Deelopdracht 1: Methodiekbeschrijving Warmtekansenkaarten RSW Gelderland

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Dec 2019

Inleiding: Opbouw van de data

1. Warmtevraag & -aanbod kaarten

- Aanbod : een set aan kaartlagen (per brontype, vlak/punt) met info over het aanbod in GJ/jaar
- Vraag : kaartlagen met warmtevraag(dichtheid) per gebouw en warmtecluster in GJ/jaar
- Benaderbaar via een viewer
- In afgesproken format WFS

2. Koppeling vraag & aanbod

- Kaartlaag met rangorde van beschikbare bronnen per warmtecluster
- Benaderbaar via een viewer
- In afgesproken format WFS

3. User interface

- Presentatie van data met behulp van dashboards
- Benaderbaar via een viewer
- In afgesproken format WFS
- Handmatige allocatie bronnen

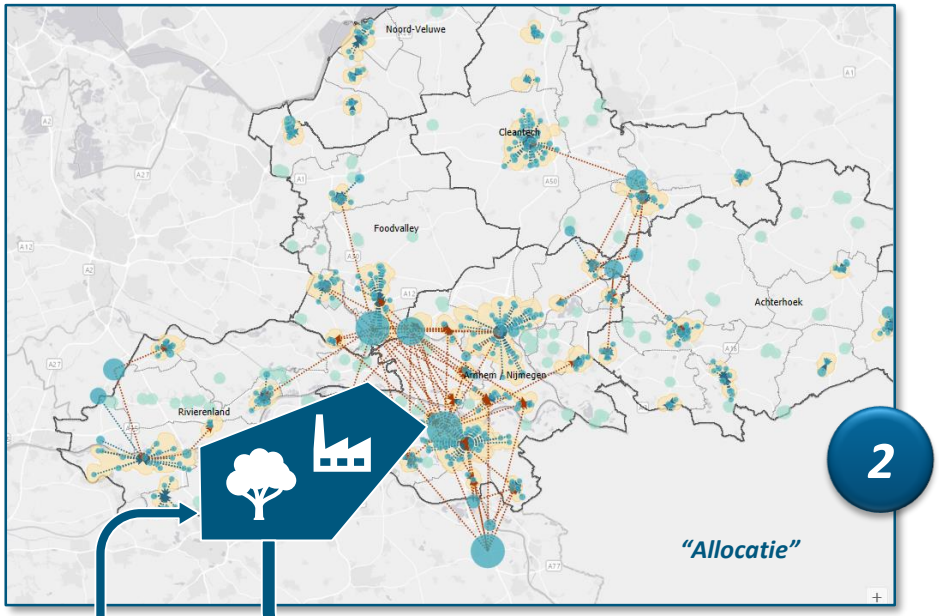
Achtergrond informatie/
Basis data,
Input voor WTV's

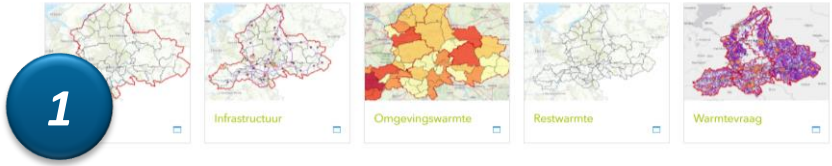
Verwerking tot Warmtekaart RSW
Toetsing in de Beoordelingsessies

&

Startpunt voor de haalbaarheidstudies

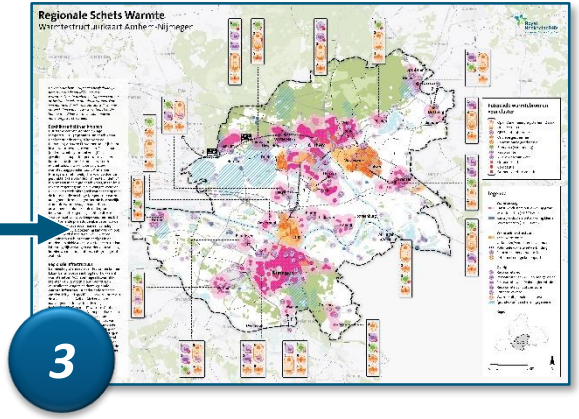
Inleiding: Opbouw van de resultaten



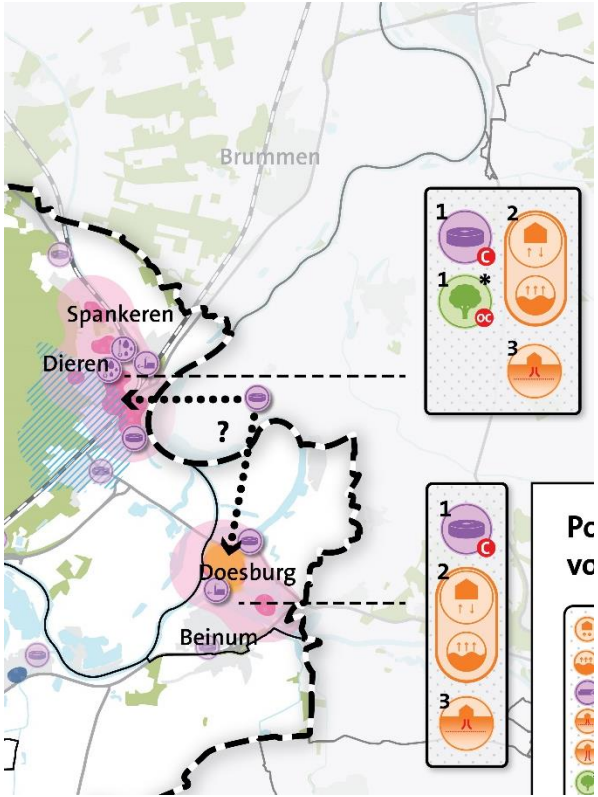


3 Resultaat

1. Beschikbaar vraag en aanbod kaartmateriaal in een **Webviewer**
2. **Allocatie** van lokale en regionale warmte vraag en aanbod (regionale structuur)
3. **6x voorzet Regionale Structuur Warmte** t.b.v. het hoofdstuk warmte in de Regionale Energie Strategie (RES)



Inleiding: Uitgangspunten voor de aanpak



- Een **uniforme** aanpak voor alle 6 RES'en
- Clustering van warmteaanbod, daar waar grotere warmtenetten **kansrijk** zijn
  - Warmtevraag geclusterd naar > 1.500 woning (equivalenten)
- Focus op de warmtevraag in **2030**
- Inventarisatie van **technisch mogelijke** warmtebronnen
- Op voorhand **geen uitsluiting** van warmtebronnen op grond van (politieke) voorkeur
- Een **indicatieve volgorde van potentiele bronnen** per cluster
- De allocatie geeft **richting en basismateriaal** bij het opstellen van de RSW ten behoeve van de RES, de Transitievisie Warmte (TVW), wijkuitvoeringsplannen (WUP) en haalbaarheidsstudies

1. Warmtekaarten:

Vraag & aanbod

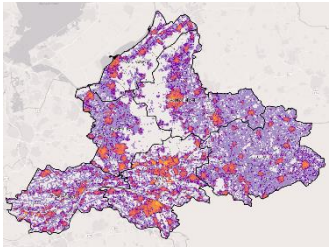
1.1 Uitgangspunten warmtekaarten (Ruimtelijke scope)

- Provincie Gelderland
- + Utrechtse gemeenten in Foodvalley:
  - Veenendaal
  - Rhenen
  - Renswoude
- + Grote restwarmtebronnen net buiten grens Gelderland

1.2 Uitgangspunten warmtekaarten (algemeen)

- **Begin vanuit de warmtevraag:** Startpunt is het inventariseren van de warmtevraag.
  - *Warmtevraag van woningen, utiliteiten en bedrijven (zware industrie is geen onderdeel van de warmtevraag, alleen opgenomen als restwarmteaanbod)*
- **Warmtenetten altijd weergeven als kans waar mogelijk:** Uitgangspunt van deze studie is dat waar een warmtenet tot de mogelijkheden behoort, er altijd gekeken moet worden of ontwikkeling hiervan haalbaar & wenselijk is, zodat niet alleen naar alternatieve opties gekeken wordt (all electric of groengas). Dit omdat groengas een schaarse en hoogwaardige brandstof is en all electric oplossingen verdere druk zet op het elektriciteitssysteem en om extra wind/zon productie vraagt. Waar warmtenetten kansrijk zijn en lokale warmtebronnen beschikbaar, is ontwikkeling hiervan vanuit dat oogpunt wenselijk.
- **Kansen voor grotere warmtenetten:** Koppeling van warmtevraag en aanbod vind alleen plaats tussen warmtebronnen en gebieden die kansrijk zijn voor de ontwikkeling van grotere warmtenetten (>1.500 weq)
  - *Geen koppeling van warmtebronnen aan individuele gebouwen of kleine 'buurtnetten' (niet relevant voor RSW).*
- **Situatie 2030: Koppeling tussen vraag en aanbod** is op basis van verwachte warmtevraag in 2030 en de beschikbare warmtebronnen.
- **Realistisch maximum:** De match tussen vraag en aanbod heeft als uitgangspunt om de realistisch haalbare maximale benutting van de warmtebron weer te geven. Het geeft dus niet de economisch haalbare potentie weer.
- **Bestaande & geplande productie** van duurzame warmtebronnen wordt vanuit de SDE+ aanvragen weergegeven. Vanwege de beperkt beschikbare publieke data is dit verder in de analyse niet meegenomen. Bestaande warmtenetten zijn wel weergegeven en **zijn afgetrokken van de warmtevraag** (in deze vraag wordt al voorzien, besloten is verduurzaming van bestaande warmtenetten buiten scope te houden). Ook kleinschalige opwek, zoals op gebouwniveau, wordt niet weergegeven of meegewogen.

1.3 Warmtevraag (Warmtevraagdichtheidskaart)



Eerste resultaat

Warmtevraag per adres (huidig)

- BAG
- Kentallen energiegebruik & energielabels

Warmtevraag per adres (2030)

- Extrapolatie o.b.v. aannames energiebesparing uit ETM Gelderland (*ca. 12% besparing bij woningen en 40% voor utiliteiten*)

Warmtevraagdichtheid

- Adressen aggregeren tot warmtevraagdichtheid (GJ/ha/jaar)

Infrastructuur:
Warmtenetten of individueel

- Indicatie kansrijke warmte-infrastructuur:
  - Collectief: warmtenetten (>1.000 GJ/hectare)
  - Individueel: All electric, groengas of hout

Clusteren:
Gebieden kansrijk grote warmtenetten

- Clusteren van gebieden die kansrijk zijn voor grotere warmtenetten
  - Bestaande warmtenetten uit dataset verwijderen (deze warmtevraag is al collectief gedekt*)
  - Tegenover overige gebieden: Kleine buurtnetten en individuele oplossingen

***Bijlage 1** geeft nadere uitleg over de totstandkoming van de warmtevraagdichtheidskaart.*

**Warmtelevering via bestaande warmtenetten is afkomstig van zowel hernieuwbare als fossiele bronnen. In overleg is besloten al deze warmtelevering niet mee te nemen in de scope van dit onderzoek.*

1.3 Warmtevraag clusteren

De warmtevraag wordt geclusterd:

1. Op basis van de warmtevraagdichtheidskaart, maken we clusters van buurten waar grotere warmtenetten kansrijk zijn
   a) Vanaf 60.000 GJ / 1.500 w.e. > *indicatie exploitabel warmtenet van enige omvang en schaalgrote passend bij RSW*.
2. De gemiddelde warmtevraagdichtheid geeft een indicatie hoe kansrijk de ontwikkeling van warmtenetten is
3. Deze gebieden vormen de basis die we koppelen aan de warmtebronnen.
4. Naast de clusters zijn er ook gebieden die (alleen) geschikt zijn voor kleinschalige warmtenetten of individuele oplossingen (all-electric, groengas of biomassakachels).
   a) Verspreide bebouwing & landelijk gebied
   b) Kleine warmtenetten / 'buurtnetten'

Koppeling aan warmtebronnen

Geen koppeling aan warmtebronnen

1.4 Warmteaanbod (& infrastructuur): status dataverzameling

- **Biomassa**
  - Houtachtige biomassa: Verbranden
  - Natte biomassa: Vergisten
- **Restwarmtebronnen**
  - Industrie
  - Condensatiewarmte
  - Datacenters
  - TEA: RWZI, AWZI en rioolgemalen
- **Omgevingswarmte**
  - Open WKO (evt. i.c.m. TEO / TEA)
  - Ondiepe geothermie
  - Conventionele geothermie
  - TEO: oppervlaktewater, gemalen, stuwen
  - TEA: riothermie
- **Infrastructuur**
  - Bestaande warmtenetten
  - Geplande warmtenetten (*waar data beschikbaar, vanaf LOI*)

1.4 Warmteaanbod: bronnen clusteren

Clusteren op grond van kenmerken & toekennen temperatuurniveau; lage, middelhoge en hoge temperatuurbronnen (LT, MT, HT)

Bronnenclusters

Groepen	Kenmerken	
	Type warmtebron	**Temperatuursniveau**
Restwarmte	Industrie TEA (RWZI/AWZI/rioolgemalen) Condenswarmte Datacenters	LT, MT, HT a.h.v. industrie sector LT LT LT
Biomassa	Verbranding	HT
Omgevingswarmte	Conventionele geothermie	HT
Omgevingswarmte	Ondiepe geothermie	LT
Omgevingswarmte	Open bodemenergiesystemen (+ TEO/TEA)	LT

- Warmteaanbod van **biomassa vergisting** en **gesloten WKO** wordt ook in beeld gebracht. Deze worden echter niet gekoppeld aan de warmtevraagclusters, omdat deze warmte normaliter niet ingezet wordt om warmtenetten te voeden. Inzet van biogas als basislast voor warmtenetten beschouwen wij als ondoelmatig gebruik van een hoogwaardige energiebron en daarom niet wenselijk. Dit kan beter ingezet worden in gebieden of sectoren (industrie) waar warmtenetten en all electric moeilijk te realiseren zijn.
- Voor **ultradiepe geothermie** is het onbekend of en hoeveel energie deze nieuwe energiebron kan leveren. Voor de situatie in 2030 wordt naar verwachting maximaal één project gerealiseerd. Deze zal primair energie leveren aan de industrie. Plan is om de restwarmte door te cascaderen naar de gebouwde omgeving. Vanuit het perspectief van de gebouwde omgeving verduurzaamt deze warmtebron dan voornamelijk de bestaande restwarmtebron bij die industrie. Om deze redenen is in overleg besloten om ultradiepe geothermie niet als aparte warmtebron in de RSW mee te nemen.

2. Methodiek:

koppeling vraag & aanbod

2.1 Overzicht opbouw van de methodiek

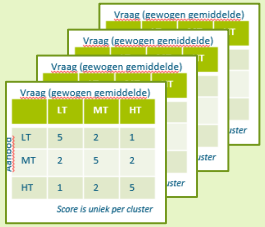
Vraag & aanbod

Beslisregels

Match

Geen match

MCA tabellen



Geeft rangorde:

- Top 1
- Top 2
- Top 3

+

Voorlopige allocatie

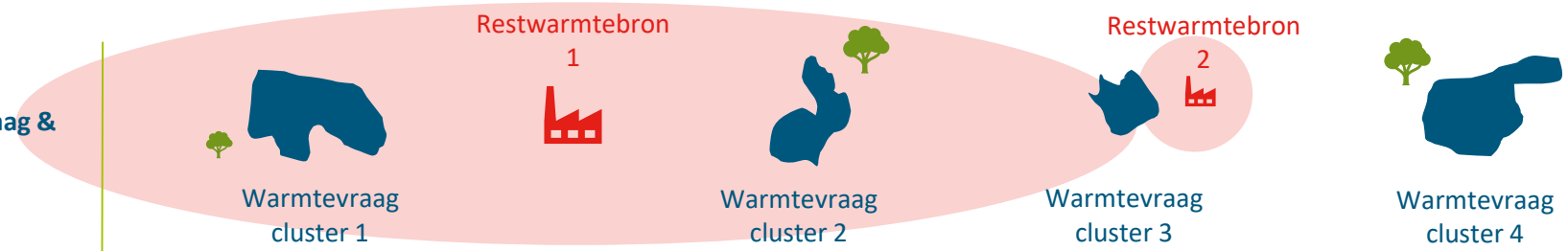
Regionale voorkeur

Tijdens beoordelingssesies:

Allocatie t.b.v. *"Concept RES bod"* o.b.v. regionale voorkeuren & kennis

2.1 Voorbeeld methodiek: ter illustratie

Kaarten met vraag & aanbod



Gerangschikte bronnen o.b.v. beslisregels & MCA

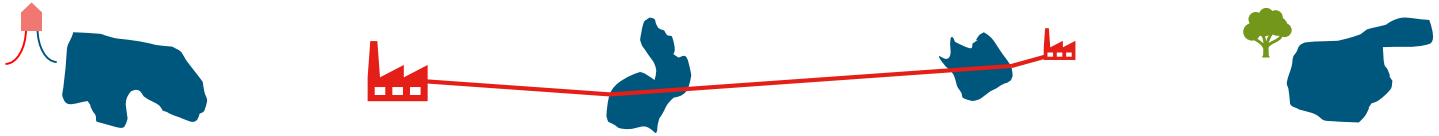
Warmtevraag cluster 1	Warmtevraag cluster 2	Warmtevraag cluster 3	Warmtevraag cluster 4
1. Restwarmtebron 1 2. Geothermie 3. Biomassa	1. Biomassa 2. Restwarmtebron 1 3. Geothermie	1. Restwarmtebron 2 2. Restwarmtebron 1 3. Geothermie 4. Open bodemenergie	1. Biomassa 2. Open bodemenergie

Eerste allocatie o.b.v expert judgement

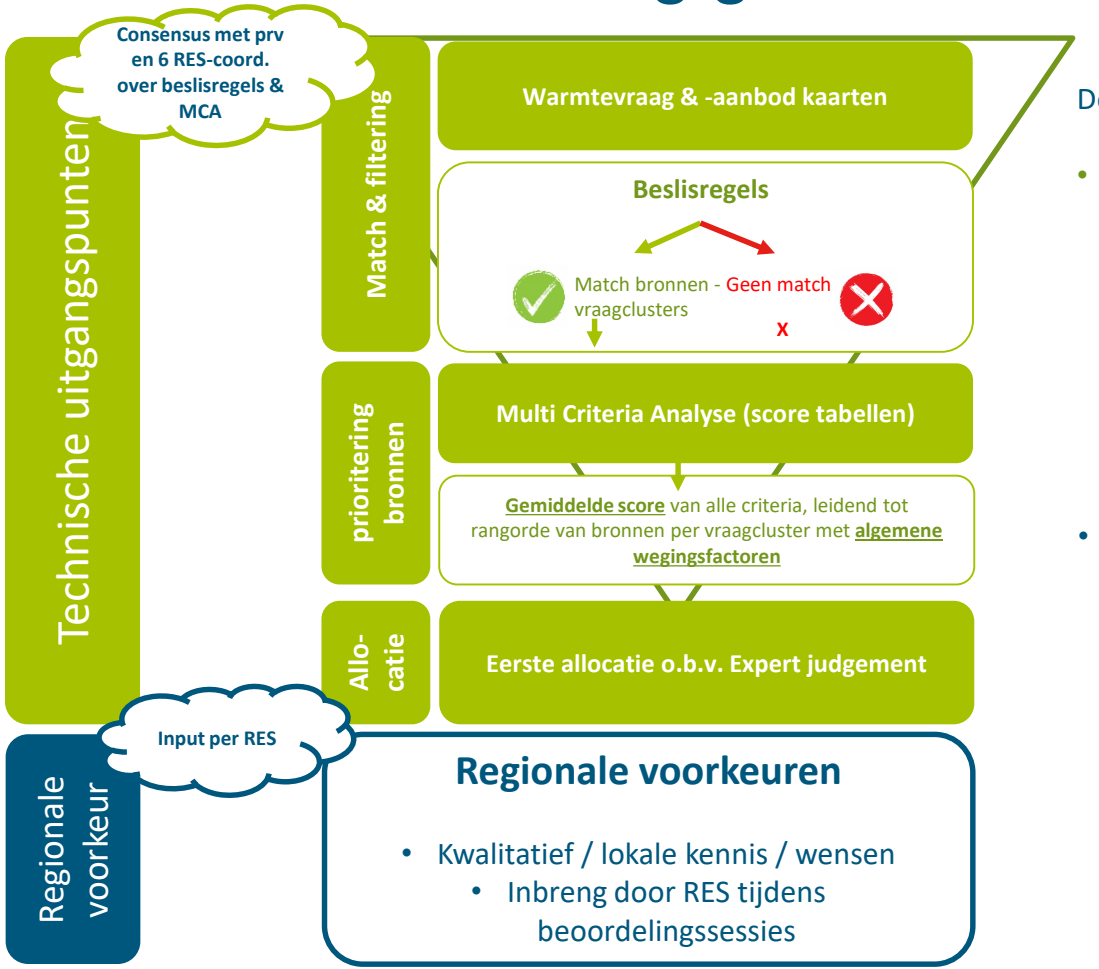
Keuze allocatie Restwarmtebron 1 aan cluster 2 & 3 vanwege mogelijkheid tot ‘doorlussen’ warmtenet.
Geeft gealloceerde ranking van bronnen:

Warmtevraag cluster 1	Warmtevraag cluster 2	Warmtevraag cluster 3	Warmtevraag cluster 4
1. Geothermie 2. Biomassa 3. Restwarmtebron 1 *(toegekend aan andere vraagclusters)*	1. Restwarmtebron 1 2. Biomassa 3. Geothermie	1. Restwarmtebron 1 2. Restwarmtebron 2 3. Geothermie 4. Open bodemenergie	1. Biomassa 2. Open bodemenergie

Definitieve allocatie tijdens beoordelingssessies



2.2 Nadere toelichting gehele methodiek



De **methodiek** is gebaseerd op de twee onderdelen:

- **Kwantitatieve & Technische uitgangspunten** waarin op basis van beslisregels & MCA van grof naar fijn gewerkt wordt:
  - **Filtering:** match & geen match
  - **Prioritering:** ranking via gewogen scores; en
  - **Eerste allocatie** van de regionale bronnen o.b.v. expert judgement a.h.v. vooraf vastgestelde ontwerpprincipes

- **Regionale voorkeur,** waarin de voorkeuren van stakeholders per regio in de beoordelingssessies worden meegenomen via eigen **regionale voorkeuren:**
  - Kwalitatief
  - Gericht op lokale kennis
  - Individueel per RES, als eigen inbreng tijdens beoordelingssessies
  - Hulpmiddel om tijdens de sessies keuzes te maken

Royal HaskoningDHV

2.3 Beslisregels Open bodemenergiesystemen (OBES)

1. Geschikte warmtevraag

Rekenvoorbeeld:
1.000.000 GJ vraag

Wat is de warmtevraag in het warmtecluster?

2. Footprint warmtevraag

1.000 ha footprint

Footprint gebied warmtecluster + buffer 200m

3. Uitsluitings-gebieden

200 ha ligt in Grondwater-beschermingsgebied
800 ha resterend

Zijn er grondwater Beschermings-gebieden / boringsvrije zones?

Deze gebieden uitsluiten

4. Warmteaanbod bron

1.200 GJ/ha/j potentie

Wat is de ondergrondse potentie van open WKO (GJ/m2/jaar)

5. Benutbaar Warmteaanbod

800 x 1.200 = 960.000 GJ / jaar
(Elektriciteitsvraag = 34.000 GJ / jaar)

Correctiefactor WP = 1,25:
960.000 x 1,25 = 1.200.000 GJ/j
(Elektriciteitsvraag = 240.000 GJ / jaar)

Warmteverlies netwerk = 15%
1.200.000 x 0,85 = 1.020.000 GJ/j
(Elektriciteitsvraag = 12.000 GJ / jaar)

Correctiefactoren:
- Warmtepomp COP/SPF = 4
- Verliezen netwerk = 15%

Elektraverbruik
- Warmtepomp COP/SPF=4
- WKO bron COP = 28
- Warmtenet COP = 100

Match

Maximaal 102% van de warmtevraag kan gedekt worden*

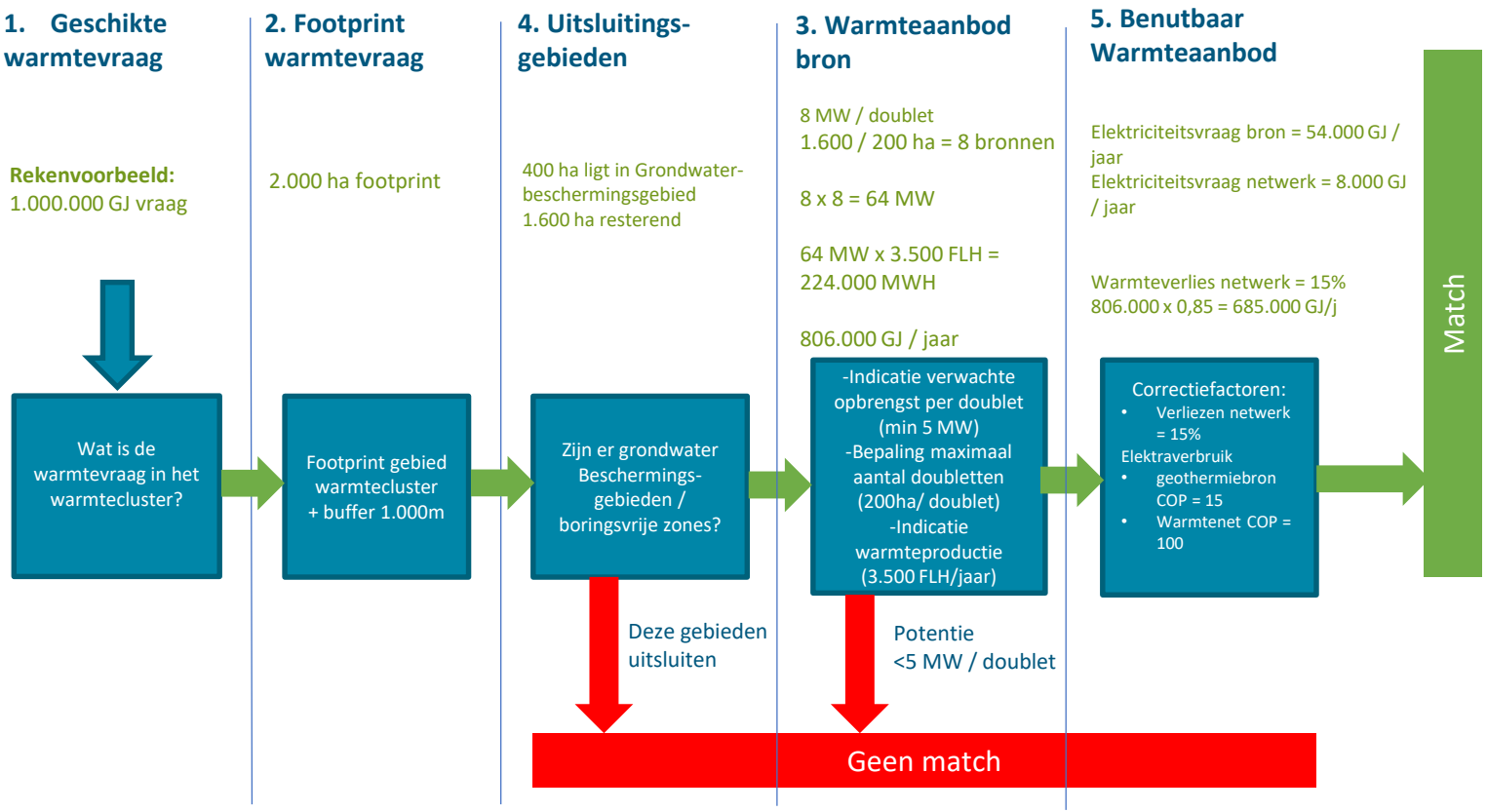
De elektriciteitsvraag stijgt met circa 286.000 GJ / jaar bij productie van alle mogelijke warmte

**bij optimale benutting van de ondergrond*

Geen match

Royal HaskoningDHV

2.3 Beslisregels Conventionele geothermie



Maximaal 69% van de warmtevraag kan gedekt worden*

De elektriciteitsvraag stijgt met circa 62.000 GJ / jaar bij productie van alle mogelijke warmte

**bij optimale benutting van de ondergrond*

Royal HaskoningDHV

2.3 Beslisregels Ondiepe geothermie

1. Geschikte warmtevraag

Rekenvoorbeeld:
1.000.000 GJ vraag

Wat is de warmtevraag in het warmtecluster?

2. Footprint warmtevraag

1.000 ha footprint

Footprint gebied warmtecluster + buffer 600m

4. Uitsluitings-gebieden

200 ha ligt in Grondwater-beschermingsgebied
800 ha resterend

Zijn er grondwater Beschermings-gebieden / boringsvrije zones?

Deze gebieden uitsluiten

3. Warmteaanbod bron

2.000 GJ/ha/j

800 ha x 2.000 GJ
= 1.600.000 GJ/j

-Verwachte opbrengst bodem (GJ/ha/j)

Geen potentie

5. Benutbaar Warmteaanbod

Elektriciteitsvraag bron = 64.000 GJ/j

Correctiefactor WP = 1,2:
1.600.000 x 1,2 = 1.920.000 GJ/j
(elektriciteitsvraag = 320.000 GJ/j)

Warmteverlies netwerk = 15%
1.920.000 x 0,85 = 1.632.000 GJ/j
(elektriciteitsvraag = 19.000 GJ/j)

Correctiefactoren:
- Warmtepomp COP/SPF = 5
- Verliezen netwerk = 15%

Elektraverbruik
- Warmtepomp COP/SPF=5
- ODG bron COP = 25
- Warmtenet COP = 100

Match

Geen match

Maximaal 163% van de warmtevraag kan gedekt worden*

De elektriciteitsvraag stijgt met circa 400.000 GJ / jaar bij productie van alle mogelijke warmte

**bij optimale benutting van de ondergrond*

2.3 Beslisregels Restwarmte (incl. TEA bronnen: RWZI, AWZI & rioolgemalen)

1. Geschikte warmtevraag

Rekenvoorbeeld:
1.000.000 GJ vraag

Wat is de warmtevraag in het warmtecluster?

3. Warmteaanbod bron

500.000 GJ aanbod

Hoeveel restwarmte is per bron beschikbaar?

5. Benutbaar Warmteaanbod

Aanbod is 500.000 GJ / jaar

Warmte slechts 3.500 uur / jaar benutbaar (40%)
500.000 x 0,4 = 200.000 GJ/ jaar

Warmteverlies netwerk = 15%
200.000 x 0,85 = 170.000 GJ/j

Correctiefactoren:
- Inzet maxmimaal 3.500 u/j
- Verliezen netwerk = 15%

3. Afstand vraag & aanbod

Maximale transportafstand:
200.000 / 25.000 = 8 km

(regel gaat uit van aanbod excl. transportverlies)

Elektriciteitsvraag = 2.000 GJ/j

Maximale transportafstand restwarmte = 25.000 GJ/ km (Minimaal 300m en maximaal 20 km)
Elektraverbruik
- Warmtenet COP = 100

Voorbij maximale transportafstand

Geen match

Match

Maximaal 17% van de warmtevraag kan gedekt worden

De elektriciteitsvraag stijgt met circa 5.000 GJ / jaar bij benutting van alle mogelijke warmte

2.3 Beslisregels Vaste biomassa (alleen laagwaardig)

1. Geschikte warmtevraag

Rekenvoorbeeld:
1.000.000 GJ vraag

3. Warmteaanbod bron

200.000 GJ aanbod in gemeente

Iedere Gemeente gebruikt in eerste instantie alleen eigen biomassa.

Evt. overschot is beschikbaar binnen de RES.

5. Benutbaar Warmteaanbod

Aanbod is 200.000 GJ / jaar

Warmteverlies netwerk = 15%
200.000 x 0,85 = 170.000 GJ/j

Elektriciteitsvraag = 2.000 GJ/j

Wat is de warmtevraag in het warmtecluster?

Hoeveel biomassa is beschikbaar in de Gemeente?

Correctiefactoren:
- Verliezen netwerk = 15%

Elektraverbruik
- Warmtenet COP = 100

Geen beschikbaarheid

Geen match

Match

Maximaal 17% van de warmtevraag kan gedekt worden*

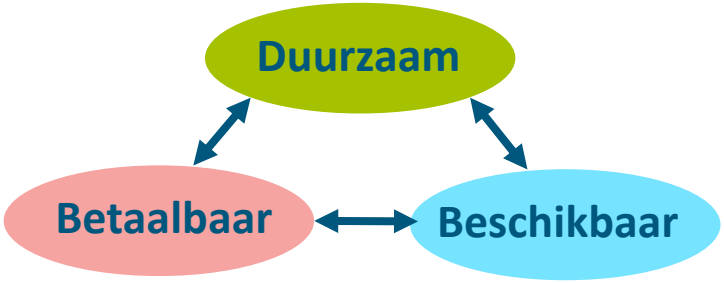
De elektriciteitsvraag stijgt met circa 2.000 GJ / jaar bij benutting van alle mogelijke warmte

**bij optimale benutting van de laagwaardige vaste biomassa*

2.4 MCA scoretabellen

Prioritering van de bronnen: Middels een MCA worden de gekoppelde (match) bronnen per warmtecluster beoordeeld, a.h.v. scoorbare criteria geordend vanuit drie belangen:

- CO_2 reductie
- Doelmatige inzet van bronnen (match temperatuurniveau)



- Maatschappelijke kosten: Benodigde subsidie vanuit SDE+
- Afstand tussen bron en buurt (*alleen bij restwarmte*)
- Match op temperatuurniveau tussen vraag & aanbod

- Maximale dekking van de warmtevraag
- Toekomstige beschikbaarheid van de bron
- Regeneratie OBES via TEO & riothermie (*alleen bij OBES*)

- **Betaalbaarheid** van het netwerk is voor alle bronnen gelijk (m.u.v. restwarmte waar afstand van de bron een apart criterium is). Daarom geeft de bijdrage vanuit de SDE+ voor opwek van de duurzame warmte een goede generieke indicatie van de maatschappelijke kosten per warmtebron.
- **Match op temperatuurniveau** komt terug bij zowel duurzaamheid en betaalbaarheid, maar de score werkt anders:
  - **Duurzaamheid:** Doelmatige inzet van bronnen betekent dat vraag en aanbod altijd op elkaar afgestemd worden (zowel geen mismatch van HT-bron bij LT-vraag als LT-bron bij HT-vraag).
  - **Betaalbaarheid:** Mismatch op temperatuurniveau heeft alleen financiële consequenties bij inzet LT-bron bij HT-vraag (inzet warmtepompen benodigd). Andersom geeft geen financieel nadeel.

*-**Aanwezigheid van TEO & riothermie** staat onder beschikbaar, omdat dit bredere inzet van OBES mogelijk maakt door regeneratie van de WKO bron (b.v. bij oudere bouw met significant hogere warmte- dan koudevraag).*
*-**Betrouwbaarheid** gedurende het jaar is bewust niet gekozen als criterium, omdat dit weinig onderscheidend is tussen de warmtebronnen op dit abstractieniveau.*

2.4 MCA scoretabellen

Duurzaam

CO_2 reductie van de bron in 2030

	Score
Zeer grote reductie (90-100%)	5
Grote reductie (80-90%)	4
Middelgrote reductie (60-80%)	3
Beperkte reductie (40-60%)	2
Kleine reductie (<40%)	1

*Score is generiek per bron (zie **bijlage 2**)*

Doelmatige inzet bronnen

Vraag (gewogen gemiddelde)

Aanbod	LT	MT	HT
LT	5	3	1
MT	3	5	3
HT	1	3	5

Score is uniek per cluster

Betaalbaar

Maatschappelijke kosten

	Score
Geen SDE+ subsidie nodig	5
SDE+ subsidie <0,03 €/kwh	4
SDE+ subsidie 0,03-0,06 €/kwh	3
SDE+ subsidie 0,06-0,09 €/kwh	2
SDE+ subsidie >0,09 €/kwh	1

*Score is generiek per bron (zie **bijlage 3**)*

Afstand vraag & aanbod

	Score
<20% van maximale afstand	5
20 – 40% van maximale afstand	4
40 – 60% van maximale afstand	3
60 – 80% van maximale afstand	2
80 – 100% van maximale afstand	1

Specifiek voor Restwarmte

Match temperatuurniveau

Vraag (gewogen gemiddelde)

Aanbod	LT	MT	HT
LT	5	3	1
MT	5	5	3
HT	5	5	5

Score is uniek per cluster

Beschikbaar

Dekking van de warmtevraag

	Score
Aanbod groter dan de vraag (>100%)	5
Groot aanbod (80-100%)	4
Redelijk aanbod (30-80%)	3
Beperkt aanbod (10-30%)	2
Klein aanbod (<10%)	1

Score is uniek per cluster

Toekomstige beschikbaarheid van bron

	Score
Zeer goed	5
Goed	4
Gemiddeld	3
Onzeker	2
Zeer onzeker	1

*Score is generiek per bron. Voor restwarmte is deze per bedrijf ingeschat. Voor conventionele geothermie is score afhankelijk van potentiekaart (zie **bijlage 4**)*

Regeneratie OBES via TEO & riothermie

	Score
Volledige regeneratie warmtevraag mogelijk	5
80-100% regeneratie warmtevraag mogelijk	4
30-80% regeneratie warmtevraag mogelijk	3
10-30% regeneratie warmtevraag mogelijk	2
<10% regeneratie warmtevraag mogelijk	1

Specifiek voor OBES

2.5 Wegingsfactoren

Besproken is om de weging toe te passen aan de hand van de **drie uitgangspunten** voor de criteria:

- Duurzaam
- Beschikbaar
- Betaalbaar

Dit geeft één **basisscenario** en drie **alternatieve scenario's**:

Basis scenario:
- Duurzaam: 33,3%
- Beschikbaar: 33,3%
- Betaalbaar: 33,3%

Duurzaamheid
- Duurzaam: 60%
- Beschikbaar: 20%
- Betaalbaar: 20%

Beschikbaarheid
- Duurzaam: 20%
- Beschikbaar: 60%
- Betaalbaar: 20%

Betaalbaarheid
- Duurzaam: 20%
- Beschikbaar: 20%
- Betaalbaar: 60%

De weging wordt per scenario verder onderverdeeld onder criteria die bij de uitgangspunten horen. **Ter illustratie**, komt dit voor het basisscenario bij Restwarmte neer op:

Duurzaam (33,3%)
- CO2 reductie (16,7%)
- Doelmatige inzet van bronnen (16,7%)

Beschikbaar (33,3%)
- Maatschappelijke kosten: Benodigde subsidie vanuit SDE+ (11,1%)
- Afstand tussen bron en buurt (11,1%)
- Match op temperatuurniveau tussen vraag & aanbod (11,1%)

Betaalbaar (33,3%)
- Maximale dekking van de warmtevraag (16,7%)
- Toekomstige beschikbaarheid van de bron (16,7%)

Bijlagen

Bijlage 1. Warmtevraagdichtheidskaart: opbouw in detail

Opbouw warmtevraagdichtheidskaart:

1. De basis voor de kaartlaag zijn alle adressen (als punten), zoals die uit de BAG komen van juni 2019.
2. In de BAG staat de gebruiksdoel en het bouwjaar per gebouw (b.v. woning, kantoor of industrie) en hoeveel gebouwoppervlakte er is (m^2).
3. De Energielabel-atlas geeft het energielabel per adres.
4. Naast de gebruiksdoelen uit de BAG is glastuinbouw toegevoegd adhv BBG 2015 (meest actueel)
5. In onderzoek van Greenvis (2018) zijn kentallen uit de praktijk berekend voor het energiegebruik per gebouw per m^2 o.b.v. het energielabel of gebouwfunctie (gemiddelden afkomstig uit analyse van 2 miljoen panden in NL). Bij gebrek aan specifieke gegevens over de teeltwijze en het energiegebruik, is voor het warmteverbruik van de glastuinbouw voor heel Gelderland gerekend met waarden afkomstig vanuit RES Rivierenland (800MJ/m^2/jaar).
6. Uitkomst is het verwachte warmtegebruik in GJ per jaar per adres in 2019.
7. Op basis van aannames over de verwachte energiebesparing uit ETM Gelderland analyse, is de warmtevraag geëxtrapoleerd naar 2030.
8. Dit is te aggregeren tot **warmtevraagdichtheid** (vlakken 10x10meter > Indicatie collectief of individueel) & op te tellen tot **vraag per cluster** (totale vraag, vraag per type gebruiker, etc.) voor 2019 en 2030.
   a) *Werkelijke cijfers over energiegebruik zijn alleen beschikbaar op buurtniveau. Die cijfers geven geen inzicht of deze vraag het beste collectief of individueel ingevuld kan worden en zijn daarom niet bruikbaar voor deze analyse.*
9. Grotere gebieden die geschikt zijn voor collectieve warmtelevering worden samengevoegd tot **warmteclusters die kansrijk zijn** voor de ontwikkeling van **grotere warmtenetten**.
   a) Alle levering van warmte door **bestaande warmtenetten** is ingeschat vanuit CBS (% aansluitingen) aangevuld met gegevens over de lokale netwerken. Levering van warmte via bestaande netten is van de totale warmtevraag in de warmteclusters afgetrokken, omdat deze warmte al collectief geleverd wordt. Eventuele verduurzaming van deze netten is buiten de scope van dit onderzoek gehouden.
   b) **Meenemen nieuwbouw:** Vanuit de provincie is aangeleverd hoeveel woningen netto per gemeente gebouwd worden (harde voorraad, na sloop, excl. utiliteiten & bedrijventerreinen). De precieze bouwlocaties zijn echter niet bekend. Bij gebrek aan betere data is daarom gekozen om de warmtevraag van deze woningen per stad of dorp aan het betreffende warmtevraagcluster toe te kennen (aanname 16 GJ warmtevraag per nieuwbouwwoning).

Bijlage 2: CO_2 reductie van de warmtebron in 2030 (1)

Uitgangspunten voor de berekening
De CO_2 uitstoot van een warmtebron is bepaald aan de hand van de energie die bij winning of productie nodig is. Voor biomassa zijn ook transportkosten meegenomen.

Bij opwekking van duurzame warmte vindt er geen directe CO_2-uitstoot plaats. Wel is sprake van indirecte CO_2-uitstoot. Voor de warmtebronnen in dit onderzoek kan dit vrijwel volledig worden toegewezen aan inzet van elektriciteit die wordt gebruikt om de warmte te produceren. De (seasonal) coefficient of peformance (COP) van de warmtebron geeft een goede indicatie van het elektriciteitsverbruik voor productie van de warmte. De COP geeft het energetisch rendement aan tussen hoeveel energie (elektriciteit) er nodig is voor opwekking van de warmte in verhouding tot de uiteindelijk verkregen warmte (m.u.v. biomassa, zie verderop). Op deze wijze wordt het overgrote deel van de CO_2-emissie meegeteld.

In deze vergelijking is de CO_2-reductie bepaald bij de bron (excl. eventuele piek- en back up installatie). Tijdens het warmtetransport in het netwerk vindt ook indirecte CO_2-uitstoot plaats als gevolg van pompenergie en warmteverliezen. Omdat dit voor alle warmtebronnen ongeveer gelijk is, is dit niet meegewogen.

Bij de lokale biomassa is vindt de meeste uitstoot plaats bij oogst en vervoer. De directe CO_2-emissie als gevolg van de verbranding betreft kort-cyclische CO_2 en wordt op korte termijn weer opgenomen door aangroei van nieuwe biomassa en/of komt ook als broeikasgas in de atmosfeer terecht wanneer de biomassastroom niet als energiebron benut zou worden. In dit onderzoek is namelijk alleen gekeken naar gebruik van lokale biomassa en alleen het jaarlijkse (groei)overschot is in deze studie meegenomen. Er vindt dus netto geen reductie van het biomassapotentiaal in het gebied plaats. De emissiewaarde voor biomassa is gebaseerd op www.CO2emissiefactoren.nl, houtchips, directe & indirecte emissies).

Voor restwarmte is aangenomen dat de warmte verloren zou gaan als het niet in een warmtenet gebruikt wordt. Eventuele extra CO_2-uitstoot als gevolg van de uitkoppeling is dus niet meegeteld (wat in de praktijk soms wel het geval kan zijn).

Bij omgevingswarmte (zoals bodemenergie) is alleen de verbruikte elektriciteit voor de productie meegeteld.

De referentie-uitstoot (HR-ketel op aardgas)
De CO_2-uitstoot voor 1 GJ warmte uit aardgas: **56,9 kg CO_2** (bron: www.co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren + rendement HR-ketel 105%)

Uitstoot van Nederlandse elektriciteit (nu en in 2030)
CO_2 uitstoot voor de productie 1 GJ stroom in dec. 2017 (NL-mix): **115 kg CO_2** (www.co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren/)
Naar verwachting wordt 66% van de elektriciteit wordt in 2030 geproduceerd door hernieuwbare bronnen. **De uitstoot per GJ bedraagt in 2030 naar schatting: 61 kg CO_2** (PBL p. 120, https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2017-nationale-energieverkenning-2017_2625.PDF)

Bijlage 2: CO_2 reductie van de warmtebron in 2030 (2)

Scoretabel, generieke score per bron

Techniek	(S)COP	CO_2 uitstoot in 2030 (kg/GJ)	CO_2 reductie in 2030 t.o.v. referentie	MCA score op duurzaamheid	Opmerkingen
Open bodemenergiesystemen	28 (bron) + 4 (WP) = 3,5	17	70%	**3** Middelgrote reductie (60-80%)	-
Conventionele geothermie	15	4	93%	**5** Zeer grote reductie (90-100%)	Met COP van 15 gerekend.
Ondiepe geothermie	25 (bron) + 5 (WP) = 4,2	15	75%	**3** Middelgrote reductie (60-80%)	-
Restwarmte	-	-	Tot 100%	**5** Zeer grote reductie (90-100%)	Aangenomen is dat de restwarmte anders ongebruikt blijft en dat niet meer primaire energie gebruikt wordt voor uitkoppeling van de restwarmte. De toegewezen CO_2 uitstoot is hierdoor 0. In de praktijk kan de CO_2-reductie daarom lager uitvallen. Ook kan nuttig gebruik van restwarmte een drijfveer zijn om processen niet verder te optimaliseren, zodat het warmteoverschot behouden blijft of zelfs vergoot wordt.
Vaste biomassa (lokaal)	-	3,6 - 5,9	90 - 94%	**5** Zeer grote reductie (90-100%)	Aaname: Kort-cyclische biomassa van lokale bronnen. Er is daarom geen sprake van netto uitstoot bij de verbranding. Bron: www.CO2emissiefactoren.nl, **houtchips**, directe & indirecte emissies & *'Klimaatimpact over de keten en effecten op luchtkwaliteit vergeleken voor warmtelevering aan industrie en bebouwde omgeving* (2020)' Rendement verbranding aangenomen op 90%.

Bijlage 3: Maatschappelijke kosten o.b.v. SDE+ 2019

Scoretabel, generieke score per bron

Techniek	SDE+ basisbedrag (€/kwh)	MCA score op maatschappelijke kosten	Opmerkingen
Open bodemenergiesystemen	-	5	
Open bodemenergiesystemen + TEO	0,086	2	Betreft een voorstel uit 'Aanvullende berekeningen SDE+ 2019, PBL'
Open bodemenergiesystemen (inschatting gezamenlijk)	Geen of 0,086	4	1 punt lagere score gekozen dan open WKO exclusief TEO. Voor brede toepassing van WKO systemen als duurzame warmtebron voor bestaande bouw, zal in veel gevallen regeneratie (middels aquathermie) nodig zijn. Om dit succesvol te ontwikkelen is subsidie nodig. In de 'Aanvullende berekeningen' heeft PBL een inschatting gemaakt hoeveel SDE+ subsidie hiervoor nodig zou moeten zijn.
Conventionele geothermie	0,052	3	SDE+ 2019
Ondiepe geothermie	0,077	2	Betreft een voorstel uit 'Aanvullende berekeningen SDE+ 2019, PBL'
Restwarmte	-	5	
Vaste biomassa (lokaal)	0,049	3	SDE+ 2019: Grote ketel vaste of vloeibare biomassa (>5 MW_{th}, warmtestaffel, 4.500 FLH)

Toelichting op keuze SDE+ subsidie als indicator maatschappelijke kosten:

De SDE+ subsidie bepaalt hoeveel de overheid (op dit moment) moet bijdragen om hernieuwbare energiebronnen te laten realiseren. Dit is namelijk het uitgangspunt waarop de hoogte van de subsidie wordt vastgesteld. Het gaat hierbij om de opwek van duurzame warmte. Kosten van de infrastructuur worden hier niet bij opgenomen en zijn projectspecifiek. In het kader van de RSW vergelijken we echter duurzame warmtebronnen voor de warmtenetten. De benodigde infrastructuur is dus tussen de verschillende warmtebronnen (bijna) gelijk. De (maatschappelijke) kosten hiervan zijn daarom niet onderscheidend en worden in deze vergelijking dus niet meegenomen. Beperking van deze kentallen is dat het gaat om een indicatie voor de maatschappelijke kosten in 2019 en niet in 2030. Daarnaast doen vooral de warmtebronnen WKO en ondiepe geothermie ook een beroep op het elektriciteitsnetwerk (vanwege inzet warmtepompen). Maatschappelijke kosten als gevolg van de benodigde netverzwaring is hierbij niet meegenomen.

Bijlage 4: Toekenning scores beschikbaarheid (1 van 2)

Scoretabel, generieke score per bron

Techniek	MCA score op toekomstige beschikbaarheid	Toelichting
Open bodemenergie-systemen	4 (goed)	Open bodemenergiesystemen zijn een beproefde technologie en de potentie van de ondergrond is relatief goed bekend. Het technisch potentieel zal naar de toekomst gelijk blijven. Maatschappelijke keuzes zoals toekenning van grondwaterbeschermingsgebieden kunnen de toepassing van deze energiebron wel beïnvloeden. Bestaande bouw heeft over het algemeen een grotere warmte- dan koudevraag. Bij grootschalige inzet van open WKO systemen in de gebouwde omgeving is naar verwachting de combinatie met TEO/TEA nodig. Deze techniek wordt nog weinig toegepast en het is onbekend hoe groot de rol van aquathermie in toekomstige warmtesystemen wordt. Vanwege de onzekerheid door de koppeling met aquathermie wordt de één na hoogste score toegekend. Wij beoordelen de toekomstige beschikbaarheid van open WKO systemen daarom als goed (4).
Conventionele geothermie	2 (onzeker) en 3 (gemiddeld)	In Nederland zijn sinds 2007 23 conventionele geothermiedoubletten ontwikkeld. Er is daarom al redelijk veel ervaring met de toepassing van deze technologie. In Gelderland bestaan echter nog geen geothermische projecten en er is minder bekend over de geschiktheid van de diepe ondergrond. Vanwege deze onzekerheid is de score op de toekomstige beschikbaarheid in Gelderland daarom lager dan in andere delen van het land. De potentie van conventionele geothermie is ingeschat aan de hand van de kaarten van ThermoGIS (TNO). Om het maximaal bekende potentieel weer te geven is de kaartlaag met het technische potentieel incl. putstimulatie en warmtepomp gebruikt. Gebieden met een ‘matige indicatie >5 MW_{th}’ of beter zijn meegerekend in de analyse. Om het warmte-aanbod te berekenen is geen onderscheid aangebracht tussen een ‘matige indicatie >5 MW_{th}’ en een ‘goede indicatie >5 MW_{th}’. Dit onderscheidt komt wel terug in toekenning op de scores op de toekomstige beschikbaarheid: • Onbekend: niet meegenomen als geothermisch warmte-aanbod • Matige indicatie: Toegekende score: 2 (onzeker) • Goede indicatie: Toegekende score: 3 (gemiddeld)
Ondiepe geothermie	2 (onzeker)	In Nederland is slechts één ondiep geothermieproject gerealiseerd. De potentie naar de toekomst lijkt groot, maar vanwege de onbekendheid van deze technologie (onzekerheid rondom de technische en economische haalbaarheid), kennen we een lage score toe op de toekomstige beschikbaarheid (onzeker, 2). Zeker richting 2030 is het onduidelijk of ondiepe geothermie een bijdrage van betekenis kan spelen in toekomstige warmtesysteem.

Bijlage 4: Toekenning scores beschikbaarheid (2 van 2)

Scoretabel, generieke score per bron

Techniek	MCA score op toekomstige beschikbaarheid	Toelichting
Restwarmte	Variërend van 1 tot 4 (zeer onzeker tot goed)	De toekomstige beschikbaarheid van restwarmte is bron-afhankelijk. Technisch kan restwarmte vaak relatief eenvoudig uitgekoppeld worden. In de praktijk komen projecten echter vaak moeizaam van de grond. Belangrijke barrières zijn het garanderen van de leveringszekerheid, reductie van het aanbod door efficiency maatregelen en een marginale business case. Veder is het ingeschatte restwarmte-aanbod in veel gevallen onzeker. Hoeveel restwarmte precies per bron beschikbaar is, is veelal onduidelijk. Middels expert judgement is per restwarmtebron een score toegekend a.h.v. specifieke kennis over het bedrijf, het bedrijfstype en een inschatting van de robuustheid van de sector/niche richting de toekomst. Uitgangspunt is dat restwarmtebronnen laag scoren (2) op toekomstige beschikbaarheid als ze zich in zeer competitieve markten bevinden en gemiddeld scoren (3) als zich in een nichemarkt bevinden.
Vaste biomassa (lokaal)	4 (goed)	Op dit moment is er biomassa dat geschikt is voor verbranding of vergisting. Ook in de toekomst zal er aanbod van biomassa-stromen blijven bestaan. Op de lange termijn zal er naar verwachting steeds meer vraag ontstaan naar hoogwaardige toepassingen voor deze biomassa (de biobased economy). Hierdoor zal een verschuiving optreden van inzet van biomassastromen voor energieproductie naar grondstoffen. Het duurt echter nog jaren voordat de biobased economy tot significante competitie zal leiden met energie-toepassingen. Tot die tijd kan het **jaarlijks (groei)overschot van lokale biomassa** ingezet worden als hernieuwbare transitiebrandstof, totdat andere duurzame bronnen op grote schaal beschikbaar komen (gezien deze analyse uitgaat van de situatie in 2030, wordt significante competitie met de biobased economy nog niet verwacht). In dit onderzoek zijn alleen het jaarlijks groei-overschot en biogene afvalstromen in kaart gebracht. De geoogste of gewonnen biomassastromen worden dus jaarlijks weer aangevuld en komen zonder gebruik als energiebron ook als CO_2 of methaan in de atmosfeer. **Inzet van deze biomassa als energiebron leidt dus niet tot een toename van CO_2-emissies[1].** Omdat het om lokale bronnen gaat, spelen emissies als gevolg van transport tevens een kleine rol. Gebruik van biomassa als hernieuwbare brandstof is ook **politiek omstreden**. Sommige partijen zijn van menig dat **biomassa geen duurzame energiebron is**. Dit is een zeer complexe discussie, waarbij de herkomst van de biomassa, het landgebruik na de oogst (dunningsnoei, herplanten, of kaalkap), de transportafstand, etc. allemaal een rol spelen. Gezien dit onderzoek uitgaat van (groei)overschotten van lokale biomassa, betreft dit voornamelijk een politieke discussie over de wenselijkheid van biomassa. Dit argument is voor dit onderzoek daarom buiten de beoordeling gehouden. Ondanks dat in dit onderzoek alleen gekeken wordt naar lokale duurzame biomassabronnen, verandert de perceptie over biomassa als energiebron snel. Dit kan tot gevolg hebben dat subsidies en wet- en regelgeving worden aangepast, waardoor inzet van lokale biomassa als duurzame brandstof minder kansrijk wordt. Bovenstaande in acht genomen kennen wij aan biomassa de op één na hoogste score (4, goed) voor de toekomstige beschikbaarheid toe. *[1]Biomassaverbranding leidt wel tot uitstoot van NOx, fijnstof en andere stoffen die de luchtkwaliteit verminderen.*