



RSW 1.1

Achtergrondrapportage

Conceptversie 1.0 – mei 2021



ZEEUWS ENERGIEAKKOORD



Inleiding

Dit document bevat achtergrondinformatie bij analyses in de Regionale Structuur Warmte (RSW) 1.1. Het kan worden gezien als naslagdocument om gericht diepere informatie op te zoeken over analyses waarvan resultaten zijn opgenomen in de RSW. Daarom is deze tekst zelf niet een samenhangend geheel. De titels van hoofdstukken en paragrafen komen overeen met de hoofdstukken en paragrafen in de RSW.

Inhoudsopgave

2. Warmtevraag, clustering en isolatie

- 2.1 warmtevraag berekeningen.
- 2.2 warmtedichtheid en warmteclusters
- 2.3 isolatie strategieën
- 2.4 temperatuur behoefte woning en warmtecluster

3. Warmte aanbod

- 3.1 Herkomst data
- 3.2 Bepaling potentie
- 3.3 Broneigenschappen: toelichting en waar mogelijk rekenmethode

4. Menukaart

5. Concretisering:

- 5.1 Uitwerking warmtenet cases
 - 5.1.1 Restwarmte uit het Sloegebied
 - 5.1.2 Warmte uit oppervlaktewater voor Tholen

2. Warmtevraag, clustering en isolatie

2.1 Warmtevraag berekening

De warmtevraag wordt op adresniveau berekend met behulp van een in-house ontwikkelde GIS-tool voor het programma QGIS. De tool gebruikt verschillende databases en kentallen voor deze berekening.

Basisregistratie Adressen en Gebouwen; De BAG bevat gegevens van alle adressen en gebouwen in Nederland, zoals bouwjaar, oppervlakte, gebruiksdoel en locatie op de kaart. Het bestaat uit een dataset met alle panden, en uit een dataset met alle verblijfsobjecten (VO's). Een VO is een uniek geregistreerde eenheid met een eigen adres. Voor alle panden is ook de geometrie van het pand vastgelegd; voor VO's alleen de locatie (als punt).

RVO geregistreerde energielabels; Woningeigenaren zijn verplicht om bij de oplevering, verkoop of verhuur van een woning een definitief energielabel te registreren. Deze energielabels houdt de RVO (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland) voor heel Nederland bij in een database. Deze database bevat ook nog aanvullende informatie op adresniveau, zoals: gebruiksdoel, woningtype etc.

De tool haalt de benodigde eigenschappen van de adressen en de gebouwen op uit de databases (locatie, pand-geometrie, gebruiksdoel, bouwjaar, energielabel, oppervlakte verblijfsobject, woningtype). Vervolgens wordt voor ieder VO de warmtevraag berekend. De warmtevraag van een pand wordt bepaald door de uitkomst voor alle VO's binnen het pand op te tellen.

De woning warmtevraag bestaat uit twee onderdelen namelijk, ruimteverwarming- en warmtapwatervraag. Die worden berekend met de volgende formules:

$$H = a * A + b$$

$$T = 2,7 * p$$

$$\text{warmtevraag} = H + T$$

<i>H</i>	ruimteverwarming [GJ/jaar]
<i>a</i>	parameter uit tabel 2 [GJ/jaar/m ²]
<i>A</i>	oppervlakte [m ²]
<i>b</i>	parameter uit tabel 2 [GJ/jaar]
<i>T</i>	warmtapwater [GJ/jaar]
2,7	gemiddelde watertapwater gebruik persoon [GJ/jaar]
<i>p</i>	aantal personen

	Aantal personen	Tapwatervraag
< 50 m ²	1,4	3,8
50 - 75 m ²	2,2	5,9
75 - 100 m ²	2,8	7,6
100 - 150 m ²	3	8,1
> 150 m ²	3,2	8,6

Het aantal personen per woning is gebaseerd op de oppervlakte van de woning volgens ISSO 82.3.

De utiliteit warmtevraag wordt berekend met de volgende formule:

$$H = a * A + b$$

<i>H</i>	warmtevraag [GJ/jaar]
<i>a</i>	parameter uit tabel 3 [GJ/jaar/m ²]
<i>A</i>	oppervlakte [m ²]
<i>b</i>	parameter uit tabel 3 [GJ/jaar]

In geval van woningen heeft elke combinatie van woningtype, bouwjaar en label een eigen kental. Deze zijn gegeven in de onderstaande tabel.

Woningtype	Bouwjaar	Constante <i>a</i> per label							Constante <i>b</i> per label						
		A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
Vrijstaand	T/m 1929	0,14	0,14	0,16	0,18	0,19	0,19	0,19	13	20	26	28	30	31	31
Vrijstaand	1930-1945	0,11	0,11	0,15	0,17	0,18	0,19	0,19	20	25	29	31	33	33	33
Vrijstaand	1946-1964	0,12	0,12	0,17	0,18	0,19	0,19	0,19	17	20	26	28	31	31	31
Vrijstaand	1965-1974	0,14	0,14	0,19	0,20	0,21	0,21	0,21	15	16	24	28	29	29	29
Vrijstaand	1975-1991	0,13	0,13	0,19	0,20	0,20	0,21	0,21	16	17	23	25	25	26	27
Vrijstaand	1992-1995	0,14	0,15	0,16	0,21	0,21	0,22	0,22	16	16	18	23	24	24	25
Vrijstaand	1996-1999	0,14	0,15	0,17	0,21	0,22	0,22	0,23	13	13	15	22	23	23	24
Vrijstaand	2000-2005	0,13	0,14	0,15	0,20	0,20	0,21	0,21	16	16	18	26	26	27	27
Vrijstaand	2006-2010	0,13	0,13	0,15	0,19	0,19	0,20	0,20	17	17	20	28	28	29	30
Vrijstaand	2011-2014	0,14	0,15	0,17	0,22	0,22	0,23	0,23	11	12	15	22	22	23	23
Vrijstaand	Vanaf 2015	0,11	0,15	0,17	0,21	0,21	0,22	0,22	5	12	15	23	24	25	25
Hoekwoning/2-onder-1	T/m 1929	0,13	0,13	0,17	0,17	0,18	0,18	0,19	9	14	15	16	18	19	19
Hoekwoning/2-onder-1	1930-1945	0,12	0,14	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	11	14	17	18	22	22	22
Hoekwoning/2-onder-1	1946-1964	0,10	0,12	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	13	16	17	18	23	23	24
Hoekwoning/2-onder-1	1965-1974	0,11	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	12	13	19	21	22	22	23
Hoekwoning/2-onder-1	1975-1991	0,10	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,14	14	17	19	21	22	22	23
Hoekwoning/2-onder-1	1992-1995	0,15	0,17	0,17	0,20	0,20	0,21	0,21	10	10	10	13	13	13	14
Hoekwoning/2-onder-1	1996-1999	0,12	0,14	0,15	0,18	0,19	0,19	0,19	11	11	12	16	16	16	17
Hoekwoning/2-onder-1	2000-2005	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,17	0,17	12	12	14	18	19	19	20
Hoekwoning/2-onder-1	2006-2010	0,09	0,09	0,10	0,13	0,13	0,13	0,14	15	15	19	24	24	25	26
Hoekwoning/2-onder-1	2011-2014	0,09	0,09	0,11	0,13	0,13	0,14	0,14	12	14	17	22	23	23	24
Hoekwoning/2-onder-1	Vanaf 2015	0,12	0,13	0,14	0,17	0,18	0,18	0,19	6	10	13	17	18	18	19
Tussenwoning	T/m 1929	0,10	0,10	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18	8	12	13	14	15	15	16
Tussenwoning	1930-1945	0,10	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,15	7	8	17	17	19	19	19
Tussenwoning	1946-1964	0,09	0,12	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	8	9	16	17	18	19	19
Tussenwoning	1965-1974	0,09	0,10	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	9	12	14	16	17	17	17
Tussenwoning	1975-1991	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,12	0,13	8	12	13	13	14	14	14
Tussenwoning	1992-1995	0,12	0,12	0,12	0,14	0,15	0,15	0,15	6	9	10	12	12	13	13
Tussenwoning	1996-1999	0,10	0,10	0,10	0,12	0,12	0,13	0,13	4	10	11	15	15	15	16
Tussenwoning	2000-2005	0,09	0,09	0,11	0,13	0,14	0,14	0,14	9	9	10	14	15	15	15
Tussenwoning	2006-2010	0,08	0,08	0,09	0,12	0,12	0,12	0,13	11	11	13	18	18	18	19
Tussenwoning	2011-2014	0,07	0,07	0,08	0,10	0,11	0,11	0,11	9	10	12	18	18	19	19
Tussenwoning	Vanaf 2015	0,10	0,10	0,11	0,15	0,15	0,15	0,16	4	6	8	12	12	12	13
Hoogbouw	T/m 1929	0,12	0,12	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	3	4	5	5	7	7	7
Hoogbouw	1930-1945	0,11	0,12	0,20	0,22	0,23	0,23	0,23	4	5	7	7	9	9	9
Hoogbouw	1946-1964	0,08	0,10	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	6	6	9	11	11	11	11
Hoogbouw	1965-1974	0,09	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	5	6	11	13	14	15	16
Hoogbouw	1975-1991	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	7	8	14	15	18	19	20
Hoogbouw	1992-1995	0,14	0,14	0,18	0,18	0,28	0,32	0,34	1	1	1	1	1	1	1
Hoogbouw	1996-1999	0,13	0,15	0,16	0,16	0,20	0,23	0,24	2	2	2	3	3	3	3
Hoogbouw	2000-2005	0,10	0,11	0,11	0,13	0,13	0,13	0,13	4	4	10	14	14	15	15
Hoogbouw	2006-2010	0,08	0,08	0,10	0,12	0,13	0,13	0,13	6	7	10	12	13	13	13
Hoogbouw	2011-2014	0,09	0,09	0,12	0,14	0,15	0,15	0,15	5	5	9	10	11	11	11
Hoogbouw	Vanaf 2015	0,10	0,10	0,14	0,16	0,16	0,17	0,17	4	4	8	10	10	10	11

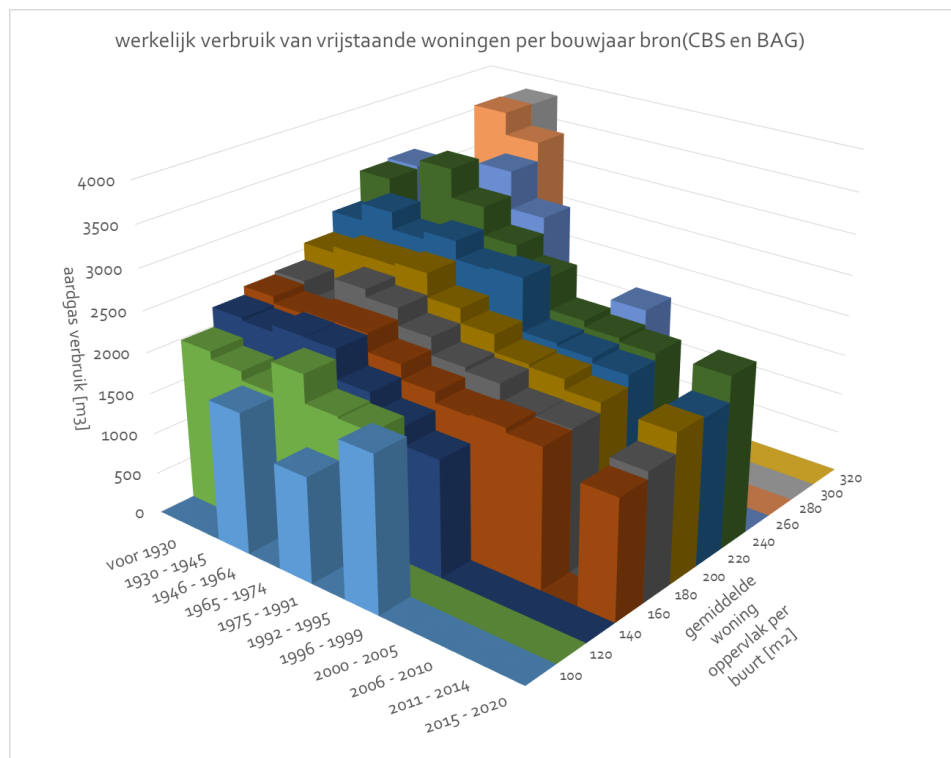
Tabel 1. Parameters 'a' en 'b' voor berekening warmtevraag ruimteverwarming woningen.

In geval van utiliteiten heeft elke combinatie van gebruiksdoel, bouwjaar en label een eigen kental. Deze gegevens staan in de onderstaande tabel ...

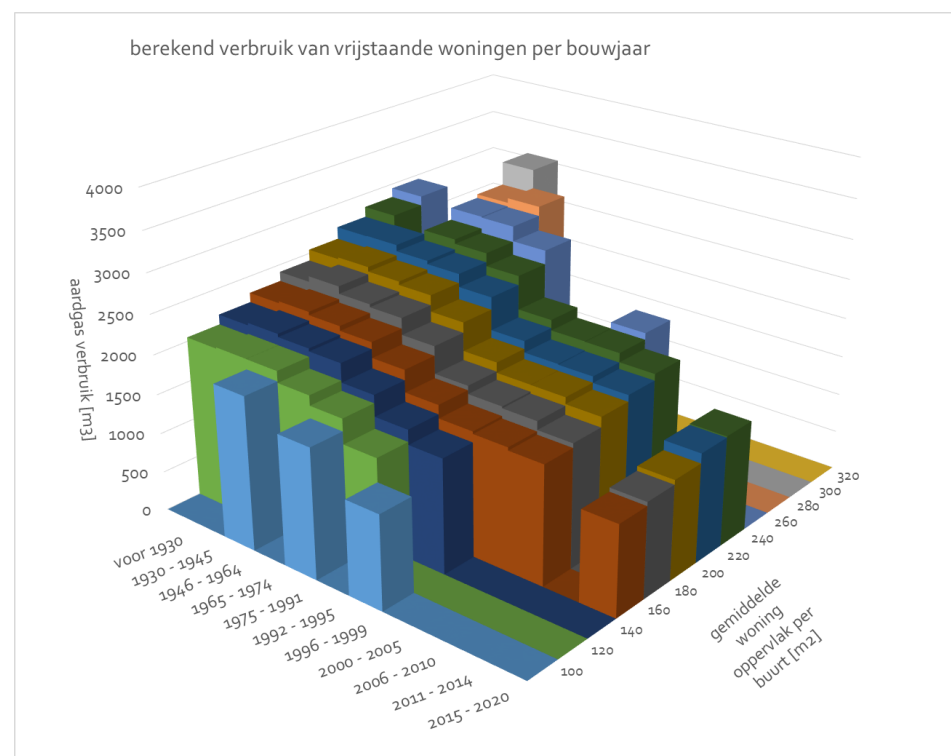
Gebruiksdoel	Bouwjaar	Constante <i>a</i> per label							Constante <i>b</i> per label						
		A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
kantoorfunctie	1000-1977	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	51	51	51	51	51	51	51
kantoorfunctie	1978-1989	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	49	49	49	49	49	49	49
kantoorfunctie	1990-1993	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	43	43	43	43	43	43	43
kantoorfunctie	1994-2005	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	33	33	33	33	33	33	33
kantoorfunctie	2006-2020	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	15	15	15	15	15	15	15
gezondheidszorgfunctie	1000-1977	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0	0	0	0	0	0	0
gezondheidszorgfunctie	1978-1989	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0	0	0	0	0	0	0
gezondheidszorgfunctie	1990-1993	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0	0	0	0	0	0	0
gezondheidszorgfunctie	1994-2005	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0	0	0	0	0	0	0
gezondheidszorgfunctie	2006-2020	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0	0	0	0	0	0	0
onderwijsfunctie	1000-1977	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	122	122	122	122	122	122	122
onderwijsfunctie	1978-1989	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	106	106	106	106	106	106	106
onderwijsfunctie	1990-1993	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	91	91	91	91	91	91	91
onderwijsfunctie	1994-2005	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	91	91	91	91	91	91	91
onderwijsfunctie	2006-2020	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	92	92	92	92	92	92	92
winkelfunctie	1000-1977	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	62	62	62	62	62	62	62
winkelfunctie	1978-1989	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	51	51	51	51	51	51	51
winkelfunctie	1990-1993	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	45	45	45	45	45	45	45
winkelfunctie	1994-2005	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	42	42	42	42	42	42	42
winkelfunctie	2006-2020	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	35	35	35	35	35	35	35
bijeenkomstfunctie	1000-1977	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	76	76	76	76	76	76	76
bijeenkomstfunctie	1978-1989	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	74	74	74	74	74	74	74
bijeenkomstfunctie	1990-1993	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	75	75	75	75	75	75	75
bijeenkomstfunctie	1994-2005	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	67	67	67	67	67	67	67
bijeenkomstfunctie	2006-2020	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	50	50	50	50	50	50	50
logiesfunctie	1000-1977	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	29	29	29	29	29	29	29
logiesfunctie	1978-1989	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	29	29	29	29	29	29	29
logiesfunctie	1990-1993	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	26	26	26	26	26	26	26
logiesfunctie	1994-2005	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	23	23	23	23	23	23	23
logiesfunctie	2006-2020	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	18	18	18	18	18	18	18
sportfunctie	1000-1977	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	62	62	62	62	62	62	62
sportfunctie	1978-1989	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	53	53	53	53	53	53	53
sportfunctie	1990-1993	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	34	34	34	34	34	34	34
sportfunctie	1994-2005	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	33	33	33	33	33	33	33
sportfunctie	2006-2020	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	31	31	31	31	31	31	31
industriefunctie	1000-1977	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	89	89	89	89	89	89	89
industriefunctie	1978-1989	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	71	71	71	71	71	71	71
industriefunctie	1990-1993	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	65	65	65	65	65	65	65
industriefunctie	1994-2005	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	60	60	60	60	60	60	60
industriefunctie	2006-2020	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	51	51	51	51	51	51	51
celfunctie	1000-1977	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	45	45	45	45	45	45	45
celfunctie	1978-1989	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	43	43	43	43	43	43	43
celfunctie	1990-1993	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	42	42	42	42	42	42	42
celfunctie	1994-2005	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	40	40	40	40	40	40	40
celfunctie	2006-2020	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	36	36	36	36	36	36	36
greenhouse	1000-1977	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0	0	0	0	0	0	0
greenhouse	1978-1989	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0	0	0	0	0	0	0
greenhouse	1990-1993	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0	0	0	0	0	0	0
greenhouse	1994-2005	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0	0	0	0	0	0	0
greenhouse	2006-2020	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 2. Kentallen voor warmtevraag utiliteiten.

In de onderstaande figuur wordt een vergelijking gemaakt tussen woningtype en bouwjaar categorie en daadwerkelijk gasverbruik volgens CBS in 2019. De buurten worden per woningtype ingedeeld (met behulp van de BAG gegevens) in gemiddeld woning oppervlak en meest voorkomend bouwjaar. Met behulp van extra criteria zoals, aantal woningen, gemiddelde bouwjaar categorie en aantal buurten die voldoet aan de criteria is deze data verder 'op te schonen'. In figuur 10 en 11 staan de resultaten voor vrijstaande woningen.



Figuur 10. Werkelijk gas verbruik van buurten in heel Nederland die voldoen aan de criteria

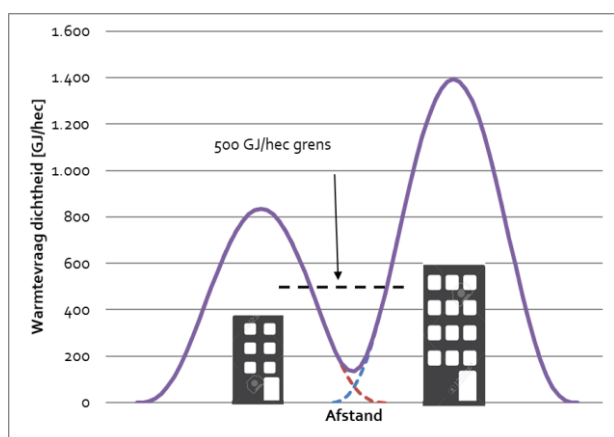


Figuur 11. Berekend gas verbruik van deze zelfde buurten die voldoen aan de criteria.

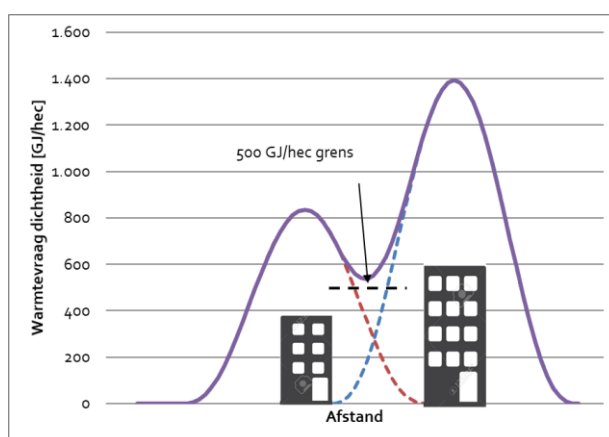
2.2 Warmtevraagdichtheid en warmteclusters

De warmtevraagdichtheid van een regio laat zien waar en hoeveel warmtevraag er is. Warmteclusters zijn groepen van panden die eventueel met een collectieve bron, verwarmd kunnen worden.

Met de statistische model 'kernel density estimation', wordt de warmtevraagdichtheid gevisualiseerd. De warmtevraagdichtheid wordt ook gebruikt om te bepalen of panden tot eenzelfde warmtecluster behoren. Om dit te bepalen zijn er een aantal parameters waarmee het model kan worden geoptimaliseerd, namelijk de radius, weight en shape. De warmtevraag berekening van de vorige paragraaf berekend de warmtevraag per pand. Een pand met een grotere warmtevraag heeft een grotere radius en weight (hoogte) en daarmee een grotere 'shape'. Panden horen 'bij elkaar' als de 'density' tussen de panden niet onder een 500 GJ/hect daalt. Figuur 1 en 2 hieronder laat een situatie zien van twee flats op verschillende afstand waarbij de grens van 500 GJ/hect met een stippellijn is aangegeven. In figuur 1 behoren de flats niet tot het zelfde cluster en in figuur 2 wel.



Figuur 1. Warmtevraagdichtheid analyse voorbeeld van twee flats niet in zelfde cluster



Figuur 2. Warmtevraagdichtheid analyse voorbeeld van twee flats wel in zelfde cluster

Deze methode levert geautomatiseerd een inzicht of panden bij elkaar staan afhankelijk van hun warmtevraag. Clusters bestaan in verschillende vormen en maten. Clusters met een totale warmtevraag kleiner dan 5 TJ zijn verwijderd, omdat er voor collectieve warmtevoorzieningen een minimale grootte vereist is. Clusters groter dan ~100 TJ zijn opgesplitst in buurten volgens de CBS-buurtgrenzen van 2020.

2.3 Isolatie strategieën

Om een inschatting te maken van het besparingspotentieel is gekozen om 3 verschillende isolatie strategieën door te rekenen.

Strategie 1 is de minst ambitieuze waar afnemers geen of weinig prikkels ervaren om te isoleren. Strategie 2 is een 'meest rendabele' strategie. Daarmee wordt bedoeld dat de kosten opwegen tegen de baten. Strategie 3 is een 'no regret' strategie, daarmee wordt bedoeld dat de woning of utiliteit geschikt wordt gemaakt voor alle mogelijke warmteoplossingen in de toekomst, inclusief lage temperatuursystemen. In de volgende paragraaf staat meer uitgelegd over de temperatuurbehoefte in relatie tot isolatie.

		1000-1929	1930-1945	1946-1964	1965-1974	1975-1991	1992-1995	1996-1999	2000-2005	2006-2010	2011-2014	2015-2020
Strategie 1												
woonfunctie	Vrijstaand	G	G	F	B	B	B	B	B	A	A	A
woonfunctie	Hoekwoning/2-1kap	G	F	D	B	B	B	B	B	A	A	A
woonfunctie	Tussenwoning	G	F	D	B	B	B	B	A	A	A	A
woonfunctie	Hoogbouw	G	F	D	B	B	B	B	B	A	A	A
utiliteitfunctie	-	D	D	D	D	B	B	B	B	A	A	A
Strategie 2												
woonfunctie	Vrijstaand	C	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A
woonfunctie	Hoekwoning/2-1kap	C	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A
woonfunctie	Tussenwoning	C	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A
woonfunctie	Hoogbouw	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
utiliteit-functie	-	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A
Strategie 3												
woonfunctie	Vrijstaand	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
woonfunctie	Hoekwoning/2-1kap	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
woonfunctie	Tussenwoning	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
woonfunctie	Hoogbouw	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
utiliteit-functie	-	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

2.4 Temperatuur behoefte woning en clusters

Met 'temperatuur behoefte' wordt bedoeld met welke temperatuur de woning of utiliteit verwarmd kan worden. Deze temperatuur behoefte is afhankelijk van het schillabel. Tabel .. laat een (iетwat vereenvoudigd) overzicht zien van deze afhankelijkheid. In werkelijkheid zitten er kleine variaties tussen verschillende woningtypes en bouwjaren. In de berekeningen per woning en per cluster is daar wel rekening mee gehouden maar voor de uitlegbaarheid worden deze variaties hier niet getoond.

G	F	E	D	C	B	A
90	90	90	70	70	50	40

Tabel .. Temperatuur behoefte vs label

De temperatuur behoefte van een heel warmtecluster wordt bepaald door te kijken naar de 70^e percentiel van de temperatuur afnemers in het cluster. De betekend dat 70% van alle afnemers in het cluster met die temperatuur verwarmt kunnen worden.

3. Warmte aanbod

3.1 Herkomst bronnen

De opties en technieken die we bekeken hebben om het warmte aanbod te berekenen, komen vooral uit openbaar beschikbare databases zoals:

Lage temperatuur aardwarmte (WarmteAtlas), biogas en massa (WarmteAtlas), midden en lage temperatuur restwarmte (WarmteAtlas aangevuld met informatie van eerdere Quo Mare en Greenvis onderzoeken), Thermische energie oppervlaktewater (Deltares), Thermische energie afvalwater (WarmteAtlas), WKO (open data portaal Zeeland), Thermische zonneenergie in veld (RVO zonnevelden), Thermische zonneenergie op dak (Greenvis).

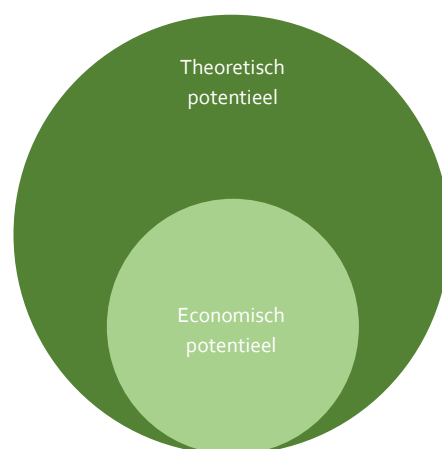
3.2 Bepaling potenties

Warmtepotentie geeft een indicatie hoeveel energie de warmtebronnen in Zeeland kunnen leveren. We hebben gekozen om de bronnen in 7 categorie in te delen. Per categorie is de theoretisch, technische en economische potentieel bepaald (figuur 6):

- Het **theoretische potentieel** is de totale hoeveelheid energie die in het systeem zit en in theorie benut kan worden met een minimale potentie van 5 TJ/jr.
- Het **economische potentieel** is het deel van de technische potentie dat aansluit bij de warmtevraag en temperatuur behoefte van de warmteclusters. Vanuit elke warmtecluster wordt gezocht naar de meest nabije bron waarvan de brontemperatuur aansluit bij de temperatuur behoefte van het cluster. Als deze bron niet volledig aan de warmtevraag voldoet wordt er gekeken naar een volgende bron, totdat er geen bronnen meer binnen de '**economische grens**' beschikbaar zijn of totdat aan de warmtevraag van het warmtecluster wordt voldaan. Een belangrijk aspect van deze methode is dat de gebruikte bronnen niet binnen andere warmtecluster in gezet kunnen worden, maar ook dat (bijvoorbeeld voor de categorie restwarmte) nooit meer restwarmte gebruikt wordt dan dat er warmtevraag is. Dit laatste geldt alleen binnen één categorie. Alle categorieën samen kunnen wel de totale warmtevraag overstijgen.

De **economische grens** is de maximale afstand van bron tot warmtecluster. In de praktijk is hier geen harde grens voor te geven en kan door innovatie, samenwerking en lokale factoren deze grens opschuiven. In ons model hebben we gekozen voor de volgende waarden voor de economische grens.

Midden temperatuur restwarmte	15,0 km
Lage temperatuur restwarmte	7,5 km
Zon op dak	0,5 km
Zon in veld	0,5 km
Thermische energie oppervlaktewater	5,0 km
Thermische energie afvalwater	5,0 km
Lage temperatuur aardwarmte	2,5 km



Hierbij moet worden aangetekend, dat bij elke potentiebepaling (van boven naar onder) meerdere aannames moeten worden gedaan, waardoor de resultaten minder zeker worden. De potentie in het bronoverzicht is de economische potentie.

3.3 Berekening kosten en CO₂ uitstoot

Voor de berekening van de kosten en CO₂ uitstoot zijn kentallen van Greenvis gebruikt.

Bepaling kosten

Per bron zijn de kosten uitgerekend voor een opwaardering tot 70°C. Hierbij is er uitgegaan van een looptijd van 30 jaar en gekeken naar:

- investeringen om de bron te realiseren
- investeringen voor opslag
- kosten voor onderhoud en beheer van de bron
- brandstof en elektrakosten

De kosten zijn berekend volgens de volgende formule:

$$Kosten = \frac{(Onderhoud\ en\ Beheer + Brandstof + Elektra) * Discontofactor + Investeringskosten + Opslag}{Aantal\ Jaar}$$

Kosten: Jaarlijkse kosten per GJ van de bron [€/GJ/Jaar].

Onderhoud en beheer: Jaarlijkse kosten voor het onderhoud en beheer van de bron [€/GJ/Jaar].

Brandstof: zijn de jaarlijkse brandstofkosten van de bron. Hieronder vallen de brandstoffen zoals groengas en biomassa [€/GJ/Jaar].

Elektra: De elektriciteitskosten met betrekking tot het verpompen en opwaarderen van de warmte [€/GJ/Jaar]. De berekening voor de elektriciteitskosten zijn hieronder weergegeven.

Discontofactor: Disconteerfactor waarmee er over 30 jaar gediscoteerd wordt. Hierbij is uitgegaan van een discontovoet van 4%.

Investeringskosten: De investering die nodig is om de bron te bouwen [€/GJ].

Opslag: Investeringskosten voor de opslag van de bron [€/GJ].

Aantal jaar: Er is uitgegaan voor 30 jaar.

Berekening elektriciteitskosten:

Voor de elektriciteitskosten bij een opwaardering tot 70°C is de volgende vergelijking gebruikt:

$$K_{elektra} = E_{elektra} * P_{elektra}$$

$K_{elektra}$ Elektriciteitskosten per GJ van de bron [€/GJ]

$E_{elektra}$ Elektriciteitsgebruik per GJ warmtelevering [kWh/GJ]. Het elektriciteitsgebruik is bepaald aan de hand van de COP voor het opwaarderen naar 70 °C en de COP van de onttrekking van warmte uit de bron.

$P_{elektra}$ Elektriciteitsprijs, hiervoor is 0.1 €/kWh genomen.

CO₂ uitstoot

Voor de CO₂-uitstoot is er rekening gehouden met de CO₂-uitstoot van de brandstof- en elektriciteitsgebruik. Dit is berekend voor levering van 70 en 40 graden, waarbij voor de verschillende levertemperaturen het elektriciteitsgebruik en brandstofgebruik veranderd. Er is aangenomen dat de opwaardering wordt gerealiseerd doormiddel van warmtepompen. De CO₂-uitstoot per GJ is bepaald via de volgende formule:

$$CO_2 = E_{elektra} * CO_{2_{elektra}} + E_{drager} * CO_{2_{drager}}$$

CO_2 CO₂ uitstoot per GJ van de bron [kg/GJ]

$E_{elektra}$ Elektriciteitsgebruik per GJ warmtelevering [GJ/GJ]

$CO_{2_{elektra}}$ CO₂ uitstoot per GJ elektriciteit [kg/GJ]

E_{drager} Energiegebruik van de brandstof, bijvoorbeeld groengas, per GJ warmtelevering.

$CO_{2_{drager}}$ CO₂ uitstoot per GJ brandstof [kg/GJ]



4 Menukaart per buurt

De Menukaart geeft een overzicht van beschikbare bronnen per buurt. Achter dit overzicht zit een economische analyse die afnemers en bronnen aan elkaar koppelt. Hoe die koppeling wordt gemaakt staat beschreven in hoofdstuk 3 in dit achtergronddocument. De getallen van warmtevraag en temperatuur-verdelingen zijn gebaseerd op de isolatiestrategie 2. Alleen de geclusterde warmtevraag kan gebruik maken van de warmtebronnen. De isolatiestrategieën, clustering en cluster temperatuur-behoefte staan bescheven in hoofdstuk 2 van dit achtergrond document. Een belangrijk verschil met de economische potentie is dat in de menukaart alleen gekeken wordt of een bepaalde bron aanwezig is en niet of die bron reeds ergens elders is opgebruikt.

5 Concretisering van oplossingsrichtingen

5.1 Uitwerking warmtenet cases

Voor grote delen van de uitwerking van warmtenet cases is gebruik gemaakt van de [Warmtetool](#). Deze in-house ontwikkelde tool laat toe om snel een grove inschatting te maken van total cost of ownership en business cases voor verschillende partijen. Ook kan de tool voor eenzelfde gebied verschillende varianten van een warmtenet vergelijken met individuele warmtepompen op lucht of op bodemwarmte.

5.1.1 Restwarmte uit het Sloegebied

Afzetgebieden

In deze fictieve uitwerking is gekozen voor een selectie van afzetgebieden waarbij de schaalgrootte van de afname en de lengte van de transportleiding een verhouding hebben die kansrijker is dan bij andere afzetgebieden. Door te kiezen voor Vlissingen + Middelburg is het het meest waarschijnlijk dat er een haalbare case kan worden behaald. Dit wil niet zeggen dat daarmee andere afzetgebieden uitgesloten worden. Een apart onderzoek is nodig naar de beste bovengemeentelijke allocatie van de restwarmte. Gebouweigenaren mogen zelf kiezen of ze aansluiten op een warmtenet of niet (onder voorwaarden dat ze minstens een even duurzame alternatieve verwarming voor hun pand realiseren). Daarom zijn we uitgegaan van een participatiegraad van 85%. Voor de overige 15% gaan we ervan uit dat ze overstappen op luchtwarmtepompen.

Bronnen

Als bronlocatie is gekozen voor de huidige locatie van Zeeland Refinery. We gaan ervan uit dat op een verwaarloosbare afstand hiervan, of van het getekende tracé, nieuwe restwarmte beschikbaar komt uit toekomstige elektrolyzers. Anders is er niet genoeg warmte voor het doorgetekende scenario. Zeeland Refinery produceert ca. 1100 TJ, en voor de basislast voorziening van het scenario met afzet in grote delen van Vlissingen en Middelburg is een basislast bron van ca 1800 TJ nodig.

Naast restwarmte, die 80% van de warmte op jaarbasis kan voorzien, reken we met een piekvoorziening op aardgas die 20% van de warmte produceert. Deze piekvoorziening hebben we voor deze uitwerking zo dicht mogelijk bij, maar wel buiten de bewoonde gebieden van Vlissingen en Middelburg geplaatst.

Kloosterboer Vlissingen heeft lage temperatuur restwarmte die ter plekke moet worden opgewaardeerd met een grootschalige warmtepomp om te kunnen invoeden op de hoofdtransportleiding (tenzij Kloosterboer de enige bron wordt en het transport op lage temperatuur plaatsvindt).

Voor de doorrekening is aangenomen dat er restwarmte op 85 °C beschikbaar is aan een inkoopprijs van 2 €/GJ.

Hoofdtransportleiding

Er is gekozen voor een tracé dat ten noorden rondom het havengebied loopt. Een alternatief zou zijn om een boring onderdoor het havengebied te doen. Dit is echter erg complex en risicovol, en bespaart maar ca 2 km op 12 km totale lengte en lijkt daarom niet te verkiezen. Een ander voordeel van het noordelijke tracé is dat dit dicht langs omliggende kleinere woonkernen loopt, en nabij Kloosterboer Vlissingen passeert (een mogelijke restwarmteproducent).

Het vermogen dat door de hoofdtransportleiding getransporteerd moet worden in de uiteindelijke situatie is 70 MW (30% van de piekvraag, want de piekvoorziening staat pas aan het eind van de transportleiding). Hiervoor is een nominale diameter van DN600 nodig. Net voor het binnengaan van Vlissingen en Middelburg splitst de hoofdtransportleiding in drie takken van DN450, DN400 en verderop DN150 naar Arnhem 150. In totaal levert dit 17 km transportleiding op, met een gemiddelde integrale meterprijs van 1.700 €/m, ex. onvoorzien. Integraal betekent: inclusief materialen, arbeid, opstartkosten en staartposten (winst & risico, verzekeringen, projectmanagement etc.). Dit komt neer op een transportleiding van 29 M€ ex. onvoorzien. Met een post onvoorzien van 30% erbij komt dit op 37 M€.

[Belangrijke opmerking: deze kosten worden in de definitieve versie wellicht nog een aantal procenten hoger aangezien de begroting momenteel wordt gecheckt en het lijkt erop dat de huidige begroting iets te optimistisch is.]

Distributieleidingen (primaire en secundaire)

Na de hoofdtransportleiding wordt de warmte gedistribueerd naar de verschillende wijken door middel van primaire leidingen op hoge druk. In warmteoverdracht stations (WOSsen) wordt dit overgebracht op wijknetten (secundaire leidingen). In het

doorgerekende ontwerp zijn 91 WOSsen opgenomen. Het tracé voor de primaire en secundaire leidingen is automatisch ontworpen door de Warmtetoel.



Warmtetoel

De [Warmtetoel](#) is een flexibele tool voor scenario-analyses in gebieden. Door de veelzijdigheid ervan is de Warmtetoel optimaal op het moment dat er nog veel opties open zijn wat betreft warmtesysteem en scope. Met de Warmtetoel worden zowel collectieve als individuele warmteopties doorgerekend en kunnen kosten voor eindgebruiker, gebouweigenaar en nationale kosten inzichtelijk worden gemaakt.

Voor een volledige onderbouwing van de berekening, wordt verwezen naar het achtergronddocument van de Warmtetoel in bijlage F-b.

Voor de primaire leiding is een gemiddelde diameter van DN500 nodig (aangezien hier ook de piekwarmte doorheen moet), waarvoor een integrale meterprijs van 2.900 €/m wordt aangerekend. Voor secundaire leidingen wordt een integrale meterprijs van 650 €/m aangerekend. In totaal is er ca. 360 km aan secundair leidingtracé nodig en ca. 18 km aan primair tracé.

Aanpassingen aan de gebouwen

Aangezien we met restwarmte van 85°C ruim 70°C aan de voordeur bij afnemers kunnen leveren, is matige schilisolatie (schillabel D) in principe voldoende en hoeft het afgiftesysteem niet te worden aangepast. Uiteraard kan voor lange termijn rendement en CO₂-besparing worden gekozen door verder te isoleren, en is dit voor veel woningen ook voor beperkte kosten mogelijk binnen de bestaande schil. In de berekening gaan we ervan uit dat gebouwen die een slechter label hebben dan D isoleren tot D, en gebouwen met label D of beter geen maatregelen hoeven te treffen. Dit komt neer op een gemiddelde kostprijs van 7.000 € per woning.

Daarnaast wordt de gasketel vervangen door een afleverset van het warmtenet. Deze hangt niet altijd op de begane grond en daarom moeten er vaak inpandige leidingen en doorvoeren worden voorzien. Ook moet er vaak een mantelbuis voor de aansluitleiding worden voorzien en moet de aansluiting van de afleverset op de binneninstallatie worden gemaakt. Voor deze bijkomende kosten wordt gemiddeld 3.000 €/woning gerekend.

Vergelijking met individuele luchtwarmtepompen (alternatief scenario)

Eén van de voordelen van individuele warmtepompen is dat deze geoptimaliseerd kunnen worden per gebouw. Daarom hebben we per warmtecluster een optimale werkingstemperatuur voor de warmtepomp bepaald, op basis van laagste totale nationale kosten. Hierdoor wordt een deel van de gebouwen in het alternatieve scenario verwarmd op 40, 50 en 70°C. Onderstaande tabel geeft aan welke kostenkengetallen de Warmtetoel hanteert in functie van het type en de afgiftetemperatuur.

Type warmtepomp	Afgiftetemperatuur	Kost
Lucht-water warmtepomp	40 °C of 50 °C	7.000 € + 300 €/kW
Lucht-water warmtepomp	70 °C	9.000 € + 450 €/kW

De vermelde kosten zijn integrale kosten inclusief binnen-unit, buiten-unit of bodemplus, buffervat voor tapwater en installatiekosten.

Het gemiddelde rendement van een warmtepomp over een heel jaar wordt uitgedrukt met de sCOP (seasonal coefficient of performance). Deze wordt opgesplitst in de sCOP voor ruimteverwarming en die voor tapwaterbereiding. Voor ruimteverwarming met de lucht-water warmtepomp hanteert de Warmtetoel de volgende aannames:

Afgiftetemperatuur	sCOP
40 °C	4,3

50 °C	3,6
70 °C	2,8

Voor tapwaterbereiding wordt gerekend met een gemiddelde COP van 2,2 voor lucht-water warmtepompen.

De leveringskosten voor het elektraverbruik van de warmtepomp kan nu worden berekend a.h.v. de warmtevraag voor ruimteverwarming en tapwater, het rendement en het leveringstarief. Voor het tarief wordt gerekend met 6,6 ct/kWh. Afnemers van elektriciteit betalen ook Energiebelasting (EB en Opslag Duurzame Energie (ODE). Kosten voor netverzwaring van het laagspanningsnet zijn ook meegerekend met als gemiddelde investeringskost 110 €/m.

Kosten en CO₂-winst

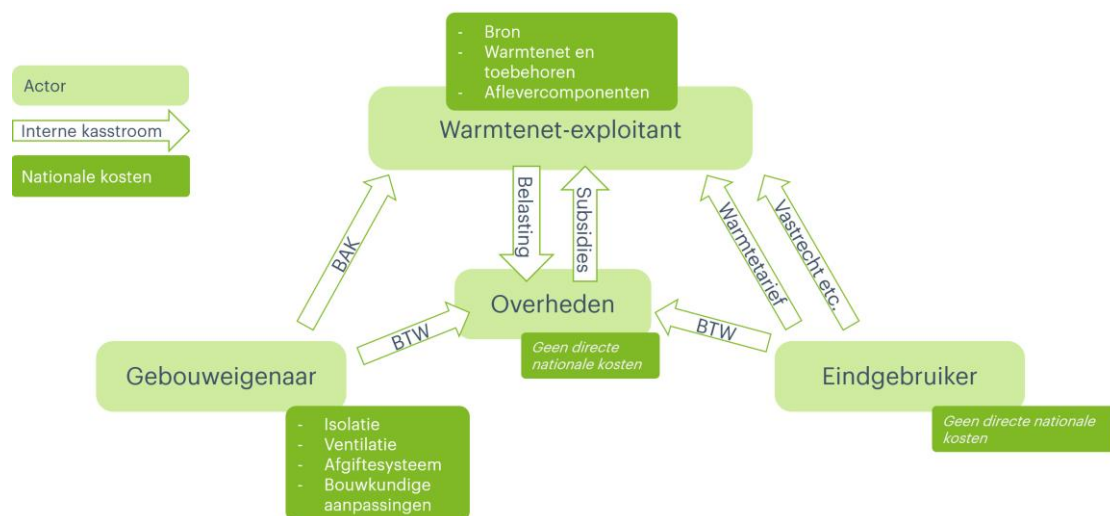
De Warmtetoel onderscheidt twee soorten kosten:

- **Nationale kosten**, ofwel totale systeemkosten.
- **Interne kasstromen**, ofwel kosten tussen stakeholders in het model.

Beide sluiten elkaar per definitie uit: een interne kasstroom is nooit een nationale kost, omdat het voor de ene stakeholder een kost is maar voor de andere een baat.

De samenhang tussen nationale kosten, interne kasstromen en stakeholders (ofwel *actoren in het model*) is weergegeven in onderstaande schema's. De **total cost of ownership** (TCO) voor een bepaalde partij is de som van alle nationale kosten, interne kosten (vertrekkende pijl) en baten (arriverende pijl, negatieve kosten) die bij een partij staan, over de 30 jaar¹. De (financiële) **businesscase** van de warmtenet-exploitant is opgebouwd uit dezelfde kosten en baten als de TCO van de exploitant.

De nationale kosten, TCO's en businesscase van de warmtenet-exploitant noemen we de kernresultaten van de Warmtetoel.



Figuur 1: Voorbeeldsituatie warmtenet - Samenhang tussen stakeholders (actoren), nationale kosten en interne kasstromen.

¹ Gecorrigeerd voor financieel rendement door toepassing van verdiscontering.



Figuur 2: Voorbeeldsituatie individuele warmtepompen - Samenhang tussen stakeholders (actoren), nationale kosten en interne kasstromen.

5.1.2 Warmte uit oppervlaktewater voor Tholen

Een groot deel van de berekening is vergelijkbaar met de vorige case. De verschillen zijn:

- Geen hoofdtransportleiding nodig omdat de
- Aquathermie bron: **[kosten]**
- Seizoensopslag toegevoegd in de vorm van WKO

[verder uitwerken na doorrekening]