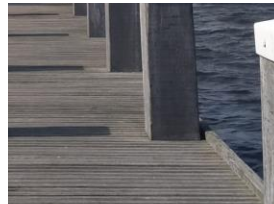


**Vervolgonderzoek Verkenning  
TEO van het Eemmeer**  
*Proces en resultaten*

Gemeente Amersfoort | Gemeente Bunschoten



## Kennismaking met het team



**Erik van Lith**  
Projectleider

### **Erik van Lith**

*Functie: Projectleider*

- Project management
- Eerste aanspreekpunt klant
- Specialist governance
- Eindverantwoordelijke & kwaliteitsborging



**Guido Engels**  
Adviseur water technologie & energie systemen

### **Guido Engels**

*Functie: Adviseur water technologie & energie systemen*

- Duurzame energie opwekking
- Energie systemen
- Technische haalbaarheid



**Laurens Roertert-Steenbruggen**  
Adviseur warmtevraag & matchingstudies

### **Laurens Roertert-Steenbruggen**

*Functie: Adviseur warmtevraag & matchingstudies*

- Fasering scenario's
- Matching haalbaarheidsstudies
- Wijkanalyses



**Idwer de Vries**  
Omgevingsmanagement & Programma management

### **Idwer de Vries**

*Functie: Adviseur omgevingsmanagement en programma management*

- Participatieprocessen
- Ondersteunend project management
- Stakeholder contact



**Margo Robben**  
Adviseur Biodiversiteit & Natuurlijke systemen

### **Margo Robben**

*Functie: Adviseur Biodiversiteit & Natuurlijke systemen*

- Ecologische effecten
- Koppelkans ontwikkeling
- Monitoring



**Anouk Horn**  
Geohydroloog & Adviseur WKO-systemen

### **Anouk Horn**

*Functie: Adviseur WKO-systemen en geohydroloog*

- Ondergrondse waterstromen
- WKO-capaciteit
- WKO-investeringen

## INHOUDSOPGAVE

1. Aanleiding.....	3
2. Aanpak.....	8
3. Energiepotentie.....	12
4. Warmtevraag.....	25
5. Matching vraag & bron.....	34
6. Governance.....	37
7. Fasering & financiële scenario's.....	44
8. Risico analyse.....	47
9. Aanbeveling & vervolgstappen.....	52

### Royal HaskoningDHV

Laan 1914 no.35



3818 EX Amersfoort

Netherlands

+31 88 348 2000



+31 88 348 2801



info@rhdhv.com



[www.royalhaskoningdhv.com](http://www.royalhaskoningdhv.com)





**Aanleiding & stappen**  
*Projectbeschrijving & processtappen*

# 1



## Vervolg op Techniplan onderzoek

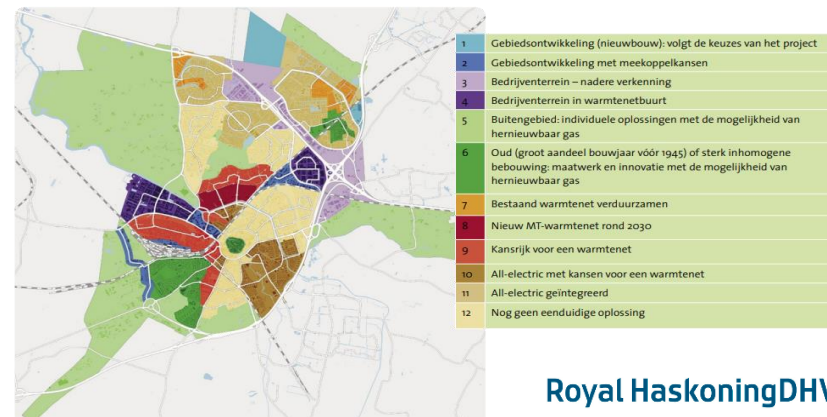
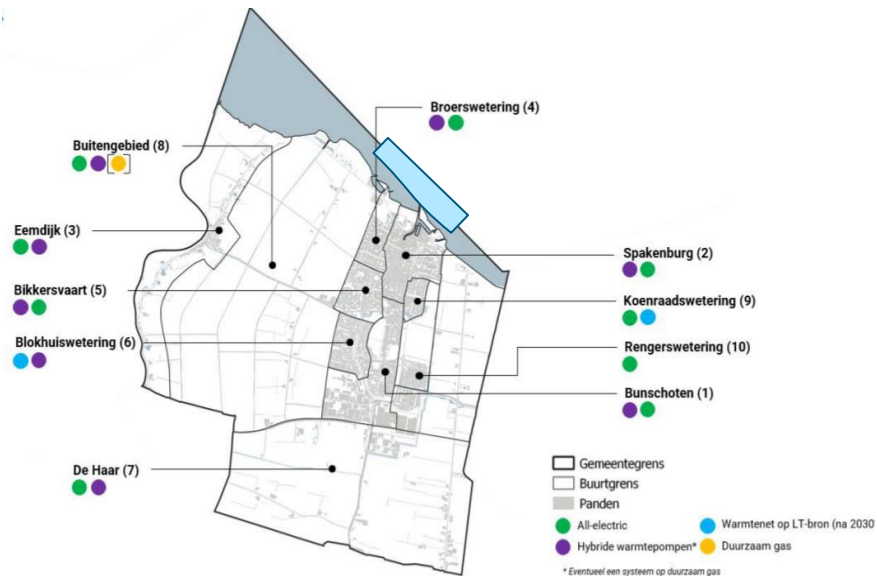
Haalbaarheid van TEO gebaseerd op:

- Warmtevraag per kern
- Warmtepotentie Eemmeer (verdieping)
- Governance & vergunningen
- Globale inschatting kosten

## Projectdoelstelling:

*‘Het op hoofdlijnen verkennen van de haalbaarheid, betaalbaarheid en draagkracht van een TEO-systeem in het Eemmeer om specifieke kernen in de gemeenten Amersfoort en Bunschoten te voorzien van warmte.’*

De twee betreffende **zoekgebieden** en het Eemmeer zijn hiernaast grafisch gearceerd weergegeven.



In totaal zijn 12 onderzoeksvragen geformuleerd om tot beantwoording van de doelstelling te komen.

1. Welke **wijken/buurtten in Bunschoten en Amersfoort zijn geschikt** voor deze toepassing en is er sprake van voldoende afstemming tussen de warmtevraag en het warmteaanbod?
2. Welke **gebouwen kunnen het beste worden aangesloten**. Betreft dit woningen/ appartementen of zijn er ook andere mogelijkheden zoals een zwembaden, kerken, scholen, bedrijfsgebouwen?
3. Wat is de hoeveelheid **beschikbare energie** die onttrokken kan worden aan **het Eemmeer** in welk deel van het jaar?
4. Op welke **temperatuur** kan geleverd worden?
5. **Matcht de geleverde temperatuur met type woningen/bouwjaar** woningen en mogelijke isolatiegraad?
6. Uit het onderzoek van Techniplan (2021) blijkt dat er onzekerheid bestaat over de tussentijdse opslag in de bodem. Uit aanvullend onderzoek moet blijken of de bodem rond het Eemmeer **geschikt is voor WKO-opslag** (totaal circa 30 MW) , wat is de **opslagcapaciteit en welke investeringen** hiermee zijn gemoeid?
7. Wat is een **mogelijke fasering** en hoe kan de fasering helpen bij het uitbreiden van het systeem naar andere wijken en buurten in Amersfoort en Bunschoten. Ook moet in beeld worden gebracht volgens tijdsplan deze fasering doorlopen kan worden en wat zijn de (mogelijke) vervolgstappen En welke **tussenoplossingen** zijn denkbaar wanneer de fasering (te) lang duurt.
8. Wat zijn **mogelijke koppelkansen** die benut kunnen worden. Denk bijvoorbeeld aan riolerings- of herstructurering werkzaamheden.
9. Het Eemmeer is een Natura 2000 gebied. Wat is de **ecologische impact** van het onttrekken van warmte uit oppervlaktewater?
10. Welke risico's zijn er te verwachten om een de **vereiste vergunningen** (o.a. Nb-wet) te krijgen.
11. Wat zijn de grootste **risico's voor een vervolgtraject** en hoe kunnen deze risico's worden beheerst
12. Hoe verhoudt een TEO-systeem zich met andere duurzame (individuele) warmtebronnen op het gebied van haalbaarheid, betaalbaarheid en draagvlak?

In het op te leveren eindresultaat zal globaal vooruitgebleekt hoe de businesscase maar de volledige analyse zal worden uitgewerkt in een mogelijke uitwerkingsfase.

September

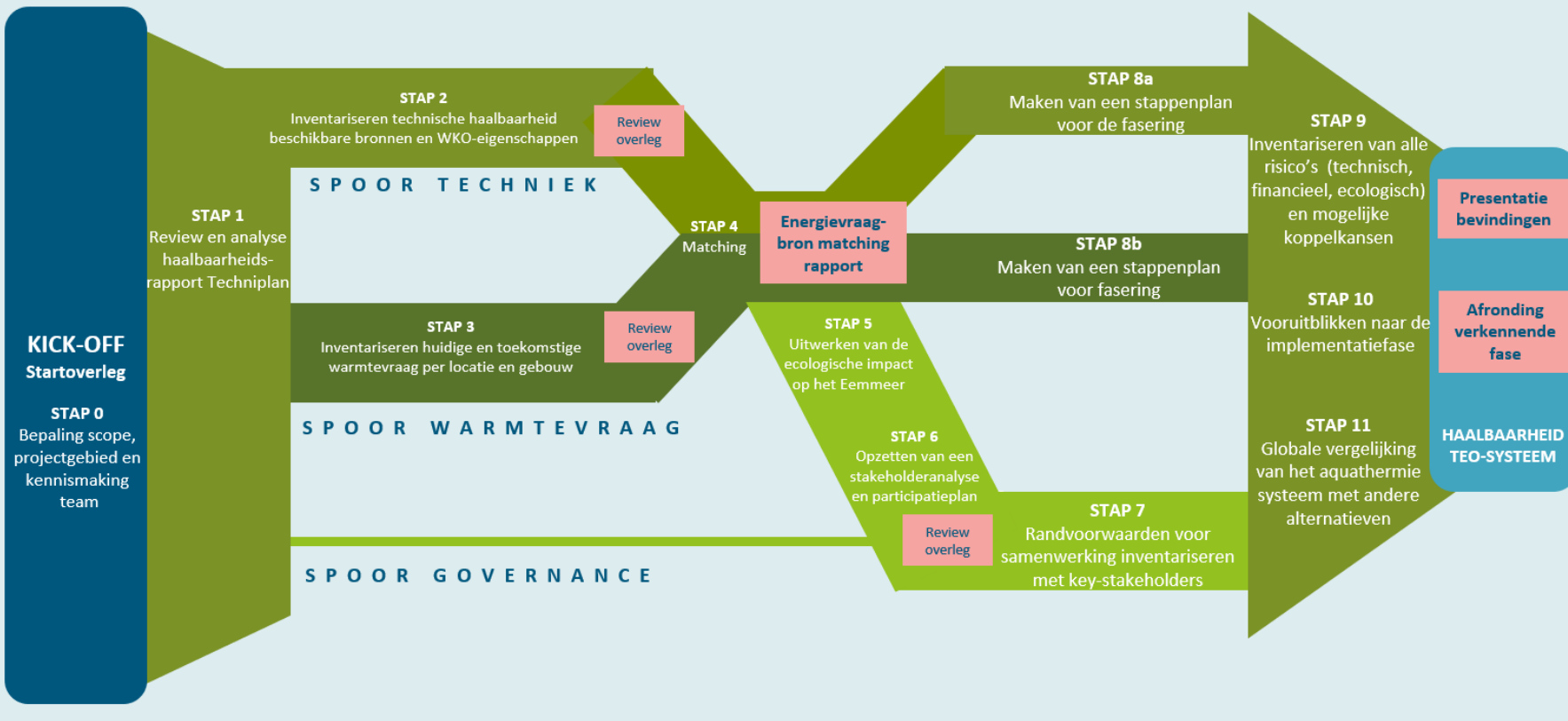
Oktober

November

December



34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46

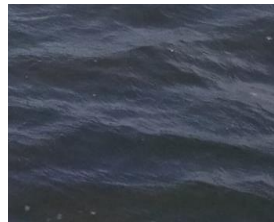
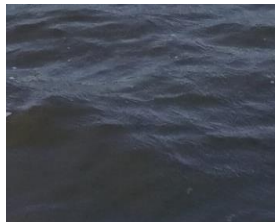




Energiepotentie

Potentiële technische warmte-  
levering

2





# Review onderzoek Techniplan

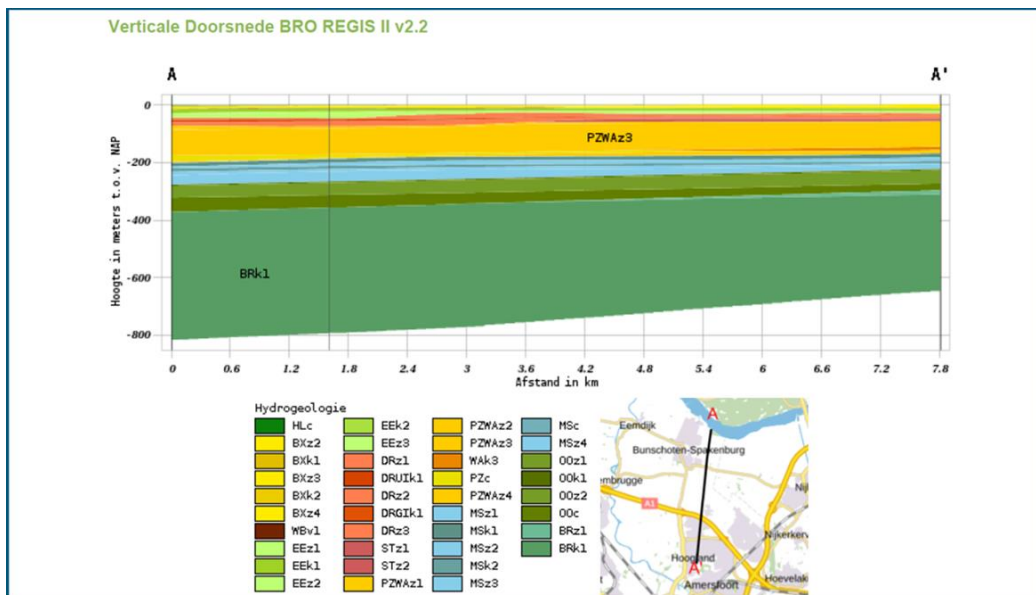
- Techniplan keek naar de technische mogelijkheid en nam niet de realistische vraag mee
  - *TEO-oplossing en WKO `passend` gemaakt op ruwe inschatting warmtevraag.*
  - *Inschatting warmtevraag per kern leidend voor dimensionering en efficiëntie*
  - *Geen check op technische haalbaarheid & effectenstudie met realistische warmtevraag*
  - *Geen check op vergunbaarheid en betaalbaarheid*
- Techniplan als startpunt voor verdiepende studie WKO & technische potentie
  - *Inschatten realistische efficiëntie (COP waarde) en WKO mogelijkheden*

# Techniek: uitgangspunten en systeemeisen

- Warmtepompcentrale; warmte 70°C aanvoer, 40 °C retour.
- WP circa 1,25MW per stuk (schaalbaar meerdere units >20MW).
- COP-waarde warmtepomp tenminste 3,0.
  
- Zowel directe levering van warmte vanuit aquathermie en laden/ontladen WKO
- Temperatuurtraject oppervlaktewater voor aquathermie:
  - 10°C tot 15°C; levering vanuit WKO aangevuld met directe aquathermie.
  - >15°C; directe aquathermie.
  - >18°C; directe aquathermie en laden WKO.

# Technische haalbaarheid WKO

WKO Systeem	Aantal doublet	Debiet (m <sup>3</sup> /h)	Temperatuur traject zomer	Temperatuur traject winter	Energie jaarbasis	Waterverplaatsing (seizoen dt = 10)	Waterverplaatsing (seizoen dt =5)
AMF1	7	250	8 -> 18	16 -> 6	89TJ + 89TJ	2.128.525 m <sup>3</sup> /seizoen	4.257.049 m <sup>3</sup> /seizoen



## Infiltratiecapaciteit [m<sup>3</sup>/u]

WVP 2 65

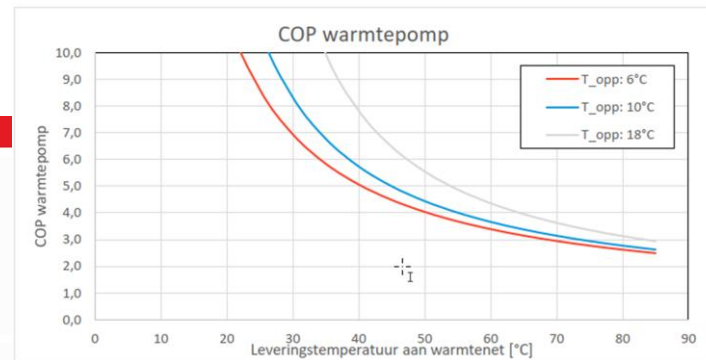
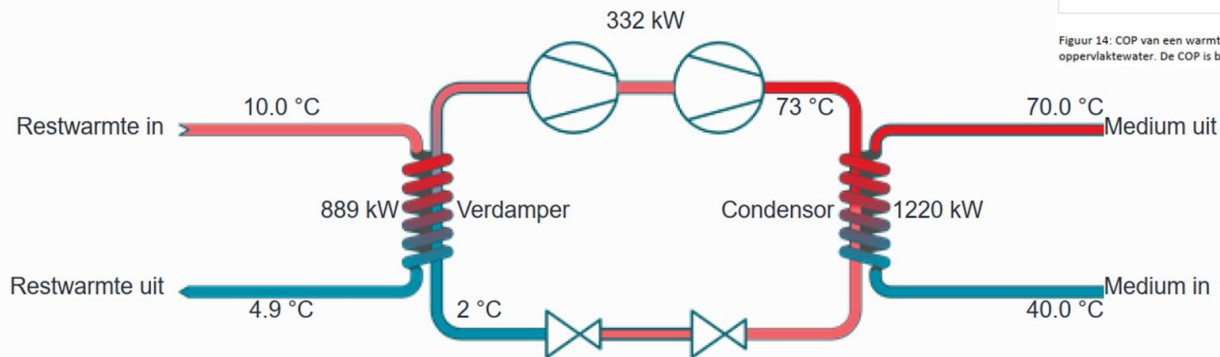
WVP 3 330

# Technische haalbaarheid warmtepomp;

## COP van 3,0 bij 70°C/40°C en aquathermie 10°C

### Specificaties warmtepomp

Type warmtepomp	: 2-traps warmtepomp met het natuurlijke koudemiddel Ammoniak (R717)
Capaciteit	: 1220 kW
Elektrisch vermogen	: 332 kW
COPh	: 3.7



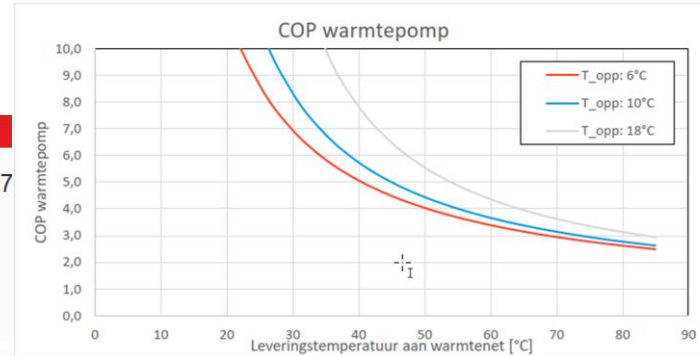
Figuur 14: COP van een warmtepomp voor verschillende leveringstemperaturen en verschillende temperaturen van het oppervlaktewater. De COP is bepaald op basis van een systeemrendement van 55%.

# Potentie om 80 C warmte te leveren

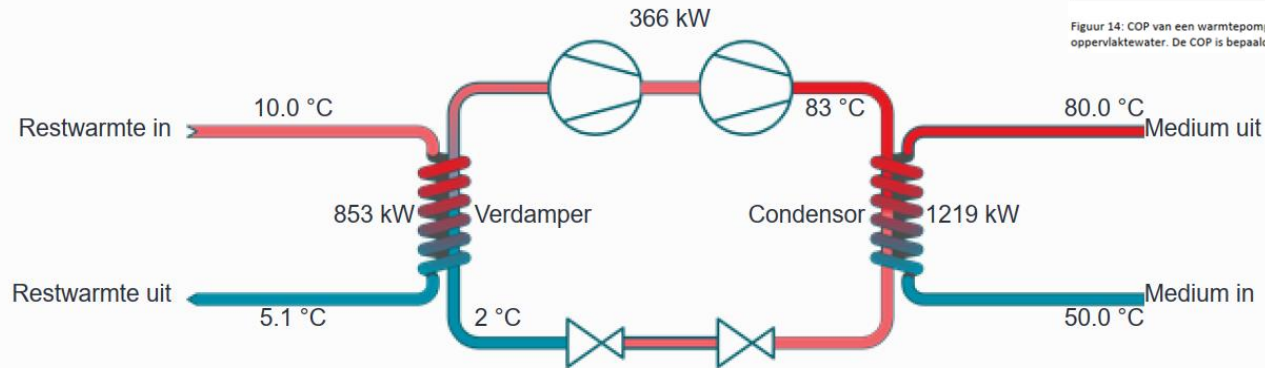
80/50 net: COP 3.3

## Specificaties warmtepomp

Type warmtepomp	: 2-traps warmtepomp met het natuurlijke koudemiddel Ammoniak (R717)
Capaciteit	: 1219 kW
Elektrisch vermogen	: 366 kW
COPh	: 3.3

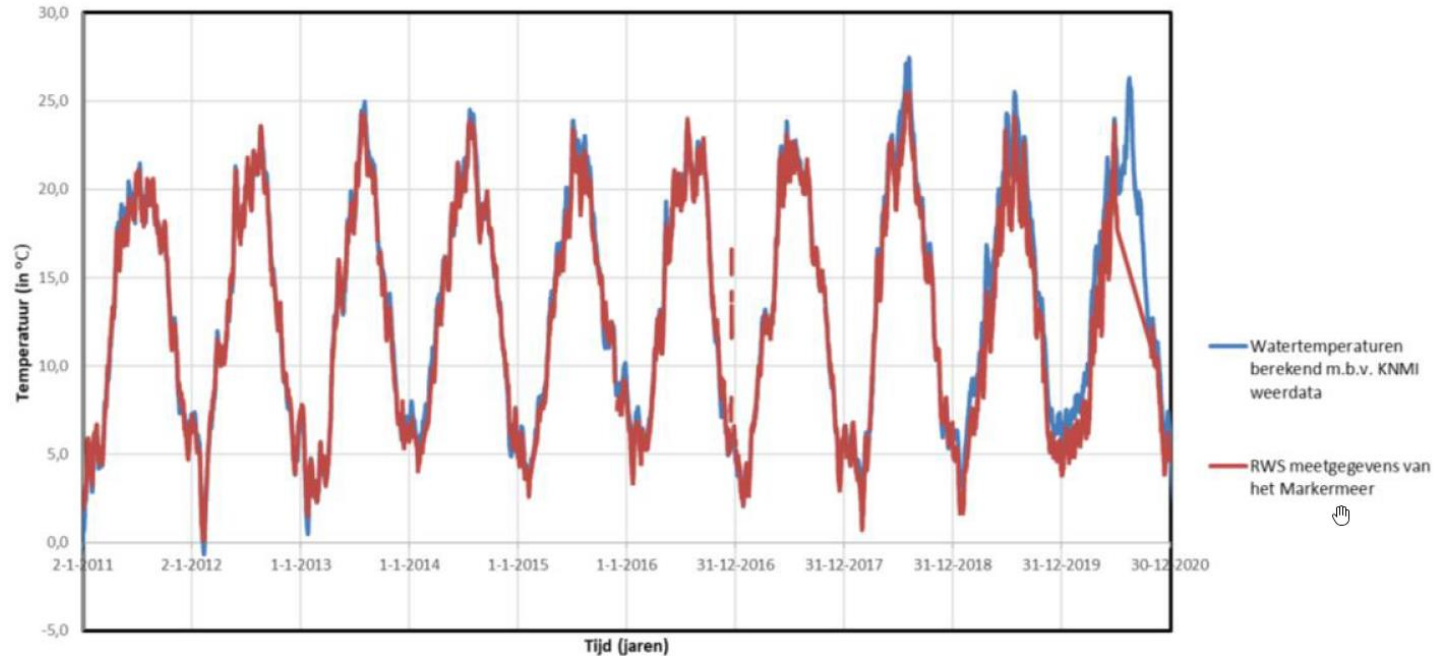


Figuur 14: COP van een warmtepomp voor verschillende leveringstemperaturen en verschillende temperaturen van het oppervlaktewater. De COP is bepaald op basis van een systeemrendement van 55%.



# Temperatuur oppervlaktewater Nijkerkernauw

## Nijkerkernauw



Bronnen: Rijkswaterstaat en artikel: Energy capture using surface water: modelling and in-situ measurements opgesteld door E. Aparicio Medrano

## Potentiestudie Nijkerkernauw

- Het Eemmeer is 140 dagen per jaar kouder dan 10 C (gebruik WKO);
- 225 dagen kan er directe warmtelevering plaatsvinden;
- 112 van deze 225 dagen kan de WKO opgeladen worden;

*Tabel: Aantal uur dat watertemperatuur boven een bepaalde temperatuur uitkomt voor de jaren 2010-2020.*

Temperatuur (°C)	2010 (uur)	2011 (uur)	2012 (uur)	2013 (uur)	2014 (uur)	2015 (uur)	2016 (uur)	2017 (uur)	2018 (uur)	2019 (uur)	2020 (uur)	Gem. aantal uur per jaar
T>18	1.406	2.888	2.644	2.330	2.964	2.410	3.061	2.707	3.299	2.719	3.060	2.681
T>19	897	1.674	2.122	1.813	2.052	1.953	2.832	2.557	2.948	2.508	2.806	2.197
T>20	640	483	1.664	1.553	1.672	1.599	3.467	2.399	2.437	1.991	2.117	1.820
T>21	405	77	983	1.245	1.133	1.198	1.216	1.625	2.004	1.690	1.400	1.180
T<10	4.038	3.315	3.396	3.733	2.796	3.224	3.566	3.147	3.425	3.346	3.179	3.379
T<11	4.650	3.412	4.058	3.888	3.246	3.415	3.830	3.347	3.780	3.614	3.319	3.687
T<12	5.021	3.753	4.454	4.101	3.484	4.069	4.271	3.539	3.999	3.913	3.776	4.035
T<13	5.215	4.149	4.802	4.567	3.584	4.506	4.721	4.415	4.094	4.095	4.250	4.400
T<14	5.540	4.386	5.147	5.158	4.226	4.811	4.936	4.675	4.176	4.549	4.498	4.737
T<15	6.154	4.521	5.471	5.499	4.560	5.070	5.009	5.144	4.375	4.969	4.742	5.047
T<16	6.593	4.632	5.738	5.982	5.267	5.523	5.101	5.517	4.926	5.334	5.105	5.429
T<17	7.033	4.935	5.844	6.251	5.408	6.210	5.282	5.865	5.287	5.695	5.546	5.760
T<18	7.354	5.872	6.140	6.430	5.796	6.350	5.724	6.052	5.461	6.041	5.724	6.086
T<19	7.863	7.086	6.662	6.947	6.708	6.807	5.953	6.202	5.812	6.252	5.978	6.570
T<20	8.120	8.277	7.120	7.207	7.088	7.161	6.534	6.360	6.323	6.769	6.667	7.057

## Voorlopige conclusies potentie

- Warmtecentrale met COP van 3.0 voor WP haalbaar
  - Aanvoer van 80°C zelfs haalbaar met COP van 3.3
  - Nijkerkernauw watertemperatuur geschikt voor TEO systeem met WKO
- WKO systeem technisch haalbaar, ondergrond geschikt





**Warmtevraag**  
*Warmtevraag analyse per wijk*

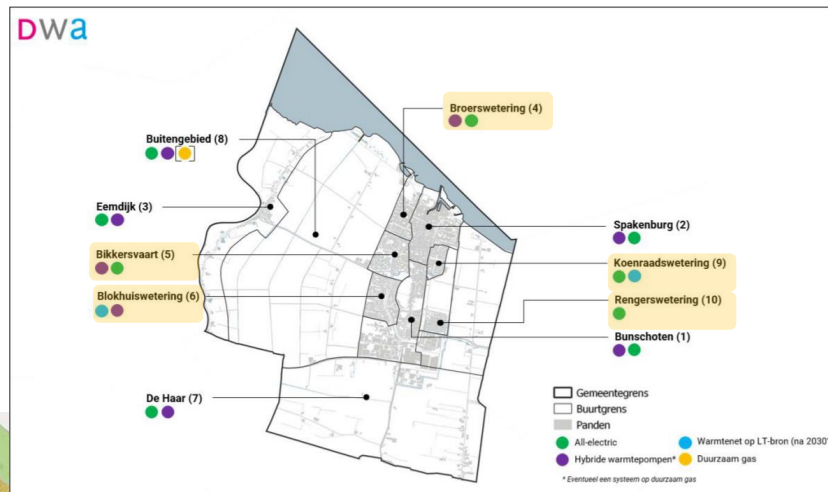
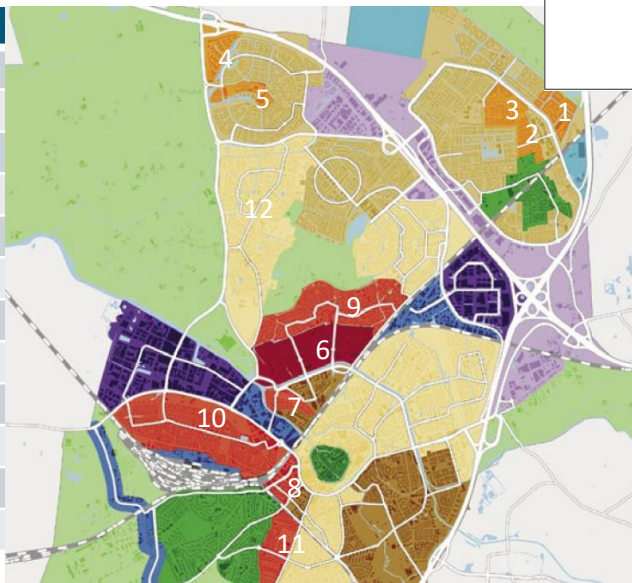
# 3



# Warmtevraaganalyse - Introductie

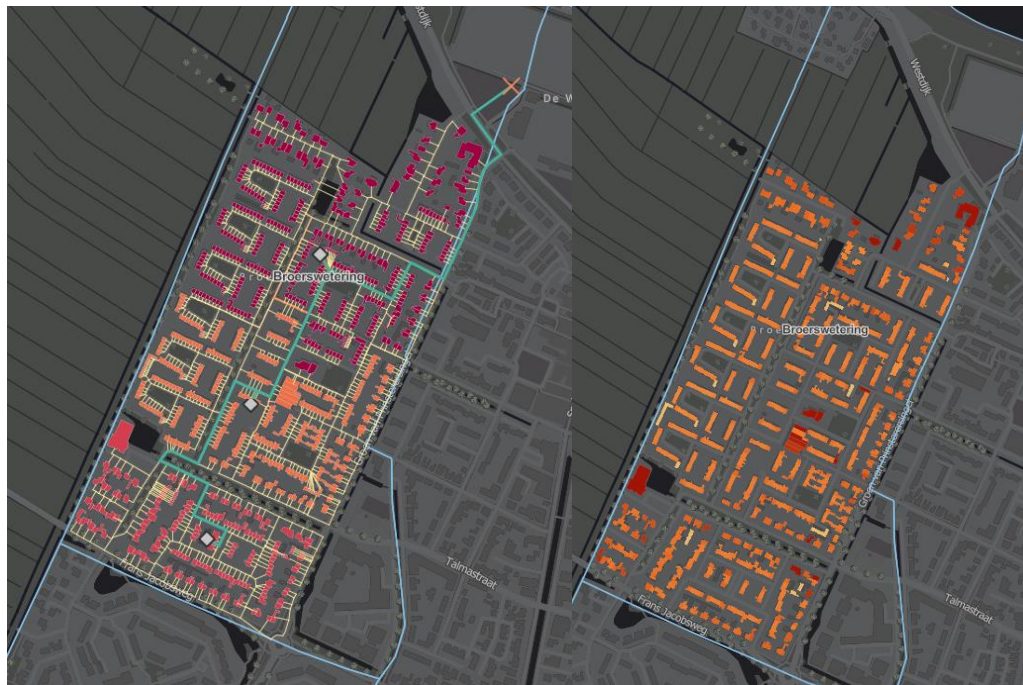
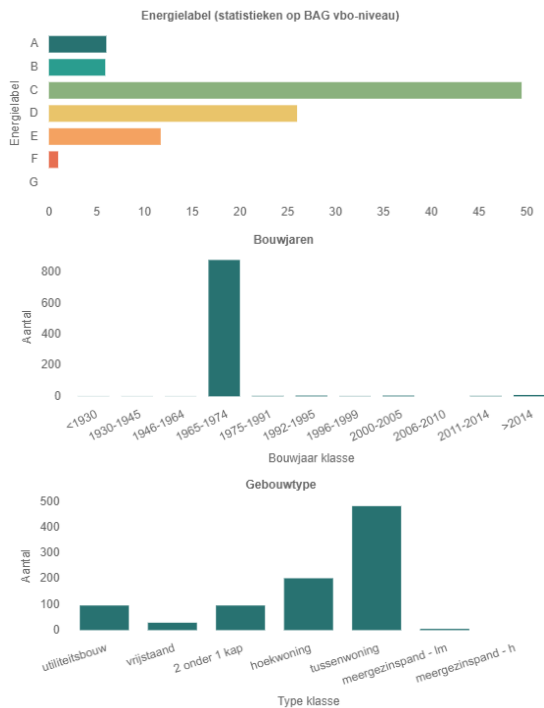
- Wijk analyse o.b.v. 'collectieve wijken' uit Transitievisie Warmte
- Smart Energy Transition Platform (SETup)
- Datatool met de volgende functionaliteiten
  - Warmtevraagdichtheid
  - Bouwtypologie
  - Bouwjaren
  - Globale analyse warmte-infrastructuur

Nr.	Buurt
1	Zuiderzestedenbuurt-Oost
2	Damespolderbuurt
3	Polderbuurt-Noord
4	De Stadstuin
5	Centrum/Westpark
6	Schothorst-Zuid
7	Jeruzalem
8	Nederberg
9	Schothorst-Noord
10	Soesterkwartier
11	Verhoevenstraat e.o.
12	Hoogland



# Warmtevraag - SETup

## Voorbeeld: Broerswetering



# Warmtevraaganalyse - Bunschoten

## Bunschoten – Warmtevraag & Gebouwanalyse

Nr.	Buurt	GJ/jaar	GJ/jaar (MT-ready)	Vermogen (kW)	Aansluitingen	Gem. GJ/aansluiting	Gemiddeld energielabel	Temperatuurniveau
2	Spakenburg	105.622	96.954	18.293	2.573	41,1	A/E/B/C	70 °C
4	Broerswetering	36.609	31.388	5.922	928	39,4	C	70 °C
6	Blokhuiswetering	52.665	43.406	8.190	1.462	36,0	C	70 °C
9	Koenraadswetering	20.550	19.069	3.598	664	30,9	A/B	45 °C
5	Bikkersvaart	48.821	41.260	7.785	1.221	40,0	C	70 °C
10	Rengerswetering	16.484	16.484	3.110	673	24,5	A	45 °C
	<b>Totaal:</b>	<b>280.751</b>	<b>232.077</b>	<b>43.788</b>	<b>7.521</b>	<b>37,3</b>		

## Bunschoten – Warmte-infrastructuur

Nr.	Buurt	Transportleiding	Distributieleiding	Aansluitleiding	Distri./aansluiting	Afstand tot Eemmeer (m)
2	Spakenburg	1.972	22.785	18.566	9	0-500
4	Broerswetering	1.634	8.408	9.627	9	0-500
6	Blokhuiswetering	1.680	10.830	14.089	7	500-1000
9	Koenraadswetering	1.003	3.922	4.552	6	500-1000
5	Bikkersvaart	1.919	8.419	13.747	7	1000-1500
10	Rengerswetering	873	4.244	3.948	6	2500-3000

# Warmtevraaganalyse - Amersfoort

## Amersfoort – Warmtevraag & Gebouwanalyse

Nr.	Buurt	GJ/jaar	GJ/jaar (MT-ready)	Vermogen (kW)	Aansluitingen	Gem. GJ/aansluiting	Gemiddeld energielabel	Temperatuur niveau
1	Zuiderzeestedenbuurt-Oost	29.984	29.984	5.657	1.104	27,2	A	70 °C (45 °C)
2	Damespolderbuurt	12.524	12.524	2.363	382	32,8	A	70 °C (45 °C)
3	Polderbuurt-Noord	21.259	21.259	4.011	647	32,9	A	70 °C (45 °C)
4	De Stadstuin	18.848	18.848	3.556	792	23,8	A/B	70 °C (45 °C)
5	Centrum/Westpark	21.126	21.126	3.986	666	31,7	B/A	70 °C (45 °C)
6	Schothorst-Zuid	87.203	60.407	11.398	2.487	35,1	C/D/E/B	70 °C
7	Jeruzalem	12.802	11.063	2.087	379	33,8	C/E	70 °C
8	Nederberg	76.263	67.231	12.685	1.072	71,1	C	70 °C
9	Schothorst-Noord	107.399	84.477	15.939	3.419	31,4	C	70 °C
10	Soesterkwartier	212.698	187.644	35.405	6.200	34,3	E/A	70 °C
11	Verhoevenstraat e.o.	23.011	21.115	3.984	501	45,9	E/F	70 °C
12	Hoogland	173.671	147.635	27.856	4.499	38,6	C	70 °C
	<b>Totaal:</b>	<b>623.117</b>	<b>535.678</b>	<b>101.071</b>	<b>17.649</b>	<b>35,3</b>		

# Warmtevraaganalyse - Amersfoort

Amersfoort – Warmte-infrastructuur						
Nr.	Buurt	Transportleiding	Distributieleiding	Aansluitleiding	Distri./aansluiting	Afstand tot Eemmeer (m)
1	Zuiderzeestedenbuurt-Oost	Bestaand warmtenet (mogelijk verlaging aanvoertemperatuur)				6.000
2	Damespolderbuurt	Bestaand warmtenet (mogelijk verlaging aanvoertemperatuur)				6.000
3	Polderbuurt-Noord	Bestaand warmtenet (mogelijk verlaging aanvoertemperatuur)				6.000
4	De Stadstuin	Bestaand warmtenet (mogelijk verlaging aanvoertemperatuur)				5.500
5	Centrum/Westpark	Bestaand warmtenet (mogelijk verlaging aanvoertemperatuur)				5.500
6	Schothorst-Zuid	1.652	15.493	15.226	6	9.000
7	Jeruzalem	885	3.801	2.660	10	9.500
8	Nederberg	1.071	3.882	2.169	4	11.500
9	Schothorst-Noord	2.594	20.762	27.508	6	8.500
10	Soesterkwartier	3.300	30.312	42.129	5	10.000
11	Verhoevenstraat e.o.	975	2.901	5.034	6	12.500
12	Hoogland	5.733	34.843	52.560	8	6.500



## Matching warmtevraag & bron

*Vergelijking potentiële energie  
met de geanalyseerde wijken*

# 4



# Matchmaking - Introductie

- Analyse geschiktheid wijken 'Collectieve wijken' Bunschoten en Amersfoort op basis van ruimtelijke, technisch en financiële aspecten.
- De matchmaking heeft een ontwikkelscenario opgeleverd waarin verschillende keuzes gemaakt zijn betreft de wijken en ontwikkelfasering.

## Matchmaking - Bunschoten

Matchmaking - Bunschoten				
Nr.	Buurt	Match?	Toelichting	Volgorde
2	Spakenburg	Ja	Oude niet-uniforme bebouwing niet ideaal voor ontwikkeling warmtenet	5
4	Broerswetering	Ja	Uniforme wijk geeft goede mogelijkheden voor warmtenet naast gemiddeld energielabel C	1
6	Blokhuiswetering	Ja	Uniforme wijk geeft goede mogelijkheden voor warmtenet naast gemiddeld energielabel C, wel grotere afstand tot Eemmeer	4
9	Koenraadswetering	Ja	Uniforme wijk met hogere energielabels mogelijk met lagere aanvoertemperatuur	3
5	Bikkersvaart	Ja	Uniforme wijk geeft goede mogelijkheden voor warmtenet naast gemiddeld energielabel C	2
10	Rengerswetering	Ja/Nee	Individuele oplossing logischer door hoge energielabels en grote afstand tot Eemmeer	6



# Matchmaking - Amersfoort

## Matchmaking - Amersfoort

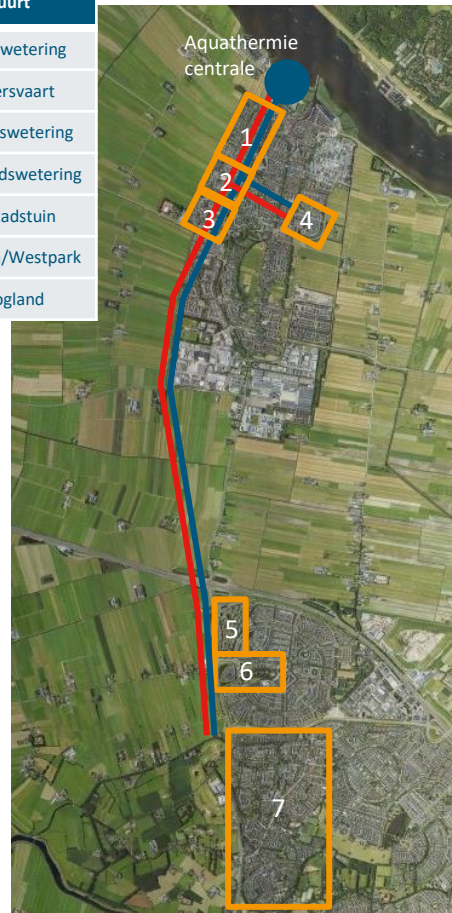
Nr.	Buurt	Match?	Toelichting	Volgorde
1	Zuiderzeesteden buurt-Oost	Ja	Wijk heeft door aanwezig warmtenet goede mogelijkheden voor aquathermie uit het Eemmeer echter is afstand een issue	3
2	Damespolderbuurt	Ja	Wijk heeft door aanwezig warmtenet goede mogelijkheden voor aquathermie uit het Eemmeer echter is afstand een issue	4
3	Polderbuurt-Noord	Ja	Wijk heeft door aanwezig warmtenet goede mogelijkheden voor aquathermie uit het Eemmeer echter is afstand een issue	5
4	De Stadstuin	Ja	<b>Wijk heeft door aanwezig warmtenet goede mogelijkheden voor aquathermie uit het Eemmeer echter is afstand een issue</b>	<b>1</b>
5	Centrum/Westpark	Ja	<b>Wijk heeft door aanwezig warmtenet goede mogelijkheden voor aquathermie uit het Eemmeer echter is afstand een issue</b>	<b>2</b>
6	Schothorst-Zuid	Niet direct	Afstand tot Eemmeer te ver, alleen mogelijk in combinatie met transportleiding Warmtebedrijf Amersfoort	7
7	Jeruzalem	Niet direct	Afstand tot Eemmeer te ver, alleen mogelijk in combinatie met transportleiding Warmtebedrijf Amersfoort	8
8	Nederberg	Niet direct	Afstand tot Eemmeer te ver, alleen mogelijk in combinatie met transportleiding Warmtebedrijf Amersfoort	10
9	Schothorst-Noord	Niet direct	Afstand tot Eemmeer te ver, alleen mogelijk in combinatie met transportleiding Warmtebedrijf Amersfoort	6
10	Soesterkwartier	Niet direct	Afstand tot Eemmeer te ver, alleen mogelijk in combinatie met transportleiding Warmtebedrijf Amersfoort	9
11	Verhoevenstraat e.o.	Niet direct	Afstand tot Eemmeer te ver, alleen mogelijk in combinatie met transportleiding Warmtebedrijf Amersfoort	11
12	Hoogland	Ja	Wijk grenst aan Stadstuin en Centrum/Westpark	-

# Matchmaking - Resultaat

- Hoofdscenario met 7 wijken in Bunschoten en Amersfoort
- Aquathermiecentrale aan de rand van het Eemmeer in Bunschoten
- Warmtewisselaars en warmtepompen onderdeel aquathermiecentrale
- Optioneel; warmtepomp per wijk plaatsen
- Inpassing Warmte en Koude doubletten ter hoogte van aquathermiecentrale
- Hoofdtransportleiding gefaseerd richting 7 wijken met warmteoverdrachtstation per wijk
- Wijken Stadstuin en Centrum/Westpark grotendeels al collectieve warmtevoorziening.
- De bestaande warmtecentrale fungeert als warmteoverdrachtstation
- Wijk Hoogland nieuw te ontwikkelen warmtenet



Nr.	Buurt
1	Broerswetering
2	Bikkersvaart
3	Blokhuiswetering
4	Koenraadswetering
5	De Stadstuin
6	Centrum/Westpark
7	Hoogland





Governance  
*Beleids- en vergunningenscan*

# 5

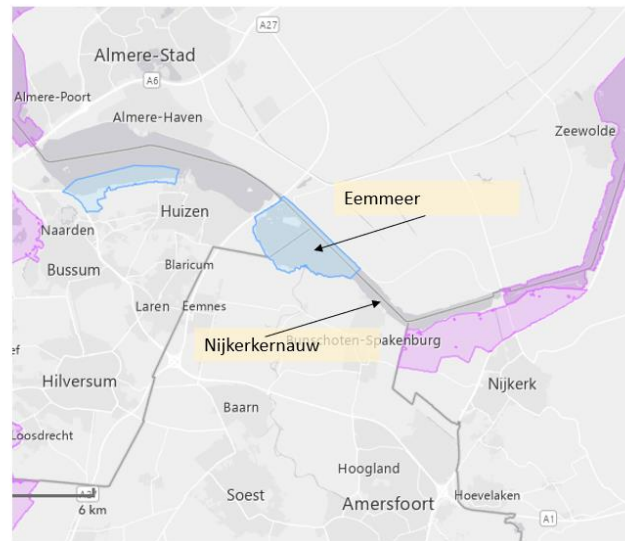


# Belang van governance en beleidsanalyse

- Locatie van lozing en onttrekking in NNN-gebied
- Natura2000 ten oosten én westen
- Één mogelijke onttrekkingslocatie door Natura2000 gebieden
- Ecologie bepaald (potentieel) maximale onttrekking en temperatuurverschil bij TEO



- 👁 Geselecteerd Natura 2000-gebied
- 🟦 Vogelrichtlijn
- 🟡 Habitatrichtlijn
- 🟢 Vogelrichtlijn + Habitatrichtlijn
- 🟠 Habitatrichtlijn groeve
- 👁 Overige Natura 2000-gebieden
- 🟣



# Vergunningenoverzicht

Wetgeving	Vergunning	Bevoegd gezag	Geschatte relevantie:
Waterwet	Watervergunning lozen en onttrekken Rijkswater	Rijkswaterstaat Midden-Nederland	<b>Randvoorwaarde</b>
	Watervergunning WKO	Provincie Utrecht	<b>Randvoorwaarde gebruik WKO</b>
Wet Natuurbescherming	Wnb-vergunning	Provincie Utrecht in overleg met Rijkswaterstaat Midden-Nederland	<b>Randvoorwaarde</b>
Wet algemene bepalingen omgevingsrecht	Omgevingsvergunning – bouwen	Gemeente Bunschoten-Spakenburg (In een later stadium gemeente Amersfoort)	Kan rand-voorwaardelijk zijn wanneer er geen geschikte ruimte gevonden wordt in de beoogde wijk.  In deze fase geen focuspunt van governance-analyse
	Omgevingsvergunning - handelen in strijd met bestemmingsplan		
	Omgevingsvergunning archeologie		
Wet Mileubeheer	M.e.r. beoordelingplicht	Gemeente Bunschoten-Spakenburg (In een later stadium gemeente Amersfoort)	In deze fase vergelijkbare randvoorwaarden met Wnb
Omgevingswet	<i>Geen directe risico's of gevolgen voor randvoorwaarden TEO bij invoer omgevingswet</i>		

# Key stakeholder gesprekken

- **Gesprekken met:**

- Provincie Utrecht

- NNN-wetgeving
- WKO-vergunning

- Rijkswaterstaat Midden-Nederland

- Ambities en plannen Eemmeer
- Ecologische randvoorwaarden Eemmeer

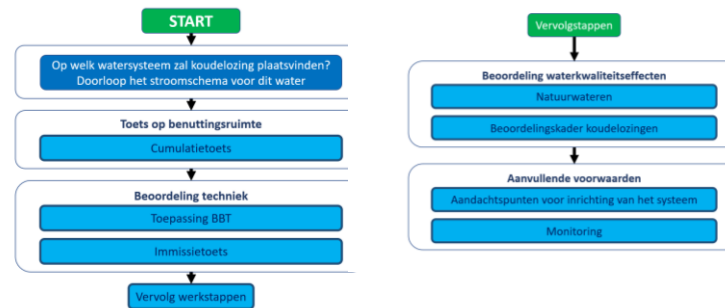
# Waterwet

## Kaderrichtlijn Water

- Europese regelgeving
- RWS is verantwoordelijk voor de uitvoering
- Haalbaarheid gebaseerd op immissietoets koudelozingen

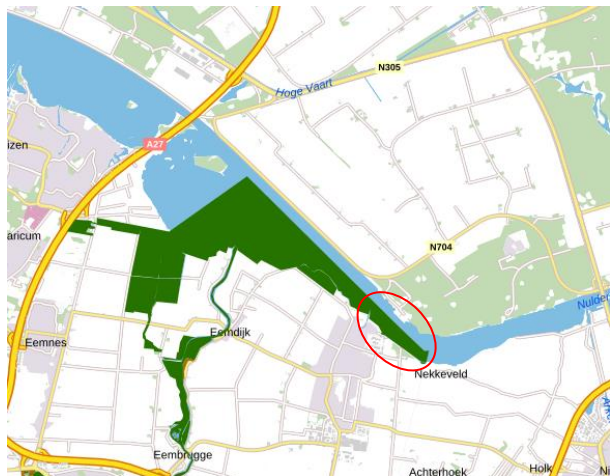
## Watervergunning

- Beoordeling van individuele vergunningaanvragen voor TEO-installaties (RWS)
- Haalbaarheid gebaseerd op immissietoets koudelozingen



# Wet natuurbescherming

## Natuurnetwerk Nederland (NNN)



- **Aangewezen door:** Provincie Utrecht
- **Relevantie:** bestemmingsplan staat geen ontwikkelingen toe die tot aantasting van het NNN leiden
- NNN toets benodigd om aantasting te beoordelen

## Uitzonderingen

- Ontwikkelingen van groot openbaar belang;
- Ontwikkelingen die binnen een samenhangend gebied leiden tot een versterking van het NNN (Meerwaardebenadering);
- Ontwikkelingen die beperkt worden gewijzigd of worden toegevoegd, waarbij die wijziging of toevoeging noodzakelijk is voor de instandhouding van de bestaande bestemming.

Haalbaarheid is gebaseerd op ecologische gevolgen maar is in deze fase vergelijkbaar/minder streng dan Rijkswaterstaat.



# Randvoorwaarden RWS

## Zomerperiode

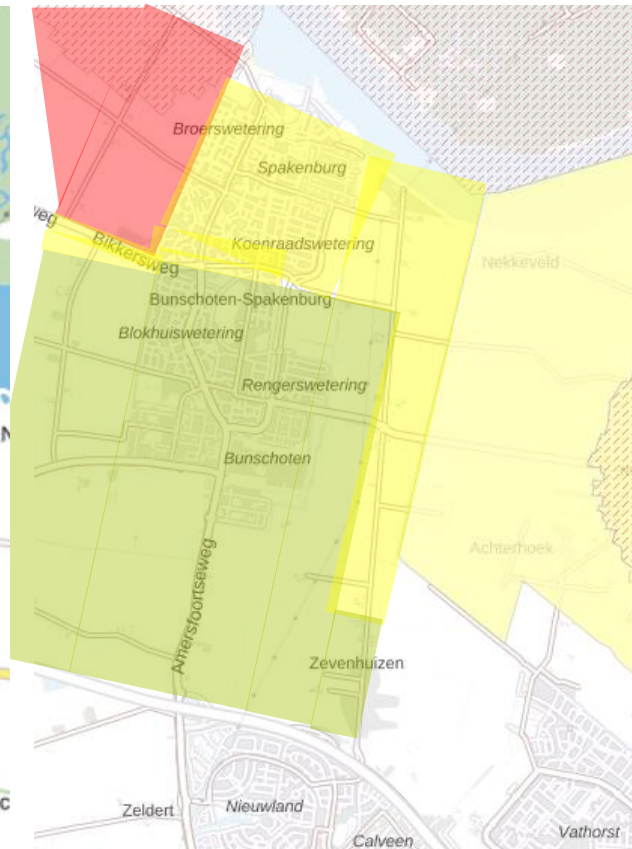
Debiet (m3/s)	Tachtergrond (°C)	deltaT (°C)	Mengzone groter of kleiner dan 0,5% ERA	Maatwerkbeoordeling
0,17	24	10	>	Ja
0,17	24	8	>	Ja
0,17	24	6	<	Nee
0,17	24	4	<	Nee

## Winterperiode

Debiet (m3/s)	Tachtergrond (°C)	deltaT (°C)	Mengzone groter of kleiner dan 0,5% ERA	Maatwerkbeoordeling
0,17	12	10	>	Ja
0,17	12	8	>	Ja
0,17	12	6	>	Ja
0,17	12	4	<	Nee

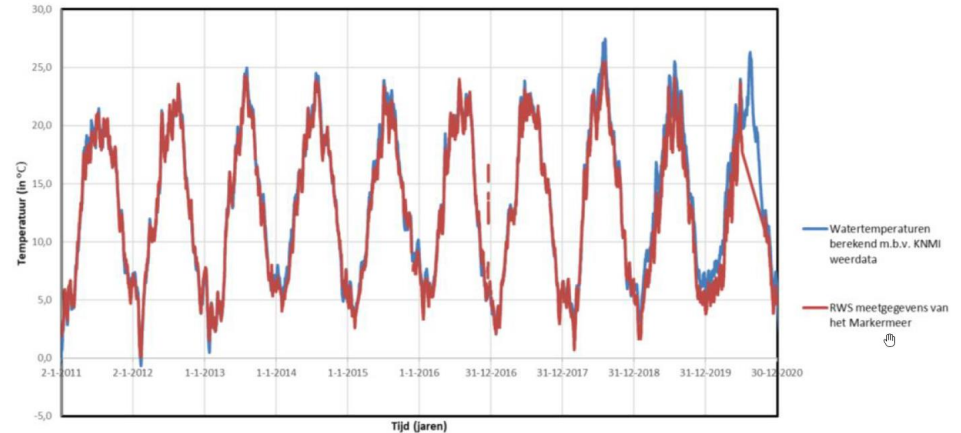
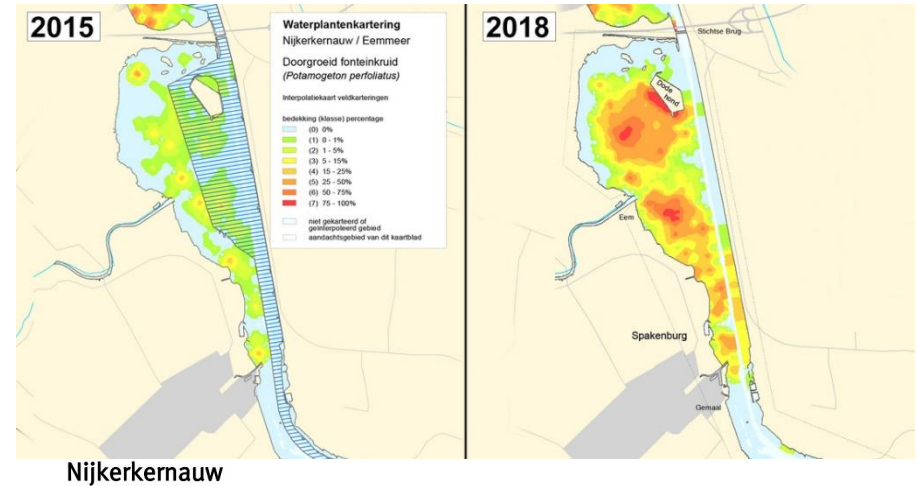
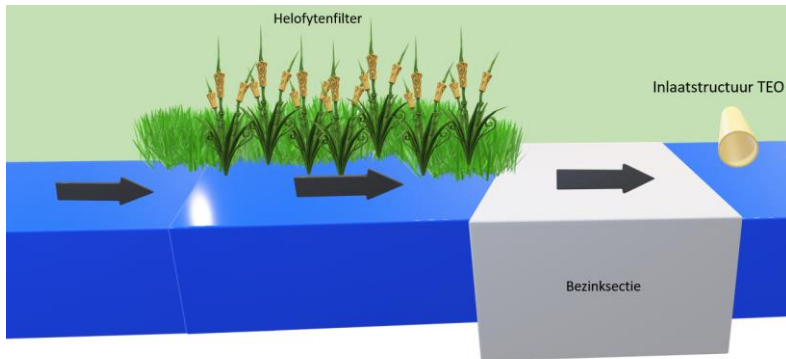
# Randvoorwaarden WKO vergunning

- Strategisch grondwater-voorraad
  - Alleen in overleg met Provincie Utrecht: geel
- Drinkwaterwinnings-gebied Eempolder
- Uitbreiding drinkwaterwinningsgebieden totaan Bikkersweg
  - Uitbreidingsplannen drinkwaterwinning conflicteren met WKO: rood



# Koppelkansen

- Watertemperatuur verlagning in de zomer
  - Behouden van Goed Ecologisch Potentieel (GET)
  - KRW-norm: 25 °C
- Oeverontwikkeling
  - Waterzuivering (N en P)
  - Slibinvang
  - Opwarming oppervlaktewater
  - Vergroten biodiversiteit



Bronnen: Rijkswaterstaat en artikel: Energy capture using surface water: modelline and in-situ measurements, opgesteld door F. Anarzin Madrano

# Bevindingen governance & beleidsstudie

- **Bij middelgrote systemen: Ja, mits**
- **Bij grote TEO systemen: nee, tenzij**

Aquathermie is mogelijk en gesteund door bevoegd gezag mits de ecologische effecten duidelijk zijn

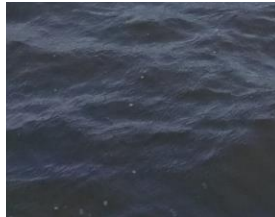
- Vanaf een 4 MW aquathermiesysteem moet er een maatwerk beoordeling uitgevoerd worden (wijk Blokhuiswetering = 5.9 MW)
- **Expert judgement:**
  - **kleinere kernen Bunschoten goed mogelijk vanuit 1 onttrekkingslocatie (tot ~10 MW)**
  - **Grotere warmtevragen met kernen Amersfoort (~20 – 60 MW) is risicovol en benodigd mitigerende maatregelen**
- **Eerste stap potentieel vervolgonderzoek: modelleer ecologische impact om potentieel maximum onttrekking te vinden**



Fasering & financiële scenario's

*Uitvoeringsscenario's en  
financiële inschattingen*

# 6



# Fasering & Financiële analyse - Introductie

- De volgende sub scenario zijn opgesteld voor een nadere analyse van het hoofdsenario;
  - Scenario 1 - Bunschoten gefaseerd (TEO & WKO - Sc. 1)
  - Scenario 2 - Bunschoten volledig (TEO & WKO - Sc. 2)
  - Scenario 3 - Amersfoort gefaseerd (TEO & WKO - Sc. 3)
  - Scenario 4 - Amersfoort volledig (TEO & WKO - Sc. 4)
  - Scenario 5 - Bunschoten volledig en Amersfoort volledig (TEO & WKO - Sc. 5)

Warmtevraag Ontwikkeling - Bunschoten & Amersfoort

Nr.	Buurt	GJ/jaar (MT-ready)	GJ/jaar (MT-ready) - Cum.	Warmtepomp Vermogen (kW)	Aquathermie Vermogen (kW)	Aansluitingen	Aansluitingen - Cum.	Temperatuurniveau
1	Broerswetering	31.388	31.388	6.811	4.865	928	928	70 °C
2	Bikersvaart	41.260	72.648	8.953	6.395	1.221	2.149	70 °C
3	Blokhuiswetering	43.406	116.054	9.418	6.727	1.462	3.611	70 °C
4	Koenraadswetering	19.069	135.123	4.138	2.955	664	4.275	45 °C
5	De Stadstuin	18.848	153.971	4.090	2.921	792	5.067	70 °C (45 °C)
6	Centrum/Westpark	21.126	175.097	4.584	3.274	666	5.733	70 °C (45 °C)
7	Hoogland	147.635	322.732	32.034	22.881	4.499	10.232	70 °C
	<b>Totaal:</b>	<b>322.732</b>	<b>322.732</b>	<b>70.027</b>	<b>50.019</b>	<b>7.521</b>	<b>10.232</b>	

# Financiële analyse – Scenario's

Nr.	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Buurt	GJ/jaar (MT-ready)	GJ/jaar (MT-ready) Cum. Tot.	Vermogen (kW)	Aquathermie Vermogen (kW)
1	1a	2			5	Broerswetering	31.388	31.388	6.811	4.865
2	1b					Bickersvaart	41.260	72.648	8.953	6.395
3	1c					Blokhuiswetering	43.406	116.054	9.418	6.727
4	1d					Koenraadswetering	19.069	135.123	4.138	2.955
5			3a	4		De Stadstuin	18.848	153.971	4.090	2.921
6			3b			Centrum/Westpark	21.126	175.097	4.584	3.274
7			3c			Hoogland	147.635	322.732	32.034	22.881
						<b>Totaal:</b>	<b>322.732</b>	<b>322.732</b>	<b>70.027</b>	<b>50.019</b>

# Financiële analyse – Scenario's



Nr.	Buurt
1	Broerswetering
2	Bikkersvaart
3	Blokhuiswetering
4	Koenraadswetering
5	De Stadstuin
6	Centrum/Westpark
7	Hoogland



# Financiële analyse – Kostenkentalen

Onderdeel	Beschrijving	Investering (excl. BTW)	Eenheid
Bronnen HT	Warmtepompcentrale	€ 900.000	EUR/MW
	Geothermie	€ 2.000.000	EUR/MW
Thermische opslag	WKO-bron	€ 750.000	EUR/#
Aquathermie	Aquathermie onttrekkingsinstallatie	€ 900.000	EUR/MW
Warmtenet	Warmteoverdrachtstation	€ 150.000	Euro/#
	Transportnet	€ 2000	EUR/M
	Distributienet	€ 750	EUR/M
	Aansluitleidingen	€ 250	EUR/M
Onderhoud & Beheer	OPEX vaste kosten	2%	% van CAPEX
	Verzekeringen	0%	% van CAPEX
	Beheerkosten	7%	% van Revenu
	Communicatie	2%	% van Revenu
Energie Inkoop	Inkoopprijs elektra	€ 0,30*	EUR/kWh
Warmte verkoop	Warmteprijs	€ 44,59	Euro/GJ
	Vastrecht	€ 408,57	Euro/per jaar
	Meettarief	€ 22,70	Euro/per jaar
	Huur afleverset	€ 103,72	Euro/per jaar

\*Elektraprijs zonder energiebelasting (EB) en opslag duurzame energie (ODE)

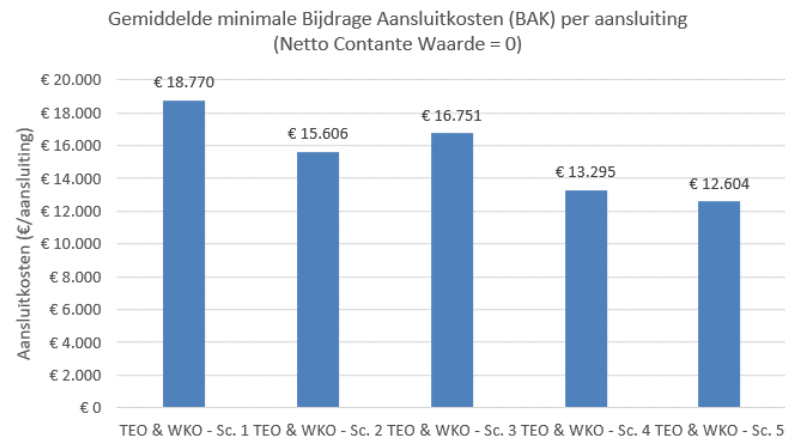
# Financiële analyse - Investering

CAPEX	TEO & WKO - Sc. 1	TEO & WKO - Sc. 2	TEO & WKO - Sc. 3	TEO & WKO - Sc. 4	TEO & WKO - Sc. 5
<b>Warmtenet</b>					
Totaal transportleidingen	€ 6.000.000	€ 6.000.000	€ 12.000.000	€ 12.000.000	€ 12.000.000
Totaal distributienet	€ 23.684.250	€ 23.684.250	€ 26.132.250	€ 26.132.250	€ 49.816.500
Totaal overdrachtsstations	€ 600.000	€ 600.000	€ 450.000	€ 450.000	€ 1.050.000
Totaal Aansluitleidingen	€ 10.503.750	€ 10.503.750	€ 13.140.000	€ 13.140.000	€ 23.643.750
<b>Bron</b>					
Investeringen Warmtepompcentrale	€ 26.994.606	€ 26.994.606	€ 37.480.155	€ 37.480.155	€ 64.474.761
Investeringen Open WKO	€ 6.000.000	€ 6.000.000	€ 6.000.000	€ 6.000.000	€ 12.000.000
Investeringen Aquathermie	€ 19.281.861	€ 19.281.861	€ 26.771.540	€ 26.771.540	€ 46.053.401
Investeringen Netaansluiting	€ 500.000	€ 500.000	€ 500.000	€ 500.000	€ 1.000.000
<b>Woning niveau</b>					
Kosten aansluiting warmtenet	€ 14.962.500	€ 14.962.500	€ 20.849.500	€ 20.849.500	€ 35.812.000
<b>Overig</b>					
Totaal herinvestering	€ 14.997.003	€ 14.997.003	€ 20.822.309	€ 20.822.309	€ 35.819.312
Totaal decommissioning	€ 400.000	€ 400.000	€ 400.000	€ 400.000	€ 800.000
Ontwikkelkosten	€ 16.279.045	€ 16.279.045	€ 21.498.517	€ 21.498.517	€ 36.877.562
Aansluitingen	4.275	4.275	5.957	5.957	10.232
CAPEX	€ 123.923.971	€ 123.923.971	€ 164.545.753	€ 164.545.753	€ 282.469.724
CAPEX per aansluiting	€ 28.988	€ 28.988	€ 27.622	€ 27.622	€ 27.607



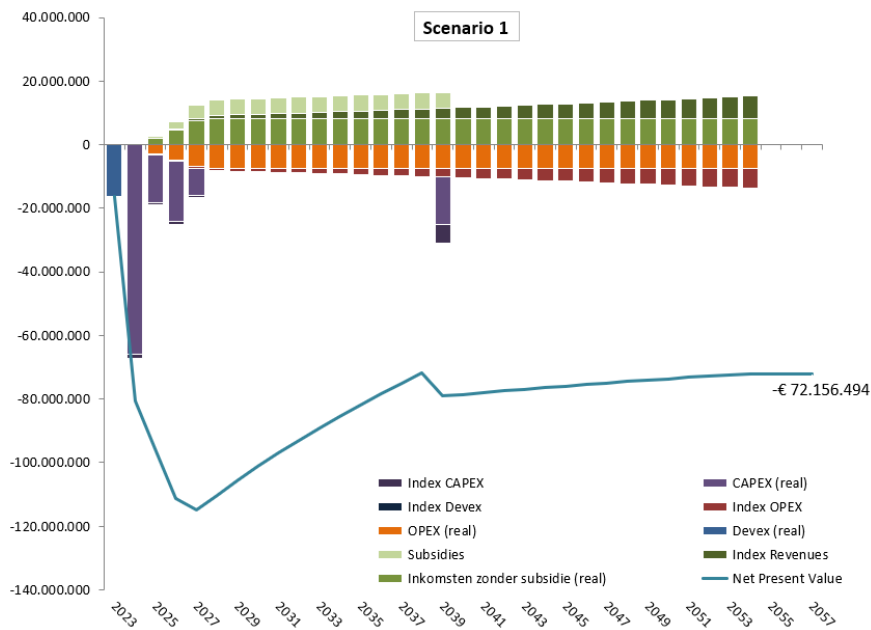
# Financiële analyse – Netto Contante Waarde

- Bijdrage aansluitkosten (BAK) per scenario
- Uitgangspunten financiële analyse:
  - Looptijd business case analyse van 30 jaar
  - Jaarlijkse operationele kosten 2% van investeringskosten
  - Rente op eigen vermogen van 6,75%
  - Rente op vreemd vermogen van 3%
  - Project leverage (Debt to Capital) ratio 60%
  - Weighted Average Cost of Capital (WACC) van 4,5%
  - Investing energiebesparende maatregelen niet meegenomen
  - Voor de elektrakosten is gerekend met een kale elektraprijs van 0,30 euro/kWh en energiebelastingtarieven van 2022
- De negatieve netto contante waarde is de onrendabele top
- Onrendabele top gedekt door BAK/Subsidie
- Gevoeligheidsanalyse BAK uitgevoerd

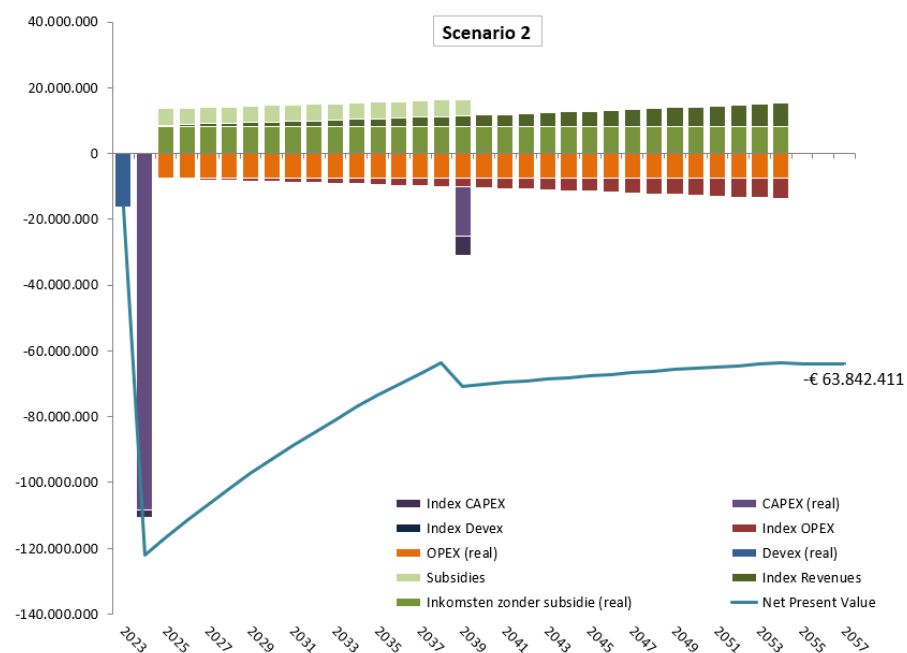


# Financiële analyse – Netto Contante Waarde

■ Scenario 1 - Bunschoten gefaseerd

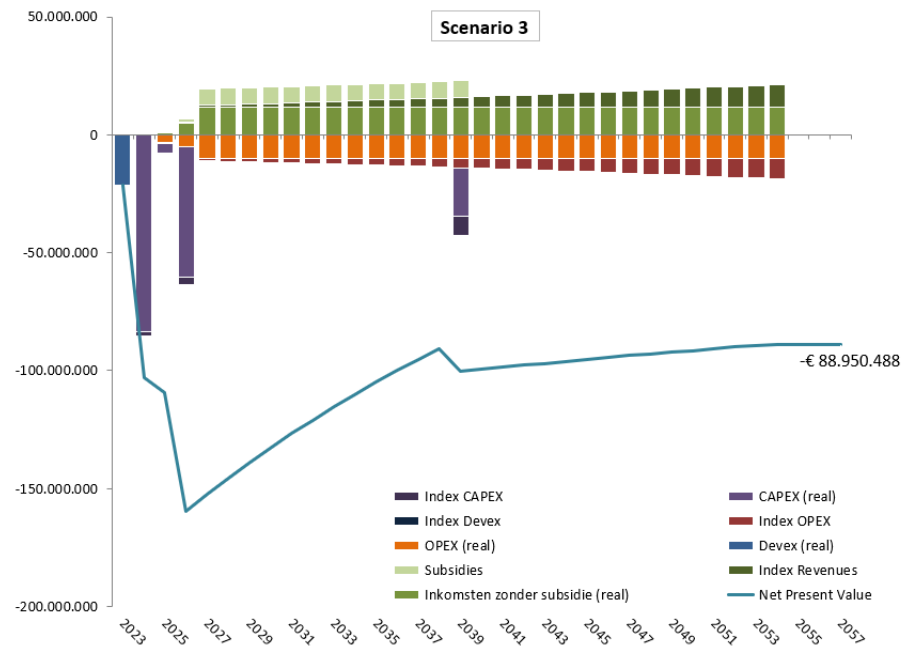


■ Scenario 2 - Bunschoten volledig

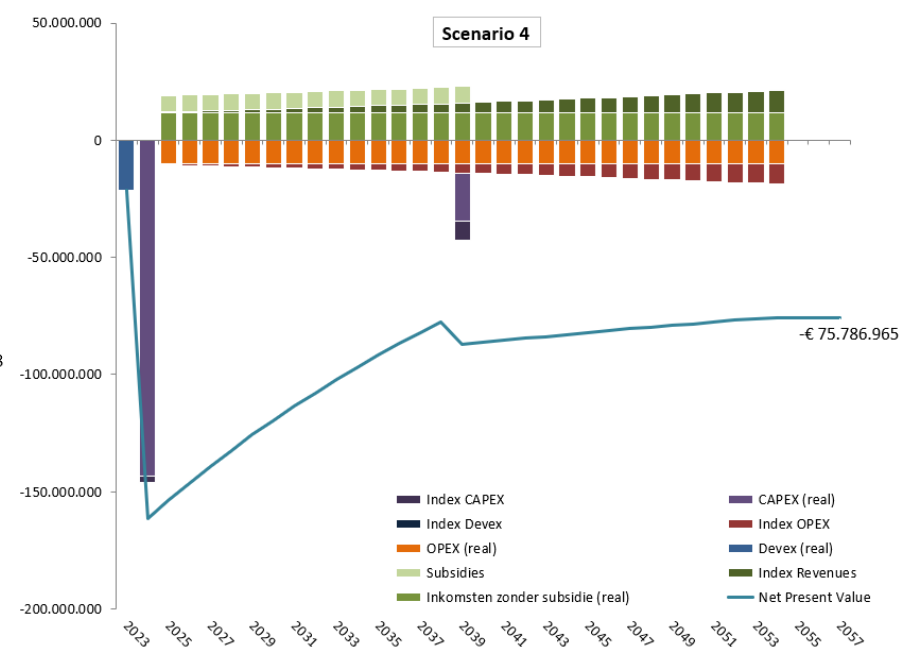


# Financiële analyse – Netto Contante Waarde

## ■ Scenario 3 - Amersfoort gefaseerd

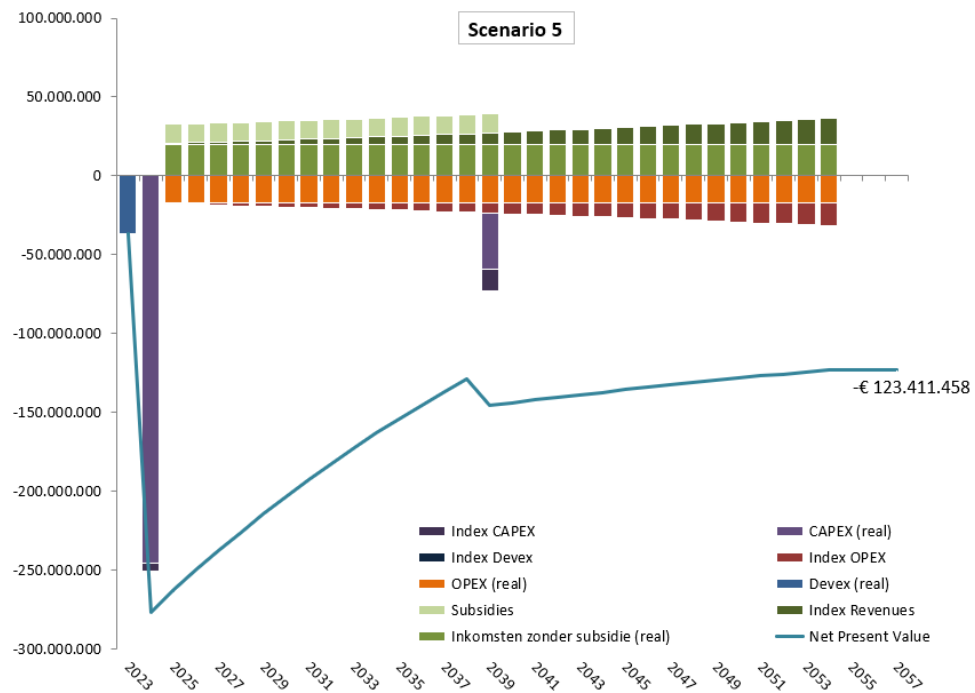


## ■ Scenario 4 - Amersfoort volledig



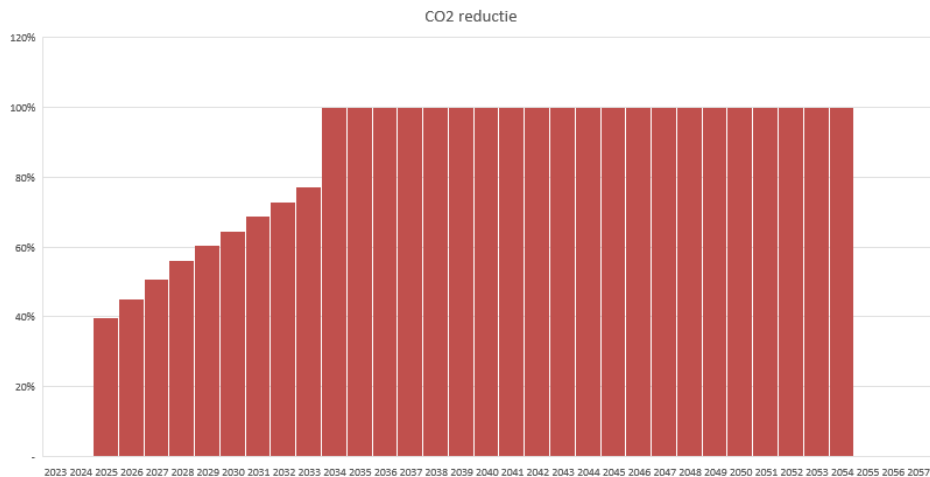
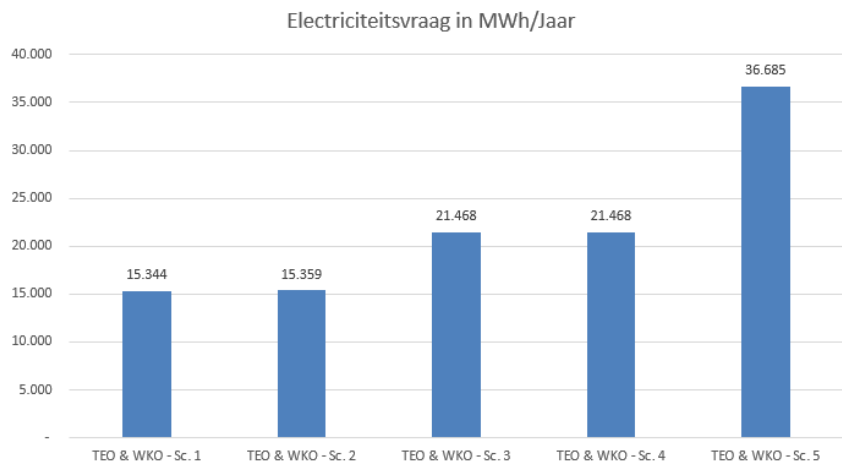
# Financiële analyse – Netto Contante Waarde

## ■ Scenario 5 - Amersfoort & Bunschoten volledig



# Elektriciteitsvraag & CO<sub>2</sub> besparing

- Elektriciteitsvraag
- CO<sub>2</sub> reductie t.o.v. aardgas
- Inkoop elektra uit duurzame bronnen

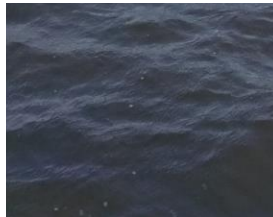




Risico analyse

*Bandbreedtes en verwachte  
onzekerheden*

7

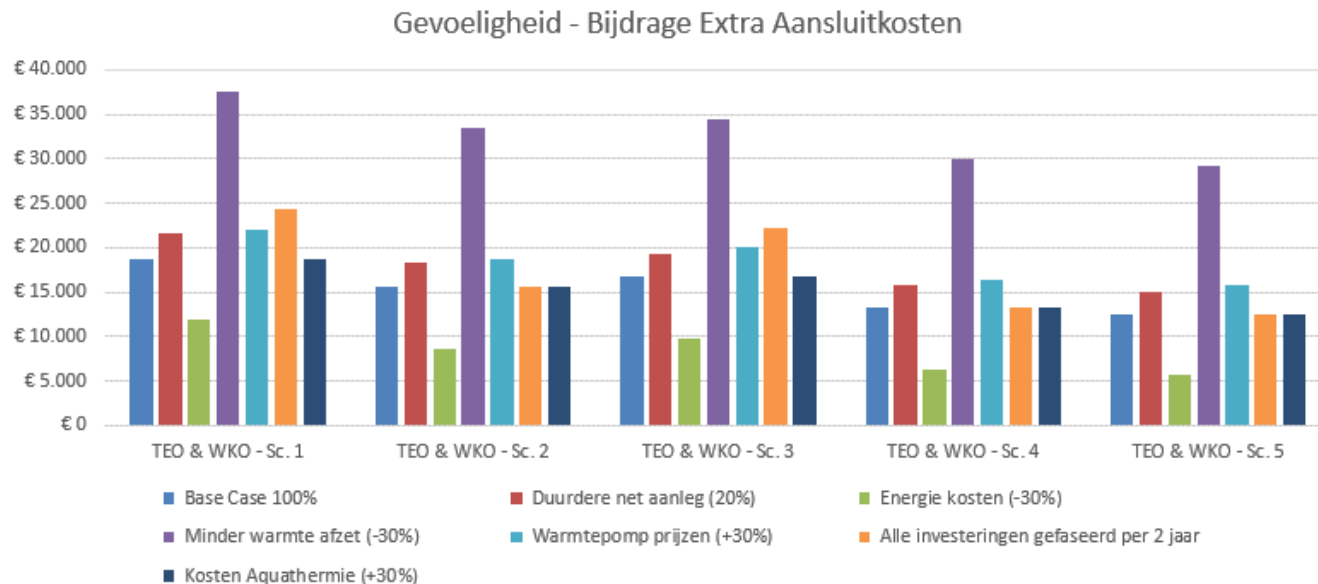




# Risicoanalyse: belangrijkste onzekerheden

- Analyse van potentiële afnemers **Onzekerheid**
  - Wat willen de energiegebruikers in de wijken
  - Omgevingsstudie afnemer
- Systeemlimiet door ecologische maatwerkbeoordeling **Onzekerheid**
  - Uitvoering modeltoets ecologie
- Onzekerheid en onervarenheid bij deze schaal **Onzekerheid**
  - Weinig kennis en ervaring in Nederland bij dergelijk grote TEO projecten
  - Grote onzekerheden bij kosten en opbrengst
  - Haalbaarheidsstudie brengt grote onzekerheden van deze schaal niet goed in beeld

# Gevoeligheid financiële analyse



## Overige risico's: Netcapaciteit analyse

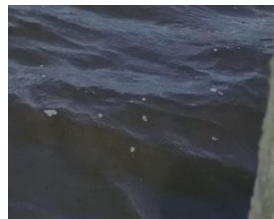
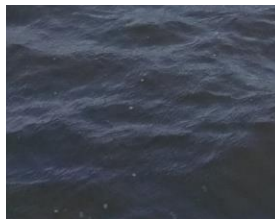
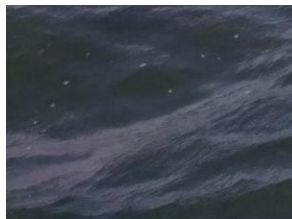
- Onderstaande tabel geeft een indicatie van de benodigde elektrische netcapaciteit per scenario
- In de verdere ontwikkeling is de benodigde netcapaciteit een belangrijke factor in de haalbaarheid van het project
- Maatschappelijke kosten netverzwaring moeten meegenomen worden in vergelijking met investering all-electric op woningniveau

Netcapaciteit					
Scenario's	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5
Netcapaciteit	11,3 MVA	11,3 MVA	15,7 MVA	15,7 MVA	27,1 MVA



Vervolgstappen  
*Vooruitblik op implementatie*

# 8



# Aanbevelingen & vervolgstappen 1/2

- Het Eemmeer warmte kan leveren aan een select aantal wijken in Amersfoort en Bunschoten
- Hoewel grote onzekerheid blijft rondom veel onderwerpen in deze fase, blijkt de haalbaarheid, betaalbaarheid en draagvlak van een TEO-systeem in grote lijnen te voldoen.
- Hierom is een vervolgonderzoek naar een potentiële implementatie van een TEO-systeem in het Eemmeer niet onlogisch.
- In deze fase kan nog niet worden geconcludeerd of een dergelijk TEO-systeem de voorkeur heeft boven alternatieve warmtebronnen. Onze aanbeveling is wel om verder te gaan met dit onderzoek naar een TEO-toepassing in het Eemmeer .

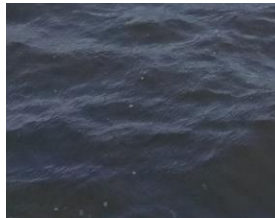
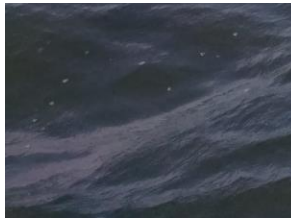
# Aanbevelingen & vervolgstappen 2/2

Wegnemen belangrijkste onzekerheden:

- Modelling ecologie en maatwerkbeoordeling
- Onderzoek naar de potentiële afnemers\_
- Voorlopig ontwerp: dimensionering WKO, warmtecentrale en onttrekking & lozing
- BuCa analyse en vergelijking (en combinatie) warmtebronnen

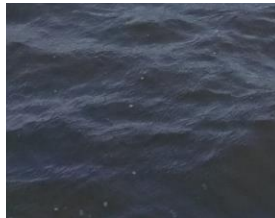
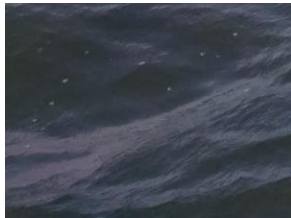


**Vragen**  
*Ruimte voor vraag & reactie*





**Bijlagen**  
*Berekeningen*

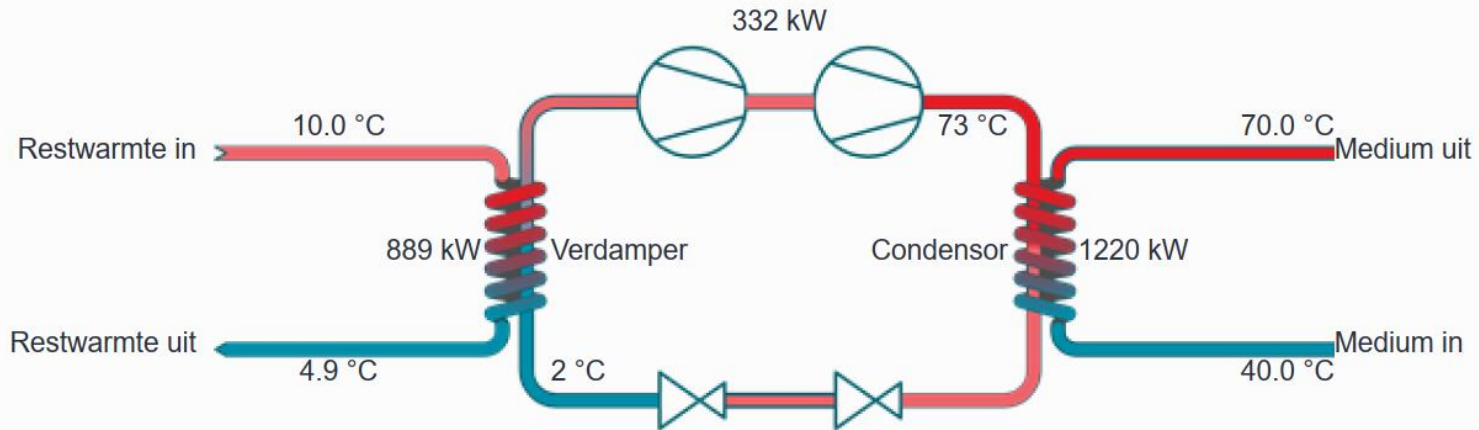




# 70/40 met 10 graden verdamper: COP 3.7

## Specificaties warmtepomp

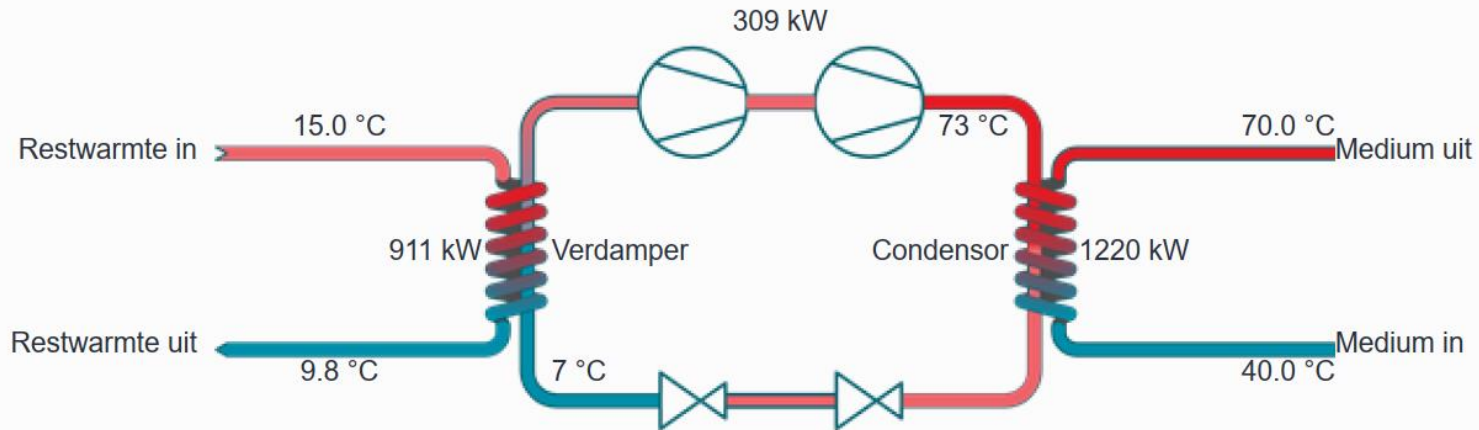
Type warmtepomp	: 2-traps warmtepomp met het natuurlijke koudemiddel Ammoniak (R717)
Capaciteit	: 1220 kW
Elektrisch vermogen	: 332 kW
COPh	: 3.7



# 70/40 met 15 graden verdamper: COP 3.9

## Specificaties warmtepomp

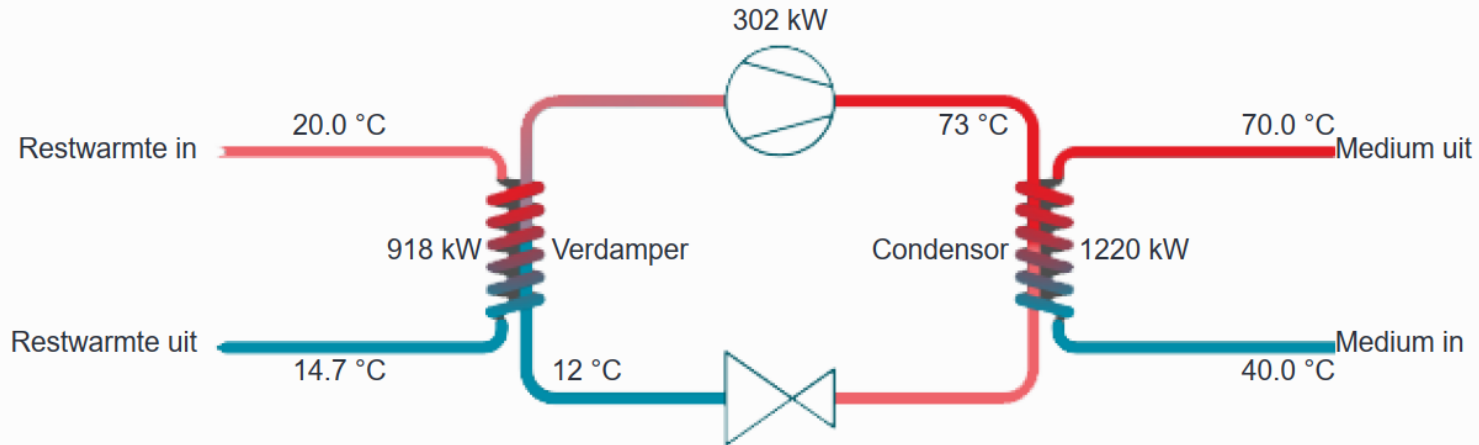
Type warmtepomp	: 2-traps warmtepomp met het natuurlijke koudemiddel Ammoniak (R717)
Capaciteit	: 1220 kW
Elektrisch vermogen	: 309 kW
COPh	: 3.9



# 70/40 met 20 graden verdamper: COP 4.0

## Specificaties warmtepomp

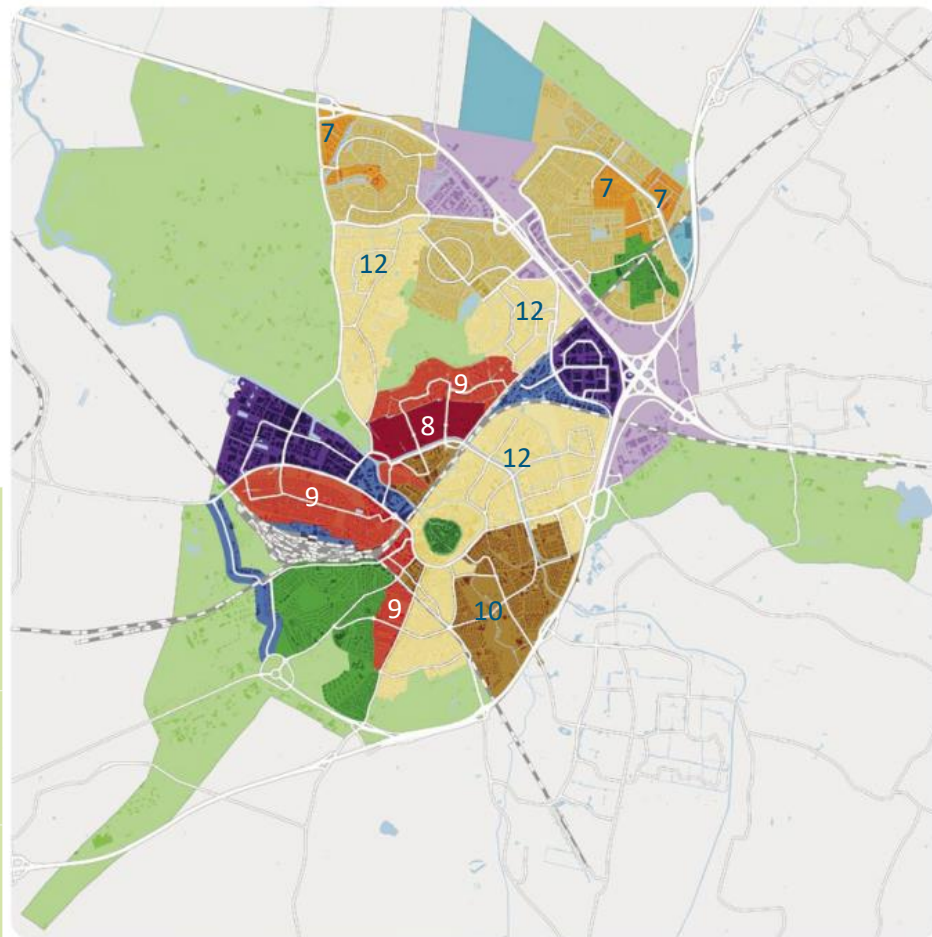
Type warmtepomp	: Mechanische warmtepomp met het natuurlijke koudemiddel Ammoniak (R717)
Capaciteit	: 1220 kW
Elektrisch vermogen	: 302 kW
COPh	: 4.0



# W.V. - Amersfoort - TVW

- (7) – Bestaand warmtenet
- (8) – Nieuw MT warmtenet rond 2030
- (9) – Kansrijk voor een warmtenet
- (10) – All electric/kansen voor warmtenet
- (12) – Nog geen eenduidige oplossing

7	Bestaand warmtenet verduurzamen	Buurt met meer dan 75% aansluitingen op bestaand warmtenet	Ongewijzigd voor woningen die niet op het warmtenet zijn aangesloten, want er is geen uitbreiding van bestaande warmtenetten voorzien	
8	Nieuw MT-warmtenet rond 2030	Buurt met concrete plannen voor een MT-warmtenet	Gasnet wordt verwijderd. Een nieuw warmtenet wordt aangelegd. Voor "opt-out" blijven individuele opties (all-electric) mogelijk	Overwegend warmtenet met voor een deel all-electric
9	Kansrijk voor een warmtenet	Bebouwing geschikt voor een MT-warmtenet in nabijheid van een beschikbare warmtebron	Op termijn (na 2030) zal deel van gasinfrastructuur plaats maken voor warmtenet	
10	All-electric met kansen voor een warmtenet	Bronnen voor aquathermie aanwezig, maar niet voor de gehele buurt	Ontwikkelen van warmtenet met LT bron in combinatie met elektrisch maakt op termijn gasinfrastructuur overbodig	Overwegend all-electric, met voor de deel van de bebouwing een LT- of MT-warmtenet
11	All-electric geïntegreerd	Woningen met een hoge isolatiegraad	Op termijn maakt gasnet plaats voor elektrische opties: slimme systeemintegratie; koppeling met duurzame opwek (zon), gebruik (elektrisch vervoer) en opslag (batterijen of warmteopslag)	
12	Nog geen eenduidige oplossing	Woningen met een lagere isolatiegraad. Op basis van bebouwing is een MT-warmtenet een optie, maar zijn er geen concrete plannen en beschikbare bronnen	Vooralsnog ongewijzigd	Onbekend

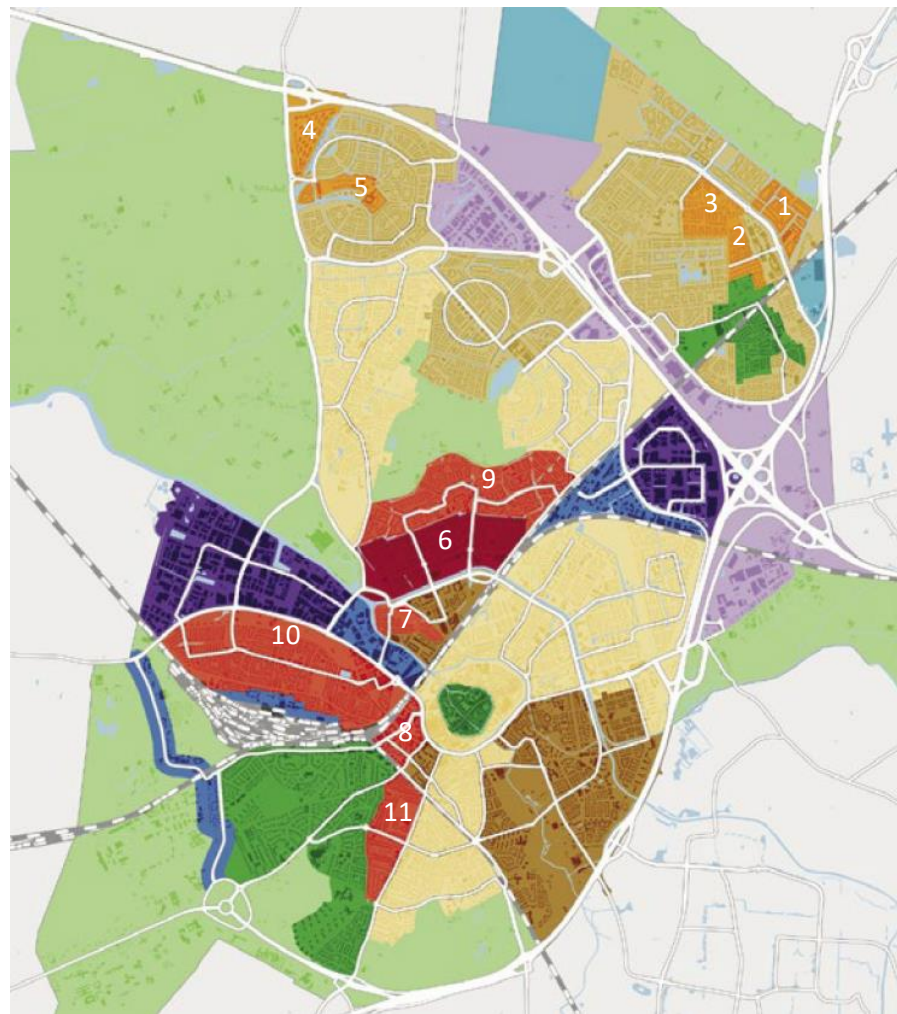


# Wijkoverzicht - Amersfoort

- Wijkenanalyse transitievisie warmte
- Warmtevraag en bouwtypologie
- Benodigde warmte-infrastructuur
- Afstand tot Eemmeer
- Matchmaking en voorkeurswijken

Nr.	Buurt
1	Zuiderzeestedenbuurt-Oost
2	Damespolderbuurt
3	Polderbuurt-Noord
4	De Stadstuin
5	Centrum/Westpark
6	Schothorst-Zuid
7	Jeruzalem
8	Nederberg
9	Schothorst-Noord
10	Soesterkwartier
11	Verhoevenstraat e.o.

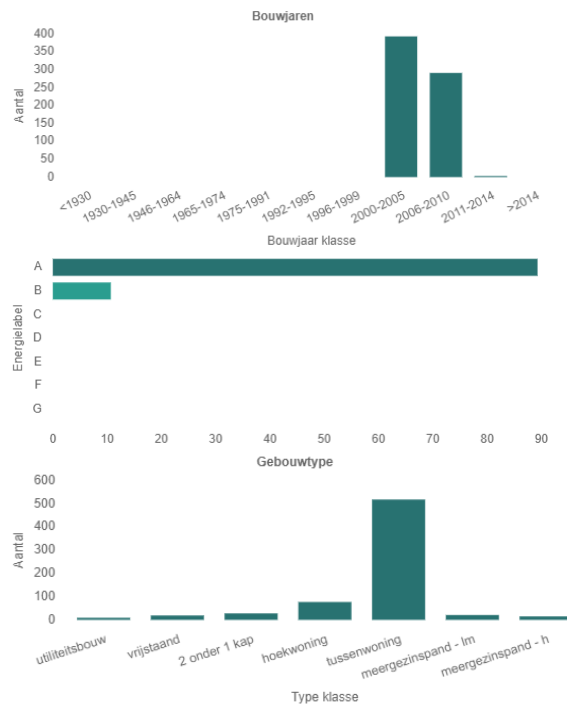
30 November 2022



# Warmtevraag – Amersfoort - SETup

## Zuiderzeestedenbuurt – Oost

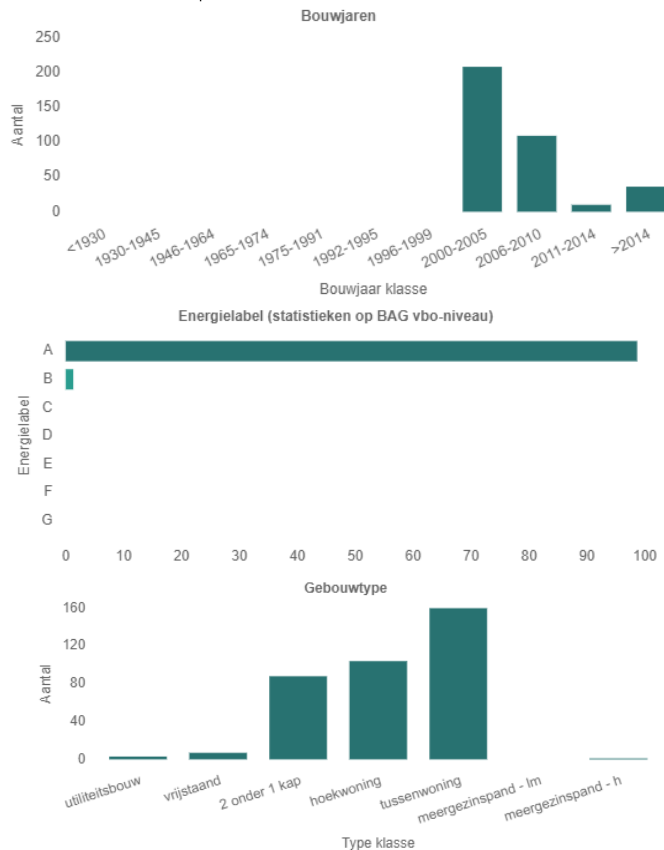
### Bestaand warmtenet



# Warmtevraag – Amersfoort - SETup

## Damespolderbuurt

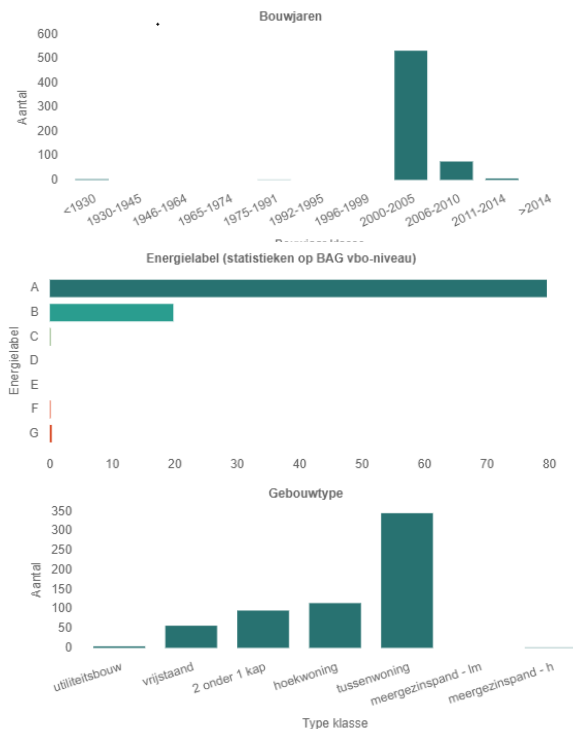
### Bestaand warmtenet



# Warmtevraag – Amersfoort - SETup

## Polderbuurt – Noord

Bestaand warmtenet

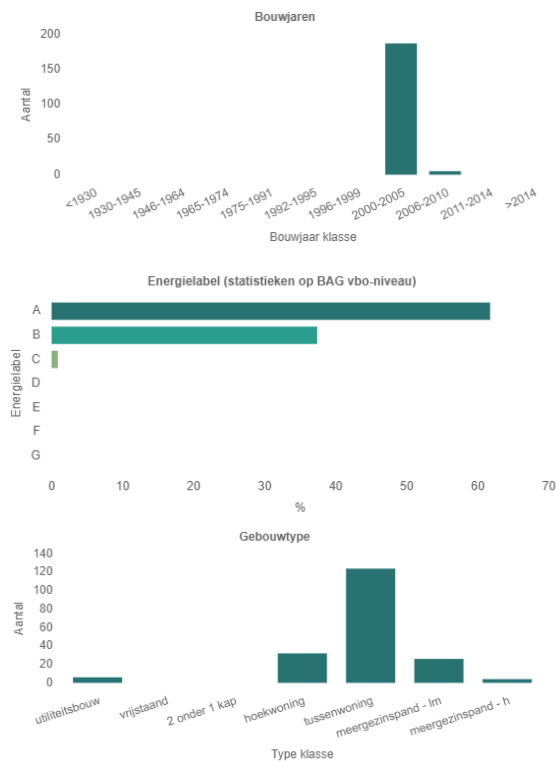




# Warmtevraag – Amersfoort - SETup

## De Stadstuin

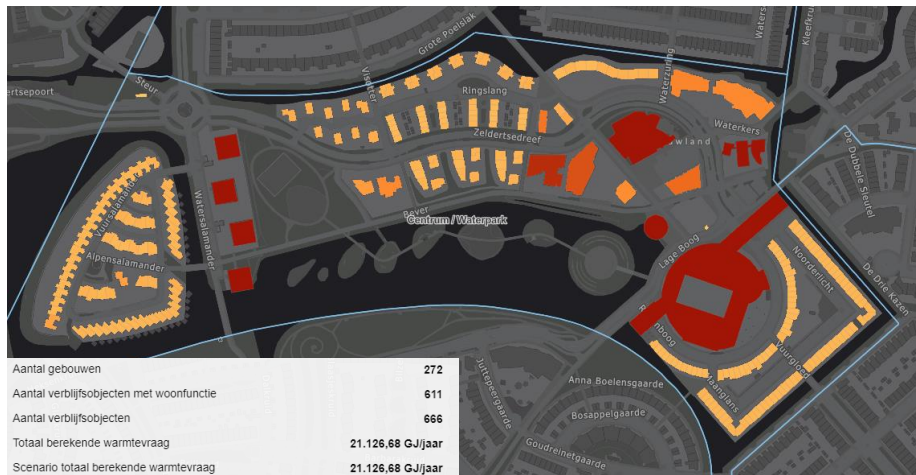
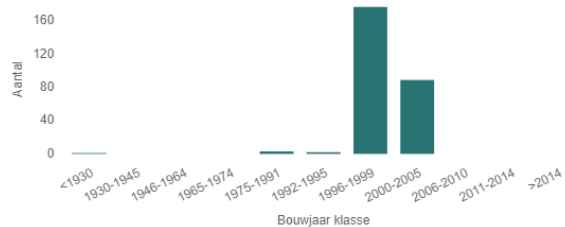
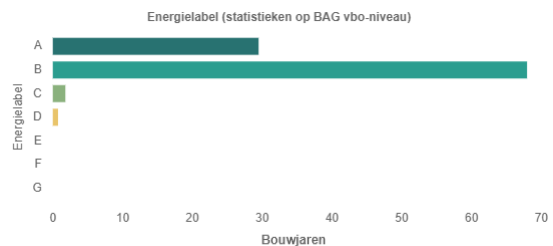
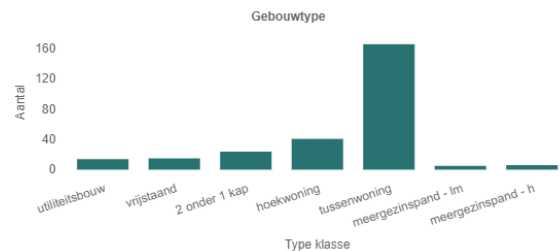
### Bestaand warmtenet



Aantal gebouwen	192
Aantal verblijfsobjecten met woonfunctie	758
Aantal verblijfsobjecten	792
Totaal berekende warmtevraag	18.848,77 GJ/jaar
Scenario totaal berekende warmtevraag	18.848,77 GJ/jaar

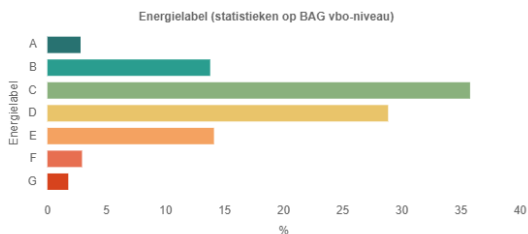
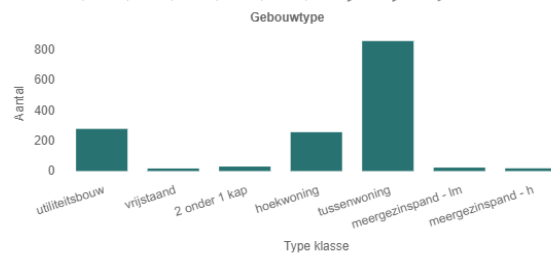
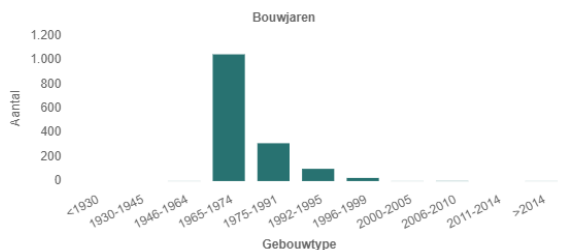
# Warmtevraag – Amersfoort - SETup

## Centrum/Waterpark



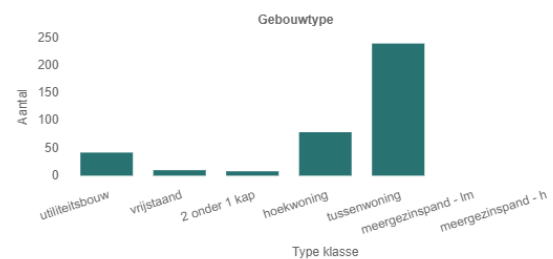
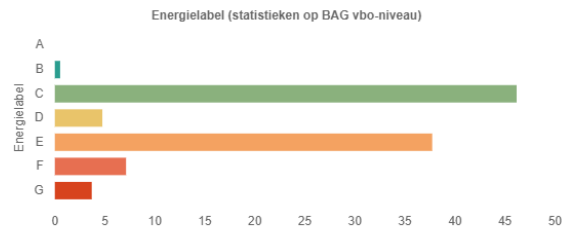
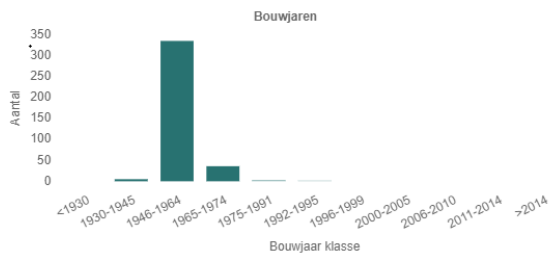
# Warmtevraag – Amersfoort - SETup

## Schothorst – Zuid



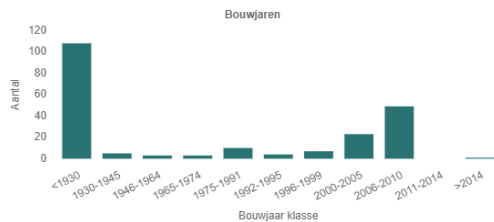
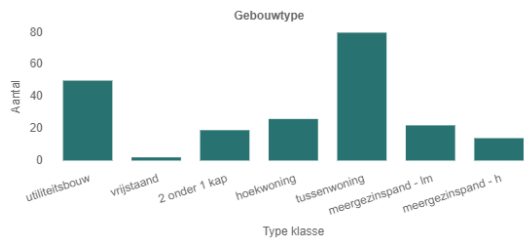
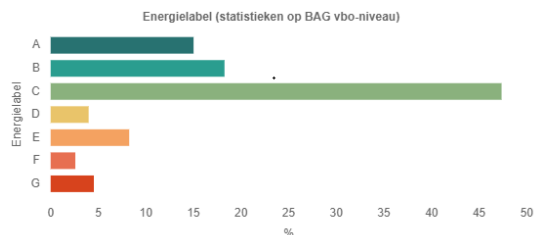
# Warmtevraag – Amersfoort - SETup

## Jeruzalem



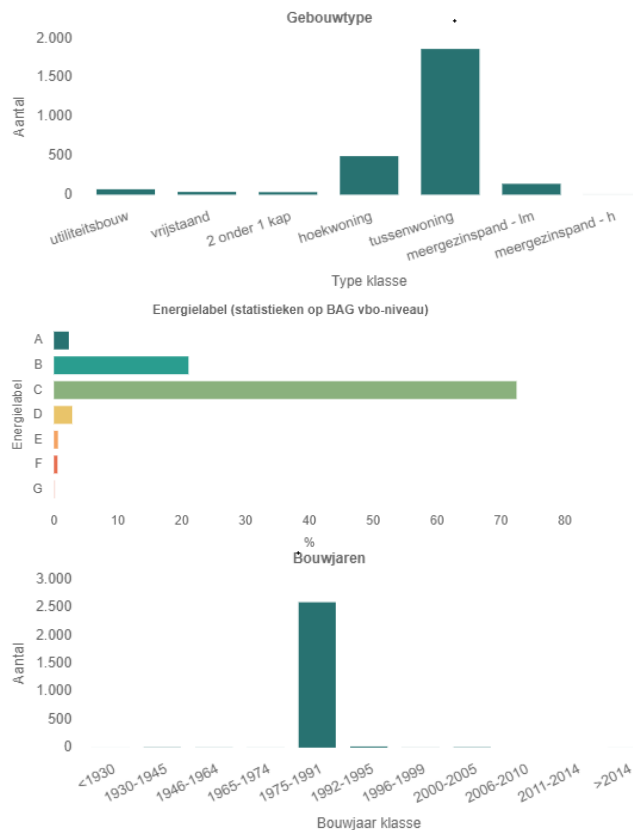
# Warmtevraag – Amersfoort - SETup

## Nederberg



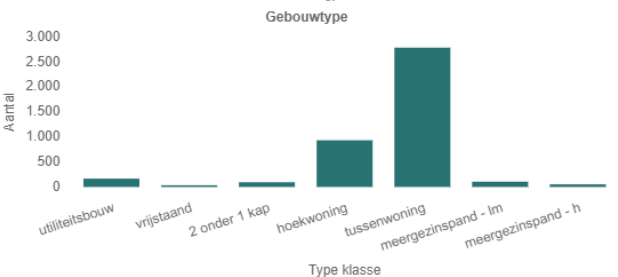
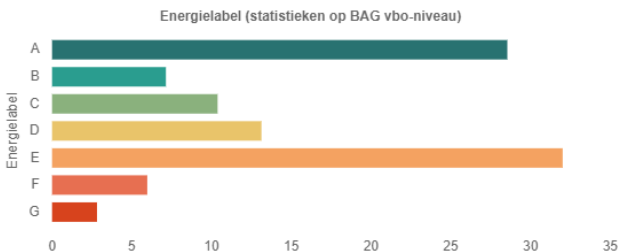
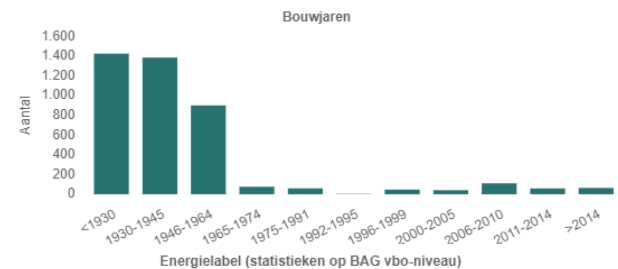
# Warmtevraag – Amersfoort - SETup

## Schothorst – Noord



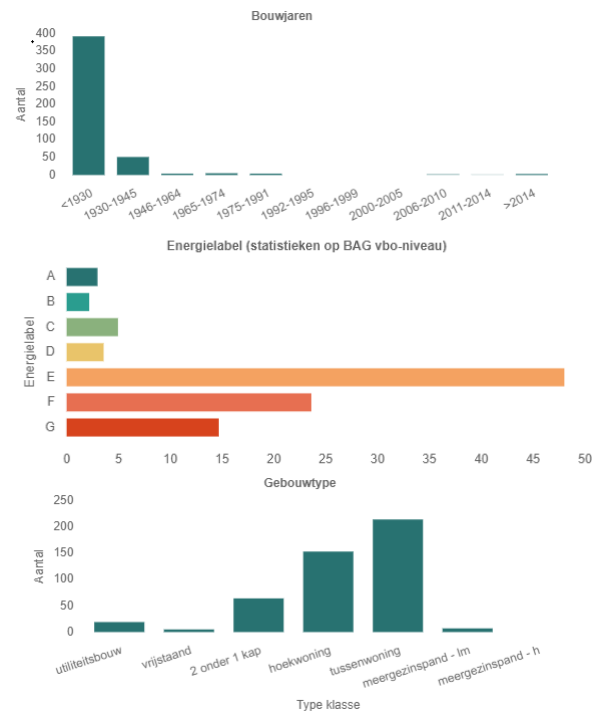
# Warmtevraag – Amersfoort - SETup

## Soesterkwartier



# Warmtevraag – Amersfoort - SETup

## Verhoevenstraat e.o.



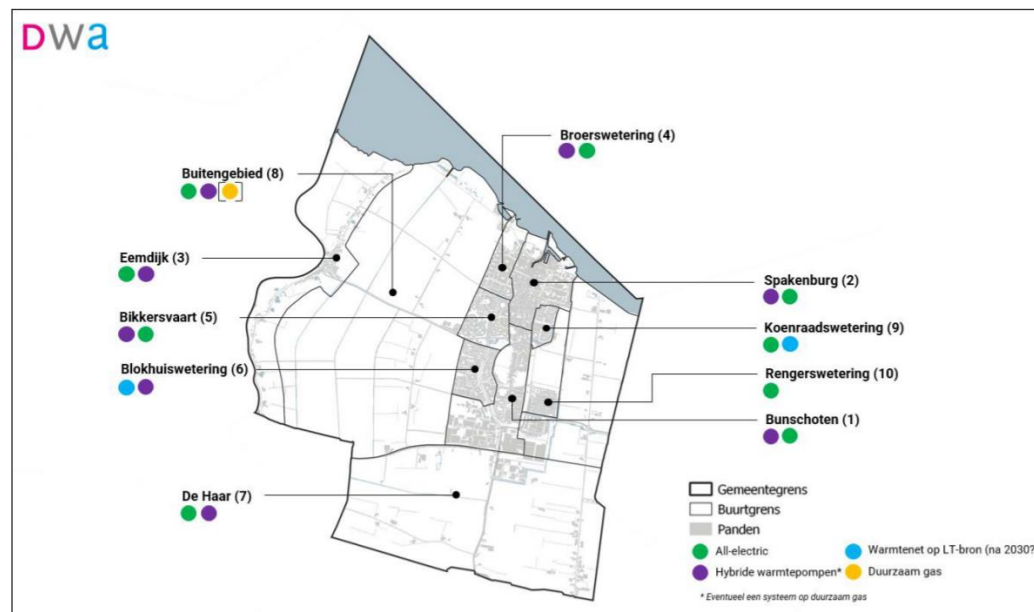
Aantal gebouwen	462
Aantal verblijfsobjecten met woonfunctie	454
Aantal verblijfsobjecten	501
Totaal berekende warmtevraag	23.011,14 GJ/jaar
Scenario totaal berekende warmtevraag	23.011,14 GJ/jaar



# Warmtevraag – Bunschoten - TVW

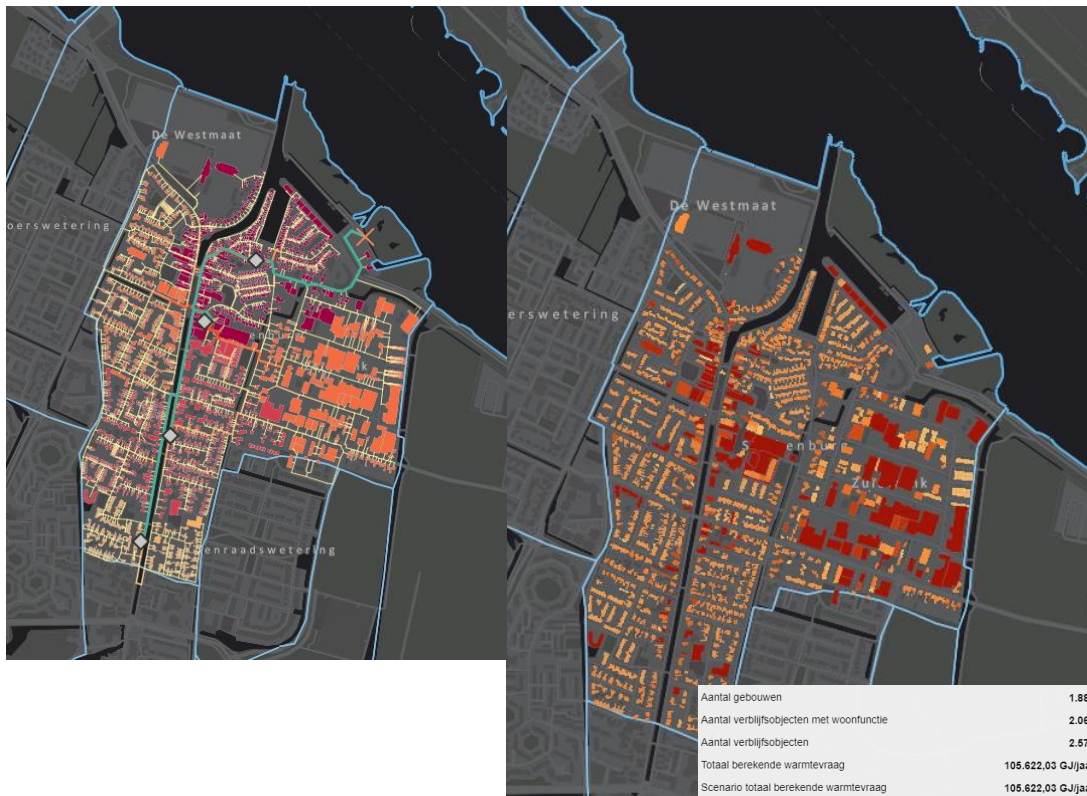
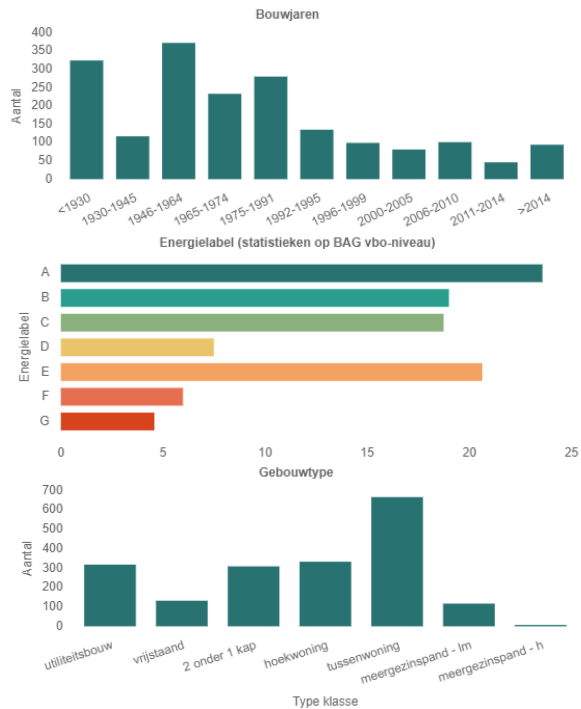
- Wijkenanalyse transitievisie warmte
- Warmtevraag en gebouwtypologie
- Benodigde warmte-infrastructuur
- Afstand tot Eemmeer
- Matchmaking en voorkeurswijken

Nr.	Buurt
2	Spakenburg
4	Broerswetering
6	Blokhuiswetering
5	Koenraadswetering
10	Bikersvaart



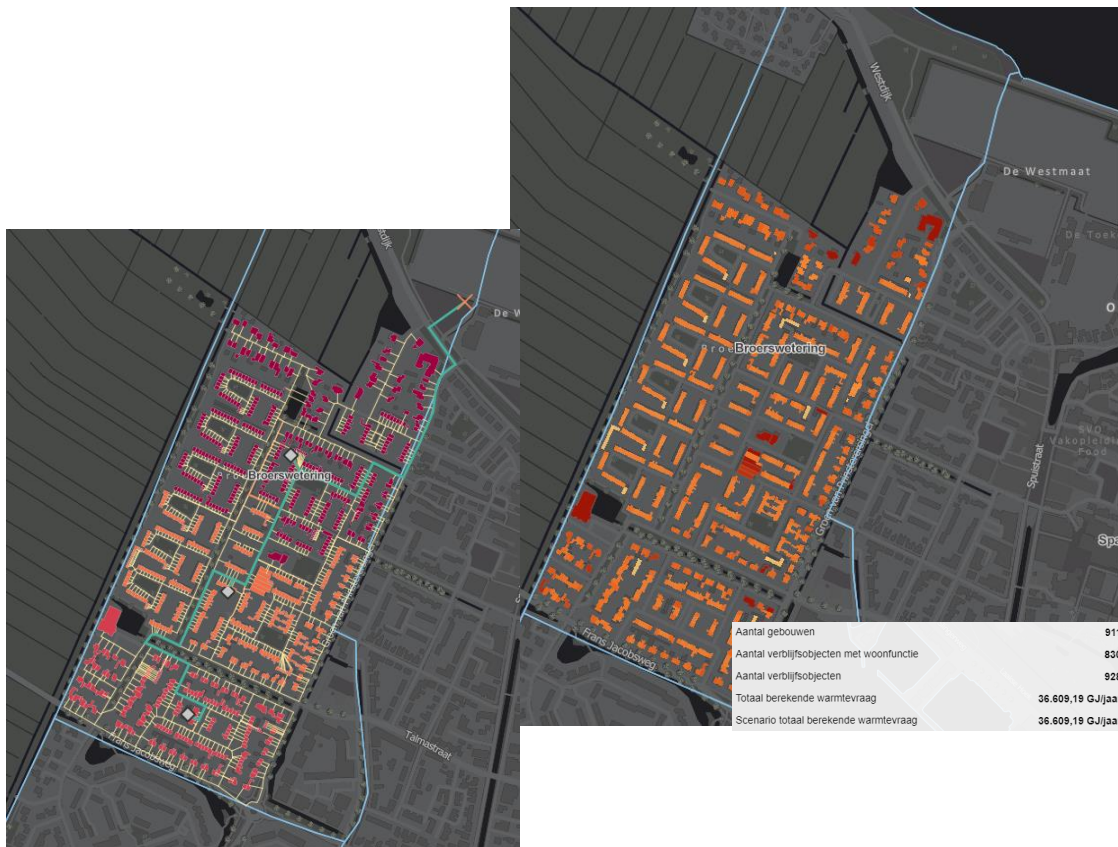
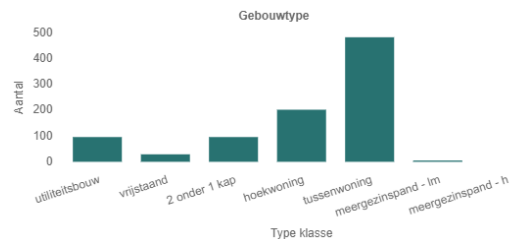
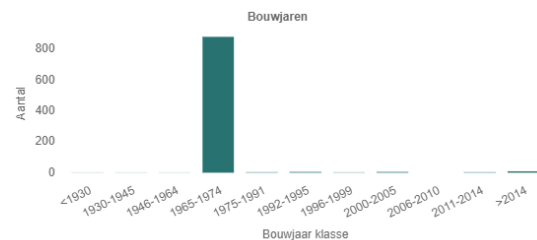
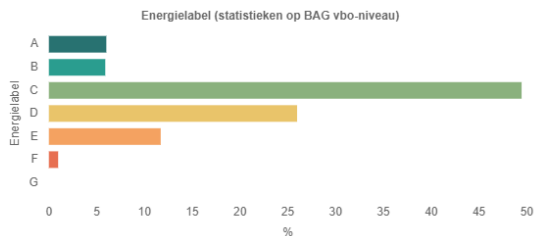
# Warmtevraag – Bunschoten - SETup

## Spakenburg



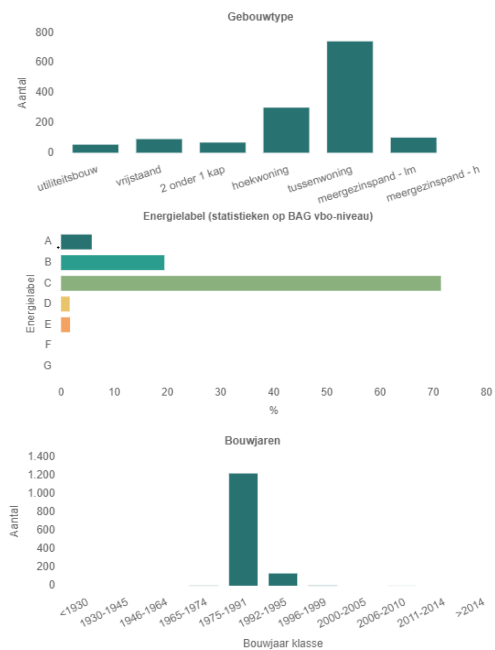
# Warmtevraag – Bunschoten - SETup

## Broerswetering



# Warmtevraag – Bunschoten - SETup

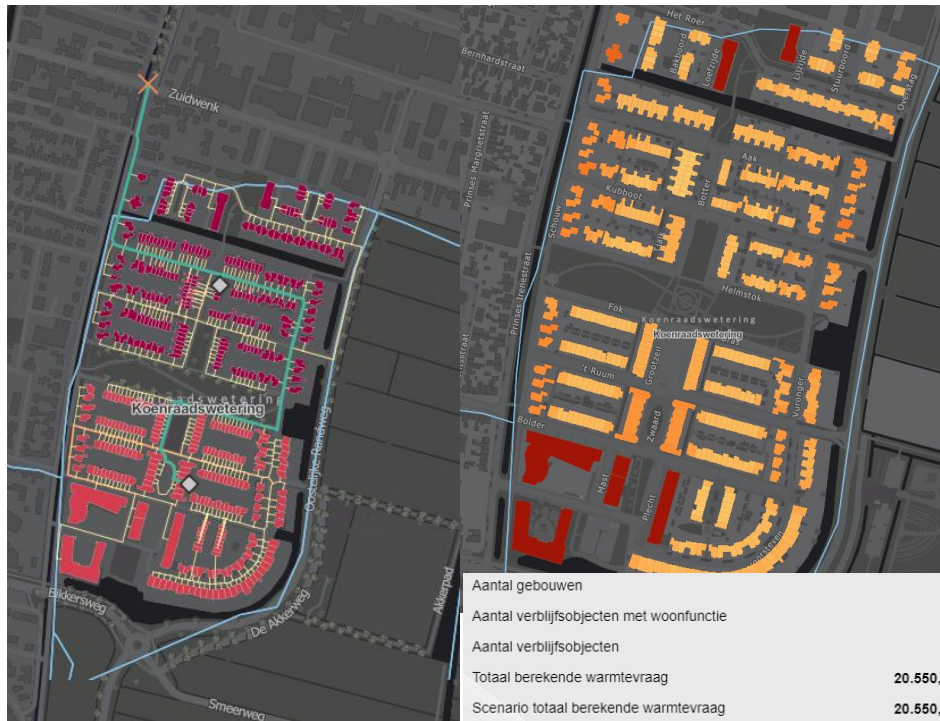
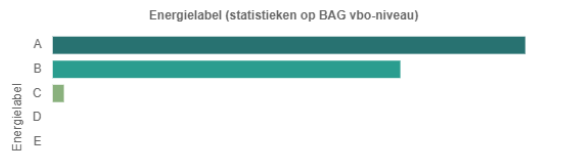
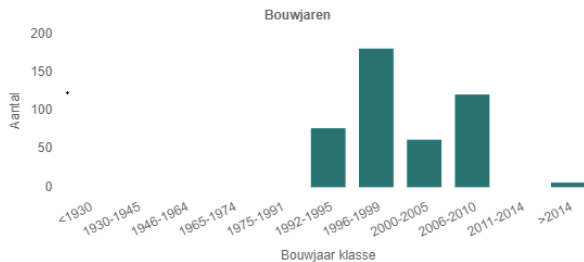
## Blokhuiswetering



30 November 2022

# Warmtevraag – Bunschoten - SETup

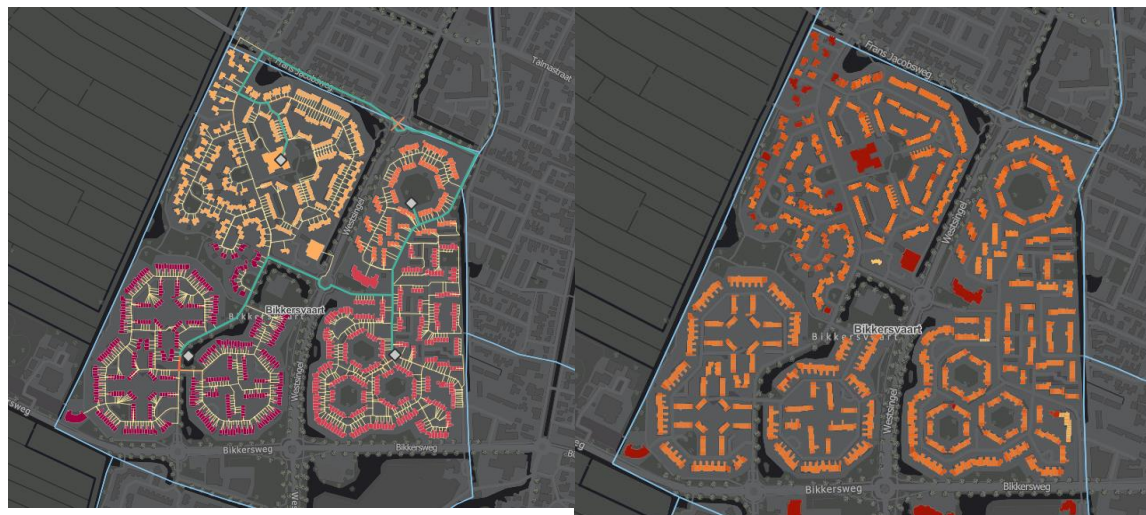
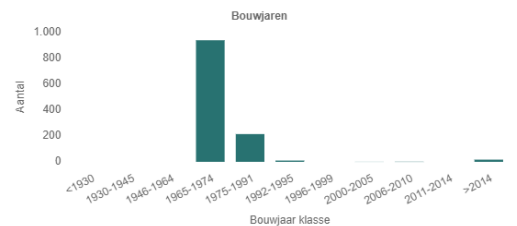
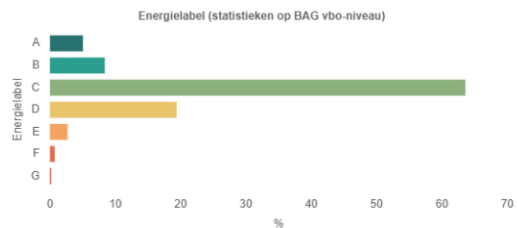
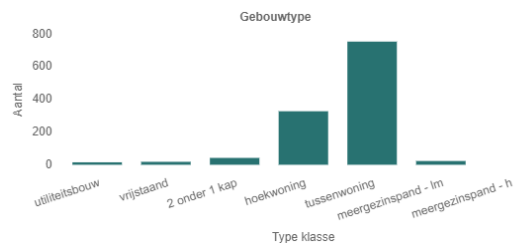
## Koenraadswetering



Aantal gebouwen	447
Aantal verblijfsobjecten met woonfunctie	661
Aantal verblijfsobjecten	664
Totaal berekende warmtevraag	20.550,25 GJ/jaar
Scenario totaal berekende warmtevraag	20.550,25 GJ/jaar

# Warmtevraag – Bunschoten - SETup

## Bickersvaart

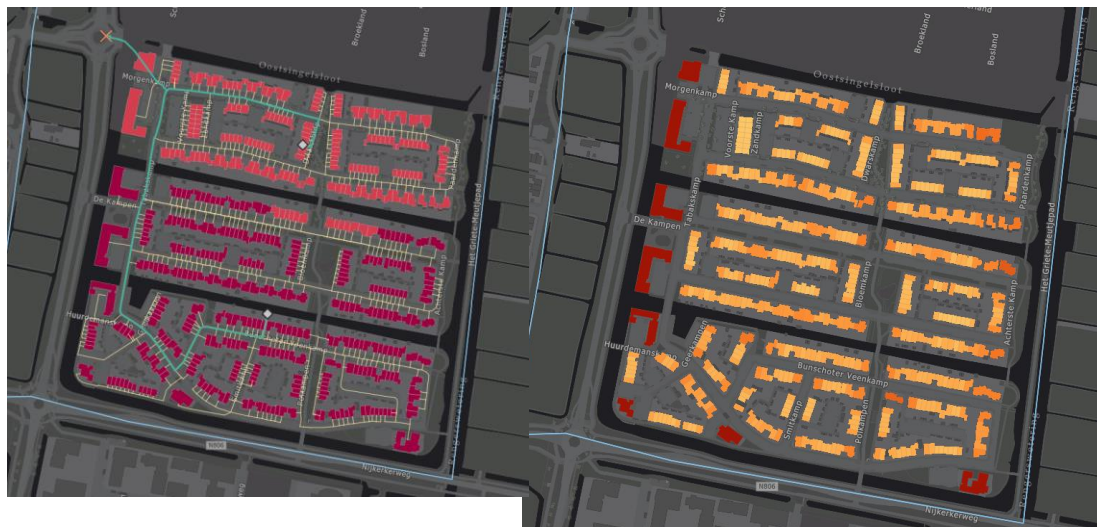
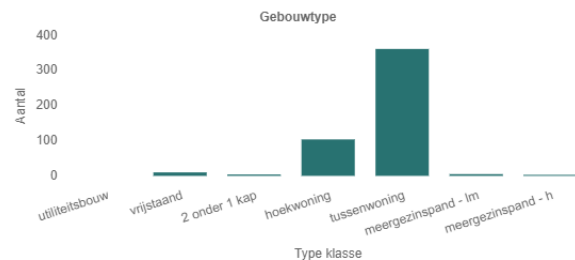
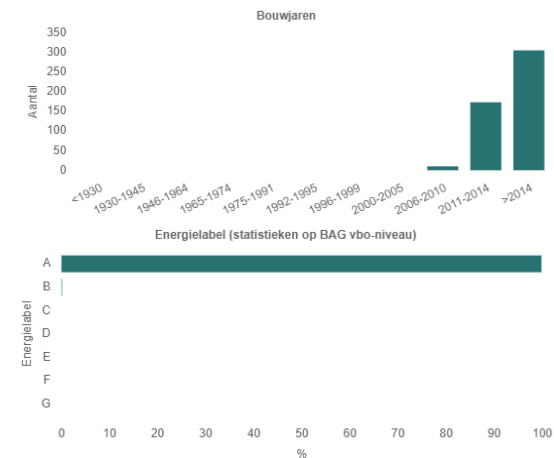


Aantal gebouwen	1.181
Aantal verblijfsobjecten met woonfunctie	1.202
Aantal verblijfsobjecten	1.221
Totaal berekende warmtevraag	50.050,03 GJ/jaar
Scenario totaal berekende warmtevraag	50.050,03 GJ/jaar

30 November 2022

# Warmtevraag – Bunschoten - SETup

## Rengerswetering



Aantal gebouwen	<b>488</b>
Aantal verblijfsobjecten met woonfunctie	<b>673</b>
Aantal verblijfsobjecten	<b>673</b>
Totaal berekende warmtevraag	<b>16.484,87 GJ/jaar</b>
Scenario totaal berekende warmtevraag	<b>16.484,87 GJ/jaar</b>

# Ecologische effecten

*Verstoring van broedvogels en niet-broedvogels (instandhoudingsdoelen N-2000)*

Vogelsoort	Functie habitat	Risico voor verstoring
Visdief	foerageergebied	Hoog
Fuut	foerageergebied	Gemiddeld
Aalscholver	foerageergebied	Laag
Kleine zwaan	foerageergebied	Laag
Grauwe gans	slaap- en rustplaats en foerageergebied	Laag
Smient	slaap- en rustplaats	Hoog
Krakeend	foerageergebied	Gemiddeld
Slobeend	foerageergebied	Gemiddeld
Tafeleend	foerageergebied	Hoog
Kuifeend	foerageergebied	Gemiddeld
Nonnetje	foerageergebied	Gemiddeld
Meerkoet	foerageergebied	Gemiddeld

- Gevoelig voor veranderingen in waterkwaliteit
- Relatief korte verstoringsafstanden (<100m)

[Kennisdokument Natura-2000]



# Ecologische effecten

*Verstoring van paaiperiode van 'bepalende' vissoorten*

Vissoort	Paaiperiode	Paaihabitat	Diepte paaihabitat	Optimale temperatuur paaiperiode (°C)	Risikoafweging	
					Locatie	Periode van het jaar
Brasem	Eind april t/m midden juni	Oevers met begroeiing van oeverplanten	20-80cm	12-20	Hoog risico	Hoog risico
Blankvoorn	April en mei	Uitstekende structuren; resten van vegetatie	<1,5m	12-17	Gemiddeld risico	Hoog risico
Snoekbaars	Eind april t/m Begin mei	Zand-grindbodem, wortelstelsels van oeverplanten en gezonken takken	<1m	12-15	Gemiddeld risico	Hoog risico
Pos	April t/m juli	Grind en planten	1-3m	11-18	Gemiddeld risico	Hoog risico
Baars	Maart t/m juni	Waterplanten, omgevallen bomen, zand en stenen	0,5-3m	8-14	Gemiddeld risico	Hoog risico

[Factsheets Sportvisserij Nederland]

[Sportvisserij Nederland: Visserij onderzoek Zuidelijke Randmeren Goomeer, Eemmeer en Nijkerkernauw]

# Ecologische effecten

## Onttrekking van 'bepalende' vissoorten

Vissoort	Lichaamsgrootte juveniele vissen	Risicoafweging
Brasem	9-14 cm	Gemiddeld risico
Blankvoorn	8-14 cm	Gemiddeld risico
Snoekbaars	8-18 cm	Gemiddeld risico
Pos	2-12 cm	Hoog risico
Baars	10-15 cm	Laag risico

A red rectangular box highlights the 'Risicoafweging' column of the table. A green arrow points from this box to a separate text box on the right.

Gevoelig voor inzuiging door beperkte lichaamsgrootte

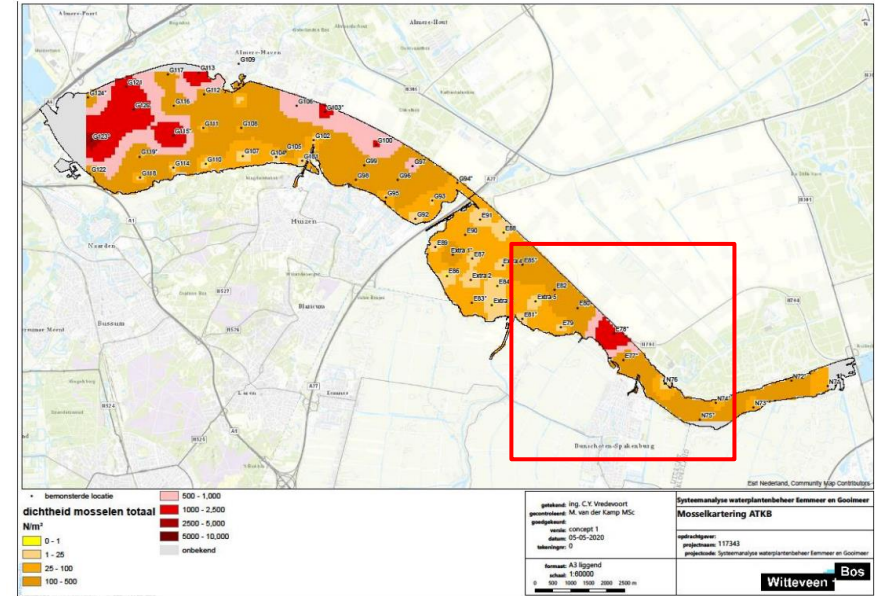
[Factsheets Sportvisserij Nederland]

# Ecologische effecten

- Relatief hoge dichtheid mosselen (1000-2500 n/m<sup>2</sup>)
  - Quaggamossel
  - Driehoeksmossel
- Belangrijke filterfunctie; kan afnemen door temperatuurdaling
- Verstoring voorplanting in het voorjaar

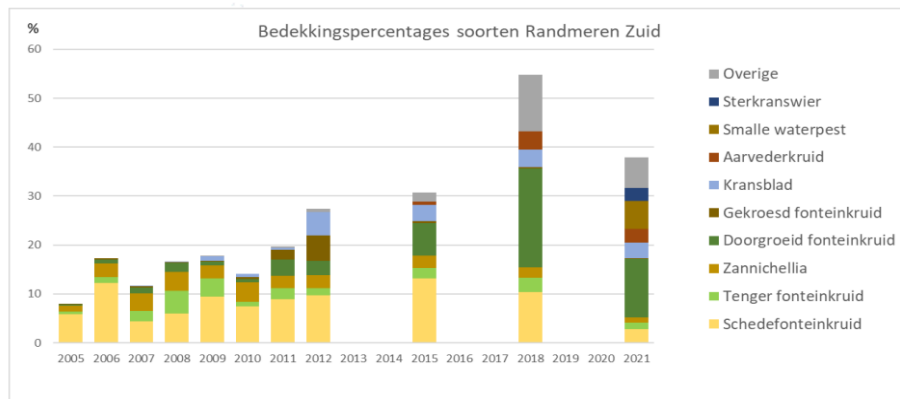
	Optimale temperatuur voorplanting	Risicoafweging
Quaggamossel	> 12 °C	Gemiddeld
Driehoeksmossel	> 15 °C	Hoog

[Factsheets Sportvisserij Nederland]



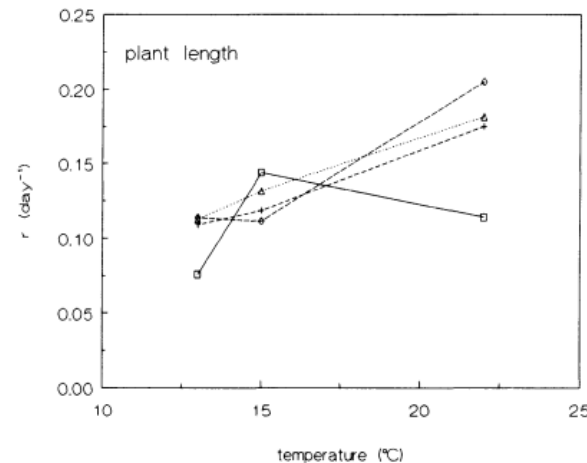
# Ecologische effecten

- Fonteinkruiden dominant
- Bij lagere temperaturen zal de groeisnelheid van het fonteinkruid afnemen
- Positief effect voor recreatievaart



**Figuur 9** Cumulatieve bedekkingspercentages van de belangrijkste soorten waterplanten in Randmeren-Zuid. In de jaren 2013, 2014, 2016, 2017, 2019 en 2020 is in Randmeren-Zuid geen vegetatie gemeten.

[ATKB randmeren zuid 2021 meetjaar]



[Vermaat, J. E., & Hootsmans, M. J. M. (1994). Growth of *Potamogeton pectinatus* L. in a temperature-light gradient. In *Lake Veluwe, a macrophyte-dominated system under Eutrophication stress* (pp. 40-61). Springer, Dordrecht.]

# Ecologische risico's

## Ecologische effecten van onttrekking

Onder de aanname dat er zal worden onttrokken aan de **oever** van de Nijkerkernauw:

### Waarschijnlijk geen effect

#### Baars



[Baars ©Sportvisserij Nederland]

#### Toelichting

- De jonge baars leeft in ondieper water in de oeverzone in de bovenste laag van het water; echter een beperkt risico tot inzuiging door grote lichaamslengte en zwemcapaciteit.
- Relatief **grote lichaamslengte** in juveniel stadium (>10cm); soort blijft buiten het grofrooster van de onttrekkingsinstallatie.
- **Gemiddelde zwemmer** (<80 cm/s); mogelijkheid om weg te zwemmen van inzuigingspunt.

### Mogelijk een effect

#### Blankvoorn en snoekbaars



[Blankvoorn ©Sportvisserij Nederland] [Snoekbaars ©Sportvisserij Nederland]

#### Toelichting

- **Gemiddelde lichaamslengte** in juveniel stadium (blankvoorn; 8-14 cm, snoekbaars; 8-18 cm): gemiddeld risico tot inzuiging door grofrooster.
- Juveniele blankvoorn en snoekbaars leven voornamelijk in de **oeverzone**; bij onttrekking in de oeverzone ontstaat de mogelijkheid tot inzuiging.
- **Gemiddelde zwemmers** (blankvoorn; <60cm/s, snoekbaars; <80 cm/s); mogelijkheid om weg te zwemmen van inzuigingspunt.

### Waarschijnlijk een effect

#### Brasem en Pos



[Brasem ©Sportvisserij Nederland]

[Pos ©Sportvisserij Nederland]

#### Toelichting

- Relatief **kleine lichaamslengte** in juveniel stadium (Pos; 2-12 cm); groot risico tot inzuiging door grofrooster.
- **Zwakke zwemmers** (brasem; <20 cm/s, pos; <35 cm/s); beperkte mogelijkheid om weg te zwemmen van inzuigingspunt.
- Juveniele brasem (overdag) en pos (zonsopgang) leven in de **oeverzone**; bij onttrekking in de oeverzone ontstaat de mogelijkheid tot inzuiging.

# Ecologische risico's

## Ecologische effecten van koudelozingen

In ondiep, opwarmend water kunnen eieren en larven snel tot ontwikkeling komen. Daarom zullen vissen, naarmate het voorjaar kouder is, later tot paaieren komen. De watertemperatuur beïnvloedt ook het zuurstofgehalte (hoe warmer het water, des te lager de zuurstofspanning) en de bestaansmogelijkheden van waterplanten en andere organismen (=voedsel). Koudelozingen kunnen dus indirect invloed hebben op de leefomstandigheden van vissen.

Onder de aanname dat er zal worden geloosd aan de **oever** van de Nijkerkernauw:

### Waarschijnlijk een effect

#### Brasem



[Brasem ©Sportvisserij Nederland]

#### Toelichting

- Brasem komt tijdens de paaiperiode voor in de ondiepe oeverzone (0,20-0,80m) waar het water overdag relatief warm zal zijn door de snelle opwarming van ondiep water.
- Relatief hoge optimale temperatuur paaiperiode (12-20 °C).

→ Afkoeling van het water in de oeverzone (door koudelozingen) kan de leefomstandigheden van jonge brasem mogelijk negatief beïnvloeden.

Vissoort	Paaiperiode	Paaihabitat	Diepte paaihabitat (m)	Optimale temperatuur paaiperiode (°C)	Mogelijkheid tot optreden effecten
Brasem	Eind april t/m midden juni	Oevers met begroeiing van oeverplanten	0,20-0,80	12-20	Waarschijnlijk een effect
Blankvoorn	April en mei	Uitstekende structuren; resten van vegetatie	<1,50	12-17	Mogelijk een effect
Snoekbaars	Eind april t/m Begin mei	Zand-grindbodem, wortelstelsels van oeverplanten en gezonken takken	<1	12-15	Mogelijk een effect
Pos	April t/m juli	Grind en planten	1-3	11-18	Mogelijk een effect
Baars	Maart t/m juni	Waterplanten, omgevallen bomen, zand en stenen	0,50-3	8-14	Mogelijk een effect

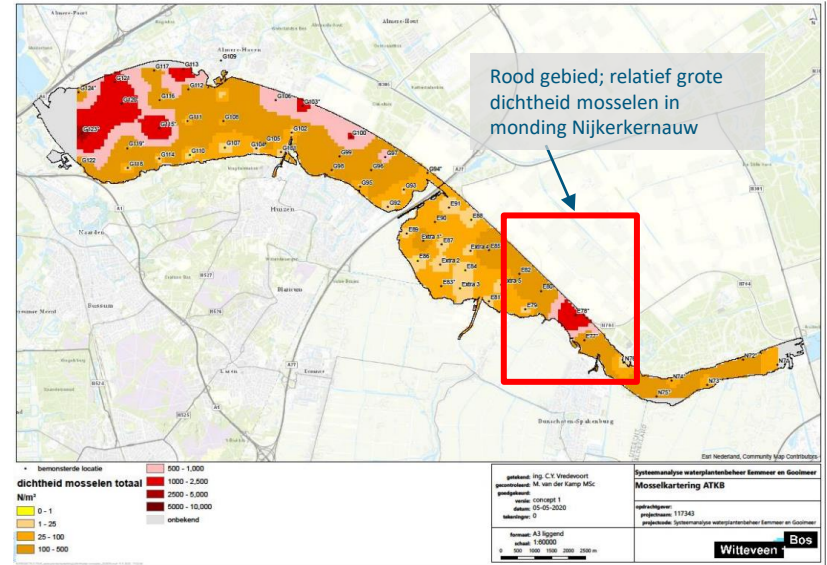
# Ecologische risico's

## Ecologische effecten van koudelozingen

- Relatief hoge dichtheid mosselen (1000-2500 n/m<sup>2</sup>)
  - Quaggamossel
  - Driehoeksmossel
- Mosselen hebben een belangrijke **filterfunctie** in de randmeren; de zuiveringsefficiëntie kan **afnemen** door een watertemperatuurdaling.
- Mosselen planten zich bij een bepaalde temperatuur voort; door een watertemperatuurdaling kan **verstoring** optreden van de **voorplanting** (in het voorjaar).
  - De **driehoeksmossel** is met name gevoelig voor lagere temperaturen tijdens de voortplanting.

Mosselsoort	Minimum temperatuur voorplanting (°C)	Optimale temperatuur voorplanting (°C)	Mogelijkheid tot optreden effecten
Quaggamossel	> 9	> 12	Mogelijk een effect
Driehoeksmossel	> 12	> 15	Mogelijk een effect

[9], [Factsheets Sportvisserij Nederland]



[4]



[Quaggamossel ©Sportvisserij Nederland]

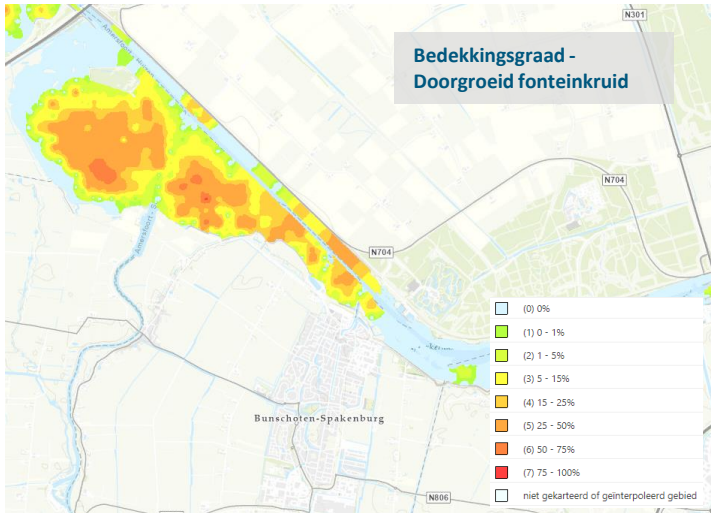


[Driehoeksmossel ©Anemoon]

# Ecologische risico's

## Ecologische effecten van koudelozingen

- Fonteinkruiden zijn dominant.
- Bij lagere temperaturen kan de **groeisnelheid** van fonteinkruiden **afnemen**.
- **Positief effect** voor recreatievaart; boten worden minder gehinderd door compacte waterplantenmassa.
- **Mogelijk ongewenst effect** voor Rijkswaterstaat; het doel bestaat om een helder plantenrijk watersysteem te creëren.

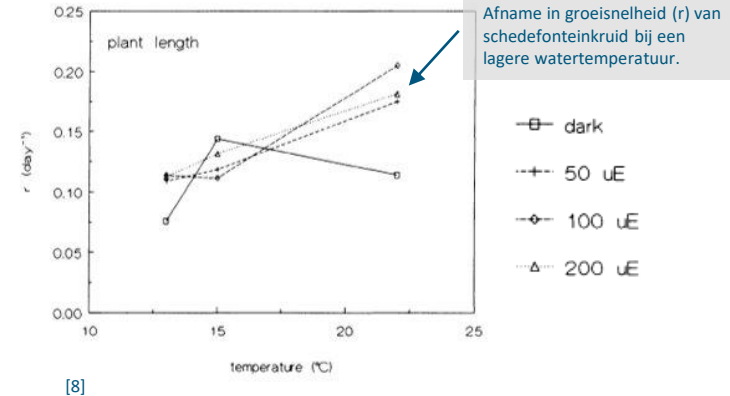


[[https://maps.rijkswaterstaat.nl/gwproj55/index.html?viewer=Waterplantenbedekking\\_RWS\\_MN.Webviewer](https://maps.rijkswaterstaat.nl/gwproj55/index.html?viewer=Waterplantenbedekking_RWS_MN.Webviewer)]

10  
0 30 November 2022



[Schedefonteinkruid ©Willem Braam]





# Ecologische risico's

## Ecologische effecten van onttrekking en lozing

Onder de aanname dat er zal worden onttrokken aan de **oever** van de Nijkerkernauw:

Vogelsoort	Functie van het habitat	Mogelijkheid tot optreden effecten	
		Verstoring tijdens aanlegfase	Temperatuursverandering door lozing
Visdief	foerageergebied	Waarschijnlijk een effect	Mogelijk een effect
Fuut	foerageergebied	Mogelijk een effect	Mogelijk een effect
Aalscholver	foerageergebied	Waarschijnlijk <u>geen</u> effect	Mogelijk een effect
Kleine zwaan	foerageergebied	Waarschijnlijk <u>geen</u> effect	Mogelijk een effect
Grauwe gans	slaap- en rustplaats en foerageergebied	Waarschijnlijk <u>geen</u> effect	Mogelijk een effect
Smient	slaap- en rustplaats	Waarschijnlijk een effect	Waarschijnlijk <u>geen</u> effect
Krakeend	foerageergebied	Mogelijk een effect	Mogelijk een effect
Slobeend	foerageergebied	Mogelijk een effect	Mogelijk een effect
Tafeleend	foerageergebied	Waarschijnlijk een effect	Mogelijk een effect
Kuifeend	foerageergebied	Mogelijk een effect	Mogelijk een effect
Nonnetje	foerageergebied	Mogelijk een effect	Mogelijk een effect
Meerkoet	foerageergebied	Mogelijk een effect	Mogelijk een effect

### Waarschijnlijk een effect - Aanlegfase

Visdief



[Visdief ©Arno ten Hoeve]

Smient



[Smient ©Sovon]

Tafeleend



[Tafeleend ©Sovon]

*Toelichting*

- Relatief korte verstoringafstanden (<100m).

### Mogelijk een effect - Temperatuursverandering

Temperatuursveranderingen kunnen indirect de voedselbeschikbaarheid (bv. vis en macrofauna) voor vogels beïnvloeden. De verwachting is echter dat deze effecten minimaal zullen zijn. Vogels kunnen zich ook relatief makkelijk verplaatsen naar andere foerageergebieden.

# Relatie tot Kaderrichtlijn Water (KRW) doelen

## [Beleidsregel Toetsingskader Waterkwaliteit]:

'De KRW kent een verbod op achteruitgang van de ecologische en chemische toestand. Dit betekent dat op waterlichaamniveau geen sprake mag zijn van een verschuiving van een van de relevante stoffen of kwaliteitselementen naar een lagere toestandsklasse, of – in de laagste ecologische toestandsklasse – dat geen sprake mag zijn van een negatieve verandering van de score van de Ecologische Kwaliteits Ratio (EKR).'

	Goed ecologisch potentieel (GEP)	Bepalende factoren voor toestandsbepaling	Toestand Biologie 2021	Mogelijkheid tot achteruitgang biologische waterkwaliteit	Toelichting
Overige waterflora	EKR ≥ 0,60	Percentage submerse vegetatie	Matig	Waarschijnlijk <u>geen</u> achteruitgang	In de handreiking waterplanten maaibeheer (2012) staat beschreven dat maximaal 10% van het waterplantenmateriaal in begroeid areaal mag worden gemaaid om ecologische doelstellingen te kunnen behalen. Deze maairegel is toegepast om een inschatting te maken van een mogelijke achteruitgang van de waterkwaliteit door koudelozingen. [10]  Afname plantengroei door koudelozingen zal hoogstwaarschijnlijk niet resulteren in een vermindering van 10% van het begroeid areaal.
Vissen	EKR ≥ 0,30	Biomassa aandeel brasem + karper	Matig	Mogelijk een achteruitgang	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mogelijke afname van brasem door koudelozing is waarschijnlijk niet in strijd met KRW doelen, omdat daardoor dominantie van brasem wordt verminderd.</li> <li>Wel mogelijke effecten door viszuiging via onttrekking (bv. blankvoorn)</li> </ul>
Macrofauna	EKR ≥ 0,50	Percentage kenmerkende taxa	Matig	Mogelijk een achteruitgang	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grote dichtheid mosselen nabij mogelijke locatie onttrekkings- en lozingspunt TEO.</li> <li>Afname watertemperatuur kan filterfunctie mosselen beïnvloeden; mogelijk effect op helderheid watersysteem.</li> </ul>
Fytoplankton	EKR ≥ 0,60	Concentratie Chlorofyl-a	Goed	Onbekend	Onbekend

# Vooruitblik omgeving

## Participatie en communicatieplan omgeving

- Energiegebruikers in de geselecteerde kernen
- Medegebruikers:
  - Visserijen (diversen)
  - Drinkwaterbedrijf Vitens
  - Recreatieschap Midden-Nederland
  - Recreatieorganisaties Bunschoten-Spakenburg (diversen)
- Bodem
  - Kabels en leidingen onderzoek
  - Archeologisch onderzoek
- Omwonenden:
  - Participatietraject plaatsing warmtecentrale
- Potentiële exploitatie
  - Bewoner coöperaties
  - Energie coöperaties
  - Warmtebedrijf Amersfoort
  - Warmteleveranciers (E-teck)

# Vervolgstappen ecologie

## Modelstudie

### [Kader voor vergunningverlening koudelozingen]:

'In geval van complexe situaties of situaties waar het de vraag is of kan worden voldaan aan de gestelde doelen kan een meer geavanceerde tool, bijvoorbeeld een 3D-modellering, nodig zijn om een goede uitspraak te kunnen doen over het al of niet voldoen aan de geldende criteria.' [2]

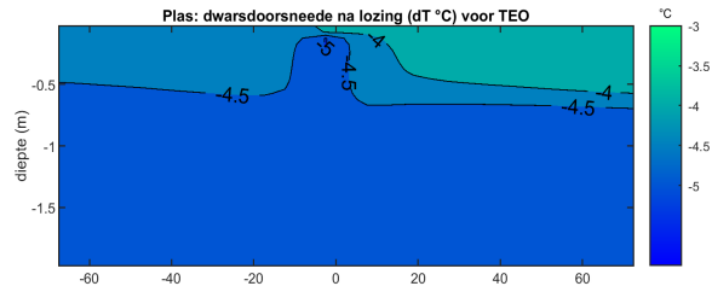
Bij de verspreiding van koudepluimen moet rekening gehouden worden met vier aspecten:

1. blijven hangen van koude dicht bij het lozingspunt ('near-field entrainment');
2. drijfvermogen van de koudepluim;
3. menging;
4. opwarming op grotere afstand van het lozingspunt ('far field').

Daarnaast moeten de kenmerken van het ontvangende water worden meegenomen:

- mate van doorstroming;
- mate van gelaagdheid;
- aanwezigheid van getijde;
- temperatuur en zoutgehalte.

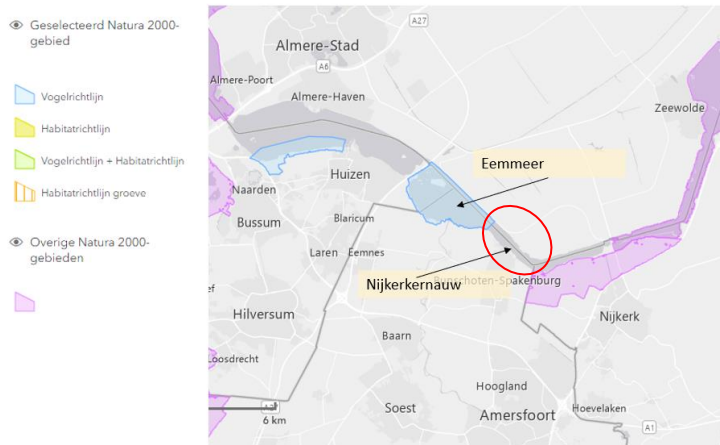
### Voorbeeld van modellering koudepluim



[WarmingUp; <https://www.stowa.nl/sites/default/files/2021-11/Rekenen%20aan%20koudepluim.pdf>]

# Vervolgstappen ecologie

## Natura-2000; Natuurtoets



- Aangewezen door: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
- **Relevantie:** Handelingen die de kwaliteit van habitats kunnen verslechteren of tot verstoring leiden op de instandhoudingsdoelstellingen van N-2000-gebieden mogen niet plaatsvinden zonder natuurvergunning
- **'Externe werking'**; Vaak vindt een activiteit plaats buiten een Natura 2000-gebied. Ook dan kan een activiteit effect op het Natura 2000-gebied hebben.

### Voortoets

*Onderzoeken of het project een significant effect heeft op het Natura 2000-gebied*

Significant negatieve effecten niet uit te sluiten?

### Passende beoordeling

*Verdiepend onderzoek m.b.t. systeemontwerp en instandhoudingsdoelen*

*Mitigerende maatregelen*

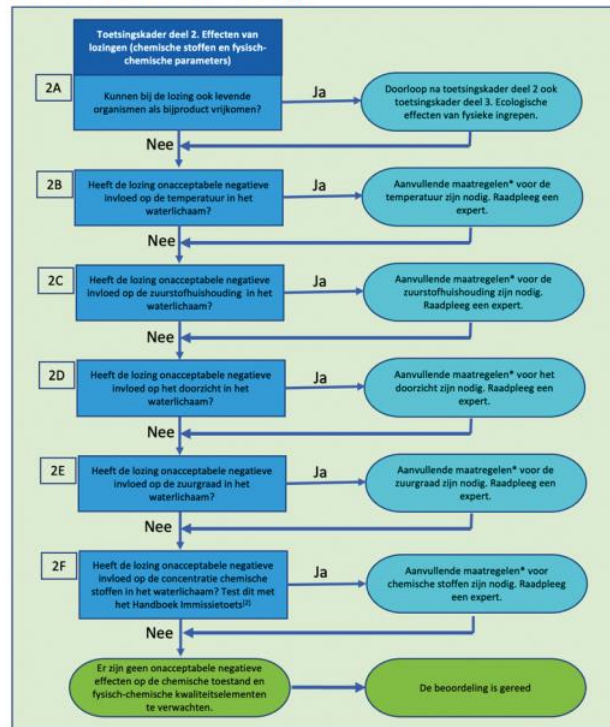
# Vervolgstappen ecologie

## KRW-toets/BPRW\*-toets

### [Beleidsregel toetsingskader waterkwaliteit]:

- Het toetsingskader wordt toegepast bij het beoordelen van nieuwe activiteiten in de Rijkswateren, waarvoor Rijkswaterstaat het bevoegd gezag is.
- Dit is het geval indien er voor een initiatief een vergunningplicht bestaat, bijvoorbeeld op grond van de Waterwet.
- De focus van de toetsing ligt op activiteiten binnen KRW-waterlichamen.
- Het toetsingskader bestaat uit 3 stroomschema's:
  - Stroomschema deel 1. Algemeen. Hierin staan algemene vragen die voor alle activiteiten van belang zijn. Het resultaat kan zijn dat er geen kans is op negatieve effecten op KRW-doelen. Indien het een lozing betreft, wordt doorverwezen naar stroomschema deel 2.
  - Stroomschema deel 2. Effecten van lozingen. In Stroomschema deel 2 wordt getoetst of er effecten zijn te verwachten op de temperatuur of op de concentraties chemische stoffen in het waterlichaam, inclusief nutriënten.
  - Stroomschema deel 3. Effecten van fysieke ingrepen. In Stroomschema deel 3 wordt onderzocht welke effecten van een fysieke ingreep zijn te verwachten op de ecologische kwaliteit.

Stroomschema deel 2. Effecten van lozingen.



\* aanvullende maatregelen moeten onacceptabele verslechtering van de waterkwaliteit, vastgesteld als overschrijding van drempelwaarden aan de rand van de mengzone, voorkomen.

[2] De meest recente versie van het in de wetgeving aangewezen Handboek Immissietoets.

[Beleidsregel toetsingskader waterkwaliteit]

# Spoor ecologie 1/2

## Stap 1. Bepalen van beoordelingscriteria voor koudelozingen en onttrekkingen

### Beoordelingscriteria voor onttrekkingen

Voornaamste doel is om inzuiging van kwetsbare jonge vis (*juvenielen*) zoveel mogelijk te voorkomen.

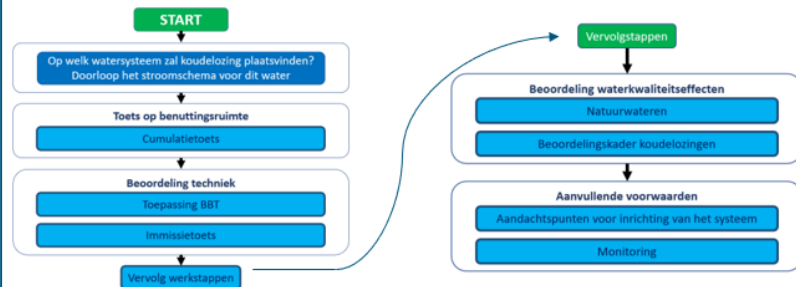
Beoordelingscriteria onttrekking	Ecologische randvoorwaarden
Instroomsnelheid	Instroomsnelheid bij inlaatstructuur < maximale zwemversnelling van de vissen in de Nijkerkernauw
Maaswijdte van filters/roosters	Maaswijdte filters/roosters < lichaamslengte van juveniele vissen en vislarven in het paaien opgroeigebied van de Nijkerkernauw
Hoogte inlaatstructuur	Een optimale diepte kiezen voor de inlaatstructuur waardoor een beperkt deel van de waterkolom wordt aangezogen en de 'bepalende' vissen die zich in die waterkolom bevinden

[1]

### Beoordelingscriteria voor lozingen

Beoordelingskader koudelozingen: Beoordeling van individuele vergunningaanvragen voor TEO-installaties

- **Belangrijkste vragen:**
  - Onder welke condities mag de koudelozing vergund worden?
  - Onder welke condities mag verwacht worden dat de ecologisch effecten beperkt blijven?
- **Beoordelingscriteria:**
  - Afkoeling t.o.v. achtergrondtemperatuur
  - Omvang mengzone
  - Barrièrewerking

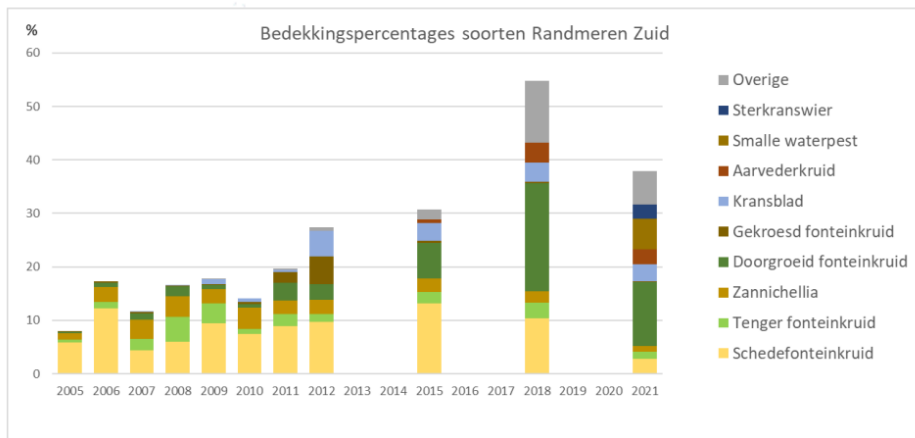


[2]

# Spoor ecologie 2/2

Stap 3. In kaart brengen van ‘bepalende’ soorten (waterplanten, vissen, vogels, macrofauna)

## Waterplantenbedekking



[3] Cumulatieve bedekkingspercentages van de belangrijkste soorten waterplanten in Randmeren-Zuid. In de jaren 2013, 2014, 2016, 2017, 2019 en 2020 is in Randmeren-Zuid geen vegetatie gemeten.

Stap 4. Mogelijke effecten van lozing en onttrekking bepalen voor ‘bepalende’ soorten aan de hand van beoordelingscriteria (stap 1)

## Vissoorten

‘De visgemeenschap in de Zuidelijke Randmeren wordt gedomineerd door vijf vissoorten, die samen 98% van de visbiomassa uitmaken, waarbij **brasem** dominant is, gevolgd door **blankvoorn**, **snoekbaars**, **pos** en **baars**.’ [4]

## Macrofaunasoorten

‘Zowel in 2008 als in 2013 bestond de *Dreissena*-gemeenschap in gemiddeld biovolume per vierkante meter nog voor 98% uit **quaggamosselen** en voor 2% uit **driehoeksmosselen**. De resultaten van 2021 laten zien dat deze verhoudingen nu licht is opgeschoven: 90% quaggamosselen en 10 % driehoeksmosselen’. [5]

## Vogelsoorten

De **broedvogel- en niet-broedvogelsoorten** waarvoor het Natura 2000-gebied Eemmeer en Gooimeer zuidoever is aangewezen [Doelstelling Natura-2000]



# Overige risico's: Randvoorwaarden RWS Watervergunning

Randvoorwaarde RWS: Mengzone (>4 deltaT) < 0,5% van Ecologisch Relevant Areal

Resultaten Immissietoets temperatuurlozing:

Zomerperiode

Debiet (m3/s)	Tachtergrond (°C)	deltaT (°C)	Mengzone groter of kleiner dan 0,5% ERA	Maatwerkbeoordeling
0,17	24	10	>	Ja
0,17	24	8	>	Ja
0,17	24	6	<	Nee
0,17	24	4	<	Nee

Winterperiode

Debiet (m3/s)	Tachtergrond (°C)	deltaT (°C)	Mengzone groter of kleiner dan 0,5% ERA	Maatwerkbeoordeling
0,17	12	10	>	Ja
0,17	12	8	>	Ja
0,17	12	6	>	Ja
0,17	12	4	<	Nee

# Overige risico's: Randvoorwaarden RWS Watervergunning

Resultaten Immissietoets temperatuurlozing:

Debiet (m3/s)	Tachtergrond (°C)	deltaT (°C)	Mengzone groter of kleiner dan 0,5% ERA	Maatwerkbeoordeling
0,17	24	10	>	Ja
0,14	24	10	>	Ja
0,11	24	10	>	Ja
0,08	24	10	>	Ja
0,05	24	10	<	Nee

- Aquathermie is mogelijk en gesteund door bevoegd gezag mits de ecologische effecten duidelijk zijn.
  - Vanaf een 4 MW aquathermiesysteem moet er een maatwerk beoordeling uitgevoerd worden (wijk Blokhuiswetering = 5.9 MW)
  - Expert judgement: kleinere kernen Bunschoten goed mogelijk vanuit 1 onttrekkingslocatie (tot ~10 MW) – grotere warmtevragen kernen Amersfoort (~20 – 60 MW) is risicovol → maatwerkbeoordeling is noodzakelijk → **stap 3 (beoordeling ecologische effecten)**

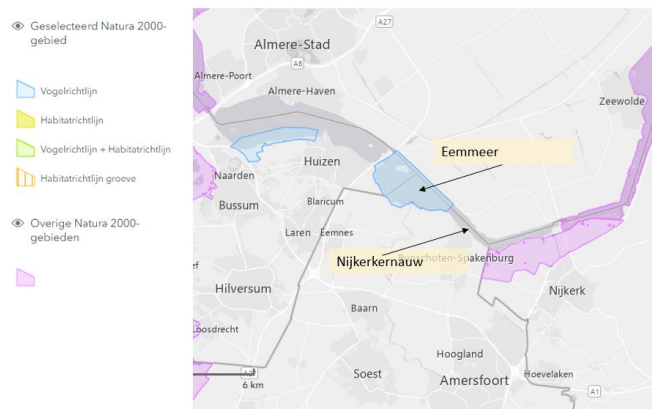
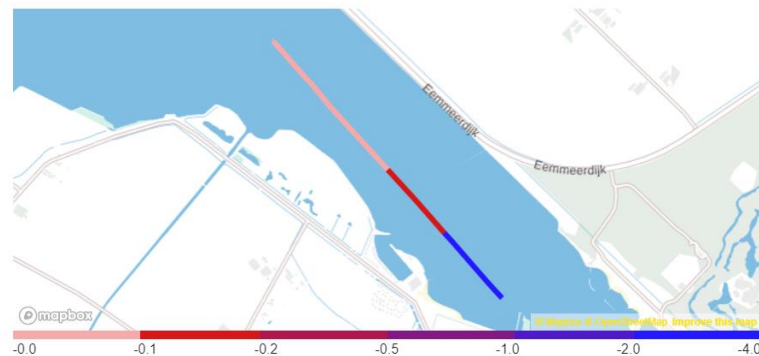
# Overige risico's: ecologie

## ■ Natura-2000

- Geen uitsluitel over potentieel negatieve effecten van verspreiding koudelozing op Natura-2000
- Externe werking; foeragerende vogels zijn afhankelijk van vispopulatie



Risico



# Overige risico's: ecologie

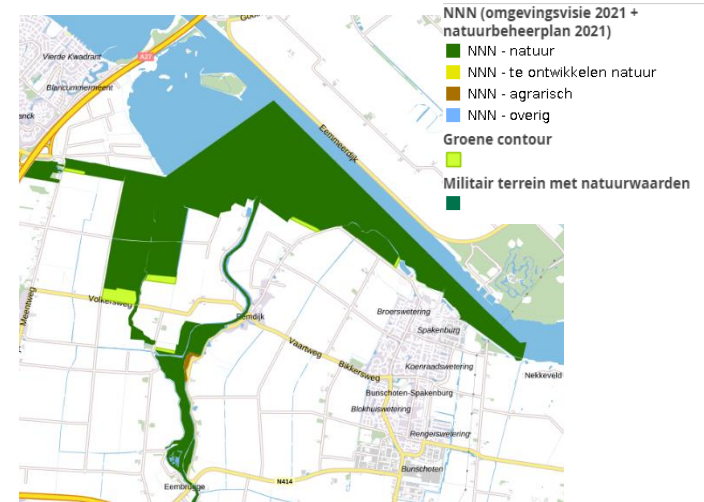
- **Natuurnetwerk Nederland**
  - Interim Omgevingsverordening (Artikel 6.3)
  - Geen ontwikkelingen aan oever gepland
  - Huidige betemming oever = natuur
    - Beheertype moeras en zoete plas
  - Bestemming zal in strijd zijn met het huidige bestemmingsplan
  - Effect op kwaliteit van beheertypen niet uit te sluiten



Risico

## Artikel 6.3 Instructieregel geen aantasting natuurnetwerk Nederland

“Een bestemmingsplan maakt geen nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen mogelijk die de wezenlijke kenmerken en waarden, kwaliteit, oppervlakte en samenhang van het natuurnetwerk Nederland (NNN) aantasten.”



# Overige risico's: Benuttingsruimte Eemmeer

- Geen concrete plannen voor aanleg aquathermiesysteem
- Lozingen van RWZI Amersfoort op de Eem
- Geen concurrerende energieontrekking bij Nijkerkernauw



Geen risico

# Overige risico's: omgeving

## Plaatsing warmtecentrale – omgevingsvergunning

- Plaatsing verder van de warmtevraag gepaard met hogere investeringskosten
- Probleem minder relevant bij grote collectieve realisatie



Risico

## Hoge recreatiegraad op Eemmeer

- Hogere kosten bij plaatsing systeem verder van warmtevraag door hogere afstand
- Grotere hoeveelheid stakeholders met tegenstrijdige belangen

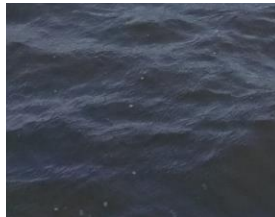


Risico





Literatuur  
*Geciteerde en toegepaste literatuur*



# Literatuurlijst

- [1] Bruijs, M. C. M. (2007). Bureaustudie naar technische en operationele maatregelen bij koelwaterinlaten om de effecten van visinzuiging te reduceren.
- [2] STOWA. (2021). Kader voor vergunningverlening koudelozingen 1.0 Handreiking voor beoordeling van aanvragen voor TEO-systemen.
- [3] ATKB. (2021). Hoofdrapportage Water- en oeverplanten stagnante rijkswateren, mwvt, meetjaar 2021 Markermeer en Randmeren-zuid.
- [4] Sportvisserij Nederland. (2019). Visserij onderzoek Zuidelijke Randmeren Gooimeer, Eemmeer en Nijkerkernauw.
- [5] Bakker, E. G. R., De Jong, J., & Van Dongen, L. G. J. M. (2021). Mosselkartering Randmeren Zuid en het Reevediep 2021 Resultaten van de kartering van driehoeks- en quaggamosselen.
- [6] Tudorache, C., Viaene, P., Blust, R., Vereecken, H., & De Boeck, G. (2008). A comparison of swimming capacity and energy use in seven European freshwater fish species. *Ecology of freshwater fish*, 17(2), 284-291.
- [7] Disler, N. N., & Smirnov, S. A. (1977). Sensory organs of the lateral-line canal system in two percids and their importance in behavior. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 34(10), 1492-1503.
- [8] Vermaat, J. E., & Hootsmans, M. J. M. (1994). Growth of *Potamogeton pectinatus* L. in a temperature-light gradient. In *Lake Veluwe, a macrophyte-dominated system under Eutrophication stress* (pp. 40-61). Springer, Dordrecht.]
- [9] Bij de Vaate, A. (2008). Ecologisch vergelijk tussen de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) en de quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis*): Een literatuurstudie. Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau.
- [10] De Haan, M., Pot, R., & Van Oostveen, M. (2012). Onderbouwing handreiking waterplanten maaibeheer.
- [11] Van der Molen, D. T., Pot, R., Evers, C. H. M., Van Herpen, F. C. J., & Van Nieuwerburgh, L. L. J. (2016). Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2015-2021 (No. 2012–31). STOWA. [http://krw.stowa.nl/upload/Publicaties2016/STOWA%202012%2031%20herziene%20versie%20\(2016\).pdf](http://krw.stowa.nl/upload/Publicaties2016/STOWA%202012%2031%20herziene%20versie%20(2016).pdf)