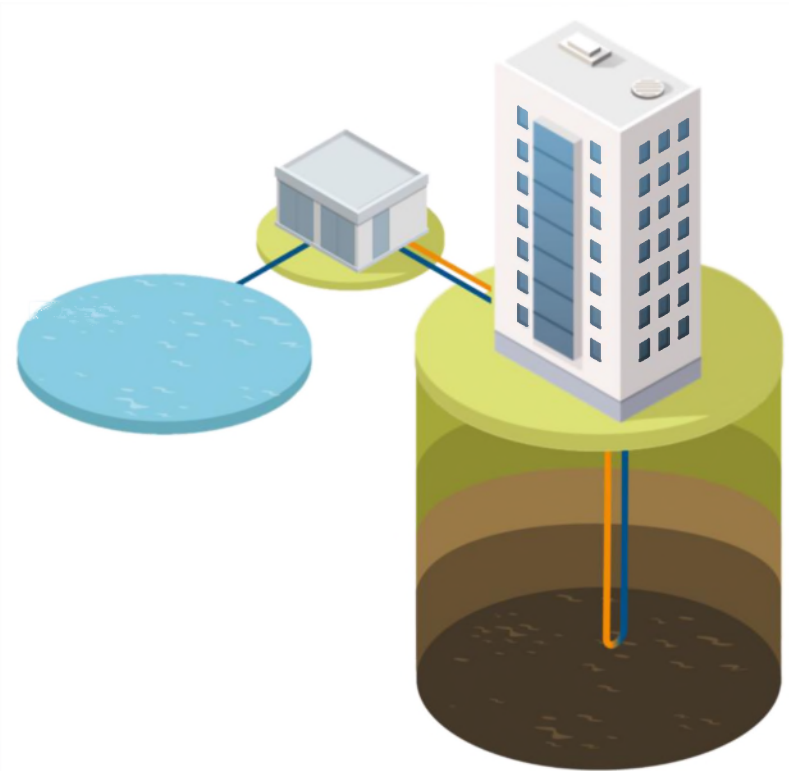


# Thermische Energie uit Oppervlaktewater voor nieuwbouw appartementencomplex Zwanenveld in Nijmegen

Haalbaarheidsonderzoek



# TEO voor appartementencomplex Zwanenveld

Aanvrager: gemeente Nijmegen

Contactpersonen: Michiel van der Hagen - Projectmanager  
Simone Ploumen - Technisch projectmanager aardgasvrij Nijmegen

Status rapport: Definitief

Datum: 28 juli 2020

Contactpersonen Innoforte: Wim Mans  
Han Verheul  
Ed Kerckhoffs

Contactgegevens: Adviesbureau Innoforte  
Van Heemstraweg 56 d  
6651 KH Druten  
E-mail: [info@innoforte.nl](mailto:info@innoforte.nl)  
Tel: 0487-510375

**Adviesbureau Innoforte** is sinds 2003 actief met het ondersteunen van overheden, ontwikkelaars en warmtebedrijven op het gebied van beleid, ontwikkeling en exploitatie van duurzame warmte- en koudesystemen. Onze missie is bij te dragen aan transparante, duurzame meerwaarde voor alle betrokkenen. De naam Innoforte is een acroniem en staat voor **INNO**vating **FO**r **RE**newable **TH**ermal **E**nergy. Wij zijn creatieve denkers met een brede kennis van de warmtemarkt en een gezonde dosis ambitie. Onze dienstverlening bestaat uit:

- planvorming: conceptontwikkeling en haalbaarheidsstudies
- samenwerking: procesbegeleiding, aanbesteding en contractvorming
- businesscases: inrichting control, tarieven en financiering
- wetten en normen: compliance en certificaten
- audits: risk assessment en due diligence

Directeur Wim Mans is bestuurslid van het Warmtenetwerk, lid van de commissie warmte van NVDE en lid van de adviesraad van ECW.

# TEO voor appartementencomplex Zwanenveld

## 1 Samenvatting - 4

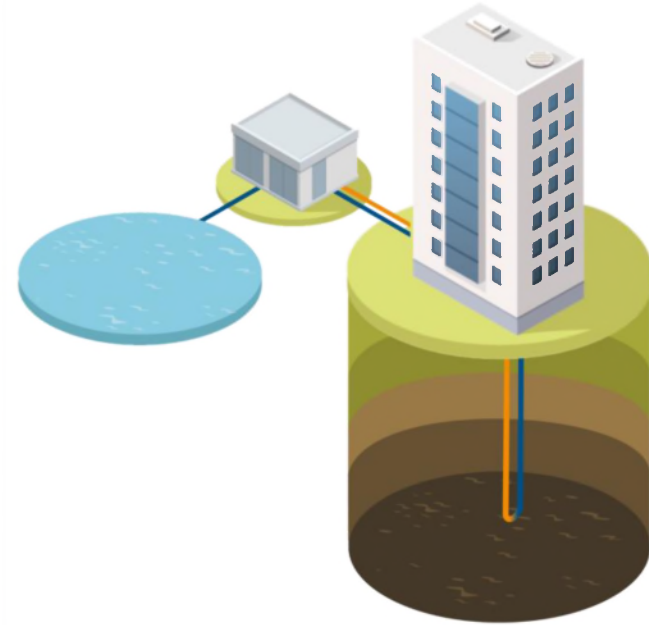
- Kans voor innovatief aquathermie concept? - 5
- De haalbaarheid - 6
- De randvoorwaarden - 7
- Advies - 8

## 2 Haalbaarheidsonderzoek: techniek, economie en vergunningen - 9

- De appartementsgebouwen - 10
- De mogelijkheden voor verwarmen en koelen - 11
- Uitleg van WKO en VBWW - 12
- Overzicht van de onderzochte concepten - 14
- Technische uitwerking van de collectieve concepten - 16
- Technische uitwerking van de individuele concepten - 29
- Nadere uitwerking van de WKO-bronnen - 42
- Nadere uitwerking van het TEO-systeem - 44
- De duurzaamheid - 48
- Economische analyse - 50
- Randvoorwaarden TEO - 55
- Evaluatie - 56

## 3 Zicht op de ontwikkeling en exploitatie - 57

- Exploatievormen - 58
- Ontwikkeling - 59
- Wetgeving - 60



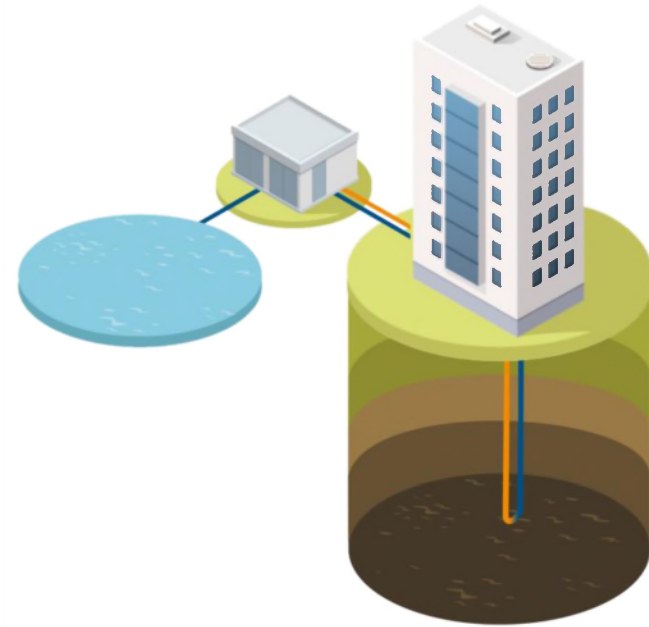
# TEO voor appartementencomplex Zwanenveld

## 1 Samenvatting - 4

- Kans voor innovatief aquathermie concept? - 5
- De haalbaarheid - 6
- De randvoorwaarden - 7
- Advies - 8

## 2 Haalbaarheidsonderzoek: techniek, economie en vergunningen - 9

## 3 Zicht op de ontwikkeling en exploitatie - 57



## Kans voor innovatief aquathermie concept?

We zijn in Nederland gestopt met het gebruik van aardgas voor nieuwbouw en uiterlijk in 2050 moeten we helemaal van het aardgas af zijn. Voor het geplande nieuwbouwcomplex op het voormalige ROC-terrein in Zwanenveld zal dus op een andere wijze dan met aardgas moeten worden verwarmd. Behoudens verwarmen is ook het koelen van gebouwen steeds belangrijker. Op basis van nieuwe bouwnormen die per 1 januari 2021 van kracht zullen worden, worden ook eisen gesteld aan de temperatuurbeheersing binnenshuis in de zomer. Koudeproductie is daarom meer en meer de norm bij nieuwbouw, hoewel formeel niet verplicht.

Vanwege de nabijheid van het Maas-Waalkanaal heeft het idee postgevat om gebruik te maken van TEO (thermische energie uit oppervlaktewater), zijnde een vorm van aquathermie. Dit is een innovatief concept waarbij in de zomer warmte uit het kanaal wordt gewonnen en in watervoerende lagen in de bodem wordt opgeslagen. Dit laatste heet WKO: Warmte en Koude Opslag. In de winter wordt deze warmte dan weer opgepompt en via warmtepompen op de benodigde temperatuur gebracht om woningen te kunnen verwarmen.

De gemeente Nijmegen wil de ontwikkelaars van het nieuwbouwcomplex in Zwanenveld informeren en inspireren om tot een zo duurzaam mogelijke oplossing te komen. Aan Innoforte is daarom gevraagd om een haalbaarheidsonderzoek uit te voeren naar de verschillende concepten van warmte- en koudeproductie, zowel bewezen technieken als de innovatieve TEO-oplossing. Ter beoordeling van de haalbaarheid is het TEO-concept integraal vergeleken met andere manieren om te voorzien in duurzame warmte en koude. Deze andere manieren maken gebruik van warmte uit bodem, zon of lucht die net als bij TEO met een warmtepomp op de benodigde temperatuur moet worden gebracht. Er zijn zowel varianten onderzocht met warmtepompen in een centrale technische ruimte als met individuele warmtepompen in de woningen zelf. In totaal zijn 6 centrale varianten en 6 decentrale varianten onderzocht. Deze zijn onderzocht op technische haalbaarheid, kosten, duurzaamheid, benodigde vergunningen en randvoorwaarden.

## De haalbaarheid

### Techniek

- Alle 12 gepresenteerde concepten zijn technisch goed te realiseren en bieden bij een juist ontwerp en bedrijfsvoering een gelijkwaardig comfort voor de bewoners.
- In de concepten met de centrale warmtepompen zijn vrijwel alle technische voorzieningen in een zogenaamde warmtecentrale te plaatsen. In de individuele concepten is per appartement een warmtepomp en een voorraadvat voor het warme tapwater. Dit vraagt in de woning om meer ruimtebeslag, kan leiden tot geluidsoverlast en vergt medewerking van de bewoner in geval van onderhoud, storing of vervangingen.

### Economie

- Concepten met een centrale warmteopwekking bieden perspectief op iets lagere kosten dan concepten met individuele warmteopwekking. Dit is een gevolg van:
  - De lagere investeringen van collectieve warmtepompen ten opzichte van individuele warmtepompen;
  - De lagere energiekosten ten gevolge van het lagere elektriciteitsstarief van een grootverbruiker. Wel is het elektriciteitsverbruik van de centrale variant iets hoger
- Het concept met TEO is economisch het meest aantrekkelijk. Dit komt vooral door de positieve invloed van de SDE++ subsidie. Tevens vormt dit helaas ook een risico omdat de toekenning van deze subsidie op voorhand niet is te garanderen.

### Duurzaamheid

- De individuele concepten hebben lagere CO<sub>2</sub>-emissies dan de collectieve varianten. Dit komt doordat in de collectieve varianten meer elektriciteit nodig is om het gehele systeem voor de ruimteverwarming en warm tapwaterlevering op de juiste minimale temperatuur te houden, ook als er geen warmtevraag is vanuit de appartementen.

### Conclusies

- TEO is als concept technisch en economisch haalbaar, mits de SDE++ subsidie wordt toegekend.
- Centrale warmteproductie biedt economische voordelen en het ontzorgt de bewoners maximaal. De duurzaamheid is echter iets groter bij individuele warmtepompen.

## De randvoorwaarden

Voor de realisatie van het concept met TEO en WKO is een aantal randvoorwaarden in te vullen:

- Een watervergunning of toestemming van het bevoegd gezag (Rijkswaterstaat) is nodig voor het onttrekken en retourneren van oppervlaktewater. Aan de hand van de voorwaarden voor deze vergunning in relatie tot het benodigde volume voor dit project is nog nader te bepalen of de vergunning nodig is.
- Een omgevingsvergunning (via de gemeente) is nodig in het kader van de omgevingswet voor het aanleggen van warmte- en koudeleidingen in de openbare ruimte en voor de warmtecentrale (gebouw voor installaties), de WKO-bronnen, het pomphuis en de aanleg van leidingen. Aandachtspunt hierbij is de plaatsing van deze ruimten. Het betreft de vraag of deze ruimten binnen- of buitendijks zijn te plaatsen. De locatiekeuze heeft grote invloed op de te raadplegen wetgeving.
- Een belangrijke randvoorwaarde voor de economische haalbaarheid van TEO is dat de SDE++ subsidie wordt verleend.

## Advies

De studie wijst uit dat TEO in combinatie met WKO technisch en economisch haalbaar is. Dit is mede het gevolg van de SDE++ subsidie, waarvan de toekenning wel een risico vormt. Concepten die als alternatief in aanmerkingen komen zijn WKO in combinatie met warmtewinning uit lucht in de zomer of een systeem waarbij de warmte ook in de winter deels uit de buitenlucht wordt gehaald.

De gemeente Nijmegen is druk doende om haar stad te verduurzamen. Meerdere initiatieven worden nu en in de toekomst ontwikkeld. Het is denkbaar dat ook andere marktpartijen plannen ontwikkelen en daarbij gebruik willen maken van de zelfde bronnen als in dit project. Het gebruik van oppervlakte water of het gebruik van de bodem kan daardoor een knelpunt gaan vormen. Gemeente Nijmegen heeft op dit moment nog geen beleid ten aanzien van het gebruik van oppervlaktewater, maar kan in geval van grote interesse nagaan of zij hier op regie dienen te voeren.

Een advies voor de keuze voor een individuele warmtepomp per woning of een centrale opstelling van warmtepompen in een warmtecentrale is niet op voorhand duidelijk te geven. Centrale warmtepompen zijn iets goedkoper en ontzorgen de bewoners maximaal. De decentrale, individuele warmtepompen zijn daarentegen iets duurzamer.

Met betrekking tot de realisatie en de bedrijfsvoering van een warmtesysteem adviseren wij als volgt. Gezien de hoge mate van complexiteit voor de gebouweigenaar is een volledige uitbesteding van de installatie aan een gespecialiseerd bedrijf aan te bevelen. Hiertoe is bijvoorbeeld een consultatie en een aanbestedingsprocedure op te zetten. De onderliggende berekeningen en uitgangspunten uit deze onderzoek zijn hiertoe in te zetten.



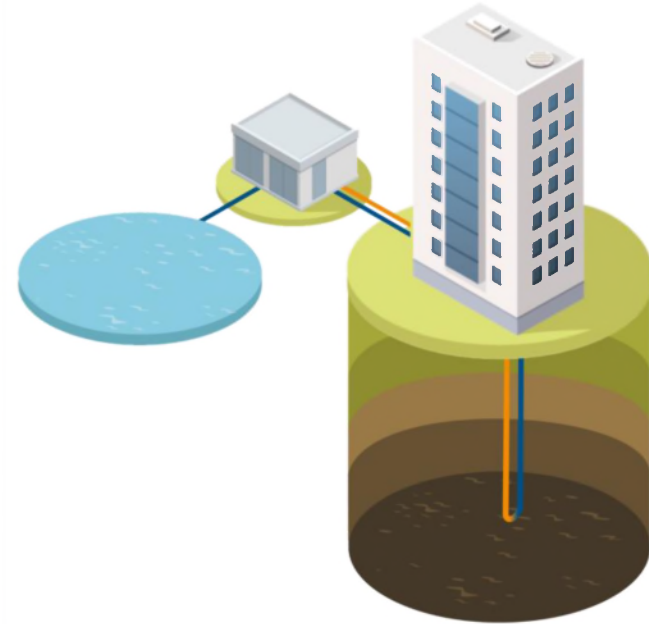
# TEO voor appartementencomplex Zwanenveld

## 1 Samenvatting - 4

## 2 Haalbaarheidsonderzoek: techniek, economie en vergunningen - 9

- De appartementsgebouwen - 10
- De mogelijkheden voor verwarmen en koelen - 11
- Uitleg van WKO en VBWW - 12
- Overzicht van de onderzochte concepten - 14
- Technische uitwerking van de collectieve concepten - 16
- Technische uitwerking van de individuele concepten - 29
- Nadere uitwerking van de WKO-bronnen - 42
- Nadere uitwerking van het TEO-systeem - 44
- De duurzaamheid - 48
- Economische analyse - 50
- Randvoorwaarden TEO - 55
- Evaluatie - 56

## 3 Zicht op de ontwikkeling en exploitatie - 57



## De appartementsgebouwen

### Bouwlocatie Zwanenveld

- Het plan voor een appartementencomplex op de oude locatie van het ROC in de wijk Zwanenveld in Nijmegen is in ontwikkeling en bevindt zich in de planfase.
- Naar verwachting zullen circa 325 huurappartementen in het gemiddelde prijssegment van circa 100 m<sup>2</sup> bruto vloeroppervlakte worden gerealiseerd in 5 tot maximaal 16 bouwlagen.
- De appartementen worden gebouwd volgens de vanaf 1 januari 2021 geldende BENG-eisen.
- De gemeente Nijmegen stimuleert een zo duurzaam mogelijke warmte- en koudevoorziening.
- Per appartement is de warmte- en koudevraag als volgt geraamd:
  - Ruimteverwarming: 6 GJ/jaar; 4 kW
  - warm tapwater: 4 GJ/jaar; 8 l/min, CW4
  - Ruimtekoeling: 3 GJ/jaar; 2 kW
- Opmerking: hoewel niet formeel noodzakelijk, gaan we uit van de vraag naar koeling. Een alternatief om te kunnen voldoen aan de bouwregeling bestaat uit aanvullende bouwkundige maatregelen: buitenzonwering of nachtventilatie.



## De mogelijkheden voor verwarmen en koelen

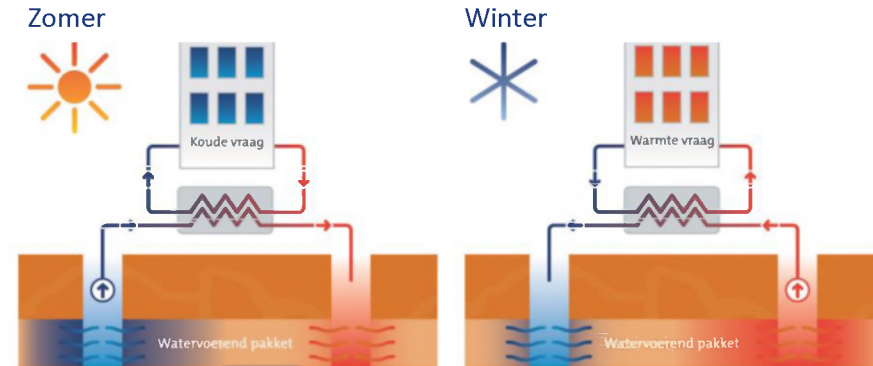
- Als duurzaam concept voor de warmte- en koudevoorziening voor het appartementencomplex in Zwanenveld is onder andere een WKO-systeem onderzocht: warmte en koude opslag in de bodem. We beschrijven dit systeem op een van de volgende pagina's.
- Uit de warmte- en koudevraag van de appartementen blijkt dat de warmtevraag circa driemaal zo groot is als de koudevraag. Dit betekent dat circa een derde van de warmtevraag kan worden ingevuld met de koudevraag in de zomer. Voor het overige deel van de warmtevraag moeten we dus aanvullende warmtebronnen inzetten. Als we dat niet zouden doen dan koelt de bodem langzaam af en zal resulteren in onvoldoende capaciteit voor de warmtelevering. Thermische balans in de bodem is dan ook vanuit de vergunningverlener verplicht. Het bevoegd gezag is veelal de provincie, zij verlangen jaarlijkse rapportages ten aanzien van deze balans. Er is dus een aanvullende warmtebron nodig. Hiertoe onderzoeken we de mogelijkheid van Thermische Energie (warmte) uit Oppervlaktewater (TEO) uit het nabijgelegen Maas-Waalkanaal. Daarnaast zijn een tweetal alternatieve warmtebronnen onderzocht: warmte uit de buitenlucht en warmte uit een zonnecollector.
- Het is als alternatief ook mogelijk om de capaciteit van de WKO-bronnen te baseren op alleen de koudevraag. Dan is er in de winter maar een derde van de warmtevraag uit de bronnen te halen en moet een aanvullende warmtebron worden ontwikkeld. Hiervoor is een aparte warmtepomp nodig die in dit concept de warmte uit de buitenlucht haalt.
- Er zijn daarnaast ook een tweetal concepten onderzocht zonder WKO-systeem: warmte en koude uit de buitenlucht (met een warmtepomp) of uit de bodem via zogenaamde gesloten bodemwarmtewisselaars, ook wel bodemlussen genoemd. We beschrijven het systeem met de bodemlussen op een van de volgende pagina's.

## Uitleg van WKO en VBWW (1)

Vier van de zes concepten gebruiken een WKO-systeem en één variant gebruikt zogenaamde gesloten verticale bodem warmtewisselaar (VBWW). We beschrijven kort de beide systemen:

### WKO

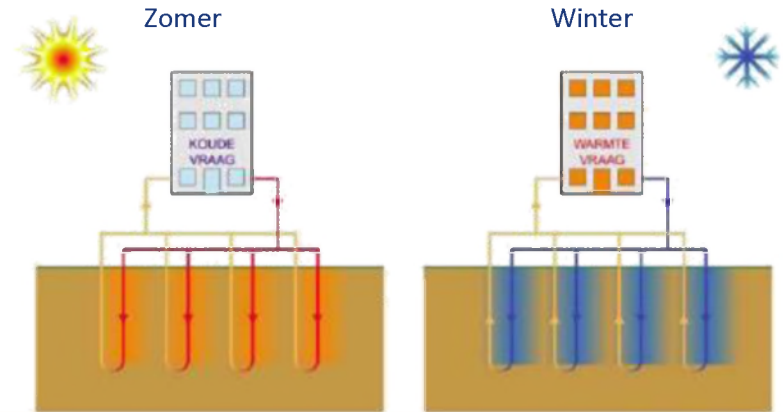
- De WKO is een open systeem van bodemleidingen dat is aangesloten op een warmtepomp. Met open bedoelen we dat er water wordt opgepompt en weer geïnjecteerd. In de zomer zorgt het koude water voor de koeling. Er is dan geen koelmachine nodig, alleen de bronpompen. Hiermee bespaart men ruim 90% op energie ten opzichte van de inzet van een koelmachine. Het opgewarmde water gaat terug de bodem in en dient als basis voor de verwarming in het daaropvolgende stookseizoen. De brontemperatuur voor de warmtepomp is daardoor bij WKO hoger dan bijvoorbeeld bij de inzet van een luchtwarmtepomp waardoor ook in het winterseizoen sprake is van een minimaal energieverbruik.
- Hiertoe boort men één of meerdere bronnenparen (doubletten). Een doublet bestaat uit één warme bron en één koude bron. Het grondwater wordt opgepompt van circa 100 meter diepte uit watervoerende zandlagen (zogenaamde aquifers). De warmte en koude bronnen liggen op een zodanige afstand dat onderlinge thermische beïnvloeding ("interferentie") wordt vermeden.
- In de winter wordt water uit de warme bron opgepompt voor de warmtevoorziening van de woningen. Het afgekoelde retourwater wordt in de koude bron teruggepompt. In de zomer levert de koude bron het water voor de koeling van de woningen. Het opgewarmde water gaat nu via de warme bron terug de bodem in.
- De temperatuur van het water in de bodem is circa 10 tot 18°C. Met behulp van een warmtepomp kan deze warmte op de juiste temperatuur worden gebracht voor ruimteverwarming en warm tapwater.



## Uitleg van WKO en VBWW (2)

### VBWW

- De VBWW is een gesloten systeem. Dit houdt in dat er geen grondwater wordt opgepompt. Het water in het systeem wordt rondgepompt en wisselt warmte uit met de bodem. Ten opzichte van WKO is dit systeem iets minder energiezuinig. Enerzijds is de temperatuur van het koude water (voor de koeling) in de zomer iets hoger, waardoor er minder kan worden gekoeld of eerder de inzet van een koelmachine nodig is. Anderzijds is de brontemperatuur in de winter iets lager dan bij WKO waardoor de warmtepomp iets meer energie zal verbruiken dan bij WKO, maar wel weer minder dan bij de inzet van een luchtwarmtepomp.
- Er komen verticale leidingen in de grond (bodemplussen) waardoor water wordt rondgepompt. Het water neemt daardoor warmte of koude op van uit de ondergrond. Deze bodemplussen kunnen tot een diepte van circa 100 meter worden aangebracht met behulp van een gespecialiseerde boorinstallatie. Het water koelt in de bodem in de zomer af van bijvoorbeeld 20°C naar 12°C. In de winter warmte het water op van bijvoorbeeld 5° naar 10°C.
- Diepte en aantal lussen zijn afhankelijk van factoren als benodigd vermogen, bodemgesteldheid en beschikbare ruimte. De wisselaar mondt uit in een boorput onder maaiveldniveau om de leidingen te beschermen. Door de verticale boring is de temperatuur, die uit de wisselaar komt, erg constant. Bij verticale wisselaars kan de grond geregenereerd worden met bijvoorbeeld de warmtepomp op buitenlucht.
- Met behulp van een warmtepomp kan, net als bij WKO, deze warmte op de juiste temperatuur worden gebracht voor ruimteverwarming en warm tapwater. Het rendement van de warmtepomp is iets lager dan bij WKO, vanwege de iets ongunstiger temperatuur van het systeemwater ten opzichte van grondwater bij WKO.



## Overzicht van de onderzochte concepten (1)

- De volgende concepten zijn onderzocht:
  1. WKO met regeneratie van de bron in de zomermaanden met warmte uit het water uit het Maas-Waalkanaal (TEO);
  2. WKO met regeneratie van de bron in de zomermaanden met warmte uit de buitenlucht;
  3. WKO met regeneratie van de bron in de zomermaanden met zonnecollectoren;
  4. WKO zonder regeneratie, gedimensioneerd op de koudevraag, met lucht WP als aanvulling op de warmtevraag;
  5. Lucht warmtepomp voor verwarming in de winter en voor koeling in de zomer;
  6. Verticale bodemwarmtewisselaars (VBWW) met regeneratie van de bron in de zomermaanden met buitenlucht.
- Deze zes concepten passen we op twee manieren toe:
  - A. Als collectieve oplossing met warmtepompen in een warmtecentrale (op het terrein of in een appartementsgebouw).
  - B. Als individuele oplossing met warmtepompen in ieder afzonderlijk appartement.

De keuze voor een collectieve of individuele oplossing is op voorhand nog niet te maken. Er zijn verschillen te verwachten in kosten en duurzaamheid. Daarnaast is er een wezenlijk verschil op het gebied van ruimtebeslag. Een centraal systeem vergt een warmtecentrale en een decentrale variant vergt ruimte in de woning voor de warmtepomp en een voorraadvat voor warm tapwater.

## Overzicht van de onderzochte concepten (2)

- Op deze wijze onderzoeken we in totaal 12 varianten:

	Concept	Collectieve warmtepomp	Individuele warmtepomp
1	WKO + TEO	A1	B1
2	WKO + lucht	A2	B2
3	WKO + solar	A3	B3
4	kleine WKO + lucht	A4	B4
5	WP lucht	A5	B5
6	VBWW	A6	B6

- Voor de collectieve concepten is een warmtecentrale gepland. Dit is een beperkte ruimte (circa 100 m<sup>2</sup>) in de gebouwen of op het terrein. Hierin staan de warmtepompen voor de ruimteverwarming, de koelmachines voor de koeling, de warmtepompen voor het warme tapwater, inclusief een groot voorraadvat, de pompen voor de distributie naar de woningen en voorzieningen voor de regeltechniek. De warmtepompen leveren alle gevraagde warmte, er is geen gasgestookte ketel nodig voor koude winterdagen. Alle installaties zijn dus elektrisch en de centrale heeft geen schoorstenen. De pompen maken wel enig geluid, dit blijft binnen de centrale ruimte en bewoners hebben hier geen last van.
- Voor de individuele concepten is een technische ruimte gepland op het complex. Omdat de meeste installaties nu in de woningen komen, staan in deze ruimte alleen enkele warmtewisselaars voor de uitwisseling tussen de bronnen, de regeneratie (indien van toepassing), de pompen en de regeltechnische voorzieningen. Deze ruimte is daarmee beduidend kleiner dan de warmtecentrale. Ook nu is er geen schoorsteen en is de ruimte geluidsarm.
- We zoomen telkens in op de warmtecentrale en de technische ruimte om beter inzicht te geven in de aanwezige techniek in deze ruimten.



## Technische uitwerking van de collectieve concepten (A)

- Voor een collectief concept met warmte/koude opslag (WKO) als warmtebron zijn in de nabijheid van het nieuwbouwcomplex één of meerdere bronnenparen (doubletten) nodig. Een doublet bestaat uit één warme bron en één koude bron. De warmte en koude bronnen liggen op een zodanige onderlinge afstand om onderlinge thermische beïnvloeding (“interferentie”) te vermijden. In nevenstaande afbeelding staan geschikte locaties voor drie doubletten.
- Voor de concepten van variant A (collectieve warmtepomp) is op het terrein een warmtecentrale geprojecteerd. Hierin komen de collectieve technische installaties. Deze centrale kan ook in een appartementsgebouw worden ondergebracht. In de woningen zijn geen aanvullende technische installaties aanwezig, alleen een eenvoudige afleverzet.
- Op de volgende pagina’s zijn de 6 onderzochte collectieve concepten schematisch weergegeven en toegelicht.

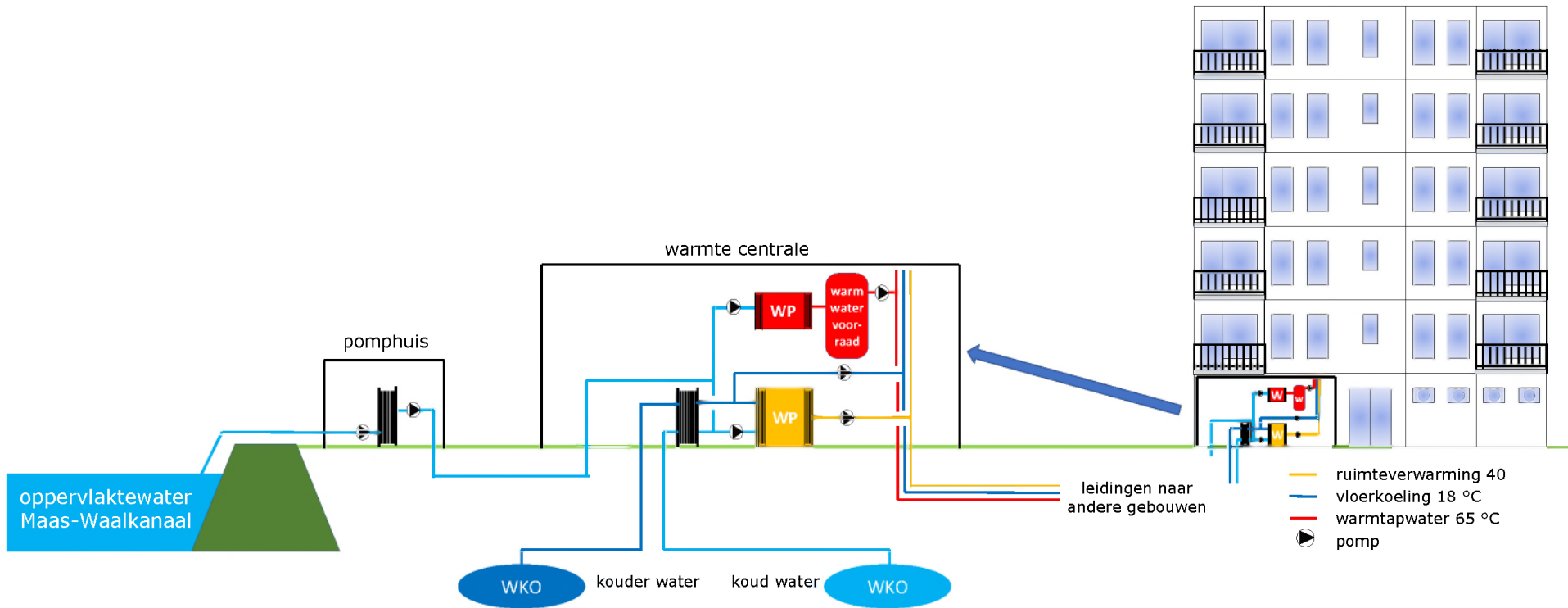


1 Warme bron doublet 1

1 Koude bron doublet 1



## Concept A1: WKO met regeneratie met TEO (Maas-Waalkanaal) (1)

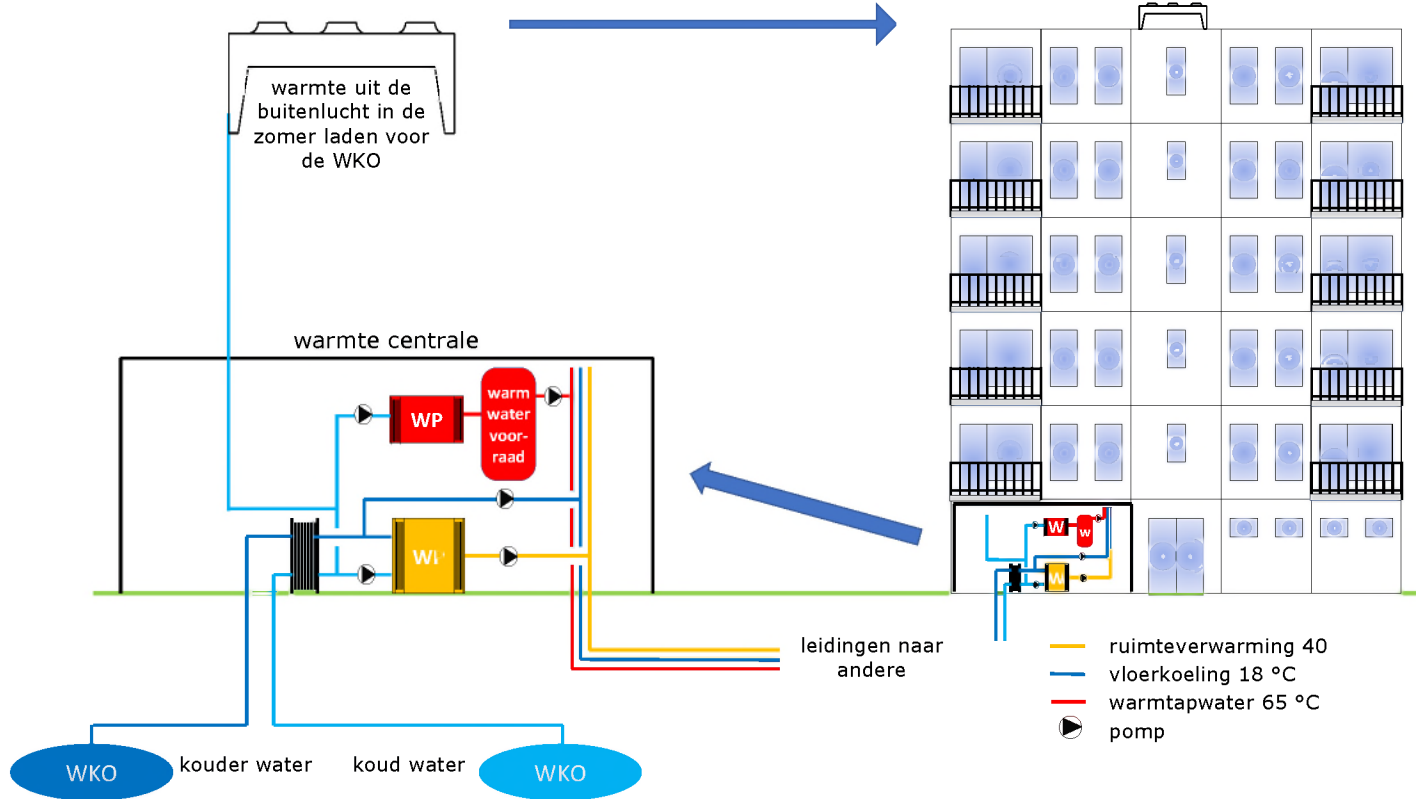


## Concept A1: WKO met regeneratie met TEO (Maas-Waalkanaal) (2)

### Enkele technische aspecten van dit concept

- In dit concept levert een aantal WKO-bronnen en een warmtecentrale de warmte en koude voor de appartementen.
- Voor de warmtevraag (ruimteverwarming en warm tapwater) moet de WKO circa 130 m<sup>3</sup>/h water kunnen oppompen; daarvoor zijn 2 of 3 doubletten nodig. Dit is nog afhankelijk van de werkelijk mogelijke capaciteit van de bronnen.
- Omdat de warmtevraag groter is dan de koudevraag moet een aanvullende warmtebron worden ontwikkeld om de WKO-bronnen in balans te houden. In dit concept gebruiken we hiervoor in de zomermaanden de warmte van het oppervlaktewater in het Maas-Waalkanaal (TEO). Vanuit het Maas-Waalkanaal is de levering van circa 100 m<sup>3</sup>/h water nodig. Dit water gaat via een pomphuis nabij het kanaal naar de warmtecentrale. De afstand tussen de in- en de uitlaat van het water in het kanaal dient circa 200 meter te bedragen. Hiervoor is een DN 150 (buitendiameter 168 mm) leiding nodig.
- In de warmtecentrale waardeert een warmtepomp de temperatuur van de warmte voor de ruimteverwarming uit het WKO-systeem op tot 40°C. Voor de ruimteverwarming voor de 325 appartementen is een warmtepomp met een vermogen van 1.200 kW nodig.
- Een tweede warmtepomp is nodig voor het warm tapwater en een groot vat zorgt als buffer. De temperatuur van het warm tapwater dient namelijk 60°C te zijn. Voor het warm tapwater is een warmtepomp met een vermogen van 250 kW nodig. Daarnaast is een voorraadvat van 3.250 liter voorzien.
- Voor de koeling van de appartementen is een vermogen van 520 kW nodig uit de WKO-bronnen.
- Voor de distributie van warmte, warm tapwater en koude naar de appartementen is een zespijps-leidingensysteem nodig met twee leidingen voor de ruimteverwarming (aanvoer en retour), twee voor de ruimtekoeling (aanvoer en retour) en twee voor het warm tapwater. Bij het warm tapwater zijn twee leidingen nodig zodat het water blijft circuleren en daardoor op temperatuur blijft. Dit vanwege het comfort van snelheid van warm tapwater voor elke afnemers en vanwege de veiligheid: voorkomen van legionella bacteriegroei.
- In ieder appartement komt een afleverset. Deze bevat onder meer de meters voor het registreren van het verbruik en dient als basis voor de facturatie van een warmtebedrijf.

## Concept A2: WKO met regeneratie met buitenlucht (1)

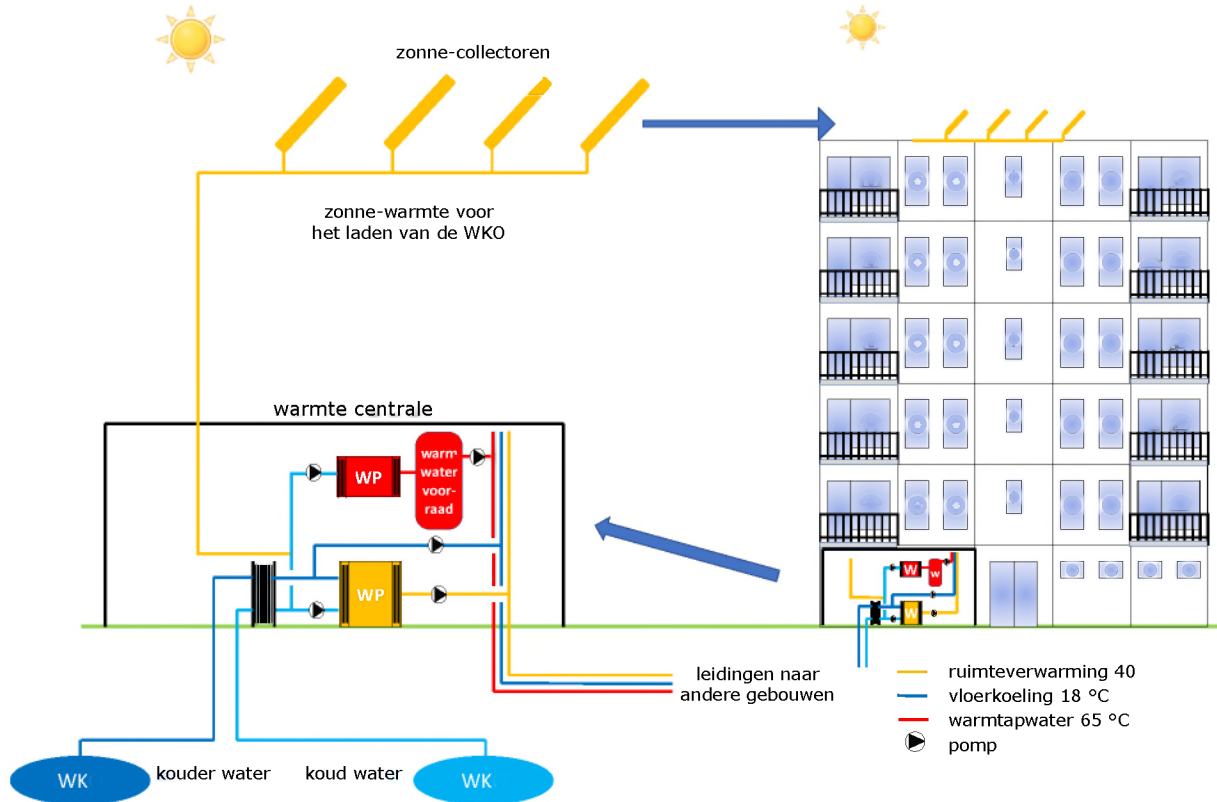


## Concept A2: WKO met regeneratie met buitenlucht (2)

### Enkele technische aspecten van dit concept

- In dit concept levert een aantal WKO-bronnen en een warmtecentrale de warmte en koude voor de appartementen.
- Voor de warmtevraag (ruimte en tapwater) moet de WKO circa 130 m<sup>3</sup>/h kunnen leveren; daarvoor zijn 2 of 3 doubletten noodzakelijk. Dit is nog afhankelijk van de werkelijk mogelijke capaciteit van de bronnen.
- Omdat de warmtevraag groter is dan de koudevraag moet een aanvullende warmtebron worden ontwikkeld om de WKO-bronnen in balans te houden. In de zomermaanden gebruiken we hiertoe warmte uit de buitenlucht via een zogenaamde warmtelader op het dak van het gebouw. Er is een warmtelader nodig met een vermogen circa 1.400 kW, gevuld met een mengsel van water en glycol (antivriesmiddel), zodat dit systeem 's winters niet kan bevriezen.
- In de warmtecentrale waardeert een warmtepomp de temperatuur van de warmte uit het WKO-systeem op tot 40°C. Voor de ruimteverwarming voor de 325 appartement is een warmtepomp met een vermogen van circa 1.200 kW nodig.
- Een tweede warmtepomp is nodig voor het warm tapwater en een groot vat zorgt als buffer. De temperatuur van het warm tapwater dient namelijk 60°C te zijn. Voor het warm tapwater is een warmtepomp met een vermogen van 250 kW nodig. Daarnaast is een voorraadvat van 3.250 liter voorzien.
- Voor de koeling van de appartementen is een vermogen van 520 kW nodig uit de WKO-bronnen.
- Voor de distributie van warmte, warm tapwater en koude naar de appartementen is een zespijps-leidingensysteem nodig met twee leidingen voor de ruimteverwarming (aanvoer en retour), twee voor de ruimtekoeling (aanvoer en retour) en twee voor het warm tapwater. Bij het warm tapwater zijn twee leidingen nodig zodat het water blijft circuleren en daardoor op temperatuur blijft. Dit vanwege het comfort van snelheid van warm tapwater voor elke afnemers en vanwege de veiligheid: voorkomen van legionella bacteriegroei.
- In ieder appartement komt een afleverset. Deze bevat onder meer de meters voor het registreren van het verbruik en dient als basis voor de facturatie van een warmtebedrijf.

## Concept A3: WKO met regeneratie met zonnecollectoren (1)

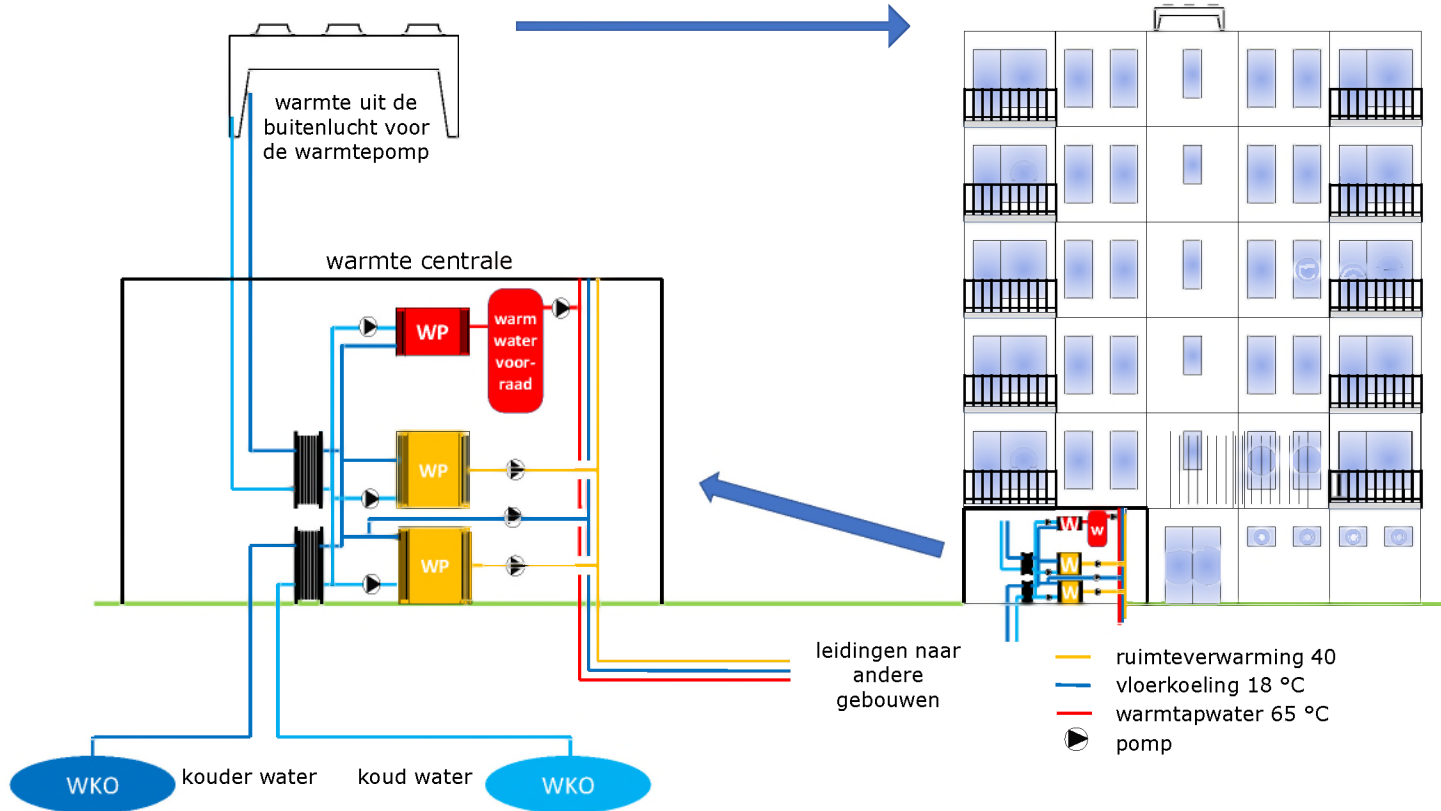


## Concept A3: WKO met regeneratie met zonnecollectoren (2)

### Enkele technische aspecten van dit concept

- In dit concept levert een aantal WKO-bronnen en een warmtecentrale de warmte en koude voor de appartementen.
- Voor de warmtevraag (ruimte en tapwater) moet de WKO circa 130 m<sup>3</sup>/h kunnen leveren; daarvoor zijn 2 of 3 doubletten noodzakelijk. Dit is nog afhankelijk van de werkelijk mogelijke capaciteit van de bronnen.
- Omdat de warmtevraag groter is dan de koudevraag moet een aanvullende warmtebron worden ontwikkeld om de WKO-bronnen in balans te houden. In de zomermaanden zorgen circa 950 m<sup>2</sup> aan zonnecollectoren op het dak van het complex voor de regeneratie van de WKO-bronnen. De leidingen in het zonnecollectorsysteem zijn gevuld met een mengsel van water en glycol (antivriesmiddel), zodat dit systeem 's winters niet kan bevriezen.
- In de warmtecentrale waardeert een warmtepomp de temperatuur van de warmte uit het WKO-systeem op tot 40°C. Voor de ruimteverwarming voor de 325 appartement is een warmtepomp met een vermogen van circa 1.200 kW nodig.
- Een tweede warmtepomp is nodig voor het warm tapwater en een groot vat zorgt als buffer. De temperatuur van het warm tapwater dient namelijk 60°C te zijn. Voor het warm tapwater is een warmtepomp met een vermogen van 250 kW nodig. Daarnaast is een voorraadvat van 3.250 liter voorzien.
- Voor de koeling van de appartementen is een vermogen van 520 kW nodig uit de WKO-bronnen.
- Voor de distributie van warmte, warm tapwater en koude naar de appartementen is een zespijps-leidingensysteem nodig met twee leidingen voor de ruimteverwarming (aanvoer en retour), twee voor de ruimtekoeling (aanvoer en retour) en twee voor het warm tapwater. Bij het warm tapwater zijn twee leidingen nodig zodat het water blijft circuleren en daardoor op temperatuur blijft. Dit vanwege het comfort van snelheid van warm tapwater voor elke afnemers en vanwege de veiligheid: voorkomen van legionella bacteriegroei.
- In ieder appartement komt een afleverset. Deze bevat onder meer de meters voor het registreren van het verbruik en dient als basis voor de facturatie van een warmtebedrijf.

# Concept A4: WKO voor koeling zonder regeneratie, WP wko + buitenlucht (1)



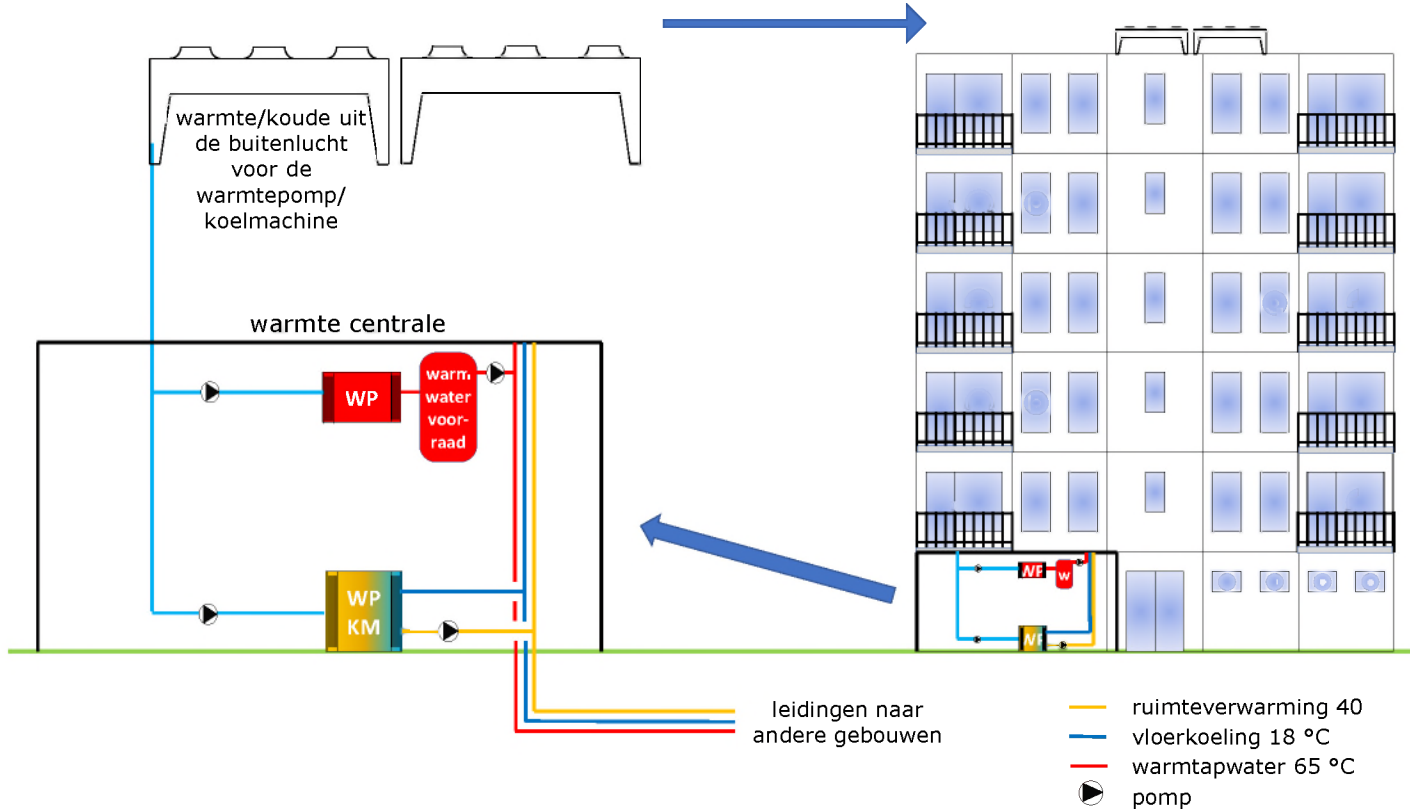
## Concept A4: WKO voor koeling zonder regeneratie, WP wko + buitenlucht (2)

### Enkele technische aspecten van dit concept

- In dit concept gebruiken we de WKO-bron om aan de koudevraag te kunnen voldoen. Uit de bron onttrekken we niet meer warmte dan de koudevraag. Hierdoor is deze bron thermisch in balans en hoeven we deze bron niet te regenereren.
- Voor de koudevraag is één doublet nodig die circa 75 m<sup>3</sup>/h kan leveren. Dit is nog afhankelijk van de werkelijk mogelijke capaciteit van de bronnen.
- De WKO kan slechts voorzien in een deel van de totale warmtevraag. In dit concept is voor het overige deel voorzien in een warmtepomp, die de warmte uit de buitenlucht haalt. Hiervoor komen units op het dak van het complex te staan.
- In de warmtecentrale waardeert een warmtepomp het water voor de ruimteverwarming uit het WKO-systeem op tot 40°C. Voor ruimteverwarming voor de 325 appartement is in de warmtecentrale een warmtepomp met een vermogen van circa 1.900 kW nodig. Voor de aanvullende warmtevraag is een warmtepomp nodig met gebruik van een buitenluchtunit op het dak van het complex. Hiervoor is een vermogen van 340 kW nodig, gevuld met een mengsel van water en glycol (antivriesmiddel), zodat dit systeem 's winters niet kan bevriezen.
- Een tweede warmtepomp is nodig voor het warm tapwater en een groot vat zorgt als buffer. De temperatuur van het warm tapwater dient namelijk 60°C te zijn. Voor het warm tapwater is een warmtepomp met een vermogen van 250 kW nodig. Daarnaast is een voorraadvat van 3.250 liter voorzien.
- Voor de koeling van de appartementen is een vermogen van 520 kW nodig uit de WKO-bronnen.
- Voor de distributie van warmte, warm tapwater en koude naar de appartementen is een zespijps-leidingensysteem nodig met twee leidingen voor de ruimteverwarming (aanvoer en retour), twee voor de ruimtekoeling (aanvoer en retour) en twee voor het warm tapwater. Bij het warm tapwater zijn twee leidingen nodig zodat het water blijft circuleren en daardoor op temperatuur blijft. Dit vanwege het comfort van snelheid van warm tapwater voor elke afnemers en vanwege de veiligheid: voorkomen van legionella bacteriegroei.
- In ieder appartement komt een afleverset. Deze bevat onder meer de meters voor het registreren van het verbruik en dient als basis voor de facturatie van een warmtebedrijf.



## Concept A5: WP buitenlucht (zonder WKO) (1)

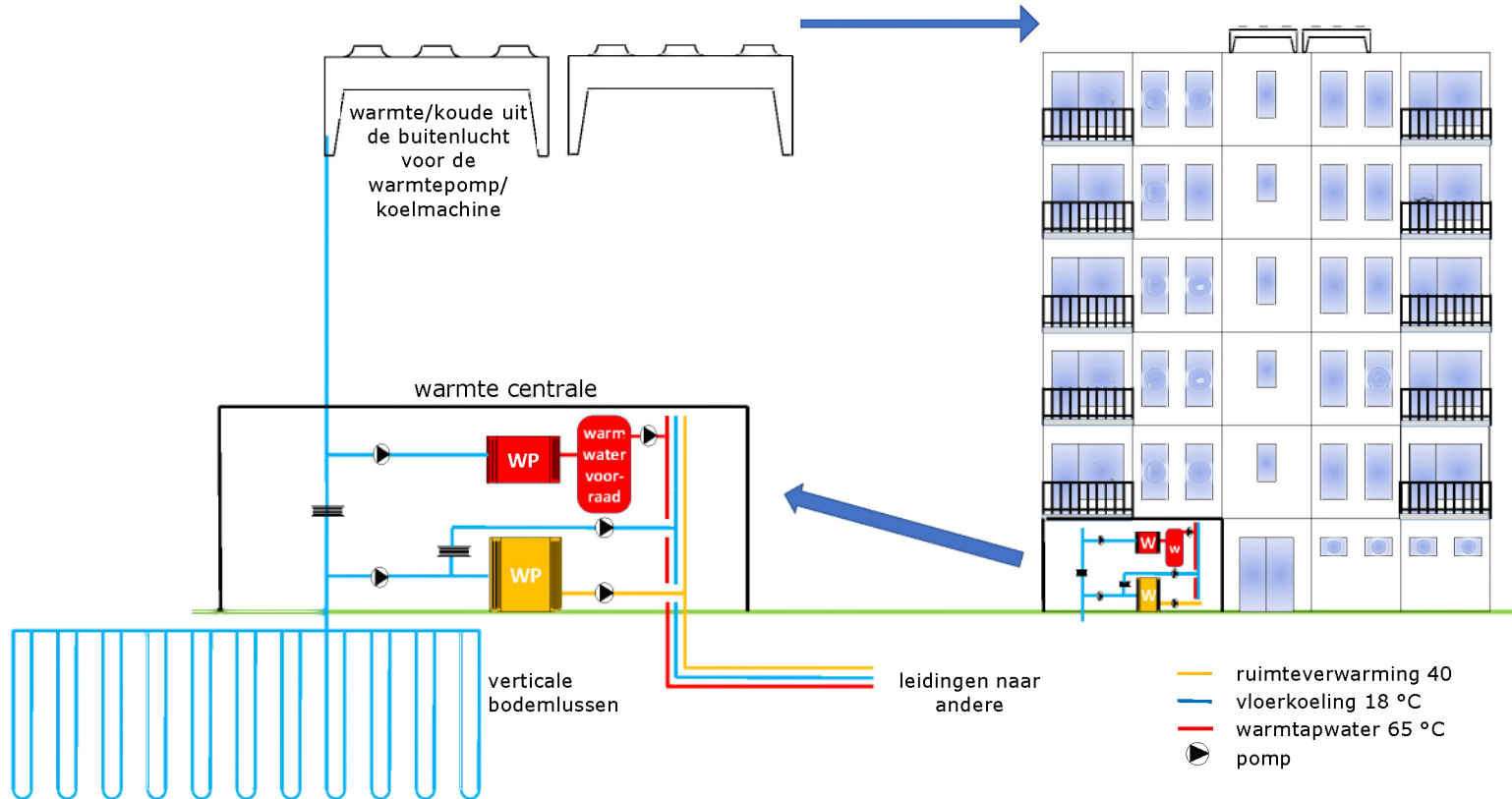


## Concept A5: WP buitenlucht (zonder WKO) (2)

### Enkele technische aspecten van dit concept

- We maken nu geen gebruik van een WKO-bron.
- In dit concept levert een warmtepomp op buitenlucht in de warmtecentrale de ruimtewarmte en koeling. Hiervoor staan meerdere units op het dak van het gebouw.
- Voor de levering van koude in de zomer zijn de warmtepompen in te zetten als koelmachines. In de warmtecentrale waardeert een warmtepomp het water voor de ruimteverwarming op tot 40°C. Voor de ruimteverwarming voor de 325 appartement is een warmtepomp met een vermogen van circa 1.200 kW nodig, gevuld met een mengsel van water en glycol (antivriesmiddel), zodat dit systeem 's winters niet kan bevriezen.
- Een tweede warmtepomp is nodig voor het warm tapwater en een groot vat zorgt als buffer. De temperatuur van het warm tapwater dient namelijk 60°C te zijn. Voor het warm tapwater is een warmtepomp met een vermogen van 250 kW nodig. Daarnaast is een voorraadvat van 3.250 liter voorzien.
- Voor de koeling van de appartementen is een vermogen van 520 kW nodig uit de luchtwarmtepomp.
- Voor de distributie van warmte, warm tapwater en koude naar de appartementen is een zespijps-leidingensysteem nodig met twee leidingen voor de ruimteverwarming (aanvoer en retour), twee voor de ruimtekoeling (aanvoer en retour) en twee voor het warm tapwater. Bij het warm tapwater zijn twee leidingen nodig zodat het water blijft circuleren en daardoor op temperatuur blijft. Dit vanwege het comfort van snelheid van warm tapwater voor elke afnemers en vanwege de veiligheid: voorkomen van legionella bacteriegroei.
- In ieder appartement komt een afleverset. Deze bevat onder meer de meters voor het registreren van het verbruik en dient als basis voor de facturatie van een warmtebedrijf.

## Concept A6: Verticale bodemlussen WW, regeneratie met buitenlucht (1)



## Concept A6: Verticale bodemlussen WW, regeneratie met buitenlucht (2)

### Enkele technische aspecten van dit concept

- In dit concept levert een systeem van verticale bodemlussen, samen met een warmtepomp/koelmachine in de warmtecentrale, de ruimtewarmte en koeling. Het aantal lussen van het bodemsysteem en de diepte voor de aanleg is afhankelijk van de bodemlagen ter plaatse.
- Omdat de warmtevraag groter is dan de koudevraag moet een aanvullende warmtebron worden ontwikkeld om de bodem in balans te houden. In de zomermaanden gebruik we warmte uit de buitenlucht met een warmtelader, zijnde de meest gebruikte wijze van regeneratie. Hiervoor komen units op het dak van het nieuwbouwcomplex.
- Op het dak van het complex staan meerdere units voor de regeneratie van de bodem. Deze units zijn gevuld met een mengsel van water en glycol (antivriesmiddel), zodat dit systeem 's winters niet kan bevriezen.
- In de warmtecentrale waardeert een warmtepomp het water voor de ruimteverwarming uit het bodemsysteem op tot 40°C. Voor de ruimteverwarming voor de 325 appartement is een warmtepomp met een vermogen van circa 1.200 kW nodig.
- Een tweede warmtepomp is nodig voor het warm tapwater en een groot vat zorgt als buffer. De temperatuur van het warm tapwater dient namelijk 60°C te zijn. Voor het warm tapwater is een warmtepomp met een vermogen van 250 kW nodig. Daarnaast is een voorraadvat van 3.250 liter voorzien.
- Voor de koeling van de appartementen is een vermogen van 520 kW nodig uit de verticale bodemlussen.
- Voor de distributie van warmte, warm tapwater en koude naar de appartementen is een zespijps-leidingensysteem nodig met twee leidingen voor de ruimteverwarming (aanvoer en retour), twee voor de ruimtekoeling (aanvoer en retour) en twee voor het warm tapwater. Bij het warm tapwater zijn twee leidingen nodig zodat het water blijft circuleren en daardoor op temperatuur blijft. Dit vanwege het comfort van snelheid van warm tapwater voor elke afnemers en vanwege de veiligheid: voorkomen van legionella bacteriegroei.
- In ieder appartement komt een afleverset. Deze bevat onder meer de meters voor het registreren van het verbruik en dient als basis voor de facturatie van een warmtebedrijf.

## Technische uitwerking van de individuele concepten (B)

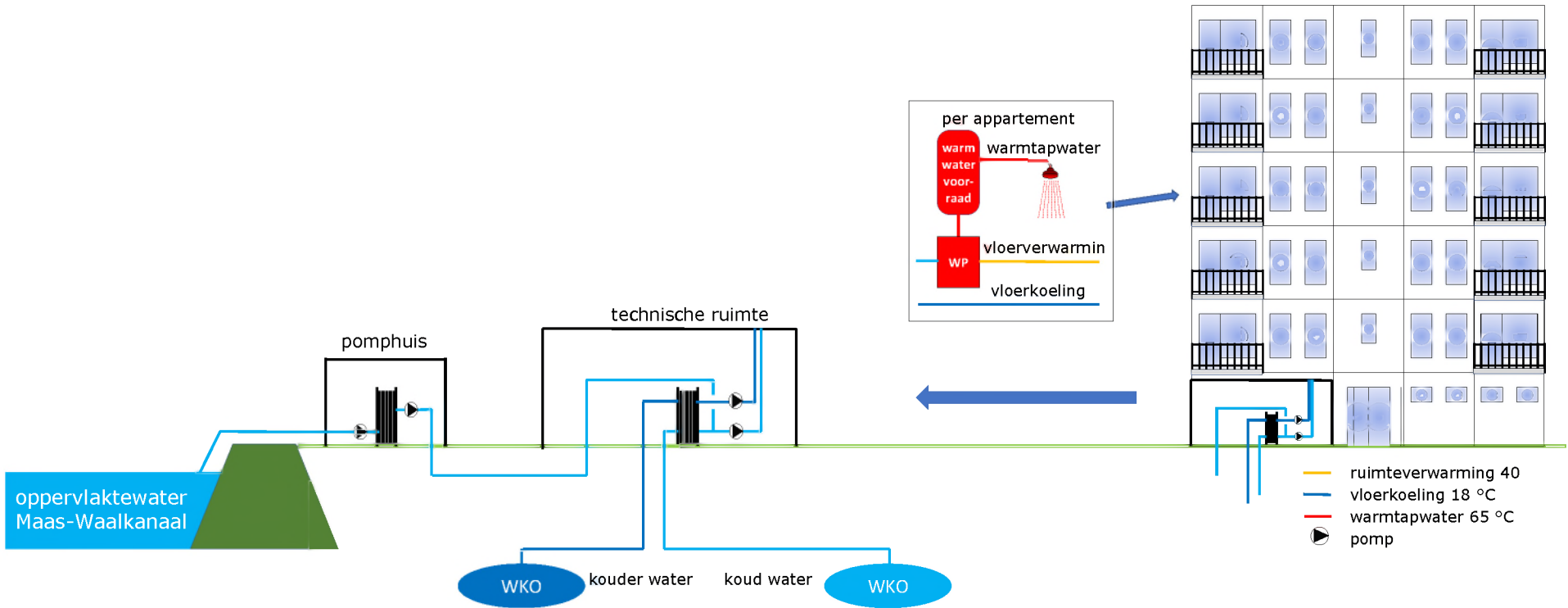
- Als alternatief voor een centrale warmtepomp kan ook worden gekozen voor een individuele warmtepomp per woning. Dit heeft het voordeel dat er minder thermische distributieverliezen zijn en dat de temperatuur van de warmteproductie maximaal is afgestemd op de behoefte per woning. Het nadeel is dat er meer techniek in de woning aanwezig is. Dit kost enerzijds ruimte, maar er is ook kans op geluidsoverlast. Bovendien vergt het medewerking van de bewoners in geval van onderhoud of storingen.
- Voor de WKO varianten zijn in de nabijheid van het nieuwbouwcomplex één of meerdere bronnenparen (doubletten) nodig. Een doublet bestaat uit één warme bron en één koude bron. De warmte en koude bronnen liggen op een zodanige onderlinge afstand om onderlinge thermische beïnvloeding (“interferentie”) te vermijden. In nevenstaande afbeelding staan geschikte locaties voor drie doubletten.
- Voor de individuele concepten is in een kleine technische ruimte in het complex een beperkt aantal technische voorzieningen voor de distributie van de warmte en koude.



1 Warme bron doublet 1

1 Koude bron doublet 1

## Concept B1: WKO met regeneratie met TEO (Maas-Waalkanaal) (1)

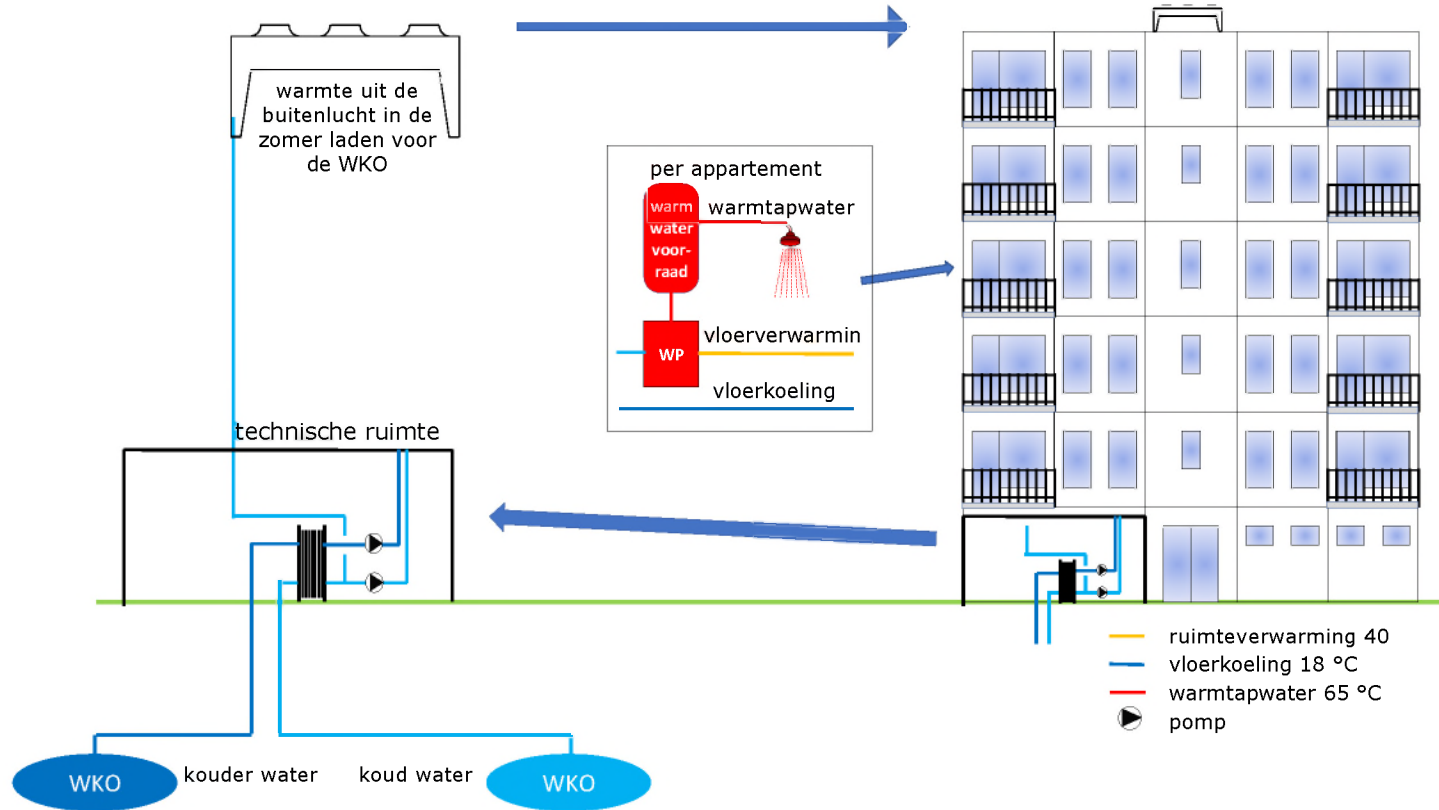


## Concept B1: WKO met regeneratie met TEO (Maas-Waalkanaal) (2)

### Enkele technische aspecten van dit concept

- In dit concept levert een aantal WKO-bronnen en een technische ruimte de warmte en koude voor de appartementen.
- Voor de warmtevraag (ruimteverwarming en warm tapwater) moet de WKO circa 130 m<sup>3</sup>/h water kunnen oppompen; daarvoor zijn 2 doubletten nodig. Dit is nog afhankelijk van de werkelijk mogelijke capaciteit van de bronnen.
- Omdat de warmtevraag groter is dan de koudevraag moet een aanvullende warmtebron worden ontwikkeld om de WKO-bronnen in balans te houden. In dit concept gebruiken we hiervoor in de zomermaanden de warmte van het oppervlaktewater in het Maas-Waalkanaal (TEO). Vanuit het Maas-Waalkanaal is de levering van circa 70 m<sup>3</sup>/h water nodig. Dit water gaat via een pomphuis nabij het kanaal naar de warmtecentrale. De afstand tussen de in- en de uitlaat van het water in het kanaal dient circa 140 meter te bedragen.
- In een technische ruimte bevindt zich een warmtewisselaar die het WKO-systeem koppelt aan het distributienet voor de ruimteverwarming en koeling van de appartementen.
- Voor de koeling van de appartementen is een vermogen van 520 kW nodig aan koude uit de WKO-bronnen.
- Voor de distributie van warmte en koude vanuit de technische ruimte naar de appartementen is een tweepijps-leidingensysteem (aanvoer en retour) nodig.
- In ieder appartement komt een afleverset. Deze bevat onder meer de meter voor het registreren van het verbruik door de bewoners en dient als basis voor de facturatie van een warmtebedrijf.
- In ieder appartement komt een elektrische combi-warmtepomp. De warmtepomp is nodig voor de ruimteverwarming en het warm tapwater. Een voorraadvat zorgt als buffer voor de warm tapwater voorziening. De temperatuur van het warm tapwater dient minimaal 60°C te zijn.

## Concept B2: WKO met regeneratie met buitenlucht (1)



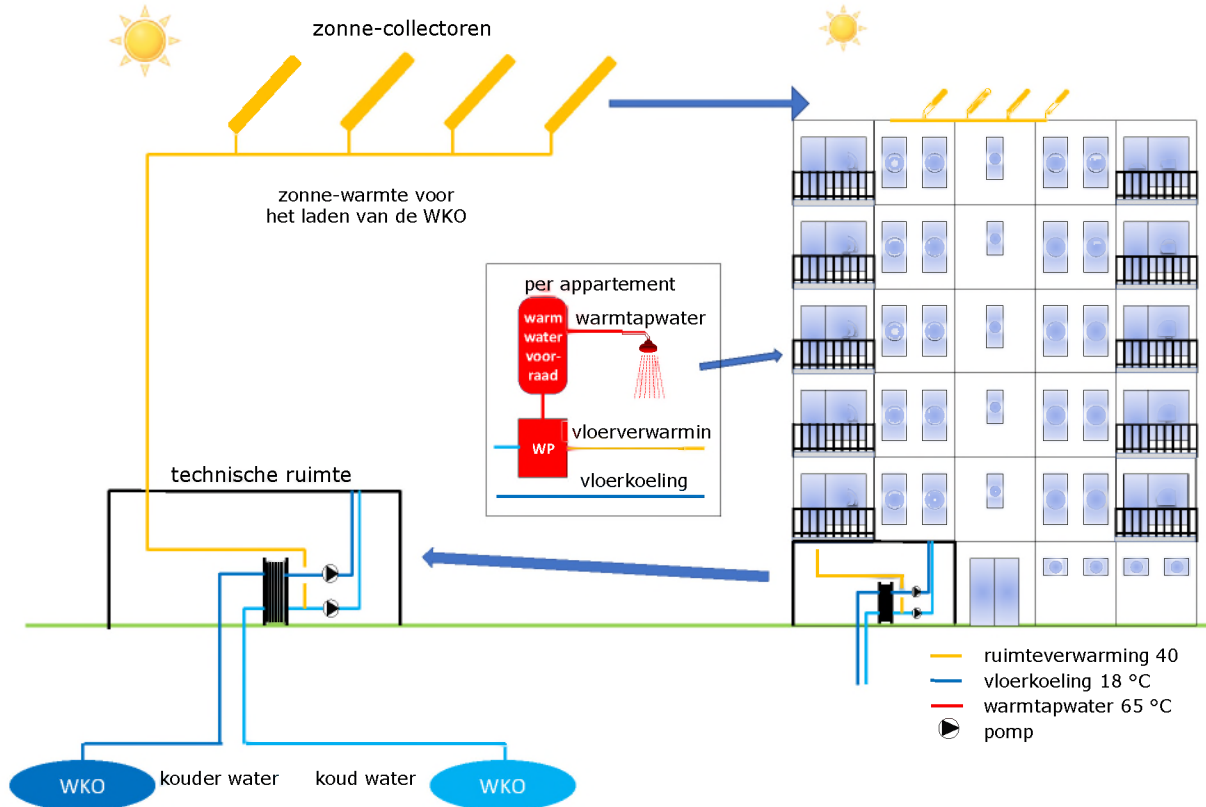


## Concept B2: WKO met regeneratie met buitenlucht (2)

### Enkele technische aspecten van dit concept

- In dit concept levert een aantal WKO-bronnen en een technische ruimte de warmte en koude voor de appartementen.
- Voor de warmtevraag (ruimteverwarming en warm tapwater) moet de WKO circa 130 m<sup>3</sup>/h water kunnen oppompen; daarvoor zijn 2 doubletten nodig. Dit is nog afhankelijk van de werkelijk mogelijke capaciteit van de bronnen.
- Omdat de warmtevraag groter is dan de koudevraag moet een aanvullende warmtebron worden ontwikkeld om de WKO-bronnen in balans te houden. In de zomermaanden gebruiken we hiertoe warmte uit de buitenlucht via een zogenaamde warmtelader op het dak van het gebouw. Er is een warmtelader nodig met een vermogen circa 1.000 kW, gevuld met een mengsel van water en glycol (antivriesmiddel), zodat dit systeem 's winters niet kan bevriezen.
- In een technische ruimte bevindt zich een warmtewisselaar die het WKO-systeem koppelt aan het distributienet voor de ruimteverwarming en koeling van de appartementen.
- Voor de koeling van de appartementen is een vermogen van 520 kW nodig aan koude uit de WKO-bronnen.
- Voor de distributie van warmte en koude vanuit de technische ruimte naar de appartementen is een tweepijps-leidingensysteem (aanvoer en retour) nodig.
- In ieder appartement komt een afleverset. Deze bevat onder meer de meter voor het registreren van het verbruik door de bewoners en dient als basis voor de facturatie van een warmtebedrijf.
- In ieder appartement komt een elektrische combi-warmtepomp. De warmtepomp is nodig voor de ruimteverwarming en het warm tapwater. Een voorraadvat zorgt als buffer voor de warm tapwater voorziening. De temperatuur van het warm tapwater dient minimaal 60°C te zijn.

## Concept B3: WKO met regeneratie met zonnecollectoren (1)

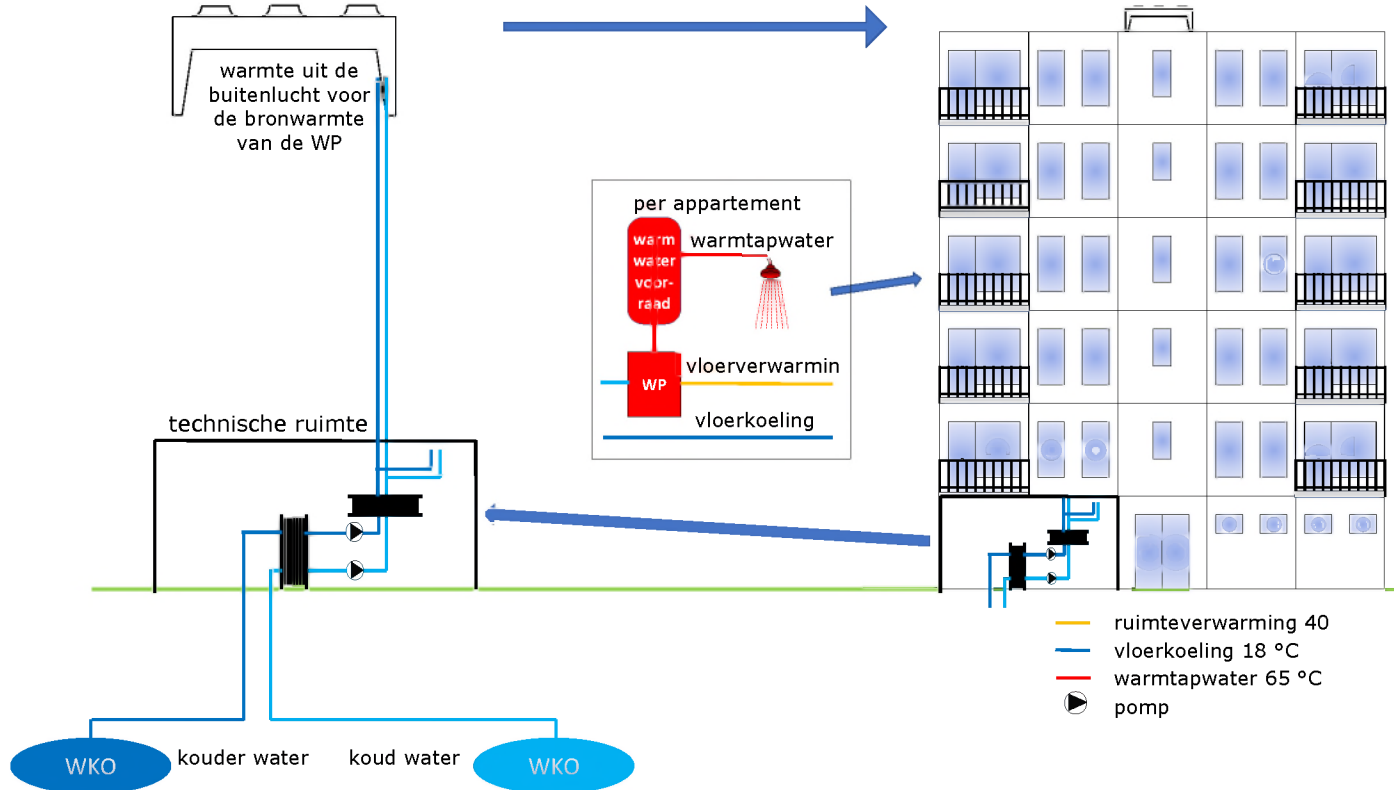


## Concept B3: WKO met regeneratie met zonnecollectoren (2)

### Enkele technische aspecten van dit concept

- In dit concept levert een aantal WKO-bronnen en een technische ruimte de warmte en koude voor de appartementen.
- Voor de warmtevraag (ruimte en tapwater) moet de WKO circa 130 m<sup>3</sup>/h kunnen leveren; daarvoor zijn 2 doubletten noodzakelijk. Dit is nog afhankelijk van de werkelijk mogelijke capaciteit van de bronnen.
- Omdat de warmtevraag groter is dan de koudevraag moet een aanvullende warmtebron worden ontwikkeld om de WKO-bronnen in balans te houden. In de zomermaanden zorgen circa 700 m<sup>2</sup> aan zonnecollectoren op het dak van het complex voor de regeneratie van de WKO-bronnen. De leidingen in het zonnecollectorsysteem zijn gevuld met een mengsel van water en glycol (antivriesmiddel), zodat dit systeem 's winters niet kan bevriezen.
- In een technische ruimte bevindt zich een warmtewisselaar die het WKO-systeem koppelt aan het distributienet voor de ruimteverwarming en koeling van de appartementen.
- Voor de koeling van de appartementen is een vermogen van 520 kW nodig aan koude uit de WKO-bronnen.
- Voor de distributie van warmte en koude vanuit de technische ruimte naar de appartementen is een tweepijps-leidingensysteem (aanvoer en retour) nodig.
- In ieder appartement komt een afleverset. Deze bevat onder meer de meter voor het registreren van het verbruik door de bewoners en dient als basis voor de facturatie van een warmtebedrijf.
- In ieder appartement komt een elektrische combi-warmtepomp. De warmtepomp is nodig voor de ruimteverwarming en het warm tapwater. Een voorraadvat zorgt als buffer voor de warm tapwater voorziening. De temperatuur van het warm tapwater dient minimaal 60°C te zijn.

## Concept B4: WKO voor koeling zonder regeneratie, WP wko + buitenlucht (1)

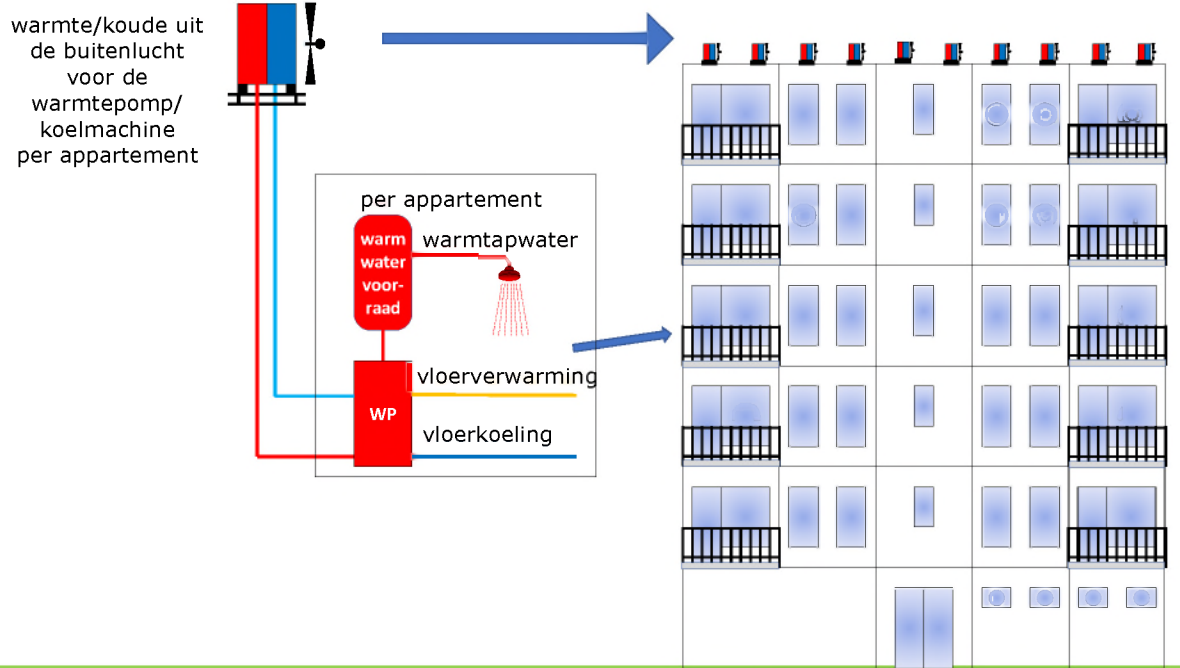


## Concept B4: WKO voor koeling zonder regeneratie, WP wko + buitenlucht (2)

### Enkele technische aspecten van dit concept

- In dit concept gebruiken we de WKO-bron om aan de koudevraag te kunnen voldoen. Uit de bron onttrekken we niet meer warmte dan de koudevraag. Hierdoor is deze bron thermisch in balans en hoeven we deze bron niet te regenereren.
- Voor de koudevraag is één doublet nodig die circa 75m<sup>3</sup>/h kan leveren. Dit is nog afhankelijk van de werkelijk mogelijke capaciteit van de bronnen.
- De WKO kan slechts voorzien in een deel van de totale warmtevraag. In dit concept is voor het overige deel voorzien in een warmtepomp, die de warmte uit de buitenlucht haalt. Hiervoor komen units op het dak van het complex te staan met een vermogen van circa 850 kW, gevuld met een mengsel van water en glycol, zodat dit systeem 's winters niet kan bevriezen.
- In een technische ruimte bevindt zich een warmtewisselaar die het WKO-systeem koppelt aan het distributienet voor de ruimteverwarming en koeling van de appartementen.
- Voor de koeling van de appartementen is een vermogen van 520 kW nodig aan koude uit de WKO-bronnen.
- Voor de distributie van warmte en koude vanuit de technische ruimte naar de appartementen is een tweepijps-leidingensysteem (aanvoer en retour) nodig.
- In ieder appartement komt een afleverset. Deze bevat onder meer de meter voor het registreren van het verbruik door de bewoners en dient als basis voor de facturatie van een warmtebedrijf.
- In ieder appartement komt een elektrische combi-warmtepomp. De warmtepomp is nodig voor de ruimteverwarming en het warm tapwater. Een voorraadvat zorgt als buffer voor de warm tapwater voorziening. De temperatuur van het warm tapwater dient minimaal 60°C te zijn.

## Concept B5: WP buitenlucht (zonder WKO) (1)



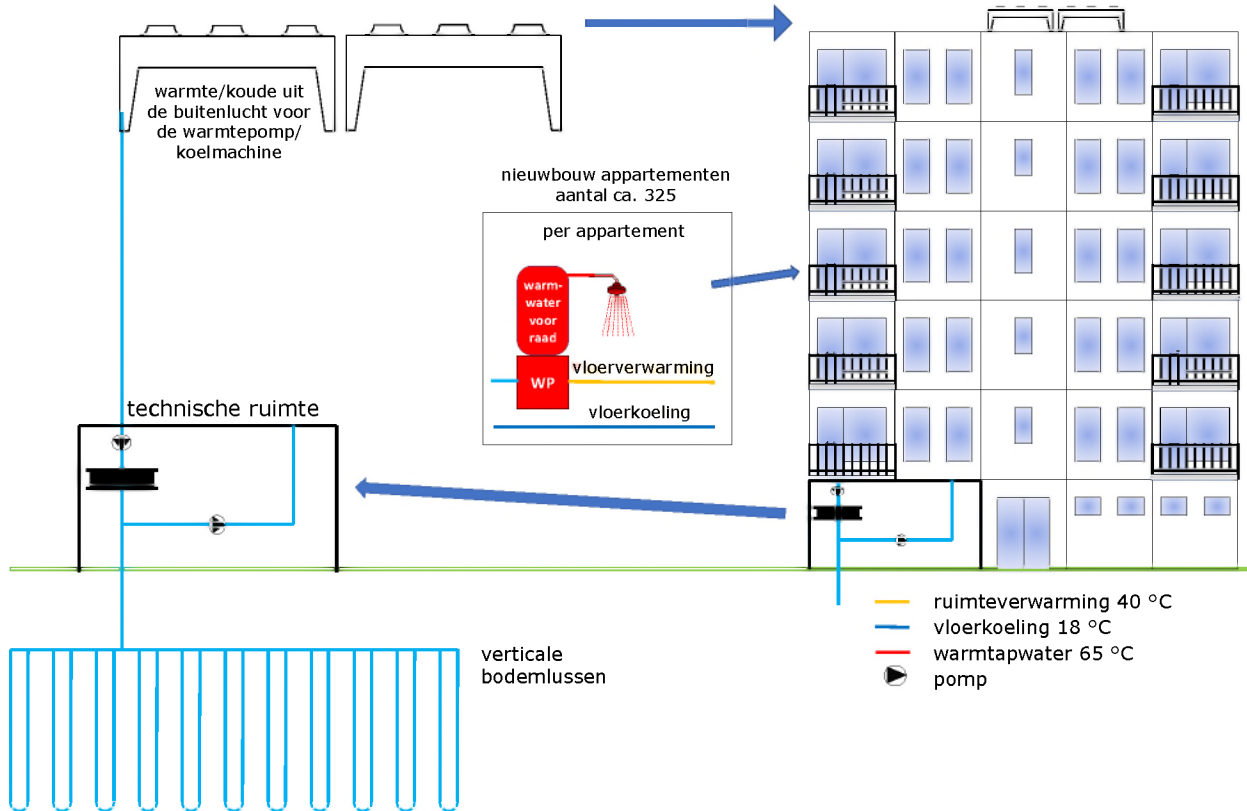
- ruimteverwarming 40 °C
- vloerkoeling 18 °C
- warmtapwater 65 °C
- ▶ pomp

## Concept B5: WP buitenlucht (zonder WKO) (2)

### Enkele technische aspecten van dit concept

- We maken nu geen gebruik van een WKO-bron.
- In dit concept levert een warmtepomp op buitenlucht in de warmtecentrale de ruimtewarmte en koeling. Hiervoor staan meerdere units op het dak van het gebouw.
- Voor de levering van koude in de zomer zijn de warmtepompen in te zetten als koelmachines.
- Voor de koeling van de appartementen is een vermogen van 520 kW nodig uit de luchtwarmtepomp.
- Voor de distributie van warmte en koude vanaf het dak naar de appartementen is een tweepijps-leidingensysteem (aanvoer en retour) nodig.
- In ieder appartement komt een afleverset. Deze bevat onder meer de meter voor het registreren van het verbruik door de bewoners en dient als basis voor de facturatie van een warmtebedrijf.
- In ieder appartement komt een elektrische combi-warmtepomp. De warmtepomp is nodig voor de ruimteverwarming en het warm tapwater. Een voorraadvat zorgt als buffer voor de warm tapwater voorziening. De temperatuur van het warm tapwater dient minimaal 60°C te zijn.

## Concept B6: Verticale bodemlussen WW, regeneratie met buitenlucht (1)





## Concept B6: Verticale bodemlussen WW, regeneratie met buitenlucht (1)

### Enkele technische aspecten van dit concept

- In dit concept levert een systeem van verticale bodemlussen, samen met een warmtepomp/koelmachine in de warmtecentrale, de ruimtewarmte en koeling. Het aantal lussen van het bodemsysteem en de diepte voor de aanleg is afhankelijk van de bodemlagen ter plaatse.
- Omdat de warmtevraag groter is dan de koudevraag moet een aanvullende warmtebron worden ontwikkeld om de bodem in balans te houden. In de zomermaanden gebruik we warmte uit de buitenlucht met een warmtelader, zijnde de meest gebruikte wijze van regeneratie. Hiervoor komen units op het dak van het nieuwbouwcomplex.
- Op het dak van het complex staan meerdere units voor de regeneratie van de bodem. Deze units zijn gevuld met een mengsel van water en glycol (antivriesmiddel), zodat dit systeem 's winters niet kan bevriezen.
- Voor de koeling van de appartementen is een vermogen van 520 kW nodig uit de verticale bodemlussen warmtewisselaar.
- Voor de distributie van warmte en koude vanuit de technische ruimte naar de appartementen is een tweepijps-leidingensysteem (aanvoer en retour) nodig.
- In ieder appartement komt een afleverset. Deze bevat onder meer de meter voor het registreren van het verbruik door de bewoners en dient als basis voor de facturatie van een warmtebedrijf.
- In ieder appartement komt een elektrische combi-warmtepomp. De warmtepomp is nodig voor de ruimteverwarming en het warm tapwater. Een voorraadvat zorgt als buffer voor de warm tapwater voorziening. De temperatuur van het warm tapwater dient minimaal 60°C te zijn.

## Nadere uitwerking van de WKO-bronnen (1)

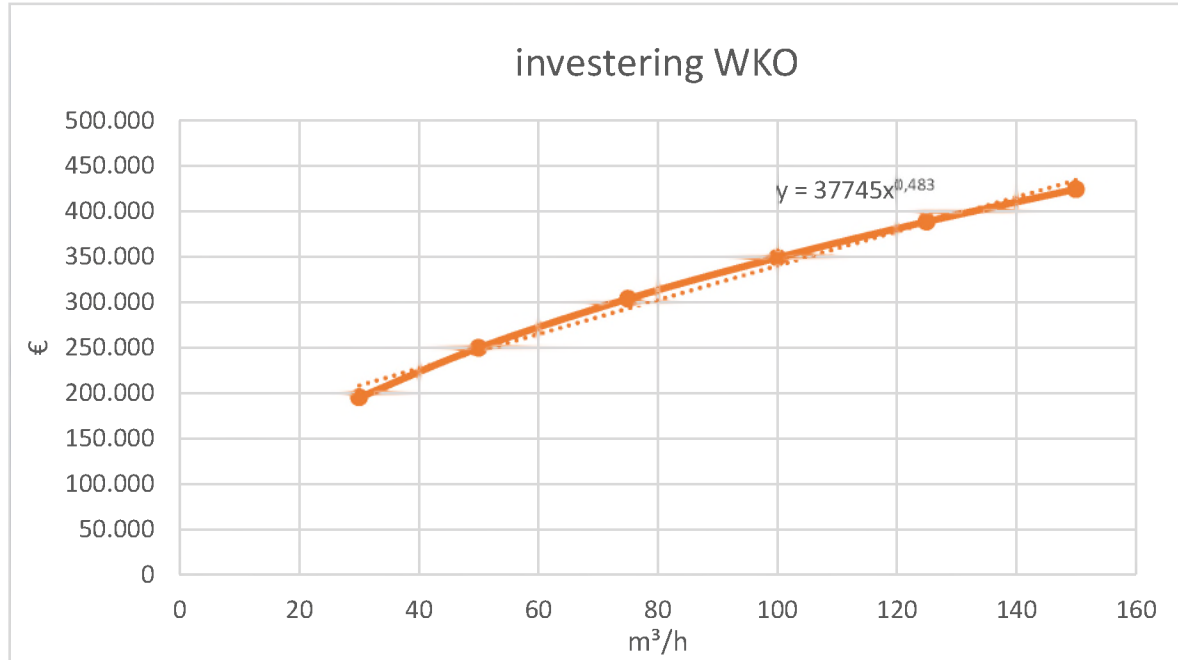
### WKO

- De gegevens van de ondergrond van de locatie voor WKO zijn bepaald:
  - Het watervoerend pakket is vastgesteld;
  - De thermische interactie tussen van de doubletten is beoordeeld.
- De benodigde WKO capaciteit van de doubletten is afhankelijk van het vast te stellen definitieve concept voor het nieuwbouwproject. Maximaal is een WKO met een capaciteit van 180 m<sup>3</sup>/h nodig om aan de warmtevraag te voldoen.
- Met elk bronnenpaar is een capaciteit van circa 60 m<sup>3</sup>/h te realiseren. Met maximaal 3 bronnenparen is de maximaal gevraagde capaciteit te realiseren. Een indicatie van de locaties van de doubletten van de bronnen is hiernaast aangegeven.
- In verband met de stromingsrichting van het grondwater en de beperkte ruimte zijn de 3 bronnen dicht bij elkaar geplaatst met een maximale afstand tussen de warme en koude bronnen voor een zo laag mogelijk risico op thermische interactie.

## Nadere uitwerking van de WKO-bronnen (2)

### Kostenraming WKO

- De investering van de WKO installatie is afhankelijk van de gewenste capaciteit (m<sup>3</sup>/h). Hiervoor hanteren we nevenstaande grafiek, gebaseerd op kentallen van Innoforte.
- Voor de maximaal gewenste capaciteit per doublet van 60 m<sup>3</sup>/h bedragen de investeringen circa € 275.000. Voor twee of drie doubletten is een investering van respectievelijk € 550.000 of € 825.000 voor de WKO-bronnen nodig.
- De beheer en onderhoudskosten zijn geraamd op 3% van de investering. De jaarlijkse kosten bedragen respectievelijk € 16.500 à € 25.000 bij twee of drie bronnen.
- Het energieverbruik van de pompen is bepaald met een COP van 25.



## Nadere uitwerking van het TEO-systeem (1)

### TEO en het Maas-Waalkanaal

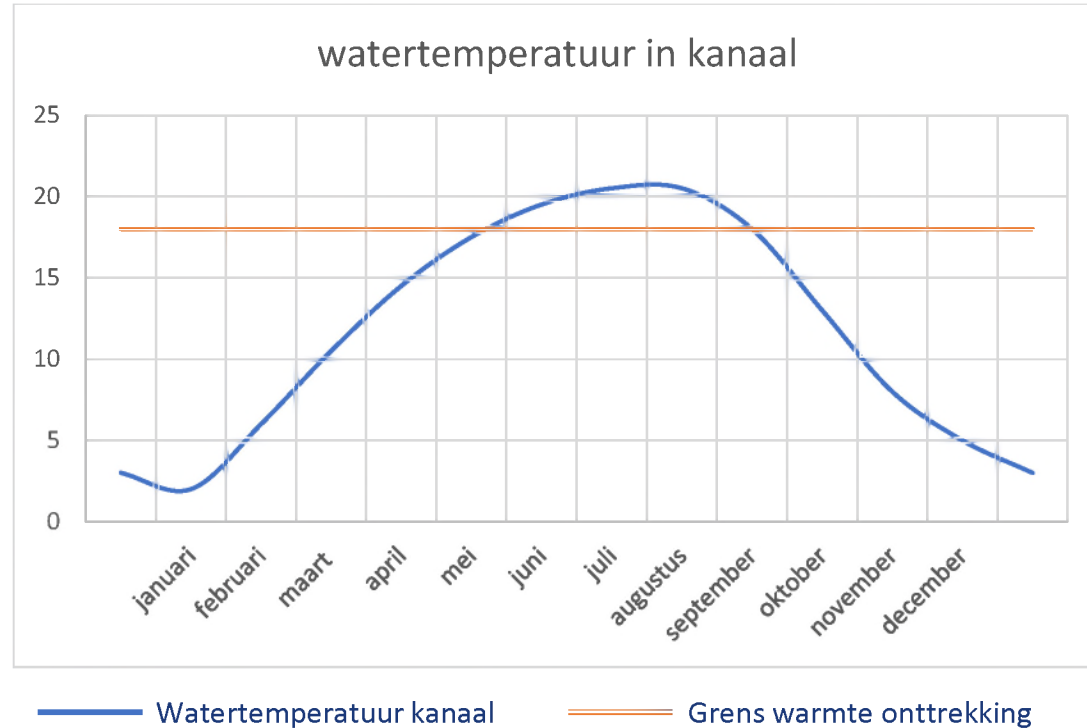
Voor het regenereren van de WKO-bronnen is in de TEO-concepten A1 en B1 de thermische energie uit oppervlaktewater uit het Maas-Waalkanaal beschikbaar.

Enkele kenmerken van dit kanaal zijn:

- Het Maas-Waalkanaal wordt afgesloten aan de noordkant bij Sluis Weurt en de zuidkant door sluis Heumen. Normaal staat Sluis Heumen open.
- Het waterpeil in het kanaal is hierdoor normaal gelijk aan het stuwpannd in de Maas bij Grave. Het waterpeil is hierdoor relatief constant.
- De temperatuur in het Maas-Waalkanaal wordt niet gemeten. Er zijn geen temperatuurgegevens bekend.

Algemene kenmerken kanaalwater:

- In nevenstaande grafiek is aangegeven hoe het temperatuurverloop door het jaar van het water in een kanaal gemiddeld is (blauwe lijn). We gaan ervan uit dat voor de regeneratie van de WKO-bron water van minimaal 18 °C nodig is (oranje lijn). Gedurende enkele zomermaanden de WKO-bron te regenereren.



## Nadere uitwerking van het TEO-systeem (2)

### TEO en het Maas-Waalkanaal

- De hoeveelheid warmte die nodig is voor de regeneratie van de WKO-bronnen voor de concepten A1 en B1 is berekend:
  - De benodigde capaciteit uit het Maas-Waalkanaal bedraagt:
    - Voor concept A1: 100 m<sup>3</sup>/h;
    - Voor concept B1: 70 m<sup>3</sup>/h;
  - De benodigde afstand tussen de in- en uitlaat in het Maas-Waalkanaal bedraagt:
    - Voor concept A1 circa 200 meter;
    - Voor concept B1 circa 140 meter.
    - Uitgangspunt voor warmte- en koudeonttrekking: het temperatuurverschil tussen inlaat en uitstroom bedraagt 6 °C;
    - Deze afstand is bepaald op basis van de warmtevraag van de appartementen en de “warmtevracht” van het Maas-Waalkanaal. De “warmtevracht” is de hoeveelheid warmte in het kanaal als gevolg van de warmte-uitwisseling met de omgeving. Deze rekenmethode is geschikt voor “niet stromend water” zoals het Maas-Waalkanaal;
  - In de nabijheid van het kanaal komt een pompebouw.
  - De periode waarin de warmte-onttrekking kan plaatsvinden is voorzichtigshalve gesteld op 2 maanden. Hiermee is gedurende 1.440 uur/jaar (vollasturen) water uit het kanaal te onttrekken. De benodigde watertemperatuur (in de concept fase) is gesteld 18°C en hoger. Pas vanaf deze watertemperatuur zal het pomphuis het oppervlaktewater voor de regeneratie naar de WKO-bronnen pompen.
  - Door het systeem verder te optimaliseren kan deze temperatuur ook lager zijn tot een minimum van circa 16°C.

## Nadere uitwerking van het TEO-systeem (3)

### TEO en het Maas-Waalkanaal

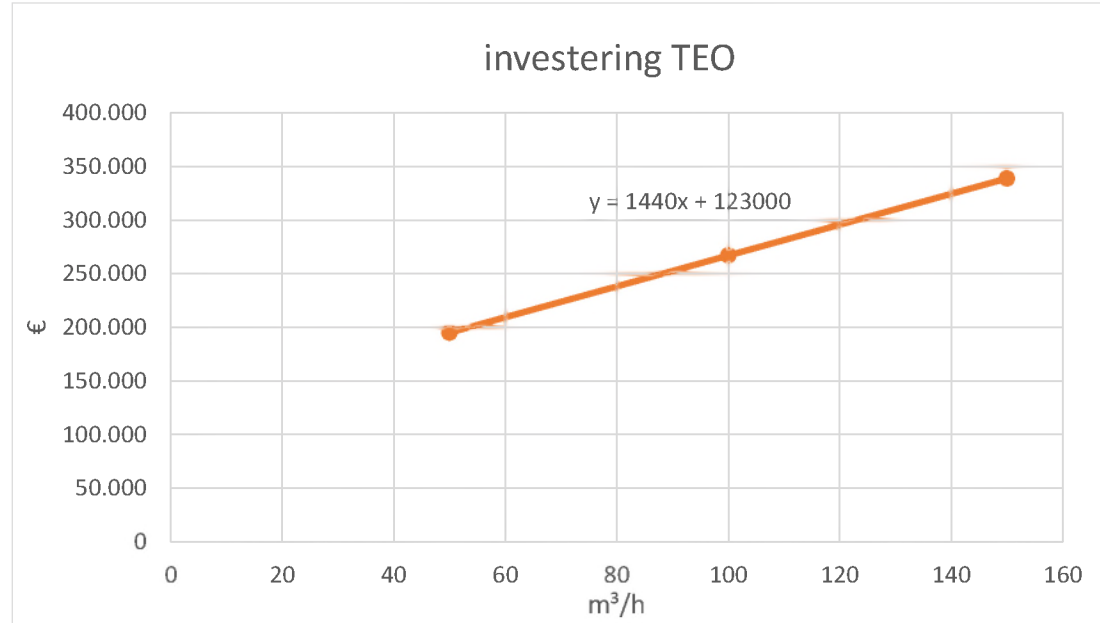
- In de plattegrond is indicatief de de plaats van de wateronttrekking (rood - inlaat) en de infiltratie (blauw - uitlaat) aangegeven en waar het pomphuis, de technische ruimte (individuele concept B1) of de warmtecentrale (collectieve concept A1) voor de installaties kan komen.
- Het waterpeil in het Maas-Waalkanaal is relatief constant
- De hoogte van de waterinlaat is flexibel in te stellen om zo dicht bij het oppervlak (hoogste watertemperatuur in de zomer) het water te onttrekken.
- De uitlaat is op een vaste plaats op ruime diepte in het kanaal.



## Nadere uitwerking van het TEO-systeem (4)

### Kostenraming TEO

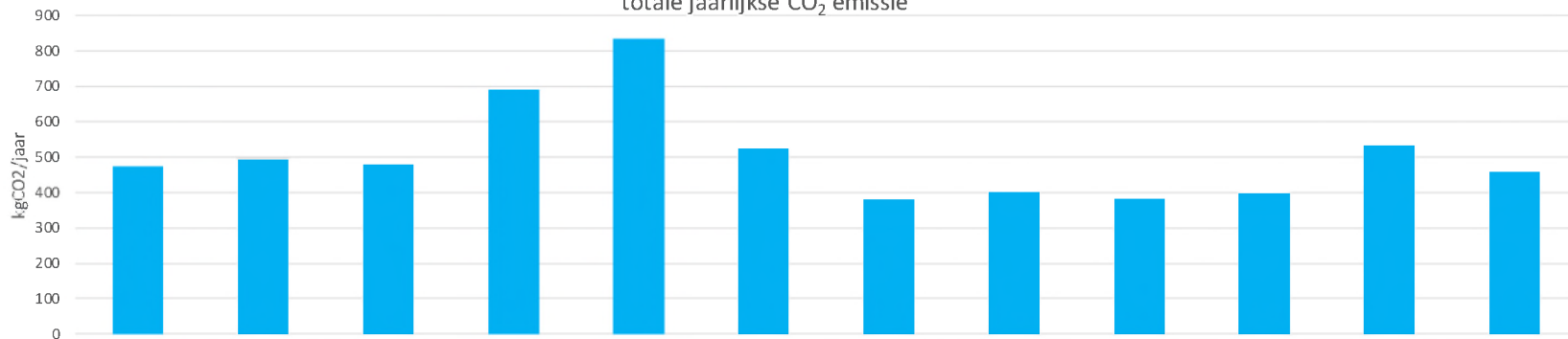
- De investering voor een TEO-installatie is afhankelijk van de capaciteit (hoeveelheid water in m<sup>3</sup>/h). Hiervoor hanteren we nevenstaande grafiek, gebaseerd op kentallen.
- Deze kentallen zijn afgestemd met IF Technologie en Xylem.
- De B&O kosten zijn geraamd op 3% van de investering.
- Het energieverbruik van de pompen is bepaald met een COP van 50.
- Voor duurzame concepten met TEO is de SDE++ 2020 subsidieregeling van toepassing.



## De duurzaamheid (1)

### Energie en CO<sub>2</sub> emissie

totale jaarlijkse CO<sub>2</sub> emissie



Emissies per woning

concept nummer		A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6
warmteopwekking		collectief WP	collectief WP	collectief WP	collectief WP	collectief WP	collectief WP	individuele WP	individuele WP	individuele WP	individuele WP	individuele WP	individuele WP
WKO	m <sup>3</sup> /h	133	133	133	74	n.v.t.	VBWW	126	126	126	74	n.v.t.	VBWW
regeneratie		TEO	lucht	solar	n.v.t.	n.v.t.	lucht	TEO	lucht	solar	lucht	n.v.t.	lucht
warmtenet	temp.	40°C/25°C	40°C/25°C	40°C/25°C	40°C/25°C	n.v.t.	40°C/25°C	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
warmtapwaternet	temp.	65°C/60°C	65°C/60°C	65°C/60°C	65°C/60°C	n.v.t.	65°C/60°C	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
koudenet	temp.	18°C/21°C	18°C/21°C	18°C/21°C	18°C/21°C	n.v.t.	18°C/21°C	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
bronwaternet	temp.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	16°C/10°C	n.v.t.	16°C/10°C	16°C/10°C	16°C/10°C	brine	n.v.t.	n.v.t.
E-verbruik	kWh/jaar	1.395	1.448	1.406	2.029	2.448	1.537	1.112	1.178	1.119	1.166	1.564	1.341
f <sub>P,del</sub>		0,56	0,58	0,56	1,18	1,42	0,62	0,45	0,47	0,45	0,47	0,63	0,52
CO <sub>2</sub> emissie	kg/jaar	474	492	478	690	832	523	378	401	381	396	532	456



## De duurzaamheid (2)

### Analyse energie

- Energie:
  - Het elektriciteitsverbruik van de collectieve systemen (A concepten) is hoger dan van de individuele concepten (B concepten). Dit komt door het warmteverlies in de distributieleidingen en het opwekkingsrendement van de warmtepomp van de collectieve voorzieningen.
  - Bij warmtepompen is het rendement hoger naarmate de temperatuur van de warmtevraag lager is. Hartje winter is de temperatuurbehoefte vanuit de vrager het hoogst, in het voor- en naseizoen kan de temperatuur van de warmtelevering wat lager zijn. Individuele warmtepompen stemmen de te leveren temperatuur af op de individuele vraag, terwijl water uit de collectieve warmtepomp altijd aan de temperatuurbehoefte dient te voldoen van de warmtevrager die de hoogste temperatuur nodig heeft. Dit vergt gemiddeld meer elektriciteit.
- $F_{pdel}$ :
  - Het elektriciteitsverbruik van de verschillende concepten is de maat voor het rendement van het systeem. Vanaf januari 2021 wordt dit uitgedrukt in een factor  $F_{pdel}$  (het aandeel primair fossiele energie dat nodig is voor de levering van warmte) volgens de NTA 8800. Woningen moeten voldoen aan de BENG eisen.
  - Collectieve systemen (A concepten) hebben door een hoger elektriciteitsverbruik een hogere  $F_{pdel}$  dan de individuele oplossingen.

### Concepten gerangschikt naar toenemende CO<sub>2</sub>-emissie

Concept	Omschrijving		CO <sub>2</sub> -emissie (kg/jaar/weg)
B1	WKO + regeneratie met TEO	Individueel	378
B3	WKO + regeneratie zonnecollectoren	Individueel	381
B4	WKO zonder regeneratie + WP lucht	Individueel	396
B2	WKO + regeneratie met WP lucht	Individueel	401
B6	Verticale bodemwarmtewisselaar	Individueel	456
A1	WKO + regeneratie met TEO	Collectief	474
A3	WKO + regeneratie zonnecollectoren	Collectief	478
A2	WKO + regeneratie met WP lucht	Collectief	492
A6	Verticale bodemwarmtewisselaar	Collectief	523
B5	WP lucht	Individueel	532
A4	WKO zonder regeneratie + WP lucht	Collectief	690
A5	WP lucht	Collectief	832

## Economische analyse (1)

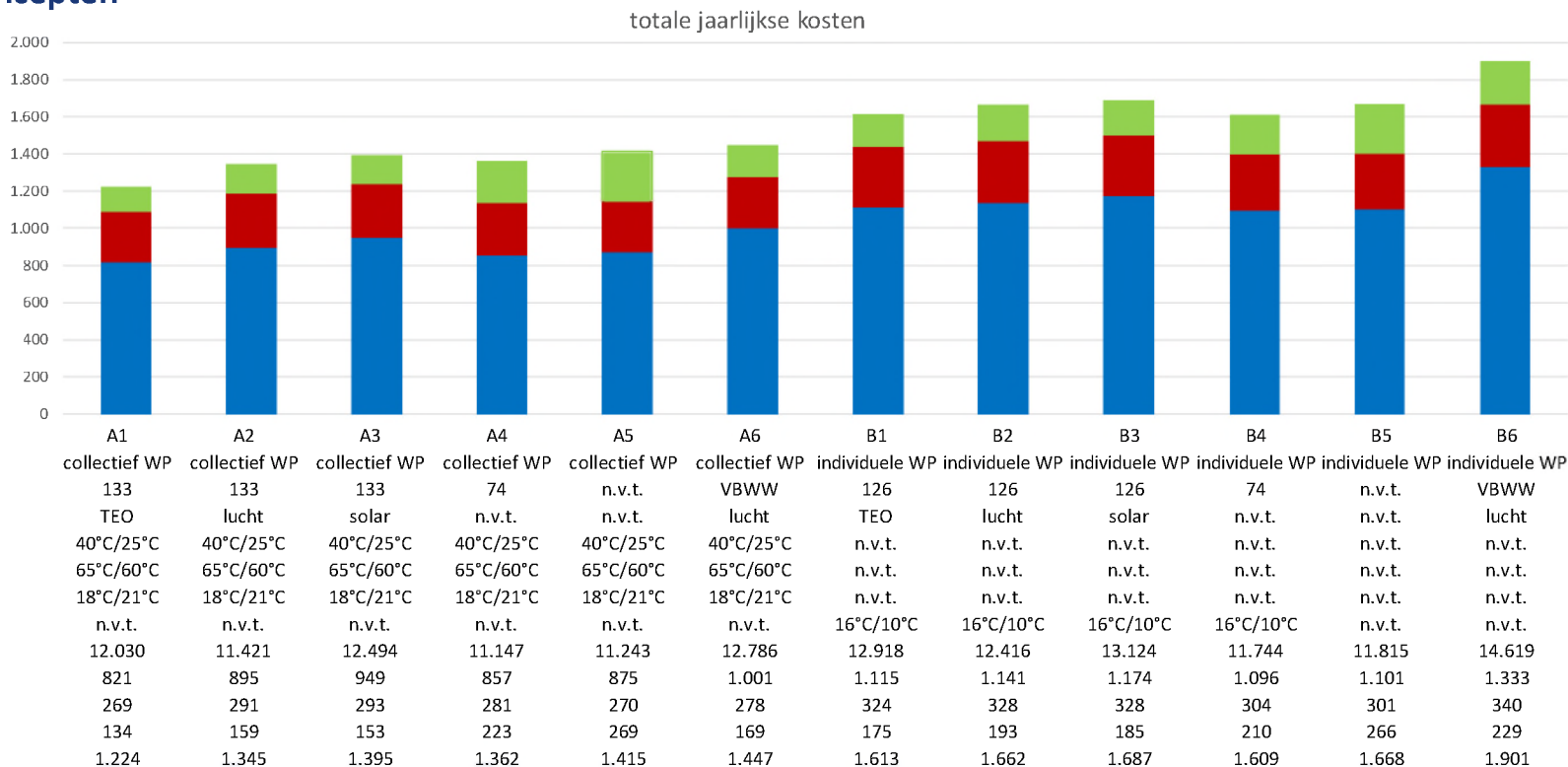
### Uitgangspunten

De investeringen en overige kosten zijn als volgt bepaald:

- Voor de investeringen gaan we uit van (gevalideerde) kentallen van Innoforte voor de verschillende onderdelen.
- Voor de kapitaallasten rekenen we met:
  - Een rentepercentage van 6% van de investering;
  - Een afschrijvingstermijn die afhankelijk is van de verwachte levensduur per onderdeel van tussen de 15 à 30 jaar.
- Voor de kosten voor beheer en onderhoud:
  - Deze berekenen we als een percentage van de investering van 0,5 à 6%, afhankelijk van het betreffende onderdeel.
- Voor de elektrische energie van de onderdelen:
  - Voor het kleinverbruik voor de individueel concepten een tarief van 0,18 €/kWh,
  - Voor het grootverbruik voor de collectieve concepten een tarief van 0,11 €/kWh.
- Voor de CO<sub>2</sub>-emissie een waarde van 0,34 kg/kWh volgens de NTA 8800
- SDE++ subsidie is te verkrijgen voor het concept met TEO en voor de zonnecollectoren. Deze is met de SDE++ 2020 meegenomen. De subsidie is te verkrijgen voor een periode van maximaal 15 jaar en is naar rato verdeeld over de kapitaallasten, de beheer- en onderhoudskosten en de energiekosten. Uitgangspunt is dat de SDE++ subsidie over het tweede deel van de exploitatie periode van 30 jaar niet beschikbaar zal zijn. De hoogte van de subsidies staan vermeld onder de grafiek op pagina 49.
- De grafiek op de volgende pagina toont voor de concepten de diverse investeringen en jaarlijkse kosten voor beheer, onderhoud en energie. Deze kosten zijn bepaald per woning
- Alle vermelde kosten en tarieven zijn exclusief btw.

## Economische analyse (2)

### Economie concepten



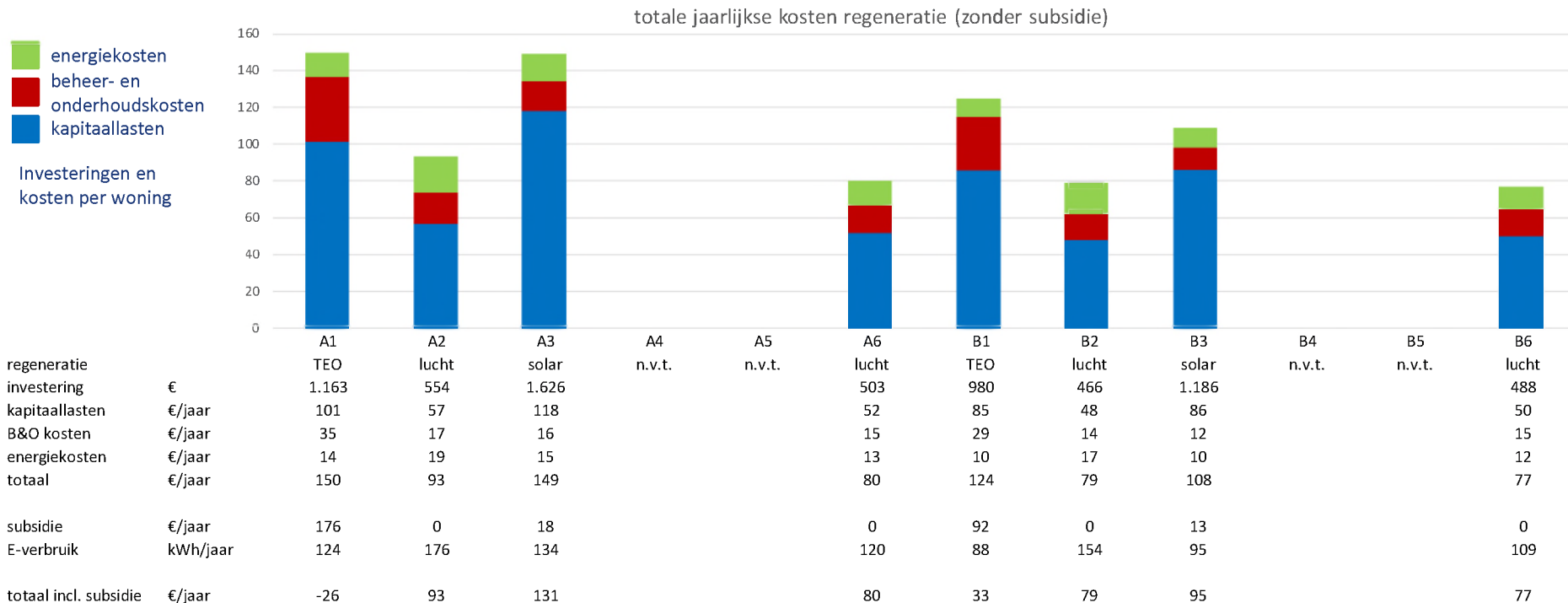
## Economische analyse (3)

### Analyse

- Concepten met een centrale warmteopwekking (A concepten) hebben lagere kosten dan concepten met individuele warmteopwekking (B concepten) door:
  - De lagere investeringen van collectieve warmtepompen ten opzichte van individuele warmtepompen;
  - De lagere energie kosten ondanks het wat hogere verbruik ten gevolge van de lagere elektriciteitsstarieven: 0,11 €/kWh voor grootverbruik in plaats van 0,18 €/kWh voor kleinverbruik.
  - Door de verschillen in de technische installaties en de daaraan gekoppelde afschrijftermijnen per concept kan het zijn dat de kapitaallasten van een concept lager zijn dan verwacht op basis van de benodigde investeringen.

## Economische analyse (4)

### Economie voor verschillende regeneratie methoden (in de grafiek zonder subsidie)



## Economische analyse (5)

### Analyse

- De regeneratie van de bronnen (WKO en VBWW):
  - Op de vorige pagina zijn de investeringen en kosten alleen voor de regeneratie van de bronnen en de daarop eventueel beschikbare subsidies vergeleken. Voor de concepten A4, A5, B4 en B5 is regeneratie niet van toepassing.
  - Voor de concepten met TEO en zonnecollectoren is subsidie aan te vragen.
  - De TCO van concept A1 (een collectieve WKO met TEO regeneratie) uit het Maas-Waalkanaal is het laagst. Dit komt mede door een gunstig effect van de SDE++ subsidie op de TCO.
  - De SDE++ subsidie bij concept A1 is € 176 jaarlijkse per woning, waardoor de netto kosten kleiner dan 0 zijn.

kosten regeneratie in €/woning/jaar				
Concept		Met subsidie		Zonder subsidie
A1 collectief WKO+TEO	1	-26	8	150
B1 individueel WKO+TEO	2	33	6	124
B6 individueel VBWW	3	77	1	77
B2 individueel WKO+Wplucht	4	79	2	79
A6 collectief VBWW	5	80	3	80
A2 collectief WKO+Wplucht	6	93	4	93
B3 individueel WKO+zon	7	95	5	108
A3 collectief WKO+zon	8	131	7	149

## Randvoorwaarden TEO

### Benodigde samenwerking en vergunningen TEO Maas-Waalkanaal

- Voor thermische energie uit oppervlaktewater geldt dat oppervlaktewater geen eigendom kan zijn. De warmte die zich in het oppervlaktewater bevindt kan hierdoor dus ook geen eigendom zijn van een partij. Dat betekent dat er hiervoor geen vergoeding is te betalen.
- Een watervergunning of toestemming van het bevoegd gezag (Rijkswaterstaat) is wel nodig voor het onttrekken en retourneren van oppervlaktewater:
  - Voor TEO is een watervergunning vereist voor het onttrekken en/ of terugbrengen van water uit het watersysteem indien het gaat om het onttrekken van meer dan 100 m<sup>3</sup>/uur water uit een rijkswater of het brengen van meer dan 5.000 m<sup>3</sup>/uur water in een rijkswater en als de instroomsnelheid groter is dan 0,3 m/s (Artikel 6.16 van de Waterregeling).
  - Voor het kruisen van de waterkering en wellicht voor het leidingtracé en andere installatiecomponenten is een watervergunning op basis van de Keur (geborgd in de Waterwet) benodigd.
  - Er zijn Watervergunningen (o.a. Keur) nodig voor de aanwezigheid van de installatie, maar ook voor de aanleg. Afhankelijk van de aanlegmethode en de uitvoeringswijze kunnen dat er meerdere zijn.
  - Rol van de gemeente: indien sprake is van schaarste, regulering of “wie het eerst komt...”
- Een omgevingsvergunning (gemeente) is nodig in kader van de omgevingswet:
  - Voor het aanleggen van warmte- en koudeleidingen in de openbare ruimte zijn vergunningen benodigd.
  - Voor de warmtecentrale (gebouw voor installaties) en het pomphuis kan een omgevingsvergunning nodig zijn. Aandachtspunt hierbij is de plaatsing van deze ruimten. Het betreft de vraag of deze ruimten binnen- of buitendijks zijn te plaatsen. De locatiekeuze heeft grote invloed op de te raadplegen wetgeving.

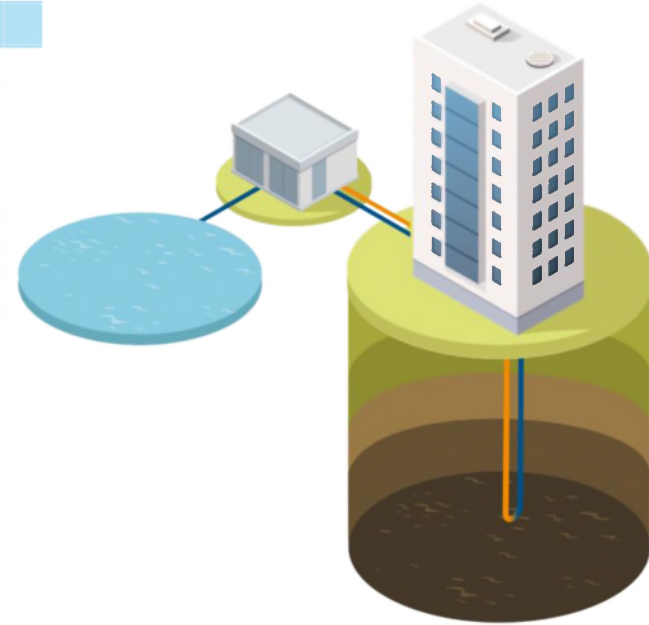
## Evaluatie

- Een WKO-systeem met regeneratie met TEO (concept A1 of B1) is een technisch en economisch haalbare keuze voor de warmte- en koudevoorziening van het appartementencomplex in Zwanenveld. Het concept heeft de laagste totale jaarlijkse kosten (TCO) en een lage CO<sub>2</sub>-emissie.
- De voordelen van de centrale varianten (A):
  - Er komt minder techniek in de appartementen. Hierdoor is er minder ruimtebeslag, storingen, onderhoud, vervangingen in de appartementen noodzakelijk. De bewoner wordt hiermee ontzorgd;
  - De totale jaarlijkse kosten zijn lager dan voor andere varianten.
- De voordelen van de decentrale varianten (B):
  - Door het lagere energieverbruik is de CO<sub>2</sub>-emissie lager dan bij de collectieve concepten (A).
- Aanbeveling bij decentrale varianten (B):
  - Plaats de demarcatie ná de installaties in de appartementen, zodat de beheerder van de installaties de gehele keten (TEO, distributie, warmte en koude opwekking, afleverset) kan afstemmen en optimaliseren.
- Keuze collectief of individueel:
  - De investeringen zijn niet echt onderscheidend bij de keuze collectief of individueel. Dit is een belang van de ontwikkelaars.
  - De afweging komt neer op een keuze tussen laagste kosten, maximale ontzorging en minimaal ruimtebeslag in de woning versus een keuze voor de laagste CO<sub>2</sub>-emissies. Het is mogelijk dat een projectontwikkelaar hier andere afwegingen aan zal toevoegen.



# TEO voor appartementencomplex Zwanenveld

- 1 Samenvatting - 4
- 2 Haalbaarheidsonderzoek: techniek, economie en vergunningen - 9
- 3 Zicht op de ontwikkeling en exploitatie - 57
  - Exploitatievormen - 58
  - Ontwikkeling - 59
  - Wetgeving - 60



## Exploitatievormen

Voor warmte- en koude levering aan het nieuwe appartementencomplex zijn meerdere varianten voor de exploitatie mogelijk:

- De eigenaar van de gebouwen (verhuurder of VvE) investeert in het duurzame systeem voor warmte en koude en exploiteert dit zelf. De eigenaar voert het beheer en onderhoud zelf uit of schakelt hier een gespecialiseerde installateur voor in. Dit model wordt vooral toegepast bij installaties die de warmte en koude voorziening verzorgen voor één gebouw.
- De eigenaar van de gebouwen (verhuurder of VvE) schakelt een warmtebedrijf in die zorgt voor de realisatie en de exploitatie. Bij deze exploitatievorm spreekt met soms niet van een warmtebedrijf maar van een ESCO (Energy Service Company). Deze exploitatievorm valt niet onder warmtewet. Deze exploitatievorm wordt vooral toegepast bij installaties die de warmte en koude voorziening verzorgen voor één of enkele gebouwen waarbij de ontwikkeling en exploitatie veel expertise vergt.
- Een warmtebedrijf levert warmte en koude aan individuele afnemers (eigenaren of huurders van appartement). De tarieven zijn gemaximeerd via de warmtewet. De BAK (bijdrage aansluitkosten) wordt overeengekomen tussen warmtebedrijf en bouwer / ontwikkelaar. De overheid ziet toe op het warmtebedrijf qua kwaliteit van de dienstverlening, duurzaamheid van de geleverde warmte en de hoogte van de tarieven via de warmtewet. Dit model is klassiek voor een warmtenet met de schaalgrootte van een wijk of stad.

Gezien de schaalgrootte van de installatie (relatief klein voor een warmtenet) en de complexiteit voor een gebouweigenaar is een volledige uitbesteding van de installatie aan een gespecialiseerd bedrijf (ESCO) aan te bevelen. Hiertoe is een consultatie en aanbestedingsprocedure door de ontwikkelaar nodig.

## Ontwikkeling

- De gemeente Nijmegen is druk doende om haar stad te verduurzamen. Meerdere initiatieven worden ontwikkeld en gestimuleerd, voor zowel bestaande als voor nieuwe gebouwen. Het is denkbaar dat ook andere marktpartijen plannen ontwikkelen en daarbij gebruik willen maken van de zelfde bronnen als in dit project. De gemeente kan hierbij de regel hanteren “wie het eerst komt...” of regie voeren op mogelijk schaarse bronnen als warmte uit het Maas-Waalkanaal.
- De keuze voor een energiesysteem is in eerste instantie aan de ontwikkelaar. Gemeente wil met dit onderzoek de ontwikkelaar informeren en inspireren om tot een zo duurzaam mogelijke oplossing te komen.
- Gezien de schaalgrootte van de installatie (relatief klein voor een warmtenet) en de complexiteit voor een gebouweigenaar is een volledige uitbesteding van de installatie aan een gespecialiseerd bedrijf (ESCO) aan te bevelen. Hiertoe is een consultatie en een aanbestedingsprocedure op te zetten. De berekeningen en uitgangspunten uit deze rapportage zijn hiertoe in te zetten, zo nodig kan hiertoe verder inzage worden verkregen in de gehanteerde uitgangspunten en de onderliggende berekeningen.

## Wetgeving

### Belangrijke wetgeving

#### Warmtewet

- Stelt eisen aan de kwaliteit van de bedrijfsvoering, de strategische robuustheid en de transparantie van het warmtebedrijf;
- Stelt eisen aan de duurzaamheid van de geleverde warmte;
- Stelt een maximum aan de tarieven van de geleverde warmte en koude;
- Deze wet is van toepassing bij de exploitatie van een warmtenet, echter niet bij de exploitatie door of namens eigenaren (VvE of verhuurder).

#### Huurwet

- Deze wet zorgt voor bescherming van de huurder bij de exploitatie door of namens de gebouweigenaar.

#### EED (Energy Efficiency Directive)

- Er is een wetsvoorstel in voorbereiding voor de implementatie van de EED. Daarin is individuele warmtemeting in alle gevallen verplicht.



**innoforte**  
DHC in control