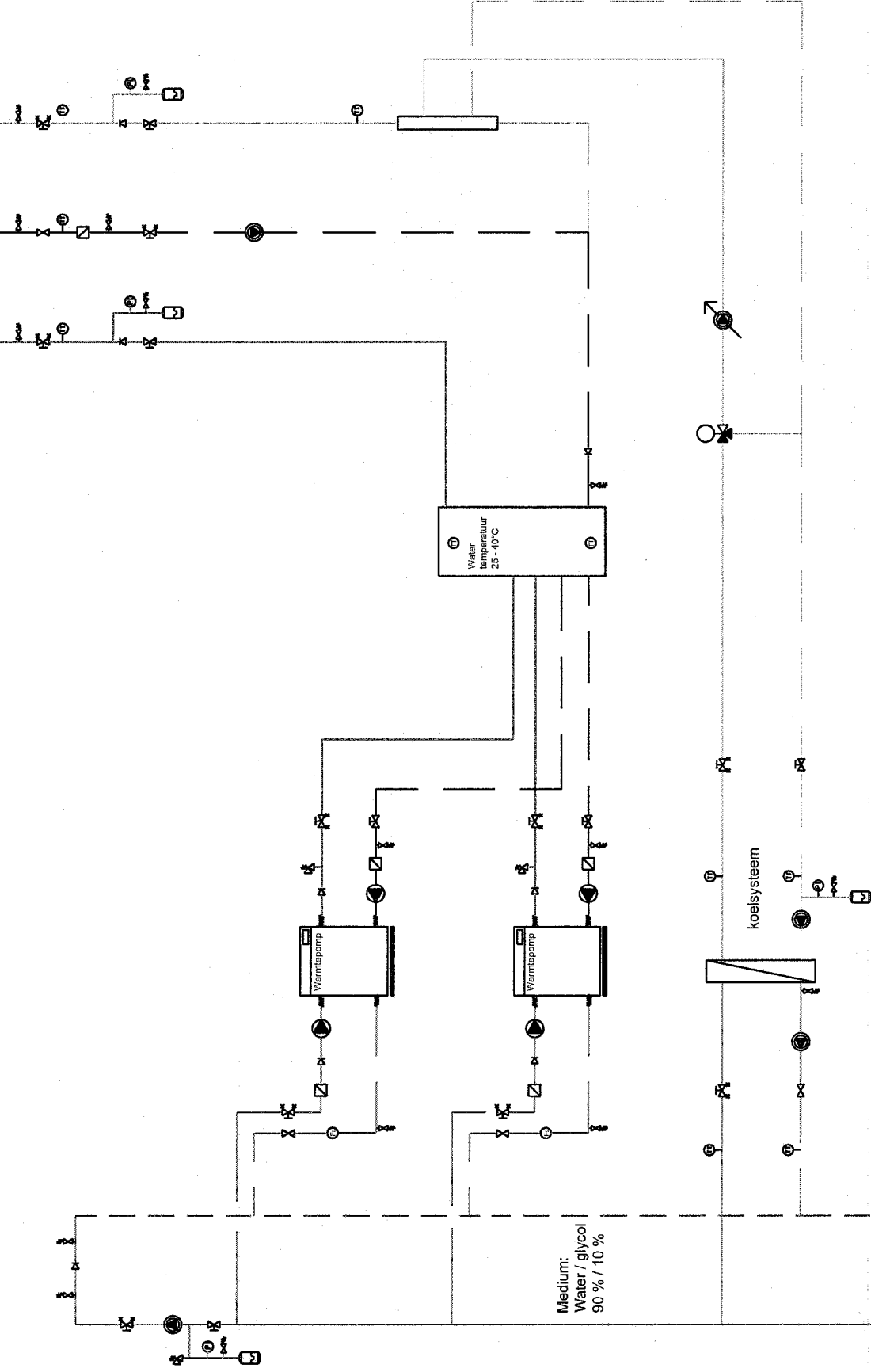
postbus 1008 - 6920 BA Duiven

internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl

Aanvoerleiding verwarming
T= 25 - 40 °C

Gezamenlijke retourleiding
verwarming en koeling
T= 20 - 35°C

Aanvoerleiding koeling
T= 17 °C



Warmte / koude-opslagsysteem in de bodem of
onttrekkings-en infiltratie bronsysteem.

monovalent warmte/koude opwekking 3-pijps

Firma:

Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens



tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373
Impact 73 - 6821 RZ Duiven
postbus 1008 - 6920 BA Duiven

Internet: www.nathan.nl - e-mail: tekering@nathan.nl

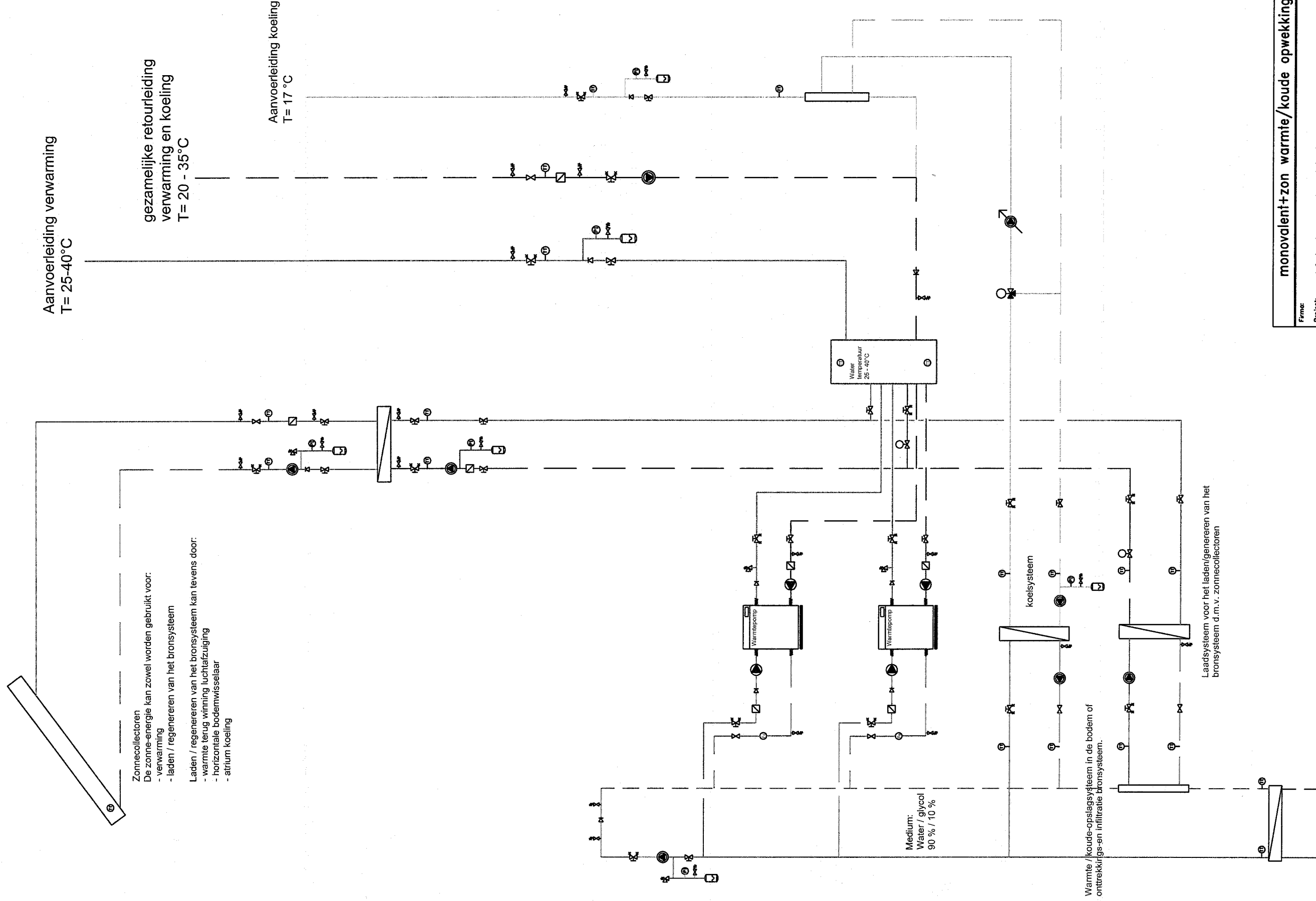
tek. no:

3.3

werk no.:

nvt

file: schema 3-pijps systeem



Zonnecollectoren
De zonne-energie kan zowel worden gebruikt voor:
- verwarming
- laden / regenereren van het bronsysteem

Laden / regenereren van het bronsysteem kan tevens door:
- warmte terug winning luchtafzuiging
- horizontale bodemwisselaar
- atrium koeling

Medium:
Water / glycol
90 % / 10 %

Warmte / koude-opslagsysteem in de bodem of
onttrekkings-en infiltratie bronsysteem.

koelsysteem

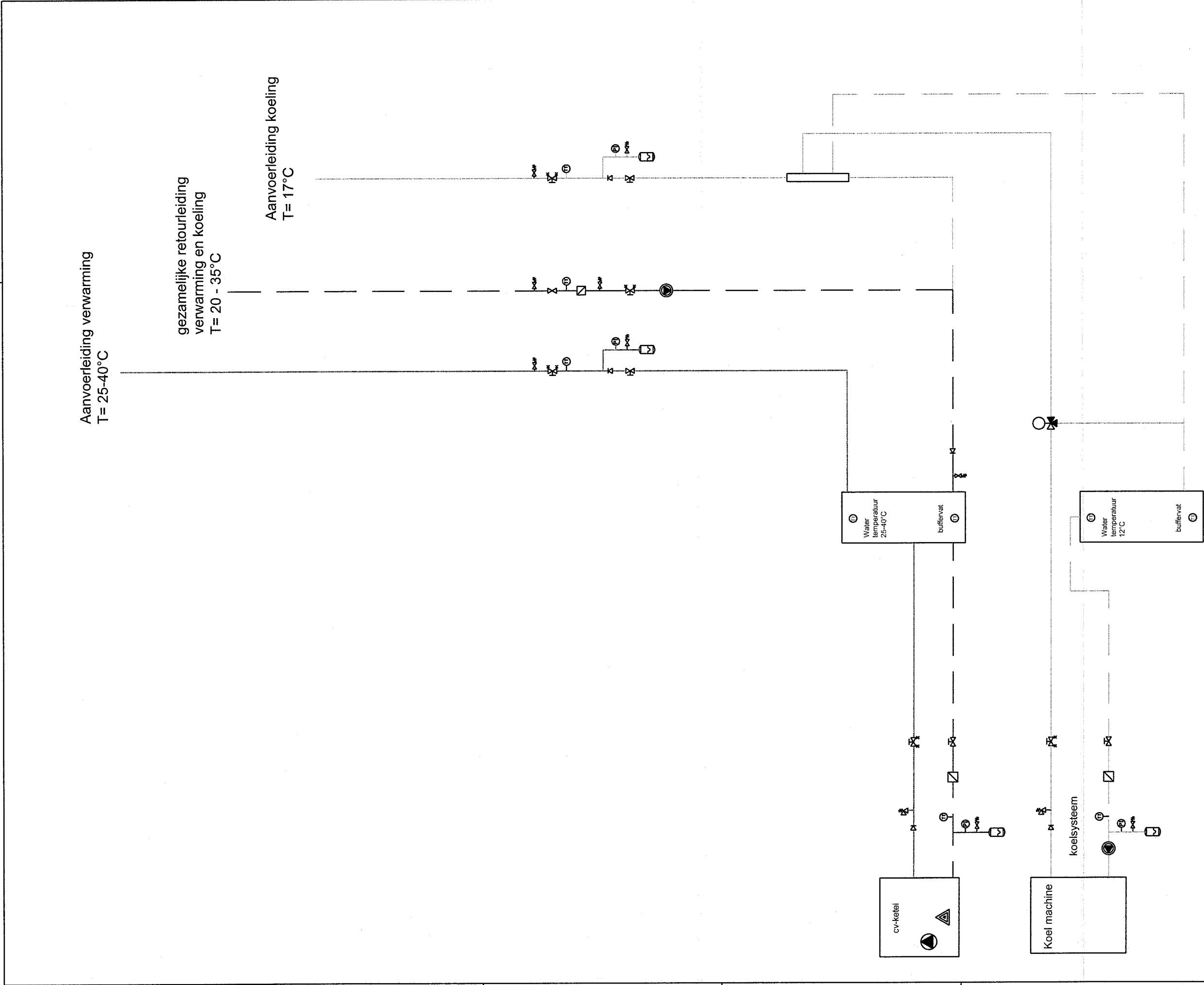
Laadsysteem voor het laden/genereren van het
bronsysteem d.m.v. zonnecollectoren

Aanvoerleiding verwarming
T= 25-40°C

gezamenlijke retourleiding
verwarming en koeling
T= 20 - 35°C

Aanvoerleiding koeling
T= 17 °C

Firma:		monovalent+zon warmte/koude opwekking 3-pijps	
Project:		Afstudeeropdracht Jurgen Megens	
 NATHAN www.nathan.nl		telefoon: J. Megens	tek. no:
		e-mail: j.megens@nathan.nl	3.4
		school:	werk no:
		formaat: A3	nvt
		formaat: 73 - 6921 RZ Duiven	
		postbus 1008 - 6920 BA Duiven	
internet: www.nathan.nl		e-mail: tekening@nathan.nl	schema 3-pijps systeem



monovalente warmte en koude opwekking 3-pijps

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens

NATHAN

www.nathan.nl

tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373

impact 73 - 6921 RZ Duiven

postbus 1009 - 6920 BA Duiven

internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl

telefoon: J. Megens

e-mail: j.megens@nathan.nl

tek.no: 3.5

werk.no: nvt

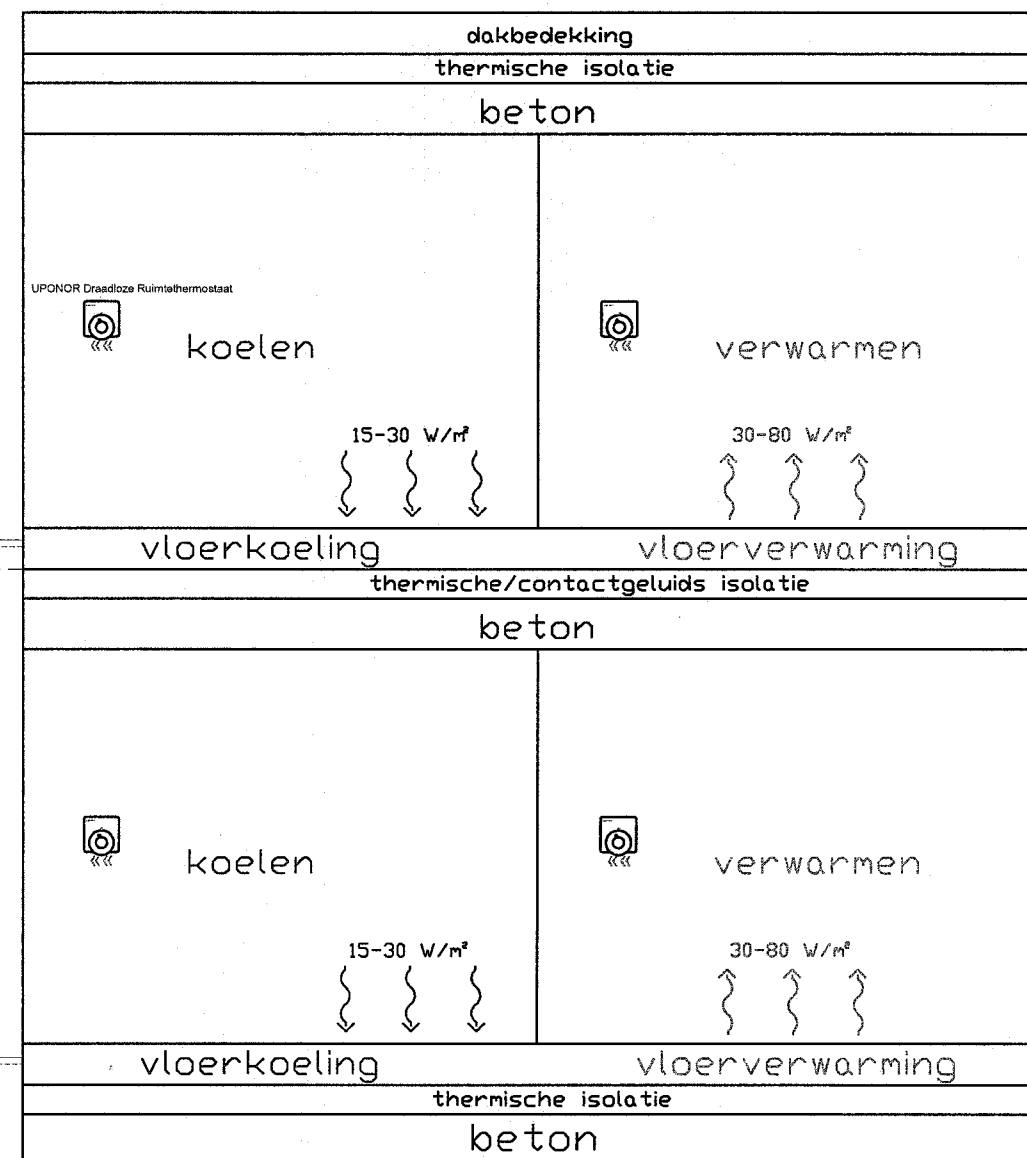
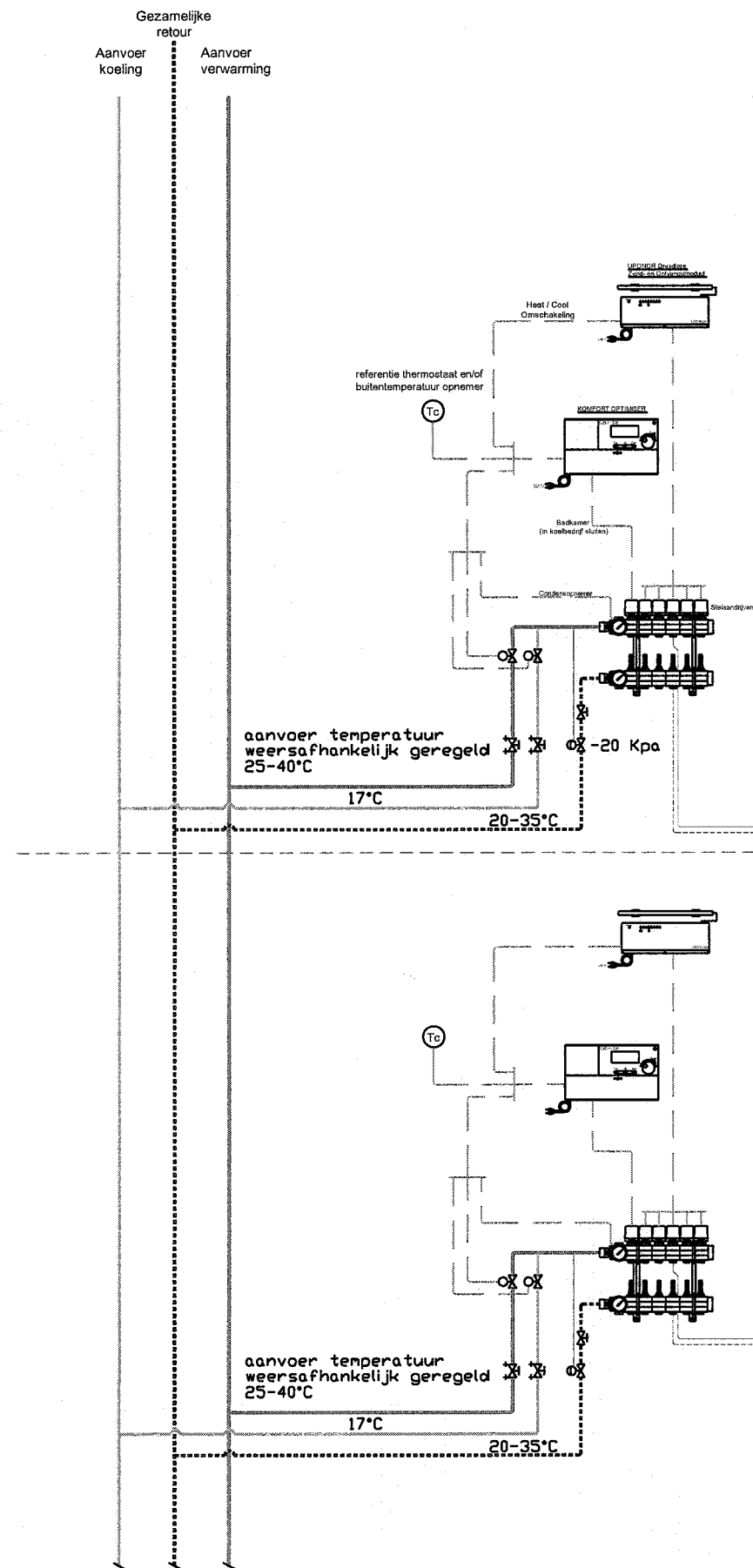
school:

formaat: A3

datum:

titel: schema 3-pijps systeem

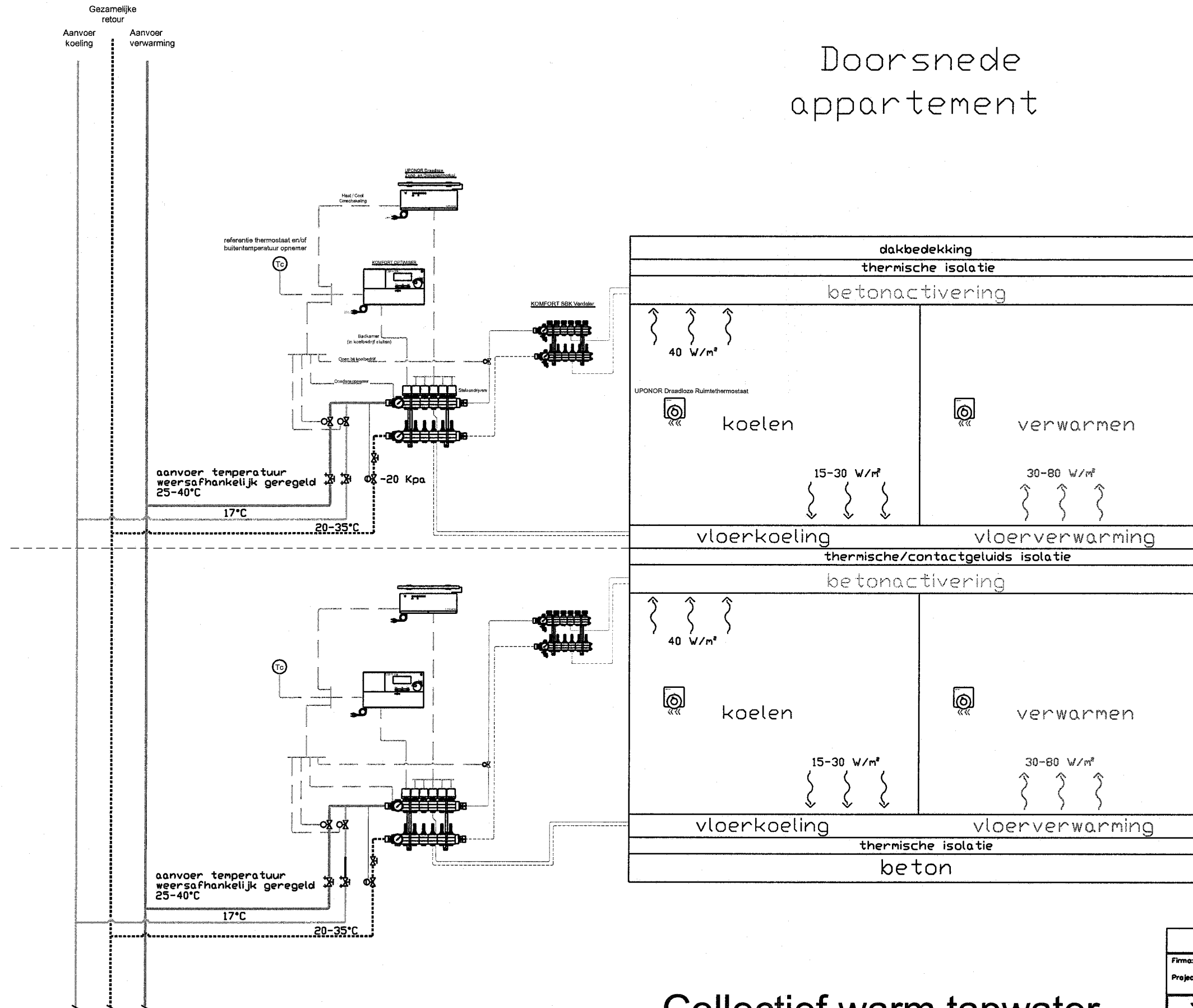
Doorsnede appartement



Collectief warm tapwater

3-pijps laag ΔT vv/vk			
Firma:			
Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens			
 NATHAN	tekenaar: J. Megens	tek. no:	
	e-mail: j.megens@nathan.nl	3.7	
	school:	werk no.:	
	formaat: A3	nvt	
tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373		datum:	
impact 73 - 6921 RZ Duiven		file: schema 3-pijps systeem	
postbus 1008 - 6920 BA Duiven			
internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl			

Doorsnede appartement



Collectief warm tapwater

3-pijps laag ΔT vv/vk + ba

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



NATHAN

WORK/OPDR. BV.

tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373

Impact 73 - 6921 RZ Duiven

postbus 1008 - 6920 BA Duiven

internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl

tekenaar: J. Megens

e-mail: j.megens@nathan.nl

school:

formaat: A3

datum:

file: schema 3-pijps systeem

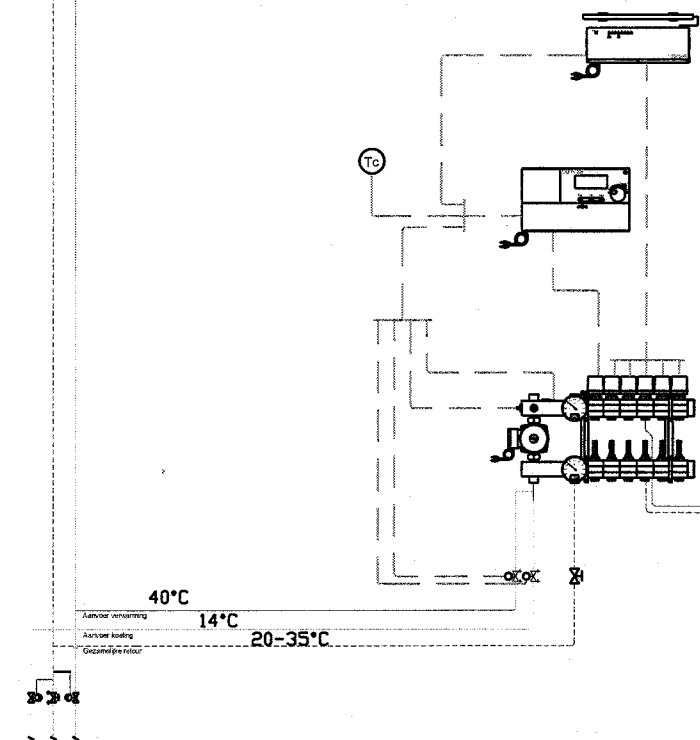
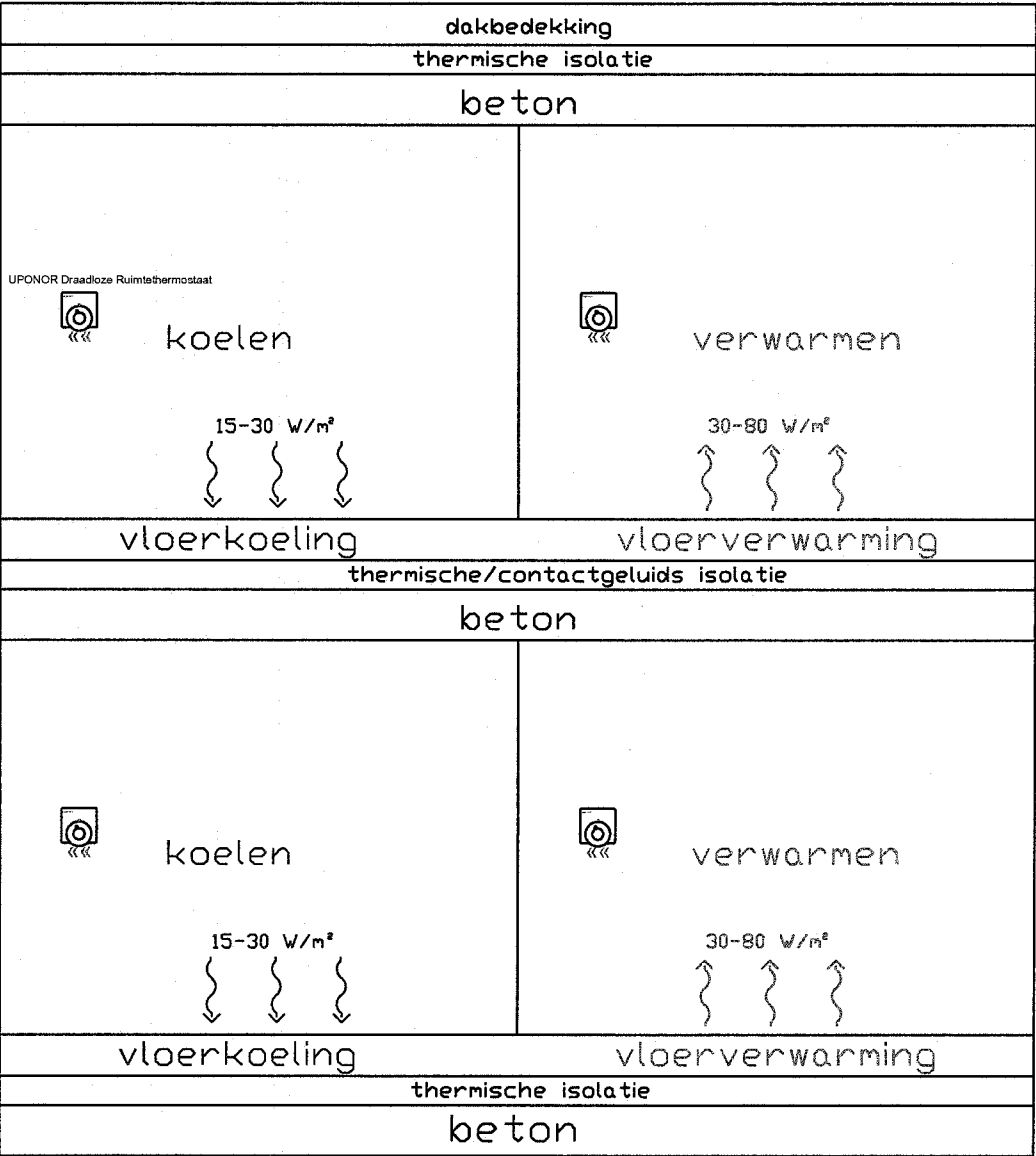
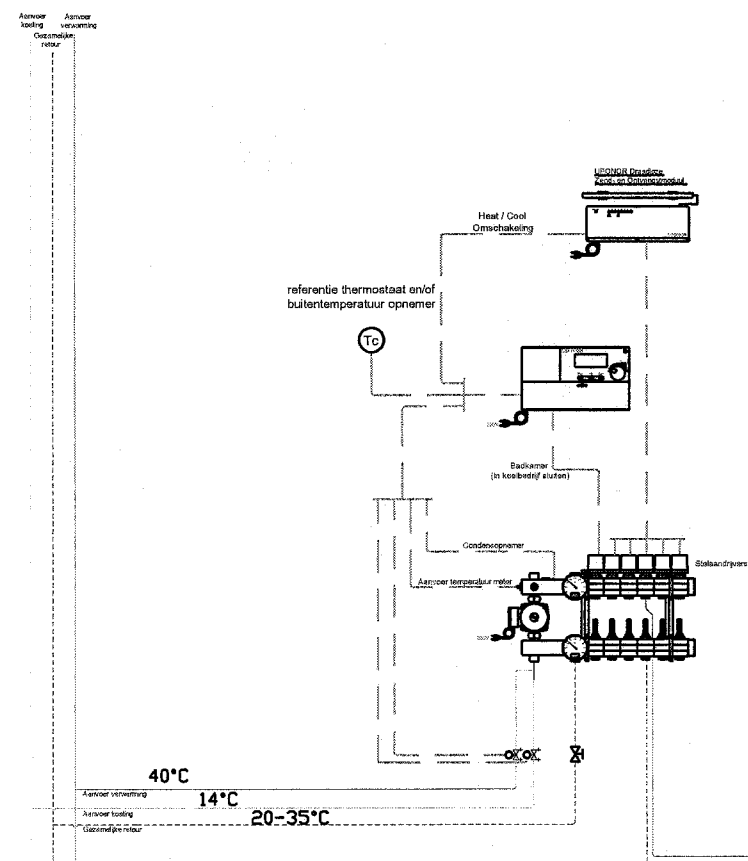
tek. no:

3.8

werk no:

nvt

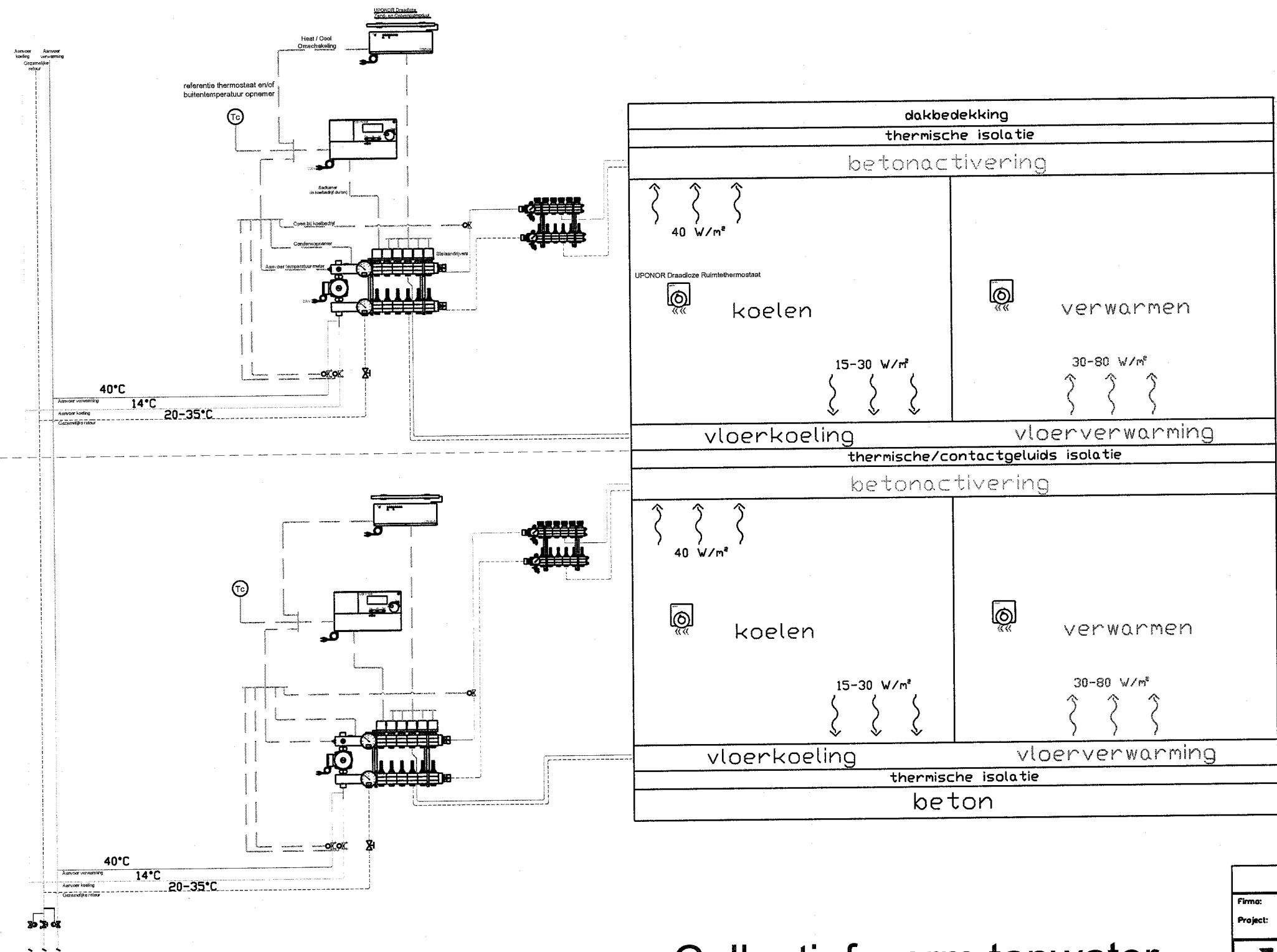
Doorsnede appartement



Collectief warm tapwater

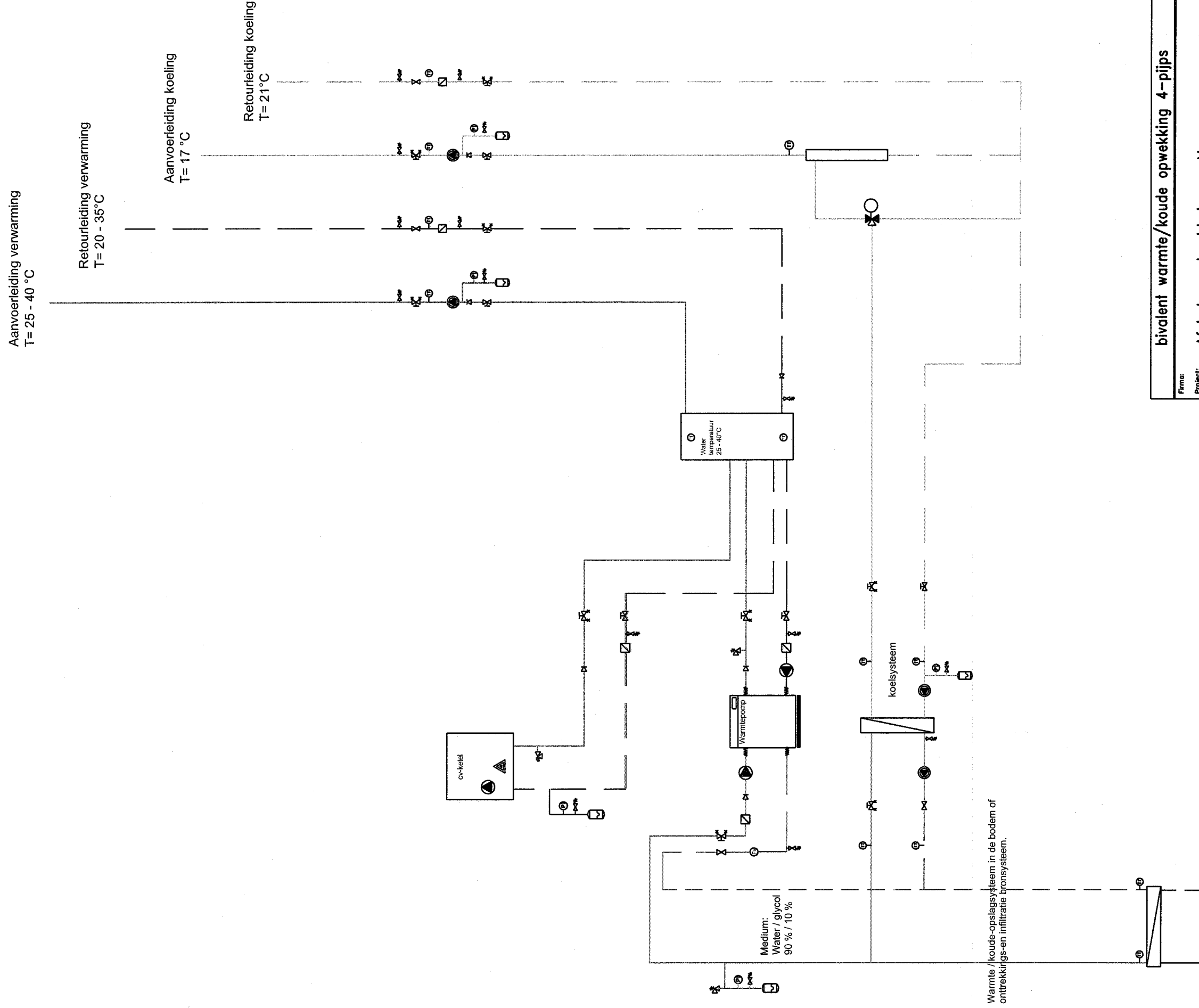
3-pijps hoog ΔT vv/vk			
Firma:			
Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens			
 NATHAN advies/bouwk. b.v.	tekenaar: J. Megens	tek. no:	
	e-mail: j.megens@nathan.nl	3.9	
	schoon:	werk no:	
	formaat: A3	nvt	
tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373		datum:	
impact 73 - 6921 RZ Duiven		file: schema 3-pijps systeem	
postbus 1008 - 6920 BA Duiven			
internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl			

Doorsnede appartement



Collectief warm tapwater

3-pijps hoog Δ T vv/vk + ba			
Firma:			
Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens			
 NATHAN B.V.	tekenaar: J.Megens		tek.no:
	e-mail: j.megens@nathan.nl		3.10
	schakel:		werk no.:
	formaat: A3		nvt
	datum:		
	file: schema 3-pijps systeem		
tel. (026) 4459845 -- fax. (026) 4459373			
Impact 73 -- 6921 RZ Duiven			
postbus 1008 -- 6920 BA Duiven			
internet: www.nathan.nl -- e-mail: tekening@nathan.nl			



bivalent warmte/koude opwekking 4-pijps

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



telefoon: J.Megens

e-mail: j.megens@nathan.nl

tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373

Impact 73 - 6921 RZ Duiven

postbus 1008 - 6920 BA Duiven

internet: www.nathan.nl - e-mail: teleing@nathan.nl

tek.no:

4.1

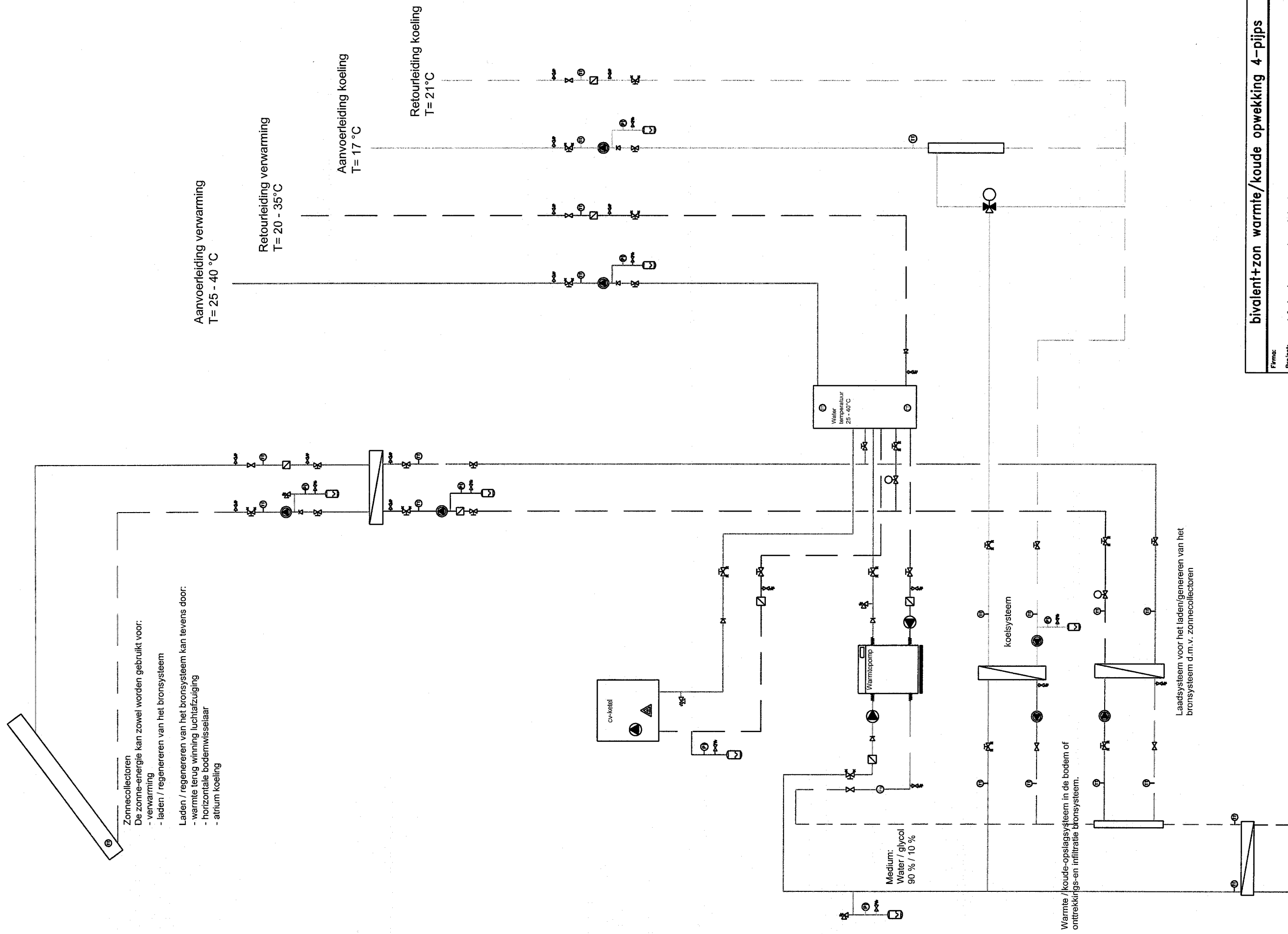
werk no:

nvt

schied: A3

datum:

file: schema 4-pijps systeem



Zonnecollectoren
De zonne-energie kan zowel worden gebruikt voor:
- verwarming
- laden / regenereren van het bronsysteem

Laden / regenereren van het bronsysteem kan tevens door:
- warmte terug winning luchtafzuiging
- horizontale bodemwisselaar
- atrium koeling

Medium:
Water / glycol
90 % / 10 %

koelsysteem

Warmte /koude-opslagsysteem in de bodem of
onttrekings-en infiltratie bronsysteem.

Laadsysteem voor het laden/genereren van het
bronsysteem d.m.v. zonnecollectoren

bivalent+zon warmte/koude opwekking 4-pijps

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



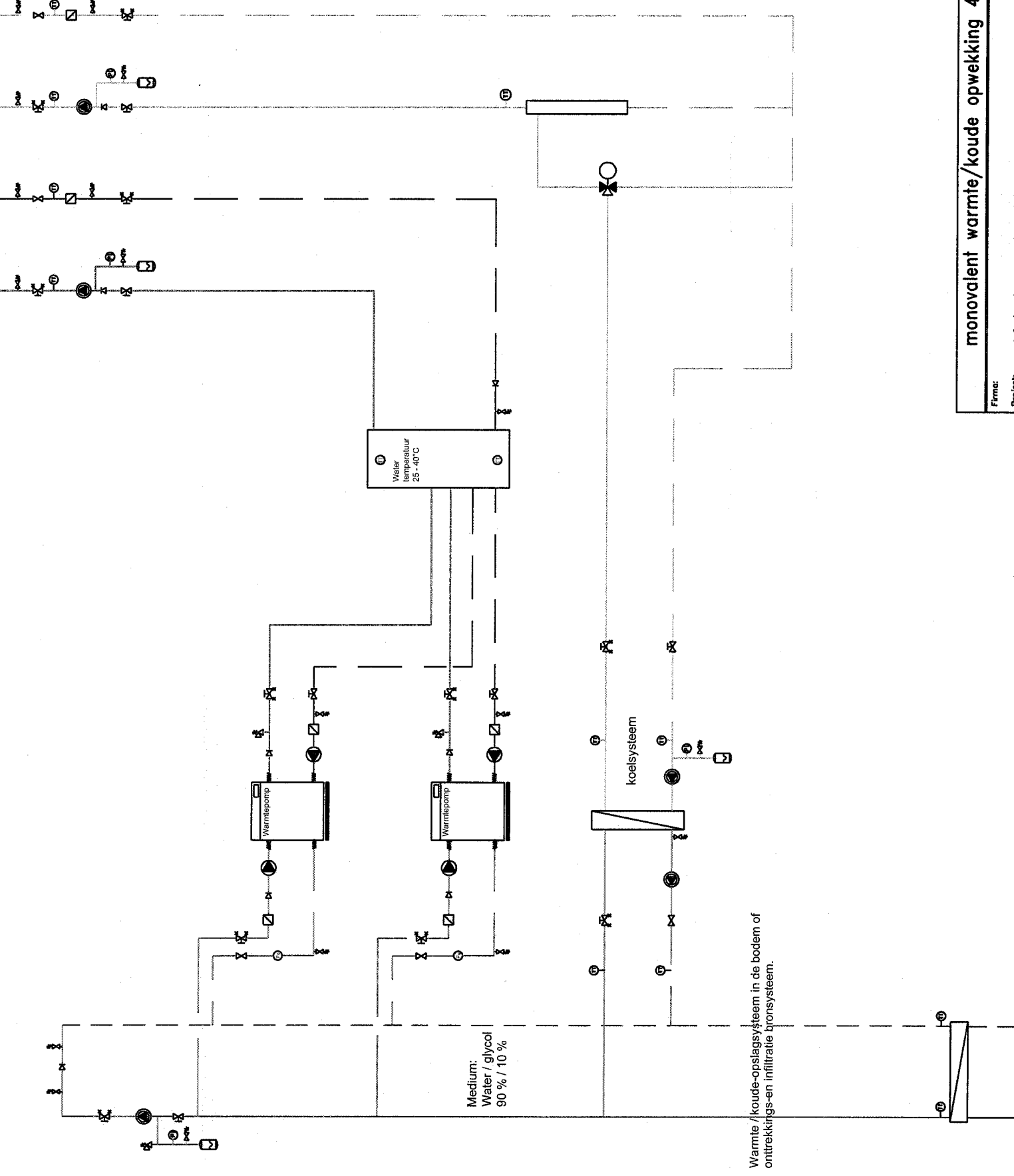
telefoon:	J. Megens	telefoon no.:	4.2
e-mail:	j.megens@nathan.nl	werk no.:	nvt
school:		formaat:	A3
datum:		datum:	
internet:	www.nathan.nl	file:	schema 4-pijps systeem

Aanvoerleiding verwarming
T= 25 - 40 °C

Retourleiding verwarming
T= 20 - 35°C

Aanvoerleiding koeling
T= 17 °C

Retourleiding koeling
T= 21°C



monovalent warmte/koude opwekking 4-pijps

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



tekenaar: J.Megens

e-mail: j.megens@nathan.nl

tek.no: 4.3

tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373

impact 73 - 6921 RZ Duiven

postbus 1008 - 6920 BA Duiven

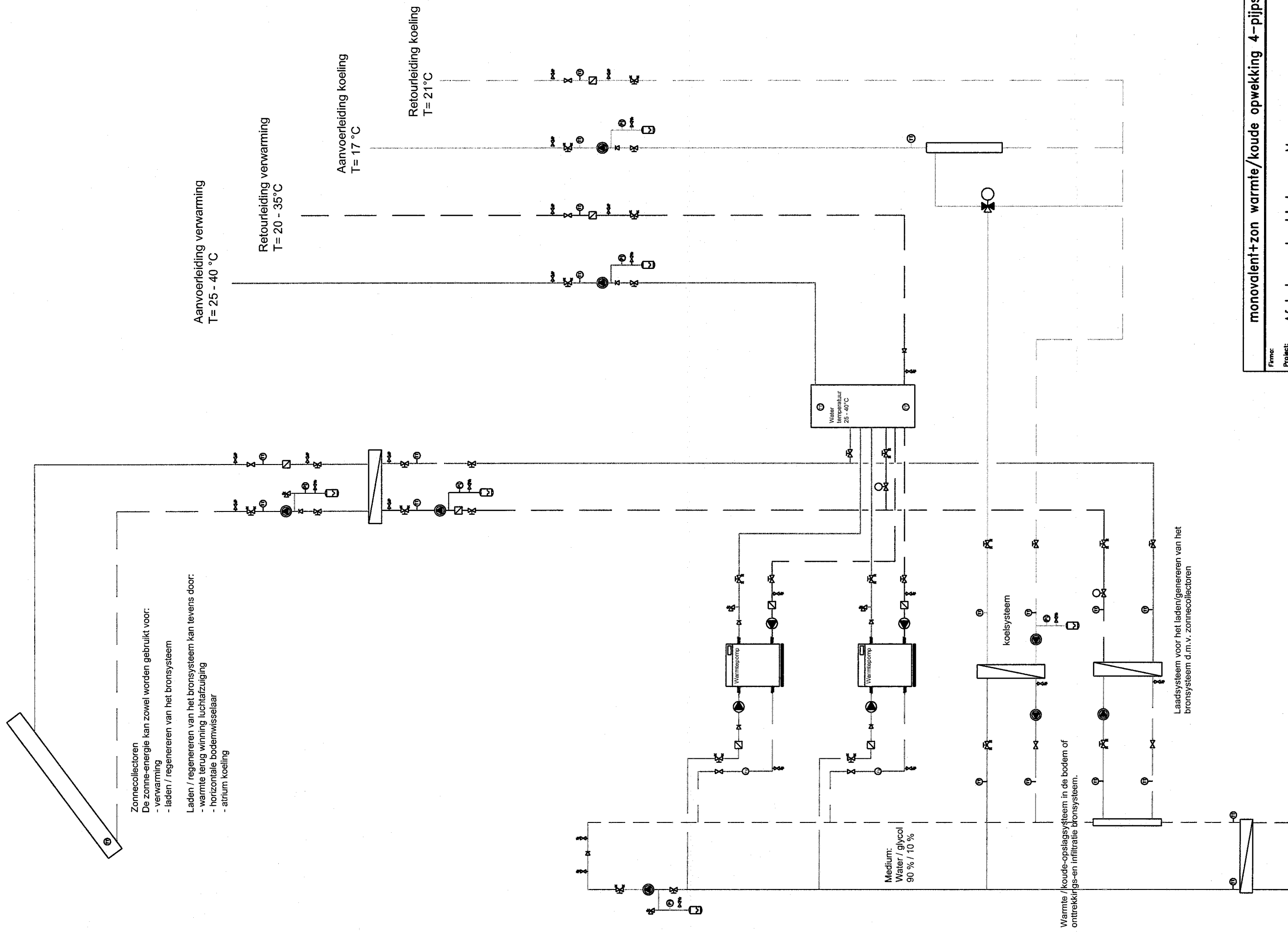
internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl

school: A3

datum:

file: schema 4-pijps systeem

werk no.: nvt



Firma: monovalent+zon warmte/koude opwekking 4-pijps

Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens



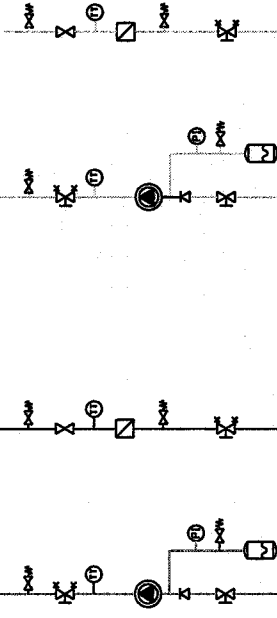
telefoon:	J. Megens	tek. no:	4.4
e-mail:	j.megens@nathan.nl	werk no:	nvt
schied:			
formaat:	A3		
datum:			
file:	schema 4-pijps systeem		

Aanvoerleiding verwarming
T= 25-40°C

Retourleiding verwarming
T= 20 - 35°C

Aanvoerleiding koeling
T= 17°C

Retourleiding koeling
T= 21°C



Water
temperatuur
25-40°C

cv-ketel

Koel machine

Water
temperatuur
12°C

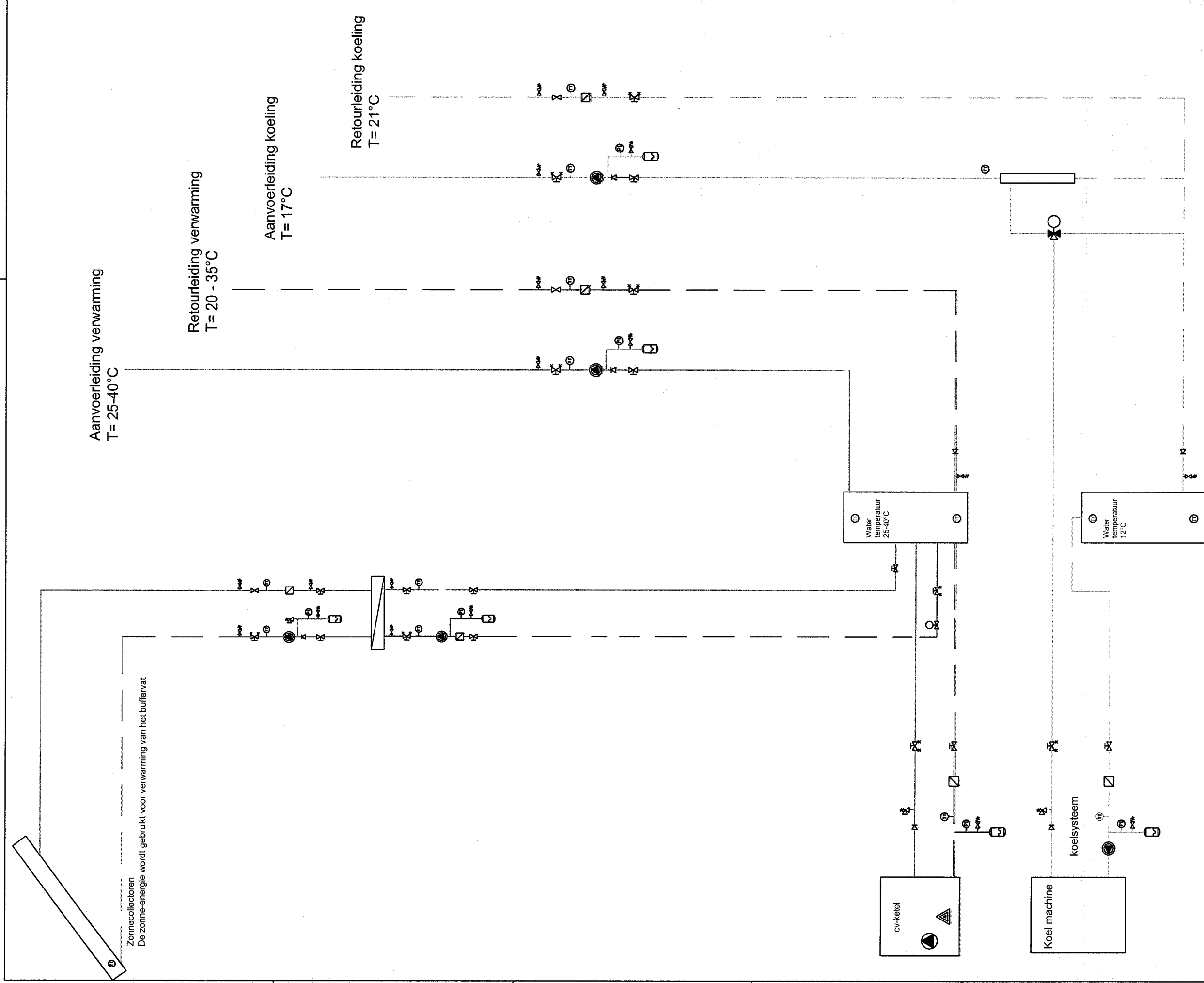
koelsysteem

monovalente warmte en koude opwekking 4-pijps

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



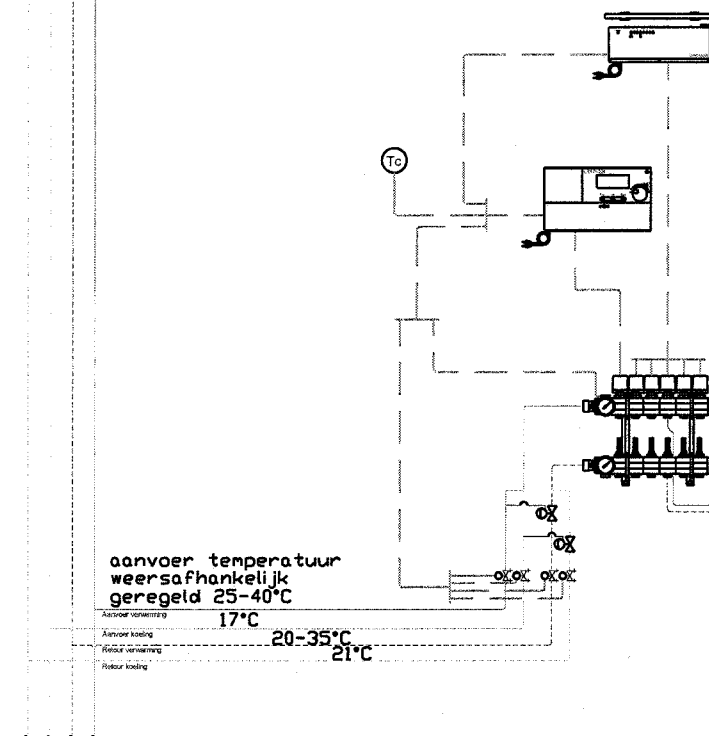
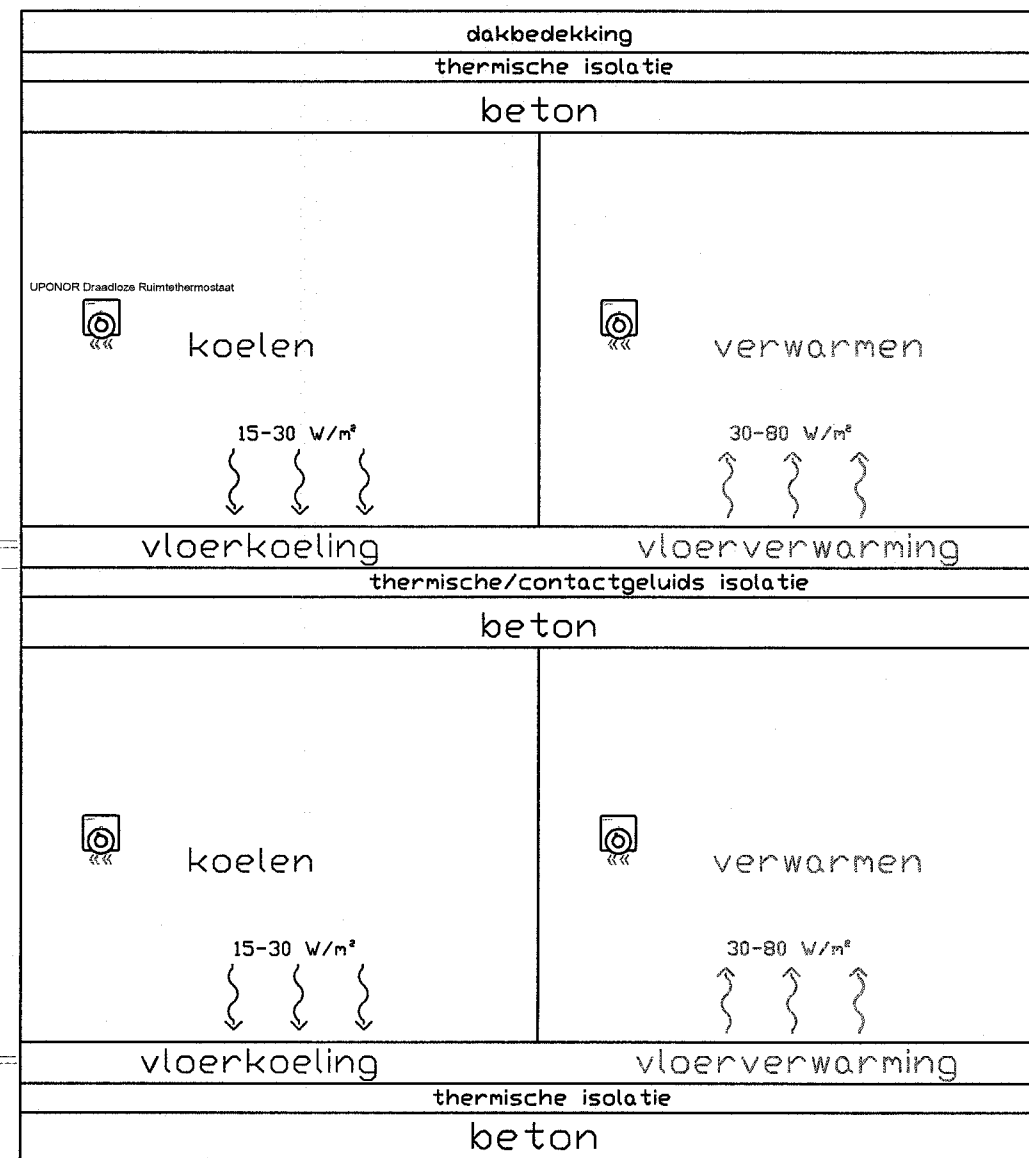
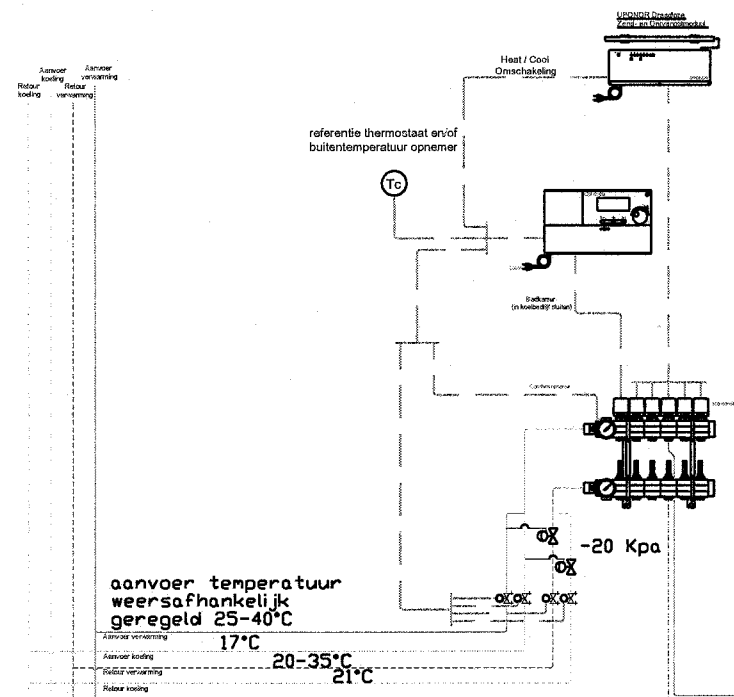
tekenaar: J. Megens	tek. no: 4.5
e-mail: j.megens@nathan.nl	werk no: nvt
school: A3	
termoet: A3	
datum: 12-12-2018	
file: schema 4-pijps systeem	



monovalent+zon warmte en koude opwekking 4-pijps

Firma:	NATHAN				telefoon:	4.6
Project:	Afstudeeropdracht Jurgen Megens				e-mail:	j.megens@nathan.nl
					school:	nvt
					formaat:	A3
					datum:	
					file:	schema 4-pijps systeem

Doorsnede appartement

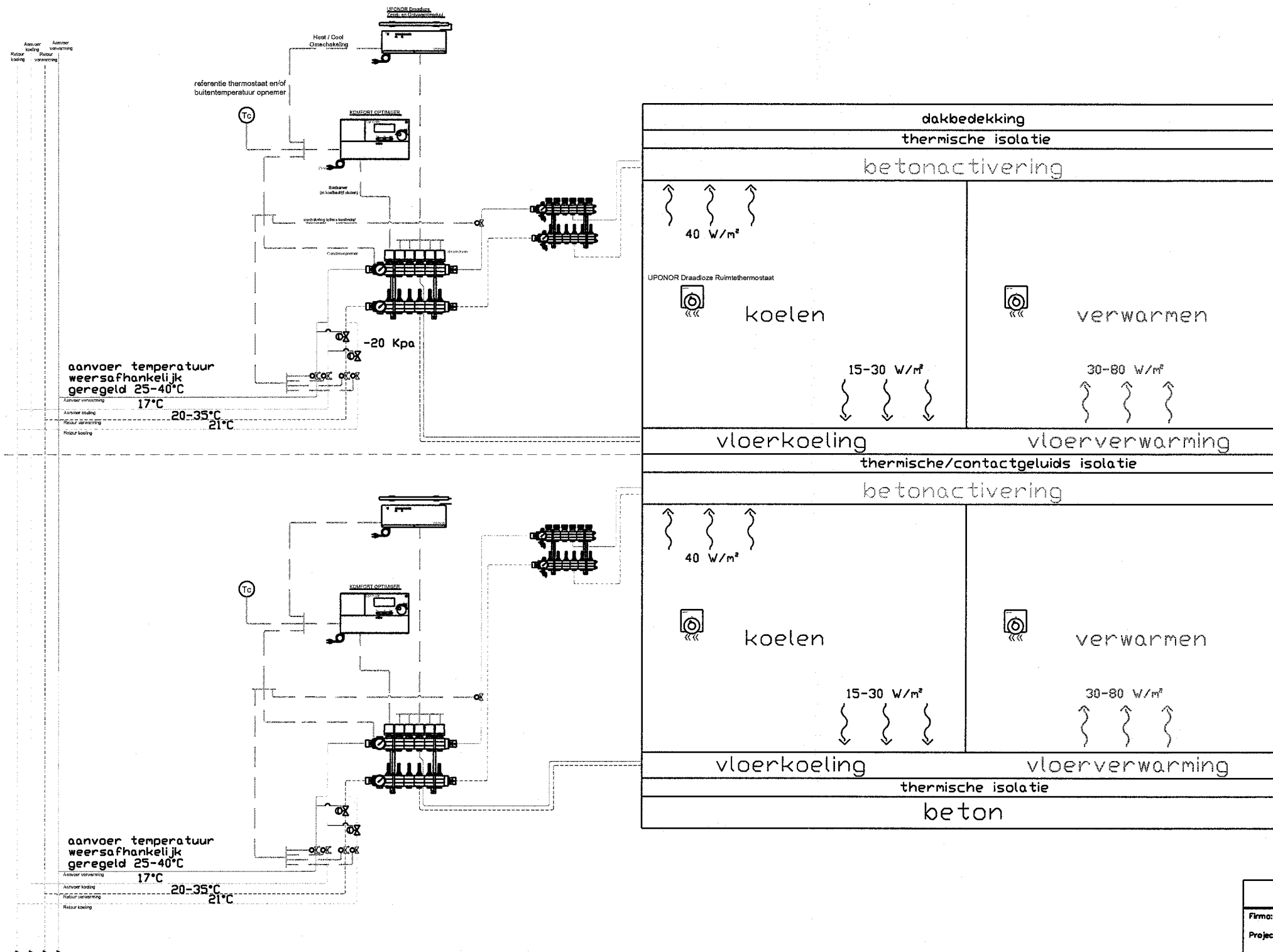


Collectief warm tapwater

4-pijps laag ΔT vv/vk

Firma:		
Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens		
 NATHAN ARCHITECT B.V.	tekenaar: J.Megens	tek.no:
	e-mail: j.megens@nathan.nl	4.7
	school:	werk no.:
	formaat: A3	nvt
datum:		
postbus 1008 - 6920 BA Duiven		
internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl		file: schema 4-pijps systeem

Doorsnede appartement



Collectief warm tapwater

4-pijps laag ΔT vv/vk + ba

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373

impact 73 - 6921 RZ Duiven

postbus 1008 - 6920 BA Duiven

internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl

tekenaar: J. Megens

e-mail: j.megens@nathan.nl

school:

formaat: A3

datum:

file: schema 4-pijps systeem

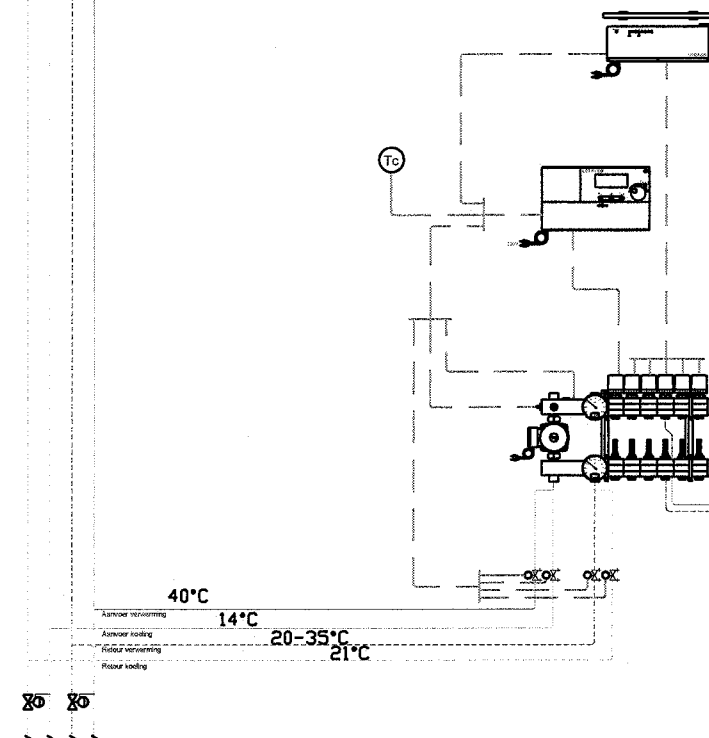
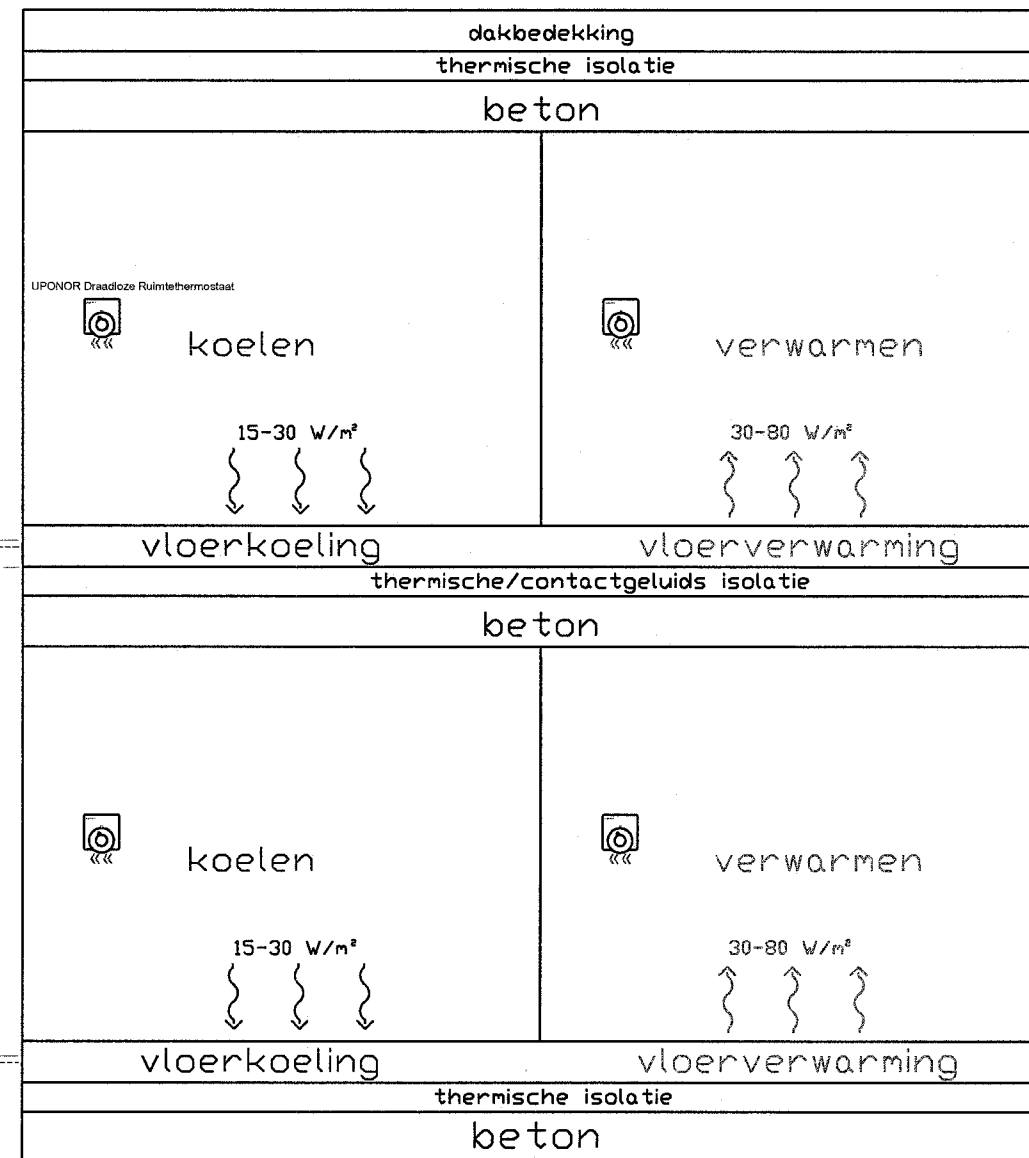
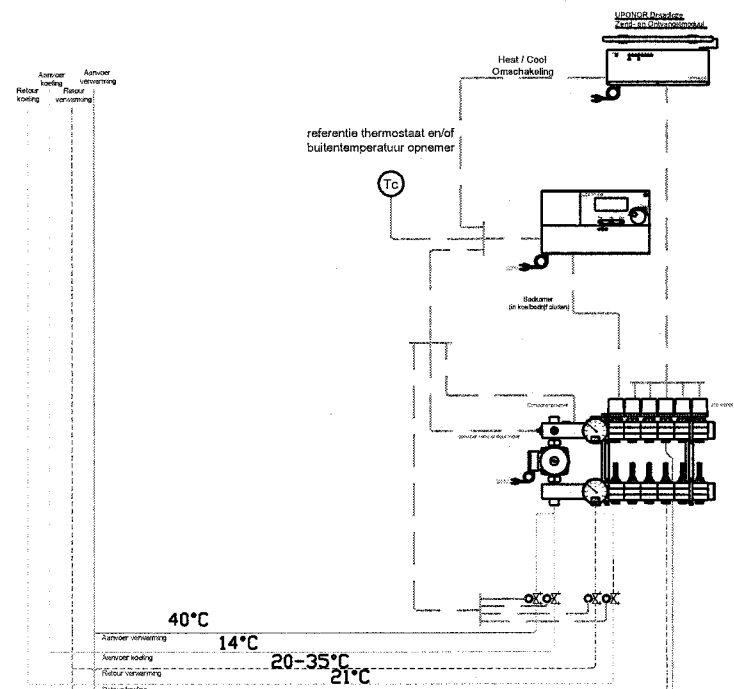
tek.no:

4.8

werk no.:

nvt

Doorsnede appartement



Collectief warm tapwater

4-pijps hoog ΔT vv/vk

Firma:		
Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens		
 NATHAN tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373 impact 73 - 6921 RZ Duiven postbus 1008 - 6920 BA Duiven internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl	tekenaar: J. Megens	tek.no:
	e-mail: j.megens@nathan.nl	4.9
	school:	werk no.:
	formaat: A3	nvt
datum:		file: schema 4-pijps systeem

Bijlage 4 verwarmen & koelen in appartementen

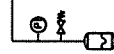
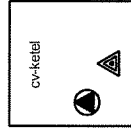
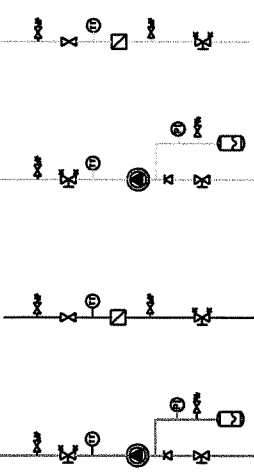
4-pijps systeem

Aanvoerleiding verwarming
T= 25 - 40 °C

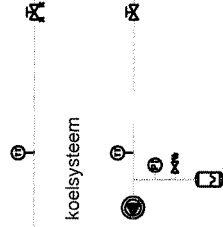
Retourleiding verwarming
T= 20 - 35°C

Aanvoerleiding koeling
T= 17 °C

Retourleiding koeling
T= 21°C



Medium:
Water / glycol
90 % / 10 %



Warmte / koude-opslagsysteem in de bodem of
onttrekkings-en infiltratie transysteem.

bivalent warmte/koude opwekking 4-pijps

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



tekenaar: J.Megens

e-mail: j.megens@nathan.nl

tek.no:

4.1

werk no.:

nvt

tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373

impact 73 - 6921 RZ Duiven

formaat:

A3

datum:

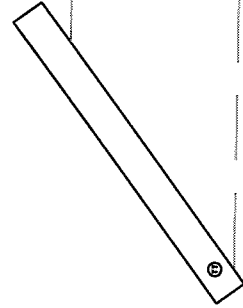
postbus 1008 - 6920 BA Duiven

internet: www.nathan.nl

e-mail: tekening@nathan.nl

file:

schema 4-pijps systeem



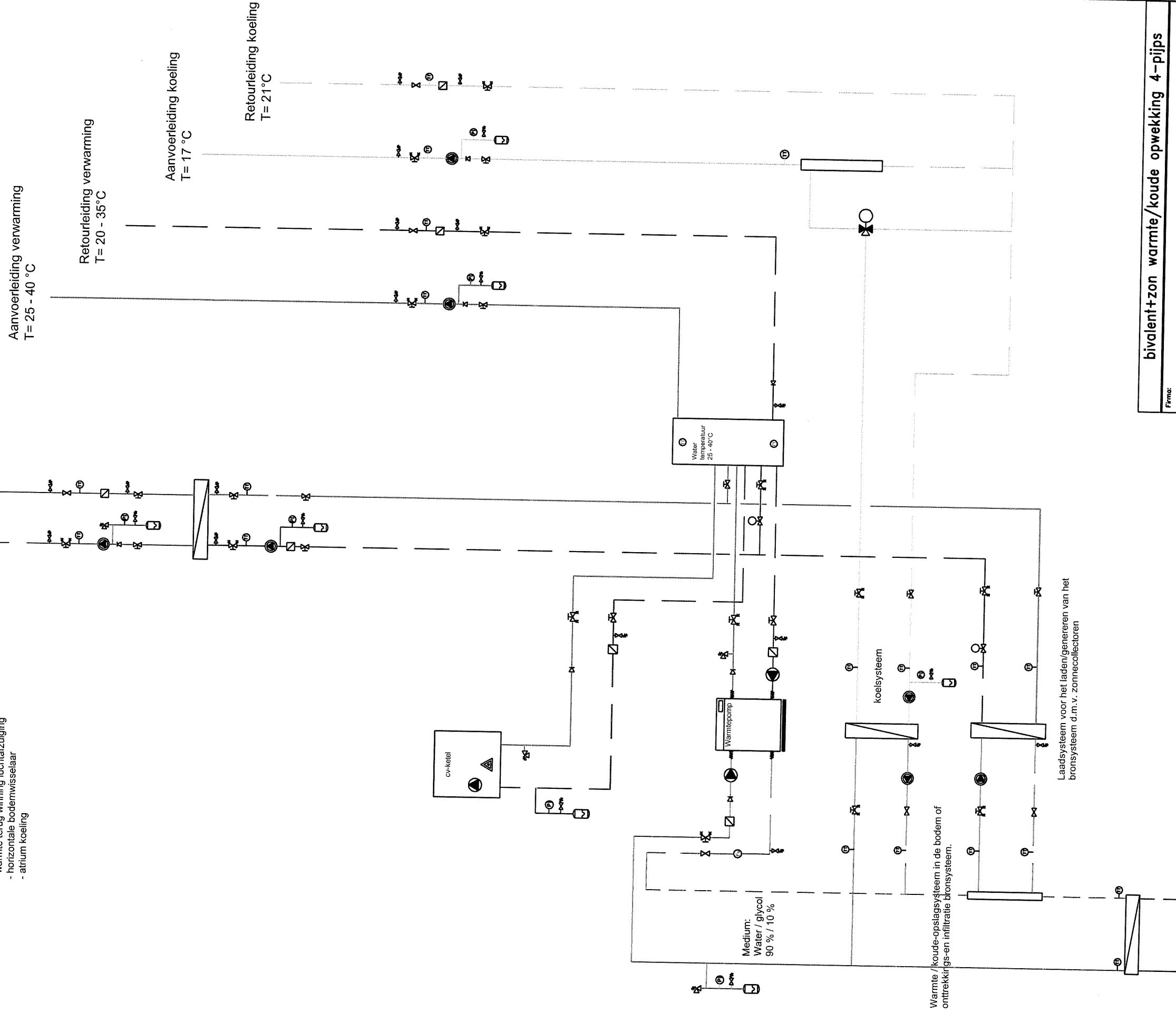
Zonnecollectoren

De zonne-energie kan zowel worden gebruikt voor:

- verwarming
- laden / regenereren van het bronsysteem

Laden / regenereren van het bronsysteem kan tevens door:

- warmte terug winning luchtafzuiging
- horizontale bodemwisselaar
- atrium koeling



Laadsysteem voor het laden/genereren van het bronsysteem d.m.v. zonnecollectoren

Warmte /koude-opslagsysteem in de bodem of onttrekkings-en infiltratie bronsysteem.

koelsysteem

bivalent+zon warmte/koude opwekking 4-pijps

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373
postbus 1008 - 6920 BA Duijen
internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl

tekenaar: J.Megens
e-mail: j.megens@nathan.nl

tek.no: 4.2

school: A3

werk no.: nvt

datum:

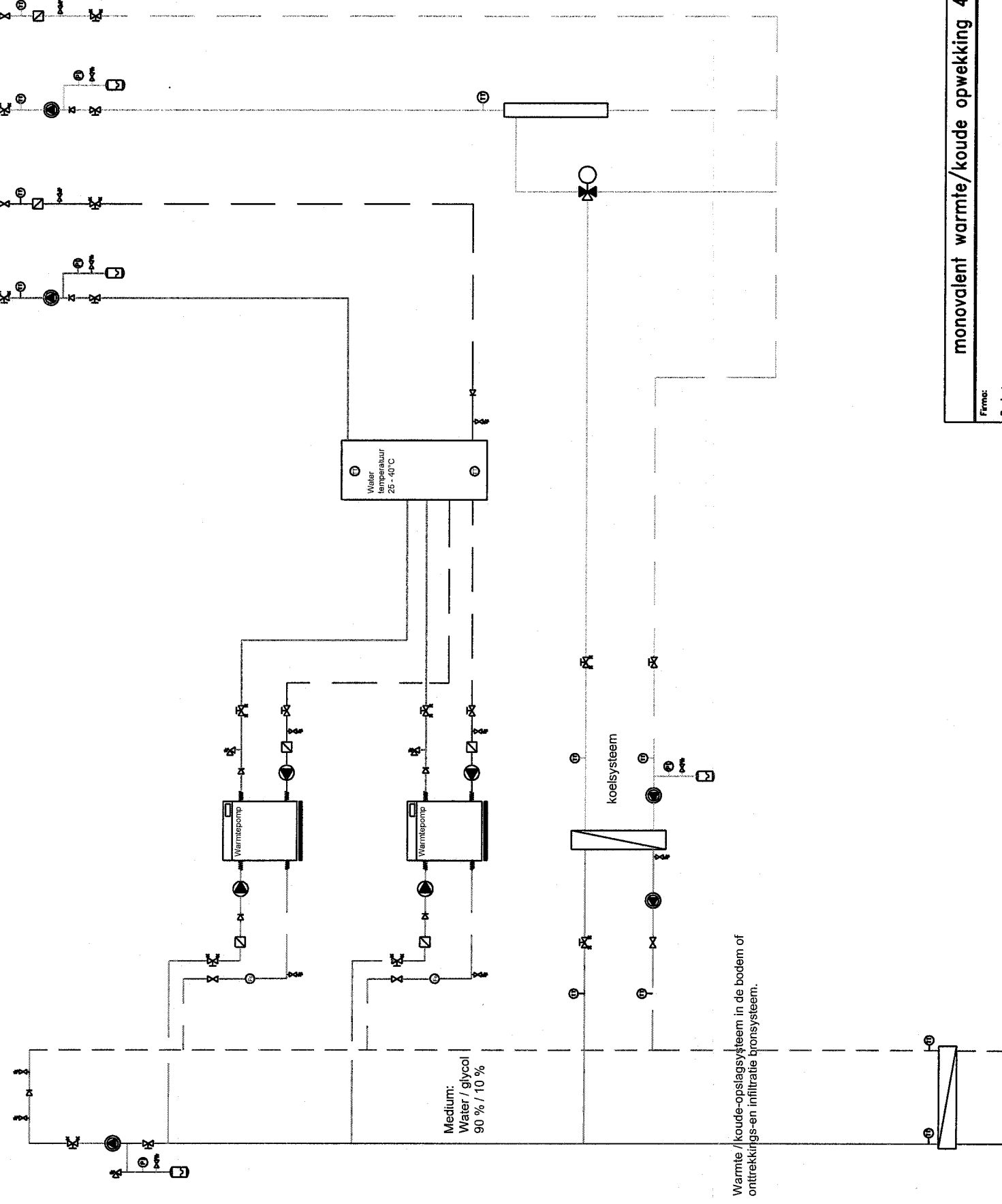
file: schema 4-pijps systeem

Aanvoerleiding verwarming
T= 25 - 40 °C

Retourleiding verwarming
T= 20 - 35°C

Aanvoerleiding koeling
T= 17 °C

Retourleiding koeling
T= 21°C



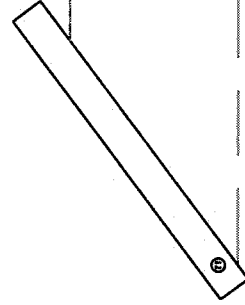
monovalent warmte/koude opwekking 4-pijps

Firma:
Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens

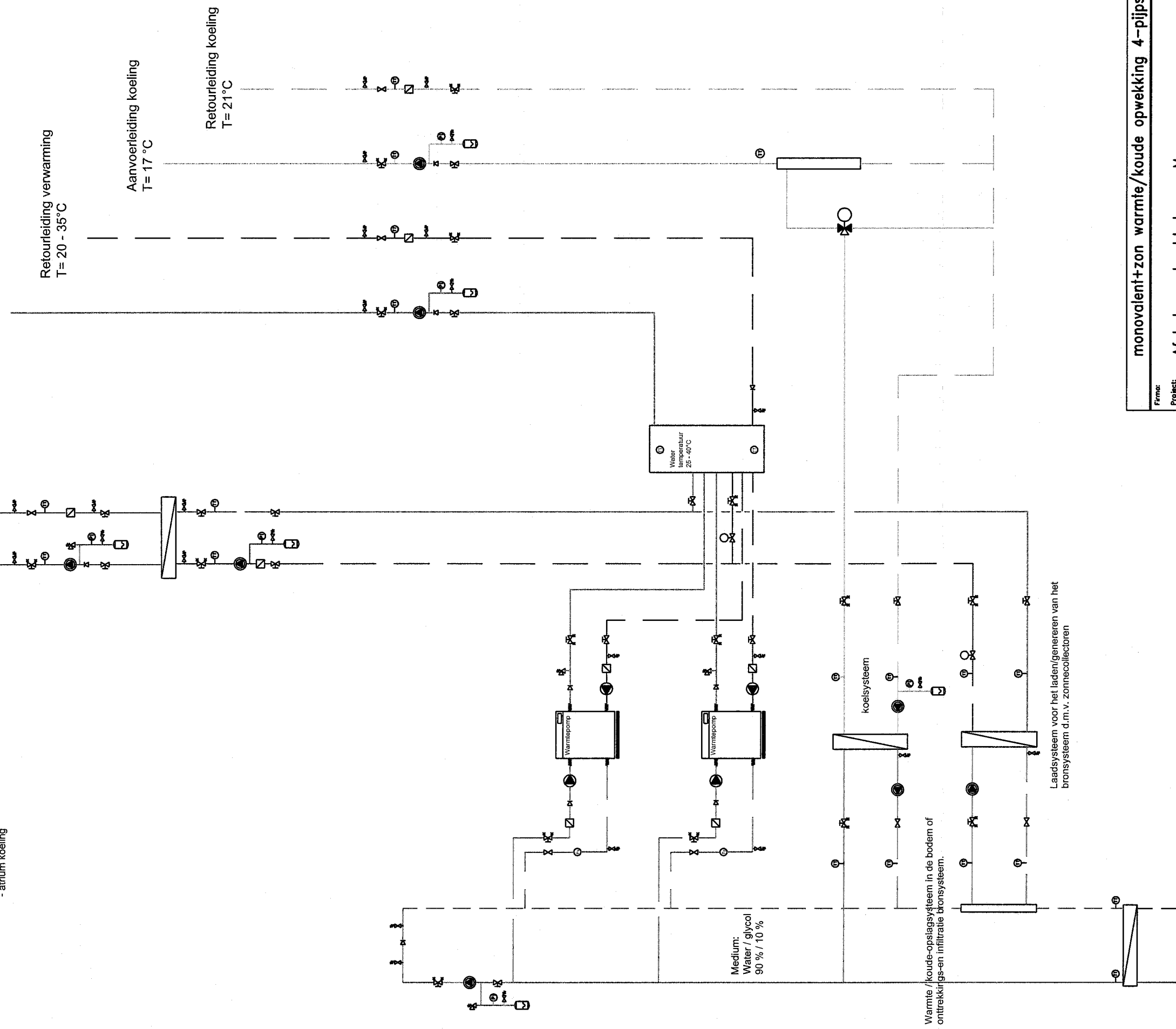


tekenaar:	J. Megens	tek.no:	4.3
e-mail:	j.megens@nathan.nl	werk no.:	nvt
school:	AJ	datum:	
formaat:	A3	file:	schema 4-pijps systeem



Zonnecollectoren
De zonne-energie kan zowel worden gebruikt voor:
- verwarming
- laden / regenereren van het bronsysteem

Laden / regenereren van het bronsysteem kan tevens door:
- warmte terug winning luchtzuigling
- horizontale bodemwisselaar
- atrium koeling



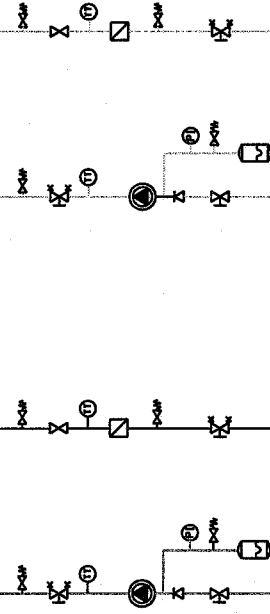
monovalent+zon warmte/koude opwekking 4-pijps			
Firma:	Afstudeeropdracht Jurgen Megens		
Project:			
 NATHAN www.nathan.nl		telefoon:	J. Megens
		e-mail:	j.megens@nathan.nl
		tek.no:	4.4
		werk.no:	nvt
		school:	
		formaat:	A3
		datum:	
		file:	schema 4-pijps systeem
		tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373	
		Impact 73 - 6921 RZ Duiven	
		postbus 1008 - 6920 BA Duiven	
		internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl	

Aanvoerleiding verwarming
T= 25-40°C

Retourleiding verwarming
T= 20 - 35°C

Aanvoerleiding koeling
T= 17°C

Retourleiding koeling
T= 21°C



Water
temperatuur
25-40°C

cv-ketel

Water
temperatuur
12°C

Koel machine

koelsysteem

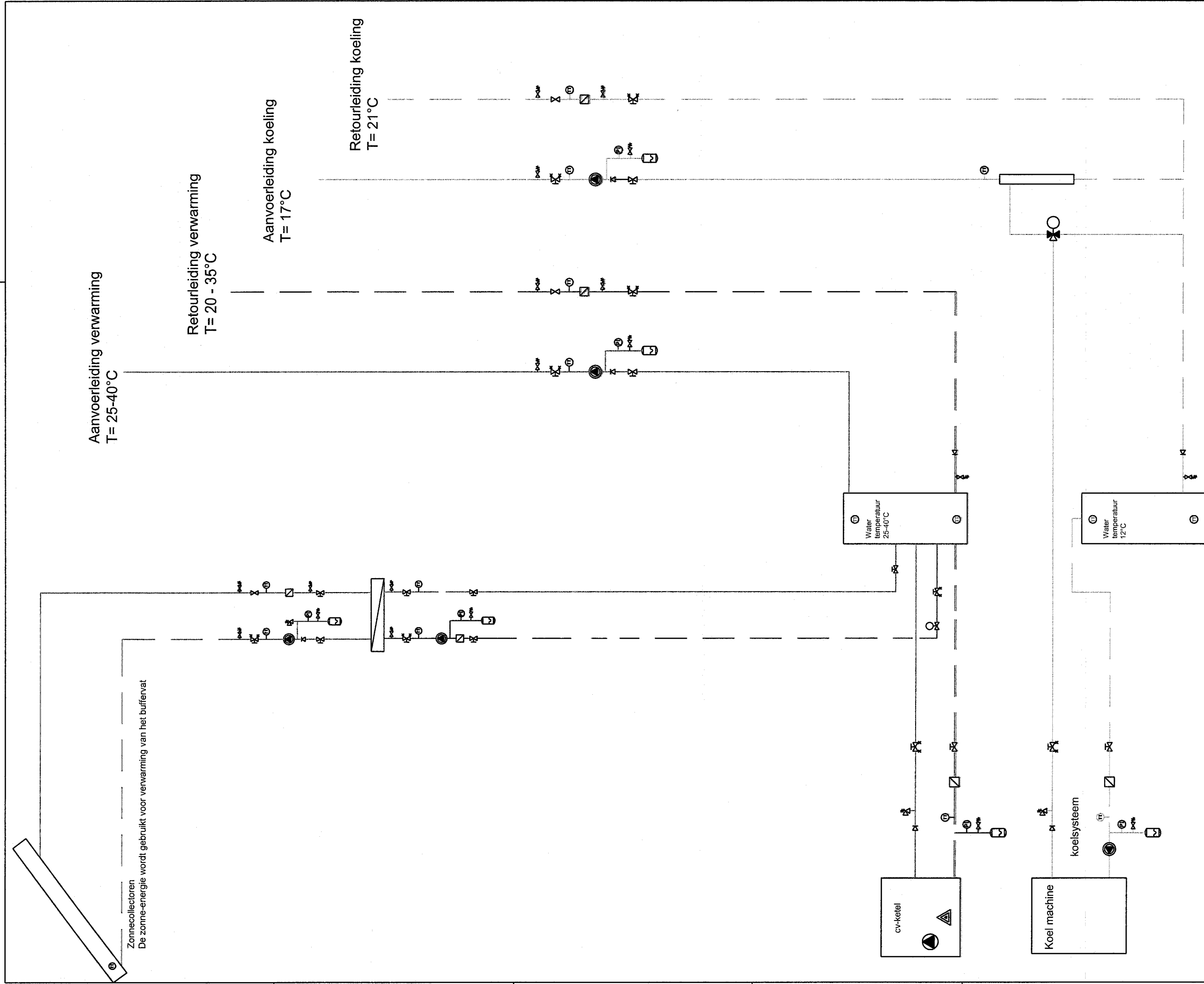
monovalente warmte en koude opwekking 4-pijps

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens

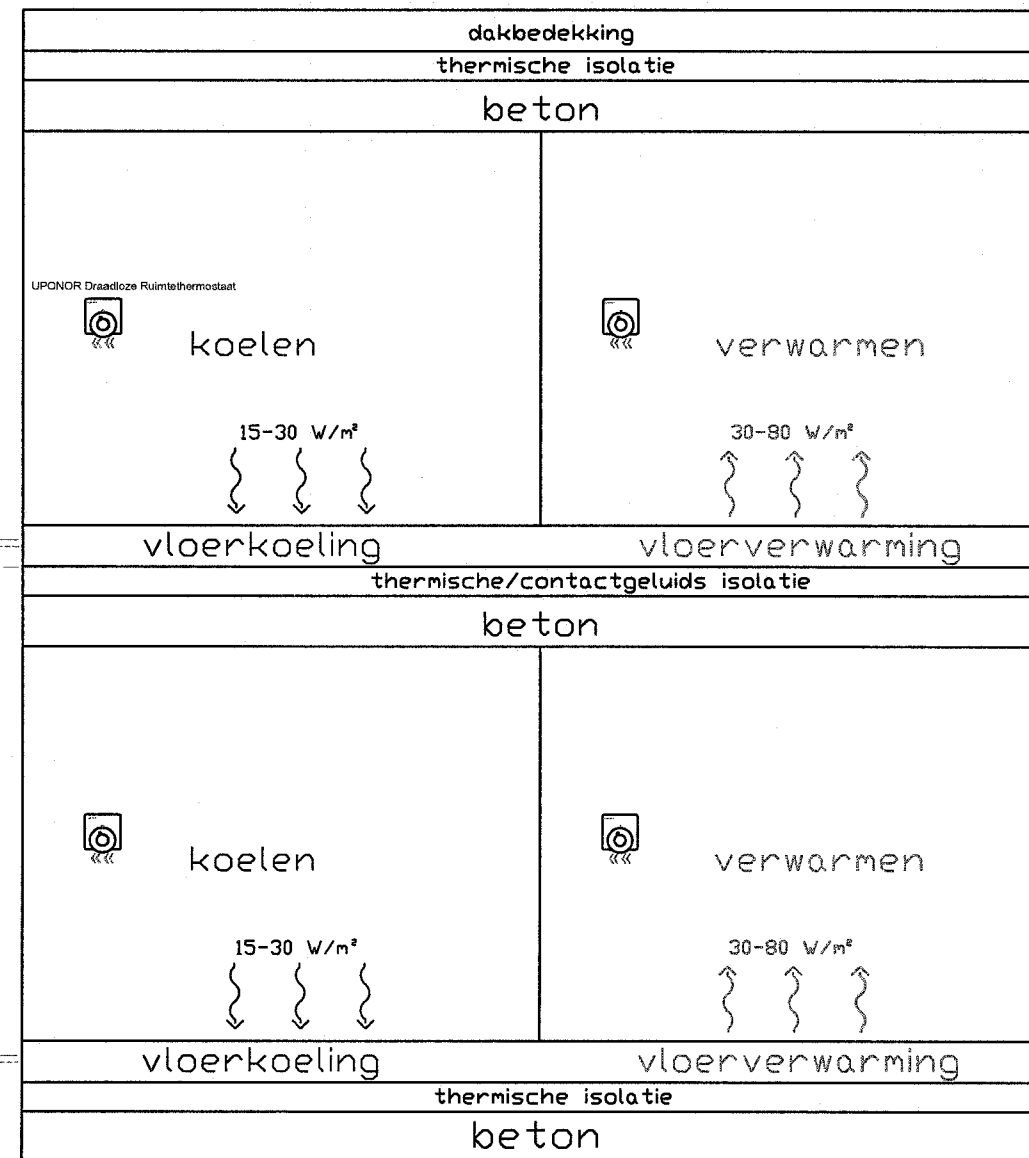
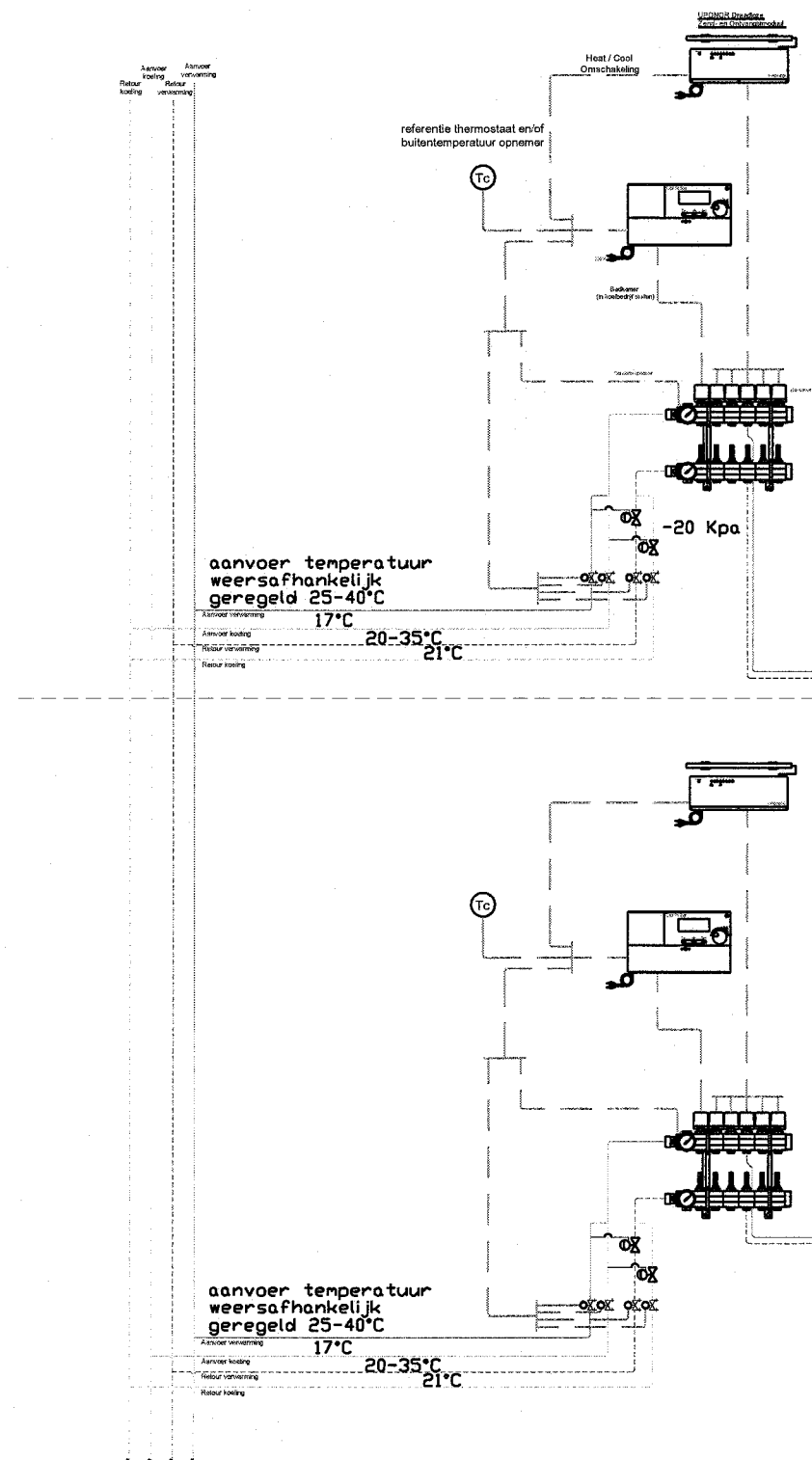
 NATHAN advies/teken B.V.	tekenaar: J. Megens	tek.no:	
	e-mail: j.megens@nathan.nl	4.5	
	school: A3	werk no.: nvt	
tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373			
postbus 1009 - 6920 BA Duijen			
internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl			
		schema 4-pijps systeem	



monovalent+zon warmte en koude opwekking 4-pijps

Firma:		Project:		Tek. no:	
Afstudeeropdracht Jurgen Megens		J. Megens		4.6	
		e-mail: j.megens@nathan.nl			
		school:		werk no.:	
		format: A3		nvt	
		datum:			
		file:		schema 4-pijps systeem	
		internet: www.nathan.nl		e-mail: tekering@nathan.nl	

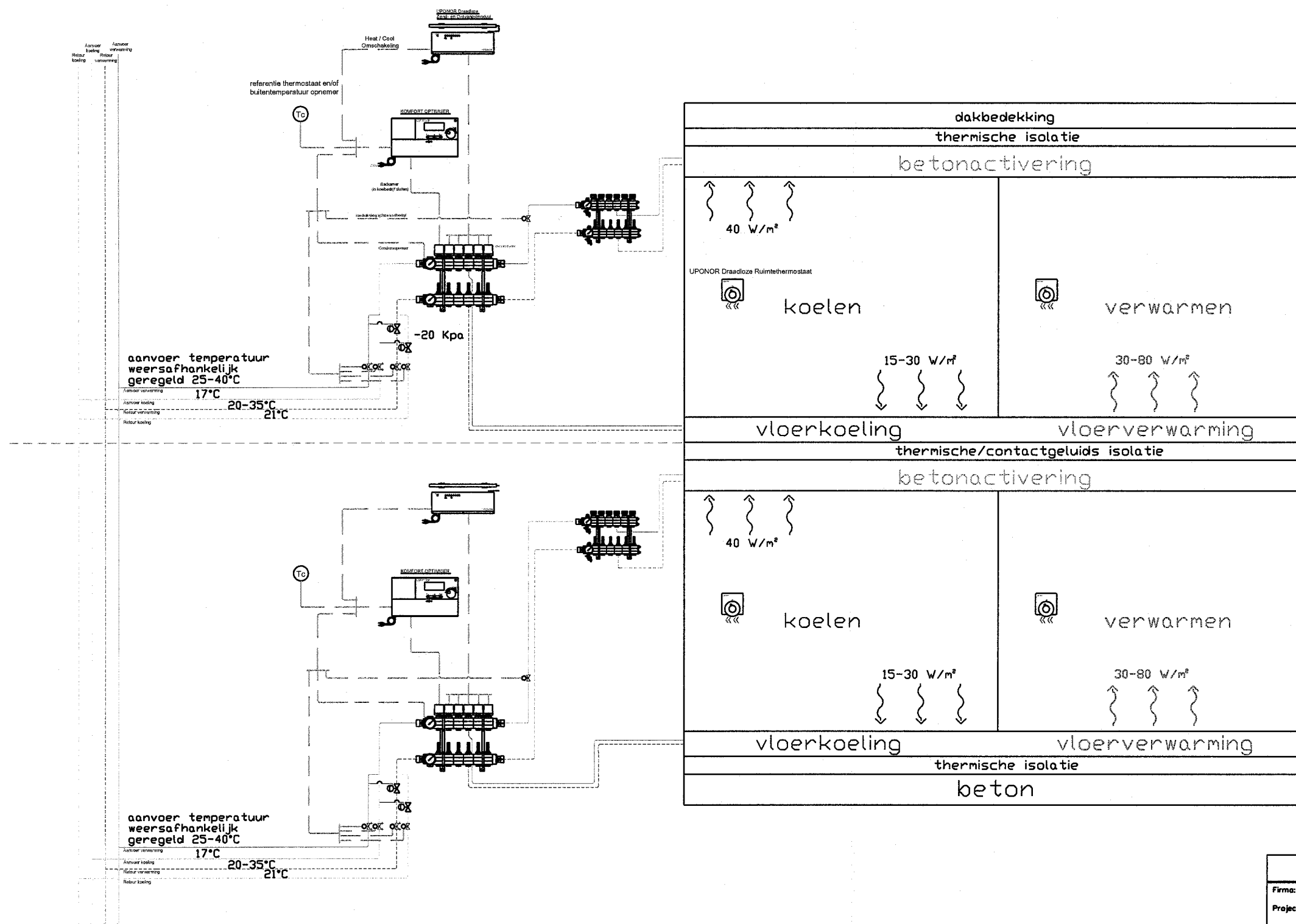
Doorsnede appartement



Collectief warm tapwater

4-pijps laag ΔT vv/vk			
Firma:			
Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens			
 NATHAN SPOR/SPORT BV	tekenaar: J. Megens	tek. no:	
	e-mail: j.megens@nathan.nl	4.7	
	school:	werk no:	
	formaat: A3	nvt	
tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373		datum:	
Impact 73 - 6921 RZ Duiven		file: schema 4-pijps systeem	
postbus 1008 - 6920 BA Duiven			
internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl			

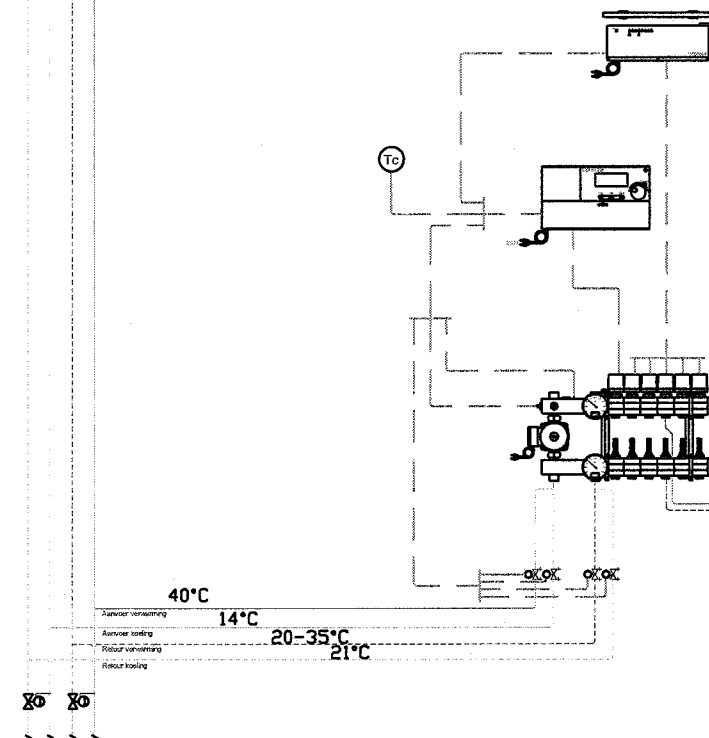
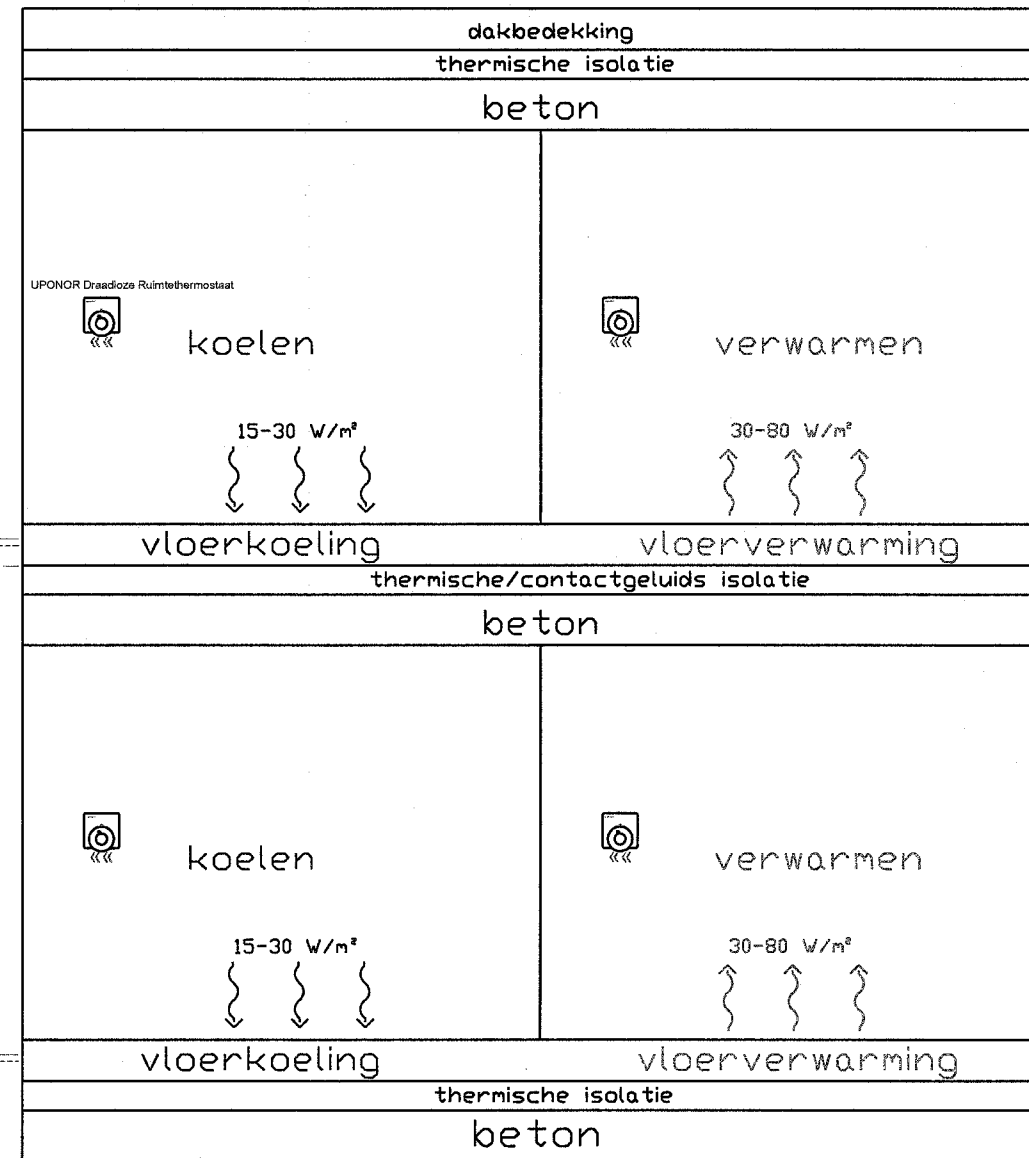
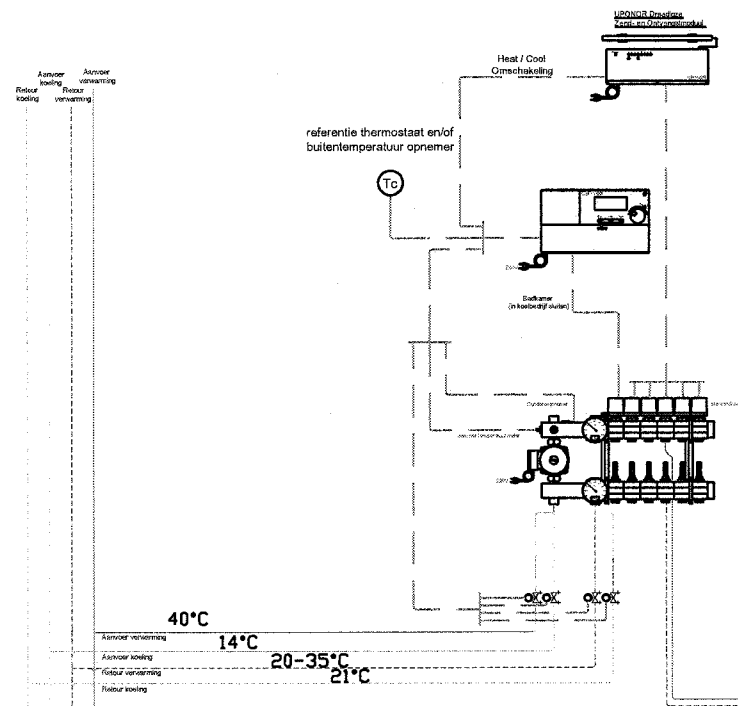
Doorsnede appartement



Collectief warm tapwater

4-pijps laag ΔT vv/vk + ba			
Firma:			
Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens			
 NATHAN afstudering bv.	tekenaar: J. Megens	tek. no:	
	e-mail: j.megens@nathan.nl	4.8	
	school:	werk no:	
	formaat: A3	nvt	
tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373		datum:	
impact 73 - 6921 RZ Duiven		file: schema 4-pijps systeem	
postbus 1008 - 6920 BA Duiven			
internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl			

Doorsnede appartement



Collectief warm tapwater

4-pijps hoog ΔT vv/vk

Firma:		
Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens		
 NATHAN	tekenaar: J. Megens	tek. no:
	e-mail: j.megens@nathan.nl	4.9
	school:	werk no.:
	formaat: A3	nvt
tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373 impact 73 - 6921 RZ Duiven postbus 1008 - 6920 BA Duiven internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl		
datum: schema 4-pijps systeem		

Bijlage 5 verwarmen, koelen & warm tapwater in appartementen

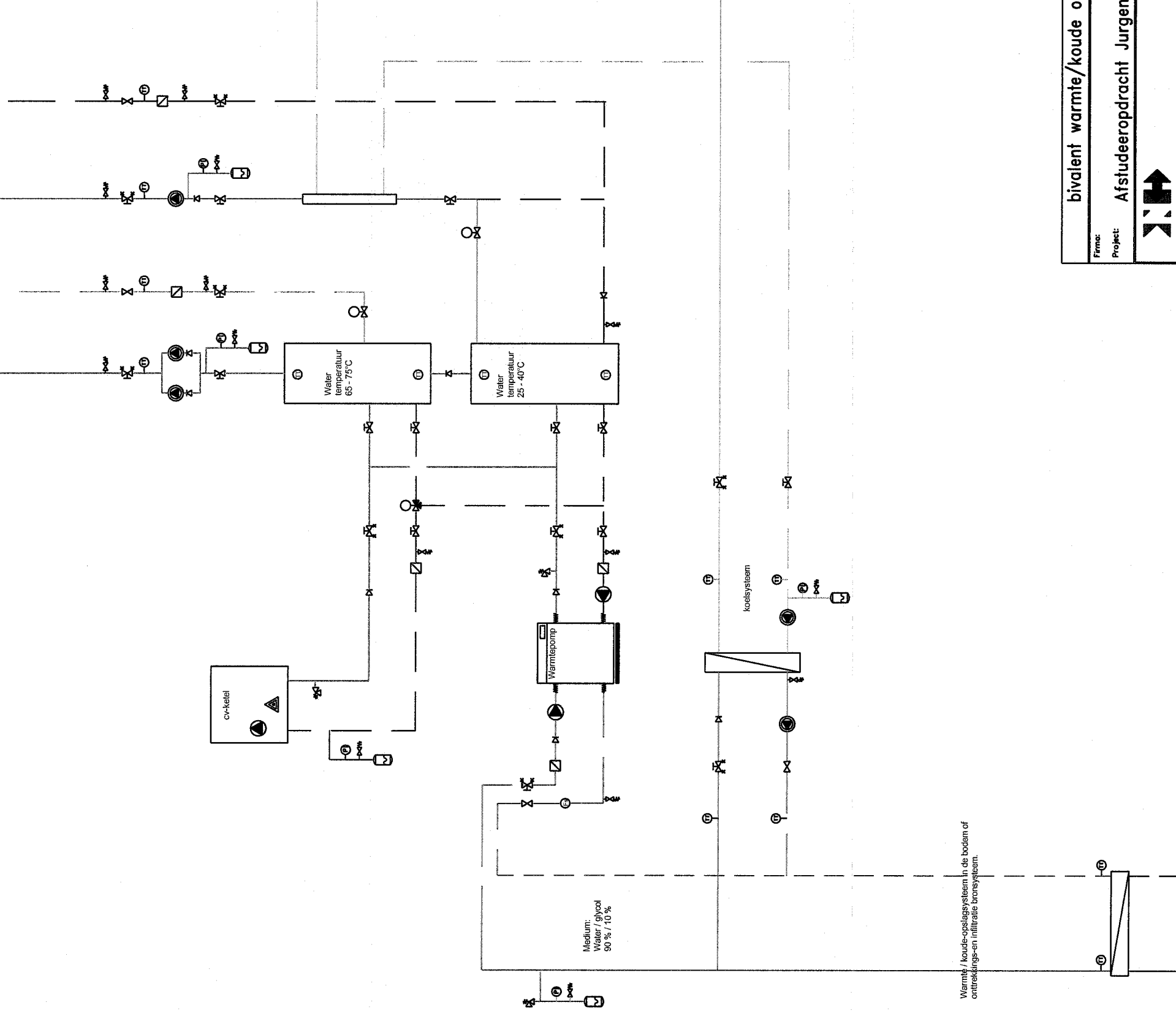
**VKW
systeem**

Aanvoerleiding
T= 65-75°C
Functies:
- tapwater verwarming
- verwarming

Bypassleiding
T= 60 °C
Functie:
- verkorten wachttijd WW

Aanvoerleiding
T= 15°C bij koeling en
40°C bij verwarming
Functies:
- laag temperatuur verwarmen
- hoog temperatuur koelen

Retourleiding
Temperaturen:
- tapwaterbedrijf ca. 22°C
- verwarming 20 - 35°C
- koeling ca. 22°C



bivalent warmte/koude opwekking VKW

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



tekenaar: J. Megens

e-mail: j.megens@nathan.nl

tek.no:

5.1

tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373

impact 73 - 6921 RZ Duiven

postbus 1008 - 6920 BA Duiven

internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl

schied: A3

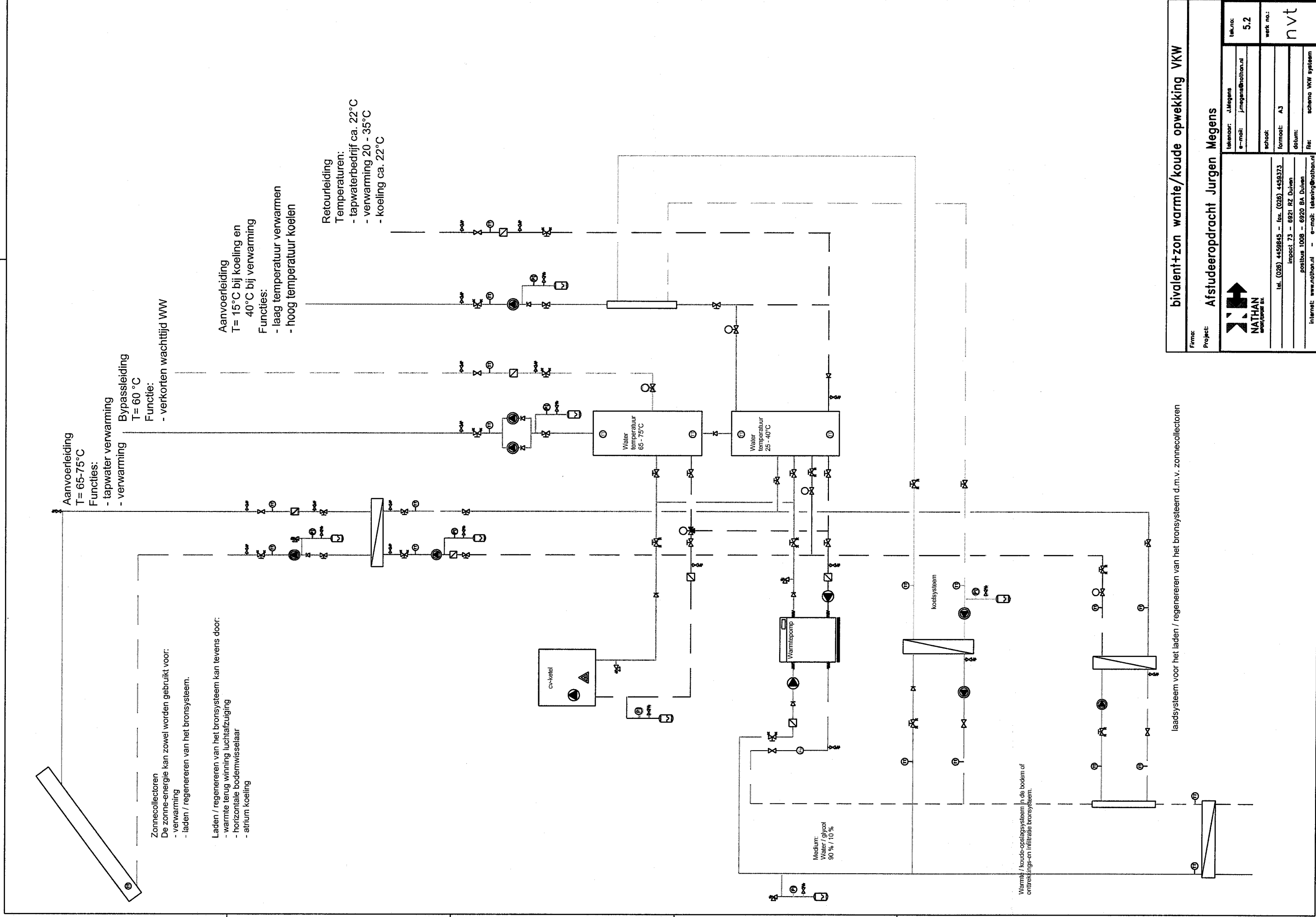
termoet: A3

delum:

file: schema VKW systeem

werk no.:

nvt



laadsysteem voor het laden / regenereren van het bronsysteem d.m.v. zonnecollectoren

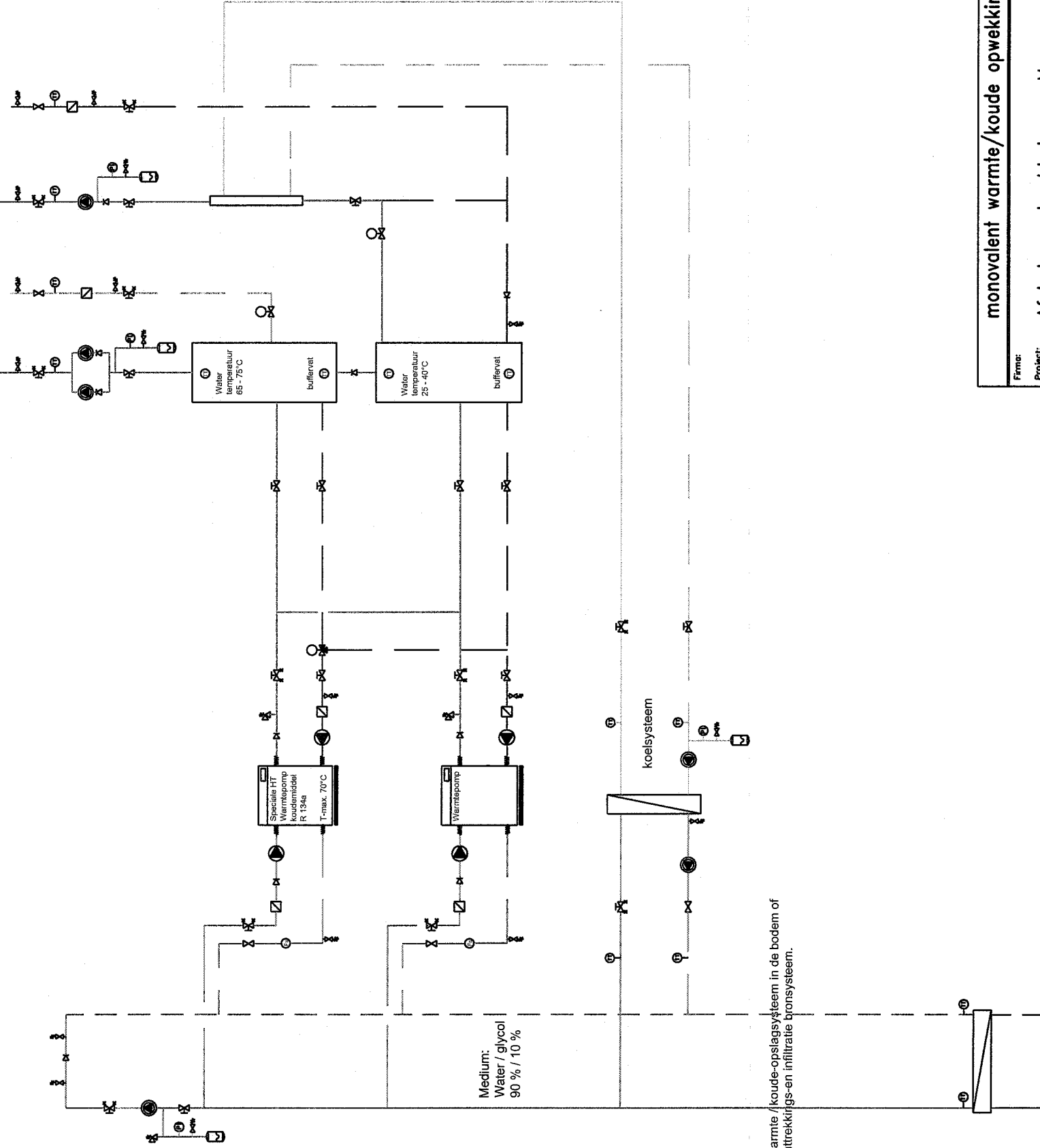
bivalent+zon warmte/koude opwekking VKW	
Firma:	
Project:	Afstudeeropdracht Jurgen Megens
	
tekenaar:	J.Megens
e-mail:	j.megens@nathan.nl
schied:	
formaat:	A3
datum:	
file:	schema VKW systeem
teken no.:	5.2
werk no.:	nvt
tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373	
impact 73 - 6921 RZ Duiven	
postbus 1008 - 6920 BA Duiven	
internet: www.nathan.nl - e-mail: teleng@nathan.nl	

Aanvoerleiding
T= 15°C bij koeling en
40°C bij verwarming
Functies:
- laag temperatuur verwarmen
- hoog temperatuur koelen

Aanvoerleiding
T= 65-75°C
Functies:
- tapwater verwarming
- verwarming

Bypassleiding
T= 60 °C
Functie:
- verkorten wachttijd WW

Retourleiding
Temperaturen:
- tapwaterbedrijf ca. 22°C
- verwarming 20 - 35°C
- koeling ca. 22°C



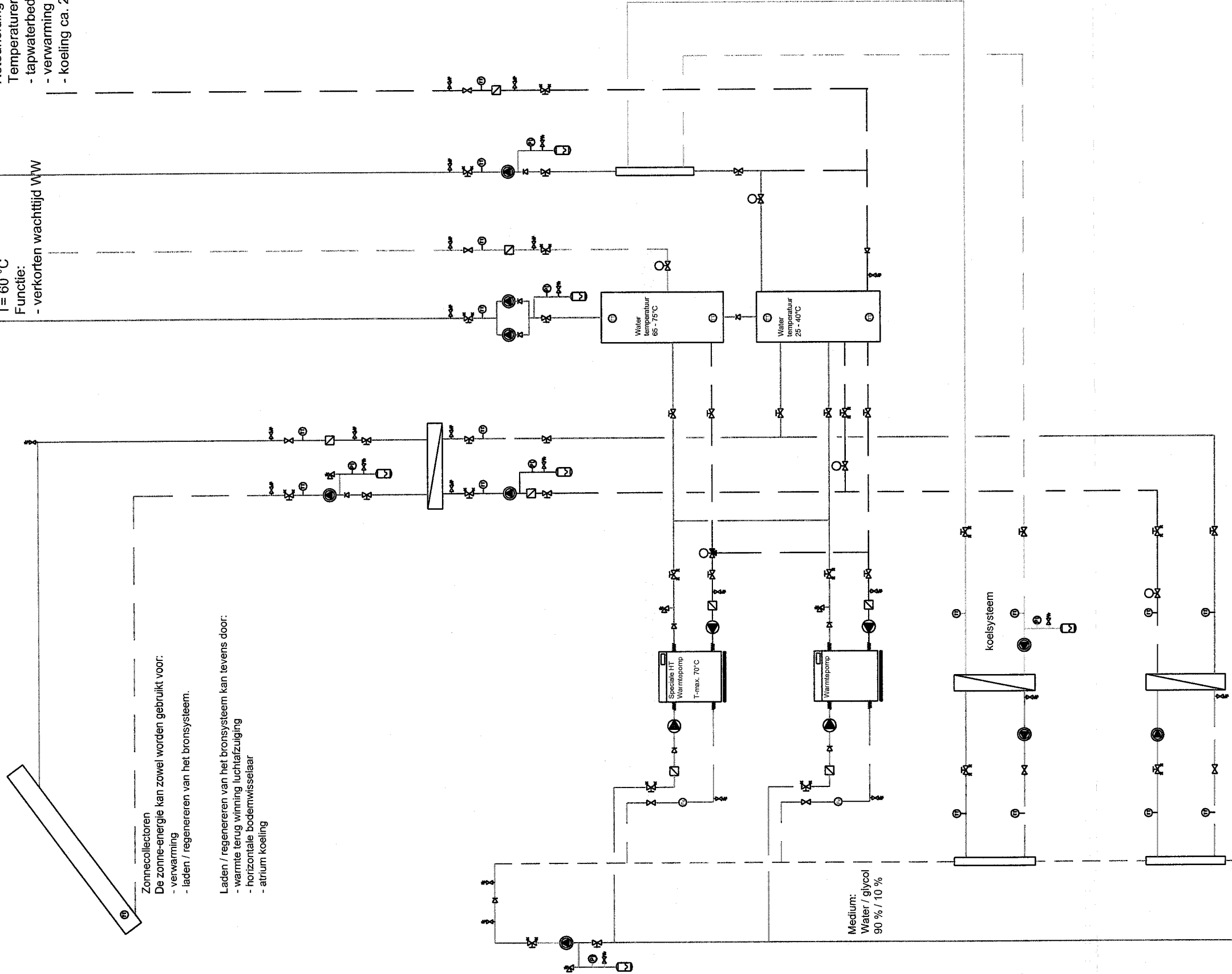
Firma: monovalent warmte/koude opwekking VKW systeem			
Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens			
 NATHAN wett/onder st.	telefoon: J. Megens		tek. no: 5.3
	e-mail: j.megens@nathan.nl		werk no: nvt
tel. (026) 4459845 – fax. (026) 4459373		school: A3	
Impact 73 – 6921 RZ Duiven		formaat: A3	
postbus 1008 – 6920 BA Duiven		datum:	
internet: www.nathan.nl – e-mail: teleking@nathan.nl		file: schema VKW systeem	

Aanvoerleiding
T= 65-75°C
Functies:
- tapwater verwarming
- verwarming

Aanvoerleiding
T= 15°C bij koeling en
40°C bij verwarming
Functies:
- laag temperatuur verwarmen
- hoog temperatuur koelen

Bypassleiding
T= 60 °C
Functie:
- verkorten wachttijd WW

Retourleiding
Temperaturen:
- tapwaterbedrijf ca. 22°C
- verwarming 20 - 35°C
- koeling ca. 22°C



Zonnecollectoren
De zonne-energie kan zowel worden gebruikt voor:
- verwarming
- laden / regenereren van het bronsysteem.

Laden / regenereren van het bronsysteem kan tevens door:
- warmte terug winning luchtzuiging
- horizontale bodemwisselaar
- atrium koeling

laadsysteem voor het laden / regenereren van het bronsysteem d.m.v. zonnecollectoren

Warmte / koude-opslagsysteem in de bodem of
onttrekings-en infiltratie bronsysteem.

monovalent+zon warmte/koude opwekking VKW

Firma:
Project:
Afstudeeropdracht Jurgen Megens

NATHAN
advies/ontwerp bv.

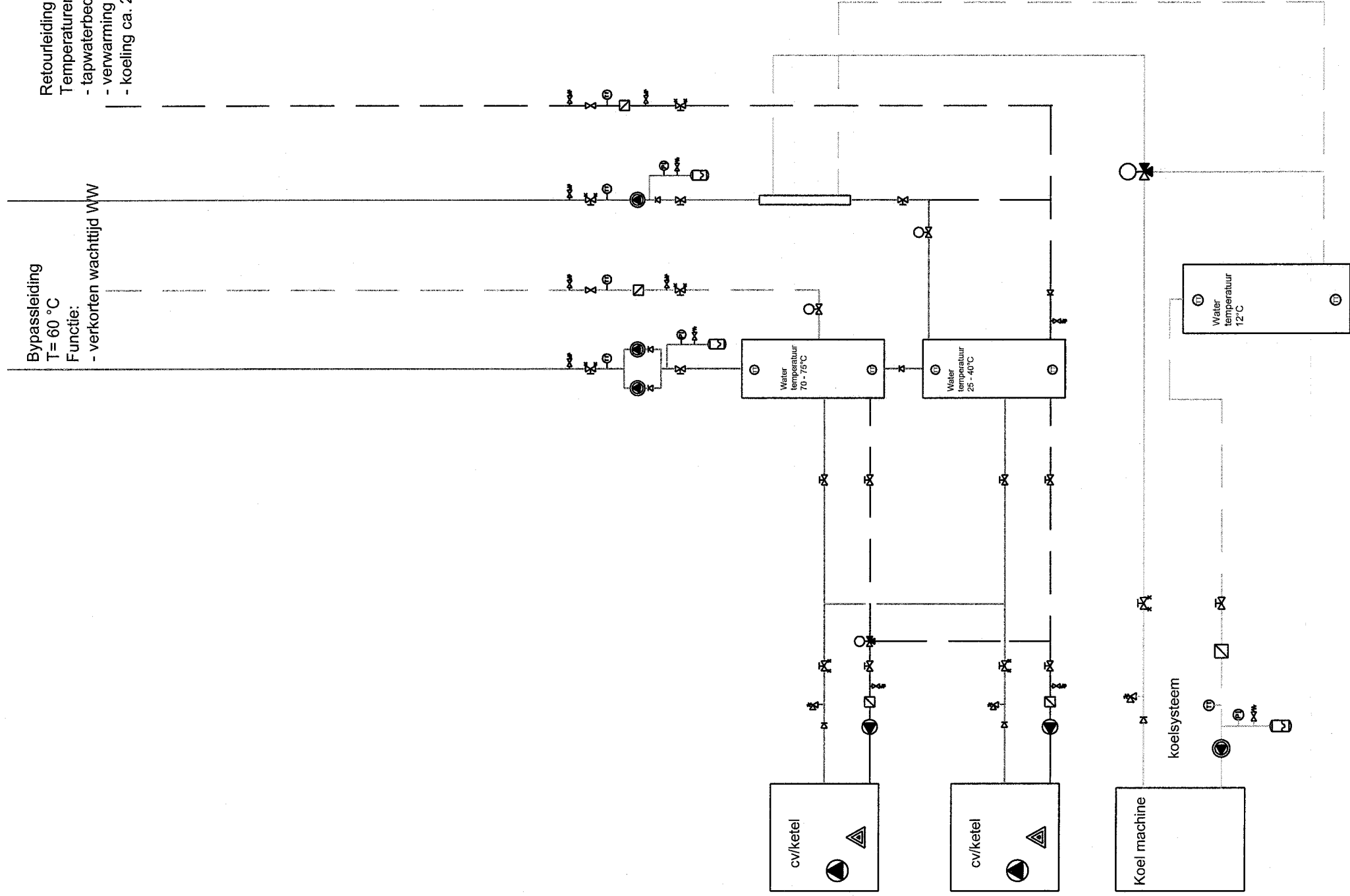
tekenaar:	J. Megens	tel.-nr:	5.4
e-mail:	j.megens@nathan.nl	werk no.:	nvt
school:			
formaat:	A3		
datum:			
file:	schema VKW systeem		

Aanvoerleiding
T= 65-75°C
Functies:
- tapwater verwarming
- verwarming

Aanvoerleiding
T= 15°C bij koeling en
40°C bij verwarming
Functies:
- laag temperatuur verwarmen
- hoog temperatuur koelen

Bypassleiding
T= 60 °C
Functie:
- verkorten wachttijd WW

Retourleiding
Temperaturen:
- tapwaterbedrijf ca. 22°C
- verwarming 20 - 35°C
- koeling ca. 22°C



monovalent warmte en koude opwekking VKW

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgens Mogens



tekenaar: J.Mogens

e-mail: j.mogens@nathan.nl

tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373

Impact 73 - 6921 RZ Duiven

postbus 1008 - 6920 BA Duiven

internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl

tek.no:

5.5

werk no.:

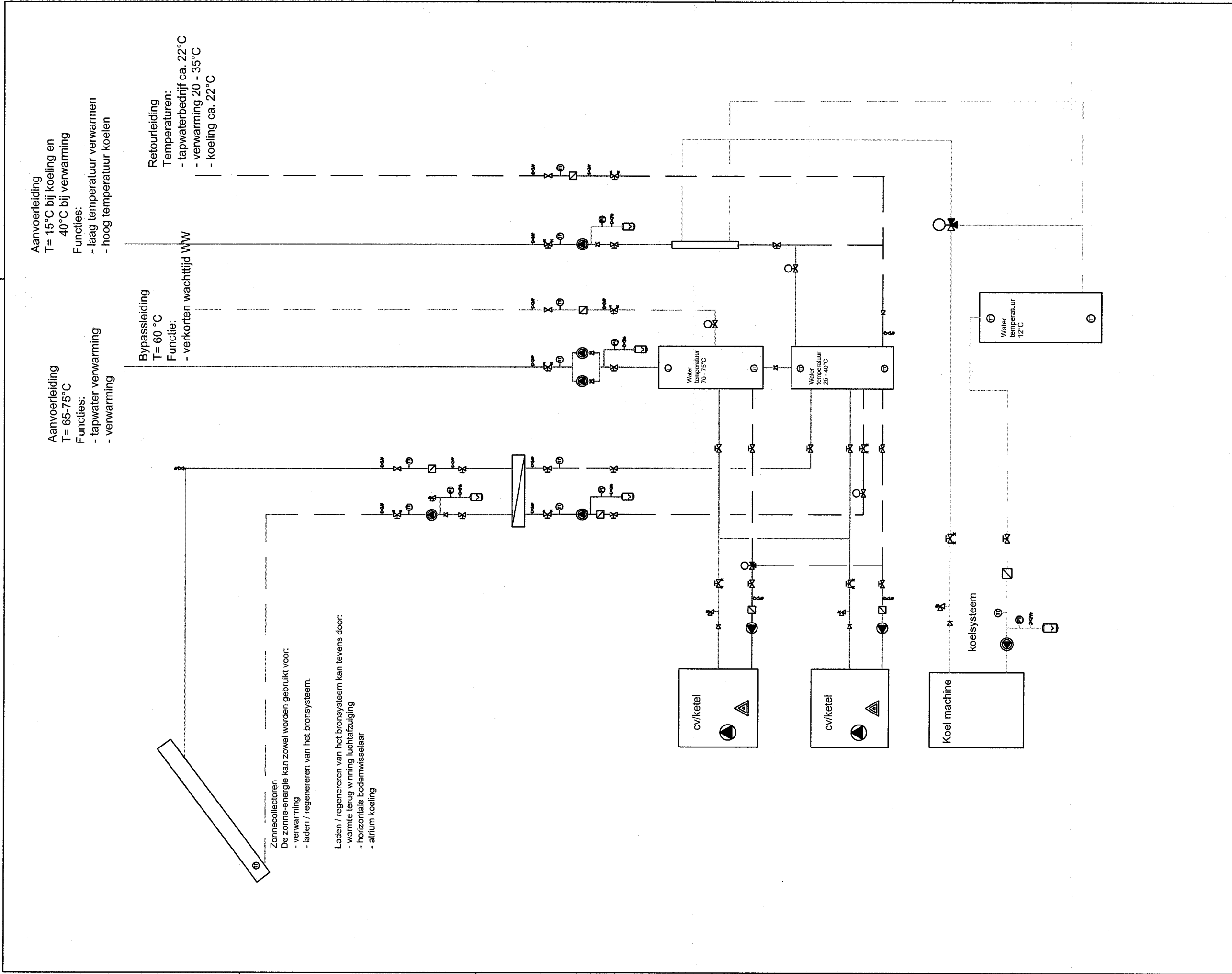
nvt

school: A3

format: A3

datum:

titel: schema VKW systeem



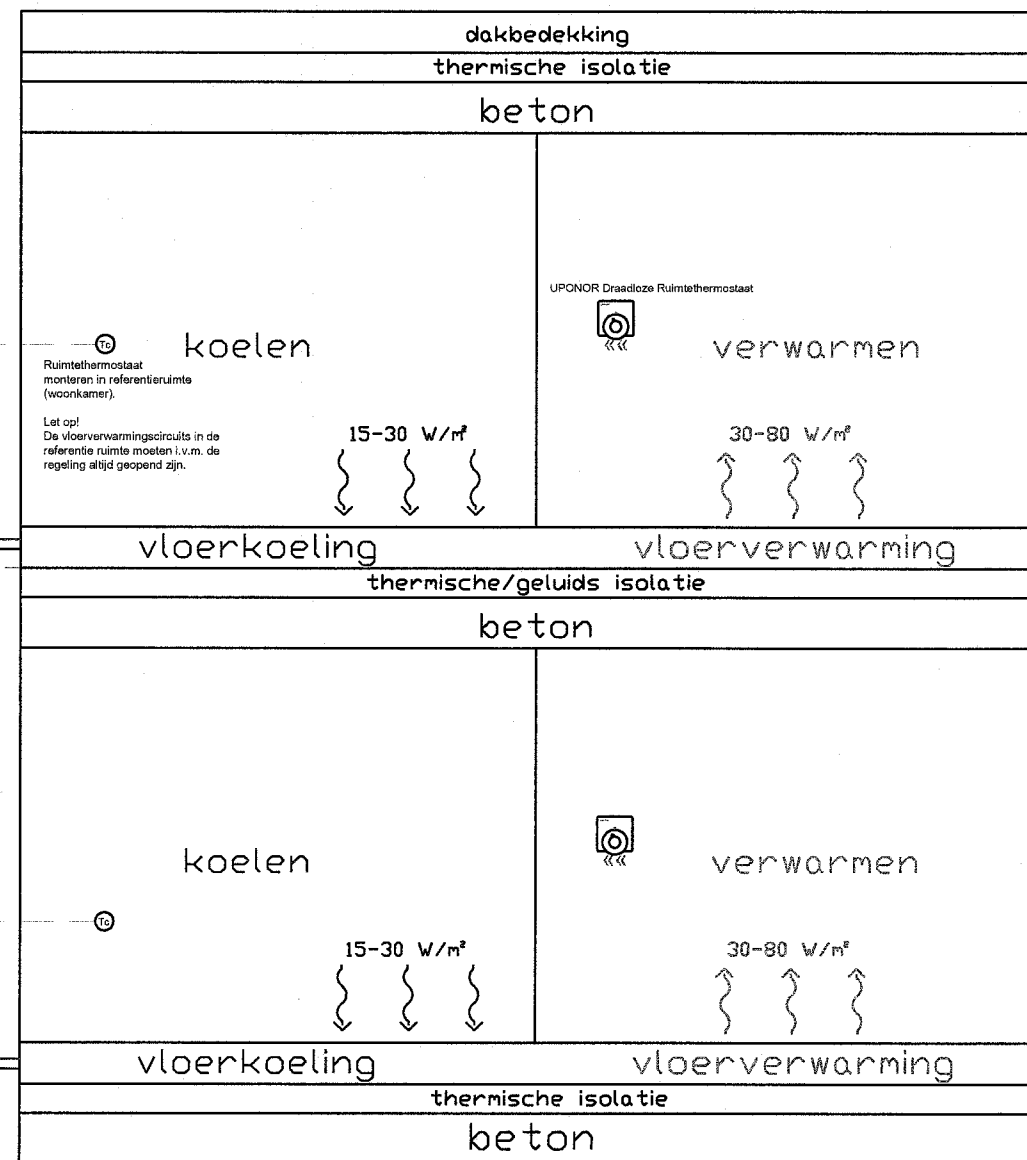
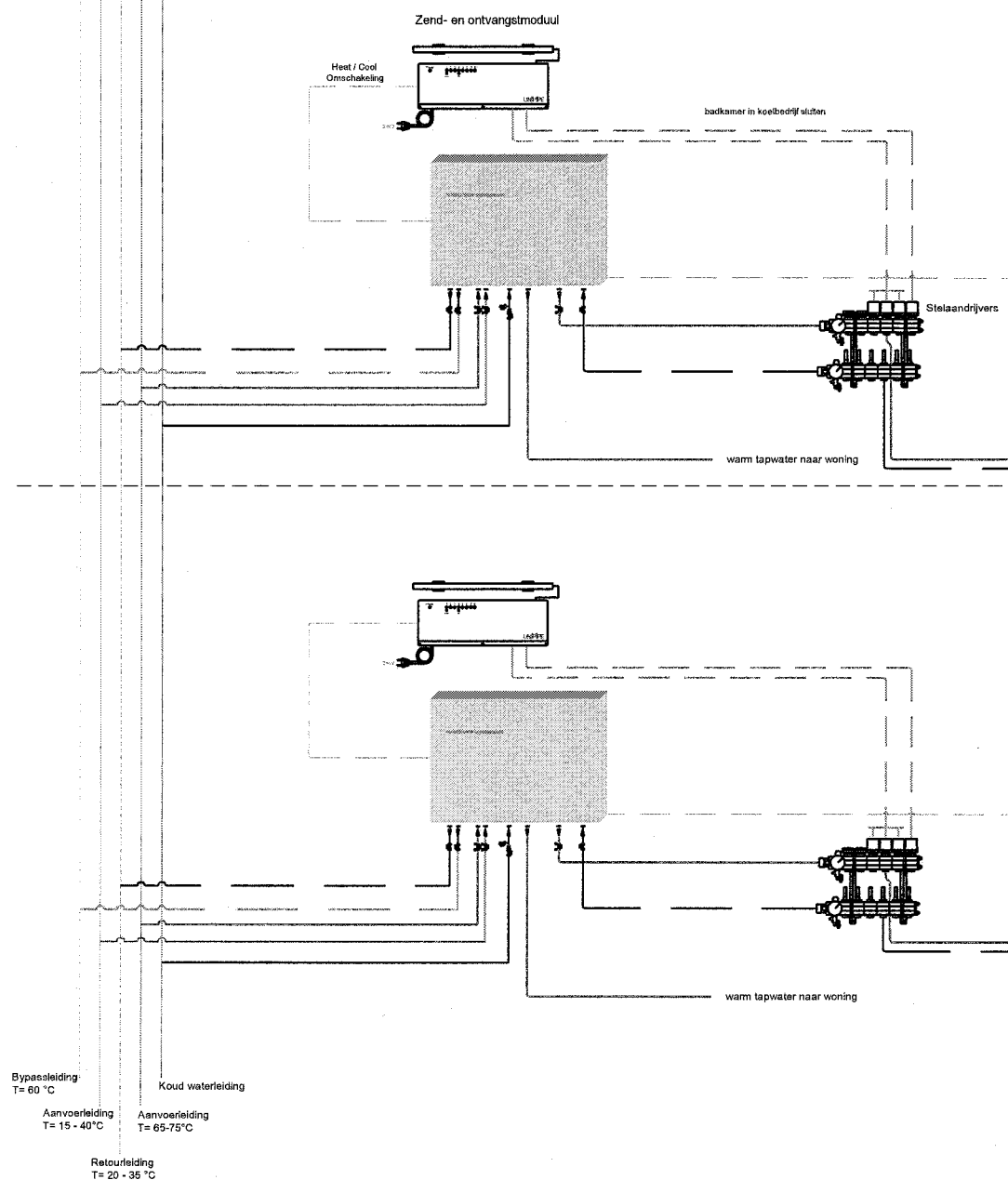
monovalent-zon warmte en koude opwekking VKW

Firma: **NATHAN**
www.nathan.nl

Project: **Afstudeeropdracht Jurgen Megens**

telefoon:	J. Megens	tek. no:	5.6
e-mail:	j.megens@nathan.nl	werk no:	nvt
school:	A3	formaat:	A3
datum:		titel:	schema VKW systeem
internet:	www.nathan.nl	e-mail:	tekening@nathan.nl

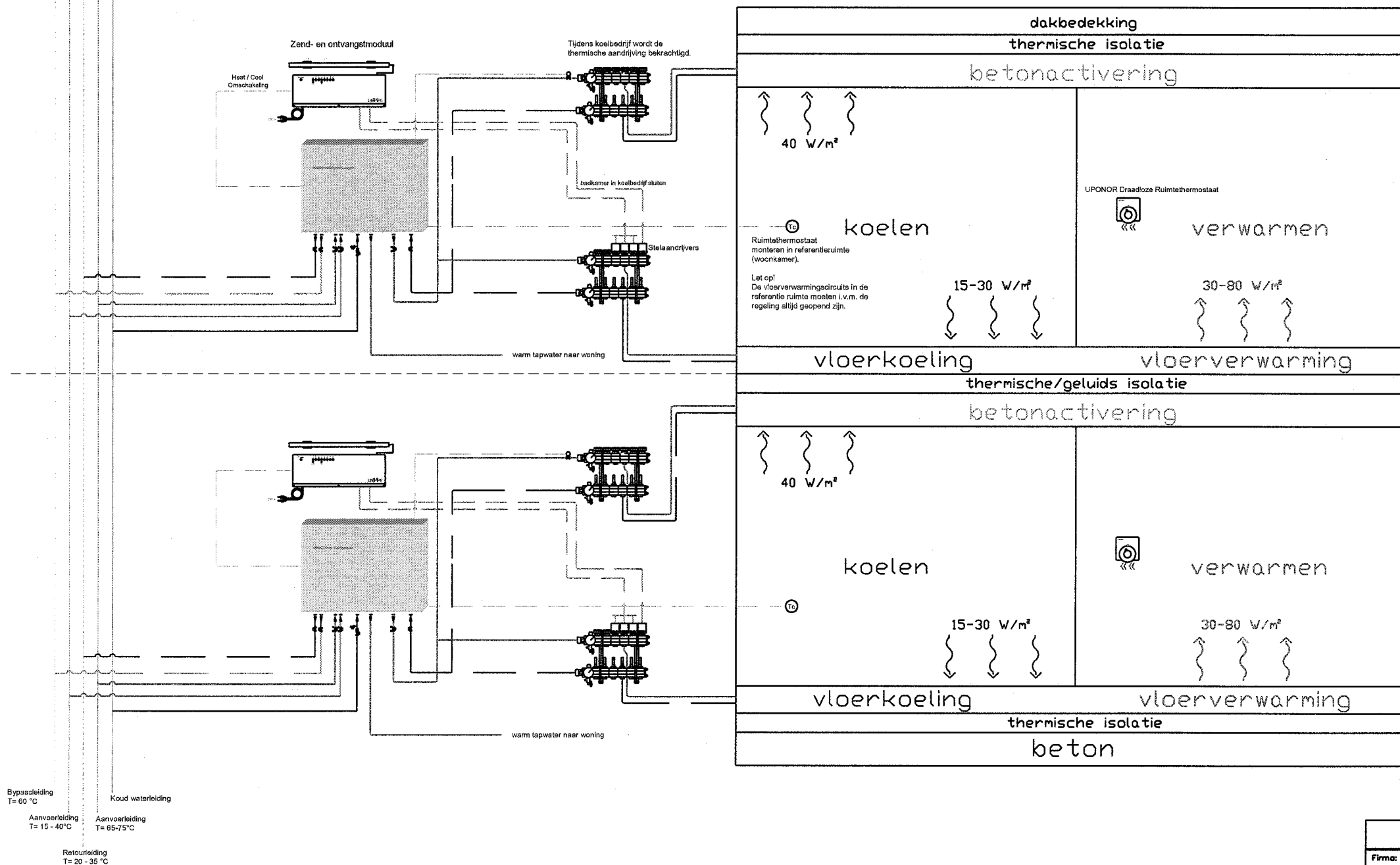
Doorsnede appartement



Individueel warm tapwater bereiding

VKW vv/vk + warm tapwater			
Firma:			
Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens			
 NATHAN UPONOR/UPONOR BV	takenaar: J. Megens	tek.no:	
	e-mail: j.megens@nathan.nl	5..7	
	school:	werk no.:	
	formaat: A3	nvt	
tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373		datum:	
impact 73 - 6921 RZ Duiven		file: schema VKW systeem	
postbus 1008 - 6920 BA Duiven			
internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl			

Doorsnede appartement



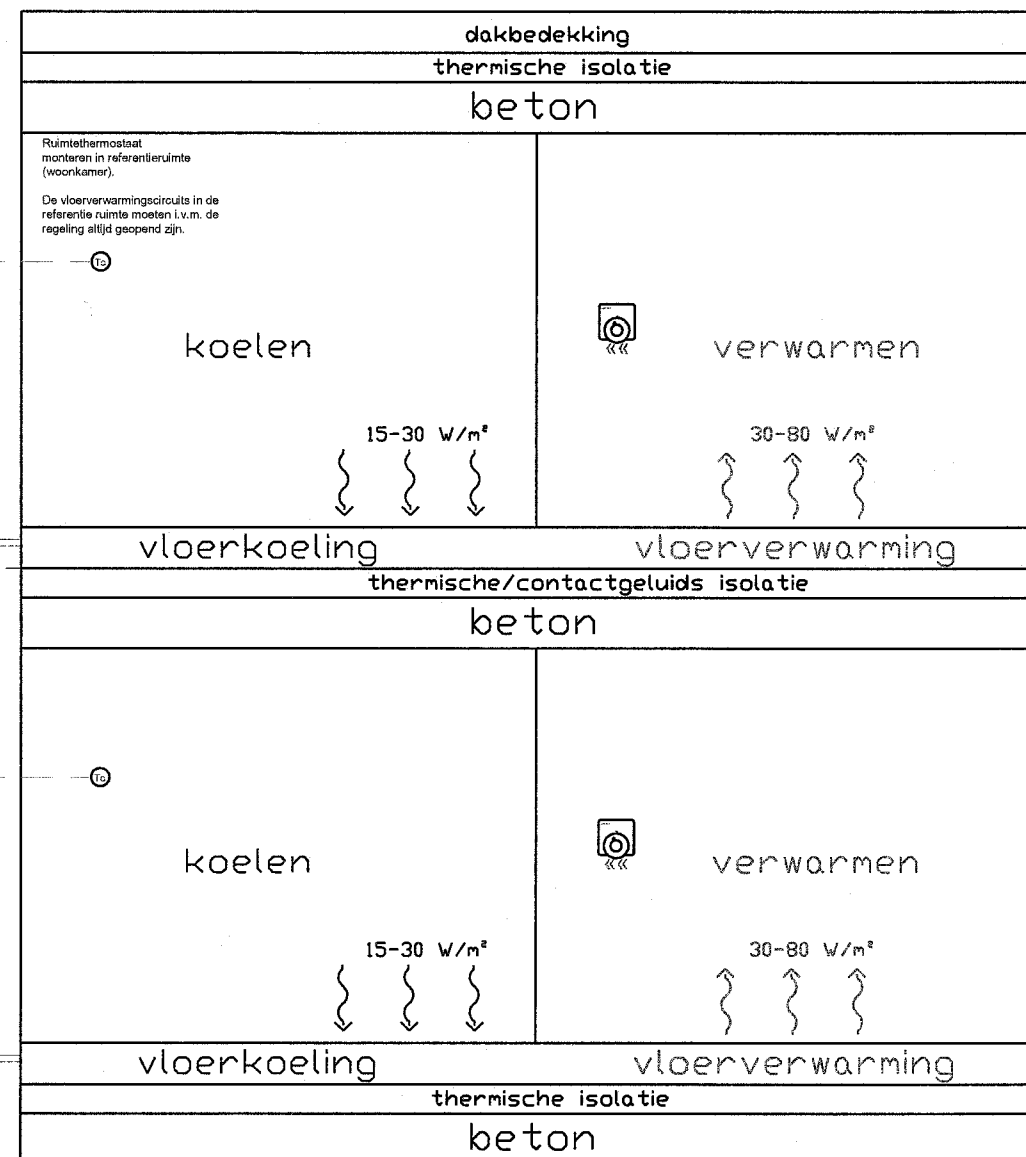
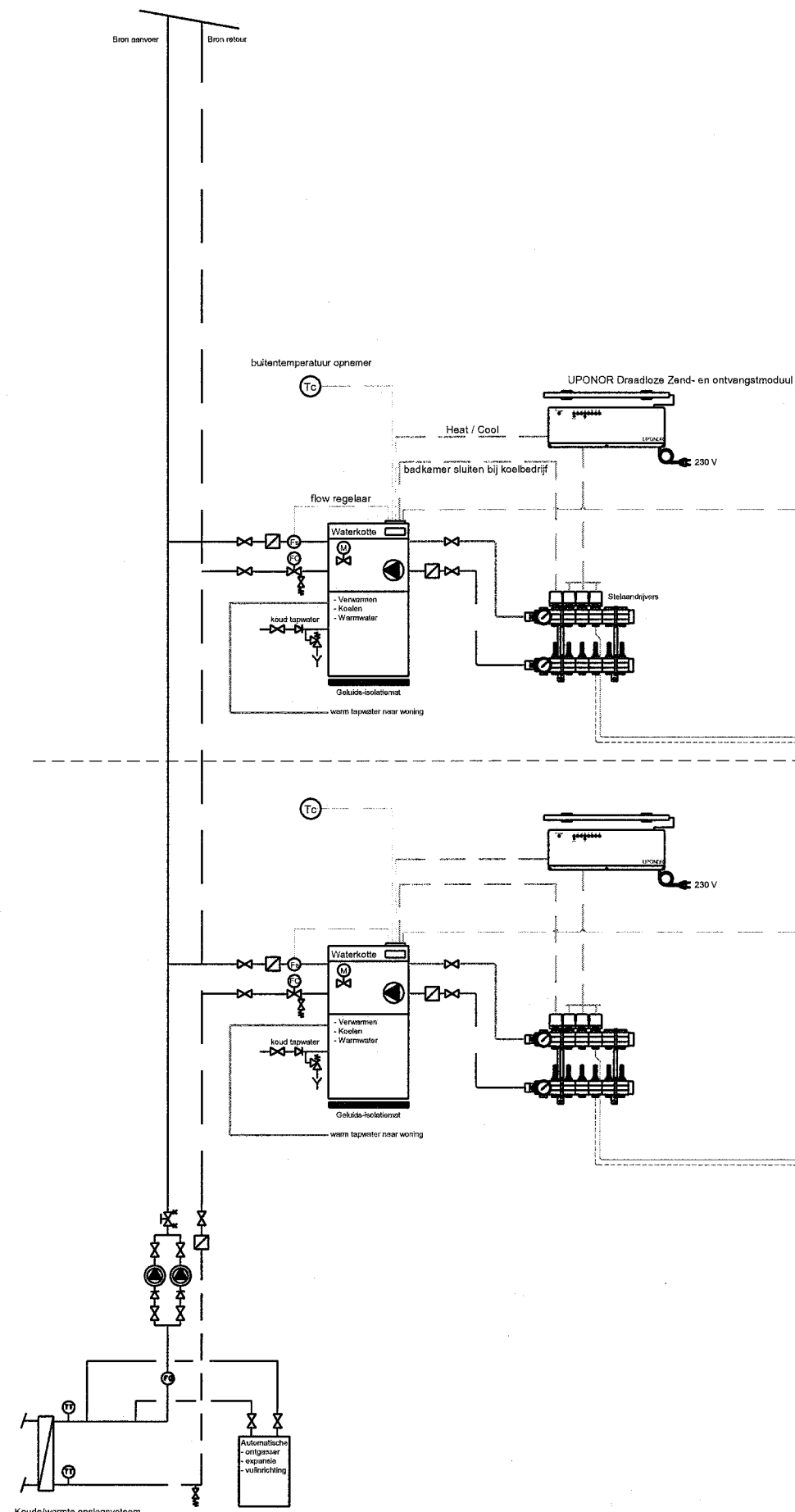
Individueel warm tapwater bereiding

VKW vv/vk + ba + warm tapwater			
Firma:			
Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens			
 NATHAN water/energie bv.	tekenaar: J. Megens	tek.no:	
	e-mail: j.megens@nathan.nl	5.8	
	school:	werk no.:	
	formaat: A3	nvt	
	datum:		
tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373		internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl	
impact 73 - 6921 RZ Duiven		postbus 1008 - 6920 BA Duiven	
		file: schema VKW systeem	

Bijlage 6
verwarmen, koelen &
warm tapwater
in
appartementen

individueel
systeem

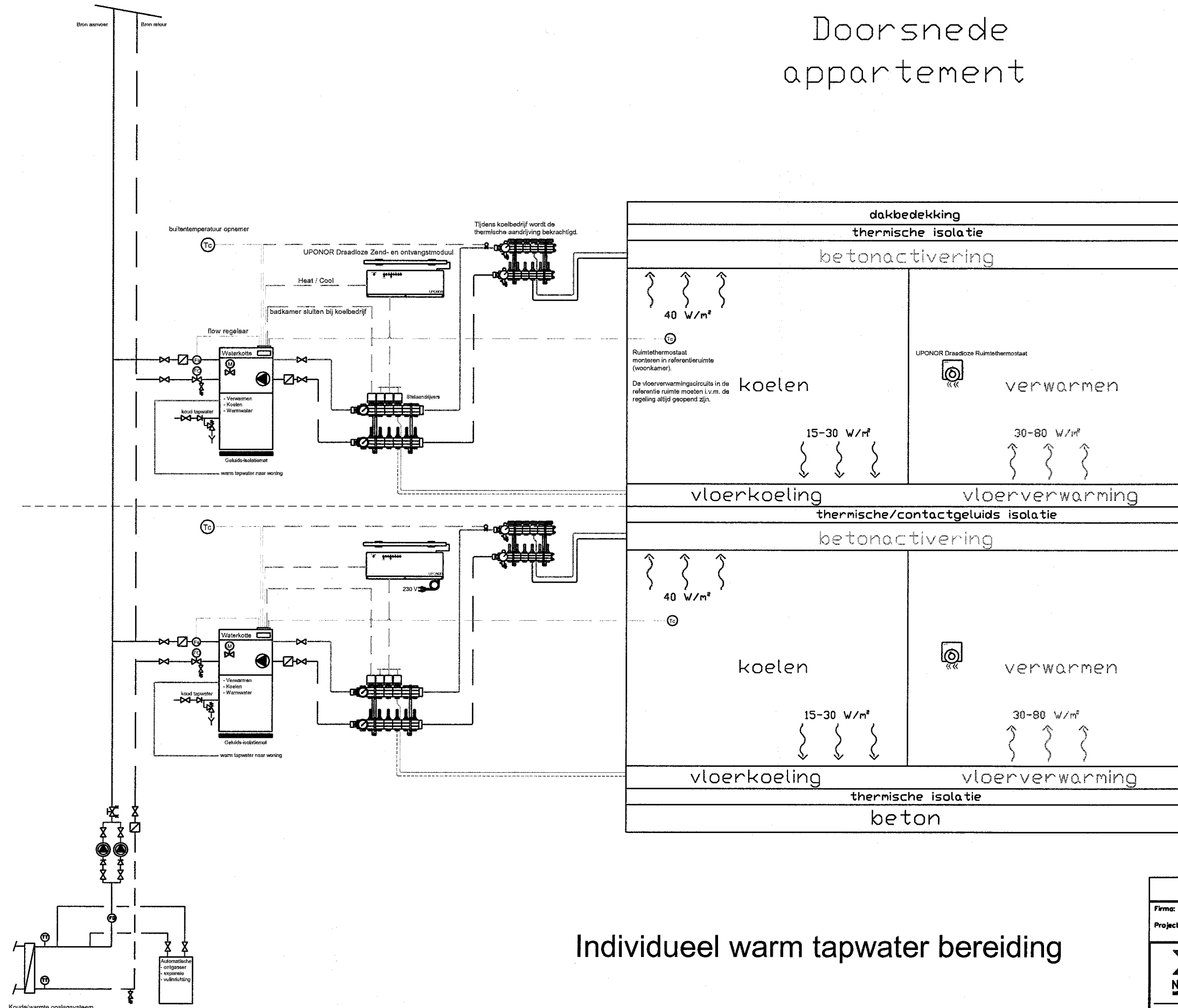
Doorsnede appartement



Individueel warm tapwater bereiding

individueel vv/vk + warm tapwater			
Firma:			
Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens			
 NATHAN UPONOR/OPORT BV tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373 impact 73 - 6921 RZ Duiven postbus 1008 - 6920 BA Duiven internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl	tekenaar: J. Megens	tek.no:	
	e-mail: j.megens@nathan.nl		6.1
	school:	werk no.:	
	formaat: A3		nvt
	datum:	file:	schema individueel systeem

Doorsnede appartement



Individueel warm tapwater bereiding

individueel vv/vk, ba + warm tapwater

Firma:

Project:

Afstudeeropdracht Jurgen Megens



tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373

impact 73 - 6921 RZ Duiven

postbus 1008 - 6920 BA Duiven

internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl

tekenaar: J. Megens

e-mail: j.megens@nathan.nl

school:

formaat: A3

datum:

file: schema individueel systeem

tek. no:

6.2

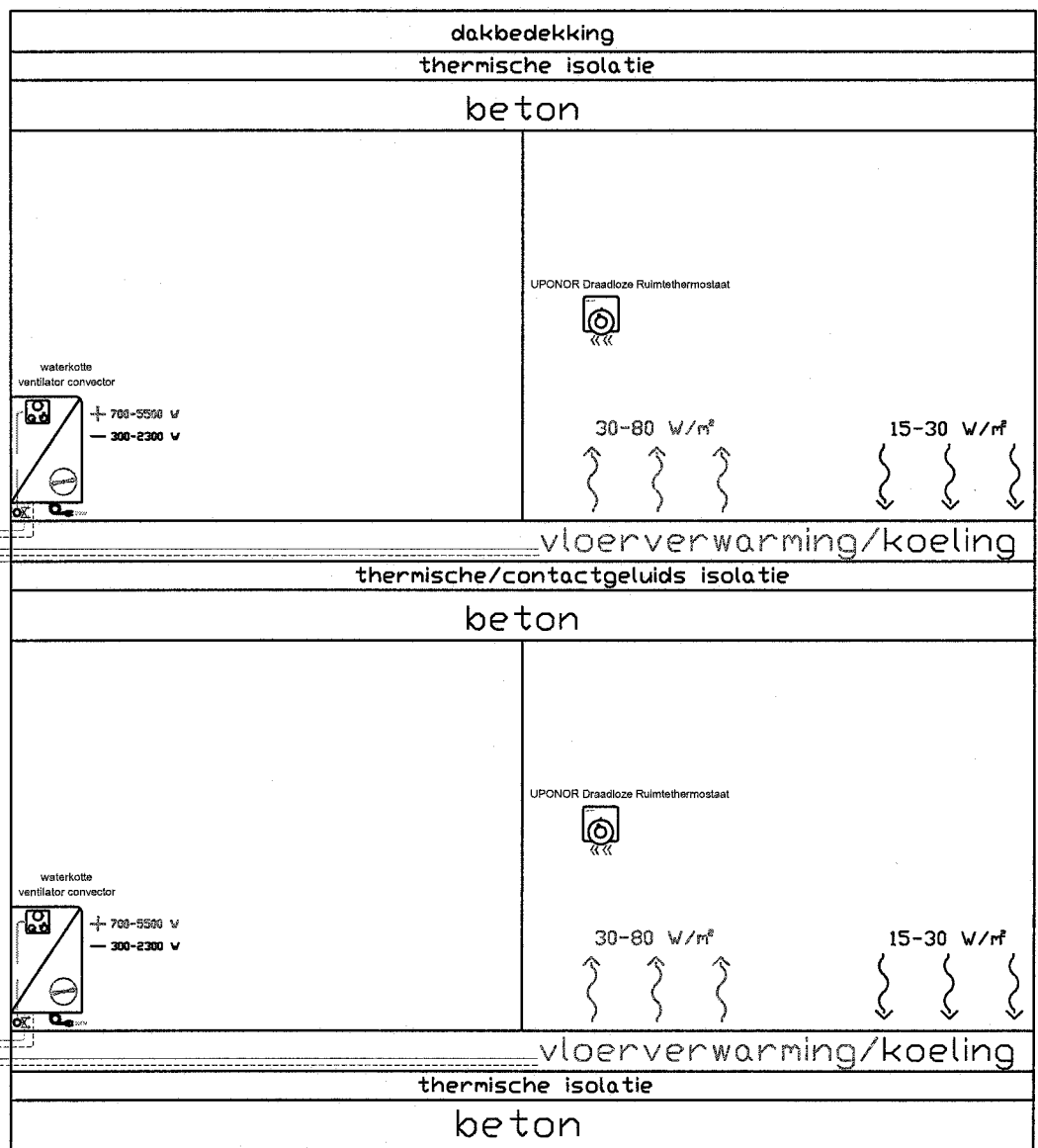
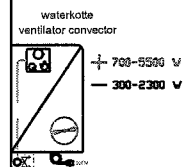
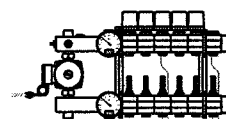
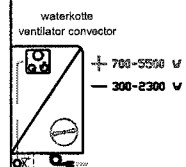
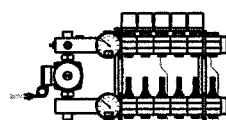
werk no:

nvt

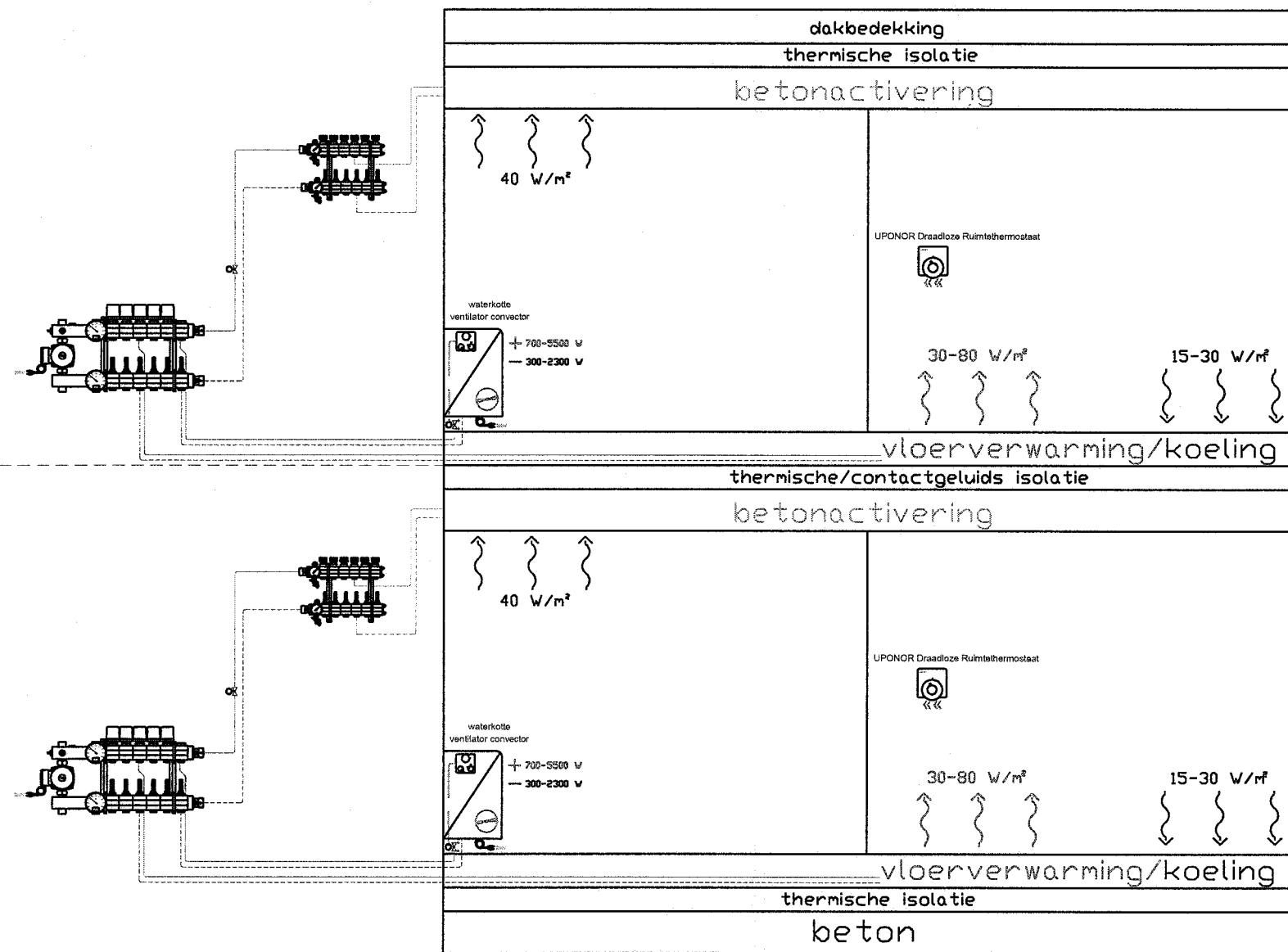
Bijlage 7

Afgifte systeem

ventilator
convector met
vloerverwarming/
koeling
en
betonactivering



afgifte systeem: vv/vk en vc		
Firma:		
Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens		
 NATHAN advies/advies bv	tekenaar: J. Megens	tek. no:
	e-mail: j.megens@nathan.nl	7.1
	school:	werk no:
	formaat: A3	nvt
	datum:	
internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl		file: StempelA3-100.dwg



afgifte systeem: vv/vk + ba en vc			
Firma:			
Project: Afstudeeropdracht Jurgen Megens			
 NATHAN	tekenaar: J. Megens	tek. no:	
	e-mail: j.megens@nathan.nl	7.2	
	school:	werk no:	
	formaat: A3	nvt	
tel. (026) 4459845 - fax. (026) 4459373		datum:	
impact 73 - 6921 RZ Duiven		file: StempelA3-100.dwg	
postbus 1008 - 6920 BA Duiven			
internet: www.nathan.nl - e-mail: tekening@nathan.nl			

Bijlage 8

Kostenoverzicht afgiftesysteem per woning

			prijs	
standaard			2940,86	
standaard	2-pijps	verwarmen	3485,86	100%
standaard	2-pijps	verwarmen/koelen	3570,86	102%
standaard	3-pijps	verwarmen/koelen	4375,86	125,50%
standaard	3-pijps	betonactivering	6663,26	191,15%
standaard	4-pijps	verwarmen/koelen	4480,86	128,54%
standaard	4-pijps	betonactivering	6768,26	194,16%

Projectnaam : Afstudeerproject
 betreft : Afstudeerproject
 Offertenummer : 5869

Offerte
 Pagina 1
 04-05-06

stuk	basis eenh.	verk. eenh.	omschrijving	artikelnr.	pr / eenh.	totaal
------	----------------	----------------	--------------	------------	------------	--------

standaard

Positie 1

18	ST	1 ST	UNIPIPE koppeling 16 x 2 mm.	50003100	5,17	93,06
4	ST	1 ST	UPONOR Draadloze Ruimtethermostaat	585060	87,50	350,00
1	ST	1 ST	UPONOR Draadloze zend-ontvangstmodule 8-groeps, 230 V IP30, zonder timer	585070	257,50	257,50
9	ST	1 ST	UPONOR Stelaandrijving 230 V	582015	29,80	268,20
730	MTR	500 MT	UPONOR UNIPIPE (wit), rol 500 mtr. 16 x 2 mm	745166	1,80	1.314,00
97	M2	10 M2	UPONOR Isolatirol EPS 045 DES sm 25-2 dikte 25 mm, rol 10 m²	600250	5,60	543,20
90	MTR	240 MT	UPONOR Randisolatiestroken rol=40 mtr. 10 x 100 mm, kleur roze	606020	0,79	71,10
1.460	ST	500 ST	UPONOR Tackerclip zwart	100726	0,03	43,80

Totaal positie 1 bruto exclusief BTW in EURO € **2.940,86**

2-pijps verwarmen

Positie 2

1	ST	ST	Komfort SBK 4500 verdeler 9 groeps, debietmeters 60-250 l/h, onderaansl	45000009	545,00	545,00
---	----	----	---	----------	--------	--------

Totaal positie 2 bruto exclusief BTW in EURO € **545,00**

verwarmen/koelen

Positie 3

1	ST	ST	KOMFORT aanlegthermostaat verw/koelen, 230V ac, contact max. 0,25A, 24V	56002000	85,00	85,00
---	----	----	---	----------	-------	-------

Totaal positie 3 bruto exclusief BTW in EURO € **85,00**

3-pijps

Positie 4

1	ST	ST	Komfort SBK 2950 verdeler V+K 3-pijps 9 groeps, debietmeters 60-250 l/h, regelaar	29500009	1.435,00	1.435,00
---	----	----	---	----------	----------	----------

Totaal positie 4 bruto exclusief BTW in EURO € **1.435,00**

Projectnaam : Afstudeerproject
betreft : Afstudeerproject
Offertenummer : 5869

Offerte
 Pagina 2
 04-05-06

stuk	basis eenh.	verk. eenh.	omschrijving	artikelnr.	pr / eenh.	totaal
------	----------------	----------------	--------------	------------	------------	--------

4-pijps

Positie 5						
1	ST	ST	Komfort SBK 2960 verdeler V+K 4-pijps 9 groeps, debietmeters 60-250 l/h, regelaar	29600009	1.540,00	1.540,00
Totaal positie 5 bruto exclusief BTW in EURO					€	1.540,00

Betonactivering

Positie 6						
1	ST	ST	Komfort SBK Verdeler 7 groeps, debietmeters 60 tot 250 l/h	41000007	289,20	289,20
650	MTR	500 MT	UPONOR UNIPIPE (wit), rol 500 mtr. 20 x 2,25 mm	745206	2,85	1.852,50
14	ST	1 ST	UNIPPE koppeling 20 x 2,25 mm.	50003300	5,25	73,50
1	ST	ST	OV Hycocan TM inregelafsluiter beide zijden bi DN 25 1" 0,52 1,08 3,6	1068568	34,05	34,05
1	ST	ST	OV elektrothermische aandr. 2-punts 230 V	1012483	38,15	38,15
Totaal positie 6 bruto exclusief BTW in EURO					€	2.287,40