



# Warmte uit de IJssel bij Zutphen

Rijkswaterstaat WVL

10 december 2019

Project Warmte uit de IJssel bij Zutphen  
Opdrachtgever Rijkswaterstaat WVL

Document -  
Status Concept 01  
Datum 10 december 2019  
Referentie 117382/19-020.041

Projectcode 117382  
Projectleider ir. R.T. van der Velde  
Projectdirecteur ir. E.A.H. Teunissen

Auteur(s) T.J. Nederstigt MSc  
Gecontroleerd door ir. R.T. van der Velde  
Goedgekeurd door ir. R.T. van der Velde

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.  
Leeuwenbrug 8  
Postbus 233  
7400 AE Deventer  
+31 (0)570 69 79 11  
www.witteveenbos.com  
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

## INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>5</b>
1.1	Achtergrond	5
1.2	Afbakening	5
1.3	Leeswijzer	6
<b>2</b>	<b>LOCATIE VAN TECHNISCHE RUIMTE, INLAATSTUK, EN WARMTE- EN KOUDEOPSLAG</b>	<b>7</b>
2.1	Locatie technische ruimte	7
2.1.1	Locaties op kadastrale grond van de gemeente Zutphen	7
2.1.2	Locaties op kadastrale grond van Woonbedrijf Ieder1	8
2.2	Locatie warmte- en koudeopslag	9
2.3	Locatie in- en uitlaatwerk	10
2.4	Leidingtracé	16
<b>3</b>	<b>ENERGIEBALANS</b>	<b>18</b>
3.1	Energiebalans	19
<b>4</b>	<b>DIMENSIONERING</b>	<b>22</b>
4.1	Inlaatstuk aan de IJssel	22
4.2	Warmte- en koudeopslag	23
4.3	Leidingen en pompen	25
<b>5</b>	<b>KOSTENRAMING</b>	<b>27</b>
5.1	Investeringskosten	27
5.2	Operationele kosten	27
<b>6</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>29</b>
6.1	Conclusies	29
6.2	Aanbevelingen	29

Laatste pagina

29

**Bijlage(n)**

**Aantal pagina's**

I

Raming totale investeringskosten

4

# 1

## INLEIDING

### 1.1 Achtergrond

De vele vooroorlogse gemalen, stuwen, en sluizen die Nederland rijk is zijn aan vervanging toe. Een complexe opgave die Rijkswaterstaat niet alleen aankan, en waarvoor geen eenzijdige oplossing is. In het kader van het project Grip op de Maas waarin de vervanging van zeven stuwen in de Maas wordt onderzocht, neemt Rijkswaterstaat WVL sinds 2015 deel aan de Bouwcampus: een neutrale, pré-concurrentiële omgeving waarin marktpartijen, kennis- en overheidsinstellingen door middel van co-creatie nieuwe ideeën onderzoeken. Hieruit is voortgekomen dat het inbouwen van installaties voor warmtewinning uit oppervlaktewater (thermische energie uit oppervlaktewater, hierna TEO) in combinatie met de vervanging en renovatie van natte kunstwerken een veelbelovend concept is in Nederland. Daarom is Rijkswaterstaat in maart 2018 met Alliander N.V. een samenwerkingsovereenkomst aangegaan om het concept Energie uit water verder uit te werken in een serie pilots.

In de wijk Waterkwartier in de gemeente Zutphen zijn de omstandigheden voor een pilotproject gunstig. De wijk ligt aan de IJssel, en een groot deel van het bezit van de woningcorporatie Leder1, dat in de wijk ligt, wordt de komende periode gerenoveerd. Alliander heeft een concept uitgewerkt waarin de circa 500 renovatiewoningen in hun warmtebehoefte worden voorzien door oppervlaktewater uit de IJssel. Het concept omvat een inlaatleiding waardoor gedurende de zomer warm water uit de IJssel wordt gepompt. Dit water gaat door een warmtewisselaar in een technische ruimte op land, waarna het afgekoeld weer in de IJssel wordt geleid. In de technische ruimte wordt de energie uit de IJssel door een industriële warmtepomp opgewaardeerd naar middentemperatuur, 70°C. Het opgewarmde water wordt vervolgens door een distributienet geleid dat door de woonwijk loopt, en de aangesloten woningen van warmte voorziet. Energie die in de zomer teveel wordt gewonnen wordt lokaal in de bodem opgeslagen. Deze warmte- en koudeopslag (hierna WKO) wordt in de winter, wanneer warmtewinning uit de IJssel niet mogelijk is, ingezet als primaire warmtebron.

### 1.2 Afbakening

Om de haalbaarheid van TEO in het Waterkwartier in Zutphen te controleren schat Alliander de kosten van het project in, en stelt een business case op. Het distributienet en de technische ruimte is reeds door Alliander ontworpen en geraamd. In dit rapport vullen we het ontwerp van Alliander aan met het ontwerp van de inlaatconstructie, en de WKO. Daarnaast geven we een indicatie van de aankoop-, aanleg-, en exploitatiekosten van deze elementen. Als laatste geven we suggesties voor de locatie van de technische ruimte op basis van overleg met de gemeente Zutphen, Alliander, en Leder1. De volgende zaken komen in dit rapport aan bod:

- 1 de optimale locaties voor het tracé van de inlaatconstructie, en de putten voor de WKO;
- 2 ontwerpvoorstellen van de mogelijke technische constructie om IJsselwater in te nemen, met een gedetailleerde uitwerking van het meest kansrijke voorstel;
- 3 de optimale locaties voor de technische ruimte;
- 4 een kostenraming van de inlaatconstructie, WKO, en het leidingtracé voor de technische ruimte. Het betreft operationele kosten, en eenmalige investeringen.

### 1.3 Leeswijzer

Voor u ligt de rapportage van het ontwerp en kostenraming van de TEO-installatie in het Waterkwartier in Zutphen vóór de technische ruimte. In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de meest gunstige locaties voor de technische ruimte, de putten van de WKO, de inlaatconstructie, en het leidingtracé dat deze drie elementen met elkaar verbindt. Voor het selecteren van de locaties zijn de volgende stakeholders geconsulteerd: Machiel Bakema (specialist warmtenetten, Qirion), Nico ten Bokkel (beleidsmedewerker bodem en duurzaamheid, gemeente Zutphen), Edwin Nordkamp (civieltechnisch ingenieur, gemeente Zutphen), en Louis Oosterbaan (manager Zutphen, Woonbedrijf Leder1). In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de energie- en massabalansen in het systeem. De vraag van de warmtepomp is afhankelijk van de energievraag in de aangesloten woningen. De aanvoer van warmte uit de IJssel en de WKO-bronnen, moeten samen aan deze vraag voldoen. Overschotten worden, tot een maximum debiet, in de WKO geïnjecteerd. De fluctuaties in benodigde energiestromen tussen de IJssel, de WKO, en de technische ruimte zijn bepalend voor de hoeveelheid massa die moet worden rondgepompt, en daarmee de elektriciteitskosten die nodig zijn om het systeem te exploiteren. Hoofdstuk 4 koppelt de conclusies uit het eerdere hoofdstuk aan een dimensionering van het leidingwerk en de WKO. De technische specificaties van deze componenten worden hier toegelicht. Daarnaast wordt de wisselwerking tussen de IJsselpomp, de infiltratiepomp van de WKO, en de piekketel in de technische ruimte die nodig is om de energiekosten zo laag mogelijk te houden besproken. In hoofdstuk 5 volgt de vertaalslag van het ontwerp en de systeemoptimalisatie naar een raming van de eenmalige investeringskosten (hierna CAPEX), en de operationele kosten (hierna OPEX). Tot slot worden de belangrijke inzichten uit dit rapport kort uitgelicht en volgt een advies.

# 2

## LOCATIE VAN TECHNISCHE RUIMTE, INLAATSTUK, EN WARMTE- EN KOUDEOPSLAG

Het vastleggen van grond voor de onderdelen van de TEO-installatie vereist besluitprocessen die langer doorlopen dan het adviestraject van dit rapport. Om een goed beeld te geven van de mogelijkheden lichten we verschillende opties uit voor de locatie van de technische ruimte. Voor iedere locatie worden de kansen en potentiële problemen afgewogen. Ook de gevolgen van iedere locatie voor het ontwerp en de kosten van de overige componenten worden in dit hoofdstuk en hoofdstuk 5 behandeld.

### 2.1 Locatie technische ruimte

In verband met de kosten van het tracé is één van de eisen van Alliander dat de technische ruimte tussen de inlaatconstructie en het begin van de gebouwde omgeving moet worden geplaatst. Volgens artikel 2.1, tweede lid, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht is het verboden om zonder omgevingsvergunning een project uit te voeren, voor zover dat bestaat uit het bouwen van een bouwwerk. De technische ruimte met de specificaties uit tabel 2.1 die benodigd is voor dit project valt niet onder de uitzonderingen van deze wet. Omdat de activiteit waarvoor de technische ruimte wordt gebouwd niet valt onder artikel 2.2a., van het Besluit omgevingsrecht is er geen verplichting tot het maken van een milieueffectrapport (hierna MER) op welke grond een aanvraag tot omgevingsvergunning kan worden afgewezen. Wel kan een omgevingsvergunning worden afgewezen op grond van een afwijking van het door de gemeente bepaalde bestemmingsplan voor een perceel. Op basis van dit juridisch kader, en met stakeholders besproken technische en financiële overwegingen bespreken we hier kort vijf potentiële locaties, op kaart getekend aan het einde van dit hoofdstuk.

Tabel 2.1 Door Alliander aangeleverde specificaties van de technische ruimte

Oppervlakte	200 m <sup>2</sup>
Hoogte	5 m (zonder schoorsteen)
Inhoud	Warmtewisselaar, industriële warmtepomp, piekkel (gas), buffervat

#### 2.1.1 Locaties op kadastrale grond van de gemeente Zutphen

##### Locatie A en B (tabel 2.2 en afbeelding 2.9)

De conceptlocaties van de technische ruimte op kaart A en kaart B (afbeelding 2.9) bevinden zich op kadastrale grond van de gemeente Zutphen. Beide sites zijn in het gemeentelijke bestemmingsplan, daterend uit 2010, aangewezen als groenbestemming. Volgens de toelichting op het bestemmingsplan mogen er, in voor Groen aangewezen gronden, uitsluitend gebouwen voor nutsvoorzieningen worden gebouwd. Deze gebouwen mogen echter maar een inhoud hebben van maximaal 36 m<sup>3</sup> en een bouwhoogte van maximaal 3 m. Dit betekent dat de technische ruimte niet inpasbaar is in het bestemmingsplan van de gemeente. Initiatieven die in strijd zijn met het gemeentelijke bestemmingsplan kunnen echter alsnog een omgevingsvergunning krijgen in bij algemene maatregel van bestuur aangewezen gevallen, of in overige gevallen wanneer de motivering van het besluit een goede ruimtelijke onderbouwing bevat.

Aanwijzingen voor een dergelijke uitzondering kunnen worden gezocht in het energiebeleid van de gemeente Zutphen. In de strategische visie Zutphen 2025 staat dat Zutphen nadrukkelijk inzet op kansrijke initiatieven die het duurzaam DNA (red. van Zutphen) zichtbaar maken, bijvoorbeeld op het gebied van duurzaam bouwen en wonen, energie besparen, en duurzaam opwekken. Daarnaast bestaat in Zutphen de ambitie om energieneutraal te zijn in 2030.

Mocht het energiebeleid van de gemeente Zutphen niet voldoende zijn om een afwijking van het bestemmingsplan te ratificeren, dan valt te overwegen om het gebouw ondergronds te bouwen. Hiervoor is geen omgevingsvergunning vereist. Echter moet in het kader van de Wet bodembescherming de verspreiding van aan de bouw gelieerde bodemverontreinigingen tegen worden gegaan. Het maken van een gebiedsgericht plan met onderbouwing biedt mogelijkheden om het ondergronds bouwen van de technische ruimte onder voorwaarden toe te staan. Dit gaat wel gepaard met extra kosten voor grondverzet: circa 20,-- EUR per kubieke meter. In totaal betekent dit een toename van de CAPEX van 20.000,-- EUR. Daarnaast moeten de rookgassen van de piekkelteel bovengronds weggevoerd worden. Het Bouwbesluit 2012 vermeldt hierover dat rookgaskanalen hoger moeten zijn dan alle obstakels in een nabijheid van 15 m. In de beoogde locaties op kaart A en B van afbeelding 2.1 betekent dit een afwijking van het bestemmingsplan, en dus grond voor het afwijzen van een omgevingsvergunning. Het is daarom, en in het kader van de duurzaamheidsdoelstellingen van de gemeente, interessant om te overwegen om de gasgestookte piekkelteel te vervangen door een of meerdere geschakelde industriële lucht-waterwarmtepompen.

## 2.1.2 Locaties op kadastrale grond van Woonbedrijf leder1

### Locatie C (tabel 2.2 en afbeelding 2.9)

Aan de Beethovenstraat staan drie appartementencomplexen van Woonbedrijf leder1 met een breed achtererf. Woonbedrijf leder1 is bereid mee te denken in het eventueel plaatsen van de technische ruimte op het meest westelijk gelegen perceel (kaart a, overzichtskaart achter in dit hoofdstuk). Als de technische ruimte op het achtererf wordt geplaatst is er geen omgevingsvergunning vereist, mits de bouwhoogte van de technische ruimte maximaal 5 m is. Door de gasgestookte piekkelteel te vervangen door een of meerdere geschakelde industriële lucht-waterwarmtepompen kan de technische ruimte dus vergunningsvrij op het achtererf gebouwd worden. Dit zal ook mogelijke klachten in verband met de rookpluim elimineren. Wanneer er sprake is van een schoorsteen dient wel een omgevingsvergunning aangevraagd te worden. De technische ruimte is in dit geval een afwijking van door de gemeente aangewezen bestemming van dit perceel: wonen. Er moet dus rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat het rookgaskanaal langs het appartementencomplex moet worden omgeleid.

### Locatie D (tabel 2.2 en afbeelding 2.9)

Een andere mogelijkheid is het inpandig bouwen van de technische ruimte. Woonbedrijf leder1 is bereid tot het ter beschikking stellen van vijf garageruimtes in de plint van het complex, mits voorzorgsmaatregelen worden getroffen tot het afdoende ventileren van de ruimte, het waarborgen van de brandveiligheid, en het mitigeren van trilling- en geluidsoverlast. Daarnaast gaat de raad van bestuur van leder1 alleen akkoord met deze exercitie als de huurders in het complex hierbij aantoonbaar voordeel hebben, bijvoorbeeld door verlaging van de energiekosten of verbetering van het wooncomfort. Voor het inpandig bouwen van de technische ruimte is geen omgevingsvergunning nodig.



Tabel 2.2 Kansrijkheid van verschillende locaties voor de technische ruimte

Locatie technische ruimte	Grondeigenaar	Voordelen	Moelijkheden	Impact op de kosten
A	Gemeente Zutphen	Tracékosten worden tot een minimum beperkt.	Dicht naast particuliere bebouwing; hellende grond naar de Berkel; afwijkend bestemmingsplan; mogelijk gasketel vervangen door een luchtwarmtepomp, en ondergronds bouwen.	CAPEX stijgt met circa 20.000,-- EUR in geval van ondergronds bouwen.
B	Gemeente Zutphen	Tracékosten worden tot een minimum beperkt.	Afwijkend bestemmingsplan; mogelijk gasketel vervangen door een luchtwarmtepomp, en ondergronds bouwen.	CAPEX stijgt met circa 20.000,-- EUR in geval van ondergronds bouwen.
C	Woonbedrijf leder1	Technische ruimte bevindt zich op kadastrale grond van leder1; kan mogelijk vergunningsvrij gebouwd worden.	De rookgasafvoer moet mogelijk worden omgelegd en langs het complex omhoog worden geleid.	Meer leidingwerk zorgt voor een kleine stijging van de CAPEX.
D	Woonbedrijf leder1	Technische ruimte bevindt zich op kadastrale grond van leder1; technische ruimte bevindt zich buiten zicht; kan vergunningsvrij gebouwd worden.	Er zijn bouwkundige ingrepen nodig om de technische ruimte in het garageblok onder de flat in te passen; aanpassingen zijn nodig op het gebied van trillingen, brandveiligheid en ventilatie	Bouwkundige ingrepen en extra leidingwerk zorgen voor een kleine stijging van de CAPEX.

## 2.2 Locatie warmte- en koudeopslag

Op basis van geohydrologische analyses is bepaald dat voor optimaal gebruik van warmteopslag in de bodem, twee doubletten nodig zijn (bestaande uit een koude en warme bron) met een onderlinge afstand van 52 m. Bij het selecteren van een locatie voor de WKO-opstelling zijn er technische, juridische, en financiële afwegingen gemaakt. Allereerst verminderen de prestaties van een WKO aanzienlijk wanneer deze zich in interferentiegebied bevindt van andere (gesloten) bodemenergiesystemen, of drinkwateronttrekkingsgebieden. Op afbeelding 2.1 is te zien dat in het zuidwesten van het zoekgebied zich een serie individuele bodemlussen bevindt. Deze hebben doorgaans een thermische straal van enkele meters. Het is dus zaak om de opstelling minimaal 30 m van de bodemlussen af te plaatsen. In het zoekgebied is verder geen sprake van verbodsgebieden voor het plaatsen van een WKO, of aandachtsgebieden in verband met natuur, aardkundige waarden, archeologie, of bodemenergieplannen.

Volgens artikel 6.4, van de Waterwet is het verboden om zonder vergunning grondwater te infiltreren of onttrekken met debieten hoger dan 10 m<sup>3</sup>. Het toetsingskader van de waterwetvergunning kent naast eisen op het gebied van het voorkomen van interferentie van bodemenergiesystemen ook eisen die moeten voorkomen dat bodemverontreinigingen horizontaal of verticaal worden verspreid. Op afbeelding 2.1 is te zien dat er zich in het Waterkwartier een aantal bodemverontreinigingen bevinden afkomstig van voormalige stortplaatsen. Daarnaast is ten zuiden van de Thorbeckesingel sprake van een MTBE-verontreiniging van het grondwater, waarschijnlijk door de nabijheid van een Brand Oil tankstation. Het is noodzakelijk om de hydraulische straal van de WKO-bronnen niet met deze verontreinigingen te laten interfereren.

Vanuit financiële overwegingen is het noodzakelijkheid om het WKO-systeem zo dicht mogelijk in de buurt te positioneren van de technische ruimte en het tracé van de inlaatleiding. Daarnaast is het van belang dat er zich geen barrières zoals wegen of beken tussen de bronnen bevinden om overbodige gestuurde boringen

voor de aanleg van leidingen te voorkomen. De locatie waarin aan alle vereisten wordt voldoen bevindt zich in de groenstrook links van de Laan naar Eme (afbeelding 2.1). Omdat er sprake is van grondwaterstroming van ongeveer 10 meter per dag richting de IJssel, zijn de koude bronnen tussen de IJssel en de warme bronnen gepositioneerd. Deze opstelling bevordert de retentie van thermische energie in de warme bronnen.

## 2.3 Locatie in- en uitlaatwerk

### Randvoorwaarden

De volgende randvoorwaarden zijn relevant voor de locatiebepaling van de inlaat:

- 1 voldoende waterdiepte (gedurende de periode van inlaat van water in het droge seizoen);
- 2 geen kortsluitstroom tussen in- en uitlaatwerk;
- 3 geen hinder scheepvaart.

Uit een gegevensreeks van het peil van de IJssel bij Zutphen over de afgelopen 10 jaar (bron: 20190506 Gegevens Zutphen.xls) blijkt het volgende:

- gemiddeld peil: NAP +4,22 m;
- MHW: NAP +9,25 m;
- minimaal peil: NAP +1,59 m.

Aangezien inname van water in de zomer plaatsvindt, gedurende het droge seizoen, zijn met name de lage waterstanden relevant:

- een peil lager dan NAP +2,20 treedt gemiddeld 26,2 dagen per jaar op;
- een peil lager dan NAP +2,00 treedt gemiddeld 6,6 dagen per jaar op;
- een peil lager dan NAP +1,70 treedt gemiddeld 1,8 dagen per jaar op.

### Zoekgebied locatie inlaat

Het zoekgebied voor de locatie van de inlaat is vanzelfsprekend zo dicht mogelijk bij de beoogde locatie voor WKO zoals hierboven besproken. Nabij deze locatie is sprake van twee kunstwerken in de dijk:

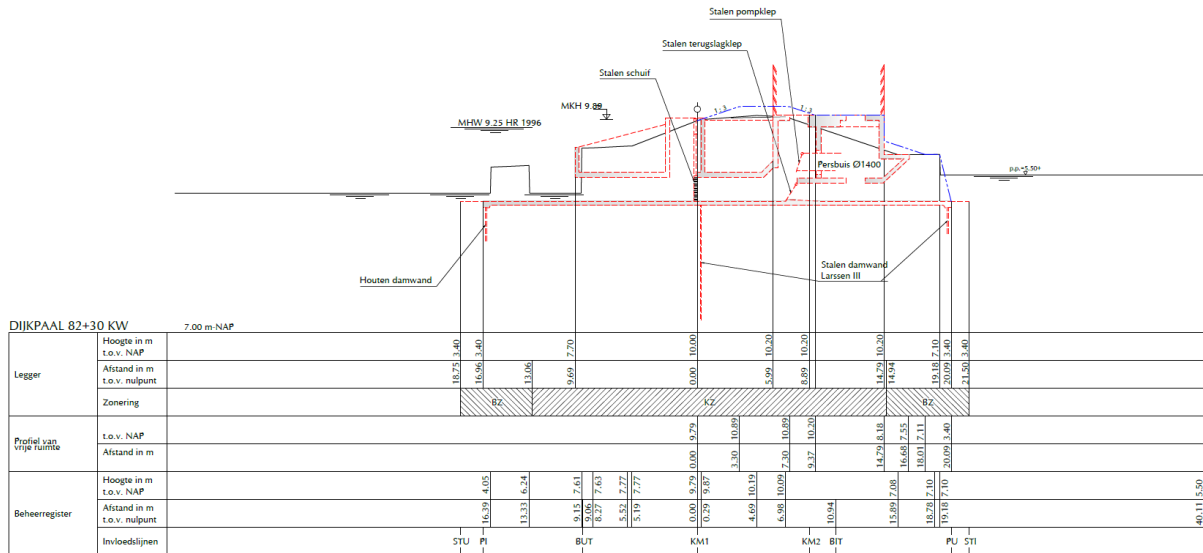
- Gemaal Helbergen;
- Een spuisluis voor uitlaat van water uit de Berkel.

Afbeelding 2.1 Gemaal Helbergen en spuisluis

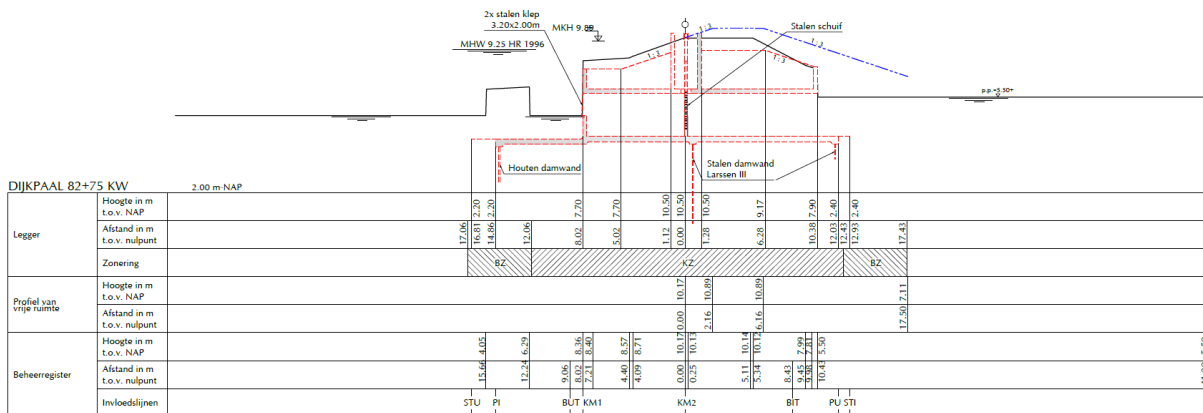


Om de ingreep van het maken van een in- en uitlaat zo beperkt mogelijk te houden is onderzocht in hoeverre er gebruik gemaakt kan worden van de bestaande constructie. Onderstaande afbeeldingen geven inzicht in de dwarsdoorsnede van beide constructies.

Afbeelding 2.2 Doorsnede t.p.v. het gemaal Helbergen, dijkkring 50, DP82,30



Afbeelding 2.3 Doorsnede t.p.v. spuisluis, dijkkring 50, DP82,75



Het bodemniveau van de uitstroom van het gemaal ligt op NAP +3,40 m en het bodemniveau van uitstroom van de spuikoker ligt op NAP +2,20 m. Beide bodemhoogten bieden onvoldoende diepte voor een regelmatige inname van water gedurende de droge periode.

Het zoekgebied is vervolgens vergroot naar het gehele kribvak waarin bovenstaande constructies zich bevinden.

Er zijn geen metingen van de bodem van het kribvak beschikbaar maar op fotomateriaal is te zien dat het bodem van het kribvak nauwelijks dieper ligt dan de bodem van de spuisluis (zie afbeelding hieronder). Theoretisch kan de bodemhoogte in het kribvak ook als volgt worden afgeleid:

- op de normaallijn van de rivier is de bodemdpte naar verwachting tussen de NAP -1.8 m en NAP - 0.8 m.

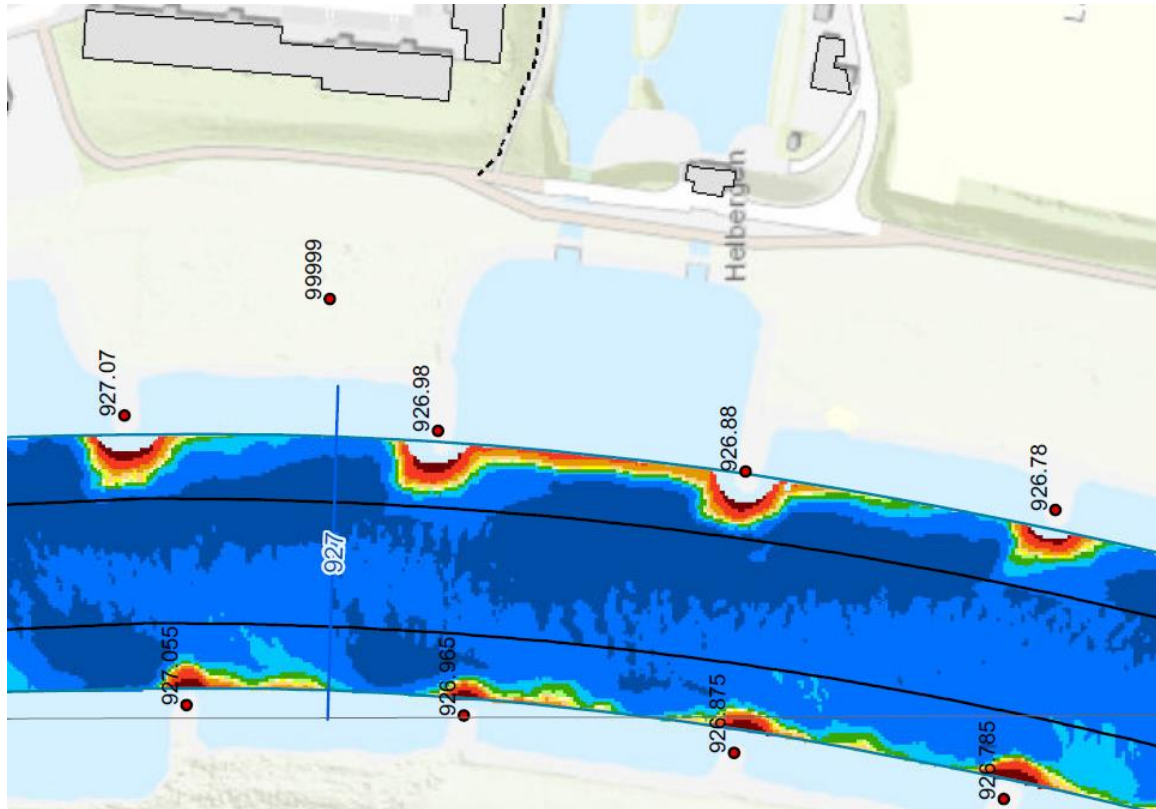
- Het is circa 55 meter vanaf de normaallijn tot aan het einde van het kribvak (=horizontale 'diepte' van het kribvak);
- Gemiddeld bodemverhang (m:m) in het kribvak ligt tussen de 1:8,5 en 1:10.

Afbeelding 2.4 Beeld van bodemdiepte kribvak (Fotoarchief de Stentor, De Stentor 2003)



De bodemhoogte ter plaatse van de spuikoker ligt daarmee op circa NAP +2.00 m. Een inlaat aan de teen van de dijk, in lijn met het gemaal en de spuisluis, zou dus een toegangseu vereisen. Een gebaggerde eu zou naar verwachting snel verzanden. Dit kan voorkomen worden door toepassing van een kofferdamconstructie zoals bij (zee) waterinlaten toegepast wordt waar longitudinaal sediment transport een factor is. Onderstaande afbeelding laat zien dat de benodigde diepte pas nabij de vaargeul en de normaallijn van de rivier gevonden zou kunnen worden.

Afbeelding 2.5 Bathymetrie van de rivier

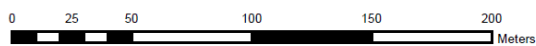


Legenda

- Bebakening
  - Rivierkilometrerings
  - Normaalijn
  - Vaargeul\_2014-v01
- | Diff JMP-2019 met BRV-2014 ijsseel |                                      |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| <VALUE>                            |                                      |
|                                    | > 2 m (ondieper dan BRV2014 - 2.8 m) |
|                                    | 1 tot 2 m                            |
|                                    | 0.5 tot 1 m                          |
|                                    | 0.2 tot 0.5 m                        |
|                                    | 0.1 tot 0.2 m                        |
|                                    | 0 tot 0.1 m                          |
|                                    | -0.1 tot 0 m                         |
|                                    | -0.2 tot -0.1 m                      |
|                                    | -0.5 tot -0.2 m                      |
|                                    | -1 tot -0.5 m                        |
|                                    | -2 tot -1 m                          |
|                                    | < -2 m (dieper dan BRV2014 - 2.8 m)  |

Verskil m tov BRV2014  
 Waarden boven NAP zijn positief  
 Celgrootte 1x1m

Topografische achtergrond © Kadaster  
 - Basiskaart/Topo (WMS / ESRI online)



Het installeren van een aanvullende harde constructie (kofferdam) in het kribvak tot dicht aan de vaargeul is kostbaar en vanuit het oogpunt van morfologie en scheepvaart niet wenselijk. De kribben aan weerszijden van het kribvak vormen echter een bestaande harde constructie welke bescherming kunnen bieden aan een inlaatpunt op een locatie met voldoende waterdiepte.

Bovenstaande afbeelding laat zien dat de waterdiepte benedenstrooms van de krib op rkm 926.98 ruim voldoende is, namelijk van NAP -2,00 m tot NAP -1,00 m. Dit betreft een momentopname maar naar verwachting blijft hier voldoende diepte, mits er voldoende marge van inlaatpunt tot bodem wordt aangehouden. Zoals gebruikelijk is de waterdiepte aan de benedenstroomse kant van de krib door neervorming dieper dan aan de bovenstroomse kant en deze locatie, aan de voorzijde en in de schaduwlijn

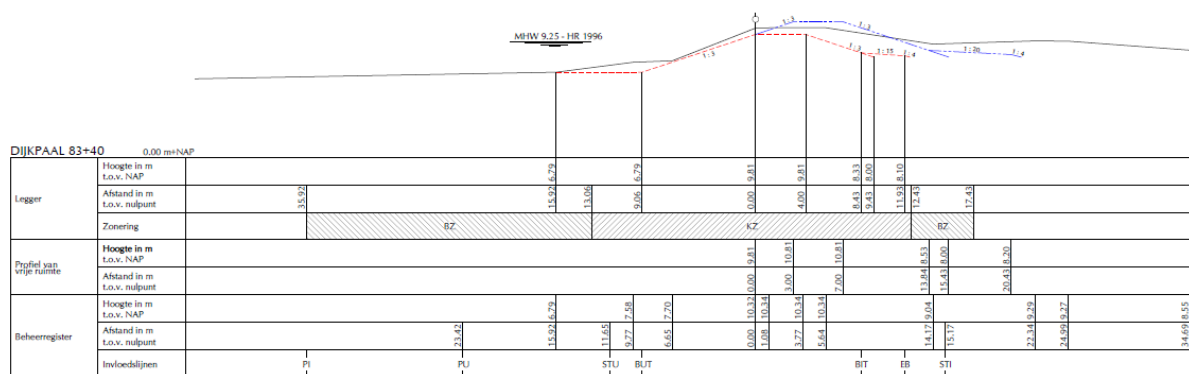
van de krib, is daarmee de aangewezen locatie voor het inlaatpunt. Het inlaatpunt zit scheepvaart hier niet in de weg.

De positionering van het uitlaatwerk is, met het oog op het voorkomen van kortsluitstromen aan de benedenstroomse zijde van de volgende krib (rkm 927.07) geprojecteerd. Aangezien er ook bij laag water altijd wel enige stroming in de rivier is, wordt dit als voldoende afstand ingeschat om te voorkomen dat gekoeld water opnieuw ingelaten wordt. Het uitlaatwerk hoeft niet aan de voorzijde van de krib gepositioneerd te worden. Op basis van een stromingsmodel kan in een latere fase geverifieerd worden of de afstand voldoet of kleiner genomen kan worden.

### Dijkkruising

De leiding vanaf het inlaatpunt en naar het de uitstroom kruisen de dijk. Onderstaande afbeelding geeft een representatieve doorsnede.

Afbeelding 2.6 Representatief dijkprofiel DP83,40



Voor het kruisen van de dijk gelden twee mogelijkheden:

- 1 een portaalkruising: de dijk wordt deels opgegraven en de leiding gaat dan hoog door de dijk
- 2 een HDD boring onder de dijk door.

#### Ad 1 Portaalkruising

Het theoretisch profiel van de dijk ligt op NAP +9,81. De statische opvoerhoogte bij lage waterstanden is +9,81 + buisdiameter (0,20) - waterpeil (+1,60) = 8,41 m. Dit is exclusief dynamische weerstand (entree weerstand en leidingweerstand). De leiding zal waarschijnlijk dus lager door de dijk moeten om beneden de dampdruk van het water te blijven en cavitatie te voorkomen. Er zal daarnaast een vacuümstation op de kruin moeten worden geïnstalleerd.

#### Ad 2 HDD boring

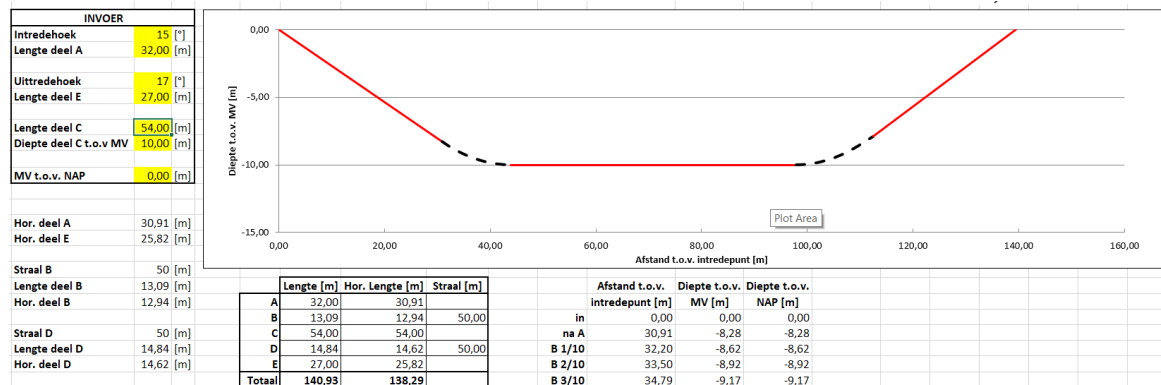
Een eenvoudigere en goedkopere oplossing dan bovenstaand is een boring onder de dijk door. De dijk hoeft daarbij niet open gegraven te worden en een vacuümstation op de kruin is niet nodig.

Vanuit de beheerder van de dijk geldt een richtlijn 'Te hanteren werkwijze bij voorbereiding en aanleg van een HDD', d.d. 20 mei 2015, Waterschap Rijn en IJssel. Afwijkend van de NEN3651 geldt vanuit deze richtlijn dat de gronddekking ter plaatse van de teen van de dijk, inclusief **beschermingszones**, altijd 10 m dient te zijn.

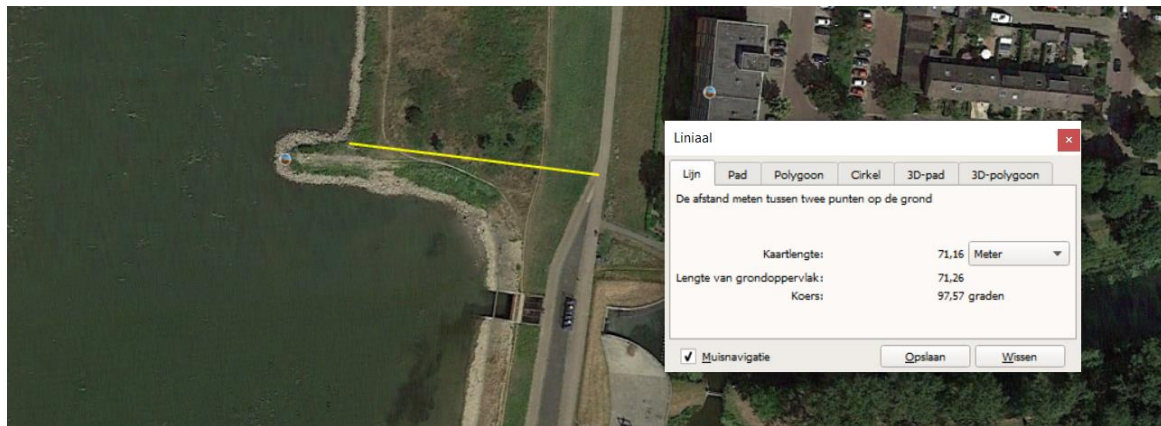
Op basis van een maximale capaciteit van 200 m<sup>3</sup>/h is een PE rond 200 mm leiding als aanzuigleiding onvoldoende groot om cavitatie te voorkomen (> 1 bar dynamische opvoerhoogte). Een PE rond 250 mm (220,4 inwendig) voldoet wel (zie paragraaf @). Bij een debiet van 200 m<sup>3</sup>/h geldt een stroomsnelheid in de leiding van 1,46 m/s, wat voldoende is om zandkorrels en fijn sediment mee te voeren. Onderstaande figuur geeft de resultaten van een verkenning van in- en uittrede punt van de HDD boring waarbij een bochtstraal

voor de rond 250 mm PE leiding van 50 m is aangehouden. Buitendijks vanaf de beschermingszone (links in de grafiek, dus stroomafwaarts vanaf de rivier gezien) resulteert dit in een afstand van 40 m.

Afbeelding 2.7 Verkenning geometrie HDD boring



Afbeelding 2.8 Afstand van landzijde krib tot hart van de dijk



Uit bovenstaande afbeelding blijkt dat het niet mogelijk 10 m diepte over de gehele lengte van de beschermingszone van de dijk aan te houden. De kernzone (13 m in buitenwaartse richting) blijft buiten schot, de beschermingszone blijft ook buiten schot in de zin dat het uittredepunt ruim 20 m buiten de beschermingszone ligt. Echter aan de randvoorwaarde dat de leiding minimaal 10 m onder de beschermingszone blijft, wordt slechts over een deel van de beschermingszone voldaan, namelijk over circa 17 m (van de 35 m totale lengte beschermingszone). Aan de binnenzijde van de dijk kan ruim voldaan worden aan de eis om 10 m onder de beschermingszone te blijven.

Aangezien bovenstaand een vigerende richtlijn benadert, is de verwachting dat na aanvullend grondonderzoek aanvullende maatregelen kunnen worden benoemd om de veiligheid van de dijk te garanderen. Het betreft een kruising van een primaire dijk dus de leiding dient te voldoen aan de eisen uit de NEN3651. Daarnaast dienen afsluiters opgenomen te worden (of in het geval van een portaalkruising een ontlufter) conform eisen van de dijkbeheerder. Daarmee is deze optie om de dijk te kruisen middels een HDD-boring te verkiezen boven de portaalkruising.

Voor de leiding naar het uitlaatwerk geldt dat hier sprake is van een persleiding en dat daarmee een hogere druk en hogere stroomsnelheden mogelijk zijn. In plaats van een rond 250 mm leiding kan bijvoorbeeld voor een rond 200 mm gekozen worden. Dit leidt tot een kortere bochtstraal voor de HDD-boring en daarmee kan een groter deel van de beschermingszone worden ontzien.

## 2.4 Leidingtracé

Twee leidingtracés zijn beschouwd:

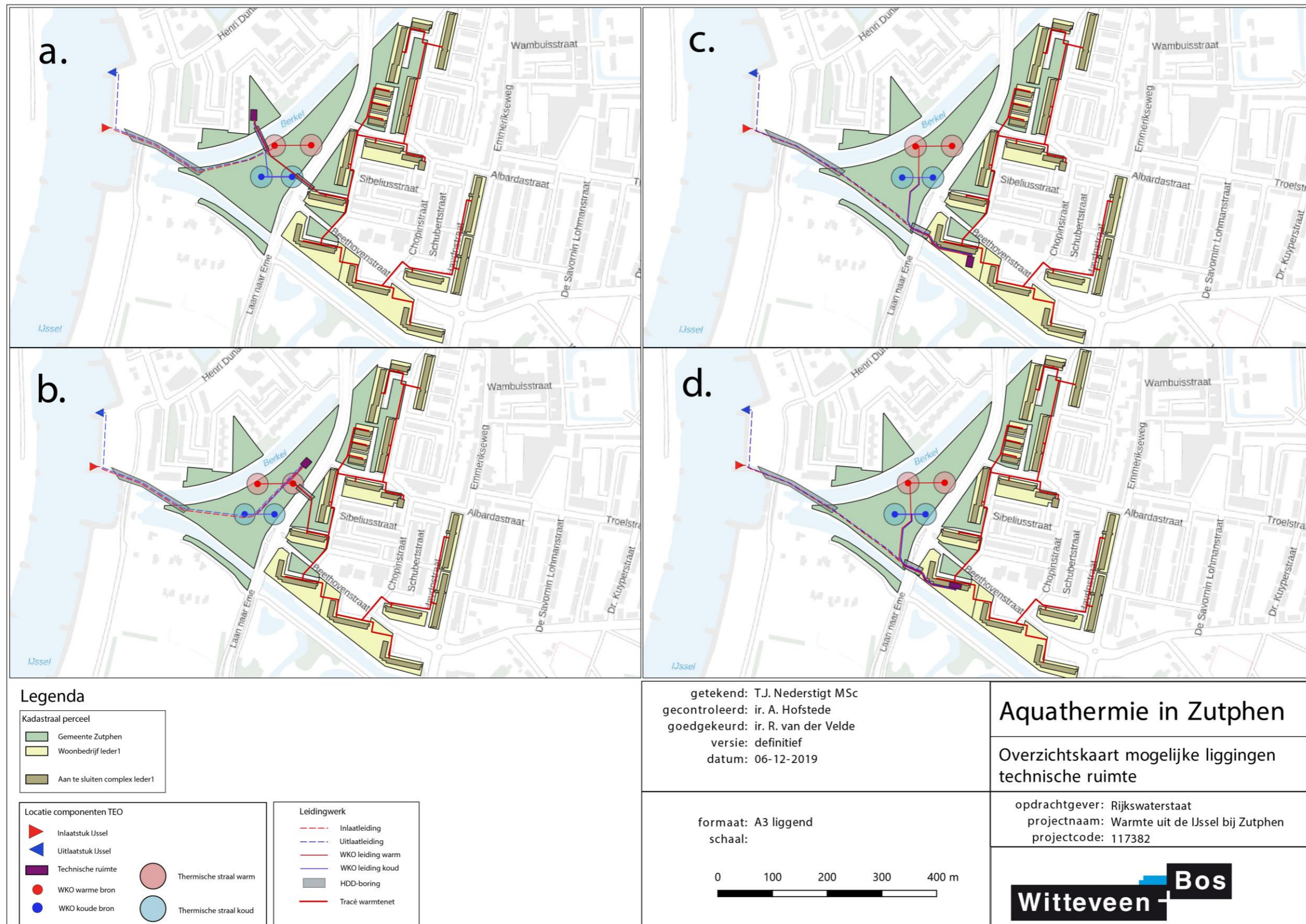
- retourleiding van inlaatstuk aan de IJssel naar de technische ruimte;
- retourleiding van WKO naar technische ruimte.

Het tracé van het inlaatstuk naar de technische ruimte passeert onder andere de Berkel en de Laan naar Eme. De beschikbare ruimte rondom de verschillende onderdoorgangen is beperkt. Een boring vanaf de locatie van het inlaatstuk naar de technische ruimte kan in één keer plaats vinden, waardoor meerdere onderdoorgangen op lastige locaties op een enkel traject niet meer nodig zijn. Bij de laan naar Eme vindt ook een boring plaats om te voorzien in het tracé tussen WKO en technische ruimte.

De overzichtskaart op de volgende pagina toont de boogde locatie van de WKO-doubletten, de technische ruimte en het in- en uitlaatstuk aan de IJssel.



Afbeelding 2.9 Scenario's systeeminrichting

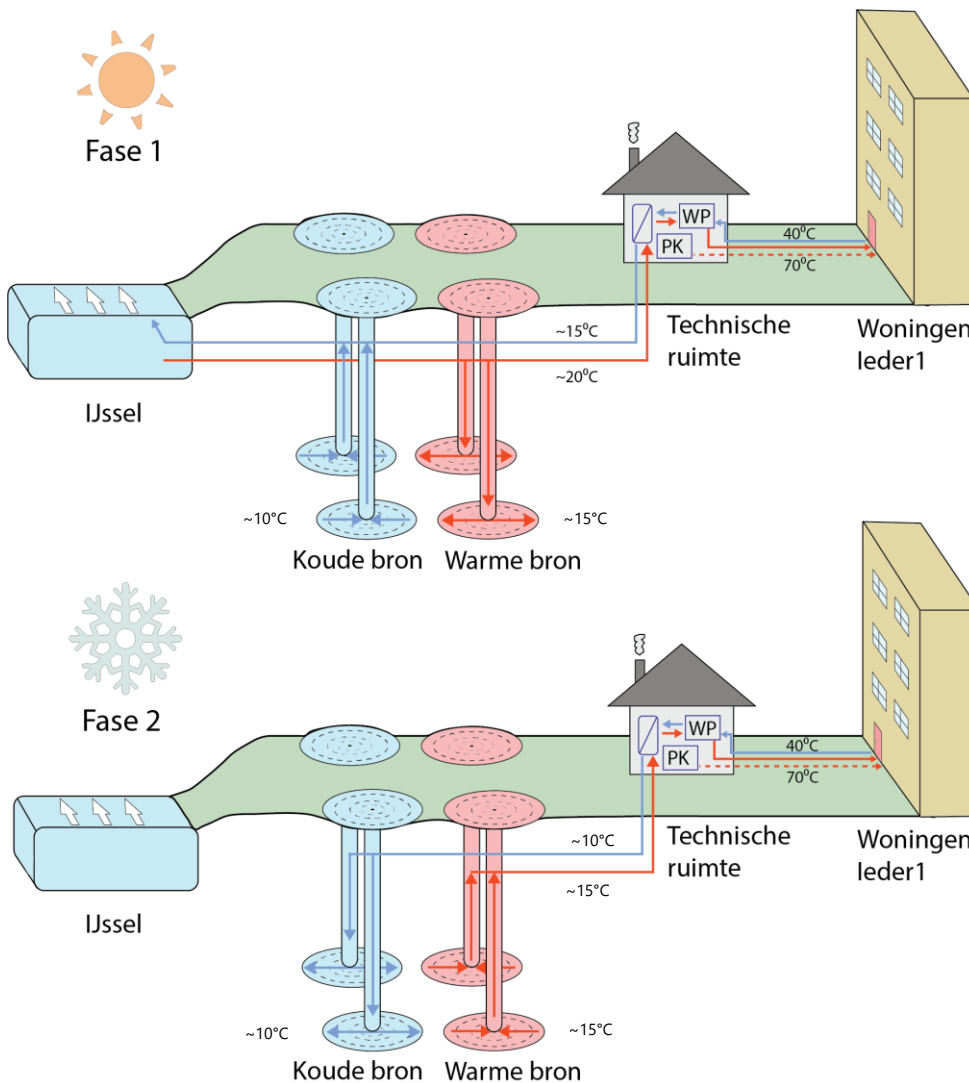


# 3

## ENERGIEBALANS

In dit hoofdstuk worden de energiebalansen besproken waaraan de TEO-installatie moet voldoen. In hier besproken situatie bestaat de TEO-installatie uit een bron (de IJssel), opslag (WKO), en een technische ruimte met een warmtepomp. Het warmtenet waarop de woningen van leder1 worden aangesloten heeft een aanvoertemperatuur van 70°C. Dit betekent dat er geen lage temperatuurafgifte mogelijke is in de aangesloten woningen. In een systeem zonder oppervlaktewater, met alleen een WKO, zou de warme bron in de zomer worden geregenereerd met behulp van het koelwater afkomstig uit de koude bron. Doordat in dit scenario koeling in de zomer niet mogelijk is, is externe regeneratie nodig. Hiervoor is TEO een gunstige optie.

Afbeelding 3.1 Systemconfiguraties van TEO in combinatie met WKO in de warme (fase 1) en koude maanden (fase 2)



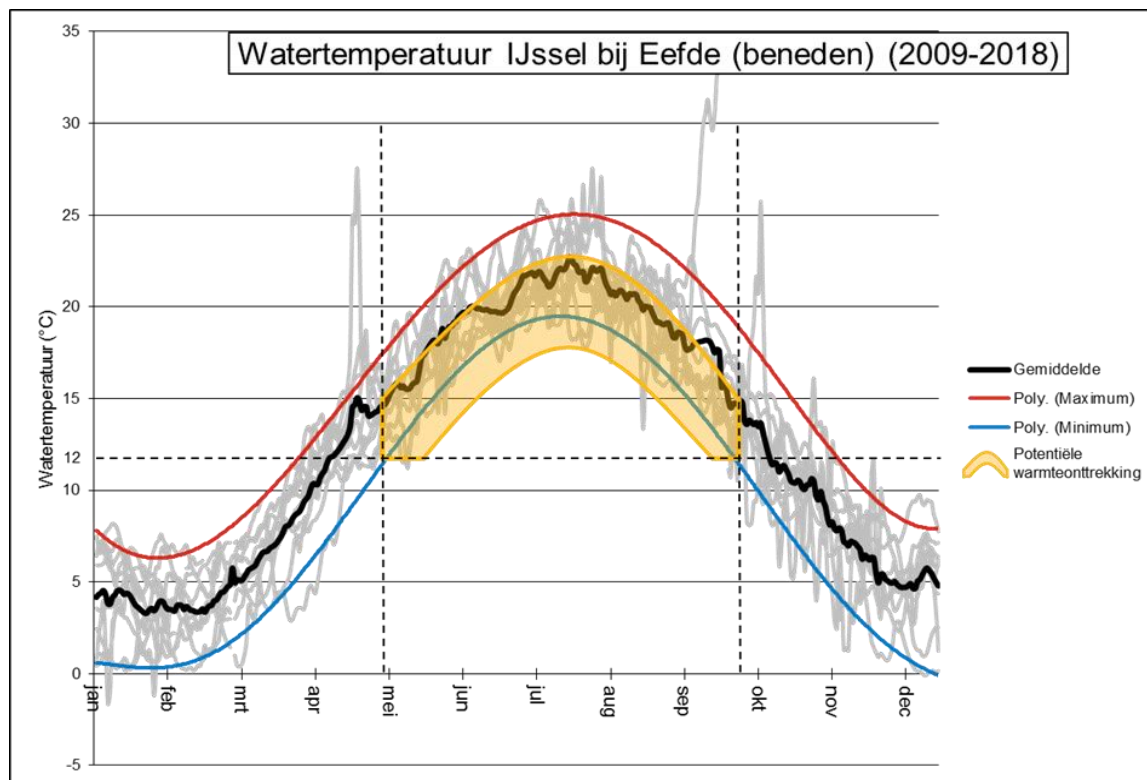
De hoeveelheid energie die uit de IJssel kan worden gewonnen is bepalend voor de debieten die in de inlaatconstructie en WKO-bronnen moeten worden behaald om aan de warmtebehoefte van de aan te sluiten appartementen te voldoen. Dit heeft weer zijn weerslag op de jaarlijkse benodigde pompenergie, en dus de elektriciteitskosten. De manier waarop de verschillende componenten van de TEO-installatie in Zutphen met elkaar verbonden zijn verschilt gedurende het jaar en is geïllustreerd in afbeelding 3.1.

Het is hierbij belangrijk om te onthouden dat de waterstromen tussen de IJssel en de technische ruimte, en de WKO en de technische ruimte separaat zijn. Er is dus geen sprake van grondwaterlozing in de IJssel waarvoor een aparte vergunning zou moeten worden aangevraagd.

### 3.1 Energiebalans

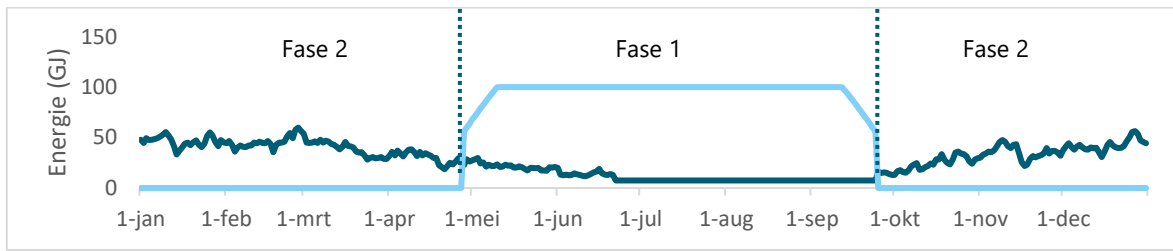
Gedurende het jaar is de energievraag van de warmtepomp in de technische ruimte 9750 GJ (Tabel 3.1). De TEO-installatie kan maar draaien van mei tot oktober in verband met landelijke wet- en regelgeving op het gebied van het afkoelen van oppervlaktewater. Deze regels geven aan dat oppervlaktewater niet mag worden afgekoeld tot onder de 12°C. Temperatuurmeetwaarden van het Waterschap Rijn en IJssel (afbeelding 3.2) geven het domein aan waarin de watertemperatuur nabij de locatie van onttrekking boven de 12°C is, en er dus mogelijkheid is voor het winnen van energie uit oppervlaktewater.

Afbeelding 3.2 Watertemperatuur van de IJssel gedurende het jaar nabij de locatie van onttrekking

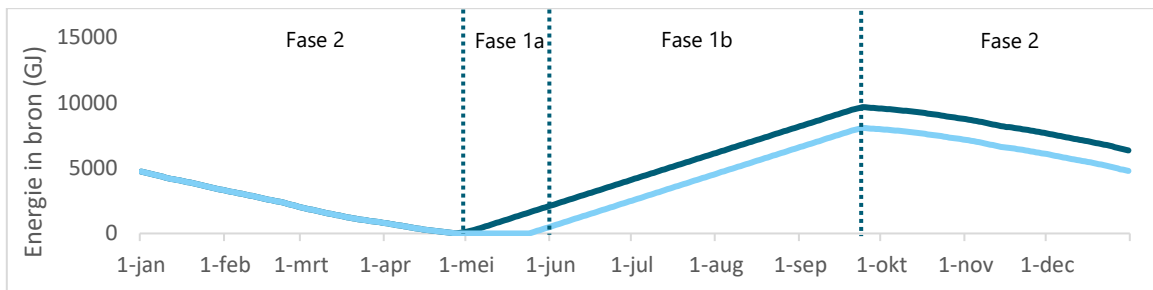


De warmtepomp in de technische ruimte kan een thermisch vermogen aan van 733 kW. Het maximale debiet van de inlaatleiding is 200 m<sup>3</sup>/uur. Dit betekent, in combinatie met de data uit afbeelding 3.2, dat in potentie 14.468 GJ aan thermische energie is te onttrekken; significant meer dan de energiebehoefte van de warmtepomp. De energie uit de IJssel is echter grotendeels beschikbaar wanneer de energievraag van de warmtepomp laag is, en vice versa (afbeelding 3.3). In totaal kan 18 % van de energievraag van de warmtepomp rechtstreeks worden ingevuld door warmte uit de IJssel. De overige 82 % moet in fase 1

Afbeelding 3.3 De energieaanvoer uit de IJssel (lichtblauw) en de warmtevraag van de warmtepomp (donkerblauw) per dag, gedurende een jaar. De fases geven de opstelling van het TEO-systeem aan zoals in afbeelding 3.1



Afbeelding 3.4 Een WKO-systeem in balans (donkerblauw), en in onbalans (lichtblauw). In fase 1 wordt de warme bron (donkerblauw) geregenereerd met restenergie uit het IJsselwater. In fase 2 is de warmte uit de WKO nodig om aan de energievraag van de warmtepomp te voldoen. De disbalans van de WKO in b., is in a. opgelost door middel van het tijdelijk stopzetten van de pompen (Fase 1a). Het enige warmteverlies is hier door grondwaterstroming. De koude bron blijft constant gedurende het hele jaar, omdat er geen koude uit de IJssel wordt gewonnen in dit project



worden opgeslagen in de warmte bronnen van de WKO, zodat deze in fase 2 kan worden opgeroepen. De WKO-doubletten kennen gedurende het jaar twee hoofdfases. Tijdens de zomermaanden (fase 1) is de energievraag van de warmtepomp volledig in te vullen door het IJsselwater. De resterende thermische energie gaat naar de WKO. Water wordt uit de koude bronnen onttrokken en gaat langs een warmtewisselaar in de technische ruimte, waar het wordt opgewarmd met behulp van de resterende energie uit het IJsselwater. Het opgewarmde water wordt vervolgens in de warme bronnen geïnfiltrerd. In de koude maanden (fase 2) zijn de pompen naar de IJssel uitgeschakeld. Water uit de warme bronnen wordt nu onttrokken en geeft zijn warmte af aan de warmtepomp in de technische ruimte. Het afgekoelde water wordt vervolgens in de koude bron geïnfiltrerd.

Het is essentieel om de WKO goed in balans te brengen. Dit betekent dat de bodem in zijn geheel een constante temperatuur moet behouden over het jaar. Opwarming of afkoeling van de bodem kan de bodemkwaliteit doen verslechteren en vermindert de prestaties van de warmtepomp. Wanneer er minder energie uit de IJssel kan worden gewonnen dan nodig is voor de jaarlijkse energiebehoefte van de warmtepomp, wordt de WKO overbelast en zal de bodem netto afkoelen. Om dit te voorkomen moet voor een bepaalde tijd de piekketel worden ingezet om aan de warmtebehoefte van de woningen te voldoen. In dit project hebben we te maken met de omgekeerde situatie: er is meer warmtewinning mogelijk dan nodig is voor het invullen van de energiebehoefte van de warmtepomp. Dit betekent dat gedurende bepaalde tijd wanneer warmtewinning mogelijk is de pompen naar de IJssel uit moeten worden gezet, en er geen infiltratie plaats vindt in de warme bron. De situaties: in- en uit balans voor dit project zijn gegeven in afbeelding 3.4.

Voor optimale prestaties van de WKO moet de IJsselpomp tussen eind april en half juni op non-actief staan. Dit garandeert evenwicht tussen de warme en koude bronnen, voldoet aan de energievraag van de warmtepomp, en scheelt op jaarbasis ongeveer 3.000,- EUR aan elektriciteitskosten (zie hoofdstuk 5). In

deze modellering is ook te zien dat wanneer dagen als resolutie worden aangehouden, de piekketel niet nodig is om aan de warmtevraag van het net te voldoen.

Tabel 3.1 In dit project gehanteerde waarden voor het bepalen van de energiebalansen

Grootheid	Eenheid	Waarde	Oorsprong
Warmtevraag warmtepomp	GJ	9.750	Berekening Alliander
Potentieel winbare warmte IJssel	GJ	14.468	
Gelijktijdigheid vraag en aanbod	%	18	
Maximaal thermisch vermogen warmtepomp in	kW	733	Gegeven project
Maximaal debiet inlaatconstructie	m <sup>3</sup> /uur	200	Gegeven project
$\Delta T$ oppervlaktewater (max)	°C	5	Gegeven project
$\Delta T$ WKO	°C	5	Gegeven project
Aantal vollasturen TEO	-	2.457	
Aantal vollasturen WKO	-	2.885	

# 4

## DIMENSIONERING

### 4.1 Inlaatstuk aan de IJssel

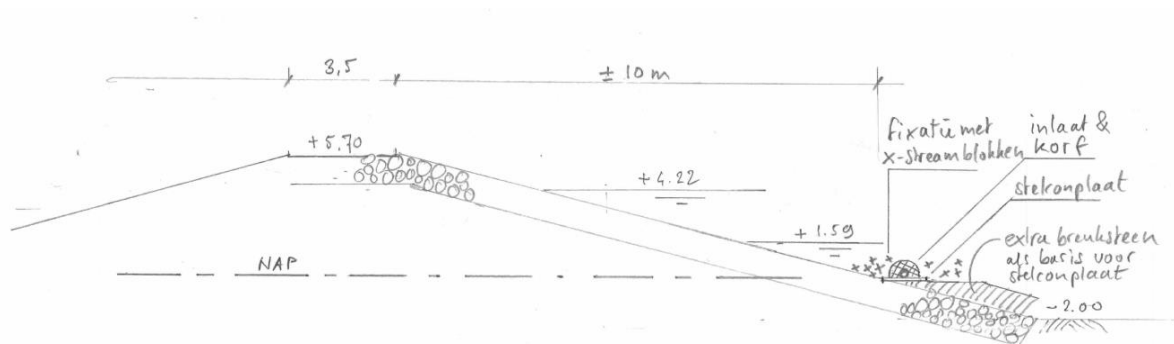
Zoals in paragraaf 2.3 genoemd is het laagst gemeten peil (nabij de projectlocatie) in de afgelopen 10 jaar NAP -1,60 m. De datareeks van 10 jaar is te kort om te beoordelen wat de herhalingsperiode hiervan is. Met het oog op klimaatverandering is de inschatting dat lagere waterstanden vaker zullen voorkomen en mogelijk lager kunnen worden. Ten aanzien van de ontwerpdiepte geldt het volgende:

- de inlaat moet onder laagwater liggen, bij voorkeur ruim onder de laagst gemeten waterstand met het oog op klimaatverandering
- indien mogelijk moet een extra diepte van 0,5 m in acht worden genomen om aanzuiging van lucht (vortex) te voorkomen
- de inlaat moet vrij van de bodem liggen, zodanig dat verzanden of het aanzuigen van zand wordt voorkomen.

Ter hoogte van het kribbaken van krib 926.98 ligt het rivierbed stroomafwaarts op een diepte van NAP -1.00 m tot -2.00 m. Rekening gehouden moet worden met enige variatie van de bodemligging gedurende het jaar. Door neervorming achter de krib dit is hier sprake van een lokale diepte. Aanbevolen wordt de inlaat tot nabij het kopbaken te installeren, zodat het zo veel mogelijk vrij van de bodem komt te liggen en de inlaat van zand wordt geminimaliseerd. Vooral het voorkomen van de inlaat van grovere fracties is een aandachtspunt. Een nadere beschouwing van het type korf, maaswijdte en eventueel filter is in dit kader aan te bevelen.

Onderstaande afbeelding geeft een principeoplossing van het inlaatpunt. Een doorsnede ter plaatse van de krib (of een typische doorsnede van kribben in de IJssel) is niet voorhanden. Mogelijk is het talud in de realiteit steiler dan zoals hieronder afgebeeld.

Afbeelding 4.1 Principeoplossing inlaat



Voor de uitlaat van water kan een vergelijkbare oplossing toegepast worden ter plaatse van de benedenstrooms gelegen krib op rkm 927,07.

## 4.2 Warmte- en koudeopslag

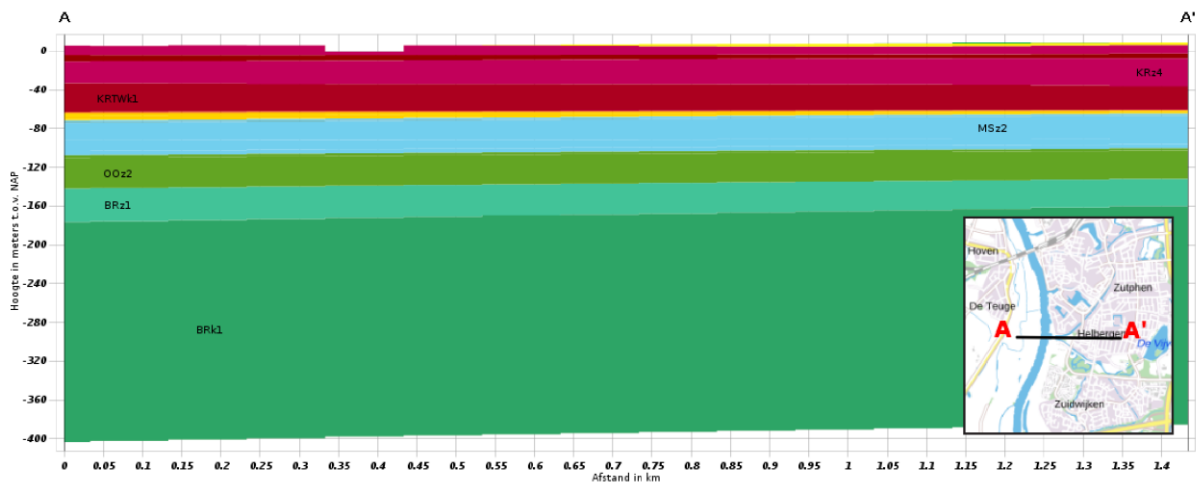
Voor een goed functionerende WKO zijn poreuze grofzandige lagen die veel grondwater bevatten nodig met een hoge horizontale doorlaatbaarheid. Daarnaast is het van belang dat de grondwatersnelheid zo laag mogelijk ligt, om transport van de warme en koude bellen te voorkomen. Als laatste moet het watervoerende pakket aan de bovenkant zijn afgesloten door een niet-doorlatend pakket, zoals een klei- of zoutlaag.

Voor dit project is niet gekozen voor de meest ondiep gelegen grofzandige laag, de Formatie van Kreftenheye (afbeelding 4.1: KRz4). Dit omdat voor het gebruik voor WKO van deze laag meer dan twee doubletten nodig zijn in verband met de kleine dikte van de laag. Daarnaast zorgt de afwatering naar de IJssel voor hoge snelheden van het freatisch grondwater. In plaats daarvan is gekozen voor de diepere Formaties van Peize en Waalre, Formatie van Maassluis, en Formatie van Oosterhout (afbeelding 4.2: MSz2, OOz2, BRz1).

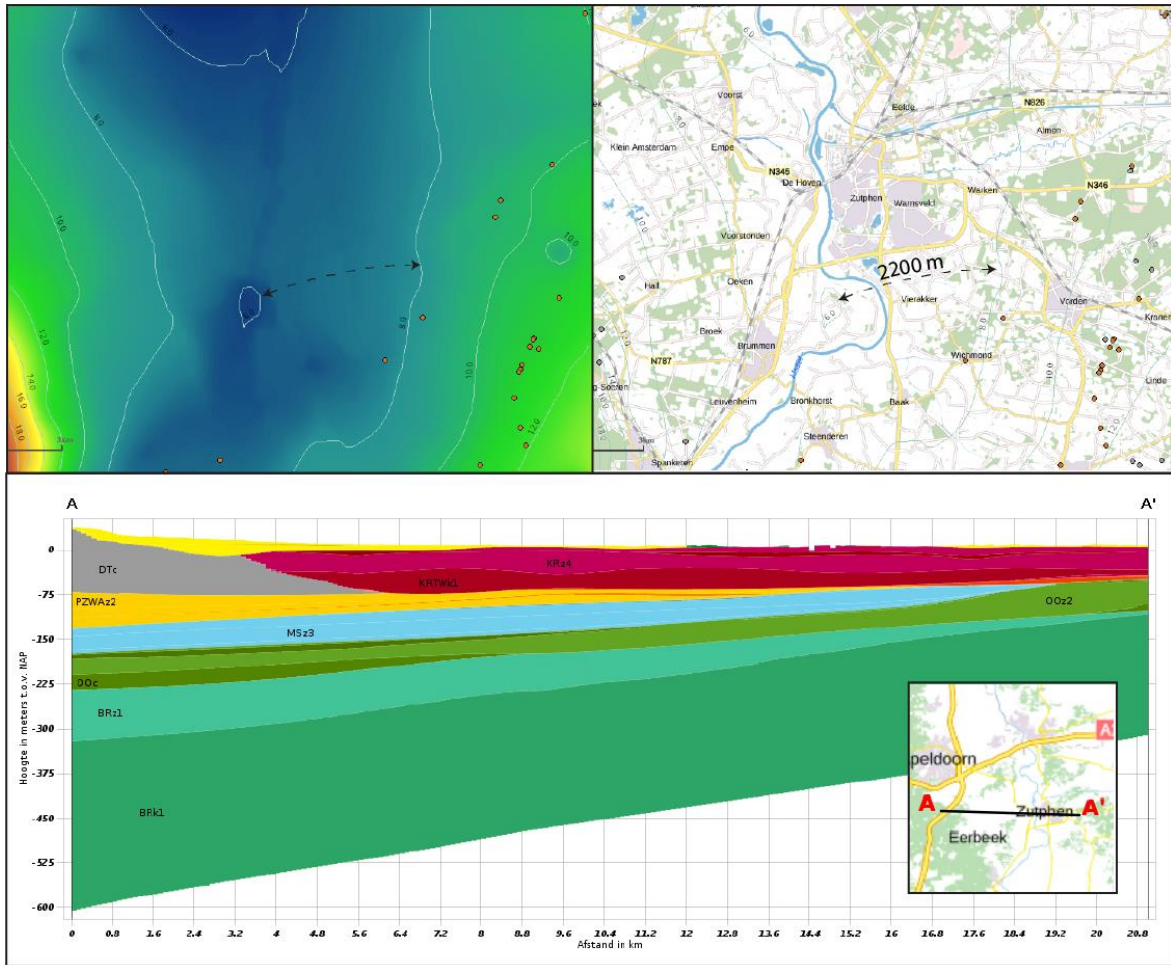
Voor het bepalen van de grondwatersnelheid zijn de isohypsenkaarten van de Nederlandse Geologische Dienst geraadpleegd (afbeelding 4.2). Hier is van belang dat het reservoir dat voor dit project is gekozen het vierde watervoerende pakket omvat. Dit is niet direct duidelijk op te maken uit afbeelding 4.2, waarin het lijkt dat de gekozen lagen het derde watervoerende pakket zijn. Echter wanneer een meer regionale doorsnede wordt bekeken is te zien dat de Formatie van Boxtel ten westen van Zutphen lokaal aanwezig is, en een extra watervoerend pakket vormt in de stratigrafie.

Volgens onze berekening zullen voor dit pakket twee doubletten nodig zijn met elk een debiet van 71 m<sup>3</sup>/uur. De diameter van de boorgatwand dient 500 mm te bedragen. De thermische straal van de bronnen bedraagt ongeveer 20 m. Voor doubletten met een kleine thermische straal (<20 m) geldt dat om thermische beïnvloeding te voorkomen, bronnen met een afstand van drie keer de thermische straal van elkaar dienen worden geplaatst.

Afbeelding 4.2 Geohydrologische doorsnede van het zoekgebied voor WKO in Zutphen. Significante kleiige lagen zijn KRTWk1 en BRk1. Afkomstig uit het REGIS II model ([www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl), geraadpleegd op 19-11-2019)



Abbeelding 4.3 Grondwaterstijgogtelijnen in het vierde watervoerende pakket. In de regionale stratigrafie is te zien dat de gekozen formaties in het vierde watervoerende pakket vallen. De afstand tussen de stijgogtelijnen bedraagt in het zoekgebied ongeveer 2200 meter. Afkomstig van [www.grondwatertools.nl](http://www.grondwatertools.nl) (geraadpleegd op 19-11-2019)



Tabel 4.1 Overzicht van de voor dit project gehanteerde waarden voor de reservoir eigenschappen, en de berekende technische eigenschappen van de WKO

Grootheid	Eenheid	Waarde	Bron
Porositeit watervoerende pakket	%	34	Dinoloket
Horizontale doorlatendheid watervoerende pakket	m/dag	9	Dinoloket
Grondwaterstromingssnelheid	m/jaar	5	Grondwatertools
Benodigd opslagvolume aan water in WKO	m <sup>3</sup>	381.655	
Diepte boring	m	147	Dinoloket
Filterlengte	m	77	Dinoloket
Aantal doubletten	-	2	
Debiet per doublet	m <sup>3</sup> /h	71	
Diameter boorgatwand	mm	500	
Thermische straal	m	20	
Afstand bronnen	m	60	
Benodigde ruimte bovengronds	m <sup>2</sup>	3525	



## 4.3 Leidingen en pompen

In dit subhoofdstuk zijn de lengte en diameter van de leidingen vastgesteld, en ook de karakteristieken van de pompen.

### Leidingdimensies

De leidinglengtes zijn vastgesteld uit de mogelijke verwachte tracés.

Scenario C wordt gebruikt als uitgangspunt voor de operationele kosten en investeringskosten. De aanvoerlengte van innamepunt naar de technische ruimte is genomen als 450 meter. De lengte van technische ruimte terug naar lozingspunt is 510 meter. De overige scenario's zijn relatief ten opzichte van dit eerste scenario beschouwd.

### Pompdimensies

In het geval dat de pompen in de technische ruimte worden geplaatst dienen ze zelf aanzuigend te zijn, wat betekent dat de pompen een negatieve voordruk kunnen overwinnen. Hier zit een theoretisch maximum aan van 1 bar, voordat cavitatie optreedt.

De negatieve voordruk die optreedt bestaat uit;

- Statische opvoerhoogte;
- Drukverlies over de aanvoerleiding;
- Drukverlies over appendages.

De statische opvoerhoogte is niet constant, omdat het peil in de IJssel varieert gedurende het jaar. Het peil in de IJssel wordt voor een normale en minimum situatie beschouwd. Voor het leidingwerk wordt uitgegaan van HDPE als materiaal. Het maximale debiet dat uit de IJssel wordt onttrokken is gesteld als 200 m<sup>3</sup>/h.

In Tabel 4.3 zijn de waardes gegeven gebruikt voor het vaststellen van de negatieve aanvoerhoogten bijbehorende pijpdiameter.

Tabel 4.2 Systeem gegevens gebruikt voor het vaststellen van de negatieve aanvoerhoogte

	eenheid	waarde
Minimaal peil IJssel <sup>1</sup>	meter t.o.v. NAP	1,6
Normaal peil IJssel <sup>1</sup>	meter t.o.v. NAP	4,0
locatie technische ruimte <sup>2</sup>	meter t.o.v. NAP	6,9
Leidinglengte	m	450
Dynamische weerstand leiding	mWk	4,5
Weerstand grof filter	mWk	0,5
Statische opvoerhoogte	mWk	2,8
totale negatieve aanvoerhoogte	mWk	7,8
Leidingdiameter	DN	250
binnendiameter	mm	221

<sup>1</sup> Meetlocatie Zutphen Noord: <https://waterinfo.rws.nl/#/kaart/waterhoogte-t-o-v-nap/>

<sup>2</sup> Hoogtekaart <https://www.ahn.nl/ahn-viewer?origin=/common-nlm/viewer.html>

Een zelfaanzuigende pomp kan een negatieve opvoerhoogte overbruggen van maximaal 8 mWk. De maximale negatieve opvoerhoogte is 7,8 meter, mits de pompen in een kelder worden geplaatst, 2,5 meter onder maaiveld.

Mocht een kelder niet mogelijk zijn is een zelfaanzuigende pomp niet voldoende en zal een oplossing dienen te worden gevonden waarbij pompompen worden geplaatst in het inlaatgemaal, dan wel droog opgestelde centrifugaalpompen onder maaiveld, ter hoogte van het minimale peil in de IJssel.

De drukval over het fijn filter tussen pomp en warmtewisselaar wordt geschat op 2 mWk en over de warmtewisselaar op 5 mWk. De opvoerhoogte van de oppervlaktewater pomp bij 200 m<sup>3</sup>/h volgt daarmee als 11,5 mWk.

De dimensionering van het leidingwerk is gebaseerd op het maximale debiet dat wordt verwacht. Het debiet dat wordt verwacht van de technische ruimte naar de WKO en terug is maximaal 71 m<sup>3</sup>/h per doublet: voor twee doubletten, samen 142 m<sup>3</sup>/h heen en terug. Een opvoerhoogte van 10 mWk is aangenomen.

# 5

## KOSTENRAMING

Dit hoofdstuk bevat de operationele kosten en de investeringskosten. Dit is gedaan voor scenario C uit de overzichtskaart van hoofdstuk 2. De andere scenario's zijn vervolgens kwalitatief beschouwd relatief ten opzichte van dit scenario.

### 5.1 Investeringskosten

De investeringskosten zijn met een nauwkeurigheid (+50 %/-50 %) ingeschat op de volgende onderdelen:

- innamewerk oppervlaktewater;
- WKO;
- leidingwerk tussen innamepunt en technische ruimte inclusief boring;
- leidingwerk tussen WKO en technische ruimte, inclusief boring;
- pompopstelling oppervlaktewater;
- pompopstelling WKO;
- warmtewisselaar technische ruimte;
- grofrooster;
- fijnrooster;

In Tabel 5.1 zijn de totale verwachte kosten weergegeven per discipline. De volledige kostenraming is te vinden in Bijlage 1.

Tabel 5.1 Verwachte investeringskosten per discipline

Stelpost	Eenheid	Waarde
Civiel	EUR	900.000
Werktuigbouwkunde	EUR	153.000
Elektrotechniek	EUR	160.000
Totale bouwkosten	EUR	1.200.000
Financieringskosten, verzekeringen, engineering	EUR	280.000
Onvoorzien	EUR	300.000
Totale kosten	EUR	1.800.000

### 5.2 Operationele kosten

De operationele kosten bestaan uit pompenergie, onderhoud en personeelskosten voor bediening. De pompenergie is gebaseerd op de in Hoofdstuk 4 gestelde dimensies, en de stromen in de energiebalans.

Onderhoudskosten zullen voornamelijk bestaan uit het periodiek reinigen van het leidingwerk door middel van een pig, en de warmtewisselaar door middel van chemicaliën. Onderhoudskosten zijn opgenomen als percentage ten opzichte van investeringssom civieltechnisch, elektrotechnisch en werktuigbouwkundig. Personeelskosten zijn voor het opereren van de installatie. De gebruikte kentallen zijn weergegeven in Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Kentallen gebruikt voor het inschatten van de operationele kosten

	Eenheid	Waarde
elektriciteitsprijs <sup>1</sup>	EUR/kWh	0.08
personeelskosten	EUR/FTE	60.000
onderhoudskosten W <sup>2</sup>	%	5
onderhoudskosten E <sup>2</sup>	%	2.5
onderhoudskosten C <sup>2</sup>	%	0.5

<sup>1</sup> Gebaseerd op midden gebruiker, CBS. <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/81309NED/table?fromstatweb>

<sup>2</sup> Jaarlijkse kosten ten opzichte van investeringssom.

De hieruit volgende jaarlijkse operationele kosten zijn samengevat in Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Jaarlijkse operationele kosten.

Post	Waarde in EUR
Elektriciteitskosten	40.214
kosten arbeid	12.000
onderhoudskosten	16.883
<b>totale operationele kosten</b>	<b>69.097</b>

# 6

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 6.1 Conclusies

Conclusies:

- het inlaatpunt voor warmte inname uit de IJssel bij Zutphen dient te worden gesitueerd bij de krib op rkm 926,98. De waterdiepte is daar voldoende om ook bij lage waterstanden in de zomer nog warmte in te kunnen nemen;
- het uitlaatpunt dient benedenstrooms van het warmte innamepunt te worden gesitueerd bij krib op rkm 927,07;
- er zijn twee WKO-doubletten nodig om voldoende capaciteit te creëren;
- de locatie waarin aan alle vereisten voor een WKO wordt voldaan bevindt zich in de groenstrook links van de Laan naar Eme. De koude bronnen dienen tussen de IJssel en de warme bronnen gepositioneerd te worden om de retentie van thermische energie in de warme bronnen te bevorderen;
- er is een overmaat aan warmte beschikbaar, waardoor gedurende een deel van het warme seizoen geen warmte uit de IJssel onttrokken kan worden om onbalans in de WKO te voorkomen.

### 6.2 Aanbevelingen

Mocht de negatieve voordruk toch te hoog blijken voor de pompen over deze lengte door bijvoorbeeld vervuiling, zijn oplossingen:

- de toevoerleiding voorzien van een vacuüminstallatie. Het principe lijkt dan op die van een hevel, hiermee wordt de pomppostelling van afdoende voordruk voorzien;
- de oppervlaktewater pompen, in de technische ruimte, plaatsen in een kelder. Hiermee wordt het statische hoogteverschil tussen het waterpeil in de IJssel en de locatie van de technische ruimte verkleint;
- de pompen, samen met grof rooster en eventueel vacuüminstallatie dicht bij de IJssel plaatsen, als tweede, compacte technische ruimte. In dit geval kan de technische ruimte met warmtepomp, een veel lichter gebouw dan het hier voorgestelde pompgebouwtje, op elke afstand van de IJssel worden geplaatst.

Bijlage(n)



## BIJLAGE: RAMING TOTALE INVESTERINGSKOSTEN

<b>Project</b>	Warmtewinning uit de IJssel bij Zutphen	<b>Project manager</b>	ir. R. van der Velde
<b>Opdrachtgever</b>	Rijkswaterstaat	<b>Project director</b>	
<b>Titel</b>	CAPEX raming TEO Zutphen	<b>Prepared by</b>	ir. A. Hofstede, ir. F. Roest, T.J. Nederstigt MSc
<b>Referentie</b>		<b>Reviewed by</b>	ir. M. van der Werd
<b>Revisie</b>	09-12-2019		
<b>Datum</b>	09-12-2019		
<b>Projectcode</b>	117382		

## Scope

The scope: TEO en WKO inclusief leidingwerk voor warmtenet Zutphen

### Niet inbegrepen

- verkrijgingskosten van extra grond (indien nodig)

**De nauwkeurigheid van deze raming is +/- 50 %**

Civil	euro/eenheid	aantal eenheden	totale kosten	Aannames
<b>inlaat</b>				
HDD boring 250 mm	€	100	450 €	45.000
leiding prijs 250 mm	€	158	450 €	71.100 Dyka website
leggen / samenstellen	€	20	450 €	9.000
koop electro lasmof	€	45	210 €	9.450
aanbrengen electro lasmof	€	900	1 €	900
Stelconplaten, korf, breuksteen	€	25.000	1 €	25.000
Afluiters, maatregelen in teen	€	10.000	1 €	10.000
<b>uitlaat</b>				
HDD boring 200 mm	€	80	510 €	40.800
leiding prijs 200 mm	€	90	510 €	45.900 Dyka website
leggen / samenstellen	€	10	510 €	5.100
koop electro lasmof	€	52	150 €	7.800
aanbrengen electro lasmof	€	1.040	1 €	1.040
Stelconplaten, korf, breuksteen	€	25.000	1 €	25.000
Afluiters, maatregelen in teen	€	10.000	1 €	10.000
<b>WKO</b>				
HDD boring 200 mm	€	80	300 €	24.000
leiding prijs 200 mm	€	90	485 €	43.650 Dyka website. Leiding boring + leidinglengte tussen doubletten
koop electro lasmof	€	52	150 €	7.800



aanbrengen electro lasmof	€	1.040	1	€	1.040	
Afsluiters, maatregelen in teen	€	10.000	3	€	30.000	
boren doublet	€	200	596	€	119.200	Mail Remco Vis 22-nov-2019

**Directe kosten** € **531.780**

Nader te omschrijven 10 % € 53.178

**Directe kosten inclusief toelages** € **584.958**

Site faciliteiten/organisatie 12 % € 70.195

Algemene kosten winst/risico 10 % € 58.496

**Indirecte kosten (overhead)** € **128.691**

Onvoorzien 25 % € 178.412

**Constructiekosten** € **892.061**

<b>Werktuigbouwkunde</b>
--------------------------

zelfaanzuigende centrifugaalpomp TEO	€	10.000	2	€	20.000	stelpost; aanvraag ligt bij ksb
Centrifugaalpomp WKO	€	8.000	2	€	16.000	stelpost;
Warmtewisselaar technische ruimte	€	5.557	1	€	5.557	WTB kostenraming Alfa Laval platen WW geschaald lineair van 70 m3/h naar 200 m3/h
grofrooster	€	27.500	1	€	27.500	bolfilter 6.19
fijn rooster	€	18.500	1	€	18.500	bolfilter 6.18
spoelvoorziening, appendages warmtewisselaar	€	5.000	1	€	5.000	

**Directe kosten** € **92.557**

Nader te omschrijven 10 % € 10.000

**Directe kosten inclusief toelages** € **102.557**

Site faciliteiten/organisatie 12 % € 10.000

Algemene kosten winst/risico 10 % € 10.000

**Indirecte kosten (overhead)** € **20.000**

Onvoorzien 25 % € 30.000

**Constructiekosten** € 152.557

**Elektrotechniek**

aansluiten pompen TEO	€	10.000	4	€	40.000	
bemetering WKO, TEO	€	5.000	12	€	60.000	2 drukmeters per pomp. 4 drukmeters per warmtewisselaar. 4 temperatuurmeters per warmtewisselaar

**Directe kosten** € 100.000

Nader te omschrijven 10 % € 10.000

**Directe kosten inclusief toelages** € 110.000

Site faciliteiten/organisatie 12 % € 10.000  
 Algemene kosten winst/risico 10 % € 10.000

**Indirecte kosten (overhead)** € 20.000

Onvoorzien 25 % € 30.000

**Constructiekosten** € 160.000

**Total constructiekosten** € 1.204.618

Algemene kosten	5 %	€	60.000
Finance kosten	3 %	€	40.000
Inrichtingskosten	2 %	€	20.000
Verzekeringen, vergunningen	3 %	€	40.000
Belastingen	0 %	€	-
Vorbereiding en engineering	10 %	€	120.000
Subtotaal		€	280.000

**Totale investeringskosten exclusief onvoorzien** Euro € 1.484.618

Onvoorzien 25 % € 300.000 interface, scope creep, andere voorwaarden, marktontwikkelingen, wisselkoersen, etc.

**Totale investeringskosten inclusief onvoorzien** Euro € 1.804.618

civiel € 900.000  
 werktuigbouwkunde € 153.000

elektrotechniek	€ 160.000
<b>constructiekosten</b>	€ 1.213.000
financieringskosten, verzekeringen, engineering	€ 280.000
onvoorzien	€ 300.000
<b>Totale kosten</b>	€ 1.800.000

