Plan-mer-beoordeling

Warmteprogramma gemeente Kaag en Braassem

Antea Group

Understanding today.
Improving tomorrow.

Projectnummer 0508769.100
Definitief
18-06-2026

www.anteagroup.nl

Plan-mer-beoordeling

Warmteprogramma gemeente Kaag en Braassem

projectnummer 0508769.100
Definitief
18-06-2026

datum	beschrijving	vrijgave
18-06-2026	Definitief	

Inhoudsopgave

1.	**Inleiding**	**4**
1.1	Aanleiding en doel	4
1.2	Waarom een warmteprogramma: de warmtetransitie	4
1.3	Het warmteprogramma onder de Omgevingswet	4
1.4	Methodiek plan-mer-beoordeling	5
1.5	Alternatieven naar aardgasvrij	6
1.5.1	Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)	6
1.5.2	Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)	8
1.5.3	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen (S3c, d, f, h)	10
1.5.4	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen (S3a, b, e, g)	14
1.6	Buurttypen	17
1.7	Gevoelige gebieden	19
1.8	Leeswijzer	26
2.	**Kenmerken van de potentiële milieueffecten**	**27**
2.1	Geluid en trillingen	27
2.1.1	Effectbeschrijving geluidhinder	27
2.1.2	Effectbeschrijving trillingen	34
2.2	Bodem	36
2.2.1	Effectbeschrijving bodemkwaliteit (netwerklaag)	36
2.2.2	Effectbeschrijving grondwater	41
2.2.3	Effectbeschrijving ondergronds ruimtegebruik	47
2.3	Natuur en biodiversiteit	52
2.3.1	Effectbeschrijving beschermde soorten	52
2.3.2	Effectbeschrijving beschermde natuurgebieden	57
2.4	Landschap, cultuurhistorie en archeologie	60
2.4.1	Effectbeschrijving landschap	60
2.4.2	Effectbeschrijving cultuurhistorie	65
2.4.3	Effectbeschrijving archeologie	68
2.5	Overige effecten	72
2.5.1	Elektromagnetische straling	72
2.5.2	Hittestress	72
2.5.3	Luchtkwaliteit	73
2.5.4	Omgevingsveiligheid	73
2.5.5	Drinkwater	73
2.5.6	Oppervlaktewater	73
2.5.7	Verkeer	74
3.	**Conclusie**	**75**
Bijlage – Toelichting buurttypen		**77**

1. Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

De gemeente Kaag en Braassem stelt een warmteprogramma op. Alle gemeenten in Nederland zijn bezig om in het kader van de warmtetransitie het gebruik van aardgas af te bouwen. Vanuit de Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransitie (Wgiw)[1] zijn gemeenten verplicht om de manier waarop zij de buurten in de betreffende gemeente aardgasvrij willen maken vast te leggen in een warmteprogramma.

Het Warmteprogramma beschrijft hoe en waar de gemeente de komende 10 jaar in de stad aan de slag gaat in de bestaande bouw en de nieuwbouw. Daarnaast wordt vastgesteld hoe de gemeente gaat sturen op efficiënte en eerlijke verdeling van duurzame warmtebronnen. De gemeente maakt hiervoor een afweging tussen verschillende warmteoplossingen die kunnen worden ingezet om een buurt aardgasvrij te maken.

In het kader van het Warmteprogramma wordt een zogeheten plan-mer-beoordelingsprocedure doorlopen. In de plan-mer-beoordelingsprocedure moet het bevoegd gezag (in dit geval de gemeente Kaag en Braassem nagaan of de ontwikkelingen in het Warmteprogramma kunnen leiden tot aanzienlijk (negatieve) milieueffecten, die het doorlopen van een (uitgebreide) plan-mer-procedure voor het Warmteprogramma noodzakelijk maken. Deze aanmeldnotitie plan-mer-beoordeling biedt het bevoegd gezag de benodigde informatie voor deze afweging.

Daarnaast is in deze aanmeldnotitie een analyse opgenomen van mogelijk te verwachten effecten van de warmtetechnieken zoals deze worden gepresenteerd in het Warmteprogramma. Het geeft daarmee aandachtspunten voor de uitwerking van het Warmteprogramma.

1.2 Waarom een warmteprogramma: de warmtetransitie

In 2019 is het Klimaatakkoord gesloten tussen verschillende partijen in Nederland, waaronder de overheid, bedrijven en maatschappelijke organisaties, met als doel de uitstoot van broeikasgassen te verminderen en klimaatverandering tegen te gaan. Een belangrijk onderdeel van het Klimaatakkoord is de warmtetransitie. Dit houdt in dat Nederland stapsgewijs overstapt van fossiele brandstoffen, zoals aardgas, naar duurzame warmtebronnen voor het verwarmen van gebouwen. Dit kan bijvoorbeeld door over te stappen van een Hr-ketel op aardgas naar een warmtepomp of stadsverwarming die gebruik maakt van hernieuwbare energiebronnen. Het doel is om uiteindelijk alle woningen en gebouwen in Nederland aardgasvrij te maken. De gemeenten hebben een regietaak gekregen om deze transitie te realiseren in de gebouwde omgeving. Gemeenten moeten samen met woningcorporaties, netbeheerders, bedrijven en bewoners aan de slag. Hiervoor zijn wetten en handreikingen opgesteld of in voorbereiding om ervoor te zorgen dat gemeente over de juiste gereedschappen beschikken. Naast de directe beleidskaders van het Rijk, zijn er nationale en internationale (beleids)kaders van verschillende niveaus relevant voor het Warmteprogramma.

1.3 Het warmteprogramma onder de Omgevingswet

Het Warmteprogramma vervangt de Transitievisie Warmte Kaag en Braassem (jan 2022) (TVW) Inhoudelijk moet een warmteprogramma voldoen aan de eisen van de Omgevingswet en Wgiw, wat inhoudt dat elk warmteprogramma een omschrijving bevat van de voorkeursalternatieven naar aardgasvrij voor de buurten in de betreffende gemeente die in de daaropvolgende 10 jaar worden verduurzaamd. Een warmteprogramma moet iedere 5 jaar worden geactualiseerd om in te spelen op nieuwe ontwikkelingen in de energiemarkt en technologieën voor duurzame warmtebronnen.

[1] De Wgiw is op 10 december 2024 aangenomen door de Eerste Kamer en zal gefaseerd in werking treden. Wgiw artikel IA, IB, en IIA is op 1 januari 2025 in werking gestreden, en Artikel IC treedt in werking met ingang van 1 januari 2026.
https://www.eerstekamer.nl/behandeling/20241217/

1.4 Methodiek plan-mer-beoordeling

Toetsingscriteria

Bij het beoordelen of er sprake is van aanzienlijk (negatieve) milieueffecten moeten de toetsingscriteria uit bijlage II van de Europese SMB-richtlijn worden gehanteerd. Hierin zijn twee categorieën benoemd, elk met een aantal kenmerken. Tabel 1.1 geeft weer waar in het bijzonder op wordt gelet.

Tabel 1.1 Toetsingscriteria uit bijlage II van de SMB-richtlijn voor het beoordelen van aanzienlijke milieueffecten

Kenmerken van plannen en programma's	Kenmerken van de effecten en van de gebieden die kunnen worden beïnvloed

- De mate waarin het plan of programma een kader vormt voor projecten en andere activiteiten met betrekking tot de ligging, aard, omvang en gebruiksvoorwaarden alsmede wat betreft de toewijzing van hulpbronnen;
- De mate waarin het plan of programma andere plannen en programma's met inbegrip van die welke deel zijn van een hiërarchisch geheel, beïnvloedt;
- De relevantie van het plan of programma voor de integratie van milieuoverwegingen, vooral met het oog op de bevordering van duurzame ontwikkeling;
- Milieuproblemen die relevant zijn voor het plan of programma;
- De relevantie van het plan of programma voor de toepassing van de milieuwetgeving van de Gemeenschap (bijv. plannen en programma's in verband met afvalstoffenbeheer of waterbescherming).
	- De waarschijnlijkheid, duur, frequentie en omkeerbaarheid van de effecten;
	- De cumulatieve aard van de effecten;
	- De grensoverschrijdende aard van de effecten;
	- De risico's voor de menselijke gezondheid of het milieu (bijv. door ongevallen);
	- De orde van grootte en het ruimtelijk bereik van de effecten (geografisch gebied en omvang van de bevolking die getroffen kan worden);
	- De waarde en kwetsbaarheid van het gebied dat kan worden beïnvloed gelet op:
	  ○ Bijzondere natuurlijke kenmerken of cultureel erfgoed
	  ○ De overschrijding van de milieukwaliteitsnormen of van grenswaarden;
	  ○ Intensief grondgebruik;
	- De effecten op gebieden en landschappen die door een lidstaat, door de Gemeenschap, dan wel in internationaal verband als beschermd gebied zijn erkend.

Methodiek

Stap 1: Opstellen beoordelingskader

Op basis van wat er speelt in de gemeente én op basis van ervaringen elders zijn relevante thema's geïnventariseerd die beoordeeld zijn op milieueffecten. In tabel 1.2 zijn deze thema's uitgewerkt in een beoordelingskader.

Op basis van ervaring zijn de thema's elektromagnetische straling, hittestress, luchtkwaliteit, omgevingsveiligheid, drink- en oppervlaktewater en verkeer niet nader uitgewerkt in het beoordelingskader. Deze thema's zijn niet van wezenlijke invloed op de vraag of er een plan-mer-procedure doorlopen moet worden. In paragraaf 2.5 is dit beknopt onderbouwd.

Tabel 1.2 Beoordelingskader plan-mer-beoordeling

Thema	Aspect	Indicator	Aanleg- en/of gebruiksfase
Geluid en trillingen	Geluidhinder	Toename geluidsbelasting	Aanleg- en gebruiksfase
	Trillingen	Hinder of schade door trillingen	Aanlegfase
Bodem	Bodemkwaliteit (netwerklaag)	Impact op de biologische, chemische en fysische kwaliteit van de bodem in de netwerklaag.	Aanleg- en gebruiksfase
	Grondwater	Impact op de grondwaterkwaliteit en -kwantiteit	Aanleg- en gebruiksfase
	Ondergronds ruimtegebruik	Inpasbaarheid in de ondergrond	Aanleg- en gebruiksfase
Natuur en biodiversiteit	Beschermde soorten	Impact op beschermde soorten	Aanleg- en gebruiksfase
	Beschermde gebieden	Impact op NNN-gebieden en Natura 2000-gebieden	Aanlegfase
Landschap, cultuurhistorie en archeologie	Landschappelijke waarden	Impact op landschappelijke waarden	Gebruiksfase
	Cultuurhistorische waarden	Impact op cultuurhistorische waarden	Gebruiksfase
	Archeologische waarden	Impact op archeologische waarden	Aanlegfase

Stap 2: Inzicht in milieueffecten en nuancering naar buurttype
In stap 2 is voor verschillende thema's en de bijbehorende aspecten in beeld gebracht welke potentiële milieueffecten kunnen optreden bij de aanleg en tijdens het gebruik van de alternatieven en bijbehorende duurzame bronnen uit de Startanalyse van PBL[2]. Het resultaat van deze stap is per onderzoeksaspect en per alternatief inzicht in potentiële milieueffecten. De potentiële milieueffecten kunnen verschillen per buurttype. Daarom zijn de milieueffecten (waar mogelijk en relevant) gerelateerd aan een buurttypologie om eventuele verschillen inzichtelijk te maken.

In de bebouwde omgeving van Nederland kunnen 15 buurttypen worden onderscheiden (gebaseerd op Kleerekoper 2016 - zie ook bijlage 1). Aan de hand van kenmerken, zoals het bouwjaar van de woningen, opbouw van de straten en het type bebouwing (zoals rijtjeshuizen of appartementen), zijn ook de buurten in de gemeente Kaag en Braassem ingedeeld in een bepaald type. Het resultaat van deze stap is inzicht in de potentiële milieutypen per buurtypologie.

Stap 3: Specifieke, geografische informatie
Aspecten die een specifieke geografische component met zich meebrengen, oftewel die buurttype overstijgend zijn, zijn op gemeenteniveau onderzocht. Zo is er gekeken naar:

- Natuurnetwerk Nederland (NNN) en Natura 2000-gebieden;
- Archeologische waarden;
- Beschermde landschappen;
- Grondwaterbeschermingsgebieden;
- Beschermde stads- en dorpsgezichten;
- UNESCO werelderfgoed.

Langs deze stappen (beoordelingskader, buurttypen, locatiespecifieke zaken) is de plan-mer-beoordeling uitgevoerd voor de alternatieven naar aardgasvrij.

1.5 Alternatieven naar aardgasvrij

In het warmteprogramma van de gemeente Kaag en Braassem zijn alternatieven voor het aardgasvrij verwarmen van woningen en gebouwen voorgesteld. Deze alternatieven komen overeen met de volgende alternatieven uit de Startanalyse van het PBL:

- Alternatief 1 - Individueel Lucht (S1a)
- Alternatief 2 - Individueel Bodem (S1b)
- Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen (S3c,d,f,h)
- Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen (S3a,b,e,g)

De gemeente Kaag en Braassem heeft als uitgangspunt om gebruik te maken van alternatief 1 en/of alternatief 2. Daarnaast wil het de mogelijkheid open laten voor haar inwoners om op kleine schaal initiatieven te starten voor bijvoorbeeld wooncomplexen of straten. Voor de volledigheid worden in dit rapport daarom, ondanks de kleine schaal, ook alternatief 5 en 6 meegenomen. De mogelijkheden van aquathermie zijn eerder onderzocht in de haalbaarheidsstudie TEO in Kaag en Braassem van IF Technology (2019); de uitkomsten hiervan zijn meegenomen in deze afweging, maar worden vanwege de beperkte schaal van de beschouwde initiatieven niet als realistisch haalbaar beschouwd. De alternatieven 1, 2, 5 en 6 zijn hieronder nader toegelicht.

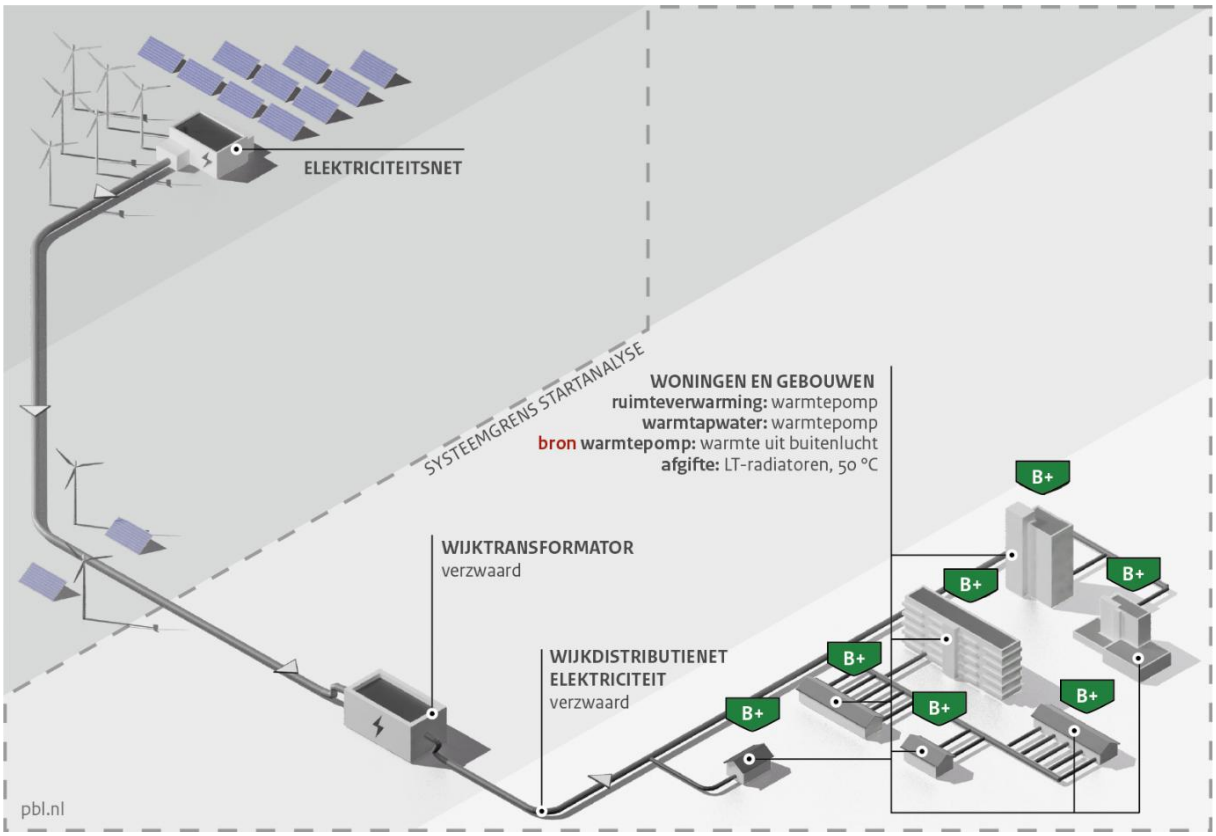
1.5.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Voor dit alternatief wordt iedere woning en ieder gebouw voorzien van een individuele, elektrische luchtwarmtepomp (zie Figuur 1-1). Hierbij wordt uitgegaan van een combiwarmtepomp waarbij niet alleen water verwarmd wordt voor de ruimteverwarming maar ook tapwater verwarmd kan worden.

Voor het gebruik van deze combiwarmtepompen is elektriciteit nodig. De elektriciteitsinfrastructuur in de wijk dient hiervoor verzwaard te worden. Daarnaast is op het middenspanningsniveau verzwaring van het net nodig. Woningen en gebouwen in deze buurt worden in dit alternatief niet op een warmtenet aangesloten. De aanduiding individueel duidt erop dat het gaat om een oplossing waarbij elke woning of gebouw een eigen

[2] bron: PBL, uitleg strategieën en varianten: https://startanalyse.pbl.nl/uitleg-strategieen-en-varianten

installatie voor de warmtevoorziening krijgt. De luchtwarmtepomp kan ook actief koelen, waarbij warmte uit het afgiftesysteem wordt onttrokken en aan de buitenlucht wordt afgegeven (omgekeerd verwarmingsproces).



Figuur 1-1 Systeemonderdelen van alternatief Individueel Lucht (bron: PBL)

Warmtebron

Met een individuele luchtwarmtepomp wordt warmte uit de lucht gehaald. Met deze warmte wordt water verwarmd waarmee het huis kan worden verwarmd. Voor deze opwarming naar het juiste temperatuurniveau verbruikt de luchtwarmtepomp elektriciteit. Per hoeveelheid elektriciteit levert de luchtwarmtepomp er 3 à 5 keer aan warmte voor terug. Bij koudere temperaturen daalt de efficiëntie van luchtwarmtepomp en kan deze minder warmte terug leveren per hoeveelheid elektriciteit. Luchtwarmtepompen kunnen naast warmte ook koude leveren.

Netverzwaring

Bij een lagere buitentemperatuur moet een luchtwarmtepomp harder werken om de dezelfde hoeveelheid warmte uit de buitenlucht te halen. Door dit intensieve gebruik van de luchtwarmtepomp daalt het rendement van de luchtwarmtepomp en stijgt het elektriciteitsverbruik van de luchtwarmtepomp significant, ook wel piekverbruik genoemd.

Bij de grootschalige inzet van individuele luchtwarmtepompen is in de meeste buurten extra versterking van het elektriciteitssysteem nodig, boven op de versterking die al nodig is voor elektrisch vervoer, zon-PV en elektrisch koken. Dit betekent meer elektriciteits-infrastructuur in de vorm van transformatorhuisjes en elektriciteitskabels. Over het algemeen geldt voor dit alternatief dat 1 op de 3 straten wordt opengebroken voor de aanleg van elektriciteitskabels en dat het aantal transformatorhuisjes verdubbeld dient te worden. Daarnaast zijn op het middenspanningsniveau ook verzwaringen nodig. Versterking op middenspanningsniveau is nodig omdat de totale elektriciteitsvraag in een wijk sterk toeneemt, vooral tijdens piekmomenten. De middenspanningsnetten vormen de schakel tussen het hoogspanningsnet en de lokale laagspanningsnetten, en moeten voldoende capaciteit hebben om deze verhoogde stroomvraag betrouwbaar te kunnen verdelen over meerdere buurten en transformatiestations.

Gegevens over de benodigde netverzwaring in de gemeente en meer specifiek per buurt, zijn niet beschikbaar. In deze aanmeldnotitie is daarom de mate waarin netverzwaring per alternatief nodig is ten opzichte van de andere

alternatieven gewogen. Voor grootschalige inzet van luchtwarmtepompen is een sterke mate van netverzwaring nodig.

Installatie en ruimtevraag
Een luchtwarmtepomp bestaat uit een binnen- en een buitenunit. De buitenunit bevat een ventilator en compressor waarmee warmte uit de buitenlucht kan worden onttrokken. De binnenunit bevat een warmtewisselaar, circulatiepomp en een boiler. Met deze boiler kan tapwater efficiënt worden verwarmd en opgeslagen om te voorzien in de vraag naar warm tapwater. Om de efficiëntie van de luchtwarmtepomp voor de ruimteverwarming nog verder te verhogen kan er een buffervat worden geïnstalleerd. Deze installaties worden in en om de woning geplaatst. In de openbare ruimte is in dit alternatief ruimte benodigd voor de netverzwaring. In de wijk betekent dit dat er transformatorhuisjes geplaatst moeten worden van 23-31 m^2 groot[3]. Op een groter schaalniveau is binnen de gemeente ruimte benodigd voor middenspanningsstations (200-4.000 m^2) of aan de rand van de gemeente voor hoogspanningsstations (15.000-100.000 m^2)[4]. In de ondergrond is ruimte benodigd voor de aanleg van elektriciteitskabels voor het wijkdistributienet.

Aanpassingen aan woningen en gebouwen
Om effectief te zijn moet een gebouw minimaal geïsoleerd zijn tot schillabel B. Afhankelijk van de woning of het gebouw moeten hiervoor maatregelen genomen worden. Naast het isoleren van de woningen moet de buitenunit van de luchtwarmtepomp aan de buitenkant van de woning of het gebouw worden gemonteerd. Met behulp van leidingen voor koudemiddel en water wordt de buitenunit verbonden met de binnenunit die vaak op de plek van of in de buurt van de oude cv-installatie wordt geïnstalleerd. Binnenhuis wordt de luchtwarmtepomp aangesloten op de bestaande verwarmingsleidingen. Er is uitgegaan van een minimaal isolatieniveau van de woning van B of hoger.

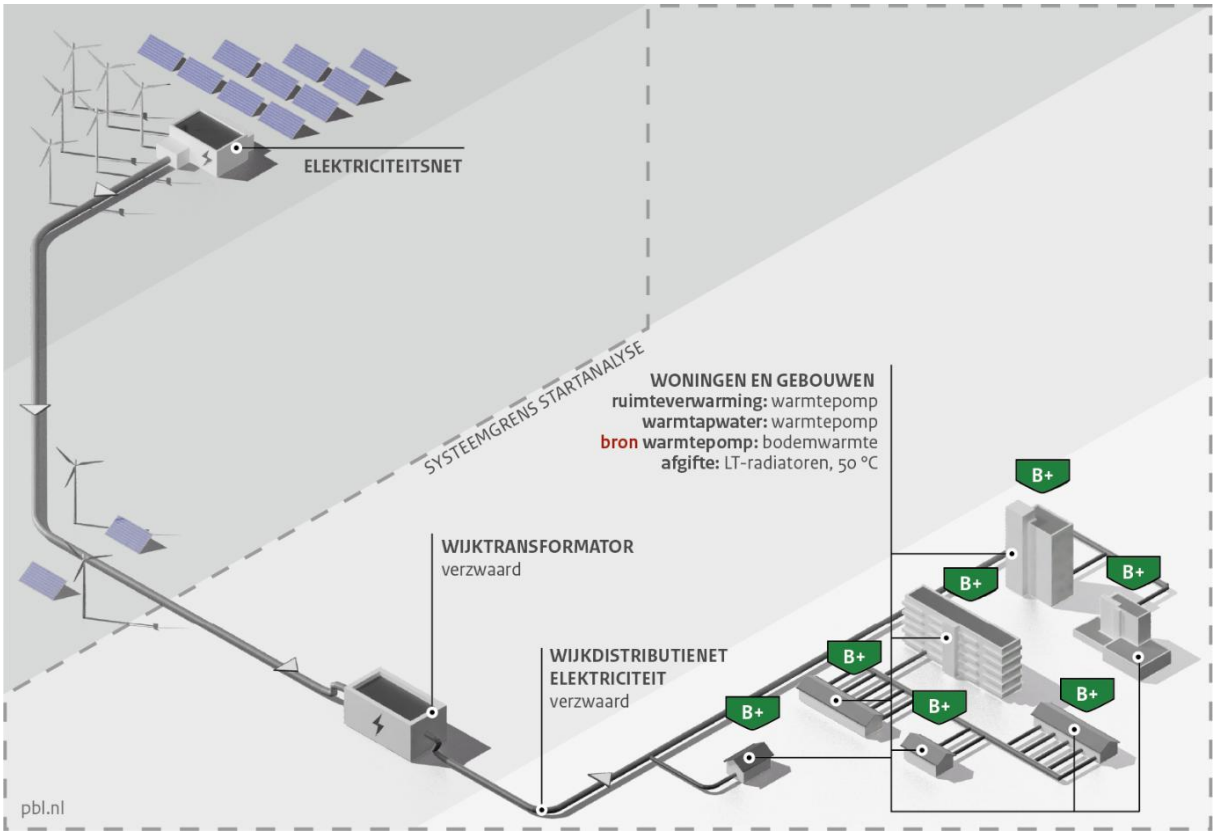
Afgiftetemperatuur van het water
De afgiftetemperatuur van een luchtwarmtepomp ligt doorgaans tussen de 30°C en 55°C, afhankelijk van het type systeem en het afgiftesysteem in de woning. Standaard warmtepompen werken het meest efficiënt bij lagere temperaturen van rond de 35°C tot 45°C, wat goed past bij vloerverwarming of lage temperatuur convectoren. Er is uitgegaan van een afgiftetemperatuur van de luchtwarmtepomp tot 50°C.

1.5.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Bij dit alternatief wordt in iedere woning een individuele, elektrische bodemwarmtepomp geïnstalleerd. Hierbij wordt uitgegaan van een combiwarmtepomp waarbij niet alleen water verwarmd wordt voor de ruimteverwarming maar ook tapwater verwarmd kan worden (zie Figuur 1-2).

Voor het gebruik van deze combiwarmtepompen is elektriciteit nodig. Het elektriciteitsnet en transformatoren in de wijk dienen hiervoor verzwaard te worden. Daarnaast zijn op het middenspanningsniveau ook verzwaringen nodig. Woningen en gebouwen worden in dit alternatief niet op een warmtenet aangesloten. De aanduiding individueel duidt erop dat het gaat om een oplossing waarbij elke woning of gebouw een eigen installatie voor de warmtevoorziening krijgt. De bodemwarmtepomp kan ook passief koelen, waarbij warmte uit het afgiftesysteem wordt onttrokken en aan de bodem wordt afgegeven (regeneratie van de bron).

[3] bron: Warmteoplossingen en ruimtegebruik: https://www.nplw.nl/warmte-en-ruimte/ruimtetool#vergelijken
[4] bron: Handreiking Ruimtelijke
inpassing van energie-infra: https://vng.nl/sites/default/files/2023-07/handreiking_ruimtelijke_inpassing_van_energie-infra_20230621.pdf



Figuur 1-2 Systeemonderdelen van alternatief Individueel Bodem (bron: PBL)

Warmtebron

De bodemwarmtepomp onttrekt warmte uit de bodem. Met deze warmte wordt water verwarmd waarmee het huis kan worden verwarmd. Voor deze opwarming naar het juiste temperatuurniveau verbruikt de bodemwarmtepomp elektriciteit. De bodemwarmtepomp is iets efficiënter in vergelijking met een luchtwarmtepomp. Dit komt doordat de temperatuur in de bodem relatief constant is, wat zorgt voor een stabielere werking, lagere piekvraag en daarmee een hogere efficiëntie. Bij lage buitentemperaturen gebruikt de bodemwarmtepomp minder elektriciteit dan luchtwarmtepomp, bij hoge buitentemperaturen is dit andersom.

Om het systeem duurzaam en efficiënt te blijven gebruiken, moet de onttrokken warmte uit de bodem weer worden aangevuld. Dit wordt regeneratie genoemd. De warmte die in de winter uit de bodem wordt gehaald, kan in de zomer worden aangevuld door de bron te gebruiken om de woning of het gebouw te koelen.

Netverzwaring

Door de constante temperatuur van de bodem is het elektriciteitsverbruik van een bodemwarmtepomp stabieler over het jaar. Ondanks een stabieler verbruik van elektriciteit is ook bij de grootschalige inzet van individuele bodemwarmtepompen in de meeste buurten extra versterking van het elektriciteitssysteem nodig (boven op de versterking die al nodig is voor elektrisch vervoer, zon-PV en elektrisch koken). Dit betekent meer elektriciteits-infrastructuur in de vorm van transformatorhuisjes en elektriciteitskabels. Daarnaast zijn op het middenspanningsniveau ook verzwaringen nodig.

Gegevens over de benodigde netverzwaring in de gemeente en meer specifiek per buurt, zijn niet beschikbaar. In deze aanmeldnotitie is daarom de mate waarin netverzwaring per alternatief nodig is ten opzichte van de andere alternatieven gewogen. De benodigde netverzwaring voor de bodemwarmtepomp is in de regel minder groot vergeleken met die voor de grootschalige inzet van luchtwarmtepompen, maar groter dan de benodigde netverzwaring bij warmtenetten[5].

Installatie en ruimtevraag

[5] bron: Informatieblad Netverzwaring en Netcongestie: https://www.pbl.nl/system/files/document/2025-03/pbl-2025-informatieblad-netverzwaring-en-netcongestie-5667.pdf

Om warmte uit de bodem te kunnen halen wordt er een gesloten buizensysteem (bodemlus) in de grond geplaatst. Dit Gesloten Bodem Energiesysteem (GBES) kan horizontaal op ongeveer anderhalve meter diepte of verticaal via diepe boringen worden geplaatst, afhankelijk van de beschikbare ruimte. De buizen bevatten een vloeistof die warmte opneemt in de winter en afvoert in de zomer. Deze vloeistof neemt in de winter warmte op uit de bodem en geeft die via een warmtewisselaar door aan een warmtepomp, die de temperatuur verder verhoogt voor verwarming van het gebouw en eventueel tapwater. In de zomer werkt het systeem omgekeerd en voert de overtollige warmte uit het gebouw af naar de koelere bodem, wat zorgt voor passieve koeling. De installatie vereist een goede voorbereiding, vergunningen voor boringen, en voldoende ruimte binnen en buiten de woning.

Een GBES kan tot wel 300 meter diep geboord worden, mits er geen dieptebeperkingen zijn. In het geval van dieptebeperkingen kan het noodzakelijk zijn om meerdere bodemlussen aan te leggen. Bij grootschalige inzet van GBES moet rekening gehouden worden met interferentie: wanneer de systemen te dicht bij elkaar staan, beïnvloeden ze elkaar en daalt het rendement. Na het boren kan de bovengrondse ruimte gebruikt worden. Ondergronds is er (tot 500 meter diepte) aan horizontale of verticale diepte nodig.

De warmtepomp, die meestal in een technische ruimte of bijkeuken wordt geplaatst, bevat een compressor, warmtewisselaar en vaak ook een boiler of buffervat. Dit vereist ruimte in en om de woning. In de openbare ruimte is in dit alternatief ruimte benodigd voor de netverzwaring. In de wijk betekent dit dat er transformatorhuisjes geplaatst moeten worden van 23-31 m^2 groot. Op een groter schaalniveau is binnen de gemeente ruimte benodigd voor middenspanningsstations (200-4.000 m^2) of aan de rand van de gemeente voor hoogspanningsstations (15.000-100.000 m^2). De benodigde verzwaring van het elektriciteitsnet is beperkter dan bij luchtwarmtepompen, de ruimtevraag voor het elektriciteitsnet is dan ook beperkter. In de ondergrond is ruimte benodigd voor de aanleg van elektriciteitskabels voor het wijkdistributienet.

Aanpassingen aan woningen en gebouwen
Per WEQ (de gemiddelde warmtevraag per woning) is er minimaal één ondergrondse bodemlus nodig. Bodemwarmtepompen zijn daarom voor buurttypen met een hoge aantal WEQ's per hectare, zoals hoogbouw, geen geschikte oplossing. De verticale bodemlus voor de GBES moet worden geboord met een grondboormachine, vaak gemonteerd op een vrachtwagen of rupsonderstel. Voor een horizontale GBES worden de bodemlussen uitgelegd over een groot oppervlak in de tuin of onder een gebouw, waardoor de horizontale GBES met name geschikt is voor woningen met voldoende buitenruimte. Voor de aanleg van een horizontale GBES worden meestal machines gebruikt die geschikt zijn voor het graven van lange, smalle sleuven op een diepte van ongeveer 1,5 tot 2 meter.

Binnenshuis moet er naast de installatie, ook vaak een lage temperatuurafgiftesysteem (bijvoorbeeld vloerverwarming of radiatoren, worden geïnstalleerd om effectief te verwarmen of koelen.

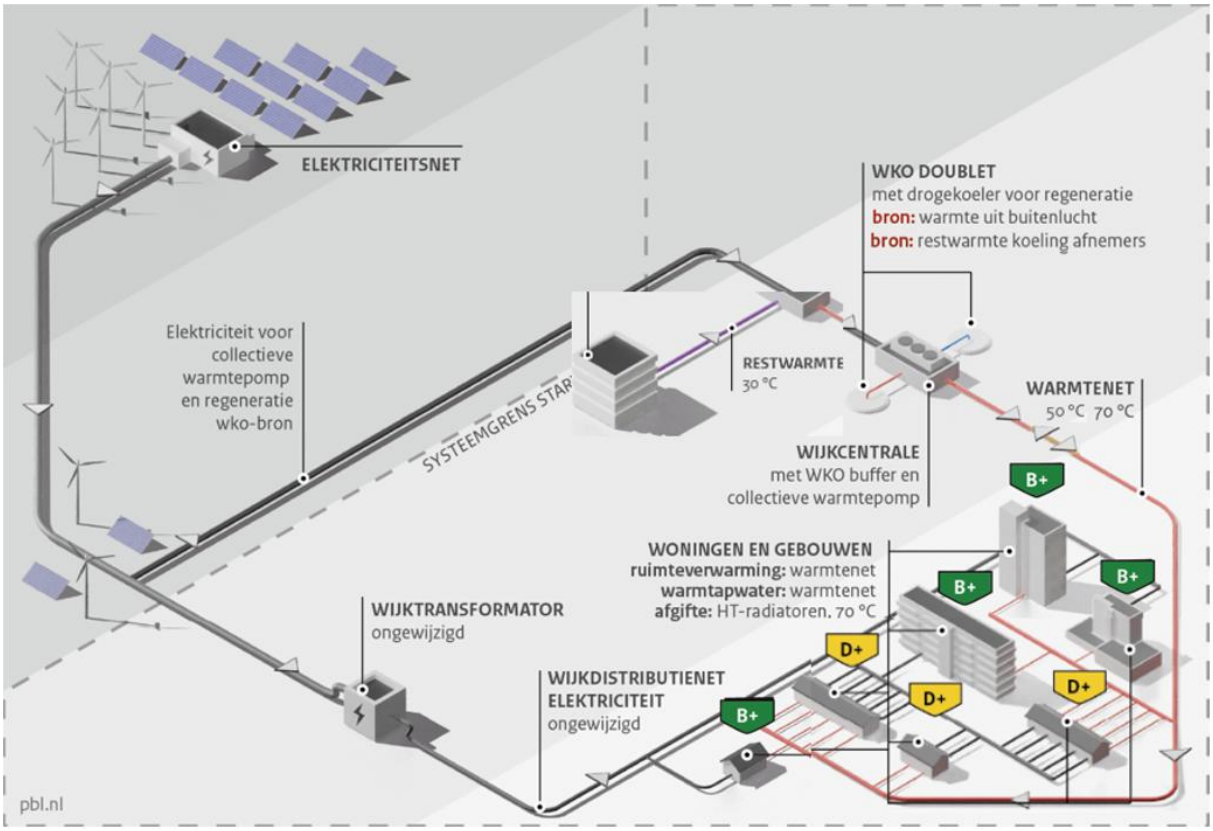
Er is uitgegaan van een minimaal isolatieniveau van de woning van B of hoger.

Afgiftetemperatuur van het water
De afgiftetemperatuur van een bodemwarmtepomp hangt sterk af van het type verwarmingssysteem dat in de woning wordt gebruikt. Bij vloerverwarming ligt deze temperatuur doorgaans tussen de 30°C en 40°C, waarbij de bodemwarmtepomp het meest efficiënt werkt. Bij lage temperatuur radiatoren of convectoren is een afgiftetemperatuur oplopend tot ongeveer 50°C nodig. In woningen of gebouwen met bestaande standaard radiatoren is de afgiftetemperatuur van 55 tot 65°C. Hiervoor is een speciale hoge temperatuur-warmtepomp vereist. Er is uitgegaan van een afgiftetemperatuur van de bodemwarmtepomp tot 50°C.

1.5.3 Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen (S3c, d, f, h)

In dit alternatief wordt gebruikgemaakt van een laag of zeer lage temperatuur ((Z)LT) warmtenet waarbij warmte uit bronnen collectief wordt opgewaardeerd naar een aflevertemperatuur in de woning of gebouw van 50 tot 70 °C. Deze warmte wordt via een warmtenet aan woningen en gebouwen afgeleverd. Bij 70 °C is de temperatuur is hoog genoeg om direct in de warmtevoorziening voor de ruimteverwarming of warm tapwater te kunnen voorzien. Wanneer de aanlevertemperatuur 50 °C is, wordt een boosterwarmtepomp in de woning ingezet om de temperatuur te verhogen voor warm tapwater. Een (Z)LT warmtenet kan in sommige varianten ook (passief) koelen, waarbij met deze afgevangen warmte de WKO wordt geregenereerd.

De vraag naar warmte vanuit het warmtenet kan variëren, bijvoorbeeld tijdens koude winterdagen, daarom wordt er in de warmtecentrale op buurtniveau een collectieve warmtepomp geïnstalleerd die als de piek- of back-upvoorziening functioneert.



Figuur 1-3 Systeemonderdelen van alternatief (Z)LT bron/Collectief opwaarderen (bron: PBL)

Warmtebron

Voor dit alternatief wordt warmte onttrokken uit bronnen met een lage temperatuur en opgeslagen in een warmte opslag zoals WKO, ook wel open bodemenergiesysteem (OBES) genoemd, of seizoensbuffer. De WKO wordt voor de levering aan het (Z)LT warmtenet via een warmtewisselaar gebruikt als duurzame bron én buffer voor warmte en koude. In de zomer wordt warmte uit gebouwen onttrokken en opgeslagen in een warme bron, terwijl in de winter deze warmte weer wordt opgepompt. Via collectieve warmtepompen wordt het water wat door de WKO via de warmtewisselaar opgewarmd is, opgewaardeerd om te kunnen dienen voor ruimteverwarming en warm tapwater. Als collectieve warmtebron voor de opwaardering kan gebruik worden gemaakt van verschillende duurzame bronnen, zoals buitenlucht of aquathermie

De warmte in deze variant wordt gegenereerd uit restwarmtebronnen of een WKO, waarbij warmte en koude uit de bodem wordt onttrokken. Om uiteindelijk een aanlevertemperatuur van 50 tot 70 °C te kunnen leveren, wordt door middel van collectieve luchtwarmtepomp warmte onttrokken uit de buitenlucht. Om de temperatuur van de bodem in balans te houden en afkoeling te voorkomen is regeneratie noodzakelijk. Regeneratie vindt plaats door warmte uit het retourwater te halen en door de inzet van droogkoelers. Droogkoelers gebruiken buitenlucht om water af te koelen. De droogkoeler werkt als een water-lucht warmtewisselaar: hij koelt of verwarmt water door het in contact te brengen met de buitenlucht. Droge koelers kunnen ook worden ingezet als piek-/back-upvoorziening.

In sommige gevallen kan bij dit alternatief gebruikgemaakt worden van restwarmte. Bij het (Z)LT bron/collectief opwaarderen alternatief gaat het om (zeer) lage temperatuur restwarmte, bijvoorbeeld van datacenters. Hier gelden de criteria[6] waaraan restwarmte moet voldoen:

[6] bron: Leidraad betreffende de verwarmings- en koelingsaspecten ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=OJ:C_202502238

- De restwarmte moet “onvermijdelijk” zijn, wat betekent dat de warmte niet vermeden of binnen het industriële proces hergebruikt kan worden;
- De geproduceerde warmte is een bijproduct in industriële van het industriële proces, het proces heeft dus niet tot doel om in restwarmte te voorzien;
- De geproduceerde warmte is het restproduct van een industrieel proces, de dienstensector of bijproduct de elektriciteitsproductie;
- Deze restwarmte zou anders ongebruikt terecht zou komen in lucht of water.

Geschikte productieprocessen voor restwarmte zijn bijvoorbeeld energieopwekking, afvalverwerkingsinstallaties of chemische processen waarbij veel warmte vrijkomt. Of restwarmte geschikt is om als duurzame warmtebron te dienen hangt af van een drietal factoren:

1. Temperatuur van de restwarmte. Allereerst speelt de temperatuur van de restwarmte een grote rol. Hoe hoger de temperatuur is, des te geschikter de warmte is om direct in te zetten in een MT warmtenet. Warmte van bijvoorbeeld 90 of 100 °C kan vaak zonder aanvullende technieken zoals warmtepompen worden gebruikt voor het verwarmen van woningen en tapwater.
2. Afstand tot afnemers. De tweede factor is de afstand tussen de warmtebron en de woningen of gebouwen die verwarmd moeten worden. Warmte verliest onderweg energie en dat verlies is groter naarmate de temperatuur hoger is en de afstand langer. Daarom is het gunstig als de bron dicht bij de afnemers ligt. Toch kan een restwarmtebron met een zeer hoge temperatuur dit nadeel deels compenseren: hoe hoger de temperatuur, hoe verder de warmte kan worden getransporteerd zonder dat het verlies onacceptabel wordt. Er is dus een wisselwerking tussen temperatuur en afstand.
3. Leveringszekerheid. Tot slot is de leveringszekerheid van restwarmte van groot belang. Omdat restwarmte een bijproduct van industriële processen is, betekent dat de beschikbaarheid ervan afhankelijk is van de bedrijfsvoering van het betreffende bedrijf. Als een fabriek bijvoorbeeld in de winter (deels) stilligt voor bijvoorbeeld onderhoud, is er geen warmte beschikbaar op het moment dat de vraag het hoogst is. Daarnaast moet ook gekeken worden naar de lange termijn: als het bedrijf over tien of vijftien jaar stopt of verhuist, valt de warmtebron weg. Dat brengt risico’s met zich mee voor de continuïteit van het warmtenet en de investeringen die daarvoor gedaan zijn. Daarom is het belangrijk om afspraken te maken over de duur en betrouwbaarheid van de levering, en om eventueel alternatieve bronnen achter de hand te houden.

Netverzwaring

De warmtewisselaar bij het industrieelproces met restwarmte, de warmtecentrale en het warmteoverdrachtsstation hebben een elektriciteitsaansluiting nodig. Alhoewel afhankelijk van de lokale situatie hoeft het elektriciteitsnet hiervoor niet of slechts beperkt verzwaard te worden.

Voor het collectief opwaarderen van de temperatuur van geleverde warmte is elektriciteit nodig. Het elektriciteitsnet moet hiervoor verzwaard worden op middenspanningsniveau. Omdat individuele woningen of gebouwen in dit alternatief geen eigen warmtepomp hebben, hoeft het laagspanningsnet niet te worden aangepast. De elektriciteitsvraag concentreert zich bij de aansluiting van de collectieve warmtepomp, wat efficiënter is en beter te reguleren.

Hoewel dit systeem minder netverzwaring vraagt dan individuele elektrische alternatieven, is er wel een verzwaring op middenspanningsniveau nodig. Voor een nieuwe aansluiting op middenspanningsniveau geldt voor de meeste regio’s dat deze pas gerealiseerd kan worden zodra het elektriciteitsnet is verzwaard op hoger gelegen netvlakken van Liander of TenneT. Nieuwe aanvragen komen achteraan op de wachtlijst bij de netbeheerder, ook voor collectieve warmteoplossingen.

Een collectieve oplossing is voor de netbeheerder lastiger te realiseren, omdat het net in één keer verzwaard moet worden voor een groot aantal woningen. Bij individuele oplossingen verloopt de overgang naar aardgasvrij geleidelijk, verspreid over meerdere jaren, wat beter te faseren is. Om een collectieve warmtepomp op het elektriciteitsnet te realiseren is intensief contact met de netbeheerder nodig over de mogelijkheden.

Installatie en ruimtevraag

Een WKO bestaat uit twee boringen (een doublet) die maximaal 150 meter diep zijn (één warmte- en één koude put). Grondwater wordt uit de ene put naar boven gepompt en door een warmtewisselaar geleid. Daarna wordt het grondwater in de andere put teruggepompt. Bovengronds zorgen elektrische pompen voor het transport van

grondwater naar een warmtewisselaar. Met een doublet kunnen 100 tot 150 WEQs (één WEQ is de gemiddelde warmtevraag per woning) voorzien worden in hun warmte- en koudevraag. Het ruimtebeslag van een WKO-doublet is hoofdzakelijk ondergronds, waarbij met name de thermische invloedsfeer van een WKO-doublet van belang is. Deze heeft een doorsnede van circa 40 meter per bron. Bovengronds wordt de bron afgewerkt met een putdeksel.

De warmte uit de WKO heeft een lage temperatuur (maximaal 25 °C) en wordt in een warmtecentrale in de buurt met een collectieve warmtepomp tot de gewenste temperatuur verwarmd. Vervolgens wordt het warmtenet hiermee gevoed. De grootte van de warmtecentrale is afhankelijk van het aantal woningen wat gebruik maakt van de installaties. De droge koeler bevindt zich doorgaans op het dak van de warmtecentrale. De grootte van een droge koeler varieert, afhankelijk van hoeveel koude (of warmte) aan de bodem moet worden toegevoegd om de energetische balans te behouden.

Voor het onttrekken van warmte uit restwarmte bestaan de benodigde installaties uit een warmtebroninstallatie waarbij de restwarmte uit het industriële proces via een warmtewisselaar wordt overgedragen aan water wat in het warmtenet gevoed wordt. De ruimtevraag hiervoor is beperkt.

De temperatuur van de leidingen in het (Z)LT warmtenet uit dit alternatief ligt tussen de 50 en 70 °C. Daarom zijn de buisleidingen vergelijkbaar met de buisleidingen voor een MT warmtenet. Deze bestaan uit verschillende leidingen, waarbij altijd een aan- en afvoerleiding naast elkaar worden aangelegd in de bovenste laag van de bodem, de netwerklaag. De verschillende leidingen variëren in formaat van diameter. Voor distributieleidingen en huisaansluitingen worden leidingen met een kleinere diameter gebruikt. De hoofdleidingen van een MT-warmtenet hebben een grotere diameter bestaan doorgaans uit voorgeïsoleerde buizen. Deze zijn speciaal zijn ontworpen om het verlies van warmte te minimaliseren. In de meeste gevallen wordt een stalen buis gebruikt waaromheen isolatie polyurethaan (PUR) schuimisolatie is aangebracht. Aan de buitenzijde wordt de buis beschermd met een polyethyleen (PE) buitenmantel. Binnen de buurt takken er op straatniveau distributieleidingen af van de hoofdtransportleiding. Voor deze distributieleidingen met een kleinere diameter worden ook flexibele kunststof leidingen toegepast.

Aanleg

Voor het aanleggen van een WKO-doublet worden twee boringen uitgevoerd. Hiervoor zijn gespecialiseerde boorinstallaties nodig. Deze moeten zorgvuldig gepositioneerd worden om inferentie te voorkomen. Na het uitvoeren van de boringen wordt een warmtewisselaar geplaatst en pompen geïnstalleerd om grondwater te onttrekken en terug te brengen.

Het aanleggen van een installatie om restwarmte voor het opvangen van restwarmte hangt af van het type restwarmte, de temperatuur van de restwarmte, en het productieproces waaruit het wordt opgevangen.

De aanleg van een warmtenet gebeurt in de regel met een opensleuf aanlegmethode. De ruimte die een sleuf inneemt is afhankelijk van de aanlegdiepte, diameter van de leiding, niveau van het grondwater en de beschikbare ruimte in de grond. De leidingensleuf en werkstraat eromheen zijn gemiddeld circa 10 meter breed, mits dit mogelijk is in de beschikbare ruimte. Als het niet mogelijk is om via een sleuf het warmtenet aan te leggen vanwege ruimtebeperkingen, is een sleufloze aanlegmethode mogelijk. Een sleufloze methode beperkt het bovengrondse grondgebruik in de aanlegfase en er zijn minder transportbewegingen voor aan- en afvoer van grond.[7]

In de buurt-warmtecentrale wordt warmte uit de WKO opgewaardeerd door een elektrische collectieve warmtepomp. De warmtepomp wordt geplaatst in een boven- of ondergrondse technische ruimte. Idealiter wordt deze technische ruimte in de buurt van een middenspanningsstation gerealiseerd of daar in ieder geval direct op aangesloten. Afhankelijk van een bovengrondse of ondergrondse installatie moet de bodem worden ontgraven, waarna de benodigde leidingen moeten worden aangesloten.

Aansluiting woningen en gebouwen

Voor een (Z)LT-warmtenet is isolatie van minimaal schillabel D+ wenselijk, hoe beter geïsoleerd de woning of het gebouw des te efficiënter functioneert het verwarmingssysteem. Het uitgangspunt is dan ook dat buurten in

[7] bron: Rapport Aanleg en gebruik van Warmteleidingen: https://www.warmingup.info/documenten/aanleg-en-gebruik-van-warmteleidingen.pdf

aanmerking komen voor dit alternatief als er een gemiddeld isolatieniveau van D+ en B+ aanwezig is. Dit betekent voor woningen en gebouwen met een lager energielabel dan D+ dat hun isolatie moet worden verbeterd, vernieuwd of vervangen.

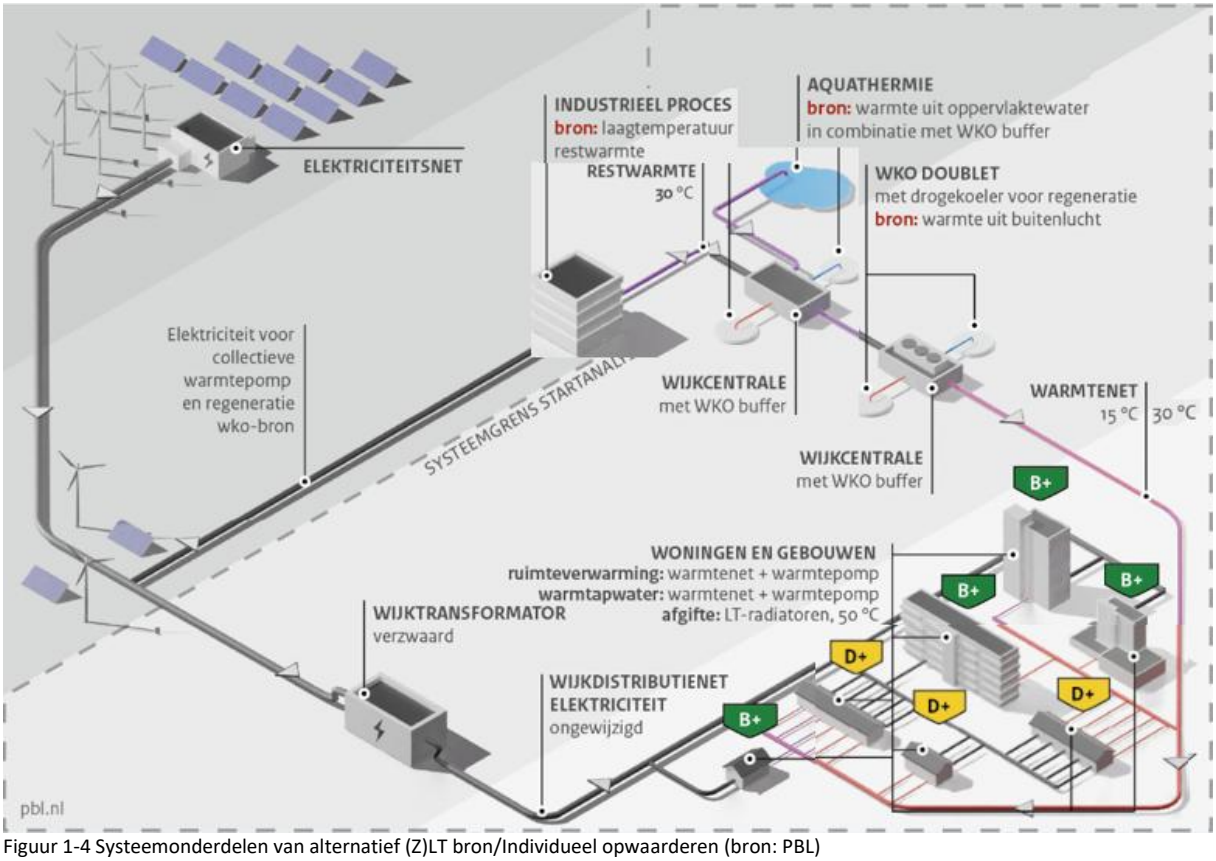
Woningen of gebouwen worden aangesloten met leidingen vanaf het warmtenet naar de woning of het gebouw. Binnenshuis moet een warmtewisselaar geïnstalleerd worden. Dit kan meestal in de meterkast. Omdat de warmte collectief wordt opgewaardeerd tot MT-niveau zijn er geen aanpassingen noodzakelijk voor het warmteafgiftesysteem in de woning. Bij appartementen met een collectieve warmtevoorziening wordt een collectieve warmtewisselaar geïnstalleerd.

Afgiftetemperatuur van het water
De afgiftetemperatuur van het ZLT-warmtenet ligt tussen de 50 en 70 °C.

1.5.4 Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen (S3a, b, e, g)

Bij alternatief (Z)LT bron/Individueel opwaarderen wordt warmte onttrokken uit lage of zeer lage temperatuur (Z)LT duurzame bronnen. Via een warmtenet wordt deze (Z)LT warmte van 15 tot 30 °C naar woningen en gebouwen wordt getransporteerd. Binnen gebouwen of woningen wordt, op individueel niveau, het water met een combiwarmtepomp opgewaardeerd tot het gewenste temperatuurniveau voor ruimteverwarming en warm tapwater. Een (Z)LT warmtenet kan (passief) koelen, waarbij met deze afgevangen warmte de WKO wordt geregenereerd. Daarnaast kan de combiwarmtepomp net als bij een luchtwarmtepomp (actief) koelen waarbij warmte uit het afgiftesysteem wordt onttrokken en aan de buitenlucht wordt afgegeven (omgekeerde verwarmingsproces).

In dit alternatief is geen collectieve piek- of back-upvoorziening aanwezig.



Figuur 1-4 Systeemonderdelen van alternatief (Z)LT bron/Individueel opwaarderen (bron: PBL)

Warmtebron
Bij dit alternatief wordt warmte uit diverse (zeer) lage temperatuur bronnen onttrokken en opgeslagen in een warmte koudeopslag (WKO). De WKO wordt voor de levering aan het (Z)LT warmtenet via een warmtewisselaar

gebruikt als duurzame bron én buffer voor warmte en koude. In de zomer wordt warmte uit gebouwen onttrokken en opgeslagen in een warme bron, terwijl in de winter deze warmte weer wordt opgepompt.

De warmte die gedurende het jaar wordt opgeslagen in een WKO wordt ge(re)genereerd uit lage temperatuurbronnen zoals restwarmte van ventilatiesystemen (datacenters), droogkoelers, restwarmte uit aquathermie of het retourwater van het warmtenet. De WKO zorgt ervoor dat het warmtenet stabiel gevoed kan worden met duurzame warmte van 15 tot 30 °C.

Droogkoelers gebruiken buitenlucht om water af te koelen. De droogkoeler werkt als een water-lucht warmtewisselaar: hij koelt of verwarmt water door het in contact te brengen met de buitenlucht.

Aquathermie is het verwarmen en koelen van woningen en gebouwen met warmte en koude uit oppervlaktewater, afvalwater of drinkwater. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen aquathermie-systemen waarbij gedurende het hele jaar warmte uit het water wordt gehaald en seizoensgebonden systemen waarbij slechts gedurende een bepaalde tijd warmte uit het water onttrokken wordt. Het water uit de bron wordt langs een warmtewisselaar geleid, waar de warmte wordt overgedragen aan het water van de WKO-installatie. Na de warmtewisselaar stroomt het water een paar graden koeler terug naar de bron. Het onttrekken van warmte uit oppervlaktewater (uit plassen, rivieren of kanalen) wordt Thermische Energie uit Oppervlaktewateren (TEO) genoemd. Naast TEO kan er ook gebruikt worden gemaakt van TEA, Thermische Energie uit Afvalwater, bijvoorbeeld uit rioolwater of het effluent van een waterzuiveringsinstallatie, of TED Thermische Energie uit Drinkwater. Voor de gemeente Kaag en Braassem is aquathermie met collectieve opwaardering een uitdaging, omdat de kleine kernen en de verspreide bebouwing onvoldoende warmtevraag genereren om een collectief systeem rendabel te maken. Kleinschalige toepassingen, zoals mini-netten op aquathermie, zijn technisch wel mogelijk, maar vereisen lokaal voldoende vraagconcentratie.

De individuele lucht combiwarmtepomp in de woningen of gebouwen haalt warmte uit de lucht. Deze combiwarmtepomp in een woning werkt efficiënter omdat de inlaattemperatuur van het water uit een (Z)LT-warmtenet hoger is in vergelijking met een luchtwarmtepomp. De warmtepomp hoeft minder energie te gebruiken om het water op te waarderen tot de gewenste temperatuur voor ruimteverwarming of tapwater. Hoe hoger de temperatuur van het (Z)LT warmtenet, hoe lager het elektriciteitsverbruik en daarmee een hogere efficiëntie.

Bij dit alternatief kan in sommige gevallen gebruikgemaakt worden van restwarmte. Bij het (Z)LT bron/Individueel opwaarderen alternatief gaat het om (zeer) lage temperatuur restwarmte, bijvoorbeeld van datacenters.

Ook hier gelden de criteria[8] waaraan restwarmte moet voldoen:

- De restwarmte moet “onvermijdelijk” zijn, wat betekent dat de warmte niet vermeden of binnen het industriële proces hergebruikt kan worden;
- De geproduceerde warmte is een bijproduct in industriële van het industriële proces, het proces heeft dus niet tot doel om in restwarmte te voorzien;
- De geproduceerde warmte is het restproduct van een industrieel proces, de dienstensector of bijproduct de elektriciteitsproductie;
- Deze restwarmte zou anders ongebruikt terecht zou komen in lucht of water;

Geschikte productieprocessen voor restwarmte zijn bijvoorbeeld energieopwekking, afvalverwerkingsinstallaties of chemische processen waarbij veel warmte vrijkomt. Of restwarmte geschikt is om als duurzame warmtebron te dienen hangt af van een drietal factoren:

1. Temperatuur van de restwarmte. Allereerst speelt de temperatuur van de restwarmte een grote rol. Hoe hoger de temperatuur is, des te geschikter de warmte is om direct in te zetten in een MT warmtenet. Warmte van bijvoorbeeld 90 of 100 °C kan vaak zonder aanvullende technieken zoals warmtepompen worden gebruikt voor het verwarmen van woningen en tapwater.
2. Afstand tot afnemers. De tweede factor is de afstand tussen de warmtebron en de woningen of gebouwen die verwarmd moeten worden. Warmte verliest onderweg energie en dat verlies is groter naarmate de temperatuur hoger is en de afstand langer. Daarom is het gunstig als de bron dicht bij de afnemers ligt. Toch kan een restwarmtebron met een zeer hoge temperatuur dit nadeel deels

[8] bron: Leidraad betreffende de verwarmings- en koelingsaspecten ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=OJ:C_202502238

compenseren: hoe hoger de temperatuur, hoe verder de warmte kan worden getransporteerd zonder dat het verlies onacceptabel wordt. Er is dus een wisselwerking tussen temperatuur en afstand.

3. Leveringszekerheid. Tot slot is de leveringszekerheid van restwarmte van groot belang. Omdat restwarmte een bijproduct van industriële processen is, betekent dat de beschikbaarheid ervan afhankelijk is van de bedrijfsvoering van het betreffende bedrijf. Als een fabriek bijvoorbeeld in de winter (deels) stilligt voor bijvoorbeeld onderhoud, is er geen warmte beschikbaar op het moment dat de vraag het hoogst is. Daarnaast moet ook gekeken worden naar de lange termijn: als het bedrijf over tien of vijftien jaar stopt of verhuist, valt de warmtebron weg. Dat brengt risico's met zich mee voor de continuïteit van het warmtenet en de investeringen die daarvoor gedaan zijn. Daarom is het belangrijk om afspraken te maken over de duur en betrouwbaarheid van de levering, en om eventueel alternatieve bronnen achter de hand te houden.

Netverzwaring

De warmtewisselaars bij de WKO's, de aquathermieinstallatie en het industrieelproces met restwarmte hebben een elektriciteitsaansluiting nodig. Alhoewel afhankelijk van de lokale situatie hoeft het elektriciteitsnet hiervoor niet of slechts beperkt verzwaard te worden.

Voor de grootschalige inzet van individuele luchtwarmtepompen is in de meeste buurten extra versterking van het elektriciteitssysteem nodig op laagspanningsniveau, boven op de versterking die al nodig is voor elektrisch vervoer, zon-PV en elektrisch koken. De netverzwaring uit zich in meer transformatorhuisjes, elektriciteitskabels en verzwaringen op middenspanningsniveau.

Doordat het (Z)LT warmtenet woningen en gebouwen voorziet van water met een constante temperatuur van 15 tot 30 °C is er een lagere piekvraag bij verwarmen.

Installatie en ruimtevraag

Een WKO bestaat uit twee boringen (een doublet) die maximaal 150 meter diep zijn (één warmte- en één koude put). Grondwater wordt uit de ene put naar boven gepompt en door een warmtewisselaar geleid. Daarna wordt het grondwater in de andere put teruggepompt. Bovengronds zorgen elektrische pompen voor het transport van grondwater naar een warmtewisselaar. Met een doublet kunnen 100 tot 150 WEQs (één WEQ is de gemiddelde warmtevraag per woning) voorzien worden in hun warmte- en koudevraag. Het ruimtebeslag van een WKO-doublet is hoofdzakelijk ondergronds, waarbij met name de thermische invloedsfeer van een WKO-doublet van belang is, deze heeft een doorsnede van ca. 40 meter per bron. Bovengronds wordt de bron afgewerkt met een putdeksel.

De grootte van een droge koeler varieert, afhankelijk van hoeveel koude (of warmte) aan de bodem moet worden toegevoegd om de energetische balans te behouden. De drogekoeler bevindt zich doorgaans op het dak van een warmtecentrale die zich in de wijk bevindt.

Voor het onttrekken van warmte uit restwarmte bestaan de benodigde installaties uit een warmtebroninstallatie waarbij de restwarmte uit het industriële proces via een warmtewisselaar wordt overgedragen aan water wat in het warmtenet gevoed wordt. De ruimtevraag hiervoor is beperkt.

De temperatuur van de leidingen in het (Z)LT warmtenet ligt tussen de 15 tot 30 °C, waardoor de eisen waardoor vaak flexibele kunststof leidingen kunnen worden toegepast. Deze leidingen zijn gemakkelijker te installeren en goedkoper in materiaal en aanleg. Omdat het temperatuurverschil met de omgeving kleiner is, is de isolatie minder kritisch, en kunnen de leidingen vaak ondieper en eenvoudiger worden aangelegd.

Bij aquathermie-installaties wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende bronnen. Bij TEO wordt een inlaatconstructie in het oppervlaktewater zoals een rivier, kanaal of vijver geplaatst, waarmee oppervlaktewater wordt opgevangen en via pompen naar een warmtewisselaar van de WKO wordt geleid. Wanneer het oppervlaktewater verder van de buurt ligt, zijn langere leidingen nodig om het water van en naar de buurt of WKO te transporteren. TEA maakt gebruik van warmte uit afvalwater. De installatie bestaat uit een warmtewisselaar die in of nabij het rioolstelsel wordt geplaatst, een pompinstallatie en leidingen naar een WKO of warmtenet. De aanleg is technisch complexer vanwege de hygiënische eisen en toegang tot het riool, maar het systeem is compact en goed inpasbaar in stedelijke gebieden. Daarnaast is het een betrouwbare bron omdat afvalwater een constante temperatuur heeft het gehele jaar door. TED onttrekt warmte uit drinkwaterleidingen

of ruwwaterleidingen. Dit vereist een zorgvuldige inpassing vanwege de strenge eisen aan waterkwaliteit en veiligheid. De installatie bestaat uit een warmtewisselaar die indirect warmte onttrekt zonder het drinkwater zelf te beïnvloeden. Het ruimtegebruik is beperkt, maar de aanleg vraagt afstemming met drinkwaterbedrijven en is vaak alleen mogelijk bij grotere leidingen of pompstations. Het ruimtebeslag van alle drie de aquathermie-installaties is beperkt, waarbij het ruimtebeslag van TEO relatief het grootst is.

In voorliggend mer-beoordeling met name ingegaan op TEO, omdat de potentie van TEA en TED over het algemeen (te) laag is om te gebruiken als duurzame bron.

Aanleg
Voor het aanleggen van een WKO-doublet worden twee boringen uitgevoerd. Hiervoor zijn gespecialiseerde boorinstallaties nodig. Deze moeten zorgvuldig gepositioneerd worden om inferentie te voorkomen. Na het uitvoeren van de boringen wordt een warmtewisselaar geplaatst en pompen geïnstalleerd om grondwater te onttrekken en terug te brengen.

Bij de aanleg van de technische installatie voor aquathermie bestaat voor TEO uit een innameconstructie aan het oppervlaktewater, de installatie van de warmtewisselaar en het aanleggen van leidingen. Tijdens de aanleg is er tijdelijk ruimte nodig aan de waterkant voor graafwerkzaamheden. Voor TEA en TED gaat het om leidingen en de aanleg van de warmtewisselaar. (Zwaar) verkeer voor de aan- en afvoer van materialen is daarbij nodig.

Het gebruik van flexibele kunststof leidingen maakt de aanleg van een (Z)LT-warmtenetten minder invasief in vergelijking met een MT warmtenet. De leidingen zijn lichter, makkelijker te hanteren en kunnen op rol worden aangeleverd. Daardoor kunnen ze sneller en eenvoudiger in ondiepe sleuven worden gelegd, vaak met sleufloze technieken zoals gestuurde boring of persboring, wat de impact op de openbare ruimte beperkt. Ook is de isolatie minder dik, omdat het temperatuurverschil met de omgeving kleiner is, wat de diameter van de leidingen en dus de benodigde ruimte verkleint.

Het aanleggen van een installatie om restwarmte voor het opvangen van restwarmte hangt af van het type restwarmte, de temperatuur van de restwarmte, en het productieproces waaruit het wordt opgevangen.

Aansluiting woningen en gebouwen
Voor een (Z)LT-warmtenet is isolatie van minimaal schillabel B+ wenselijk, al is er ook een variant waarbij is gerekend met isolatieniveau D+. Hoe beter de woning of het gebouw geïsoleerd is des te efficiënter functioneert het verwarmingssysteem, wat betekent dat er minder elektriciteit nodig is voor het opwaarderen van de temperatuur. Bij dit alternatief moeten woningen en gebouwen met een lager energielabel dan D+ hun isolatie verbeteren, vernieuwen of vervangen.

Woningen of gebouwen worden aangesloten met leidingen vanaf het (Z)LT warmtenet naar de woning of het gebouw. Binnenshuis moet een warmtewisselaar geïnstalleerd worden. Dit kan meestal in de meterkast. Daarnaast wordt er een individuele (combi)warmtepomp geplaatst die het water uit het (Z)LT-warmtenet opwaardeert voor ruimteverwarming en warm tapwater. Voor warm tapwater is meestal een buffervat of boiler nodig, omdat de warmtepomp het water niet direct op hoge temperatuur kan leveren.

Afgiftetemperatuur van het water
De afgiftetemperatuur van het ZLT-warmtenet ligt tussen de 15 en 30 °C. Deze wordt in dit alternatief opgewaardeerd tot 50°C.

1.6 Buurttypen

De dorpen in de gemeente zijn onderverdeeld in buurttypen. Een buurttype wordt bepaald aan de hand van verschillende eigenschappen en kenmerken van een buurt. Zo wordt er onder andere gekeken naar de hoogte van gebouwen, straatbreedte en het percentage groen.

Zoals in 1.4 kort is toegelicht worden de generieke beoordelingen per alternatief bijgesteld aan de hand van het onderscheid in kenmerken tussen buurttypen. In bijlage 1 is uitgelegd wat een buurttype is, welke buurttypen in Nederland voorkomen en op welke kenmerken de buurttypen van elkaar verschillen.

Voor gemeente Kaag en Braassem zijn de volgende buurttypen van toepassing:

- **Bloemkoolwijk**

Bloemkoolwijken zijn gebouwd tussen 1970 en 1990, en bestaan uit eengezinswoningen in strokenbouw of open bouwblokken. Strokenbouw zijn rijen van gebouwen ten opzichte van een straat of dijk. Het wegnetwerk van bloemkoolwijken is een unieke karakteristiek. Het wordt gekenmerkt door veel bochten en lussen, waar andere buurten meer kruisingen en rechte straten hebben. Ook is de grote hoeveelheid van groen direct aan woonerven uniek, woningen hebben een voor- en achtertuin. Bij de aanleg van bloemkoolwijken is bewust met groen omgegaan als middel voor woonkwaliteit. Hier tegenover staat dat er weinig rekening gehouden is met de auto. Bloemkoolwijken liggen vaak wat verder weg van centrumvoorzieningen, waardoor menig inwoners een of twee auto's heeft. Als gevolg is er een hoge parkeerdruk in de meeste bloemkoolwijken. De hoofdfunctie van bloemkoolwijken is wonen.

- **Buitenstedelijk gebied**

Buitenstedelijke gebieden bestaat uit verspreide bebouwing en ligt vaak omringd door groen en landbouw. Het buitenstedelijke gebied heeft organische gevormde straten waarlangs woningen liggen van twee tot drie lagen hoog. Woningen hebben vaak kleine of geen voortuinen maar wel achtertuinen met privé groen. Regelmatig wordt wonen gecombineerd met bedrijvigheid, bijvoorbeeld een boerderij of woning met winkel.

- **Vooroorlogse woonwijk**

Een vooroorlogse woonwijk bestaat uit een mix van bebouwing, vooral van voor 1945. Vooroorlogse woonwijken bestaan uit historische boerderijen en kerk- of handelsgebouwen, waartussen de ruimte is gevuld met woningen in de loop van de jaren. Gebouwen variëren, van strokenbouw, vrijstaande woningen tot twee-onder-een-kapwoningen voor gezinnen. Openbaar groen en openbare ruimte varieert tussen vooroorlogse woonwijken sterk.

- **Villawijk**

Villawijken zijn ruim opgezette buurten met grote, vrijstaande woningen omringt door groen. Door de verspreide opzet van villawijken is de ventilatie goed. Groen, zoals bomen, is vaak aanwezig op privéterrein of bestaat uit monumentaal groen. Deze buurten liggen meestal buiten het stad- of dorpscentrum. Naast een woonfunctie kunnen gebouwen ook gebruikt worden als kantoor of praktijkruimte.

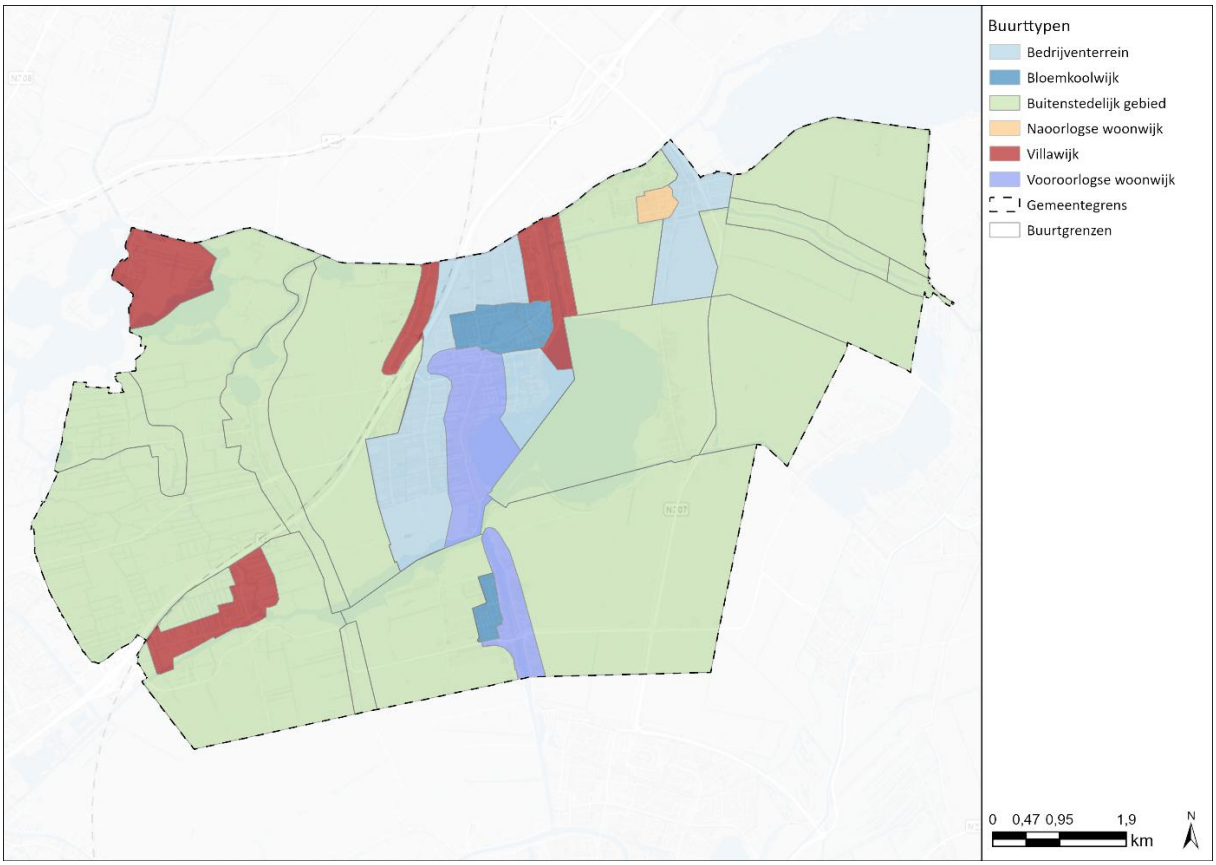
- **Bedrijventerrein**

Bedrijventerreinen liggen vaak aan de rand van steden of dorpen en hebben als functie de huisvestiging van bedrijven. De ligging is meestal op logistieke aantrekkelijke punten, bijvoorbeeld langs snelwegen of waterwegen. Op bedrijventerreinen is er vaak weinig ruimte voor groen gereserveerd en is er veel verharding.

- **Naoorlogse woonwijk**

Naoorlogse woonwijken bestaan uit eengezinswoningen van twee tot drie verdiepingen hoog die gebouwd zijn sinds 1945. De straten in dit type buurten zijn relatief breed, met veel verharding voor parkeerruimte langs de wegen. De meeste woningen zijn rijtjeswoningen of twee-onder-een-kapwoningen met voor- en achtertuin. In de openbare ruimte is er weinig ruimte voor groen, hiervoor is tijdens de aanleg van deze buurten weinig ruimte gecreëerd.

Onderstaande figuur geeft de geografische verdeling van de buurttypen binnen de gemeente weer. In de bijlage zijn deze buurttypen en daarbij horende kenmerken verder toegelicht.



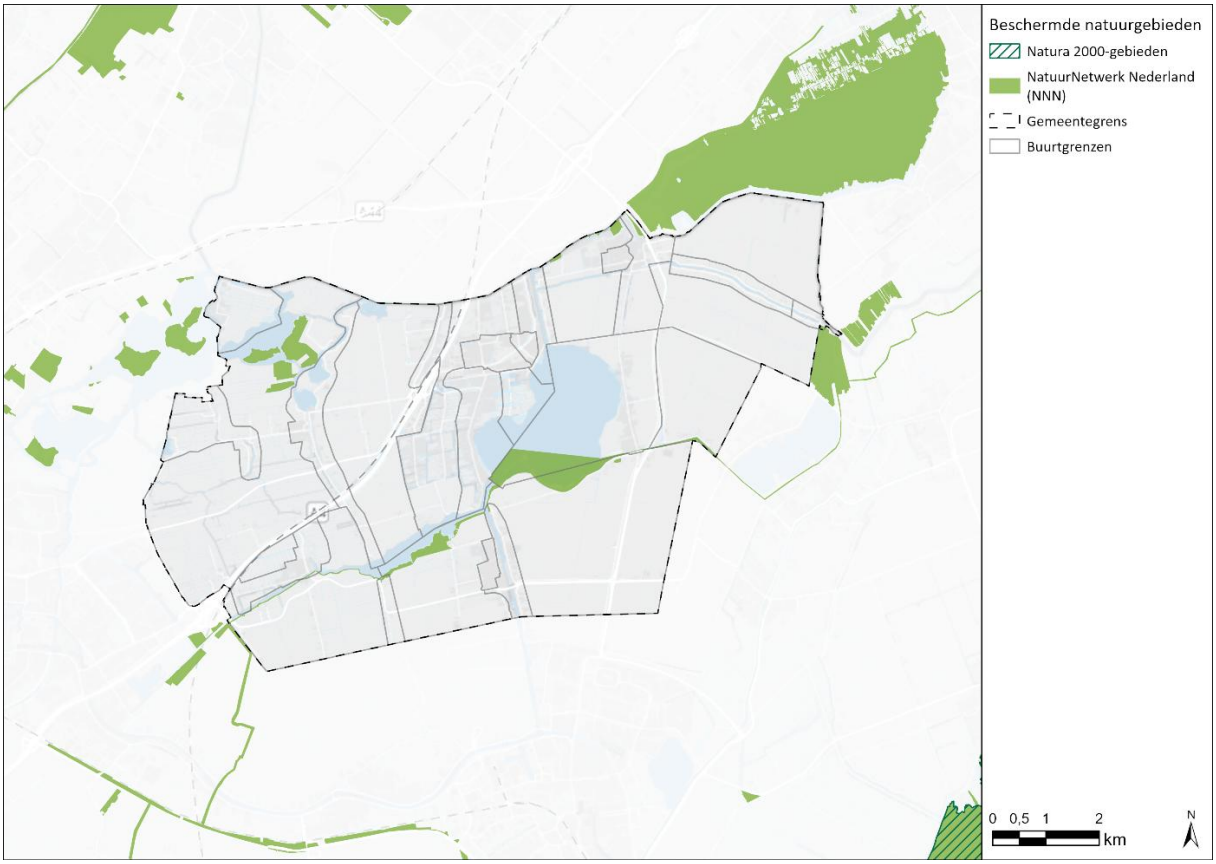
Figuur 1-5 Buurttypen gemeente Kaag en Braassem

1.7 Gevoelige gebieden

Natura 2000 & NNN-gebieden

Nederland kent twee soorten beschermde natuurgebieden: Natura 2000-gebieden en Natuurnetwerk Nederland (NNN) gebieden. Deze gebieden zijn verschillend in de mate waarop deze beschermd worden. Natura 2000-gebieden worden op Europees niveau beschermd via de Habitat- en Vogelrichtlijn met als doel de kwaliteit van deze gebieden in stand te houden of te verbeteren. Hierdoor is men zeer beperkt in het soort activiteiten dat in en rondom deze gebieden mag plaatsvinden. In de gemeente Kaag en Braassem zijn geen Natura 2000-gebieden gelegen. Er liggen wel verschillende gebieden in de omgeving van de gemeente. Zo ligt 4 kilometer ten zuiden van de gemeente Natura 2000-gebied De Wilck, 6 kilometer ten oosten van de gemeente Natura 2000-gebied Nieuwkoopse Plassen en de Haeck en 9 kilometer ten westen van de gemeente Meijendel en Berkheide.

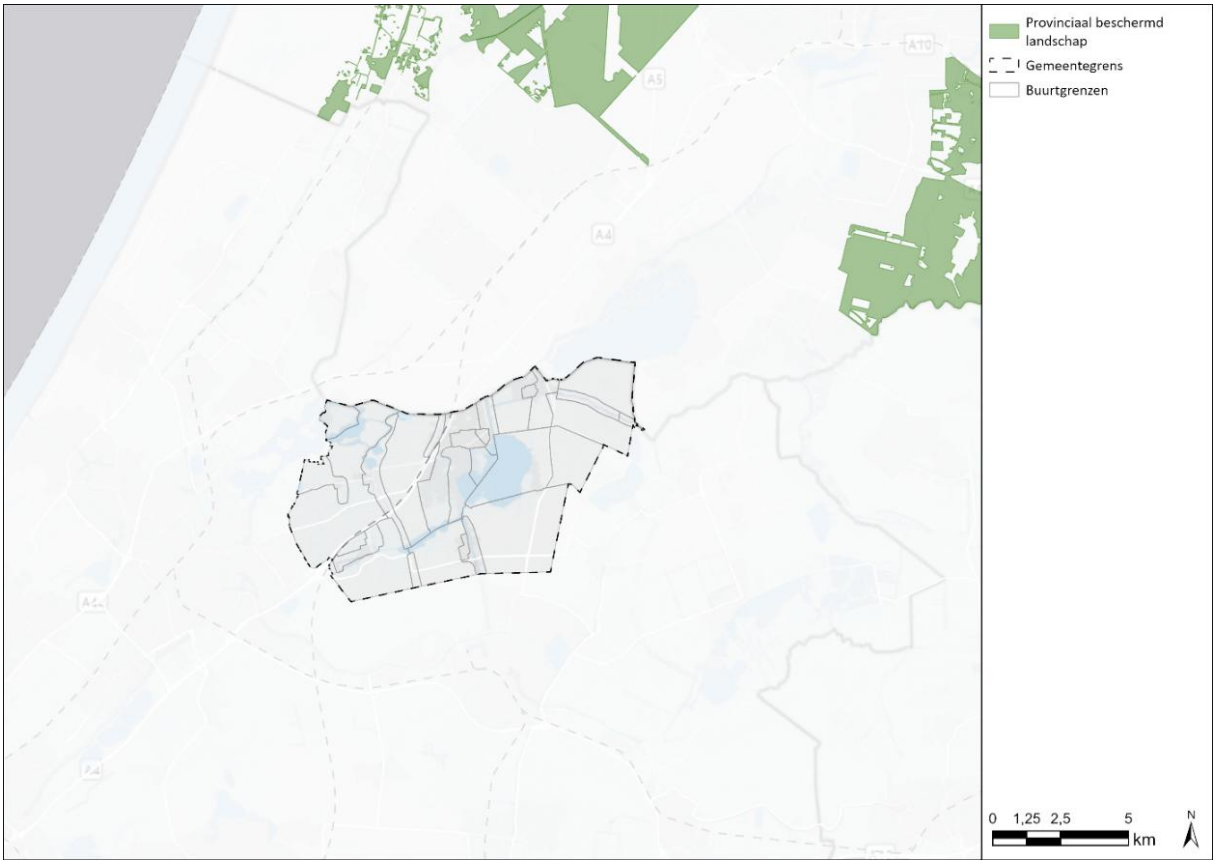
Het Natuurnetwerk Nederland is een stelsel van ecologisch hoogwaardige natuurgebieden, dat als doel heeft de biodiversiteit te versterken door natuurgebieden met elkaar te verbinden. Door de aanleg van nieuwe verbindingen, wordt voorkomen dat natuurgebieden geïsoleerd raken, zodat plant- en diersoorten zich makkelijker kunnen verspreiden over Nederland. Plannen en projecten mogen in principe niet plaatsvinden in NNN-gebied als deze een negatief effect hebben op de natuurlijke waarden van het gebied, tenzij er sprake is van een zwaarwegend belang waarvoor geen alternatief is. NNN-gebieden zijn weergegeven in onderstaande figuur. In de gemeente liggen verschillende gebieden die onderdeel zijn van het NNN, zoals een deel van het Braassemermeer; het gebied rond Sever, en delen van de Oever van de Wijde Aa.



Figuur 1-6 Natuurnetwerk Nederland (NNN) en Natura 2000-gebieden

Provinciaal beschermd landschap

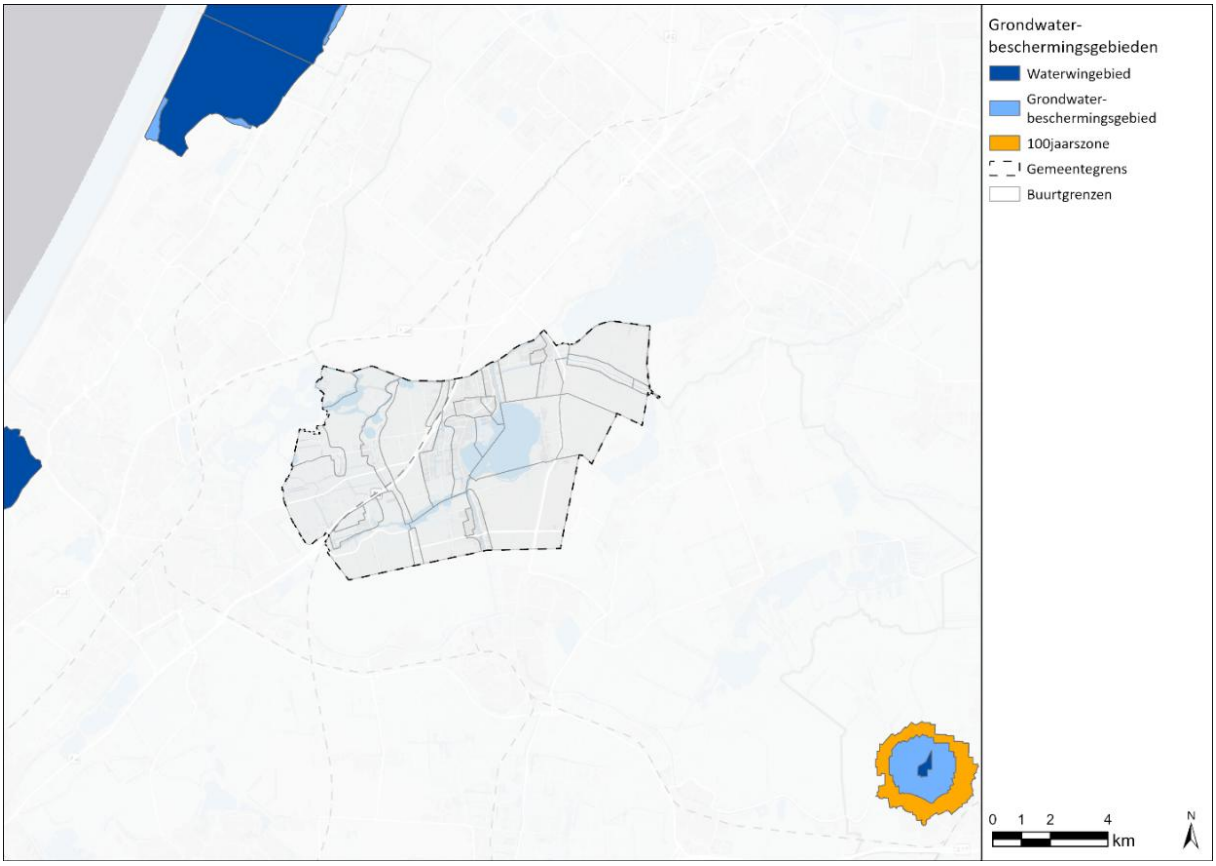
Deze kaart toont de provinciaal beschermde landschappen. Dit zijn gebieden die door de provincie zijn aangewezen vanwege hun bijzondere landschappelijke waarden, en waarvoor een beschermingsregime geldt. Binnen de gemeente Kaag en Braassem komen geen provinciaal beschermde landschappen voor.



Figuur 1-7 Beschermde landschappen

Grondwaterbeschermingsgebieden

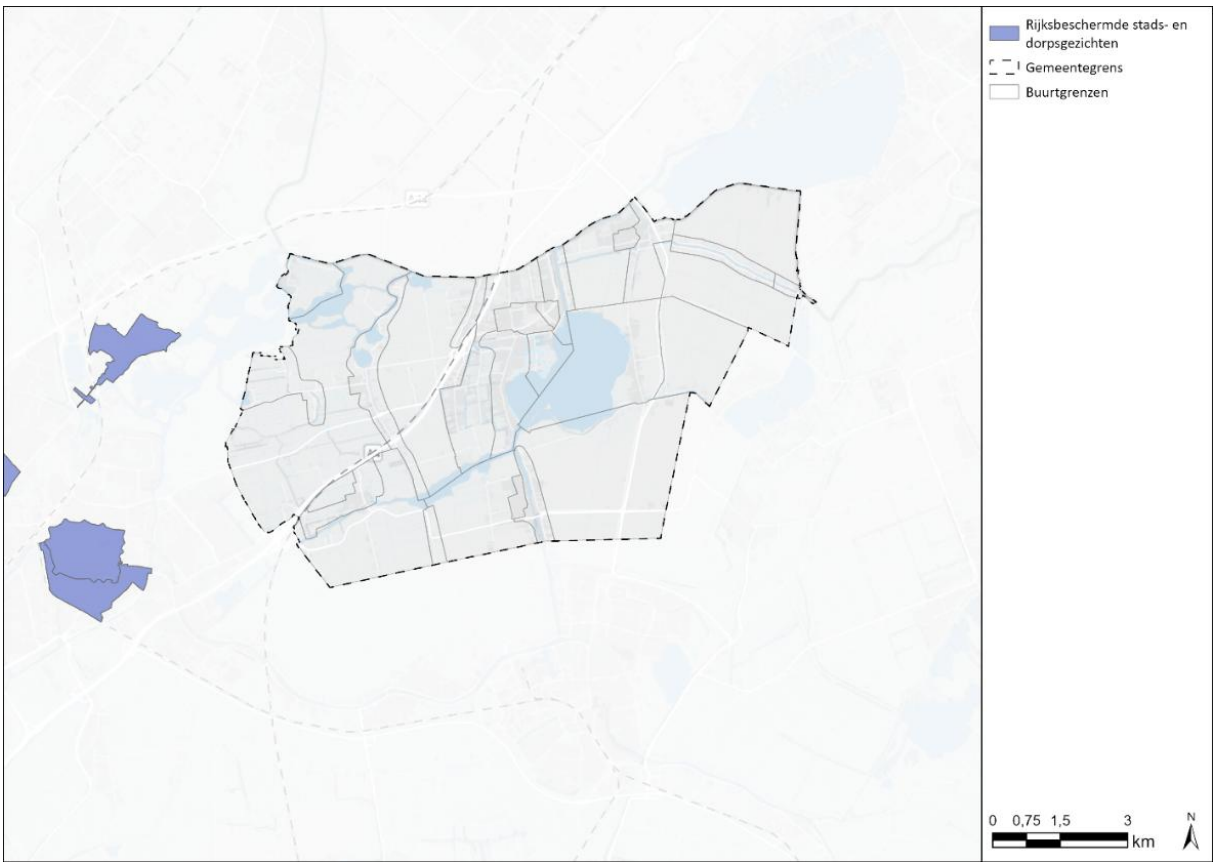
Op deze kaart zijn de grondwaterbeschermingsgebieden weergegeven. Dit zijn zones waar extra regels gelden ter bescherming van de kwaliteit van het grondwater. Binnen de gemeente Kaag en Braassem zijn geen grondwaterbeschermingsgebieden aanwezig. Het dichtstbijzijnde grondwaterbeschermingsgebied ligt op circa 10 kilometer afstand.



Figuur 1-8 Grondwaterbeschermingsgebieden

Beschermde stads- en dorpsgezichten

Deze kaart geeft de beschermde stads- en dorpsgezichten weer. Dit zijn gebieden met een bijzonder historisch en ruimtelijk karakter dat beschermd wordt. Binnen de gemeente Kaag en Braassem zijn geen beschermde stads- of dorpsgezichten aangewezen. Het dichtstbijzijnde beschermde stads- of dorpsgezicht ligt op circa 3 kilometer afstand.



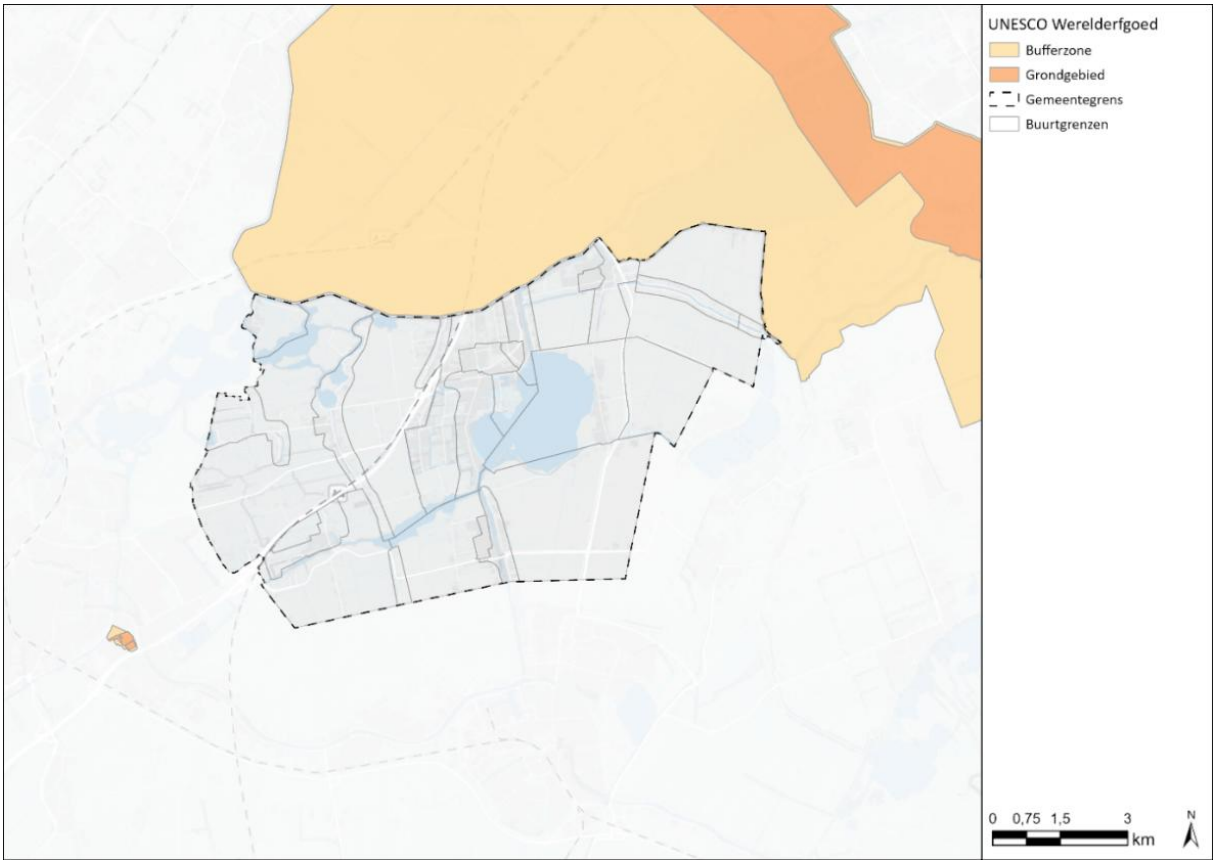
Figuur 1-9 Beschermde stads- en dorpsgezichten

UNESCO werelderfgoed

Op deze kaart zijn de UNESCO-werelderfgoederen weergegeven: locaties met een uitzonderlijke universele waarde die internationaal erkend en beschermd worden. Binnen de gemeente Kaag en Braassem liggen geen UNESCO-werelderfgoederen. Ten noorden van de gemeente ligt echter wel de bufferzone van de UNESCO-werelderfgoedsite Hollandse Waterlinies. Dit erfgoedgebied, waartoe ook de voormalige Stelling van Amsterdam en de Nieuwe Hollandse Waterlinie behoren, vormt samen één samenhangend militair verdedigingssysteem.

De Hollandse Waterlinies bestaan uit een aaneengesloten stelsel van polders, waterwerken, forten en militaire posten dat tussen 1814 en 1940 is ontwikkeld. Door gebieden gecontroleerd onder water te zetten, kon het Nederlandse landschap worden ingezet als verdedigingsmiddel. Het systeem strekt zich uit van het IJsselmeer bij Muiden tot de Biesbosch bij Werkendam. In totaal omvat het onder andere circa 96 forten, meerdere vestingen en kastelen, waaronder het belangrijke Fort Pannerden.

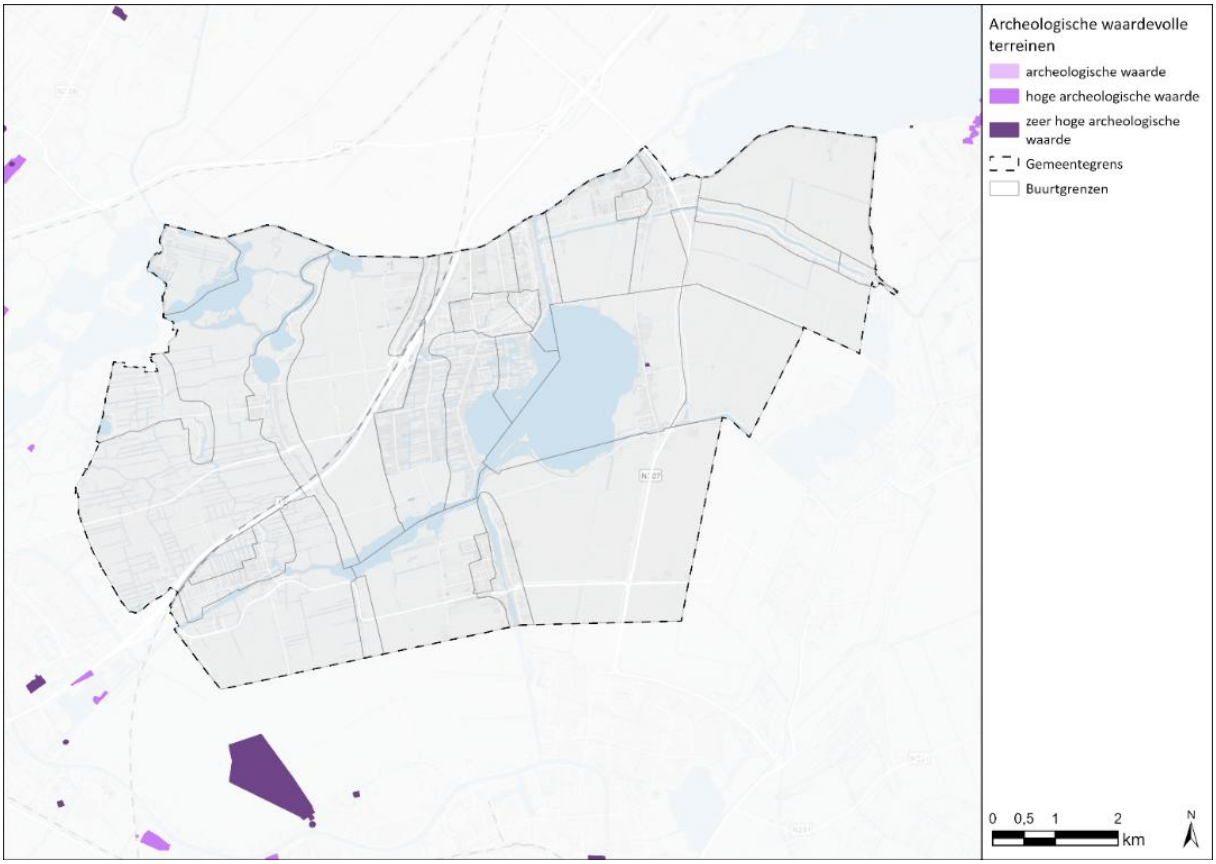
Omdat de bufferzone direct grenst aan de gemeente, kunnen er mogelijk grensoverschrijdende effecten optreden, bijvoorbeeld op het gebied van landschap, ruimtelijke ontwikkelingen en erfgoedbeleving.



Figuur 1-10 UNESCO werelderfgoed

Archeologie

Deze kaart toont de Archeologische Monumentenkaart (AMK) met terreinen van archeologische waarde. Dit zijn locaties waar belangrijke archeologische resten aanwezig of te verwachten zijn. Binnen de gemeente Kaag en Braassem is slechts één klein AMK-terreinen aangewezen, in Rijnsaterwoude.



Figuur 1-11 Archeologisch waardevolle terreinen (AMK)

De gemeente beschikt daarnaast over een eigen *Beleidsplan Archeologie*. Hierin zijn onder andere de historische kernen, ontginningsassen en archeologische verwachtingswaarden in kaart gebracht.



Gemeente Kaag en Braassem - Beleidsplan archeologie

Archeologische beleidskaart

Legenda Beleid

	Doelstelling voor behoud	Voorwaarde voor behoud	Indien niet aan voorwaarde wordt voldaan
AMK-terrein	Behoud in huidige staat	Geen bodemingrepen groter dan 50 m² en dieper dan 30 cm onder maaiveld	Bij planvorming en voorafgaand aan vergunningverlening vroegtijdig archeologisch onderzoek laten uitvoeren en streven naar inpassing van terreinen met archeologische waarden
Historische kernen	Behoud in huidige staat van eventuele resten	Geen bodemingrepen groter dan 150 m² en dieper dan 30 cm onder maaiveld	Bij planvorming en voorafgaand aan vergunningverlening vroegtijdig archeologisch onderzoek laten uitvoeren en streven naar inpassing van terreinen met archeologische waarden
Ontginningsassen	Behoud in huidige staat van eventuele resten	Geen bodemingrepen groter dan 150 m² en dieper dan 30 cm onder maaiveld	Bij planvorming en voorafgaand aan vergunningverlening vroegtijdig archeologisch onderzoek laten uitvoeren en streven naar inpassing van terreinen met archeologische waarden
Hoge verwachting	Behoud in huidige staat van eventuele resten	Geen bodemingrepen groter dan 500 m² en dieper dan 30 cm onder maaiveld	Bij planvorming en voorafgaand aan vergunningverlening vroegtijdig archeologisch onderzoek laten uitvoeren en streven naar inpassing van terreinen met archeologische waarden
Middelhoge verwachting	Behoud in huidige staat van eventuele resten	Geen bodemingrepen groter dan 2.500 m² en dieper dan 30 cm onder maaiveld	Bij planvorming en voorafgaand aan vergunningverlening vroegtijdig archeologisch onderzoek laten uitvoeren en streven naar inpassing van terreinen met archeologische waarden
Lage verwachting	Geen	Geen	

Figuur 1-12 Beleidsplan archeologie gemeente Kaag en Braassem

1.8 Leeswijzer

In deze aanmeldnotitie plan-mer-beoordeling zijn de te verwachte effecten van de alternatieven voor het aardgasvrij verwarmen van woningen en gebouwen in de gemeente Kaag en Braassem beschreven. Hierbij is bepaald of sprake is van aanzienlijke milieueffecten die het doorlopen van een mer-procedure noodzakelijk maken.

Deze notitie is als volgt opgebouwd:

- In hoofdstuk 1 is de aanleiding en het doel van het warmteprogramma en deze aanmeldnotitie opgenomen. Verder is ingegaan op de methodiek van de plan-mer-beoordeling, de alternatieven die onderzocht worden voor het aardgasvrij verwarmen van woningen en gebouwen en zijn de buurttypen toegelicht. Tot slot is ingegaan op gevoelige gebieden;
- In hoofdstuk 2 zijn de kenmerken van de potentiële milieueffecten opgenomen. In dit hoofdstuk is enerzijds ingegaan op de generieke milieueffecten van de alternatieven. Daarnaast is ingegaan op locatiespecifieke kenmerken;
- In hoofdstuk 3 is de conclusie opgenomen of sprake is van aanzienlijke milieueffecten die het doorlopen van een plan-mer-procedure noodzakelijk maken.

2. Kenmerken van de potentiële milieueffecten

In paragraaf 1.5 zijn de diverse alternatieven naar aardgasvrij beschreven. Voor deze alternatieven is in beeld gebracht welke potentiële milieueffecten optreden tijdens de aanleg- en gebruiksfase voor de verschillende thema's die zijn opgenomen in
Tabel 1.2. In dit hoofdstuk is allereerst per thema het beoordelingskader beschreven. Vervolgens is per onderzoeksaspect en per alternatief inzicht gegeven in de milieueffecten op gemeentelijk niveau. Daarna zijn de algemene milieueffecten gekoppeld aan een specifiek buurttype en is (indien relevant) ingegaan op de locatiespecifieke effecten. Tot slot is per onderzoeksaspect geconcludeerd of aanzienlijke milieugevolgen kunnen worden uitgesloten.

Op basis van ervaring zijn de thema's elektromagnetische straling, hittestress, luchtkwaliteit, omgevingsveiligheid, drinkwater, oppervlaktewater en verkeer niet nader uitgewerkt in het beoordelingskader. Dit zijn thema's die bij de implementatie van het warmteprogramma niet van wezenlijke invloed zijn op de vraag of er een plan-mer-procedure doorlopen moet worden. In paragraaf 2.5 is dit beknopt onderbouwd.

2.1 Geluid en trillingen

In deze paragraaf zijn de effecten met betrekking tot het thema geluid en trillingen beschreven. Hierbij zijn de geluidhinder en de mate van trillingen maatgevend. Effecten voor geluid kunnen zowel in de aanleg- als gebruiksfase optreden. Effecten voor trillingen kunnen alleen in de aanlegfase optreden.

Tabel 2.1 Beoordelingskader geluid en trillingen

Thema	Aspect	Indicator	Aanleg- en/of gebruiksfase
Geluid en trillingen	Geluidhinder	Toename geluidsbelasting	Aanleg- en gebruiksfase
	Trillingen	Hinder door trillingen bij de aanleg	Aanlegfase

2.1.1 Effectbeschrijving geluidhinder

Wanneer trillingen in de lucht optreden wordt dit door mensen waargenomen als geluid. De sterkte van geluid wordt uitgedrukt in decibel (dB) en de toonhoogte van het geluid wordt in Herz (Hz) uitgedrukt. De meeste mensen kunnen geluid waarnemen met een frequentie tussen de 20 en 20.000 Hertz (Hz). Hoe hoger de frequentie hoe hoger de toonhoogte. Om te bepalen of mensen mogelijk overlast ervaren van geluidsbronnen wordt vaak gerekend met L_{den} (Level day-evening-night). Dit is de maat voor gemiddelde geluidsbelasting in decibel per etmaal, waarbij geluid in de avond en nacht zwaarder meegerekend wordt. Dit wordt gedaan omdat tijdens deze tijden mensen sneller overlast ervaren vanwege geluid. Het geluid wordt hierbij 'gecorrigeerd' voor het menselijk gehoor. Dit wordt uitgedrukt in dB(A).

Gedurende de aanleg van onderdelen van een van de alternatieven en tijdens de gebruiksfase komt geluid vrij. Dit geluid kan tot geluidhinder leiden. Dit vrijkomen van geluid wordt ook emissie van geluid genoemd.

Cumulatief geluidsbelastingniveau
Het cumulatief geluidsbelastingniveau is het totale geluidsniveau dat wordt berekend door de geluidsniveaus van verschillende bronnen en gebeurtenissen over een bepaalde periode samen te voegen. Wanneer er meerdere geluidsbronnen zijn neemt het cumulatieve geluidsniveau op een logaritmische schaal toe. Dit betekent dat het plaatsen van meerdere geluidsbronnen in elkaars nabijheid mogelijk minder geluidsoverlast creëert dan op basis van de som van het optellen van de geluidsbronnen verwacht kan worden. Het toevoegen van een geluidsbron in een luide omgeving kan daardoor minder invloed hebben op de totale geluidservaring, dan dezelfde geluidsbron in een stillere omgeving. In een drukke buurt centraal in de stad zal het geluid van bijvoorbeeld de buitenunit van een luchtwarmtepomp een minder grote toename van het cumulatieve geluidsbelastingniveau opleveren.

Subjectieve geluidservaring
De subjectieve geluidservaring verwijst naar hoe een individu geluid waarneemt en ervaart, wat sterk kan variëren door persoonlijke gevoeligheid, context, emotionele toestand en verwachtingen. In een drukke buurt centraal in

de stad zullen bewoners door de bestaande geluidsbronnen, zoals verkeer, de toevoeging van een extra geluidsbron als minder overlast gevend ervaren. Bij de bewoners van een rustige buitenwijk kan dezelfde warmtepomp juist sneller voor persoonlijke ergernissen of overlast zorgen omdat de subjectieve geluidsbeleving verschilt.

De geluidsbelasting rondom drukke verkeersaders en spoorwegen is al hoog, zoals in Figuur 2-2 en Figuur 2-3 weergegeven. Voor bewoners in oranje tot donkerrode zones zal de subjectieve geluidservaring anders zijn dan die van bewoners in een zijstraat waarbij het geluidsniveau in de referentiesituatie lager is. Er is nog weinig onderzoek gedaan naar de subjectieve geluidsbeleving, waardoor de mate van hinder niet bekend is. Er kan gesteld worden dat hinder toeneemt bij hogere geluidsbelasting, de analyses in dit plan-MER richten zich daarom objectief op geluidbelasting.

Tonaal geluid

Een andere vorm van geluid die voor overlast kan zorgen is tonaal geluid. Tonaal geluid is een constante zelfde toon. Tonaal geluid is van belang omdat het vaak meer opvalt en als storender wordt ervaren dan niet-tonaal geluid. Dit komt doordat het menselijk oor gevoeliger is voor regelmatige patronen en frequenties. De meeste geluidsbronnen zullen tonen creëren die verspreid zijn over het frequentiespectrum. Tonaal geluid is vaak een erg specifieke frequentie. Dit valt op en kan als storend ervaren worden.

Systeemonderdelen uit de alternatieven, zoals transformatorhuisje, warmteoverdrachtstations en warmtebuffers kunnen tonaal geluid produceren. Bij transformatorhuisjes veroorzaakt de transformator vaak een tonaal geluid in de vorm van een hoorbare bromtoon, meestal rond de frequentie van 50 of 60 Hz, afhankelijk van de netfrequentie. Warmteoverdrachtstations en warmtebuffers bevatten vaak apparatuur zoals pompen, ventilatoren en warmtewisselaars. Als deze onderdelen een constante frequentie hebben, kan dit resulteren in tonaal geluid. Dit tonaal geluid kan vooral merkbaar zijn in stille omgevingen of 's nachts. Om geluidsoverlast te minimaliseren, kunnen maatregelen zoals geluidsisolatie, onderhoud van apparatuur en optimalisatie van de installatie worden genomen.

Laagfrequent geluid

Laagfrequent geluid (LFG) is geluid met een frequentie tussen de 20 en 125 Hz. De meeste mensen kunnen geluid tussen de 20 en 20.000 Hz horen. LFG dempt minder uit op grotere afstanden dan hogere tonen. Dit betekent dat LFG van een geluidsbron verder weg hoorbaar is in vergelijking tot de hoge tonen die dezelfde geluidsbron kan produceren. Daarnaast is LFG ook moeilijker om tegen te houden door middel van geluidsbescherming zoals isolatiemateriaal en geluidschermen. LFG wordt voornamelijk ervaren als een licht brommend geluid. Of dit storend is of überhaupt waargenomen wordt is per persoon verschillend. Verschillende factoren spelen hierin mee zoals de gevoeligheid van een persoon zijn gehoor, de mentale toestand van deze persoon (oververmoeidheid, stress etc.) of hoeveel cumulatief geluid in de omgeving aanwezig is. Het kan dus goed dat twee personen die in hetzelfde huis wonen niet in dezelfde mate de aanwezigheid van LFG ervaren.

LFG kan veroorzaakt worden door veel verschillende bronnen. Een aantal voorbeelden hiervan die relevant zijn voor de alternatieven voor het warmtenet zijn transformatorhuisjes, zwaar verkeer en werktuigen.

2.1.1.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Aanlegfase

Bij de aanleg van individuele lucht warmtepompen worden werkzaamheden aan het huis van bewoners uitgevoerd. Voor de werkzaamheden is geen zwaar materieel benodigd, maar volstaat het gebruik van (elektrische) busjes. De werkzaamheden voor de aanleg van luchtwarmtepompen leiden niet tot geluidhinder.

Voor dit alternatief moet het elektriciteitsnet verzwaard worden, waarvoor transformatorhuisjes en elektriciteitskabels benodigd zijn. Dit zijn relatief beperkte werkzaamheden die niet op nauwelijks tot geluidhinder leiden. De werkzaamheden zijn ook tijdelijk van aard.

Gebruiksfase

De buitenunit van een luchtwarmtepomp, die aan de buitenzijde van de woning of gebouw bevestigd wordt, produceert geluid. Inzet van de luchtwarmtepomp is jaarrond. In de winter draait de warmtepomp met name in de nachtperiode op vol vermogen, als de buitentemperatuur het laagst is. De geluidsproductie neemt toe bij lagere buitentemperaturen of een hogere gewenste binnentemperatuur, omdat de warmtepomp dan intensiever

moet draaien. In de zomer kan de warmtepomp ingezet worden om te koelen. Dan ligt de piek doorgaans in de middag en avond.

Volgens Europese regelgeving mogen luchtwarmtepompen tot 6 kW maximaal 65 dB(A) produceren en luchtwarmtepompen van 6 tot 12 kW maximaal 70 dB(A). Het maximale geluidsniveau van een lucht warmtepomp kan variëren afhankelijk van het model en de fabrikant. In de praktijk zijn moderne lucht warmtepompen door technologische ontwikkelingen vaak aanzienlijk stiller. Het Besluit Bouwwerken en leefomgeving (Bbl) stelt dat het geluidsniveau van een luchtwarmtepomp op de perceelgrens maximaal 40 dB(A) mag bedragen. Om hieraan te voldoen zijn er stillere lucht warmtepompen ontwikkeld. Aanvullende maatregelen zoals geluiddempende omkasting kunnen worden toegepast om het geluid van luchtwarmtepompen verder te verlagen.

In opdracht van het Nationaal Programma Lokale Warmtetransitie (NPLW) heeft ingenieursbureau Peutz onderzoek gedaan naar het geluid van meerdere buitenunits in buurten bij grondgebonden woningen. Dit is gedaan aan de hand van akoestische 3D-rekenmodellen in combinatie met fictieve modellen van vier veelvoorkomende buurttypen. Er is gemodelleerd met een 8 kW-unit (58 dB(A)) voor tussenwoningen en een 10 kW-unit (60 dB(A)) voor hoekwoningen, twee-onder-een-kapwoningen en vrijstaande woningen. Uitgegaan is van continue werking en plaatsing van één buitenunit per woning.

Het onderzoek toont dat bij buurttypen met kleinere percelen het geluid op de perceelsgrens de 40 dB overschrijdt. De ruimte om met de plaatsing van de luchtwarmtepomp te optimaliseren is bij deze woningen beperkt. Grotere woonpercelen (bij voorkeur minimaal 10 meter breed) bieden meer ruimte om het geluid op de perceelsgrens onder de 40 dB te houden. In de meeste gevallen blijven aanvullende maatregelen noodzakelijk om te voorkomen dat het geluid van luchtwarmtepompen in een buurt oploopt tot 45 tot 50 dB(A). Mogelijke aanvullende maatregelen zijn het inzetten van akoestische omkasting, het plaatsen van rubberen trillingdempers onder de buitenunit of een massieve erfscheiding naar aangrenzende percelen.

De plaatsing van de luchtwarmtepomp bij een woning bepaalt waar en in welke mate geluidhinder op kan treden. Bij plaatsing aan de voorgevel is er minder geluidhinder aan de achterzijde, bij de tuinen en slaapkamers. De voorgevel is doorgaans ook beter geïsoleerd, voor andere geluidbronnen, zoals wegverkeer- of spoorweglawaai. Luchtwarmtepompen aan de voorgevel leiden echter wel tot geluidhinder in de openbare ruimte, bijvoorbeeld voor wandelaars. Bij plaatsing aan de achtergevel kan geluidhinder ontstaan voor tuinen of terrassen. Dit speelt met name in de zomer als bewoners ’s avonds buiten zitten en luchtwarmtepompen ingezet worden voor koelen. Bij openstaande slaapkamerramen kan dit ook leiden tot slaapverstoring. Bij appartementencomplexen is de plaatsing van individuele luchtwarmtepompen een extra groot aandachtspunt, doordat hier ook geluidhinder bij woningen op andere verdiepingen kan ontstaan.

Luchtwarmtepompen produceren ook hoorbaar tonaal geluid, wat als extra hinderlijk wordt ervaren. Hiervoor wordt een tonaliteitscorrectie toegepast. Leveranciers van lucht warmtepompen kunnen informatie verstrekken over het maximale geluidsniveau en tonaliteitscorrectie. Geluidsdemping kan ook tonaal geluid verminderen.

De extra transformatorhuisjes die benodigd zijn in de buurt voor dit alternatief emitteren geluid. Bij een MS/LS station varieert de geluidssterkte tussen 28 dB(A) en maximaal 38 dB(A), op een afstand van 1 meter van de buitenwand. Overdag is er meer elektriciteitsverbruik, waardoor het geluid harder is. De kans dat een transformatorhuisje overlast geeft is echter klein omdat deze moeten voldoen aan internationale richtlijnen. Om de mogelijkheid van overlast te beperken zijn richtlijnen opgesteld voor de afstand van transformatorhuisjes ten opzichte van woningen. De minimale afstand voor een transformatorhuisje tot een woning, bedrijfspand of andere gebouwen waar mensen langdurig verblijven is 4 meter. Als de geluidsterkte op 1 meter maximaal 38 dB bedraagt, ligt de geluidsterkte op 4 meter onder de 30 dB. Als aan de richtlijnen voldaan wordt, leidt een transformatorhuisje niet tot geluidhinder.

Er wordt geconcludeerd dat er, naast een klein risico als gevolg van het verzwaren van het elektriciteitsnet, een risico op geluidhinder is bij grootschalige toepassing van luchtwarmtepompen in een buurt. Aanvullende maatregelen zoals geluiddempende omkasting kunnen worden toegepast om het geluid van luchtwarmtepompen te verlagen. Ook de situering van de luchtwarmtepompen kan het risico op geluidhinder verminderen, bijvoorbeeld plaatsing aan de voor- of achtergevel van het gebouw. Het bepalen van geluidbeperkende

maatregelen bij grootschalige toepassing van luchtwarmtepompen is noodzakelijk om aanzienlijke (negatieve) milieueffecten door geluidhinder te voorkomen.

2.1.1.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Aanlegfase

Voor de aanleg van de individuele bodemwarmtepomp dient bij iedere woning of gebouw ten minste één boring uitgevoerd te worden. Deze boring wordt door een grote, zware mechanische boorwagen uitgevoerd. De duur van de werkzaamheden voor één gesloten bodemenergiesysteem is relatief kort: gemiddeld een halve dag tot een aantal dagen.[9] Vanwege de tijdelijkheid van deze werkzaamheden leidt dit niet tot relevante effecten op geluid.

Voor dit alternatief moet het elektriciteitsnet verzwaard worden, waarvoor transformatorhuisjes en elektriciteitskabels benodigd zijn. Dit zijn relatief beperkte werkzaamheden die niet op nauwelijks tot geluidhinder leiden. De werkzaamheden zijn ook tijdelijk van aard.

Gebruiksfase

Het geluidsniveau van een bodemwarmtepomp ligt tussen de 30 en 45 dB(A), af van het model en de fabrikant. Dit is vergelijkbaar met het geluidsniveau van een cv-installatie. Bij individuele bodemwarmtepompen bevindt de installatie zich binnenshuis. Het effect op geluid voor de omgeving is daarom minimaal.

De extra transformatorhuisjes die benodigd zijn voor dit alternatief produceren geluid. Bij een MS/LS station varieert de geluidsterkte tussen 28 dB(A) en maximaal 38 dB(A), op een afstand van 1 meter van de buitenwand. Overdag is er meer elektriciteitsverbruik, waardoor het geluid harder is. De kans dat een transformatorhuisje overlast geeft is echter klein omdat deze moeten voldoen aan internationale richtlijnen. Om de mogelijkheid van overlast te beperken zijn richtlijnen opgesteld voor de afstand van transformatorhuisjes ten opzichte van woningen. De minimale afstand voor een transformatorhuisje tot een woning, bedrijfspand of andere gebouwen waar mensen langdurig verblijven is 4 meter. Als de geluidsterkte op 1 meter maximaal 38 dB bedraagt, ligt de geluidsterkte op 4 meter onder de 30 dB. Als aan de richtlijnen voldaan wordt, leidt een transformatorhuisje niet tot geluidhinder.

2.1.1.3 Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen (S3c, d, f, h)

Aanlegfase

In dit alternatief worden lage temperatuur warmte uit de lucht en restwarmte opgeslagen in een Warmte Koude Opslag (WKO). In de wijkcentrale wordt de lage temperatuur warmte opgewaardeerd met een collectieve warmtepomp. Voor het aanleggen van een WKO moeten boringen worden uitgevoerd. Doordat deze boringen in de nabijheid van geluidgevoelige objecten plaatsvinden is het risico van geluidhinder hoger.

Bij de restwarmtebron moet een warmtewisselaar of andere installatie, afhankelijk van het type restwarmtebron, worden gerealiseerd om de warmte te kunnen benutten. Deze installatie wordt in de nabijheid van de restwarmtebron geplaatst. Deze restwarmtebronnen liggen doorgaans op industrieterreinen of bedrijventerreinen op afstand van geluidgevoelige objecten. De aanlegwerkzaamheden voor de benodigde installaties vinden daarmee ook op afstand van geluidgevoelige objecten plaats, waardoor dit naar verwachting niet tot geluidhinder leidt.

Voor dit alternatief worden transportleidingen van de restwarmtebron naar het warmteoverdrachtsstation (WOS) in de buurt aangelegd. Vanaf de WOS worden distributieleidingen (met een kleinere diameter) naar de woningen en gebouwen aangelegd. Het aanleggen van deze installaties kan lokaal gedurende een langere periode tot geluidhinder leiden. Ook voor de aanleg van het warmtenet vinden werkzaamheden in de directe nabijheid van geluidgevoelige objecten plaats. Deze werkzaamheden kunnen lokaal tot tijdelijke geluidhinder leiden.

Voor dit alternatief is mogelijk verzwaring van het elektriciteitsnet nodig. Werkzaamheden voor de bouw van transformatorhuisjes en de verzwaring van het elektriciteitsnet kunnen tot geluidhinder leiden. Deze werkzaamheden zijn echter tijdelijk en zeer lokaal.

Gebruiksfase

[9] bron: Handreiking VTH Gesloten bodemenergie (2024) door Interbestuurlijk programma versterking VTH: https://www.omgevingsdienst.nl/wp-content/uploads/2025/04/handreiking-VTH-gesloten-bodemenergie.pdf

De warmtecentrale kan in de gebruiksfase geluid emitteren door de collectieve warmtepompen. Afhankelijk van de installatie moet een vergunning door de gemeente verleend worden, waarbij wordt getoetst of de uitstoot van geluid aan geldende richtlijnen voldoet. Doordat deze installatie in (de buurt van) bestaande industrie of bedrijventerreinen geplaatst worden, is toename van geluidhinder niet te verwachten. Het uitgangspunt is dat bij de zoeklocaties voor deze grootschalige installaties en de inpassing daarvan rekening gehouden wordt met de geldende richtlijnen. Indien nodig kunnen extra maatregelen worden genomen om geluidhinder te voorkomen.

De extra transformatorhuisjes die benodigd zijn in de buurt voor dit alternatief emitteren gelui. Bij een MS/LS station varieert de geluidssterkte tussen 28 dB(A) en maximaal 38 dB(A), op een afstand van 1 meter van de buitenwand. Overdag is er meer elektriciteitsverbruik, waardoor het geluid harder is. De kans dat een transformatorhuisje overlast geeft is echter klein omdat deze moet voldoen aan internationale richtlijnen. Om de mogelijkheid van overlast te beperken zijn richtlijnen opgesteld voor de afstand van transformatorhuisjes ten opzichte van woningen. De minimale afstand voor een transformatorhuisje tot een woning, bedrijfspand of andere gebouwen waar mensen langdurig verblijven is 4 meter. Als de geluidsterkte op 1 meter maximaal 38 dB bedraagt, ligt de geluidsterkte op 4 meter onder de 30 dB. Als aan de richtlijnen voldaan wordt, leidt een transformatorhuisje niet tot geluidhinder.

Het watertransport door de leidingen van het warmtenet hebben geen significante effecten op geluid.

2.1.1.4 Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen (S3a, b, e, g)

Aanlegfase

In dit alternatief wordt lage temperatuur warmte uit water, lucht en restwarmte opgeslagen in een Warmte Koude Opslag (WKO). In dit alternatief worden er geen piek/back up installatie geïnstalleerd. In de wijkcentrale wordt de warmte verdeeld en via een (Z)LT warmtenet naar de woningen en gebouwen in de buurt getransporteerd. Voor het aanleggen van een WKO moeten boringen worden uitgevoerd. Daarnaast moet een droogkoeler geïnstalleerd worden. Het aanleggen van deze installaties kan lokaal gedurende een langere periode tot geluidhinder leiden. Ook voor de aanleg van het warmtenet vinden werkzaamheden in de directe nabijheid van geluidgevoelige objecten plaats. Deze werkzaamheden kunnen lokaal leiden tot tijdelijke geluidhinder.

Het opwaarderen van de warmte vindt plaats met een warmtepomp in de woning. Bij het aanleggen van een warmtepomp worden werkzaamheden aan de woning uitgevoerd. Voor deze werkzaamheden is geen zwaar materieel nodig, maar volstaat het gebruik van (elektrische) busjes. Dit leidt niet tot significante effecten op geluidhinder.

Voor het opwaarderen van de warmte in de woningen is elektriciteit benodigd. Voor de verzwaring van het elektriciteitsnet zijn mogelijk extra transformatorhuisjes en elektriciteitskabels nodig. Bij de aanleg van transformatorhuisjes en elektriciteitskabels worden werkzaamheden uitgevoerd die tot geluidhinder kunnen leiden. Deze werkzaamheden zijn echter tijdelijk en zeer lokaal.

Gebruiksfase

De WKO en de wijkcentrale kunnen (lichte) geluidhinder veroorzaken. Voor de installaties moet bij de gemeente een vergunning worden aangevraagd waarbij ook wordt getoetst of aan de geldende richtlijnen voor geluid wordt voldaan. Grootschalige toepassing van individuele opwaardering door warmtepompen vormt een risico voor geluid, vooral als gevolge van cumulatie van het geluid van buitenunits. Aanvullende maatregelen, zoals omkasting en strategische plaatsing, kunnen het geluidniveau beperken zodat het risico op geluidhinder kleiner wordt.

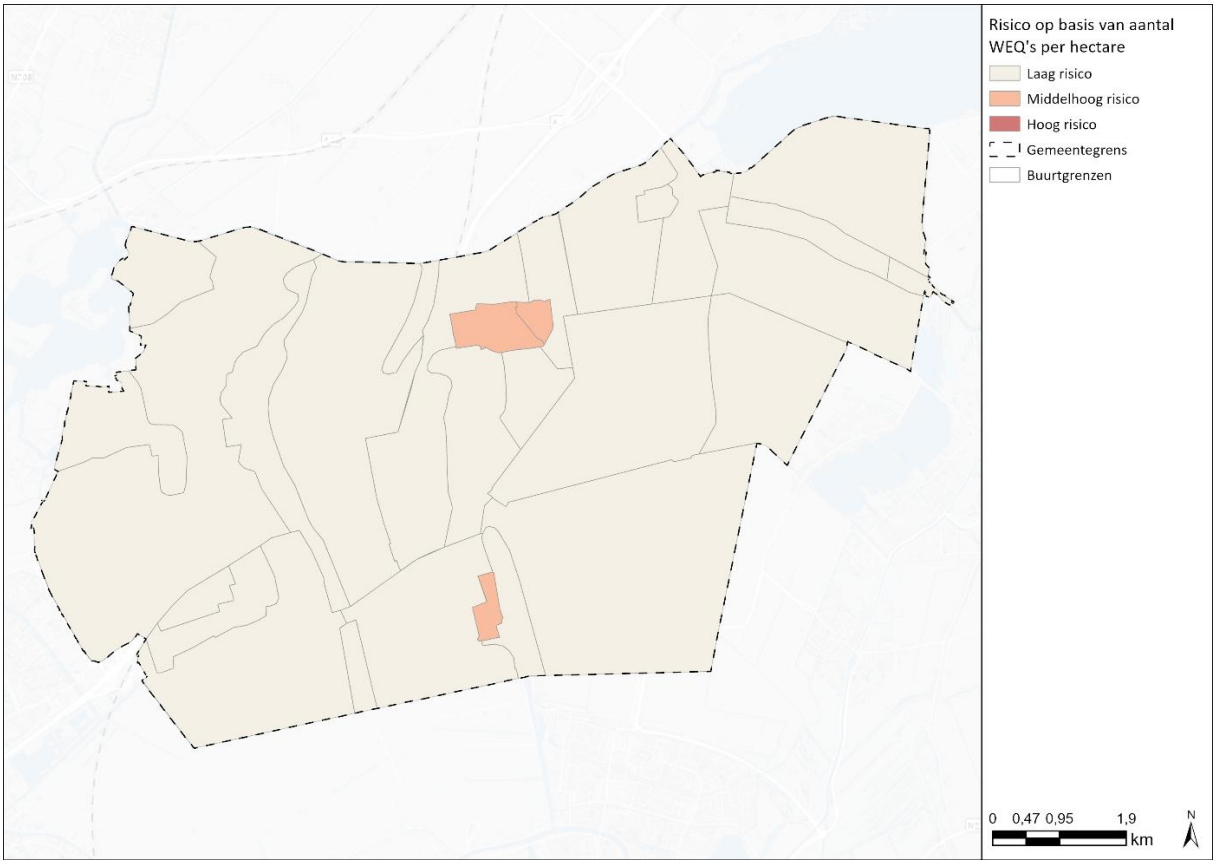
De extra transformatorhuisjes die benodigd zijn in de buurt voor dit alternatief emitteren geluid. Bij een MS/LS station varieert de geluidssterkte tussen 28 dB(A) en maximaal 38 dB(A), op een afstand van 1 meter van de buitenwand. Overdag is er meer elektriciteitsverbruik, waardoor het geluid harder is. De kans dat een transformatorhuisje overlast geeft is echter klein omdat deze moeten voldoen aan internationale richtlijnen. Om de mogelijkheid van overlast te beperken zijn richtlijnen opgesteld voor de afstand van transformatorhuisjes ten opzichte van woningen. De minimale afstand voor een transformatorhuisje tot een woning, bedrijfspand of andere gebouwen waar mensen langdurig verblijven is 4 meter. Als de geluidsterkte op 1 meter maximaal 38 dB bedraagt, ligt de geluidsterkte op 4 meter onder de 30 dB. Als aan de richtlijnen voldaan wordt, leidt een transformatorhuisje niet tot geluidhinder.

2.1.1.5 Onderscheid buurttypen

Gebruiksfase

Bij de mate van geluidhinder speelt enerzijds de omvang en duur van het geluid een rol, anderzijds het aantal mensen dat hinder ondervindt. De verschillen in omvang en duur van het geluid zijn geduid bij de alternatieven. Het aantal mensen dat gehinderd wordt door geluid verschilt per buurttypen. Bij dichtbevolkte gebieden is er een hogere kans op hinder (meer gehinderde personen). Dit geldt zowel voor de aanlegfase als voor de gebruiksfase.

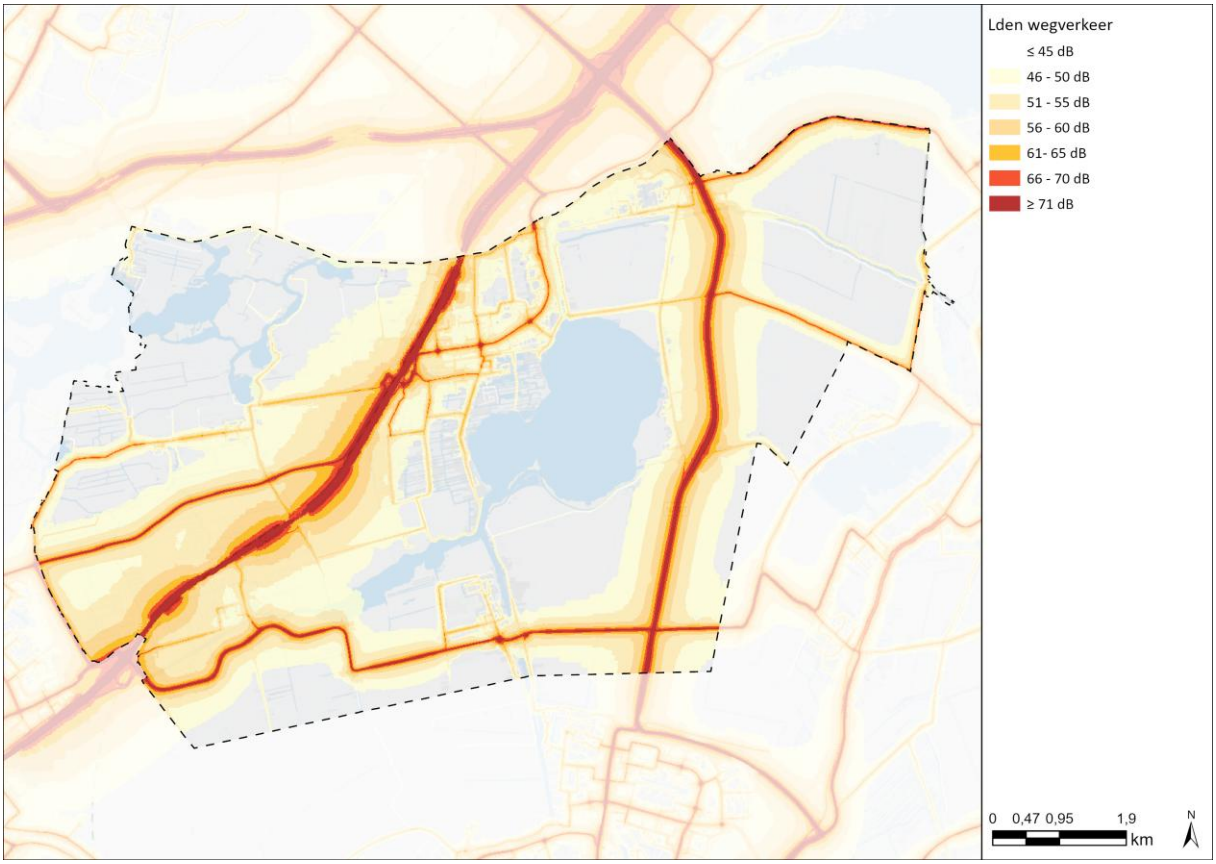
Dit onderscheid is terug te zien in het onderscheidende kenmerk woningequivalenten per hectare. De verwachting is dat de effecten van luchtwarmtepompen groter zijn bij een hoog aantal woningequivalenten per hectare. In onderstaande kaart is weergegeven welke buurten een hoger risico hebben op basis van het aantal woningequivalenten per hectare, zoals de bloemkoolwijken in Roelofarendsveen en Woubrugge. Dit buurttype heeft een hoger risico (middelhoog) dan de overige aanwezige buurttypen, waardoor de beoordelingen in de gebruiksfase voor alternatief Individueel lucht, (Z)LT bron / Individueel opwaarderen en Klimaatneutraal gas negatiever worden bijgesteld in deze buurten. In deze buurten is er extra aandacht nodig voor mitigatie.



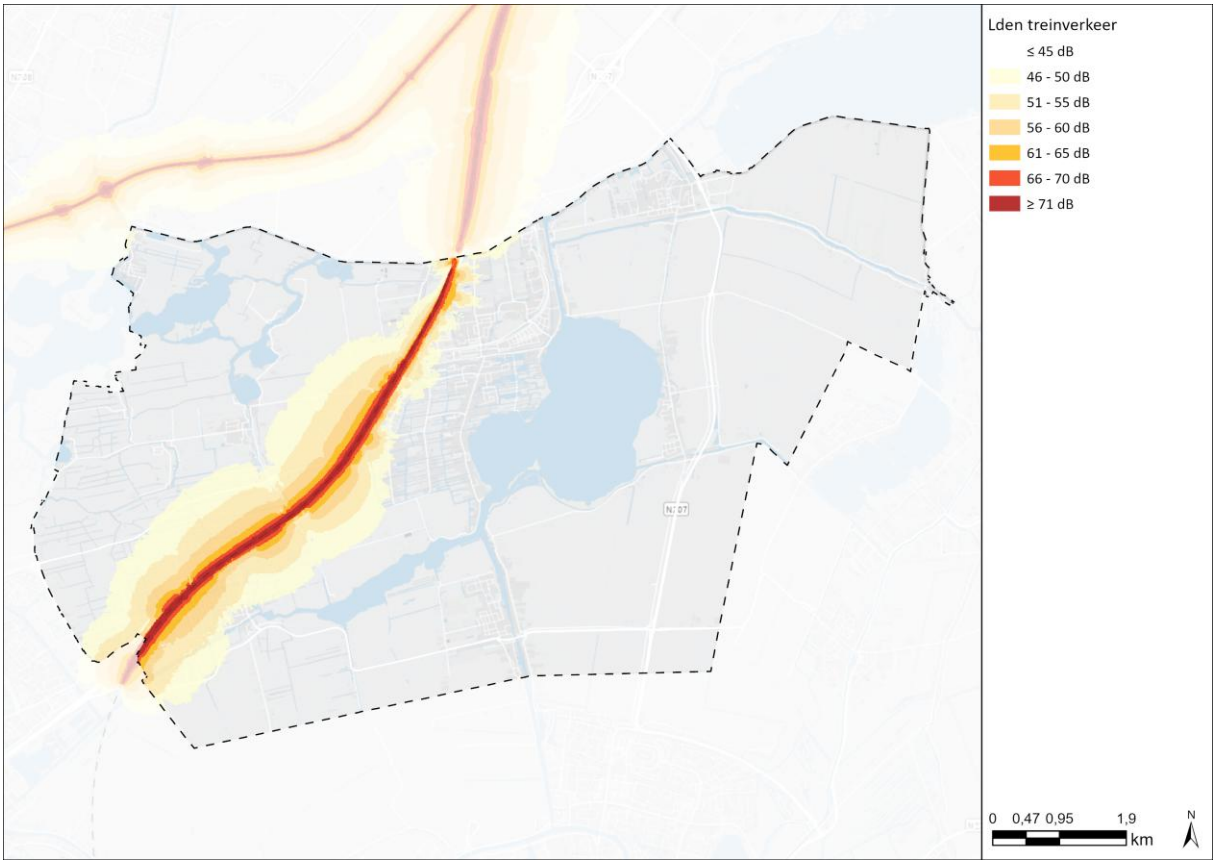
Figuur 2-1 Aantal woningequivalenten per hectare, als indicator voor geluidshinder

2.1.1.6 Locatiespecifiek

In Figuur 2-2 is de geluidsbelasting (Lden, 2021) voor wegen weergeven en Figuur 2-3 geeft de geluidsbelasting voor spoorwegen (Lden, 2021). De figuren tonen dat de geluidsbelasting rondom drukke verkeersaders en spoorwegen hoog is. Langs deze plekken met al een relatief hoge geluidsbelasting zijn er minder effecten omdat er al geluid aanwezig is. In rustige gebieden is er sneller kans op effecten.



Figuur 2-2 Geluidsbelasting wegverkeer gemeente Kaag en Braassem (2021)



Figuur 2-3 Geluidsbelasting treinverkeer gemeente Kaag en Braassem (2021)

2.1.1.7 Conclusie

Vanuit het aspect geluidhinder zijn er geen aanzienlijke milieueffecten die aanleiding geven tot het opstellen van een plan-MER.

Om negatieve effecten door geluid te beperken zijn verschillende maatregelen mogelijk:

- Om geluidhinder te verminderen, zowel in de aanleg- als gebruiksfase, dient iedere installatie te voldoen aan richtlijnen en vergunningseisen. Het strategisch plaatsen van installaties of transformatorhuisjes ten opzichte van woningen voorkomt het vooroorzaken van onnodige (tijdelijke) geluidhinder bij de aanleg- en gebruiksfase.
- Voor alternatief 1, 5 en 6 geldt dat het geluid van (hybride) luchtwarmtepompen tot geluidhinder kan leiden. Maatregelen om hinder te verminderen zijn onder andere akoestische omkasting, rubberen trillingdempers, massieve erfscheidingen en isolatie van de woning zelf. Haalbaarheid van deze maatregelen is afhankelijk van het woningtype. Bij niet-grondgebonden woningen is de ruimte voor het plaatsen van de buitenunit zelf en eventuele maatregelen beperkt.

2.1.2 Effectbeschrijving trillingen

2.1.2.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Tijdens de aanleg van individuele luchtwarmtepompen is weinig machinerie en zwaar transport benodigd. Voor de installatie van luchtwarmtepompen zijn enkel de werkbusjes benodigd waarmee installateurs naar woningen rijden. Daarnaast moet ook hier een groot aantal transformatorhuisjes en andere onderdelen om het elektriciteitsnet te verzwaren aangelegd worden waar machinerie en transport voor nodig zijn. Deze werkzaamheden en de benodigde machinerie is echter relatief kleinschalig waardoor het risico op hinder door trillingen klein is.

2.1.2.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Bij de aanleg van individuele bodemwarmtepompen moet bij iedere woning een bodemlus geboord worden. Hiervoor is per woning een booropstelling nodig die met een vrachtwagen gebracht wordt en is een wagen nodig om verplaatste grond op te vangen. De mechanische boringen zelf kunnen tijdelijk trillinghinder veroorzaken. Daarnaast moeten bij dit alternatief transformatorhuisjes en andere onderdelen aangelegd worden om het elektriciteitsnet te verzwaren waar machinerie en transport voor nodig zijn. Hiervoor kunnen tijdelijk en lokaal trillingen optreden. Trillingshinder wordt niet verwacht.

2.1.2.3 Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen (S3c, d, f, h)

Voor de aanleg van een (zeer) lage temperatuur warmtenet en bijbehorende installaties worden verschillende machines gebruikt voor de aanlegwerkzaamheden en het vervoeren van materiaal gedurende werkzaamheden. De straat moet open voor de aanleg van de leidingen. Hier is machinerie voor benodigd maar ook transport van benodigd materieel. Nadat de werkzaamheden zijn afgerond wordt vaak bij het egaliseren van straatdelen een trilplaat gebruikt.

Voor dit alternatief worden WKO-doubletten, droogkoelers, warmtewisselaars bij lage restwarmtebronnen, en collectieve warmtepompen geïnstalleerd. Het aantal warmtebronnen is afhankelijk van de warmtevraag in een buurt of gemeente. Bij de aanleg van een WKO-doublet zijn boringen nodig. Bij de uitvoering van een mechanische boring direct naast een gebouw of constructie moet er rekening gehouden worden met mogelijke negatieve effecten op (de fundering van) deze bouwwerken of constructies als gevolg van de grondontspanning die de boring veroorzaakt. Deze grondontspanning ontstaat bij het plaatsen van een eventuele mantelbuis en bij het boorproces. De locaties voor deze installaties zijn gelegen in de buurt, waardoor trillinghinder door werkzaamheden en (zwaar) verkeer direct van invloed is op buurtniveau.

Daarnaast moet ook een aantal transformatorhuisjes en andere onderdelen om het elektriciteitsnet te verzwaren aangelegd worden waarbij machinerie en transport nodig zijn. Hiervoor kunnen tijdelijk en lokaal trillingen optreden. Trillingshinder wordt niet verwacht.

2.1.2.4 Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen (S3a, b, e, g)

Voor de aanleg van een (Z)LT warmtenet worden verschillende machines gebruikt voor de aanlegwerkzaamheden en het vervoeren van materiaal gedurende werkzaamheden. De straat moet open voor de aanleg van de

leidingen, hier is machinerie voor benodigd maar ook transport van benodigd materieel. Nadat de werkzaamheden zijn afgerond wordt vaak bij het egaliseren van straatdelen een trilplaat gebruikt. In dit alternatief zijn er geen piekinstallaties nodig. Daar staat tegenover dat het elektriciteitsnet verzwaard moet worden, waarbij er elektriciteitskabels en transformatorhuisjes aangelegd worden. Dit brengt graaf- en bouwwerkzaamheden en bijbehorend bouwverkeer met zich mee. Hiervoor kunnen tijdelijk en lokaal trillingen optreden. Trillingshinder wordt niet verwacht.

Voor dit alternatief worden WKO, lage restwarmte, aquathermie installaties en collectieve warmtepompen aangelegd. Het aantal warmtebronnen is afhankelijk van de warmtevraag in een buurt en de beschikbaarheid. Bij de aanleg van een WKO zijn boringen nodig. Bij de uitvoering van een mechanische boring direct naast een gebouw of constructie moet er rekening gehouden worden met mogelijke negatieve effecten op (de fundering van) deze bouwwerken of constructies als gevolg van de grondontspanning die de boring veroorzaakt. Deze grondontspanning ontstaat bij het plaatsen van een eventuele mantelbuis en bij het boorproces. De locaties voor deze installaties zijn ook gelegen in de buurt zelf, waardoor de werkzaamheden zelf en het extra verkeer ook meer van invloed is op buurtniveau. Trillingen kunnen tijdelijk en lokaal optreden.

Bij het aanleggen van de installaties voor restwarmte of aquathermie is minimale trillinghinder te verwachten. De aanlegwerkzaamheden zijn voornamelijk bovengronds, slechts beperkte ondergrondse activiteiten vinden plaats om de warmtebron via leidingen te verbinden met het WKO en het (Z)LT warmtenet.

2.1.2.5 Onderscheid in buurttypen

Er zijn geen buurttype specifieke effecten te verwachten met betrekking tot trillingen.

2.1.2.6 Locatiespecifiek

Langs grote wegen en spoorwegen treedt in de referentiesituatie reeds trillinghinder op door zwaar vrachtverkeer en treinverkeer. De mate van hinder hangt sterk af van de afstand tot de bron en de kwaliteit van het wegdek en de spoorinfrastructuur.

De uitvoering van het warmteprogramma kan in sommige gevallen extra trillingen veroorzaken, maar deze bijdrage blijft beperkt en lokaal.

In de meeste alternatieven blijven de cumulatieve trillingseffecten daardoor beperkt. Alleen in alternatief 5 vraagt de combinatie van bestaande en nieuwe trillingsbronnen om extra aandacht. In dit alternatief zijn gerichte mitigerende maatregelen nodig, vooral op locaties waar al sprake is van verhoogde trillingsbelasting door weg- en spoorverkeer.

2.1.2.7 Conclusie

Vanuit het aspect trillingen zijn er geen aanzienlijke milieueffecten die aanleiding geven tot het opstellen van een plan-MER.

Om negatieve effecten door trillingen te beperken kunnen trillingsvrije aanlegtechnieken, zoals gestuurde boringen (in plaats van een open ontgraving voor het aanleggen van warmtenetleidingen) toegepast worden. Verder kunnen trilling dempende matten het trillen als gevolg van zware wagens dempen voor omwonenden tijdens aanlegwerkzaamheden. In het geval van trilling gevoelige gebouwen kan vooraf een verkennend trilling onderzoek worden uitgevoerd.

2.2 Bodem

In deze paragraaf zijn de effecten beschreven met betrekking tot het thema bodem. Er is naar de volgende aspecten gekeken (zie Tabel 2.2):

- Bodemkwaliteit in de netwerklaag: de impact die de aanleg of het gebruik van een alternatief op de biologische, chemische en fysische bodemkwaliteit in de netwerklaag heeft.
- Grondwater: de impact die de aanleg of het gebruik van een alternatief heeft op de thermische, biologische, chemische en fysische kwaliteit en kwantiteit van het grondwater.
- Ondergronds ruimtegebruik: betreft de inpasbaarheid en de ruimteclaim van de systemen die nodig zijn bij de verschillende alternatieven.

Tabel 2.2 Beoordelingskader bodem

Thema	Aspect	Indicator	Aanleg- en/of gebruiksfase
Bodem	Bodemkwaliteit (netwerklaag)	Impact op de biologische, chemische en fysische kwaliteit van de bodem in de netwerklaag.	Aanleg- en gebruiksfase
	Grondwater	Impact op de grondwaterkwaliteit en -kwantiteit	Aanleg- en gebruiksfase
	Ondergronds ruimtegebruik	Inpasbaarheid in de ondergrond	Aanleg- en gebruiksfase

2.2.1 Effectbeschrijving bodemkwaliteit (netwerklaag)

2.2.1.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Aanlegfase

Voor dit alternatief wordt iedere woning en ieder gebouw voorzien van een individuele, elektrische luchtwarmtepomp. Dit is een volledig bovengronds systeem. Het warmtesysteem zelf heeft daarmee geen effect op de bodemkwaliteit.

Wel moet rekening worden gehouden met de verzwaring van het elektriciteitsnet en daarmee de aanleg van elektriciteitskabels en het plaatsen van MS/LS-transformatorhuisjes. De ontgraving en daarmee de verstoring van de bodem blijft beperkt. Elektriciteitskabels liggen over het algemeen op een diepte van 0,5 tot 1 meter. De diameter van elektriciteitskabels is klein. De sleuven in de bodem zijn om die reden relatief klein in omvang. Effecten op de biologische, chemische en fysische kwaliteit van de bodem in de netwerklaag zijn te verwaarlozen.

Gebruiksfase

Het gebruik van een verzwaard elektriciteitsnet leidt niet tot aantoonbare effecten op bodemkwaliteit. Effecten in de gebruiksfase zijn niet aan de orde.

2.2.1.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Aanlegfase

Bij dit alternatief wordt uitgegaan van een bodemwarmtepomp voor iedere individuele woning. Hierbij wordt gebruikgemaakt van een gesloten bodemenergiesysteem (GBES). De bodemlus van de GBES bestaat uit een kunststof pijp die door middel van een boring in de bodem wordt geplaatst tot een maximale diepte van 300 meter. Hierbij komt geen grond vrij en is de mate van verstoring vanwege de kleine diameter zeer beperkt.

Ook moet rekening worden gehouden met de verzwaring van het elektriciteitsnet en daarmee de aanleg van elektriciteitskabels en het plaatsen van MS/LS-transformatorhuisjes. De ontgraving en daarmee de verstoring van de bodem blijft beperkt. Elektriciteitskabels liggen over het algemeen op een diepte van 0,5 tot 1 meter. De diameter van elektriciteitskabels is klein. De sleuven in de bodem zijn om die reden relatief klein in omvang. Effecten op de biologische, chemische en fysische kwaliteit van de bodem in de netwerklaag zijn te verwaarlozen.

Gebruiksfase

Het gebruik van een verzwaard elektriciteitsnet leidt niet tot aantoonbare effecten op bodemkwaliteit. Het gebruik van GBES-installaties heeft ook geen effect op de chemische, fysische en biologische kwaliteit in de netwerklaag omdat het geen warmtenet gebruikt.

2.2.1.3 *Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen (S3c, d, f, h)*

Bij dit alternatief wordt een midden temperatuur warmtenet aangelegd. De warmtebron is een bovengrondse bronnenmix met een open bodemenergiesysteem (OBES)/Warmte Koude Opslag (WKO) als seizoensopslag. Naast de aanleg van het warmtenetwerk is tevens versterking van het elektriciteitsnetwerk nodig. De aanleg van het warmtenet en de installatieonderdelen daarvan kunnen de bodemkwaliteit beïnvloeden.

Aanlegfase

Voor de aanleg van OBES worden boringen verricht naar de eerste watervoerende laag. De pompinstallatie wordt in een put afgewerkt. Hierbij komt een kleine hoeveelheid grond vrij. Als er verontreinigingen in de bodem aanwezig zijn, dan is het mogelijk dat deze verontreinigingen verspreid worden door de benodigde boringen. Doormiddel van historisch onderzoek naar de milieuhygiënische bodemkwaliteit kan voorkomen worden dat verontreinigingen in de bodem onopgemerkt blijven en kunnen indien noodzakelijk maatregelen genomen worden om verspreiding van verontreinigingen tegen te gaan.

Bij de aanleg van het warmtenet moet de grondwaterstand, waar nodig, door bemaling tijdelijk worden verlaagd om de leidingen in droge grond te kunnen leggen. Bij het bemalen van het grondwater kunnen grondwaterverontreinigingen worden aangetrokken. De duur van deze bemalingen varieert van enkele weken tot soms een half jaar. Het bij de bemaling onttrokken grondwater wordt op de riolering of het oppervlaktewater geloosd. Voordat dat gebeurt wordt onderzocht of het aan de lozingsnormen voldoet. Eventuele verontreinigingen worden er indien nodig uitgezuiverd. Voorafgaand aan de grondwaterbemalingen wordt historisch vooronderzoek uitgevoerd om te controleren of er sprake is van grondwaterverontreinigingen. Vanwege deze borgings- en mitigatiemogelijkheden zijn er geen noemenswaardige effecten op de kwaliteit van de bodem of het oppervlaktewater.

Door het onttrekken van grondwater kan lokaal tijdelijke verdroging optreden. Dit kan een effect hebben op lokale vegetatie. Hoe groot dit effect is, is afhankelijk van de bemalingsduur en het type vegetatie. Ook kunnen bemalingen tot zettingen leiden. Om te voorkomen dat gebouwen schade door zettingen oplopen, wordt de zetting bij bemalingswerkzaamheden gemonitord en bij dreigende zetting worden maatregelen getroffen.

Daarnaast kunnen bij de aanleg van warmtenetten en de bijbehorende installatieonderdelen (bijv. warmteoverdracht- of warmteonderstations) grondverontreinigingen worden ontgraven die in het leidingtracé of het bouwblok liggen. De aanwezigheid van verontreinigde grond wordt voorafgaand aan de ontgraving in beeld gebracht doormiddel van bodemonderzoek. Indien bodemverontreiniging aanwezig is wordt die onder milieukundige begeleiding ontgraven en afgevoerd of teruggeplaatst. De verontreinigingssituatie ter plekke wordt hierdoor verbeterd of blijft gelijk.

Andersom kan ook ontgraving van ongestoorde, vitale bodems noodzakelijk zijn voor de aanleg van het warmtenet of de installatieonderdelen. Hierdoor wordt het oorspronkelijke bodemprofiel onomkeerbaar verstoord en treedt verlies van vitale biologische functies van de bodem op. Dit effect kan lokaal optreden ter plaatse van de ontgraving.

Er moet rekening gehouden worden met de verzwaring van het elektriciteitsnet en daarmee de aanleg van elektriciteitskabels en het plaatsen van MS/LS-transformatorhuisjes om de centrale warmtepompen van elektriciteit te voorzien. De ontgraving en daarmee de verstoring van de bodem blijft beperkt. Elektriciteitskabels liggen over het algemeen op een diepte van 0,5 tot 1 meter. De diameter van elektriciteitskabels is klein. De sleuven in de bodem zijn om die reden relatief klein in omvang. Effecten op de biologische, chemische en fysische kwaliteit van de bodem in de netwerklaag zijn te verwaarlozen.

Gebruiksfase

In het midden temperatuur warmtenet stroomt water van maximaal 70 graden. De leidingen zijn goed geïsoleerd maar desondanks treden warmteverliezen op. Hoe groter de diameter van de leiding hoe groter de warmteverliezen. De warmteverliezen voor het midden temperatuur warmtenetwerk lopen uiteen van 25-35%.[10] Hierdoor kunnen de bodemlagen rondom de leiding tot boven de 25 graden opwarmen. Tot welke afstand deze opwarming plaatsvindt, is afhankelijk van het leidingtype en de bodemsoort. De stijging van de

[10] bron: warmte in de Euregio (WIEfm): https://www.wiefm.eu/wp-content/uploads/2019/05/eindrapport-wiefm-WP4-technische-karakterisering.pdf

bodemtemperatuur kan effect hebben op de bodemprocessen en het bodemleven. Deze opwarming van de ondiepe bodemlagen kan uitdroging in droge periodes versterken. Daarnaast kan opwarming in de wortelzone de plantengroei beïnvloeden, wat kan doorwerken in versnelde groei, aanpassingen aan de wortelstructuren en veranderende nutriëntenopname.

Door de hogere temperaturen worden biochemische reacties versneld. Dit kan leiden tot diepere wortels, een verhoogde waterbehoefte en een snellere verspreiding van ziekten en plagen, wat de gezondheid en groei van de plant beïnvloedt. Ook kan opwarming een effect hebben op de soortenrijkdom: droogte-intolerante soorten verdwijnen. Hierdoor is het mogelijk dat er een lokale verschuiving van vegetatietypen gaat plaatsvinden. Met name voor pioniervegetatie of begroeiingen met veel eenjarige plantensoorten zullen deze effecten het eerst te zien zijn.[11]

Naast invloed op de planten kan opwarming de microfauna en bacteriën in de bodem beïnvloeden doordat de metabolische activiteit wordt verhoogd. Daarnaast kan de samenstelling van de microfauna veranderen, waarbij pathogene bacteriën in aantal kunnen toenemen. Dit verandert de symbiotische relatie van de microfauna en bacteriën met planten. Deze veranderingen kunnen zowel positieve als negatieve gevolgen hebben voor de bodemgezondheid en de groei van planten. Deze veranderingen op de microfauna en bacteriën in de bodem kunnen ook effect hebben op de afbraak van verontreinigingen.

De bodemtemperatuur is één van de factoren die meespeelt in bodemprocessen, zoals mineralisatie, veenoxidatie en denitrificatie. Een stijging van de bodemtemperatuur leidt veelal tot een versnelling van bodemprocessen. Deze processen versnellen aanzienlijk door verhoging van de bodemtemperatuur. In simulatiemodellen wordt een exponentiële relatie verondersteld, waarbij de processnelheid toeneemt met toenemende temperatuur. Op grond hiervan verlopen de bodemprocessen twee- tot driemaal sneller bij een toename van 10 °C. Dit temperatuureffect wordt weer getemperd door verdroging. Door de hogere temperatuur wordt de bodem droger en daardoor neemt de snelheid van de bodemprocessen juist af. Hogere bodemtemperaturen kunnen de stofwisseling van organismen versnellen en daarmee de bodemdaling en CO_2-emissies verhogen.

Als deze effecten optreden, dan treden ze zeer lokaal op rondom de leidingen van het warmtenetwerk. De omvang van de effecten blijft daarmee beperkt.

2.2.1.4 Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen (S3a, b, e, g)

Bij dit alternatief wordt een (zeer) lage temperatuur warmtenet aangelegd. De warmtebron is een bovengrondse bronnenmix met een gesloten bodemenergiesysteem (GBES)/Warmte Koude Opslag (WKO) als seizoensopslag. De warmte die gedurende het jaar wordt opgeslagen in een WKO wordt ge(re)genereerd uit lage temperatuurbronnen zoals restwarmte van ventilatiesystemen (datacenters), droogkoelers, restwarmte uit aquathermie of het retourwater van het warmtenet. Naast de aanleg van het warmtenetwerk is tevens versterking van het elektriciteitsnetwerk nodig omdat iedere woning over een eigen warmtepomp beschikt. De aanleg van het warmtenet en de installatieonderdelen daarvan kunnen de bodemkwaliteit beïnvloeden.

Aanlegfase

Bij de aanleg van het warmtenet moet de grondwaterstand, waar nodig, door bemaling tijdelijk worden verlaagd om de leidingen in droge grond te kunnen leggen. Bij het bemalen van het grondwater kunnen grondwaterverontreinigingen worden aangetrokken. De duur van deze bemalingen varieert van enkele weken tot soms een half jaar. Het bij de bemaling onttrokken grondwater wordt op de riolering of het oppervlaktewater geloosd. Voordat dat gebeurt wordt onderzocht of het aan de lozingsnormen voldoet. Eventuele verontreinigingen worden er indien nodig uitgezuiverd. Voorafgaand aan de grondwaterbemalingen wordt historisch vooronderzoek uitgevoerd om te controleren of er sprake is van grondwaterverontreinigingen. Vanwege deze borgings- en mitigatiemogelijkheden zijn er geen noemenswaardige effecten op de kwaliteit van de bodem of het oppervlaktewater.

Door het onttrekken van grondwater kan lokaal tijdelijke verdroging optreden. Dit kan een effect hebben op lokale vegetatie. Hoe groot dit effect is, is afhankelijk van de bemalingsduur en het type vegetatie. Ook kunnen

[11] bron: Wageningen Environmental Research – Wordt de grond ons te warm onder de voeten?: https://edepot.wur.nl/639299

bemalingen tot zettingen leiden. Om te voorkomen dat gebouwen schade door zettingen oplopen, wordt de zetting bij bemalingswerkzaamheden gemonitord en bij dreigende zetting worden maatregelen getroffen.

Daarnaast kunnen bij de aanleg van warmtenetten en de bijbehorende installatieonderdelen (bijv. warmteoverdracht- of warmteonderstations) grondverontreinigingen worden ontgraven die in het leidingtracé of het bouwblok liggen. De aanwezigheid van verontreinigde grond wordt voorafgaand aan de ontgraving in beeld gebracht doormiddel van bodemonderzoek. Indien bodemverontreiniging aanwezig is wordt die onder milieukundige begeleiding ontgraven en afgevoerd of teruggeplaatst. De verontreinigingssituatie ter plekke wordt hierdoor verbeterd of blijft gelijk.

Andersom kan ook ontgraving van ongestoorde, vitale bodems noodzakelijk zijn voor de aanleg van het warmtenet of de installatieonderdelen. Hierdoor wordt het oorspronkelijke bodemprofiel onomkeerbaar verstoord en treedt verlies van vitale biologische functies van de bodem op. Dit effect kan lokaal optreden ter plaatse van de ontgraving.

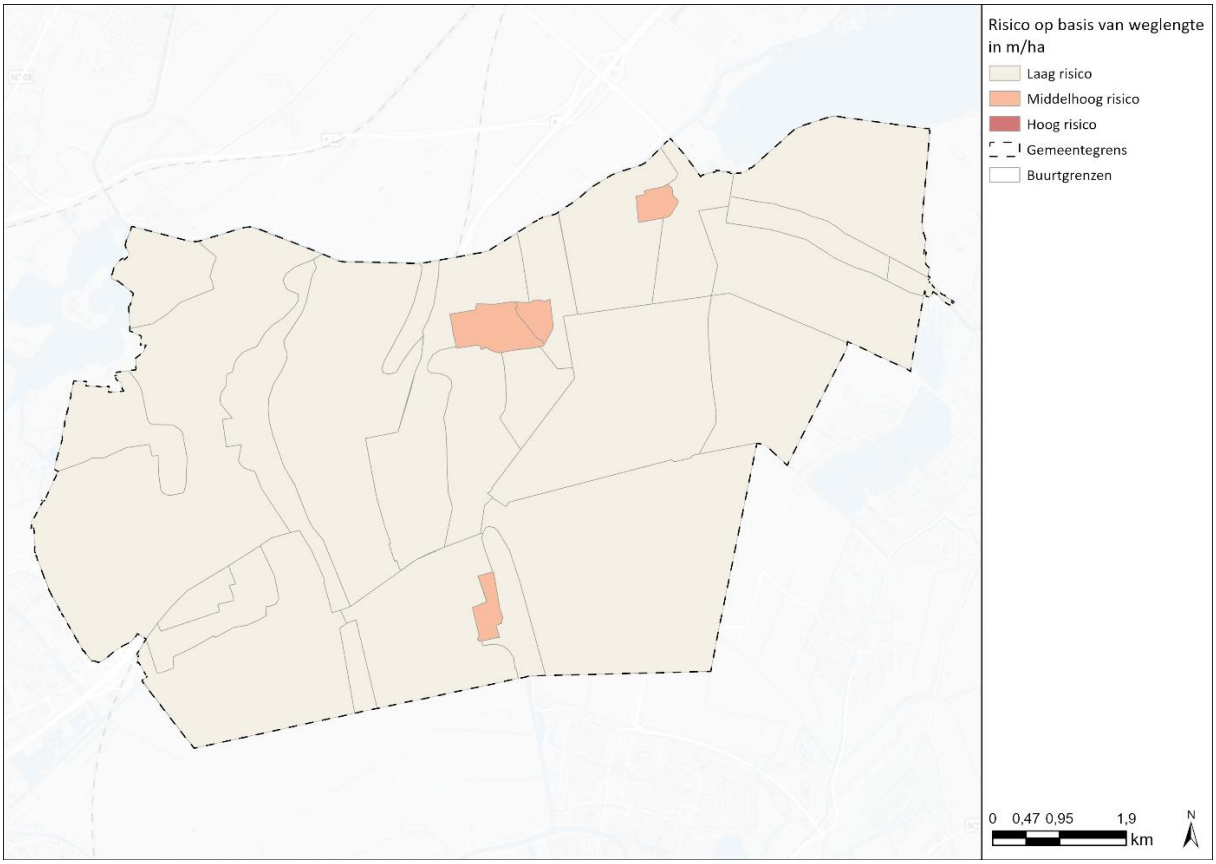
Er moet rekening gehouden worden met de verzwaring van het elektriciteitsnet en daarmee de aanleg van elektriciteitskabels en het plaatsen van MS/LS-transformatorhuisjes om de centrale warmtepompen van elektriciteit te voorzien. De ontgraving en daarmee de verstoring van de bodem blijft beperkt. Elektriciteitskabels liggen over het algemeen op een diepte van 0,5 tot 1 meter. De diameter van elektriciteitskabels is klein. De sleuven in de bodem zijn om die reden relatief klein in omvang. Effecten op de biologische, chemische en fysische kwaliteit van de bodem in de netwerklaag zijn te verwaarlozen.

Gebruiksfase

In het (zeer) lage temperatuur warmtenet stroomt water van maximaal 30 graden. De leidingen zijn goed geïsoleerd. Warmteverliezen zijn verwaarloosbaar waardoor de omliggende bodemlagen niet opgewarmd worden. Het warmtenet heeft daarmee geen effect op de bodemprocessen en het bodemleven. Het gebruik van een verzwaard elektriciteitsnet leidt niet tot aantoonbare effecten op de bodemkwaliteit.

2.2.1.5 Onderscheid in buurttypen

Het risico op bodemverstoringen door de aanleg van een warmtenet is groter in buurten waarin relatief veel meters warmtenet moet worden aangelegd. Door het buurttype onderscheidende kenmerk ‘weglengte per hectare’ kan het mogelijke risico op verstoring worden meegewogen: buurten met een hoog aantal meters warmtenet per hectare hebben een hoger risico ten opzichte van buurten met een laag aantal meters warmtenet per hectare. De buurttypen *bloemkoolwijk* en *naoorlogse woonwijk* hebben een hoger risico op basis van dit kenmerk.



Figuur 2-4 Gemiddelde weglengte in meters per hectare, als indicator voor bodemkwaliteit

2.2.1.6 *Locatiespecifiek*

In de gemeente Kaag en Braassem ligt nog geen warmtenet. Bij keuze voor een warmtenet moet er daarom bij de aanleg in de grond geroerd worden. Locatiespecifiek kunnen er effecten optreden bij roering van de grond. In paragraaf 2.2.1.7 wordt toegelicht welke maatregelen getroffen kunnen worden om potentiële negatieve effecten te mitigeren.

2.2.1.7 *Conclusie*

Vanuit het aspect bodemkwaliteit zijn er geen aanzienlijke milieueffecten die aanleiding geven tot het opstellen van een plan-MER.

Er zijn verschillende maatregelen mogelijk om potentiële negatieve effecten op de bodemkwaliteit te mitigeren. Dit zijn:

- Voor alternatief 5 en 6 geldt dat voorafgaand aan bodemroerende activiteiten en grondwaterbemalingen historisch bodemonderzoek noodzakelijk is om de milieuhygiënische bodemkwaliteit te controleren op verontreinigingen. Door eerdere functies en activiteiten op een locatie te onderzoeken, zoals voormalige bedrijfsactiviteiten, bodemingrepen of mogelijke calamiteiten—kan worden vastgesteld welke stoffen in de bodem terecht kunnen zijn gekomen. Deze informatie vormt de basis voor eventueel gericht veldonderzoek en voorkomt dat bestaande verontreinigingen onopgemerkt blijven. Vanwege de mitigatiemogelijkheden die hieruit voortvloeien zijn er geen noemenswaardige effecten op de kwaliteit van de bodem.
- Voor alternatief 5 en 6 geldt dat door het onttrekken van grondwater lokaal tijdelijke verdroging kan optreden. Dit kan een effect hebben op lokale vegetatie. Hoe groot dit effect is, is afhankelijk van de bemalingsduur en het type vegetatie. Ook kunnen bemalingen tot zettingen leiden. Om te voorkomen dat gebouwen schade door zettingen oplopen, wordt de zetting bij bemalingswerkzaamheden gemonitord en bij dreigende zetting worden maatregelen getroffen.
- In alternatief 5 stroomt in het midden temperatuur warmtenet water van maximaal 70 graden. De leidingen zijn goed geïsoleerd maar desondanks treden warmteverliezen op. De stijging van de bodemtemperatuur kan effect hebben op de bodemprocessen en het bodemleven. Als deze effecten

optreden, dan treden ze zeer lokaal op rondom de leidingen van het warmtenetwerk. Er kan voor worden gekozen om met het warmtenet locaties te ontzien waar bodemprocessen en het bodemleven van invloed zijn op de locatie vegetatie.
- Voor alternatief 1, 2, 5 en 6 geldt dat bij de aanleg van elektriciteitskabels verstoring ontstaat en achteruitgang van de netwerklaag. Om effecten te beperken is het mogelijk om werk met werk te combineren (zoals aanleg/renovatie van elektra of riolering) zodat de effecten eenmalig optreden.
- Bij de aanleg van warmtenetten ontstaat bij alternatief 5 en 6 verstoring en achteruitgang van de netwerklaag. Om effecten te beperken is het mogelijk om werk met werk te combineren (zoals aanleg/renovatie van elektra of riolering) zodat de effecten eenmalig optreden.

2.2.2 Effectbeschrijving grondwater

2.2.2.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Voor dit alternatief wordt iedere woning en ieder gebouw voorzien van een individuele, elektrische luchtwarmtepomp. Dit is een volledig bovengronds systeem. Het warmtesysteem zelf heeft daarmee geen effect op de ondergrond en het grondwater in zowel de aanleg- als gebruiksfase.

Wel moet rekening worden gehouden met de verzwaring van het elektriciteitsnet en daarmee de aanleg van elektriciteitskabels en het plaatsen van MS/LS-transformatorhuisjes. De ontgraving en daarmee de verstoring van de bodem blijft beperkt. Elektriciteitskabels liggen over het algemeen op een diepte van 0,5 tot 1 meter. De diameter van elektriciteitskabels is klein. De sleuven in de bodem zijn om die reden relatief klein in omvang. Er is geen bemaling nodig. Effecten op het grondwater zijn te verwaarlozen.

2.2.2.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Bij dit alternatief wordt uitgegaan van een bodemwarmtepomp voor iedere individuele woning. Hierbij wordt gebruikgemaakt van een gesloten bodemenergiesysteem (GBES). De bodemlus van de GBES bestaat uit een kunststof pijp die doormiddel van een boring in de bodem wordt geplaatst tot een maximale diepte van 300 meter. Wanneer er niet tot deze diepte geboord kan worden, zijn er, gezien de lagere warmtekwaliteit, soms meerdere boringen per woning nodig om aan de warmtevraag te voldoen.

Aanlegfase
In de aanlegfase wordt voor iedere woning een gesloten bodemlus geboord. Bij het doorboren van de afsluitende laag kan het grondwater verontreinigen als er verontreinigingen in de bodemlagen aanwezig is.

In de ondergrond zijn verschillende afsluitende lagen aanwezig, zoals klei of leemlagen. Het grondwater in de watervoerende pakketten wordt door deze afsluitende lagen van elkaar gescheiden. Wanneer er in de aanlegfase een boring wordt uitgevoerd, worden deze afsluitende lagen in de ondergrond doorboord. Hierdoor kan grondwater van het bovenliggende watervoerende pakket naar het daaronder liggende watervoerende pakket stromen. Wanneer er in de bovenste laag sprake is van verontreinigingen, kunnen deze met het grondwater mee worden gevoerd naar de onderliggende laag. Hierdoor treedt een verslechtering van de bodem- en grondwaterkwaliteit van het dieper gelegen watervoerende pakket op. Dit is onwenselijk omdat dieper gelegen watervoerende pakketten kunnen worden gebruikt om water voor consumptie te winnen. Dit is een risico bij GBES door het gebruik van spoelboringen en kleine boordiameters (15-20 cm). Daarom zijn er kwaliteitsprotocollen die grondwaterverontreinigingen moeten voorkomen. Voor een verantwoorde en duurzame inzet van bodemenergie, en om de drinkwatervoorraad te beschermen tegen verontreiniging, is het onder meer van belang dat:
- aan te leggen systemen niet te dicht bij elkaar liggen, omdat ze anders minder energierendement behalen;
- de afdichting van boorgaten voldoende is, zodat er geen verontreinigen plaats kunnen vinden;
- boorbedrijven tijdens de aanleg geen milieuschadelijke middelen gebruiken.

Met naleving hiervan worden effecten op de grondwaterkwaliteit (ook in de gebruiksfase) voorkomen.

Gebruiksfase
Lekkage van de circulatiemiddelen kan leiden tot grondwaterverontreiniging. Volgens een rapport van KWR is de lekkans van een GBES één lekkage per jaar per 435 bodemlussen, met een grotere kans op lekkage in het

horizontale deel dan in het verticale deel.[12] De kans op lekkage neemt toe met de lengte van het leidingwerk en het aantal koppelingen. Het effect op de grondwaterkwaliteit is afhankelijk van zowel het gelekte volume als de samenstelling van het circulatiemiddel. Het lekvolume hangt af van de grootte van het systeem, het type en de locatie van het lek en de reactietijd van de beheerder. Een GBES met een diepte van 80 meter bevat bijvoorbeeld ongeveer 85 liter vloeistof. Lekkage door graafschade van een horizontaal leidingdeel zorgt voor een beperkte lekkage en wordt snel opgemerkt omdat het systeem direct in storing gaat. Bij kleinere lekkages, zoals in een koppeling, gaat het systeem na verloop van tijd in storing door drukverlies. De kans op lekkage van een goed aangelegd GBES wordt als laag ingeschat.

2.2.2.3 Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen (S3c, d, f, h)

Bij dit alternatief wordt een midden temperatuur warmtenet aangelegd. De warmtebron is een bovengrondse bronnenmix met een open bodemenergiesysteem (OBES)/Warmte Koude Opslag (WKO) als seizoensopslag. Naast de aanleg van het warmtenetwerk is tevens versterking van het elektriciteitsnetwerk nodig. De aanleg van het warmtenet en de installatieonderdelen daarvan kunnen het grondwater beïnvloeden.

Aanlegfase

Per bron kunnen ongeveer 50 tot 150 woningen aan warmte worden voorzien. Bij het uitvoeren van de boringen voor OBES wordt gebruikgemaakt van boorspoeling van bentoniet (zwelklei) en werkwater van goede kwaliteit. De boorspoeling bestaat uit inert bentoniet (reageert niet met de bodem) of uit polymeren die biologisch afbreekbaar zijn, zodat ze geen schadelijke stoffen achterlaten in de bodem en het grondwater.

In de ondergrond zijn verschillende afsluitende lagen aanwezig, zoals klei of leemlagen. Het grondwater in de watervoerende pakketten wordt door deze afsluitende lagen van elkaar gescheiden. Wanneer er in de aanlegfase een boring wordt uitgevoerd, worden deze afsluitende lagen in de ondergrond doorboord. Hierdoor kan grondwater van het bovenliggende watervoerende pakket naar het daaronder liggende watervoerende pakket stromen. Wanneer er in de bovenste laag sprake is van verontreinigingen, kunnen deze met het grondwater mee worden gevoerd naar de onderliggende laag. Hierdoor treedt een verslechtering van de bodem- en grondwaterkwaliteit van het dieper gelegen watervoerende pakket op. Dit is onwenselijk omdat dieper gelegen watervoerende pakketten kunnen worden gebruikt om water voor consumptie te winnen. Het verrichten van de boringen voor OBES valt onder een verplicht kwaliteitsborgingsregime dat kortsluiting tussen grondwaterlagen moet voorkomen. Onderdeel hiervan is een vooronderzoek naar bodemverontreinigingen en zorgvuldige afscherming van de verontreiniging voorafgaand aan het boren. Effecten in de aanlegfase worden hiermee voorkomen.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase kan de grondwaterkwaliteit door thermische effecten van het OBES worden beïnvloed.[13]

Thermische en biologische effecten OBES

Temperatuurveranderingen kunnen de microbiologische samenstelling van grondwater beïnvloeden. Theoretisch kunnen bepaalde natuurlijke processen hierdoor verstoord raken en ziekteverwekkers ontstaan. Praktijkervaring toont echter aan dat bij temperaturen tot 25-30 °C (de maximale temperatuur van een OBES) de veranderingen beperkt blijven tot de samenstelling en diversiteit van bacteriën en microfauna, zonder aantasting van hun hoeveelheden, activiteit of ecosysteemfuncties. Bij een inventarisatie van Nederlandse OBES tot 35°C werd geen verschil in microbiologische samenstelling of kwantiteit gevonden.[14] Laboratoriumexperimenten toonden aan dat temperatuurveranderingen tot 25°C kunnen leiden tot verschuivingen in redoxcondities, van ijzer-reducerend naar sulfaat-reducerend en vervolgens methanogene omstandigheden.[15] De thermische effecten van het warmtenet in de netwerklaag zijn beschreven in paragraaf 2.2.1 en paragraaf 2.5.5.

[12] bron: KWR, IF Technology - Effecten en risico's van gesloten bodemenergiesystemen: https://edepot.wur.nl/396258
[13] bron: Stowa – Effecten van bodemenergiesystemen op grondwaterkwaliteit: https://www.stowa.nl/deltafacts/waterkwaliteit/kennisimpuls-waterkwaliteit/effecten-van-bodemenergiesystemen-op-de
[14] bron: Hartog, N., Drijver, B., Dinkla, I., & Bonte, M. (2013). Field assessment of the impacts of Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) systems on chemical and microbial groundwater composition. European Geothermal Congress 2013, 8. https://www.researchgate.net/profile/Niels_Hartog/publication/265601612_Field_assessment_of_the_impacts_of_Aquifer_Thermal_Energy_Storage_ATESsystems_on_chemical_and_microbial_groundwater_composition/links/541bd9320cf2218008c4c441.pdf
[15] bron: Bonte, M., Roling, W. F. M., Zaura, E., Wielen, P. W. W., Stuyfzand, P. J., Breukelen, B. M., & Stuijfzand, P. J. (2013c). Impacts of shallow geothermal energy production on redox processes and the microbial communities. Environmental Science and Technology, 47(24), 14476–14484. https://doi.org/10.1021/es4030244

Tijdens de gebruiksfase ontstaan een koude- en een warmtebel in de watervoerende laag. Een hogere temperatuur kan leiden tot versneld oplossen en neerslaan van mineralen, binding van stoffen en afbraak van stoffen. Theoretisch wordt verwacht dat de effecten bij temperaturen tot 25-30°C klein zijn, wat ook blijkt uit praktijkstudies.

Fysische en chemische effecten OBES

Het onttrekken en terugpompen van grondwater door OBES zorgt voor menging van verschillende watertypen. Het effect hiervan op de grondwaterkwaliteit is het grootst in watervoerende lagen waar verschillen aanwezig zijn in watersamenstelling, bijvoorbeeld zoutgehalte, pH of redoxcondities. Praktijkstudies hebben aangetoond dat deze menging een groter effect op de chemische samenstelling van het grondwater heeft dan temperatuurveranderingen. Menging van zuurstofhoudend en ijzerhoudend grondwater kan bij ondiepe OBES (50 meter onder mv.) leiden tot problemen met putverstopping.

OBES kunnen leiden tot verspreiding van bodemverontreiniging in stedelijke gebieden waar veel OBES in elkaars hydrologische invloedssfeer staan. In dergelijke gebieden kan verontreiniging snel worden verspreid, hoewel de verdunning van de verontreiniging meestal groot is.

Verder kunnen door het gebruik van OBES in de diepere watervoerende pakketten verontreinigingen naar deze onderliggende watervoerende lagen worden verspreid. Dit effect treedt op als er sprake is van lekstromen door perforaties in de scheidende lagen die het gevolg zijn van onjuiste afdichtingen van boringen. Als verontreinigingen zich naar de diepere watervoerende pakketten verspreiden kunnen uiteindelijk kwetsbare objecten c.q. drinkwaterwinningen worden bedreigd. Het verrichten van de boringen voor OBES valt onder een verplicht kwaliteitsborgingsregime dat kortsluiting tussen grondwaterlagen moet voorkomen. Onderdeel hiervan is een vooronderzoek naar bodemverontreinigingen en zorgvuldige afscherming van de verontreiniging voorafgaand aan het boren. Effecten in de gebruiksfase worden hiermee voorkomen.

Verdroging en zettingen door OBES

OBES kunnen de grondwaterkwantiteit beïnvloeden door veranderingen in stijghoogten, vooral in de freatische zone. Dit kan leiden tot verdroging, zettingen en wateroverlast met neveneffecten zoals de aantasting van bijvoorbeeld monumentaal groen en archeologisch erfgoed. Bij grootschalige toepassing van OBES kunnen de cumulatieve effecten, hoewel per systeem klein, leiden tot merkbare veranderingen in de grondwaterstanden. Om effecten te voorkomen is het van belang om te zorgen dat er een hydrologische balans is (er evenveel water wordt teruggebracht als wordt onttrokken). Op basis van grondwatermonitoring kan worden ingegrepen als de grondwaterstand te veel verandert.

2.2.2.4 *Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen (S3a, b, e, g)*

Bij dit alternatief wordt een (zeer) lage temperatuur warmtenet aangelegd. De warmtebron is een bovengrondse bronnenmix met een gesloten bodemenergiesysteem (GBES)/Warmte Koude Opslag (WKO) als seizoensopslag. De warmte die gedurende het jaar wordt opgeslagen in een WKO wordt ge(re)genereerd uit lage temperatuurbronnen zoals restwarmte van ventilatiesystemen (datacenters), droogkoelers, restwarmte uit aquathermie of het retourwater van het warmtenet. Naast de aanleg van het warmtenetwerk is tevens versterking van het elektriciteitsnetwerk nodig omdat iedere woning over een eigen warmtepomp beschikt. De aanleg van het warmtenet en de installatieonderdelen daarvan kunnen het grondwater beïnvloeden.

Aanlegfase

Per bron kunnen ongeveer 50 tot 150 woningen aan warmte worden voorzien. Bij het uitvoeren van de boringen voor OBES wordt gebruikgemaakt van boorspoeling van bentoniet (zwelklei) en werkwater van goede kwaliteit. De boorspoeling bestaat uit inert bentoniet (reageert niet met de bodem) of uit polymeren die biologisch afbreekbaar zijn, zodat ze geen schadelijke stoffen achterlaten in de bodem en het grondwater.

In de ondergrond zijn verschillende afsluitende lagen aanwezig, zoals klei of leemlagen. Het grondwater in de watervoerende pakketten wordt door deze afsluitende lagen van elkaar gescheiden. Wanneer er in de aanlegfase een boring wordt uitgevoerd, worden deze afsluitende lagen in de ondergrond doorboord. Hierdoor kan grondwater van het bovenliggende watervoerende pakket naar het daaronder liggende watervoerende pakket stromen. Wanneer er in de bovenste laag sprake is van verontreinigingen, kunnen deze met het grondwater mee worden gevoerd naar de onderliggende laag. Hierdoor treedt een verslechtering van de bodem- en grondwaterkwaliteit van het dieper gelegen watervoerende pakket op. Dit is onwenselijk omdat dieper gelegen

watervoerende pakketten kunnen worden gebruikt om water voor consumptie te winnen. Het verrichten van de boringen voor OBES valt onder een verplicht kwaliteitsborgingsregime dat kortsluiting tussen grondwaterlagen moet voorkomen. Onderdeel hiervan is een vooronderzoek naar bodemverontreinigingen en zorgvuldige afscherming van de verontreiniging voorafgaand aan het boren. Effecten in de aanlegfase worden hiermee voorkomen.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase kan de grondwaterkwaliteit door thermische effecten van het OBES worden beïnvloed.[16]

Thermische en biologische effecten OBES

Temperatuurveranderingen kunnen de microbiologische samenstelling van grondwater beïnvloeden. Theoretisch kunnen bepaalde natuurlijke processen hierdoor verstoord raken en ziekteverwekkers ontstaan. Praktijkervaring toont echter aan dat bij temperaturen tot 25-30 °C (de maximale temperatuur van een OBES) de veranderingen beperkt blijven tot de samenstelling en diversiteit van bacteriën en microfauna, zonder aantasting van hun hoeveelheden, activiteit of ecosysteemfuncties. Bij een inventarisatie van Nederlandse OBES tot 35°C werd geen verschil in microbiologische samenstelling of kwantiteit gevonden.[17] Laboratoriumexperimenten toonden aan dat temperatuurveranderingen tot 25°C kunnen leiden tot verschuivingen in redoxcondities, van ijzer-reducerend naar sulfaat-reducerend en vervolgens methanogene omstandigheden.[18]

Tijdens de gebruiksfase ontstaan een koude- en een warmtebel in de watervoerende laag. Een hogere temperatuur kan leiden tot versneld oplossen en neerslaan van mineralen, binding van stoffen en afbraak van stoffen. Theoretisch wordt verwacht dat de effecten bij temperaturen tot 25-30°C klein zijn, wat ook blijkt uit praktijkstudies.

Fysische en chemische effecten OBES

Het onttrekken en terugpompen van grondwater door OBES zorgt voor menging van verschillende watertypen. Het effect hiervan op de grondwaterkwaliteit is het grootst in watervoerende lagen waar verschillen aanwezig zijn in watersamenstelling, bijvoorbeeld zoutgehalte, pH of redoxcondities. Praktijkstudies hebben aangetoond dat deze menging een groter effect op de chemische samenstelling van het grondwater heeft dan temperatuurveranderingen. Menging van zuurstofhoudend en ijzerhoudend grondwater kan bij ondiepe OBES (50 meter onder mv.) leiden tot problemen met putverstopping.

OBES kunnen leiden tot verspreiding van bodemverontreiniging in stedelijke gebieden waar veel OBES in elkaars hydrologische invloedssfeer staan. In dergelijke gebieden kan verontreiniging snel worden verspreid, hoewel de verdunning van de verontreiniging meestal groot is.

Verder kunnen door het gebruik van OBES in de diepere watervoerende pakketten verontreinigingen naar deze onderliggende watervoerende lagen worden verspreid. Dit effect treedt op als er sprake is van lekstromen door perforaties in de scheidende lagen die het gevolg zijn van onjuiste afdichtingen van boringen. Als verontreinigingen zich naar de diepere watervoerende pakketten verspreiden kunnen uiteindelijk kwetsbare objecten c.q. drinkwaterwinningen worden bedreigd. Het verrichten van de boringen voor OBES valt onder een verplicht kwaliteitsborgingsregime dat kortsluiting tussen grondwaterlagen moet voorkomen. Onderdeel hiervan is een vooronderzoek naar bodemverontreinigingen en zorgvuldige afscherming van de verontreiniging voorafgaand aan het boren. Effecten in de gebruiksfase worden hiermee voorkomen.

Verdroging en zettingen door OBES

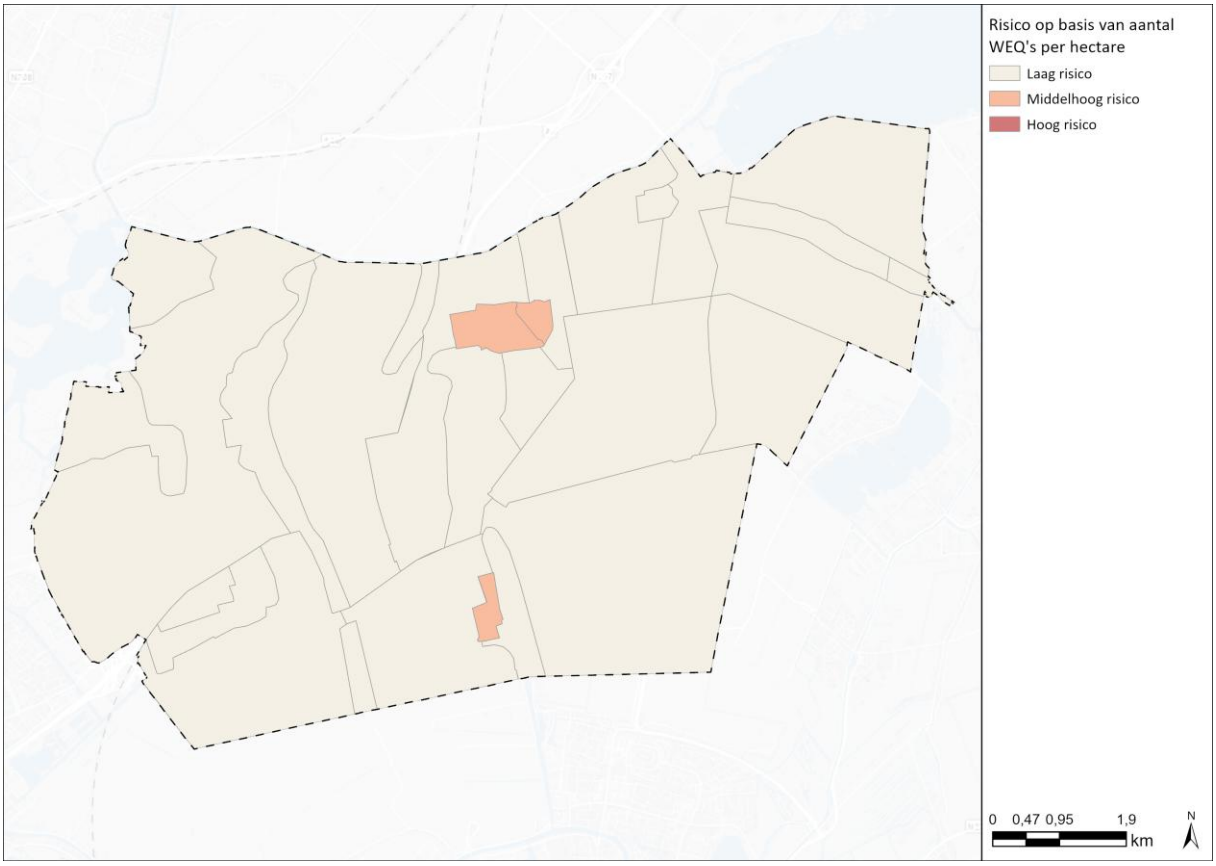
OBES kunnen de grondwaterkwantiteit beïnvloeden door veranderingen in stijghoogten, vooral in de freatische zone. Dit kan leiden tot verdroging, zettingen en wateroverlast met neveneffecten zoals de aantasting van bijvoorbeeld monumentaal groen en archeologisch erfgoed. Bij grootschalige toepassing van OBES kunnen de

[16] bron: Stowa – Effecten van bodemenergiesystemen op grondwaterkwaliteit: https://www.stowa.nl/deltafacts/waterkwaliteit/kennisimpuls-waterkwaliteit/effecten-van-bodemenergiesystemen-op-de
[17] bron: Hartog, N., Drijver, B., Dinkla, I., & Bonte, M. (2013). Field assessment of the impacts of Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) systems on chemical and microbial groundwater composition. European Geothermal Congress 2013, 8. https://www.researchgate.net/profile/Niels_Hartog/publication/265601612_Field_assessment_of_the_impacts_of_Aquifer_Thermal_Energy_Storage_ATESsystems_on_chemical_and_microbial_groundwater_composition/links/541bd9320cf2218008c4c441.pdf
[18] bron: Bonte, M., Roling, W. F. M., Zaura, E., Wielen, P. W. W. ., Stuyfzand, P. J., Breukelen, B. M., & Stuijfzand, P. J. (2013c). Impacts of shallow geothermal energy production on redox processes and the microbial communities. Environmental Science and Technology, 47(24), 14476–14484. https://doi.org/10.1021/es4030244

cumulatieve effecten, hoewel per systeem klein, leiden tot merkbare veranderingen in de grondwaterstanden. Om effecten te voorkomen is het van belang om te zorgen dat er een hydrologische balans is (er evenveel water wordt teruggebracht als wordt onttrokken). Op basis van grondwatermonitoring kan worden ingegrepen als de grondwaterstand te veel verandert.

2.2.2.5 *Onderscheid in buurttypen*

Bij het optreden van mogelijke milieueffecten op het grondwater door de aanleg en het gebruik van GBES of OBES is het aantal boringen per WEQ relevant. Daarom wordt er een nuance naar buurttype gemaakt aan de hand van het aantal WEQ per hectare. Buurttypen met een hoger aantal WEQ (bloemkoolwijken) per hectare worden negatiever beoordeeld in vergelijking tot de buurttypen met een midden of laag aantal WEQ per hectare. In deze wijken is extra aandacht nodig voor de mitigerende maatregelen.



Figuur 2-5 Aantal woningequivalenten per hectare, als indicator voor ondergrond en grondwater

2.2.2.6 *Locatiespecifiek*

In de gemeente Kaag en Braassem zijn in het kader van zowel gemeentelijk als provinciaal beleid geen grondwaterbeschermingsgebieden en boringsvrijezones rondom de winning van consumptiewater aangewezen. Daarmee ontstaan er geen effecten op de drinkwaterwin- en beschermingsgebieden.

2.2.2.7 *Conclusie*

Vanuit het aspect grondwater zijn er geen aanzienlijke milieueffecten die aanleiding geven tot het opstellen van een plan-MER.

Er zijn verschillende maatregelen mogelijk om potentiële negatieve effecten op het grondwater te mitigeren. Dit zijn:

- Voor een verantwoorde en duurzame inzet van bodemenergie, en om de drinkwatervoorraad te beschermen tegen verontreiniging, is het bij alternatief 5 en 6 onder meer van belang dat:
    - aan te leggen systemen niet te dicht bij elkaar liggen, omdat ze anders minder energierendement behalen;
    - de afdichting van boorgaten voldoende is, zodat er geen verontreinigen plaats kunnen vinden;

    - boorbedrijven tijdens de aanleg geen milieuschadelijke middelen gebruiken, zoals natuurlijke koelmiddelen.

  Met naleving en handhaving hiervan worden effecten op het grondwater voorkomen.
- Open bodemenergiesystemen kunnen bij alternatief 5 en 6 de grondwaterkwantiteit beïnvloeden door veranderingen in stijghoogten, vooral in de freatische zone. Om (neven)effecten te voorkomen is het van belang om te zorgen dat er een hydrologische balans is (er evenveel water wordt teruggebracht als wordt onttrokken). Op basis van grondwatermonitoring kan worden ingegrepen als de grondwaterstand te veel verandert.

2.2.3 Effectbeschrijving ondergronds ruimtegebruik

Bij het aspect ondergronds ruimtegebruik is ingegaan op het benodigde ruimtebeslag in de ondergrond. Voor de beoordeling van dit aspect zijn de aanleg- en gebruiksfase samengevoegd, omdat de tijdelijke effecten tijdens de aanleg overeenkomen met de permanente situatie.

2.2.3.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Voor dit alternatief wordt iedere woning en ieder gebouw voorzien van een individuele, elektrische luchtwarmtepomp. Dit is een volledig bovengronds systeem. Het warmtesysteem zelf heeft daarmee geen effect op het ondergronds ruimtegebruik in zowel de aanleg- als gebruiksfase.

Het ondergrondse ruimtegebruik binnen dit alternatief bestaat uit het versterken van het elektriciteitsnetwerk. Hiervoor worden bestaande elektriciteitskabels vervangen en nieuwe kabels aangelegd. In gebieden waar de ondergrond al druk bezet is, kan dit tot inpassingsproblemen leiden. De impact van dit alternatief op het ondergrondse ruimtegebruik wordt echter beperkt ingeschat ten opzichte van de referentiesituatie. De uitbreiding van het elektriciteitsnet draagt namelijk bij aan meerdere ontwikkelingen en opgaven, zoals elektrisch rijden, die onderdeel zijn van de referentiesituatie.

2.2.3.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Bij dit alternatief wordt uitgegaan van een bodemwarmtepomp voor iedere individuele woning. Hierbij wordt gebruikgemaakt van een gesloten bodemenergiesysteem (GBES). De bodemlus van de GBES bestaat uit een kunststof pijp die doormiddel van een boring in de bodem wordt geplaatst tot een maximale diepte van 300 meter. Wanneer er niet tot deze diepte geboord kan worden, zijn er, gezien de lagere warmtekwaliteit, soms meerdere boringen per woning nodig om aan de warmtevraag te voldoen.

Eén GBES-bron beslaat ondergronds een ruimte van ongeveer 7,5 bij 7,5 meter (inclusief thermische straal en buffer). Wanneer dit alternatief op wijkniveau wordt toegepast, en er dus meerdere GBES worden gerealiseerd, vraagt dit mogelijk enkele hectares aan ondergrondse ruimte. Het grote aantal bodemlussen kan daarmee een substantiële belemmering voor andere ondergrondse functies vormen. Dit betekent dat goede planning en afstemming met andere ondergrondse voorzieningen noodzakelijk is.

Het ondergrondse ruimtegebruik binnen dit alternatief bestaat ook uit het versterken van het elektriciteitsnetwerk. Hiervoor worden bestaande elektriciteitskabels vervangen en nieuwe kabels aangelegd. In gebieden waar de ondergrond al druk bezet is, kan dit tot inpassingsproblemen leiden. De impact van dit alternatief op het ondergrondse ruimtegebruik wordt echter beperkt ingeschat ten opzichte van de referentiesituatie. De uitbreiding van het elektriciteitsnet draagt namelijk bij aan meerdere ontwikkelingen en opgaven, zoals elektrisch rijden, die onderdeel zijn van de referentiesituatie.

2.2.3.3 Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen (S3c, d, f, h)

Bij dit alternatief wordt een midden temperatuur warmtenet aangelegd. De warmtebron is een bovengrondse bronnenmix met een open bodemenergiesysteem (OBES)/Warmte Koude Opslag (WKO) als seizoensopslag. Naast de aanleg van het warmtenetwerk is tevens versterking van het elektriciteitsnetwerk nodig. De aanleg van het warmtenet en de installatieonderdelen daarvan kunnen het ondergronds ruimtegebruik beïnvloeden.

Warmtenetwerk

Warmtenetwerken hebben een fors ondergronds ruimtebeslag. Zo moeten er verschillende leidingen worden aangelegd en bronnen gerealiseerd worden. Bijvoorbeeld transportleidingen, die het warme water van de bron naar de buurten transporteren, hebben een diameter van ongeveer 600 mm. Distributieleidingen, die het warme water de buurt door verspreiden, hebben een diameter tot maximaal 300 mm. Voor de huisaansluitingen worden ook leidingen met een diameter tot maximaal 100 mm gebruikt.

Het ruimtegebruik tijdens de aanleg van het warmtenet is meer dan alleen de diameter van de leidingen. Veelal wordt in een open ontgraving onder talud gewerkt. De sleufbreedte kan al snel 5 meter bedragen. Dit betekent dat goede planning en afstemming met andere ondergrondse voorzieningen noodzakelijk is. In de gebruiksfase beperkt het ruimtebeslag zich tot de leidingen zelf.

Bij het warmtenetwerk horen diverse installatieonderdelen, zoals warmteonderstations. Ook hiervoor worden sleuven uitgegraven met een oppervlak gelijk aan dat van het installatieonderdeel tot een diepte van ongeveer 1 m onder maailveld. Verder neemt de installatie van een warmtewisselaarinstallatie ruimte in. Dit betreft ook transportleidingen die door middel van sleuven worden aangelegd. De warmtewisselaarput wordt ondergronds geplaatst en behoeft ook enige ruimtegebruik voor o.a. isolatie en afsluiters van deze put.

Door het ruimtegebruik van het warmtesysteem is er minder ruimte voor andere functies in de bodem, zoals bomen of afkoppeling van riolering. Dit betekent dat goede planning en afstemming met andere ondergrondse voorzieningen noodzakelijk is.

Elektriciteitsnetwerk
Het ondergrondse ruimtegebruik binnen dit alternatief bestaat ook uit het versterken van het elektriciteitsnetwerk. Hiervoor worden bestaande elektriciteitskabels vervangen en nieuwe kabels aangelegd. In gebieden waar de ondergrond al druk bezet is, kan dit tot inpassingsproblemen leiden. De impact van dit alternatief op het ondergrondse ruimtegebruik wordt echter beperkt ingeschat ten opzichte van de referentiesituatie. De uitbreiding van het elektriciteitsnet draagt namelijk bij aan meerdere ontwikkelingen en opgaven, zoals elektrisch rijden, die onderdeel zijn van de referentiesituatie.

Open bodemenergiesysteem
Bij dit alternatief worden open bodemenergiesystemen (OBES) toegepast. Eén OBES bestaat uit twee bronnen met ieder een thermische straal van ongeveer 40 meter.

OBES-bronnen moeten onderling ongeveer 100 meter uit elkaar liggen. Inclusief de benodigde interferentiebuffer neemt één OBES-doublet daardoor ondergronds circa 2 hectare in beslag. Dit betekent dat OBES-installaties een groot ruimtebeslag hebben. De beperkte beschikbare ondergrondse ruimte maakt het uitdagend om de bronnen zo te positioneren dat zij de warmtevraag goed kunnen bedienen. Door systemen slim te ordenen en te clusteren ontstaat meer flexibiliteit in de exacte plaatsing van de bronnen.

De grote hoeveelheid OBES-installaties legt bovendien een aanzienlijke claim op de ondergrond, waardoor minder ruimte overblijft voor andere opgaven, zoals parkeerkelders, diepriolen of tunnels. Het warmtenet in combinatie met het grote aantal OBES-bronnen vraagt daarmee veel ondergrondse ruimte. Door de beperkte beschikbare ruimte is zorgvuldige ordening en clustering noodzakelijk.

2.2.3.4 *Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen (S3a, b, e, g)*

Bij dit alternatief wordt een (zeer) lage temperatuur warmtenet aangelegd. De warmtebron is een bovengrondse bronnenmix met een gesloten bodemenergiesysteem (GBES)/Warmte Koude Opslag (WKO) als seizoensopslag. De warmte die gedurende het jaar wordt opgeslagen in een WKO wordt ge(re)genereerd uit lage temperatuurbronnen zoals restwarmte van ventilatiesystemen (datacenters), droogkoelers, restwarmte uit aquathermie of het retourwater van het warmtenet. Naast de aanleg van het warmtenetwerk is tevens versterking van het elektriciteitsnetwerk nodig omdat iedere woning over een eigen warmtepomp beschikt. De aanleg van het warmtenet en de installatieonderdelen daarvan kunnen het ondergronds ruimtegebruik beïnvloeden.

Warmtenetwerk
Warmtenetwerken hebben een fors ondergronds ruimtebeslag. Zo moeten er verschillende leidingen worden aangelegd en bronnen gerealiseerd worden. Bijvoorbeeld transportleidingen, die het warme water van de bron naar de buurten transporteren, hebben een diameter van ongeveer 600 mm. Distributieleidingen, die het warme water de buurt door verspreiden, hebben een diameter tot maximaal 300 mm. Voor de huisaansluitingen worden ook leidingen met een diameter tot maximaal 100 mm gebruikt.

Het ruimtegebruik tijdens de aanleg van het warmtenet is meer dan alleen de diameter van de leidingen. Veelal wordt in een open ontgraving onder talud gewerkt. De sleufbreedte kan al snel 5 meter bedragen. Dit betekent dat goede planning en afstemming met andere ondergrondse voorzieningen noodzakelijk is. In de gebruiksfase beperkt het ruimtebeslag zich tot de leidingen zelf.

Bij het warmtenetwerk horen diverse installatieonderdelen, zoals warmteonderstations. Ook hiervoor worden sleuven uitgegraven met een oppervlak gelijk aan dat van het installatieonderdeel tot een diepte van ongeveer 1

m onder maaiveld. Verder neemt de installatie van een warmtewisselaarinstallatie ruimte in. Dit betreft ook transportleidingen die door middel van sleuven worden aangelegd. De warmtewisselaarput wordt ondergronds geplaatst en behoeft ook enige ruimtegebruik voor o.a. isolatie en afsluiters van deze put.

Door het ruimtegebruik van het warmtesysteem is er minder ruimte voor andere functies in de bodem, zoals bomen of afkoppeling van riolering. Dit betekent dat goede planning en afstemming met andere ondergrondse voorzieningen noodzakelijk is.

Elektriciteitsnetwerk

Het ondergrondse ruimtegebruik binnen dit alternatief bestaat ook uit het versterken van het elektriciteitsnetwerk. Hiervoor worden bestaande elektriciteitskabels vervangen en nieuwe kabels aangelegd. In gebieden waar de ondergrond al druk bezet is, kan dit tot inpassingsproblemen leiden. De impact van dit alternatief op het ondergrondse ruimtegebruik wordt echter beperkt ingeschat ten opzichte van de referentiesituatie. De uitbreiding van het elektriciteitsnet draagt namelijk bij aan meerdere ontwikkelingen en opgaven, zoals elektrisch rijden, die onderdeel zijn van de referentiesituatie.

Open bodemenergiesysteem

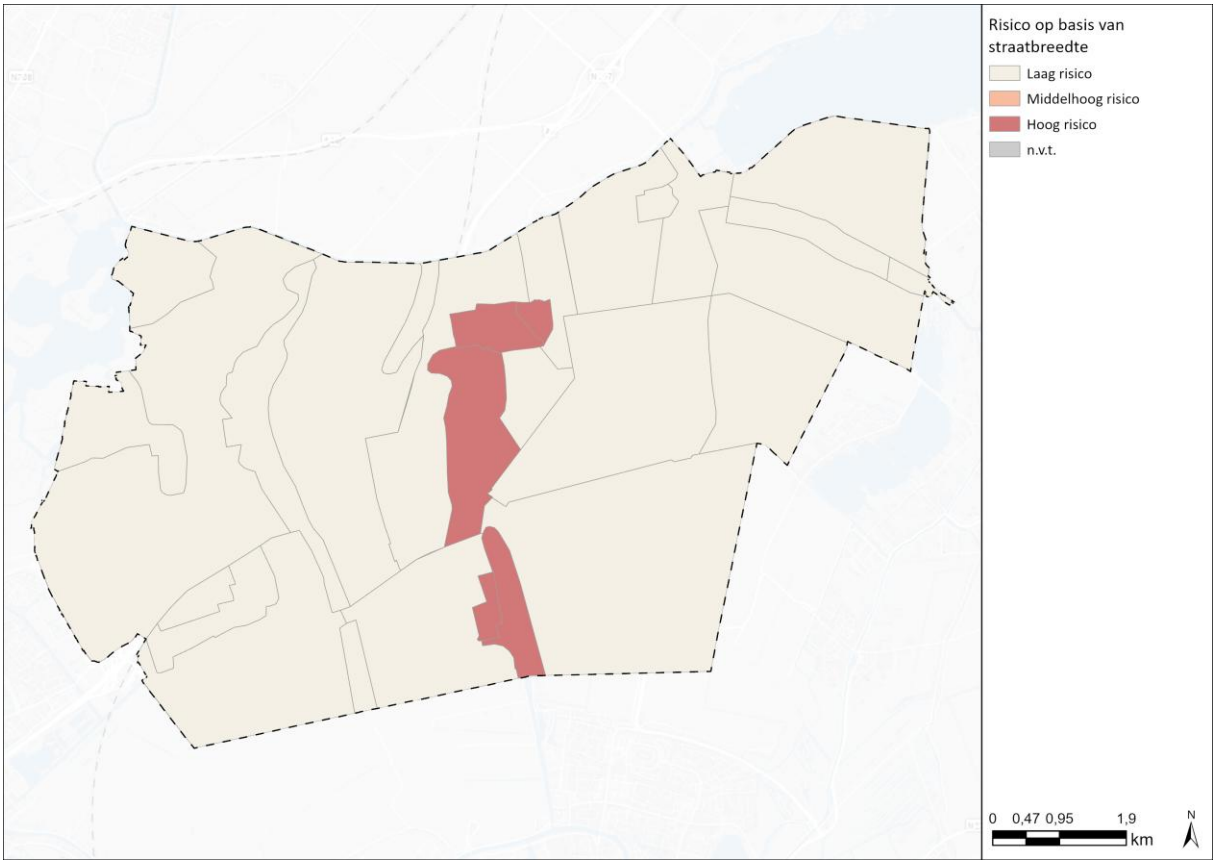
Bij dit alternatief worden open bodemenergiesystemen (OBES) toegepast. Eén OBES bestaat uit twee bronnen met ieder een thermische straal van ongeveer 40 meter.

OBES-bronnen moeten onderling ongeveer 100 meter uit elkaar liggen. Inclusief de benodigde interferentiebuffer neemt één OBES-doublet daardoor ondergronds circa 2 hectare in beslag. Dit betekent dat OBES-installaties een groot ruimtebeslag hebben. De beperkte beschikbare ondergrondse ruimte maakt het uitdagend om de bronnen zo te positioneren dat zij de warmtevraag goed kunnen bedienen. Door systemen slim te ordenen en te clusteren ontstaat meer flexibiliteit in de exacte plaatsing van de bronnen.

De grote hoeveelheid OBES-installaties legt bovendien een aanzienlijke claim op de ondergrond, waardoor minder ruimte overblijft voor andere opgaven, zoals parkeerkelders, diepriolen of tunnels. Het warmtenet in combinatie met het grote aantal OBES-bronnen vraagt daarmee veel ondergrondse ruimte. Door de beperkte beschikbare ruimte is zorgvuldige ordening en clustering noodzakelijk.

2.2.3.5 *Onderscheid in buurttypen*

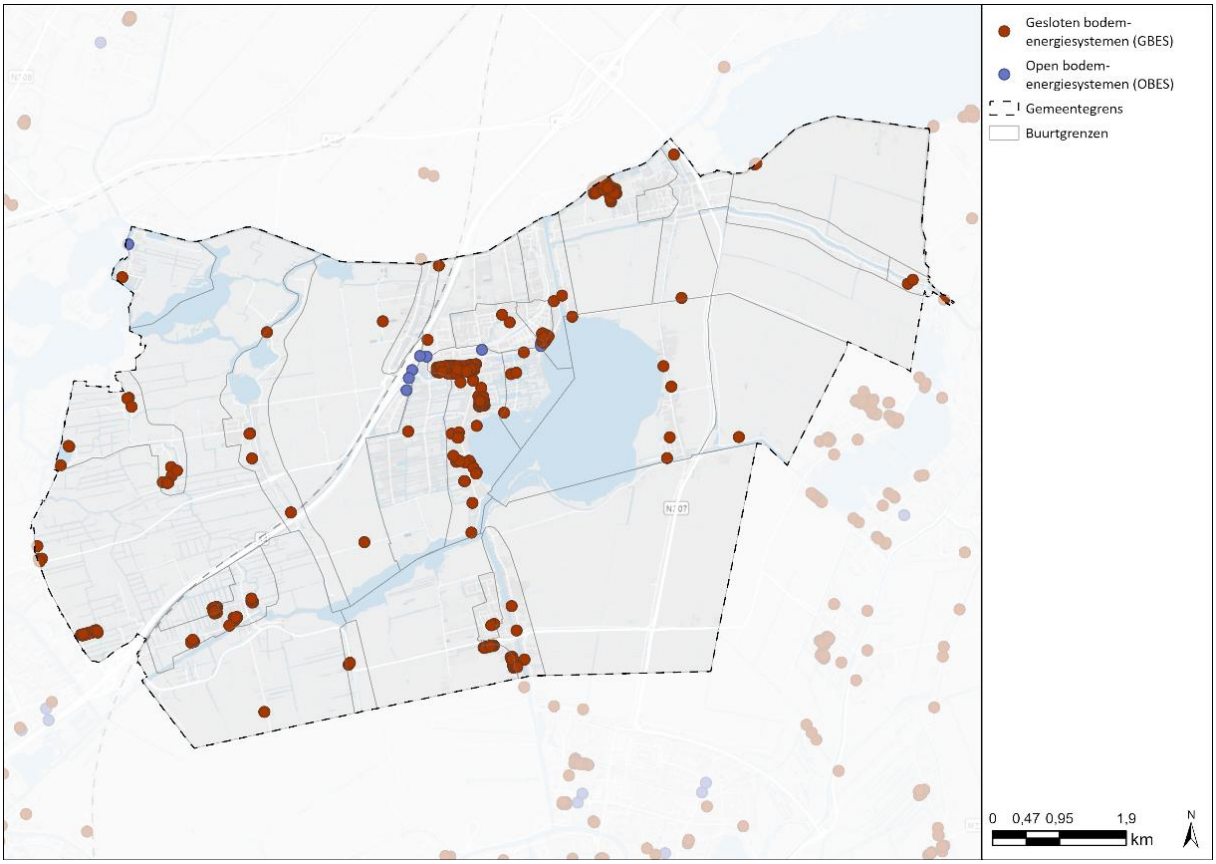
Het buurttypekenmerk ‘straatbreedte’ heeft impact op de ruimtelijke ondergrondse inpassing van de alternatieven. Met name in gebieden met relatief smalle straten kan er te weinig ruimte zijn in het straatprofiel om de warmteleidingen en elektriciteitskabels aan te leggen. Dit geldt andersom ook voor relatief brede straten, daar zal meer ruimte zijn voor het inpassen van leidingen en kabels. Dit is per buurt afgebeeld in het onderstaande figuur. Kleine straten hebben een groot risico qua beschikbaarheid van ondergrondse ruimte. Voor middelbrede straten is dit risico middelhoog en voor brede straten is het risico laag. De buurttypen bloemkoolwijk en vooroorlogse woonwijk hebben een hoog risico, er is hier daarom meer aandacht nodig voor het implementeren van mitigerende maatregelen om potentiële effecten te minimaliseren.



Figuur 2-6 Straatbreedte, als indicator voor ondergronds ruimtegebruik

2.2.3.6 Locatiespecifiek

In onderstaande figuur staan de bestaande GBES en OBES in de gemeente weergegeven. Op deze plekken zal rekening gehouden moeten worden met eventuele interferentie met bodemenergiesystemen. De gemeente Kaag en Braassem heeft geen Verordening interferentiegebieden bodemsystemen om beïnvloeding tussen verschillende bodemenergiesystemen te voorkomen.



2.2.3.7 Conclusie

Vanuit het aspect ondergronds ruimtegebruik zijn er geen aanzienlijke milieueffecten die aanleiding geven tot het opstellen van een plan-MER.

Ondergrondse warmtesystemen in alternatief 2, 5 en 6 kunnen een aanzienlijke claim leggen op de ondergrond, waardoor minder ruimte overblijft voor andere opgaven, zoals parkeerkelders, diepriolen of tunnels. Door de beperkte beschikbare ruimte is zorgvuldige ordening, clustering en afstemming met andere opgaven in de ondergrond noodzakelijk.

2.3 Natuur en biodiversiteit

In deze paragraaf is ingegaan op het thema natuur en biodiversiteit. Dit thema kan niet onderscheidend beoordeeld worden op buurttypeniveau. Om die reden is niet ingegaan op buurtypen, maar zijn de gemeentebrede milieueffecten beschouwd. Er is naar de volgende aspecten gekeken (zie Tabel 2.3):

- Beschermde soorten: de impact op beschermde diersoorten. Hier wordt gekeken naar gierzwaluw, huismus en vleermuizen. Dit zijn bouwwerkafhankelijke soorten waarvan de verblijfplaatsen bescherm zijn;
- Beschermde gebieden: de impact op de beschermde natuurgebieden Natuurnetwerk Nederland en Natura 2000. Natura 2000 is een Europees netwerk van beschermde gebieden. Het natuurnetwerk is een netwerk van natuurgebieden in Nederland.

Tabel 2.3 Beoordelingskader natuur en biodiversiteit

Thema	Aspect	Indicator	Aanleg- en/of gebruiksfase
Natuur en biodiversiteit	Beschermde soorten	Impact op beschermde soorten	Aanleg- en gebruiksfase
	Beschermde gebieden	Impact op NNN-gebieden en Natura 2000-gebieden	Aanlegfase

2.3.1 Effectbeschrijving beschermde soorten

In de Omgevingswet vindt soortenbescherming vindt plaats binnen en buiten het Natuurnetwerk Nederland (NNN). De meest bekende beschermde soorten die voorkomen in het stedelijk gebied zijn algemene broedvogels (gierzwaluw en huismus) en vleermuizen. De effectbeschrijving richt zich met name op deze soorten. Er kunnen ook andere soorten in het stedelijk gebied voorkomen. Voor elke beschermde soort geldt de algemene zorgplicht.

Beschermde soorten in de bebouwde omgeving kunnen te maken hebben met verschillende verstoringseffecten. Deze effecten ontstaan door het aanleggen of gebruiken van verschillende aardgasvrije technieken. De belangrijkste effecten die in de bebouwde kom kunnen ontstaan voor beschermde soorten zijn effecten door het isoleren van gebouwen, toename in geluidhinder en toename in warmte-uitstoot.

Isolatie

Het isoleren van gebouwen tijdens de aanlegfase kan aanzienlijke problemen veroorzaken voor vleermuizen. Voor de gemeente Kaag en Braassem wordt dit geborgd via een Soortenmanagementplan (SMP), waarin soortbescherming en biodiversiteit worden vastgelegd binnen de ruimtelijke ontwikkelingen en verduurzamingsactiviteiten. In maart 2026 is door KP Adviseurs een eerste veldonderzoek gestart als onderdeel van het basisonderzoek (nulmeting), waarbij de aanwezige beschermde soorten in kaart worden gebracht. Vleermuizen gebruiken vaak spouwmuren, dakruimtes en andere holtes in gebouwen als verblijfplaatsen. Isolatie kan deze toegangen blokkeren, waardoor vleermuizen hun schuilplaatsen verliezen. Tijdens isolatiewerkzaamheden kunnen vleermuizen worden verstoord, vooral tijdens hun kraamperiode of winterslaap, wat leidt tot stress en verstoring van hun natuurlijke gedrag. Onzorgvuldig isoleren kan vleermuizen insluiten in hun verblijfplaatsen, wat kan leiden tot sterfte door verhongering of uitdroging. Als vleermuizen hun verblijfplaatsen verliezen, kunnen ze ook de toegang tot nabijgelegen voedselbronnen verliezen, wat hun overlevingskansen vermindert. Bovendien zijn vleermuizen in veel landen wettelijk beschermd, en het verstoren of vernietigen van hun verblijfplaatsen zonder de juiste vergunningen kan juridische consequenties hebben. Het is belangrijk om bij isolatiewerkzaamheden rekening te houden met de aanwezigheid van vleermuizen en maatregelen te nemen om hun verblijfplaatsen te beschermen, bijvoorbeeld door het uitvoeren van een ecologisch onderzoek voorafgaand aan de werkzaamheden en het creëren van alternatieve verblijf- en nestplaatsen.

De alternatieven verschillen in de benodigde isolatiewaarden (schillabel) om effectief te kunnen zijn. Gemiddeld wordt D+ of B+ aangehouden. Gemiddeld hebben huizen in Nederland een schillabel van C of D. Dit zijn huizen met een matige isolatiewaarde waar ruimte voor verbetering is. De maatregelen die nodig zijn om naar een hoger schillabel te komen zijn als volgt:

Van F+ naar D+:

- Spouwmuurisolatie aanbrengen;
- Vloerisolatie aanleggen;

- Dakisolatie aanleggen vanuit de binnenkant (zoals korrels of platen).

Van D+ naar B+:

- Verbeteren van dakisolatie d.m.v. vulmethoden;
- Vervangen van enkelzijdig glas naar HR++ glas;
- Aanbrengen van extra spouw- of gevelisolatie;
- Extra verbetering van kierdichting bij kozijnen en deuren (d.m.v. kitten).

Het isoleren van een woning betekent in grote lijnen dat extra isolatiemaatregelen nodig zijn, zoals het verbeteren van dak- en muurisolatie. Het vervangen van ramen kan ook onderdeel zijn van deze maatregelen, maar dit heeft geen invloed op verblijfplaatsen van vleermuizen. Wanneer er voor een alternatief minimaal energielabel B+ nodig is, moet daarom rekening worden gehouden met mogelijke negatieve effecten op vleermuizen, omdat het dan aannemelijk is dat er isolatiewerkzaamheden aan de woning plaatsvinden. Het feit dat een gebouw al geïsoleerd is, betekent bovendien niet dat er geen beschermde soorten aanwezig kunnen zijn.

Geluid

Overlast door geluid tijdens de aanleg en het gebruik van de alternatieven kan effecten hebben op vogels zoals de gierzwaluw en de huismus. Het kan hun communicatie verstoren, wat invloed heeft op hun voortplantingssucces, aangezien beide soorten geluid gebruiken om partners te lokken en hun territorium te verdedigen. Langdurige blootstelling aan hoge geluidsniveaus kan stress veroorzaken, wat hun gezondheid en overlevingskansen vermindert. Geluidsoverlast kan ook hun gedrag verstoren, zoals foerageerpatronen en nestbouw, wat leidt tot minder efficiënt voedsel zoeken en lagere reproductiesuccessen. In sommige gevallen kunnen vogels gebieden met hoge geluidsniveaus vermijden, wat kan leiden tot verlies van geschikte habitats en een afname van de populatie in die gebieden. Hoewel sommige vogels zich kunnen aanpassen aan geluidsoverlast door hun zangfrequentie of timing aan te passen, varieert dit vermogen tussen soorten en individuen. Deze effecten benadrukken het belang van het beheersen van geluidsoverlast in stedelijke en natuurlijke omgevingen om de gezondheid en het welzijn van vogelpopulaties te beschermen.

Hittestress

Hittestress kan aanzienlijke effecten hebben op beschermde broedvogels in stedelijke gebieden, met name op de mate van broedsucces. Extreme hitte kan leiden tot een hogere lichaamstemperatuur bij vogels, wat hun fysieke conditie en overlevingskansen kan verminderen. Daarnaast kan hitte de beschikbaarheid van voedsel beïnvloeden, aangezien insectenpopulaties kunnen afnemen in extreme hitteperiodes. Dit kan resulteren in voedselschaarste voor broedvogels, wat hun broedresultaten negatief beïnvloedt. Bovendien kunnen hittegolven leiden tot verstoring van broedgedrag, zoals verlengde broedtijd of verplaatsing naar koelere gebieden. In paragraaf 2.5 is afzonderlijk ingegaan op een mogelijke toename van hittestress door de implementatie van het warmteprogramma. De conclusie is dat effecten beperkt zijn ten opzichte van de referentiesituatie. Voor de beoordeling van het aspect hittestress wordt verwezen naar paragraaf 2.5.

2.3.1.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Aanlegfase

Gierzwaluw en huismus

Bij de aanleg van individuele lucht warmtepompen worden werkzaamheden aan het huis van bewoners uitgevoerd. Voor de werkzaamheden is geen zwaar materieel benodigd, maar volstaat het gebruik van (elektrische) busjes. Ook moet het elektriciteitsnet verzwaard worden. De werkzaamheden in de aanlegfase van dit alternatief kunnen tijdelijk tot extra geluid leiden, maar zijn relatief kort van duur. Er zijn geen aanzienlijke milieueffecten op de gierzwaluw en de huismus in de aanlegfase.

Vleermuizen

Bij dit alternatief wordt geïsoleerd naar minimaal schillabel B+. Dit betekent dat verblijfsplaatsen van vleermuizen kunnen worden verstoord, mits er niet voldoende mitigerende maatregelen worden toegepast. Het is belangrijk om bij isolatiewerkzaamheden rekening te houden met de aanwezigheid van vleermuizen en maatregelen te nemen om hun verblijfplaatsen te beschermen, bijvoorbeeld door het uitvoeren van een ecologisch onderzoek voorafgaand aan de werkzaamheden en het creëren van alternatieve verblijf- en nestplaatsen. Op deze wijze worden aanzienlijke milieueffecten op vleermuizen voorkomen.

Gebruiksfase

Gierzwaluw en huismus
Luchtwarmtepompen kunnen in de gebruiksfase zorgen voor geluid en trillingen door de werking van de compressor en ventilator. Geluid en trillingen kunnen (zoals eerder beschreven) negatieve effecten hebben op de rust- en verblijfsplaatsen van vogels. Echter, het geluidseffect van de luchtwarmtepompen blijft qua omvang beperkt en gaat al snel op in de al bestaande stedelijke achtergrondgeluiden. Effecten van geluid op beschermde soorten in de gebruiksfase worden niet verwacht.

2.3.1.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Aanlegfase
Gierzwaluw en huismus
Voor het aanleggen van een bodemwarmtepomp moet voor iedere woning een bron geboord worden. Deze boring wordt door een grote, zware mechanische boorwagen uitgevoerd. De mechanische boringen zelf kunnen ook tijdelijk trillinghinder veroorzaken. De werkzaamheden zijn tijdelijk. De aanlegfase leidt niet tot blijvende effecten op geluid en trillingen. Er zijn geen aanzienlijke milieueffecten op de gierzwaluw en de huismus in de aanlegfase.

Vleermuizen
Bij dit alternatief wordt geïsoleerd naar minimaal schillabel B+. Dit betekent dat verblijfsplaatsen van vleermuizen kunnen worden verstoord, mits er niet voldoende mitigerende maatregelen worden toegepast. Het is belangrijk om bij isolatiewerkzaamheden rekening te houden met de aanwezigheid van vleermuizen en maatregelen te nemen om hun verblijfplaatsen te beschermen, bijvoorbeeld door het uitvoeren van een ecologisch onderzoek voorafgaand aan de werkzaamheden en het creëren van alternatieve verblijf- en nestplaatsen. Op deze wijze worden aanzienlijke milieueffecten op vleermuizen voorkomen.

Gebruiksfase
Gierzwaluw en huismus
Bodemwarmtepompen hebben geen installatie aan de buitenkant van de woning. Het geluidsniveau buiten is daarom minimaal en er zijn daardoor geen effecten op de gierzwaluw en de huismus.

2.3.1.3 Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen (S3c, d, f, h)

Aanlegfase
Gierzwaluw en huismus
In de aanlegfase zijn voor beschermde soorten voornamelijk effecten als gevolg van trillingen en geluid te verwachten door de werkzaamheden die gedaan moeten worden voor de aanleg van het warmtenet. De werkzaamheden zijn tijdelijk. De aanlegfase leidt niet tot blijvende effecten op geluid en trillingen. Er zijn geen aanzienlijke milieueffecten op de gierzwaluw en de huismus in de aanlegfase.

Vleermuizen
Er zijn geen effecten te verwachten ten opzichte van de referentiesituatie, aangezien er geen isolatiemaatregelen van toepassingen zijn voor dit alternatief.

Gebruiksfase
Gierzwaluw en huismus
De warmteoverdrachtsstations en collectieve warmtepompen kunnen een lichte toename van geluid veroorzaken. Echter, het geluidseffect hiervan blijft qua omvang beperkt en gaat al snel op in de al bestaande stedelijke achtergrondgeluiden. Effecten van geluid op beschermde soorten worden niet verwacht.

2.3.1.4 Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen (S3a, b, e, g)

Aanlegfase
Gierzwaluw en huismus
In de aanlegfase zijn voor beschermde soorten voornamelijk effecten als gevolg van trillingen en geluid te verwachten door de werkzaamheden die gedaan moeten worden voor de aanleg van het warmtenet. De werkzaamheden zijn tijdelijk. De aanlegfase leidt niet tot blijvende effecten op geluid en trillingen. Er zijn geen aanzienlijke milieueffecten op de gierzwaluw en de huismus in de aanlegfase.

Vleermuizen

Bij dit alternatief wordt geïsoleerd naar D+ en B+. Dit betekent dat verblijfsplaatsen van vleermuizen kunnen worden verstoord, mits er niet voldoende mitigerende maatregelen worden toegepast. Het is belangrijk om bij isolatiewerkzaamheden rekening te houden met de aanwezigheid van vleermuizen en maatregelen te nemen om hun verblijfplaatsen te beschermen, bijvoorbeeld door het uitvoeren van een ecologisch onderzoek voorafgaand aan de werkzaamheden en het creëren van alternatieve verblijf- en nestplaatsen. Op deze wijze worden aanzienlijke milieueffecten op vleermuizen voorkomen.

Gebruiksfase

Gierzwaluw en huismus

De warmteoverdrachtsstations en collectieve warmtepompen kunnen een lichte toename van geluid veroorzaken. Echter, het geluidseffect hiervan blijft qua omvang beperkt en gaat al snel op in de al bestaande stedelijke achtergrondgeluiden. Effecten van geluid op beschermde soorten worden niet verwacht.

2.3.1.5 *Onderscheid in buurttypen*

Er is geen onderscheid te maken naar de verschillende buurttypen.

2.3.1.6 *Locatiespecifiek*

In voorgaand hoofdstuk over beschermde soorten is ingegaan op de mate waarop isolatie, geluid en hittestress effect kunnen hebben op beschermde soorten in stedelijk gebied.

Op basis van de provinciale lijst van icoonsoorten is onderzoek gedaan naar de soorten die in de gemeente Kaag en Braassem verwacht worden vanwege de aanwezige landschapstypen. Twee van de verwachte soorten zijn (nog) niet aanwezig. Het betreft de bever en de otter. De bever is wel gesignaleerd in wateren zo'n 20 kilometer van de gemeente Kaag en Braassem. Er is geschikt leefgebied voor de bever aanwezig in de gemeente. Wanneer populaties groeien kan het dat de bever zich in de gemeente vestigt. De otter is aanwezig in de Nieuwkoopse plassen, op zo'n 10 kilometer afstand van de gemeente Kaag en Braassem. Het is een reële mogelijkheid dat de otter zich naar de gemeente verspreid. Voor de verschillende soorten bestaan er wel bedreigingen in de gemeente. De impact van verschillende bedreigingen verschilt per soort en is in de volgende tabel weergegeven.

Tabel 2.4 Overzicht voorkomen (v) en bedreigingen voor icoonsoorten gemeente Kaag en Braassem (Bron: Adviesbureau E.C.O.Logisch B.V., 2021).

Soort	Landschapstype	V	Bedreigingen							
			WR	EX	IG	VI	ET	VS	VKL	RRI
Argusvlinder	Klei- en veenweide									
Bever	Delta en rivier									
Boomklever	Kust en duinen									
Blauwborst	Delta en rivier									
Egel	Stedelijk gebied									
Gewone dotterbloem	Klei- en veenweide									
Gierzwaluw	Stedelijk gebied									
Glassnijder	Klei- en veenweide									
Groene glazenmaker	Klei- en veenweide									
Grutto	Klei- en veenweide									
Huismus	Stedelijk gebied									
Kleine zwaan	Klei- en veenweide									
Kluut	Delta en rivier									
Konijn	Kust en duinen									
Meervleermuis	Klei- en veenweide									
Merel	Stedelijk gebied									
Nachtegaal	Kust en duinen									
Noordse woelmuis	Delta en rivier									
Otter	Delta en rivier									
Patrijs	Klei- en veenweide									
Purperreiger	Klei- en veenweide									
Rietorchis	Klei- en veenweide									
Roerdomp	Klei- en veenweide									

Soort	Landschapstype	V	Bedreigingen							
			WR	EX	IG	VI	ET	VS	VKL	RRI
Rosse vleermuis	Kust en duinen									
Rugstreeppad	Kust en duinen									
Steenuil	Klei- en veenweide									
Weidehommel	Stedelijk gebied									
Wilde hyacint	Kust en duinen									
Zwarte stern	Klei- en veenweide									

De verschillende bedreigingen zijn afgekort : Waterrecreatie (WR), Exoten en lastige soorten (EX), Inrichting en groenbeheer (IG), Verkeer en Infrastructuur (VI), Energietransitie (ET), Verstening (VS), Verdwijnen kleine landschapselementen (VKL), en Renovatie/ruimtelijke ingrepen (RRI)

Bij de uitvoering van werkzaamheden geldt altijd de wettelijke zorgplicht voor beschermde soorten. Dit betekent dat schade aan individuen, nesten of leefgebieden waar mogelijk moet worden voorkomen of beperkt, ongeacht de soort of het beschermingsniveau.

2.3.1.7 Conclusie

Vanuit het aspect beschermde soorten zijn er geen aanzienlijke milieueffecten die aanleiding geven tot het opstellen van een plan-MER.

Om negatieve effecten op beschermde soorten te beperken zijn verschillende maatregelen mogelijk:

- Voor alle beschermde soorten geldt dat het essentieel is om vooraf onderzoek te doen naar welke verschillende soorten aanwezig zijn. Dit is verplicht onder de Omgevingswet.
- Tijdens de aanlegfase kan rekening gehouden worden met gevoelige periodes van beschermde soorten. Zo kan er buiten deze gevoelige periodes gewerkt worden, door:
    - buiten broedseizoen te werken;
    - enkel overdag te werken: zo kan het geluid en trillingen van de werkzaamheden opgaan in het stedelijk achtergrondgeluid;
    - het plaatsen van alternatieven nestkasten (in de juiste periode voor de betreffende diersoort).
- Het is belangrijk om bij isolatiewerkzaamheden rekening te houden met de aanwezigheid van vleermuizen en maatregelen te nemen om hun verblijfplaatsen te beschermen, bijvoorbeeld door het uitvoeren van een ecologisch onderzoek voorafgaand aan de werkzaamheden en het creëren van alternatieve verblijf- en nestplaatsen.

2.3.2 Effectbeschrijving beschermde natuurgebieden

De werkzaamheden voor de implementatie van het warmteprogramma kunnen verstoringseffecten hebben op beschermde natuurgebieden als Natura 2000-gebieden en NNN-gebieden. Onderstaand zijn per alternatief de potentiële effecten op de beschermde gebieden beschreven.

Omdat aanleg van warmtenetten of andere voorzieningen over het algemeen niet voorzien is in NNN of N2000-gebieden is een eventueel direct effect door fysieke ligging in beschermde gebieden in het MER niet nader beschouwd.

Effecten door stikstofdepositie in de aanlegfase zijn nader beschouwd. In de gebruiksfase is er geen sprake van stikstofemissie. Effecten door stikstofdepositie in de gebruiksfase zijn uitgesloten.

Stikstofdepositie
Stikstofoxiden en ammoniak in de lucht komen uiteindelijk weer op de grond neer. Dit is stikstofdepositie. Stikstofdioxide (NO_x) is een gas dat voornamelijk wordt uitgestoten door verkeer en industriële activiteiten. De hoogte van de depositie is afhankelijk van de afstand van de bron. Dicht bij de bron is de depositie van stikstof gemiddeld het hoogst. De hoogte van de stikstofdepositie is dus afhankelijk van de intensiteit van de werkzaamheden en de afstand tot stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden. Zo slaat binnen een afstand van 500 meter van de bron circa 5% van de ammoniak en 2,5% van de stikstofoxiden neer. Op grotere afstand van de bron slaat relatief minder stikstof neer omdat ammoniak en stikstofoxiden steeds meer verdunnen in de lucht. Voor elk habitattype, oftewel natuursoort, is een limiet vastgesteld: de kritische grenswaarde. Boven deze limiet bestaat het risico op verslechtering van de natuur door stikstofdepositie.

Werktuigen stikstof
Bij de meeste bouwprojecten worden werktuigen ingezet om de bouw te realiseren. Deze werktuigen stoten stikstof uit. Hoeveel stikstof de werktuigen uitstoten is afhankelijk van meerdere factoren.

Eén van deze factoren is hoeveel draaiuren het werktuig per jaar maakt tijdens de realisatiefase. Een werktuig zal niet constant in gebruik zijn over de volledige realisatiefase. Een andere factor is het type werktuig. Het soort werktuig, het vermogen van het werktuig en het jaar waarin het werktuig is gemaakt zijn allemaal bepalende factoren van de totale stikstofemissie. Deze gegevens worden in de berekening meegenomen. Wanneer blijkt dat een project een te hoge stikstofuitstoot zal opleveren is het in sommige gevallen mogelijk om met moderne werktuigen of elektrische werktuigen te werken waardoor binnen de kritische grenswaarde gebleven kan worden zodat aan de instandhoudingsdoelstellingen voor Natura 2000-gebieden kan worden voldaan.

Verkeer stikstof
Bij werkzaamheden zal personeel op locatie moeten komen. Dit resulteert in een toename in verkeer op locatie. Deze toename in verkeer veroorzaakt een toename in stikstofemissies. Daarnaast wordt verkeer opgedeeld in licht (personenauto's), middelzwaar (busjes) en zwaar (vrachtwagens) verkeer, dit heeft ook invloed op de mate van stikstofemissie.

Met behulp van het programma N-DOK is een voorbeeldrapportage opgesteld waarin aan de hand van het type machine en de duur van de uitvoering, berekend wordt hoeveel stikstof wordt uitgestoten bij de aanleg van 100 meter warmtenet. Voor de aanleg van een warmtenet is een grote open ontgraving en het transport van materieel gemodelleerd. De stikstof uitstoot per 100 meter warmtenet bedraagt 42,6 gram/jaar NH3 en 5,9 kg/jaar NOx. Bepalend voor de mate van stikstofuitstoot is het aantal meters warmtenet wat moet worden aangelegd. De berekeningen zijn uitgevoerd uitgaande van diesel aangedreven machines.

2.3.2.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Aanlegfase
Bij de aanleg van individuele lucht warmtepompen worden werkzaamheden aan het huis van bewoners uitgevoerd. Voor de werkzaamheden is geen zwaar materieel benodigd, maar volstaat het gebruik van (elektrische) busjes. Ook moet het elektriciteitsnet verzwaard worden. De werkzaamheden in de aanlegfase van dit alternatief kunnen tijdelijk tot extra geluid leiden, maar zijn relatief kort van duur. Er treden geen (blijvende) effecten op in en nabij beschermde gebieden.

Werkzaamheden aan een woning leiden niet tot stikstofdepositie. Het gaat om een zeer beperkt aantal vervoersbewegingen die bovendien elektrisch uitgevoerd kunnen worden. Deze verplaatsingen maken onderdeel uit van het heersend verkeersbeeld en zorgen daardoor niet voor een toename van emissies boven op de referentiesituatie. Hierdoor is geen relevante bijdrage aan stikstofdepositie op stikstofgevoelige habitats te verwachten. Effecten zijn uitgesloten.

Gebruiksfase
Het geluidseffect van de luchtwarmtepompen blijft qua omvang beperkt. Effecten van geluid op beschermde gebieden worden niet verwacht.

2.3.2.2 *Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)*

Aanlegfase
Bij de aanleg van individuele bodemwarmtepompen en verzwaring van het elektriciteitsnet is er een lichte toename van geluid, licht en trillingen als gevolg van de werkzaamheden. Dit kan leiden tot een tijdelijke verstoring van beschermde gebieden als deze in de nabije omgeving gelegen zijn. De aanlegfase leidt niet tot blijvende verstoring van beschermde gebieden.

Tijdens de aanleg vindt er mogelijk stikstofemissie plaats en is er een risico op stikstofdepositie op stikstofgevoelige habitats. Voorafgaand aan de werkzaamheden dient een stikstofberekening uitgevoerd te worden om te berekenen hoe hoog de stikstofuitstoot is en of er mogelijk stikstofdepositie plaatsvindt op stikstofgevoelige habitats. Indien hier sprake van is dienen er mitigerende maatregelen te worden genomen om de stikstofuitstoot te verminderen en stikstofdepositie op stikstofgevoelige habitats te voorkomen. Hiermee is geborgd dat er geen aanzienlijke milieueffecten optreden.

Gebruiksfase
Bodemwarmtepompen hebben geen installatie aan de buitenkant van de woning. Het geluidsniveau buiten is daarom minimaal en er zijn daardoor geen effecten op beschermde gebieden.

2.3.2.3 *Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen (S3c, d, f, h)*

Aanlegfase
Bij de aanleg van het warmtenet is er een lichte toename van geluid, licht en trillingen als gevolg van de werkzaamheden. Ook kan er een verandering van de grondwaterstand plaatsvinden als gevolg van bemaling (indien dit nodig is). Dit kan leiden tot een tijdelijke verstoring van beschermde gebieden als deze in de nabije omgeving gelegen zijn. De aanlegfase leidt niet tot blijvende verstoring van beschermde gebieden.

Tijdens de aanleg vindt er stikstofemissie plaats en is er een risico op stikstofdepositie op stikstofgevoelige habitats. De stikstofuitstoot per 100 meter warmtenet bedraagt 42,6 gram/jaar NH3 en 5,9 kg/jaar NOx. Voorafgaand aan de werkzaamheden dient een stikstofberekening uitgevoerd te worden om te berekenen hoe hoog de stikstofuitstoot is en of er mogelijk stikstofdepositie plaatsvindt op stikstofgevoelige habitats. Indien hier sprake van is dienen er mitigerende maatregelen te worden genomen om de stikstofuitstoot te verminderen en stikstofdepositie op stikstofgevoelige habitats te voorkomen. Hiermee is geborgd dat er geen aanzienlijke milieueffecten optreden.

Gebruiksfase
De warmteoverdrachtsstations en collectieve warmtepompen kunnen een lichte toename van geluid veroorzaken. Echter, het geluidseffect hiervan blijft qua omvang beperkt en gaat al snel op in de al bestaande stedelijke achtergrondgeluiden. Effecten van geluid op beschermde gebieden in de gebruiksfase worden niet verwacht.

2.3.2.4 *Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen (S3a, b, e, g)*

Aanlegfase
Bij de aanleg van het warmtenet is er een lichte toename van geluid, licht en trillingen als gevolg van de werkzaamheden. Ook kan er een verandering van de grondwaterstand plaatsvinden als gevolg van bemaling (indien dit nodig is). Dit kan leiden tot een tijdelijke verstoring van beschermde gebieden als deze in de nabije omgeving gelegen zijn. De aanlegfase leidt niet tot blijvende verstoring van beschermde gebieden.

Tijdens de aanleg vindt er stikstofemissie plaats en is er een risico op stikstofdepositie op stikstofgevoelige habitats. De stikstofuitstoot per 100 meter warmtenet bedraagt 42,6 gram/jaar NH3 en 5,9 kg/jaar NOx. Voorafgaand aan de werkzaamheden dient een stikstofberekening uitgevoerd te worden om te berekenen hoe hoog de stikstofuitstoot is en of er mogelijk stikstofdepositie plaatsvindt op stikstofgevoelige habitats. Indien hier sprake van is dienen er mitigerende maatregelen te worden genomen om de stikstofuitstoot te verminderen en stikstofdepositie op stikstofgevoelige habitats te voorkomen. Hiermee is geborgd dat er geen aanzienlijke milieueffecten optreden.

Gebruiksfase

De warmteoverdrachtsstations en collectieve warmtepompen kunnen een lichte toename van geluid veroorzaken. Echter, het geluidseffect hiervan blijft qua omvang beperkt en gaat al snel op in de al bestaande stedelijke achtergrondgeluiden. Effecten van geluid op beschermde gebieden in de gebruiksfase worden niet verwacht.

2.3.2.5 *Onderscheid in buurttypen*

Er is voor het aspect beschermde gebieden geen onderscheid te maken naar de verschillende buurttypen.

2.3.2.6 *Locatiespecifiek*

Bij de alternatieven 2, 5 en 6 wordt een licht negatief effect op beschermde gebieden verwacht. Verwacht wordt dat een toename in verstoring op NNN-natuurgebieden door geluid en trillingen optreedt bij werkzaamheden in de nabijheid. Dit betekent dat er in de gemeente aandacht besteed moet worden aan het voorkomen van verstoringseffecten in buurten nabij NNN- en Natura 2000-gebieden.

2.3.2.7 *Conclusie*

Vanuit het aspect beschermde gebieden zijn er geen aanzienlijke milieueffecten die aanleiding geven tot het opstellen van een plan-MER.

Om negatieve effecten op beschermde gebieden te beperken zijn bij de alternatieven 2, 5 en 6 verschillende maatregelen mogelijk:

- Werkzaamheden overdag uitvoeren om verstoring door geluid, licht en trillingen te beperken;
- Werken buiten kwetsbare periodes zoals het broed-, migratie- of voortplantingsseizoen;
- Bij bemalingswerkzaamheden mag de grondwaterstand in nabijgelegen natuurgebieden niet worden verlaagd, omdat dit negatieve effecten kan hebben op kwetsbare habitattypen en soorten. Om dit te voorkomen maatregelen nemen, zoals het beperken van de ontwateringsdiepte, het toepassen van retourbemaling en het nauwlettend monitoren van grondwaterstanden tijdens de werkzaamheden. Hierdoor blijft de invloed op het hydrologisch systeem buiten het werkgebied minimaal en worden dalingen in het beschermde natuurgebied voorkomen.
- Het toepassen van elektrisch materieel om stikstofuitstoot te verminderen en stikstofdepositie op stikstofgevoelige habitats te voorkomen.

2.4 Landschap, cultuurhistorie en archeologie

In deze paragraaf is ingegaan op de aspecten landschap, cultuurhistorie en archeologie:

- Voor landschap is beoordeeld in hoeverre een alternatief (beschermde) karakteristieken van een (historisch) landschap verandert. Gezien de tijdelijke aard van aanlegwerkzaamheden is dit aspect beoordeeld voor de gebruiksfase.
- Cultuurhistorie is de geschiedenis van alles dat door mensen gemaakt is en niet op natuurlijke wijze ontstaan is. Voor het thema cultuurhistorie zijn de milieueffecten van de alternatieven in de gebruiksfase onderzocht.
- Archeologie is de wetenschap die alle aspecten van samenlevingen uit het verleden bestudeert aan de hand van de materiële resten die de mens in het verleden heeft achtergelaten in en op de bodem. Voor het thema archeologie zijn de effecten van de alternatieven op archeologische waarden in de aanlegfase onderzocht.

Tabel 2.5 Beoordelingskader archeologie, cultuurhistorie en landschap

Thema	Aspect	Indicator	Aanleg- en/of gebruiksfase
Landschap, cultuurhistorie en archeologie	Landschappelijke waarden	Impact op landschappelijke waarden	Gebruiksfase
	Cultuurhistorische waarden	Impact op cultuurhistorische waarden	Gebruiksfase
	Archeologische waarden	Impact op archeologische waarden	Aanlegfase

2.4.1 Effectbeschrijving landschap

2.4.1.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Bij dit alternatief wordt per woning één luchtwarmtepomp geplaatst en wordt het bestaande elektriciteitsnet verzwaard. Hierbij worden nieuwe transformatorhuisjes en elektriciteitskabels aangelegd.

De individuele luchtwarmtepompen worden op privéterrein geplaatst. Hierbij is ervan uitgegaan dat er geen effecten optreden op bestaande landschappelijke waarden.

De transformatorhuisjes blijven, na de werkzaamheden voor verzwaring van het elektriciteitsnet, zichtbaar en bovengronds. Deze moeten ingepast worden binnen de bestaande structuren van de omgeving. De omvang van een transformatorhuisje varieert (gemiddeld twee bij drie meter). De impact op landschappelijke waarden is gering. Daarnaast komen transformatorhuisjes in verschillende vormen en maten en materialen die kunnen worden afgestemd op de omgeving.

2.4.1.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Dit alternatief bestaat uit een bodemwarmtepomp (GBES) per woning en verzwaring van het elektriciteitsnet. Een GBES wordt ondergronds geplaatst. De grond erboven wordt na het aanleggen hersteld en kan worden ingezet voor andere doeleinden. De bovengrondse impact is doorgaans nihil omdat de GBES bovengronds volledig wordt afgewerkt.

Het verzwaren van het elektriciteitsnet leidt tot de plaatsing van nieuwe transformatorhuisjes, die ingepast moeten worden in de bestaande situatie. De omvang van een transformatorhuisje varieert (gemiddeld twee bij drie meter). De impact op landschappelijke waarden is gering. Daarnaast komen transformatorhuisjes in verschillende vormen en maten en materialen die kunnen worden afgestemd op de omgeving.

2.4.1.3 Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen (S3c, d, f, h)

Voor dit alternatief worden nieuwe collectieve warmtepompen, een zeer lage temperatuur warmtenet en bijbehorende installaties (bijvoorbeeld een warmteoverdrachtsstation) aangelegd. De beoogde warmtebron is Warmte Koude Opslag (WKO). Daarnaast moet het elektriciteitsnet licht verzwaard worden. Hierbij worden bovengronds nieuwe transformatorhuisjes aangelegd. De collectieve warmtepompen en WKO worden in de buurten aangelegd. Er worden dus verschillende nieuwe elementen geïntroduceerd. Het exacte aantal nieuwe installaties is afhankelijk van de totale (piek)warmtevraag in een buurt. Een WKO ligt grotendeels ondergronds, slechts een kleine put blijft over, noodzakelijk voor onderhoud van de bron. Waar een WKO af te werken is in de straat of op andere grond, is een collectieve warmtepomp groter en vaak bovengronds. Deze dient zorgvuldig ingepast te worden in het bestaande landschap.

2.4.1.4 *Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen (S3a, b, e, g)*

Dit alternatief bestaat uit verschillende warmtebronnen (restwarmte, aquathermie en Warmte Koude Opslag (WKO)) gecombineerd met een zeer lage temperatuur warmtenet. De warmte uit het warmtenet wordt individueel opgewaardeerd met warmtepompen per woning.

De individuele luchtwarmtepompen worden op privéterrein geplaatst. Hierbij is ervan uitgegaan dat er geen effecten optreden op bestaande landschappelijke waarden.

De WKO's worden geplaatst in de buurten zelf, de andere warmtebronnen zijn afhankelijk van de aanwezige bestaande bronnen. Een WKO ligt grotendeels ondergronds, slechts een kleine put blijft over, noodzakelijk voor onderhoud van de bron. Bij het aftappen van warmte uit een waterlichaam of bij een industrieel proces zal minimaal tot aantasting zijn van bestaande landschappelijke waarden.

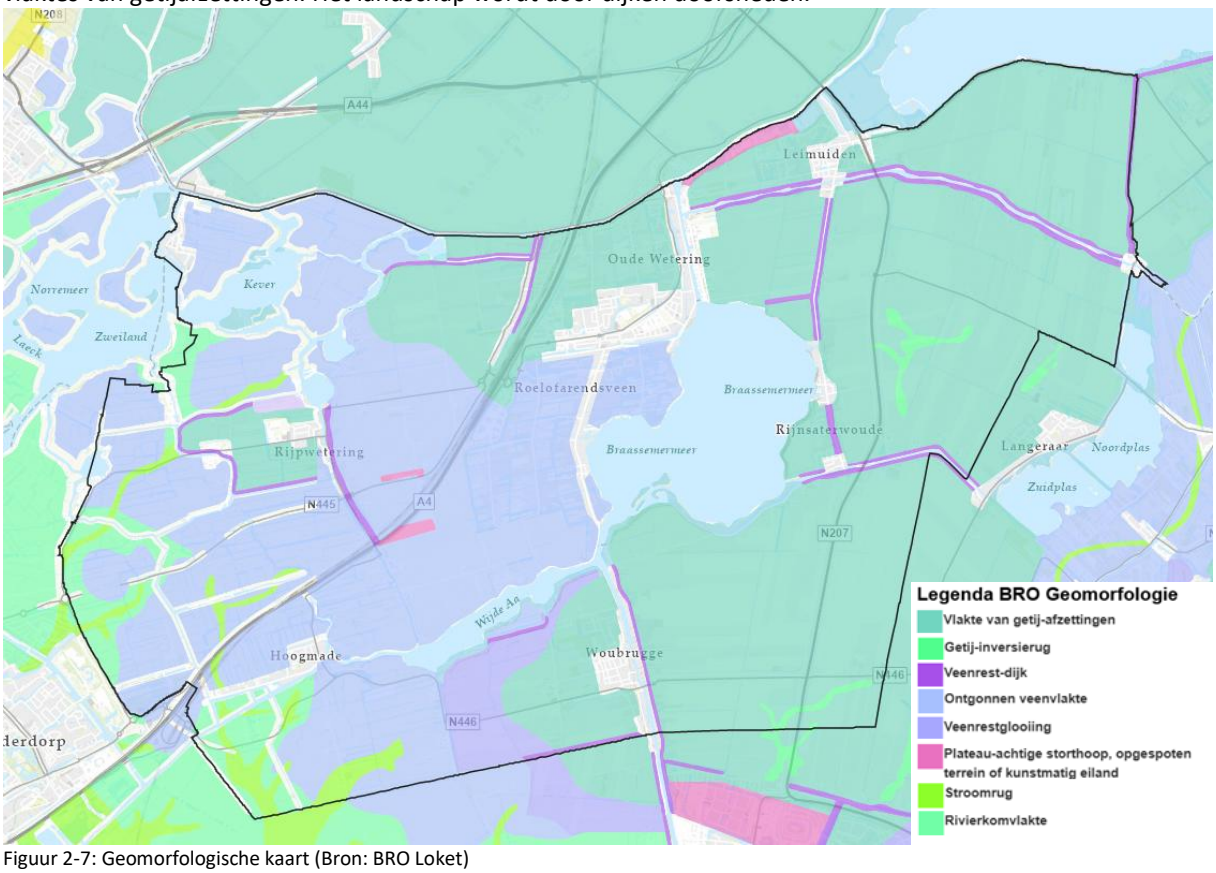
Daarnaast moet het elektriciteitsnet verzwaard worden om aan de elektriciteitsvraag van hybridewarmtepompen, hierbij worden bovengronds nieuwe transformatorhuisjes aangelegd. Het verzwaren van het elektriciteitsnet leidt tot de plaatsing van nieuwe transformatorhuisjes, die ingepast moeten worden in de bestaande situatie. De omvang van een transformatorhuisje varieert (gemiddeld twee bij drie meter). De impact op landschappelijke waarden is gering. Daarnaast komen transformatorhuisjes in verschillende vormen en maten en materialen die kunnen worden afgestemd op de omgeving.

2.4.1.5 *Onderscheid en buurttypen*

Landschap betreft een gebied zoals dat door mensen wordt waargenomen en waarvan het karakter bepaald wordt door natuurlijke en/of menselijke factoren en de interactie daartussen. Landschappelijke structuren en groeipatronen komen vaak tot uiting in de ruimtelijke opbouw van steden. Deze kenmerken zijn echter niet direct te relateren aan de gehanteerde buurttypen. Daarom blijft de effectbeoordeling voor alle buurttypen gelijk.

2.4.1.6 *Locatiespecifiek*

De gemeente Kaag en Braassem kent meerdere landschapstypen. In het westen bestaat een groot deel van de gemeente uit ontgonnen veenvlaktes. In het oosten van de gemeente bestaat het landschap voornamelijk uit vlaktes van getijafzettingen. Het landschap wordt door dijken doorsneden.

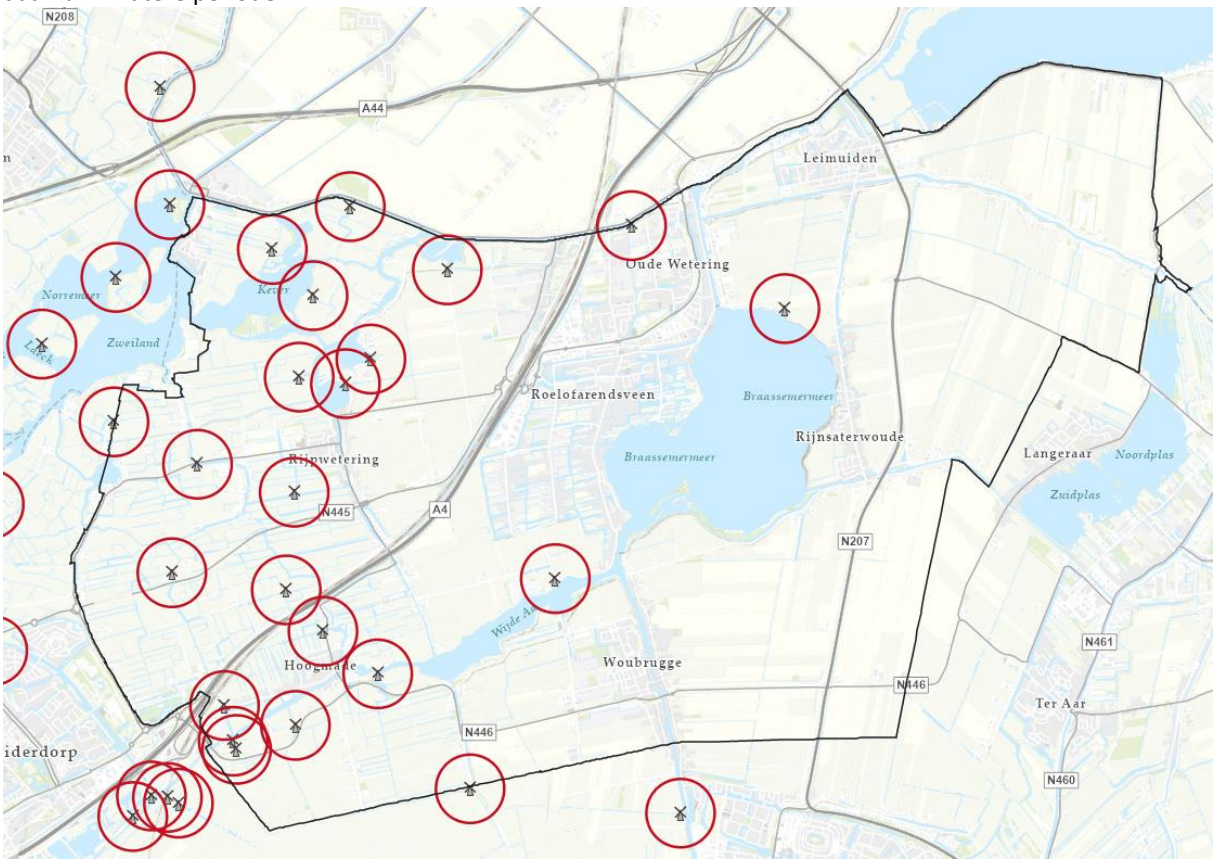


Figuur 2-7: Geomorfologische kaart (Bron: BRO Loket)

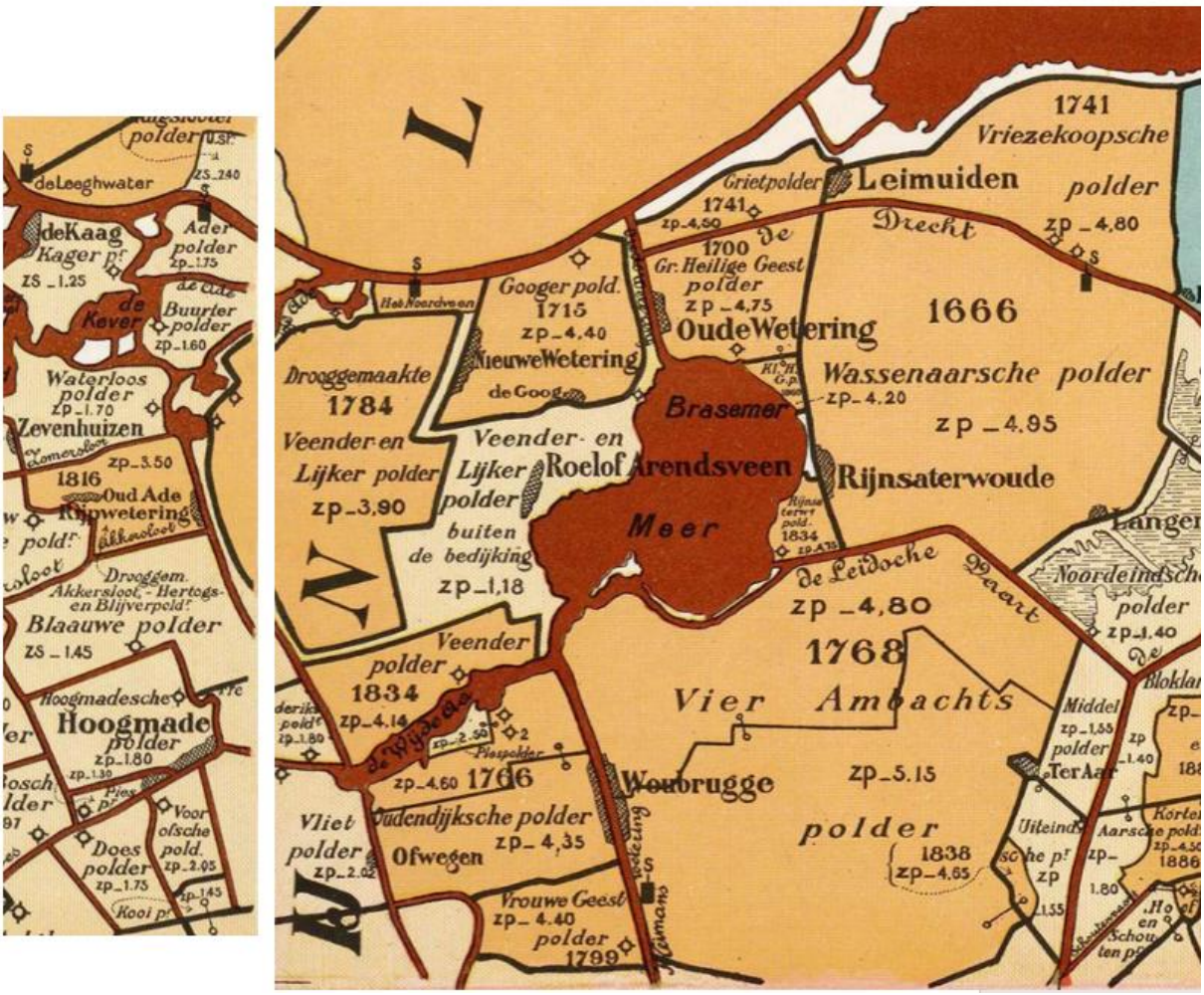
In de Middeleeuwen werd het veenlandschap in gebruik genomen. Ontginning gebeurde vanaf een ontginningsas, zoals een weg, in stroken. In een deel van de gemeente is deze strokenverkaveling nog terug te zien in het landschap. Er kon soms akkerbouw bedreven worden voor de nabijgelegen grote steden. Door de bodemdaling werd het gebied echter steeds natter, waardoor het niet langer geschikt was voor akkerbouw. Een andere reden waarom het gebied steeds natter werd was de winning van turf. Ook turf werd vervoerd naar de omliggende grote steden als brandstof. Grootschalige vervening vond vanaf de 15e eeuw plaats en leidde tot de vorming van grote veenplassen. Met droogmakerijen werd het landschap weer droog bemaald.

Polders en droogmakerijen werden dus aangelegd om het water van de natte gebieden weg te pompen. In de gemeente Kaag en Braassem liggen o.a. de Vierambachtspolder (jaar van droogvallen: 1838) en de Veender- en Lijkerpolder (jaar van droogvallen: 1784).

In de gemeente zijn nog verschillende elementen in het landschap aanwezig die herinneren aan het verleden. Gedacht kan worden aan de dijken, sloten en andere watergangen die wijzen naar het historisch watersysteem. Ook zijn een groot aantal molens aanwezig, met bijbehorende molenbiotoop. Het betreft voornamelijk poldermolens. Deze molens zijn in verband te brengen met inpoldering in de 15de of 16de eeuw of optimalisaties daarvan in latere perioden.



Figuur 2-8: Windmolens met molenbiotoop (Bron: Provincie Zuid-Holland)

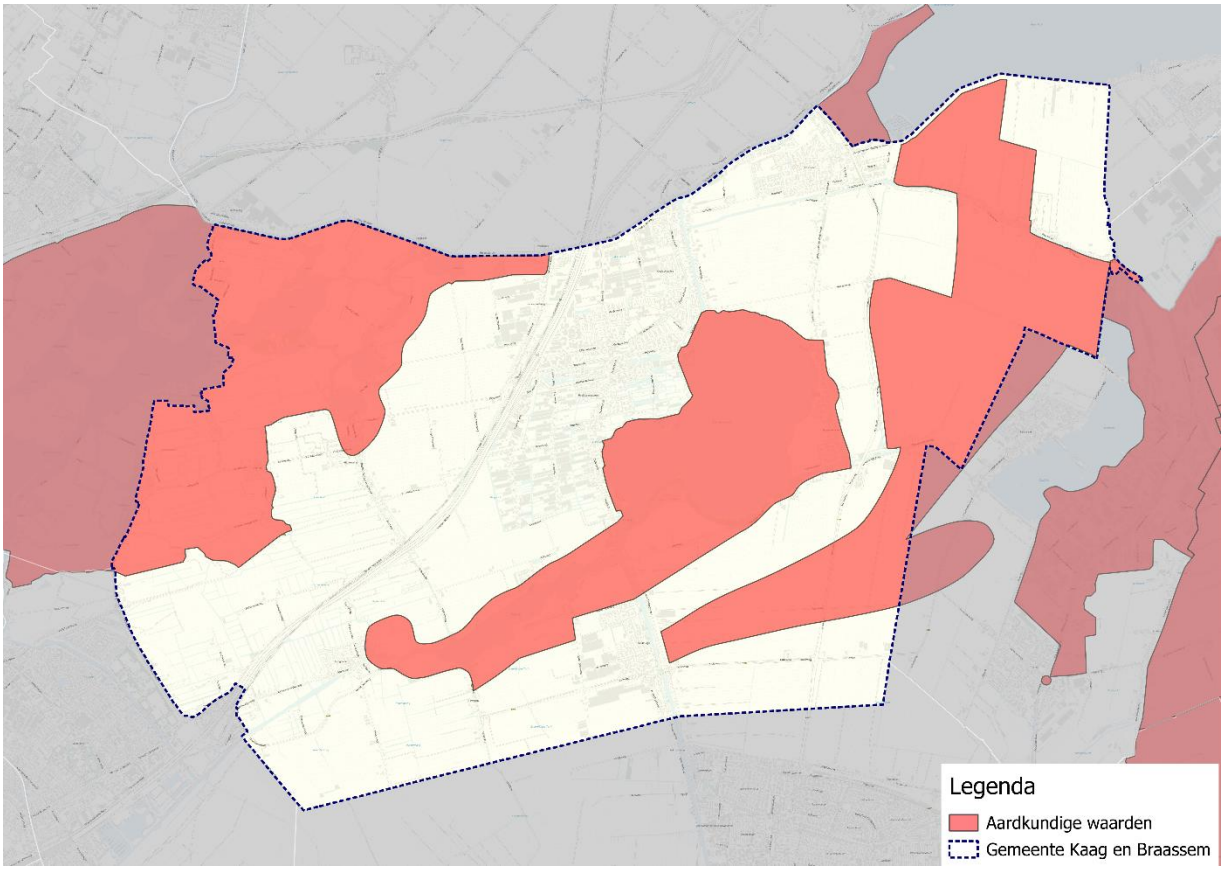


Figuur 2-9: Polderkaart (1901) (Bron: Vrije universiteit Amsterdam)

Binnen de gemeente Kaag en Braassem komen gebieden met aardkundige waarden voor. Aardkundige waarden hebben betrekking op de natuurlijke opbouw en ontstaansgeschiedenis van het landschap, zoals veen- en kleiafzettingen, getijde- en rivierinvloeden en de bijbehorende geomorfologische structuren. Het gaat daarbij dus niet alleen om de ondergrond, maar om de samenhang tussen bodemopbouw, reliëf en de vorming van het landschap als geheel.

Deze waarden zijn vooral zichtbaar in het veenweidegebied en de droogmakerijen, waar de historische ontwikkeling van het landschap nog duidelijk afleesbaar is.

Binnen het warmteprogramma betekent dit dat bij de aanleg van warmtenetten en bijbehorende infrastructuur zorgvuldig moet worden omgegaan met deze waarden. Uitgangspunt is het voorkomen van aantasting van de bodemopbouw en het beperken van verstoring van het landschap.



Figuur 2-10 Aardkundige waarden gemeente Kaag en Braassem

2.4.1.7 Conclusie

Vanuit het aspect landschap zijn er geen aanzienlijke milieueffecten die aanleiding geven tot het opstellen van een plan-MER.

Om negatieve effecten op landschappelijke waarden te beperken zijn verschillende maatregelen mogelijk:

- Op provinciaal beschermde landschappen en andere landschappelijke of aardkundige waarden kunnen negatieve effecten plaatsvinden door het plaatsen van een warmtebron of installatie (bijvoorbeeld een warmtecentrale), zowel boven- als ondergronds. Door mitigerende maatregelen kunnen effecten worden voorkomen of beperkt door de locatiekeuze, het inpassen van de nieuwe elementen of de uitvoeringswijze hoe deze wordt aangelegd en benut.
- Bij de aanleg en het gebruik van nieuwe warmtenetwerken zorgvuldig kijken naar de inpassing van bovengrondse en ondergrondse infrastructuur binnen de bestaande ruimte. Hierbij streven naar behoud van open gebieden, het minimaliseren van visuele verstoring in het straatbeeld en het zorgvuldig integreren van installaties in bestaande groenstructuren en stedelijke omgevingen. Door leidingen waar mogelijk ondergronds aan te leggen, blijft het karakter van straten en pleinen behouden en wordt visuele verstoring beperkt. Bij onvermijdelijke bovengrondse voorzieningen kiezen voor een vormgeving die aansluit bij de omgeving en die zo min mogelijk afbreuk doet aan het beeld en de beleving van de ruimte.
- Een integrale aanpak waarbij participatie met omwonenden en belanghebbenden centraal staat. Zo wordt tijdig rekening gehouden met wensen rondom uitzicht, toegankelijkheid en het gebruik van de openbare ruimte, en kunnen mogelijke bezwaren in een vroeg stadium worden ondervangen.

2.4.2 Effectbeschrijving cultuurhistorie

De beleefde en fysieke kwaliteit vormt een belangrijk onderdeel van de waarde van cultureel erfgoed. Deze kwaliteiten kunnen worden aangetast door het toevoegen van nieuwe elementen, zoals warmteoverdrachtsstations, buitenunits van luchtwarmtepompen of transformatorhuisjes ten behoeve van de verzwaring van het elektriciteitsnet. Aantasting van het uiterlijk van of in de directe nabijheid van een monumentaal pand wordt als ingrijpend beschouwd voor de cultuurhistorische waarde, met name wanneer dergelijke ingrepen op grotere schaal plaatsvinden. Niet alleen het monument zelf, maar ook de directe omgeving maakt onderdeel uit van de beschermde cultuurhistorische context en dient daarom zorgvuldig te worden behandeld. In geval van UNESCO-Werelderfgoed gelden mogelijk strengere eisen.

2.4.2.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Voor dit alternatief is er voor iedere woning een buitenunit nodig. De buitenunit van de luchtwarmtepomp is met kabels en leidingen voor koelmiddel verbonden met de binnen-unit. Deze kabels en leidingen kunnen aan de buitenzijde van de woning of het gebouw te zien zijn. Meerdere kabels worden doorgaans gebundeld en ‘weggewerkt’ in een kabelgoot. In gebouwen met meerdere woningen resulteert dit in meerdere buitenunits en bekabeling aan de gevel, wat een grote impact kan hebben op de beleefde en fysieke kwaliteit van een gebouw.

Naast de impact op de uiterlijke waarde zullen binnen- en buitenshuis mogelijk ook aanpassingen noodzakelijk zijn om het isolatieniveau tot schillabel B te verbeteren. Mogelijke isolatie opties zijn in spouwmuren, dakisolatie of het toepassen van dubbele beglazing. Hierbij kunnen cultuurhistorische waarden aangetast worden. Als maatregelen buitenshuis niet mogelijk zijn door de monumentale waarde van een pand, dan kunnen deze maatregelen ook binnenshuis getroffen worden. Hiermee worden effecten op cultuurhistorische waarden voorkomen.

Bij het plaatsen van (lucht) warmtepompen en het isoleren rondom de woning of aan de gevel is er aandacht nodig voor de aanwezige cultuurhistorische elementen. Waar mogelijk, verdient het de voorkeur om deze installaties aan de achterzijde of op andere minder in het oog springende locaties te positioneren.

2.4.2.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Het grootste gedeelte van bodemwarmtepompen in dit alternatief bevindt zich ondergronds. Dit leidt niet tot aantasting van het aanzicht van monumenten of andere cultuurhistorische waarden. Wel kunnen bij dit alternatief isolatiemaatregelen nodig zijn om het isolatieniveau tot minimaal schillabel B te verbeteren. Mogelijke isolatie opties zijn in spouwmuren, dakisolatie of het toepassen van dubbele beglazing. Hierbij kunnen cultuurhistorische waarden aangetast worden. Als maatregelen buitenshuis niet mogelijk zijn door de monumentale waarde van een pand, dan kunnen deze maatregelen ook binnenshuis getroffen worden. Hiermee worden effecten op cultuurhistorische waarden voorkomen.

Ook moet het elektriciteitsnet verzwaard worden. Dit betekent meer transformatorhuisjes en elektriciteitskabels. Elektriciteitskabels zijn relatief eenvoudig in te passen in de bodem (netwerklaag). Daarentegen kunnen transformatorhuisjes een negatieve impact hebben op cultuurhistorische waarden, bijvoorbeeld op monumentale panden of beschermde stads- en dorpsgezichten. Ook kan de omgeving van cultuurhistorische elementen mogelijke worden aangetast. Transformatorhuisjes kunnen in verschillende vormen en maten en materialen worden gebouwd en daarmee afgestemd worden op de omgeving, bijvoorbeeld door het uiterlijk aan te passen aan de bouwstijl van de omringende panden. Effecten op cultuurhistorische waarden worden daarmee beperkt. Dit betreft een aandachtspunt dat voor meerdere alternatieven geldt, maar voor bodem het meest relevant is.

2.4.2.3 Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen (S3c, d, f, h)

Bij dit alternatief wordt een groot aantal installaties in de buurt geïntroduceerd. Het zeer lage temperatuur warmtenet ligt grotendeels ondergronds, maar door de komst van de Warmte Koude Opslag (WKO) en collectieve warmtepompen in wijkcentrales worden nieuwe elementen in de omgeving geïntroduceerd. Dit kan een negatief effect hebben op aanwezige cultuurhistorische waarden. De wijkcentrales kunnen gedeeltelijk aangepast worden aan de bouwstijl van de buurt of ondergronds geplaatst worden waar mogelijk. Ondanks de mogelijkheid tot inpassing, blijft het noodzakelijk om nieuwe visuele elementen te introduceren en zal dit impact kunnen hebben op de beleefde en fysieke kwaliteit.

Aan huis zijn mogelijk ook aanpassingen noodzakelijk zijn om het isolatieniveau tot schillabel D te verbeteren. Mogelijke isolatie opties zijn in spouwmuren, dakisolatie of het toepassen van dubbele beglazing. Hierbij kunnen cultuurhistorische waarden aangetast worden. Als maatregelen buitenshuis niet mogelijk zijn door de monumentale waarde van een pand, dan kunnen deze maatregelen ook binnenshuis getroffen worden. Hiermee worden effecten op cultuurhistorische waarden voorkomen.

2.4.2.4 Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen (S3a, b, e, g)

Bij dit alternatief worden verschillende installaties geïntroduceerd in de buurt: een zeer lage temperatuur warmtenet, wijkcentrales met Warmte Koude Opslag (WKO) en individuele hybride warmtepompen. Het warmtenet ligt grotendeels ondergronds, maar wijkcentrales met WKO en individuele warmtepompen bij woningen zijn nieuwe elementen die geïntroduceerd worden in buurten. Dit kan een negatief effect hebben op aanwezige cultuurhistorische waarden. Vooral een warmtepomp bij iedere woning kan afdoen aan monumentale panden en beschermde stads- en dorpsgezichten. Hoewel er mogelijkheden zijn om dergelijke elementen gedeeltelijk aan te passen aan de bouwstijl van de buurt of ondergronds te plaatsen waar mogelijk, blijft het noodzakelijk om nieuwe visuele elementen te introduceren en zal dit impact kunnen hebben.

Aan huis zijn mogelijk ook aanpassingen noodzakelijk zijn om het isolatieniveau tot schillabel B te verbeteren. Mogelijke isolatie opties zijn in spouwmuren, dakisolatie of het toepassen van dubbele beglazing. Hierbij kunnen cultuurhistorische waarden aangetast worden. Als maatregelen buitenshuis niet mogelijk zijn door de monumentale waarde van een pand, dan kunnen deze maatregelen ook binnenshuis getroffen worden. Hiermee worden effecten op cultuurhistorische waarden voorkomen.

2.4.2.5 Onderscheid in buurttypen

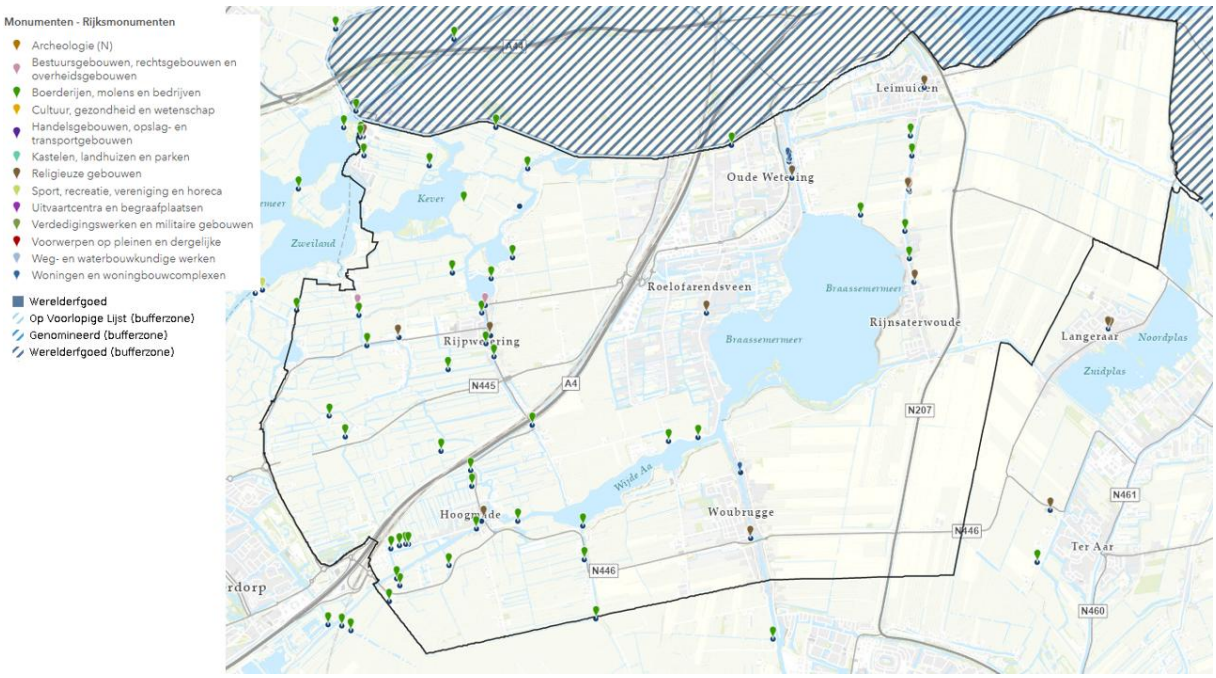
Cultuurhistorie en cultuurhistorisch erfgoed bestaat uit een verzameling van gebouwen en door mensen gemaakte elementen die de geschiedenis vertellen. Dit is over het algemeen locatie gebonden, waardoor een vertaling naar buurttypologie ingewikkeld is.

Bij alternatief Individueel lucht is er voor iedere woning een luchtwarmtepomp buitenunit nodig. De historische binnenstad heeft een relatief hoge woningdichtheid (aantal WEQs per hectare), veelal in de vorm van gebouwen van enkele verdiepingen met appartementen (hoofdstuk 3). In gebouwen met meerdere woningen zal dit tot meerdere buitenunits aan de gevel leiden, wat een grote impact heeft op de visuele waarde van een gebouw en daarmee cultuurhistorische waarde. Om deze reden is alternatief Individueel lucht als zeer negatief beoordeeld voor de historische binnenstad in de gebruiksfase. Bij alternatief (Z)LT bron / Individueel opwaarderen en Klimaatneutraal gas worden ook nieuwe warmtepompen geïntroduceerd, omdat deze in tandem met andere warmtebronnen benut worden zijn deze minder omvangrijk dan alternatief Individueel lucht. De beoordeling van alternatief (Z)LT bron / Individueel opwaarderen en Klimaatneutraal gas worden zeer negatief. Voor de overige buurttypen blijft de effectbeoordeling gelijk.

2.4.2.6 Locatiespecifiek

De termen cultuurhistorie en erfgoed zijn brede begrippen die verwijzen naar tastbare en zichtbare elementen in onze leefomgeving met historische betekenis.

In de gemeente Kaag en Braassem liggen verschillende rijksmonumenten. Het betreft voornamelijk boerderijen, maar ook kerken, bestuursgebouwen en woningen zijn aangewezen als rijksmonument. Ten noorden van de gemeente ligt de bufferzone van UNESCO-werelderfgoed, de Hollandse Waterlinies.



Figuur 2-11: Rijksmonumenten en UNESCO-werelderfgoed (Bron: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed)

De gemeente Kaag en Braassem heeft daarnaast nog vier karakteristieke gebieden (voorheen: 'beschermde dorpsgezichten') aangewezen. Het betreft:

- Julianalaan in Kaag,
- Kerkstraat en Veerstraat in Oude Wetering,
- Witte Singel, Noordkade en 't Haventje in Roelofarendsveen, en
- Aderpolder 'Boerenbuurt' in Rijpwetering.

Voor deze vier gebieden is er extra aandacht nodig bij de inpassing van de alternatieven om de mogelijke effecten te mitigeren zodat de cultuurhistorische waarden en eigenschappen bewaard blijven.

2.4.2.7 Conclusie

Vanuit het aspect cultuurhistorie zijn er geen aanzienlijke milieueffecten die aanleiding geven tot het opstellen van een plan-MER.

Er zijn mogelijk negatieve effecten te verwachten met betrekking tot cultuurhistorie. Mogelijkheden om deze effecten te mitigeren zijn:

- De installaties die benodigd zijn in de publieke ruimte kunnen zo onopvallend mogelijk worden ingepast worden zodat ze cultuurhistorische waarden zo min mogelijk aantasten. Denk hierbij aan aanpassing van de installatie passend bij omliggende stijl of ondergronds te plaatsen.
- Wanneer (lucht) warmtepompen geplaatst worden (mogelijk bij *alternatief 1, 5 en 6)*, rondom de woning of aan de gevel, dit doen met oog op de aanwezige cultuurhistorische elementen. Waar mogelijk, verdient het de voorkeur om deze installaties aan de achterzijde of op andere minder in het oog springende locaties te positioneren.

2.4.3 Effectbeschrijving archeologie

De voornaamste effecten met betrekking tot archeologie bestaan uit verstoring en oxidatie. Verstoring van archeologische waarden kan voorkomen op het moment dat een alternatief (diepte)boringen moet doen, voor het aanleggen van bronnen of infrastructuur. Naast verstoring van de grond door de boring, wordt tijdens een boring ook zuurstof geïntroduceerd in de bodem. Gemiddeld ligt het zuurstofgehalte tussen de 12-20%[19] in een gezonde bodem. Dit neemt geleidelijk af in diepere lagen. Wanneer meer zuurstof aan de bodemlagen wordt toegevoegd kan dit leiden tot oxidatie in de bodem en aantasting van organische materialen met archeologische waarden, die nu door gebrek aan zuurstof goed bewaard blijven. Aangezien veel archeologische vondsten van vóór de twintigste eeuw uit organisch materiaal bestaan, kan oxidatie leiden tot verlies van waardevolle archeologische informatie. Naast effecten van zuurstof is het niet uit te sluiten dat er bij werkzaamheden (door lekkages) chemicaliën in de grond terecht komen die het archeologische bodemarchief op negatieve wijze beïnvloeden.

De werkzaamheden bij de aanleg van de installatie van een alternatief of het aanleggen van een warmtebron kunnen de archeologische waarden en vondsten aantasten. In onderstaande paragrafen is de potentiële impact van de alternatieven op de archeologische waarden beschreven tijdens de aanlegfase.

2.4.3.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Dit alternatief heeft een volledig bovengronds warmtesysteem. Bij de aanleg van een individuele luchtwarmtepomp wordt de bodem niet geroerd.

Mogelijk moet voor dit alternatief het elektriciteitsnet verzwaard worden. Dit kan door bestaande elektriciteitskabels te vervangen of nieuwe aan te leggen. Wanneer het elektriciteitsnet wordt verzwaard moeten er mogelijk ook ander componenten worden geplaatst, zoals transformatorhuisjes. Er wordt hierbij niet verwacht dat verstoring van archeologische waarden zal plaatsvinden, aangezien de bodem in de netwerklaag reeds verstoord is.

Wanneer er sprake is van middelhoge of hoge archeologische verwachting binnen een gebied, is het noodzakelijk om archeologisch onderzoek uit te voeren. Dit onderzoek helpt om eventuele archeologische waarden tijdig in beeld te brengen, zodat schade of verlies van belangrijke historische resten kan worden voorkomen. Door vooraf onderzoek te doen, kunnen passende maatregelen worden genomen en blijven mogelijke effecten tot een minimum beperkt.

2.4.3.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Voor de individuele bodemwarmtepomp wordt een gesloten bodemenergiesysteem (GBES) aangelegd. Het alternatief voorziet met één bodemlus één woning van warmte. Een GBES-boring is maximaal 300 meter diep, afhankelijk van eventuele dieptebeperkingen. Wanneer er dieptebeperkingen gelden zijn er meerdere boringen nodig om aan de warmtevraag van één woning te voldoen. Hierbij zijn er risico's op aantasting van het archeologisch bodemarchief of andere archeologische waarden.

Naast verstoring van de grond door de boring, wordt tijdens een boring ook zuurstof geïntroduceerd in de bodem. Wanneer meer zuurstof aan de bodemlagen wordt toegevoegd kan dit leiden tot oxidatie in de bodem en aantasting van organische materialen met archeologische waarden, die nu door gebrek aan zuurstof goed bewaard blijven. Daarnaast is het niet uit te sluiten dat er bij werkzaamheden (door lekkages) chemicaliën in de grond terecht komen die het archeologische bodemarchief op negatieve wijze beïnvloeden.

Mogelijk moet voor dit alternatief het elektriciteitsnet verzwaard worden. Dit kan door bestaande elektriciteitskabels te vervangen of nieuwe aan te leggen. Wanneer het elektriciteitsnet wordt verzwaard moeten er mogelijk ook ander componenten worden geplaatst, zoals transformatorhuisjes. Er wordt hierbij niet verwacht dat verstoring van archeologische waarden zal plaatsvinden, aangezien de bodem in de netwerklaag reeds verstoord is.

Wanneer er sprake is van middelhoge of hoge archeologische verwachting binnen een gebied, is het noodzakelijk om archeologisch onderzoek uit te voeren. Dit onderzoek helpt om eventuele archeologische waarden tijdig in

[19] bron: Koopmans, C.J., J. Bokhorst, C. ter Berg en N. van Eekeren (2012), Bodemsignalen. Praktijkgids voor een vruchtbare bodem: https://nutrinorm.nl/bodem/aandachtspunten-op-zand-klei-en-veenbodems/bodemstructuur/

beeld te brengen, zodat schade of verlies van belangrijke historische resten kan worden voorkomen. Door vooraf onderzoek te doen, kunnen passende maatregelen worden genomen en blijven mogelijke effecten tot een minimum beperkt.

2.4.3.3 Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen (S3c, d, f, h)

Voor een Warmte Koude Opslag (WKO) moeten twee boringen uitgevoerd worden tot maximaal 150 meter diepte. Samen vormen de twee boringen één bron. Het aantal benodigde bronnen is afhankelijk van het aantal aangesloten woningen of gebouwen: per bron kunnen 100 tot 150 woningen van warmte worden voorzien. De aanname is dat de boringen voor de WKO worden gedaan in de buurt waar de warmte geleverd wordt. De boringen kunnen dus door de gehele gemeente geplaatst worden, maar dit geeft minder flexibiliteit in het strategisch plaatsen tegenover bestaande archeologische (verwachtings)waarden.

Naast verstoring van de grond door de boring, wordt tijdens een boring ook zuurstof geïntroduceerd in de bodem. Wanneer meer zuurstof aan de bodemlagen wordt toegevoegd kan dit leiden tot oxidatie in de bodem en aantasting van organische materialen met archeologische waarden, die nu door gebrek aan zuurstof goed bewaard blijven. Daarnaast is het niet uit te sluiten dat er bij werkzaamheden (door lekkages) chemicaliën in de grond terecht komen die het archeologische bodemarchief op negatieve wijze beïnvloeden.

Het bodemwater speelt een cruciale rol in het behoud van archeologische resten. Fluctuaties in het grondwaterpeil, veroorzaakt door boringen voor aardwarmte of aanleg van warmtenetten, vormen vooral een bedreiging voor ondiep gelegen archeologische monumenten met organische componenten. Bij (tijdelijke) daling van het grondwaterniveau treedt verdroging op, waardoor organisch materiaal kwetsbaar wordt. In stedelijke gebieden is de aanvulling van grondwater bovendien beperkter dan in het buitenstedelijk gebied, door de hoge mate van verharding. Hierdoor treedt verdroging sneller op.

Naast boringen vereist de aanleg van een warmtenet ook nieuwe infrastructuur, zoals leidingen en warmteoverdrachtsstations (WOS). Deze worden voornamelijk geplaatst in de zogenoemde netwerklaag, direct onder het maaiveld op een diepte van circa 1,5 meter. Omdat de netwerklaag al geroerd is voor huidige infrastructuur zijn er geen extra effecten te verwachten.

Mogelijk moet voor dit alternatief het elektriciteitsnet verzwaard worden. Dit kan door bestaande elektriciteitskabels te vervangen of nieuwe aan te leggen. Wanneer het elektriciteitsnet wordt verzwaard moeten er mogelijk ook ander componenten worden geplaatst, zoals transformatorhuisjes. Er wordt hierbij niet verwacht dat verstoring van archeologische waarden zal plaatsvinden, aangezien de bodem in de netwerklaag reeds verstoord is.

Wanneer er sprake is van middelhoge of hoge archeologische verwachting binnen een gebied, is het noodzakelijk om archeologisch onderzoek uit te voeren. Dit onderzoek helpt om eventuele archeologische waarden tijdig in beeld te brengen, zodat schade of verlies van belangrijke historische resten kan worden voorkomen. Door vooraf onderzoek te doen, kunnen passende maatregelen worden genomen en blijven mogelijke effecten tot een minimum beperkt.

2.4.3.4 Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen (S3a, b, e, g)

Voor een Warmte Koude Opslag (WKO) moeten twee boringen uitgevoerd worden tot maximaal 150 meter diepte. Samen vormen de twee boringen een bron. Het aantal benodigde bronnen is afhankelijk van het aantal aangesloten woningen of gebouwen: per bron kunnen 100 tot 150 woningen van warmte worden voorzien. De aanname is dat de boringen voor het WKO worden gedaan in de buurt waar de warmte geleverd wordt. De boringen kunnen dus door de gehele gemeente geplaatst worden, maar dit geeft minder flexibiliteit in het strategisch plaatsen tegenover bestaande archeologische (verwachtings)waarden.

Naast verstoring van de grond door de boring, wordt tijdens een boring ook zuurstof geïntroduceerd in de bodem. Wanneer meer zuurstof aan de bodemlagen wordt toegevoegd kan dit leiden tot oxidatie in de bodem en aantasting van organische materialen met archeologische waarden, die nu door gebrek aan zuurstof goed bewaard blijven. Daarnaast is het niet uit te sluiten dat er bij werkzaamheden (door lekkages) chemicaliën in de grond terecht komen die het archeologische bodemarchief op negatieve wijze beïnvloeden.

Het bodemwater speelt een cruciale rol in het behoud van archeologische resten. Fluctuaties in het grondwaterpeil, veroorzaakt door boringen voor aardwarmte of aanleg van warmtenetten, vormen vooral een bedreiging voor ondiep gelegen archeologische monumenten met organische componenten. Bij (tijdelijke) daling van het grondwaterniveau treedt verdroging op, waardoor organisch materiaal kwetsbaar wordt. In stedelijke gebieden is de aanvulling van grondwater bovendien beperkter dan in het buitenstedelijk gebied, door de hoge mate van verharding. Hierdoor treedt verdroging sneller op.

Mogelijk moet voor dit alternatief het elektriciteitsnet verzwaard worden. Dit kan door bestaande elektriciteitskabels te vervangen of nieuwe aan te leggen. Wanneer het elektriciteitsnet wordt verzwaard moeten er mogelijk ook ander componenten worden geplaatst, zoals transformatorhuisjes. Er wordt hierbij niet verwacht dat verstoring van archeologische waarden zal plaatsvinden, aangezien de bodem in de netwerklaag reeds verstoord is.

Wanneer er sprake is van middelhoge of hoge archeologische verwachting binnen een gebied, is het noodzakelijk om archeologisch onderzoek uit te voeren. Dit onderzoek helpt om eventuele archeologische waarden tijdig in beeld te brengen, zodat schade of verlies van belangrijke historische resten kan worden voorkomen. Door vooraf onderzoek te doen, kunnen passende maatregelen worden genomen en blijven mogelijke effecten tot een minimum beperkt.

2.4.3.5 Onderscheid in buurttypen

Archeologie waarden bestaan uit de materiële resten van mensen die zijn achtergelaten in de bodem. Een deel van deze resten bevinden zich nog in de grond. De activiteiten van mensen in het verleden waren vaak afhankelijk van het landschap op een plek, waardoor het niet aan de buurttypologie te koppelen is.

2.4.3.6 Locatiespecifiek

Binnen de gemeente Kaag en Braassem zijn op basis van het gemeentelijke archeologiebeleid verschillende archeologische waarde- en verwachtingsgebieden onderscheiden. Het betreft AMK-terreinen, historische kernen, ontginningsassen en gebieden met een hoge, middelhoge of lage archeologische verwachting. Voor deze gebieden geldt een beschermingsregime dat is gericht op het behoud van eventueel aanwezige archeologische resten in de bodem.

De archeologische beleidskaart onderscheidt AMK-terreinen, historische kernen, ontginningsassen en gebieden met een hoge, middelhoge of lage archeologische verwachting. Voor AMK-terreinen geldt een beschermingsgrens van 50 m², voor historische kernen en ontginningsassen 150 m², voor gebieden met een hoge archeologische verwachting 500 m² en voor gebieden met een middelhoge verwachting 2.500 m². Deze grenzen zijn uitsluitend van toepassing op bodemingrepen die dieper reiken dan 30 cm onder maaiveld. Gebieden met een lage archeologische verwachting kennen geen archeologische voorwaarden. Indien niet aan de gestelde voorwaarden wordt voldaan, dient vroegtijdig archeologisch onderzoek plaats te vinden.



Gemeente Kaag en Braassem - Beleidsplan archeologie

Archeologische beleidskaart

Legenda Beleid

		Doelstelling voor behoud	Voorwaarde voor behoud	Indien niet aan voorwaarde wordt voldaan
	AMK-terrein	Behoud in huidige staat	Geen bodemingrepen groter dan 50 m² en dieper dan 30 cm onder maaiveld	Bij planvorming en voorafgaand aan vergunningverlening vroegtijdig archeologisch onderzoek laten uitvoeren en streven naar inpassing van terreinen met archeologische waarden
	Historische kernen	Behoud in huidige staat van eventuele resten	Geen bodemingrepen groter dan 150 m² en dieper dan 30 cm onder maaiveld	Bij planvorming en voorafgaand aan vergunningverlening vroegtijdig archeologisch onderzoek laten uitvoeren en streven naar inpassing van terreinen met archeologische waarden
	Ontginningsassen	Behoud in huidige staat van eventuele resten	Geen bodemingrepen groter dan 150 m² en dieper dan 30 cm onder maaiveld	Bij planvorming en voorafgaand aan vergunningverlening vroegtijdig archeologisch onderzoek laten uitvoeren en streven naar inpassing van terreinen met archeologische waarden
	Hoge verwachting	Behoud in huidige staat van eventuele resten	Geen bodemingrepen groter dan 500 m² en dieper dan 30 cm onder maaiveld	Bij planvorming en voorafgaand aan vergunningverlening vroegtijdig archeologisch onderzoek laten uitvoeren en streven naar inpassing van terreinen met archeologische waarden
	Middelhoge verwachting	Behoud in huidige staat van eventuele resten	Geen bodemingrepen groter dan 2.500 m² en dieper dan 30 cm onder maaiveld	Bij planvorming en voorafgaand aan vergunningverlening vroegtijdig archeologisch onderzoek laten uitvoeren en streven naar inpassing van terreinen met archeologische waarden
	Lage verwachting	Geen	Geen	

Figuur 2-12 Archeologische beleidskaart gemeente Kaag en Braassem (bron: Beleidsplan Archeologie Kaag en Braassem)

2.4.3.7 Conclusie

Vanuit het aspect archeologie zijn er geen aanzienlijke milieueffecten die aanleiding geven tot het opstellen van een plan-MER.

Wanneer er (middel)hoge archeologische verwachtingswaarden aanwezig zijn in een buurt moeten een aantal stappen worden doorlopen om zorgvuldig met deze waarden om te gaan en daarmee potentiële negatieve effect te mitigeren. Dit kan bestaan uit:

- Uitvoeren van een archeologisch bodemonderzoek en eventueel een verkennend booronderzoek;
- In reeds vrijgegeven gebieden bestaat de mogelijkheid dat er tijdens werkzaamheden archeologische sporen of vondsten worden aangetroffen. Wanneer een archeologische vondst gedaan wordt moet een vondstmelding gedaan worden bij de gemeentelijke archeoloog. Onder begeleiding kan gekozen worden voor het conserveren van de vondsten, zoals ‘in situ’ of ‘ex situ’.

2.5 Overige effecten

In deze paragraaf zijn de overige effecten uiteengezet. Deze effecten zijn niet wezenlijk, omdat ze bijvoorbeeld maar tijdelijk optreden of het effect ervan zeer beperkt en/of lokaal optreedt. Er is vanuit deze effecten dan ook geen aanleiding voor het doorlopen van een plan-mer-procedure. De onderbouwing hiervoor is in deze paragraaf beschreven.

2.5.1 Elektromagnetische straling

Voor elektromagnetische straling is gekeken naar de aanwezigheid en benutting van energie-infrastructuur zoals transformatorhuisjes en kabeltracés. Hoewel de ontwikkeling en uitbreiding van warmtenetten en warmtepompen theoretisch tot extra voorzieningen kunnen leiden, is de daadwerkelijke impact hiervan op elektromagnetische straling gering. Het laagfrequent elektrische veld wordt afgezwakt door het isolatiemateriaal om de elektriciteitskabels, muren en andere hindernissen. Eveneens geldt dat het uitgangspunt is dat de richtlijnen bij de inpassing van transformatorhuisjes worden nageleefd. Monitoring en regelgeving zorgen ervoor dat stralingsniveaus binnen de vastgestelde veiligheidsnormen blijven. Daarom worden de mogelijke (milieu)effecten op elektromagnetische straling niet relevant geacht in het kader van het warmteprogramma.

Op basis hiervan is geconcludeerd dat het aspect elektromagnetische straling niet leidt tot aanzienlijke milieueffecten die het doorlopen van een plan-mer-procedure noodzakelijk maken.

2.5.2 Hittestress

Hittestress is een situatie waarin mensen, dieren of een gebied last krijgen van overmatige warmte. Dit treedt vooral op tijdens warme dagen of hittegolven. Het ontstaat wanneer warmte zich ophoopt en onvoldoende wordt afgevoerd. In stedelijke gebieden is het risico op hittestress groter, omdat de versteende omgeving op warme dagen warmte vasthoudt.

Tijdens de aanlegfase zijn er geen effecten op koeling of hittestress, omdat de werkzaamheden geen blijvende invloed hebben op het stedelijk hitte-eiland.

Bij alternatief 1 en 6 kunnen bij de implementatie van het warmteprogramma kan in de buitenruimte een lichte temperatuursverandering optreden bij warmtesystemen die koeling mogelijk maken via luchtwarmtepompen. Deze systemen voeren namelijk warmte uit de woning af naar de buitenlucht. Vooral op warme dagen kan dit leiden tot een beperkte verhoging van de lokale buitentemperatuur. Omdat dit alternatief een koelmogelijkheid biedt, neemt binnen het risico op hittestress af. Tegelijkertijd wordt de afgevoerde warmte naar de buitenruimte verplaatst, waardoor daar juist een lichte toename van het risico op hittestress kan ontstaan. Er wordt hier gesproken over een lichte toename, omdat wordt aangenomen dat luchtwarmtepompen vaker worden gebruikt dan in de referentiesituatie, waarin slechts een deel van de woningen over individuele airco's beschikt. De toename is echter beperkt, omdat steeds meer woningen airco's hebben. De extra warmte die hierdoor in de leefomgeving terechtkomt— en daarmee de mogelijke toename van hittestress buiten—blijft daarom gering ten opzichte van de referentiesituatie.

Warmtesystemen bij alternatief 2 en 6 die koeling kunnen leveren zonder warmte naar de buitenlucht af te voeren – zoals bodemgebonden systemen of systemen waarbij warmte terug de bodem in wordt geleid – dragen niet bij aan hittestress in de leefomgeving. Deze systemen kunnen de koelvraag invullen zonder een toename van hittestress in het (stedelijk) gebied. Ze zorgen wel voor een afname van hittestress binnenshuis.

Voor alternatief 5 geldt dat warmtesystemen waarbij koeling niet mogelijk is, zal naar verwachting worden uitgeweken naar andere koelsystemen zoals airconditioners. De toename van het gebruik van airconditioners is een trend die zich in de toekomst voortzet. Dit is geen effect wat toe te schrijven is aan de implementatie van het warmteprogramma.

Op basis hiervan is geconcludeerd dat het aspect hittestress niet leidt tot aanzienlijke milieueffecten die het doorlopen van een plan-mer-procedure noodzakelijk maken.

2.5.3 Luchtkwaliteit

De luchtkwaliteit wordt bepaald door de concentraties van verschillende verontreinigende stoffen in de lucht, zoals fijnstof (PM_{10} en $PM_{2.5}$) en stikstofdioxide (NO_2). Goede luchtkwaliteit betekent dat de concentraties van deze verontreinigende stoffen laag zijn en binnen de door gezondheidsorganisaties vastgestelde veilige grenzen blijven.

De luchtkwaliteit wordt per definitie verbeterd door een vermindering van uitstoot van stikstofdioxide (NO_2) bij de transitie naar een aardgasvrije gemeente. Hierom zijn de mogelijke (milieu)effecten op luchtkwaliteit niet relevant geacht in het kader van het warmteprogramma.

Tijdens de aanlegfase is er mogelijk lokaal een tijdelijke toename van uitstoot van luchtverontreinigende stoffen door een toename van bouwverkeer. Dit effect is tijdelijk en minimaal. Dit effect kan verder beperkt worden door bijvoorbeeld de inzet van elektrisch bouwmaterieel.

Op basis hiervan is geconcludeerd dat het aspect luchtkwaliteit niet leidt tot aanzienlijke milieueffecten die het doorlopen van een plan-mer-procedure noodzakelijk maken.

2.5.4 Omgevingsveiligheid

Omgevingsveiligheid gaat in op de risico's als gevolg van opslag of handelingen met gevaarlijke stoffen bij een milieubelastende activiteit (mba). Bij de aanleg van warmtenetten, waaronder buisleidingen voor het transport van warm of koud water, kan sprake zijn van beperkte omgevingsveiligheidsrisico's. Het Nederlands Instituut voor Publieke Veiligheid (NIPV) schat dit risico echter als nihil in. Wel is het belangrijk vooraf te onderzoeken of bestaande buisleidingen voor gevaarlijke stoffen, zoals bestaande leidingen die gevaarlijke stoffen vervoeren, niet worden gekruist of te dicht worden benaderd. Indien warmtenetten in de nabijheid van dergelijke leidingen worden geplaatst, moet beoordeeld worden of er risico's kunnen ontstaan door een mogelijke kettingreactie (domino-effect). Omdat warmtenetten niet onder hoge druk staan en enkel water vervoeren, wordt dit risico als klein beschouwd.

Bij het gebruik van individuele lucht-waterwarmtepompen zijn de effecten op omgevingsveiligheid verwaarloosbaar tot nihil. Deze warmtepompen slaan geen gevaarlijke stoffen op, produceren geen giftige stoffen en vallen niet onder milieubelastende activiteiten. Ook vormen ze geen bron voor plaatsgebonden risico's en leiden ze niet tot het vaststellen van aandachtsgebieden.

Op basis hiervan is geconcludeerd dat het aspect omgevingsveiligheid niet leidt tot aanzienlijke milieueffecten die het doorlopen van een plan-mer-procedure noodzakelijk maken.

2.5.5 Drinkwater

De implementatie van het warmteprogramma kan mogelijk effecten hebben op het drinkwater. Er kan een temperatuursverandering in de bodem optreden wanneer een warmtenet in gebruik wordt genomen. Als dit warmtenet in de buurt van een drinkwaterleiding ligt, kan deze opwarming ook invloed hebben op de temperatuur van het drinkwater. Tijdens het transport via ondergrondse leidingen warmt drinkwater namelijk mee met de temperatuur van de omliggende bodem.

De implementatie van het warmteprogramma komt niet in aanraking met drinkwaterleidingen. Effecten op drinkwaterleidingen zijn daarmee uitgesloten.

2.5.6 Oppervlaktewater

De implementatie van het warmteprogramma kan mogelijk effecten hebben op het oppervlaktewater. Dit is enkel het geval als er energie uit het oppervlaktewater gehaald wordt (aquathermie). Dit is hier niet het geval. Potentiële effecten op de temperatuurhuishouding van oppervlaktewater zijn daarmee uitgesloten.

2.5.7 Verkeer

Het implementeren van een warmteprogramma, zoals de aanleg van warmtenetten of individuele oplossingen als warmtepompen, kan tijdelijke effecten hebben op het verkeer. Het thema verkeer omvat de mate van verkeershinder voor gemotoriseerd verkeer, fietsers en voetgangers. Vooral tijdens de aanlegfase kan het noodzakelijk zijn om straten open te breken voor het installeren en aansluiten van leidingen of andere infrastructuur. Dit brengt praktische gevolgen met zich mee:

- Tijdelijke verkeershinder: Tijdens werkzaamheden kunnen omleidingen voor gemotoriseerd verkeer, fietsers en voetgangers noodzakelijk zijn. Dit kan leiden tot kortdurende extra reistijd of beperkte bereikbaarheid van bepaalde gebieden. Een manier om het effect te beperken is om het werk te combineren met andere werkzaamheden aan de openbare weg.
- Veiligheidsmaatregelen: Er moeten tijdelijke voorzieningen worden getroffen om de veiligheid van weggebruikers te waarborgen tijdens de aanleg.
- Beperkte toegankelijkheid: Gedurende de aanleg kunnen winkels, woningen of voorzieningen soms tijdelijk minder goed bereikbaar zijn.

Voor individuele oplossingen, zoals het plaatsen van warmtepompen of transformatorhuisjes, is het effect op verkeer doorgaans zeer beperkt, omdat deze installaties vaak direct rondom woningen of in de bestaande openbare ruimte worden geplaatst.

Hoewel bovengenoemde effecten tijdelijk kunnen optreden, zijn deze van voorbijgaande aard en gering van omvang. De volgende argumenten ondersteunen waarom het aspect verkeer in het kader van een warmteprogramma niet uitgebreid hoeft te worden beoordeeld:

- De verkeershinder is tijdelijk en lokaal van aard. Na afronding van de aanlegwerkzaamheden keert de situatie terug naar normaal en zijn er geen blijvende verkeerskundige gevolgen.
- Het gaat in de meeste gevallen om gebruikelijke werkzaamheden in de openbare ruimte, zoals die ook voorkomen bij reguliere onderhouds- of nutswerkzaamheden. Gemeenten zijn hierop ingericht en beschikken over standaardprocedures om hinder te beperken.
- Er zijn geen structurele veranderingen in het verkeerssysteem, verkeersaanbod of de bereikbaarheid te verwachten als gevolg van het warmteprogramma. Het gebruik en de doorstroming van wegen blijven op de lange termijn onveranderd.
- De wettelijke vereisten voor bereikbaarheid en veiligheid tijdens tijdelijke werkzaamheden zijn geborgd in bestaande regelgeving en vergunningstrajecten.

Op basis van bovenstaande is geconcludeerd dat het aspect verkeer niet leidt tot aanzienlijke milieueffecten die het doorlopen van een plan-mer-procedure noodzakelijk maken. Het aspect verkeer hoeft niet nader te worden beoordeeld in het kader van het warmteprogramma, omdat eventuele verkeershinder slechts tijdelijk is, geen blijvende effecten veroorzaakt, en afdoende wordt geregeld via bestaande procedures en afspraken binnen de openbare ruimte.

3. Conclusie

De activiteiten in het warmteprogramma leiden niet tot aanzienlijke (negatieve) milieueffecten, zoals blijkt uit de effectbeschrijvingen in hoofdstuk 2. Daarbij richt het warmteprogramma van de gemeente zich op alternatief 1 en alternatief 2. Daarnaast zijn alternatief 5 en alternatief 6 meegenomen om kleinschalige warmtenetten te kunnen beoordelen, zoals toegelicht in paragraaf 1.5. Eventuele licht negatieve effecten kunnen bij nadere uitwerking afdoende worden beperkt/voorkomen door mitigerende maatregelen bij inzet van de alternatieven. De conclusie is dat er geen noodzaak is om in deze fase van plan- en besluitvorming een plan-mer op te stellen voor het warmteprogramma. Het is aan het bevoegd gezag om hier een definitieve afweging over te maken en een besluit over te nemen. In Tabel 3-1 is een overzicht opgenomen van de mogelijke mitigerende maatregelen per milieuthema en alternatief. De daadwerkelijke noodzaak, nadere uitwerking en borging van deze maatregelen vindt plaats in de vervolgfase.

Tabel 3-1 Overzichtstabel mitigerende maatregelen per milieuthema en alternatief

Milieuthema	Alternatief	Mitigerende maatregel
Geluid en trillingen	Alle	1. Voldoen aan geldende richtlijnen en vergunningseisen voor geluid en trillingen in aanleg- en gebruiksfase 2. Strategisch plaatsen van installaties en voorzieningen ten opzichte van geluidgevoelige functies 3. Toepassen van trillingsarme aanlegtechnieken en trillingsdempende voorzieningen bij zwaar materieel 4. Bij trillingsgevoelige bebouwing kan verkennend trillingonderzoek worden uitgevoerd
	1, 5 en 6	1. Beperken van geluidhinder door luchtwarmtepompen via maatregelen als omkasting, trillingsdempers en isolatie
Bodem	5	2. Lokale effecten van bodemopwarming door middentemperatuur-warmtenetten beperken door waar mogelijk gevoelige locaties te ontzien
	5 en 6	3. Uitvoeren van historisch bodemonderzoek voorafgaand aan bodemroerende werkzaamheden en grondwaterbemaling 4. Monitoring van zettingen bij bemalingswerkzaamheden 5. Beperken van tijdelijke verdroging door afstemming van bemalingsduur en -intensiteit
	1, 2, 5 en 6	1. Combineren van werkzaamheden zodat bodemverstoring en aantasting van de netwerklaag eenmalig optreden
Grondwater	5 en 6	2. Zorgvuldige aanleg en positionering van bodemenergiesystemen om verontreiniging van het grondwater en de drinkwatervoorraad te voorkomen 3. Waarborgen van een hydrologische balans bij open bodemenergiesystemen 4. Monitoring van grondwaterstanden en tijdig ingrijpen bij ongewenste veranderingen
Ondergronds ruimtegebruik	2, 5 en 6	1. Zorgvuldige ordening en clustering van ondergrondse warmtesystemen 2. Afstemming met andere bestaande en toekomstige functies in de ondergrond
Beschermde soorten	Alle	1. Uitvoeren van ecologisch onderzoek voorafgaand aan werkzaamheden 2. Werken buiten gevoelige perioden en bij voorkeur overdag 3. Waar nodig realiseren van alternatieve nest- of verblijfplaatsen
	Bij isolatiemaatregelen	1. Rekening houden met de aanwezigheid van vleermuizen
Beschermde natuurgebieden	2, 5 en 6	2. Uitvoeren van werkzaamheden buiten kwetsbare perioden en bij voorkeur overdag 3. Voorkomen van verlaging van grondwaterstanden door beperking van ontwateringsdiepte, retourbemaling en monitoring 4. Inzet van elektrisch materieel om stikstofemissies en -depositie te beperken
Landschap	Alle	1. Beperken van landschappelijke effecten door zorgvuldige locatiekeuze en inpassing van warmtebronnen en installaties 2. Behoud van openheid en beperking van visuele verstoring door voorkeur van ondergrondse aanleg 3. Vormgeving van onvermijdelijke bovengrondse voorzieningen passend bij de omgeving 4. Integrale aanpak met participatie van omwonenden en belanghebbenden
Cultuurhistorie	Alle	1. Zo onopvallend mogelijk inpassen van installaties in de openbare ruimte
	1, 5 en 6	2. Plaatsing van (lucht)warmtepompen met aandacht voor cultuurhistorische waarden, bij voorkeur aan minder zichtbare gevels of locaties

Archeologie	Alle	3. 4.	Uitvoeren van archeologisch vooronderzoek bij (middel)hoge verwachtingswaarden Bij toevalsvondsten melding doen bij de gemeentelijke archeoloog

Bijlage – Toelichting buurttypen

Het concept wijktypologie is ontwikkeld door de Hogeschool van Amsterdam in een consortium met gemeenten en kennisinstellingen in het kader van onderzoeksprogramma Urban Technology. De wijktypologie is voor het eerst gebruikt in relatie tot kwetsbaarheid en milieueffecten door Laura Kleerekoper in haar onderzoek '*Urban Climate Design: Improving thermal comfort in Dutch neighbourhoods*' in 2016. De methodiek wijktypologie is in 2023 uitgebreid en verstevigd door onderzoek van de Hogeschool van Amsterdam ('Computer leert wijktypen bepalen voor heel Nederland'), in kader van samenwerkingsinitiatief Klimaateffectatlas.

In het onderzoek zijn de gemeenten Den Haag, Amsterdam, Utrecht, Deventer en gemeente Berkelland onderzocht op typerende kenmerken van wijken. Aan de hand van deze kenmerken zijn wijktypen gedefinieerd. Wijktypen zijn categorieën waarin buurten of wijken worden ingedeeld op basis van hun kenmerken en eigenschappen en worden hierna, als buurttypen aangeduid. Deze kenmerken kunnen onder andere het bouwjaar van de woningen, opbouw van de straten en het type bebouwing (zoals rijtjeshuizen of appartementen) omvatten. In Nederland kunnen 14 verschillende buurttypen worden onderscheiden:

	Overzicht 15 buurttypen
1.	Historische binnenstad
2.	Stedelijk bouwblok
3.	Tuindorp
4.	Volkswijk
5.	Vooroorlogse woonwijk
6.	Naoorlogse woonwijk
7.	Tuinstad laagbouw
8.	Tuinstad hoogbouw
9.	Hoogbouw
10.	Bloemkoolwijk
11.	Vinexwijk (Sub-urbane uitbreiding)
12.	Villawijk
13.	Vernieuwd
14.	Bedrijventerrein
15.	Buitenstedelijk gebied

Gebieden die niet onder deze categorieën vallen zijn geclassificeerd als groen of overig. In buurttypen die als Groen zijn aangeduid bestaat meer dan 70% van het oppervlak uit groen. Dit kan in steden gebeuren wanneer er bijvoorbeeld een park of stadsbos naast een stuk bebouwing samen worden gegroepeerd als buurt.

Kleerekoper (2016) [20] heeft deze kenmerken van de buurttypen gebruikt om de kwetsbaarheden door klimaatverandering per buurt in kaart te brengen. Aspecten zoals bijvoorbeeld de gevoeligheid van een buurttype voor hittestress kunnen ook informatie geven over potentiële milieueffecten die kunnen optreden bij de keuze voor één van de alternatieven naar aardgasvrij. In hoofdstuk 4 worden de potentiële milieueffecten en het risico daarom beschreven per thema en waar mogelijk gekoppeld aan de onderscheidende kenmerken per buurttype.

Deze classificatie selecteert aan de hand van de kenmerken naar het meest overeenkomende buurttype. De buurttypen Vernieuwd en Groen zijn meerduidig van karakter: het zijn als ware buurten waarin diverse buurttypen voorkomen. Het buurttype Vernieuwd is een mengsel van oudere buurttype waar er naast de bestaande woningen inbreiding heeft plaats gevonden. Inbreiding is een stedelijke ontwikkelingsstrategie waarbij nieuwe woningen, voorzieningen of andere functies worden toegevoegd binnen het bestaande stedelijke gebied. Deze inbreiding zorgt ervoor dat dit buurttype geen eenduidig onderscheidende kenmerken heeft ten opzichte van de andere buurttypen. Voor dit buurttype kunnen daarom geen milieueffecten op buurtniveau bepaald

[20] bron: L. Kleerekoper. (2016). Urban Climate Design. Improving thermal comfort in Dutch neighbourhoods. https://journals.open.tudelft.nl/abe/article/view/1359/pdf_kleerekoper

worden. Het buurttype Groen duidt buurten met veel groen aan, dit betekent echter niet dat hier geen woningen of gebouwen zijn.

Toelichting buurttypen

De volgende paragraaf geeft een korte beschrijving van de verschillende buurttypes, waarbij voor iedere buurt enkele unieke kenmerken zijn toegelicht.

1. Historische binnenstad
In de meeste Nederlandse steden bevindt het centrum zich in de historische binnenstad, die het begin vormde van de steden die wij vandaag kennen. Dit is daarmee ook de oudste buurt in veel steden, vaak grotendeels gebouwd voor 1910. Bebouwing bestaat uit gesloten bouwblokken van drie tot vijf verdiepingen waarin verschillende functies samen komen. Een gesloten bouwblok is een structuur van aaneengeschakelde gebouwen dat gesloten is of een besloten binnen gebied heeft.[21] Binnensteden staan vaak bekend om hun drukte, doordat hier wonen, winkelen, bedrijven en recreatie samenkomen. De straten zijn vaak smal en voor het grootste deel verhard met klinkers met enkele, soms monumentale, soorten groen. Dit groen kan ook in de vorm van losse bomen zijn, die door de binnenstad heen staan.

2. Vooroorlogse woonwijk
Een vooroorlogse woonwijk bestaat uit een mix van bebouwing, vooral van voor 1945. Vooroorlogse woonwijken bestaan uit historische boerderijen en kerk- of handelsgebouwen, waartussen de ruimte is gevuld met woningen in de loop van de jaren. Gebouwen variëren, van strokenbouw, vrijstaande woningen tot twee-onder-een-kapwoningen voor gezinnen. Openbaar groen en openbare ruimte varieert tussen vooroorlogse woonwijken sterk.

3. Stedelijk bouwblok
Stedelijk bouwblok buurten bestaan uit gesloten bouwblokken van vier tot zes verdiepingen, omringd door veel verharding en weinig openbaar groen. Deze buurten hebben smalle straten met wisselende hoeveelheden schaduw. Woningen zijn portiekflats, waarbij woningen op de begane grond geen voortuin hebben.

4. Tuindorp
Tuindorpen bestaan uit eengezinswoningen in jaren 30-stijl, tot stand gekomen tussen 1910 en 1940. Woningen zijn twee tot drie verdiepingen hoog en hebben ruime voor- en achtertuinen. Straten zijn ruim (15 tot 20 meter breed) en er is veel groen. Langs de brede straten zijn ruime parkeerplaatsen, vaak aan beide zijden van de straat. Het niveau van groen verschilt per tuin, dit is afhankelijk van de inwoners.

5. Volkswijk
Volkswijken bestaan uit gesloten bouwblokken met eengezinswoningen van twee tot drie verdiepingen hoog, verbonden door middel brede straten. Volkswijken hebben korte straten en kleine tuinen. Vaak ontbreken voortuinen en zijn de achtertuinen ondiep in vergelijking met de andere buurten. Er is weinig gemeentelijk groen, maar er is veel ruimte voor de auto door parkeerplekken aan beide zijden van de straat. Verder is er in de openbare ruimte veel verharding.

6. Naoorlogse woonwijk
Naoorlogse woonwijken bestaan uit eengezinswoningen van twee tot drie verdiepingen hoog die gebouwd zijn sinds 1945. De straten in dit type buurten zijn relatief breed, met veel verharding voor parkeerruimte langs de wegen. De meeste woningen zijn rijtjeswoningen of twee-onder-een-kapwoningen met voor- en achtertuin. In de openbare ruimte is er weinig ruimte voor groen, hiervoor is tijdens de aanleg van deze buurten weinig ruimte gecreëerd.

7. Tuinstad laagbouw
Tuinstad laagbouw bestaat uit open bouwblokken van eengezinswoningen met twee tot drie verdiepingen. Open bouwblokken zijn een structuur van gebouwen waarbij er geen besloten binnenruimte is, maar min of meer vrije

[21] bron: PBL. Rapport Krachtwijken met karakter: https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/Krachtwijken_met_karakter-verdieping.pdf

ruimte rondom het bouwblok.[22] Deze woningen hebben vaak een eigen tuin en daarnaast is er half-openbaar groen in de woonblokken. Ook langs de brede straten tussen de bouwblokken is ruimte voor groen, in de vorm van een rij met bomen of een groenstrook. Tuinstad laagbouw is tussen 1945 en 1960 gerealiseerd en heeft vooral een woonfunctie.

8. Tuinstad hoogbouw

Tuinstad hoogbouw bestaat uit open bouwblokken van vier tot tien verdiepingen met veel open ruimte tussen de blokken. In deze buurten is geprobeerd om in een beperkte ruimte veel woningen te creëren met een focus op luchtigheid, licht en ruimte in binnen- en buitenruimtes. Dit is bijvoorbeeld vertaald in een ruime opzet tussen de gebouwen. Dit gebeurde tussen 1950 en 1965. Woningen hebben geen eigen tuinen en binnenplaatsen zijn soms verhard om voldoende parkeerruimte te creëren. Straten zijn breed en overal is het een middelverharde buurt.

9. Hoogbouw

Hoogbouw buurten bestaan uit vrije bouwblokken van minimaal zes verdiepingen hoog. Deze gebouwen hebben een brede mix van functionaliteiten: werken, wonen en recreatie komen er samen. Tussen de gebouwen zijn middelbrede geasfalteerde straten en parkeerruimte is veelal ondergronds te vinden. Langs de straten is minimaal ruimte voor groen, indien aanwezig betreffen het voornamelijk bomen.

10. Bloemkoolwijk

Bloemkoolwijken zijn gebouwd tussen 1970 en 1990, en bestaan uit eengezinswoningen in strokenbouw of open bouwblokken. Strokenbouw zijn rijen van gebouwen ten opzichte van een straat of dijk.[23] Het wegnetwerk van bloemkoolwijken is een unieke karakteristiek. Het wordt gekenmerkt door veel bochten en lussen, waar andere buurten meer kruisingen en rechte straten hebben. Ook is de grote hoeveelheid van groen direct aan woonerven uniek, woningen hebben een voor- en achtertuin. Bij de aanleg van bloemkoolwijken is bewust met groen omgegaan als middel voor woonkwaliteit. Hier tegenover staat dat er weinig rekening gehouden is met de auto. Bloemkoolwijken liggen vaak wat verder weg van centrumvoorzieningen, waardoor menig inwoners een of twee auto's heeft. Als gevolg is er een hoge parkeerdruk in de meeste bloemkoolwijken. De hoofdfunctie van bloemkoolwijken is wonen.

11. Vinex wijk

Vinex wijken, gebouwd tussen 1990 en 2010, bestaan uit een mix van eengezinswoningen en appartementen. Bebouwing is in verschillende vormen gerealiseerd: vrijstaand, twee-onder-een-kap of in strokenbouw. Tussen de woningen zijn brede straten met aan de zijde ruimte voor het parkeren van auto's. Woningen hebben vaak een voor- en ruime achtertuin. In zowel de openbare ruimte als in privé tuinen is er relatief veel verharding.

12. Villawijk

Villawijken zijn ruim opgezette buurten met grote, vrijstaande woningen omringt door groen. Door de verspreide opzet van villawijken is de ventilatie goed. Groen, zoals bomen, is vaak aanwezig op privéterrein of bestaat uit monumentaal groen. Deze buurten liggen meestal buiten het stad- of dorpscentrum. Naast een woonfunctie kunnen gebouwen ook gebruikt worden als kantoor of praktijkruimte.

13. Bedrijventerrein

Bedrijventerreinen liggen vaak aan de rand van steden of dorpen en hebben als functie de huisvestiging van bedrijven. De ligging is meestal op logistieke aantrekkelijke punten, bijvoorbeeld langs snelwegen of waterwegen. Op bedrijventerreinen is er vaak weinig ruimte voor groen gereserveerd en is er veel verharding.

14. Vernieuwd

Vernieuwing in bestaande bouw is een verzameling van nieuwe gebouwen in alle soorten wijktypen. Denk hierbij aan nieuwe panden in de grachtengordel, inbreiding tussen twee volkswijken of nieuwe appartementen in een tuinstad. De vernieuwing kan dezelfde soort bebouwing zijn als in omliggende straten of juist een heel andere. Dat maakt deze categorie heel divers.

[22] bron: PBL. Rapport Krachtwijken met karakter: https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/Krachtwijken_met_karakter-verdieping.pdf
[23] bron: PBL. Rapport Krachtwijken met karakter: https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/Krachtwijken_met_karakter-verdieping.pdf

15. Buitenstedelijk gebied

Buitenstedelijke gebieden bestaat uit verspreide bebouwing en ligt vaak omringd door groen en landbouw. Het buitenstedelijke gebied heeft organische gevormde straten waarlangs woningen liggen van twee tot drie lagen hoog. Woningen hebben vaak kleine of geen voortuinen maar wel achtertuinen met privé groen. Regelmatig wordt wonen gecombineerd met bedrijvigheid, bijvoorbeeld een boerderij of woning met winkel.

Buurttypen tabel standaard															
Buurttype	Straatbeeld							Oppervlakte in buurt				Gevoeligheid buurt		Overig	
	Bouwjaar	Woningtype	Woning equivalenten (WEQs) per hectare	Hoogte gebouwen	Breedte van straten	Fijnmazigheid wegennet	Grondgebonden woningen	Groen	Openbare ruimte	Verharding openbare ruimte	Percentage klinkers bestrating	Hittegevoeligheid	Ventilatie	Functie van wijk	
Tuinstad hoogbouw	1950-1965	Open bouwblok, appartementen	Midden	4 tot 10	Breed	Midden	Laag	35%	Midden	Midden	Midden	Midden	Zeer hoog	Woonfunctie	
Hoogbouw	Na 1960	Verspreide bebouwing, appartementen	Midden	6 tot 20	Midden	Midden	Laag	11%	Midden	Hoog	Laag	Laag	Hoog	Woonfunctie, werkfunctie	
Bloemkoolwijk	1970-1990	Eengezinswoningen, strokenbouw en open bouwblok	Midden	3 tot 5	Smal	Midden	Hoog	36%	Hoog	Midden	Midden	Midden	Laag	Woonfunctie	
Vinexwijk	1990-2010	Eengezinswoningen: rijtjeshuizen, 2 onder 1 kap, appartementen, vrijstaand	Laag	3 tot 10	Breed	Midden	Hoog	41%	Midden	Hoog	Midden	Midden	Midden	Woonfunctie	
Villawijk	Van alle tijden	Verspreide bebouwing, 2 onder 1 kap, vrijstaand	Laag	1 tot 4	Breed	Laag	Hoog	52%	Midden	Laag	Laag	Laag	Hoog	Woonfunctie	
Bedrijventerrein	Van alle tijden	Verspreide bebouwing, dichte blokkendozen in vrije ruimte	Laag	2 tot 3	Breed	Laag	n.v.t.	9-35%	Hoog	Hoog	Laag	Laag	Hoog	Werkfunctie	
Buitengebied	Van alle tijden	Verspreide bebouwing, vrijstaand, 2 onder 1 kap	Laag	2 tot 3	Midden	Laag	Hoog	Hoog	Hoog	Laag	Laag	Laag	Hoog	Woonfunctie, werkfunctie	
Tuinstad hoogbouw	1950-1965	Open bouwblok, appartementen	Midden	4 tot 10	Breed	Midden	Laag	35%	Midden	Midden	Midden	Midden	Zeer hoog	Woonfunctie	
Hoogbouw	Na 1960	Verspreide bebouwing, appartementen	Midden	6 tot 20	Midden	Midden	Laag	11%	Midden	Hoog	Laag	Laag	Hoog	Woonfunctie, werkfunctie	
Bloemkoolwijk	1970-1990	Eengezinswoningen, strokenbouw en open bouwblok	Midden	3 tot 5	Smal	Midden	Hoog	36%	Hoog	Midden	Midden	Midden	Laag	Woonfunctie	
Vinexwijk	1990-2010	Eengezinswoningen: rijtjeshuizen, 2 onder 1 kap, appartementen, vrijstaand	Laag	3 tot 10	Breed	Midden	Hoog	41%	Midden	Hoog	Midden	Midden	Midden	Woonfunctie	
Villawijk	Van alle tijden	Verspreide bebouwing, 2 onder 1 kap, vrijstaand	Laag	1 tot 4	Breed	Laag	Hoog	52%	Midden	Laag	Laag	Laag	Hoog	Woonfunctie	
Bedrijventerrein	Van alle tijden	Verspreide bebouwing, dichte blokkendozen in vrije ruimte	Laag	2 tot 3	Breed	Laag	n.v.t.	9-35%	Hoog	Hoog	Laag	Laag	Hoog	Werkfunctie	
Buitengebied	Van alle tijden	Verspreide bebouwing, vrijstaand, 2 onder 1 kap	Laag	2 tot 3	Midden	Laag	Hoog	Hoog	Hoog	Laag	Laag	Laag	Hoog	Woonfunctie, werkfunctie	

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1800 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensoring en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al 70 jaar.

Contactgegevens

Landdrostdreef 100
1314 SK Almere
Postbus 10044
1301 AA Almere

Copyright ©
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

De informatie die in dit rapport is opgenomen is uitsluitend bestemd voor geadresseerde(n) en kan persoonlijke of vertrouwelijke informatie bevatten. Gebruik van deze informatie, door anderen dan de geadresseerde(n) en gebruik door hen die niet gerechtigd zijn van deze informatie kennis te nemen, is niet toegestaan. De informatie is uitsluitend bestemd om te worden gebruikt door de geadresseerde, voor het doel waarvoor dit rapport is vervaardigd. Indien u niet de geadresseerde bent of niet gerechtigd bent tot kennisneming, is openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct een melding te maken bij security@anteagroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontlenen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

www.anteagroup.nl