

# Bouwstenen voor afweging en beleid bodemenergie

Het vinden van de juiste balans tussen beschermen en benutten van de ondergrond



# Inhoudsopgave

<u>Inleiding</u>	<b>3</b>
<u>Bouwsteen 1: Kaarten ondergrondse potentie vanuit techniek en beleid</u>	<b>7</b>
<u>Bouwsteen 2: Overige aandachtspunten voor afweging bodemenergie</u>	<b>33</b>
<u>Bouwsteen 3: Menukaart warmtetechnieken</u>	<b>37</b>
<u>Bouwsteen 4: Instrumentarium voor sturing op bodemenergie</u>	<b>64</b>
<u>Bijlagen</u>	<b>75</b>



Berenschot



## Inleiding

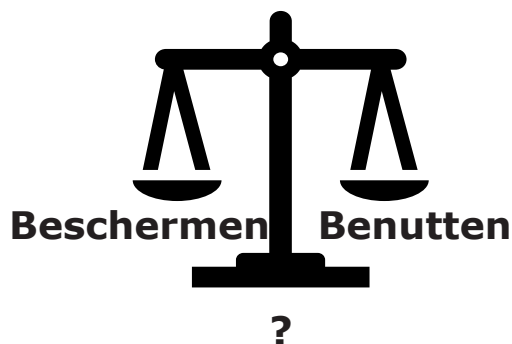
1. INLEIDING

# Aanleiding van deze studie

Bodemenergie wordt gezien als belangrijke techniek om ambities op het gebied van de warmtetransitie te realiseren. Op dit moment zien we een sterke groei aan verschillende bodemenergiesystemen, die niet altijd de meest duurzame oplossing zijn en mogelijk ook leiden tot veel onnodige perforaties van de ondergrond. Ondertussen zien we de drukte in de ondergrond onder de grote steden alleen maar toenemen, zal in de toekomstige warmtevraag voorzien moeten worden door duurzame warmte en moet er nagedacht worden hoe de voor grond- en drinkwater gereserveerde gebieden beter kunnen worden beschermd. Een duurzame oplossing moet toekomstbestendig zijn, zowel vanuit het oogpunt van de energietransitie als het grond- en drinkwater en het zorgvuldig en duurzaam gebruik van de ondergrond.

De provincies Overijssel, Gelderland en Utrecht verkennen de mogelijkheid om beleid te ontwikkelen om de ontwikkeling van bodemenergie in goede banen te leiden. Zij zijn op zoek naar bouwstenen die zij kunnen gebruiken om dat beleid vorm te geven. Ook het ministerie van IenW is actief met dit thema bezig en zou bouwstenen kunnen gebruiken voor eigen programma's en beleid ten aanzien van bodemwarmte.

Het ministerie van IenW en de drie bovengenoemde provincies hebben daarom Berenschot en Arcadis gevraagd om hen te helpen bij het ontwikkelen van bouwstenen voor de afweging over en ontwikkeling van beleid voor bodemenergie. In dit eindproduct vindt u de uitkomsten van deze gezamenlijke zoektocht.



## 1. INLEIDING

# Startpunt voor dit traject

Bij de start van dit traject was het nog niet duidelijk waar het ministerie van IenW en de drie provincies precies naar toe wilden werken. Daarom hadden zij expliciet aan Berenschot en Arcadis gevraagd om in de eerste fase aandacht te besteden aan het definiëren van een gezamenlijk startpunt (scope). Hieronder is de uitkomst van deze zoektocht weergegeven. Eén van de belangrijkste conclusies was dat het ministerie en de drie provincies in dit traject niet zélf de afweging wilden maken over waar wel of geen bodemenergie gewonnen kan worden, maar informatieve en zo objectief mogelijke bouwstenen wilden ontwikkelen, zodat overheden (en projectontwikkelaars) zélf die afweging kunnen maken en/of deze bouwstenen kunnen doorontwikkelen naar beleid.

Uiteindelijk heeft deze gezamenlijke zoektocht geleid tot het ontwikkelen van vier concrete bouwstenen. Deze worden op de volgende pagina verder toegelicht. De voetnoten in de toelichtende teksten van de bouwstenen verwijzen naar de bronnen die zijn opgenomen in de gegroepeerde bronnenlijst aan het einde van het document.

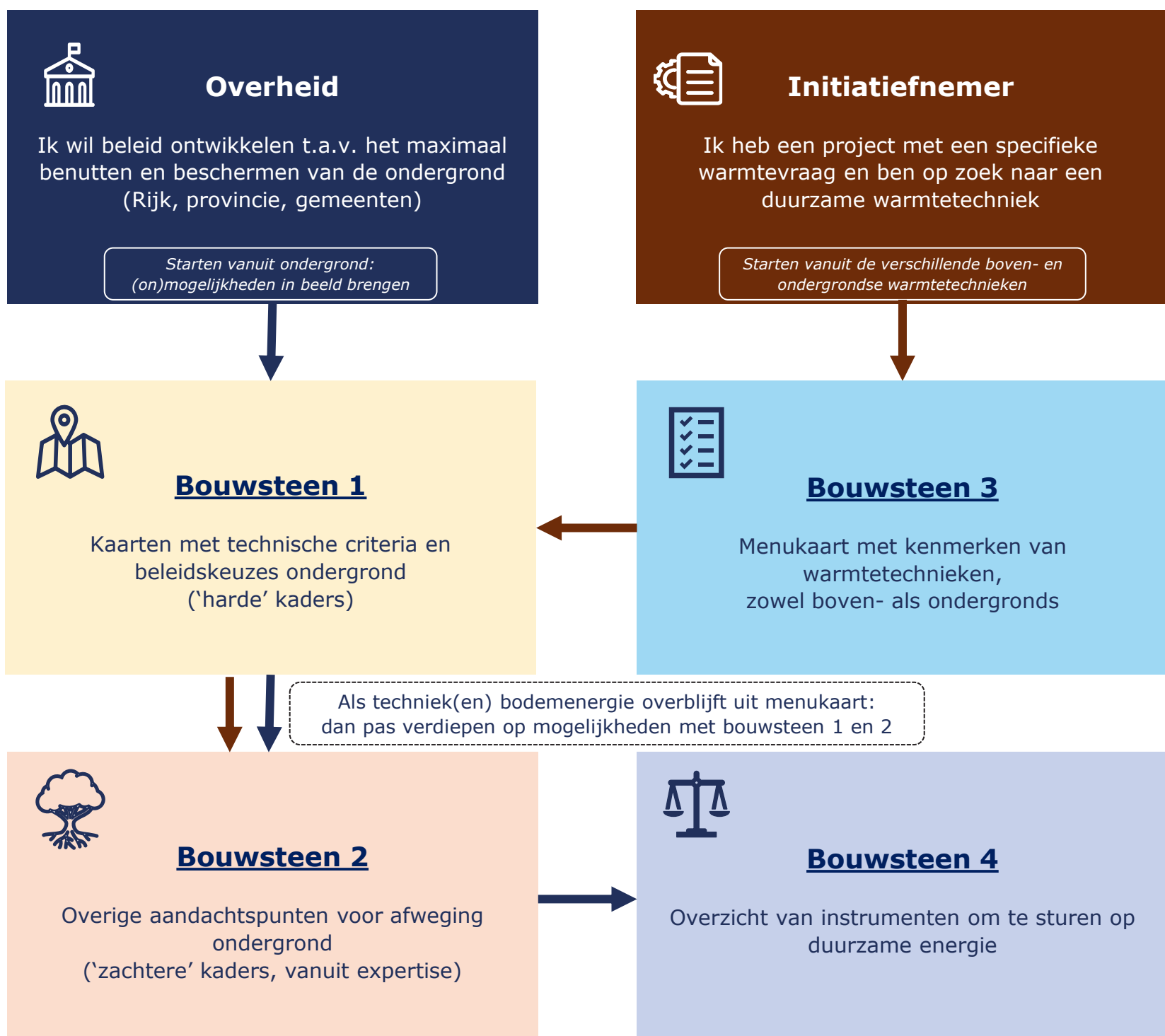
Situatie	Er is een sterke groei van verschillende bodemenergiesystemen. Deze zijn niet altijd even <b>efficiënt</b> en <b>duurzaam</b> .
Probleem	Er is beperkt beleid om de ontwikkeling van bodemenergie in goede banen te leiden en de balans te vinden tussen het optimaal <b>benutten</b> en <b>beschermen</b> van de ondergrond.
Kernvragen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In welke situaties is bodemwarmte wél en niet mogelijk?</li> <li>• Als bodemwarmte wél mogelijk is, welke opties zijn er dan voor een specifieke context?</li> <li>• Met welke factoren moet je dan rekening houden?</li> <li>• Als bodemwarmte niet (of moeilijk) mogelijk is, welke opties zijn er dan bovengronds voor een specifieke context?</li> <li>• Wat zijn de voor- en nadelen van deze opties?</li> </ul>
Product	<b>Een aantal bouwstenen</b> waarin <b>feitelijk</b> staat beschreven in welke situaties bodemenergie (onder voorwaarden) wel en niet mogelijk is, wat de alternatieven bovengronds zijn en wat de voor- en nadelen van de verschillende opties zijn.
Doel & Publiek	Het doel van de bouwstenen is de gebruiker te <b>informer</b> en zodat die deze overwegingen zelf kan maken. Hierbij zijn de gebruikers de <b>provincies</b> , <b>gemeenten</b> en het <b>Rijk</b> .

## 1. INLEIDING

# Bouwstenen voor afweging en beleid bodemenergie

We zijn – na een gezamenlijke zoektocht met onze opdrachtgevers – uitgekomen op vier bouwstenen voor het maken van beleid voor en afwegingen over bodemenergie. In de onderstaande afbeelding staan deze bouwstenen schematisch weergegeven. Daarnaast geeft de afbeelding weer hoe de bouwstenen door zowel overheden als initiatiefnemers gebruikt kunnen worden:

- Overheden kunnen bouwsteen 1 gebruiken om in beeld te brengen waar bodemenergie vanuit de ondergrond geredeneerd wel/niet mogelijk is, bouwsteen 2 als denkrichting voor specifieke beleidskaders en bouwsteen 4 als inspiratie voor de manier waarop ze richting willen geven aan het eigen beleid.
- Initiatiefnemers kunnen bouwsteen 3 gebruiken om de verschillende warmtetechnieken met elkaar te vergelijken en kunnen bouwsteen 1 en 2 gebruiken om invulling te geven aan de optie bodemenergie, als deze als geschikte warmtetechniek naar boven is gekomen uit de vergelijking.





**Bouwsteen 1: Kaarten  
ondergrondse potentie  
vanuit techniek en beleid**

**BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID**

# Toelichting op bouwsteen 1

Bouwsteen 1 bestaat uit twee sets van acht kaarten, plus één overzichtskaart, die de mogelijkheden van open bodemenergiesystemen (OBES) in de provincies Gelderland, Utrecht en Overijssel in beeld brengen. Het gaat om de volgende typen kaarten:

- **Geschiktheidskaarten OBES:** op basis van een aantal technische en beleidsmatige criteria is per watervoerend pakket (acht maal) in beeld gebracht waar OBES zeer geschikt (groen), minder geschikt (beige) of verboden (rood) is. Ook hebben we één overkoepelende kaart opgenomen, waarop alle watervoerende pakketten tezamen in beschouwing worden genomen. Op deze kaart is dus per locatie te zien of er tenminste één watervoerend pakket (zeer) geschikt is voor OBES.
- **Opbrengsten OBES watervoerend pakket:** op basis van een modelberekening is per watervoerend pakket de theoretische opbrengst van een OBES weergegeven in GJ per seizoen.

Per set van acht kaarten beschrijven we eerst de uitgangspunten en aannames die ten grondslag liggen aan de kaarten. Daaropvolgend zijn de kaarten per watervoerend pakket en de overkoepelende kaart opgenomen.

Bouwsteen 1 heeft raakvlakken met de [WKO-Bodemenergietool](#). Waar bouwsteen 1 gaat over de afweging of bodemenergie in bepaalde gebieden wel of niet mogelijk/wenselijk is, gaat de WKO-tool in meer detail in op de mogelijkheden en het ontwerp van een bodemenergiesysteem op een specifieke locatie. De kaarten uit bouwsteen 1 brengen dus in beeld of er mogelijkheden voor een OBES zijn in een gebied. De WKO-tool is als vervolgstap te gebruiken als blijkt dat er (op hoofdlijnen) inderdaad mogelijkheden liggen.



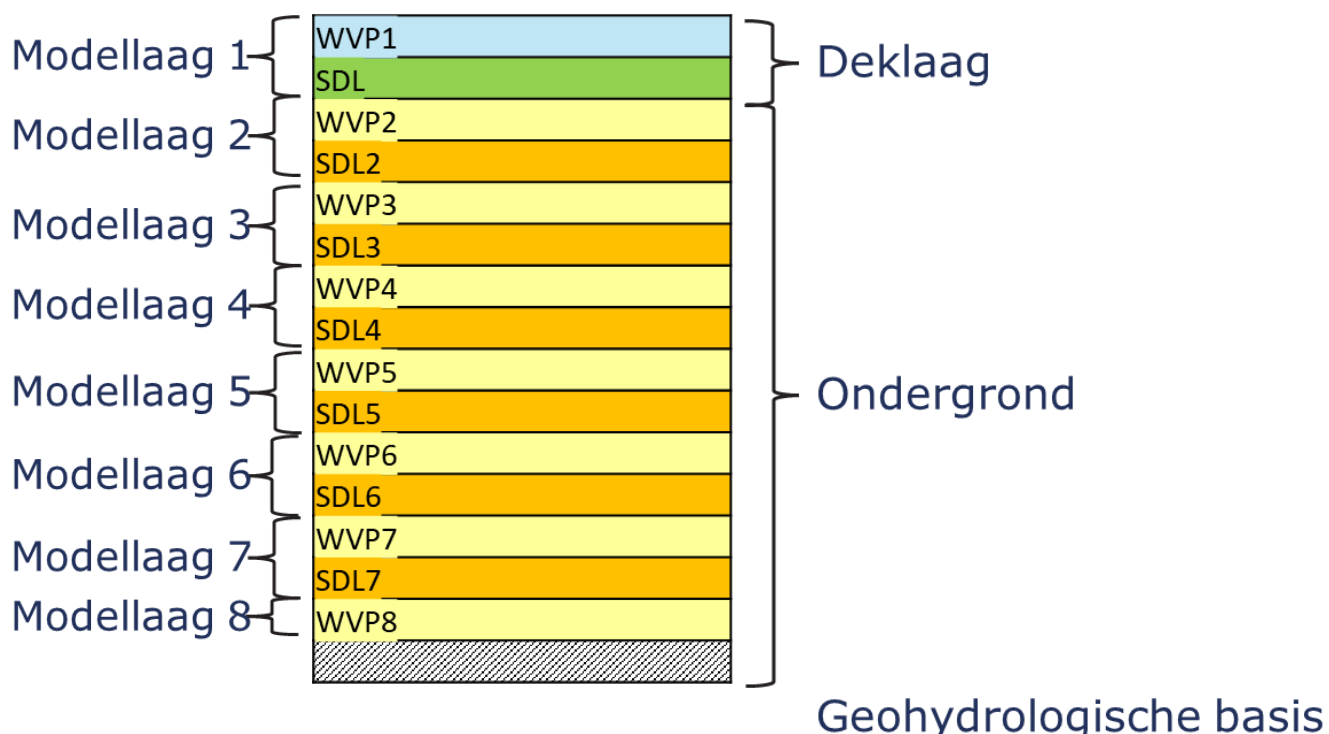


## BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

# Uitgangspunten OBES- geschiktheidskaarten (1/3)

Hieronder hebben we de belangrijkste uitgangspunten voor de geschiktheidskaarten geformuleerd:

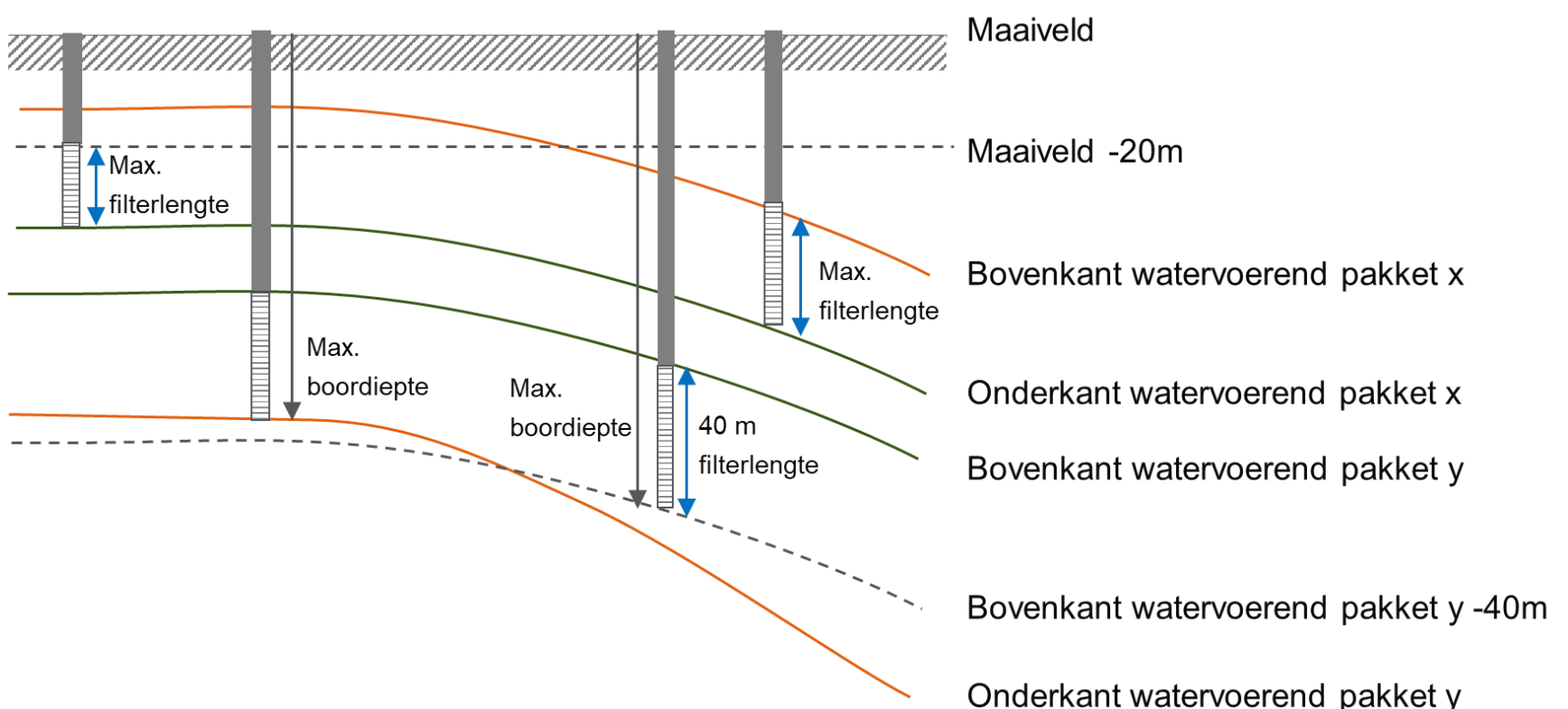
- De kaarten op pp. 12-19 zijn gebaseerd op de ondergrond-schematisatie van het Landelijk Hydrologisch Model (LHM 4.1).<sup>1</sup> Dit model kent acht watervoerende lagen. Deze zijn in de kaarten watervoerend pakket 1 t/m 8 genoemd. LHM laag 1 is grotendeels (Holocene) deklaag, maar omwille van de consistentie is deze wel watervoerend pakket 1 genoemd. Het is overigens niet zo dat alle lagen overal aanwezig zijn. De kaarten zijn per watervoerend pakket gepresenteerd. De geschiktheidskaarten gaan over open bodem energiesystemen en zijn voornamelijk gericht op de geschiktheid voor grotere (collectieve) systemen. De groene gebieden in de hoofdkaart zijn uitermate geschikt voor dergelijke systemen. De overige gebieden zijn niet per definitie ongeschikt, maar er zal meer locatiespecifiek gekeken moeten worden, bijvoorbeeld naar meerdere, kleine systemen.
- De doorlatendheid (kD-waarde) van het watervoerend pakket moet minimaal 500 m<sup>2</sup>/dag bedragen. Dit resulteert in een ondergrens van de OBES-capaciteit van ca. 40-70 m<sup>3</sup>/uur (gebaseerd op een maximaal toelaatbaar infiltratiedebiet).
- De natuurlijke grondwaterstromingsnelheid mag niet hoger zijn dan 50 m/jaar. Dit criterium is enigszins arbitrair. Bij hoge stroomsnelheden zullen de warmte- en koudebellen deels afdrijven en vermindert de efficiëntie van het OBES. Bij de berekening van de natuurlijke grondwaterstroomsnelheid is een effectieve porositeit van 37% aangehouden.<sup>2</sup>
- De ligging van het zoet/brak-grensvlak is niet vlakdekkend bekend en beschikbaar voor dit onderzoek. Er is wel gekeken waar binnen het watervoerend pakket het brak/zout grensvlak voorkomt (Cl > 1000 mg/L). Om menging van brak en zout water te voorkomen, zijn deze gebieden als minder geschikt geclassificeerd.



## BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

# Uitgangspunten OBES-geschiktheidskaarten (2/3)

- Voor de berekeningen is uitgegaan van OBES met:
  - 1.500 draaiuren per seizoen
  - een boorgatdiameter van 600 mm.
- De delen van de watervoerende pakketten ondieper dan 20 m beneden het maaiveld (m -mv) zijn ongeschikt geacht. In deze ondiepe zone treden seizoensfluctuaties van de temperatuur op, waardoor opgeslagen warmte en koude verloren gaan. Ook ligt de redox-grens,\* veelal in de bovenste tientallen meters van de ondergrond.
- Er moet een filter geplaatst kunnen worden van minimaal 10 m lang. De delen van watervoerende pakketten die dunner zijn dan 10 m zijn daarom ongeschikt. Hierbij wordt alleen gekeken naar de delen van de watervoerende pakketten die dieper dan 20 m -mv liggen.
- Voor de dikkere delen van de watervoerende pakketten is de maximale filterlengte de dikte van het watervoerend pakket, met een maximum van 40 m. In de praktijk worden zelden filters van meer dan 40 m geplaatst.

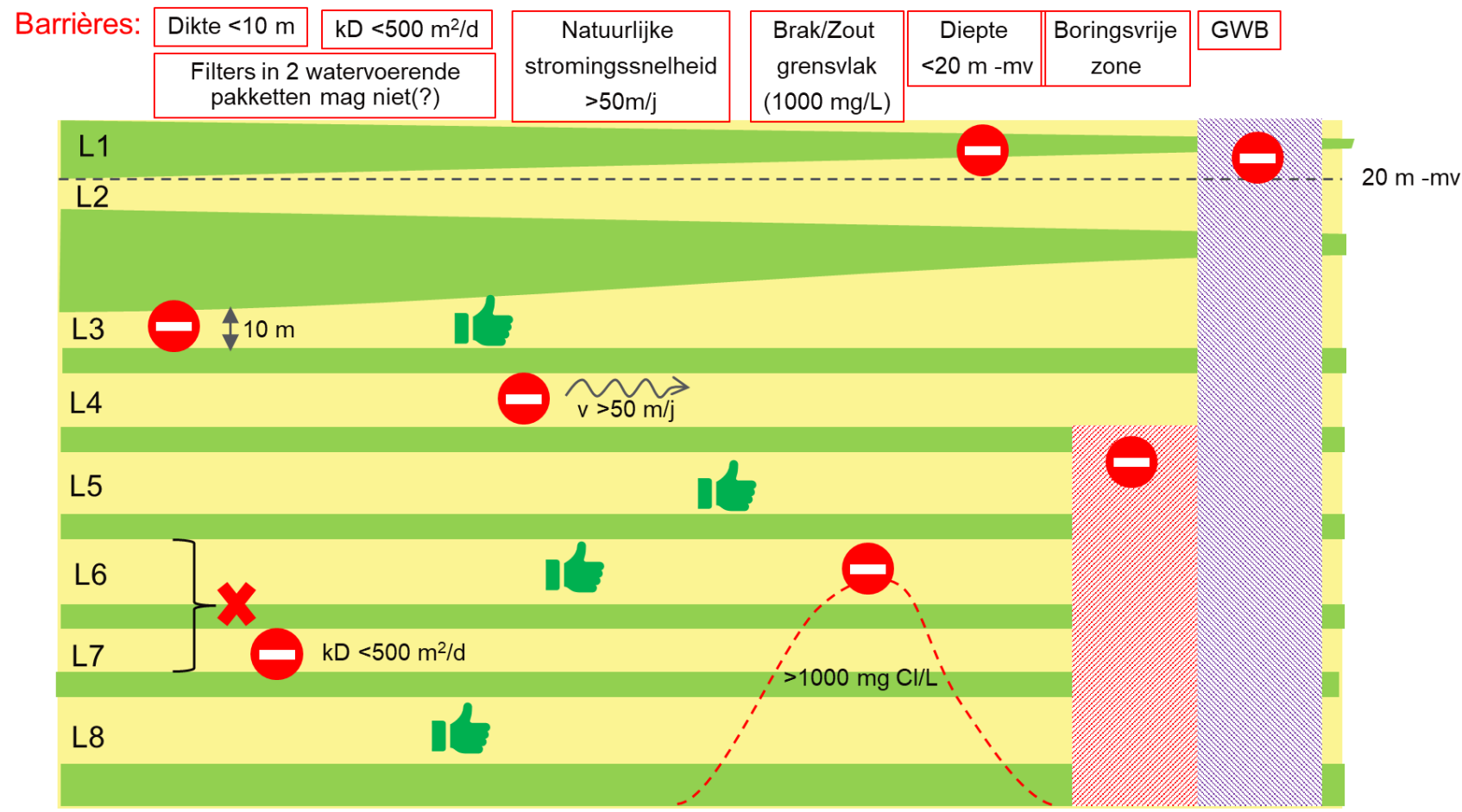


Bepaling maximale filterlengte en maximale boordiepte.

\* Een redoxgrens is een overgang van (sub)oxisch grondwater (zuurstof- en nitraatrijk, ijzerloos) naar gereduceerd grondwater (ijzerrijk en zuurstof- en nitraatloos). Bij menging van (sub)oxisch grondwater met gereduceerd grondwater vinden redoxreacties plaats, waarbij ijzer(hydr)oxiden worden gevormd.

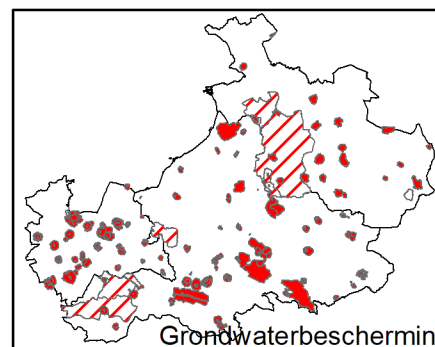
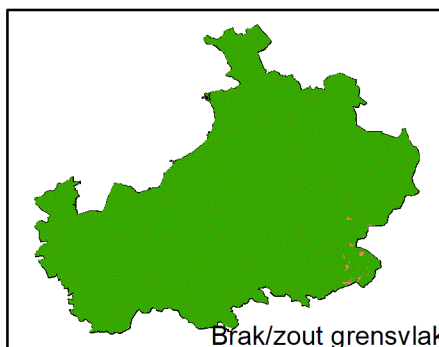
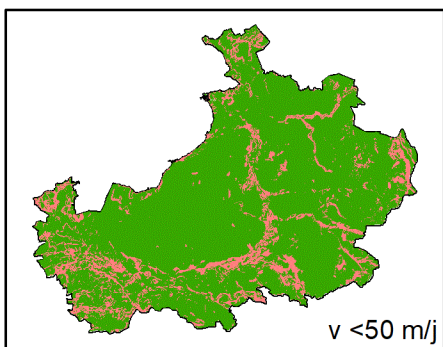
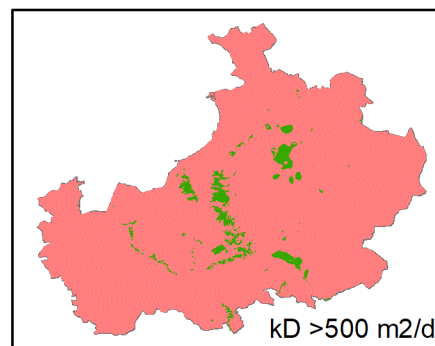
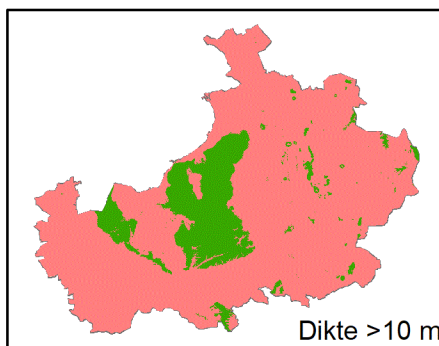
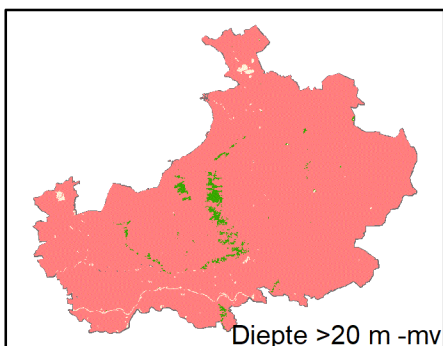
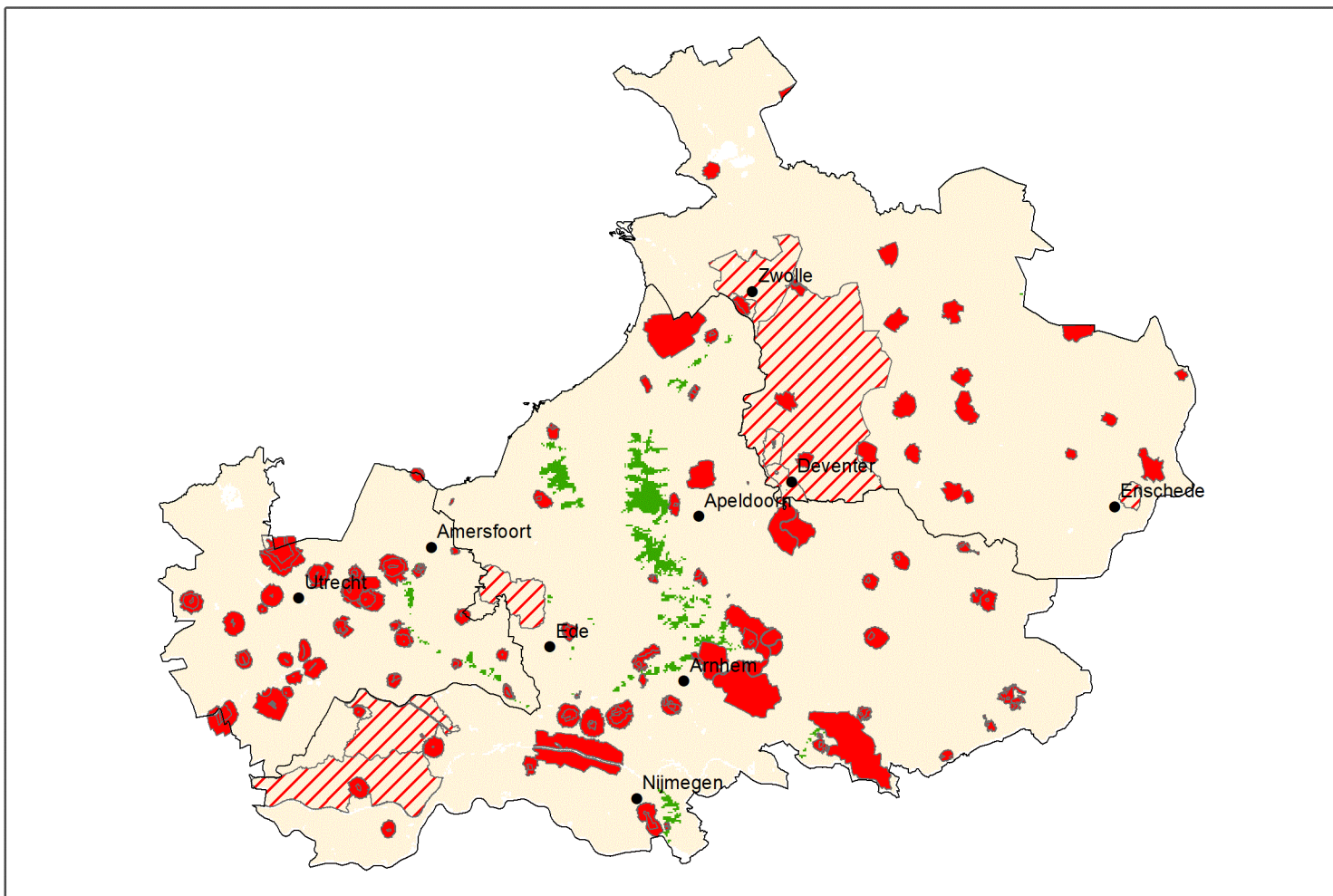
BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

# Uitgangspunten OBES- geschiktheidskaarten (3/3)



BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

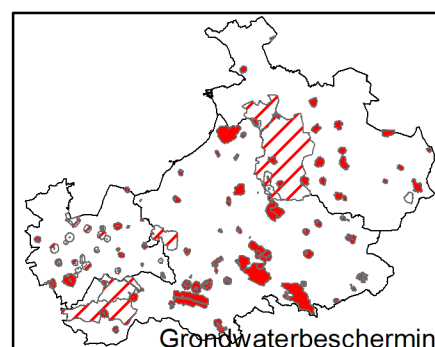
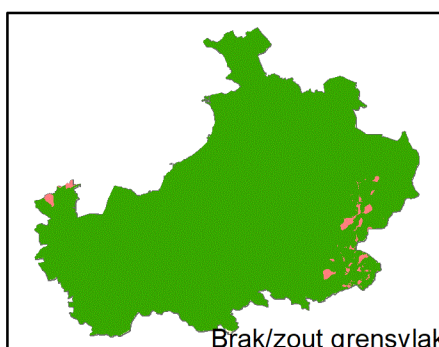
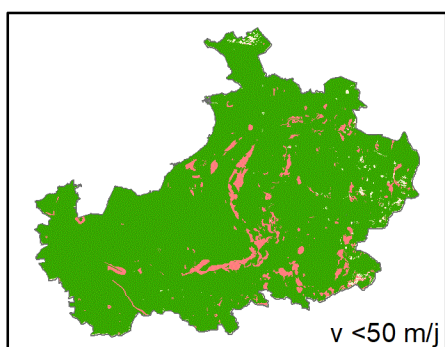
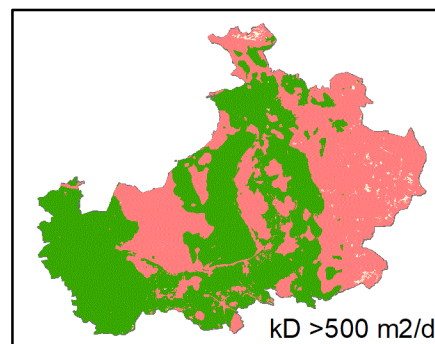
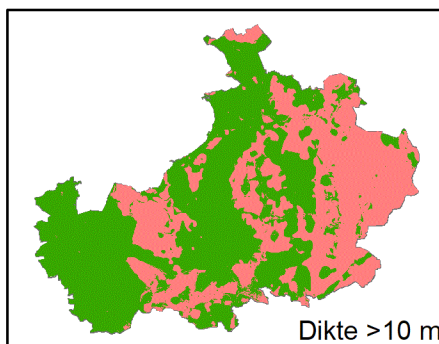
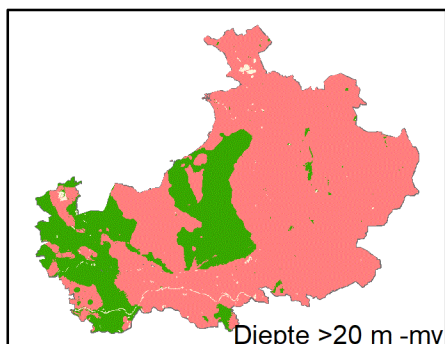
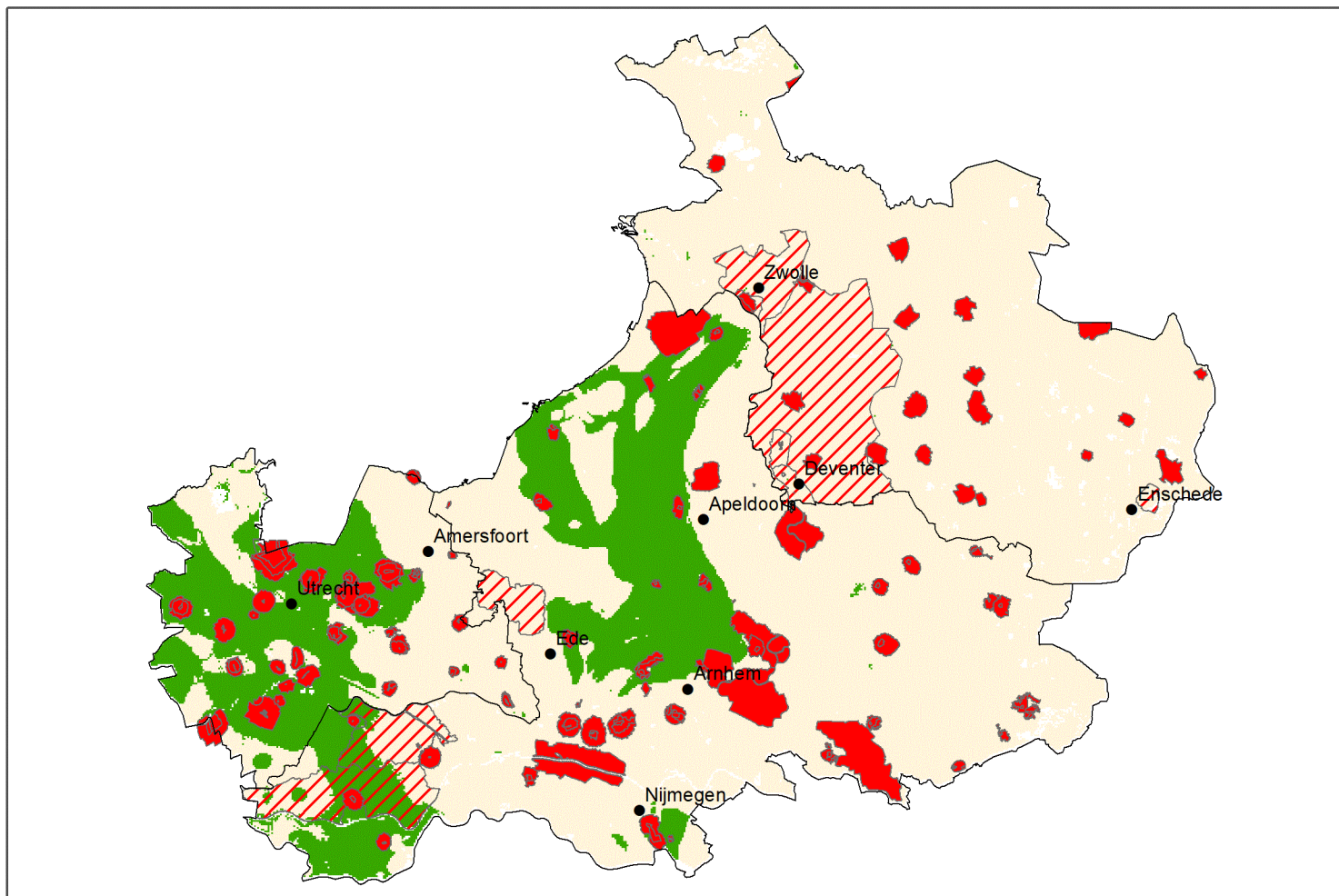
# Geschiktheidskaart OBES watervoerend pakket 1



<ul style="list-style-type: none"> <li> Provinciegrenzen</li> <li> Verbod op WKO</li> <li> Dieptebeperking WKO</li> </ul> <p><b>Geschiktheid WVP1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Zeer geschikt</li> <li> Minder/niet geschikt</li> <li> Barrière aanwezig</li> </ul>	<p>Overwegende litho-stratigrafie WVP1:                  Overijssel: HL/BX                  Gelderland: HL/BX                  Utrecht: HL/BX</p>	<p><b>Geschiktheid OBES</b>                  Watervoerend pakket 1</p>
	<p>Verbod op WKO is gebaseerd op:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alle waterwingebieden en:</li> <li>- Overijssel: aangewezen GWB gebieden</li> <li>- Gelderland: GWB, WKO-vrije zones en kwetsbare ASV gebieden</li> <li>- Utrecht: GWB gebieden</li> </ul>	<p>opdrachtgever: Min. I&amp;W</p> <p> <small>Design &amp; Consultancy for natural and built assets</small></p> <p>datum: 11/7/2024 30212891                  schaal (A4): 1:1,027,072</p> <p>0 10 20 30 Km </p>

BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

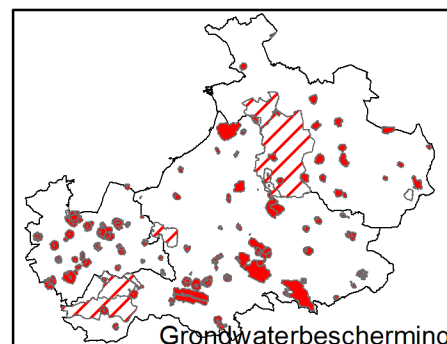
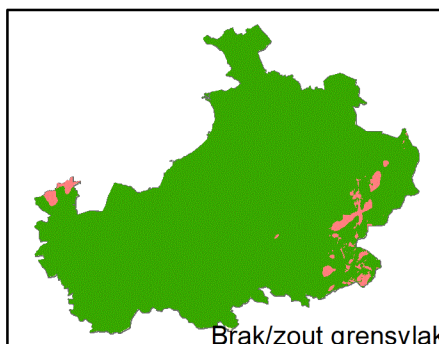
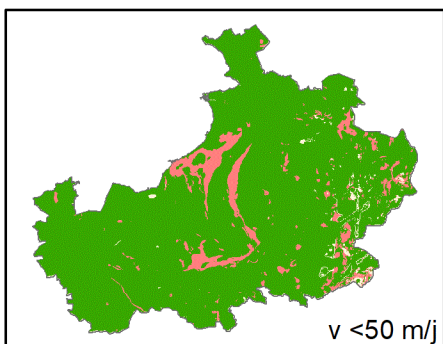
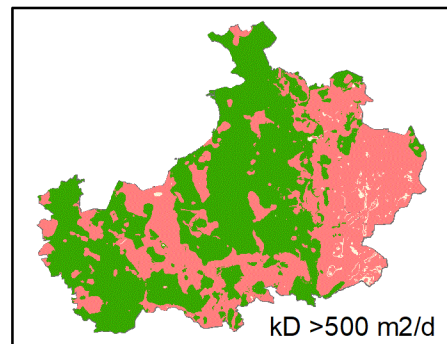
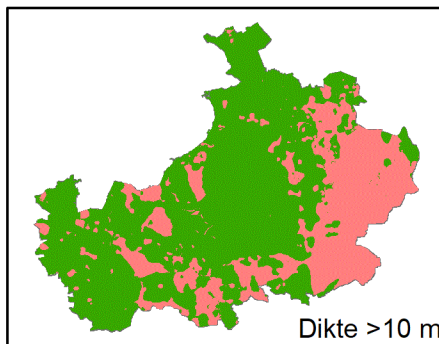
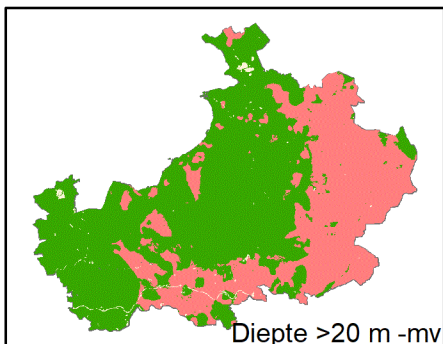
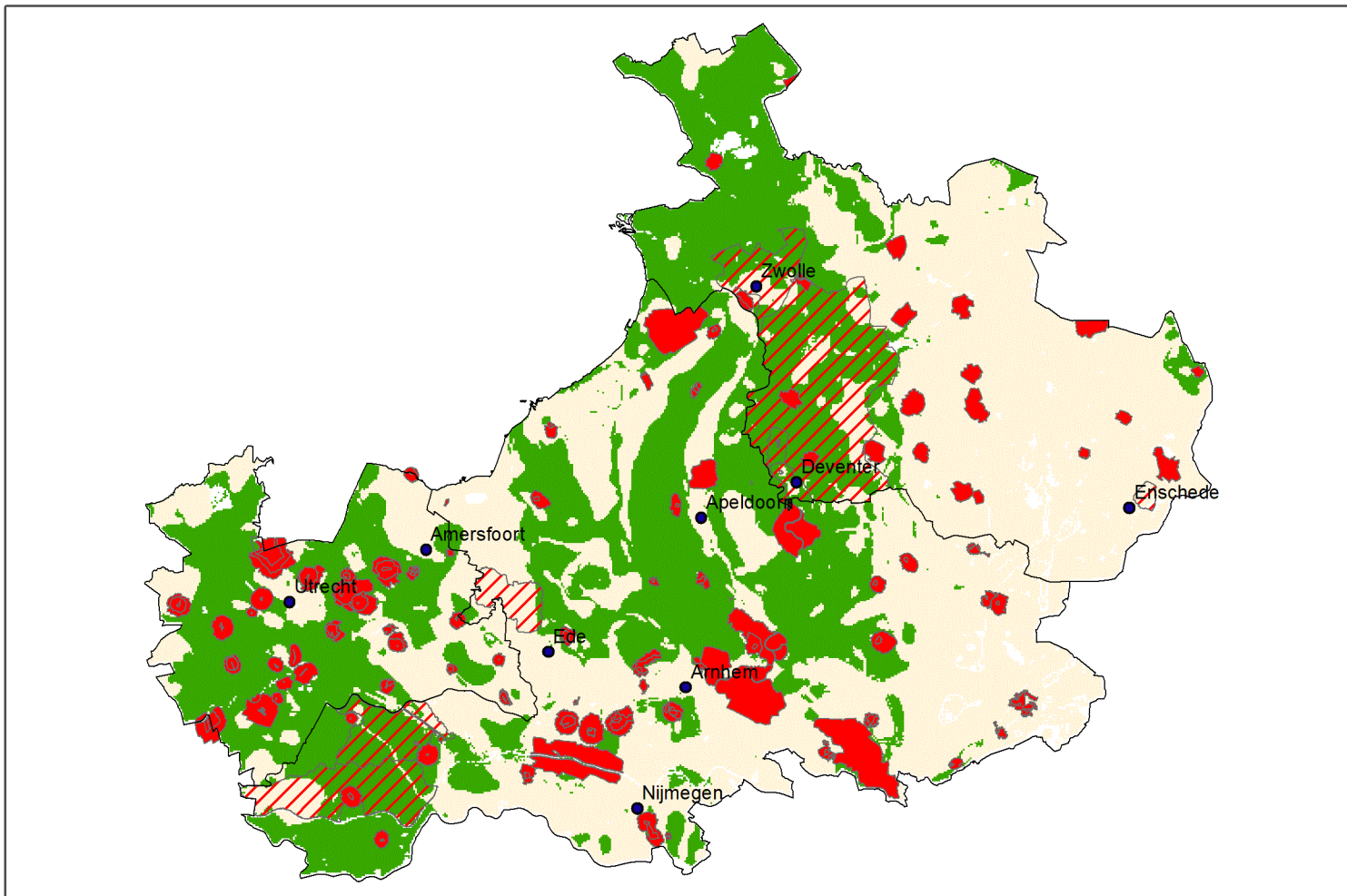
# Geschiktheidskaart OBES watervoerend pakket 2



<p>  Provinciegrenzen   Verbod op WKO   Dieptebeperking WKO  <b>Geschiktheid WWP2</b>   Zeer geschikt   Minder/niet geschikt   Barrière aanwezig                 </p>	<p>Overwegende litho-stratigrafie WWP2:                      Overijssel: BX/KR                      Gelderland: BX/KR                      Utrecht: BX/DT</p> <p>Verbod op WKO is gebaseerd op:                      - Alle waterwingebieden en:                      - Overijssel: aangewezen GWB gebieden                      - Gelderland: GWB, WKO-vrije zones en kwetsbare ASV gebieden                      - Utrecht: GWB gebieden</p>	<p><b>Geschiktheid OBES</b>                      Watervoerend pakket 2</p> <p>opdrachtgever: Min. I&amp;W</p> <p> <small>Design &amp; Consultancy for natural and built assets</small></p> <p>datum: 11/6/2024 30212891                      schaal (A4): 1:1,000,000</p> <p>0 10 20 30 Km </p>
---	--	---

BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

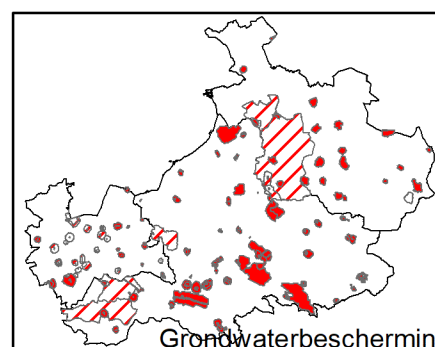
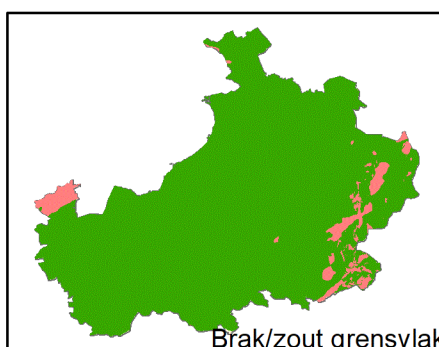
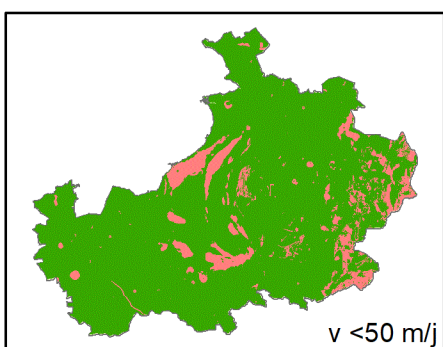
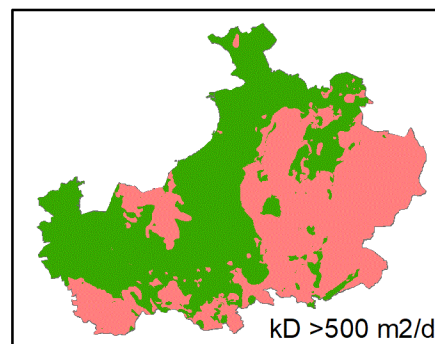
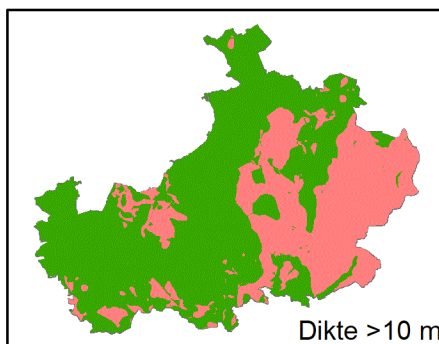
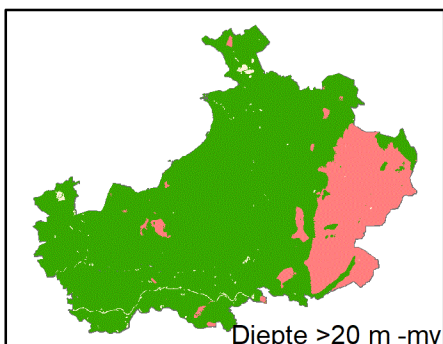
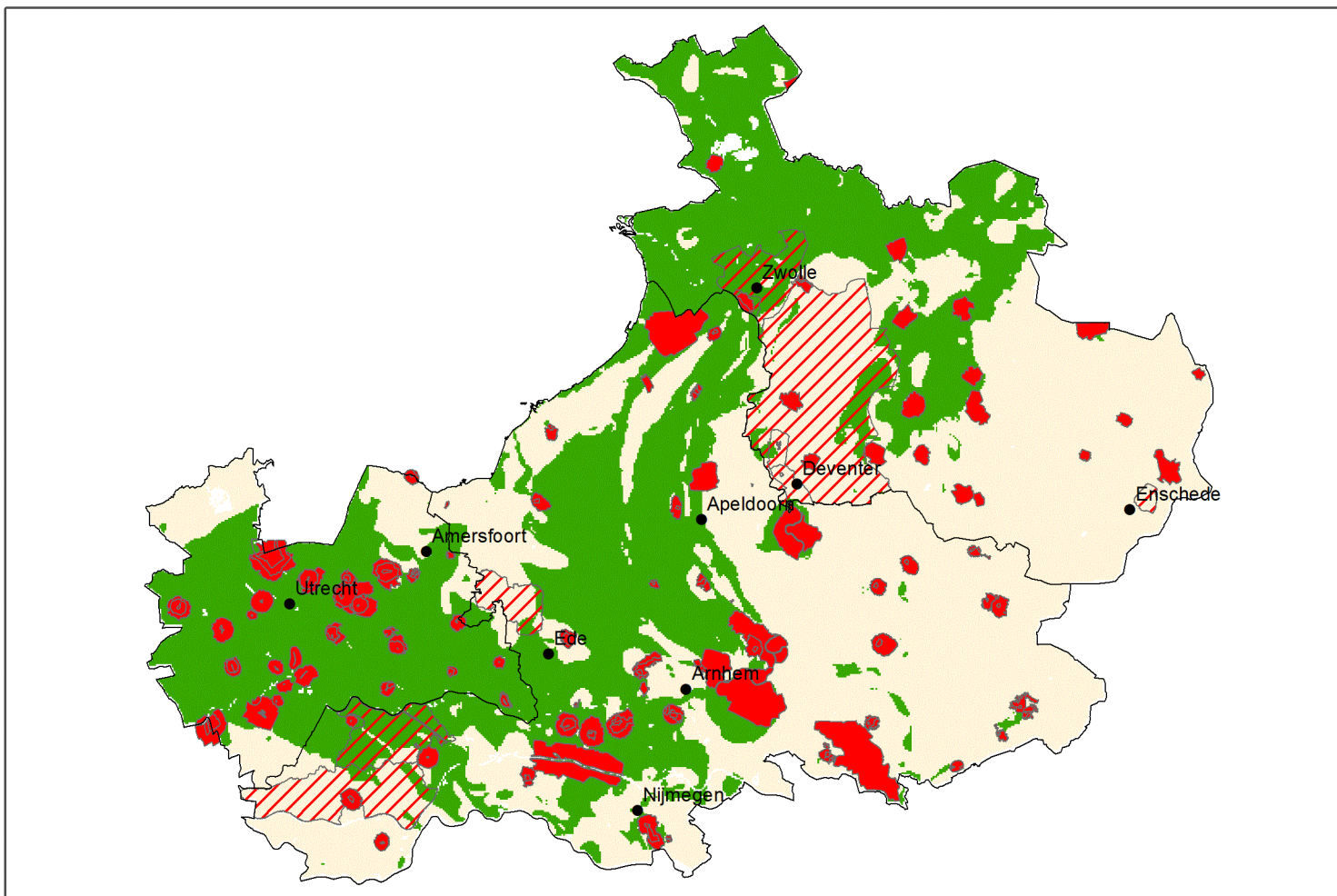
# Geschiktheidskaart OBES watervoerend pakket 3



<p>  Provinciegrenzen   Verbod op WKO   Dieptebeperking WKO  <b>Geschiktheid WVP3</b>   Zeer geschikt   Minder/niet geschikt   Barrière aanwezig                 </p>	<p>Overwegende litho-stratigrafie WVP3:                      Overijssel: KR                      Gelderland: KR                      Utrecht: DT/ST</p> <p>Verbod op WKO is gebaseerd op:                      - Alle waterwingebieden en:                      - Overijssel: aangewezen GWB gebieden                      - Gelderland: GWB, WKO-vrije zones en kwetsbare ASV gebieden                      - Utrecht: GWB gebieden</p>	<p><b>Geschiktheid OBES</b>                      Watervoerend pakket 3</p> <p>opdrachtgever: Min. I&amp;W</p> <p> <small>Design &amp; Consultancy for natural and built assets</small></p> <p>datum: 11/7/2024 30212891                      schaal (A4): 1:1,000,000</p> <p>0 10 20 30 Km </p>
---	--	---

BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

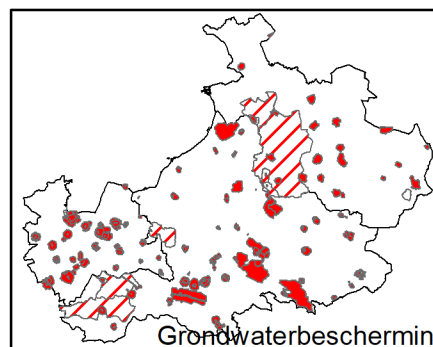
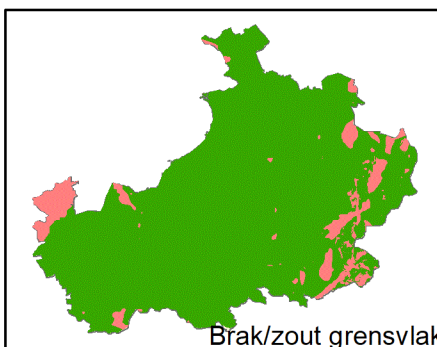
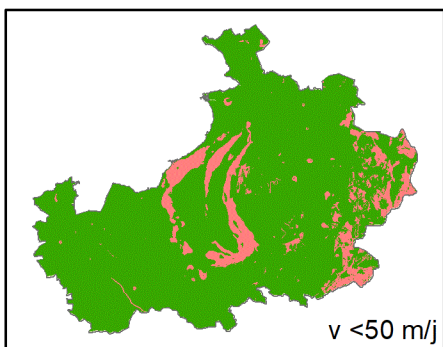
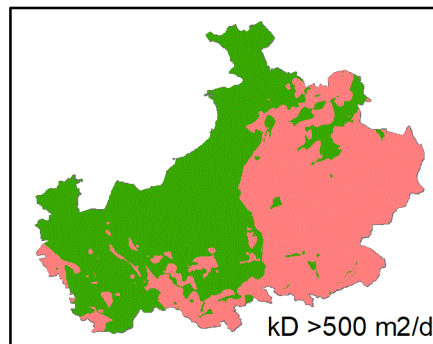
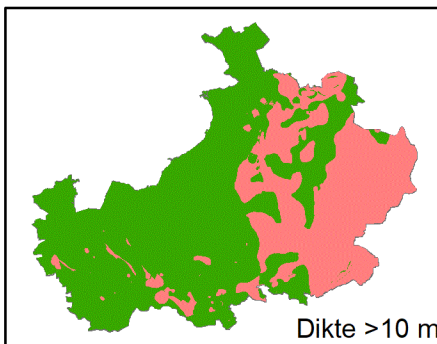
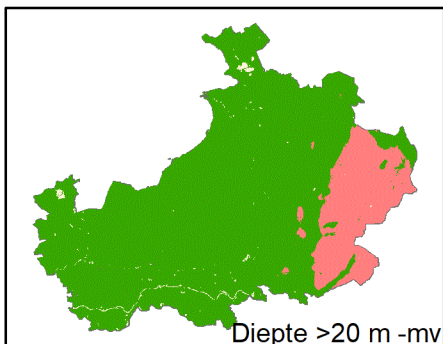
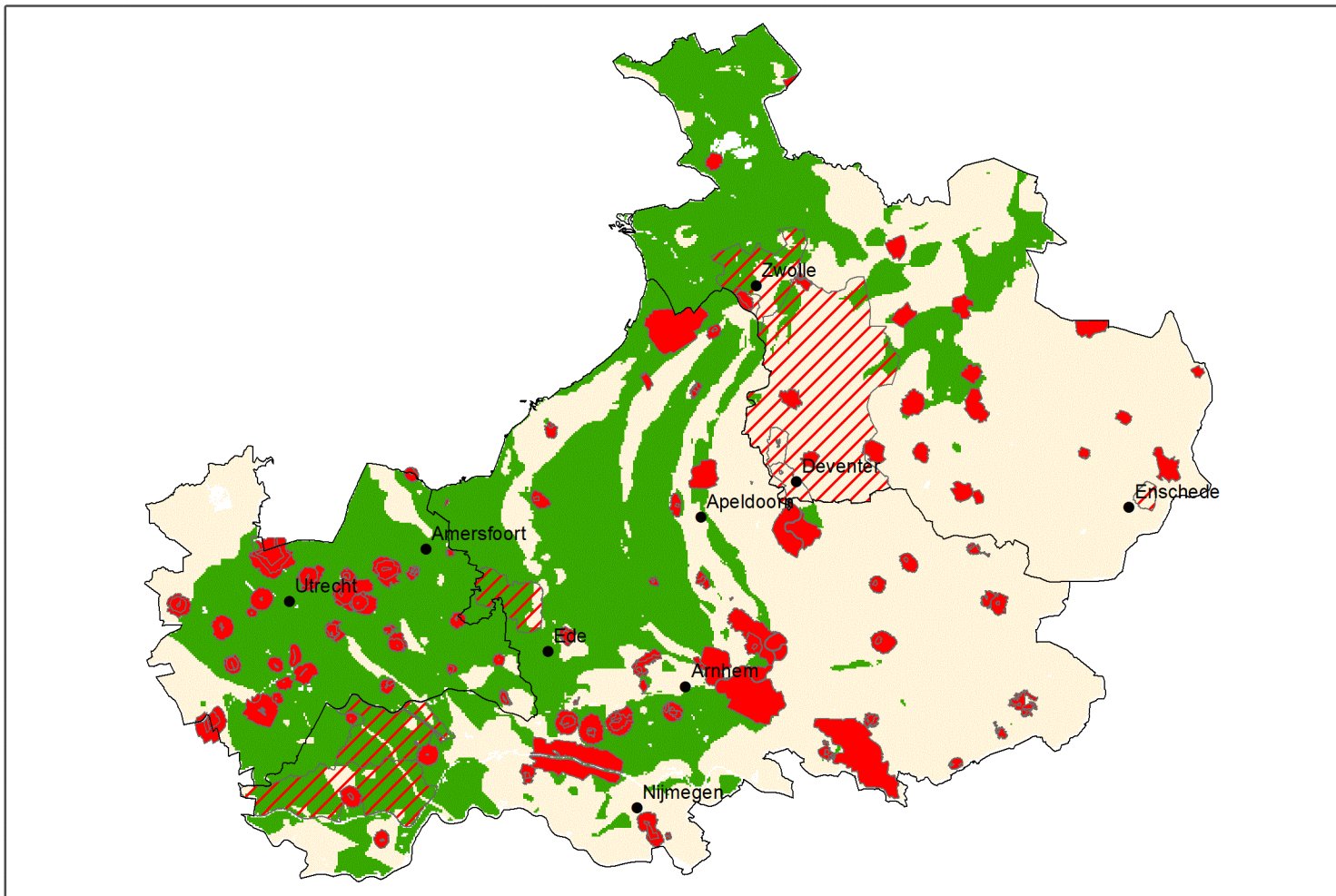
# Geschiktheidskaart OBES watervoerend pakket 4



<p>  Provinciegrenzen   Verbod op WKO   Dieptebeperking WKO  <b>Geschiktheid WVP4</b>   Zeer geschikt   Minder/niet geschikt   Barrière aanwezig                 </p>	<p>Overwegende litho-stratigrafie WVP4:                      Overijssel: PZWA                      Gelderland: PZWA/BX/KR                      Utrecht: PZWA</p> <p>Verbod op WKO is gebaseerd op:                      - Alle waterwingebieden en:                      - Overijssel: aangewezen GWB gebieden                      - Gelderland: GWB, WKO-vrije zones en kwetsbare ASV gebieden                      - Utrecht: GWB gebieden</p>	<p><b>Geschiktheid OBES</b>                      Watervoerend pakket 4</p> <p>opdrachtgever: Min. I&amp;W</p> <p> <small>Design &amp; Consultancy for natural and built assets</small></p> <p>datum: 11/6/2024 30212891                      schaal (A4): 1:1,000,000</p> <p>0 10 20 30 Km </p>
---	---	---

BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

# Geschiktheidskaart OBES watervoerend pakket 5

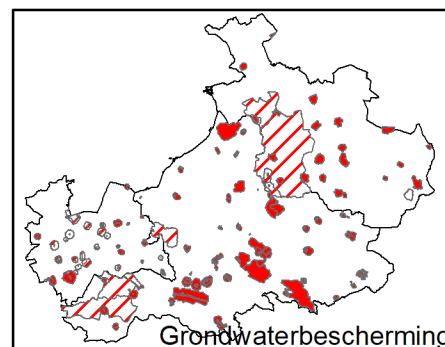
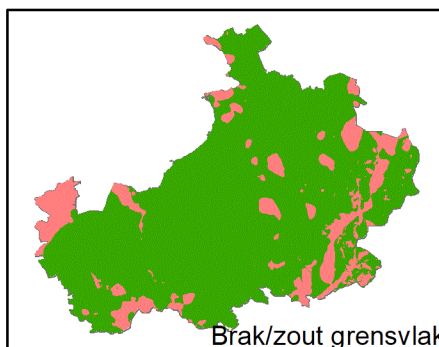
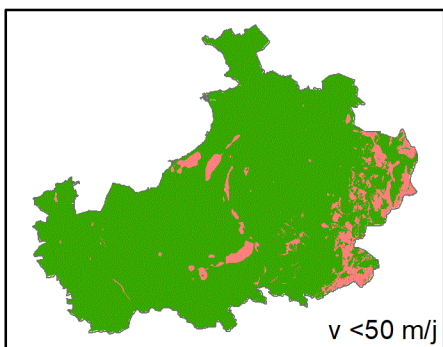
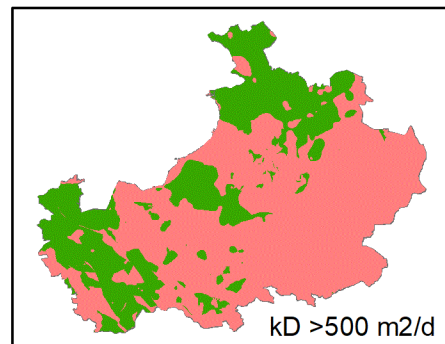
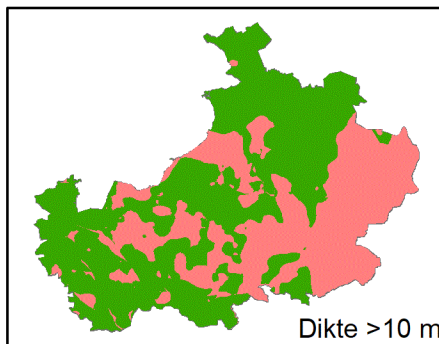
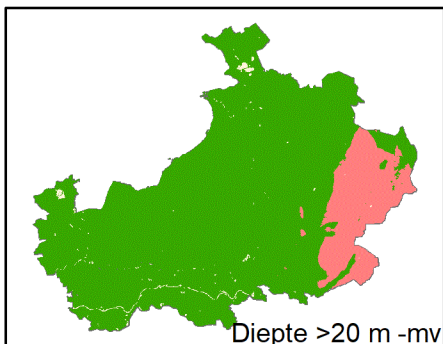
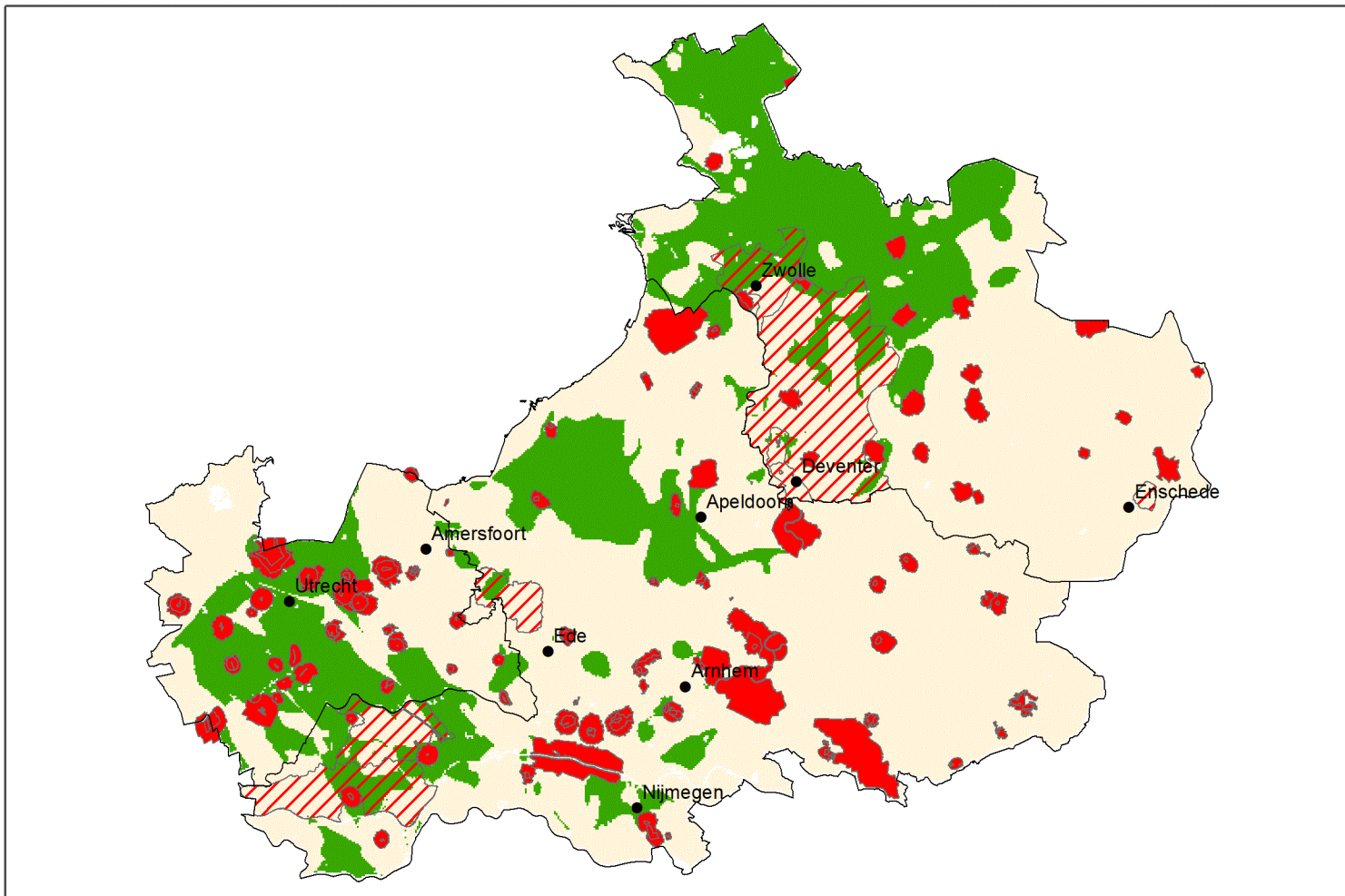


<ul style="list-style-type: none"> <li> Provinciegrenzen</li> <li> Verbod op WKO</li> <li> Dieptebeperking WKO</li> </ul> <p><b>Geschiktheid WVP5</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Zeer geschikt</li> <li> Minder/niet geschikt</li> <li> Barrière aanwezig</li> </ul>	<p>Overwegende litho-stratigrafie WVP5:                  Overijssel: PZWA/AP                  Gelderland: PZWA/BX/UR                  Utrecht: PZWA</p> <p>Verbod op WKO is gebaseerd op:                  - Alle waterwingebieden en:                  - Overijssel: aangewezen GWB gebieden                  - Gelderland: GWB, WKO-vrije zones en kwetsbare ASV gebieden                  - Utrecht: GWB gebieden</p>	<p><b>Geschiktheid OBES</b>                  Watervoerend pakket 5</p> <p>opdrachtgever: Min. I&amp;W</p> <p> <small>Design &amp; Consultancy for natural and built assets</small></p> <p>datum: 11/6/2024 30212891                  schaal (A4): 1:1,000,000</p> <p>0 10 20 30 Km </p>
---	--	---



BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

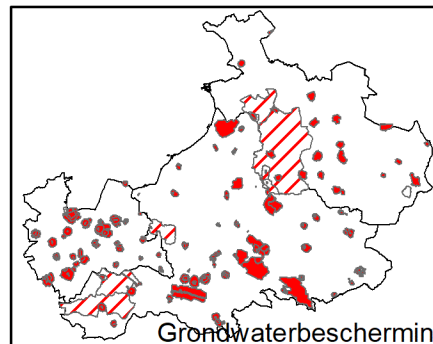
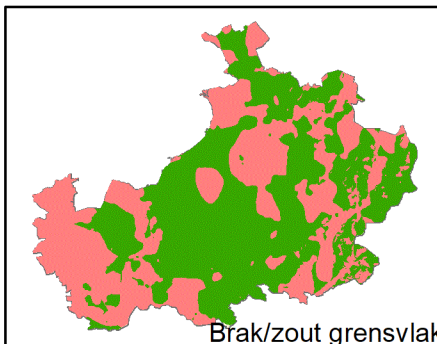
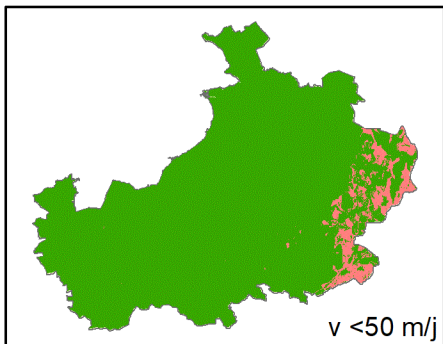
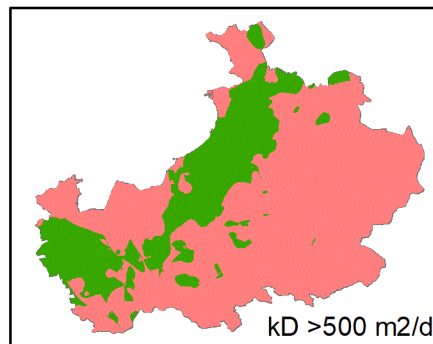
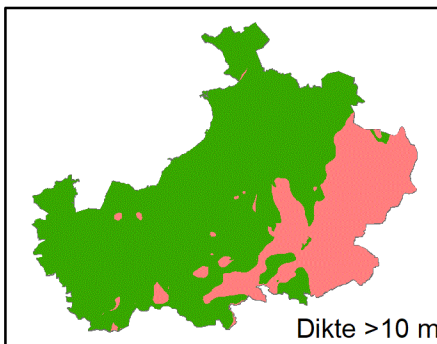
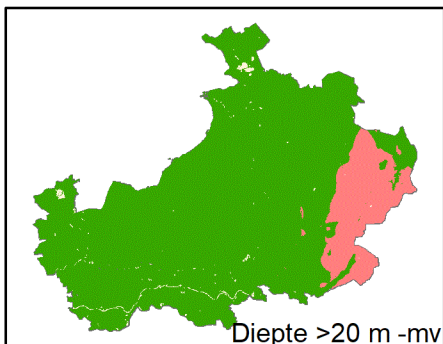
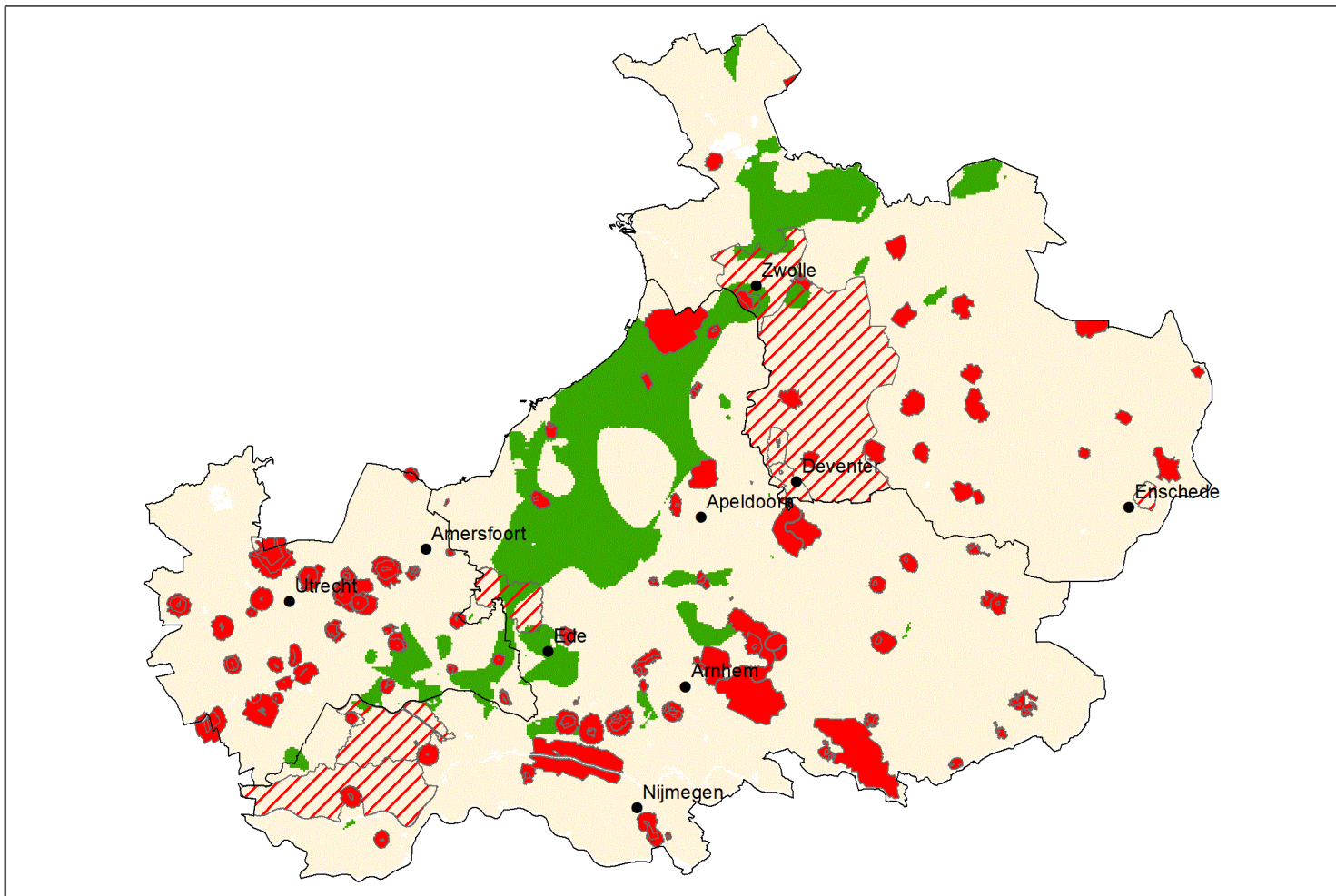
# Geschiktheidskaart OBES watervoerend pakket 6



<ul style="list-style-type: none"> <li> Provinciegrenzen</li> <li> Verbod op WKO</li> <li> Dieptebeperking WKO</li> <li><b>Geschiktheid WVP6</b></li> <li> Zeer geschikt</li> <li> Minder/niet geschikt</li> <li> Barrière aanwezig</li> </ul>	<p>Overwegende litho-stratigrafie WVP6:                  Overijssel: PZWA                  Gelderland: PZWA/OO/UR/DR                  Utrecht: PZWA</p>	<p><b>Geschiktheid OBES</b>                  Watervoerend pakket 6</p>
	<p>Verbod op WKO is gebaseerd op:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alle waterwingebieden en:</li> <li>- Overijssel: aangewezen GWB gebieden</li> <li>- Gelderland: GWB, WKO-vrije zones en kwetsbare ASV gebieden</li> <li>- Utrecht: GWB gebieden</li> </ul>	<p>opdrachtgever: Min. I&amp;W</p> <p> <small>Design &amp; Consultancy for natural and built assets</small></p> <p>datum: 11/7/2024 30212891                  schaal (A4): 1:1,000,000</p> <p>0 10 20 30 Km </p>

BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

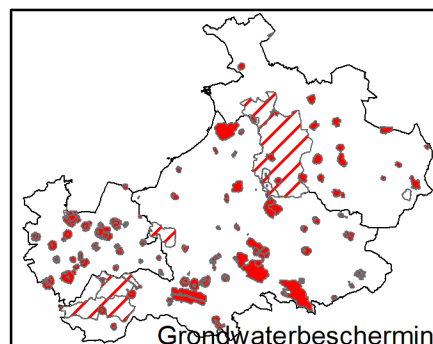
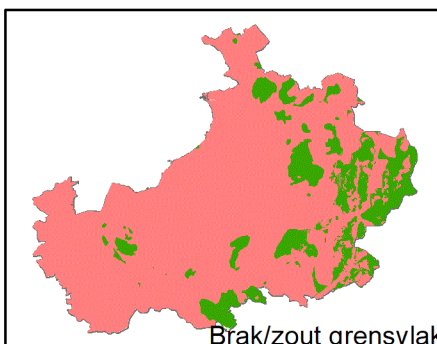
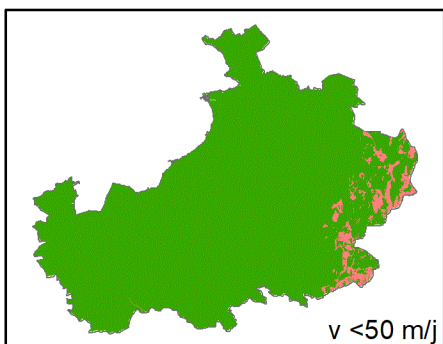
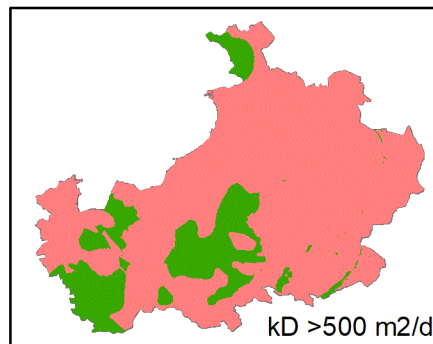
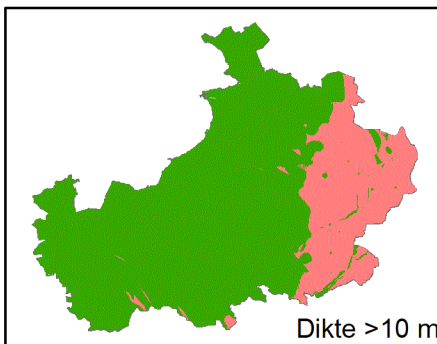
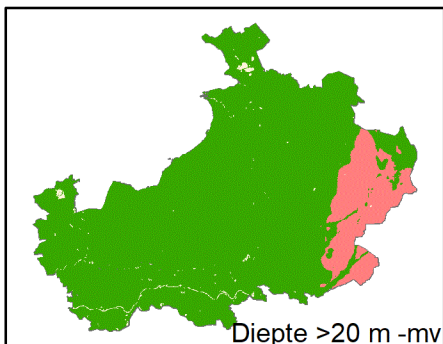
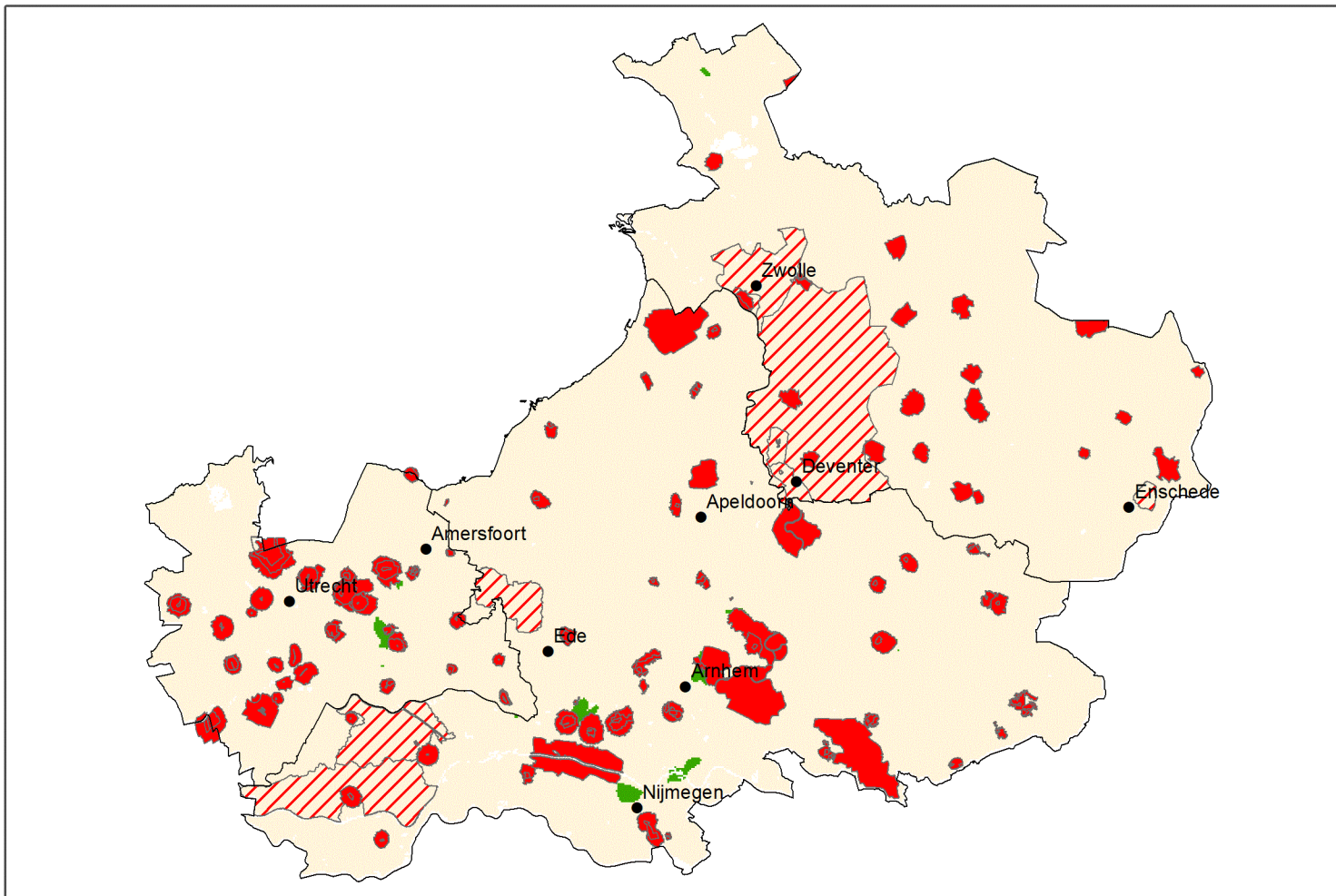
# Geschiktheidskaart OBES watervoerend pakket 7



<p>  Provinciegrenzen   Verbod op WKO   Dieptebeperking WKO  <b>Geschiktheid WVP7</b>   Zeer geschikt   Minder/niet geschikt   Barrière aanwezig         </p>	<p>Overwegende litho-stratigrafie WVP7:          Overijssel: OO          Gelderland: OO/MS/UR          Utrecht: MS</p> <p>Verbod op WKO is gebaseerd op:          - Alle waterwingebieden en:          - Overijssel: aangewezen GWB gebieden          - Gelderland: GWB, WKO-vrije zones en kwetsbare ASV gebieden          - Utrecht: GWB gebieden</p>	<p><b>Geschiktheid OBES</b>  <b>Watervoerend pakket 7</b></p> <p>opdrachtgever: Min. I&amp;W</p> <p> <small>Design &amp; Consultancy for natural and built assets</small></p> <p>datum: 11/6/2024 30212891          schaal (A4): 1:1,000,000</p> <p>0 10 20 30 Km </p>
---	---	--

BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

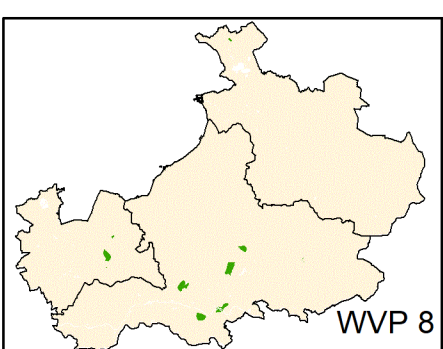
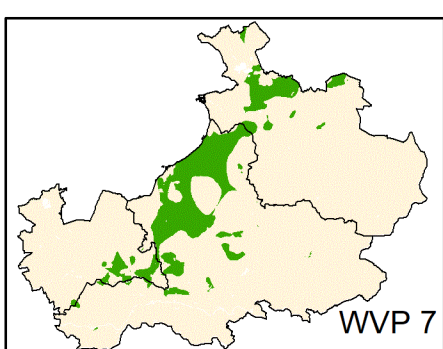
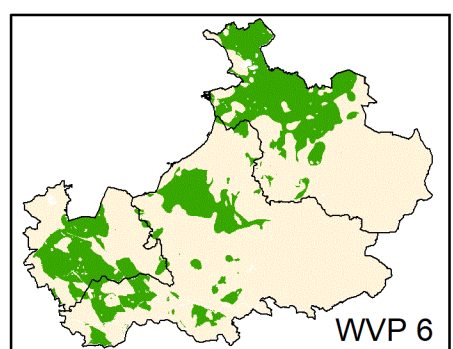
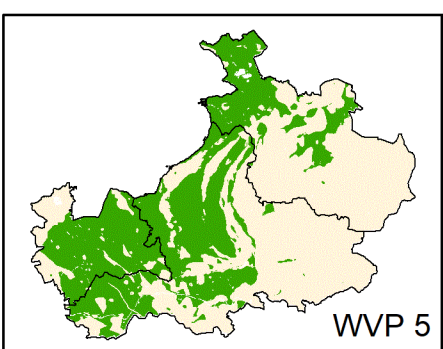
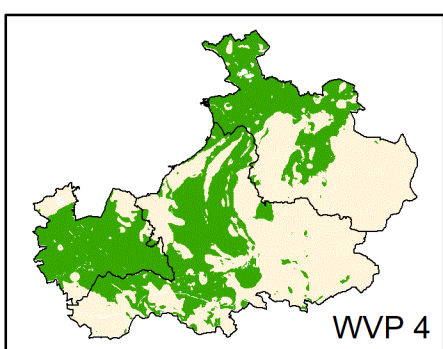
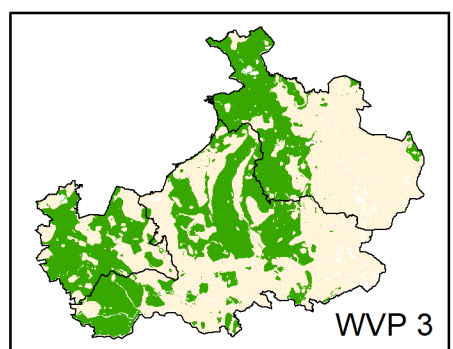
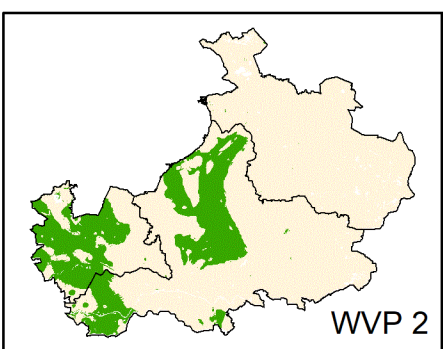
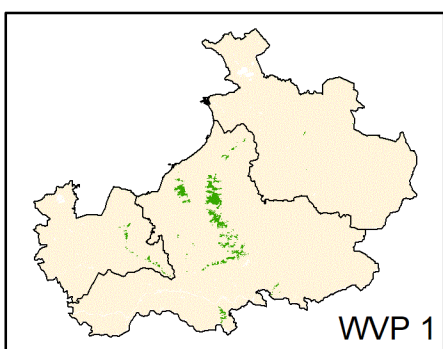
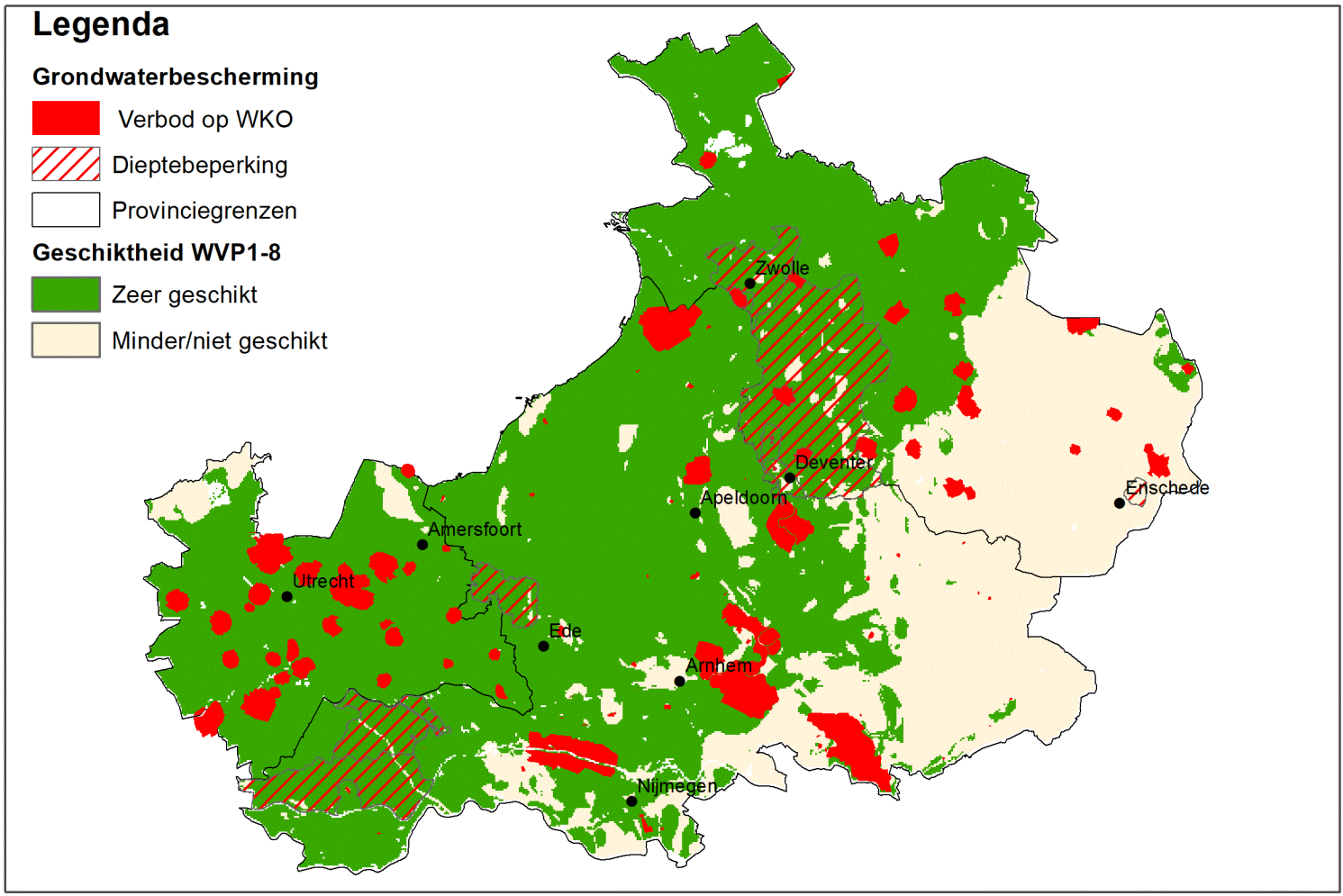
# Geschiktheidskaart OBES watervoerend pakket 8



<ul style="list-style-type: none"> <li> Provinciegrenzen</li> <li> Verbod op WKO</li> <li> Dieptebeperking WKO</li> </ul> <p><b>Geschiktheid WVP8</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Zeer geschikt</li> <li> Minder/niet geschikt</li> <li> Barrière aanwezig</li> </ul>	<p>Overwegende litho-stratigrafie WVP8:                  Overijssel: OO/DR                  Gelderland: OO/BR                  Utrecht: OO/BR</p> <p>Verbod op WKO is gebaseerd op:                  - Alle waterwingebieden en:                  - Overijssel: aangewezen GWB gebieden                  - Gelderland: GWB, WKO-vrije zones en kwetsbare ASV gebieden                  - Utrecht: GWB gebieden</p>	<p><b>Geschiktheid OBES</b>                  Watervoerend pakket 8</p> <p>opdrachtgever: Min. I&amp;W</p> <p> <small>Design &amp; Consultancy for natural and built assets</small></p> <p>datum: 11/6/2024 30212891                  schaal (A4): 1:1,000,000</p> <p>0 10 20 30 Km </p>
---	--	---

BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

# Geschiktheidskaart OBES watervoerend pakket 1-8



**Geschiktheid OBES**  
Watervoerend pakket 1-8

opdrachtgever: Min. I&W

**ARCADIS** Design & Consultancy for natural and built assets

datum: 11/7/2024 30212891  
schaal (A4): 1:1,000,000

0 10 20 30 Km

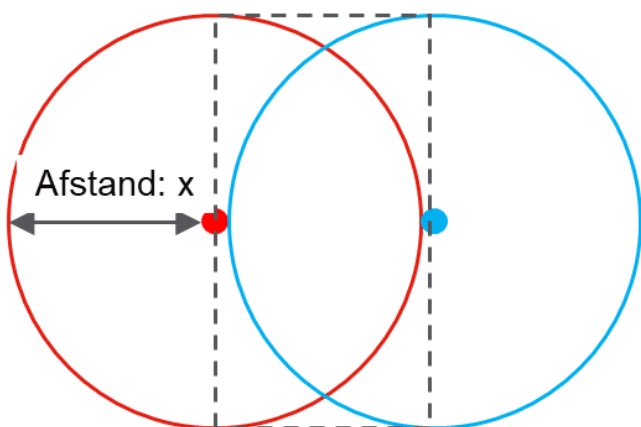
## BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

# Uitgangspunten OBES-opbrengsten (1/2)

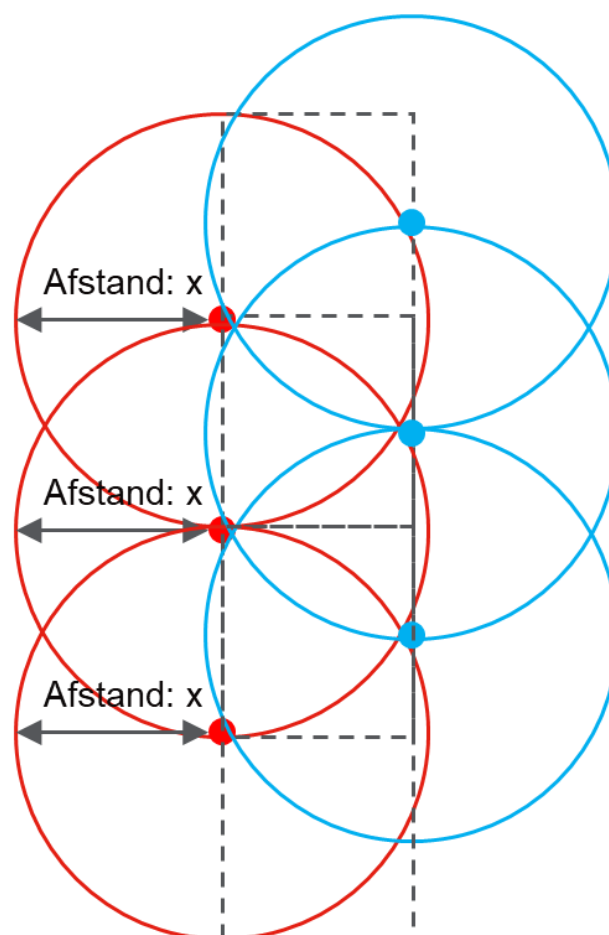
- Op de kaarten met de opbrengsten is op de hoofdkaart de theoretische opbrengst van een OBES weergegeven in GJ per seizoen.
- In alle gevallen is uitgegaan van 1.500 draaiuren per seizoen. Het maximale debiet is weergegeven in de subkaartjes en is gebaseerd op het maximaal toelaatbare infiltratiedebiet, rekening houdend met een maximaal toelaatbare verstoppingsnelheid conform protocol 11001, behorende bij BRL 11000 en de maximale filterlengte. Voor de energieopbrengst is uitgegaan van een  $\Delta T$  van 4 °C.
- De minimaal aan te houden afstand tussen de bronnen van een OBES en tussen bronnen van verschillende OBES'en is berekend op basis van 2,25 de hydraulische straal. Op grond hiervan is ook het ruimtebeslag van één OBES berekend, waarmee de energieopbrengst in GJ per hectare per seizoen is berekend. Dit kan behulpzaam zijn bij het bepalen van een minimale energiepotentie van een te ontwikkelen gebied. Hierbij moet er rekening mee worden gehouden dat dit een ondergrens is. In de praktijk zijn er vaak configuraties van meerdere OBES'en mogelijk, waarbij ook kleinere afstanden worden aangehouden. Dit kan een verveelvoudiging van het energiepotentieel inhouden.
- Met de opbrengst per doublet in de hoofdkaart en/of met de opbrengst per hectare is snel in te schatten of één of meerdere OBES'en een oplossing bieden voor een beoogde ontwikkeling.
- De boordiepte waarvan is uitgegaan bepaalt in grote mate de investeringskosten.

Ruimtebeslag één doublet:

Ongeveer  $(\pi + 2) * x^2$



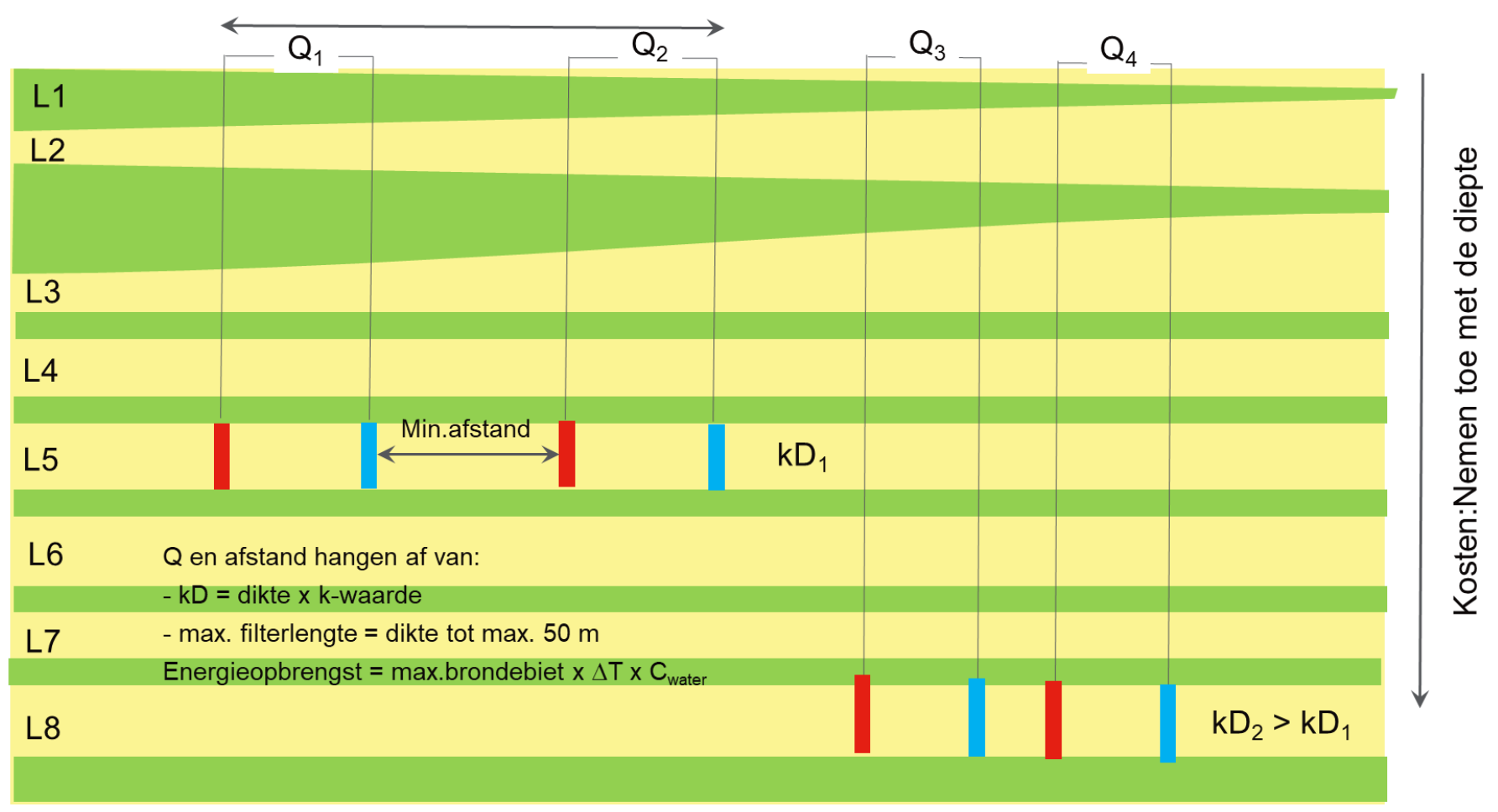
Ruimtebeslag meerdere doubletten:



BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

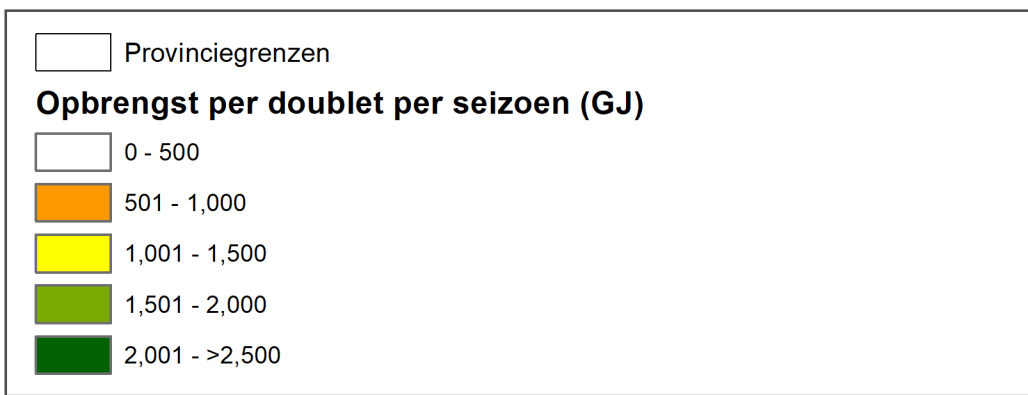
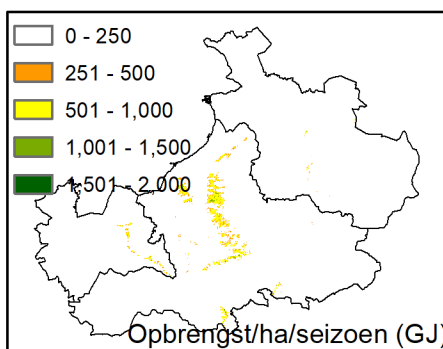
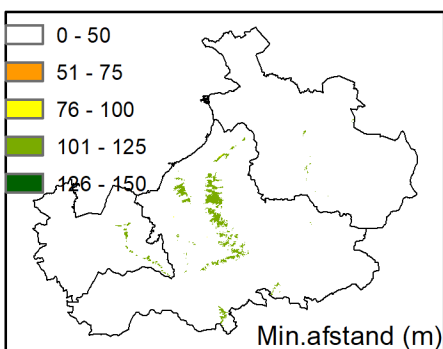
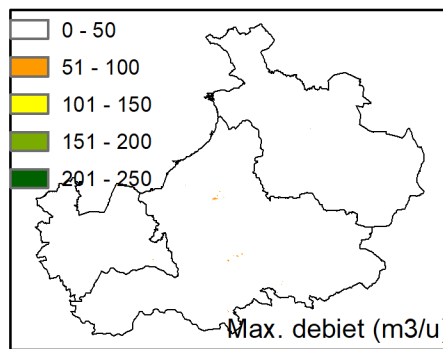
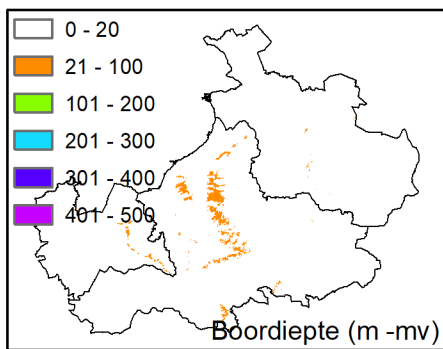
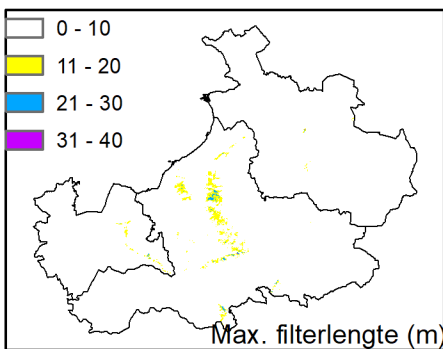
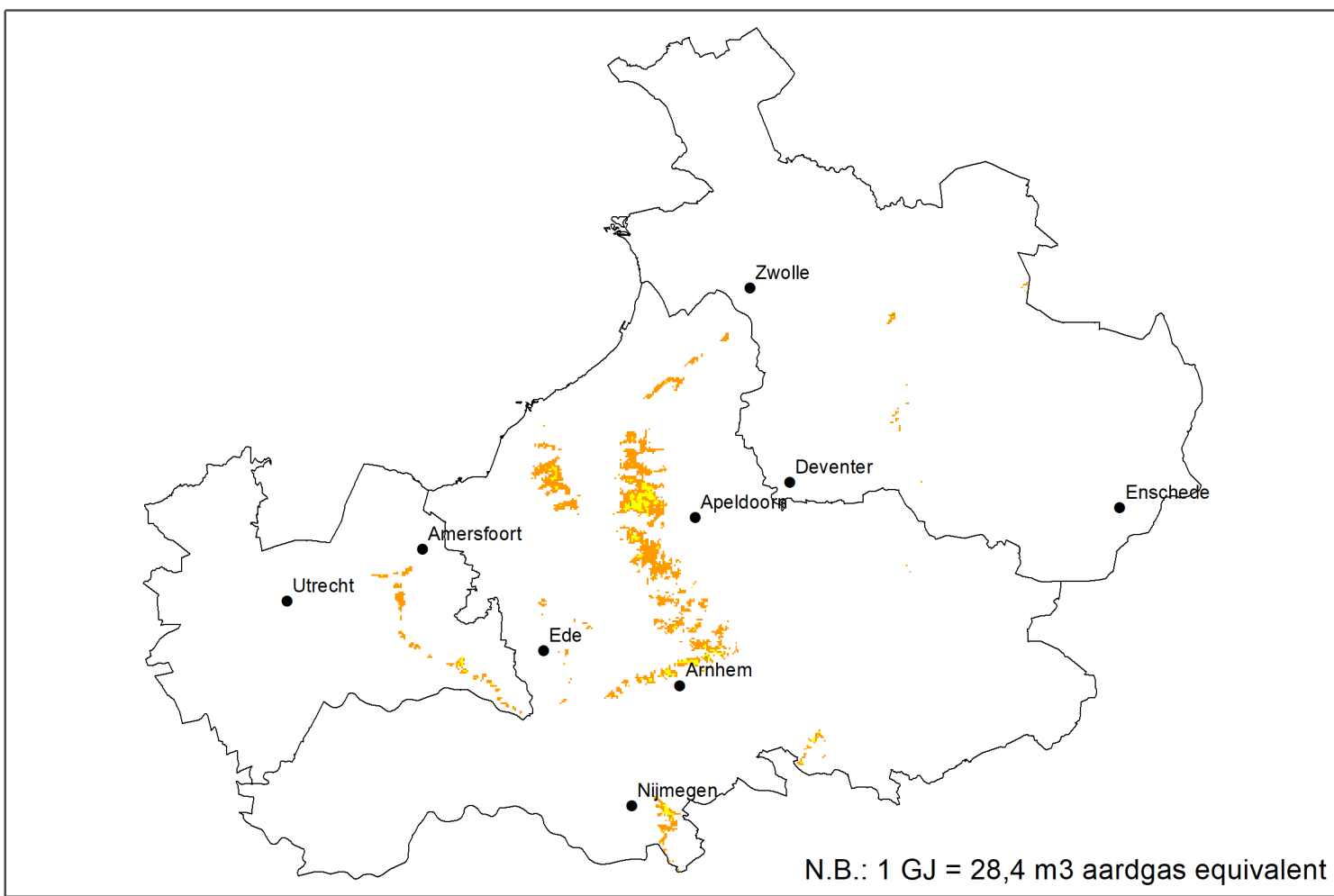
# Uitgangspunten OBES-opbrengsten (2/2)

$$\text{Opbrengst per ha} = \sum \{Q_{1..n}/(\text{ruimtebeslag})\}$$



BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

# Opbrengsten OBES watervoerend pakket 1



**Opbrengsten OBES**  
Watervoerend pakket 1

opdrachtgever: Min. I&W

**ARCADIS** Design & Consultancy for natural and built assets

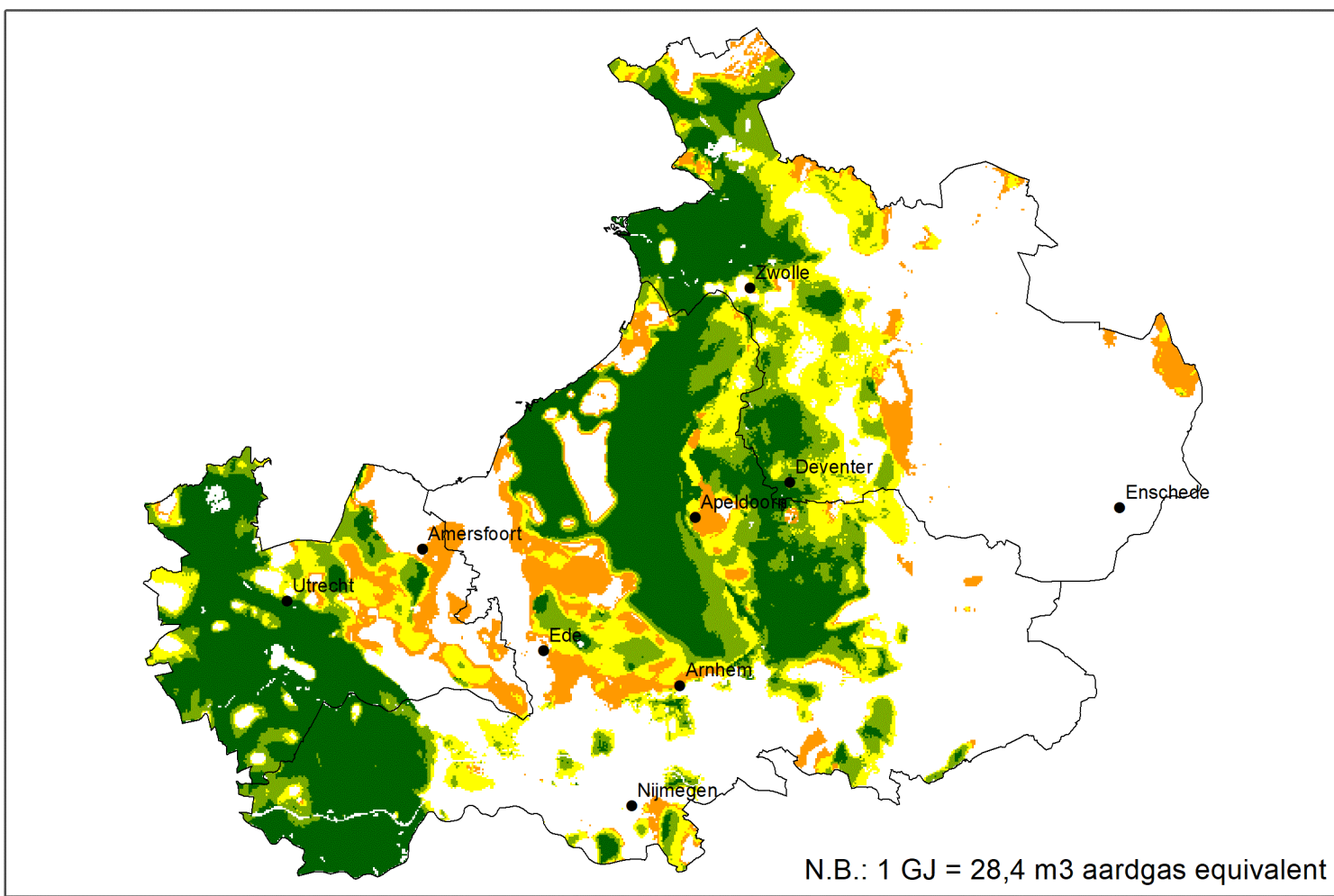
datum: 6/4/2024 30212891

schaal (A4): 1:1,000,000

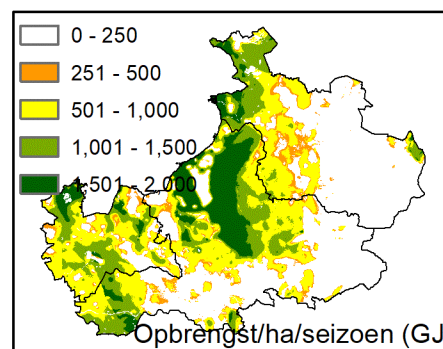
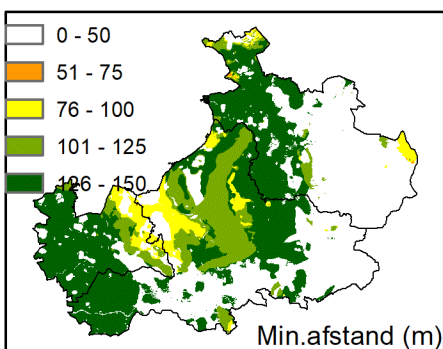
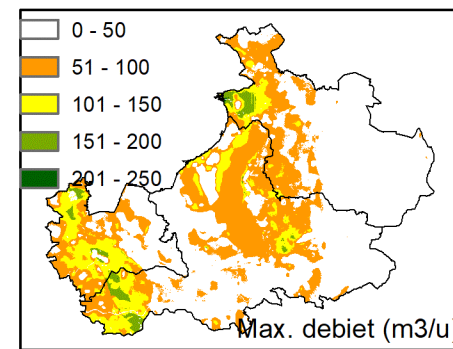
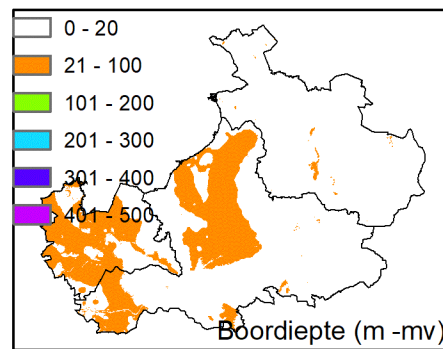
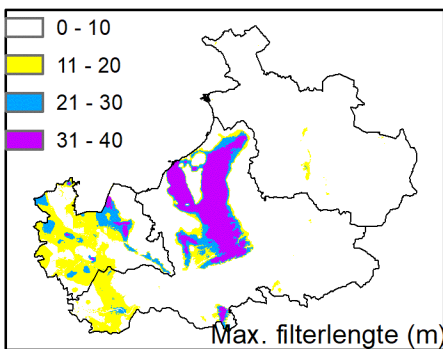
0 10 20 30 Km

BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

# Opbrengsten OBES watervoerend pakket 2



N.B.: 1 GJ = 28,4 m<sup>3</sup> aardgas equivalent



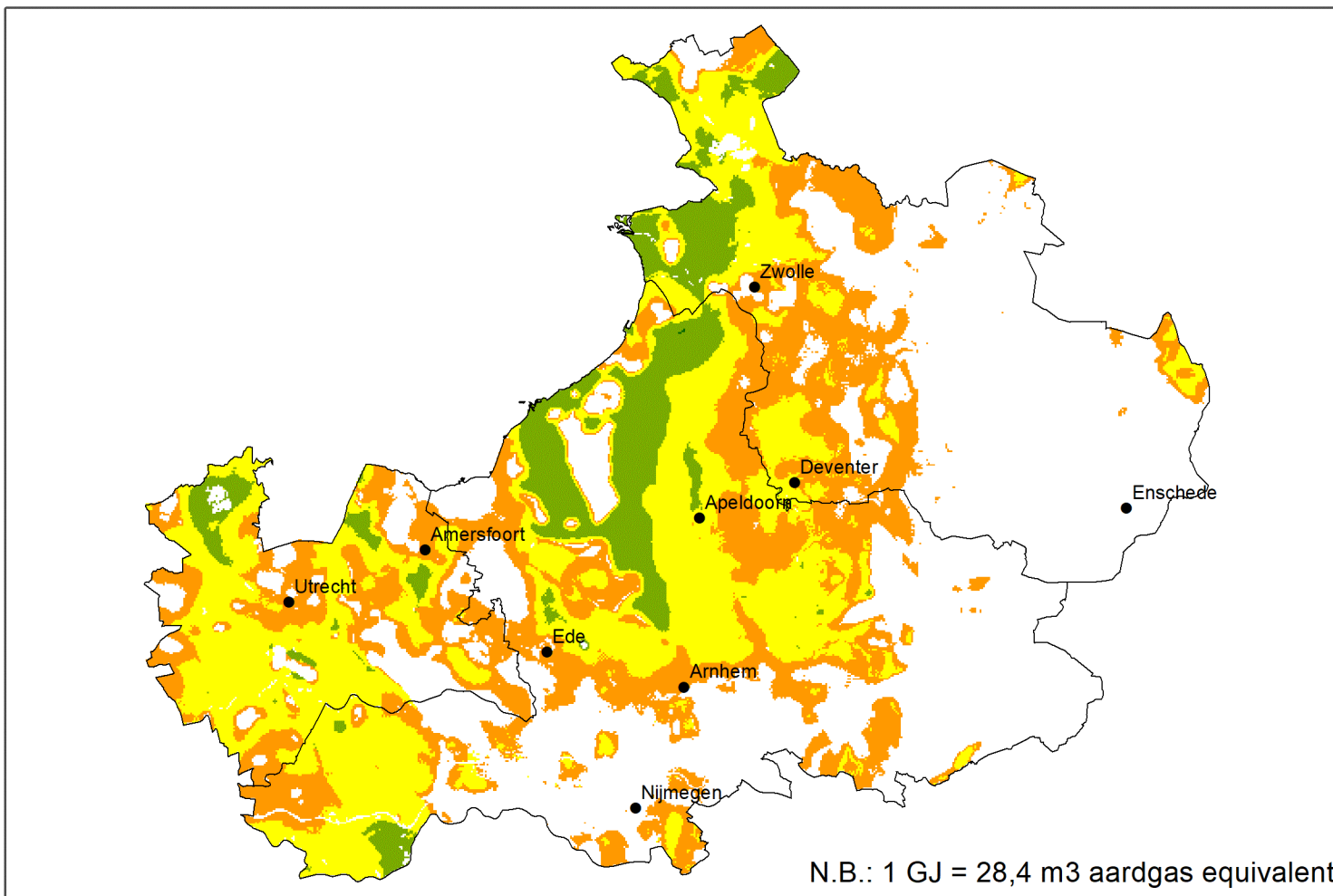
Provinciegrenzen  
**Opbrengst per doublet per seizoen (GJ)**  
 0 - 500  
 501 - 1,000  
 1,001 - 1,500  
 1,501 - 2,000  
 2,001 - >2,500

**Opbrengsten OBES**  
**Watervoerend pakket 2**  
 opdrachtgever: Min. I&W  
 Design & Consultancy for natural and built assets  
 datum: 6/4/2024 30212891  
 schaal (A4): 1:1,000,000

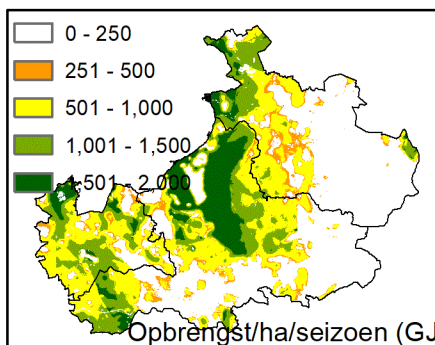
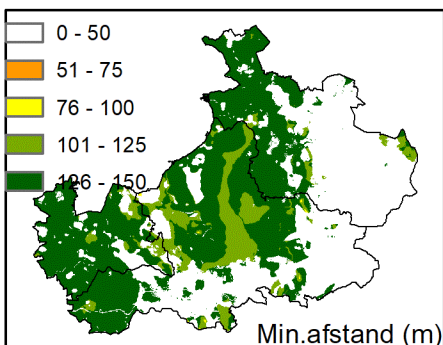
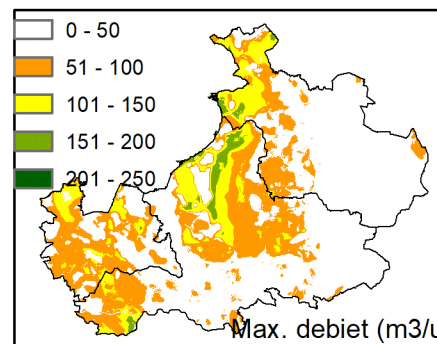
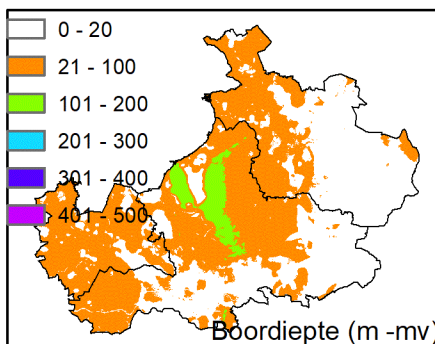
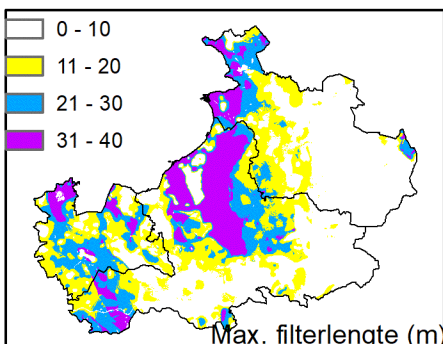


BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

# Opbrengsten OBES watervoerend pakket 3

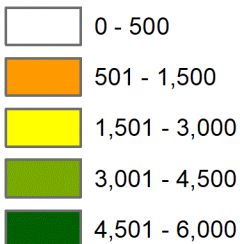


N.B.: 1 GJ = 28,4 m3 aardgas equivalent



Provinciegrenzen

**Opbrengst per doublet per seizoen (GJ)**



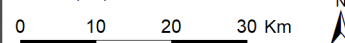
**Opbrengsten OBES  
Watervoerend pakket 3**

opdrachtgever: Min. I&W



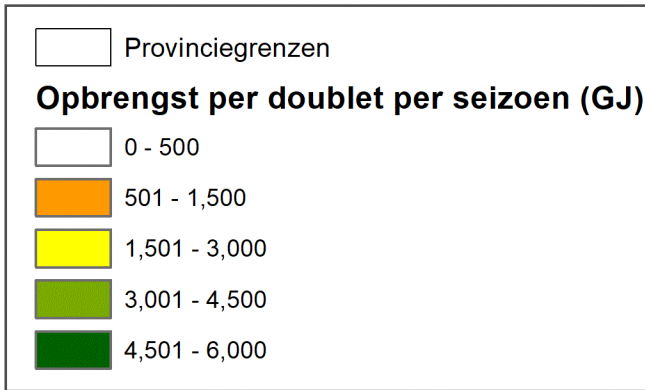
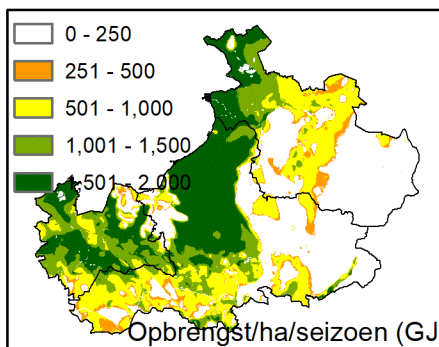
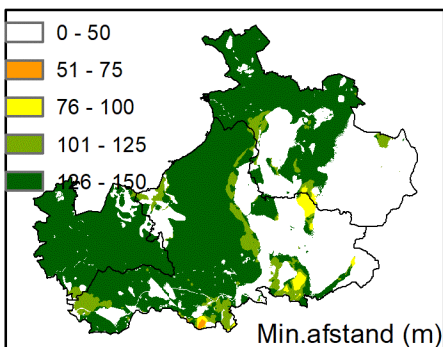
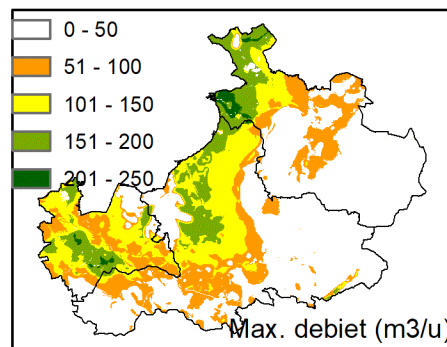
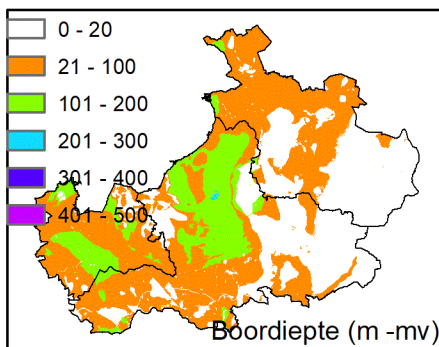
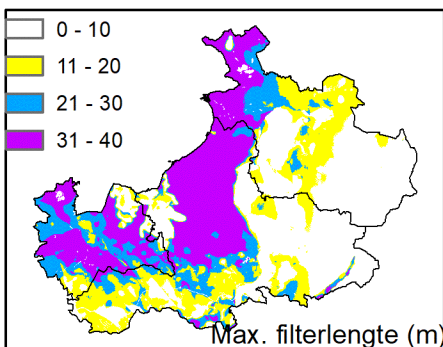
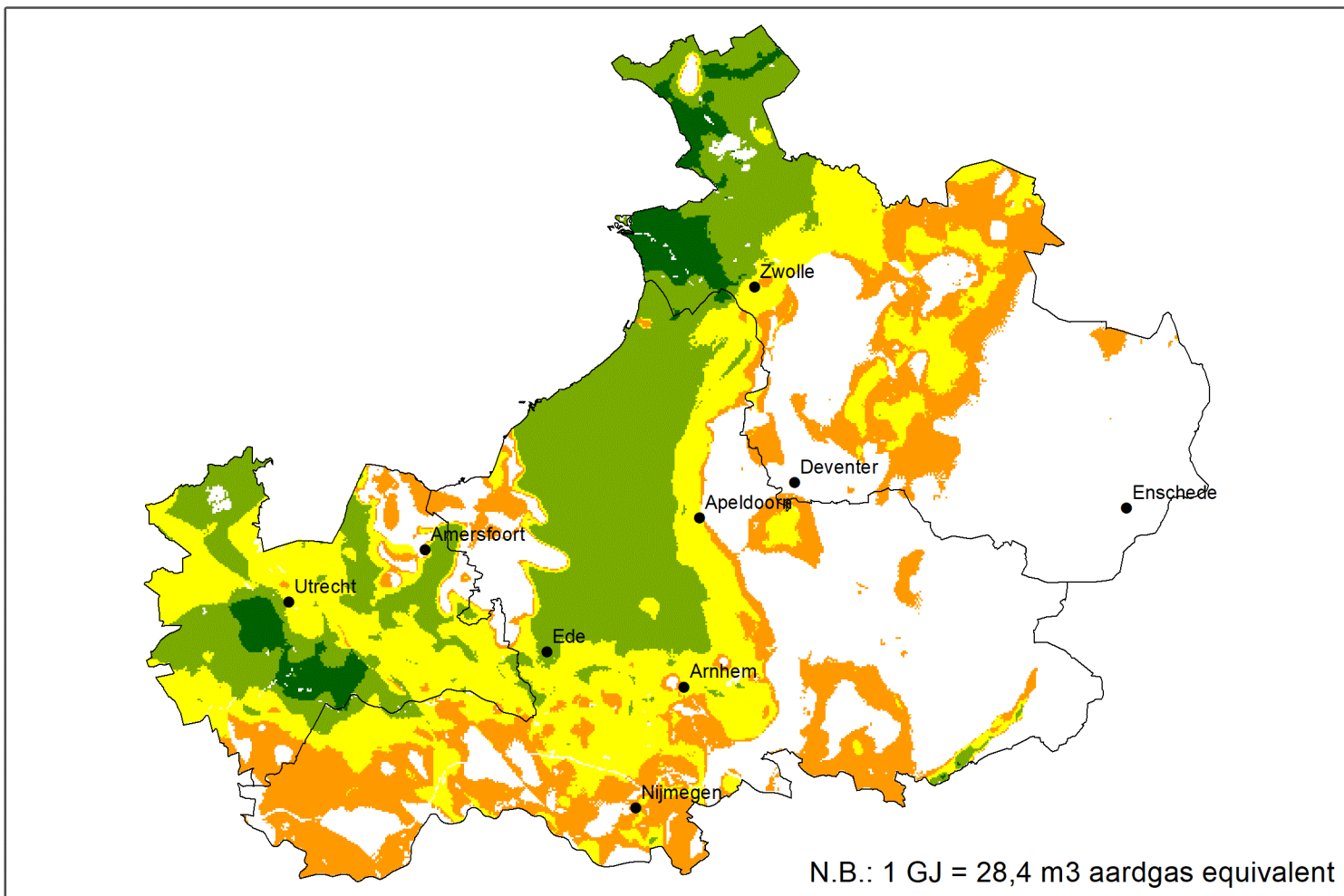
datum: 6/4/2024 30212891

schaal (A4): 1:1,000,000



BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

# Opbrengsten OBES watervoerend pakket 4



**Opbrengsten OBES**  
Watervoerend pakket 4

opdrachtgever: Min. I&W

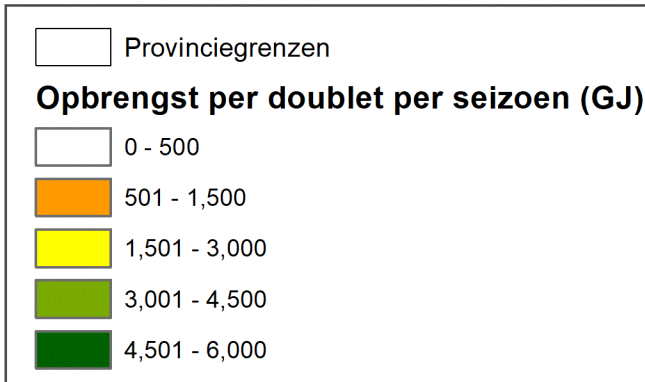
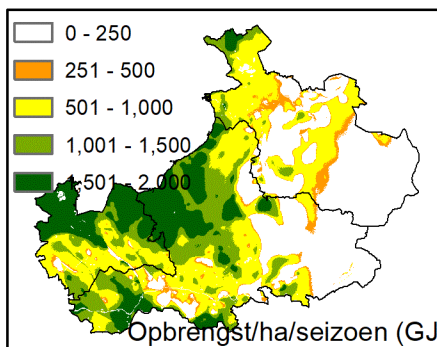
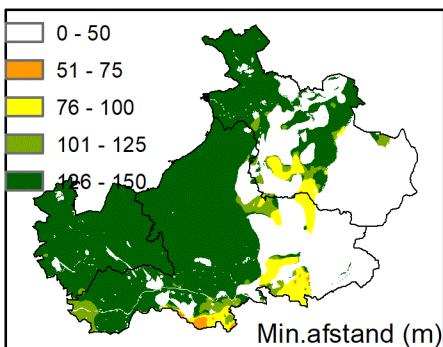
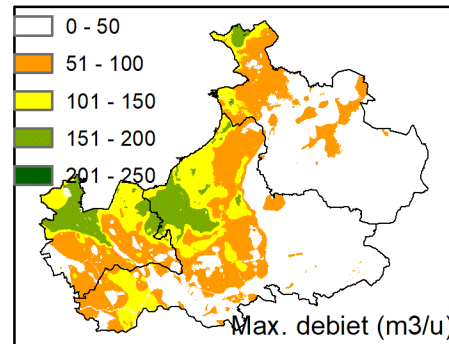
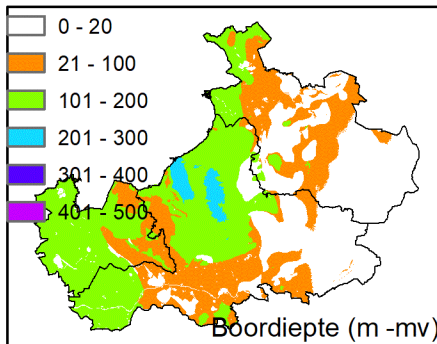
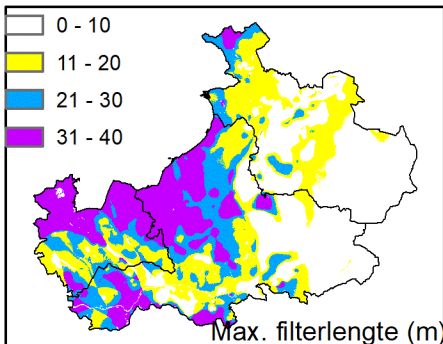
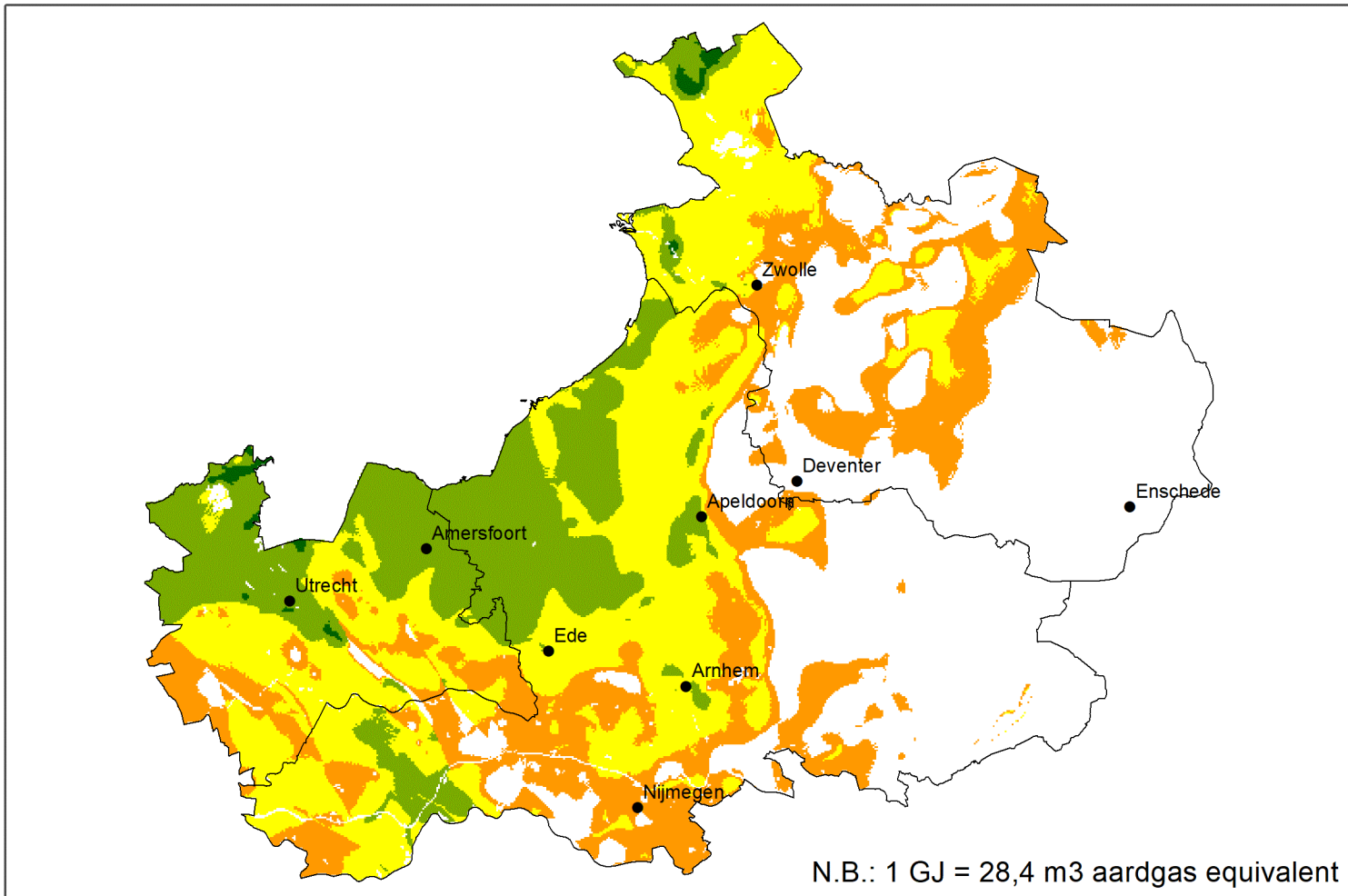
**ARCADIS** Design & Consultancy for natural and built assets

datum: 6/4/2024 30212891  
 schaal (A4): 1:1,000,000

0 10 20 30 Km

BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

# Opbrengsten OBES watervoerend pakket 5



**Opbrengsten OBES**  
Watervoerend pakket 5

opdrachtgever: Min. I&W

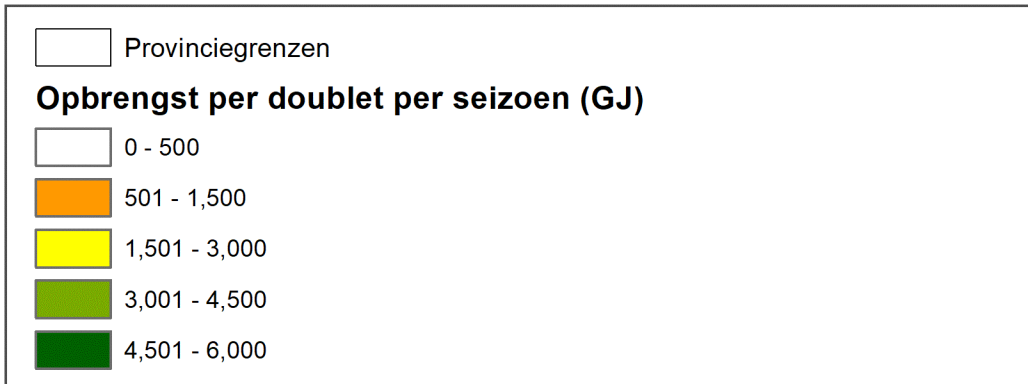
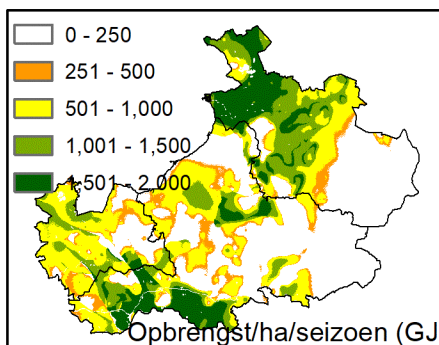
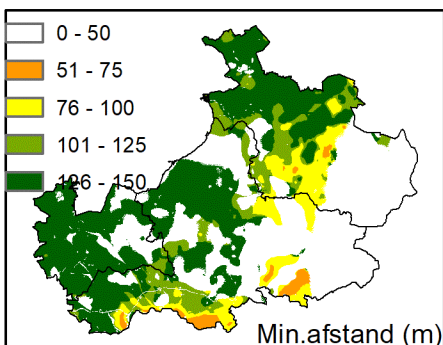
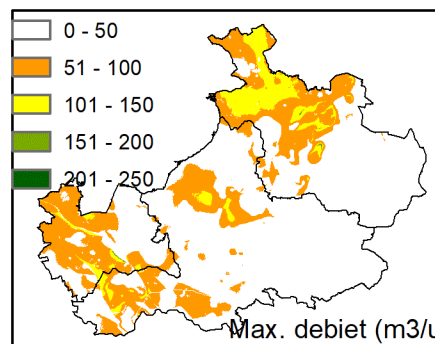
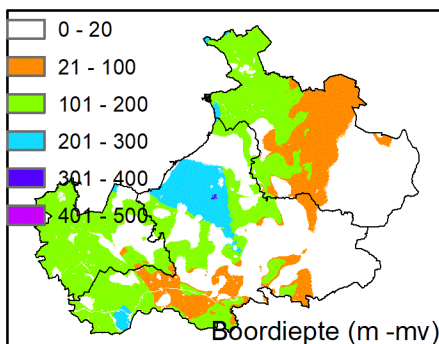
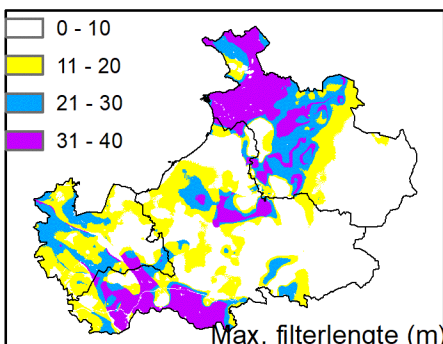
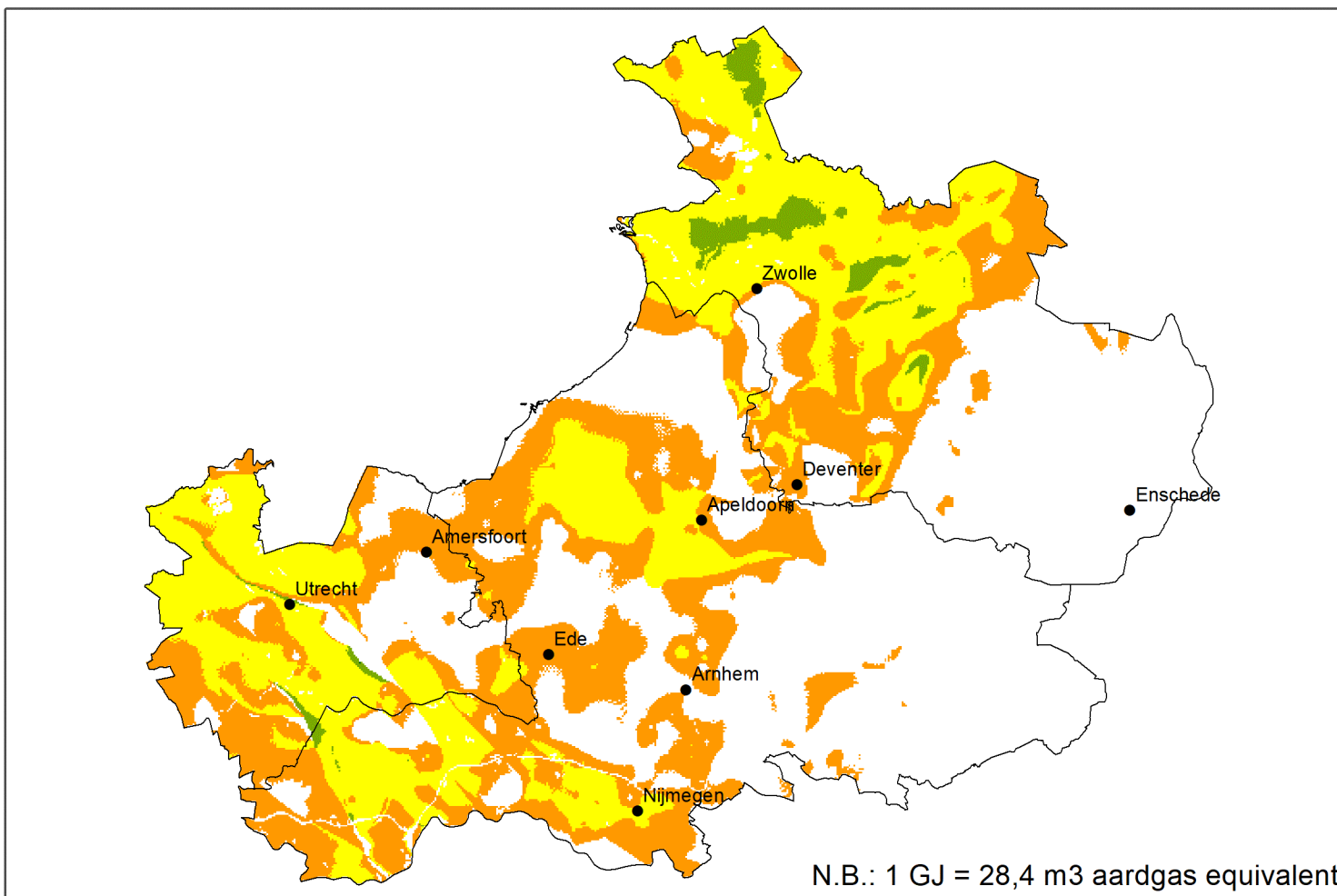
**ARCADIS** Design & Consultancy for natural and built assets

datum: 6/4/2024 30212891

schaal (A4): 1:1,000,000

BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

# Opbrengsten OBES watervoerend pakket 6



**Opbrengsten OBES**  
Watervoerend pakket 6

opdrachtgever: Min. I&W

**ARCADIS** Design & Consultancy for natural and built assets

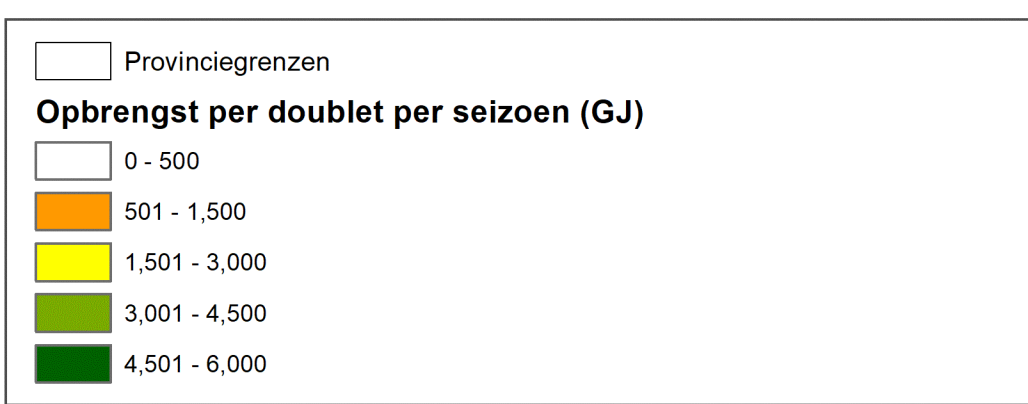
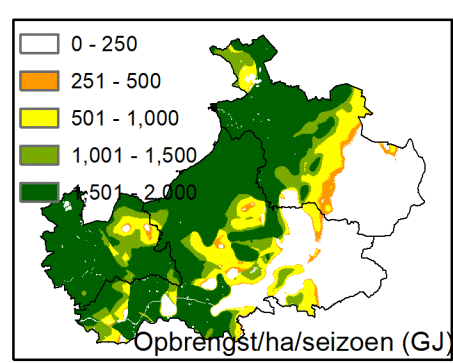
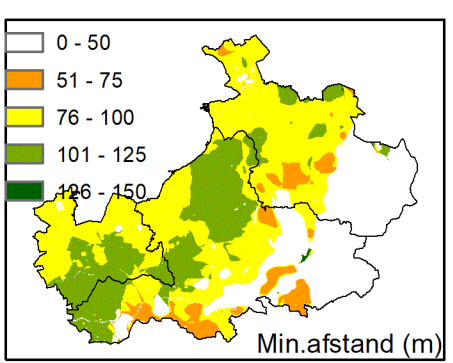
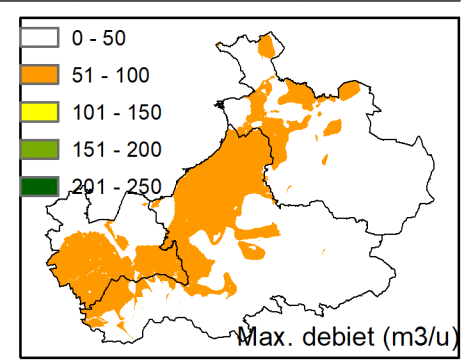
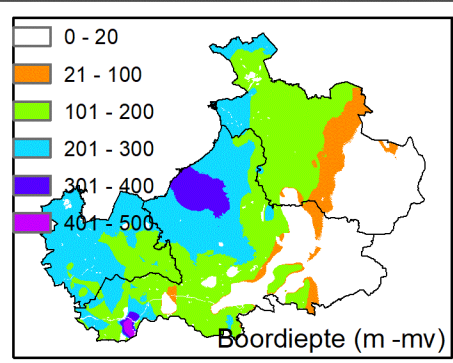
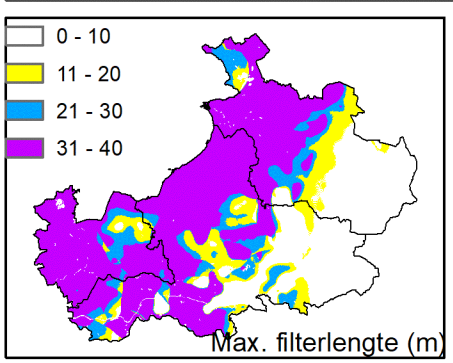
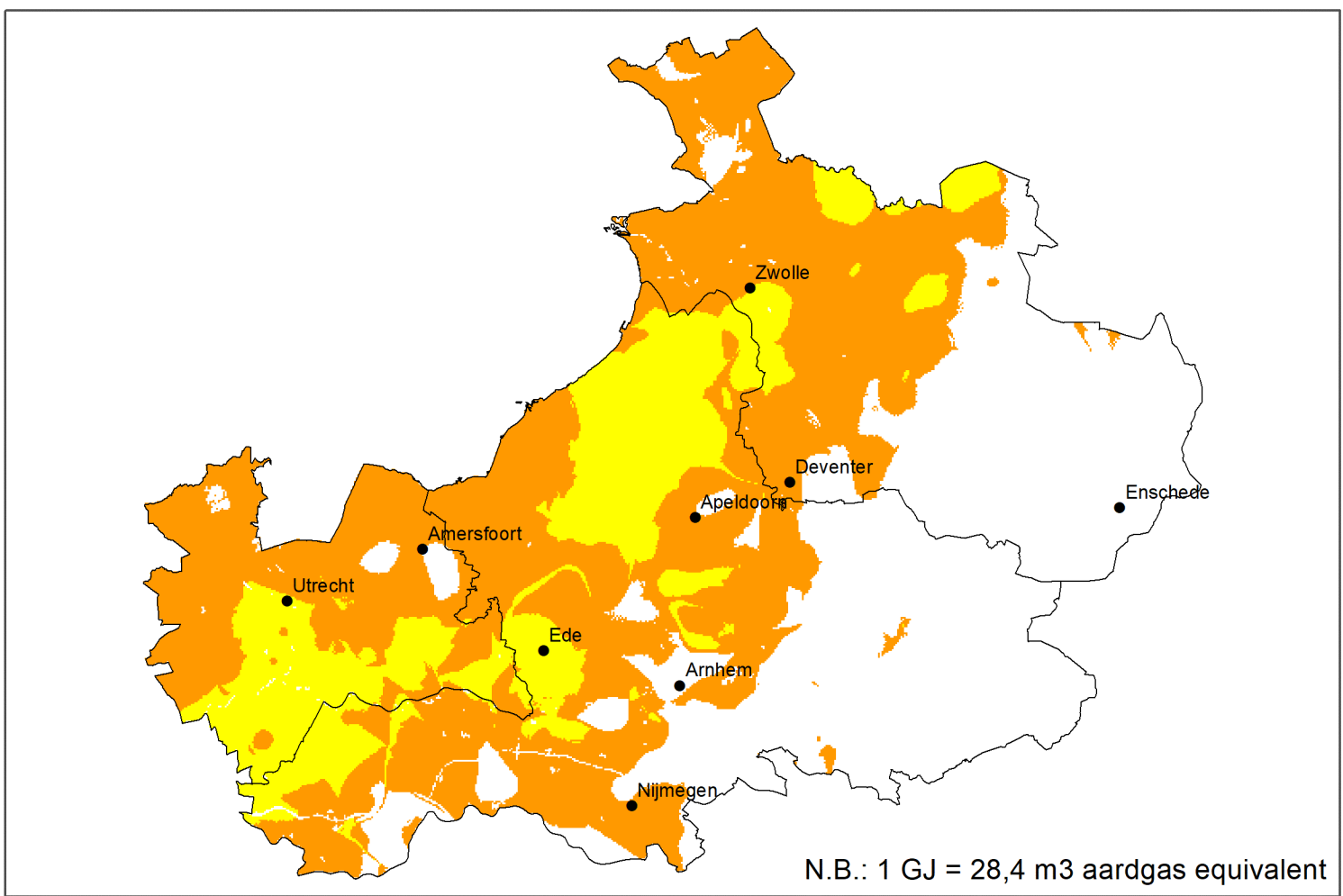
datum: 6/4/2024 30212891

schaal (A4): 1:1,000,000

0 10 20 30 Km

BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

# Opbrengsten OBES watervoerend pakket 7



**Opbrengsten OBES**  
Watervoerend pakket 7

opdrachtgever: Min. I&W

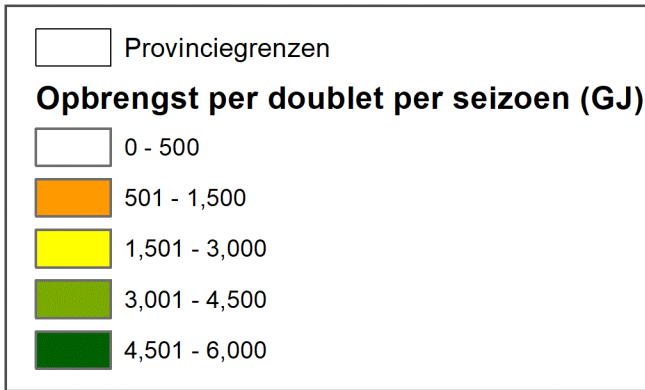
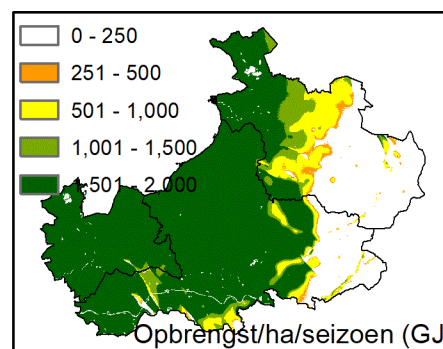
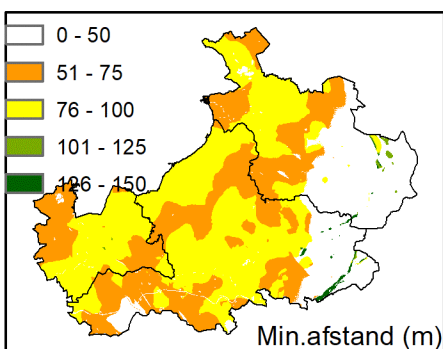
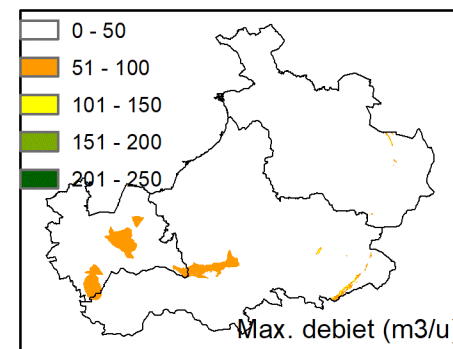
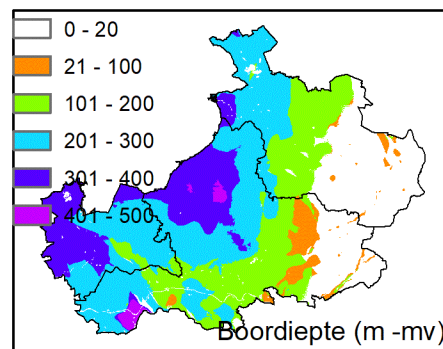
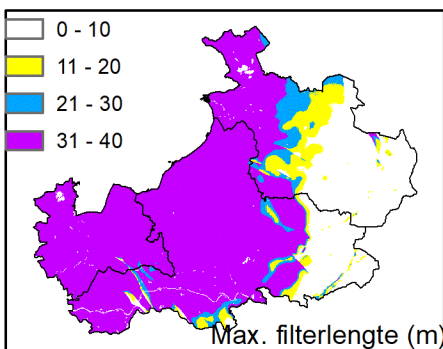
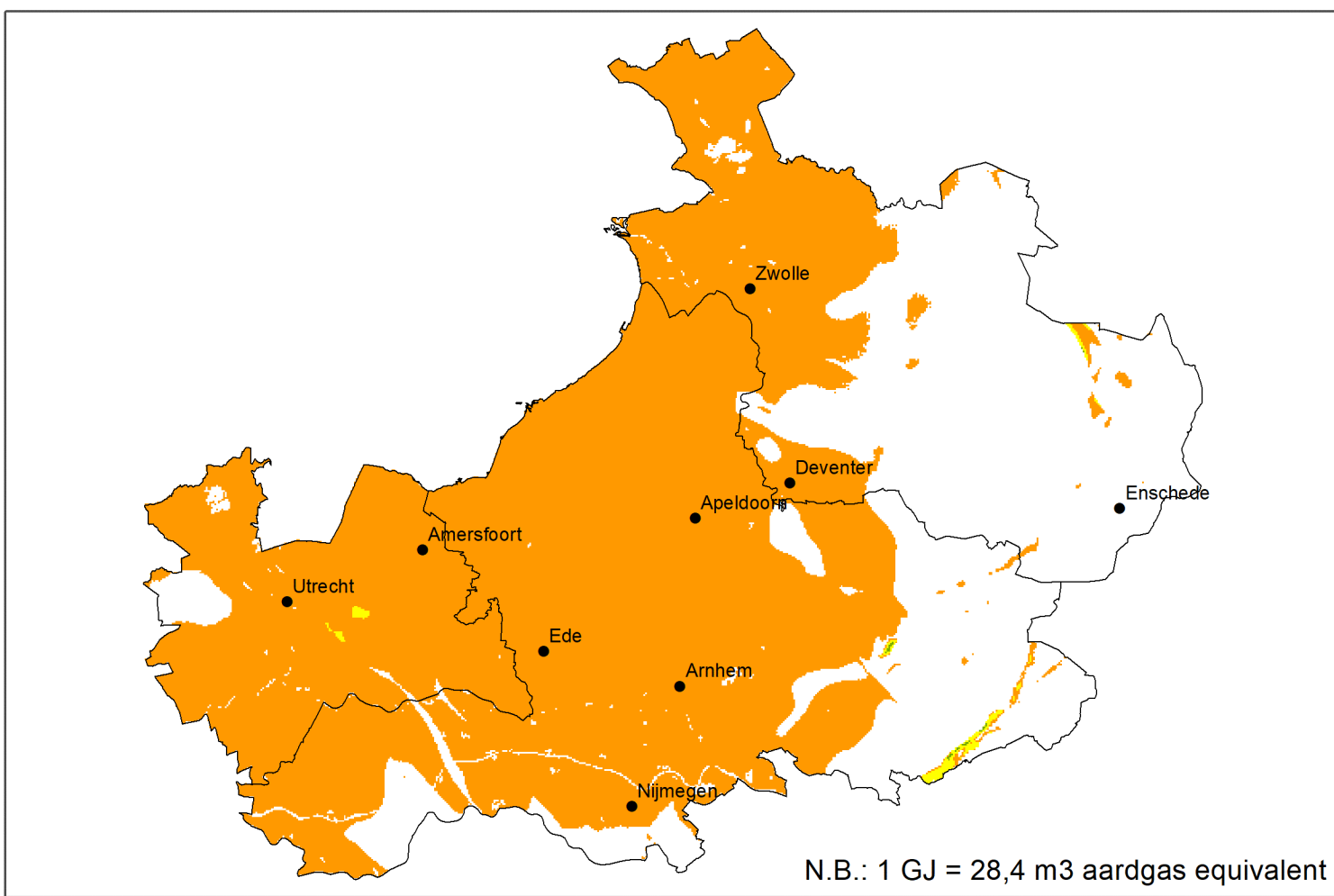
**ARCADIS** Design & Consultancy for natural and built assets

datum: 6/4/2024 30212891  
 schaal (A4): 1:1,000,000

0 10 20 30 Km

BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

# Opbrengsten OBES watervoerend pakket 8



**Opbrengsten OBES**  
Watervoerend pakket 8

opdrachtgever: Min. I&W

**ARCADIS** Design & Consultancy for natural and built assets

datum: 6/4/2024 30212891  
 schaal (A4): 1:1,000,000

0 10 20 30 Km

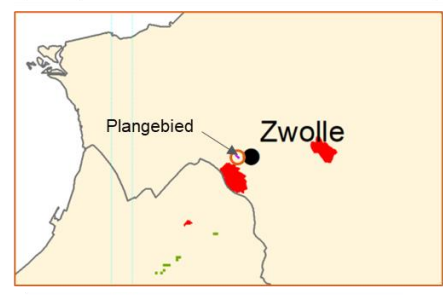
BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

# Voorbeeldtoepassing: plangebied Herontwikkeling, Zwolle (1/2)

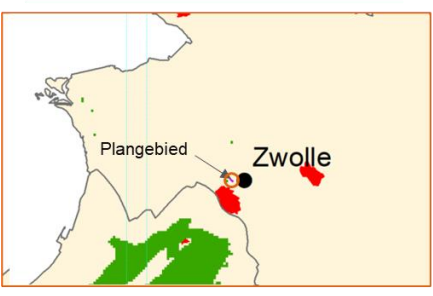
## Voorbeeld: Herontwikkelingsgebied in Zwolle

- Circa 9 ha woningen (appartementen), werken, voorzieningen, supermarkt
- Geschatte warmtevraag circa 16.000 GJ per jaar
- Geschatte koudevraag circa 4.300 GJ per jaar

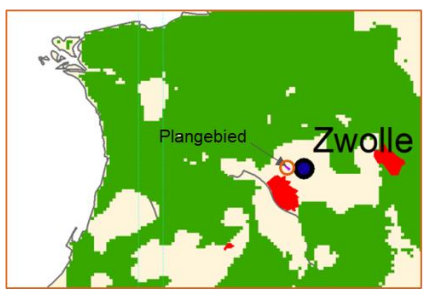
### Stap 1: Geschiktheidskaarten



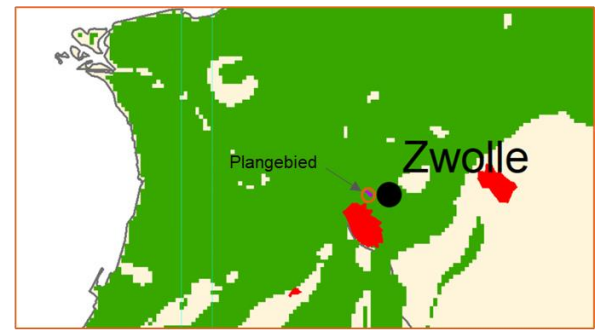
Geschiktheid WVP1: niet



Geschiktheid WVP2: niet



Geschiktheid WVP3: niet



Geschiktheid WVP4: Ja!

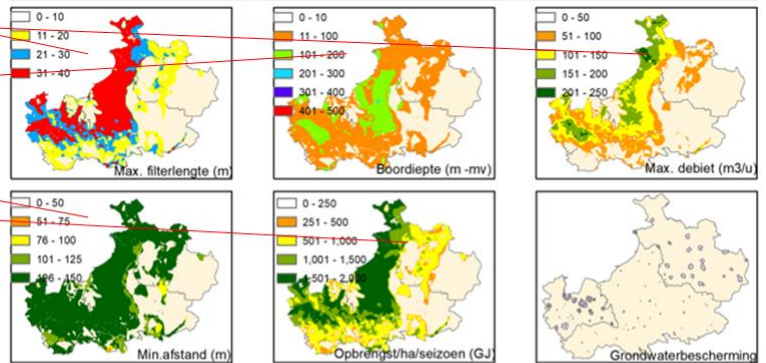
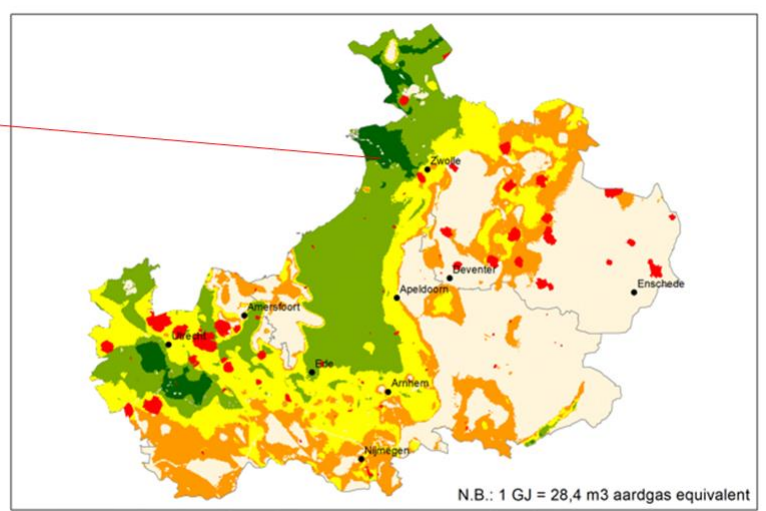
### Stap 2: Opbrengsten kaart WVP4

Opbrengst per doublet per seizoen:  
Ca. 2300 GJ

Ca. 7 doubletten nodig om aan de Warmtevraag te voldoen. Dit laat zien dat dit een optie is voor het plangebied.

#### Details:

- Max. filterlengte = 40 m
- Boordiepte tot max. 100 m
- Max. debiet ca. 90 m<sup>3</sup>/uur
- Afstand ca. 125 m
- Opbrengst per ha per seizoen:  
1780 GJx9 ha=16.020 GJ → voldoende



**Opbrengsten OBES**  
Watervoerend pakket 4

opdrachtgever: Min. I&W

ARCADIS

datum: 5/6/2024 30212891

schaal (A4): 1:1.000.000

0 10 20 30 km

Verbod op WKO is gebaseerd op:  
- Alle waterwingebieden.  
- Overijssel: aangewezen GWB gebieden.  
- Utrecht: Boringsvrije zones voor WKO vanaf 0 en 10 m -mv.

**Opbrengst per doublet per seizoen (GJ)**

- 0 - 500
- 501 - 1.500
- 1.501 - 3.000
- 3.001 - 4.500
- 4.501 - 6.000

Verbod op WKO

Provinciegrenzen

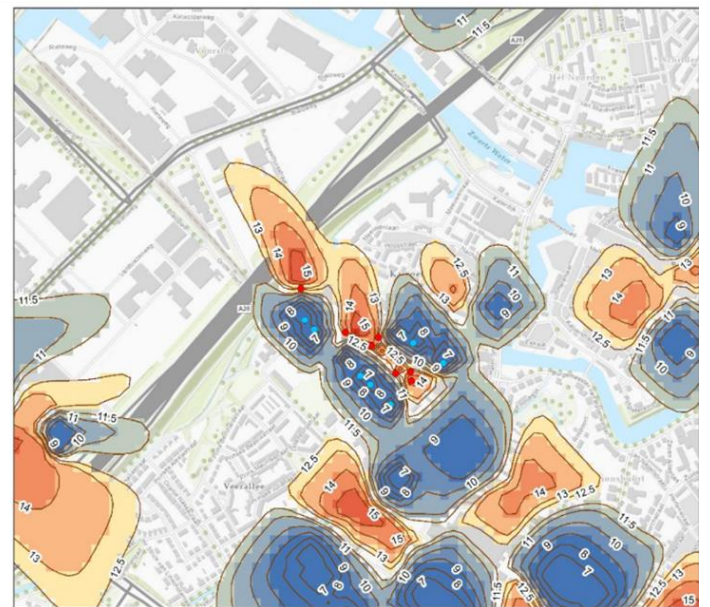
## BOUWSTEEN 1: KAARTEN ONDERGRONDSE POTENTIE VANUIT TECHNIEK EN BELEID

# Voorbeeldtoepassing: plangebied Herontwikkeling, Zwolle (2/2)



Uiteindelijk is gekozen voor een optie met 9 doubletten, waarbij de warme en koude bronnen in stroken in de stromingsrichting van het grondwater zijn gepositioneerd.

Hierdoor kunnen kleinere onderlinge afstanden worden aangehouden, zonder negatieve interferentie.







**Bouwsteen 2: Checklist  
kansen en beperkingen**

**BOUWSTEEN 2: CHECKLIST KANSEN EN BEPERKINGEN**

# Introductie bouwsteen 2

Bouwsteen 2 bestaat uit overige aandachtspunten voor de afweging en beleidsvorming over bodemenergie. Dit zijn aandachtspunten die we vanuit onze expertise en ervaring uit de praktijk willen meegeven. We noemen de aandachtspunten 'richtinggevend', omdat ze niet voor elke situatie gelden en omdat sommige aandachtspunten uiteindelijk een politieke afweging zijn. Toch willen we deze aandachtspunten wél via deze bouwsteen meegeven, omdat ze nuttige informatie bevatten voor de afweging en beleidsvorming over bodemenergie.

We onderscheiden drie categorieën:

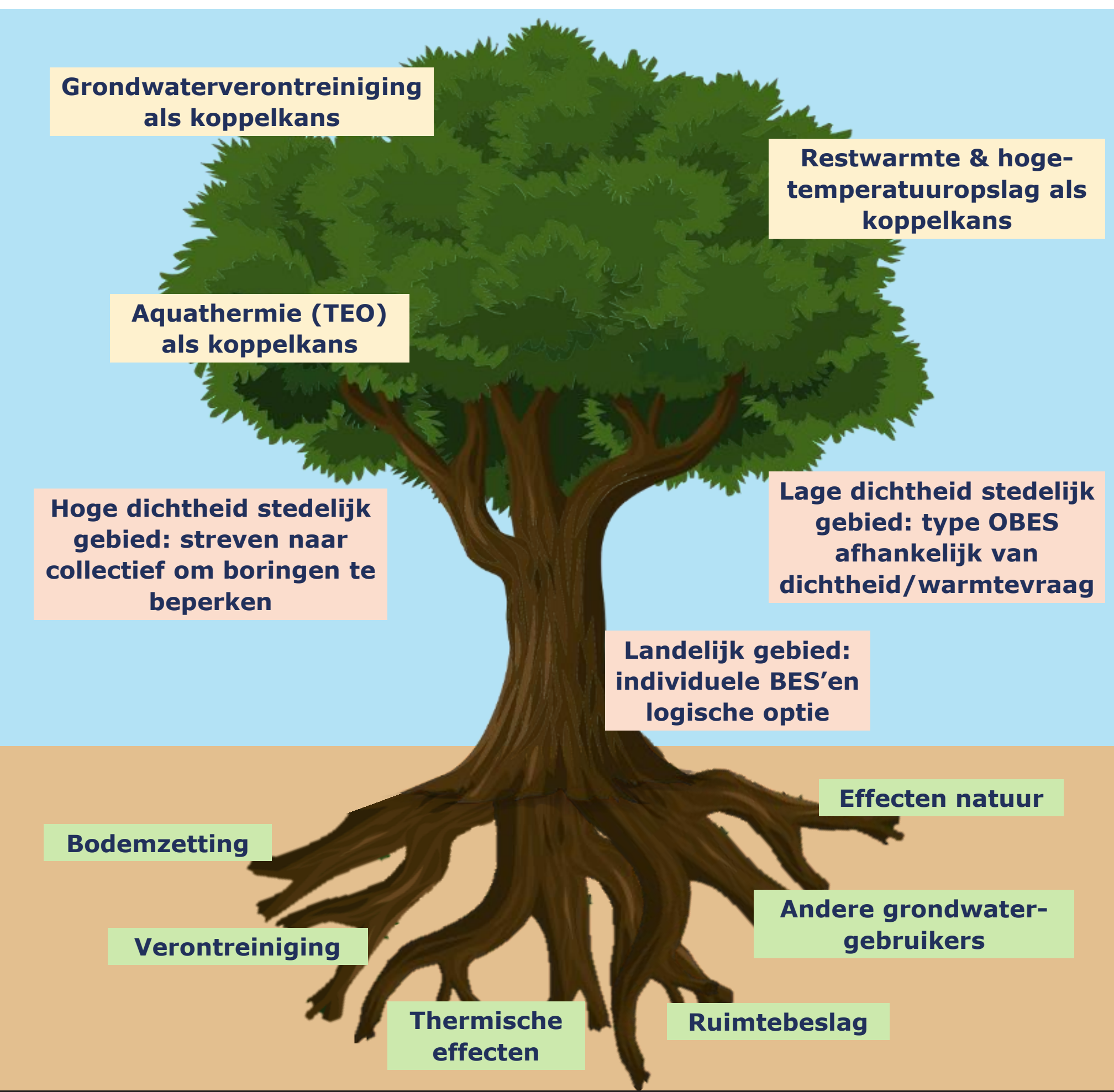
- 1. Koppelkansen:** deze aandachtspunten gaan over koppelkansen die in sommige situaties benut kunnen worden bij de ontwikkeling van bodemenergie.
- 2. Warmtevraag:** deze aandachtspunten gaan over de afweging welk type bodemenergiesysteem het meest geschikt is voor welk type warmtevraag (dichtheid, type bebouwing, etc.).
- 3. Omgevingseffecten:** deze aandachtspunten gaan over het effect van bodemenergiesystemen op de omgeving. Het zijn aandachtspunten waar rekening mee gehouden moet worden bij de ontwikkeling van OBES'en.

De boom op p. 35 geeft de verschillende aandachtspunten visueel weer. De koppelkansen zijn weergegeven bij de vertakkingen van de boom, omdat ze gaan over hoe andere opgaven gekoppeld kunnen worden aan bodemenergiesystemen. De aandachtspunten over de warmtevraag zijn bij de stam van de boom geplaatst, omdat ze gaan over de impact van de bovengrondse context. De omgevingseffecten zijn bij de wortels van de boom neergezet, omdat ze gaan over de ondergrondse impact.



BOUWSTEEN 2: CHECKLIST KANSEN EN BEPERKINGEN

# Overige aandachtspunten voor afweging bodemenergie in beeld



Koppelkans: deze aandachtspunten gaan over koppelkansen die in sommige situaties benut kunnen worden bij de ontwikkeling van bodemenergie.

Warmtevraag: deze aandachtspunten gaan over de afweging welk type bodemenergiesysteem het meest geschikt is voor welk type warmtevraag (dichtheid, type bebouwing, etc.).

Omgevingseffecten: bij de vergunningaanvraag van een OBES wordt altijd een effectstudie uitgevoerd. Hierbij wordt getoetst in hoeverre de installatie en exploitatie van het systeem negatieve effecten heeft voor de omgeving.

**BOUWSTEEN 2: CHECKLIST KANSEN EN BEPERKINGEN**

# Overige aandachtspunten voor afweging bodemenergie nader toegelicht

Aandachtspunt	Toelichting
Grondwaterverontreiniging als koppelkans voor OBES'en	Verontreinigd grondwater wordt vaak gezien als een belemmering voor de toepassing van OBES'en (niet doorboren van scheidende lagen). Hier liggen echter ook kansen om OBES'en en het beheer van grondwaterverontreiniging te combineren (voorbeelden zijn Sanergy op Strijp-S in Eindhoven en de Biowasmachine in Utrecht). Dit werkt zowel voor individuele gevallen van verontreinigd grondwater als in een gebiedsgerichte aanpak waar meerdere verontreinigingspluimen beheerst worden middels een collectief OBES.
Restwarmte en hoge-temperatuuropslag als koppelkans voor OBES'en	Waar restwarmte beschikbaar is, kan deze – in combinatie met een OBES – worden ingezet voor collectieve warmtevoorziening. Omdat het moment van vraag en aanbod niet altijd gelijk zal zijn, kan er op momenten van teveel aanbod opslag plaatsvinden in de bodem. Op het moment dat de vraag het aanbod overstijgt kan de warmte die is opgeslagen in de ondergrond weer worden benut.
Aquathermie (energie uit oppervlaktewater) als een optimalisatie voor OBES'en	Als OBES'en worden toegepast voor woningen zal er vaak sprake zijn van een koude-overschot. Deze onbalans kan negatieve gevolgen hebben voor de efficiëntie van het systeem of de omgeving. Door in de zomer gebruik te maken van relatief warm oppervlaktewater dat in de bodem wordt gebracht voor benutting in de winter (aquathermie), kan deze onbalans worden opgeheven.
Bij hoge dichtheid stedelijk gebied: streven naar collectief om boringen te beperken	In hoog-stedelijk gebied is de warmtevraag groot en is het van belang om beschikbare warmtebronnen zo optimaal mogelijk in te zetten. Vanuit het beschermen van de ondergrond is het in deze situatie wenselijk om te streven naar collectieve bodemenergiesystemen, zodat het aantal boringen beperkt wordt. Echter, dit moet 1) economisch haalbaar zijn, vanaf circa 100 woningen wordt een collectieve optie financieel mogelijk; en 2) vraagt het realiseren en beheren van collectieve OBES'en veel organisatiekracht (bijvoorbeeld het op één lijn krijgen van de planning van verschillende ontwikkelaars). Ook is er in hoog-stedelijk gebied meer kans op bodemverontreiniging (zie: Effecten). Er is daarom regie vanuit de overheid nodig. Een manier om die regie te pakken is het aanwijzen van interferentiegebieden door gemeenten (vroeger in het Masterplan/BE-plan, nu in het omgevingsplan), waarmee de gemeente zou kunnen sturen op het beperken van het aantal boringen (zie bouwsteen 4 voor meer informatie over sturingsinstrumenten).
Bij lage dichtheid stedelijk gebied: type OBES afhankelijk van dichtheid en warmtevraag	In minder dicht bebouwd stedelijk gebied is zowel een collectieve als individuele OBES een optie. De afweging tussen een collectieve en individuele optie wordt dan vooral bepaald door het type bebouwing en de eigendomssituatie (denk bijvoorbeeld aan een woningcorporatie tegenover particulier eigendom), mits het potentieel van de ondergrond voldoende is. Vanuit de ondergrond is het wenselijk om ook in deze situatie te streven naar een collectieve optie, maar dat is dus alleen mogelijk op plekken waar dichtheid en warmtevraag groot genoeg zijn.
Bij lage dichtheid landelijk gebied: individuele BES'en logische optie	In landelijk gebied met veel ruimte en voldoende potentieel in de ondergrond worden collectieve OBES'en – vanwege beperkte dichtheid en lage warmtevraag – over het algemeen lastig. Echter, soms is het wel mogelijk om een koppeling te maken met warmtenetten. Individuele BES'en liggen in deze gebieden dan ook voor de hand. De afweging over de techniek en omvang hiervan ligt bij provincies. Afhankelijk van de kwetsbaarheid van de watervoerende pakketten, zou provincie zones kunnen aanwijzen waarin doorboren niet of beperkt mogelijk is, waardoor gesloten bodemenergiesystemen (GBES) worden ontmoedigd.
Bodemzetting	Als gevolg van grondwaterstandverlagingen kunnen zettingsgevoelige lagen (klei en veen) gaan inklinken en daarmee kan weer schade ontstaan aan gebouwen, infrastructuur, etc.
Verontreiniging	Als gevolg van veranderende grondwaterstanden en -stroming kan onacceptabele verspreiding van verontreinigd grondwater plaatsvinden.
Thermische effecten	Bestaande bodemenergiesystemen kunnen hun rendement verliezen als koude en warme bellen met elkaar gemengd raken of verplaatsen als gevolg van een nieuw aan te leggen systeem.
Andere grondwatergebruikers	Bestaande grondwateronttrekkingen voor drinkwater of industrie mogen geen negatieve gevolgen ondervinden.
Ruimtebeslag	Naast de bovengrond, moet er ook ondergronds voldoende ruimte zijn voor de aanleg van systemen. Met name in publieke ruimte is het druk in de ondergrond.
Effecten op natuur	Grondwaterstandverlaging of –verhoging kan negatieve gevolgen hebben voor natuur, kwetsbare beeksystemen of stedelijk groen.



**Bouwsteen 3:  
Menukaart  
warmtetechnieken**

**BOUWSTEEN 3: MENUKAART WARMTECHNIEKEN**

# Introductie bouwsteen 3

**Wat is de menukaart?**

Bouwsteen 3, de menukaart, geeft een overzicht van de belangrijkste kenmerken van alle (bewezen) warmtetechnieken. Op het totaaloverzicht is de beschrijving van een aantal kenmerken visueel weergegeven door een logo of een balkje. Deze visualisaties zijn een versimpeling van een complex kenmerk. De gedetailleerde onderbouwing voor de visualisaties op de totaalplaat zijn terug te vinden in de [onderbouwende tabellen](#). Deze zijn gebaseerd op bestaande bronnen (zie de [bronnenlijst](#)).

**Wat is het doel van de menukaart?**

De menukaart is bedoeld als bouwsteen voor verschillende overheidslagen om beleid te formuleren voor het gebruik van bodemenergie. Ook kan de menukaart gemeenten of projectontwikkelaars helpen om een afweging te maken over welke warmtetechniek het beste past bij concrete projecten. De menukaart is gefocust op woningbouwprojecten, maar kan ook gebruikt worden voor de ontwikkeling van warmtesystemen voor kantoren, winkels en ziekenhuizen. Aandachtspunt daarbij is dat niet alle criteria precies hetzelfde scoren voor de verschillende typen gebouwen. Zo zijn bijvoorbeeld de kosten voor het realiseren van een warmtetechniek in een ziekenhuis anders opgebouwd dan bij een woning.

**Hoe navigeer je door de menukaart?**

Het [totaaloverzicht](#) bevat alle kenmerken van [bewezen](#) warmtetechnieken op een rijtje. Op deze manier is het mogelijk om verschillende warmtetechnieken met elkaar te vergelijken. Door te klikken op één specifiek kenmerk op de menukaart, zoals bijvoorbeeld netcongestie, word je automatisch doorgeleid naar de bijbehorende onderbouwingstabel, waar meer verdiepende informatie gevonden kan worden over dat kenmerk.

Naast het totaaloverzicht hebben we ook een aantal [varianten](#) van de menukaart die passen bij een specifieke situatie of project. Per casus zijn er bepaalde warmtetechnieken die afvallen of juist naar voren komen als 'voorkeursvariant'. Op de volgende pagina worden deze casussen nader toegelicht.

Tot slot hebben we in beeld gebracht welke innovatieve technieken er op dit moment bekend zijn, maar die nog niet op grote schaal worden toegepast. Deze zijn terug te vinden in het overzicht van [innovatieve technieken](#).



## BOUWSTEEN 3: MENUKAART WARMTECHNIEKEN

# Legenda (1/2)

- **Duurzaamheid:** de duurzaamheid van de energietechniek is afhankelijk van vele factoren, zoals de duurzaamheid van energiebron en bouwstoffen, de levensduur van het materiaal, efficiëntie etc. Daarom is er op de menukaart voor gekozen om duurzaamheid niet te visualiseren als één kenmerk. Wel is er meer informatie over dit onderwerp te vinden in de onderbouwende tabellen. Deze informatie kan gebruikt worden als extra steun bij de afweging voor een warmtetechniek.
- **Kosten:** hoeveel kost de warmtetechniek gemiddeld? Ook op deze vraag is niet één antwoord te geven. De kosten hangen namelijk sterk af van de context: het type gebouw (bijvoorbeeld isolatiegraad, afgiftesysteem, bestaand leidingwerk) en de locatie (bijvoorbeeld grondprijs, obstakels in de ondergrond). Wij kiezen er daarom voor om de kosten niet op te nemen in het totaaloverzicht, omdat het niet mogelijk is om de verschillende warmtetechnieken op een eenduidige manier met elkaar te vergelijken. Wel hebben we in de onderliggende tabellen de eindgebruikerskosten (op basis van het TNO-dashboard) opgenomen. Deze bestaan uit de kosten (investerings- onderhouds- gebruiks- en financieringskosten), afgezet tegen de baten (besparing in energiekosten, renteaftrek en subsidies). Dit was niet voor alle technieken mogelijk, omdat het dashboard van TNO niet voor alle technieken informatie beschikbaar heeft.
- **Efficiëntie:** hoe efficiënt is de warmtetechniek? Dat geven we weer met de Seasonal Coefficient of Performance (SCOP) / Seasonal Performance Factor (SPF). Dit is een getal dat de geleverde energie deelt door de verbruikte energie. Zo is de SCOP van een hr-gasketel typisch 1,07 (wanneer condensatie-warmte wordt meegenomen).
- **Ruimtelijke impact bovengronds:** wat is het (in)directe ruimtegebruik van de bovengrondse omgeving, of de impact daarop? Denk bijvoorbeeld aan straten die (tijdelijk) opengemaakt moeten worden voor de aanleg van een warmtenet, of de geluidshinder die een buitenunit van een luchtwarmtepomp kan veroorzaken. We maken daarbij onderscheid tussen tijdelijke en permanente impact.
- **Ruimtelijke impact ondergronds:** wat is het (in)directe ruimtegebruik van de ondergrondse omgeving of de impact daarop? Hiervoor brengen wij de volgende kenmerken in beeld:
  - Negatieve impact op de bodem: in hoeverre heeft deze techniek een negatieve impact op de bodem? Is een bepaalde vorm van bescherming nodig?
  - Koppelkans met bodem: in hoeverre kan deze techniek gekoppeld worden aan andere opgaven in de ondergrond?
  - Mate van conflict met infrastructuur in de straat: in hoeverre vraagt de techniek ruimte in de zeer ondiepe ondergrond waar kabels en leidingen liggen (0-10 meter)?

## BOUWSTEEN 3: MENUKAART WARMTECHNIEKEN

# Legenda (2/2)

- **Organisatorische complexiteit:** hoe complex is de organisatie van de techniek? Welke conflicten kan je verwachten bij de aanleg van het systeem?
- **Eisen aan het gebouw:** stelt de toepassing van de warmtetechniek eisen aan het gebouw?  
Te denken valt aan de volgende zaken:
  - Afgiftesysteem: in hoeverre zijn aanpassingen noodzakelijk? Denk aan het vervangen van radiatoren en/of de aanleg van vloerverwarming.
  - Isolatiegraad: in hoeverre zijn isolatiemaatregelen een vereiste om deze techniek toe te kunnen passen?
  - Overige bouwkundige maatregelen: in hoeverre dient het leidingwerk aangepast te worden en zijn er andere bouwkundige aanpassingen vereist?
- **Elektriciteitsgebruik:** in welke mate maakt deze techniek gebruik van elektriciteit?
- **Randvoorwaarden aan de locatie:** zijn er specifieke eisen of voorkeuren voor de locatie waarop de warmtetechniek wordt gerealiseerd? Te denken valt aan geschiktheid van de ondergrond of de staat van het elektriciteitsnet.
- **Koeling:** is koeling mogelijk met deze techniek? Wordt koeling in praktijk ook toegepast in combinatie met dit systeem?
- **Temperatuurregime:** welk temperatuurregime gebruikt de techniek maximaal?
- **Opslag:** kan de techniek energie opslaan? Welke vormen van opslag zijn mogelijk bij deze warmtetechniek?

Belangrijke disclaimer: de 'schuifjes' en 'icoontjes' op de overzichtsplaat zijn een zo goed mogelijke weergave van de feitelijke kenmerken uit de achterliggende tabellen. Echter, de overzichtsplaat is op zichzelf géén feitelijke bron. De 'schuifjes' en 'icoontjes' zijn een versimpelde (indicatieve) weergave van de feitelijke informatie, zodat u op hoofdlijnen een vergelijking tussen warmtetechnieken kunt maken. Als u feitelijke informatie zoekt, is het van belang om via de overzichtsplaat de achterliggende tabellen te raadplegen.



## BOUWSTEEN 3: MENUKAART WARMTECHNIEKEN

# Overzicht innovatieve technieken

## Innovatieve warmtetechnieken



### Collectieve warmte (warmtenetten)

**Zonnecollectoren + opslagsysteem (PTES):** Het omzetten van hernieuwbare elektriciteit in warmte, die vervolgens wordt opgeslagen in geïsoleerde waterlichamen.<sup>1</sup>

**Riothermie:** De warme of koele afvalwaterstroom (afkomstig van douches, wastafel, etc.) wordt gebruikt om, via een warmtewisselaar, een geleidervloeistof op de gewenste temperatuur te brengen, die vervolgens door een radiator geleid wordt.<sup>2</sup>



### Duurzame gassen (waterstof/groen gas)

**Micro-WKK:** Micro-warmtekrachtkoppeling is een verbrandingstoestel op gas of pellets. Dit toestel zorgt voor de opwekking van elektriciteit en warmte. Deze warmte wordt gebufferd.<sup>3</sup>

## Innovaties rondom energiebronnen\*



### Duurzame gassen (waterstof/groen gas)

**Superkritische watervergassing:** Kunnen natte reststromen zoals mest, groenafval en rioolslib onder hoge druk en temperatuur converteren in onder andere groen gas, dat geschikt is voor directe gebruik in het aardgasnetwerk?<sup>4</sup>



### Collectieve warmte (geothermie)

**Hydraulische stimulatie** wordt gebruikt om het doorlatend vermogen van geothermische reservoirs te vergroten. Water wordt onder hoge druk in de aardkorst geïnjecteerd, waardoor scheuren worden vergroot of nieuwe scheuren worden gecreëerd.<sup>5</sup>

**Enhanced Geothermal Systems (EGS):** Diepe ondergrondse gesteentelagen worden gebruikt om warmte te genereren door water door het gesteente te circuleren.<sup>5</sup>

**Thermische stimulatie** is een methode om aardwarmte te benutten, waarbij stoom of warm water wordt geïnjecteerd in geothermische reservoirs om de temperatuur en druk te verhogen, om de efficiëntie van geothermische bronnen verbeteren.<sup>5</sup>

**Innovatieve boortechniek:** In het project RESULT wordt onderzocht of met een innovatieve boortechniek de productie van geothermische warmte uit dunne aardlagen economisch haalbaar kan worden.<sup>6</sup>

\* Dit overzicht is niet uitputtend.

## BOUWSTEEN 3 MENUKAART WARMTECHNIIEKEN

# Toelichting op menukaartvarianten

Er zijn verschillende kenmerken van een warmteproject die bepalen welke warmtetechnieken geschikt zijn of mogelijk de voorkeur hebben:

- **Type bouw:** oud versus nieuw → Oude woningen zijn over het algemeen minder goed geïsoleerd en daarmee niet geschikt voor alle typen warmtetechnieken.
  - Ook de diversiteit van woningen speelt een rol: als een project veel verschillende typen woningen bevat, kan dit nadelig zijn voor de kosten voor verduurzaming.
- **Dichtheid gebouwen:** hoge dichtheid versus lage dichtheid → Gebieden met een hogere dichtheid zijn over het algemeen beter geschikt voor collectieve systemen.
- **Drukke ondergrond:** veel drukte (bijv. kabels/leidingen) in ondergrond versus weinig drukte in ondergrond → Drukke in de zeer ondiepe ondergrond (0-10 meter) zorgt voor beperkingen voor warmtenetten, drukte in de tweede laag (10-500 meter) zorgt voor beperkingen voor GBES'en en OBES'en.
- **Schaal warmtevraag:** kleine warmtevraag versus grote warmtevraag → Voor bepaalde warmtetechnieken is een bepaald vermogen nodig. De stelregel voor geothermie is bijv. minimaal een opbrengst van 5.000 WEQ om deze techniek rendabel te maken.
- **Organiseerbaarheid van warmtevraag:** de mate waarin collectieve warmtevraag kan worden georganiseerd bepaalt mede of collectieve technieken haalbaar zijn → In een wijk waar zich veel corporatiewoningen of grootverbruikers bevinden, is collectiviteit over het algemeen makkelijker te organiseren.

Op basis van combinaties van de bovenstaande kenmerken zijn tientallen warmteprojecten te bedenken. Ter illustratie hebben we in deze menukaart de onderstaande voorbeeldprojecten gekozen, die qua opties voor warmtetechnieken van elkaar verschillen. Klik op een voorbeeldproject om naar de specifieke menukaart voor deze casus te gaan.

## 1. Een nieuwbouwproject gelegen boven een grondwaterbeschermingsgebied

- *Ondergrondse technieken vallen af.\**

## 2. Landelijk herstructureringsproject van bestaande oude bouw, met een lage dichtheid

- *Collectieve technieken zijn vanwege de te lage dichtheid, en daarmee te hoge kosten, niet realistisch.*
- *All-electric-oplossingen zijn in veel gevallen alleen mogelijk als ook isolatie plaatsvindt. Als dit niet mogelijk is, zou een hybride warmtepomp een logische optie kunnen zijn.*
- *Groen gas is technisch gezien een logische optie, maar is beperkt beschikbaar.*

## 3. Stedelijk herstructureringsproject van bestaande bouw, met een hoge dichtheid en drukte in de ondergrond tot 500 meter

- *Een warmtenet is lastig vanwege drukte in de ondergrond op 0-10 meter. Ook is een GBES of OBES lastig in verband met de drukte in ondergrond (afhankelijk van interferentiegebieden).*

## 4. Stedelijk herstructureringsproject van bestaande oude bouw, met een hoge dichtheid en grote warmtevraag (+- 10K WEQ)

- *Collectieve warmtetechnieken zijn een optie. Ook is geothermie vanwege de grote schaal een mogelijke oplossing.*
- *Door de oude bouw bestaat er een voorkeur voor een MT-warmtenet in plaats van een LT-warmtenet.*

## 5. Kleinschalig nieuwbouwproject van 15 woningen

- *Door de kleine schaal is een collectief warmtenet niet realistisch.*

## 6. Groot nieuwbouwproject in gebied met zware netcongestie

- *Zolang er netcongestie speelt, zijn (hybride) warmtepompen geen optie. Echter, dit betekent niet dat deze technieken definitief afvallen. Het is mogelijk dat over 5-10 jaar de netcongestie is verholpen en dat de elektrische varianten alsnog het meest geschikt zijn.*

\* Door middel van horizontaal boren is het in sommige gevallen mogelijk om grondwaterbeschermingszones te vermijden.

# Menukaart warmtetechnieken

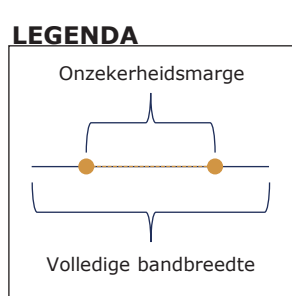
Deze menukaart geeft een overzicht van de manier waarop verschillende warmtetechnieken zich tot elkaar verhouden. Een verdieping per indicator vindt u door op de indicatoren te klikken. Onderaan de menukaart vindt u een legenda met uitleg per indicator.

**Duurzaamheid en kosten**

zijn niet eenduidig vergelijkbaar te maken, dus is er alleen een beschrijving opgenomen.

	Efficiëntie	Impact RO Bovengronds	Impact RO Ondergronds	Organisatorische complexiteit	Eisen aan gebouw	Elektriciteitsgebruik	Randvoorwaarden locatie	Koeling	Temperatuurregime	Opslag
Collectieve warmte	Restwarmte	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	🕒
	Aquathermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	✗
	Biomassa	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	📅
	Zonthermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	✗
Duurzame gassen	Groen gas	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	📅
	Waterstofgas	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	📅
Elektriciteit (volledig)	Luchtwarmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
	PVT-warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
	Ventilatielucht-warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
Elektriciteit* (hybride)	Hybride warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
Gesloten bodem-energie systemen	Horizontale bodemwarmte-wisselaar	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Aardwarmtekorf	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Verticale bodemwarmte-wisselaar	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
Open bodem-energie systemen	Monobron	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Meervoudig doublet	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Recirculatiesysteem	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
Collectieve warmte	Geothermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	🕒

\* Niet volledig aardgasvrij



**LEGENDA**

**Efficiëntie:** Hoe efficiënt is de warmtetechniek (SCOP/SPF)? Laag —●—●— Hoog

**Impact RO onder- en bovengronds:** Wat is het (in)direct ruimtegebruik of de impact op de omgeving? Weinig —●—●— Veel

**Organisatorische complexiteit:** Hoe complex is de organisatie van de techniek? Laag —●—●— Hoog

**Eisen aan gebouw:** Stelt toepassing van de warmtetechniek eisen aan het gebouw? Weinig —●—●— Veel

**Elektriciteitsgebruik:** Wordt er elektriciteit verbruikt bij toepassing van de techniek? Weinig —●—●— Veel

**Randvoorwaarden locatie:** Zijn er specifieke eisen aan de locatie van de warmtetechniek? Weinig —●—●— Veel

**Koeling**  
 ✓ Ja ✗ Nee ✗ Niet toegepast

**Temperatuurregime**  
 🌡️ Max. lage temperatuur  
 🌡️ Max. middentemperatuur  
 🌡️ Max. hoge temperatuur

**Opslag**  
 ✗ Nee 🕒 Tijdelijk 📅 Langdurig

**BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING**

# Duurzaamheid

Het is van groot belang om duurzaamheid mee te nemen in de keuze voor een energiesysteem vanwege de brede en langdurige impact die deze keuzes hebben op het milieu, de economie en de samenleving. Duurzame energiesystemen helpen de uitstoot van broeikasgassen te verminderen en dragen bij aan de vermindering van de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen, wat de energiezekerheid verbetert. Bovendien dragen ze bij aan een betere volksgezondheid door de vermindering van luchtvervuiling. Het integreren van duurzaamheid in de keuze voor een energiesysteem is daarom niet alleen een milieuverantwoorde beslissing, maar ook een economische en sociale noodzaak voor een toekomstbestendige samenleving.

Het vergelijken van verschillende groene energiebronnen zoals collectieve warmte, groene gassen, elektrische ketels en bodemenergiesystemen is echter een complexe opgave. Het is niet eenvoudig om deze technieken direct met elkaar te vergelijken, omdat de duurzaamheid van elke energietechniek afhankelijk is van een breed scala aan factoren zoals de duurzaamheid van grondstoffen, de levensduur van het materiaal, de efficiëntie van de systemen, etc.

Allereerst speelt de duurzaamheid van de grondstof (warmtebron) een cruciale rol. Groene gassen bijvoorbeeld, kunnen afkomstig zijn van verschillende bronnen. Daarnaast hebben verschillen in productieproces en locatie impact op de ecologische voetafdruk van de warmte. Ook zijn de bouwstoffen en de productieprocessen van de systemen zelf van belang. Materialen die worden gebruikt in bodemenergiesystemen zoals warmtepompen, kunnen bijvoorbeeld zeldzame metalen bevatten die milieubelastend zijn om te winnen en te verwerken. De levensduur van deze materialen speelt ook een rol: een systeem dat langer meegaat, kan op de lange termijn duurzamer zijn ondanks hogere initiële milieukosten. Efficiëntie is een andere belangrijke factor. Een systeem dat meer energie omzet in bruikbare warmte met minder verliezen, kan over de gehele levensduur minder energie verbruiken en dus duurzamer zijn afhankelijk van de beschikbaarheid van bronnen. Naast deze eigenschappen kunnen bepaalde technieken ook unieke duurzaamheidsgevolgen hebben die niet gelden voor andere technieken.

Vanwege deze complexe interacties tussen verschillende factoren is het onmogelijk om de duurzaamheid van verschillende energiebronnen en -systemen te reduceren tot één enkel kenmerk op een menukaart. Een dergelijke vereenvoudiging zou een vertekend beeld geven en geen recht doen aan de nuances die meespelen bij de keuze voor een bepaalde warmtetechniek.

Daarom is ervoor gekozen om duurzaamheid niet te visualiseren als één kenmerk op de menukaart. In plaats daarvan bieden we gedetailleerde informatie in de onderbouwende tabellen. Deze tabellen bevatten gegevens over de verschillende aspecten van duurzaamheid. Deze informatie kan dienen als extra ondersteuning bij het maken van een weloverwogen keuze voor een warmtetechniek. Door deze gedetailleerde informatie te raadplegen, kunnen gebruikers een beter inzicht krijgen in de complexiteit van duurzaamheid en een keuze maken die het beste aansluit bij hun specifieke situatie en duurzame ambities.

## BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING

# Duurzaamheid (1/2)

Categorie	Techniek	Toelichting
Collectieve warmte	Restwarmte	<ul style="list-style-type: none"> <li>De duurzaamheid van de bron is afhankelijk van de herkomst van de restwarmte, industriële bijproducten, aftapwarmte (bijproduct van e-opwekking) en AVI (bijproduct van afvalverbranding), omdat ze allemaal verschillende CO<sub>2</sub>-emissiefactoren hebben.</li> <li>De levensduur van leidingen bedraagt circa 40 jaar en die van de afleverset en eventuele warmtepomp circa 15-20 jaar.<sup>1,2</sup></li> </ul>
	Biomassa	<ul style="list-style-type: none"> <li>De duurzaamheid van de bron is afhankelijk van de herkomst van de biomassa (resthout vs. nieuw hout).</li> <li>De levensduur van leidingen bedraagt circa 40 jaar en die van de afleverset en eventuele warmtepomp circa 15-20 jaar.<sup>1,2</sup></li> </ul>
	Aquathermie	<ul style="list-style-type: none"> <li>De duurzaamheid van de bron ligt lager bij het gebruik van thermische energie uit drinkwater, wanneer dit de drinkwaterkwaliteit beïnvloedt.<sup>3</sup></li> <li>De levensduur van leidingen bedraagt circa 40 jaar en die van de afleverset en eventuele warmtepomp circa 15-20 jaar.<sup>1,2</sup></li> </ul>
	Zonthermie	<ul style="list-style-type: none"> <li>De productie-uitstoot is afhankelijk van de afkomst van de zonnepanelen en het soort panelen, maar wordt (vrijwel) altijd gecompenseerd met verminderde CO<sub>2</sub>-uitstoot tijdens het gebruik.<sup>3</sup></li> <li>De levensduur van leidingen bedraagt circa 40 jaar en die van de afleverset en eventuele warmtepomp circa 15-20 jaar.<sup>1,2</sup></li> </ul>
Duurzame gassen	Groen gas	<ul style="list-style-type: none"> <li>De duurzaamheid is afhankelijk van de herkomst van de biomassa die gebruikt wordt om groen gas te produceren.</li> <li>De levensduur van een gasketel is 15-20 jaar.</li> </ul>
	Waterstofgas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Waterstof is niet per definitie duurzaam, alleen als het gemaakt wordt door middel van duurzame stroom. Dit is momenteel nog niet op grote schaal haalbaar voor de gebouwde omgeving.<sup>4</sup></li> <li>De levensduur van een gasketel is 15-20 jaar.</li> </ul>
Elektriciteit	Lucht-warmtepomp	<ul style="list-style-type: none"> <li>De CO<sub>2</sub>-uitstoot is afhankelijk van het rendement en de elektriciteitsmix.</li> <li>De levensduur van een warmtepomp is circa 15-20 jaar.<sup>7</sup></li> </ul>
	Ventilatielucht-warmtepomp	
	PVT-warmtepomp	<ul style="list-style-type: none"> <li>De levensduur van een warmtepomp is circa 15-20 jaar, die van zonnepanelen 25 jaar.<sup>7</sup></li> <li>De productie-uitstoot is afhankelijk van de afkomst van de zonnepanelen en het soort panelen, maar wordt (vrijwel) altijd gecompenseerd met verminderde CO<sub>2</sub>-uitstoot tijdens het gebruik.<sup>3</sup></li> </ul>
Hybride Elektra + gas	Hybride warmtepomp	<ul style="list-style-type: none"> <li>Een hybride warmtepomp is een niet volledig duurzame oplossing wanneer deze gebruikt wordt in combinatie met aardgas. In theorie kan dit gecombineerd worden met duurzaam gas, maar dit is niet grootschalig beschikbaar.</li> <li>Een hybride warmtepomp gebruikt meer duurzame energie dan een standaard hr-ketel. De verlaging van CO<sub>2</sub>-uitstoot is hierbij afhankelijk van het rendement, het aandeel van de warmtepomp en het type gas in de elektriciteitsmix.</li> <li>De levensduur van een hybride warmtepomp is circa 15-20 jaar.<sup>8</sup></li> </ul>

**BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING**

# Duurzaamheid (2/2)

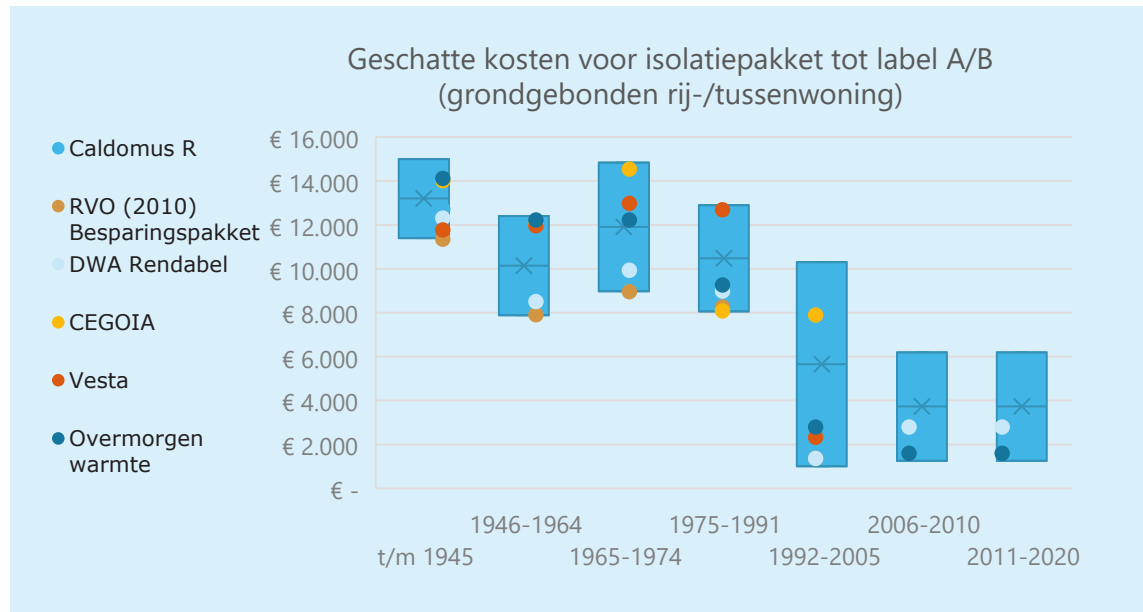
Categorie	Techniek	Toelichting
GBES	Bodemwarmte-wisselaar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doordat de warmte niet wordt opgeslagen gaat het rendement van de bron na ongeveer 30 jaar dalen.</li> <li>• Er is een verschil in duurzaamheid tussen GBES met en zonder glycol en de schaal van de perforaties.</li> <li>• De levensduur van een warmtepomp is circa 15-20 jaar.</li> <li>• De levensduur van een bodemwarmtewisselaar is 25-35 jaar.<sup>9</sup></li> </ul>
	Horizontale bodemwarmte-wisselaar Aardwarmtekorf Verticale bodemwarmte-wisselaar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doordat de warmte niet wordt opgeslagen gaat het rendement van de bron na ongeveer 30 jaar dalen.</li> <li>• De levensduur van een warmtepomp is circa 15-20 jaar.</li> <li>• De levensduur van een bodemwarmtewisselaar is 25-35 jaar.<sup>9</sup></li> <li>• Er vindt geen perforatie en aantasting van diepere ondergrond plaats, daardoor zijn deze in de toekomst ook weer te verwijderen.</li> </ul>
OBES	Monobron	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bij aanleg komen bentoniet en polymeren vrij in het afvalwater, dit geeft extra belasting voor rioolwaterzuiveringen.<sup>10</sup></li> <li>• Door warmte-koude-opslag is de bron, bij evenwichtig gebruik, in theorie voor altijd bruikbaar. Dat is een groot voordeel van een OBES.</li> <li>• De levensduur van een warmtepomp is circa 15-20 jaar.</li> <li>• De levensduur van een bodemwarmtewisselaar is 25-35 jaar.<sup>9</sup></li> </ul>
	Meervoudig Doublet	
	Recirculatie-systeem	
Collectieve warmte	Geothermie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bij de winning van geothermie komt onder andere methaan vrij (dat vaak met gasturbines omgezet wordt in CO<sub>2</sub>). Daarbovenop komt de uitstoot door de pompen die het warme water omhoog brengen. Dit wordt echter ruim gecompenseerd door een verminderd gebruik van fossiele brandstoffen.</li> <li>• Geothermie wordt gezien als één van de schoonste bronnen, maar brengt perforatierisico's met zich mee zoals vervuiling van het drinkwater.</li> <li>• Uitkoeling van de bron zal plaatsvinden na 50 jaar, een bron kan echter lang daarna nog enige mate van verwarming blijven leveren. De snelheid van de afkoeling is afhankelijk van vele factoren, zoals warmteaanvoer, materiaalgeleiding en stroomsnelheid naar de injector, en is dus slecht vooraf te bepalen.</li> </ul>

## BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING

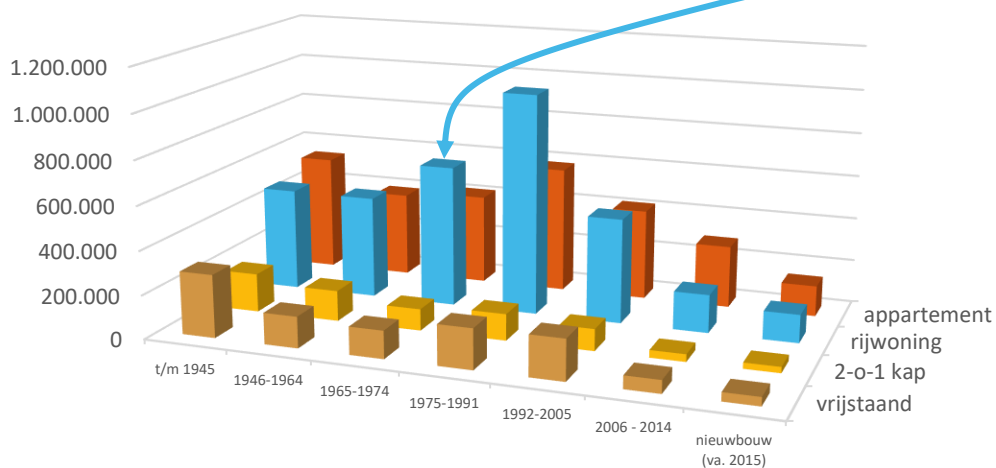
## Kosten – prijspeil 2023 'typische' tussenwoning

Het vergelijken van de kosten van verschillende warmte technieken is complex en kent veel verschillende aspecten.

De figuur rechts toont kosteninschattingen van verschillende bronnen om een gemiddelde rij- en/of tussenwoning te isoleren naar het niveau van energielabel B/A. De grafiek laat zien dat de investeringskosten voor isolatie sterk uiteenlopen tussen verschillende modellen. Daarnaast wisselen deze ook nog eens sterk tussen bouwjaren.<sup>1</sup>



Aantal woningen naar woningtype en bouwjaarklasse in Nederland (2021)



Label C

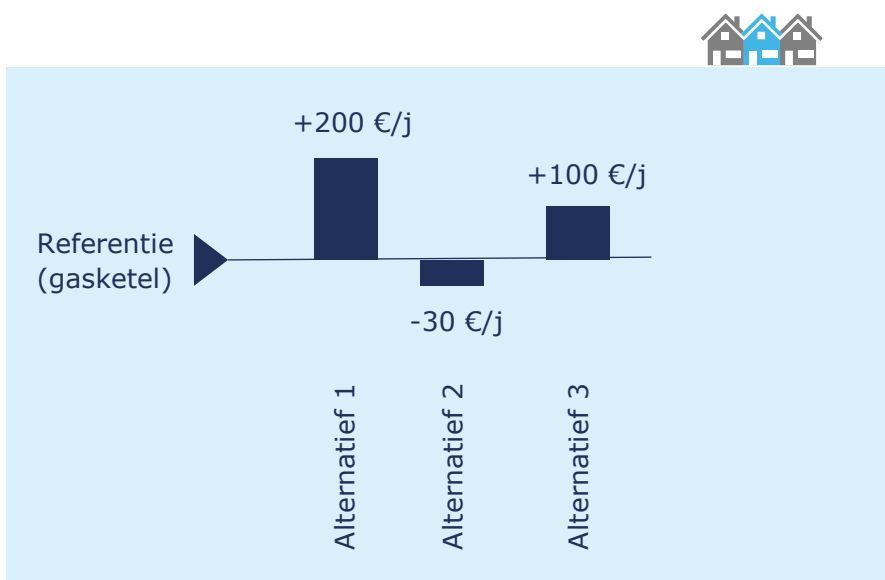
Type: Tussenwoning  
Bouwjaarklasse: 1965 - 1974  
Gebruiksoppervlak: 110 m<sup>2</sup>  
Bewoners: 3  
Aantal in NL: ca. 650.000

Om voor deze menukaart een kosteninschatting te kunnen geven, is een tussenwoning uit 1965-1974 gehanteerd als veelvoorkomende voorbeeldwoning.

Kosten per woningtype en bouwjaar verschillen sterk en ook de businesscase van verschillende verduurzamingsopties. De in dit onderzoek gegeven getallen zijn bedoeld om een indicatie te kunnen geven van de verschillen tussen technieken.

Voor het maken van een onderbouwde techno-economische analyse dient altijd situatiespecifiek gekeken te worden naar de karakteristieken van de bebouwing.

In dit onderzoek is naar eindgebruikerskosten gekeken op basis van het [TNO Dashboard eindgebruikerskosten](#). Verschillende verduurzamingsopties zijn op basis van de TCO (total cost of ownership) teruggebracht naar jaarlijkse kosten. Op deze manier zijn technieken vergeleken ten opzichte van de referentie (aardgasketel). Dit is geen feitelijke businesscase en het betreft ook geen nationale kosten. Infrastructuur is zodoende niet vanuit een nationalekosten-perspectief meegenomen, maar vanuit de eindgebruikers. De gekozen situatie is die van een eigenaar-bewoner met een warmtefondslening, waarbij is uitgegaan van middenwaarden.



Een vertaling van jaarlijkse kosten (energie, vastrecht, investering, financiering en subsidies) naar een verschil ten opzichte van de referentie voor een specifieke eigendomssituatie en woningtype.

**BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING**

# Kosten (1/2)

Categorie	Techniek	Toelichting
Collectieve warmte	Restwarmte	<ul style="list-style-type: none"> <li>De geschatte verhoging van de eindgebruikerskosten ten opzichte van een aardgasketel bedraagt + 338 €/j.</li> <li>De kosten van restwarmte zijn zeer situatieafhankelijk. Er zijn kosten voor het uitkoppelen van de warmte enerzijds. Daarnaast maakt het uit hoe ver de bron van het distributienet vandaan ligt. Ook is er voor sommige vormen van restwarmte bijstook nodig, wat zorgt voor additionele operationele kosten. Typisch gezien is restwarmte één van de meest kosteneffectieve warmtebronnen, maar tegelijkertijd ook zeer divers op dit vlak.</li> </ul>
	Aquathermie	<ul style="list-style-type: none"> <li>De geschatte verhoging van de eindgebruikerskosten ten opzichte van een aardgasketel bedraagt + 1096 €/j.</li> <li>Ook voor aquathermie zijn de kosten situatieafhankelijk, het temperatuurniveau waar naartoe gewerkt wordt maakt uit voor de kosten van een eventuele warmtepomp en opwaarderingsstappen. Daarnaast zijn er verschillende vormen van aquathermie, uit oppervlaktewater of uit afvalwater. In het laatste geval is de brontemperatuur hoger en is het dus ook beter haalbaar om naar een middentemperatuurniveau te komen (circa 70 °C). Dit scheelt vervolgens in benodigde woningaanpassingen. Daarentegen is aquathermie uit oppervlaktewater op meer plekken mogelijk, maar is het temperatuurniveau waarop nog efficiënt warmte gewonnen kan worden lager. Dit vraagt voor slecht geïsoleerde woningen meer aanpassingen aan isolatie en afgiftesysteem. Aquathermie wordt bovendien toegepast in combinatie met WKO-systemen zodat warmte in ondiepe lagen kan worden opgeslagen gedurende de zomer.</li> <li>Opwaarderen in de woning is ook mogelijk: het gaat dan niet om een warmtenet, maar een lokaal bronnet met (zeer) lage temperatuur. Dat is goedkoper in de aanleg maar benodigd een warmtepomp in de woning.</li> </ul>
	Biomassa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kosten van biomassa fluctueren sterk tussen jaren. Biomassa wordt soms als basislastbron gebruikt maar veel ook als piekbron. Op de langere termijn is het waarschijnlijk dat het vooral nog een piek- en backup ketel is. Dit komt door de beperkte beschikbaarheid van lokaal en duurzaam te winnen houtachtige biomassa. Rondom de duurzaamheid van biomassa is bovendien veel discussie ook vanwege de rookgassen en stikstofuitstoot.</li> </ul>
	Zonthermie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zonthermie is een duurzame warmtebron maar produceert met name in de zomer. De warmtevraag is met name in de winter aanwezig. Momenteel wordt het daarom vooral op kleine schaal toegepast in bestaande warmtenetten. Er zijn ook pilots met kleine collectieve systemen met zonthermie in combinatie met seizoensopslag (zoals in Nagele); deze systemen zijn echter nog niet op grote schaal toegepast. Kosten liggen typisch vrij hoog in het geval van basislast vanwege de combinatie met opslag en lage TRL. Bij toepassing op kleine schaal en in bestaande netten liggen de kosten een stuk lager omdat combinatie met opslag niet gekoppeld is.</li> </ul>
Duurzame gassen	Groen gas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Groen gas wordt gewonnen uit vergisting (op basis van bijvoorbeeld mest) of vergassing. De beschikbaarheid van biomassa om te vergisten of vergassen is op termijn echter een sterk beperkende factor. Het binnenlandse potentieel ligt naar verwachting ergens tussen de 2 en 4 miljard m<sup>3</sup> gas, terwijl de gasvraag in de gebouwde omgeving zo'n 12 miljard m<sup>3</sup> is. Samen met industrie 40 miljard m<sup>3</sup>. De kosten voor groen gas hangen sterk samen met de onzekerheid van biomassaprijzen.</li> </ul>
	Waterstofgas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Op dit moment zijn de kosten nog zeer hoog, maar waterstof zal een belangrijke energiedrager zijn in de toekomst, met name waar alternatieven schaars zijn. De kosten zijn hoog omdat er relatief veel duurzame energie nodig is voor de productie. Dit betekent veel verlies. Ook vraagt de inzet van waterstof in de gebouwde omgeving om een waterstofinfrastructuur: keuzes hierin zijn strategische vragen gericht op de lange termijn. De huidige aardgasinfrastructuur kan worden omgebouwd naar waterstof, maar dat betekent dat methaangas er niet tegelijkertijd in kan worden vervoerd.</li> </ul>



## BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING

# Kosten (2/2)

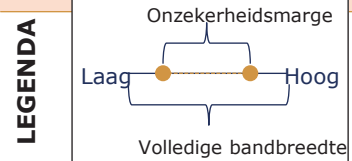
Categorie	Techniek	Toelichting
Elektriciteit	Lucht-warmtepomp	<ul style="list-style-type: none"> <li>De variabele kosten liggen laag, maar de investeringskosten liggen gemiddeld vrij hoog, zeker als isolatie ook nodig is. De lucht-warmtepomp is in de nieuwbouw nu de meest toegepaste techniek voor ruimteverwarming. Deze techniek zal in de toekomst waarschijnlijk een groot deel van de huishoudens verwarmen. De overgang naar luchtwarmtepompen vraagt echter veel van woningen in de bestaande bouw in termen van extra isolatie en aanpassing van het afgiftesysteem. Ook zijn de warmtepompen zelf een stuk duurder in de aanschaf dan de huidige gasketels. Daar staat tegenover dat warmtepompen warmte uit de buitenlucht kunnen winnen en daardoor een stuk minder extra energie nodig hebben in de vorm van elektriciteit ten opzichte van aardgas met een gasketel.</li> </ul>
	PVT-warmtepomp	<ul style="list-style-type: none"> <li>De kosten zijn vergelijkbaar met die van een luchtwarmtepomp. De PVT-warmtepomp is nu relatief gezien echter nog iets duurder dan een luchtwarmtepomp met losse zonnepanelen vanwege de beperkte toepassingschaal.</li> </ul>
	Ventilatielucht-warmtepomp	<ul style="list-style-type: none"> <li>De aanschafkosten liggen lager dan die van een buitenlucht-warmtepomp. Echter, de beperkte capaciteit kan ervoor zorgen dat de variabele kosten relatief gezien stijgen door een afname in efficiëntie.</li> </ul>
Hybride Elektra + gas	Hybride warmtepomp	<ul style="list-style-type: none"> <li>De geschatte verhoging van de eindgebruikerskosten ten opzichte van een aardgasketel bedraagt + 58 €/j.</li> <li>Hybride warmtepompen zijn wat betreft investering en benodigde woningaanpassingen een stuk voordeliger dan volledig elektrische warmtepompen. Bovendien ligt de efficiëntie gemiddeld gezien ook relatief hoog, waardoor variabele kosten een stuk voordeliger zijn dan bij alleen een gasketel.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>De geschatte verhoging van de eindgebruikerskosten ten opzichte van een aardgasketel bedraagt + 1.042 €/j.</li> <li>Er zijn omvangrijke investeringen vereist in zowel woning als installatie. Variabele kosten daarentegen zijn relatief laag.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Er zijn omvangrijke investeringen vereist in zowel woning als installatie. Variabele kosten daarentegen zijn relatief laag.</li> </ul>
GBES	Horizontale bodemwarmte-wisselaar	<ul style="list-style-type: none"> <li>De geschatte verhoging van de eindgebruikerskosten ten opzichte van een aardgasketel bedraagt + 1.042 €/j.</li> <li>Er zijn omvangrijke investeringen vereist in zowel woning als installatie. Variabele kosten daarentegen zijn relatief laag.</li> </ul>
	Aardwarmtekorf	<ul style="list-style-type: none"> <li>Er zijn omvangrijke investeringen vereist in zowel woning als installatie. Variabele kosten daarentegen zijn relatief laag.</li> </ul>
	Verticale bodemwarmte-wisselaar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Er zijn omvangrijke investeringen vereist in zowel woning als installatie. Variabele kosten daarentegen zijn relatief laag.</li> </ul>
OBES	Monobron	<ul style="list-style-type: none"> <li>De kosten voor individuele aanleg beginnen vanaf € 12.000 voor een verwarmingscapaciteit van 6 kW (alle OBES).</li> <li>Projectprijzen vanaf 10 tot 40 woningen bedragen rond de € 10.000.<sup>1</sup></li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Er zijn omvangrijke investeringen vereist in zowel woning als installatie. Variabele kosten daarentegen zijn relatief laag.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Er zijn omvangrijke investeringen vereist in zowel woning als installatie. Variabele kosten daarentegen zijn relatief laag.</li> </ul>
Collectieve warmte	Geothermie	<ul style="list-style-type: none"> <li>De geschatte verhoging van de eindgebruikerskosten ten opzichte van een aardgasketel bedraagt + 338 €/j.</li> <li>Geothermie kent zowel hoge investeringskosten als relatieve hoge kosten vanwege de beprijzing van risico's (verrekend in de vaste kosten). De duur van het boren is niet volledig met zekerheid van tevoren in te schatten en is een belangrijk onderdeel van de kosten. Daarnaast is het ook van tevoren onzeker hoeveel warmte er gewonnen kan worden. Eenmaal in bedrijf zijn de variabele kosten voor warmtewinning relatief laag ten opzichte van andere warmtebronnen.</li> <li>Ondiepe geothermie (tot 1.500 m) heeft minder hoge aanlegkosten door het gebruik van kleinere boorinstallaties, maar ook minder warmteopbrengst. Geothermie is daardoor meer vergelijkbaar met OBES'en.<sup>2</sup></li> </ul>

BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING

# Efficiëntie (1/2)

Categorie	Techniek	Schuifje	Toelichting
Collectieve warmte	Restwarmte		<ul style="list-style-type: none"> <li>Een gemiddeld rendement is moeilijk te geven en hangt af van de volgende factoren: de opwek van warmte, het verlies van warmte tijdens transport en eventueel tussentijds bijstoken van de temperatuur. Het rendement van een specifiek warmtenet moet per situatie berekend worden.<sup>1</sup></li> </ul>
	Biomassa		<ul style="list-style-type: none"> <li>Biomassa heeft een COP tot 0,9 (iets lager dan gasverbranding doordat de verbranding minder schoon is), afhankelijk van het verlies van warmte tijdens transport en verbrandingsmateriaal.</li> <li>Deze techniek wordt meestal in combinatie met andere technieken gebruikt, waardoor het combinatierendement beoordeeld moet worden.</li> </ul>
	Aquathermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Een gemiddeld rendement is moeilijk te geven en hangt af van de volgende factoren: de opwek van warmte, het verlies van warmte tijdens transport en eventueel tussentijds bijstoken van de temperatuur.</li> <li>Deze techniek wordt altijd als basislast gebruikt in combinatie met een andere techniek. Het rendement van een specifiek warmtenet moet per situatie berekend worden.<sup>1</sup></li> </ul>
	Zonthermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Een hoge COP is haalbaar, 8 bij bestaande bouw tot 20 bij nieuwbouw.<sup>2</sup></li> </ul>
Duurzame gassen	Groen gas		<ul style="list-style-type: none"> <li>Het rendement van groengas-verbranding is vergelijkbaar met een normale ketel. Voor tapwater is dit rond de 70% (COP = 0,7), voor ruimteverwarming kan dit oplopen tot over de 100% (COP = 1,08), door condensatiewarmte van rookgassen.</li> </ul>
	Waterstofgas		<ul style="list-style-type: none"> <li>Het rendement is vergelijkbaar met verbranding van groen gas, maar is vaak lager in praktijk als gevolg van mindere keuze- diversiteit in verbrandingsketels.</li> </ul>
Elektriciteit	Lucht-warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>De efficiëntie is afhankelijk van afgiftetemperatuur, aansturing warmtepomp en aanwezigheid van buffervat.</li> <li>COP gemiddeld 4-6.<sup>3</sup></li> </ul>
	PVT-warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>De efficiëntie is afhankelijk van de pomp en de PVT-technologie.</li> <li>In vergelijkbare situaties is deze techniek efficiënter dan een luchtwarmtepomp, met een COP van 4.5 tot 6.5.<sup>4</sup></li> </ul>
	Ventilatielucht-warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>De efficiëntie is afhankelijk van type en buitentemperatuur.</li> <li>COP 2,8-3,8.<sup>5</sup></li> </ul>
Hybride Elektra + gas	Hybride warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>De efficiëntie is afhankelijk van de instellingen en regeltechniek van de Hr-ketel en warmtepomp, warmtevraag en de temperatuur van het afgiftesysteem.</li> <li>Een COP warmtepomp tot 5 ketel is vergelijkbaar met groen gas. Gecombineerde SCOP hangt af van situatie.<sup>6</sup></li> </ul>
GBES	Horizontale bodemwarmte-wisselaar		<ul style="list-style-type: none"> <li>De efficiëntie is afhankelijk van afgiftetemperatuur, aansturing warmtepomp en aanwezigheid van buffervat.</li> <li>Als GBES (te) dicht bij elkaar liggen kan interferentie optreden</li> <li>COP is gemiddeld 4-6.<sup>7</sup></li> </ul>
	Verticale bodemwarmte-wisselaar		

Intern vertrouwelijk



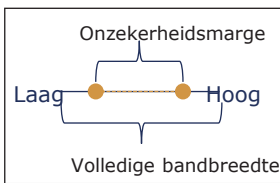
Hoe efficiënt is de warmtetechniek (SCOP/SPF)?

BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING

# Efficiëntie (2/2)

Categorie	Techniek	Schuifje	Toelichting
OBES	Monobron Meervoudig Doublet Recirculatie- systeem		<ul style="list-style-type: none"> <li>SPF is minimaal 4 (eis bij vergunningverlening). Als OBES (te) dicht bij elkaar liggen kan interferentie optreden. Het rendement kan daarmee negatief beïnvloed worden. Bronnen kunnen elkaar ook versterken, wanneer de aanleg correct is gebeurt, dan neemt het rendement juist toe.</li> </ul>
Collectieve warmte	Geothermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Het gemiddeld rendement is moeilijk te geven, dit hangt af van volgende factoren: de opwek van warmte, het verlies van warmte tijdens transport en eventueel tussentijds bijstoken van de temperatuur.</li> <li>Wordt altijd gebruikt als basislast (tot maximaal 70% van de energievraag) in combinatie met andere techniek. Rendement van specifiek warmtenet moet per situatie berekend worden. <sup>8</sup></li> </ul>

LEGENDA



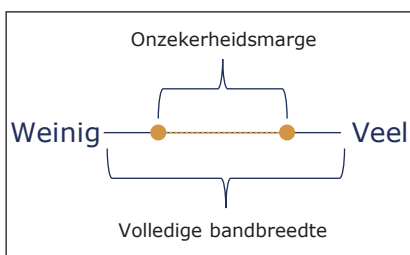
Hoe efficiënt is de warmtetechniek (SCOP/SPF)?

## BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING

# Ruimtelijke impact bovengronds

Categorie	Techniek	Schuifje	Toelichting
Collectieve warmte	Restwarmte		<ul style="list-style-type: none"> <li>De straat moet enkele weken open blijven voor de aanleg van het warmtenet, wat zorgt voor een tijdelijke bovengrondse ruimtelijke impact. <sup>1</sup></li> </ul>
	Aquathermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Aquathermie vereist de aanleg van enkele permanente gebouwtjes, zoals voor de warmtewisselaar en de collectieve warmtepomp.</li> </ul>
	Biomassa		<ul style="list-style-type: none"> <li>Een permanente opslagmogelijkheid is benodigd in de vorm van een loods waar (meermaals) per dag of week vrachtwagens met hout kunnen aanrijden. Deze kan buiten bewoond gebied liggen.</li> </ul>
	Zonthermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Een permanente locatie voor zonneveld of zonnedak is nodig.</li> </ul>
Duurzame gassen	Groen gas		<ul style="list-style-type: none"> <li>Groen gas maakt gebruik van de bestaande gasleidingen, waardoor er geen ruimtelijke impact is.</li> </ul>
	Waterstofgas		<ul style="list-style-type: none"> <li>Waterstof maakt gebruik van bestaande gasleidingen.</li> <li>De leidingen hebben een extra coating nodig, die vaak nieuw moet worden aangebracht, wat zorgt voor een tijdelijke bovengrondse ruimtelijke impact. <sup>2</sup></li> </ul>
Elektriciteit	Lucht-warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>De buitenlucht wordt aangezogen door de ventilator van de buitenunit, wat (permanente) geluidshinder kan veroorzaken in dichtbevolkte gebieden. <sup>3</sup></li> </ul>
	PVT-warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>PVT-panelen zijn zichtbaar in de buitenruimte en kunnen invloed hebben op het straatbeeld. <sup>4</sup></li> </ul>
	Ventilatielucht-warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>Er is geen sprake van ruimtelijke impact. <sup>5</sup></li> </ul>
Hybride Elektra + gas	Hybride warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>De buitenlucht wordt met de ventilator van de buitenunit aangezogen. Dit kan (permanente) geluidshinder veroorzaken in dichtbevolkte gebieden. <sup>6</sup></li> </ul>
GBES <sup>1</sup>	Horizontale bodemwarmte-wisselaar		<ul style="list-style-type: none"> <li>Grootschalig graafwerk kan tijdelijk overlast veroorzaken.</li> <li>De impact van de benodigde bovengrondse ruimte kan best ingrijpend zijn bij collectieve systemen, afhankelijk van de inrichting van dit collectief en de keuze voor de locatie van de warmtepomp.</li> </ul>
	Aardwarmtekorf		<ul style="list-style-type: none"> <li>Graafwerk kan tijdelijk overlast veroorzaken.</li> <li>De ruimte-inname door korven kan de mogelijkheden voor toekomstige bebouwing beperken.</li> <li>De impact van de benodigde bovengrondse ruimte kan best ingrijpend zijn bij collectieve systemen, afhankelijk van de inrichting van dit collectief en de keuze voor de locatie van de warmtepomp.</li> </ul>
	Verticale bodemwarmte-wisselaar		<ul style="list-style-type: none"> <li>Diepboringen kunnen mogelijk overlast veroorzaken. Bij de aanleg van een collectief systeem zijn vaak veel boringen en leidingen nodig.</li> <li>Een zonnecollector of warmtepomp kan permanente (geluids)overlast veroorzaken.</li> </ul>

## LEGENDA

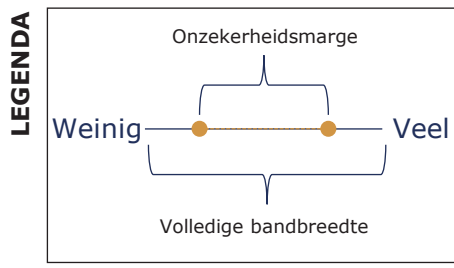


Wat is het (in)direct ruimtegebruik of impact op de omgeving?

**BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING**

# Ruimtelijke impact bovengronds

Categorie	Techniek	Schuifje	Toelichting
OBES	Monobron	●●——	<ul style="list-style-type: none"> <li>Een OBES-systeem vereist ruimte voor een put die toegankelijk moet blijven, met een maximale afmeting van 2 x 2 meter.</li> <li>De bovengrondse ruimtelijke impact kan aanzienlijk zijn bij collectieve systemen, afhankelijk van de inrichting van het collectief en de locatiekeuze van de warmtepomp.</li> </ul>
	Meervoudig Doublet		
	Recirculatie-systeem		
Collectieve warmte	Geothermie	——●●	<ul style="list-style-type: none"> <li>De boorlocatie vereist tijdelijk 1 tot 1,5 hectare, waarbij de overlast door de boring per put één tot twee maanden kan duren.</li> <li>De winningslocatie beslaat ongeveer 0,5 hectare en kan buiten bewoond gebied liggen.</li> </ul>



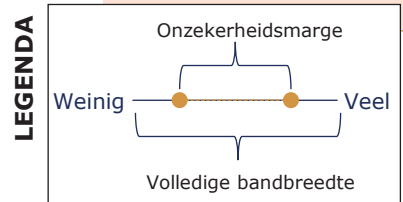
Wat is het (in)direct ruimtegebruik of impact op de omgeving?

BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING

# Ruimtelijke impact ondergronds (1/2)

Categorie	Techniek	Schuifje	Toelichting
Collectieve warmte	Restwarmte <sup>1</sup>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Een koppeling met MT- of HT-warmteopslag is mogelijk.</li> <li>Het warmtenet moet worden aangelegd in de drukke ondergrond, waar al veel kabels en leidingen liggen.</li> </ul>
	Aquathermie <sup>2</sup>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Zowel warmte als koude uit oppervlaktewater kunnen worden benut.</li> <li>Bij een combinatie met een WKO-systeem kunnen perforaties in de ondergrond optreden.</li> <li>Kan goed gecombineerd worden met WKO. Hiermee kan onbalans worden voorkomen en is opslag van warmte uit de zomer mogelijk.</li> <li>De aanleg van het warmtenet vereist werken in een drukke ondergrond met veel bestaande kabels en leidingen.</li> </ul>
	Biomassa <sup>3</sup>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Koppeling met MT- of HT-warmteopslag is mogelijk.</li> <li>Het warmtenet moet worden aangelegd in de drukke ondergrond, waar al veel kabels en leidingen liggen.</li> </ul>
	Zonthermie <sup>4</sup>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Dit systeem wordt vaak gekoppeld met GBES.</li> <li>Warmtenet moet worden aangelegd in de drukke ondergrond, waar al veel kabels en leidingen liggen.</li> <li>Een theoretische koppeling met MT- of HT-warmteopslag is mogelijk, maar wordt in de praktijk nog niet toegepast.</li> </ul>
Duurzame gassen <sup>5</sup>	Groen gas		<ul style="list-style-type: none"> <li>Groen gas maakt gebruik van bestaande gasleidingen, er is dus geen extra ruimte nodig in de ondergrond.</li> </ul>
	Waterstofgas		<ul style="list-style-type: none"> <li>Maakt gebruik van bestaande gasleidingen, dus geen extra ruimte nodig. De leidingen hebben wel een extra coating nodig maar zullen niet veel meer ruimte vragen. Deze aanleg kan tijdelijke impact veroorzaken.</li> </ul>
Elektriciteit	Lucht-warmtepomp Ventilatielucht-warmtepomp PVT-warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>Geen directe impact, tenzij het net verzwakt moet worden als gevolg van de toename in elektriciteitsgebruik.</li> </ul>
	Hybride Elektra + gas		<ul style="list-style-type: none"> <li>Geen directe impact, tenzij het net verzwakt moet worden als gevolg van de toename in elektriciteitsgebruik.</li> </ul>
GBES <sup>*,6</sup>	Horizontale bodemwarmte-wisselaar		<ul style="list-style-type: none"> <li>De aanwezigheid van veel leidingwerk legt beperkingen op aan de mogelijkheden van bebouwing.</li> <li>De impact van de benodigde ondergrondse ruimte kan best ingrijpend zijn bij collectieve systemen, afhankelijk van de inrichting van dit collectief.</li> </ul>
	Aardwarmtekorf		<ul style="list-style-type: none"> <li>De korf wordt in een afgraving van 4 meter diep geplaatst. Als er meer korven nodig zijn, neemt dit meer oppervlak in.</li> </ul>
	Verticale bodemwarmte-wisselaar		<ul style="list-style-type: none"> <li>De impact van leidingwerk is beperkt omdat er alleen leidingen naar gebouwen, maar geen verdere distributieleidingen nodig zijn.</li> <li>Het risico op negatieve gevolgen door perforatie is groter dan bij andere GBES-systemen, vanwege de vele ondergrondse perforaties die de kans op doorboring van beschermende kleilagen vergroten. Modernere varianten met langere lussen kunnen dit risico echter verminderen.</li> <li>Onzorgvuldige boorgatafwerking brengt risico's mee.</li> </ul>

Intern vertrouwelijk

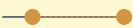
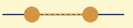
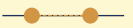
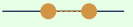


Wat is het (in)direct ruimtegebruik of impact op de omgeving?

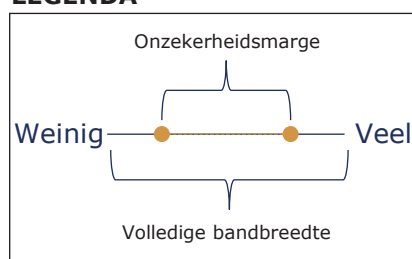
\*GBES'en die gebruik maken van glycol vormen een extra risico (t.o.v. systemen die alleen water gebruiken) voor de ondergrond bij lekkage. Precieze effecten zijn onbekend.

## BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING

# Ruimtelijke impact ondergronds (2/2)

Categorie	Techniek	Schuifje	Toelichting
OBES <sup>7</sup>	Monobron		<ul style="list-style-type: none"> <li>Het mengen van grondwater van verschillende diepteniveaus kan ongewenst zijn.</li> <li>Voor optimale benutting zijn collectieve systemen, interferentiegebieden en/of masterplannen gewenst.</li> <li>De onderlinge verbinding tussen putten en gebouwen via ondergronds leidingwerk kan in de praktijk moeilijk worden afgestemd met bestaande infrastructuur.</li> </ul>
	Meervoudig Doublet		<ul style="list-style-type: none"> <li>Voor optimale benutting zijn collectieve systemen, interferentiegebieden en/of masterplannen gewenst.</li> <li>Putten onderling en gebouwen worden verbonden via leidingwerk dat ondergronds wordt aangelegd. Afstemming met bestaande infra blijkt in de praktijk lastig.</li> </ul>
	Recirculatie-systeem		<ul style="list-style-type: none"> <li>Deze techniek wordt in verschillende steden toegepast, soms in combinatie met het beheer van grondwaterverontreiniging, zoals in Eindhoven en Utrecht.</li> <li>Putten onderling en gebouwen worden verbonden via leidingwerk dat ondergronds wordt aangelegd. Afstemming met bestaande infra blijkt in de praktijk lastig.</li> </ul>
Collectieve warmte	Geothermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Slechts één of een beperkt aantal boorgaten voorziet een groot gebied van warmte. <sup>8</sup></li> <li>Geothermie is niet toepasbaar in grondwaterbeschermingsgebieden. <sup>9</sup></li> <li>Het warmtenet moet worden aangelegd in de drukke ondergrond, waar al veel kabels en leidingen liggen.</li> </ul>

## LEGENDA



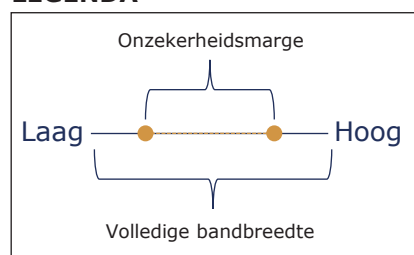
Wat is het (in)direct ruimtegebruik of impact op de omgeving?

## BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING

# Organisatorische complexiteit

Categorie	Techniek	Schuifje	Toelichting
Collectieve warmte	Restwarmte Aquathermie Biomassa Zonthermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Een collectief warmtenet vereist het organiseren van collectiviteit in de wijk, investering en financiering van een nieuwe infrastructuur en bron. Wetgevend kader, instrumentarium van overheden en financieringsmogelijkheden maken dat dit vooralsnog zeer complex is in Nederland.</li> </ul>
Duurzame gassen	Groen Gas Waterstofgas		<ul style="list-style-type: none"> <li>Organisatorische complexiteit wordt sterk bepaald door de vraag of distributie plaatsvindt over het bestaande gasnetwerk of dat er een lokaal distributienet moet worden gerealiseerd. Deze complexe opgave ligt vaak bij de Rijksoverheid en netbeheerders.</li> </ul>
Elektriciteit	Lucht-warmtepomp PVT-warmtepomp Ventilatielucht-warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>Deze individuele oplossing kan tot complexiteit voor de Rijksoverheid en netbeheerders leiden via netcongestie doordat systemen vaak meer stroom verbruiken dan gasketels.</li> <li>Hoewel het collectief in flats toepasbaar is, wordt in de praktijk vaak de voorkeur gegeven aan OBES of GBES.<sup>1</sup></li> </ul>
Hybride Elektra + gas	Hybride warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>Deze individuele oplossing kan wel tot complexiteit voor de Rijksoverheid en netbeheerders leiden via netcongestie doordat systemen vaak meer stroom verbruiken dan gasketels.</li> <li>Kan collectief toegepast worden in flats maar in praktijk wordt dan eerder gekozen voor een OBES of GBES.</li> </ul>
GBES <sup>2</sup>	Horizontale bodemwarmte-wisselaar Aardwarmtekorf		<ul style="list-style-type: none"> <li>Deze systemen kunnen zowel collectief als individueel worden geregeld, waarbij de wijk of gebouweigenaren doorgaans verantwoordelijk zijn voor de organisatie.</li> <li>Bij grootschalige toepassing van individuele warmtepompen en bodemenergiesystemen (zoals in de grondgebonden woningbouw) kan een GBES voordeliger zijn dan een OBES.</li> </ul>
	Verticale bodemwarmte-wisselaar		<ul style="list-style-type: none"> <li>Collectief en individueel te regelen. De wijk of gebouweigenaren zijn vaak organisatorisch verantwoordelijk.</li> <li>Bij grootschalige toepassing van individuele warmtepompen en bodemenergiesystemen (zoals in de grondgebonden woningbouw) kan een GBES voordeliger zijn dan een OBES.</li> <li>Een zorgvuldige analyse vooraf en nauwe samenwerking met het grondboorbedrijf zijn vereist voor de installatie van dit systeem.</li> </ul>
OBES	Monobron Meervoudig Doublet Recirculatiesysteem		<ul style="list-style-type: none"> <li>Collectief of individueel te regelen. Een OBES vergt onderhoud en monitoring en verplichte rapportages. Dat is beter collectief en door één verantwoordelijke partij te organiseren.</li> <li>Minder rendabel bij grootschalig individueel gebruik dan een GBES.</li> <li>Voor de aanleg van een OBES is altijd een omgevingsvergunning nodig met in beginsel de provincie als bevoegd gezag.</li> </ul>
Collectieve warmte	Geothermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Geothermie wordt altijd toegepast via een collectief warmtenet.</li> <li>Organiseren van collectiviteit in de wijk, investering en financiering van een nieuwe infrastructuur en bron. Wetgevend kader, instrumentarium van overheden en financieringsmogelijkheden maken dat dit vooralsnog zeer complex is in Nederland.</li> </ul>

## LEGENDA



Hoe complex is de organisatie van de techniek? Welke conflicten kan je verwachten bij de aanleg van het systeem?

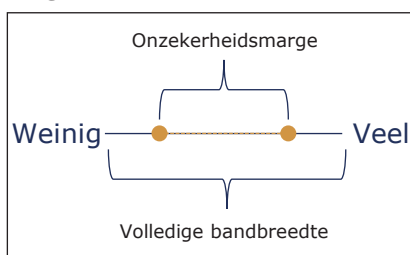


## BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING

## Eisen aan gebouw

Categorie	Techniek	Schuifje	Toelichting
Collectieve warmte	Restwarmte Biomassa		<ul style="list-style-type: none"> <li>Warmtenetten vragen in het algemeen een vervanging van de gasketel door een afleverset. Daarnaast zijn er in de bestaande bouw bouwkundige aanpassingen nodig, zoals een minimaal isolatieniveau van label D bij MT-warmte. <sup>1,2</sup></li> </ul>
	Aquathermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Aquathermie gaat (behalve uit RWZI) gepaard met laagtemperatuur-warmtenetten. Hierdoor zijn naast de bovengenoemde maatregelen ook aanpassingen vereist aan de woning in de vorm van een LT-afgiftesysteem, zoals vervanging van radiatoren door LT-radiatoren en/of vloerverwarming. <sup>2,3</sup></li> <li>Door middel van een collectieve warmtepomp kan ook MT geleverd worden, dit vereist minder aanpassingen aan het gebouw.</li> </ul>
	Zonthermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Voor zonthermie is het temperatuurniveau waarschijnlijk LT, maar dit zou MT kunnen zijn. Aanpassingen aan de woning zijn hiervan afhankelijk. <sup>5</sup></li> </ul>
Duurzame gassen	Groen gas		<ul style="list-style-type: none"> <li>Groen gas vereist geen aanpassingen aan de woning. <sup>6</sup></li> </ul>
	Waterstofgas		<ul style="list-style-type: none"> <li>Voor waterstof zijn aanpassingen nodig aan het gasnet, branders, ketels, kookplaten en de meter. <sup>7</sup></li> </ul>
Elektriciteit	Lucht-warmtepomp PVT-warmtepomp Ventilatielucht-warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>Warmtepompen verwarmen de woning met LT-warmte om voldoende efficiëntie te kunnen bewerkstelligen. Hierdoor is aanpassing aan de woning vereist in de vorm van een afgiftesysteem, zoals vervanging van radiatoren door LT-radiatoren en/of vloerverwarming. Daarnaast dient de woning isolatielabel B of hoger te hebben en is mechanische ventilatie noodzakelijk. <sup>2</sup></li> </ul>
	Hybride Elektra + gas	Hybride warmtepomp	
GBES	Horizontale bodemwarmte-wisselaar Aardwarmtekorf Verticale bodemwarmte-wisselaar		<ul style="list-style-type: none"> <li>De woning moet klaar zijn voor een laagtemperatuur verwarming en eventuele koeling. <sup>9</sup></li> </ul>
	OBES	Monobron Meervoudig Doublet Recirculatie-systeem	
Collectieve warmte	Geothermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>De hoge temperatuur die beschikbaar komt uit GEO-bronnen maakt het mogelijk warmte te leveren aan bestaande stadsverwarmingsnetten. <sup>10</sup></li> </ul>

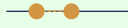

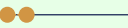
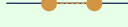





## LEGENDA



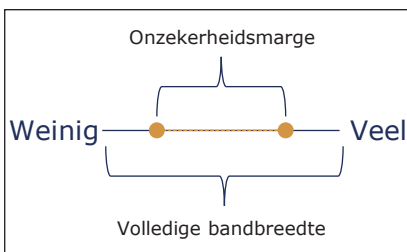
Stelt toepassing van de warmtetechniek eisen aan het gebouw?

## BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING

# Elektriciteitsgebruik (1/2)

Categorie	Techniek	Schuifje	Toelichting
Collectieve warmte	Restwarmte		<ul style="list-style-type: none"> <li>Het ontsluiten van restwarmte vereist relatief gezien vrijwel geen elektriciteit, waarbij wel enige onzekerheid bestaat dat deze i.c.m. een warmtepomp ontsloten dient te worden om de warmte nuttig in te kunnen zetten. Daarnaast verbruiken warmtenetten over het algemeen elektriciteit voor pompenergie. Dit is op pompniveau zeker significant maar per woning relatief beperkt.<sup>1</sup></li> </ul>
	Aquathermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Aquathermie gaat altijd gepaard met een opwaarderingsstap met een warmtepomp, zodat de warmte toepasbaar is in de gebouwde omgeving en daarnaast ook vrijwel altijd met een WKO. Dit maakt dat aquathermie relatief nog aardig wat elektriciteit vraagt.</li> <li>In het algemeen geldt dat LT-warmtenetten t.o.v. MT-warmtenetten enerzijds meer pompenergie/elektriciteit vragen om de warmte af te kunnen zetten/voldoende rond te pompen voor voldoende warmteafgifte. Daarnaast kennen LT-systemen vaak ook meer integratie van warmtepompen/elektrificatie voor opwaardering, centraal dan wel per woning.<sup>2</sup></li> </ul>
	Biomassa		<ul style="list-style-type: none"> <li>Het ontsluiten van biomassa vereist relatief gezien weinig elektriciteit.<sup>3</sup></li> <li>Biomassa vervoeren kan elektriciteit vragen, afhankelijk van de methode.</li> </ul>
	Zonthermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Zonthermie vraagt langetermijnopslag als basislast en zal ook in de toekomst waarschijnlijk een elektrische back-up-WP of -ketel kennen. De elektriciteitsvraag hangt hier grotendeels mee samen.<sup>4</sup></li> </ul>
Duurzame gassen	Groen gas Waterstofgas		<ul style="list-style-type: none"> <li>In de situatie van duurzame gassen blijft er net zoals in de huidige situatie een gasketel in de woningen aanwezig. Hierdoor is er geen toename in elektriciteitsvraag t.o.v. de huidige situatie.</li> </ul>
Elektriciteit	Lucht-warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>Warmtepompen zorgen voor een forse toename in het elektriciteitsverbruik. Hierbij is de SCOP bepalend om het verschil tussen warmtepompen te duiden.<sup>5</sup></li> </ul>
	PVT-warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>PVT-warmtepompen hebben gemiddeld een iets lagere impact dan luchtwarmtepompen omdat ze iets efficiënter zijn. Echter, in de piek zal dit tegenvallen.<sup>6</sup></li> </ul>
	Ventilatielucht-warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ventilatielucht-warmtepompen hebben een grotere onzekerheid vanwege de beperktere capaciteit. De efficiëntie is mogelijk groter dan bij ander warmtepompen, maar minder als weerstandverwarming ingeschakeld wordt, wat typisch gebeurt tijdens de piek.<sup>8,9</sup></li> </ul>
Hybride Elektra + gas	Hybride warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>Hybride warmtepompen zijn kleiner gedimensioneerd dan all-electric warmtepompen en hebben potentieel een zeer beperkte impact op netcongestie, doordat op piekmomenten de gasketel de warmtevraag kan opvangen. Echter, het is wel van belang dat de warmtepompen dan ook aan te sturen zijn.<sup>7</sup></li> </ul>

## LEGENDA



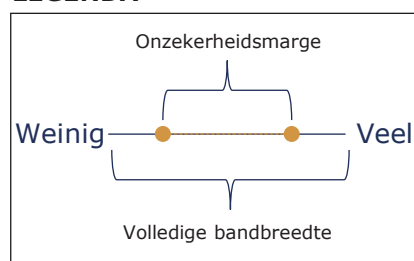
Wordt er elektriciteit verbruikt bij toepassing van de techniek?

BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING

# Elektriciteitsgebruik (2/2)

Categorie	Techniek	Schuifje*	Toelichting
GBES	Horizontale bodemwarmte-wisselaar Aardwarmtekorf Verticale bodemwarmte-wisselaar		<ul style="list-style-type: none"> <li>Een bodemwarmtepomp in combinatie met bodemwarmtewisselaars kan de benodigde elektriciteit (het aansluitvermogen) aanzienlijk beperken.<sup>10</sup></li> </ul>
OBES	Monobron Meervoudig Doublet Recirculatie-systeem		<ul style="list-style-type: none"> <li>Bij gebruik van deze technologieën ontstaat een veel minder grote elektriciteitsvraag dan bij gebruik van duurzame elektrische oplossingen.<sup>11</sup></li> </ul>
Collectieve warmte	Geothermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Voor aardwarmte is relatief weinig elektriciteit nodig vergeleken met een individuele warmtepomp. Daardoor wordt netcongestie tegengegaan. In combinatie met opslag van warmte kan geothermie ook bij hoge vraag in de winter warmte leveren.<sup>12</sup></li> </ul>

**LEGENDA**



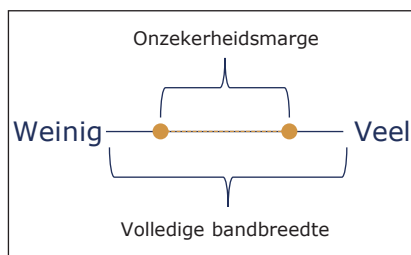
Wordt er elektriciteit verbruikt bij toepassing van de techniek?

## BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING

# Randvoorwaarden locatie

Categorie	Techniek	Schuifje	Toelichting
Collectieve warmte	Restwarmte		• Het gebruik van restwarmte is mogelijk rond industrielocaties met nuttige temperaturen als restproduct.
	Aquathermie		• Aquathermie is mogelijk bij meren, rivieren, kanalen, en bij afval- en drinkwaterleidingen.
	Biomassa		• Biomassa kan overal worden toegepast, mits voldaan wordt aan regels voor certificering, verkeer, geluid en milieu. Denk aan de maximale afstand tot waar transport als duurzaam mag worden beschouwd. De locatie van de centrale is gebonden aan deze regels. <sup>1</sup>
	Zonthermie		• Zonnepanelen kunnen op daken of land geplaatst worden. Daken moeten geschikt zijn voor zonnepanelen.
Duurzame gassen	Groen gas Waterstofgas		• Beperkte beschikbaarheid betekent dat het alleen op pilotlocaties kan worden toegepast. <sup>2</sup>
Elektriciteit	Lucht-warmtepomp PVT-warmtepomp Ventilatielucht-warmtepomp		• De mogelijkheid tot het aanleggen van deze technologieën is afhankelijk van de staat van het elektriciteitsnet.
Hybride Elektra + gas	Hybride warmtepomp		• De mogelijkheid tot het aanleggen van deze technologie is afhankelijk van de staat van het elektriciteitsnet.
GBES	Horizontale bodemwarmte-wisselaar Aardwarmtekorf		• Een grote oppervlakte moet afgegraven kunnen worden.
	Verticale bodemwarmte-wisselaar		• Kan overal worden toegepast met voldoende verticale ruimte, behalve in waterwingebieden, grondwaterbeschermingsgebieden en boringvrije zones.
OBES	Monobron Meervoudig Doublet Recirculatiesysteem		• Niet toegestaan in grondwaterbeschermingsgebieden of boringvrije zone. Gebieden kunnen minder geschikt zijn wegens beperkte opbrengst of mogelijke ongewenste effecten.
Collectieve warmte	Geothermie		• Regelgeving is nog niet strikt maar geothermie kan een ongeschikte techniek zijn in grondwaterbeschermingsgebieden of in aardbevingsgevoelige zones. <sup>3</sup>

## LEGENDA



Zijn er specifieke eisen aan de locatie van de warmtetechniek?

## BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING

# Koeling

Categorie	Techniek	Icoon	Toelichting
Collectieve warmte	Restwarmte	✗	• Geen koeling mogelijk.
	Aquathermie	✗	• Koeling is theoretisch mogelijk met rivierwater. Hiervoor is een extra aansluiting nodig. Dit wordt in praktijk niet toegepast. <sup>1</sup>
	Biomassa	✗	• Geen koeling mogelijk.
	Zonthermie	✗	• Met een absorptie- of adsorptie-koelsysteem als aanvulling op een zonthermiesysteem is koeling mogelijk, dit wordt echter in de praktijk niet toegepast. <sup>2</sup>
Duurzame gassen	Groen Gas Waterstofgas	✗	• Geen koeling mogelijk.
Elektriciteit	Lucht-warmtepomp	✓	• Kan gebruik maken van actieve koeling (dit kost energie). • 5 tot 7 °C koeling mogelijk in woningen met vloerverwarming of ventilatieconvectoren. <sup>3</sup>
	PVT-warmtepomp	✓	• Kan gebruik maken van actieve koeling (dit kost energie). • 5 tot 7 °C koeling mogelijk in woningen met vloerverwarming of ventilatieconvectoren. <sup>3</sup> • Minder goed mogelijk dan met een luchtwarmtepomp, doordat de zonnepanelen warmte opnemen.
	Ventilatielucht-warmtepomp	✓	• Koeling is niet mogelijk, alleen extra ventilatie. <sup>4</sup> • 5 tot 7 °C koeling mogelijk in woningen met vloerverwarming of ventilatieconvectoren, hierbij kunnen extra ventilatoren aangesloten worden op de radiator. <sup>3</sup>
Hybride Elektra + gas	Hybridewarmte pomp	✓	• Kan gebruik maken van actieve koeling (dit kost energie). • 5 tot 7 °C koeling mogelijk in woningen met vloerverwarming of ventilatieconvectoren. <sup>3</sup>
GBES	Horizontale bodemwarmte-wisselaar Aardwarmtekorf Verticale bodemwarmte-wisselaar	✓	• Een gesloten bodemenergiesysteem kan ca. 30% – 40% van de geleverde warmte ook weer als vrije koeling terugleveren. <sup>5</sup>
OBES	Monobron Meervoudig Doublet Recirculatie-systeem	✓	• Een open systeem heeft een veel groter passief koelpotentieel dan een gesloten energiesysteem. <sup>5</sup>
Collectieve warmte	Geothermie	✗	• Absorptiekoeling is theoretisch mogelijk, maar wordt in praktijk niet toegepast. <sup>6</sup>











## LEGENDA

Koeling	✓
Geen koeling	✗
(Nog) niet toegepast	✗

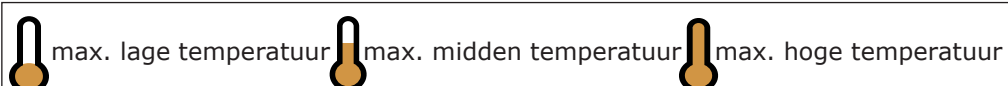
Kan de techniek gebruikt worden voor koeling?

## BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING

# Temperatuurregime

Categorie	Techniek	Icoon	Toelichting
	Restwarmte		<ul style="list-style-type: none"> <li>HT-warmtenetten (aanvoertemperatuur &gt;70 °C) kunnen worden aangelegd in bestaande, oude(re) wijken, met gebouwen die slecht geïsoleerd/te isoleren zijn.</li> <li>MT-warmtenetten (ca. 45-70 °C aanvoer) en LT-warmtenetten (ca. 25-40 °C aanvoer) zijn geschikter voor nieuwere, beter geïsoleerde gebouwen en nieuwbouwwoningen. <sup>1</sup></li> </ul>
Collectieve warmte	Aquathermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>De temperatuur van het water is gewoonlijk te laag voor direct gebruik. Dit kan opgeschaald worden via een warmtepomp in de woning of een collectieve warmtepomp. Het water dat dan bij woningen binnenkomt is gewoonlijk tussen de 40 °C en 50 °C. Hogere temperaturen tot 70 °C kunnen worden behaald door een tweede collectieve of individuele warmtepomp toe te voegen in het systeem, maar dit gaat wel ten koste van de efficiëntie en kosteneffectiviteit van het systeem. <sup>2</sup></li> <li>MT mogelijk bij verwarming met afvalwater (TEA) doordat de temperatuur van het afvalwater uit woningen hoger ligt dan rivierwater (TEO), deze technologie nu voor het eerst toegepast.</li> </ul>
	Biomassa		<ul style="list-style-type: none"> <li>Geschikt voor LT-, MT- en HT-warmteproductie.</li> </ul>
	Zonthermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Met een temperatuur tussen de 70 en 80 °C is de warmte zeer geschikt voor woningen en gebouwen met een redelijke isolatie. <sup>4</sup></li> <li>Bij te lage temperatuur kan dit opgeschaald worden via een warmtepomp in de woning of een collectieve warmtepomp.</li> </ul>
Duurzame gassen	Groen gas Waterstofgas		<ul style="list-style-type: none"> <li>Verbranding van duurzame gassen produceert water van ongeveer 90 °C. Maar hogere temperaturen zijn haalbaar. <sup>5</sup></li> </ul>
Elektriciteit	Lucht-warmtepomp, PVT-warmtepomp Ventilatielucht-warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>Een warmtepomp heeft een lagetemperatuurafgiftesysteem nodig zoals vloerverwarming of LT-convectoren. <sup>6</sup></li> <li>Voor alle afgiftesystemen geldt één regime van aanvoertemperaturen, met een maximum van 55 °C. <sup>6</sup></li> </ul>
Hybride Elektra + gas	Hybride warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>Afgiftetemperatuur ligt tussen de 35 en 40 °C. Door een gasketel zijn ook nog hogere temperaturen mogelijk.</li> </ul>
GBES	Horizontale bodemwarmte-wisselaar		<ul style="list-style-type: none"> <li>Het temperatuurbereik van een gesloten bodemenergiesysteem ligt tussen -5 °C en +30 °C. Omzetting van warmte naar een hogere temperatuur kan aanvullend gebeuren met een warmtepomp. <sup>7</sup></li> </ul>
	Aardwarmtekorf Verticale bodemwarmte-wisselaar		
OBES	Monobron		<ul style="list-style-type: none"> <li>Het temperatuurbereik van een open systeem ligt tussen +5 °C en +25 °C. Omzetting van warmte naar een hogere temperatuur kan aanvullend gebeuren met een warmtepomp. <sup>7</sup></li> </ul>
	Meervoudig Doublet Recirculatiesysteem		
Collectieve warmte	Geothermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Water met een temperatuur van 65 tot 90 °C, afhankelijk van de locatie, wordt uit de bodem gehaald. Ondiepe geothermie heeft een lagere warmteopbrengst (van rond de 45 °C). <sup>8</sup></li> </ul>










## LEGENDA



Welk temperatuurregime gebruikt de techniek maximaal?

## BOUWSTEEN 3 MENUKAART: TOELICHTING EN FEITELIJKE ONDERBOUWING

## Opslag

Categorie	Techniek	Icoon	Toelichting
Collectieve warmte	Restwarmte		<ul style="list-style-type: none"> <li>Een stationair systeem voor hergebruik van restwarmte dichtbij de bron is mogelijk. Investeringsbesluiten worden vaak niet genomen waardoor dit in praktijk weinig opgepakt wordt.<sup>1</sup></li> </ul>
	Aquathermie Zonthermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Deze energiebron vraagt vaak een combinatie met seizoensopslag, omdat de warmte geogst in de zomer veelal pas nodig is in de winter. Het gebruik van OBES'en ligt voor de hand om als seizoensopslag in te zetten bij grootschalig gebruik.<sup>2</sup></li> </ul>
	Biomassa		<ul style="list-style-type: none"> <li>Biomassa is langdurig op te slaan.</li> </ul>
Duurzame gassen	Groen Gas Waterstofgas		<ul style="list-style-type: none"> <li>Gassen zijn langdurig op te slaan.</li> </ul>
Elektriciteit	Lucht-warmtepomp PVT-warmtepomp Ventilatielucht-warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>Dit systeem kan gecombineerd worden met een thuisbatterij om overgebleven energie op te kunnen slaan.</li> </ul>
Hybride Elektra + gas	Hybride warmtepomp		<ul style="list-style-type: none"> <li>Energie kan opgeslagen worden in een batterij of buffervat. Hier zijn echter geen grootschalige toepassingen van.</li> </ul>
GBES	Horizontale bodemwarmtew isselaar Aardwarmtekorf Verticale bodemwarmtew isselaar		<ul style="list-style-type: none"> <li>Energieopslag kan in de vorm van warmte en koude. Dit is geschikt om seizoensschommelingen in energieconsumptie op te vangen.</li> <li>Lastig te realiseren bij GBES'en.<sup>3</sup></li> </ul>
OBES	Monobron Meervoudig Doublet Recirculatiesysteem		<ul style="list-style-type: none"> <li>Energieopslag kan in de vorm van warmte en koude. Dit is geschikt om seizoensschommelingen in energieconsumptie op te vangen.<sup>3</sup></li> </ul>
Collectieve warmte	Geothermie		<ul style="list-style-type: none"> <li>Energieopslag is in de vorm van warmte, dit is geschikt voor seizoensschommelingen in energieconsumptie.</li> <li>Bij overtollige warmte kan geothermie in combinatie met HT-opslag grote hoeveelheden warmte opslaan in de ondergrond. Deze warmte gaat wel langzaam verloren doordat de temperatuur van de opslagplek lager ligt dan van de geothermische warmtebron.<sup>3</sup></li> </ul>

## LEGENDA

Geen opslag



Tijdelijke opslag



Langdurige opslag



Kan de techniek energie opslaan?



**Bouwsteen 4:  
Sturingsinstrumenten  
bodemenergie**



## BOUWSTEEN 4: STURINGSINSTRUMENTEN BODEMENERGIE

# Introductie bouwsteen 4

Bouwsteen 4 bestaat uit een overzicht van de verschillende instrumenten die overheden kunnen inzetten om – in het kader van het optimaal benutten en beschermen van de ondergrond – te sturen op de ontwikkeling van bodemenergie. Zo kan het zijn dat provincies of gemeenten in bepaalde gebieden geen of alleen onder bepaalde voorwaarden bodemenergie willen toelaten. Of dat de overheid bepaalde vormen van bodemenergie in een specifieke context juist wil stimuleren. Overheden hebben verschillende instrumenten om te kunnen sturen op bodemenergie. In de onderstaande afbeelding zijn de hoofdcategorieën op een rijtje gezet.

In deze bouwsteen beschrijven we per categorie welke instrumenten er voorhanden zijn. Het gaat daarbij expliciet om instrumenten voor publieke partijen: de instrumenten die marktpartijen kunnen inzetten, laten we buiten beschouwing.



### Juridisch instrument

Een juridisch instrument is een instrument dat voortvloeit uit wet- en regelgeving, gevolgen heeft voor burgers, bedrijven en maatschappelijke organisaties, en in te zetten is door (semi-) overheden.



### Financieel instrument

Een financieel instrument is gericht op het bijdragen of besparen van geld om op die manier een bepaald doel te realiseren. Het belooft gewenst gedrag of belast ongewenst gedrag.



### Organisatorisch instrument

Een organisatorisch instrument is gericht op de onderlinge verhoudingen tussen de sturende en te sturen partij. Het gaat daarbij om instrumenten om te sturen op het proces en de manier waarop partijen zich gedragen.



### Communicatief instrument

Communicatieve instrumenten sturen met het ontwikkelen en/of overdragen van informatie om beleidsdoelen te realiseren. De instrumenten zijn gericht op het kennisniveau van burgers, bedrijven of andere overheidsorganisaties, op het (creëren van) draagvlak, en op het gericht in contact brengen van mensen.

Als startpunt hebben we de wetten en kaders op een rijtje gezet die impact hebben op de ontwikkeling van bodemenergie.

- De **Omgevingswet** is ingegaan op 1 januari 2024, verandert op sommige punten de regels voor open en gesloten bodemenergiesystemen. Er komt een verschuiving naar meer algemene regels, maar de bevoegdheidsverdeling blijft gelijk. De Wet milieubeheer is grotendeels in de Omgevingswet opgegaan.
- De **Mijnbouwwet** is op 1 juli 2023 aangepast en richt zich op mijnbouwactiviteiten, waaronder geothermie.
- Het **Besluit activiteiten leefomgeving** (Bal), **Besluit kwaliteit leefomgeving** (Bkl) en **Besluit bodemkwaliteit** (Bbk) bieden de landelijke kaders en regels voor de ontwikkeling van bodemenergie.

## BOUWSTEEN 4: STURINGSINSTRUMENTEN BODEMENERGIE

# Rijk, provincies en gemeenten hebben ieder hun eigen rol en verantwoordelijkheid t.a.v. bodemenergie

Voordat we verder ingaan op de verschillende instrumenten die overheden hebben om te sturen op bodemenergie, is het van belang om de (wettelijke) taken en verantwoordelijkheden van de drie overheidslagen ten aanzien van bodemenergie nader te beschouwen. Hieronder zijn de belangrijkste conclusies samengevat.<sup>1</sup>

<b>Rijk</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De minister van Economische Zaken en Klimaat is het bevoegd gezag voor het vervangen van mijnbouwactiviteiten, waaronder geothermie.<sup>2</sup></li> <li>• Voor ontwerp, aanleg en beheer van bodemenergiesystemen stelt het <b>Besluit bodemkwaliteit</b> (Bbk) eisen aan kwaliteitsborging.</li> <li>• Voor een bodemenergiesysteem (OBES en GBES, niet voor geothermie of stadsverwarming) gelden algemene Rijksregels uit het <b>Besluit activiteiten leefomgeving</b> (<a href="#">Bal, par. 3.2.6</a>). Deze bieden een basisbeschermingsniveau voor veilig gebruik. Er staan ook regels over bodemenergie in het <b>Besluit bouwwerken leefomgeving</b> (Bbl). Dit is een andere Algemene Maatregel van Bestuur (AMvB) onder de <b>Omgevingswet</b>.<sup>3</sup></li> <li>• De <b>bruidsschat</b> is een set aan regels, ook over de bodem, die van het Rijk naar de gemeenten en waterschappen gaat. Deze regels worden automatisch onderdeel van het tijdelijke deel van het omgevingsplan of het tijdelijk deel van de waterschapsverordening. Zo ontstaat er geen beleidsvacuüm.</li> </ul>
<b>Provincies</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De Provincie is het bevoegd gezag voor algemene regels én vergunningen voor een <b>OBES</b> is registratie in BRO verplicht. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Enkelvoudige aanvraag OBES: Provincie is het bevoegd gezag.</li> <li>○ Meervoudige aanvraag OBES: er kan maar één bevoegd gezag zijn, dus soms gaat bevoegdheid van de gemeente voor (de Provincie behoudt adviesrecht).</li> </ul> </li> <li>• Provincies kunnen aanvullende of afwijkende maatwerkregels stellen ten aanzien van OBES'en in de <b>omgevingsverordening</b>.</li> <li>• De provincie is bevoegd gezag voor de omgevingsvergunning voor OBES, vanwege de directe onttrekking van grondwater.</li> <li>• Provincies (en waterschappen) hebben sinds 1 juli 2023 een adviesrol ten aanzien van geothermie vanwege de mogelijke gevolgen voor waterkwaliteit en -kwantiteit, en aandacht voor kwetsbare objecten en gebieden.<sup>2</sup></li> </ul>
<b>Gemeenten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gemeenten zijn bevoegd gezag voor algemene regels én vergunning <b>GBES</b> → verplicht om GBES te registreren in BRO. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bij grote GBES'en mogen gemeenten zelf bepalen of zij de vergunningplicht willen. Provincies kunnen deze rol ook op zich pakken.</li> </ul> </li> <li>• Onder de Omgevingswet krijgen gemeenten meer ruimte voor maatwerk. De gemeente kan regels stellen voor meervoudig ruimtegebruik en ordening van de ondergrond. Als de gemeente niets doet, dan gelden de nationale regels uit het Bal.<sup>3</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Dit kan zowel via de <b>omgevingsvisie</b> (kader voor stellen regels) als het <b>omgevingsplan</b> (regels zelf), waarbij rekening moet worden gehouden met de POVI en de provinciale omgevingsverordening. Voorbeelden van algemene regels in het omgevingsplan zijn: het verbod op doorboren van bepaalde kleilagen, of bodemenergie alleen in één watervoerend pakket toestaan. Overige voorbeelden zijn via deze <a href="#">link</a> te vinden.</li> <li>○ Aanwijzen van interferentiegebied is overbodig: onder de Omgevingswet krijgt de gemeente een breder kader om regels stellen, wat niet beperkt is tot het doelmatig gebruik van bodemenergie en voorkomen van negatieve interferentie. Onder de Omgevingswet vervalt ook de Omgevingsvergunning beperkte milieutoets (OBM).</li> </ul> </li> <li>• Gemeenten hebben sinds 1 juli 2023 een eigen adviesrol ten aanzien van geothermie: past opsporing en winning van geothermie binnen lokale warmtevisies? Ook geven zij advies over mogelijkheden van de ondergrond in het eigen gebied.<sup>4</sup></li> </ul>

**BOUWSTEEN 4: STURINGSINSTRUMENTEN BODEMENERGIE**

# Selectie meest impactvolle instrumenten om te sturen op bodemenergie

De volgende selectie bevat de instrumenten die naar onze mening het meeste potentie hebben om impactvol te kunnen sturen op de ontwikkeling van bodemenergie en op de balans tussen het beschermen en benutten van de ondergrond. De effectiviteit kan echter contextafhankelijk zijn.

- 1. Regels stellen in het omgevingsplan van de gemeente:** het opstellen van (algemene) regels over bodemenergie, zoals het verbieden van het doorboren van bepaalde kleilagen of bodemenergie alleen in één specifiek watervoerend pakket toelaten, is een directe en efficiënte manier van sturen op het beschermen en benutten van de ondergrond. Let op: deze regels moeten in lijn zijn met de omgevingsvisies van zowel Rijk, provincie als de gemeente zelf en rekening houden met de instructieregels van het Rijk (Bkl) en de provincies. Ook kunnen het Rijk én de provincie aan de gemeente een instructie geven om specifieke regels in het omgevingsplan aan te passen en kunnen ze, net als het waterschap, via een projectbesluit toestemming geven voor concrete projecten in de fysieke leefomgeving. Het projectbesluit kan de regels van een gemeentelijk omgevingsplan direct wijzigen (als de regels van omgevingsplan in strijd zijn met projectbesluit). Echter, gemeenten kunnen via een maatwerkregel aanvullen op of afwijken van de Rijks- of provinciale regels. Dit moet dan goed onderbouwd worden.
- 2. Regels stellen in de omgevingsverordening van de provincie:** het opstellen van (algemene) regels over bodemenergie, zoals het verbieden van het doorboren van bepaalde kleilagen of bodemenergie alleen in één specifiek watervoerend pakket toelaten, is een directe en efficiënte manier van sturen op het beschermen en benutten van de ondergrond. Deze regels moeten in lijn zijn met de POVI en de instructieregels van het Rijk. Waterschappen kunnen ten aanzien van goede grondwaterkwaliteit ook regels stellen in de waterschapsverordening.
- 3. Gerichte subsidies beschikbaar stellen:** overheden kunnen door middel van subsidies indirect sturen op de ontwikkeling van bodemenergie, en daarmee op het beschermen en benutten van de ondergrond. Door subsidies strategisch in te zetten, kan de ontwikkeling van bodemenergiesystemen versneld worden, op de juiste locaties, zodat de bodem beschermd blijft.
- 4. Zelf investeren in bodemenergiesystemen:** overheden kunnen direct investeren in bodemenergieprojecten. Dat kan via financiële participatie met en zonder zeggenschap (afhankelijk van het aandeel waarin de overheid participeert), maar bijvoorbeeld ook door middel van het oprichten van een publiek ontwikkel- of warmtebedrijf.
- 5. Actief samenwerken en afspraken maken met partners:** overheden kunnen actief de samenwerking opzoeken met de relevante partners op het gebied van bodemenergie. Het instrument 'programma' uit de Omgevingswet kan hierbij helpend zijn. Het programma bevat een uitwerking van het te voeren beleid uit de omgevingsvisie. Daarnaast kan het programma een pakket aan maatregelen bevatten om doelen voor de bodem en ondergrond te bereiken, benutten of beschermen. Het programma biedt kansen om het thema bodem in relatie tot maatschappelijke opgaven verder uit te werken samen met andere overheden. Een goede samenwerking tussen verschillende overheidslagen in de beginfase van bodemenergieprojecten draagt vaak bij aan meer succesvolle uitkomsten, omdat het gezamenlijke inspanningen en expertise benut, waardoor knelpunten sneller worden geïdentificeerd en opgelost. Andere vormen van samenwerken zijn het gezamenlijk toewerken naar convenanten of akkoorden, waarin afspraken staan over de ontwikkeling van bodemenergie.
- 6. Bodemenergieplan:** een belangrijk instrument voor sturing op de ondergrond en bodemenergie is een gemeentelijk bodemenergieplan. Dit plan heeft geen juridische status, maar de informatie uit het plan kan wel aanleiding zijn om kaders/regels aan te passen in het omgevingsplan. Via deze [link](#) vindt u een voorbeeld van een dergelijk plan.

**BOUWSTEEN 4: STURINGSINSTRUMENTEN BODEMENERGIE**

# Juridische instrumenten uit omgevingswet voor sturing op bodemenergie (1/2)

Instrument/wet	Schaal	Effect op bodemenergie	Toelichting
Omgevingsverordening <sup>1</sup> <i>Artikel 2.22 en 2.23 van de Omgevingswet</i>	Provincie	Direct – Sturing op bodemenergie kan plaatsvinden wanneer dit meegenomen is in de provinciale regelgeving.	De omgevingsverordening bevat alle provinciale regels voor de fysieke leefomgeving. De provinciale verordening bevat hoofdzakelijk instructieregels en richtlijnen/voorschriften voor specifieke situaties. Maar specifieke beleidskaders kunnen worden opgenomen, onder de omgevingsverordening.
Omgevingsplan <sup>2</sup> <i>Art. 2.4, 2.8, 4.1 en 4.2 van de Omgevingswet</i>	Gemeente	Direct – Directe sturing mogelijk door opnemen van specifieke regels voor bodem-energie. Echter, gemeenten zijn pas sinds de ingang van de Omgevingswet (1 jan 2024) begonnen met het opstellen van omgevingsplannen. De verwachting is dat het nog wel even kan duren voordat deze er daadwerkelijk zijn.	Het omgevingsplan omvat alle regels die op dat moment van toepassing zijn op de fysieke omgeving van gemeenten, zowel lokale als gedecentraliseerde nationale regels. Dit omvat bijvoorbeeld bestemmingsplannen en verordeningen die invloed hebben op hoe het land wordt gebruikt en ontwikkeld; ook kunnen specifieke beleidskaders worden opgenomen.
Omgevingsvergunning* <sup>3</sup> <i>Hoofdstuk 5 van de Omgevingswet</i>	Gemeente Provincie	Direct – Het beoordelen van vergunningaanvragen voor BES'en, of het verbinden van voorschriften aan de vergunning.	Er zijn diverse omgevingsvergunningen. De meest relevante in dit verband is <i>de omgevingsvergunning voor de omgevingsplanactiviteit</i> . De mogelijkheid tot sturing bij aanleg van bodemenergiesystemen wordt beïnvloed door de mate waarin daarvoor regels in het plan, dan wel beleidsregels op grond van het plan, zijn vastgesteld.
Omgevingsvisie <sup>4</sup> <i>Afdeling 3.1 van de Omgevingswet</i>	Gemeente Provincie Rijk	Indirect – De aanwezige bodemkwaliteiten worden in beeld gebracht, als deel van de fysieke leefomgeving, en kunnen dus sturing geven aan de ontwikkeling van bodemenergiesystemen. Het programma is zelfbindend voor het vaststellende bestuursorgaan en heeft daarmee geen directe juridische werking voor derden.	Instrument van algemeen bestuur van Rijk, provincie en gemeente met samenhangend strategisch beleid voor de lange termijn. Een omgevingsvisie bevat: (1) Een beschrijving van de hoofdlijnen van de kwaliteit van de fysieke leefomgeving, (2) de hoofdlijnen van de voorgenomen ontwikkeling, het gebruik, het beheer, de bescherming en het behoud van het grondgebied en (3) de hoofdlijnen van het te voeren integrale bodembeleid.
Omgevingsprogramma <sup>5</sup> <i>Afdeling 3.2 van de Omgevingswet</i>	Gemeente Provincie Waterschap Rijk	Indirect – Uitwerking van de beleidsmatige kaders voor omgevingskwaliteit, door decentrale overheden, met eventuele toespitsing op bodem. Het programma is zelfbindend voor het vaststellende bestuursorgaan en heeft daarmee geen directe juridische werking voor derden.	Optioneel instrument voor het dagelijks bestuur van het Rijk, de provincie, de gemeente en het algemeen bestuur van het waterschap. Het bevat een thematische of gebiedsgerichte uitwerking van beleidskaders. Kan zich richten op ontwikkeling, het gebruik, het beheer, de bescherming of het behoud van ondergrond. Overheden kunnen ook samen met elkaar een programma oprichten. Kan soms ook raakvlak zijn met verplichte waterprogramma's.

## BOUWSTEEN 4: STURINGSINSTRUMENTEN BODEMENERGIE

# Juridische instrumenten uit omgevingswet voor sturing op bodemenergie (2/2)

Instrument/wet	Schaal	Effect op bodemenergie	Toelichting
Kostenverhaal <sup>6</sup> <i>Afdeling 13.6 van de Omgevingswet</i>	Gemeente Provincie Waterschap Rijk	Indirect - Het uitgangspunt is dat de kosten die voortkomen uit het realiseren van ruimtelijke ontwikkelingen, zoals het aanleggen van energievoorzieningen, moeten worden verhaald op de partijen die profiteren van deze ontwikkelingen.	Kostenverhaal kan worden ingezet als er (1) sprake is van een aangewezen bouwplan, (2) wordt voldaan aan de criteria van profijt, proportionaliteit en toerekenbaarheid en (3) sprake is van aangewezen kosten uit de kostensoortenlijst. De kosten voor publieke maatregelen (bijv. t.a.v. bodemenergie) worden verhaald op initiatiefnemers. Naast de publiekrechtelijke mogelijkheid is er ook de mogelijkheid, de voorkeur zelfs, om kosten via een anterieure overeenkomst te verhalen.
Omgevingswaarden <sup>7</sup> <i>Afdeling 2.3 van de Omgevingswet</i>	Gemeente	Indirect - Omgevingswaarden zijn de wettelijke normen die vaststellen wat acceptabele niveaus zijn voor verschillende aspecten van de leefomgeving, waaronder aspecten van bodemkwaliteit, zoals grondwaterkwaliteit.	Een omgevingswaarde is een tot regel verheven beleidsuitgangspunt uit de omgevingsvisie. Een omgevingswaarde bepaalt voor de bodem: (1) de gewenste staat of kwaliteit, (2) de toelaatbare belasting door activiteiten en (3) de toelaatbare concentratie of depositie van stoffen. Een omgevingswaarde wordt via het omgevingsplan aangewezen. Hiermee kan dus sturing plaatsvinden op de hoeveelheid en locatie van bodemboringen.
Actief grondbeleid: verwerven en ontwikkelen van gronden <sup>8</sup> <i>Aanvullingsspoor grondeigendom in omgevingswet</i>	Gemeenten Provincies Rijk	Het opkopen, ontwikkelen of uitgeven van gronden. Biedt de mogelijkheid om effectief invloed uit te oefenen op de ruimtelijke ordening en ontwikkeling binnen hun jurisdictie, wat kan worden gebruikt voor doelgerichte inzet van bodemenergiesystemen.	Rijk, provincies en vooral gemeenten kunnen grondbeleid voeren. Doel van dit beleid is dat grond in voldoende mate en op tijd beschikbaar is. Bijvoorbeeld voor woningbouw, wegen, of wateropvang. De grond kan strategisch opgekocht worden voor ruimtelijke ordening en infrastructuurontwikkeling voor energiesystemen. Met het aanvullingsspoor grondeigendom worden regels voor grondbeleid opgenomen in de Omgevingswet.
Passief grondbeleid: Exploitatieplan <sup>9</sup>	Gemeenten Provincies Rijk	Juridisch-instrumenteel document dat opgesteld kan worden om de kosten en baten van grondexploitatie voor een bepaald gebied te regelen. Kan worden ingezet om bodemenergie ordelijk en financieel verantwoord te organiseren.	Een exploitatieplan kan gebruikt worden om te sturen op bodemenergie door specifieke regels, voorwaarden en faciliteiten te integreren die de ontwikkeling en implementatie van bodemenergiesystemen bevorderen. Zo kunnen specifieke locaties aangewezen worden die geschikt zijn voor bodemenergiesystemen of energie infrastructuur.
Passief grondbeleid: anterieure overeenkomst <sup>10</sup>	Gemeenten Provincies Rijk	Een anterieure overeenkomst kan worden gebruikt als instrument voor sturing op bodemenergie door specifieke afspraken en voorwaarden op te nemen die de ontwikkeling en implementatie van bodemenergiesystemen bevorderen. In de overeenkomst kunnen specifieke locaties worden aangewezen waar bodemenergiesystemen mogen worden geïnstalleerd. En de overeenkomst kan vereisen dat bodemenergiesystemen worden opgenomen in de ontwikkelingsplannen van het gebied.	Contract tussen een gemeente en een ontwikkelaar of grondeigenaar, dat wordt gesloten voordat de gemeente een formeel bestemmingsplan vaststelt waarin grondexploitatie wordt geregeld. In deze overeenkomst worden afspraken vastgelegd over de ontwikkeling van een bepaald gebied, inclusief de verdeling van kosten en verantwoordelijkheden.

\* Voor provincies en Rijk betreft dit niet de omgevingsvergunning maar het projectbesluit.

**BOUWSTEEN 4: STURINGSINSTRUMENTEN BODEMENERGIE**

# Overige juridische instrumenten voor sturing op bodemenergie

Instrument/wet	Schaal	Effect op bodemenergie	Toelichting
Waterschapsverordening <sup>11</sup>	Waterschap	Directe doorwerking – Deze verordening bevat regels op het gebied van waterbeheer, zoals waterkwaliteit, en kan dus beperkingen opleggen op bodemenergie. De verordening is bindend voor alle inwoners en bedrijven binnen het werkgebied van het waterschap.	Het doel is om een goed en veilig waterbeheer binnen het gebied van het waterschap te waarborgen. Een waterschapsverordening kan sturen op bodemenergiesystemen door specifieke regels en voorschriften op te nemen die het gebruik en de installatie van deze systemen reguleren. Bijvoorbeeld via locatiecriteriën, vergunningen en meldingsplichten, technische eisen aan het energiesysteem, inspecties en sancties voor overtredingen. Specifieke beleidskaders kunnen onder de verordening worden opgenomen.
Maatschappelijke tender <sup>12</sup>	Gemeente Provincie Waterschap (Rijk)	Indirecte doorwerking – Via een maatschappelijke tender kunnen decentrale overheden in het afwegen van verschillende initiatieven specifieke eisen en wensen ten aanzien van bodemenergie meewegen als criteria. Dit gaat volgens de lijn van 'uitnodigingsplanologie'.	Decentrale overheden kunnen een maatschappelijke tender gebruiken om voor een bodemenergieproject verschillende initiatieven in te laten dienen. Deze worden beoordeeld aan de hand van een set criteria die de overheid zelf vooraf bepaalt. Voorbeelden van criteria zijn: 1. Duurzaamheidscriteria: bij het opstellen van de tendercriteria kunnen duurzaamheidsaspecten worden geïntegreerd. 2. Innovatie bevorderen: maatschappelijke tenders kunnen ook worden gebruikt om innovatie op het gebied van bodemenergiesystemen te bevorderen.
Plan-MER <sup>13</sup>	Gemeente Provincie Waterschap Rijk	Directe doorwerking – Een MER zorgt ervoor dat nadelige gevolgen voor het milieu tijdig onderzocht worden en dat hierop geanticipeerd wordt door ofwel mitigerende Maatregelen, ofwel het verbieden van een plan.	Een milieu effecten rapportage (MER) wordt opgesteld bij projecten die eventueel nadelige effecten op het milieu hebben. Op basis van een MER kunnen besluiten genomen worden. Hierdoor kan een MER beperkingen opleggen op de implementatie van bodemenergiesystemen. Het plan kan gebruikt worden voor het vergelijken van verschillende energiebronnen, randvoorwaarden voor de systemen stellen, beleidsrichtlijnen informeren en participatie bevorderen om tot breed gedragen oplossingen te komen.
Actief energiebeleid: Oprichten Publiek warmtebedrijf <sup>14</sup>  Onder Wcw verplicht 50+1%	Gemeente Provincie	De overheid creëert een entiteit die verantwoordelijk is voor het produceren, transporteren en/of leveren van warmte aan huishoudens, bedrijven of instellingen binnen een bepaald gebied.  Als de gemeente een warmtebedrijf heeft opgericht kan zij actief sturen op de ontwikkeling van bodemenergie, door bijvoorbeeld zelf projecten te initiëren.  Let op: De Wcw is nog niet van kracht en ligt na de zomer van 2024 voor in de Tweede Kamer.	Het oprichten van een publiek warmtebedrijf kan verschillende vormen aannemen met verschillende niveaus van betrokkenheid en eigenaarschap: 1. Volledig in handen van de overheid: de overheid is verantwoordelijk voor alle aspecten van de bedrijfsvoering, en moet dus veel kennis en tijd beschikbaar hebben. 2. Samen met private partners: de overheid heeft een aandeel in het eigendom van het bedrijf en deelt de verantwoordelijkheid voor het beheer en de exploitatie met de private partner(s). Onder de nieuwe (verwachte) Wet collectieve warmte (Wcw), zou de overheid minimaal 50+1% van de aandelen in handen moeten hebben. 3. Faciliterende rol: De gemeente kan een faciliterende rol spelen door het creëren van een gunstig beleidsklimaat en het bieden van ondersteuning aan het warmtebedrijf. Dit mag onder het overgangsrecht van de Wcw tot maximaal 7 jaar na ingang van de wet.

## BOUWSTEEN 4: STURINGSINSTRUMENTEN BODEMENERGIE

# Financiële instrumenten om te sturen op bodemenergie (1/2)

Instrument/wet	Schaal	Effect op bodemenergie	Toelichting
Subsidies (o.a. Interreg North West Europe, SDE++ en SCE en Stimuleringsregeling Ruimtelijke kwaliteit) <sup>1,2</sup>	EU Rijk Provincies Gemeenten	Indirect – Subsidies kunnen worden gebruikt voor het stimuleren/aanleggen van duurzame energiesystemen, zoals bodemenergie.	Door subsidies strategisch in te zetten, kunnen overheden bodemenergiesystemen inzetten om de energietransitie versnellen. Enkele voorbeelden van subsidies zijn: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interreg North West Europe: de subsidie vanuit de EU kan worden aangevraagd door overheden, kennisinstellingen, bedrijven, ontwikkelpartijen en non-profitinstellingen. Deze kan gebruikt worden voor een groene, slimme en rechtvaardige energietransitie.</li> <li>• De Stimuleringsregeling Duurzame Energie (SDE) en Subsidieregeling Coöperatieve Energieopwekking (SCE) zijn subsidies van de Nederlandse overheid die grootschalige en lokale productie van hernieuwbare energie stimuleren.</li> <li>• Stimuleringsregeling ruimtelijke kwaliteit: de gemeente of provincie kan subsidies of financiële ondersteuning bieden voor projecten die bijdragen aan een duurzame ontwikkeling van de ruimte, en dus de aanleg van bodemenergie.</li> </ul>
Leges <sup>3</sup>	Gemeente Provincie Waterschap	Indirect - Leges zijn doorgaans niet bedoeld als stimulans of financiële ondersteuning, maar eerder als een manier om de kosten van overheidsdiensten te dekken. Door de leges aan te passen op een manier die duurzame ontwikkelingen en bodemenergie bevordert, kan de gemeente effectief sturen in de richting van meer bodemenergievoorzieningen.	Leges zijn bedragen die in rekening worden gebracht door de overheid in ruil voor concrete tegenprestaties van deze overheid. De regionale overheid kan de leges voor bepaalde duurzame ontwikkelingen verhogen of verlagen (bijvoorbeeld ontwikkelingen die met name door commerciële ontwikkelaars worden geïnitieerd). Door hogere leges te heffen voor niet-duurzame ontwikkelingen en lagere tarieven te hanteren voor duurzame ontwikkelingen, kan de gemeente de bouw- en ontwikkelingssector stimuleren om meer duurzaam te bouwen, en dus energiesystemen te implementeren in hun plannen. Door direct de leges voor bodemenergie gerelateerde ontwikkelingen te verlagen, kan de concurrentiepositie van bodemenergie verbeteren ten opzichte van andere energiebronnen.
Fondsen vanuit de overheid (o.a. het stedelijk investeringsfonds, omgevingsfonds en revolverend fonds)	Gemeente Provincie	Indirect - Het stedelijk investeringsfonds is primair bedoeld voor ruimtelijke kwaliteit, maar kan ook voor de ontwikkeling van bodemenergiesystemen ingezet worden.	Vanuit gemeentes en provincies zijn er fondsen beschikbaar, o.a. het stedelijk investeringsfonds (SIF) en het omgevingsfonds. Partijen kunnen aanspraak maken op zo'n fonds en een lening afsluiten. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stedelijk investeringsfonds: wordt gebruikt voor stedelijke ontwikkelingsprojecten, zoals de verbetering van de (energie) infrastructuur, en duurzame stadsvernieuwing, waar ook BES-projecten onder vallen.</li> <li>• Omgevingsfonds: wordt gebruikt voor het financieren van projecten die gericht zijn op het verbeteren van de omgeving en het ondersteunen van duurzame ontwikkeling, zoals BES-projecten.</li> <li>• Revolverend fonds: is een financieringsmechanisme waarbij geld wordt verstrekt aan projecten of initiatieven, en de terugbetaalde middelen opnieuw worden geïnvesteerd om toekomstige projecten te financieren, dit kan bijvoorbeeld worden ingezet voor het voortzetten van de huidige warmtepompregeling door het inrichten van langetermijnfinancieringsmogelijkheden.</li> </ul>

**BOUWSTEEN 4: STURINGSINSTRUMENTEN BODEMENERGIE**

# Financiële instrumenten om te sturen op bodemenergie (2/2)

Instrument/wet	Schaal	Effect op bodemenergie	Toelichting
Uitvoeringslasten ROB-advies <sup>4</sup>	Gemeente Provincies Waterschap	Indirect - Decentrale overheden kunnen deze extra financiële middelen voor uitvoering energietransitie inzetten voor ontwikkeling van bodemenergiesystemen	In het nieuwe ROB-advies (april 2024) concludeert de Raad dat extra middelen nodig zijn voor gemeenten en provincies voor de uitvoering van het klimaat- en energiebeleid. Uitvoeringskosten die gemaakt moeten worden voor de ontwikkeling van bodemenergiesystemen, in de vorm van fte's, kunnen mogelijk vanuit deze regeling gefinancierd worden
Vrijstelling van belasting (o.a. Energie-investeringsaftrek) <sup>5</sup>	Rijk	Indirect - De vrijstelling van belasting, waaronder regelingen zoals de Energie-investeringsaftrek (EIA), kan een instrument zijn om de promotie van bodemenergiesystemen te stimuleren.	Een financiële prikkel die de overheid nationaal kan inzetten is het vrijstellen van betalen van bepaalde belastingen. Een voorbeeld is de Energie-investeringsaftrek (EIA). Met de EIA heeft een investeerder/projectontwikkelaar die of inkomstenbelasting of vennootschapsbelasting betaalt, de mogelijkheid om een deel van hun investeringskosten af te trekken van de winst. Hierdoor hoeven ze minder belasting te betalen. Dit zorgt voor een aantrekkelijker businesscase. Daarnaast kunnen woningeigenaren die in een energiecoöperatie of VvE zitten vrijstelling krijgen van energiebelasting.
Financiële participatie met zeggenschap <sup>6</sup>	Gemeente Provincie	Direct - De gemeente/provincie draagt financieel bij aan een warmtebedrijf en neemt een aandeel in het zeggenschap en risico.	Dit kan door middel van: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investeringsfondsen: door middel van dit fonds kan de overheid direct investeren in projecten en daarbij zeggenschap hebben over de besluitvorming en strategische richting.</li> <li>• Publiek-private samenwerking: publiek-private samenwerkingsverbanden waarin de overheid samen met private partijen investeert in bodemenergieprojecten.</li> <li>• Aandelenbezit: de overheid kan aandelen verwerven in bedrijven die bodemenergieprojecten ontwikkelen of beheren.</li> </ul>
Financiële participatie zonder of met beperkte zeggenschap <sup>6</sup>	Gemeente Provincie	Direct - De gemeente/provincie kan financieel betrokken zijn bij het warmtebedrijf zonder direct eigendom te hebben.  Hierbij is het van belang dat de financiële participatie moet voldoen aan de staatssteuntoets.	Naast het geven van subsidies kan de overheid ook <ul style="list-style-type: none"> <li>• leningen verstrekken aan bodemenergieprojecten of garanties bieden voor leningen die worden verstrekt door financiële instellingen.</li> <li>• crowdfundingplatforms ondersteunen of zelf opzetten waarop burgers en bedrijven kunnen investeren in bodemenergieprojecten.</li> </ul>
Eigendom overheid inzetten (vastgoed/gronden) <sup>7</sup>	Gemeente Provincie	Direct - Gemeentelijke/provinciale gronden en vastgoed worden gebruikt om collectieve BES'en mogelijk te maken	Naast dat een overheid juridisch kan sturen op de aankoop van gebieden voor groene-energieprojecten door middel van actief grondbeleid, kan een overheid ook bestaand vastgoed en grond inzetten voor de opwek van groene energie (zoals, zonnepanelen op overheidslanden). Inzet van deze gronden voor bodemenergie wordt geanalyseerd in gemeente Tilburg.



**BOUWSTEEN 4: STURINGSINSTRUMENTEN BODEMENERGIE**

# Organisatorische instrumenten om te sturen op bodemenergie

Instrument	Schaal	Effect op bodemenergie	Toelichting
Gemeentelijke Commissie Ruimtelijke Kwaliteit	Gemeente	Indirect - Advisering over verhogen ruimtelijke kwaliteit bij allerlei plannen in de fysieke leefomgeving (waaronder energieprojecten).	Onder de Omgevingswet worden gemeenten verplicht een Commissie Ruimtelijke Kwaliteit (CRK) in te stellen. Voor bodemenergieprojecten betekent dit toetsing door een commissie die adviseert aan het college van B&W (niet bindend). De commissie kan bijvoorbeeld adviseren over de ruimtelijk inpassing van bodemenergiesystemen of over een geothermieput met regionale functie.
Provinciaal Adviseur Ruimtelijke Kwaliteit	Provincie	Indirect – Bevordert en bewaakt de ruimtelijke kwaliteit binnen de provincie, dit omvat onder andere het geven van advies over diverse ruimtelijke vraagstukken, waaronder de implementatie van duurzame energietechnologieën.	Provincies kunnen een Provinciaal Adviseur Ruimtelijke Kwaliteit (PARK) aanstellen die gevraagd en ongevraagd advies uitbrengt aan GS ten aanzien van de ruimtelijke kwaliteit in de provincie. Dit advies heeft betrekking op ruimtelijk-economische ontwikkelingen, en dus ook over bodemenergiesystemen.
Afspraken via convenanten en akkoorden <sup>1</sup>	Gemeente Provincie Waterschap Rijk	Indirect - De overheid kan via schriftelijke afspraken partijen motiveren om aandacht te hebben voor bodemenergieprojecten.	Er zijn verschillende manieren om als overheid afspraken te maken met projectontwikkelaars. Denk aan convenanten en akkoorden. Ook overheden onderling kunnen afspraken stimuleren, zoals via regionale verbanden (bijvoorbeeld de RES). Een risico hierbij is dat deze afspraken niet juridisch bindend zijn.
Bestuurlijk overleg op regionaal niveau <sup>2</sup>	Gemeente Provincie Waterschap Rijk	Indirect - Het maken van afspraken en delen van kennis over bodemenergie kan leiden tot een toename van aandacht en inzet van deze instrumenten.	Bestuurlijk overleg vindt plaats tussen de wethouders en gedeputeerden van een regio (of andere samenwerkende overheden). Doordat het overleg bijdraagt aan de gezamenlijke informatie-uitwisseling en gebaseerd is op een wens tot consensus en draagvlak, kan het leiden tot concrete afspraken.
Inzet capaciteit organisatie	Gemeente Provincie	Indirect – Overheden kunnen eigen capaciteit inzetten, in de vorm van mensen, om te sturen op bodemenergie.	De uitvoering van het Klimaatakkoord van Parijs leidt tot extra taken voor gemeenten en provincies. De inzet van capaciteit kan bodemenergieprojecten ondersteunen op gebied van planning, beleidsvorming, vergunningsprocedures en technische expertise.

**BOUWSTEEN 4: STURINGSINSTRUMENTEN BODEMENERGIE**

# Communicatieve instrumenten om te sturen op bodemenergie

Instrument <sup>1</sup>	Schaal	Effect op bodemenergie	Toelichting
Informereren	Gemeente Provincie Waterschap Rijk	Indirect - Door belanghebbenden te informeren over de mogelijkheden van bodemenergie wordt een gedachtegoed gecreëerd met meer aandacht voor bodemenergie.	Door een breed scala aan communicatiestrategieën (informatieavonden, flyers, persberichten) te gebruiken en samen te werken met verschillende belanghebbenden, kan de overheid effectief bijdragen aan een grotere bewustwording en acceptatie van bodemenergie in de samenleving. Het is belangrijk dat de informatie die wordt verstrekt duidelijk, begrijpelijk en objectief is, zodat belanghebbende een weloverwogen beslissing kunnen nemen over het gebruik van bodemenergiesystemen.
Raadplegen	Gemeente Provincie Waterschap Rijk	Indirect – Overheden kunnen actief kennis over bodemenergiesystemen delen en opvragen bij bewoners, bedrijven of andere overheidsinstanties.	Overheden kunnen burgers en andere instanties raadplegen bij bodemenergieprojecten. Door samen te werken met relevante organisaties en instellingen kan de overheid effectieve strategieën ontwikkelen voor het beheer van bodemenergie. En door actief te luisteren naar de behoeften, zorgen en suggesties van burgers, kan de overheid effectieve strategieën ontwikkelen om meer aandacht te creëren voor bodemenergiesystemen en draagvlak te creëren voor hun implementatie.
Adviseren	Gemeente Provincie Waterschap Rijk	Indirect - Door belanghebbende te adviseren en zelf advies te ontvangen kan de overheid effectiever sturing geven aan bodemenergieprojecten.	De overheid kan een adviserende rol spelen bij de bredere acceptatie en implementatie van bodemenergie. Zo kan ze ondernemers adviseren over beschikbare subsidies. De overheid kan zichzelf ook laten adviseren over de implementatie van bodemenergie door andere instanties, bijvoorbeeld op het gebied van technische ontwikkelingen, duurzaamheid of juridische aspecten.
Coproduceren	Gemeente Provincie Waterschap Rijk	Indirect - Coproductie is een samenwerking tussen de overheid, burgers, bedrijven en/of andere belanghebbenden om gezamenlijk diensten of producten te ontwikkelen en te leveren. Dat is ook mogelijk bij bodemenergieprojecten.	Door coproductie kan de overheid sturing geven aan het gebruik van bodemenergie op een manier die participatief, inclusief en effectief is. Voorbeelden van coproductie zijn: gezamenlijke ontwikkeling van beleidskaders, buurtprojecten, gezamenlijke monitoring en collaboratief onderzoek.
Meebeslissen	Gemeente Provincie Waterschap Rijk	Indirect - Het betrekken van burgers bij besluitvormingsprocessen projecten rond bodemenergie.  Draagvlak creëren blijkt in de praktijk minder nodig voor bodemenergiesystemen, maar des te meer voor geothermieprojecten.	Door participatie wordt duidelijk hoe bewoners bodemenergieprojecten, zo ook geothermie, waarderen. Dit kan leiden tot een groter draagvlak, betere besluiten en meer acceptatie van deze systemen. Gemeenten kunnen burgers raadplegen en inspraak geven in besluitvormingsprocessen, actief betrekken bij het ontwerp, de planning en de uitvoering van bodemenergieprojecten.



**Bijlagen**

# Bronnenlijst

## Bouwsteen 1

1. Nederlands Hydrologisch Instrumentarium (n.d.) [LHM](#)
2. Olsthoorn, T. (1977) [In Nederlandse zandformaties zijn het doorstroomde en het totale porievolume aan elkaar gelijk. H2O\(Nr.5\), 118-122](#)

## Bouwsteen 3

### Innovatieve technieken:

1. Energy storage NL (2023) [Groot potentieel voor warmteopslag in warmtenetten](#)
2. Riothermie (n.d.) [Duurzame warmte uit afvalwater](#)
3. MijnEPB (2016) [Wat is een micro-wkk en is dit rendabel? – MijnEPB](#)
4. Gasunie (2024) [Superkritische watervergassing](#)
5. Beeliners [aardwarmte stimuleren](#)
6. TNO (n.d.) [Innovatieve boortechniek voor winnen aardwarmte](#)

### Duurzaamheid

1. Drinkwaterplatform (n.d.) [Aquathermie: warmte uit water](#)
2. DHCHolland (2014) [Overzicht afleversets voor warmtelevering](#)
3. Milieucentrale (n.d.) [Duurzaamheid van zonnepanelen](#)
4. Klimaatakkoord (n.d.) [Waarom gaan we niet snel over op waterstof?](#)
5. Nibe (n.d.) [warmtepompen ventilatielucht-water-warmtepompen](#)
6. Vaillant (2024) [Hoe verleng je de levensduur van je warmtepomp?](#)
7. Triple solar (n.d.) [Wat is een PVT-systeem?](#)
8. Energiewacht (n.d.) [Alles wat u moet weten over de warmtepomp](#)
9. Duurzaam bouwloket (n.d.) [Duurzaam verwarmen met een Bodem warmtepomp](#)
10. Kenniscentrum informil (2013) [Lozingen bij aanleg en onderhoud van bodemenergiesystemen](#)

### Kosten

1. Berenschot (2021): [Kostenupdate investering isolatie en hybride warmtepomp](#)

### Efficiëntie:

1. CE Delft (n.d.) [Factsheets warmte](#)
2. INNAEX (2024). [Zonthermie, een 'vergeten' duurzame warmtebron.](#)
3. ENGIE Nederland (n.d.) [Wat is het rendement van een warmtepomp?](#)
4. NIBE (n.d.) [pvt warmtepomppanelen geen buitenunit of bronboring](#)
5. DHPS (2024) [Ventilatie warmtepomp](#)
6. CVtotaal (n.d.) [Hoeveel stroom gebruikt een hybride warmtepomp?](#)
7. ENCOR bodemwarmte (n.d.) [5 redenen om te kiezen voor een bodemwarmtepomp](#)
8. CE Delft (n.d.) [Factsheets warmte](#)

### Ruimtelijke impact bovengronds:

1. INTERREG-project DOEN (2018) [Module Restwarmte Basisinzichten & tools voor de identificatie en kwalificatie van industriële restwarmte](#)
2. Gasunie (2024) [Waterstof door gasleiding: veilig en duurzaam](#)
3. Nefit Bosch (2024) [Lucht/water warmtepomp: werking en voordelen](#)
4. Triple Solar B.V. (2023) [PVT warmtepomp: voordelen en uitleg](#)
5. Kemkens (2024) [Ventilatielucht warmtepomp, verminder gasgebruik](#)
6. Vereniging Eigen Huis (n.d.) [Hybride warmtepomp - info & advies](#)

### Ruimtelijke impact ondergronds:

1. INTERREG-project DOEN (2018) [Module Restwarmte Basisinzichten & tools voor de identificatie en kwalificatie van industriële restwarmte](#)
2. Netwerk aquathermie (n.d.) [Aquathermie en open bodemenergiesystemen is een goede combinatie](#)
3. Expertise Centrum Warmte (n.d.) [Strategie 3: Warmtenet met lagetemperatuurbron](#)
4. Nationaal Programma Lokale Warmtetransitie (n.d.) [Warmteopslag](#)
5. Gasunie (2024) [Waterstof door gasleiding: veilig en duurzaam](#)
6. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2017) [Bodemwarmtewisselaars](#)
7. Van Someren Bodem en Water (2021) [Bodemenergie in de Ontwikkelzone Europaweg](#)
8. Geothermie Nederland (n.d.) [Factsheet Boren naar aardwarmte](#)
9. Drinkwaterplatform (2023) [Geothermie en aardwarmte: de voordelen en nadelen](#)

### Organisatorische complexiteit:

1. Bodemenergie Kennisplatform [Inleiding bodemenergie](#)
2. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland [Bodemwarmtewisselaars](#)

# Bronnenlijst

## Eisen aan gebouw:

1. Nationaal Programma Lokale Warmtetransitie (n.d.) [Bestaande bouw aansluiten op een warmtenet](#)
2. C.E. Delft (n.d.) [Afgiftesystemen](#)
3. Feenstra (2024) [Aquathermie is een veelbelovende duurzame techniek](#)
4. Servicepunt duurzame energie (2019) [Factsheet biomassa](#)
5. C.E. Delft (2020) [verkenkend onderzoek zonthermie](#)
6. Nationaal programma RES (2020) [Factsheet warmte, achtergrondinformatie per warmtebron](#)
7. Nationaal Programma Lokale Warmtetransitie (n.d.) [Waterstof](#)
8. Vereniging Eigen Huis (n.d.) [Hybride warmtepomp - info & advies](#)
9. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2013) [Ondiepe bodemenergie - gesloten systemen](#)
10. Stichting Platform Geothermie (2012) [Handboek Geothermie in de Gebouwde Omgeving](#)

## Elektriciteit verbruik:

1. Polderwarmte (2024) [Netcongestie, Warmtenetten en Congestiemanagement: Een allesomvattende benadering voor energie-efficiëntie](#)
2. Planbureau voor de leefomgeving (2023) [Eindadvies basisbedragen SDE++ 2023](#)
3. Milieu Centraal (n.d.) [Biomassa: een duurzame energiebron?](#)
4. C.E. Delft (2020) [verkenkend onderzoek zonthermie](#)
5. CVtotaal (n.d.) [Hoeveel stroom gebruikt een hybride warmtepomp?](#)
6. HR-energy (2024) [Warmtepomp zonder buitenunit dankzij PVT-dakpanelen](#)
7. ENTRANCE (2024) [Het probleem netcongestie: 'Beleidsmakers hadden zich wel wat eerder achter de oren mogen krabben'](#)
8. NIBE (n.d.) [Slimme warmtepompen van NIBE helpen netcongestie te beperken](#)
9. Bouw Energie (2024) [Woning verwarmen met een warmtepomp ? do's en don'ts](#)
10. Duratherm (2022) [Bodemwarmte is de oplossing bij problemen rondom netcongestie](#)
11. Bodemenergie Nederland (2024) [Bodemenergie: remedie tegen netcongestie stedelijke gebieden](#)
12. Expertise centrum warmte (n.d.) [Kansen en aandachtspunten geothermie | Expertise Centrum Warmte](#)

## Randvoorwaarden locatie:

1. Ministry of Economic Affairs (2013) [Duurzaamheidscertificatie van vaste biomassa voor energiedoelinden](#)
2. Rijksdienst voor ondernemend Nederland (2024) [Pilotprojecten waterstof in de gebouwde omgeving](#)
3. Drinkwaterplatform (2023) [Geothermie en aardwarmte: de voordelen en nadelen](#)

## Koeling:

1. Nationaal programma lokale warmtetransitie (n.d.) [Aquathermie](#)
2. Supro cooling (n.d.) [koelen en verwarmen met zon thermische systemen](#)
3. Warmtepompvergelijker (2021) [Met welk type warmtepomp kan ik ook koelen?](#)
4. Triplesolar (2023) [Veelgestelde vragen](#)
5. Bodemenergie Kennisplatform [Inleiding bodemenergie](#)
6. Drinkwaterplatform (2023) [Geothermie en aardwarmte: de voordelen en nadelen](#)

## Temperatuurregime:

1. Rijkswaterstaat (2019) [Restwarmte, de stand van zaken: een verkenning van beleid, kansen en barrières](#)
2. Natuur en Milieu (2022) [Aquathermie Duurzame warmte uit water voor de gemeentelijke warmtetransitie](#)
3. Rijksdienst voor ondernemend Nederland (n.d.) [Bio-energietoepassing bij de industrie door verbranding](#)
4. Eneco (2024) [Duurzame bronnen: zonthermie](#)
5. Expertise Centrum Warmte (n.d.) [Strategie 2: Warmtenet met midden- en hogetemperatuurbron](#)
6. Warmtepomp weetjes (2024) [Werking en toepassing warmtepomp](#)
7. Bodemenergie Kennisplatform (n.d.) [Inleiding bodemenergie](#)
8. Drinkwaterplatform (2023) [Geothermie en aardwarmte: de voordelen en nadelen](#)

## Opslag:

1. Invest-nl (2023) [positioneringsscan warmteopslag en batterij invest](#)
2. Netwerk aquathermie (n.d.) [Aquathermie en open bodemenergiesystemen is een goede combinatie](#)
3. Bodemenergie (n.d.) [Warmte en koude opslag in de bodem](#)

# Bronnenlijst

## Bouwsteen 4

1. Informatiepunt leefomgeving (n.d.) [Bodemenergie: dit verandert er](#)
2. EBN (2022) [infographic vergunningenprocedure aardwarmte](#)

## Juridische instrumenten:

1. Informatiepunt Leefomgeving (2024) [Omgevingsverordening per provincie](#)
2. Informatiepunt Leefomgeving (2024) [omgevingsplan op hoofdlijnen](#)
3. Informatiepunt Leefomgeving (2024) [omgevingsvergunning](#)
4. Informatiepunt Leefomgeving (2024) [bodem en omgevingsvisie](#)
5. Informatiepunt Leefomgeving (2024) [bodem en programma](#)
6. Informatiepunt Leefomgeving (2024) [kostenverhaal gebiedsontwikkeling](#)
7. Informatiepunt Leefomgeving (2024) [omgevingswaarde](#).
8. Informatiepunt leefomgeving (2024) [Aanvullingsspoor grondeigendom in de Omgevingswet](#)
9. Rijkswaterstaat (n.d.) [Wat is een exploitatieplan?](#)
10. Rijkswaterstaat (n.d.) [Wat is een anterieure overeenkomst](#)
11. Informatiepunt Leefomgeving (2024) [waterschapsverordening](#)
12. Regionale energie strategie (n.d.) [maatschappelijke tender](#)
13. Rijkswaterstaat (n.d.) [wettelijk instrument PlanMER](#)
14. Regionale energie strategie (n.d.) [Hoe geef je als gemeente een warmtebedrijf vorm](#)

## Financiële instrumenten:

1. Interreg [Interreg North-West Europe](#)
2. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (2023) [Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie \(SDE++\)](#)
3. Vereniging van Nederlandse Gemeenten (n.d.) [Leges](#)
4. Binnenlands Bestuur (2022) [Beleidsvisie bodemenergiesystemen gemeentelijk vastgoed](#)
5. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland(2017) [Energie-investeringsaftrek \(EIA\) voor ondernemers](#)
6. Energie Participatie [Hoe zit het met financiële participatie?](#)
7. Binnenland Bestuur (2022) [Beleidsvisie bodemenergiesystemen gemeentelijk vastgoed](#)

## Organisatorische instrumenten:

1. Platform O (2017) [Een deal maakt nog geen akkoord](#)
2. Rijksoverheid (2023) [Bestuurlijk overleg](#)

## Participatie:

1. Communicatiekrachten (2024) [De participatieladder als ideale tool bij interne communicatievraagstukken](#)

# Menukaart voor een nieuwbouwproject gelegen boven een grondwaterbeschermingsgebied

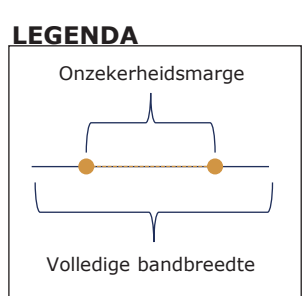


**Duurzaamheid en kosten**  
zijn niet eenduidig vergelijkbaar te maken, dus alleen beschrijving opgenomen

		Efficiëntie	Impact RO Bovengronds	Impact RO Ondergronds	Organisatorische complexiteit	Eisen aan gebouw	Elektriciteitsgebruik	Randvoorwaarden locatie	Koeling	Temperatuurregime	Opslag
Collectieve warmte	Restwarmte	●—●	●—●	●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	✗	🌡️	🕒
	Aquathermie	●—●	●—●	●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	✗	🌡️	✗
	Biomassa	●—●	●—●	●—●	—●—●	—●—●	●—●	—●—●	✗	🌡️	📅
	Zonthermie	—●—●	●—●	●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	✗	🌡️	✗
Duurzame gassen	Groen gas	●—●	●—●	●—●	—●—●	●	Niet zomaar op grote schaal beschikbaar	—●—●	✗	🌡️	📅
	Waterstofgas	●—●	●—●	●—●	—●—●	—●—●		—●—●	✗	🌡️	📅
Elektriciteit (volledig)	Luchtwarmtepomp	—●—●	●—●	●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	✓	🌡️	✗
	PVT-warmtepomp	—●—●	●—●	●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	✓	🌡️	✗
	Ventilatielucht-warmtepomp	—●—●	●—●	●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	✓	🌡️	✗
Elektriciteit* (hybride)	Hybride warmtepomp	—●—●	●—●	●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	✓	🌡️	✗

\* Niet volledig aardgasvrij

Gesloten bodem-energie systemen	Horizontale bodemwarmte-wisselaar	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	✓	🌡️	🕒
	Aard-warmtekorf	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	✓	🌡️	🕒
	Verticale bodemwarmte-wisselaar	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	✓	🌡️	🕒
Open bodem-energie systemen	Monobron	—●—●	●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	✓	🌡️	🕒
	Meervoudig doublet	—●—●	●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	✓	🌡️	🕒
	Recirculatiesysteem	—●—●	●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	✓	🌡️	🕒
Collectieve warmte	Geothermie	●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	—●—●	✗	🌡️	🕒



**Efficiëntie:** Hoe efficiënt is de warmtetechniek (SCOP/SPF)? Laag —●—● Hoog

**Impact RO onder- en bovengronds:** Wat is het (in)direct ruimtegebruik of impact op de omgeving? Weinig —●—● Veel

**Organisatorische complexiteit:** Hoe complex is de organisatie van de techniek? Laag —●—● Hoog

**Eisen aan gebouw:** Stelt toepassing van de warmtetechniek eisen aan het gebouw? Weinig —●—● Veel

**Elektriciteitsgebruik:** Wordt er elektriciteit verbruikt bij toepassing van de techniek? Weinig —●—● Veel

**Randvoorwaarden locatie:** Zijn er specifieke eisen aan de locatie van de warmtetechniek? Weinig —●—● Veel

**Koeling**  
✓ Ja ✗ Nee ✗ Niet toegepast

**Temperatuurregime**  
🌡️ Max. lage temperatuur  
🌡️ Max. midden temperatuur  
🌡️ Max. hoge temperatuur

**Opslag**  
✗ Nee 🕒 Tijdelijk 📅 Langdurig

# Menukaart voor een landelijk herstructureringsproject van bestaande oude bouw, met een lage dichtheid



**Duurzaamheid en kosten**

zijn niet eenduidig vergelijkbaar te maken, dus alleen beschrijving opgenomen

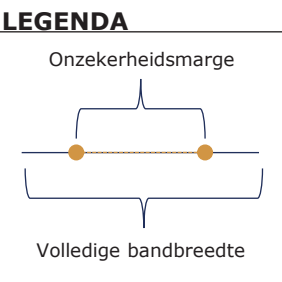
	Efficiëntie	Impact RO Bovengronds	Impact RO Ondergronds	Organisatorische complexiteit	Eisen aan gebouw	Elektriciteitsgebruik	Randvoorwaarden locatie	Koeling	Temperatuurregime	Opslag
Collectieve warmte	Restwarmte	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	🕒
	Aquathermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	✗
	Biomassa	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	📅
	Zonthermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	✗
Duurzame gassen	Groen gas	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	📅
	Waterstofgas	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	📅
Elektriciteit (volledig)	Luchtwarmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
	PVT-warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
	Ventilatielucht-warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
Elektriciteit* (hybride)	Hybride warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
Gesloten bodem-energie systemen	Horizontale bodemwarmte-wisselaar	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Aard-warmtekorf	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Verticale bodemwarmte-wisselaar	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
Open bodem-energie systemen	Monobron	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Meervoudig doublet	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Recirculatiesysteem	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
Collectieve warmte	Geothermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	🕒

Lage dichtheid = hoge kosten

Niet zomaar op grote schaal beschikbaar

Isolatie nodig

\* Niet volledig aardgasvrij



<b>Efficiëntie:</b> Hoe efficiënt is de warmtetechniek (SCOP/SPF)?	Laag —●—●— Hoog
<b>Impact RO onder- en bovengronds:</b> Wat is het (in)direct ruimtegebruik of impact op de omgeving?	Weinig —●—●— Veel
<b>Organisatorische complexiteit:</b> Hoe complex is de organisatie van de techniek?	Laag —●—●— Hoog
<b>Eisen aan gebouw:</b> Stelt toepassing van de warmtetechniek eisen aan het gebouw?	Weinig —●—●— Veel
<b>Elektriciteitsgebruik:</b> Wordt er elektriciteit verbruikt bij toepassing van de techniek?	Weinig —●—●— Veel
<b>Randvoorwaarden locatie:</b> Zijn er specifieke eisen aan de locatie van de warmtetechniek?	Weinig —●—●— Veel

<b>Koeling</b>	✓ Ja ✗ Nee ✗ Niet toegepast
<b>Temperatuurregime</b>	🌡️ Max. lage temperatuur 🌡️ Max. midden temperatuur 🌡️ Max. hoge temperatuur
<b>Opslag</b>	✗ Nee 🕒 Tijdelijk 📅 Langdurig



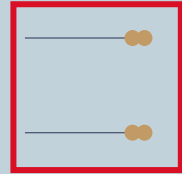
# Menukaart voor een stedelijk herstructureringsproject van bestaande bouw, met een hoge dichtheid en drukte in de ondergrond tot 500 meter



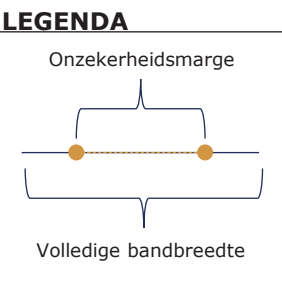
**Duurzaamheid en kosten**  
zijn niet eenduidig vergelijkbaar te maken, dus alleen beschrijving opgenomen

	Efficiëntie	Impact RO Bovengronds	Impact RO Ondergronds	Organisatorische complexiteit	Eisen aan gebouw	Elektriciteitsgebruik	Randvoorwaarden locatie	Koeling	Temperatuurregime	Opslag
Collectieve warmte	Restwarmte	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	🕒
	Aquathermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	✗
	Biomassa	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	📅
	Zonthermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	✗
Duurzame gassen	Groen gas	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	📅
	Waterstofgas	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	📅
Elektriciteit (volledig)	Luchtwarmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
	PVT-warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
	Ventilatielucht-warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
Elektriciteit* (hybride)	Hybride warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
Gesloten bodem-energie systemen	Horizontale bodemwarmte-wisselaar	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Aard-warmtekorf	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Verticale bodemwarmte-wisselaar	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
Open bodem-energie systemen	Monobron	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Meervoudig doublet	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Recirculatiesysteem	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
Collectieve warmte	Geothermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	🕒

Niet zomaar op grote schaal beschikbaar



\* Niet volledig aardgasvrij



**LEGENDA**

**Efficiëntie:** Hoe efficiënt is de warmtetechniek (SCOP/SPF)? Laag —●—●— Hoog

**Impact RO onder- en bovengronds:** Wat is het (in)direct ruimtegebruik of impact op de omgeving? Weinig —●—●— Veel

**Organisatorische complexiteit:** Hoe complex is de organisatie van de techniek? Laag —●—●— Hoog

**Eisen aan gebouw:** Stelt toepassing van de warmtetechniek eisen aan het gebouw? Weinig —●—●— Veel

**Elektriciteitsgebruik:** Wordt er elektriciteit verbruikt bij toepassing van de techniek? Weinig —●—●— Veel

**Randvoorwaarden locatie:** Zijn er specifieke eisen aan de locatie van de warmtetechniek? Weinig —●—●— Veel

**Koeling**  
✓ Ja ✗ Nee ✗ Niet toegepast

**Temperatuurregime**  
🌡️ Max. lage temperatuur  
🌡️ Max. midden temperatuur  
🌡️ Max. hoge temperatuur

**Opslag**  
✗ Nee 🕒 Tijdelijk 📅 Langdurig

# Menukaart voor een stedelijk herstructureringsproject van bestaande oude bouw, met een hoge dichtheid en grote warmtevraag (ca. 10K WEQ)



**Duurzaamheid en kosten**

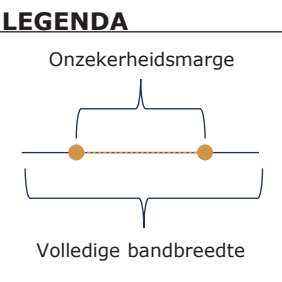
zijn niet eenduidig vergelijkbaar te maken, dus alleen beschrijving opgenomen

	Efficiëntie	Impact RO Bovengronds	Impact RO Ondergronds	Organisatorische complexiteit	Eisen aan gebouw	Elektriciteitsgebruik	Randvoorwaarden locatie	Koeling	Temperatuurregime	Opslag
Collectieve warmte	Restwarmte	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	🕒
	Aquathermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	✗
	Biomassa	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	📅
	Zonthermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	✗
Duurzame gassen	Groen gas	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	📅
	Waterstofgas	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	📅
Elektriciteit (volledig)	Luchtwarmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
	PVT-warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	✗
	Ventilatielucht-warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
Elektriciteit (hybride)	Hybride warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
Gesloten bodem-energie systemen	Horizontale bodemwarmte-wisselaar	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Aard-warmtekorf	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Verticale bodemwarmte-wisselaar	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
Open bodem-energie systemen	Monobron	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Meervoudig doublet	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Recirculatiesysteem	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
Collectieve warmte	Geothermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	🕒

Niet zomaar op grote schaal beschikbaar

Isolatie nodig

\* Niet volledig aardgasvrij



**Efficiëntie:** Hoe efficiënt is de warmtetechniek (SCOP/SPF)? Laag —●—●— Hoog

**Impact RO onder- en bovengronds:** Wat is het (in)direct ruimtegebruik of impact op de omgeving? Weinig —●—●— Veel

**Organisatorische complexiteit:** Hoe complex is de organisatie van de techniek? Laag —●—●— Hoog

**Eisen aan gebouw:** Stelt toepassing van de warmtetechniek eisen aan het gebouw? Weinig —●—●— Veel

**Elektriciteitsgebruik:** Wordt er elektriciteit verbruikt bij toepassing van de techniek? Weinig —●—●— Veel

**Randvoorwaarden locatie:** Zijn er specifieke eisen aan de locatie van de warmtetechniek? Weinig —●—●— Veel

**Koeling**  
 ✓ Ja ✗ Nee ✗ Niet toegepast

**Temperatuurregime**  
 🌡️ Max. lage temperatuur  
 🌡️ Max. midden temperatuur  
 🌡️ Max. hoge temperatuur

**Opslag**  
 ✗ Nee 🕒 Tijdelijk 📅 Langdurig

# Menukaart voor een kleinschalig nieuwbouwproject van 15 woningen



**Duurzaamheid en kosten**

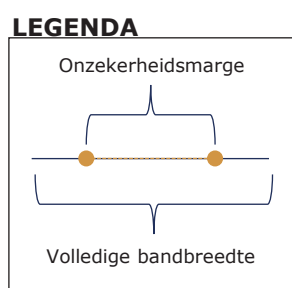
zijn niet eenduidig vergelijkbaar te maken, dus alleen beschrijving opgenomen

		Efficiëntie	Impact RO Bovengronds	Impact RO Ondergronds	Organisatorische complexiteit	Eisen aan gebouw	Elektriciteitsgebruik	Randvoorwaarden locatie	Koeling	Temperatuurregime	Opslag
Collectieve warmte	Restwarmte	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	Max. hoge temperatuur	🕒
	Aquathermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	Max. midden temperatuur	✗
	Biomassa	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	Max. hoge temperatuur	📅
	Zonthermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	Max. hoge temperatuur	✗
Duurzame gassen	Groen gas	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	Max. hoge temperatuur	📅
	Waterstofgas	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	Max. hoge temperatuur	📅
Elektriciteit (volledig)	Luchtwarmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	Max. hoge temperatuur	✗
	PVT-warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	Max. hoge temperatuur	✗
	Ventilatielucht-warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	Max. hoge temperatuur	✗
Elektriciteit* (hybride)	Hybride warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	Max. hoge temperatuur	✗
Gesloten bodem-energie systemen	Horizontale bodemwarmte-wisselaar	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	Max. hoge temperatuur	🕒
	Aard-warmtekorf	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	Max. hoge temperatuur	🕒
	Verticale bodemwarmte-wisselaar	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	Max. hoge temperatuur	🕒
Open bodem-energie systemen	Monobron	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	Max. hoge temperatuur	🕒
	Meervoudig doublet	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	Max. hoge temperatuur	🕒
	Recirculatiesysteem	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	Max. hoge temperatuur	🕒
Collectieve warmte	Geothermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	Max. hoge temperatuur	🕒	

Niet zomaar op grote schaal beschikbaar

Te kleine schaal

\* Niet volledig aardgasvrij



<b>Efficiëntie:</b> Hoe efficiënt is de warmtetechniek (SCOP/SPF)?	Laag —●—●— Hoog
<b>Impact RO onder- en bovengronds:</b> Wat is het (in)direct ruimtegebruik of impact op de omgeving?	Weinig —●—●— Veel
<b>Organisatorische complexiteit:</b> Hoe complex is de organisatie van de techniek?	Laag —●—●— Hoog
<b>Eisen aan gebouw:</b> Stelt toepassing van de warmtetechniek eisen aan het gebouw?	Weinig —●—●— Veel
<b>Elektriciteitsgebruik:</b> Wordt er elektriciteit verbruikt bij toepassing van de techniek?	Weinig —●—●— Veel
<b>Randvoorwaarden locatie:</b> Zijn er specifieke eisen aan de locatie van de warmtetechniek?	Weinig —●—●— Veel

<b>Koeling</b>	✓ Ja ✗ Nee ✗ Niet toegepast
<b>Temperatuurregime</b>	🌡️ Max. lage temperatuur 🌡️ Max. midden temperatuur 🌡️ Max. hoge temperatuur
<b>Opslag</b>	✗ Nee 🕒 Tijdelijk 📅 Langdurig

# Menukaart voor een groot nieuwbouwproject in een gebied met zware netcongestie



**Duurzaamheid en kosten**

zijn niet eenduidig vergelijkbaar te maken, dus alleen beschrijving opgenomen

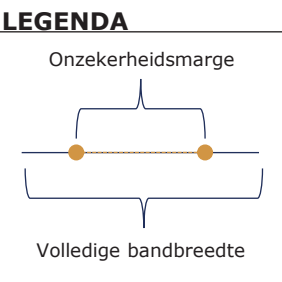
	Efficiëntie	Impact RO Bovengronds	Impact RO Ondergronds	Organisatorische complexiteit	Eisen aan gebouw	Elektriciteitsgebruik	Randvoorwaarden locatie	Koeling	Temperatuurregime	Opslag
Collectieve warmte	Restwarmte	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	🕒
	Aquathermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	✗
	Biomassa	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	📅
	Zonthermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	✗
Duurzame gassen	Groen gas	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	📅
	Waterstofgas	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	📅
Elektriciteit (volledig)	Luchtwarmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
	PVT-warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
	Ventilatielucht-warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
Elektriciteit* (hybride)	Hybride warmtepomp	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	✗
Gesloten bodem-energie systemen	Horizontale bodemwarmte-wisselaar	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Aard-warmtekorf	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Verticale bodemwarmte-wisselaar	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
Open bodem-energie systemen	Monobron	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Meervoudig doublet	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
	Recirculatiesysteem	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✓	🌡️	🕒
Collectieve warmte	Geothermie	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	●—●	✗	🌡️	🕒

Niet zomaar op grote schaal beschikbaar

Grote impact

Kleinere impact

\* Niet volledig aardgasvrij



<b>Efficiëntie:</b> Hoe efficiënt is de warmtetechniek (SCOP/SPF)?	Laag —●—●— Hoog
<b>Impact RO onder- en bovengronds:</b> Wat is het (in)direct ruimtegebruik of impact op de omgeving?	Weinig —●—●— Veel
<b>Organisatorische complexiteit:</b> Hoe complex is de organisatie van de techniek?	Laag —●—●— Hoog
<b>Eisen aan gebouw:</b> Stelt toepassing van de warmtetechniek eisen aan het gebouw?	Weinig —●—●— Veel
<b>Elektriciteitsgebruik:</b> Wordt er elektriciteit verbruikt bij toepassing van de techniek?	Weinig —●—●— Veel
<b>Randvoorwaarden locatie:</b> Zijn er specifieke eisen aan de locatie van de warmtetechniek?	Weinig —●—●— Veel

<b>Koeling</b>	✓ Ja ✗ Nee ✗ Niet toegepast
<b>Temperatuurregime</b>	🌡️ Max. lage temperatuur 🌡️ Max. midden temperatuur 🌡️ Max. hoge temperatuur
<b>Opslag</b>	✗ Nee 🕒 Tijdelijk 📅 Langdurig