

MEER DUURZAME WARMTE DOOR SEIZOENSOPSLAG

Een handreiking voor de toepassing van warmteopslagsystemen in kleinschalige warmtenetten

1

HT-seizoensopslagssystemen kunnen in 2030 zorgen voor bijna 60% minder CO₂-emissies als gevolg van het overbodig maken van gasgestookte piekketels.

CO₂
-60%

piek

restwarmte

zonnewarmte

seizoensopslag

geothermie

aquathermie

water

3

Voor aanleg van HT-seizoensopslagssystemen is wel een omgevingsvergunning bouw maar geen omgevingsvergunning milieu nodig. De risico's voor de bodem zijn namelijk klein, mits een systeem enkel gevuld is met water.

2

Met extern gevalideerde simulaties, ondersteund door monitoring in de praktijk, kunnen de energetische prestaties van warmteopslagsystemen nu al goed getoetst worden, zonder langjarige trajecten voor normering.



Meer duurzame warmte door seizoensopslag

Een handreiking voor de toepassing van warmteopslagsystemen
in kleinschalige collectieve warmtenetten

Datum publicatie: 23 november 2020

Auteurs: Rutger Bianchi, Anne Koot, Jan Warnaars

Onderzoek uitgevoerd in opdracht van Invest-NL

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1. Waaron een handreiking voor warmteopslagsystemen.....	5
2. Op welke manier draagt HT-seizoensopslag bij aan het verbeteren van de CO₂-prestaties van warmtenetten?	9
2.1. Het nut van warmteopslag in een warmtenet	9
2.2. CO ₂ -reductie door seizoensopslag.....	10
3. Hoe kan de zekerheid rondom de prestaties van seizoensopslag-systemen vergroot worden?.....	12
3.1. Prestatie-indicatoren voor HT-seizoensopslag	12
3.2. Borging van kwaliteit en prestaties van warmteopslagsystemen	17
3.3. De keuze voor een warmteopslagsysteem is locatie- en situatiespecifiek	20
4. Wat zijn de te doorlopen stappen m.b.t. wet en regelgeving voor de inzet van seizoensopslagsystemen zoals HoCoSto?	21
4.1. Omgevingsvergunning bouwen	21
4.2. Omgevingsvergunning milieubeheer	21
4.4. Overige wet- en regelgeving	23
4.5. Vervolgstappen.....	23
5. Conclusies en aanbevelingen	26
Conclusies.....	24
Aanbevelingen.....	24
6. Bijlage	27
6.1. Bijlage 1: Geïnterviewde experts	27
6.2. Bijlage 2: Berekening CO ₂ -emissies	27

Samenvatting

Belangrijkste conclusies

Hogetemperatuur (HT ~ 90°C) seizoensopslagssystemen bieden een uitkomst om volledig duurzame warmtenetten mogelijk te maken. In deze position paper onderbouwen we deze stelling aan de hand van twee factoren: 1) de toegevoegde waarde van HT-seizoensopslagssystemen in CO₂-reductie voor warmtenetten en 2) de prestatie-indicatoren en mogelijkheden voor toetsing hiervan. Tot slot geven we gemeenten een handreiking voor de te doorlopen stappen in het kader van vergunningsverlening. Wij geven hieronder de drie belangrijkste conclusies:

1. HT-seizoensopslagssystemen kunnen in 2030 zorgen voor bijna 60% minder CO₂-emissies als gevolg van het overbodig maken van gasgestookte piekketels. Wanneer deze systemen slim gecombineerd worden met hernieuwbare elektriciteit kan de uitstoot vrijwel tot nul gereduceerd worden. Warmteopslag draagt bij aan de verduurzaming van een warmtenet doordat dit de noodzaak van piekketels kan verkleinen of deze geheel kan vervangen. Ook vergroot opslag de productie van duurzame warmtebronnen en efficiëntie van een warmtenet.
2. Met extern gevalideerde simulaties, ondersteund door monitoring in de praktijk, kunnen de energetische prestaties van warmteopslagssystemen nu al goed getoetst worden, zonder langjarige trajecten voor normering. Wanneer in de toekomst warmteopslagssystemen op grote schaal worden toegepast, wordt normering haalbaar en gewenst.
3. Voor aanleg van HT-seizoensopslagssystemen is over het algemeen wel een omgevingsvergunning bouw maar geen omgevingsvergunning milieu nodig. De risico's voor de bodem zijn namelijk klein, mits een systeem enkel gevuld is met water. Om vergunningverlening gemakkelijker te maken, adviseren wij te verkennen of deze opgenomen kan worden in het activiteitenbesluit.

Context

Bestaande bouw is complex en kostbaar om te verduurzamen. Lagetemperatuurafgifte vergt ingrijpende en kostbare ingrepen in de woning. Door de aanleg van warmtenetten op midden-temperatuur (MT; ~ 70°C) kunnen deze aanpassingen aan de woning grotendeels vermeden worden. Een van de grootste uitdagingen voor warmtenetten is om deze volledig te voorzien van duurzame warmte. Warmtebronnen kennen namelijk een seizoensprobleem: in de zomer is er een overschot aan warmte, die verloren gaat, en in de winter is al snel een tekort. Het uitrollen van een warmtebron op basis van piekvraag in de winter is zeer kostbaar en betekent dat er veel warmte in de zomer verloren gaat. Om deze reden is een gasgestookte back-up en piekketel vaak noodzakelijk bij de inzet van duurzame bronnen in de huidige warmtenetten. Deze voorziet vaak in 20-30% van de totaal geleverde warmte.

Een alternatief voor deze ketels zijn seizoensopslagssystemen, die volledig hernieuwbare warmtenetten mogelijk maken. De afgelopen jaren zijn verschillende HT-warmteopslagssystemen in ontwikkeling, onder andere die van [HoCoSto](#) en [Ecovat](#). Anders dan WKO's (Warmte-koudeopslag; onder de grond tot maximaal 25 graden) kunnen dergelijke warmtebuffers hoge temperaturen opslaan. Deze systemen zorgen dat duurzame warmtebronnen (met name aardwarmte, zonnewarmte en thermische energie uit afvalwater) een stuk kansrijker worden als hoofdvoorziening van warmtenetten.

Hoewel momenteel verschillende warmteopslagssystemen worden ontwikkeld, vormt koudwatervrees bij stakeholders een barrière voor opschaling. Omdat deze systemen nieuw zijn en daarom nog weinig toegepast worden, zijn langdurige prestaties nog niet bewezen terwijl de investeringskosten aanzienlijk zijn. Deze position paper is een handreiking om op deze vlakken houvast te bieden aan marktpartijen en gemeenten.

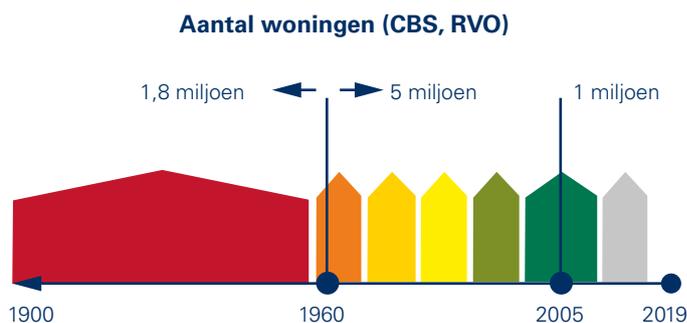
1. Waarom een handreiking voor warmteopslagsystemen

In het klimaatakkoord hebben de ondertekenende partijen de doelstelling uitgesproken om in 2030 1,5 miljoen woningen in Nederland te verduurzamen¹. In 2050 dienen alle gebouwen aardgasvrij te zijn. Warmtenetten, aangesloten op duurzame warmtebronnen, vormen één van de oplossingen om deze aardgasvrije gebouwen in de toekomst van warmte te voorzien. Scenario's² voor 2050 laten zien dat in de gebouwde omgeving tussen de 15% tot wel 45% van de woningen aangesloten zal worden op een warmtenet, waar dat nu slechts 5,9%³ is.

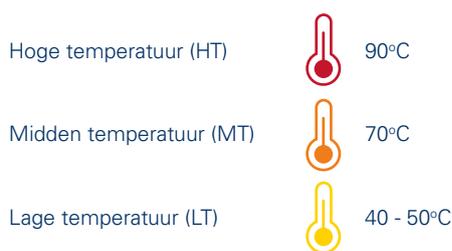
De opgave om deze opschaling te realiseren is enorm en ligt niet alleen in de aanleg van de warmtenetten, maar ook in het verkrijgen van duurzame bronnen, lokaal vraag en aanbod afstemmen en in vraagbundeling.

Bestaande bouw kunnen we moeilijk verduurzamen. Door warmtenetten met warmteopslag te gebruiken kan dit wel.

Vanuit het klimaatakkoord hebben gemeenten de regie gekregen om de warmtetransitie in de gebouwde omgeving vorm te geven middels het opstellen van een Transitievisie Warmte met wijkuitvoeringsplannen. Hierbij ligt de opgave voornamelijk bij de bestaande bouw, waar verduurzaming via individuele oplossingen kostbaar en ingrijpend kan zijn omdat dit vaak vergaande isolatie vraagt, terwijl de huidige woningvoorraad veel gebouwen kent met matige isolatie (figuur 1). Eén van de oplossingen om de bestaande bouw te verduurzamen is de aanleg van warmtenetten. Door gebruik te maken van middentemperatuur (MT) afgifte (zie figuur 2 voor definities temperatuurniveaus) in de woning hoeven er vaak minder ingrepen binnen de woning te gebeuren dan bij LT-afgifte en kunnen woningen met beperkte bouwkundige aanpassingen verwarmd worden. Daarnaast hoeft in deze woningen, anders dan bij LT-warmtenetten, geen aparte voorziening voor tapwaterverwarming in de woning geïnstalleerd te worden.



Figuur 1. **Energielabels van bestaande woningen Nederland**



Figuur 2. **Definities voor temperatuurniveaus zoals gebruikt in deze whitepaper**

Warmtenetten leveren nu nog veel warmte die niet volledig duurzaam is.

Randvoorwaarde voor de verduurzaming van de bestaande bouw met behulp van een MT-warmtenet is dat de warmtebron die het warmtenet voedt duurzaam is. De huidige warmtenetten worden veelal voorzien van warmte door restwarmtebronnen, gasgestookte warmtekrachtkoppelingen en afvalverbrandingsinstallaties. Bovendien wordt er in de winter vaak gebruik gemaakt van een gasketel om de piekvraag te kunnen voorzien en om als back-up te dienen. Dit maakt dat de huidige netten nog niet (geheel) duurzaam zijn. Kortom, er ligt een uitdaging in het verduurzamen van deze bestaande warmtenetten en het aanleggen van nieuwe, duurzame, warmtenetten.

¹ Klimaatakkoord zoals ondertekend in 2019 – afspraken gebouwde omgeving

² Berenschot (2020): Klimaatneutrale energiescenario's 2050

³ CBS Energieverbruik particuliere woningen; woningtype en regio's 2019

Duurzame warmtebronnen zijn noodzakelijk en kunnen in combinatie met een warmteopslag het hele jaar rond volledig hernieuwbare warmte leveren.

Door de inzet van warmteopslag kunnen gasgestookte piekketels vervangen worden en kan meer duurzame warmte gewonnen worden. Er zijn verschillende duurzame warmtebronnen zoals geothermie, aquathermie (TEO, TEA, TED), restwarmte en zonnewarmte⁴, die een warmtenet kunnen voeden (al dan niet in combinatie met een warmtepomp op locaties waar deze bronnen in mindere mate aanwezig zijn). Vrijwel elk van deze warmtebronnen kent een seizoensprobleem; in de zomer is er een overschot aan warmte, welke verloren gaat en in de winter is er al snel een tekort. Het uitrollen van een warmtebron op basis van de piekvraag in de winter is zeer kostbaar en betekent dat er ook veel warmte in de zomer verloren gaat. Om deze reden is het nu nog steeds noodzakelijk ook bij de inzet van duurzame bronnen een gasgestookte back-up en piekketel te hebben welke vaak nog 20-30%⁵ van de warmte voorziet. Duurzame gassen (groen gas, waterstof) of houtachtige biomassa kunnen hierin uitkomst bieden, maar zijn beperkt beschikbaar, te kostbaar, en/of omstreden. Een alternatief voor deze ketels zijn seizoensopslagsystemen. Met deze systemen zijn volledig hernieuwbaar warmtenetten mogelijk, waarmee (bestaande) woningen op middentemperatuur verwarmd kunnen worden.

Er zijn verschillende warmteopslagsystemen op de markt, maar koudwatervrees bij stakeholders is een barrière voor opschaling.

De afgelopen jaren zijn verschillende HT-warmteopslagsystemen in ontwikkeling, onder andere die van [HoCoSto](#) en [Ecovat](#). Anders dan WKO's (Warmte Koude Opslag, onder de grond tot maximaal 25 graden) kunnen dergelijke warmtebuffers hoge temperaturen opslaan. Dit maakt duurzame warmtebronnen (met name aardwarmte, zonnewarmte en thermische energie uit afvalwater) een stuk kansrijker als hoofdvoorziening voor warmtenetten in de bestaande bouw.

Echter, in warmtenetprojecten bestaat er bij gevestigde partijen koudwatervrees voor HT-warmteopslagsystemen. Omdat deze systemen nieuw zijn en nog weinig toegepast worden, zijn prestaties nog niet langdurig bewezen terwijl de investeringskosten aanzienlijk zijn. Nieuwe innovaties, zoals die van HoCoSto maken warmteopslag wellicht financieel aantrekkelijk⁶, maar door de onzekerheden bij stakeholders blijft opschaling (tot nu toe) uit.

Deze onzekerheid speelde ook bij een warmteproject in Nagele (Flevoland) (zie kader op pagina 7). In Nagele wordt momenteel gewerkt aan een collectief warmtenet met zonthermie als warmtebron en een HoCoSto voor warmteopslag. In dit project wordt zichtbaar dat er voor dergelijke nieuwe seizoensopslagtechnologieën behoefte is aan meer duidelijkheid op de volgende drie aspecten:

- In hoeverre seizoensopslag bijdraagt aan het realiseren van duurzaamheidsdoelstellingen;
- Voor seizoensopslagtechnologieën zoals die van HoCoSto bestaat nog geen normen en vastgestelde prestatie-indicatoren die als kwaliteitskeur kunnen dienen;
- Aan welke wet- en regelgeving moet worden voldaan in het kader van omgevingsvergunningen voor dergelijke seizoensopslagtechnologieën.

4 Berenschot (2018) [Kansen voor zonnewarmte in het hart van de energietransitie](#)

5 CE Delft (2016): Ketenemissies warmtelevering

6 CE Delft (2020): Kansen voor thermische opslagsystemen

Deze whitepaper biedt handvaten bij het creëren van vertrouwen in warmteopslagsystemen.

Bovenstaande onduidelijkheden zorgen voor ongemak bij initiatiefnemers van warmteprojecten (veelal gemeenten of warmtecorporaties). Invest-NL heeft Berenschot daarom gevraagd om een handreiking te schrijven om de onzekerheden op bovenstaande drie punten te adresseren en handvaten te bieden aan initiatiefnemers van warmtenetten en producenten van warmteopslagsystemen.

In dit whitepaper wordt deze handreiking gepresenteerd door antwoord te geven op de volgende vragen:

1. Wat is de CO₂ winst t.o.v. alternatieve warmteopties als gevolg van de inzet van seizoenopslagsystemen?
2. Hoe, en op basis van welke indicatoren, kan de zekerheid rondom de prestaties van seizoenopslagsystemen vergroot worden?
3. Wat zijn de te doorlopen stappen m.b.t. wet- en regelgeving voor de inzet van seizoenopslagsystemen zoals HoCoSto?

Berenschot heeft deze vragen onderzocht door middel van interviews, deskresearch en eigen analyses. In dit whitepaper nemen we u mee in de antwoorden. In het whitepaper behandelen we deze op de volgende wijze:

- A. **CO₂-reductie door warmteopslag:** in hoofdstuk 2 illustreren we het effect van warmteopslag op de CO₂-prestaties van een warmtenet door deze te vergelijken met alternatieve warmteopties, voor jaarronde warmtelevering bij het gebruik van een duurzame hoofdbron.
- B. **Onzekerheden in prestaties indicatoren:** in hoofdstuk 3 presenteren wij relevante prestatie-indicatoren en geven wij onderbouwing voor de technische relevantie van deze indicatoren voor de keten. Daarnaast geven we advies over vormen van toetsing om het vertrouwen van prestaties van warmteopslagsystemen te vergroten en wordt er verkend welke rol normering en certificering hierin kunnen spelen.
- C. **Vergunningverlening en wet- en regelgeving:** gemeenten dienen een omgevingsvergunning af te geven voor warmteopslagsystemen, maar specifieke wet- en regelgeving voor dergelijk systemen bestaat (nog) niet. Middels een stroomschema, gepresenteerd in hoofdstuk 4, brengen we de relevante wet- en regelgeving in kaart.

Scope

In de laatste jaren zijn verschillende typen hoge temperatuur warmteopslagsystemen ontwikkeld. Het verschil tussen deze systemen zit vaak in de vorm van isolatie, bouwkundige aspecten, gesloten of open (wel of niet in direct contact met de bodem), onder of bovengronds etc. Om een gericht advies uit te kunnen brengen focussen we in dit onderzoek op gesloten systemen in de ondiepe ondergrond (tot ca. 10 meter), zogenaamde PTES (pit thermal energy storage) en TTES (tank thermal energy storage) opslagsystemen⁷. Andere vormen van HT-temperatuuropslag, zoals ATES (aquifer thermal energy storage) en BTES (borehole thermal energy storage) zijn bewust buiten scope gehouden aangezien voor dergelijke systemen bijvoorbeeld andere wet- en regelgeving van toepassing is.

Daarnaast richten wij ons primair op de inzet van seizoenopslag in MT-warmtenetten (70 graden).

In dit document zijn de financiële parameters buiten beeld gelaten. Hiervoor heeft Invest-NL reeds een uitgebreid onderzoek door CE Delft⁸ laten uitvoeren.

⁷ CE Delft (2020): Kansen voor thermische opslagsystemen

⁸ Zie footnote 7.

Voorbeeldcasus: Nagele in Balans met de HoCoSto warmteopslag

Als onderdeel van het uitvoeringsplan 'Nagele in Balans' wordt in Nagele (gemeente Noordoostpolder) momenteel gewerkt aan de aanleg van een warmtenet met een HoCoSto-systeem als warmteopslag. De 498 woningen in de kern van Nagele zijn gebouwd in de jaren 50, wat betekent dat zij matig geïsoleerd zijn en een MT-warmtenet dus een logische keuze is. Het platte daken-dorp met zijn vele woonhofjes leent zich bij uitstek voor de inzet van duurzame warmte: op alle daken kunnen thermische collectoren geplaatst worden, en onder de grote grasvelden van de hofjes komen goed geïsoleerde HoCoSto seizoensbuffers te liggen waarin de duurzaam opgewekte warmte wordt opgeslagen. Via een lokaal warmtenet worden de gebruikers voorzien van warmte voor tapwater en ruimteverwarming.

In fases wordt Nagele aardgasvrij gemaakt met behulp van duurzame warmte. Er wordt gestart in het centrum van het dorp met een multifunctioneel (voormalig) schoolgebouw en een blok van 8 huizen. Het warmtenet gaat hier via een 'zonneshoorsteen' naar boven en loopt over het dak van de huizen. In het grasveld in het grasveld dat tussen de woningen en de school ligt, komt een HoCoSto seizoensbuffer van 1000m³ met een piekbuffer van 24m³. Op basis van het koudste jaar (het hoogste aantal graaddagen) in de afgelopen 12 jaar is de maximaal benodigde warmte vastgesteld, en de configuratie van de buffers, collectoren en warmtepomp bepaald.

Doelstelling bij dit eerste voorbeeldproject is het minimaliseren van de benodigde elektrische hulpenergie op systeemniveau en het overbodig maken van de gasgestookte CV-ketel als back-up. Hoe beter de balans, en de fijnafstelling tussen de buffers en overige systeemonderdelen, hoe beter de prestaties van het warmtesysteem. Intentie is om de gasgestookte CV-ketel, die nu nog in de school als back-up achter de hand wordt gehouden, na twee seizoenscycli te verwijderen.

De ervaring die hier wordt opgedaan wordt meegenomen naar de volgende hofjes. Uiteindelijk zal iedere woonhof in het dorp zijn eigen 'maatwerk' krijgen. Hofje voor hofje wordt benaderd en aardgasvrij gemaakt.

De HoCoSto systemen kenmerken zich door een relatief ondiep ondergronds bassin met een inwendige constructie van aluminium. Wanden en bodem zijn goed geïsoleerd om warmteverlies te beperken. In figuur 3 is een voorbeeld van een HoCoSto-systeem te zien.



Figuur 3. Voorbeeld van de plaatsing van een kleine HoCoSto buffer. Na het plaatsen wordt de buffer gevuld met water en afgedicht.



Figuur 4: Locatie Nagele

2. Op welke manier draagt HT-seizoensopslag bij aan het verbeteren van de CO₂-prestaties van warmtenetten?

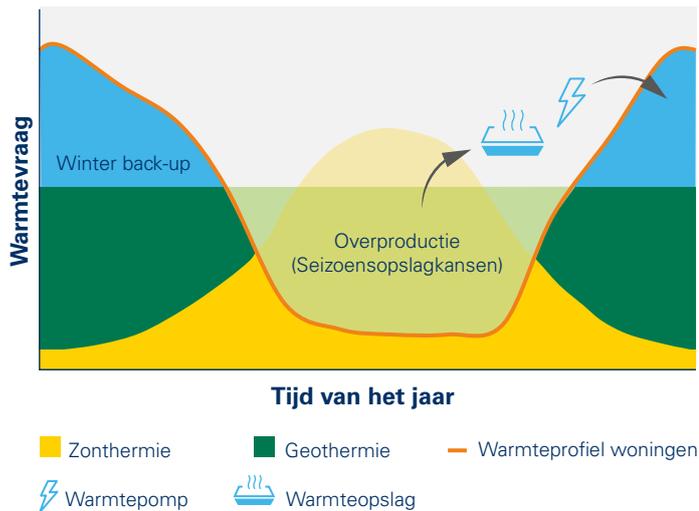
Het belangrijkste doel van de warmtetransitie is om emissies van broeikasgassen sterk terug te dringen. Een warmtenet is vanzelfsprekend enkel duurzaam als de bronnen die het warmtenet voeden duurzaam zijn. In dit hoofdstuk laten we zien hoe seizoensopslagsystemen in 2030 kunnen zorgen voor bijna 60% minder CO₂-emissie, als gevolg van het overbodig maken van gasgestookte piekketels en het verbeteren van de inzet van duurzame warmtebronnen. Een recente studie van CE Delft⁹ laat zien dat warmteopslag de kosten van de warmte niet hoeft te verhogen, zo laat PTES nu al een positieve business case zien voor pure seizoensopslag.

2.1. Het nut van warmteopslag in een warmtenet

Bij warmtenetten op duurzame warmtebronnen vallen vraag en aanbod niet altijd samen. Aan de ene kant is de warmtevraag klein in de zomer en groter in de winter. Aan de andere kant leveren (duurzame) bronnen ook warmte in de zomer wanneer de vraag beperkt is. Zonthermie, waar de zon de warmtebron is, levert juist in de zomer het meest warmte (Figuur 5). Kortom, er is een mismatch tussen vraag en aanbod gedurende het jaar. Momenteel wordt daarom gebruik gemaakt van gasgestookte back-up en piekketels om tekorten in warmteaanbod op te vangen. Ook bij een warmtenet met duurzame hoofdbronnen zijn deze fossiele back-up en piekketels noodzakelijk. Om een warmtenet echt broeikasgasarm te maken biedt warmteopslag daarvoor een alternatief. Seizoensopslagsystemen bieden potentieel dan ook de volgende voordelen:

1. **Vervanging/verkleinen van piekketels in de winter:** door de inzet van warmteopslag kan de piekvraag in de winter worden opgevangen door warmte die in de zomer is geproduceerd te benutten¹⁰ (zie Figuur 5). Hierbij is het vaak wel gewenst om een warmtepomp toe te voegen om te zorgen dat gedurende het hele jaar er voldoende warmte in de buffer aanwezig is. Dit zorgt voor een optimalere omvang van de buffer.
2. **Meer productie:** door het gebruik van (seizoens) opslagsystemen kunnen overschotten van warmte van duurzame bronnen zoals geothermie en zonnewarmte opgeslagen worden en gaan deze niet verloren. Door de inzet van een warmteopslag wordt daarmee duurzame warmte gewonnen die anders niet ontsloten zou worden. Bovendien maken deze bronnen dan meer vollasturen wat de business case verbetert.
3. **Efficiëntere productie:** warmtebronnen werken efficiënter in combinatie met het opslaan van warmte omdat hierdoor minder op- en afgeschakeld hoeft te worden. Hierdoor krijgen bronnen een gelijkmatiger productieprofiel met als gevolg minder opstartverliezen en een langere levensduur.

¹⁰ Of warmtebuffers gasgestookte piekketels volledig kunnen vervangen is nog onzeker. De dimensioneren van een buffer op een winter die eens in de 50 jaar voorkomt maakt de buffer in het overgrote deel van de winters onnodig groot. Om leveringszekerheid te garanderen zal dus een afweging gemaakt moeten worden tussen de kosten van het systeem of het accepteren van een gasgestookte piekkel in zeer strenge winters.



Figuur 5. **Illustratieve tekening van de inzet van warmteopslag om de warmteoverschotten in te kunnen zetten in de winter.**

2.2. CO₂-reductie door seizoensopslag

Door het vervangen en/of verkleinen van piekketels, het vergroten van de productie en het verhogen van de efficiënte van productie, draagt warmteopslag bij aan het verduurzamen van een warmtenet. Figuur 6 laat zien dat de CO₂-prestaties van een warmtenet met seizoensopslag aanzienlijk beter zijn dan zonder opslag, door de CO₂-emissies van verschillende warmteoplossingen voor 300 woningequivalenten (Weq) te vergelijken. De totale CO₂-emissies van het warmtenet op duurzame bronnen worden dankzij de warmteopslag met 60% gereduceerd (zie figuur 6 situatie 3 en 4).

2.2.1. Berekening en aannames

In deze berekening¹¹ is de CO₂-uitstoot van een warmtenet op geothermie, aangevuld met een warmteopslag en een warmtepomp (situatie 4) vergeleken met warmtenetten die gebruik maken van een aardgasgestookte back-up en piekketel in combinatie met de restwarmte van een WKK (situatie 2) en geothermie (situatie 3). Daarnaast zijn ter vergelijking twee individuele warmteoplossingen meegenomen: de individuele CV-ketel zoals deze nu in het overgrote deel van de huishoudens in gebruik is (situatie 1) en de all-electric warmtepomp als aardgasvrij alternatief voor de individuele CV-ketel (situatie 5). Aangezien een all-electric warmtepomp enkel bruikbaar is bij woningen met een energielabel B of beter, zal in veel woningen isolatie moeten worden toegepast. Het effect van de benodigde isolatie op de CO₂-uitstoot is ook los inzichtelijk gemaakt.

In de berekening voor de elektriciteitgerelateerde emissies in 2020 zijn de emissiefactoren van de huidige Nederlandse elektriciteitsmix opgenomen. Voor 2030 is aangenomen dat de ambitie uit het klimaatakkoord (70% hernieuwbaar) is behaald. Daarnaast zijn er ook oplossingen denkbaar waarin duurzame elektriciteit lokaal wordt opgewekt en ingezet. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij het HoCoSto project in Nagele, waar overschotten duurzame energie uit de PV-panelen met een warmtepomp worden omgezet in warmte die opgeslagen wordt in een piekbuffer. Deze piekbuffer kan op piekmomenten wanneer er geen duurzaam aanbod is bijspringen om zo duurzame warmte te leveren. In dat geval is enkel de elektriciteit die wordt gebruikt voor de pompenergie, als er geen duurzame elektriciteit beschikbaar is, verantwoordelijk voor CO₂-uitstoot (zie situatie 4, de derde balk).

Belangrijk om te vermelden is dat de situaties zoals geschetst in de berekening enkel dienen ter illustratie. In de praktijk zal een warmtenet met 300 woningequivalenten (Weq) zelden gevoed worden door geothermie. Vaak betreft dit grotere warmtenetten. Kleinere warmtenetten met een warmteopslag maken vaak gebruik van zonthermie of restwarmte. Echter, om de vergelijking transparant te houden is er gekozen voor deze configuraties.

2.2.2. Uitkomsten

Op basis van Figuur 6 zijn een aantal conclusies te trekken. Ten eerste blijkt uit de vergelijking tussen situatie 3 (geothermie met fossiele piekketel) en situatie 4 (geothermie met seizoensopslag en een warmtepomp) dat de CO₂-uitstoot in 2020 weinig verschilt. Vanwege de huidige elektriciteitsmix weegt de winst die geboekt wordt door het vervangen van een fossiele piekketel nauwelijks op tegen de benodigde elektriciteit voor de warmtepomp, de extra geothermie en de warmteverliezen. Echter, als de energiemix groener wordt richting 2030 zijn de emissies van de situatie met warmteopslag ineens 60% minder dan de emissies van een situatie met piekketel. Door het slim inzetten van PV-panelen kan de CO₂-uitstoot in 2020 al richting de 0 gebracht worden.

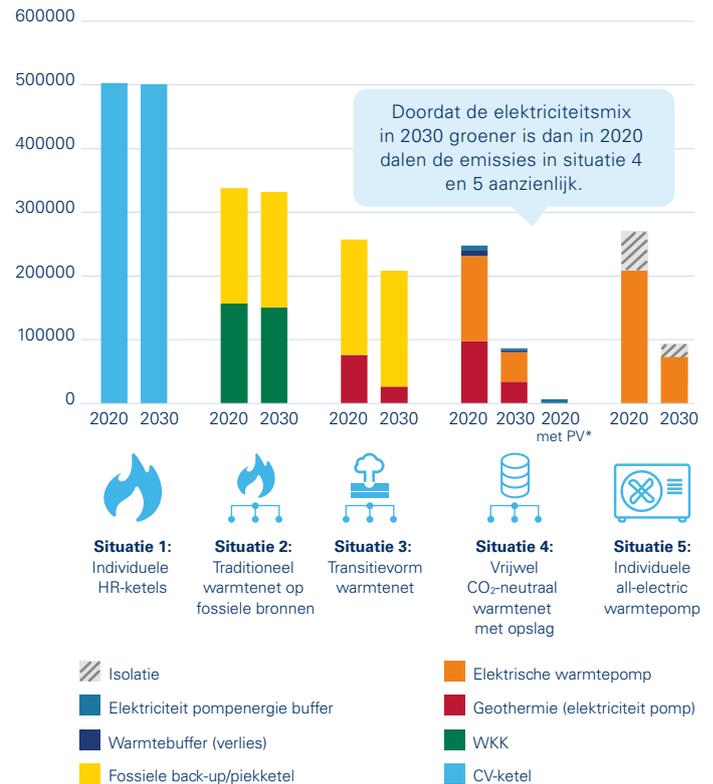
Daarnaast blijkt dat een warmtenet met warmteopslag qua CO₂-uitstoot kan concurreren met individuele warmtepompen (situatie 5). Door het toepassen van isolatie ligt de daadwerkelijke uitstoot bij warmtepompen lager, maar als dezelfde isolatie zou worden toegepast in situatie 4 zou deze beter uit de bus komen. Voordeel is juist dat in het geval van een MT-warmtenet isolatie niet hoeft en zo veel kosten en moeite voor de bewoner uitgespaard kunnen worden.

¹¹ De achterliggende berekening is opgenomen in bijlage 2.

Tot slot blijkt dat er in alle situaties minder CO₂ wordt uitgestoten dan de huidige HR-ketels. Dit komt omdat in alle andere situaties naast fossiele bronnen ook gebruik gemaakt wordt van duurzame bronnen zoals restwarmte, geothermie en/of omgevingswarmte.

Kortom, een warmtenet waarbij duurzame warmtebronnen worden gecombineerd met een warmteopslag levert voor woningeigenaren de voordelen van een MT-warmtenet zonder de aardgas-gerelateerde CO₂-emissies van veel bestaande warmtenetten met back-up en piekketels. Waarbij de warmteoplossing duurzamer wordt wanneer de gebruikte elektriciteitsmix ook minder CO₂-uitstoot.

Vergelijking CO₂-emissies van verschillende verwarmingsopties in de bestaande bouw (300 Weq)



	Situatie 1: Individuele HR-ketels	HR-ketel: 100%	Referentiesituatie met huidige meest voorkomende warmtevoorziening: individuele HR-ketels.
	Situatie 2: Traditioneel warmtenet op fossiele bronnen	WKK: 70% Back-up en piekketel (aardgas): 30% ²	De meest voorkomende warmtebron van de huidige warmtenetten zijn momenteel WKKs ⁴ , aangevuld met een aardgasgestookte back-up en piekketel.
	Situatie 3: Transitievorm warmtenet	Geothermie: 70% Back-up en piekketel (aardgas): 30% ²	Transitievorm, waarin de primaire warmtebron duurzaam is (in dit geval geothermie), aangevuld met een aardgasgestookte back-up en piekketel.
	Situatie 4: Vrijwel CO ₂ -neutraal warmtenet met opslag	Geothermie: 95% Warmtepomp: 5% Verliezen warmtebuffer: 10% ³ Hulpenergie warmtebuffer: 1% ³	Door de back-up en piekketel uit situatie 3 (transitievorm) te vervangen door een warmteopslag vallen deze emissies weg en kan de geothermiebron beter benut worden. Wel wordt een warmtepomp aangenomen voor pieklevering.
	Situatie 5: Individuele all-electric warmtepomp	Warmtepomp: 25% (COP = 4) Omgevingswarmte: 75% Isolatie label E naar B: -22% ⁴	Evenals situatie 4 een geheel aardgasvrij alternatief in de vorm van individuele all-electric warmtepompen. Aangezien deze warmtepompen enkel lage temperatuur leveren is isolatie noodzakelijk.

Algemene aannames:

- Bron emissiefactoren: CE Delft1
- De verschillen tussen 2020 en 2030 worden veroorzaakt door een andere elektriciteitsmix. Electriciteitsmix 2020 op basis van CE Delft1, voor 2030 70% hernieuwbaar aangenomen (in lijn met het klimaatakkoord).
- Systeemverliezen in situaties met warmtenet (situatie 2,3,4): 25%

¹ CE Delft: Ketenenmissies warmtelevering

² CE Delft (2020): Kansen voor thermische opslagsystemen

³ Op basis van prestaties HoCoSto

⁴ CBS Aardgaslevering vanuit het openbare net; woningkenmerken

* Opstelling waarbij een warmtepomp op PV-panelen overdag een kleine piekbuffer oplaadt om deze warmte 's avonds in te zetten.

Figuur 6. **Uitkomsten en aannames berekening CO₂-uitstoot diverse warmteoplossingen bestaande bouw.**

3. Hoe kan de zekerheid rondom de prestaties van seizoensopslag-systemen vergroot worden?

Hoewel HT-warmteopslag inmiddels mondjesmaat wordt toegepast, blijft dit een relatief nieuwe en onbekende techniek. Hierdoor bestaat onzekerheid bij ontwikkelaars van warmtenetten en andere stakeholders bij de keuze voor een geschikt systeem. Warmtenetten zijn kapitaalintensieve systemen die decennia in gebruik zullen zijn, waardoor het maken van een onderbouwde afweging van groot belang is.

Om marktpartijen meer houvast te bieden bij het kiezen voor een warmteopslagsysteem hebben wij ten eerste een lijst met prestatie-indicatoren ontwikkeld en uitgewerkt hoe deze te meten zijn. Deze prestatie-indicatoren bieden houvast bij het vergelijken en beoordelen van de prestaties van verschillende systemen. Daarnaast brengen we verschillende vormen van borging van de kwaliteit en prestaties van het systeem in kaart. Tot slot geven we advies hoe producenten van warmteopslagsystemen zekerheid kunnen bieden rondom de kwaliteit en prestaties van hun systeem, nu en in te toekomst.

In dit hoofdstuk gaan we dieper in op 1) prestatie-indicatoren en 2) kwaliteitsborging van prestaties van seizoensopslagsystemen.

3.1. Prestatie-indicatoren voor HT-seizoensopslag

Om eerder genoemde onzekerheden rondom HT-seizoensopslag weg te nemen bij ontwikkelaars van warmtenetten en andere stakeholders, kunnen prestaties van specifieke systemen opgevraagd worden bij de leverancier. Maar waar moet je op letten bij dit soort systemen? Op basis van expertinterviews (bijlage 1) formuleren we de belangrijkste indicatoren die de prestaties van een warmteopslagsysteem in kaart brengen. Door bij meerdere leveranciers deze prestatie-indicatoren op te vragen, kan op basis van een zorgvuldige vergelijking gekozen worden voor een geschikt systeem. Tabel 1 toont het totaaloverzicht van belangrijkste prestatie-indicatoren. In de onderstaande paragrafen lichten we de energetische en overige prestatie-indicatoren nader toe.

Box 3.1 Randvoorwaarde: gelijke condities voor een eerlijke vergelijking

Om de prestaties van verschillende systemen op eerlijke wijze te vergelijken is het belangrijk om dezelfde condities te hanteren waaronder deze prestaties zijn bepaald. Deze condities zijn de temperatuur van het vat, de temperatuur van het warmtenet en de warmtebron, en de flow waarmee water door het vat gepompt wordt. Als deze condities niet worden gespecificeerd bij het opvragen van de prestaties van warmteopslagsystemen kunnen de onderliggende aannames sterk verschillen waardoor het 'appels met peren vergelijken' is. Deze methode wordt bijvoorbeeld ook toegepast voor warmtepompen, waar omgevingstemperatuur en afgiftemperatuur worden vastgelegd bij het bepalen van het rendement (de COP).

In deze paper hanteren wij de volgende standaardcondities: (zie ook figuur 7):

- Het seizoensopslagsysteem is gekoppeld aan een MT-warmtenet met een aanvoertemperatuur van 70°C en een retourtemperatuur van 40°C. Dit is naar verwachting het temperatuurregime dat het beste zal aansluiten.
- De initiële warmte in de buffer is vastgelegd op 90°C (de maximale temperatuur van het HoCoSto-systeem).
- De maximale temperatuur van de warmtebron is vastgelegd op 95°C.
- De flow waarmee het water wordt rondgepompt is de maximale flow van het systeem.



Figuur 7. **Schematische weergave van de standaardcondities gebruikt in deze whitepaper. Deze condities zijn veelvoorkomend bij een MT-warmtenet. Deze condities kunnen dus ook anders gekozen worden, afhankelijk van de toepassing van de warmteopslag.**

3.1.1. Energetische prestatie-indicatoren

In warmteopslagsystemen gaat een deel van de warmte in de buffer verloren aan de omgeving. Hoeveel dit warmteverlies is, wordt in kaart gebracht met de prestatie-indicatoren voor warmteverlies over tijd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen kortcyclische opslag (indicator 1) en seizoensopslag (indicator 2). Hoe beter de isolatie waarden van wanden van de buffer zijn en hoe kleiner de verhouding tussen het volume van de buffer en de wandoppervlak is, hoe lager deze verliezen zijn.

Daarnaast is er elektrische energie nodig om de buffer te opereren. Deze energie is nodig voor het rondpompen van water door de buffer/warmtewisselaar en voor het onttrekken en opslag van warmte (indicator 3). De efficiëntie hiervan wordt bepaald door de hoeveelheid benodigde elektrische energie die nodig is om thermische energie te leveren. Dit gaat enkel over elektrische energie die gebruikt wordt door de opslag zelf en niet voor het opereren van een aanvullende warmtepomp of het rondpompen van het water in het warmtenet zelf.

De kwaliteit van de warmte die de buffer kan leveren is ook van invloed op de prestaties van het systeem. Hiermee doelen we op de hoeveelheid nuttige energie en het temperatuurniveau dat hiermee gepaard gaat. Deze nuttig te winnen energie wordt ook wel exergie genoemd. Hoeveel exergie er in totaal in het vat opgeslagen kan worden, wordt aangeduid als de capaciteit (indicator 4). Hoe snel het vat opgeladen en ontladen kan worden, wordt aangegeven als het vermogen (indicatoren 5 en 6). Het vermogen dat de buffer kan leveren daalt, als de temperatuur in het vat daalt (figuur 8). Op basis van het maximaal te leveren vermogen (indicator 6) kan berekend worden hoe lang het vat een bepaald vermogen kan leveren.

Als de temperatuur in het vat de invoedingstemperatuur van het warmtenet nadert, is het vermogen dat geleverd kan worden zeer laag (zie figuur 8). Als de benodigde elektrische hulpenergie in verhouding zeer groot is ten opzichte van de gewonnen thermische energie, kan besloten worden de opslag niet langer te opereren bij een bepaald vermogen. Dit heet het cut-off vermogen, dat wordt weergegeven als percentage van het maximale vermogen (indicator 7).

PRESTATIE-INDICATOR ²	TEMP. VAT	TEMP. WARMTE-NET (AANVOER/RETOUR)	FLOW (M ³ /SEC)	EEN-HEID	BESCHRIJVING	HOCOSTO ¹³ 500 M ³	HOCOSTO 2000 M ³	ECOVAT 20.300 M ³	ECOVAT 98.000 M ³
Energetische prestatie-indicatoren									
1	Warmteverlies over tijd - 24u	90°C	n.v.t.	%	Weglekken warmte aan de bodem: (warmte _{in} - warmte _{uit}) / warmte _{in}	<0,1 %	< 0,1 %	<0,1 %	< 0,1 %
2	Warmteverlies over tijd - 6 maanden	90°C	n.v.t.	%	Weglekken warmte aan de bodem: (warmte _{in} - warmte _{uit}) / warmte _{in}	Ca. 8 %	Ca. 6 %	Ca. 10%*	Ca. 6%*
3	COP	90°C	70/40°C	MWh _g /MWh _{th}	Benodigde elektrische hulpenergie (pompenergie) per gewonnen dan wel opgeslagen hoeveelheid warmte, zonder eventuele warmtepomp				
4	Capaciteit (exergetisch)	90°C (initieel)	70/40°C	MWh	Te onttrekken energie uit het vat zonder toevoeging van extra energie	29	116	1180	5700
5	Max. vermogen invoeding (exergetisch)	70°C (initieel)	95 (temperatuur bron)	MW	Snelheid waarmee het vat geladen kan worden	**	**		
6	Max. vermogen levering (exergetisch)	90°C (initieel)	70/40°C	MW	Snelheid waarmee warmte uit het vat gewonnen kan worden	**	**	25	25
7	Cut-off vermogen	n.v.t.	n.v.t.	%	Percentage van het maximale vermogen waarop het te weinig oplevert om het systeem nog te opereren.				
8	Max. temperatuurniveau	n.v.t.	n.v.t.	° Celsius	Maximaal haalbare temperatuur in het vat	90	90	95	95
9	Opstarttijd tot maximaal vermogen	90°C (initieel)	70/40°C	Minuten	Tijd die het systeem nodig heeft om de gevraagde warmte te leveren				
Overige prestatie-indicatoren									
10	Landgebruik	n.v.t.	n.v.t.	m ²	Oppervlakte die het systeem inneemt	210***	770***	855	2.200
11	Meervoudig ruimtegebruik mogelijk	n.v.t.	n.v.t.	Nm/m ² ¹⁴	In hoeverre de oppervlakte boven het systeem bruikbaar is voor andere doeleinden	Ja, tot 5 ton wioldruk	Ja, tot 5 ton wioldruk		
12	Diepte	n.v.t.	n.v.t.	Meters	Relevant indien diepte ervoor zorgt dat je in andere aardlagen terecht komt.	4,2	4,2	30	50
13	Periodiek onderhoud	n.v.t.	n.v.t.	Uur/jaar	Uren per jaar waarop het systeem niet kan opereren i.v.m. onderhoud				
14	Levensduur	n.v.t.	n.v.t.	Jaar	Technische levensduur van het systeem	40	40 ¹⁵	> 50*	> 50*

12 Aangenomen dat de warmtewisselaar onderdeel uitmaakt van het systeem

13 Voor alle vermelde getallen (tenzij anders vermeld) geldt data aangeleverd door marktpartij

* Het warmteverlies over tijd en de levensduur van het Ecovatsysteem zijn gevalideerd door DNV GL.

** HoCoSto heeft de keuze om de buffer te opereren als open bron (met strainers), of als gesloten bron (met warmtewisselaars). Het vermogen als open bron is vrijwel oneindig, afhankelijk van de pomp.

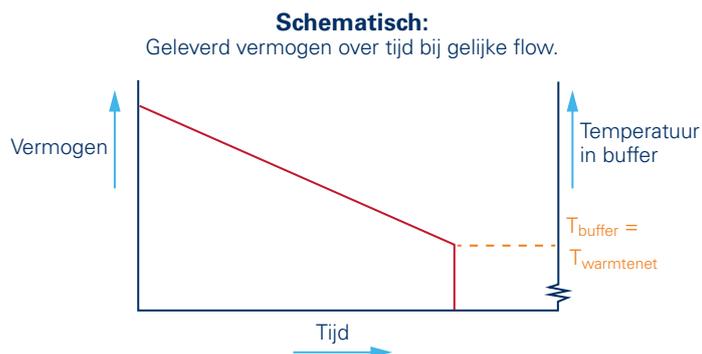
14 Hierbij is het belangrijk onderscheid te maken of het puntdruk is of dat het over een oppervlakte is verspreid. Een voorbeeld om dit aan te geven is wioldruk. Hiermee kan aangegeven worden welke activiteit (niet) plaats kan vinden bovenop het systeem.

15 Aanvulling op gegevens over de levensduur van HoCoSto-systemen komt in de loop van 2021 beschikbaar.

*** Bij een standaard diepte van 4,2 meter onder maaiveld. De buffer kan dieper worden gemaakt (en dus een kleinere oppervlakte innemen) afhankelijk van de situatie.

Tabel 1.

Prestatie-indicatoren van HT-warmteopslagsystemen (dit is geen uitputtende lijst van prestatie indicatoren, er zijn ook nog andere categorieën denkbaar)



Figuur 8. **Schematische weergave van het verloop van het vermogen dat een buffer kan leveren (als deze met constante flow levert en niet tussendoor opgewarmd wordt). Dit is een natuurkundige wetmatigheid dat per systeem te berekenen is. In combinatie met systeemopties (zoals warmtepompen) kan dit verloop veranderen.**

Een andere indicator is de maximale temperatuur in het vat (indicator 8). Deze hangt ook samen met andere indicatoren: hoe hoger de temperaturen zijn die in het vat opgeslagen kunnen worden, hoe meer warmte er opgeslagen kan worden in een vat met een bepaald volume (indicator 4) en hoe sneller deze warmte afgegeven kan worden (indicator 6).

Tot slot is het zinvol om bij warmteopslagsystemen de opstarttijd tot maximaal vermogen te bekijken, oftewel de ramp-up-tijd (indicator 9). Voor ondiepe systemen, zoals die van HoCoSto, duurt het niet lang om het systeem op te starten. Dit kan echter anders zijn voor diepere systemen, wat met name relevant is bij plotselinge piekvraag.

3.1.2. Overige prestatie-indicatoren

Naast genoemde energetische indicatoren noemen we vijf overige prestatie-indicatoren (10-14 in Tabel 1) die invloed hebben op de impact op de fysieke leefomgeving en ruimtegebruik:

- De hoeveelheid landgebruik van de opslag (indicator 10).
- De mogelijkheid tot meervoudig ruimtegebruik (indicator 11; Zijn er extra activiteiten of toepassingen mogelijk binnen de ruimte die het opslagsysteem inneemt? Dit wordt in het HoCoSto-systeem bijvoorbeeld uitgedrukt in maximale wieldruk).
- De benodigde diepte (indicator 12).
- De frequentie en duur van periodiek onderhoud (indicator 13).
- De levensduur (indicator 14).

Er zijn in dit document bewust geen kostenindicatoren meegenomen. Hiervoor verwijzen we graag naar een recent uitgebracht onderzoek¹⁶.

3.1.3. Meting van energetische prestatie-indicatoren

Om verschillende systemen te vergelijken, kunnen de prestaties op de beschreven indicatoren opgevraagd worden bij producenten. Producenten kunnen prestaties bepalen op basis van simulaties voordat het systeem geïnstalleerd is, of door metingen als het systeem in operatie is. Simulaties hebben het voordeel dat deze vooraf duidelijkheid bieden. Ook kunnen verschillende groottes en configuraties van een systeem gemakkelijk verkend worden in simulaties. Om echter betrouwbaar te zijn, moeten simulaties worden gevalideerd met praktijkopstellingen (al dan niet op kleinere schaal).

Het meten van prestaties van een geïnstalleerde opslag dient meer ter controle. Functioneert het systeem zoals men had voorzien? Voor het meten van de prestatie-indicatoren in praktijksituaties zijn twee typen metingen mogelijk die we vervolgens nader toelichten:

1. Moment opname: eenmalige / periodieke stresstest
2. Continue monitoring

3.1.3.1. Momentopname: eenmalige / periodieke stresstest

Een eerste manier om prestaties van een actief systeem te valideren, is door een momentopname te maken met een aantal tests. Op deze manier kan gecontroleerd worden of het systeem presteert zoals verwacht.

Onderstaande prestatie-indicatoren kunnen gemeten worden aan de hand van een eenmalige test:

Indicator 1: warmteverlies

- Het vat wordt tot de maximale temperatuur gebracht en er wordt gedurende 24 uur geen warmte afgenomen of toegevoegd. Met behulp van een peilstok kan de temperatuur na 24 uur op alle hoogten in het vat gemeten worden om zo inzicht te krijgen in de warmteverliezen.
- De temperatuur van de bodem rondom het vat heeft invloed op het warmteverlies. Een correctie op basis van graaddagen is daarom wellicht nodig. Deze test kan ook uitgevoerd worden bij andere temperatuurniveaus in het vat, zodat deze niet per se volledig geladen hoeft te zijn. Hierbij kan getoetst worden of het theoretische verwachte verlies bij het systeem ontwerp ook in de praktijk overeen komt.
- Voorwaarde voor een degelijke test is dat de buffer gedurende deze 24 uur niet door de rest van het warmtesysteem wordt beïnvloed.

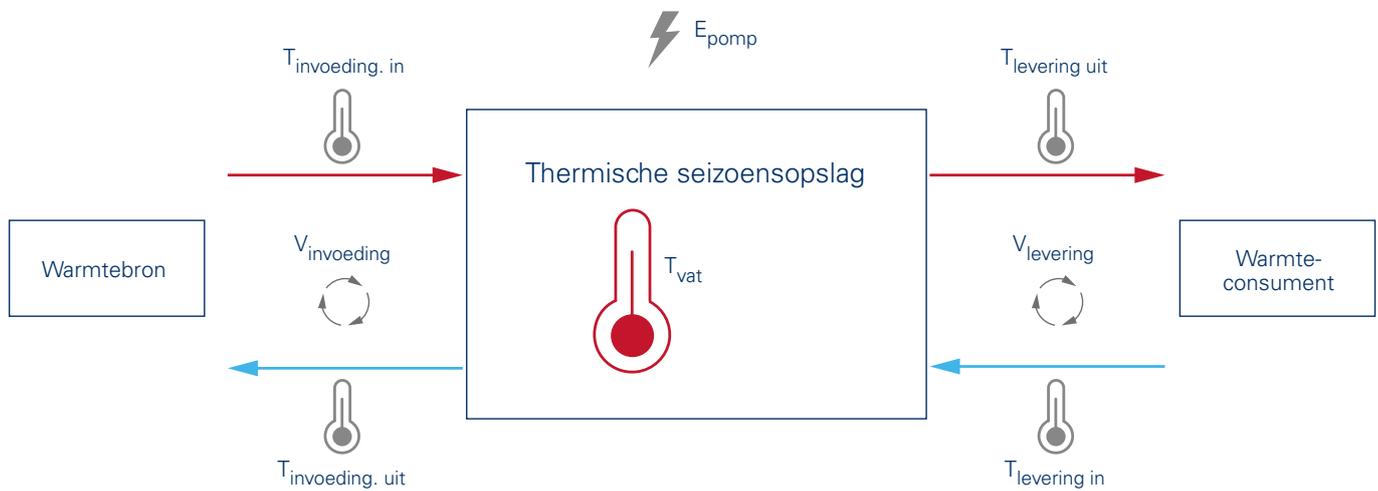
Indicator 5 en 9: maximaal vermogen en opstarttijd tot maximaal vermogen

- Wanneer het vat op maximale temperatuur is, wordt de levering vanuit stilstand opgestart om de opstarttijd te meten met behulp van sensoren (temperatuur en flow) bij de uitstroom richting de warmteconsument.
- Daarnaast wordt het maximale vermogen gemeten op basis van de flow en de temperatuur.

3.1.3.2. Continue monitoring

Een tweede manier om werkende systemen te evalueren, is het uitlezen van prestaties met sensoren gedurende een langere periode. Figuur 9 laat een schets zien van de benodigde sensoren voor het meten van energetische prestaties.

Het voordeel van deze continue monitoring ten opzichte van een momentopname is dat hiermee diepgaander inzicht wordt verkregen in de prestaties van het systeem omdat er over een langere periode, en onder verschillende omstandigheden gemeten wordt. Hiervoor moeten wel sensoren geplaatst worden. Het is een kostenafweging of bepaalde (extra) sensoren permanent geplaatst dienen te worden en of beter inzicht van bepaalde prestaties gewenst is.



METING	OMSCHRIJVING
$T_{invoeding, in}$	Temperatuur van het water dat uit de warmtebron in de opslag stroomt
$T_{invoeding, uit}$	Temperatuur van het water dat uit de opslag richting de warmtebron stroomt
$T_{levering, in}$	Temperatuur van het water dat uit de opslag richting de warmteconsument stroomt
$T_{levering, uit}$	Temperatuur van het water dat vanaf de warmteconsument richting de opslag stroomt
T_{vat}	Temperatuur van het water in het vat
$V_{invoeding}$	Flow (volume/tijdseenheid) van het water dat vanaf de warmtebron naar de opslag stroomt
$V_{levering}$	Flow (volume/tijdseenheid) van het water dat vanaf de opslag naar de warmteconsument stroomt
E_{pomp}	Energieverbruik van de pomp*

ENERGETISCHE PRESTATIE-INDICATOR	METING EN BEREKENING
Capaciteit (exegetisch)	Met behulp van T_{vat} en het (bekende) volume van het vat
Vermogen invoeding (exegetisch)	Met behulp van $T_{invoeding, in}$ en $V_{invoeding}$
Vermogen levering (exegetisch)	Met behulp van $T_{levering, uit}$ en $V_{levering}$
Piekcapaciteit	Op basis van capaciteit en vermogen levering (zie hierboven)
Opstarttijd tot maximaal vermogen	Met behulp van $T_{invoeding, uit}$ en $V_{invoeding}$
Warmteverlies over tijd - 24u	Zie eenmalige/periodieke meting
Warmteverlies over tijd - 6 maanden	Met behulp van alle T en V waarmee de 'gelekte' warmte kan worden berekent
Maximale temperatuurniveau	Op basis van T_{vat}
sCOP	E_{pomp} en $T_{levering, uit}$ en $V_{levering}$

Figuur 9. Schematische schets van te meten waarden om prestatie-indicatoren te bemeten

3.2. Borging van kwaliteit en prestaties van warmteopslagsystemen

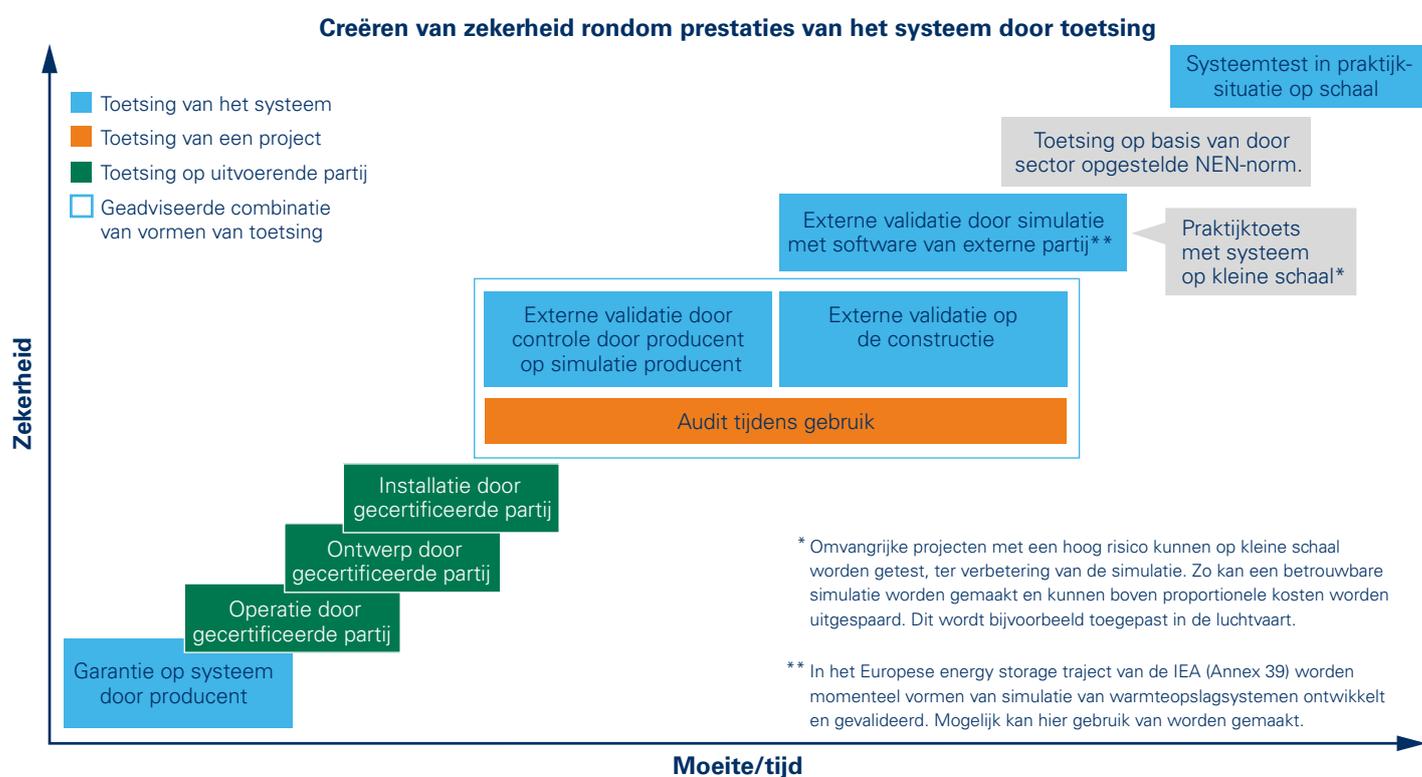
Het borgen van de kwaliteit en prestaties van warmteopslagsystemen kan op diverse manieren. Zoals eerder beschreven, is er bij marktpartijen behoefte aan zekerheid over prestaties van deze systemen. Er zijn verschillende manieren om te controleren of de door de producent aangegeven prestaties uiteindelijk in de praktijk ook kloppen. Op basis van expertinterviews (bijlage 1) constateren we dat deze toetsing op drie manieren kan gebeuren:

- Systeem: toetsing van het product
- Project: toetsing van operatie na implementatie
- Uitvoering: toetsing van uitvoerende partij voor bouw en plaatsing

De eerste vorm van toetsing zorgt voor zekerheid op voorhand dat de prestaties die de producent belooft, juist zijn. In de tweede vorm gaat het om het toetsen of de prestaties in de

praktijk ook overeen komen met de op voorhand voorziene/ beloofde prestaties. Bij de derde vorm richt de toetsing zich niet op het systeem zelf, maar op de uitvoerende partijen die werken met het systeem.

Afhankelijk van de vorm brengt toetsing van prestaties extra kosten en tijdsinvestering met zich mee. Daarom dient er altijd een afweging gemaakt te worden tussen de mate van zekerheid waarnaar de inkopende partij streeft en de investering die de toetsing kost (in tijd en geld). In figuur 10 zijn de drie vormen van toetsing nader onderverdeeld. Zoals in deze figuur te zien adviseren wij om, gegeven de beperkte schaal waarop warmteopslagsystemen momenteel worden toegepast, gebruik te maken van externe partijen voor het valideren van de simulaties en constructie van het systeem, aangevuld met het uitvoeren van audits in bestaande projecten. Op deze manier kan tegen een beperkte investering toch zekerheid geboden worden aan klanten. De verschillende vormen van toetsing en de afwegingen om tot dit advies te komen worden in de komende paragrafen nader toegelicht.



Figuur 10. Vormen van borging van kwaliteit en prestaties van een warmteopslag systeem

3.2.1. Toetsing van systemen

Bij toetsing van systemen wordt in feite gekeurd of een bepaald model van een producent aan de kwaliteitstandaard voldoet. De eerder genoemde prestatie-indicatoren kunnen een basis vormen voor deze toetsing.

Het is het meest efficiënt als de producent zelf de prestaties van het eigen systeem vaststelt. De producent is echter niet geheel onafhankelijk aangezien deze baat heeft bij de uitkomsten van de toetsing. Een manier om de zekerheid van deze vorm van eigen toetsing te verhogen, is als de producent garanties afgeeft op de prestaties van het systeem. Hierbij is onderscheid te maken tussen twee vormen van garantie.

1. De producent kan een [productgarantie](#) afgeven op de constructie en levensduur. Mocht het systeem binnen een bepaalde tijdshorizon constructieve mankementen vertonen, dan is de producent (financieel) verantwoordelijk voor het verhelpen hiervan.
2. Daarnaast kan de producent garanties afgeven op de prestaties van het systeem, door het afsluiten van zogenaamde [Service Level Agreements \(SLA's\)](#). Mocht het systeem minder presteren dan vooraf afgesproken, dan betaalt de producent de extra kosten (aan bijvoorbeeld extra elektriciteit). Op deze manier kan de producent zekerheid bieden zonder dat hiervoor de inhuur van een onafhankelijke partij noodzakelijk is.

Een ander alternatief is het laten toetsen van prestaties van een systeem door een externe partij. Dit verhoogt het vertrouwen in de prestaties, zeker als deze partij niet enkel betaald wordt door de producent.

Het toetsen van systemen (zowel door de producent zelf als door een externe partij) kan worden gedaan op basis van simulaties. Praktijkproeven kunnen namelijk zeer kapitaal- en tijdintensief zijn (figuur 10). Op kleine schaal fysiek toetsen levert onvoldoende zekerheid op doordat de schaal van dergelijke systemen grote invloed heeft op de prestaties. Proeven op kleine schaal kunnen daarentegen wel ingezet worden om gebruikte simulatiemodellen te valideren. Met deze praktijkproeven kan de accuraatheid van het simulatiemodel worden bewezen en deze vervolgens gebruikt worden om grotere systemen te toetsen.

Voor het valideren van de prestaties van een systeem door een externe partij met behulp van simulaties zijn twee opties mogelijk. (1) Producenten werken bijna altijd zelf al met simulaties om hun eigen systemen door te rekenen en klanten te adviseren. Deze simulaties kunnen gecheckt worden door een externe partij. Een andere optie is (2) om een externe partij met eigen simulaties de prestaties gegeven de ontwerpcondities te toetsen. Door het standaardiseren van de gebruikte software en aannames kan het vertrouwen in deze toetsing verhoogd worden. Mogelijk kan Annex 39 van het IEA¹⁷ hier een startpunt voor bieden.

3.2.2. Toetsing van een project

De toetsing van een systeem na installatie kan door middel van het uitvoeren van een audit door een externe partij. Hierbij kan zowel de eenmalige stresstest als continue monitoring (zie paragraaf 3.1) ingezet worden. Op deze manier kan wordt aangetoond of de opslag inderdaad zo presteert als vooraf afgesproken. Doordat hierbij enkel getest wordt in praktijksituaties, hoeven hiervoor geen (kostbare) testopstellingen gebouwd te worden. Een nadeel van deze vorm van toetsing is dat het evalueert hoe het systeem in de praktijk presteert, maar daarmee niet de keuze ondersteunt bij het maken van een keuze in de ontwerpfase.

3.2.3. Toetsing door uitvoerende partijen

Een laatste alternatief van toetsing is het werken met betrouwbare, uitvoerende organisaties (figuur 10). Bij bodemenergiesystemen wordt deze methode bijvoorbeeld toegepast. Hiervoor moeten alle uitvoerende partijen verplicht gecertificeerd zijn. Via certificeringsinstanties kunnen deze partijen zich laten certificeren voor het ontwerpen, aanleggen en beheren van bodemenergiesystemen (zie BRL 6000-21 en BRL 11000). Op deze manier heeft de inkoopende partij zekerheid dat het systeem volgens een bepaalde kwaliteitsnorm wordt geïnstalleerd. Aangezien bodemenergiesystemen echter andere risico's met zich meebrengen dan warmteopslagsystemen, is de bestaande BRL-certificering niet direct toepasbaar. Maar het werken met betrouwbare uitvoerende partijen met een bewezen track-record kan voor warmteopslagsystemen al een eerste stap in meer zekerheid zijn.

¹⁷ Als onderdeel van het energy storage programma van het IEA (International Energy Agency) wordt momenteel onder [Annex 39](#) onderzoek gedaan naar de belangrijkste aspecten in de planning, het ontwerp, besluitvorming en het realiseren van grote warmteopslagsystemen voor warmtenetten en industriële processen. Eén van de werkpakketten van dit project richt zich op het verbeteren en valideren van simulaties van deze systemen.

Ook voor het ontwerp zijn er mogelijkheden om meer zekerheid te creëren op prestaties. De prestaties van de seizoensopslag worden grotendeels bepaald de configuratie van het warmtesysteem als geheel. Als een onafhankelijk partij een systeemontwerp, met bepaalde garantie van prestaties, kan maken, kan dit afnemers extra vertrouwen geven.

Kortom, de kwaliteit van warmteopslagsystemen kan gecontroleerd worden door de juiste uitvoerende partijen te betrekken (al dan niet door certificering). Maar deze vorm van controle zegt minder over de prestaties van de warmteopslag zelf, bijvoorbeeld over of het warmteverlies overeenkomt met de opgegeven prestaties.

Naast het werken met betrouwbare uitvoerend partijen is het ook een mogelijkheid om je als producent ISO9001 te laten certificeren. Dit is een norm die eisen stelt aan het kwaliteitsmanagementsysteem van een organisatie. Dit certificaat is breed bekend en kan extra vertrouwen wekken bij klanten, maar zegt enkel iets over de bedrijfsvoering van een organisatie en niet direct over de prestaties van de producten.

3.2.4. Normering en certificering

Een veelgebruikt instrument om marktpartijen vertrouwen te geven in de prestaties van een bepaalde technologie is certificering. De drie toetsingsmethodes kunnen allen resulteren in een norm. In die norm wordt precies vastgelegd hoe een systeem- of organisatiekeuring of audit moet worden uitgevoerd en waar certificerende partijen aan moeten voldoen. Dit verhoogt de betrouwbaarheid van de toetsing aanzienlijk.

Voor het opstellen van de norm vormen marktpartijen samen een commissie bij de NEN. Hierbij wordt van marktpartijen zowel tijd als budget gevraagd voor het vormgeven van deze norm. Vervolgens kunnen onafhankelijke certificeringsinstanties de systemen van deze marktpartijen aan de hand van de opgestelde normen toetsen en uiteindelijk eventueel certificeren.

Experts benoemen dat normering en/of certificering voor warmteopslagsystemen nog niet aan de orde is omdat de sector nog te klein is (bijlage 1). Maar gezien de potentie van warmteopslag in de energietransitie is het zeker denkbaar dat de sector komende jaren zal groeien door toename van het aantal warmtenetten en duurzame bronnen¹⁸. Hierdoor zal de behoefte voor normering en certificering van warmteopslagsystemen op lange termijn toenemen.

Voor een aantal van de prestatie-indicatoren kan allicht al gebruikt gemaakt worden van bestaande productnormeringen voor andere typen systemen. In dat geval kunnen deskundigen een conformiteitsverklaring opstellen waarin onderbouwd wordt op welke vlakken de opslag voldoet aan deze bestaande normen. De PGS-richtlijnen voor ondergrondse opslagvaten van vloeistof kunnen bijvoorbeeld mogelijk gebruikt worden om de levensduur van de systemen verder te onderbouwen.

3.2.5. Ons advies

We hebben in de vorige paragrafen diverse vormen van toetsing, normering en certificering beschreven. Deze kunnen ook gecombineerd worden. Er dient echter een afweging gemaakt worden tussen het bieden van zekerheid van prestaties en investering in kosten en tijd (figuur 10).

De branche van warmteopslagsystemen in Nederland is nog klein. Wij concluderen mede daarom dat toetsing door middel van 1) extern gevalideerde simulaties, 2) externe validatie van constructieve aspecten en 3) monitoring in de praktijk een goede balans biedt tussen betrouwbaarheid en investeringen. Door toepassing van deze combinatie, is het niet noodzakelijk langjarige trajecten voor normering te starten.

Op langere termijn kan normering en certificering van het systeem met behulp van simulaties overwogen worden. Of dit daadwerkelijk relevant wordt, is sterk afhankelijk van het vertrouwen van inkopende partijen in systemen, de toekomstige grootte van de sector en de ontwikkeling van simulatiesoftware (bijvoorbeeld in het IEA-project).

¹⁸ PBL (2020): Startanalyse en CE Delft (2020): Kansen voor thermische opslagsystemen

3.3. De keuze voor een warmteopslagsysteem is locatie- en situatiespecifiek

Warmte is een complex product, en het ontwerpen van een warmtesysteem is daarom altijd maatwerk. Systemen variëren van grote HT-warmtenetten aangesloten op een AVI met vele vertakkingen, tot kleinschalige MT-warmtenetten aangesloten op duurzame bronnen. Dit geldt daarmee ook voor warmteopslagsystemen. HoCoSto werkt aan projecten waar slechts een enkele seizoensbuffer wordt geplaatst, of waar een aantal kleinere buffers worden gecombineerd.

De prestaties van een individuele warmteopslag staan nooit op zichzelf, maar zijn altijd afhankelijk van hoe deze ingezet wordt in het systeem. Bepalende factoren zijn onder andere de stooklijn die nodig is om de warmtevraag in te vullen en het benodigde comfortniveau te behalen. Maar ook het afgiftesysteem in de gebouwen, het temperatuurniveau van de warmtebron en de eventuele inzet van warmtepompen centraal of boosterwarmtepompen per woning voor tapwater. Voor optimalisatie van het warmtesysteem wordt ook gekeken naar het temperatuurniveau van de warmtevraag, de beschikbaarheid van bronnen, het productieprofiel, de afstand waarover transport moet plaatsvinden en de spreiding van de warmtevraag. Afhankelijk van al deze factoren zijn verschillende type buffers en buffer configuraties denkbaar.

De prestatie-indicatoren en vormen van toetsing beschreven in dit hoofdstuk dienen om de eigenschappen van een opslagsysteem op zichzelf in kaart te brengen. Op deze manier kunnen systemen op basis van getoetste prestaties tegen elkaar afgewogen worden. Echter, zoals hierboven duidelijk wordt hangt de prestatie van een warmteopslag sterk af van de configuratie van het hele warmtesysteem. Daarom is het bij het kiezen voor een warmteopslagsysteem altijd belangrijk om te beseffen dat het beste warmteopslagsysteem, niet eenduidig is, maar sterk afhangt van de situatie waarin hij toegepast wordt.

4. Wat zijn de te doorlopen stappen m.b.t. wet en regelgeving voor de inzet van seizoenopslagsystemen zoals HoCoSto?

Omdat warmteopslagsystemen relatief nieuw zijn en nog beperkt worden ingezet is er geen specifieke wet- en regelgeving voor dergelijke systemen. Dit maakt dat gemeenten die gevraagd worden een vergunning te verlenen soms zoekende zijn hoe ze deze aanvraag moeten beoordelen. Op basis van interviews en validatie bij experts is een stroomschema ontwikkeld dat gemeenten handvaten kan bieden.

Relevante wet- en regelgeving voor warmteopslagsystemen is op te delen in de volgende categorieën:

- Het Besluit Omgevingsrecht, waaruit op te maken is dat een omgevingsvergunning bouwen noodzakelijk is voor dergelijke systemen, en waar hierbij op gelet moet worden.
- De Wet Milieubeheer en onderliggende Activiteitenbesluit en Activiteitenregeling, op basis waarvan geconcludeerd kan worden dat voor de huidige warmteopslagsystemen geen omgevingsvergunning milieu aangevraagd hoeft te worden.
- Maatregelen die moeten worden ondernomen bij het vervoeren en hergebruiken van de opgegraven grond, aangezien dit volgens de Wet Milieubeheer meestal geldt als afvalstof.
- Regionale en lokale wet- en regelgeving, waaronder de provinciale milieuvordering waarin de bescherming van het grondwater wordt geregeld.

Het stroomschema (figuur 11) wordt in de komende paragrafen verder toegelicht, het HoCoSto-systeem is hier in oranje opgenomen ter illustratie. Dit stroomschema is opgesteld en gevalideerd door experts (bijlage 1) op het gebied van bodemenergiesystemen en omgevingsrecht. Het dient als handvat voor gemeenten bij het afgeven van een vergunning voor dergelijke systemen.

4.1. Omgevingsvergunning bouwen

Volgens het Besluit omgevingsrecht (Bor) is een warmteopslagsysteem een bouwwerk en dient er dus een omgevingsvergunning bouwen te worden aangevraagd. Aandachtspunt hierbij is met name het eventuele gebruik van bodemvreemde stoffen. In de huidige warmteopslagsystemen wordt puur water opgeslagen en zijn aanvullende maatregelen dus niet nodig. Mocht het gaan om een vergunning voor een systeem waar wel bodemvreemde stoffen worden toegepast, dan zullen de stappen zoals aangegeven in het stroomschema doorlopen moeten worden.

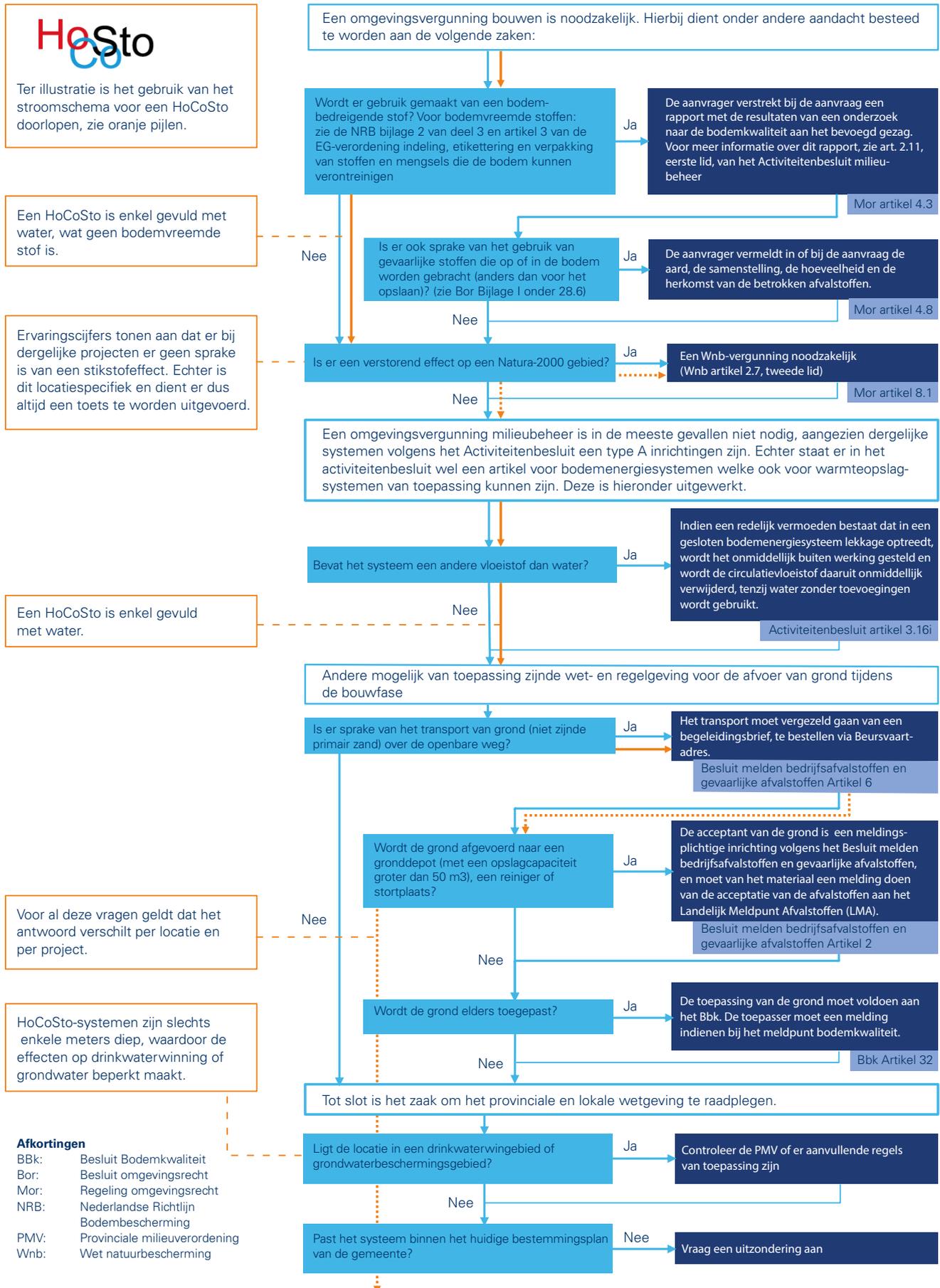
Daarnaast zal onderzoek gedaan moeten worden naar eventuele negatieve effecten op Natura 2000-gebieden. Het is afhankelijk van de locatie of dit het geval is. Indien uit de voortoets blijkt dat significant negatieve effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de betrokken Natura 2000-gebieden niet kunnen worden uitgesloten, dan moet een vervolgonderzoek worden uitgevoerd en dient een Wnb-vergunning te worden aangevraagd.

4.2. Omgevingsvergunning milieubeheer

Of een omgevingsvergunning milieubeheer noodzakelijk is, is vastgelegd in het activiteitenbesluit. Het Activiteitenbesluit beschrijft de algemene milieuregels van het Rijk voor bedrijven. Belangrijk om te noemen is dat het activiteitenbesluit vanaf 2022 vervalt en zal worden opgenomen in het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal). Onderstaande bevindingen zijn dus tot 2022 bruikbaar. Daarna zal opnieuw onderzocht moeten worden welke eisen het Bal stelt aan warmteopslagsystemen.

Wet- en regelgeving van toepassing op warmteopslagsystemen

Hieronder zijn de aandachtspunten voor vergunningverlening van warmteopslagsystemen opgesomd. Dit is specifiek opgesteld voor gesloten vaten en tanks in de ondiepe ondergrond waarin vloeistoffen onder atmosferische druk (max. temperatuur 95°C) worden opgewarmd en afgekoeld. Stroomdiagram opgesteld in samenwerking met experts, uit de figuur kunnen geen rechten ontleend worden. Voor maatwerk kunt u terecht op www.omgevingsloket.nl.



Figuur 11. Stroomschema met aandachtspunten voor vergunningverlening bij warmteopslagsystemen.

Uit een analyse van het activiteitenbesluit blijkt dat een omgevingsvergunning milieu vrijwel nooit nodig is voor warmteopslagsystemen, aangezien deze systemen volgens dit besluit een type A inrichting zijn. Experts (zie bijlage 1) bevestigen dit en geven aan dat zij verwachten dat de milieu-impact (op o.a. de bodem) van warmteopslagsystemen zeer klein is.

Warmteopslagsystemen staan niet expliciet benoemd in het activiteitenbesluit, aangezien dit een nieuwe innovatie is. Daarom raden experts aan om parallellen te trekken met activiteiten die wel in het activiteitenbesluit staan, om zo vast te stellen of er mogelijk wel bepaalde richtlijnen zijn waar deze systemen aan zouden kunnen moeten voldoen.

Twee voor de hand liggende parallellen zijn:

- Het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem.
- Installatie voor de op- en overslag van vloeistoffen.

Uit de verkenning van deze parallellen (zie kader op de volgende pagina) blijkt dat aanvullende maatregelen enkel nodig zijn als het systeem naast water ook andere bodemvreemde stoffen bevat.

4.3. Wet- en regelgeving voor vervoer en toepassing grond

Grond (met uitzondering van primair zand) die vervoerd moet worden over de openbare weg geldt volgens de Wet Milieubeheer als afvalstof. Hierdoor gelden er een aantal aanvullende regels voor het transporteren, storten en hergebruiken van deze grond. Voor het transporteren van de grond over de openbare weg geldt dat een begeleidingsbrief aangevraagd moet worden. Indien de grond naar een depot of stortplaats wordt gebracht of wordt hergebruikt moet de ontvangende partij hier een melding van maken.

4.4. Overige wet- en regelgeving

Tot slot is het belangrijk om lokaal en regionaal beleid te raadplegen op eventueel van toepassing zijnde regels, zeker als de opslag wordt geplaatst in een drinkwaterwingebied of grondwaterbeschermingsgebied.

Zo staan in de provinciale milieuverordeningen (PMV) regels om het grondwater te beschermen. Elke provincie kent eigen regels, maar over het algemeen geldt in grondwaterbeschermingsgebied een verbod op het (indirect) toevoegen en onttrekken van warmte aan het grondwater. In specifieke gevallen kan daar vaak een uitzondering opgemaakt worden, bijvoorbeeld omdat de hoeveelheid vrijgekomen warmte beperkt is en/of in de installatie geen bodembedreigende vloeistoffen worden gebruikt.

4.5. Vervolgstappen

Het stroomschema gepresenteerd in dit hoofdstuk geeft inzicht in de relevante wet- en regelgeving voor warmteopslagsystemen. Voor de totstandkoming van dit stroomschema zijn verschillende experts geraadpleegd (bijlage 1). De VNG heeft echter geen input geleverd op dit product. Een extra controle is dan ook nog mogelijk waarbij de VNG een traject start om het stroomschema te laten valideren door omgevingsdiensten. Middels deze route wordt het draagvlak voor het stroomschema onder gemeenten wellicht vergroot.

Daarnaast werd tijdens de interviews benoemd dat het op langere termijn wenselijk zou zijn als warmteopslagsystemen als activiteit in het activiteitenbesluit opgenomen worden, zodat het eenduidig is welke regels van toepassing zijn.

Parallel met activiteiten in activiteitenbesluit

Parallel 1: Het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem

Artikel 3.16n van het activiteitenbesluit beschrijft dat bij het in werking hebben van een gesloten bodemenergiesysteem een registratie moet worden bijgehouden van de temperatuur van de circulatievloeistof, de hoeveelheden warmte en koude die zijn toegevoegd en het energierendement van het systeem.

Daarnaast is voor installaties boven de 70 kW een OBM (Omgevingsvergunning Beperkte Milieutoets) verplicht.

Experts vertellen dat deze strikte regelgeving is opgenomen in het besluit omdat veel bodemenergiesystemen in het verleden niet goed geopereerd zijn. Hierdoor kan interferentie optreden.

In het geval van de warmteopslagsystemen waar deze paper zich op focust is dit echter niet aan de orde. Waar bodemenergiesystemen gebruik maken van de bodem voor het opslaan van warmte en koude, is de bedoeling van het opslaan van warmte in vaten juist dat de bodem zo min mogelijk opwarmt of afkoelt. Door goede isolatie is de impact op de bodem, en dus de kans op disbalans heel klein.

De enige parallel die wel te maken is met de regelgeving voor gesloten bodemenergiesystemen is opgenomen in artikel 3.16i, waar staat dat, mits het systeem niet enkel gevuld is met water, bij het vermoeden van lekkage de installatie direct buiten werking gesteld moet worden.

Parallel 2: Installatie voor de op- en overslag van vloeistoffen

Artikel 5.38 van de activiteitenregeling milieubeheer beschrijft de maatregelen die genomen moeten worden bij het opslaan van vloeistoffen met als doel het beperken van diffuse emissies van vluchtige organische stoffen. Hier gaat men echter uit van het reduceren van emissies uit een open opslag. Aangezien de warmteopslagsystemen waar deze paper zich op richt altijd afgesloten (en dus beter geïsoleerd) zijn, kunnen deze emissies niet plaatsvinden en zijn deze regels dus niet van toepassing.

Parallelen met andere activiteiten

Na verdere rondvraag bij experts en InfoMil wordt geconcludeerd dat er verder weinig aanknopingspunten in het activiteitenbesluit staan voor warmteopslagsystemen. Zolang het systemen betreffen waarin geen bodemvreemde stoffen zijn opgeslagen, onder atmosferische druk en goed isoleert zodat de bodem en het grondwater rondom het vat nauwelijks opwarmt zijn de milieueffecten te verwaarlozen, aldus een bodemexpert.

Wel kan het zijn dat voor andere componenten in het warmtesysteem een milieuvergunning nodig is. Zo zou er bijvoorbeeld een noodstroomaggregaat geïnstalleerd kunnen worden die voorkomt dat als de stroom uitvalt, de zonnecollectoren oververhit raken of juist bevriezen. Een noodstroomaggregaat die meer dan 50 uur per jaar in operatie is geldt als type B installatie, wat betekent dat er geen omgevingsvergunning nodig is, maar dat er wel een melding gemaakt moet worden.

5. Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

Het doel van dit onderzoek is om initiatiefnemers van warmtenetten en producenten van warmteopslagsystemen, meer zekerheid en handvaten te bieden met betrekking tot de prestaties en wet- en regelgeving van warmteopslagsystemen om zo de opschaling te bespoedigen. Dit hebben we gedaan door antwoord te geven op onderstaande vragen:

1. Wat is de CO₂-winst t.o.v. alternatieve warmteopties als gevolg van de inzet van seizoenopslagsystemen?

Uit het onderzoek blijkt dat HT-seizoenopslagsystemen in 2030 kunnen zorgen voor bijna 60% minder CO₂-emissie als gevolg van het overbodig maken van gasgestookte piekketels. Wanneer deze systemen slim gecombineerd worden met hernieuwbare elektriciteit kan de uitstoot vrijwel tot nul gereduceerd worden. Warmteopslag draagt bij aan de verduurzaming van een warmtenet doordat dit de noodzaak van piekketels kan verkleinen of deze geheel kan vervangen. Ook vergroot opslag de productie van duurzame warmtebronnen en efficiëntie van een warmtenet.

2. Hoe, en op basis van welke indicatoren, kan de zekerheid rondom de prestaties van seizoenopslagsystemen vergroot worden?

Er zijn vele vormen van toetsing mogelijk, waarbij altijd een afweging dient te worden gemaakt tussen de tijd en kosten van de toetsing en de extra zekerheid die de toetsing kan bieden. Wij adviseren producenten die meer zekerheid willen creëren over de prestaties van hun systemen om dit te realiseren met behulp van extern gevalideerde simulaties, ondersteund door monitoring in de praktijk. De energetische prestaties van warmteopslagsystemen kunnen zo goed getoetst worden, zonder langjarige trajecten voor normering. Wanneer in de toekomst warmteopslagsystemen op grote schaal worden toegepast, wordt normering haalbaar en gewenst.

Deze toetsing kan plaatsvinden langs de negen energetische prestatie-indicatoren, waarbij het belangrijk is te benoemen dat altijd gekeken dient te worden naar de bruikbare warmte (de exergie).

3. Wat zijn de te doorlopen stappen m.b.t. wet- en regelgeving voor de inzet van seizoenopslagsystemen zoals HoCoSto?

Voor de aanleg van HT-seizoenopslagsystemen is er wel een omgevingsvergunning bouw nodig, maar geen omgevingsvergunning milieu. De risico's voor de bodem zijn namelijk klein, mits een systeem enkel gevuld is met water. Daarnaast zal de bouwende partij een begeleidingsbrief op moeten stellen voor het transport van de opgegraven grond en zal de ontvangende partij van deze grond daar een melding van moeten maken. Tot slot moet regionale en lokale wetgeving geraadpleegd worden voor inpassing op locatie.

Aanbevelingen

Zoals hierboven benoemd raden wij producenten aan om op korte termijn (nu er nog maar enkele systemen op de markt zijn) nog geen tijd en energie te steken in normering en certificering. Het laten valideren van eigen simulaties door vooraanstaande onderzoeksbureaus is een efficiëntere vorm om op dit moment de klanten zekerheid te bieden over de prestaties van de warmteopslag.

Daarnaast raden wij aan om te verkennen welke acties ondernomen kunnen worden om het vergunningsverleningsproces verder te versnellen. Het stroomschema gepresenteerd in deze whitepaper is ontwikkeld samen met experts en biedt wat ons betreft een volledig inzicht in de belangrijkste wet- en regelgeving. De VNG heeft echter geen input geleverd op dit product, een extra controle is dan ook nog mogelijk waarbij de VNG een traject start waarin het stroomschema gevalideerd wordt door omgevingsdiensten. Middels deze route wordt het draagvlak voor het stroomschema onder gemeenten wellicht vergroot.

6. Bijlage

6.1. Bijlage 1: Geïnterviewde experts

Experts van de volgende organisaties zijn geïnterviewd voor dit onderzoek:

HoCoSto	Gerda Geerts; René Geerts
Ecovat	Ruud van den Bosch
TNO	Joris Koornneef
Vattenfall	Harrie van der Wielen
Bodem+	Jan Frank Mars; Kees Jonker
SIKB	Annelies de Graaf
AEE	Wim van Helden
Kader-advies	Tjerk Plasman
KIWA	Annemieke van der Velden

6.2. Bijlage 2: Berekening CO₂-emissies

In deze bijlage worden de achtergrondberekeningen bij Figuur 6 getoond, zodat geïnteresseerden de achterliggende aannames en aanpak kunnen bekijken.

De kern van de berekening staat in onderstaande tabel, waarin de emissies voor de verschillende situaties in de verschillende jaren zijn doorgerekend. De andere tabellen leveren input voor deze tabel.

BEREKENING EMISSIES PER SITUATIE							
Warmteaanbod	Inzet (%)	Emissiefactor 2020 (kg CO ₂ /GJ)	Emissies 2020 (kg CO ₂ /jaar)	Emissiefactor 2030 (kg CO ₂ /MJ)	Emissies 2030 (kg CO ₂ /jaar)	Emissiefactor 2020 met PV (kg CO ₂ /MJ)	Emissies 2020 met PV (kg CO ₂ /jaar)
Situatie 1: Individuele HR-ketels		503010		500895			
HR-ketel	100%	62.1	503010	61.8	500895		
Situatie 2: Traditioneel warmtenet op fossiele bronnen		338276		332263			
WKK	70%	22.1	156634	21.3	150621		
Back-up/piekketels	30%	59.8	181643	59.8	181643		
Situatie 3: Transitievorm warmtenet		257479		207986			
Geothermie	70%	10.7	75836	3.7	26343		
Back-up/piekketels	30%	59.8	181643	59.8	181643		
Situatie 4: Vrijwel CO ₂ -neutrale warmtenet met opslag		247528		85983			
Geothermie	90%	10.7	97504	3.7	33870	0	0
Elektriciteit (voor warmtepomp)	10%	131.94	133594	45.8	46406	0	0
Elektriciteit (pompenergie)	1%	131.94	6680	45.8	2320	131.94	6679.7
Verliezen seizoensopslag (back-up en piekvoorziening)	10%	-	9750	-	3387		
Situatie 5: Individuele all-electric warmtepomp		205833		71500			
Elektriciteit warmtepomp (COP =4)	25%	131.94	205833	45.8	71500		
Energiebesparing label E naar label B	23%	-	61354	-	21313		

BEREKENING WARMTEVRAAG

Schaal	300	Weq
Warmtevraag per Weq	27	GJ/Weq/jaar
Systeemverliezen ¹⁹	25%	%
Benodigde warmte	10125	GJ/jaar

EMISSIEFACTOREN ELEKTRICITEIT

	kg CO ₂ /kWh	kg CO ₂ /GJ
Grijs	0.55	152.78
Huidige mix (2020)	0.475	131.94
Mix 2030 (70% hernieuwbaar)	0.165	45.83

Bron: emissiefactoren.nl

EMISSIEFACTOREN 2020

In kg CO ₂ ,eq per GJ warmte	STEG	Geo-thermie	Rest-warmte	HR-ketel	Bijstook-ketel
Indirecte emissies	2.6	0.9	0.1	3.6	
Gaswinning				2.6	
Gastransport				0.6	
Biomassawinning					
Biomassatransport					
Elektriciteitsverbruik	0.1	0.9	0.1	0.4	
Elektriciteitsderving	2.5				
Directe emissies	1.2	1.2	1.2	5	
Conversie hoofdbron	18.3	8.6	5.7	53.5	
Hulpenergie	1.2	1.2	1.2	5	
Totaal zonder bijstook en transportverlies	22.1	10.7	7	62.1	59.8

Bron: emissiefactoren.nl en CE Delft (2016): Ketenemissies warmtelevering**EMISSIEFACTOREN 2030**

Verhouding emissiefactor 2020:2030:	0.3474				
In kg CO ₂ ,eq per GJ warmte	STEG	Geo-thermie	Rest-warmte	HR-ketel	Bijstook-ketel
Indirecte emissies					
Gaswinning				2.60	
Gastransport				0.60	
Biomassawinning					
Biomassatransport					
Elektriciteitsverbruik	0.03	0.31	0.03	0.14	
Elektriciteitsderving	2.50				
Directe emissies					
Conversie hoofdbron	18.30	2.99	5.70	53.50	
Hulpenergie	0.42	0.42	0.42	5.00	
Totaal zonder bijstook en transportverlies	21.25	3.72	6.15	61.84	59.80

Lichtblauwe cellen: Geen verlaging missiefactor door groenere elektriciteit

Bron: op basis van bovenstaande twee tabellen

BESPARING OP WARMTEVRAAG DOOR ISOLATIE

Woningkenmerk	Energieklasse	Aardgasleveringen; openbare net; gemiddelde 2018
Tussenwoning	B-label	10.4
Tussenwoning	E-label	13.5
Besparing aardgas label E --> B	23%	

Bron: CBS Aardgaslevering vanuit het openbare net; woningkenmerken

¹⁹ Systeemverliezen van het warmtenet. Daarom worden deze systeemverliezen niet meegenomen in de situaties waarin geen warmtenet voorkomt, namelijk situatie 1 en situatie 5.



Berenschot

Berenschot is een onafhankelijk organisatieadviesbureau met 350 medewerkers wereldwijd. Al 80 jaar verrassen wij onze opdrachtgevers in de publieke sector en het bedrijfsleven met slimme en nieuwe inzichten. We verwerven ze en maken ze toepasbaar. Dit door innovatie te koppelen aan creativiteit. Steeds opnieuw. Klanten kiezen voor Berenschot omdat onze adviezen hen op een voorsprong zetten.

Ons bureau zit vol inspirerende en eigenwijze individuen die allen dezelfde passie delen: organiseren. Ingewikkelde vraagstukken omzetten in werkbare constructies. Door ons brede werkterrein en onze brede expertise kunnen opdrachtgevers ons inschakelen voor uiteenlopende opdrachten. En zijn we in staat om met multidisciplinaire teams alle aspecten van een vraagstuk aan te pakken.

Berenschot Groep B.V.

Van Deventerlaan 31-51, 3528 AG Utrecht
Postbus 8039, 3503 RA Utrecht
030 2 916 916
www.berenschot.nl
[in /berenschot](https://www.linkedin.com/company/berenschot)