

Modelrapportage plan-MER bij warmteprogramma

Februari 2026



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	8
1.1	Aanleiding en doel	8
1.2	Waarom een warmteprogramma: de warmtetransitie	8
1.3	Het warmteprogramma onder de Omgevingswet	8
1.4	De mer-procedure voor het warmteprogramma	8
1.5	Reacties op Notitie Reikwijdte en Detailniveau	9
1.6	Omgang met advies Commissie mer met betrekking tot andere warmteprogramma's	9
1.7	Wijzigingen ten opzichte van de Notitie Reikwijdte en Detailniveau	9
1.8	Methodiek van het plan-MER	9
1.8.1	Inventarisatie	10
1.8.2	Generieke beoordeling per alternatief	10
1.8.3	Verdieping naar buurttype	10
1.8.4	Geografische informatie: locatiespecifiek	10
1.8.5	Slotbeschouwing	10
1.9	Alternatieven naar aardgasvrij	11
1.10	Buurttypen	11
2.	Milieueffecten	12
2.1	Geluid en trillingen	12
2.1.1	Beleidskader (geluid en trillingen)	12
2.1.2	Referentiesituatie (geluid en trillingen)	13
2.1.3	Effectbeschrijving (cumulatieve geluidshinder)	13
2.1.4	Effectbeschrijving (trillingen)	24
2.2	Elektromagnetische velden	28
2.2.1	Beleidskader (elektromagnetische velden)	29
2.2.2	Referentiesituatie (elektromagnetische velden)	29
2.2.3	Effectbeschrijving (elektromagnetische velden)	29
2.3	Luchtkwaliteit	32
2.3.1	Beleidskader (luchtkwaliteit)	32
2.3.2	Referentiesituatie (luchtkwaliteit)	32
2.3.3	Effectbeschrijving (luchtkwaliteit)	33
2.4	Bodem en grondwater	39
2.4.1	Beleidskader (bodem en grondwater)	39
2.4.2	Referentiesituatie (bodem, ondergronds ruimtegebruik en grondwater)	39
2.4.3	Effectbeschrijving (bodemkwaliteit)	39
2.4.4	Effectbeschrijving (ondergrond en grondwater)	47
2.4.5	Effectbeschrijving (ondergronds ruimtegebruik)	56
2.5	Ruimtelijke kwaliteit	60
2.5.1	Beleidskader (ruimtelijke kwaliteit)	60
2.5.2	Referentiesituatie (ruimtelijke kwaliteit)	60
2.5.3	Effectbeschrijving (bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte)	60
2.5.4	Effectbeschrijving (zichtbaarheid en beleving)	64
2.6	Water	68
2.6.1	Beleidskader (water)	68
2.6.2	Referentiesituatie (water)	69
2.6.3	Effectbeschrijving (drinkwater)	69
2.7	Natuur en biodiversiteit	72
2.7.1	Beleidskader (natuur en biodiversiteit)	72

2.7.2	Referentiesituatie (natuur en biodiversiteit)	73
2.7.3	Effectbeschrijving (beschermde soorten)	74
2.7.4	Effectbeschrijving (beschermde natuurgebieden)	79
2.7.5	Effectbeschrijving (stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden)	82
2.7.6	Effectbeschrijving (oppervlaktewater)	84
2.8	Verkeer	86
2.8.1	Beleidskader (verkeer)	87
2.8.2	Referentiesituatie (verkeershinder)	87
2.8.3	Effectbeschrijving (verkeershinder)	87
2.9	Archeologie en cultuurhistorie	93
2.9.1	Beleidskader (archeologie en cultuurhistorie)	93
2.9.2	Referentiesituatie (archeologie en cultuurhistorie)	93
2.9.3	Effectbeschrijving (archeologie)	94
2.9.4	Effectbeschrijving (cultuurhistorie)	100
2.10	Materiaalgebruik	105
2.10.1	Beleidskader (materiaalgebruik)	105
2.10.2	Referentiesituatie (materiaalgebruik)	106
2.10.3	Circulair materiaalgebruik	106
2.10.4	Effectbeschrijving (totaal materiaalgebruik)	106
2.11	Hittestress	110
2.11.1	Beleidskader (hittestress)	110
2.11.2	Referentiesituatie (hittestress)	111
2.11.3	Effectbeschrijving (hittestress)	111
3.	Slotbeschouwing	116
3.1	Samenvatting beoordelingen	116
3.2	Mitigerende maatregelen	117
3.2.1	Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)	117
3.2.2	Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)	118
3.2.3	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)	119
3.2.4	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)	120
3.2.5	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen (S3c, d, f, h)	121
3.2.6	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen (S3a, b, e, g)	122
3.2.7	Algemene aanbevelingen	124
3.3	Resultaten per buurttype	126
3.4	Resultaten locatiespecifiek	137
3.5	Leemten in kennis en aanbevelingen voor toekomstig onderzoek	138
3.6	Aanzet tot evaluatie en monitoring	139
4.	Bijlagen	142
4.1	Bijlage 1. Onderbouwing plan-MER-plicht	143
4.2	Bijlage 2. Advies Commissie voor de milieueffectrapportage	144
4.3	Bijlage 3. Methodiek van het plan-MER	145
4.4	Bijlage 4. Alternatieven naar aardgasvrij	151
4.5	Bijlage 5. Buurttypen	171
4.6	Bijlage 6. Uitwerking GIS analyse buurttypen	187
4.7	Bijlage 7. <N-DOK rapportage>	191
4.8	Bijlage 8. AERIUS-rapportages	192

Begrippenlijst

Aardwarmte:	Warmte afkomstig uit de ondergrond (>500m), ook wel geothermie genoemd. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen ondiepe geothermie (500 tot 1500m), diepe geothermie (1500-4000m) en ultradiepe geothermie (>4000m).
Aquathermie:	Het winnen van warmte uit water, bijvoorbeeld uit oppervlaktewater (rivieren, kanalen, meren), drinkwater (leidingen) of afvalwater (riool of rioolwaterzuivering).
Back-up vermogen:	Installaties die in noodsituaties de warmtelevering kunnen overnemen, bijvoorbeeld bij het uitvallen van een grote installatie.
Biomassa:	Biomassa is organisch materiaal dat kan worden gebruikt als brandstof om energie op te wekken. Dit materiaal kan bestaan uit hout, plantenresten, landbouwafval, en zelfs dierlijke mest. Wanneer biomassa wordt verbrand of vergist, komt er energie vrij die kan worden gebruikt voor onder andere warmte. Dit wordt beschouwd als een hernieuwbare energiebron, omdat de grondstoffen opnieuw kunnen groeien.
Bodemenergie:	Warmte gewonnen uit de ondiepe bodem (tot 500 meter). Meestal is hier sprake van het gebruik van de bodem als opslagmedium. Er wordt zowel koude als warmte gewonnen waardoor de bodem in balans blijft.
Buurtwarmtenet:	Een kleinschalig warmtenet met gebruikmaking van duurzame warmtebronnen uit de directe omgeving.
Collectieve luchtwarmtepomp:	Een collectieve luchtwarmtepomp is een luchtwarmtepomp die verschillende woningen of een heel gebouw voorziet in hun warmtevraag.
Drycooler:	Een drycooler vangt lucht af en regenereert daarmee de warmte uit een WKO.
Duurzame energie:	Energie opgewekt uit natuurlijke bronnen die niet op raken, zoals windenergie, zonne-energie en aardwarmte. Ook wel schone energie genoemd.
EV:	Elektrische voertuigen
Geothermie:	Zie aardwarmte
GBES:	Gesloten Bodem Energie Systeem, hierbij wordt door middel van een lus in de bodem, zonder direct contact met grondwater, warmte en koude uitgewisseld. Zie ook bodemenergie.
Grootschalige elektrische boiler:	In plaats van individuele boilers in elke woning, zorgt een collectieve grootschalige elektrische boiler voor een centrale warmwatervoorziening, waarbij elektriciteit wordt gebruikt om water op te warmen.

Hoge Temperatuur (HT) warmte:	Warmte met een temperatuur > 75 °C die direct kan worden ingezet voor ruimteverwarming en warm tapwater.
Lage Temperatuur (LT) warmte:	Warmte met een temperatuur tussen de 30-55 °C die direct kan worden ingezet voor ruimteverwarming bij voldoende isolatie van een woning en LT-warmteafgiftesysteem. Het water is in eerste instantie niet direct geschikt voor gebruik als warm tapwater. Een boosterwarmtepomp kan gebruik voor warm tapwater mogelijk maken.
Midden Temperatuur (MT) warmte:	Warmte met een temperatuur tussen de 55-75 °C die direct kan worden ingezet voor ruimteverwarming en warm tapwater.
Milieueffectrapportage (MER):	Een rapport waarin de mogelijke milieueffecten van een voorgesteld project, beleid of plan worden beschreven, meestal vereist door wet- en regelgeving.
Netcongestie:	Het probleem dat het stroomnet vol en daarmee overbelast raakt. Congestie vindt plaats op het moment dat het transport van stroom groter is dan de capaciteit van het net. Er wordt dus meer stroom gevraagd of teruggeleverd dan het elektriciteitsnet aan kan.
OBES:	Open Bodem Energie Systeem, zie ook WKO.
Piekvermogen:	Het maximale warmtevermogen wat moet worden geleverd bij momenten van grote warmtevraag, voornamelijk in de winter tijdens koude perioden, voor < 800 uur per jaar.
PV-panelen:	Fotovoltaïsche panelen, ook wel zonnepanelen genoemd, zetten zonlicht om in elektriciteit.
PVT:	Photo-Voltaïsch-Thermisch, dit zijn panelen waarmee zowel elektriciteit als warmte wordt opgewekt.
RES:	Regionale Energie Strategie
Restwarmte:	Warmteopwekking door restwarmte is het proces waarbij warmte die vrijkomt bij industriële processen of elektriciteitsproductie wordt hergebruikt. In plaats van deze warmte verloren te laten gaan, wordt deze opgevangen en gebruikt voor het verwarmen van gebouwen of voor andere toepassingen.
RWZI:	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
Schone energie:	Energie opgewekt uit natuurlijke bronnen die niet op raken, zoals windenergie, zonne-energie en aardwarmte. Ook wel duurzame energie genoemd.
TEA:	Thermische Energie uit Afvalwater: zie aquathermie.
TED:	Thermische Energie uit Drinkwater: zie aquathermie.
TEO:	Thermische Energie uit Oppervlaktewater: zie aquathermie.

Warmtebuffer:

Een warmtebuffer is een groot collectief buffervat waarmee warmte een paar maanden kan worden opgeslagen om piekvraag op te vangen. Warmtewisselaars in de wanden warmen het water in de zomer op en een isolatielaag houdt die warmte vast. Het buffervat levert in de winterperiode voldoende warmte om honderden huizen van warmte te voorzien.

WKO:

Warmte en Koudeopslag is een systeem, waarbij de woningen in een wijk of buurt zijn aangesloten op een collectieve, ondergrondse bron voor warmte en koude. In de zomer wordt warmte ondergronds opgeslagen en kan er koud water uit de WKO worden gehaald om woningen te koelen. In de winter wordt de opgeslagen warmte gebruikt als warmtebron.

WOS:

In een warmteoverdrachtstation (WOS) komt de hoofdleiding van een warmtenet binnen. Vanuit de WOS vertakt het warmtenet zich naar woningen en gebouwen die zijn aangesloten op het warmtenet. In het WOS wordt het water op de gewenste temperatuur doorgepompt naar het vertakte leidingennetwerk.

Samenvatting

Zie gebruikshandleiding

Leeswijzer

Voor u ligt het milieueffectrapport (plan-MER) bij het Warmteprogramma van de gemeente (<Vul naam van de gemeente in>). Het plan-MER beschrijft de milieueffecten bij de mogelijke alternatieven voor het aardgasvrij verwarmen van woningen en gebouwen.

Dit plan-MER is als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 1 beschrijft de aanleiding voor en procedure van deze milieueffectrapportage voor het warmteprogramma.
- Hoofdstuk 2 bevat de effectbeschrijving- en beoordeling per milieuthema.
- Hoofdstuk 3 bevat de slotbeschouwing, met een samenvatting van de beoordelingen, aandachtspunten, aanbevelingen, leemten in kennis en aanzet tot monitoring en vervolg.
- Hoofdstuk 4 bevat de bijlagen.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

Voor u ligt het plan Milieueffectrapport (hierna plan-MER) bij het Warmteprogramma voor de gemeente (<Vul naam van de gemeente in>). 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. Dit plan-MER bevat de milieu-informatie die bij deze besluitvorming over het Warmteprogramma wordt betrokken.

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 Hrketel 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, zie paragraaf 3.5.2.

1.3 Het warmteprogramma onder de Omgevingswet

Het Warmteprogramma vervangt de Transitievisie Warmte (TVW) deel 1 en 2. 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.

Zie gebruikshandleiding

1.4 De mer-procedure voor het warmteprogramma

De gemeente selecteert voor iedere buurt een voorkeursalternatief naar aardgasvrij. Daarvoor zijn in de Uitgangspuntennotitie de kaders uitgewerkt. De gemeente heeft onderzocht welke potentiële duurzame oplossingen aangewend kunnen worden als warmtevoorziening om buurten aardgasvrij te maken. Aan de hand van alternatieven, zoals beschreven in bijlage 4, is de technische haalbaarheid en het bijbehorende gebruik van duurzame bronnen verder uitgewerkt.

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/>

Om te komen tot een voorkeursalternatief naar aardgasvrij per buurt wordt niet alleen gekeken naar technische haalbaarheid en kosten, maar wordt ook in beeld gebracht wat voor milieueffecten een alternatief naar aardgasvrij op de leefomgeving kan hebben. Om deze effecten op de leefomgeving in beeld te brengen is dit plan-MER opgesteld.

Informatie uit dit plan-MER helpt om de mogelijke milieueffecten van het Warmteprogramma in kaart te brengen, zoals de impact op luchtkwaliteit, geluid, bodem, water en biodiversiteit. Het plan-MER biedt inzicht in de milieueffecten zodat deze kunnen worden meegewogen in keuze voor een voorkeursalternatief voor de warmtevoorziening per buurt. Door de milieueffecten expliciet, naast andere criteria, mee te wegen wordt het milieubelang in de keuze voor een voorkeursoplossing per buurt, volwaardig meegenomen en wordt er transparantie geboden over de zwaarte van dat milieubelang ten opzichte van andere criteria. Stakeholders kunnen de informatie uit het plan-MER gebruiken om hun mening te vormen en eventueel te reageren op voorgestelde keuze. Tot slot maakt het plan-MER de mogelijke risico's en negatieve effecten inzichtelijk en kunnen de risico's en effecten beter beheerst en gemitigeerd worden, wat bijdraagt aan een duurzamere en verantwoorde uitvoering van de warmtetransitie.

Naast dat dit plan-MER beslisinformatie levert voor het Warmteprogramma wordt hiermee ook voldaan aan de mer-plicht die geldt omdat er sprake is van kaderstellende keuzes. In bijlage 1 is verder uitgewerkt waarom het Warmteprogramma mer-plichtig kan zijn en welke onderdelen mer-beoordelingsplichtig zijn.

De manier waarop de milieueffecten worden onderzocht is vastgelegd in de concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau (hierna NRD). De NRD heeft **3 juni tot en met 15 juli 2025** ter inzage gelegen, waarbij belanghebbenden schriftelijk hebben kunnen reageren.

Zie gebruikshandleiding

1.5 Reacties op Notitie Reikwijdte en Detailniveau

Zie gebruikshandleiding

1.6 Omgang met advies Commissie mer met betrekking tot andere warmteprogramma's

De Commissie voor de milieueffectrapportage (Commissie mer) heeft een formele rol in het proces van milieueffectrapportages. Een plan-MER moet aan de Commissie worden voorgelegd ter toetsing. De Commissie geeft advies over de inhoud en kwaliteit van het MER. In haar toetsingsadvies beoordeelt ze de juistheid en volledigheid van de milieu-informatie.

Zie gebruikshandleiding

1.7 Wijzigingen ten opzichte van de Notitie Reikwijdte en Detailniveau

Zie gebruikshandleiding

1.8 Methodiek van het plan-MER

Een warmteprogramma heeft mogelijk significante effecten op het milieu en wanneer dit het geval is moet een plan-MER worden opgesteld. Het doel van het warmteprogramma is het aardgasvrij maken van buurten en gebouwen in de gemeente en in dit plan-MER worden de verschillende alternatieven (manieren voor buurten of gebouwen om van het aardgas af te gaan) onderzocht. Dit houdt in dat er wordt gekeken welke milieueffecten een alternatief veroorzaakt. Dit wordt gedaan door per thema (bijvoorbeeld luchtkwaliteit, ruimtelijke kwaliteit of klimaat) te onderzoeken wat het effect van het uitvoeren van een alternatief is op deze thema's. Op deze manier wordt er per alternatief en per buurttype onderzocht wat het effect van een alternatief is. Aan de hand van dit onderzoek kan per buurt worden gekeken wat het beste alternatief per buurt

is. De methodiek van het plan-MER is verder uitgelegd in bijlage 3. Onderstaande paragrafen beschrijven de stappen die doorlopen worden in het plan-MER. In bijlage 3 zijn deze stappen in meer detail uitgewerkt.

1.8.1 Inventarisatie

De milieueffecten worden beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie, uitgaande van autonome ontwikkelingen.

De referentiesituatie en autonome ontwikkeling worden in meer detail beschreven in hoofdstuk 2.

Voor de gemeente is ook in beeld gebracht in welke mate de alternatieven en daarvoor benodigde installaties overeenkomen met de 6 alternatieven voor aardgas, opgesteld door het PBL (beschreven in bijlage 4). Daarnaast worden de in de gemeente beschikbare duurzame bronnen uitgewerkt. Ook onderdeel van de inventarisatie is het in kaart brengen van de buurttypen in de gemeente, die aan de hand van onderscheidende kenmerken zijn bepaald voor heel Nederland (zie bijlage 5).

1.8.2 Generieke beoordeling per alternatief

Met de inventarisatie als basis, wordt voor de verschillende milieu thema's in beeld gebracht welke potentiële milieueffecten kunnen optreden, in de aanleg- en gebruiksfase van de alternatieven. Voor ieder aspect leidt dit tot een beoordeling op mogelijk optredende milieueffecten per alternatief.

1.8.3 Verdieping naar buurttype

Vanwege onderscheidende kenmerken van verschillende buurttypen, kan de impact van diverse alternatieven verschillen per buurt. In de buurttypologie zijn de verschillende kenmerken uitgewerkt tot 14 buurttypen (zie bijlage 5). Aan de hand van onderscheidende kenmerken, zoals bijvoorbeeld het aantal woningen in een buurt (WEQs per ha), die van invloed kunnen zijn op de impact van milieueffecten, kan per buurttype de algemene beoordeling bijgesteld worden. Het resultaat is een beoordeling per aspect voor de alternatieven (aanleg- en of gebruiksfase), uitgesplitst naar buurttype. De buurttypologie wordt in het Warmteprogramma zelf niet gebruikt, maar beperkt zich tot het plan-MER.

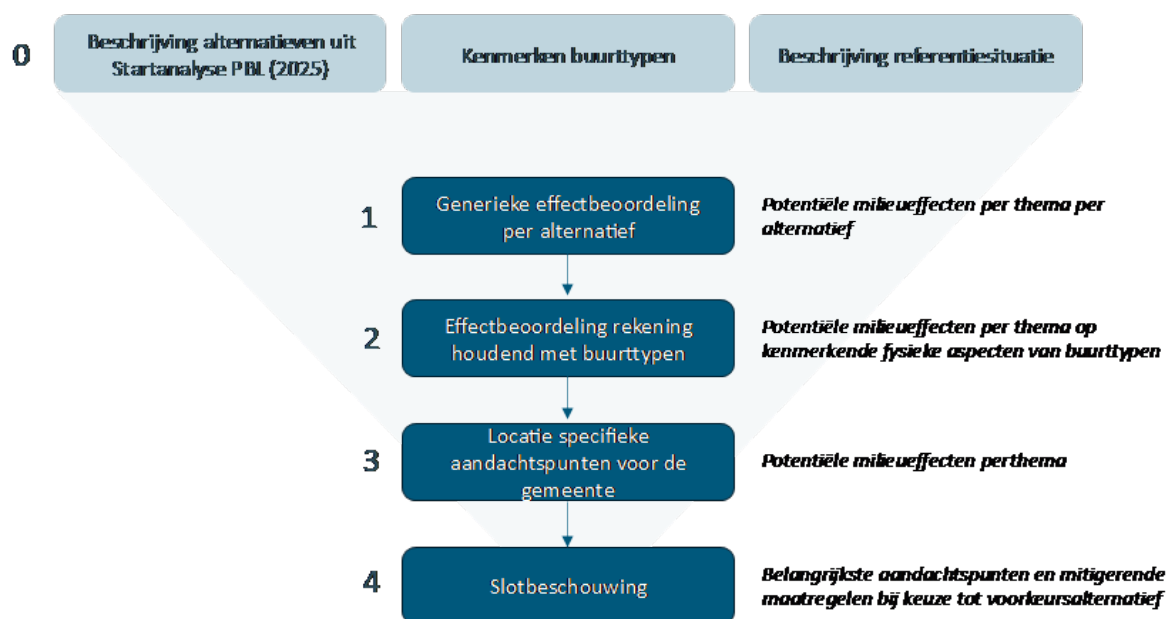
1.8.4 Geografische informatie: locatiespecifiek

Aspecten die een specifieke geografische component met zich meebrengen, oftewel die buurttype overstijgend zijn, worden op gemeenteniveau onderzocht (het plangebied). Zo wordt gekeken naar:

- Archeologische en cultuurhistorische waarden;
- Emissievrije zones;
- Ligging van het huidige warmtenet;
- Drinkwaterwingebieden- en beschermingszones;
- Beschermde soorten in de gemeente;
- Oppervlaktewateren voor thermische energieopwekking;
- Nabijgelegen Natura 2000-gebieden.

1.8.5 Slotbeschouwing

In de slotbeschouwing worden de belangrijkste aandachtspunten per alternatief en buurttype samengevat. Daarnaast worden mitigerende maatregelen om de milieueffecten bij de gekozen voorkeursoplossingen te minimaliseren en bijbehorende borging door middel van monitoring en evaluatie samengevoegd weergegeven.



Figuur 1-1 Onderzoeksstappen voor het plan-MER bij het Warmteprogramma

Zie gebruikshandleiding

1.9 Alternatieven naar aardgasvrij

Het Planbureau voor de Leefomgeving helpt gemeenten bij het opstellen van hun Warmteprogramma. Hierbij zijn 4 hoofdstrategieën te onderscheiden en in het totaal 18 varianten. Deze zijn gebaseerd op de benodigde infrastructuur voor een alternatief om van het aardgas af te gaan (warmtenet, warmtecentrale of verzwaring van het elektriciteitsnet), de vermindering in CO₂ uitstoot die een variant oplevert, het benodigde isolatieniveau en de kosten. In dit plan-MER zijn de 18 varianten gebundeld tot 6 alternatieven. Voor de manier waarop dit wordt gedaan en wat deze precies inhouden: zie bijlage 4. De volgende alternatieven worden onderzocht in dit plan-MER:

- <Vul opsomming aan met de te onderzoeken alternatieven met bijbehorende (warmte)bronnen>

Zie gebruikshandleiding

1.10 Buurttypen

De wijken 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, percentage groen en hittestressgevoeligheid.

Zoals in 1.8 kort is toegelicht worden de generieke beoordelingen per alternatief bijgesteld aan de hand van het onderscheid in kenmerken tussen buurttypen. In bijlage 5 wordt uitgelegd wat een buurttype is, welke buurttypen in Nederland voorkomen en wordt ingegaan op de kenmerken waarop de buurttypen van elkaar verschillen.

Voor gemeente (<Vul naam van de gemeente in>) zijn de volgende buurttypen van toepassing:

- <Vul opsomming aan met de buurttypen>

Onderstaande figuur geeft de geografische verdeling van de buurttypen binnen de gemeente weer.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

2. Milieueffecten

In paragraaf 1.9 zijn de diverse alternatieven naar aardgasvrij die de gemeente onderzoekt beschreven. Voor deze alternatieven is in beeld gebracht welke milieueffecten optreden tijdens de aanleg- en gebruiksfase voor de verschillende thema's. In dit hoofdstuk is allereerst per thema de referentiesituatie beschreven, daarna zijn de algemene milieueffecten beschreven, vervolgens zijn deze gekoppeld aan een specifiek buurttype en daarna (indien relevant) de locatiespecifieke effecten.

Zie gebruikshandleiding

2.1 Geluid en trillingen

Onderstaande paragraaf beschrijft de effecten met betrekking tot het thema geluid en trillingen. Hierbij zijn de cumulatieve geluidshinder en de mate van trillingen maatgevend. Beide aspecten worden beoordeeld in de aanleg- en gebruiksfase.

Tabel 2-1 Beoordelingskader geluid en trillingen

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

2.1.1 Beleidskader (geluid en trillingen)

Tabel 2-2 Beleidskader geluid en trillingen

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
Nationaal beleid	
Omgevingswet geluid (2024)	- Spoorweglawaai: onder de Omgevingswet stelt de gemeente in het omgevingsplan gebiedsgerichte normen op geluidsgevoelige objecten zoals woningen vast. De waarden uit de wet geluidhinder zijn hierbij kaderstellend. - Wegverkeerslawaai: voor wegverkeer geldt ook dat de gemeente onder de Omgevingswet in het omgevingsplan normen op geluidgevoelige objecten vaststelt, waarbij normen uit de wet geluidhinder de basis vormen. - Windturbinelawaai: Onder de Omgevingswet zal nog enige tijd gebruik moeten worden gemaakt van de tijdelijke regelgeving voor windturbines totdat het Besluit Windturbines in 2025 in werking treedt. Een windturbine of een combinatie van windturbines dient ten behoeve van het voorkomen of beperken van geluidhinder te voldoen aan de norm van ten hoogste 47 dB L_{den} en ten hoogste 41 dB L_{night} op de gevel van gevoelige objecten. Industrielawaai: De gemeente regelt in het omgevingsplan dat het geluid door activiteiten op het industrieterrein niet hoger is dan het geluidproductieplafond.
Besluit bouwwerken leefomgeving (2025)	Voor trillingen als gevolg van bouw- en sloopwerkzaamheden staan in het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) regels voor het verrichten van de bouw- en sloopwerkzaamheden in de dagperiode. De regels gaan onder meer over het beperken van trillinghinder. Bij nieuwbouw gelden regels voor het geluidsniveau van bouwwerkinstallaties, zoals een luchtverversingsinstallatie of warmtepomp. Ze zijn aan de orde bij alle gebruiksfuncties. Deze regels hebben als doel om de veiligheid in de directe omgeving bij het bouwen en slopen te waarborgen en de gezondheid te beschermen. Vanuit het Bbl geldt voor installaties voor warmte- of koudeopwekking (zoals een warmtepomp of airco) dat het geluid van een warmtepomp op de perceelgrens niet boven de wettelijke grens mag uitkomen – maximaal 40 dB(A) in de avond en nacht, en 45 dB(A) overdag.
Provinciaal beleid	
Gemeentelijk beleid	

Zie gebruikshandleiding

2.1.2 Referentiesituatie (geluid en trillingen)

Zie gebruikshandleiding

In **Figuur XX** is de geluidsbelasting (Lden, 2021) voor wegen weergegeven en **Figuur XX** geeft de geluidsbelasting voor spoorwegen (Lden, 2021). De figuren tonen dat de geluidsbelasting rondom drukke verkeersaders en spoorwegen hoog is.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Bij specifieke vormen van industrie, zwaar vrachtverkeer en treinverkeer kan in de referentiesituatie trillinghinder optreden. Trillinghinder door verkeer is sterk afhankelijk van de staat van het wegdek. Ook kan bij constructiewerkzaamheden trillinghinder optreden bij het heien of door de aan- en afvoer van bouwmaterialen.

2.1.3 Effectbeschrijving (cumulatieve geluidshinder)

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 berekenen of mensen mogelijk overlast kunnen ervaren van bepaalde geluidsbronnen wordt vaak gerekend met Lden (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 van harde geluiden.

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

Cumulatief geluidsbelastingniveau

Wanneer er meerdere geluidsbronnen zijn neemt het cumulatieve geluidsniveau op een logaritmische schaal toe. Dit betekent dit dat het plaatsen van meerdere geluidsbronnen in elkaars nabijheid mogelijk minder geluidsoverlast creëert dan de som van het optellen van het aantal losstaande geluidsbronnen verwacht kan worden. Ook betekent dit dat de toevoeging van een geluidsbron in een luide omgeving minder invloed op de totale geluidservaring zal hebben, dan een geluidsbron in een oorspronkelijk stillere omgeving.

Het cumulatief geluidsbelastingniveau is het totale geluidsniveau dat wordt gemeten door de geluidsniveaus van verschillende bronnen en gebeurtenissen over een bepaalde periode samen te voegen. Dit wordt uitgedrukt in decibel (dB) en houdt rekening met de bijdrage van alle afzonderlijke geluidsbronnen.

Subjectieve geluidservaring

Naast dat het cumulatief geluidsniveau afvlakt wanneer er meerdere geluidsbronnen in elkaars nabijheid geluid uitstoten, speelt de subjectieve geluidservaring ook een rol. 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 zal het geluid van bijvoorbeeld de buitenunit van een luchtwarmtepomp een minder grote toename van het cumulatieve geluidsbelastingniveau opleveren. Daarnaast zullen de bewoners van deze drukke buurt door de bestaande geluidsbronnen, zoals verkeer, de toevoeging van de 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.

Er is nog weinig onderzoek gedaan naar de subjectieve geluidsbeleving, waardoor dit niet meegenomen kan worden in de effectbeoordelingen.

Zie gebruikshandleiding

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 verschillende alternatieven voor het warmtenet zijn transformatorhuisjes, zwaar verkeer en werktuigen.

2.1.3.1 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 alternatief 1 creëren geen significante extra geluidshinder door verkeer ten opzichte van bestaande verkeersbewegingen.

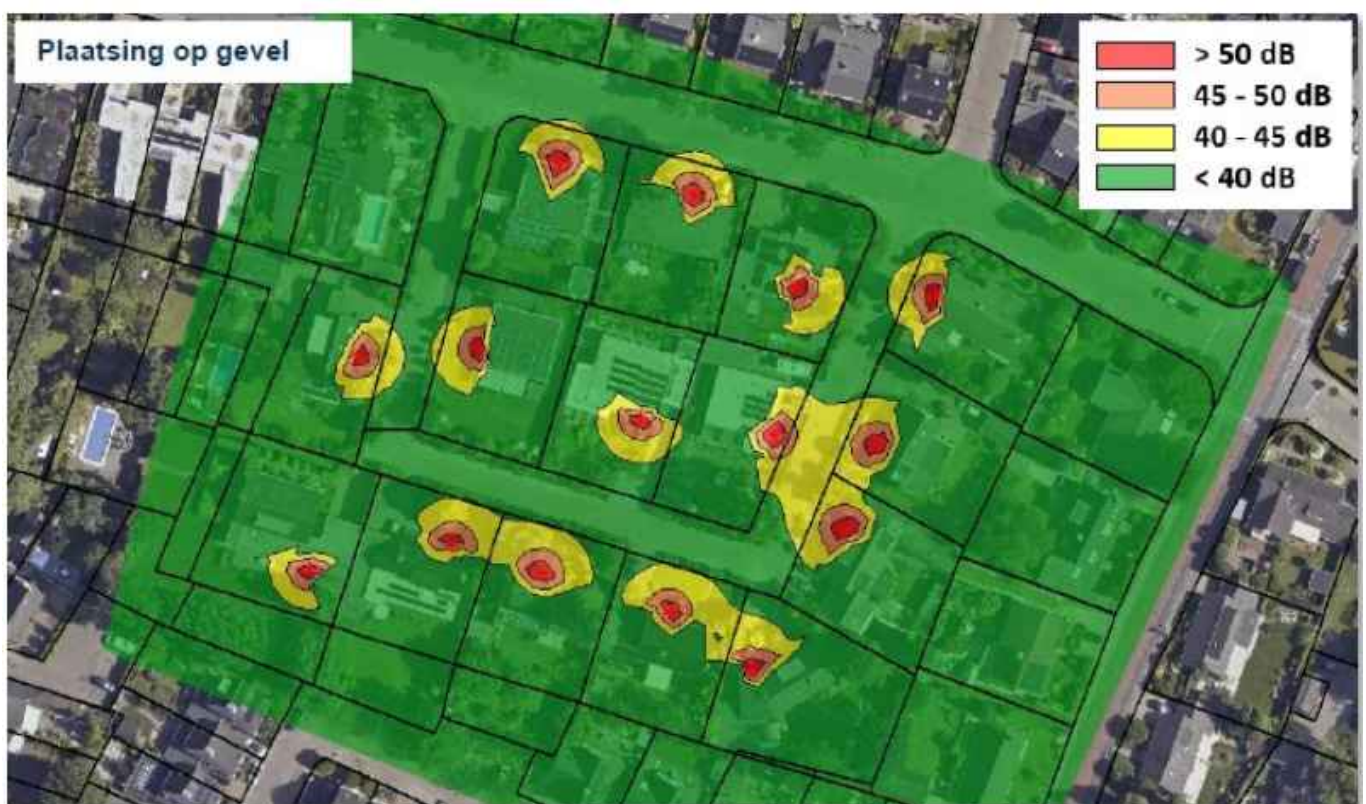
Voor alternatief 1 moet het elektriciteitsnet verzwakt worden, waarvoor transformatorhuisjes en elektriciteitskabels benodigd zijn. De werkzaamheden bij de aanleg hiervan kunnen tot extra geluidshinder leiden, maar zijn relatief kort van duur. Het risico op geluidshinder wordt daarom voor alternatief 1 als neutraal beoordeeld.

Gebruiksfase

De transformatorhuisjes kunnen dicht bij geluidgevoelige gebouwen worden geplaatst. Als de transformator maximaal draait dan is op 1 meter afstand van het huisje een geluid te horen van tussen de 30 en 32 dB. De luchtwarmtepompen bij de woningen hebben een buitenunit die geluid produceert. De hoeveelheid geluid is afhankelijk van de omgevingstemperatuur en de gewenste binnentemperatuur: hoe kouder het buiten is of

hoe warmer het binnen moet zijn, hoe harder de warmtepomp draait. Ook bij gebruik voor koeling in de zomer produceert de warmtepomp geluid.

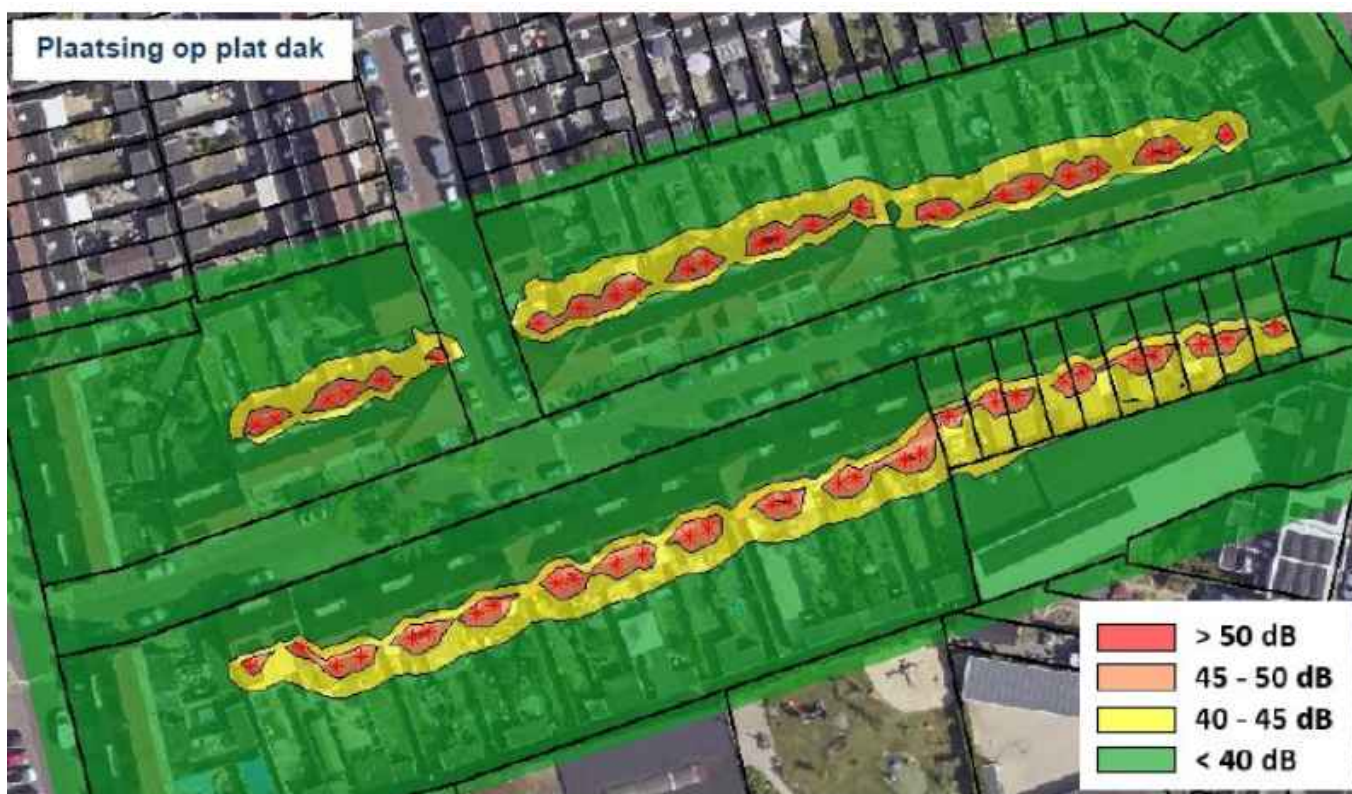
Volgens Europese regelgeving mogen luchtwarmtepompen tot 6 kW maximaal 65 dB(A) produceren en warmtepompen van 6 tot 12 kW maximaal 70 dB(A). In de praktijk zijn moderne warmtepompen door technologische ontwikkelingen vaak stiller. De gemeente Haarlem hanteert een maximale geluidsnorm van 40 dB op de perceelsgrens, in overeenstemming met het Besluit Bouwwerk en Leefomgeving (BBL). Er zijn speciaal ontworpen stille varianten beschikbaar, en het geluidsniveau kan verder worden verlaagd door een geschikte plaatsing en het gebruik van een geluid afschermende omkasting. De kans op hinder door deze installaties is aanzienlijk groter als er sprake is van aaneengesloten bebouwing (zoals rijtjeswoningen). Bij vrijstaande woningen is de afstand tussen de woning en de omliggende percelen groter. In de navolgende figuren is voor beide situaties een inschatting gegeven van het geluid vanwege warmtepompen bij een hoog en een laag emissieniveau. Hieruit blijkt dat met het treffen van geluidbeperkende maatregelen de hinder aanzienlijk kan worden beperkt. Denk hierbij aan omkasting.



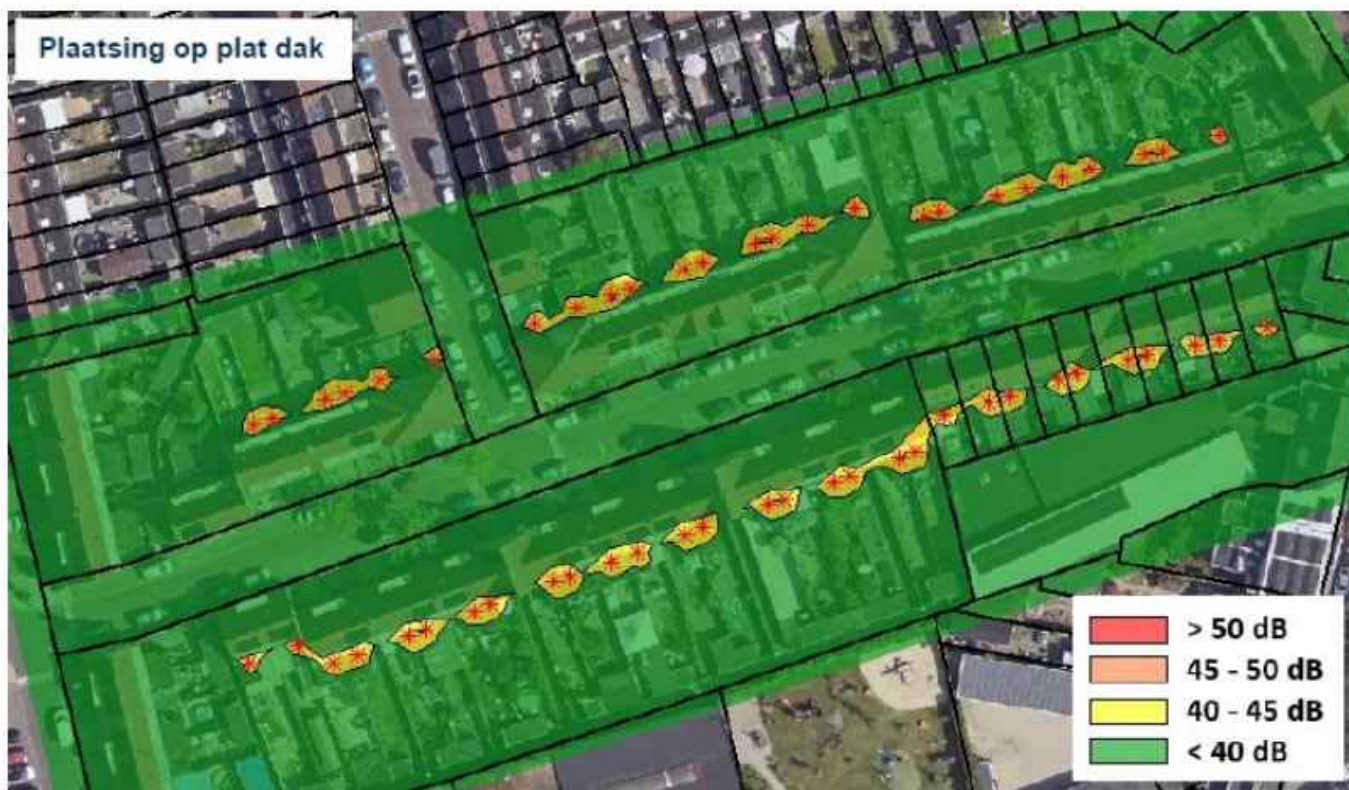
Figuur 2-1 Geluid bij hoog emissieniveau warmtepomp op gevel (plan-MER Haarlem)



Figuur 2-2 Geluid bij laag emissieniveau warmtepomp op gevel (plan-MER Haarlem)



Figuur 2-3 Geluid bij hoog emissieniveau warmtepomp op plat dak (plan-MER Haarlem)



Figuur 2-4 Geluid bij laag emissieniveau warmtepomp op plat dak (plan-MER Haarlem)

Hoewel luchtwarmtepompen niet continu draaien en vaak zijn uitgerust met een stille modus, kan bij grootschalige toepassing in een buurt een continue geluidsbelasting van 40 dB ontstaan. In drukke stedelijke gebieden kan deze extra geluidsbelasting wegvallen tegen het achtergrondgeluid van verkeer, terwijl in rustige woonwijken de subjectieve beleving van geluidhinder sterker kan zijn. Er is nog weinig onderzoek gedaan naar de verschillen tussen cumulatieve en subjectieve geluidservaring bij grootschalige toepassing van luchtwarmtepompen in verschillende stedelijke contexten. Verdere studie naar deze verschillen kan bijdragen aan gerichte maatregelen om geluidhinder te beperken. Naast de mogelijke lichte geluidhinder door extra transformatorhuisjes zijn er aanzienlijke risico's verbonden aan de grootschalige inzet van luchtwarmtepompen in een buurt. Dit alternatief wordt daarom als zeer negatief beoordeeld voor de gebruiksfase.

2.1.3.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Aanlegfase

De individuele bodemwarmtepomp onttrekt met behulp van GBES als warmte uit de grond. Voor dit systeem dient voor iedere woning of gebouw ten minste een boring uitgevoerd te worden. Deze boring wordt door een grote, zware mechanische boorwagen uitgevoerd. Door het gewicht van de boorwagen moeten rijplaten worden neergelegd. Bij de boringen zelf wordt boorvloeistof gebruikt. Tijdens de boring komt grond met boorvloeistof naar boven wat tijdelijk opgeslagen moet worden. Daarnaast vindt er nog transport van materieel plaats. Deze machines zorgen voor geluidhinder tijdens de aanlegfase. De duur van de werkzaamheden voor één GBES is relatief kort: gemiddeld een halve dag tot een aantal dagen.²

Voor dit alternatief moet het elektriciteitsnet verzwakt worden, waarvoor transformatorhuisjes en elektriciteitskabels benodigd zijn. De werkzaamheden bij de aanleg hiervan kunnen tot extra geluidshinder leiden, maar zijn relatief kort van duur. Alternatief 2 wordt als licht negatief beoordeeld omdat weliswaar de geluidshinder voor de werkzaamheden aan de GBES van kortere duur zijn, maar deze werkzaamheden wel bij iedere woning of gebouw moeten plaatsvinden.

² Handreiking VTH Gesloten bodemenergie (2024) door Interbestuurlijk programma versterking VTH: <https://www.omgevingsdienst.nl/wp-content/uploads/2025/04/handreiking-VTH-gesloten-bodemenergie.pdf>

Gebruiksfase

Bij individuele bodem-warmtepompen bevindt de installatie zich binnenshuis. Het geluidsniveau buiten is daarom minimaal voor bodem-warmtepompen. Binnen varieert het geluidsniveau van een bodemwarmtepomp afhankelijk van het model en de fabrikant, maar over het algemeen ligt het geluidsniveau tussen de 30 en 45 dB(A), gemeten bij de installatie, wat vergelijkbaar is met een CV-installatie.

De extra transformatorhuisjes kunnen (lichte) geluidshinder opleveren in de gebruiksfase. Het risico daarop wordt, wanneer de richtlijnen worden nageleefd, als laag ingeschat.

Het risico op geluidshinder wordt voor alternatief 2 in de gebruiksfase als neutraal beoordeeld.

2.1.3.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

Zie gebruikshandleiding

De locatie van de geothermiebron en centrale staan in dit plan-MER los van de afweging voor een alternatief per buurt in dit plan-MER. In algemene zin wordt het optreden van geluidshinder bij geothermie meegewogen in de beoordeling voor dit alternatief, waarbij wordt meegewogen dat er op één locatie binnen de gemeente werkzaamheden plaatsvinden waarbij er mogelijk geluidshinder kan optreden in de directe leefomgeving.

Aanlegfase

Alternatief 3 combineert een MT warmtenet met geothermiebron, welke vaak op gemeenteniveau warmte produceert. De geothermiebron wordt ondersteund met piek/back-upinstallatie. De locatie(s) van de geothermiebron en centrale staat los van een exacte buurt, omdat meerdere buurten via een groter warmtenet van warmte kunnen worden voorzien. De aanlegwerkzaamheden voor de geothermiebron vinden slechts in een beperkt gebied plaats. Aanvullende installaties worden strategisch binnen de gemeente geplaatst. Het gaat hierbij om grootschalige, collectieve installaties (zoals een warmtewisselaar en piek/back-upinstallatie) die in moeten worden gepast in de leefomgeving. Het aanleggen van deze installaties zal in de omgeving gedurende een langere periode tot geluidshinder leiden rond deze bouwlocaties.

De werkzaamheden en bijbehorend bouwverkeer kunnen zorgen voor geluidshinder. Dit geldt voor zowel het aanleggen van de geothermiebron, de piek/back-upinstallatie als voor het warmtenet. Voor het warmtenet moeten binnen een buurt in elke straat distributieleidingen aangelegd worden. Als deze werkzaamheden plaatsvinden kunnen omwonenden geluidshinder ondervinden.

Voor het aanleggen van een warmtenet en bijbehorende installatieonderdelen, zoals een warmteoverdrachtstation, is transport van zwaar materieel en gebruik van werktuigen nodig. Deze kunnen laagfrequent geluid emitteren. Gezien de tijdelijke duur en omvang van het laagfrequent geluid wordt deze niet als maatgevend voor deze effectbeoordeling gezien.

Op basis van de risico's op geluidshinder tijdens de aanlegwerkzaamheden benodigd voor alternatief 3, wordt dit alternatief als licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

De geluidsemissie van het watertransport door leidingen van het warmtenet heeft geen significante geluidshinder tot gevolg. De groen gasgestookte piek/back-up voorziening kan in de gebruiksfase geluid uitstoten. Voor deze installaties moet een vergunning worden aangevraagd bij de gemeente, waarbij ook wordt getoetst of de uitstoot van geluid aan geldende richtlijnen voldoet. Deze installaties zijn grootschaliger en moeten strategisch geplaatst worden binnen de gemeente. 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 geluidshinder te voorkomen. Maatgevend voor de effectbeoordeling van alternatief 3 op buurtniveau is de inpassing van warmteoverdrachtstations. Het risico op geluidshinder in de gebruiksfase wordt voor alternatief 3 als laag ingeschat, daarom wordt dit alternatief neutraal beoordeeld.

2.1.3.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

Aanlegfase

Voor alternatief 4 wordt restwarmte ingevoerd in een MT warmtenet gebruikt. Naast restwarmte wordt een piek/back-upinstallatie gerealiseerd. Bij de restwarmtebron moet een warmtewisselaar worden 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. Daardoor vinden de tijdelijke werkzaamheden tijdens de aanleg plaats in een beperkt gebied. Afhankelijk van de bron is er zwaar verkeer van materieel en kan er geluidshinder door gebruik van werktuigen zijn. Uitgangspunt is gezien de aard van de benodigde MT-restwarmte dat deze bronnen en de benodigde installaties op industrieterreinen liggen en daarmee in woonwijken niet of slecht beperkt tot geluidshinder zullen leiden. Het verbinden van de restwarmte bron(nen) met het warmtenet en bijbehorende werkzaamheden worden niet als maatgevend voor deze effectbeoordeling gezien.

In dit alternatief wordt een MT warmtenet aangelegd bestaande uit transportleidingen van de restwarmtebron en piek/back-upinstallatie naar het warmteoverdrachtstation (WOS) in de buurt en distributieleidingen met een kleinere diameter vanaf het WOS naar de woningen en gebouwen op buurniveau. Bij de aanleg van het warmtenet en het WOS zullen in iedere buurt werkzaamheden plaatsvinden, waarbij omwonenden geluidshinder kunnen ondervinden door de werkzaamheden en het bouwverkeer.

Het gebruik van deze werktuigen en het zwaar verkeer kan laagfrequent geluid emitteren. Dit laagfrequent geluid wordt door de tijdelijke duur en omvang niet als maatgevend gezien voor deze effectbeoordeling.

Maatgevend voor de effectbeoordeling van alternatief 4 in de aanlegfase zijn de aanlegwerkzaamheden voor het warmtenet. Op basis van de risico's op geluidshinder tijdens de aanlegwerkzaamheden benodigd voor alternatief 4, wordt dit alternatief als licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

Restwarmte is een restproduct van een industrieel of thermisch proces. Geluid dat hierbij vrijkomt valt onder de referentiesituatie en wordt daarom niet meegenomen in de effectbeoordeling. Bij lozing van restwarmte naar de omgeving (via lucht of oppervlaktewater) kan hard geluid vrijkomen. Een warmtewisselaar die restwarmte opvangt, leidt in principe niet tot een vermindering van dit geluidsniveau, al kan er sprake zijn van een lichte reductie wanneer minder restwarmte wordt geloosd.

Het watertransport via leidingen van het warmtenet veroorzaakt geen significante geluidshinder.

De groen gasgestookte piek/back-upvoorziening die in dit alternatief is meegenomen, kan in de gebruiksfase geluid uitstoten. Voor deze installaties is een vergunning van de gemeente vereist, waarbij wordt getoetst of de uitstoot van geluid aan geldende richtlijnen voldoet. Aangezien het om grootschalige installaties gaat, is strategische plaatsing binnen de gemeente van belang. 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 geluidshinder te voorkomen.

Maatgevend voor de effectbeoordeling van alternatief 4 in de gebruiksfase is de inpassing van warmteoverdrachtstations. Het risico op geluidshinder in de gebruiksfase wordt voor alternatief 4 als laag ingeschat, daarom wordt dit alternatief neutraal beoordeeld.

2.1.3.5 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 WKO. In de wijkcentrale wordt de lage temperatuur warmte opgewaardeerd met een collectieve warmtepomp en gedistribueerd via een warmtenet naar de woningen en gebouwen in de buurt. Voor een (Z)LT warmtenet worden verschillende leidingen aangelegd, de aanlegwerkzaamheden en bijbehorend bouwverkeer kunnen

geluidshinder als gevolg hebben. Op restwarmtebron na, liggen de bronnen voor alternatief 5 en installaties bijbehorend het warmtenet en pieklast in de buurt geconcentreerd (in tegenstelling tot alternatief 3 en 4).

Voor het aanleggen van WKO moeten boringen worden uitgevoerd. Bij deze boringen, ondanks beperkte omvang van de installatie in vergelijking tot een geothermiebron, is het risico van geluidshinder hoger door de locatie van de WKO in de wijk. Mogelijke geluidshinder voor omwonende ontstaat door materieel bewegingen en werkzaamheden op de aanleglocatie.

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. Daardoor vinden de tijdelijke werkzaamheden tijdens de aanleg plaats in een beperkt gebied. Afhankelijk van de bron is er zwaar verkeer van materieel en kan er geluidshinder door gebruik van werktuigen zijn. De restwarmtebron wordt via transportleidingen verbonden met de WKO en het (Z)LT warmtenet.

Aanvullende installaties (de wijkcentrale, WOS en collectieve warmtepompen) worden binnen de buurt geplaatst. Het gaat hierbij om relatief grootschalige, collectieve installaties die in moeten worden gepast in de leefomgeving. Het aanleggen van deze installaties zal in de omgeving gedurende een langere periode tot geluidshinder leiden rond deze bouwlocaties.

Als laatste is er voor alternatief 5 een lichte verzwaring van het elektriciteitsnet nodig. Het aanleggen van transformatorhuisjes en elektriciteitskabels leidt tot extra geluidshinder, maar is van korte duur. De aanlegwerkzaamheden voor het warmtenet en bijhorende installaties zoals de warmtecentrales in de buurten is maatgevend, daarom wordt alternatief 5 als negatief beoordeeld in de aanlegfase.

Gebruiksfas

Een drietal warmtebronnen worden beoordeeld voor alternatief 5: restwarmte, lucht (collectieve luchtwarmtepomp) en WKO. In principe is restwarmte geluidloos, geluid dat hierbij vrijkomt valt onder de referentiesituatie en wordt daarom niet meegenomen in de effectbeoordeling. Bij lozing van restwarmte naar de omgeving (via lucht of oppervlaktewater) kan hard geluid vrijkomen. Een warmtewisselaar die restwarmte opvangt, leidt in principe niet tot een vermindering van dit geluidsniveau, al kan er sprake zijn van een lichte reductie wanneer minder restwarmte wordt geloosd.

De WKO wordt samen met de collectieve warmtepomp in een warmtecentrale aangelegd. De warmtecentrale kan in de gebruiksfase geluid emitteren door de collectieve warmtepompen. Afhankelijk van de installatie moet een vergunning door de gemeente verleend zijn, waarbij getoetst wordt of de uitstoot van geluid aan geldende richtlijnen voldoet. Afhankelijk van de omvang van de installatie, moet er meer aandacht voor strategische plaatsing zijn in lijn met de geldende richtlijnen.

Het watertransport door de leidingen van het warmtenet en de geluidsemissie daarvan hebben geen significante geluidshinder tot gevolg.

In dit alternatief worden er relatief veel installaties binnen de buurt geplaatst die geluidshinder kunnen veroorzaken in de gebruiksfase. De vraag is of al deze installaties ingepast kunnen worden volgens de richtlijnen. Alhoewel er richtlijnen zijn voor de inpassing van deze installaties wordt de opgave om alle installaties in te passen op buurtniveau als een risico gezien. Dit is maatgevend voor alternatief 5, en wordt dit alternatief als licht negatief beoordeeld.

2.1.3.6 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 WKO. In dit alternatief worden er geen pieklast installaties geïnstalleerd. In de wijkcentrale wordt de warmte verdeeld en via een (Z)LT warmtenet naar de woningen en gebouwen in de buurt getransporteerd. Voor de aquathermie wordt een warmtewisselaar bij een reeds aanwezige waterbron aangelegd. Hierbij kan tijdelijke geluidshinder

ontstaan, de omvang van de geluidshinder is afhankelijk van de omvang en locatie van de aquathermie bron. Voor het aanleggen van WKO moeten boringen worden uitgevoerd. Bij deze boringen, ondanks beperkte omvang van de installatie in vergelijking tot een geothermiebron, is het risico van geluidshinder hoger door de locatie van de WKO in de wijk. Daarnaast moet een dry cooler geïnstalleerd worden. Mogelijke geluidshinder voor omwonende ontstaat door materieel bewegingen en werkzaamheden op de aanleglocatie.

Voor het (Z)LT warmtenet worden verschillende leidingen aangelegd, de aanlegwerkzaamheden en bijbehorend bouwverkeer kunnen geluidshinder als gevolg hebben. Voor het warmtenet zal in iedere buurt werkzaamheden plaatsvinden, omwonenden kunnen geluidshinder ondervinden door de werkzaamheden en (zwaar) bouwverkeer. Hierbij komt naast geluidshinder ook laagfrequent geluid geëmitteerd. Dit laagfrequent geluid wordt door de tijdelijke duur en omvang niet als maatgevend gezien voor deze effectbeoordeling.

Het opwaarderen van de warmte vindt in dit alternatief in de woning plaats met een warmtepomp. 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 extra geluidshinder door verkeersbeweging ten opzichte van bestaande verkeersbewegingen.

Voor het opwaarderen van de warmte in de woningen is elektriciteit benodigd, daarom worden er voor dit alternatief het warmtenet ook extra transformatorhuisjes en elektriciteitskabels geïnstalleerd. Bij het installeren van de transformatorhuisjes en elektriciteitskabels worden er werkzaamheden uitgevoerd die geluid maken. Daarnaast is er bijbehorend bouwverkeer wat tot geluidshinder kan leiden.

Maatgevend voor de effectbeoordeling geluidshinder in de aanlegfase voor alternatief 6 is de locatie van aanlegwerkzaamheden, welke overwegend in de buurt zelf plaatsvinden. Dit kan voor omwonende tot geluidshinder leiden, het risico op geluidshinder tijdens de aanlegfase wordt daarom voor alternatief 6 als negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

Het warmtetransport door de leidingen heeft geen significante geluidshinder tot gevolg. De installaties kunnen wel (lichte) geluidshinder veroorzaken. In dit alternatief zijn er ten opzichte van alternatief 5 minder installaties en daarmee werkzaamheden in de openbare ruimte nodig, omdat de warmte in de woning of het gebouw wordt opgewaardeerd. Voor de installaties moet bij de gemeente een vergunning worden aangevraagd waarbij ook wordt getoetst of de uitstoot van geluid aan de geldende richtlijnen voldoet. Grootschalige toepassing van individuele opwaardering door warmtepompen vormt een risico tot geluidsoverlast, vooral als gevolg van cumulatie van de individuele units in buurten. Hoewel moderne warmtepompen stiller zijn en aanvullende maatregelen zoals omkasting en strategische plaatsing geluid kunnen beperken, blijft het risico bestaan, zeker in dichtbebouwde gebieden.

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 afstand van de buitenwand. Overdag is er meer elektriciteitsverbruik, waardoor het geluid harder is. De te installeren transformatorhuisjes zullen wel na de realisatiefase laagfrequent geluid emitteren. De kans dat een transformatorhuisje overlast geeft is echter klein omdat deze moeten voldoen aan internationale richtlijnen. Om de mogelijkheid van overlast toch te beperken zijn richtlijnen opgesteld over 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.

Alhoewel er richtlijnen zijn voor de inpassing van de installaties en transformatorhuisjes kunnen deze (lichte) geluidshinder veroorzaken. Wegens de combinatie van individuele opwaardering met warmtepompen en de transformatorhuisjes wordt alternatief 6 negatief beoordeeld.

2.1.3.7 Effectbeoordeling (cumulatieve geluidshinder)

Bovenstaande effectbeschrijving resulteert in de volgende effectbeoordeling.

Tabel 2-3 Effectbeschrijving cumulatieve geluidshinder

Aanleg/ gebruiksfas	Alternatief 1 – Individueel lucht	Alternatief 2 – Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet T	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaardere n
Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	-	-
Gebruiksfas	--	0	0	0	0/-	-

2.1.3.8 Onderscheid buurttypen (geluidshinder)

Aanlegfase

Voor de aanleg van een warmtenet is het uitgangspunt dat er één distributieleiding per straat wordt aangelegd, dit geldt voor zowel een MT als een (Z)LT warmtenet. Daarmee is het aantal meters straat per buurttype bepalend voor dit deel van de geluidsoverlast tijdens de aanlegfase. Bepalend voor de mate van geluidshinder is het aantal meters warmtenet wat moet worden aangelegd. Hiervoor wordt het onderscheidende kenmerk *weglengte per hectare*, zoals beschreven in bijlage 5, gebruikt. In buurttypen met hoog aantal meters straat per hectare, moeten relatief meer werkzaamheden voor de aanleg van een warmtenet worden uitgevoerd en hebben daarmee een groter risico op geluidshinder gedurende de aanlegfase, zie onderstaande figuur.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Daarnaast speelt de afstand tot de werkzaamheden aan het warmtenet een rol bij de aanleg van een warmtenet. Om dit effect mee te wegen wordt het onderscheidende kenmerk *straatbreedte*, zoals beschreven in bijlga, gebruikt. Buurten met smallere straten hebben een hoger risico op geluidshinder gedurende de aanlegfase van het warmtenet, zie onderstaande figuur.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Buurttypen historische binnenstad en stedelijk bouwblok hebben beiden een hoger risico voor geluidshinder door een hoog aantal meters weg per hectare en doordat de straten smaller zijn. De beoordeling voor deze buurttypen is voor alternatief 3 en 4 bijgesteld naar negatief. Alternatief 5 en 6 blijven negatief beoordeeld.

Voor bedrijventerreinen, villa en de naoorlogse woonwijk is er juist een lager risico doordat deze buurttypen relatief brede straten en een laag aantal meters weg per hectare hebben. De beoordeling voor deze buurttypen is voor de alternatieven 3, 4, 5, en 6 ten positieve bijgesteld; naar neutraal voor alternatief 3 en 4, en licht negatief voor 5 en 6.

Gebruiksfas

In de gebruiksfas zijn er twee buurtkenmerken die impact hebben op de mate van cumulatieve geluidshinder. Het risico op geluidshinder door installaties zoals OBES, warmteoverdrachtstations en transformatorhuisjes (lichte) geluidshinder kan op buurniveau gedifferentieerd worden. Dit kan met het onderscheidende kenmerk *openbare ruimte per buurttype*. Deze installaties moeten worden ingepast in de leefomgeving. In sommige buurten is daarvoor weinig ruimte, waardoor richtafstanden en richtlijnen om geluidshinder te voorkomen soms lastig uit te voeren zijn.

De buurttypen historische binnenstad, naoorlogse woonwijk, volkswijk en vooroorlogse woonwijk hebben relatief weinig openbare ruimte, waardoor er een groter risico is op geluidshinder van installaties en

transformatorhuisjes in de gebruiksfase. De beoordeling voor deze buurten voor alternatief 2, 5 en 6 is daarom bijgesteld, naar negatief voor alternatief 5 en 6 en licht negatief voor alternatief 2.

Voor bedrijventerrein, bloemkoolwijken, tuindorp en tuinstad laagbouw zijn er juist minder risico's op geluidshinder omdat er in deze buurten relatief veel openbare ruimte is waar installaties en transformatorhuisjes kunnen worden ingepast. Deze buurttypen worden iets positiever genuanceerd: voor alternatief 5 en 6 worden deze buurten respectievelijk als neutraal en licht negatief beoordeeld. Alternatief 2 blijft neutraal.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Het tweede onderscheidende buurtkenmerk is de hoeveelheid *grondgebonden woningen* in een buurt. Het onderzoek van Peutz werkt met één buitenunit per grondgebonden woning. De resultaten van dit onderzoek kunnen niet zonder meer worden doorgetrokken naar dichtbebouwde buurttypen met gebouwen die meerdere buitenunits hebben. Verwachting is dat de effecten van lucht warmtepompen groter zijn in buurten met weinig grondgebonden woningen in vergelijking met buurten met veel grondgebonden woningen.

De buurttypen historische binnenstad, stedelijk bouwblok, tuinstad hoogbouw, en hoogbouw hebben relatief weinig grondgebonden woningen, waardoor luchtwarmtepompen meer geluidshinder veroorzaken. Alternatief 1 wordt in de gebruiksfase voor deze buurttypen zeer negatief beoordeeld.

Tabel 2-4 Effectbeschrijving cumulatieve geluidshinder

Buurttypen	Aanleg/ gebruiksfas e	Alternatief 1 - Individuee lucht	Alternatief 2 - Individuee l Bodem	Alternatief 3 - MT Geotherm ie / warmtene t	Alternatief 4 - MT Restwarm te / warmtene t	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarde ren	Alternatief 6 - Z)LT bron / Individueel opwaardere n
Historische binnenstad	Aanlegfase	0	0/-	-	-	-	-
	Gebruiksfas e	--	0/-	0	0	-	-
Vooroorlogse woonwijk	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	-	-
	Gebruiksfas e	--	0/-	0	0	-	-
Stedelijk bouwblok	Aanlegfase	0	0/-	-	-	-	-
	Gebruiksfas e	--	0	0	0	0/-	-
Tuindorp	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	-	-
	Gebruiksfas e	--	0	0	0	0	0/-
Volkswijk	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	-	-
	Gebruiksfas e	--	0/-	0	0	-	-
Naoorlogse woonwijk	Aanlegfase	0	0/-	0	0	0/-	0/-
	Gebruiksfas e	--	0/-	0	0	-	-
Tuinstad laagbouw	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	-	-
	Gebruiksfas e	--	0	0	0	0	0/-
Tuinstad hoogbouw	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	-	-
	Gebruiksfas e	--	0	0	0	0/-	-
Hoogbouw	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	-	-
	Gebruiksfas e	--	0	0	0	0/-	-
Bloemkoolwijk	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	-	-
	Gebruiksfas e	--	0	0	0	0	0/-

Vinexwijk	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	-	-
	Gebruiksfase	--	0	0	0	0/-	-
Villawijk	Aanlegfase	0	0/-	0	0	0/-	0/-
	Gebruiksfase	--	0	0	0	0/-	-
Bedrijventerrein	Aanlegfase	0	0/-	0	0	0/-	0/-
	Gebruiksfase	--	0	0	0	0	0/-

2.1.3.9 Locatiespecifieke effecten (geluidshinder bronnen)

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

2.1.3.10 Mitigerende maatregelen (cumulatieve geluidshinder)

Om cumulatieve geluidshinder te verminderen, zowel in de aanleg- als gebruiksfase, dient iedere installatie te voldoen aan richtlijnen en vergunningseisen. Dit geldt voor alle onderdelen uit de alternatieven zoals geothermiecentrale, restwarmte installaties, wijkcentrales, warmteoverdrachtstations en transformatorhuisjes. Het strategisch plaatsen van een installaties of transformatorhuisjes ten opzichte van woningen voorkomt het veroorzaken van onnodige (tijdelijke) geluidshinder bij de aanlegfase en in de gebruiksfase.

Ook kan geluidshinder door (hybride) luchtwarmtepompen een significant geluidshinderrisico zijn. Maatregelen in aanvulling op zaken als correcte installatie, benutten van de stille modus en goed onderhoud, zijn akoestische omkasting, rubberen trillingdempers, massieve erfscheidingen en isolatie van de woning zelf zijn noodzakelijk om cumulatieve geluidshinder binnen wettelijke kaders te houden. Inachtneming van de maatregelen in aanvulling op correct benutten van de lucht warmtepompen kan ertoe leiden dat negatieve effecten bijgesteld kunnen worden tot licht negatief niveau.

2.1.4 Effectbeschrijving (trillingen)

2.1.4.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Aanlegfase

In 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 voor alternatief 1 in de aanlegfase als neutraal wordt beoordeeld.

Gebruiksfase

Luchtwarmtepompen kunnen zorgen voor trillingen door de werking van de compressor en ventilator. Deze trillingen kunnen geluidsoverlast veroorzaken en zelfs schade aan de installatie of het gebouw toebrengen. Deze trillingen zijn te voorkomen of te verminderen door de luchtwarmtepompen op een stabiele ondergrond te monteren en gebruik te maken van dempers om de trillingen te absorberen. In de praktijk is niet uit te sluiten

dat luchtwarmtepompen verkeerd of zonder dempers worden gemonteerd, wat kan leiden tot matige overlast. Alternatief 1 wordt daarom voor de gebruiksfase licht negatief beoordeeld.

2.1.4.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Aanlegfase

Bij de aanleg van individuele bodemwarmtepompen moet er bij iedere woning een bodemlus geboord worden. Hiervoor is per woning een booropstelling nodig die met een vrachtwagen gebracht wordt en er is een wagen nodig om verplaatste grond op te vangen. De mechanische boringen zelf kunnen ook tijdelijk trillinghinder veroorzaken. Daarnaast moet ook bij dit alternatief een groot aantal transformatorhuisjes en andere onderdelen om het elektriciteitsnet te verzwaren aangelegd worden waar machinerie en transport voor nodig zijn. Maatgevend voor de effectbeoordeling zijn de boorwerkzaamheden voor het aanleggen van de bodemlussen. Het risico op hinder door trillingen wordt daarom voor alternatief 2 in de aanlegfase als licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 2.

2.1.4.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

Aanlegfase

Bij geothermie kan er voor de aanlegfase een seismisch bodemonderzoek (geluidsgolven) worden uitgevoerd, hiermee wordt beoordeeld of de ondergrond geschikt is voor geothermie. Dit type onderzoek veroorzaakt bodemtrillingen die voelbaar zijn in de omgeving. De onderzoeksactiviteiten die tot trillinghinder kunnen leiden zijn beperkt tot enkele dagdelen.³ De kans dat de trillingen voor schade of overlast zorgen, is minimaal. Het is evenmin aannemelijk dat op een later moment bevingen in de bodem ontstaan door aardwarmtewinning.⁴ Tijdens de aanlegfase wordt de geothermie bron geboord en bijbehorende installatie gebouwd. Deze werkzaamheden en het bijbehorende verkeer kan trillinghinder geven voor omwonenden. Deze werkzaamheden duren enkele weken.

Zie gebruikshandleiding

Bij de aanleg van de installaties die in de basis- en pieklust van het MT warmtenet voorzien, zoals de aquathermie installaties en collectieve warmtepompen, worden allerlei machines gebruikt en moet materieel van en naar de locatie worden vervoerd. Juist het (zwaar) transport over ongelijke ondergrond leidt tot trillingen in de omgeving.

Voor de aanleg van een MT warmtenet zijn machines nodig voor het aanleggen van de transport- en distributieleidingen en installaties. 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.

Om de transport- en distributieleidingen van het MT warmtenet te verbinden wordt een warmteoverdrachtstation (WOS) aangelegd. Het WOS bevat warmtewisselaars en pompen om de warmte over te dragen en de temperatuur en druk aan te passen, zodat het warme water naar de huizen kan worden getransporteerd met distributieleidingen. Het WOS wordt hiervoor in de buurt geplaatst. De aanleg bestaat uit voorbereidende werkzaamheden, de bouw van het WOS en afwerking (egaliseren omgeving rond WOS), en kan in totaal enkele maanden duren. Niet alle werkzaamheden voor de aanleg van een WOS leiden tot overlast, daarnaast is de hinder beperkt tot de locatie van de WOS.

Bij aanleg van het warmtenet en de bouwfase van de geothermiecentrale en piek/back-upinstallatie wordt door bovengenoemde factoren hinder door trillingen verwacht. Een deel van de installaties voor alternatief 3 kunnen

³ <https://scanaardwarmte.nl/veelgestelde-vragen/>

⁴ Wat merk ik als omwonende van aardwarmtewinning? - Alles over Aardwarmte

op strategische plekken geplaatst worden om de overlast door trillingen te beperken, dit geldt voor de geothermiecentrale en piek/back-upinstallatie. Daarentegen moet het WOS bij de buurt geplaatst worden en kan dus tot trillinghinder leiden voor omwonende. Alternatief 3 wordt als licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase is er bij de geothermie installatie geen trillinghinder te verwachten. Ook is het risico bij geothermie op aardbevingen laag, mits aan een aantal voorwaarden wordt voldaan en de juiste maatregelen worden genomen. Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) heeft onderzoek gedaan naar de toepassing van geothermie en de samenhang met het ontstaan van aardbevingen.⁵ Uit het onderzoek blijkt dat met name de oriëntatie van aanwezige breuken, de breukeigenschappen en de ondergrondse afstand van de injectieput en de breuk van invloed zijn op de kans op het ontstaan van een aardbeving. Daarnaast wordt aangetekend dat in het geval er toch aardbevingen ontstaan door geothermie deze in Nederland naar verwachting niet groter zullen zijn van twee op de schaal van Richter. SodM beveelt aan om voor elk geothermieproject voorafgaand aan de winning een locatie specifieke, seismische risicoanalyse uit te voeren. Wanneer deze analyse een verhoogd seismisch risico laat zien, dan wordt aanbevolen om het geplande project in detail te modelleren om zo de beste locaties voor de putten en de operationele parameters te bepalen. Daarnaast is het advies om tijdens de aardwarmteproductie via een lokaal seismisch netwerk de eventuele aardbevingen te meten. Het risico op trillinghinder wordt voor alternatief 3 in de gebruiksfase als laag ingeschat en daarmee neutraal beoordeeld.

2.1.4.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

Aanlegfase

Voor alternatief 4 moet een MT warmtenet aangelegd worden, met installaties voor de basis- en pieklast. Bij de aanlegwerkzaamheden worden allerlei machines gebruikt en moet materieel van en naar aanleglocaties vervoerd worden. Het (zwaar) transport over ongelijke ondergrond leidt tot trillingen in de omgeving. Ook voor de aanleg van een MT warmtenet zijn machines nodig voor het aanleggen van de transport- en distributieleidingen en installaties. 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. Naast de leidingen moeten ook WOS aangelegd worden in de buurten. De aanleg bestaat uit voorbereidende werkzaamheden, de bouw van het WOS en afwerking (o.a. egaliseren omgeving rond WOS), en kan in totaal enkele maanden duren. Niet alle werkzaamheden voor de aanleg van een WOS leiden tot overlast, daarnaast is de hinder beperkt tot de locatie van de WOS.

Bij aanleg van het warmtenet en de bouwphase van de installaties wordt door bovengenoemde factoren hinder door trillingen verwacht. De installaties voor een MT warmtenet kunnen op strategische plekken geplaatst worden waardoor de overlast door trillingen beperkt is, al zal het WOS wel in de wijk geplaatst moeten worden. De aanleg van het warmtenet en bijbehorende installaties is maatgevend voor dit alternatief, daarom wordt alternatief 4 wordt als licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten op trillinghinder te verwachten bij alternatief 4.

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

Aanlegfase

Voor de aanleg van een (Z)LT 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.

⁵ Onderzoek naar de invloed van geothermie op aardbevingen | Nieuwsbericht | Staatstoezicht op de Mijnen

Voor alternatief 5 worden WKO-doubletten, drycoolers, 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-douplet 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 bij alternatief 5 een aantal transformatorhuisjes en andere onderdelen om het elektriciteitsnet te verzwaren aangelegd worden waarbij machinerie en transport nodig zijn. Op basis van de benoemde effecten wordt alternatief 5 als licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 5.

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

Aanlegfase

Alternatief 6 bestaat uit een (Z)LT warmtenet met een WKO waarin warmte uit lucht en water worden opgeslagen. Warmtebronnen kunnen restwarmte, aquathermie of aardwarmte via de WKO zijn. Vanuit de wijkcentrale wordt de lage temperatuur warmte via een (Z)LT warmtenet naar woningen en gebouwen getransporteerd waar de warmte individueel wordt opgewaardeerd met behulp van een warmtepomp.

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, omdat de temperatuur van het water in de woning wordt opgewaardeerd. Daar staat tegenover dat voor alternatief 6 het elektriciteitsnet verzwakt moet worden, waarbij er elektriciteitskabels en transformatorhuisjes aangelegd worden. Dit brengt graaf- en bouwwerkzaamheden en bijbehorend bouwverkeer met zich mee.

Voor alternatief 6 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 trillinghinder werkzaamheden en verkeer ook meer van invloed is op buurtniveau.

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. De aanlegwerkzaamheden voor restwarmte en aquathermie zijn deswege niet maatgevend.

De werkzaamheden en het bouwverkeer kunnen zorgen voor hinder door trillingen waardoor alternatief 6 als licht negatief wordt beoordeeld.

Gebruiksfase

Het gebruik van warmtepompen voor individuele opwaardering kan leiden tot trillingen. De trillingen ontstaan door de werking van de compressor en ventilator om warmte op te waarderen. Deze trillingen zijn te verminderen door de warmtepomp op stabiele ondergrond correct te bevestigen of absorberende dempers te

gebruiken. Desondanks is niet uit te sluiten dat er trillinghinder ontstaat. Alternatief 6 wordt daarom licht negatief beoordeeld.

2.1.4.7 Effectbeoordeling (trillingen)

Bovenstaande effectbeschrijving resulteert in de volgende effectbeoordeling:

Tabel 2-5 Effectbeschrijving trillingen

Aanleg/ gebruiksfase	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron Individueel opwaarderen
Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Gebruiksfase	0/-	0	0	0	0	0/-

2.1.4.8 Onderscheid buurttypen (trillingen)

Er zijn geen buurttype specifieke effecten te verwachten.

Zie gebruikshandleiding

2.1.4.9 Locatiespecifieke effecten (trillingen)

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

2.1.4.10 Mitigerende maatregelen (trillingen)

Trillingen kunnen verminderd worden door het toepassen van trillingvrije aanlegtechnieken te gebruiken, zoals gestuurde boringen in plaats van een open ontgraving voor het aanleggen van warmtenetleidingen. 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 Elektromagnetische velden

Onderstaande paragraaf beschrijft de effecten met betrekking tot het thema elektromagnetische velden.

Tabel 2-6 Beoordelingskader elektromagnetische velden

Thema	Aspect	Indicator	Aanleg- en/of gebruiksfase
Elektromagnetische velden	Elektromagnetische velden	Toename hinder door elektromagnetische velden	Gebruiksfase

2.2.1 Beleidskader (elektromagnetische velden)

Tabel 2-7 Beleidskader elektromagnetische velden

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
Nationaal beleid	
Voorzorgbeleid voor magneetvelden bij elektriciteitsvoorzieningen (2023)	Het voorzorgbeleid magneetvelden is erop gericht om, zo veel als redelijkerwijs mogelijk is, te voorkomen dat burgers (volwassen en kinderen) langdurig worden blootgesteld aan magneetvelden, die afkomstig zijn van de elektriciteitsinfrastructuur. Gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek geeft het beleidsadvies richtafstanden voor hoogspanningslijnen bij woongebieden en bronmaatregelen voor nieuwe elektriciteitsinfrastructuur. Met deze maatregelen wordt gestreefd naar een maximale veldsterkte van 0,4 microtesla gemiddeld over een jaar, in gebieden waar kinderen langdurig verblijven.
Provinciaal beleid	
Gemeentelijk beleid	

Zie gebruikshandleiding

2.2.2 Referentiesituatie (elektromagnetische velden)

Elektromagnetische straling is overal aanwezig. Eén van de bronnen van elektromagnetische straling zijn hoogspanningslijnen. De Nederlandse wet stelt geen directe grens aan magneetvelden. De Europese Unie beveelt een blootstellingslimiet aan van 100 microtesla. In de praktijk blijft het magneetveld van transformatorhuisjes en elektriciteitskabels die in Nederland ver onder deze blootstellingslimiet. De maximale veldsterkte voor een transformatorhuisje is maximaal 1,5 tot 40 microtesla, gemeten op de buitenmuur. De afstand waarbij het magneetveld zwakker is dan 0,4 microtesla is 1,5 tot 4 meter.

2.2.3 Effectbeschrijving (elektromagnetische velden)

Ondergrondse elektriciteitskabels en transformatorhuisjes wekken een laagfrequent elektrisch en magnetisch veld op. Het laagfrequent elektrische veld wordt afgezwakt door het isolatiemateriaal om de elektriciteitskabels, muren en andere hindernissen.⁶ Laagfrequente magneetvelden dringen wel door hindernissen heen. De sterkte van een magneetveld wordt in microtesla gemeten en hangt af van de stroomsterkte: hoe hoger de stroomsterkte, hoe sterker het magneetveld. Bij transformatorhuisjes is aan één kant het magneetveld sterker ten opzichte van andere zijden, dat is de kant waar de elektriciteit met lage spanning het huisje verlaat. De sterkte van het magneetveld (gemeten op de buitenmuur) kan maximaal 1,5 tot 40 microtesla bedragen. De afstand waarop het magneetveld zwakker is dan 0,4 microtesla (gemiddeld over een heel jaar) bedraagt doorgaans anderhalf tot vier meter⁷.

De relatie tussen elektromagnetische velden (EMV) en gezondheid is complex en onderwerp van veel onderzoek. Laagfrequente magneetvelden van bovengrondse hoogspanningslijnen waarbij de blootstelling gedurende lange tijd boven de 0,4 microtesla uitkomt, worden in sommige studies in verband gebracht met een verhoogd risico op gezondheidsproblemen, zoals leukemie bij kinderen, alhoewel deze bevindingen niet eenduidig zijn. Ook al is er geen sterk bewijs voor ernstige gezondheidsrisico's, toch worden voorzorgsmaatregelen aanbevolen, vooral voor kinderen. De Gemeentelijke Gezondheidsdienst (GGD) adviseert in de richtlijn EMV en gezondheid voorzorg om, zoveel als redelijkerwijs mogelijk is, te voorkomen dat mensen langdurig verblijven in een magneetveld dat (jaargemiddeld) sterker is dan 0,4 microtesla⁸. Over het

⁶ www.kennisplatform.nl/hoogspanningslijnen-en-elektriciteitsnetwerk/

⁷ Hoe sterk zijn de magneetvelden van een transformatorhuisje?

⁸ GGD-richtlijn medische milieukunde: EMV en gezondheid | RIVM

algemeen geldt: hoe hoger de stroomsterkte, hoe sterker de elektromagnetische velden. Dit betekent dat middenspanningsstations sterkere magnetische velden hebben dan laagspanningsstations⁴¹. Bij de inpassing van transformatorstations en -huisjes binnen de gemeente wordt altijd de richtlijn aangehouden dat de sterkte van de magneetvelden niet boven de 0,4 microtesla uit mag komen.

Voor het warmteprogramma wordt het onderzoek naar de effecten van de laagfrequente magneetvelden beperkt tot de extra transformatorhuisjes en ondergrondse elektriciteitskabels die nodig zijn om de elektrificatie van de warmtevraag in de verschillende alternatieven te realiseren. Magnetische velden worden zwakker naarmate de afstand tot het transformatorhuisje of de kabel toeneemt. De effecten worden enkel in de gebruiksfase beschouwd omdat er in de aanlegfase geen sprake is van een toename van magnetische velden.

2.2.3.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Gebruiksfase

Voor alternatief 1 moeten de wijktransformator en het wijkdistributienet verzwaaard worden. Dit betekent dat er bij dit alternatief meer transformatorhuisjes en elektriciteitskabels nodig zijn, hierdoor wordt het risico op hinder door elektromagnetische velden groter. Het uitgangspunt is dat de richtlijnen bij inpassing van transformatorhuisjes worden nageleefd. De beoordeling voor alternatief 1 is daarom neutraal.

2.2.3.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Gebruiksfase

Voor alternatief 2 moeten de wijktransformator en het wijkdistributienet verzwaaard worden. Dit betekent dat er bij dit alternatief meer transformatorhuisjes en elektriciteitskabels nodig zijn, hierdoor wordt het risico op hinder door elektromagnetische velden groter. Het uitgangspunt is dat de richtlijnen bij inpassing van transformatorhuisjes worden nageleefd. De beoordeling voor alternatief 2 is daarom neutraal.

2.2.3.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

Gebruiksfase

Het wijkdistributienet hoeft niet verzwaaard te worden bij een MT warmtenet gevoed door geothermie. Ten behoeve van het warmtenet neemt het aantal transformatorhuisjes en elektriciteitskabels dus niet toe ten opzichte van de referentiesituatie. De beoordeling voor alternatief 3 is daarom neutraal.

2.2.3.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

Gebruiksfase

Het wijkdistributienet hoeft niet verzwaaard te worden bij een MT-restwarmte warmtenet gevoed met warmte uit restwarmte. Ten behoeve van het warmtenet neem het aantal transformatorhuisjes en elektriciteitskabels dus niet toe ten opzichte van de referentie situatie. De beoordeling voor alternatief 4 is daarom neutraal.

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

Gebruiksfase

Het wijkdistributienet hoeft slechts beperkt verzwaaard te worden bij alternatief 5. Netverzwaring is benodigd om de wijkcentrale met collectieve warmtepompen van elektriciteit te voorzien, dit betekent dat de netverzwaring geconcentreerder plaatsvindt. Een beperkt aantal kabels en middenspannings/laagspanningsstations is nodig. De magneetvelden van een middenspanningsstation zijn echter sterker dan die van de transformatorhuisjes in de buurt. Het uitgangspunt is dat de richtlijnen bij inpassing van een middenspanningsstation worden nageleefd zodat de elektromagnetische straling niet te sterk wordt. De beoordeling voor alternatief 5 is daarom neutraal.

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

Gebruiksfase

Het wijkdistributienet moet verzwafd worden bij alternatief 6. Netverzwaring is benodigd om de wijkcentrale met collectieve warmtepompen van elektriciteit te voorzien. Hiervoor zijn kabels en middenspannings-/ laagspanningsstations nodig, maar ook transformatorhuisjes. De netverzwaring concentreert zich meer op wijkniveau. De magneetvelden van een middenspanningsstation zijn sterker dan die van de transformatorhuisjes in de buurt. Bij zowel middenspanningsstations als transformatorhuisjes is het uitgangspunt dat de richtlijnen bij inpassing worden nageleefd zodat de elektromagnetische straling niet te sterk wordt. De beoordeling voor alternatief 6 is daarom neutraal.

2.2.3.7 Effectbeoordeling (elektromagnetische velden)

Bovenstaande effectbeschrijving resulteert in de volgende effectbeoordeling.

Tabel 2-8 Effectbeoordeling elektromagnetische velden

Aanleg/ gebruiksfase	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Gebruiksfase	0	0	0	0	0	0

2.2.3.8 Onderscheid buurttypen (elektromagnetische velden)

Netbeheerders hebben zich gecommitteerd aan het beleidsadvies over magneetvelden van het elektriciteitsnetwerk. Met deze richtlijnen zijn er geen negatieve effecten van laagfrequente magneetvelden te verwachten. Bij buurttypen met weinig openbare ruimte in het straatbeeld kan het inpassen van transformatorhuisjes lastiger zijn ten opzichte van buurttypen waarbij veel openbare ruimte aanwezig is. Om dit effect mee te wegen is het onderscheidende kenmerk *percentage openbare ruimte*, zie bijlage 5, gebruikt. Buurttypen met weinig openbare ruimte hebben een hoger risico op hinder door elektromagnetische velden. Dit zijn buurten met het buurttype historische binnenstad, vooroorlogse woonwijk, naoorlogse woonwijk en volkswijk, zoals in onderstaand figuur te zien is.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Buurttypen historische binnenstad, vooroorlogse woonwijk, naoorlogse woonwijk en volkswijk hebben voor de alternatieven waarbij veel transformatorhuisjes en elektriciteitskabels geïnstalleerd moeten worden, een licht negatieve beoordeling gekregen.

Tabel 2-9 Beoordeling elektromagnetische velden naar buurttype

Buurttypen	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Historische binnenstad	0/-	0/-	0	0	0	0/-
Vooroorlogse woonwijk	0/-	0/-	0	0	0	0/-
Stedelijk bouwblok	0	0	0	0	0	0
Tuindorp	0	0	0	0	0	0
Volkswijk	0/-	0/-	0	0	0	0/-
Naoorlogse woonwijk	0/-	0/-	0	0	0	0/-
Tuinstad laagbouw	0	0	0	0	0	0
Tuinstad hoogbouw	0	0	0	0	0	0
Hoogbouw	0	0	0	0	0	0

Bloemkoolwijk	0	0	0	0	0	0
Vinexwijk	0	0	0	0	0	0
Villawijk	0	0	0	0	0	0
Bedrijventerrein	0	0	0	0	0	0

2.2.3.9 Locatiespecifieke effecten (elektromagnetische velden)

Er zijn geen locatiespecifieke effecten waardoor de beoordeling op buurniveau aangepast dient te worden.

2.2.3.10 Mitigerende maatregelen (elektromagnetische velden)

Er zijn geen significant negatieve effecten te verwachten wanneer aan de richtlijnen wordt voldaan, mitigerende maatregelen zijn niet nodig. In buurten met weinig openbare ruimte zal wel extra aandacht besteed moeten worden aan goede inpassing met behoud van de richtafstanden.

2.3 Luchtkwaliteit

Luchtkwaliteit zegt iets over de hoeveelheid verontreinigende stoffen in de lucht om ons heen die we dagelijks inademen. De luchtkwaliteit wordt bepaald door de concentraties van verschillende verontreinigende stoffen in de lucht, zoals fijnstof (PM₁₀ en PM_{2,5}), stikstofoxiden en stikstofdioxide (NO_x). Goede luchtkwaliteit betekent dat de concentraties van deze verontreinigende stoffen laag zijn en binnen de door gezondheidsorganisaties vastgestelde veilige grenzen vallen. Op basis van deze indicatoren zijn de verschillende alternatieven beoordeeld.

Tabel 2-10 Beoordelingskader luchtkwaliteit

Thema	Aspect	Indicator
Lucht	Luchtkwaliteit	Uitstoot van fijnstof (PM ₁₀ , PM _{2,5}) en stikstofoxide (NO _x)

2.3.1 Beleidskader (luchtkwaliteit)

Tabel 2-11 Beleidskader luchtkwaliteit

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
Nationaal beleid	
Omgevingswet luchtkwaliteit	- Vooraf in en nabij de aandachtsgebieden moeten overheden toetsen aan de rijksomgevingswaarden - Er is een uitzondering voor activiteiten die maar weinig bijdragen aan de luchtvervuiling, oftewel: niet in betekende mate (NIBM)
Schone Lucht Akkoord (SLA, 2020)	- Het akkoord beoogt door een schonere lucht in 2030 een gezondheidswinst van 50% te bereiken in vergelijking met 2016. - De deelnemende partijen werken toe naar de WHO-advieswaarden in 2030. De advieswaarden uit 2005 zijn daarbij uitgangspunt (zie verderop in het hoofdstuk)
Provinciaal beleid	
Gemeentelijk beleid	

Zie

gebruikshandleiding

2.3.2 Referentiesituatie (luchtkwaliteit)

Fijnstof (PM₁₀ en PM_{2,5}) bestaat uit kleine deeltjes die diep in de longen kunnen doordringen en zelfs in de bloedbaan terecht kunnen komen. Blootstelling aan fijnstof kan leiden tot ademhalingsproblemen, hart- en vaatziekten, en kan bestaande aandoeningen zoals astma verergeren. Langdurige blootstelling kan ook bijdragen aan de ontwikkeling van chronische ziekten en vroegtijdige sterfte. Stikstofdioxide (NO₂) is een gas dat voornamelijk wordt uitgestoten door verkeer en industriële activiteiten. Blootstelling aan hoge

concentraties NO₂ kan leiden tot irritatie van de luchtwegen, verminderde longfunctie, en verhoogde gevoeligheid voor luchtweginfecties. Langdurige blootstelling kan bijdragen aan de ontwikkeling van chronische ademhalingsziekten. Slechte luchtkwaliteit door fijnstof en stikstofdioxide kan leiden tot een breed scala aan gezondheidsproblemen, waaronder ademhalings- en hart- en vaatziekten, verminderde longfunctie, en verhoogde sterfte. Kwetsbare groepen zoals kinderen, ouderen, en mensen met bestaande gezondheidsproblemen lopen een hoger risico.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

De luchtkwaliteit verbetert door Europees en landelijk beleid door verduurzaming van bronnen van luchtvervuiling en vermindering van uitstoot. Zo heeft de gemeente (<Vul naam van de gemeente in>) het Schone Lucht Akkoord ondertekend. Dit betekent dat de energie-, industrie-, en verkeerssector minder stikstofdioxide en fijnstof uitstoten. Ook binnen de agrarische sector worden stappen gezet om de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen te verminderen. Een aandachtspunt is houtstook en de bijbehorende uitstoot van roetdeeltjes.

De verduurzaming van de bronnenmix en van het bestaande warmtenet is daarmee onderdeel van de referentiesituatie. In de effectbeoordeling van de alternatieven worden de effecten ten opzichte van deze referentiesituatie beoordeeld.

2.3.3 Effectbeschrijving (luchtkwaliteit)

Voor de aanleg van de verschillende onderzochte alternatieven worden machines gebruikt die vaak stikstof en fijnstof uitstoten. Daarnaast vindt er door werkzaamheden extra verkeer plaats voor het vervoer van materiaal en personen.

Bij de meeste bouwprojecten worden werktuigen ingezet om de bouw te realiseren. De uitstoot van stikstof en fijnstof van deze werktuigen is afhankelijk van meerdere factoren. Eén van deze factoren is hoeveel draaiuren het werktuig per jaar maakt tijdens de 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. De uitstoot van bepaalde machines kan verlaagd worden door met moderne werktuigen of elektrische werktuigen te werken.

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 stikstof- en fijnstofemissies. Het verkeer wordt opgedeeld in licht, middelzwaar en zwaar verkeer. Onder licht vallen personenauto's, middelzwaar zijn busjes en zwaar zijn vrachtwagens die benodigd zijn voor onder andere het vervoer van materieel.

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. Deze voorbeeldrapportage is in Bijlage 8. N-Dok rapportage te vinden. Deze N-Dok rapportage is op basis van de AERIUS-rapportage (bijlage 9). De stikstof uitstoot per 100 meter warmtenet bedraagt 42,6 gram/jaar NH₃ en 5,9 kg/jaar NO_x. Bepalend voor de mate van stikstofuitstoot is het aantal meters warmtenet wat moet worden aangelegd. Voor fijnstof wordt aangenomen dat deze evenredig is met de uitstoot van stikstof. Ook hiervoor is het aantal meters warmtenet daarom bepalend. De berekeningen zijn

uitgevoerd uitgaande van diesel aangedreven machines. De uitstoot van stikstof is gerelateerd aan de uitstoot van fijnstof die daarmee ook meegewogen wordt in de effectbeoordeling.

Dit wordt in paragraaf 2.3.3.9 locatiespecifiek verder toegelicht. In deze paragraaf wordt per alternatief toegelicht wat het verwachte effect op luchtkwaliteit als gevolg van de aanleg en het gebruik zal zijn.

2.3.3.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Aanlegfase

Bij de aanleg van individuele luchtwarmtepompen worden werkzaamheden in en aan het huis van bewoners uitgevoerd. Voor deze werkzaamheden is geen zwaar materieel benodigd. Voor deze werkzaamheden volstaat het gebruik van (elektrische) werkbusjes, wat geen significante extra uitstoot geeft ten opzichte van bestaande verkeersbewegingen.

Het elektriciteitsnet moet op midden- en laagspanning niveau verzwakt worden voor alternatief 1. Bij de bouw van middenspanningsstations en transformatorhuisjes (laagspanning) kan stikstof en fijnstof vrijkomen. Met name voor de bouw van middenspanningsstations is zwaar materieel en verkeer nodig. De bouwtijd hangt af van de grootte van het station maar neemt enkele maanden tot een jaar in beslag. Middenspanningsstations zijn in kleinere aantallen benodigd dan transformatorhuisjes en worden waar mogelijk in de buurt van grootverbruikers geplaatst. Transformatorhuisjes worden meer verdeeld over de buurten geplaatst. Bij de bouw van deze transformatorhuisjes wordt in vergelijking met een middenspanningsstation minder (zwaar) materiaal gebruikt waardoor de mogelijke stikstof en fijnstof uitstoot lager is. De bouwtijd van transformatorhuisje neemt enkele weken in beslag. Er zijn ook prefab middenspanningsstations en transformatorhuisjes, waardoor de uitstoot in de buurt door werkzaamheden minimaal is.

De verzwaring van het elektriciteitsnet kan voor stikstof en fijnstof uitstoot zorgen. Naar verwachting zal dit geen significante uitstoot zijn, dit betekent dat er weinig effect op luchtkwaliteit te verwachten is. Alternatief 1 wordt daarom neutraal beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase wordt er geen stikstof of fijnstof uitgestoten door de luchtwarmtepomp. Alternatief 1 wordt daarom neutraal beoordeeld.

2.3.3.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Aanlegfase

De installatie van een individuele bodemwarmtepomp is onderdeel van een gesloten bodemenergiesysteem. Voor dit systeem dient er voor iedere woning een boring uitgevoerd te worden. Deze boring wordt uitgevoerd door een grote, zware mechanische boorwagens die stikstof en fijnstof uitstoten. Recentelijk zijn er elektrisch aangedreven boorinstallaties op de markt gekomen, maar deze worden nog niet grootschalig ingezet. Naast het materieel moeten er voor het gewicht van deze boorwagen rijplaten worden neergelegd, waarvoor (zwaar) transport benodigd is, wat tot stikstof en fijnstof uitstoot kan leiden.

Daarnaast moet voor alternatief 2 het elektriciteitsnet verzwakt worden op midden- en laagspanningniveau. Een bodemwarmtepomp belast het elektriciteitsnet minder dan een luchtwarmtepomp. Dit betekent dat er minder werkzaamheden benodigd zijn voor de bouw van midden- en laagspanningsstations waar stikstof en fijnstof uitstoot bij vrij komt.

De werkzaamheden en bijbehorende stikstof en fijnstof uitstoot bij de aanleg van bodemwarmtepompen tijdens de aanlegfase geven een, alternatief 2 heeft daarom een licht negatief effect op luchtkwaliteit.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase wordt er geen stikstof of fijnstof uitgestoten door de bodemwarmtepomp. Alternatief 2 wordt daarom neutraal beoordeeld.

2.3.3.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / Warmtenet (S2b, c, e, f)

Aanlegfase

Bij het MT geothermie / warmtenet worden op strategische locaties binnen de gemeente installaties aangelegd. Hierbij voorziet de geothermiecentrale in de basislast en voorziet een groengasgestookte of biomassagestookte voorziening in de piek/backup-vraag.

Het gaat hierbij om grootschalige, collectieve installaties die in moeten worden gepast in de leefomgeving. Om deze warmte van deze installaties naar de buurten te transporteren moeten transportleidingen voor het warmtenet worden aangelegd. In de buurten zelf moeten warmteoverdrachtstations worden aangelegd.

Doordat de installaties op strategische plekken in de gemeente geplaatst kunnen worden, concentreren de negatieve effecten op de luchtkwaliteit door de werkzaamheden aan deze installaties zich op deze specifieke locaties. Eventueel bouwverkeer naar en van deze locaties kan voor negatieve effecten op de luchtkwaliteit zorgen. De buurten die grenzen aan deze specifieke locaties zullen daarom meer risico hebben op een negatief effect op de luchtkwaliteit.

Bij de aanleg van transport- en distributieleidingen voor het warmtenet wordt ook fijnstof en stikstof uitgestoten in de buurt. Daarnaast wordt bij dit alternatief in de buurt een warmteoverdrachtstation geplaatst. Bij deze werkzaamheden worden werktuigen gebruikt die stikstof en fijnstof uitstoten. Daarnaast zorgt het aan- en afvoeren van materieel per vrachtwagen voor extra uitstoot.

Bij het MT geothermie / warmtenet worden relatief veel werkzaamheden uitgevoerd waarbij stikstof en fijnstof vrijkomen. Voor de werkzaamheden bij de bouw van de installaties is deze uitstoot geconcentreerd op strategische locaties binnen de gemeente. Alternatief 3 wordt daarom licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase wordt er geen stikstof of fijnstof uitgestoten door de geothermiecentrale en warmteoverdrachtstations. De piek-/back-upinstallaties op groen gas of biomassa stoten echter wel fijnstof en stikstof uit. Alternatief 3 wordt licht negatief beoordeeld.

2.3.3.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / Warmtenet (S02a, d)

Aanlegfase

Bij het MT Restwarmte / warmtenet wordt restwarmte gebruikt als bron. Restwarmte is afkomstig van een reeds bestaand bedrijf. De warmte uit het proces wordt gevangen door middel van een warmtewisselaar. 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. Vaak zijn dit echter grote installaties, waarbij bij de aanleg zwaar materieel en transport benodigd is. Hier kan stikstof en fijnstof vrijkomen. De installatie om restwarmte op te vangen moet vaak nabij de restwarmtebron geplaatst worden. Dit betekent dat de installatie vaak op of nabij bedrijven-/industrieterreinen geplaatst wordt. De negatieve effecten op luchtkwaliteit door de werkzaamheden aan deze installaties concentreren zich dus op deze specifieke locaties. Eventueel bouwverkeer naar deze locaties kan voor negatieve effecten op de luchtkwaliteit zorgen. De buurten die grenzen aan de specifieke locaties zullen daarom meer risico hebben op een negatief effect op de luchtkwaliteit.

Bij de aanleg van transport- en distributieleidingen voor het warmtenet wordt ook fijnstof en stikstof uitgestoten in de buurt. Daarnaast wordt bij dit alternatief in de buurt een warmteoverdrachtstation geplaatst. Bij deze werkzaamheden worden werktuigen gebruikt die stikstof en fijnstof uitstoten. Daarnaast zorgt het aan- en afvoeren van materieel per vrachtwagen voor extra uitstoot.

Bij het MT Restwarmte / warmtenet worden relatief veel werkzaamheden uitgevoerd waarbij stikstof en fijnstof vrijkomen. Voor de werkzaamheden bij de bouw van de installaties zijn is deze uitstoot geconcentreerd op strategische locaties binnen de gemeente. Alternatief 4 wordt daarom licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase wordt er stikstof en fijnstof uitgestoten door de piek-/back-upinstallaties op groen gas of biomassa. Alternatief 4 wordt daarom licht negatief beoordeeld.

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

Aanlegfase

Bij een (Z)LT bron / collectief opwaarderen warmtenet worden verscheidene installaties gebouwd en moet een warmtenet worden aangelegd. Er wordt gebruik gemaakt van lage temperatuur restwarmte of er wordt warmte onttrokken uit de buitenlucht via een drogekoeler die in een WKO wordt opgeslagen. Voor de aanleg van een WKO(-doublet) worden twee boringen gedaan: één voor de opslag van warmte en één voor de opslag van koude. In beide boringen worden pompen geïnstalleerd om grondwater te onttrekken en terug te brengen. Als laatste worden er een collectieve warmtepompen gebruikt om de temperatuur van het water wat via het warmtenet naar de woningen en gebouwen gaat in een lokale energiecentrale warmte op te waarderen. De pomp wordt geplaatst in een technische ruimte, idealiter in de buurt van een middenspanningsstation 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 worden op de energiecentrale met warmtepomp.

Bij de aanleg van de verscheidene installaties zijn zwaar materieel en transport benodigd. Het is mogelijk dat hier stikstof of fijnstof bij uitgestoten wordt. Er vinden relatief meer werkzaamheden plaats in de buurt tot een hogere waarde door de uitstoot meer op buurniveau is geconcentreerd. Alternatief 5 wordt als licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase wordt er geen stikstof of fijnstof uitgestoten door de warmte installaties. Alternatief 5 wordt daarom neutraal beoordeeld.

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

Aanlegfase

Bij een (Z)LT bron / individueel opwaarderen warmtenet worden verscheidene installaties gebouwd, moet een warmtenet worden aangelegd en moet het elektriciteitsnet verzwakt worden. De bron voor dit warmtealternatief kan bestaan uit restwarmte, een WKO-doublet of aquathermie uit oppervlaktewater (TEO). Voor de aanleg van deze installaties zijn zwaar materieel en transport benodigd. Daarnaast moet het elektriciteitsnet verzwakt worden bij alternatief 6. Het elektriciteitsnet moet op midden- en laagspanning niveau verzwakt worden. Bij de bouw van middenspanningsstations en transformatorhuisjes kan stikstof en fijnstof vrijkomen. Met name voor de bouw van middenspanningsstations is zwaar materieel en verkeer nodig. Middenspanningsstations zijn in kleinere aantallen benodigd dan transformatorhuisjes. Deze worden in buurten geplaatst, waarbij bij de bouw ook, weliswaar in kleinere mate, stikstof en fijnstof vrij kan komen.

Bij woningen en gebouwen worden lucht- of bodemwarmtepompen geplaatst om de temperatuur van het water op te waarderen. Voor deze werkzaamheden is geen zwaar materieel benodigd. Voor deze werkzaamheden volstaat het gebruik van (elektrische) werkbusjes, wat geen significante extra uitstoot geeft ten opzichte van bestaande verkeersbewegingen.

Bij de aanleg van de installaties, het warmtenet en elektriciteitsnet zijn werkzaamheden en machines nodig die stikstof en fijnstof uit kunnen stoten. Alternatief 6 wordt daarom als licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase wordt er geen stikstof of fijnstof uitgestoten door de warmte installaties. Alternatief 6 wordt daarom neutraal beoordeeld.

2.3.3.7 Effectbeoordeling (luchtkwaliteit)

Tabel 2-12 Effectbeschrijving luchtkwaliteit

Aanleg/ gebruiksfase	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Gebruiksfase	0	0	0/-	0/-	0	0

Zie gebruikshandleiding

2.3.3.8 Onderscheid buurttypen (luchtkwaliteit)

Het aantal meters warmtenet is maatgevend voor de hoeveelheid stikstof en fijnstof uitstoot en is daarmee maatgevend voor het effect op de luchtkwaliteit in de aanlegfase. Om de beoordeling voor luchtkwaliteit te nuanceren is het onderscheidende kenmerk *weglengte per hectare* gebruikt. Voor de aanleg van een warmtenet is het uitgangspunt dat er één distributieleiding per straat wordt aangelegd. Daarom is per buurttype het aantal meters straat per hectare bepaald, zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** voor de uitwerking hiervan. De buurttypen zijn aan de hand van deze analyse gerangschikt naar een laag, gemiddeld en hoog aantal meters straat per hectare. Buurttypen met een hoog aantal meter weglengte per hectare hebben daarom een grotere kans op blootstelling aan stikstof en fijnstof en zijn in onderstaande figuur weergegeven als buurten met een hoog risico.

Het buurttype historische binnenstad heeft een hoog risico op negatieve effecten op de luchtkwaliteit op basis van het aantal meters weg per hectare. Bedrijventerreinen, villawijken en vooroorlogse woonwijk hebben daarentegen een lager risico. Dit geldt voor alternatief 3 tot en met 6.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Daarnaast hebben buurttypen onderscheidende kenmerken die een rol spelen in de doorwerking van uitstoot op de gezondheid. Groene ruimtes in een buurt, zoals parken en bomen, spelen een belangrijke rol in het verbeteren van de luchtkwaliteit. Planten kunnen fijnstof en stikstofdioxide absorberen en afvangen, wat leidt tot schonere lucht. Buurten met veel groen en open ruimtes hebben doorgaans een betere luchtkwaliteit door de aanwezigheid van planten en betere luchtcirculatie. Goede ventilatie in buurten helpt om vervuilde lucht te verdunnen en af te voeren, wat de concentratie van schadelijke stoffen vermindert. Dichtbebouwde gebieden hebben daardoor vaak slechtere luchtkwaliteit door minder groen en beperkte ventilatie.

Het onderscheidende kenmerk *hittestress-gevoeligheid*, zie bijlage 5, wordt bepaald door verschillende factoren waaronder groen en de ventilatie van buurten. Hittestress-gevoeligheid is daarmee maatgevend voor de mate waarop uitstoot een negatief effect op de luchtkwaliteit heeft in de aanlegfase.

Buurten die hittestress-gevoelig zijn hebben een groter risico op negatieve effecten op de luchtkwaliteit door uitstoot, deze zijn weergegeven in onderstaande figuur. Buurttypen historische binnenstad, stedelijk bouwblock, volkswijk en tuindorp hebben een hoog risico. Bedrijventerreinen, buitengebied, hoogbouw, villawijken en vooroorlogse woonwijken hebben een lager risico.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Buurttype historische binnenstad heeft op beide kenmerken een hoog risico. De beoordeling voor de historische binnenstad wordt daarom negatiever bijgesteld voor alternatief 2, 3, 4, 5 en 6 in de aanlegfase. Vooroorlogse woonwijken, villawijken en bedrijventerreinen hebben op beide kenmerken een laag risico en worden daarom naar positiever bijgesteld voor de aanlegfase: neutraal voor alternatief 2, 3, 4, 5 en 6.

Tabel 2-13 Effectbeschrijving luchtkwaliteit

Buurttype	Aanleg/ gebruiksfas e	Alternati ef 1 – Individue el lucht	Alternatief 2 – Individue el Bodem	Alternatief 3 – MT Geotherm ie / warmtene t	Alternatief 4 – MT Restwarm te / warmtene t	Alternatief 5 – (Z)LT bron / Collectief opwaarde ren	Alternatief 6 – (Z)LT bron / Individue el opwaarde ren
Historisch e binnensta d	Aanlegfase	0	-	-	-	-	-
	Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0	0
Vooroorlo gse woonwijk	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
	Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0	0
Stedelijk bouwblok	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0	0
Tuindorp	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0	0
Volkswijk	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0	0
Naoorlogs e woonwijk	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0	0
Tuinstad laagbouw	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0	0
Tuinstad hoogbou w	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0	0
Hoogbou w	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0	0
Bloemkoo lwijk	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0	0
Vinexwijk	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0	0
Villawijk	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
	Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0	0
Bedrijvent errein	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
	Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0	0

2.3.3.9 Locatiespecifieke effecten (luchtkwaliteit)

Negatieve effecten op de gezondheid als gevolg van slechte luchtkwaliteit door fijnstof en stikstofdioxide treden op. Het is belangrijk om maatregelen te nemen om de uitstoot van deze verontreinigende stoffen te verminderen en de luchtkwaliteit te verbeteren. Beleidsmaatregelen kunnen onder andere het bevorderen van

schone energie, strengere emissienormen voor voertuigen en industrie, en het stimuleren van openbaar vervoer en fietsen omvatten.

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

2.3.3.10 Mitigerende maatregelen (luchtkwaliteit)

Mogelijkheden om negatieve effecten met betrekking tot luchtkwaliteit te mitigeren zijn:

- Tijdens de aanlegfase gebruikmaken van materieel met een lage uitstoot (stage IV of V werktuigen), of volledig elektrisch.
- Inzet van elektrisch aangedreven boorinstallaties voor GBES.
- Gebruik maken van prefab midden spanning- en laagspanningsstation (transformatorhuisjes) waardoor uitstoot in de aanlegfase wordt geminimaliseerd.
- Groene ruimtes in een buurt spelen een belangrijke rol in het verbeteren van de luchtkwaliteit. Planten kunnen fijnstof en stikstofdioxide absorberen en afvangen, wat leidt tot schonere lucht. Buurten met veel groen en open ruimtes hebben doorgaans een betere luchtkwaliteit door de aanwezigheid van planten en betere luchtcirculatie. Aanbrengen van extra groen door de gemeente Utrecht kan de hoeveelheid fijnstof en stikstofdioxide die warmt installaties uitstoten verminderen. Zo kan de inzet op vergroening en klimaatadaptatie door de gemeente functioneren als mitigerende maatregel⁵³.

Zie gebruikshandleiding

2.4 Bodem en grondwater

2.4.1 Beleidskader (bodem en grondwater)

Tabel 2-14 Beleidskader bodem en grondwater

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
Nationaal beleid	
Omgevingswet bodem	De omgevingswet richt zich op het beschermen van de bodemkwaliteit, het voorkomen van verontreiniging en het bevorderen van duurzaam gebruik van de bodem. Dit betekent dat er voldaan moet worden aan de normen die in het Besluit bodemkwaliteit toegelicht worden. Verder kan het omgevingsplan van een gemeente specifieke regels bevatten over de bescherming van de bodem.
Provinciaal beleid	
Gemeentelijk beleid	

Zie

gebruikshandleiding

2.4.2 Referentiesituatie (bodem, ondergronds ruimtegebruik en grondwater)

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een figuur toe>)

2.4.3 Effectbeschrijving (bodemkwaliteit)

Bij het aanleggen van de verschillende alternatieven kan verstoring van de bodemkwaliteit optreden. Met name bij alternatieven met warmtenetten ontstaan verschillende effecten tijdens de aanlegfase of gebruiksfase. In

onderstaande paragraaf wordt een algemene beschouwing gegeven van effecten die kunnen ontstaan met betrekking tot de bodemkwaliteit in de netwerklaag. Vervolgens wordt per alternatief aangegeven of deze effecten ontstaan bij het aanleg en gebruik.

Aanleg warmtenetten

Bij de aanleg van een 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 bodem of 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 door middel 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.

Gebruik warmtenetten

In de distributieleidingen en transportleidingen 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 MT-warmtenetwerken lopen uiteen van 25-35%⁹.

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. Voor de impact van deze opwarming op drinkwaterleidingen, zie de paragraaf 'Water'. De stijging van de bodemtemperatuur heeft echter niet alleen effect op drinkwaterleidingen maar ook 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, 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 zullen 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 zijn¹⁰.

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,

⁹<https://www.wiefm.eu/wp-content/uploads/2019/05/eindrapport-wiefm-WP4-technische-karakterisering.pdf>

¹⁰ <https://edepot.wur.nl/639299>

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. Bodemprocessen versnellen aanzienlijk door verhoging bodemtemperatuur en 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 CO₂-emissies verhogen.

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.

2.4.3.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Aanlegfase

Er wordt bij dit alternatief geen warmtenet aangelegd. Wel moet rekening worden gehouden met de aanleg van elektriciteitskabels en het plaatsen van MS/LS-transformatorhuisjes omdat het elektriciteitsnet in dit alternatief het meest verzwaard moet worden ten opzichte van overige alternatieven. De ontgraving en daarmee de verstoring van de bodem is echter kleiner dan bij alternatieven met een warmtenet. Elektriciteitskabels liggen over het algemeen op een diepte van 0,5 tot 1 meter, terwijl warmtenetten over het algemeen dieper dan 1 meter geplaatst worden. Ook is de diameter van elektriciteitskabels kleiner waardoor kleinere sleuven in de bodem nodig zijn. Omdat de effecten zeer beperkt zijn worden de milieueffecten voor de bodemkwaliteit als neutraal worden beoordeeld.

Gebruiksfase

Het gebruik van een verzwaard elektriciteitsnet leidt niet tot aantoonbare effecten op bodemkwaliteit, waardoor er voor dit alternatief tijdens de gebruiksfase geen effecten op de bodemkwaliteit zijn en neutraal beoordeeld wordt.

2.4.3.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Aanlegfase

In dit alternatief wordt er uitgegaan van een bodemwarmtepomp voor ieder woningequivalent. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een gesloten bodemenergiesysteem (GBES).

De bodemlus van de GBES bestaat uit een kunststof pijp dat door middel van een boring in de bodem wordt geplaatst. Hierbij komt geen grond vrij. Ook moet het elektriciteitsnetwerk, aanzienlijk worden verzwaard, maar de mate van vergraving en verstoring dat hierbij gepaard is relatief beperkt. Elektriciteitskabels liggen over het algemeen op een diepte van 0,5 tot 1 meter, terwijl warmtenetten over het algemeen dieper dan een meter geplaatst worden. Ook is de diameter van elektriciteitskabels kleiner waardoor kleinere sleuven in de bodem nodig zijn. Omdat de effecten zeer beperkt zijn worden de milieueffecten voor de bodemkwaliteit als neutraal worden beoordeeld.

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.

Alternatief 2 wordt neutraal beoordeeld.

2.4.3.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

Aanlegfase

De warmtebron die relevant is voor de bodemkwaliteit in de aanlegfase van het warmtenet is geothermie. In de PBL-strategieën en varianten komt geen hoge temperatuuropslag (HTO) voor, maar in de praktijk wordt geothermie vaak gecombineerd met deze HTO om warmte te kunnen bufferen.

Daarnaast kan de aanleg van het warmtenet en de installatieonderdelen van het warmtenet de bodemkwaliteit beïnvloeden.

Aanleg van geothermie en HTO

Voor alternatief 3 worden twee geothermiedoubletten gerealiseerd. Voor het boren van één geothermiedoublet worden twee boringen in de ondergrond gemaakt. Bij het boren wordt boorspoeling gebruikt om het boorgruis (het materiaal dat wordt losgemaakt en naar de oppervlakte wordt gebracht tijdens het boren van een put) te verwijderen en de boor te koelen. Deze boorspoeling wordt tijdelijk op het werkterrein opgeslagen. Tijdens het boren komen aanzienlijke hoeveelheden boorgruis gemengd met boorspoeling vrij, die ook tijdelijk worden opgeslagen en afgevoerd. Eventuele lekkages kunnen zorgen voor bodemverontreinigingen en daarmee een verslechtering van de bodemkwaliteit. Om bodemverontreiniging te voorkomen, wordt het werkterrein voorzien van vloestofdichte vloeren, putkelders en milieugoten als onderdeel van het waterbeheersingssysteem. HTO opslag betreft over het algemeen ook twee diepboringen. De aanleg van deze boringen komen overeen met die van geothermie. Wel zijn de boringen voor HTO minder diep (maximaal 300 m), terwijl geothermieboringen kilometers diep kan zijn. Omdat de effecten in de aanlegfase voor bodemkwaliteit in de netwerklaag worden beoordeeld, zijn de effecten voor een geothermiecentrale en HTO nagenoeg gelijk. Daarnaast zijn er ondiepere boringen nodig voor eventuele back-upinstallatie om restwarmte in op te slaan als de piekvraag omhooggaat.

Na het boren van de putten worden testen uitgevoerd waarbij aanzienlijke hoeveelheden formatiewater (water dat zich in de poriën van het diepgelegen gesteente bevindt) vrijkomen. Dit formatiewater wordt tijdelijk opgeslagen in foliebassins buiten het gebied met vloestofdichte vloeren. Deze bassins zijn dubbelwandig uitgevoerd met lekdetectie om risico's te minimaliseren. Vanwege de samenstelling van het formatiewater vormt de opslag en het transport een potentieel risico voor het grondwater. Na de aanleg van de putten kan het tijdelijk opgeslagen water, dat door beluchting vlokken en deeltjes bevat, na behandeling worden geïnjecteerd. Echter, om verstoppingsrisico's te verkleinen, wordt vaak gekozen voor afvoer of lozing van het water, waar dit is toegestaan. Onzorgvuldig handelen, falen van bodembeschermende voorzieningen of onvoorziene weersomstandigheden kunnen tijdens opslag, overslag en transport leiden tot vermorsingen, lekkages en overstromingen.¹¹

Het risico op mogelijke bodemverontreiniging tijdens het uitvoeren van de boring voor geothermie is beperkt omdat het maximaal twee locaties betreft en er strenge regels en voorschriften zijn om verontreinigingen te voorkomen.

Bij HTO worden er ook ten minste twee diepboringen uitgevoerd.

Aanleg van warmtenet incl. installatieonderdelen

¹¹ Uit door SodM aangeleverde cijfers over de periode 2010-2019 komen 16 incidenten naar voren van lekkages en vermorsingen op geothermielocaties. Het ging hierbij om hydraulische olie (7x), formatiewater en vervuild water (3x), boorspoeling (3x), zuur (3x) en diesel (1x) in (zeer) geringe hoeveelheden variërend van 'enkele spetters' tot zover bekend maximaal enkele m³. In twee gevallen is een zeer geringe hoeveelheid materiaal (hydraulische olie en vervuild water) buiten de beschermende voorziening terecht gekomen waarna de bodem direct is gesaneerd. Uit bovenstaande blijkt dat de bodembeschermende voorzieningen en het systeem van melding en opvolging een effectieve barrière vormt tegen verontreiniging van bodem en grondwater. De bescherming staat of valt bij effectief management van het waterbeheersingssysteem behorende bij de bodembeschermende voorzieningen. Bij extreme regenval kan het systeem overlopen als het niet tijdig wordt geleegd. In de bovengenoemde periode is dit zover bekend drie keer voorgekomen waarbij in twee gevallen het systeem daadwerkelijk is overgelopen. In één geval is hemelwater op het riool geloosd om overloop naar de omgeving te voorkomen (Geothermie_update v2, 20220425-converted.pdf).

Bij de aanleg van een warmtenet moet de grondwaterstand door bemaling tijdelijk worden verlaagd om de leidingen in droge grond te kunnen leggen. Hierdoor bestaat een kans op aantrekken van grondwaterverontreinigingen. Daarnaast kan door het onttrekken van grondwater tijdelijke verdroging optreden en kunnen bemalingen tot zettingen leiden.

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. 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.

Door de mate van grondverzet van de geothermiec centrale, HTO en back-upinstallaties en infrastructuur van warmtenetten bestaat er een kans op verdroging, zetting en verstoring van de bodem. Hierdoor wordt dit alternatief licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

In een MT-warmtenet stroomt water van maximaal 70 graden. De leidingen zijn goed geïsoleerd maar desondanks treden warmteverliezen op. Hierdoor kunnen de bodemlagen rondom de leiding tot boven de 25 graden opwarmen. De stijging van de bodemtemperatuur heeft daarmee effect 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, veranderende nutriëntenopname. Dit heeft effecten op de biochemische reacties van planten, met gevolg voor soortenrijkdom.

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.

Tijdens de gebruiksfase kan geconcludeerd worden dat een warmtenet leidt tot opwarming van de grond rond de leidingen. Er kunnen daardoor biologische effecten optreden. Deze effecten zijn echter moeilijk te voorspellen en kunnen zowel positief als negatief uitpakken. Hierdoor wordt dit alternatief licht negatief beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie.

2.4.3.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

Aanlegfase

De warmtebron die relevant is voor de bodemkwaliteit in de aanlegfase van het warmtenet is de restwarmtebron. Daarnaast kan de aanleg van het warmtenet en de installatieonderdelen van het warmtenet de bodemkwaliteit beïnvloeden.

Aanleg warmtenet incl. installatieonderdelen

Bij de aanleg van een warmtenet moet de grondwaterstand door bemaling tijdelijk worden verlaagd om de leidingen in droge grond te kunnen leggen. Hierdoor bestaat een kans op aantrekken van grondwaterverontreinigingen. Daarnaast kan door het onttrekken van grondwater tijdelijke verdroging optreden en kunnen bemalingen tot zettingen leiden.

Daarnaast kunnen bij de aanleg van warmtenetten en de bijbehorende installatieonderdelen (bijv. warmteoverdracht- of warmteonderstations en back-upinstallaties op groengas/biomassa zorgen een bepaalde mate van grondverzet en verstoring in de netwerklag. 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.

Door de kans op verdroging, zetting en verstoring wordt dit alternatief licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

In het warmtenet stroomt water van maximaal 70 graden. De leidingen zijn goed geïsoleerd maar desondanks treden warmteverliezen op. Hierdoor kunnen de bodemlagen rondom de leiding tot boven de 25 graden opwarmen. De stijging van de bodemtemperatuur heeft daarmee effect 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, veranderende nutriëntenopname. Dit heeft effecten op de biochemische reacties van planten, met gevolg voor soortenrijkdom.

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.

Geconcludeerd kan worden dat het gebruik van een warmtenet leidt tot opwarming van de grond rond de leidingen. Er kunnen daardoor biologische effecten optreden. Deze effecten zijn echter moeilijk te voorspellen en kunnen zowel positief als negatief uitpakken. Hierdoor wordt dit alternatief licht negatief beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie.

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

Aanlegfase

Bij het MT buurtwarmtenet wordt gebruik gemaakt van een bovengrondse bronnenmix met OBES/WKO als seizoensopslag. Naast de aanleg van het warmtenetwerk is tevens versterking van het elektriciteitsnetwerk nodig.

Aanleg OBES/WKO

Voor de aanleg van OBES worden boringen (veelal zuigboringen) verricht naar veelal de eerste watervoerende laag en de pompinstallatie wordt in een put afgewerkt. Hierbij komt een kleine hoeveelheid grond vrij. Als er verontreinigingen in de bodem aanwezig zijn is het mogelijk dat deze verontreinigingen verspreid zullen worden door de benodigde boringen.

Aanleg warmtenet incl. installatieonderdelen en elektriciteitsnet

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.

Daarnaast moet het elektriciteitsnet verzwakt worden om aan de vraag naar elektriciteit voor de centrale warmtepompen te voldoen. Bij het aanleggen van deze elektriciteitskabels moet ook de grond geroerd worden, waarbij eventuele verontreinigingen ontgraven kunnen worden of ongestoorde bodemprofielen kunnen worden vergraven.

Door de verschillende effecten op de bodemkwaliteit door de aanleg van OBES/WKO en warmtenetten wordt dit alternatief licht negatief beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In het warmtenet stroomt water van maximaal 70 graden. De leidingen zijn goed geïsoleerd maar desondanks treden warmteverliezen op. Hierdoor kunnen de bodemlagen rondom de leiding tot boven de 25 graden opwarmen. De stijging van de bodemtemperatuur heeft daarmee effect 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, veranderende nutriëntenopname. Dit heeft effecten op de biochemische reacties van planten, met gevolg voor soortenrijkdom.

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.

Daarnaast kan door het gebruik van de OBES-installaties de grondwaterstand rond de OBES-putten waar grondwater onttrokken wordt, dalen. Dit kan tot verdroging en zettingen leiden. Dit risico is beschreven en meegenomen in de effectbeschrijving 'Ondergrond en grondwater'.

Geconcludeerd kan worden dat het gebruik van een warmtenet leidt tot opwarming van de grond rond de leidingen. Er kunnen daardoor biologische effecten optreden. Deze effecten zijn echter moeilijk te voorspellen en kunnen zowel positief als negatief uitpakken.

Hierdoor wordt dit alternatief licht negatief beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie.

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

Aanlegfase

Voor alternatief 6 wordt gebruik gemaakt van een bovengrondse bronnenmix met OBES/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. Droogkoelers gebruiken buitenlucht om water af te koelen, waardoor geen directe relatie gelegd kan worden met de bodemkwaliteit.

Aanleg WKO

De aquathermiebron gebruikt warmte en koude uit oppervlaktewater, afvalwater of drinkwater. Het water uit de bron wordt langs een warmtewisselaar geleid, waar de warmte wordt overgedragen aan het water van de WKO-installatie. De distributieleidingen naar de wijkcentrale waar de warmte wordt opgevangen heeft een beperkte hoeveelheid grondverzet en potentieel bemaling om de netwerklaag droog te leggen.

Aanleg warmtenet incl. installatieonderdelen en elektriciteitsnet

Naast de aanleg van het warmtenetwerk is tevens versterking van het elektriciteitsnetwerk nodig, omdat iedere woning over een eigen warmtepomp beschikt.

Bij de aanleg van een warmtenet moet de grondwaterstand door bemaling tijdelijk worden verlaagd om de leidingen in droge grond te kunnen leggen. Hierdoor bestaat een kans op aantrekken van grondwaterverontreinigingen. Daarnaast kan door het onttrekken van grondwater tijdelijke verdroging optreden en kunnen bemalingen tot zettingen leiden.

Daarnaast kunnen bij de aanleg van warmtenetten en de bijbehorende installatieonderdelen (bijv. warmteoverdracht- of warmteonderstations en back-upinstallaties op groengas/biomassa zorgen een bepaalde mate van grondverzet en verstoring in de netwerklaag. 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.

Door de kans op verdroging, zetting en verstoring wordt dit alternatief licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

De temperatuur van het water in het ZLT-netwerk is circa 15-30 graden. De warmteverliezen en daarmee gepaard gaande milieueffecten door de opwarming van de bodem zijn niet relevant. Het gebruik van een verzwaard elektriciteitsnet leidt niet tot aantoonbare effecten op de bodemkwaliteit.

Daarnaast kan door het gebruik van de OBES-installaties de grondwaterstand rond de OBES-putten waar grondwater onttrokken wordt, dalen. Dit kan tot verdroging en zettingen leiden. Dit risico is beschreven en meegenomen in de effectbeschrijving 'Ondergrond en grondwater'.

Het alternatief is neutraal beoordeeld.

2.4.3.7 Effectbeoordeling (bodemkwaliteit)

Tabel 2-15 Effectbeoordeling bodemkwaliteit

Aanleg/ gebruiksfase	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Gebruiksfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0

2.4.3.8 Onderscheid buurttypen (bodemkwaliteit)

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 worden iets negatiever beoordeeld ten opzichte van buurten met een laag aantal meters warmtenet per hectare.

De buurttypen historische binnenstad heeft een hoger risico en is daarom iets bijgesteld naar negatief voor alternatief 3, 4, 5 en 6. Buurttypen met een laag risico worden niet bijgesteld naar neutraal, omdat de risico's aanwezig blijven.

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Tabel 2-16 Effectbeschrijving bodemkwaliteit

Buurttypen	Aanleg en/of gebruiks fase	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Historische binnenstad	Aanleg	0	0	-	-	-	-
	Gebruik	0	0	0/-	0/-	0/-	0
Vooroorlogse woonwijk	Aanleg	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruik	0	0	0/-	0/-	0/-	0

Stedelijk bouwblok	Aanleg	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruik	0	0	0/-	0/-	0/-	0
Tuindorp	Aanleg	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruik	0	0	0/-	0/-	0/-	0
Volkswijk	Aanleg	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruik	0	0	0/-	0/-	0/-	0
Naoorlogse woonwijk	Aanleg	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruik	0	0	0/-	0/-	0/-	0
Tuinstad laagbouw	Aanleg	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruik	0	0	0/-	0/-	0/-	0
Tuinstad hoogbouw	Aanleg	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruik	0	0	0/-	0/-	0/-	0
Hoogbouw	Aanleg	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruik	0	0	0/-	0/-	0/-	0
Bloemkoolwijk	Aanleg	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruik	0	0	0/-	0/-	0/-	0
Vinexwijk	Aanleg	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruik	0	0	0/-	0/-	0/-	0
Villawijk	Aanleg	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruik	0	0	0/-	0/-	0/-	0
Bedrijventerrein	Aanleg	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruik	0	0	0/-	0/-	0/-	0

2.4.3.9 Locatiespecifieke effecten (bodemkwaliteit)

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

2.4.3.10 Mitigerende maatregelen (bodemkwaliteit)

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

- Voor alternatief 3 worden geothermiedoubletten gerealiseerd. Voor het boren van één geothermiedoublet worden twee boringen in de ondergrond gemaakt. Eventuele lekkages kunnen zorgen voor bodemverontreinigingen en daarmee een verslechtering van de bodemkwaliteit. Onzorgvuldig handelen, falen van bodem beschermende voorzieningen of onvoorziene weersomstandigheden kunnen tijdens opslag, overslag en transport leiden tot vermorsingen, lekkages en overstromingen. Belangrijk is om dit te blijven monitoren en handhaven.
- Bij de aanleg van warmtenetten ontstaat de grootste mate van verstoring en achteruitgang van de netwerk laag. Om effecten te beperken is het mogelijk om werk met werk te combineren (zoals aanleg/renovatie van elektra of riolering) zodat effecten eenmalig in een lange tijdsperiode zijn.

2.4.4 Effectbeschrijving (ondergrond en grondwater)

Zie gebruikshandleiding

In de verschillende alternatieven worden er boringen in de ondergrond uitgevoerd voor de winning en opslag van bodemenergie. In onderstaande tabel is het aantal en de diepte van de boringen, het aantal WEQ dat per systeem van energie kan worden voorzien, en het aantal systemen per alternatief weergegeven.

Tabel 2-17 Aantal boringen per alternatief

Techniek	Diepte boring (m-mv.)	Aantal boringen per systeem	Aantal WEQ per systeem
Geothermie			
• Ondiep	500-1.500	2	4.000-10.000
• Diep	1.500-4.000	2	
• Ultradiep	> 4.000	2	
HTO	70-300 m-mv.	2	n.v.t.
OBES	50-300 m-mv.	1 of 2	100-150
GBES	50-300 m-mv.	(minimaal) 1	1

Zie gebruikshandleiding

2.4.4.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Aanlegfase

Alternatief 1 bestaat uit een volledig bovengronds systeem. Omdat er geen contact is met grondwater in dit systeem wordt alternatief 1 neutraal beoordeeld in de aanlegfase.

Gebruiksfase

Alternatief 1 bestaat uit een volledig bovengronds systeem. Omdat er geen contact is met grondwater in dit systeem wordt alternatief 1 als neutraal beoordeeld in de gebruiksfase.

2.4.4.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Aanlegfase

In de aanlegfase moeten er voor ieder WEQ een bodemlus geboord worden. Het risico dat het fout gaat stijgt bij een toenemend aantal boringen. Dit risico wordt bij GBES nog eens vergroot door het gebruik van spoelboringen en kleine boordiameters (15-20 cm). Bij een spoelboring is het lastig om de bodemlagen die een scheidende werking hebben te identificeren en kan door de kleine diameter om het boorgat ter hoogte van de scheidende lagen moeilijker met afdichtend materiaal worden gevuld. Bij het doorboren van de afsluitende laag kan het grondwater verontreinigen als er verontreinigingen in de bodemlagen aanwezig is.

Voor een goede werking van het GBES moeten de boringen in de regel tot grote diepte worden geplaatst (tot wel 300 m-mv.). Wanneer er niet tot deze diepte geboord kan worden, zijn er soms meerdere boringen per WEQ nodig om aan de warmtevraag te voldoen gezien de lagere warmtekwiteit. In vergelijking met OBES is het aantal boringen voor GBES 50 tot 150 keer meer voor hetzelfde aantal woningequivalenten (WEQ) en in vergelijking met geothermie is dit zelfs 5.000 keer meer. De kans dat er fysische en chemische effecten optreden is daardoor groter dan bij geothermie en OBES. Daarnaast worden de kwaliteitsprotocollen die grondwaterverontreinigingen zouden moeten voorkomen regelmatig niet nageleefd. De ILT constateerde tussen 2016 en 2018 dat de naleving van deze vereisten bij GBES slecht was. Een project in 2019 toonde weliswaar aan dat er positieve ontwikkelingen waren. Maar toch werden bij circa 75% van de inspecties afwijkingen van normdocumenten geconstateerd. Bij circa 50% van de overtredingen konden risico's voor de bodem ontstaan¹².

Op basis van de hierboven beschreven risico's voor grondwater, is alternatief 2 als zeer negatief beoordeeld in de aanlegfase.

Gebruiksfase

¹² <https://www.omgevingsweb.nl/wp-content/uploads/po-assets/562634.pdf>

De thermische straal van GBES-systemen is aanzienlijk beperkter dan die voor OBES en er wordt geen grondwater opgepompt en geïnjecteerd. Bij een GBES wordt een circuliatiemedium rondgepompt door een gesloten leidingsysteem dat in de bodem is geïnstalleerd. Is het circuliatiemedium kouder dan de omringende bodem dan neemt de vloeistof warmte op, is het medium warmer dan koelt deze juist in de bodem af. Als de bodem onvoldoende wordt geregenereerd na het onttrekken van warmte in de winter, kan deze bevroren en werkt het systeem niet meer.

Lekkage van de circuliatiemiddelen 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.¹³ 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 circuliatiemiddel. 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 typisch 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.

Daarnaast is er risico op verspreiding van grondwaterverontreiniging. Door het grote aantal boorgaten door afsluitende lagen kunnen grondwaterverontreinigingen zich naar diepere grondwaterlagen verplaatsen.

Op basis van de hierboven beschreven risico's voor grondwater, is alternatief 5 als licht negatief beoordeeld in de gebruiksfase.

2.4.4.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

Aanlegfase

Er zijn verschillende bronnen die warmte leveren aan het warmtenet. Voor de effecten op het grondwater is specifiek geothermie en de daarmee samenhangende HTO van belang.

Tijdens het boren van een geothermieput komt boorspoeling in contact met de doorboorde watervoerende lagen. Er wordt gebruik gemaakt van een boorvloeistof op waterbasis (of olie) met kleideeltjes. Over het algemeen gaat het hierbij om kleine hoeveelheden en is de indringing zeer beperkt. Voor een HTO (systeem vergelijkbaar met OBES) wordt gebruik gemaakt van boorspoeling van bentoniet (zwelklei) en werkwater. Bentoniet is inert of van biologisch goed afbreekbare polymeren.¹⁴ Het in de bodem introduceren van water met een slechtere waterkwaliteit, zoals oppervlaktewater, is niet toegestaan. Bij gebruik van drinkwater als werkwater zijn er geen risico's voor de grondwaterkwaliteit.

Bij geothermieboringen worden afsluitende lagen doorboord, waarbij er grondwaterverplaatsingen tussen de watervoerende lagen kunnen ontstaan. Verontreinigingen uit de hoger gelegen bodemlaag kunnen naar de daaronder gelegen watervoerende laag worden verplaatst. Nadat de gewenste diepte bereikt is, wordt een stalen buis in de boorput geplaatst en gecementeerd om de put te stabiliseren en het optreden van lekkages van het ene naar het andere watervoerende pakket te voorkomen. Voor het cementeren van de stalen buis wordt gebruik gemaakt van grout. Grout is een mengsel van onder andere cement, zwelklei en water. Een juiste mengverhouding van het grout is essentieel voor een goede afdichting van de bodemlagen. Dit wordt door middel van boorprotocollen gewaarborgd.

Voor HTO worden ook afsluitende lagen doorboord, waarbij er grondwaterverplaatsingen tussen de watervoerende lagen kunnen ontstaan. Omdat de diameter van deze boringen veel kleiner is dan die voor geothermie en de scheidende lagen worden afgedicht met grout, is het risico op verplaatsing van verontreinigingen naar de diepere grondwaterlagen nog kleiner dan bij de geothermieboringen.

¹³ KWR, IF Technology (2013). Effecten en risico's van gesloten bodemenergiesystemen. <https://edepot.wur.nl/396258>

¹⁴ Ministerie Infrastructuur en Waterstaat (2018). Kamerbrief over effecten van handhaving ILT bij bodemenergiesystemen. ILT-2019/3440.

De kans op het optreden van lekkages is bij geothermie en HTO klein vanwege het beperkte aantal boringen (4 stuks, aan de rand van de stad), de gebruikte werkmethodes en het systeem van kwaliteitsborging bij deze boringen. Aangezien er wel een klein risico aanwezig is wordt het alternatief 3 licht negatief beoordeeld in de aanlegfase.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase van de geothermiebron zijn er risico's voor de kwaliteit van het grondwater.¹⁵ Tijdens het gebruik wordt formatiewater opgepompt en door een warmtewisselaar geleid om warmte te onttrekken, waarna het weer in de geothermieput wordt geïnjecteerd. Het zoutere formatiewater kan corrosie aan stalen (buis)leidingen veroorzaken. Dit, gecombineerd met de hoge druk in de geothermieput, zorgt voor een risico op lekkage en daarmee verontreiniging van het zoetere grondwater met het zoutere formatiewater. Zout water is met reguliere zuiveringstechniek lastig uit grondwater te verwijderen. Verontreiniging van het grondwater met formatiewater maakt het grondwater minder geschikt als bron voor drinkwater.

In het geval van het gebruik van HTO als buffer bij geothermie, wordt grondwater in de ene put van de HTO opgepompt, via een warmtewisselaar opgewarmd en vervolgens in de andere put weer geïnjecteerd in een watervoerende laag. Het komt dus niet in direct contact met het water uit de geothermieput en er is dus geen risico op het injecteren van zout water.

Het water wat uit de geothermieput omhoog wordt gepompt heeft een temperatuur van 70-90°C. Deze temperaturen liggen aanzienlijk boven de gebruikelijke grondwatertemperatuur van 10-15°C in ondiepe watervoerende lagen (0-200 m). De warmte-uitstraling is het sterkst rond de geothermieput en zorgt ervoor dat het grondwater in de directe nabijheid rondom de geothermieput opwarmt. Modelmatige onderzoeken hebben aangetoond dat zonder achtergrondstroming in de watervoerende laag een temperatuurgradiënt ontstaat, met een temperatuurverhoging van 1,5°C op 100 meter afstand na 40 jaar productie. Bij significante achtergrondstroming kan een warmtepluim benedenstrooms van de put ontstaan, met stabilisatie van het warmtepatroon na 3-10 jaar en een 1,5 graden contour op enkele honderden meters afstand. Naast menging door convectiestroming beïnvloedt de verhoogde temperatuur chemische evenwichten en de snelheid van (bio)chemische processen in het grondwater. Dit kan het oplossen en neerslaan van mineralen, de binding van stoffen en de afbraak van stoffen versnellen of vertragen.

TNO¹⁶ heeft onderzoek gedaan naar de risico's op chemische en microbiologische effecten op het grondwater door warmte-uitstraling rondom de geothermieput. Daarbij is gekeken naar de risico's op het mengen van grondwater met verschillende zoutgehaltes en chemische effecten zoals verandering van de samenstelling van het grondwater doordat bij hogere temperatuur de microbiologische activiteit toeneemt en giftige (sporen)elementen beter oplossen. De onderzoekers concluderen dat het mengen van grondwater beperkt blijft tot een straal van circa 100 meter rond de producerende put. Omdat de afstand tussen drinkwaterbronnen en geothermieputten groter moet zijn en er in grondwaterbeschermingszones geen geothermieputten mogen worden geboord, is er in de praktijk geen sprake van risico's voor de drinkwaterwinning.

Voor HTO geldt een vergelijkbare analyse. Het geïnjecteerde water heeft een temperatuur van ca. 40-90°C. Dit heeft effect op de chemische en biologische kwaliteit van het grondwater. Deze effecten beperken zich echter tot de HTO-bel in de ondergrond. Omdat er nog maar heel weinig ervaring is met HTO is onbekend hoe groot deze effecten precies zullen zijn. Daarvoor is aanvullend onderzoek nodig. Wel kan gezegd worden dat vanwege de grote afstand, de drinkwaterwinningen niet worden beïnvloed. Bij eventuele realisatie van een HTO moeten deze temperatuur effecten worden gemonitord.

De mogelijke risico's door lekkages en warmte-uitstraling bij het gebruik van geothermie en HTO zijn relatief klein door het kleine aantal benodigde putten (4 stuks in totaal) in vergelijking met de andere bodemwarmtesystemen. De chemische en microbiologische effecten door opwarming van het grondwater

¹⁵ <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterkwaliteit/kennisimpuls-waterkwaliteit/mogelijke-lange-termijneffecten-van>

¹⁶ TNO 2021). Rapportage milieuhygiënische risico's thermische vervuiling nabij geothermieputten. AGE 21-10.017

rond geothermieputten blijken in de praktijk mee te vallen maar die van HTO zijn onbekend. Op basis van de beschikbare kennis is een klein risico voor de grondwaterkwaliteit aanwezig en wordt alternatief 3 licht negatief beoordeeld.

2.4.4.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

Aanlegfase

Alternatief 4 bestaat uit een volledig bovengronds systeem. Omdat er geen contact is met grondwater in dit systeem wordt alternatief 4 neutraal beoordeeld in de aanlegfase.

Gebruiksfase

Alternatief 4 bestaat uit een volledig bovengronds systeem. Omdat er geen contact is met grondwater in dit systeem wordt alternatief 4 neutraal beoordeeld in de gebruiksfase.

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

Aanlegfase

Alternatief 5 maakt gebruik van bodemwarmte met seizoensopslag (OBES) als bron van warmte, ook wel open bodemenergiesysteem, OBES genoemd. Per bron kunnen 50 tot 150 WEQs aan warmte worden voorzien, waardoor een veelvoud aan boringen nodig is om hetzelfde aantal woningequivalenten van warmte te voorzien ten opzichte van het alternatief met een geothermiecentrale. Naarmate de afsluitende lagen op meer plaatsen worden doorboord, groeit de kans dat het grondwater in de onderliggende watervoerende lagen verontreinigd raakt.

Bij het uitvoeren van de boringen voor OBES wordt gebruik gemaakt van boorspoeling en werkwater. Het lekken van boorspoeling is in de praktijk geen noemenswaardig risico omdat als boorspoeling gebruikt wordt gemaakt van bentoniet (zwellende klei), wat inert is, of van biologisch goed afbreekbare polymeren.¹⁷ Het in de bodem introduceren van water met een slechtere waterkwaliteit, zoals oppervlaktewater, is niet toegestaan. Bij gebruik van drinkwater als werkwater zijn er geen risico's voor de grondwaterkwaliteit. 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.

Het risico is hoger ingeschaald dan alternatief 1 vanwege het veel grotere aantal doorboringen om een grote hoeveelheid WEQs te bedienen. Vanwege het risico van contaminatie van dieper gelegen watervoerende lagen is alternatief 2 als negatief beoordeeld in de aanlegfase.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase kan de ondergrondkwaliteit door thermische effecten van het OBES worden beïnvloed.¹⁸ Het effect is meervoudig: temperatuurveranderingen hebben effect op de microbiologische en minerale samenstelling van het grondwater, het kan leiden tot verontreiniging en vermenging van grondwater.

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 is 25°C) 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 ondergrondse bodemenergiesystemen (OBES) tot 35°C werd geen verschil in microbiologische samenstelling

¹⁷ Ministerie Infrastructuur en Waterstaat (2018). Kamerbrief over effecten van handhaving ILT bij bodemenergiesystemen. ILT-2019/3440.

¹⁸ <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterkwaliteit/kennisimpuls-waterkwaliteit/effecten-van-bodemenergiesystemen-op-de>

of kwantiteit gevonden.¹⁹ Laboratoriumexperimenten toonden aan dat temperatuurveranderingen tot 25°C kunnen leiden tot verschuivingen in redoxcondities, van ijzer-reducerend naar sulfaat-reducerend en vervolgens methanogene omstandigheden.²⁰ Hogere temperaturen kunnen grotere effecten hebben op de microbiologie.

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 open bodemenergiesystemen (OBES) in elkaars hydrologische invloedssfeer staan. In dergelijke gebieden kan verontreiniging snel worden verspreid, hoewel de verdunning 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 of van nature aanwezig zijn. Als verontreinigingen zich naar de diepere watervoerende pakketten verspreiden kunnen uiteindelijk kwetsbare objecten c.q. drinkwaterwinningen worden bedreigd.

Verdroging en zettingen door OBES

Open Bodemenergiesystemen (OBES) kunnen de grondwaterkwantiteit beïnvloeden door veranderingen in stijghoogten, vooral in de freatische zone. Dit kan leiden tot verdroging en zettingen met neveneffecten zoals de aantasting van 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. Deze veranderingen kunnen de stabiliteit van historische structuren en de gezondheid van oude bomen beïnvloeden.

Lagere grondwaterstanden kunnen leiden tot (extra) verdroging, effecten op vegetatie en zettingen. Andersom kan de grondwaterstand rond de put waar geïnjecteerd wordt, stijgen. Dit kan leiden tot (extra) wateroverlast.

De risico's voor ondergrond en grondwater worden als negatief beoordeeld in de gebruiksfase.

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

Aanlegfase

Alternatief 5 maakt gebruik van bodemwarmte met seizoensopslag (OBES) als bron van warmte, ook wel open bodemenergiesysteem, OBES genoemd. Per bron kunnen 50 tot 150 WEQs aan warmte worden voorzien, waardoor een veelvoud aan boringen nodig is om hetzelfde aantal woningequivalenten van warmte te voorzien

¹⁹ 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

²⁰ Bonte, M., Roling, W. F. M., Zaura, E., Wielen, P. W. W. ., Stuyfzand, P. J., Breukelen, B. M., & Stuyfzand, 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>

ten opzichte van het alternatief met een geothermiec centrale. Naarmate de afsluitende lagen op meer plaatsen worden doorboord, groeit de kans dat het grondwater in de onderliggende watervoerende lagen verontreinigd raakt.

Bij het uitvoeren van de boringen voor OBES wordt gebruik gemaakt van boorspoeling en werkwater. Het lekken van boorspoeling is in de praktijk geen noemenswaardig risico omdat als boorspoeling gebruikt wordt gemaakt van bentoniet (zwellklei), wat inert is, of van biologisch goed afbreekbare polymeren.²¹ Het in de bodem introduceren van water met een slechtere waterkwaliteit, zoals oppervlaktewater, is niet toegestaan. Bij gebruik van drinkwater als werkwater zijn er geen risico's voor de grondwaterkwaliteit. 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.

Het risico is hoger ingeschaald dan alternatief 1 vanwege het veel grotere aantal doorboringen om een grote hoeveelheid WEQs te bedienen. Vanwege het risico van contaminatie van dieper gelegen watervoerende lagen is alternatief 2 als negatief beoordeeld in de aanlegfase.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase kan de ondergrondkwaliteit door thermische effecten van het OBES worden beïnvloed.²² Het effect is meervoudig: temperatuurveranderingen hebben effect op de microbiologische en minerale samenstelling van het grondwater, het kan leiden tot verontreiniging en vermenging van grondwater.

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 is 25°C) 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 ondergrondse bodemenergiesystemen (OBES) tot 35°C werd geen verschil in microbiologische samenstelling of kwantiteit gevonden.²³ Laboratoriumexperimenten toonden aan dat temperatuurveranderingen tot 25°C kunnen leiden tot verschuivingen in redoxcondities, van ijzer-reducerend naar sulfaat-reducerend en vervolgens methanogene omstandigheden.²⁴ Hogere temperaturen kunnen grotere effecten hebben op de microbiologie.

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

²¹ Ministerie Infrastructuur en Waterstaat (2018). Kamerbrief over effecten van handhaving ILT bij bodemenergiesystemen. ILT-2019/3440.

²² <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterkwaliteit/kennisimpuls-waterkwaliteit/effecten-van-bodemenergiesystemen-op-de>

²³ 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

²⁴ Bonte, M., Roling, W. F. M., Zaura, E., Wielen, P. W. W. ., Stuyfzand, P. J., Breukelen, B. M., & Stuyfzand, 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>

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 open bodemenergiesystemen (OBES) in elkaars hydrologische invloedssfeer staan. In dergelijke gebieden kan verontreiniging snel worden verspreid, hoewel de verdunning meestal groot is. Er kan echter ook versterkte oplossing uit zaklagen met chloorkoolwaterstoffen (DNAPL's) optreden, iets wat in het gebiedsgericht grondwater beheergebieden relevant kan zijn. In sommige situaties kan de natuurlijke afbraak van verontreinigingen worden gestimuleerd.

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 of van nature aanwezig zijn. Als verontreinigingen zich naar de diepere watervoerende pakketten verspreiden kunnen uiteindelijk kwetsbare objecten c.q. drinkwaterwinningen worden bedreigd.

Verdroging en zettingen door OBES

Open Bodemenergiesystemen (OBES) kunnen de grondwaterkwantiteit beïnvloeden door veranderingen in stijghoogten, vooral in de freatische zone. Dit kan leiden tot verdroging en zettingen met neveneffecten zoals de aantasting van 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. Deze veranderingen kunnen de stabiliteit van historische structuren en de gezondheid van oude bomen beïnvloeden.

In welke mate dit effect optreedt, is afhankelijk van de grondslag c.q. de doorlatendheid van de bodem. Lagere grondwaterstanden kunnen leiden tot (extra) verdroging, effecten op vegetatie en zettingen. Andersom kan de grondwaterstand rond de put waar geïnjecteerd wordt, stijgen. Dit kan leiden tot (extra) wateroverlast.

De risico's voor ondergrond en grondwater worden als negatief beoordeeld in de gebruiksfase.

2.4.4.7 Effectbeoordeling (grondwaterkwaliteit)

Tabel 2-18 Beoordeling ondergrond en grondwater

Aanleg/ gebruiksfase	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Aanlegfase	0	--	0/-	0	-	-
Gebruiksfase	0	0/-	0/-	0	-	-

2.4.4.8 Onderscheid buurttypen (grondwaterkwaliteit)

Bij het optreden van mogelijke milieueffecten op het grondwater door de aanleg en het gebruik van OBES en GBES 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 hoog aantal WEQ per hectare worden iets negatiever beoordeeld in vergelijking tot de buurttypen met een laag aantal WEQ per hectare.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

De historische binnenstad onderscheidt zich hier ten opzichte van andere buurttypen als een gebied met een hoog aantal WEQ/ha en dus een groot aantal OBES- of GBES-systemen.

Dit onderscheid tussen buurten leidt tot de volgende effectbeoordeling per buurttype:

Tabel 2-19 Beoordeling ondergrond en grondwater naar buurttypen

Buurttypen	Aanleg en/of gebruiks fase	Alternatief 1 – Individueel lucht	Alternatief 2 – Individueel Bodem	Alternatief 3 – MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 – MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Historische binnenstad	Aanleg	0	-/-	-	0	-	-
	Gebruik	0	-	-	0	-	-
Vooroorlogse woonwijk	Aanleg	0	-/-	0/-	0	-	-
	Gebruik	0	0/-	0/-	0	-	-
Stedelijk bouwblok	Aanleg	0	-/-	-	0	-	-
	Gebruik	0	-	-	0	-	-
Tuindorp	Aanleg	0	-/-	0/-	0	-	-
	Gebruik	0	0/-	0/-	0	-	-
Volkswijk	Aanleg	0	-/-	0/-	0	-	-
	Gebruik	0	0/-	0/-	0	-	-
Naoorlogse woonwijk	Aanleg	0	-/-	0/-	0	-	-
	Gebruik	0	0/-	0/-	0	-	-
Tuinstad laagbouw	Aanleg	0	-/-	0/-	0	-	-
	Gebruik	0	0/-	0/-	0	-	-
Tuinstad hoogbouw	Aanleg	0	-/-	0/-	0	-	-
	Gebruik	0	0/-	0/-	0	-	-
Hoogbouw	Aanleg	0	-/-	0/-	0	-	-
	Gebruik	0	0/-	0/-	0	-	-
Bloemkoolwijk	Aanleg	0	-/-	0/-	0	-	-
	Gebruik	0	0/-	0/-	0	-	-
Vinexwijk	Aanleg	0	-/-	0/-	0	-	-
	Gebruik	0	0/-	0/-	0	-	-
Villawijk	Aanleg	0	-/-	0/-	0	-	-
	Gebruik	0	0/-	0/-	0	-	-
Bedrijven-terrein	Aanleg	0	-/-	0/-	0	-	-
	Gebruik	0	0/-	0/-	0	-	-

2.4.4.9 Locatiespecifieke effecten (grondwaterkwaliteit)

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

2.4.4.10 Mitigerende maatregelen (ondergrond en grondwater)

De kans dat er fysische en chemische effecten optreden en grondwaterkwaliteit verontreinigd wordt is mogelijk voor verschillende alternatieven. Mitigerende maatregelen zijn:

- Aanbevolen wordt om natuurlijke koelmiddelen te gebruiken ten opzichte van schadelijke koelmiddelen in GBES.
- Daarnaast worden de kwaliteitsprotocollen die grondwaterverontreinigingen zouden moeten voorkomen regelmatig niet nageleefd. Aanbevolen wordt om regelmatig handhaving uit te voeren en te monitoren.

Zie gebruikshandleiding

2.4.5 Effectbeschrijving (ondergronds ruimtegebruik)

Dit aspect gaat in op het benodigde ruimtebeslag in de ondergrond per alternatief. Voor de beoordeling van dit criterium zijn de aanleg- en gebruiksfase samengevoegd, omdat de tijdelijke effecten tijdens de aanleg overeenkomen met de permanente situatie.

2.4.5.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Het ondergrondse ruimtegebruik voor alternatief 1 beperkt zich tot de versterking van het elektriciteitsnetwerk. Hierbij worden elektriciteitskabels vervangen of extra toegevoegd en nieuwe transformatorhuisjes worden aangelegd. Afhankelijk van de drukte in de ondergrond kan dit tot inpasproblemen leiden. De impact van de versterking van het elektriciteitsnetwerk op het ondergrondse ruimtegebruik wordt ingeschat als een beperkt effect en is ook nodig voor andere opgaves zoals elektrisch rijden (wat onderdeel is van de referentiesituatie). Daarom wordt alternatief 1 als neutraal beoordeeld.

2.4.5.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Het ondergrondse ruimtegebruik voor alternatief 2 is tweeledig. Aan de ene kant is versterking van het elektriciteitsnetwerk nodig. Hierbij worden elektriciteitskabels vervangen of extra toegevoegd en nieuwe transformatorhuisjes worden aangelegd.

Daarnaast worden GBES aangelegd. Van een GBES bron is het ondergrondse ruimtegebruik (thermische straal plus buffer) ca. 7,5 x 7,5 meter en de bron wordt tot maximaal 300 meter diepte geboord. Als dit alternatief in één wijk wordt toegepast neemt dit enkele ha in beslag. Al deze bodemlussen zouden een grote belemmering voor andere ondergrondse functies vormen, meer dan bij het gebruik van OBES. Alternatief 2 wordt als zeer negatief beoordeeld.

2.4.5.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

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 ca. 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. In de gebruiksfase beperkt het ruimtebeslag zich tot de leidingen. De piek/back-upinstallatie op groengas die nodig zijn voor deze alternatieven nemen geen ondergrondse ruimte in.

Geothermiebronnen en installatieonderdelen

Voor de aanleg van de geothermieputten en de energiecentrale worden werkputten ontgraven van ca. 20x30 meter, enkele meters diep. Daarnaast moet rekening worden gehouden met de aanleg van de diverse installatieonderdelen van het warmtesysteem, zoals de warmteonderstations. Ook hiervoor worden cunetten (sleuven) uitgegraven met een oppervlak gelijk aan dat van het installatieonderdeel tot een diepte van ca. 1 m -mv.

Door het ruimtegebruik van het warmtesysteem is er minder ruimte voor andere functies in de bodem, zoals bomen of afkoppeling van riolering. Alternatief 3 wordt licht negatief beoordeeld.

2.4.5.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

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 ca. 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. In de gebruiksfase beperkt het ruimtebeslag zich tot de leidingen.

Daarnaast moet rekening worden gehouden met de aanleg van de diverse installatieonderdelen van het warmtesysteem, zoals de warmteonderstations. Ook hiervoor worden cunetten (sleuven) uitgegraven met een oppervlak gelijk aan dat van het installatieonderdeel tot een diepte van ca. 1 m -mvv. De piek/back-upinstallatie op groengas die nodig zijn voor deze alternatieven nemen geen ondergrondse ruimte in.

Verder neemt de installatie van een warmtewisselaarinstallatie ruimte in. Dit betreft ook transportleidingen die door middel van cunetten (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. Alternatief 4 wordt licht negatief beoordeeld.

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

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 ca. 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. In de gebruiksfase beperkt het ruimtebeslag zich tot de leidingen. De piek/back-upinstallatie op groengas die nodig zijn voor deze alternatieven nemen geen ondergrondse ruimte in. Verder neemt de installatie van een warmtewisselaarinstallatie ruimte in. Dit betreft ook transportleidingen die door middel van cunetten (sleuven) worden aangelegd. De warmtewisselaarput wordt ondergronds geplaatst en behoeft ook enige ruimtegebruik voor o.a. isolatie en afsluiters van deze put.

Elektriciteitsnetwerk

Het versterken van het elektriciteitsnetwerk bestaat uit het vervangen van bestaande elektriciteitskabels en het aanleggen van nieuwe elektriciteitskabels in de bodem. Het vervangen van bestaande elektriciteitskabels zou tot minimale inpasproblemen moeten leiden, maar dit is hoofdzakelijk afhankelijk van de drukte in de ondergrond. Dit geldt ook voor het aanleggen van nieuwe elektriciteitskabels.

OBES

Bij alternatief 2 worden OBES toegepast. Eén OBES bestaat uit twee bronnen met ieder een thermische straal van ca. 40 meter²⁵. OBES bronnen moeten ca. 100 meter van elkaar verwijderd zijn. Dit betekent dat één OBES-doublet ondergronds ca. 2 ha in beslag neemt als de interferentie-buffer meegenomen wordt. De OBES-installaties hebben dus een groot ruimtebeslag. De beperkte beschikbare ruimte vormt een uitdaging om deze OBES-bronnen goed te positioneren om te kunnen voldoen aan de warmtevraag. Door de systemen slim te ordenen en clusters te vormen is er meer flexibiliteit in de exacte plaatsing van OBES bronnen. De grote

²⁵ De Provincie Utrecht heeft in een reactie op dit plan-MER aangegeven dat zij ook systemen met een thermische straal van 100 meter zien. Met de beperkt beschikbare ruimte is het noodzakelijk de systemen slim te ordenen en clusters te vormen om zo te kunnen voldoen aan de warmtevraag. In paragraaf 3.5 wordt dit toegevoegd aan de paragraaf Cumulatieve effecten van WKO's.

hoeveelheid OBES-installaties in dit alternatief heeft grote impact op de ruimtevrage voor andere opgaves, zoals de aanleg van parkeerkelders, diepriolen of tunnels.

Het warmtenet en de OBES hebben een forse ondergrondse ruimteclaim, daarnaast moet met de beperkt beschikbare ruimte na worden gedacht over de ordening en clustering van de OBES. Alternatief 5 wordt daarom als negatief beoordeeld.

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

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 ca. 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. In de gebruiksfase beperkt het ruimtebeslag zich tot de leidingen.

Elektriciteitsnetwerk

Alternatief 6 vraagt om een forsere versterking van het elektriciteitsnetwerk ten opzichte van andere collectieve systemen. Ieder pand krijgt een eigen warmtepomp, wat een extra elektrische aansluitcapaciteit op het laagspanningsnet behoeft. Het vervangen van bestaande elektriciteitskabels zou tot minimale inpasproblemen moeten leiden, maar dit is hoofdzakelijk afhankelijk van de drukte in de ondergrond.

OBES

Bij alternatief 2 worden OBES toegepast. Eén OBES bestaat uit twee bronnen met ieder een thermische straal van ca. 40 meter. OBES bronnen moeten ca. 100 meter van elkaar verwijderd zijn. Dit betekent dat één OBES-doublet ondergronds ca. 2 ha in beslag neemt als de interferentie-buffer meegenomen wordt. De OBES-installaties hebben dus een groot ruimtebeslag. De beperkte beschikbare ruimte vormt een uitdaging om deze OBES-bronnen goed te positioneren om te kunnen voldoen aan de warmtevrage. Door de systemen slim te ordenen en clusters te vormen is er meer flexibiliteit in de exacte plaatsing van OBES bronnen. Daarnaast moeten transportleidingen van en naar de WKO-installatie aangelegd worden die een beperkte ruimtevrage hebben in de ondergrond. De grote hoeveelheid OBES-installaties in dit alternatief heeft grote impact op de ruimtevrage voor andere opgaves, zoals de aanleg van parkeerkelders, diepriolen of tunnels.

Alternatief 6 wordt beoordeeld als negatief.

2.4.5.7 Effectbeoordeling (ondergronds ruimtegebruik)

Bovenstaande effectbeschrijving resulteert in de volgende effectbeoordeling.

Tabel 2-20 Beoordeling ondergronds ruimtegebruik

Aanleg/ gebruiksfase	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron Individueel opwaarderen
Aanleg- en gebruiksfase	0	--	0/-	0/-	-	-

2.4.5.8 Onderscheid buurttypen (ondergronds ruimtegebruik)

Er is een buurttype kenmerk die impact heeft op de ruimtelijke ondergrondse inpassing van de alternatieven: *straatbreedte*. Met name in delen van het stedelijk gebied 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 aanleggen 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. Voor de effectbeoordeling betekent dit dat buurttypen met smalle straten een iets negatievere beoordeling krijgen in de aanlegfase, de beoordelingen voor middelbrede en brede straten blijven in de aanlegfase gelijk. In de gebruiksfase veranderen de beoordelingen niet, omdat in een drukke straat een extra leiding of kabel niet tot een grote verandering van het indirecte effect leidt.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Buurttypen bloemkoolwijk, stedelijk bouwblok, vooroorlogse woonwijk en de historische binnenstad hebben een hoog risico.

Zie gebruikshandleiding

Dit onderscheid tussen buurten leidt tot de volgende effectbeoordeling per buurttype:

Tabel 2-21 Beoordeling ondergronds ruimtegebruik naar buurttypen

Buurttypen	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Historische binnenstad	0/-	--	-	--	-	-
Vooroorlogse woonwijk	0/-	--	-	--	-	-
Stedelijk bouwblok	0/-	--	-	--	-	-
Tuindorp	0	--	0/-	0/-	-	-
Volkswijk	0	--	0/-	0/-	-	-
Naoorlogse woonwijk	0	--	0/-	0/-	-	-
Tuinstad laagbouw	0	--	0/-	0/-	-	-
Tuinstad hoogbouw	0	--	0/-	0/-	-	-
Hoogbouw	0	--	0/-	0/-	-	-
Bloemkoolwijk	0/-	--	-	--	-	-
Vinexwijk	0	--	0/-	0/-	-	-
Villawijk	0	--	0/-	0/-	-	-
Bedrijventerrein	0	--	0/-	0/-	-	-

2.4.5.9 Locatiespecifieke effecten (ondergronds ruimtegebruik)

Zie gebruikshandleiding

2.4.5.10 Mitigerende maatregelen (ondergronds ruimtegebruik)

Mogelijke mitigerende maatregelen om negatieve effecten op het ondergronds ruimtegebruik te beperken zijn:

- Om de effectiviteit van OBES en GBES-bronnen te waarborgen is het van belang dat:
 - Het beheer en onderhoud van de systemen goed en professioneel beheer gewaarborgd wordt.
 - Daarnaast is het ook van belang dat deze systemen zorgvuldig geplaatst worden. Door de systemen slim te ordenen, bijvoorbeeld warmtebronnen clusteren, kan de afstand tussen verschillende bronnen worden verkleind zonder inferentie en de kwaliteit beter geborgd worden.

2.5 Ruimtelijke kwaliteit

Onderstaande paragraaf beschrijft de effecten die betrekking hebben op de ruimtelijke kwaliteit van de gemeente (<Vul naam van de gemeente in>). De aspecten die zijn beoordeeld betreffen zichtbaarheid en beleving, bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid in de openbare ruimte.

Tabel 2-22 Beoordelingskader ruimtelijke kwaliteit

Thema	Aspect	Indicator	Aanleg- en/of gebruiksfase
Ruimtelijke kwaliteit	Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte	Totaal benodigd bovengronds ruimtegebruik & inpasbaarheid in de openbare ruimte	Gebruiksfase
	Zichtbaarheid en beleving	Verrommeling van de buitenruimte	Gebruiksfase

2.5.1 Beleidskader (ruimtelijke kwaliteit)

Tabel 2-23 Beleidskader ruimtelijke kwaliteit

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
	Gemeentelijk beleid

Zie gebruikshandleiding

2.5.2 Referentiesituatie (ruimtelijke kwaliteit)

Zie gebruikshandleiding

2.5.3 Effectbeschrijving (bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte)

Bij ieder alternatief zitten elementen die ruimtelijk ingepast moeten worden, zoals het aantal benodigde transformatorhuisjes, warmteoverdrachtstations en collectieve warmtepompen. Dit betekent dat het bovengronds ruimtegebruik in de openbare ruimte in de gebruiksfase per alternatief verschilt. In bijlage 4 is toegelicht welke aspecten bij ieder alternatief komen kijken en hoeveel ruimte deze innemen. Het gaat om ruimtegebruik in de openbare ruimte, dit kan aan de rand van de gemeente zijn of op wijkniveau. Bij alternatief 1, 2 en 6 zal er ook bovengronds ruimtegebruik op grond van de eigen woning plaatsvinden. Dit wordt niet meegenomen in de effectbeschrijving van dit aspect.

2.5.3.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Aanlegfase

Het ruimtegebruik in de aanlegfase is tijdelijk en wordt daarom niet meegenomen in de effectbeoordeling.

Gebruiksfase

De luchtwarmtepomp vraagt veel elektriciteit, hier moet in de wijk een groot aantal transformatorhuisjes ingepast worden om in elektriciteit te voorzien. Ook is er aan de rand van de stad ruimte nodig voor de inpassing van grootschalige elektriciteitsvoorzieningen. In het geval van de luchtwarmtepomp komen de installaties grotendeels aan de gevel te hangen, dit heeft invloed op de ruimtelijke kwaliteit wat betreft zichtbaarheid en beleving. Dit wordt in het aspect 'zichtbaarheid en beleving' behandeld.

Voor alternatief 1 is het bovengronds ruimtegebruik in de openbare ruimte beperkt. Er is voornamelijk ruimte nodig om de transformatorhuisjes in te passen, als gevolg hiervan kan de ruimtelijke kwaliteit licht onder druk komen te staan. Dit alternatief scoort daarom licht negatief.

2.5.3.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Aanlegfase

Het ruimtegebruik in de aanlegfase is tijdelijk en wordt daarom niet meegenomen in de effectbeoordeling.

Gebruiksfase

De bodemwarmtepomp vraagt veel elektriciteit, hier moet in de wijk een groot aantal transformatorhuisjes ruimtelijk ingepast worden om in elektriciteit te voorzien. Ook is er aan de rand van de stad ruimte nodig voor de inpassing van grootschalige elektriciteitsvoorzieningen.

Voor alternatief 2 is het bovengronds ruimtegebruik in de openbare ruimte beperkt. Er is voornamelijk ruimte nodig om transformatorhuisjes in te passen in de buurten, hierdoor kan de ruimtelijke kwaliteit licht onder druk komen te staan. Dit alternatief scoort daarom licht negatief.

2.5.3.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

Aanlegfase

Het ruimtegebruik in de aanlegfase is tijdelijk en wordt daarom niet meegenomen in de effectbeoordeling.

Gebruiksfase

Bij een MT-geothermie warmtenet hoeft het elektriciteitsnet niet verzwakt te worden. Voor dit alternatief is er binnen de buurt ruimte benodigd voor warmteoverdrachtstations. Hiernaast moet er voornamelijk ruimte gezocht worden aan de rand van de gemeente voor geothermie installaties en bijbehorende warmtecentrale met groen gasgestookte piek/back-upvoorziening. Wat betreft bovengronds ruimtegebruik en ruimtelijke inpassing is het gunstig dat deze installaties aan de randen van de stad geïnstalleerd kunnen worden waar over het algemeen meer ruimte is.

Voor dit alternatief zal met name ruimte aan de rand van de stad benodigd zijn, het bovengronds ruimtegebruik binnen de buurt beperkt zich tot het warmteoverdrachtstation van ongeveer 15m²²⁶. Doordat de voorzieningen aan de rand van de stad met meer ruimte en flexibiliteit ingepast kunnen worden komt de ruimtelijke kwaliteit weinig onder druk te staan. Dit zorgt ervoor dat het effect van alternatief 3 op het bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid licht negatief is.

Zie gebruikshandleiding

2.5.3.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

Aanlegfase

Het ruimtegebruik in de aanlegfase is tijdelijk en wordt daarom niet meegenomen in de effectbeoordeling.

Gebruiksfase

Bij een MT-restwarmte warmtenet hoeft het elektriciteitsnet niet verzwakt te worden. Voor dit alternatief is er binnen de buurt ruimte benodigd voor warmteoverdrachtstations met een ruimtebeslag van ongeveer 15m². Hiernaast moet er een restwarmte bron zijn waar een warmtecentrale met warmtewisselaar gekoppeld kan worden. Deze moet ingepast worden en is daarbij afhankelijk van de locatie van het bedrijf waar de restwarmte van afkomstig is. Vaak zijn dit locaties op bedrijven- of industrieterreinen waar over het algemeen meer ruimte is om een installatie voor een warmtewisselaar in te passen.

Het bovengronds ruimtegebruik binnen de buurt is beperkter. Voorzieningen op bedrijven- of industrieterrein kunnen met meer ruimte en flexibiliteit ingepast kunnen worden waardoor de ruimtelijke kwaliteit weinig onder druk komt te staan. Dit zorgt ervoor dat de effecten van alternatief 4 op het bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid licht negatief zijn.

²⁶ NPLW - Warmteoplossingen en ruimtegebruik

Zie gebruikshandleiding

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

Aanlegfase

Het ruimtegebruik in de aanlegfase is tijdelijk en wordt daarom niet meegenomen in de effectbeoordeling.

Gebruiksfase

Bij een (Z)LT bron / collectief opwaarderen warmtenet hoeft het elektriciteitsnet niet verzwakt te worden. Voor dit alternatief kunnen verschillende type installaties in de wijk terecht komen: een wijkcentrale met WKO-doublet, warmtebuffer en collectieve warmtepomp en WKO-doubletten of een wijkcentrale gevoed door restwarmte met collectieve warmtepomp en seizoensbuffer. Het oppervlak van de wijkcentrale is afhankelijk van het aantal woningen wat gevoed moet worden, dit varieert van 40 m² tot 500 m²²⁷. Dit vraagt veel ruimte in de buurt wat de ruimtelijke inpassing zal bemoeilijken.

Voor dit alternatief is het bovengronds ruimtegebruik in de buurt relatief groot waardoor de ruimtelijke kwaliteit onder druk komt te staan. Alternatief 5 heeft daarom een licht negatief effect op bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid.

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

Aanlegfase

Het ruimtegebruik in de aanlegfase is tijdelijk en wordt daarom niet meegenomen in de effectbeoordeling.

Gebruiksfase

Bij een (Z)LT bron / individueel opwaarderen warmtenet moet het elektriciteitsnet verzwakt worden. Dit betekent dat er een groot aantal transformatorhuisjes in de buurt ingepast worden om de individuele warmtepompen van elektriciteit te voorzien. Daarnaast moet er in de buurt een wijkcentrale met seizoensbuffer of met WKO-buffer en bijbehorende WKO-doublet met drogekoeler komen. Het oppervlak van de wijkcentrale is afhankelijk van het aantal woningen wat gevoed moet worden, dit varieert van 40 m² tot 500 m². Dit vraagt veel ruimte in de buurt wat de ruimtelijke inpassing zal bemoeilijken. In sommige gevallen wordt bij dit alternatief gebruik gemaakt van warmte uit oppervlaktewater in combinatie met WKO-buffer. In dit geval moeten er op locatie van de aquathermie (TEO) ook de benodigde installaties ingepast worden. Dit komt op specifieke locaties terecht en de omvang is afhankelijk van de karakteristieken van de aquathermiebron. Vaak is de ruimtevraag van de TEO-installatie beperkt en kan de technische installatie inpandig of in een compacte behuizing geplaatst worden. Ook de inname- en uitlaatconstructies nemen slechts beperkte ruimte in aan de waterkant. Aan de rand van de stad is er binnen dit alternatief ook ruimte nodig voor de inpassing van extra elektriciteitsvoorzieningen.

Er is bij dit alternatief veel bovengronds ruimtegebruik benodigd voor het inpassen van de warmte-installaties. Deze komen zowel aan de rand van de stad als in de buurt terecht. Alternatief 6 scoort daarom negatief op bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid.

2.5.3.7 Effectbeoordeling (bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte)

In onderstaande tabel is de beoordeling van de verschillende alternatieven op het aspect bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte weergegeven.

²⁷ NPLW - Warmteoplossingen en ruimtegebruik

Tabel 2-24 Effectbeschrijving bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte

Aanleg/ gebruiksfase	Alternatief 1 – Individueel lucht	Alternatief 2 – Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 – (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 – (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Gebruiksfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-

2.5.3.8 Onderscheid buurttypen (ruimtelijke kwaliteit)

Aan de hand van de *beschikbare openbare ruimte* binnen een buurttype kunnen de effecten genuanceerd worden. De aanname is dat de impact van het gebruik van een bepaald alternatief een minder negatieve impact heeft wanneer er meer openbare ruimte beschikbaar is. Wanneer er meer openbare ruimte is kan gemakkelijker een goede en beter inpasbare locatie gekozen worden voor de verschillende installaties. In onderstaand kaartje is te zien welke buurttypen een hoger risico hebben op een negatiever effect op bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid doordat het percentage openbare ruimte beperkt is.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

In onderstaande tabel zijn de effectbeoordelingen per alternatief genuanceerd naar de buurttypen op basis van de beschikbare openbare ruimte. Buurttypen historische binnenstad, naoorlogse woonwijk, volkswijk en vooroorlogse woonwijk hebben weinig openbare ruimte en dus een hoog risico, deze buurttypen scoren negatiever. Bij buurttypen met een middelhoog en laag risico blijft het effect hetzelfde.

Tabel 2-25 Effectbeoordeling bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte

Buurttypen	Alternatief 1 – Individueel lucht	Alternatief 2 – Individueel Bodem	Alternatief 3 – MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 – MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 – (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 – (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Historische binnenstad	-	-	-	-	-	--
Vooroorlogse woonwijk	-	-	-	-	-	--
Stedelijk bouwblok	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Tuindorp	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Volkswijk	-	-	-	-	-	--
Naoorlogse woonwijk	-	-	-	-	-	--
Tuinstad laagbouw	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Tuinstad hoogbouw	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Hoogbouw	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Bloemkoolwijk	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Vinexwijk	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Villawijk	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Bedrijventerrein	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-

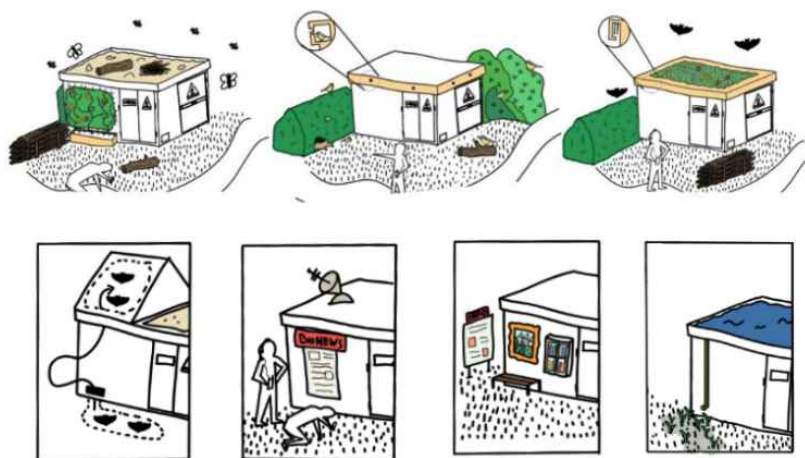
2.5.3.9 Locatiespecifieke effecten (ruimtelijke kwaliteit)

Zie gebruikshandleiding

2.5.3.10 Mitigerende maatregelen (bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte)

Bij alternatieven waar het bovengronds ruimtegebruik groot is kunnen mitigerende maatregelen genomen worden om ervoor te zorgen dat de installaties zo goed mogelijk ingepast worden in de omgeving van de

installatie. Zo zijn er voorbeelden van natuur inclusieve transformatorhuisjes (2-5). Ook kan de inpassing verbeterd worden door het ontwerp visueel aantrekkelijk te maken, zo zijn er voorbeelden waar transformatorhuisjes tot cultureel erfgoed behoren (zie onderstaande figuur). Op deze manier kan de negatieve impact van grote installaties of gebouwen gemitigeerd worden.



Eerste schets van de maatregelen op en rondom het natuurinclusieve transformatorhuisje, met bovenaan v.l.n.r. maatregelen voor insecten, koolmezen en pimplen, en vleermuizen. Onder zijn mogelijke aanknopingspunten met bredere thema's gevisualiseerd zoals 2-5 Natuurinclusief ontwerp transformatorhuisjes (Bron: gemeente Alkmaar)



Figuur 2-6 transformatorhuisjes als cultureel erfgoed (Bron: Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed)

2.5.4 Effectbeschrijving (zichtbaarheid en beleving)

Het aanleggen van nieuwe warmtenetten en het aanpassen van bestaande infrastructuur kan leiden tot tijdelijke of permanente verstoring van de openbare ruimte. In de aanlegfase kunnen de werkzaamheden voor tijdelijke verrommeling van de buitenruimte zorgen met bijvoorbeeld tijdelijke opslagplaatsen en verkeersomleidingen. Deze effecten zijn echter tijdelijk van aard en worden daarom niet meegenomen in de beoordeling. In de gebruiksfase kan de heterogeniteit van het straatbeeld verstoord worden. Hoe meer toevoegingen er zijn die niet in de oorspronkelijke functionaliteit horen van het gebied, hoe meer verrommeling er is. Deze objecten worden als storend ervaren binnen de omgeving. Daarnaast zijn er tijdens gebruik mogelijk onderhoudswerkzaamheden nodig, waarbij werkverkeer en afzettingen nodig zijn.²⁸

2.5.4.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Aanlegfase

²⁸ Verrommeling in beeld, Milieu- en Natuurplanbureau (MNP).

De verrommeling van de buitenruimte in de aanlegfase is tijdelijk en wordt daarom niet meegenomen in de effectbeoordeling.

Gebruiksfase

Luchtwarmtepompen worden zichtbaar aan de huizen vast gemonteerd waardoor er verstoring van het straatbeeld optreedt. Dit kan gemitigeerd worden door de luchtwarmtepompen op minder zichtbare plekken te plaatsen, zoals aan de achterzijde van het huis. Ook dit kan echter een negatief effect hebben op zichtbaarheid en beleving en daarmee op de ruimtelijke kwaliteit van de omgeving. De zichtbaarheid van de luchtwarmtepomp aan de gevel raakt daarmee bij sommige panden ook aan de effecten op cultuurhistorie, dit is verder toegelicht onder het thema 'Archeologie en cultuurhistorie'. Verder kan het grote aantal benodigde transformatorhuisjes voor verstoring van het straatbeeld zorgen.

De individuele luchtwarmtepompen zorgen voor een permanente verstoring, dit alternatief scoort daarom negatief op zichtbaarheid en beleving.

2.5.4.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Aanlegfase

De verrommeling van de buitenruimte in de aanlegfase is tijdelijk en wordt daarom niet meegenomen in de effectbeoordeling.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase is de bodemwarmtepomp weinig tot niet zichtbaar. Het grote aantal benodigde transformatorhuisjes zorgt voor verstoring van het straatbeeld, dit kan nadelige effecten op de ruimtelijke kwaliteit hebben.

Alternatief 2 heeft daarom een licht negatief effect op zichtbaarheid en beleving.

2.5.4.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

Aanlegfase

De verrommeling van de buitenruimte in de aanlegfase is tijdelijk en wordt daarom niet meegenomen in de effectbeoordeling.

Gebruiksfase

Bij dit alternatief is het aantal installaties wat in de buurt ingepast moet worden beperkt. Verder zal aan de rand van de stad ruimte nodig zijn om grootschalige installaties in te passen, maar hier treedt minder verstoring van het straatbeeld op. Dit betekent dat de impact op ruimtelijke kwaliteit beperkt is.

Een MT geothermie / warmtenet heeft daarom licht negatieve effecten op de zichtbaarheid en beleving.

2.5.4.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

Aanlegfase

De verrommeling van de buitenruimte in de aanlegfase is tijdelijk en wordt daarom niet meegenomen in de effectbeoordeling.

Gebruiksfase

Bij dit alternatief is het aantal installaties wat in de buurt ingepast moet worden beperkt. Verder is afhankelijk van de restwarmtebron op een specifieke locatie (vaak aan de rand van de stad of op een bedrijventerrein) ruimte nodig om een warmtecentrale in te passen. Hier treedt naar verwachting minder verstoring van het straatbeeld op waardoor de impact op ruimtelijke kwaliteit beperkt is.

Een MT restwarmte / warmtenet heeft daarom licht negatieve effecten op de zichtbaarheid en beleving.

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

Aanlegfase

De verrommeling van de buitenruimte in de aanlegfase is tijdelijk en wordt daarom niet meegenomen in de effectbeoordeling.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase is het bovengronds ruimtegebruik van dit alternatief relatief groot doordat er zowel in de wijk als aan de rand van de stad installaties benodigd zijn. Met behulp van mitigerende maatregelen kan de verrommeling beperkt worden, toch kunnen de benodigde installaties het straatbeeld licht verstoren. Dit beïnvloedt de ruimtelijke kwaliteit licht negatief.

(Z)LT bron / collectief opwaarderen heeft daarom een licht negatief effect op zichtbaarheid en beleving.

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

Aanlegfase

De verrommeling van de buitenruimte in de aanlegfase is tijdelijk en wordt daarom niet meegenomen in de effectbeoordeling.

Gebruiksfase

Er moeten bij dit alternatief relatief veel installaties in de buurt ingepast worden en de verzwarende van het net vraagt om de inpassing van transformatorhuisjes. Het gaat om installaties verspreid door de wijk die met maatregelen beter ingepast kunnen worden. Naast een relatief groot aantal installaties in de wijk moet er bij iedere woning of gebouw een luchtwarmtepomp geïnstalleerd worden. Deze worden zichtbaar aan de huizen gemonteerd waardoor er verstoring van het straatbeeld optreedt. Dit kan gemitigeerd worden door de luchtwarmtepompen op minder zichtbare plekken te plaatsen, zoals aan de achterzijde van het huis. Ook dit kan echter een negatief effect hebben op zichtbaarheid en beleving en daarmee op de ruimtelijke kwaliteit van de omgeving. De zichtbaarheid van de luchtwarmtepomp aan de gevel raakt daarmee bij sommige panden ook aan de effecten op cultuurhistorie, dit is verder toegelicht onder het thema 'Archeologie en cultuurhistorie'. Dit zorgt voor een permanente verstoring van het straatbeeld.

(Z)LT bron / individueel opwaarderen heeft daarom een negatief effect op zichtbaarheid en beleving.

2.5.4.7 Effectbeoordeling (zichtbaarheid en beleving)

In onderstaande tabel is de beoordeling van de verschillende alternatieven in de aanleg- en gebruiksfase op het aspect zichtbaarheid en beleving weergegeven.

Tabel 2-26 Effectbeoordeling zichtbaarheid en beleving

Aanleg/ gebruiksfase	Alternatief 1 – Individueel lucht	Alternatief 2 – Individueel Bodem	Alternatief 3 – MT Geothermie warmtenet	Alternatief 4 – MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 – (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Gebruiksfase	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-

2.5.4.8 Onderscheid buurttypen (zichtbaarheid en beleving)

Op basis van de hoeveelheid *beschikbare openbare ruimte* per buurttype kan ook voor zichtbaarheid en beleving een nuancering gemaakt worden. Wanneer er veel openbare ruimte in een buurt is kan de verrommeling van het straatbeeld als minder erg ervaren worden. Als er weinig openbare ruimte is, moet er meer ingepast worden in een kleine ruimte wat voor meer zichtbaarheid zorgt. Dit zorgt dat de verrommeling meer opvalt en er meer verstoring is van de openbare ruimte. In onderstaande kaart zijn de buurten met weinig openbare

ruimte aangemerkt met een hoog risico op negatieve effecten op zichtbaarheid en beleving. Buurten met meer openbare ruimte hebben een lager risico op negatieve effecten op zichtbaarheid en beleving.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Buurttypen historische binnenstad, vooroorlogse woonwijk, naoorlogse woonwijk en volkswijk hebben weinig openbare ruimte en dus een hoger risico op een negatief effect op zichtbaarheid en beleving. Voor deze buurttypen is het effect naar beneden bijgesteld. In onderstaande tabel is de nuancering per buurttype op basis van het percentage openbare ruimte aangegeven.

Tabel 2-27 Effectbeoordeling zichtbaarheid en beleving

Buurttypen	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Historische binnenstad	--	-	-	-	-	--
Vooroorlogse woonwijk	--	-	-	-	-	--
Stedelijk bouwblok	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Tuindorp	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Volkswijk	--	-	-	-	-	--
Naoorlogse woonwijk	--	-	-	-	-	--
Tuinstad laagbouw	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Tuinstad hoogbouw	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Hoogbouw	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Bloemkoolwijk	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Vinexwijk	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Villawijk	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Bedrijventerrein	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-

2.5.4.9 Locatiespecifieke effecten (zichtbaarheid en beleving)

Zie gebruikshandleiding

2.5.4.10 Mitigerende maatregelen (zichtbaarheid en beleving)

Bij grote zichtbaarheid en verstoring van het straatbeeld is het mogelijk om mitigerende maatregelen te treffen. Zoals genoemd in 5.5.4 kunnen installaties in de openbare ruimte ingepast worden zodat deze niet het straatbeeld verstoren. Daarnaast is het voor de luchtwarmtepompen of hybride warmtepompen mogelijk om een stijlvolle omkasting aan te brengen of deze op het dak te plaatsen zoals in onderstaande figuur is weergegeven. Dit zorgt ervoor dat de zichtbaarheid minder groot is en de ver rommeling van het straatbeeld beperkt wordt.



Figuur 2-7 Inpassing luchtwarmtepomp/hybride warmtepomp

2.6 Water

Het thema water gaat in op het aspect drinkwater. Hierbij is de potentiële impact van warmteleidingen onderzocht op de kwaliteit van het drinkwater. Het betreft een kwalitatieve beschrijving op basis van kwantitatief onderzoek. Informatie over oppervlaktewater en de effecten op het biologische waterleven zijn in paragraaf 2.7.6 beschreven.

Tabel 2-28 Beoordelingskader water

Aspect	Indicator	Aanleg- en/of gebruiksfase
Drinkwater	Impact op de kwaliteit van het drinkwater in nabijgelegen leidingen van benoemde technieken	Gebruiksfase

2.6.1 Beleidskader (water)

Tabel 2-29 Beleidskader water

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
Nationaal beleid	
Drinkwaterwet (2024)	Alle overheden hebben een zorgplicht voor het duurzaam veiligstellen van de drinkwatervoorziening.
Structuurvisie Ondergrond (STRONG) (2018)	STRONG bevat het landelijk beleid voor activiteiten die in de ondergrond plaatsvinden. Doel is om ondergrondse activiteiten duurzaam, veilig en efficiënt te laten plaatsvinden.
Beleidsnota drinkwater 2021 - 2026	De beleidsnota drinkwater benoemt de ambitie voor de drinkwatervoorziening, de drinkwateropgaven voor de komende periode (2021-2026) en bevat de hoofdkeuzes voor het drinkwaterbeleid. • Waterbeschikbaarheid en zuinig en bewust drinkwatergebruik. • Verbeteren kwaliteit van oppervlakte- en grondwater. • Borgen veilige productie en levering.
Provinciaal beleid	
Gemeentelijk beleid	

Zie gebruikshandleiding

2.6.2 Referentiesituatie (water)

Door klimaatverandering, bevolkingsgroei en economische ontwikkelingen staat de waterkwantiteit onder druk. Het uitblijven van neerslag zorgt voor minder wateraanvoer in de bodem. Tegelijkertijd is in droge periodes de watervraag extreem hoog.

(<Vul naam in van drinkwaterbedrijf>) is samen met de provincie en de waterschappen verantwoordelijk voor het leveren van schoon drinkwater. Een tekort aan zoet water kan ervoor zorgen dat er niet meer voldoende water is voor elke functie. Een potentieel gevolg is dat waterwinning (tijdelijk) moet worden stopgezet om de directe watervoorraden aan te vullen. Daarnaast kan een lage waterkwantiteit gevolgen hebben voor de waterkwaliteit. Hoe kleiner de hoeveelheid water, hoe hoger de concentraties verontreinigingen.

Zie gebruikshandleiding

2.6.3 Effectbeschrijving (drinkwater)

In de aanleg van het warmtenet kunnen drinkwaterleidingen geraakt worden, dit wordt echter als een calamiteit en geen milieueffect beschouwd. De effectbeschrijving van de aanleg van het warmtenet is daarom buiten beschouwing gelaten.

Een potentieel effect kan er zijn door temperatuursverandering van de bodem door nabijgelegen leidingen tijdens de gebruiksfase. De effecten die ontstaan door o.a. klimaatverandering vallen buiten de effectbeschrijving en behoren tot de referentiesituatie. **De factoren die van invloed zijn op hittestress spelen daarmee ook een rol in de opwarming van het drinkwater²⁹.**

Tijdens het transport van drinkwater via ondergrondse leidingen warmt het water op als gevolg van de bodemtemperatuur. Een toename van warmtebronnen door verstedelijking en de energietransitie dragen bij aan een opwarming van de bodem. Dit vergroot de kans op overschrijding van de temperatuurnorm voor drinkwater. Deze norm is wettelijk vastgelegd op een maximumwaarde van 25 °C aan het tappunt. Een verhoging van de maximumwaarde kan leiden tot negatieve effecten, met name door een mogelijkheid van legionellabesmetting, een bacterie die in water en bodem kan zitten. Door hogere temperaturen kan er een optimaal bestaansgebied voor de bacterie ontstaan.

Uit onderzoek blijkt dat opwarming door een warmtenet ontstaat bij een afstand van minder dan 1,0 meter tussen een drinkwaterleiding en een warmteleiding. Zo blijkt dat als drinkwaterleidingen tussen de 1,0 – 1,5 meter liggen van een warmteleiding, 1,5% van de aansluitingen een drinkwatertemperatuurverhoging van 1,0 °C of meer ondervindt t.g.v. een warmtenet.³⁰ In een convenant tussen verschillende partijen is een overeenkomst ondertekend waarbij het doel is om de kwaliteit en veiligheid van drinkwater te waarborgen. De betrokken partijen accepteren een minimale beïnvloeding van maximaal 1 graad temperatuurstijging in 5% van de drinkwateraansluitingen. Hierbij wordt een minimale afstand van 1,5 meter aangehouden. Waar dat niet mogelijk is, is 1,0 meter in parallelligging mogelijk. Wel kunnen hier uitzondering in bestaan, mits noodzakelijk.

2.6.3.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Gebruiksfase

Dit alternatief komt niet in aanraking met drinkwaterleidingen en daarmee zijn geen effecten te verwachten ten opzichte van de referentiesituatie. Dit alternatief scoort daarom neutraal.

2.6.3.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Gebruiksfase

²⁹ PowerPoint Presentation

³⁰ KWR, december 2022. Invloed warmtenetten op temperatuur drinkwater. Resultaten TKI Engine.

Dit alternatief komt niet in aanraking met drinkwaterleidingen en daarmee zijn geen effecten te verwachten ten opzichte van de referentiesituatie. Dit alternatief scoort daarom neutraal.

2.6.3.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

Gebruiksfase

Het warmtenet bestaat uit transportleidingen, distributieleidingen en huisaansluitingen. De transportleidingen hebben een grote diameter, tot max. ca. 1 meter. Voor de distributieleidingen in de buurten en de huisaansluitingen worden leidingen met een kleinere diameter gebruikt. De temperatuur die door de distributieleidingen loopt is ca. 70 graden. Door de hoge temperatuur van het water dat door de leidingen stroomt kan het mogelijk zijn dat eventueel nabijgelegen drinkwaterleiding opwarming ondervinden van het warmtenet. Hierdoor is dit alternatief licht negatief beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie.

2.6.3.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

Gebruiksfase

Het warmtenet bestaat uit transportleidingen, distributieleidingen en huisaansluitingen. Voor de distributieleidingen in de buurten en de huisaansluitingen worden leidingen met een kleine diameter gebruikt. Door de hoge temperatuur (tot 70 graden) van het water dat door de distributieleidingen stroomt kan het mogelijk zijn dat eventueel nabijgelegen drinkwaterleiding opwarming ondervinden van het warmtenet. Hierdoor is dit alternatief licht negatief beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie.

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

Gebruiksfase

Het warmtenet bestaat uit transportleidingen, distributieleidingen en huisaansluitingen. Voor de distributieleidingen in de buurten en de huisaansluitingen worden leidingen met een kleine diameter gebruikt. De transportleidingen naar een wijkcentrale hebben een lage temperatuur tussen de 15-30 graden. Na collectieve opwaardering is het water maximaal 70 graden. Door de temperatuur van het water dat door de distributieleidingen stroomt kan het mogelijk zijn dat eventueel nabijgelegen drinkwaterleiding opwarming ondervinden van het warmtenet. Hierdoor is dit alternatief licht negatief beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie.

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

Gebruiksfase

Het warmtenet bestaat uit transportleidingen, distributieleidingen en huisaansluitingen. Voor de distributieleidingen in de buurten en de huisaansluitingen worden leidingen met een kleine diameter gebruikt. Dit alternatief levert de warmte af bij gebouwen en woningen op 15-30 graden. Temperatuur van het water in de leidingen is zodanig laag dat er geen effecten te verwachten zijn op het drinkwater. Dit alternatief scoort daarom neutraal.

2.6.3.7 Effectbeoordeling (drinkwater)

Bovenstaande effectbeschrijving resulteert in de volgende effectbeoordeling.

Tabel 2-30 Effectbeoordeling drinkwater

Aanleg/ gebruiksfase	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Gebruiksfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0

2.6.3.8 Buurtype specifieke effecten (drinkwater)

Alternatief 3, 4 en 5 maken gebruik van water tot maximaal 70 graden. Ook zijn de diameters van de aan te leggen leidingen vergelijkbaar in beide alternatieven. De mate van effecten op de nabijgelegen drinkwaterleidingen is afhankelijk van de breedte van de straten. De breedte van de straten geeft een indicatie of er voldoende ruimte in het straatbeeld beschikbaar is om de benodigde infrastructuur aan te leggen. Er is een onderscheid te maken per buurtype hoe breed de straten over het algemeen zijn. Dit is gedaan in een driepuntschaal, van smal, middel naar breed. Hoe breder de straat, des te kleiner is het risico op te weinig ruimte om de minimale afstand van 1,0 meter aan te houden die benodigd is om opwarming van het drinkwater te beperken.

Voor alternatief 1, 2 en 6 zijn geen effecten te verwachten ten opzichte van de referentiesituatie. Hierdoor zijn deze alternatieven, ongeacht het buurtype, neutraal beoordeeld.

In onderstaand figuur zijn de verschillende buurtypen in de gemeente Utrecht weergegeven. Aan de hand van Tabel 4-8 in bijlage 5 zijn de buurten onderverdeeld in drie categorieën, in buurten met brede, middelbrede of smalle straten. Op basis hiervan is bepaald of er een vergroot risico is op te weinig ruimte dan wel voldoende ruimte in het straatbeeld beschikbaar is om de minimale afstand van 1 meter aan te houden.

Buurtypen met smalle straten hebben hierdoor een groter risico op knelpunten tijdens de aanleg van het warmtenet. Dit zijn de historische binnenstad, stedelijk bouwblok, vooroorlogse woonwijk en bloemkoolwijk. De score voor deze buurten wordt negatiever bijgesteld, waardoor voor de alternatieven waar een licht negatieve beoordeling voor is gegeven een negatieve beoordeling geldt. Buurten met een middelhoog risico (en dus middel-brede straten) scoren licht negatief, waardoor de licht negatieve beoordeling gelijk blijft. Dit zijn hoogbouw en volkswijk. Buurten met brede straten zijn geclassificeerd onder laag risico, waarbij de kans op te weinig ruimte om de minimale afstand te behalen niet te verwachten wordt. Deze laatste categorie wordt daarom bijgesteld naar een neutrale score.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Buurtypen met smalle straten hebben hierdoor een groter risico op knelpunten tijdens de aanleg van het warmtenet. Buurten met een hoog risico scoren daardoor negatief. Buurten met een middelhoog risico (en dus middel-brede straten) scoren licht negatief. Buurten met brede straten zijn geclassificeerd onder laag risico, waarbij de kans op te weinig ruimte om de minimale afstand te behalen niet te verwachten is. Deze laatste categorie wordt daarom neutraal gescoord.

In onderstaande tabel is de eindbeoordeling van het aspect drinkwater op buurtype niveau weergegeven.

Tabel 2-31 Beoordeling drinkwater naar buurtype

Buurtypen	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Historische binnenstad	0	0	-	-	-	0
Vooroorlogse woonwijk	0	0	-	-	-	0
Stedelijk bouwblok	0	0	-	-	-	0
Tuindorp	0	0	0	0	0	0
Volkswijk	0	0	0/-	0/-	0/-	0
Naoorlogse woonwijk	0	0	0	0	0	0
Tuinstad laagbouw	0	0	0	0	0	0
Tuinstad hoogbouw	0	0	0	0	0	0
Hoogbouw	0	0	0/-	0/-	0/-	0

Bloemkoolwijk	0	0	-	-	-	0
Vinexwijk	0	0	0	0	0	0
Villawijk	0	0	0	0	0	0
Bedrijventerrein	0	0	0	0	0	0

2.6.3.9 Locatiespecifieke effecten (drinkwater)

Op locaties waar het warmtenet al ligt zullen de effecten van uitbreiding van het warmtenet beperkt zijn.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

2.6.3.10 Mitigerende maatregelen drinkwater

Om opwarming van drinkwaterleidingen tegen te gaan zijn verschillende mitigerende maatregelen mogelijk³¹:

- Zo kan er afstand gehouden worden tot de nieuw aan te leggen warmteleidingen.
- Daarnaast kunnen de drinkwaterleidingen dieper gelegen worden of geïsoleerd worden.
- Verder is klimaatverandering en toename van hittestress in de bebouwde omgeving een belangrijke oorzaak voor het opwarmen van de waterleidingen. Door de bebouwde omgeving klimaat adaptief in te richten, door het plaatsen van schaduwrijke plekken met bomen en toevoegen van groene plekken, kan de opwarming van de bodem verminderd worden. Dit heeft een mitigerend effect op de waterleidingen.

2.7 Natuur en biodiversiteit

In onderstaande paragraaf is ingegaan op het aspect beschermde soorten, aangezien dit op buurttype-niveau beoordeeld kan worden. De aspecten beschermde gebieden, oppervlaktewater en stikstofdepositie zijn geen onderscheidende effecten te beschrijven aan de hand van buurttypen. De effectbeschrijving- en beoordeling wordt op basis van (<Vul naam van gemeente in>)-specifieke informatie beschreven.

Zie gebruikshandleiding

Tabel 2-32 Beoordelingskader natuur en biodiversiteit

Aspect	Indicator	Aanleg- en/of gebruiksfase
Beschermde gebieden	Impact op instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden	Aanlegfase
Beschermde soorten	Impact op beschermde soorten	Aanleg- en gebruiksfase
Oppervlaktewater	Thermisch effect op waterleven	Gebruiksfase
Stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden	Stikstofdepositie op stikstofgevoelige habitattypen in Natura 2000-gebieden	Aanlegfase

2.7.1 Beleidskader (natuur en biodiversiteit)

Tabel 2-33 Beleidskader natuur en biodiversiteit

³¹ KWR. Effectiviteit maatregelen tegen opwarming drinkwater in leidingen (2019).

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
Nationaal beleid	
Omgevingswet natuur (2024)	- De Omgevingswet regelt het belang van natuur als onderdeel van de fysieke leefomgeving. De Wet natuurbescherming is sinds 1 januari 2024 opgenomen in de Omgevingswet. De wet borgt het welzijn van de mens, verbetert de bescherming van natuurkwaliteiten en breidt deze zo nodig uit. In de Omgevingswet wordt met betrekking tot natuurbescherming van soorten, bescherming van gebieden en bescherming van houtopstanden. - Het kader voor het Natura 2000 beheerplan en voor vergunningverlening blijft hetzelfde ten opzichte van de Wet natuurbescherming.
Programma Stikstofreductie en Natuurverbetering 2022-2035 (2022)	De kern van het programma Stikstofreductie en Natuurverbetering is het verbeteren van de natuur. Hierbij staan twee doelen centraal: - Verminderen van de stikstofdepositie in stikstofgevoelige natuurgebieden om te voldoen aan de wettelijke omgevingswaarden in de Wet natuurbescherming; - Natuur verbeteren door het halen van de instandhoudingsdoelstellingen in stikstofgevoelige Natura 2000-gebieden.
Kaderrichtlijn Water (KRW) (2000)	De Kaderrichtlijn Water is een Europese richtlijn met als doelstellingen het realiseren en behouden van chemisch schoon en ecologisch gezond oppervlaktewater en grondwater. De Europese lidstaten hebben gezamenlijk afgesproken dat uiterlijk in 2027 een goede toestand bereikt moet zijn.
Provinciaal beleid	
Gemeentelijk beleid	

Zie

gebruikshandleiding

2.7.2 Referentiesituatie (natuur en biodiversiteit)

Beschermde gebieden

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

De natuurgebieden (Natura 2000-gebieden en het NNN) zijn beschermd door middel van Europese, landelijke en/of provinciale wetgeving. Daarnaast zijn door het Rijk en de provincie ambities vastgelegd om de natuurgebieden kwalitatief te verbeteren. Er wordt bijvoorbeeld ingezet op het verbinden van natuurgebieden om biodiversiteit te bevorderen en het ontwikkelen/uitbreiden van natuurgebieden.

Verschillende ontwikkelingen spelen een grote rol die impact hebben op de Natura 2000-gebieden, zoals verstoring, verslechtering van de waterkwaliteit, klimaatverandering en stikstof. De aanpak van de stikstofproblematiek moet ervoor zorgen dat er minder stikstof in de natuur terecht komt en dat tegelijkertijd bouwprojecten moeten kunnen doorgaan. Het is nog onzeker of dit beleid doeltreffend is en hoe de stikstofopgave zich zal ontwikkelen.

Het is lastig in te schatten hoe de referentiesituatie wat betreft natuurgebieden zich zal ontwikkelen. Enerzijds worden natuurgebieden beschermd en worden kwalitatieve maatregelen getroffen om de natuurgebieden robuust te maken. Anderzijds staan natuurgebieden onder druk (door de stikstofuitstoot van o.a. verkeer en landbouw, maar bijvoorbeeld ook door klimaatverandering, met langere periodes van hitte, droogte, of juist extremere buien, en recreatiedruk als gevolg van de groei qua inwoners). De kans dat de natuurgebieden door middel van deze verschillende drukfactoren verslechteren is groot.

Beschermde soorten

Daarnaast speelt de mate van biodiversiteit in maar ook buiten beschermde natuurgebieden een belangrijke rol in stedelijke ontwikkeling. Er is toenemende aandacht voor het belang van biodiversiteit in de stedelijke omgeving.

Daarnaast dragen veel maatregelen die onder de noemer natuur-inclusief ontwikkelen worden geschaard bij aan klimaatadaptatie. Tegelijkertijd is de landelijke trend met betrekking tot biodiversiteit zeer negatief, waarbij zoals voorgaand genoemd de verstedelijking deze trend kan voortzetten. Door het verwijderen of tijdelijk verhinderen van rust- of verblijfsplaatsen van verschillende (beschermde) soorten, kunnen negatieve effecten ontstaan op de mate van de stedelijke biodiversiteit.

Zie gebruikshandleiding

Oppervlaktewater

De waterkwaliteit van oppervlaktewateren is over het algemeen (in heel Nederland) ondermaats. Dit komt aan de ene kant door de intensivering van de landbouw in de afgelopen decennia en de toename van kunstmeststoffen en pesticiden die vanaf landbouwpercelen aflopen in sloten en oppervlaktewater. Daarnaast zijn door de opwarming van het klimaat de zomers warmer, wat de waterkwaliteit niet ten goede komt. Dit komt omdat de zuurstofgehalten in het water lager worden, wat niet goed is voor de biologische en ecologische kwaliteit. Ook ontstaan door de warme zomers en eutrofiëring (toename in nutriënten) voor toename in bijvoorbeeld bacteriën, zoals blauwalg. Dit kan negatieve effecten hebben op het waterleven maar ook op mensen die zwemmen in de plassen.

Zie gebruikshandleiding

2.7.3 Effectbeschrijving (beschermde soorten)

In de Omgevingswet vindt soortenbescherming vindt plaats binnen en buiten het natuurnetwerk Nederland (NNN). Er geldt een algemene zorgplicht voor alle planten- en diersoorten. De beschermde soorten die voorkomen in het stedelijk gebied waar de isolatiemaatregelen of de alternatieven worden toegepast, zijn de algemene broedvogels (gierzwaluw en huismus) en vleermuizen.

Beschermde soorten in de bebouwde omgeving kunnen te maken hebben met verschillende verstoringseffecten. Deze effecten ontstaat door het aanleggen of gebruiken van verschillende aardgasvrije technieken. De belangrijkste effecten die in de bebouwde kom ontstaan voor beschermde soorten zijn effecten door het isoleren van gebouwen, toename in geluidhinder en toename in warmte-uitstoot. In onderstaande paragraaf is ingegaan op de drie beschermde soorten voorkomend in bebouwd gebied.

Geluid en trillingen

Geluidsoverlast door middel van geluid of trillingen tijdens het gebruik van de benodigde infrastructuur van 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 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.

Isolatie

Het isoleren van gebouwen tijdens de aanlegfase kan aanzienlijke problemen veroorzaken voor vleermuizen. 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. katten)

Het isoleren van D+ naar B+ om een alternatief efficiënt te maken betekent grofweg dat er een efficiëntieslag gemaakt wordt aan de huidige isolatie van een gebouw, zoals aan het dak en de muren gedaan moet worden (en ramen, maar dit heeft geen effect op verblijfsplaatsen van vleermuizen). Hierdoor wordt rekening gehouden met negatieve effecten voor vleermuizen wanneer een alternatief een minimaal energielabel van B+ nodig heeft, omdat dan aangenomen kan worden dat isolatiemaatregelen nodig zijn aan de woning. Ondanks dat er isolatie bestaat, kan niet aangenomen worden dat er geen beschermde soorten aanwezig zijn.

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.

2.7.3.1 Alternatief 1 – Individueel Lucht (S01b)

Aanlegfase

Gierzwaluw en huismus

Voor de aanleg van luchtwarmtepompen is geen zwaar materieel benodigd. Er wordt verwacht dat er geen effect op geluid en trillingen in deze fase is door middel van werkzaamheden. Dit betekent dat er ook geen impact op beschermde soorten de gierzwaluw en huismus is.

Vleermuizen

Voor de werking van het alternatief wordt geïsoleerd naar schillabel B+. Dit betekent dat verblijfsplaatsen van vleermuizen kunnen worden verstoord, mits er niet voldoende mitigerende maatregelen worden toegepast.

Dit alternatief wordt in de *aanlegfase* licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

Gierzwaluw en huismus

Luchtwarmtepompen kunnen zorgen voor trillingen door de werking van de compressor en ventilator. Door deze trillingen kunnen ze geluidsoverlast veroorzaken, waardoor dit alternatief negatieve effecten kan hebben op de rust- en verblijfsplaatsen van vogels.

Daarnaast stoot dit alternatief warme lucht uit in de openbare ruimte. Dit betekent dat er een toename kan ontstaan op het gebied van hittestress met gevolgen voor vogels op het broedsucces.

Dit alternatief wordt in de *gebruiksfase* negatief beoordeeld door de mogelijke negatieve effecten door zowel trillingen als hittestress op vogels.

2.7.3.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Aanlegfase

Gierzwaluw en huismus

Voor het aanleggen van een bodemwarmtepomp moet voor iedere WEQ een bron geboord worden. Deze boring wordt door een grote, zware mechanische boorwagen uitgevoerd. De mechanische boringen zelf kunnen ook tijdelijk trillinghinder veroorzaken.

Vleermuizen

Voor de werking van het alternatief wordt geïsoleerd naar label B. Dit betekent dat verblijfsplaatsen van vleermuizen kunnen worden verstoord, mits er niet voldoende mitigerende maatregelen worden toegepast.

Beschermde soorten kunnen tijdelijk verstoord worden tijdens de aanleg. Hierdoor wordt dit alternatief in de *aanlegfase* negatief beoordeeld.

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 te verwachten met betrekking tot geluid voor de gierzwaluw en huismus.

Dit alternatief wordt in de *gebruiksfase* neutraal beoordeeld omdat er geen effecten te verwachten zijn op beschermde soorten.

2.7.3.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

Aanlegfase

Gierzwaluw en huismus

In de aanlegfase zijn voor beschermde soorten voornamelijk effecten als gevolg van trillingen en geluid te verwachten. Met name het aanleggen van de diepteboring voor de warmtebron brengt trillingshinder en geluid met zich mee. Daarnaast wordt een warmtenet aangelegd, waarbij ook trillingen en geluid vrijkomen.

Vleermuizen

Het alternatief behoeft geen isolatiemaatregelen en functioneert voldoende met minimaal schillabel van D+. Er zijn geen effecten te verwachten, aangezien er geen aanvullende isolatiemaatregelen van toepassingen verwacht worden zijn voor dit alternatief.

Hierdoor wordt dit alternatief in de *aanlegfase* licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

Gierzwaluw en huismus

Er zijn geen effecten vanwege geluidsoverlast of trillingen te verwachten van de benodigde infrastructuur van het alternatief.

Dit alternatief wordt in de *gebruiksfase* neutraal beoordeeld.

2.7.3.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

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.

Vleermuizen

Het alternatief behoeft geen isolatiemaatregelen en functioneert voldoende met minimaal schillabel van D+. Er zijn geen effecten te verwachten, aangezien er geen aanvullende isolatiemaatregelen van toepassingen verwacht worden voor dit alternatief.

Dit alternatief wordt licht negatief beoordeeld in de *aanlegfase*.

Gebruiksfase

Gierzwaluw en huismus

De warmteoverdrachtstations en collectieve warmtepompen die benodigd zijn voor dit alternatief kunnen (lichte) geluidshinder veroorzaken. Wel is dit op zodanige afstand van de woning waar over het algemeen de vogels het meest verblijven, dat rekening gehouden wordt met licht negatieve effecten op vogels.

Dit alternatief wordt in de *gebruiksfase* licht negatief beoordeeld vanwege mogelijke effecten op beschermde vogels.

2.7.3.5 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.

Vleermuizen

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

Dit alternatief wordt licht negatief beoordeeld in de *aanlegfase*.

Gebruiksfase

Gierzwaluw en huismus

De warmteoverdrachtstations en collectieve warmtepompen die benodigd zijn voor dit alternatief kunnen (lichte) geluidshinder veroorzaken. Wel is dit op zodanige afstand van de woning waar over het algemeen de vogels het meest verblijven, dat rekening gehouden wordt met licht negatieve effecten op vogels.

Dit alternatief wordt in de *gebruiksfase* licht negatief beoordeeld vanwege mogelijke effecten op beschermde vogels.

2.7.3.6 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.

Vleermuizen

Voor de werking van het alternatief wordt geïsoleerd naar label B. Dit betekent dat verblijfsplaatsen van vleermuizen kunnen worden verstoord, mits er niet voldoende mitigerende maatregelen worden toegepast.

Dit alternatief wordt negatief beoordeeld in de *aanlegfase*.

Gebruiksfase

Gierzwaluw en huismus

De warmteoverdrachtstations en collectieve warmtepompen die benodigd zijn voor dit alternatief kunnen (lichte) geluidshinder veroorzaken. Wel is dit op zodanige afstand van de woning waar over het algemeen de vogels het meest verblijven, dat enkel een licht negatief effect verwacht wordt.

Het alternatief kan mogelijk koelen, als de warmtebron (aquathermie of restwarmte), wegens de individuele opwaardering door middel van lucht-warmtepompen. Dit betekent dat er een toename kan ontstaan op het gebied van hittestress met gevolgen voor vogels op het broedsucces.

Dit alternatief wordt in de *gebruiksfase* negatief beoordeeld vanwege mogelijke effecten op beschermde vogels.

2.7.3.7 Effectbeoordeling (beschermde soorten)

Bovenstaande effectbeschrijving resulteert in de volgende effectbeoordeling.

Tabel 2-34 Beoordeling beschermde soorten

Aanleg/ gebruiksfase	Alternatief 1 – Individueel lucht	Alternatief 2 – Individueel Bodem	Alternatief 3 – MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 – MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 – (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 – (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Aanlegfase	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-
Gebruiksfase	0	0	0	0/-	0/-	-

2.7.3.8 Onderscheid buurttypen (natuur en biodiversiteit)

Er is geen onderscheid te maken naar de verschillende buurttypen.

2.7.3.9 Locatiespecifieke effecten (natuur en biodiversiteit)

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. In voorliggende paragraaf is de situatie in (<Vul naam gemeente in>) beschreven en ingegaan op waar verblijfsplaatsen van vleermuizen, gierzwaluw en huismus (<Vul eventueel andere beschermde soorten toe>) zijn aangetroffen.

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. Dit betekent ook dat, ondanks dat er zoals in onderstaand figuur geen beschermde vogels of vleermuizen aanwezig zijn, altijd onderzoek gedaan moet worden.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

2.7.3.10 Mitigerende maatregelen (beschermde soorten)

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

- Het opstellen van een Soorten Management Plan (SMP). In een SMP worden kaders geboden aan beschreven die tijdens het verduurzamen van gebouwen uitgevoerd kunnen worden. Voor deze werkzaamheden geldt dat deze natuurvriendelijk en natuur inclusief moeten worden uitgevoerd. Zo is het verplicht om vooraf aan het isoleren van gebouwen een vergunning te hebben en vooraf aan het broedseizoen vervangende nestkasten te plaatsen.
- Zorg ervoor dat de locatiekeuze van alternatieven niet op plekken terechtkomen waar beschermde soorten voorkomen.
- Tijdens de aanlegfase kan rekening gehouden worden met gevoelige periodes van beschermde soorten. Zo kan er buiten deze gevoelige periodes gewerkt worden, door:
 - o Buiten broedseizoen te werken;
 - o Enkel overdag te werken: zo kan het geluid en trillingen van de werkzaamheden opgaan in de dagelijkse geluidshoeveelheid.
 - o Het plaatsen van alternatieve nestkasten (in de juiste periode voor de betreffende diersoort)

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. Dit betekent ook dat, ondanks dat er zoals in onderstaand figuur geen beschermde vogels of vleermuizen aanwezig zijn, altijd onderzoek gedaan moet worden.

2.7.4 Effectbeschrijving (beschermde natuurgebieden)

De werkzaamheden voor de aanleg van de warmte-infrastructuur kunnen verstoringseffecten hebben op beschermde natuurgebieden als Natura 2000-gebieden en NNN-gebieden. Geluidseffecten en trillingen kunnen het gedrag van dieren veranderen, door het verstoren van vogels in het broedseizoen, verstoring van migratieroutes en over het algemeen kan het leiden tot een verhoogd stressniveau. Deze verstoringen kunnen de biodiversiteit verminderen en de ecologische kwaliteit van het beschermde natuurgebied aantasten. Onderstaand worden per alternatief de effecten beschreven op de beschermde gebieden.

Omdat aanleg van warmtenetten of andere voorzieningen 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.

Natura 2000

Natura 2000 is een Europees netwerk van beschermde gebieden waar bepaalde dieren, planten en hun natuurlijke leefomgeving beschermd worden om de biodiversiteit te behouden. De werkzaamheden in de aanlegfase kunnen verstoringseffecten met zich meenemen welke impact hebben op de instandhoudingsdoelstellingen van beschermde gebieden.

Zie gebruikshandleiding

Stikstofdepositie op Natura 2000-gebied wordt apart beschouwd in paragraaf 2.7.5.

Natuurnetwerk Nederland

Het natuurnetwerk is een netwerk van gebieden in Nederland waar de natuur voorrang heeft. Het netwerk helpt voorkomen dat planten en dieren in geïsoleerde gebieden uitsterven en natuurgebieden hun waarde verliezen. Grotere natuurgebieden zijn gunstig voor de biodiversiteit en de kwaliteit van de leefomgeving. Als natuurgebieden ook nog met elkaar verbonden zijn, kunnen dieren en planten gemakkelijker overleven. In het NNN-gebieden kunnen mogelijk verstoringseffecten plaatsvinden als gevolg van de werkzaamheden. In deze paragraaf worden de effecten per alternatief verder toegelicht.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

2.7.4.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Aanlegfase

De werkzaamheden bij alternatief 1 veroorzaken geen toename van geluid en er worden ook geen trilling effecten verwacht. Dit betekent dat er geen verstoringseffecten op beschermde gebieden verwacht worden bij dit alternatief.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 1.

Alternatief 1 geen effect heeft op beschermde gebieden en wordt daarmee neutraal beoordeeld.

2.7.4.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Aanlegfase

In de aanleg van individuele bodemwarmtepompen wordt verwacht dat er lichte toename van geluid en trillingen plaatsvindt als gevolg van de werkzaamheden. Deze kunnen de natuur in beschermde gebieden verstoren. Hierom wordt alternatief 2 licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 2.

De aanleg van alternatief 2 brengt lichte geluids- en trilling effecten met zich mee, welke een impact kunnen hebben op de natuur in NNN- en Natura 2000-gebieden. Dit zorgt dus voor licht negatieve effecten op beschermde gebieden.

2.7.4.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

Aanlegfase

De lichte geluidshinder en trilling effecten als gevolg van de aanleg van een MT geothermie/ warmtenet kunnen verstoringseffecten veroorzaken in NNN-gebieden die binnen de gemeente liggen wanneer de werkzaamheden nabij plaatsvinden.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 3.

Alternatief 3 brengt geluidseffecten en trillingen met zich mee waardoor het mogelijk verstoringseffecten heeft op beschermde gebieden en dus licht negatief scoort.

2.7.4.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

Aanlegfase

De lichte geluidshinder en trilling effecten als gevolg van de aanleg van een MT restwarmte/ warmtenet kunnen verstoringseffecten veroorzaken op natuur in NNN- en Natura 2000-gebieden nabij de werkzaamheden die plaatsvinden.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 4.

Alternatief 4 brengt geluidseffecten en trillingen met zich mee waardoor het mogelijk verstoringseffecten heeft op beschermde gebieden en dus licht negatief scoort.

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

Aanlegfase

Bij de aanleg van alternatief 5 - (Z)LT bron/ collectief opwaarderen komt relatief veel geluidshinder kijken. Daarnaast brengen de werkzaamheden trillingen met zich mee. De toename van geluid en trillingen kunnen voor verstoring van natuur zorgen in de NNN- en Natura 2000-gebieden nabij de werkzaamheden.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 5.

Als gevolg van dit alternatief zijn er in de aanlegfase effecten van geluid en in beperktere mate trillingen, dit verstoort mogelijk de natuur in beschermde gebieden waardoor dit alternatief licht negatief scoort.

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

Aanlegfase

Bij de aanleg van alternatief 6 - (Z)LT bron/ individueel opwaarderen komt relatief veel geluidshinder kijken. Daarnaast brengen de werkzaamheden trillingen met zich mee. De toename van geluid en trillingen kunnen voor verstoring van natuur zorgen in de NNN- en Natura 2000-gebieden nabij de werkzaamheden.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 6.

Als gevolg van dit alternatief zijn er in de aanlegfase effecten van geluid en in beperktere mate trillingen, dit verstoort mogelijk de natuur in beschermde gebieden waardoor dit alternatief licht negatief scoort.

2.7.4.7 Effectbeoordeling (beschermde gebieden)

Bovenstaande effectbeschrijving resulteert in de volgende effectbeoordeling.

2-35 Beoordeling beschermde gebieden

Aanleg/ gebruiksfase	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

2.7.4.8 Onderscheid buurttypen (beschermde natuurgebieden)

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

2.7.4.9 Locatie specifieke effecten (beschermde natuurgebieden)

Bij de alternatieven 2 tot en met 6 wordt een licht negatief effect op beschermde gebieden verwacht. Verwacht wordt dat een toename in verstoring op natuurgebieden door geluid en trillingen optreedt bij werkzaamheden in de nabijheid. Dit betekent dat er in (<Vul naam gemeente in>) aandacht besteed moet worden aan buurten nabij NNN- en

Natura 2000-gebieden om zo verstoringseffecten te beperken. Dit betreft de buurten (refereer naar betreffende figuur). Deze buurten grenzen aan- of overlappen met NNN- of Natura 2000-gebied, voor deze buurten wordt het effect van licht negatief naar negatief bijgesteld.

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

2.7.4.10 Mitigerende maatregelen (beschermde natuurgebieden)

In bovenstaande buurten kunnen mitigerende maatregelen genomen worden door zo veel mogelijk de geluid- en trillinghinder te beperken tijdens de werkzaamheden. Dit kan gedaan worden door:

- Werkzaamheden kunnen overdag uitgevoerd worden om verstoring gedurende de nacht te beperken en er van eventuele lichthinder geen sprake is.
- Daarnaast kan er buiten kwetsbare periodes zoals het broed-, migratie- of voortplantingsseizoen gewerkt worden om verstoring te beperken.

2.7.5 Effectbeschrijving (stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden)

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 habitatype, 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.

Zie gebruikshandleiding

2.7.5.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Aanlegfase

Voor de aanleg van individuele luchtwarmtepompen zijn er geen werkzaamheden die in het kader van stikstofdepositie beschouwd worden. Een effect is uitgesloten.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 1.

2.7.5.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Aanlegfase

Voor de aanleg van individuele bodemwarmtepompen is een eventueel depositie-effect, maar dit is altijd kleiner dan bij aanleg van een warmtenet. Een effect voor alternatief 2 is daarom uitgesloten.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 5.

2.7.5.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

Aanlegfase

Bij de aanleg van een warmtenet is sprake van werkzaamheden die kunnen leiden tot een toename van stikstofdepositie. Dit kan, afhankelijk van de locatie, leiden tot stikstofdepositie in Natura 2000-gebied. Alternatief 3 heeft daarom een licht negatief effect op stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 3.

2.7.5.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

Aanlegfase

Bij de aanleg van een warmtenet is sprake van werkzaamheden die kunnen leiden tot een toename van stikstofdepositie. Dit kan, afhankelijk van de locatie, leiden tot stikstofdepositie in Natura 2000-gebied. Alternatief 4 heeft daarom een licht negatief effect op stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 2.

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

Aanlegfase

Bij de aanleg van een warmtenet is sprake van werkzaamheden die kunnen leiden tot een toename van stikstofdepositie. Dit kan, afhankelijk van de locatie, leiden tot stikstofdepositie in Natura 2000-gebied. Alternatief 5 heeft daarom een licht negatief effect op stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 5.

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

Aanlegfase

Bij de aanleg van een warmtenet is sprake van werkzaamheden die kunnen leiden tot een toename van stikstofdepositie. Dit kan, afhankelijk van de locatie, leiden tot stikstofdepositie in Natura 2000-gebied. Alternatief 6 heeft daarom een licht negatief effect op stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 6.

2.7.5.7 Effectbeoordeling (stikstofdepositie)

In onderstaande tabel is de eindbeoordeling van het aspect stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden weergegeven.

Tabel 2-36 Effectbeoordeling stikstofdepositie

Aanleg/ gebruiksfas	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-

2.7.5.8 Onderscheid buurttypen (stikstofdepositie Natura 2000-gebieden)

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

2.7.5.9 Locatiespecifieke effecten (stikstofdepositie Natura 2000-gebieden)

Depositie van stikstof is het grootst binnen 500 meter van de bron. **Zie gebruikshandleiding.**

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

2.7.5.10 Mitigerende maatregelen (stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden)

Om de effecten door middel van stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden te verminderen kunnen maatregelen worden getroffen. Mogelijkheden zijn:

- Elektrisch bemalen geen overmatige stikstofdepositie op de omliggende gebieden te hebben. Elektrisch materieel inzetten is dus een mogelijke mitigerende maatregel.:
 - Kijken naar de mogelijkheden voor mechanische boringen in plaats van open ontgravingen
 - Of een beperking van het bouwverkeer door fasering en logistieke optimalisatie.

De detailuitwerking zal moeten plaatsvinden in de uitvoeringsplannen van het Warmteprogramma.

2.7.6 Effectbeschrijving (oppervlaktewater)

Voor het thema oppervlaktewater is gekeken naar de thermische effecten op waterleven. Energie kan worden gehaald worden uit oppervlaktewater. Dit wordt ook wel Thermische Energie uit Oppervlaktewater (TEO) genoemd. Hierbij wordt warmte uit het water gewonnen en als nodig opgewaardeerd naar de juiste temperatuur bij de te leveren locatie. De effecten die beschreven zijn gelden enkel voor open systemen, omdat in dit geval water wordt onttrokken uit het oppervlaktewater en later weer geloosd wordt. Bij gesloten systemen wordt geen water onttrokken en geloosd, maar kunnen wel temperatuurverschillen ontstaan. Deze gesloten systemen zijn over het algemeen kleiner dan open systemen. Water dat gewonnen wordt om warmte uit te onttrekken wordt na levering geloosd in dezelfde waterbron. Omdat er warmte uit het water gewonnen wordt, is dit water kouder dan voor het winnen van het water³². Dit betekent dat de temperatuur van het oppervlaktewater op de plek van de uitlaat van het TEO systeem wordt verlaagd. Dit kan effecten veroorzaken op de macrofauna in oppervlaktewateren.

Omdat de effecten optreden bij het gebruiken van de installaties zijn de milieueffecten in beeld gebracht tijdens de gebruiksfasen. Daarnaast maakt enkel alternatief 6 van een TEO-installatie. De overige alternatieven hebben geen invloed op het waterleven en zijn daardoor ook neutraal beoordeeld.

Koudepluim

Door het lozen van het afgekoelde water in hetzelfde wateroppervlak, kunnen er lokale temperatuurdalingen ontstaan. Over het algemeen wordt gesteld dat de temperatuurdaling maximaal 6°C betreft, maar ook dit is

³² Deltares. Thermische energie uit oppervlaktewater (2023).

afhankelijk van het seizoen (in de zomer kan bijvoorbeeld een hogere temperatuurdaling worden gehanteerd dan in de lente, omdat de watertemperatuur in de zomer hoger is). Kanttekening daarbij is dat dit is gebaseerd op modelberekening en niet op metingen in bestaande oppervlaktewateren met TEO-installaties.

De kans dat macrofauna direct zal sterven door een aantal graden temperatuurverlaging is onwaarschijnlijk, wel zal er een mogelijk effect zijn op de activiteiten van macrofauna en daarmee op langere termijn zorgen voor verzwakking van het ecosysteem. Hetzelfde geldt voor eventuele vegetatietypen die aanwezig kunnen zijn. Met name aan het begin van het seizoen kan een aantal graden temperatuurverschil wel van invloed zijn op de ontwikkeling³³. Op het moment dat een TEO-installatie in mei t/m september wordt ingezet, vanwege de effectieve warmtepotentie van de bron, zijn deze effecten te mitigeren.

Tegelijkertijd kunnen ook er ook positieve effecten bestaan vanwege de terugvoer van het water. Zo kan de lozing de doorstroming bevorderen en daarmee het zuurstofgehalte verhogen. Dit heeft dan weer een potentieel positief effect op macrofauna en aquatische vegetatie. Ook kan de temperatuurverlaging bijdragen aan een kleinere kans op algengroei. Met name vanwege de zomers met hogere temperaturen vanwege klimaatveranderingen is algengroei een gevolg dat steeds vaker voorkomt, en negatieve effecten hebben op de biologische activiteit in het water.

Filtering

Een ander effect dat kan optreden is de sterfte van zoöplankton, vislarven, planktivore en juveniele vis. Dit effect kan ontstaan door inzuiging in de TEO-installatie. Dit effect is niet meegenomen in de effectbeoordeling omdat het ligt aan de wijze waarop de capaciteit van de TEO-installatie is ingeregeld en wat voor filter wordt toegepast. Tegelijkertijd is er ook nog veel onduidelijk in hoeverre dit een langdurig effect heeft op het totale ecosysteem in het desbetreffende oppervlaktewater. Desalniettemin is het een aandachtspunt dat meegenomen moet worden in de uitvoering van de aanpak naar aardgasvrij.

2.7.6.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Er zijn geen effecten te verwachten ten opzichte van de referentiesituatie, omdat het alternatief geen gebruik maakt van aquathermie bronnen en is neutraal beoordeeld.

2.7.6.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Er zijn geen effecten te verwachten ten opzichte van de referentiesituatie, omdat het alternatief geen gebruik maakt van aquathermie bronnen en is neutraal beoordeeld.

2.7.6.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

Er zijn geen effecten te verwachten ten opzichte van de referentiesituatie, omdat het alternatief geen gebruik maakt van aquathermie bronnen en is neutraal beoordeeld.

2.7.6.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

Er zijn geen effecten te verwachten ten opzichte van de referentiesituatie, omdat het alternatief geen gebruik maakt van aquathermie bronnen en is neutraal beoordeeld.

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

Het alternatief kan gebruik maken van een aquathermie-bron waarbij een TEO installatie wordt gebruikt. Mogelijk heeft de installatie negatieve effecten op het waterleven door middel van filtering en de koudepluim. Hierdoor zijn licht negatieve effecten te verwachten ten opzichte van de referentiesituatie in de gebruiksfase.

³³ TAUW. Ecologische impact TEO, second opinion (2024).

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

Er zijn geen effecten te verwachten ten opzichte van de referentiesituatie, omdat het alternatief geen gebruik maakt van aquathermie bronnen en is neutraal beoordeeld.

2.7.6.7 Effectbeoordeling (oppervlaktewater)

Bovenstaande effectbeschrijving resulteert in de volgende effectbeoordeling.

Tabel 2-37 Beoordeling oppervlaktewater

Aanleg/ gebruiksfase	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Gebruiksfase	0	0	0	0	0/-	0

2.7.6.8 Onderscheid buurttypen (oppervlaktewater)

Er is geen onderscheid naar buurttypen te maken met betrekking tot oppervlaktewater.

2.7.6.9 Locatiespecifieke effecten (oppervlaktewater)

Zie gebruikshandleiding

De impact van de koudepluim van de TEO-installatie hangt samen met verschillende factoren. In hoeverre er negatieve effecten ontstaan op de biologische activiteit zijn met name de doorstroming van het oppervlaktewater, de diepte, het volume en van de verwachte biologische activiteit en kwaliteit van het water.

In onderstaande figuur is het resultaat weergegeven in hoeverre er een groot, middelhoog of laag risico te verwachten valt, op basis van de grootte, doorstroming, ecologische kwaliteit en diepte. Zo hebben wateren die ondiep zijn en geen goede doorstroming hebben, een groter risico op negatieve effecten op de ecologische activiteit.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

2.7.6.10 Mitigerende maatregelen (oppervlaktewater)

In de gebruiksfase is de kans op negatieve milieueffecten bij de inzet van aquathermie bij kleinere en ondiepe wateren. Mogelijkheden om deze effecten te mitigeren zijn:

- TEO-installaties te plaatsen bij wateren met een groter en dieper oppervlakte en waar veel doorstroming bestaat, zodat effecten op het waterleven door de koudepluim gemitigeerd wordt.
- Bij de uitvoering van het plaatsen van installaties rekening te houden met macrofauna-vriendelijke filters zodat inzuigen beperkt wordt.

2.8 Verkeer

Het thema verkeer gaat over de mate van verkeershinder voor gemotoriseerd verkeer, fietsers en voetgangers. Verkeershinder zijn omstandigheden die hinderlijk zijn voor het verkeer tijdens verplaatsingen, veroorzaakt door bijvoorbeeld verkeersdrukte, werkzaamheden of het weer. Verkeershinder kan worden ervaren tijdens de vervoersbewegingen. Verkeershinder vindt plaats in de aanlegfase, wanneer werkzaamheden voor de aanleg van een alternatief. Onder verkeershinder wordt beschreven wat de impact op de doorstroom op de openbare weg is, afhankelijk van de verschillende werkzaamheden noodzakelijk per alternatief. Voor de

beoordeling van het effect op verkeershinder is enkel gekeken naar de aanleg direct noodzakelijk voor de alternatieven, eventuele versterking van het elektriciteitsnet en onderhoud in de latere fases zijn niet meegenomen in de beoordeling.

Tabel 2-38 Beoordelingskader verkeer

Thema	Aspect	Indicator	Aanleg- en/of gebruiksfase
Verkeer	Verkeershinder	Mate van verkeershinder voor gemotoriseerd verkeer, fietsers en voetgangers	Aanlegfase

2.8.1 Beleidskader (verkeer)

Tabel 2-39 Beleidskader verkeershinder

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
Nationaal beleid	
Omgevingswet (2024)	In de Omgevingswet is een veilige en gezonde fysieke leefomgeving één van de maatschappelijke doelen. Overheden nemen hierdoor ook verkeersveiligheid bij het uitoefenen van taken en bevoegdheden mee in de afwegingen. Zo zal verkeersveiligheid voor een gemeente een rol spelen bij het evenwichtig toedelen van functies aan locaties in het omgevingsplan.
Strategisch Plan Verkeersveiligheid 2030 (2018)	Dit plan bevat de basis voor het te voeren verkeersveiligheidsbeleid voor gemeenten, provincies en waterschappen. Door het in kaart brengen van risico's en vervolgens maatregelen te nemen om de grootste risico's te verminderen wordt de verkeersveiligheid vergroot. Hierbij wordt ingezet op vijf kernelementen: • Meer structurele aandacht voor verkeersveiligheid; • Meer verbondenheid en samenwerking tussen overheden en maatschappelijke organisaties; • Risico-gestuurd beleid door analyse van de grootste risico's; • Bevorderen van integraal verkeersveiligheidsbeleid; • Monitoren en bijsturen van de uitvoering in overleg.
Provinciaal beleid	
Gemeentelijk beleid	

Zie gebruikshandleiding

2.8.2 Referentiesituatie (verkeershinder)

Zie gebruikshandleiding

2.8.3 Effectbeschrijving (verkeershinder)

In onderstaande paragrafen worden de werkzaamheden aan de onderdelen van de alternatieven (zie ook de beschrijving per onderdeel en alternatief in bijlage 4) die verkeershinder kunnen veroorzaken verder uitgewerkt en beoordeeld.

2.8.3.1 Alternatief 1 – individueel lucht

Aanlegfase

Voor alternatief 1 moet een individuele lucht warmtepomp geïnstalleerd worden voor iedere woning of gebouw. Hierbij wordt vrijwel geen verkeershinder gecreëerd op de openbare weg, enkel de aanwezigheid van werkbusjes in de straat op het moment van plaatsen van de lucht warmtepompunit.

Een individuele luchtwarmtepomp gebruikt elektriciteit om warmte uit de buitenlucht te onttrekken. Bij dit alternatief moet het elektriciteitsnet mogelijk worden verzwaaard, waarbij nieuwe of extra elektriciteitskabels en transformatorhuisjes aangelegd worden. Voor elektriciteitskabels wordt een open gleuf methode toegepast, waardoor het werkterrein relatief smal is. Omdat het werkterrein en de gleuf smaller zijn, is het bij de aanleg

(of vervanging) van elektriciteitskabels zelden nodig om een gehele straat af te sluiten, en zal er daarom zeer beperkte verkeershinder zijn. Daarom wordt dit alternatief als neutraal beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 1.

2.8.3.2 Alternatief 2 – individueel bodem

Aanlegfase

Voor een individuele bodem warmtepomp wordt bij iedere woning of gebouw een bodemlus aangelegd (GBES). De individuele bodemlus wordt geplaatst op privéterrein, maar werkzaamheden of machinerij voor het boren van de bodemlus kunnen overlopen op de openbare weg afhankelijk van grote van privéterrein. De duur van het boren van één bodemlus is afhankelijk van het ingezette materieel, de diepte van de boring en de techniek. Gemiddeld is de duur van een halve dag tot een aantal dagen.³⁴ Als iedere bodemlus aanleg lijdt tot een gedeeltelijke blokkade van de straat leidt dit tot enige verkeershinder. Naast de bodemlus is er geen infrastructuur noodzakelijk. Net als een lucht warmtepomp gebruikt een bodem warmtepomp elektriciteit om te functioneren, daarom moet mogelijk het elektriciteitsnet verzwaaard worden. Vanwege de mogelijke maar beperkte verkeershinder wordt alternatief 2 licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 2.

2.8.3.3 Alternatief 3 – MT Geothermie/warmtenet

Aanlegfase

Alternatief 3 bestaat uit een aantal componenten: de geothermische bron, het warmtenet met bijbehorende installaties (leidingen en warmteoverdrachtstations), en een warmtecentrale met een groen gasgestookte piek/back-up voorziening. Er is geen verzwaring van het elektriciteitsnet noodzakelijk.

Het aanleggen van een geothermiebron is een omvangrijk proces, dat enkele weken tot maanden kan duren. De locatie van een geothermische bron is geen openbaar gebied, maar een afgesloten terrein om veiligheid te waarborgen. Tijdens de aanleg is er meer ruimte nodig dan tijdens de gebruiksfase, waardoor tijdelijk werkzaamheden op de openbare weg kunnen plaatsvinden. In dat geval is die weg niet toegankelijk. Wanneer dit het geval is, beperkt de verkeershinder zich tot de locatie van de geothermie werkzaamheden.

De benodigde werkzaamheden bij de aanleg van het warmtenet en bijbehorende installatie vinden grotendeels plaats op de openbare weg. De leidingen van een warmtenet worden normaliter via een open ontgraving aangelegd, waarbij de straat (deels) worden opgelegd. Warmteoverdrachtstations en warmtecentrales zullen niet op de openbare weg geplaatst worden, maar gedurende de aanlegwerkzaamheden kan het werkterrein overlopen tot de openbare weg. Dit kan toch tot verkeershinder leiden. Gedurende de werkzaamheden wordt het normale verkeer behoorlijk gehinderd.

Ter ondersteuning van de geothermiebron wordt een warmtecentrale met groen gasgestookte back-up installatie aangelegd. Deze installatie bestaat uit een piek/back-upinstallatie verbonden met leidingen aan het MT warmtenet en de geothermiecentrale. De piek/back-upinstallatie kan ook gecombineerd worden met de geothermiecentrale, hierdoor beperken de aanlegwerkzaamheden zich tot een kleiner aantal locaties. Werkzaamheden bestaan uit het aanleggen van de onderdelen. Het aantal benodigde piek/back-upinstallaties is afhankelijk van de piek warmtevraag en de potentie van de geothermiebron.

De werkzaamheden voor het warmtenet zijn maatgevend voor de effectbeoordeling van alternatief 3, omdat deze op buurniveau plaatsvinden. Alternatief 3 wordt negatief beoordeeld.

³⁴ Handreiking VTH Gesloten bodemenergie (2024) door Interbestuurlijk programma versterking VTH: <https://www.omgevingsdienst.nl/wp-content/uploads/2025/04/handreiking-VTH-gesloten-bodemenergie.pdf>

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 3.

2.8.3.4 Alternatief 4 – MT Restwarmte/warmtenet

Aanlegfase

Alternatief 4 is een MT warmtenet bestaande uit verschillende leidingen en installaties zoals warmteoverdrachtstations, een warmtecentrale, en mogelijk een HTO/MTO warmtebuffer. De benodigde werkzaamheden bij de aanleg van het warmtenet en installatie vinden grotendeels plaats op de openbare weg. De leidingen van een warmtenet worden normaliter aangelegd met een open ontgraving techniek, waarbij de straat (deels) wordt opengelegd. Warmteoverdrachtstations, warmtecentrales en warmtebuffers zullen niet op de openbare weg geplaatst worden, maar gedurende de aanlegwerkzaamheden kan het werkterrein overlopen tot de openbare weg. Dit kan tot verkeershinder leiden. Gedurende de werkzaamheden wordt het normale verkeer behoorlijk gehinderd of omgeleid.

Ter ondersteuning van de restwarmtebron(nen) wordt een warmtecentrale met groen gasgestookte back-up installatie aangelegd. Deze installatie bestaat uit een piek/back-upinstallatie verbonden met leidingen aan het MT warmtenet en de restwarmtebron(nen). Werkzaamheden bestaan uit het aanleggen van de onderdelen. Het aantal benodigde piek/back-upinstallaties is afhankelijk van de piek warmtevraag en de potentie van de restwarmtebron. Hierbij is het mogelijk om de locatie van de warmtecentrale met piek/back-upinstallatie strategisch te plaatsen en kan dit ook buiten de wijk, waardoor het risico op verkeershinder minder is.

Om restwarmte te gebruiken moet een installatie geplaatst worden nabij een restwarmtebron, die de warmte naar de buurt transporteert. Deze werkzaamheden zijn beperkt en liggen naar verwachting buiten bebouwd gebied, waardoor de verkeershinder beperkt zal zijn. De aanlegwerkzaamheden voor het warmtenet zijn maatgevend voor de beoordeling van dit alternatief, daarom wordt alternatief 4 als negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 4.

2.8.3.5 Alternatief 5 – (Z)LT bron/collectief opwaarderen

Aanlegfase

Alternatief 5 bestaat uit verschillende componenten: een restwarmtebron, een WKO-doubling in een wijkcentrale (met bufferfunctie) en een (Z)LT warmtenet. Het elektriciteitsnet moet niet verzwakt worden voor alternatief 5. De benodigde werkzaamheden bij de aanleg van het warmtenet en installatie vinden grotendeels plaats op de openbare weg. De leidingen van een warmtenet worden normaliter aangelegd met een open ontgraving techniek, waarbij de straat (deels) wordt opengelegd. Warmteoverdrachtstations, warmtecentrales en warmtebuffers zullen niet op de openbare weg geplaatst worden, maar gedurende de aanlegwerkzaamheden kan het werkterrein overlopen tot de openbare weg. Dit kan tot verkeershinder leiden. Gedurende de werkzaamheden wordt het normale verkeer behoorlijk gehinderd of omgeleid.

Om restwarmte te gebruiken moet een installatie geplaatst worden nabij een restwarmtebron, die de warmte naar de buurt transporteert. Deze werkzaamheden zijn beperkt en liggen naar verwachting buiten bebouwd gebied, waardoor de verkeershinder beperkt zal zijn. Daarnaast moet een de WKO-doubling worden aangelegd, afhankelijk van de locatie van het WKO-doubling leidt dit tot mogelijke verkeershinder. Omdat het een lage temperatuur warmte betreft, zal het collectief opwaarderen van deze warmte voor ruimverwarming of tapwaterverwarming tot een grotere elektriciteitsvraag leiden. De kans is dus groter dat voor een (Z)LT warmtenet het elektriciteitsnet verzwakt moet worden. Ook zullen er in de buurt werkzaamheden aan de andere infrastructuuronderdelen moeten worden uitgevoerd, waarbij soms ook extra ruimte nodig is voor een werkterrein. Deze werkzaamheden zullen voor een deel op de openbare weg worden uitgevoerd. Eventuele werkterreinen rondom de installaties nemen eveneens een deel van de ruimte van de openbare weg in beslag maar zullen lokaal en beperkt zijn. De impact van deze lokale verkeershinder wordt als minder maatgevend beoordeeld in vergelijking met de aanleg van het warmtenet. Daarom wordt alternatief 5 als negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 5.

2.8.3.6 Alternatief 6 – (Z)LT bron/individueel opwaarderen

Aanlegfase

Alternatief 6 bestaat uit een warmtebron (restwarmte of aquathermie), (Z)LT warmtenet, een wijkcentrale en een luchtwarmtepomp per woning. Verder zijn er verschillende WKO-buffers onderdeel van dit alternatief en moet het elektriciteitsnet worden opgewaardeerd. De benodigde werkzaamheden bij de aanleg van het warmtenet en installatie vinden grotendeels plaats op de openbare weg. De leidingen van een warmtenet worden normaliter aangelegd met een open ontgraving techniek, waarbij de straat (deels) wordt opengelegd. Wijkcentrales en WKO-buffers worden niet op de openbare weg geplaatst, maar gedurende de aanlegwerkzaamheden kan het werkterrein overlopen tot de openbare weg. Dit kan tot verkeershinder leiden. Gedurende de werkzaamheden wordt het normale verkeer behoorlijk gehinderd of omgeleid.

Voor alternatief 6 zijn verschillende warmtebronnen denkbaar: restwarmte of aquathermie. De aanleg voor beide bronnen komt overeen, bij de warmtebron moet een installatie geplaatst worden om de warmte op te vangen en in het warmtenet in te brengen. De werkzaamheden hiervoor zijn beperkt en liggen naar verwachting buiten bebouwd gebied of binnen de grenzen van bestaande bedrijven/wateren. Hierdoor is de verkeershinder beperkt.

De warmte uit het (Z)LT warmtenet wordt individueel opgewaardeerd, hiervoor moet bij iedere woning of gebouw een luchtwarmtepomp geïnstalleerd worden. Hierbij wordt in principe geen verkeershinder gecreëerd op de openbare weg, enkel de aanwezigheid van werkbusjes in de straat gedurende het plaatsen van de luchtwarmtepompunits.

Omdat het een lage temperatuur warmte betreft, zal het opwaarderen van deze warmte voor ruimverwarming of tapwaterverwarming tot een grotere elektriciteitsvraag leiden dan bij een warmtenet met hogere temperaturen. De kans is dus groter dat voor een (Z)LT warmtenet het elektriciteitsnet verzaamd moet worden. Ook zullen er in de buurt werkzaamheden aan de andere infrastructuuronderdelen moeten worden uitgevoerd, waarbij soms ook extra ruimte nodig is voor een werkterrein. Deze werkzaamheden zullen voor een deel op de openbare weg worden uitgevoerd. Eventuele werkterreinen rondom de installaties nemen eveneens een deel van de ruimte van de openbare weg in beslag maar zullen lokaal en beperkt zijn. De impact van deze lokale verkeershinder wordt als minder maatgevend beoordeeld in vergelijking met de aanleg van het warmtenet. Daarom wordt alternatief 6 als negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 6.

2.8.3.7 Effectbeoordeling (verkeershinder)

Bovenstaande effectbeschrijving resulteert in de volgende effectbeoordeling.

Tabel 2-40 Effectbeoordeling verkeershinder

Aanleg/ gebruiksfase	Alternatief 1 – Individueel lucht	Alternatief 2 – Individueel Bodem	Alternatief 3 – MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 – MT Restwarmte / warmtenet T	Alternatief 5 – (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 – (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Aanlegfase	0	0/-	-	-	-	-

2.8.3.8 Onderscheiden buurttypen (verkeershinder)

Er zijn drie kenmerken van buurten die impact hebben op de mate waarin verkeershinder plaatsvindt. Omdat het thema verkeershinder kijkt naar de aanlegfase, is het onderscheid enkel relevant in de aanlegfase. De gebruiksfase wordt buiten beschouwing gelaten.

Het risico op verkeershinder door de aanleg van een warmte-infrastructuur is groter in buurten met smalle straten: de *straatbreedte* bepaalt of een straat volledig of slechts gedeeltelijk moet worden afgesloten tijdens werkzaamheden. Straatbreedte is beschreven als een van de onderscheidende kenmerken in bijlage 5. In het geval van middelbrede straten moet een straat soms volledig of deels worden afgesloten. Dit wordt beoordeeld als een middelhoog risico op verkeershinder, zoals weergegeven voor de betreffende buurten in onderstaande figuur. Voor brede straten zal het in de meeste gevallen voldoende zijn om straten gedeeltelijk af te sluiten. Mogelijke risico op verkeershinder wordt daarom voor brede straten als laag beoordeeld. Bij smalle straten zal een volledige blokkade van de straat door werkzaamheden het meeste voorkomen. Deze buurttypen zijn daarom beoordeeld als hoog risico.

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Ten tweede heeft de fijnmazigheid van het wegennet een rol in de mate van verkeershinder. Het onderscheidende kenmerk *aantal meters weg per hectare* is hiervoor maatgevend. In buurten met hoge fijnmazigheid van het wegennet is het waarschijnlijk dat er meer omleidingsmogelijkheden of uitwijkmogelijkheden aanwezig zijn. En andersom ook, wanneer het wegennet minder fijnmazig is hebben (gedeeltelijke) wegafsluitingen een grotere impact omdat er minder omleidingen mogelijk zijn. Buurten met veel meters weg per hectare zijn bestempeld als laag risico, buurten met gemiddelde hoeveelheid meters per hectare als middelhoog risico, en buurten met weinig meters weg per hectare als hoog risico op verkeershinder (zie onderstaande figuur)

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Het laatste relevante, onderscheidende kenmerk is het *aantal WEQs per hectare* (onderstaande figuur). WEQs per hectare geeft de warmtevraag weer van een buurt, waarbij één WEQ gelijkstaat aan één huishouden. WEQs per hectare geeft daarom niet alleen inzicht in de warmtevraag per buurt, maar ook een indicatie van de adressendichtheid in een buurt. Hoe hoger het aantal WEQs per hectare, des te meer warmte-infrastructuur noodzakelijk is om aan de warmte (en koude) vraag te voldoen. Het aantal WEQs per hectare maakt weinig uit voor het aantal leidingen dat gelegd moeten worden voor warmtenetten (uitgangspunt is dat bij een grotere vraag allereerst de diameter van de leiding voor het warmtenet verandert), maar het heeft wel een indicatie van de hoeveelheid overige infrastructuuronderdelen waarvoor werkzaamheden in de buurt moeten worden uitgevoerd, zoals warmteoverdrachtstations of individuele bodemlussen. Ook wonen er simpelweg meer mensen die potentiële verkeershinder kunnen ervaren. Daarom zijn buurten met een hoog aantal WEQs per hectare beoordeeld als hoog risico, buurten met een gemiddeld aantal WEQs per hectare als middelhoog risico, en buurt met een laag aantal WEQs per hectare als laag risico op verkeershinder in onderstaande figuur.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Voor de effectbeoordeling per buurttype zijn voor ieder alternatief de bovenstaande risico's op verkeershinder per buurt afgewogen. Dit resulteert in de gewogen effectbeoordeling voor verkeershinder per buurttype in onderstaande tabel.

Buurttypen historische binnenstad en stedelijk bouwblok hebben wegens smalle straten en de vele verwachte werkzaamheden een negatievere beoordeling gekregen. De beoordeling blijft negatief in plaats van zeer negatief vanwege de tijdelijke aard van de hinder. Buurttypen vooroorlogse woonwijk, volkswijk, hoogbouw en bloemkoolwijk hebben een negatieve beoordeling gekregen voor alternatief 2, gezien de aanwezigheid van minstens één hoog risico of meerdere midden risico scores bij een van de kenmerken van deze buurttypen. Omdat de buurttypen villawijk en bedrijventerrein brede straten hebben zijn deze beoordelingen juist minder negatief beoordeeld.

Tabel 2-41 Effectbeoordeling verkeer

Buurttypen	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Historische binnenstad	0	0/-	-	-	-	-
Vooroorlogse woonwijk	0	-	-	-	-	-
Stedelijk bouwblok	0	0/-	-	-	-	-
Tuindorp	0	0/-	-	-	-	-
Volkswijk	0	-	-	-	-	-
Naoorlogse woonwijk	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Tuinstad laagbouw	0	0/-	-	-	-	-
Tuinstad hoogbouw	0	0/-	-	-	-	-
Hoogbouw	0	-	-	-	-	-
Bloemkoolwijk	0	-	-	-	-	-
Vinexwijk	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Villawijk	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Bedrijventerrein	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-

2.8.3.9 Locatiespecifieke effecten (verkeershinder)

De effectbeoordeling is gedaan op basis van onderscheidende kenmerken per buurttype. In de praktijk zullen er in iedere buurt verkeerssituaties zijn die vragen om maatwerk of mogelijkheden zijn om werkzaamheden samen te laten vallen met andere bouw- of onderhoudsplannen, om zo de verkeershinder te minimaliseren. Meekoppelkansen met reeds geplande werkzaamheden in de bodem bieden een kans om de cumulatieve verkeershinder voor inwoners te verminderen of simpelweg niet te vergroten.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

2.8.3.10 Mitigerende maatregelen (verkeershinder)

De negatieve effecten met betrekking tot verkeershinder kunnen deel gemitigeerd worden. Wanneer werkzaamheden op de openbare straat nodig zijn, bijvoorbeeld voor de aanleg van een warmtenet, kan dit

gepland worden in combinatie met andere werkzaamheden waarvoor het wegdek open moet. Daarnaast helpt duidelijke communicatie met inwoners van de buurten waar de werkzaamheden plaatsvinden over de omvang van de werkzaamheden en mogelijke verhinderingen die ontstaan, bijvoorbeeld afgesloten straten, en welke omwegen er mogelijk zijn.

Zie gebruikshandleiding

2.9 Archeologie en cultuurhistorie

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 worden de milieueffecten van de alternatieven op archeologische waarden in de aanlegfase onderzocht. Cultuurhistorie is de geschiedenis van alles dat door mensen gemaakt is en niet op natuurlijke wijze ontstaan is. Voor het thema cultuurhistorie worden de milieueffecten van de alternatieven in de aanleg- en gebruiksfase onderzocht.

2.9.1 Beleidskader (archeologie en cultuurhistorie)

Tabel 2-42 Beleidskader archeologie en cultuurhistorie

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
Nationaal beleid	
Erfgoedwet (2016)	Bescherming van cultureel erfgoed in Nederland. Het Verdrag van Valletta is daarbij de basis voor de Nederlandse omgang met archeologie. Provincie (<Vul naam van de provincie in>) en (<Vul naam van de gemeente in>) zijn verantwoordelijk voor beleid voor omgang met archeologie.
Besluit activiteiten leefomgeving (2017)	In het Besluit activiteiten leefomgeving stelt het Rijk algemene regels voor activiteiten in de fysieke leefomgeving. Waaronder beperkingen rondom monumenten in aantasting.
Omgevingswet erfgoed (2024)	Met ingang van 1 januari 2024 is de Omgevingswet in werking getreden. Gebieden van cultuurhistorische waarden kunnen op grond van de Omgevingswet worden aangewezen als beschermd stadsgezicht. Beschermd stads- en dorpsgezichten zijn gebieden die van algemeen belang zijn vanwege hun schoonheid, hun onderlinge samenhang of hun wetenschappelijke of cultuurhistorische waarde.
Statement of Outstanding Universal Values (OUV)	Beschrijft het erfgoed en de uitzonderlijke universele waarde daarvan. Dit wordt vastgelegd door UNESCO. Door de OUV worden werelderfgoederen beschermd en mogen niet worden aangetast.
Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl)	In het Besluit bouwwerken leefomgeving staan regels over veiligheid, gezondheid, duurzaamheid en bruikbaarheid van bouwwerken. Daarnaast heeft het Bbl regels over de staat en het gebruik van een bouwwerk. En over het uitvoeren van bouw- en sloopwerkzaamheden. Hierin staan onder andere regels voor erfgoed.
Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl)	In het Besluit kwaliteit leefomgeving staan regels over omgevingswaarden, instructieregels, beoordelingsregels en regels voor monitoring, waaronder regels voor erfgoed. Het Bkl geldt voor het Rijk en decentrale overheden.
Provinciaal beleid	
Gemeentelijk beleid	

Zie gebruikshandleiding

2.9.2 Referentiesituatie (archeologie en cultuurhistorie)

Zie gebruikshandleiding

2.9.3 Effectbeschrijving (archeologie)

De voornaamste effecten met betrekking tot archeologie bestaan uit verstoring in de bodem 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%³⁵ 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 wordt de impact van de alternatieven op de archeologische waarden beschreven en beoordeeld in de aanlegfase.

2.9.3.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Aanlegfase

Alternatief 1 betreft een volledig bovengronds warmtesysteem. Bij de aanleg van een individuele luchtwarmtepomp wordt de bodem niet geroerd. Mogelijk moet voor dit alternatief wel het elektriciteitsnet verzwaaard worden. Dit kan door bestaande elektriciteitskabels te vervangen of nieuwe aan te leggen. Wanneer het elektriciteitsnet wordt verzwaaard moeten er mogelijk ook ander componenten worden geplaatst, zoals transformatorhuisjes. Omdat de effecten beperkt zijn, wordt dit alternatief neutraal beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten voor dit alternatief.

2.9.3.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Aanlegfase

Voor alternatief 2 moet het elektriciteitsnet mogelijk verzwaaard worden, dit kan door bestaande elektriciteitskabels te vervangen of nieuwe aan te leggen. Wanneer het elektriciteitsnet wordt verzwaaard moeten er mogelijk ook ander componenten worden geplaatst, zoals transformatorhuisjes.

Voor de individuele bodemwarmtepomp moet een GBES aangelegd worden, het aanleggen van deze bodemlussen is maatgevend. Het alternatief voorziet met één bodemlus één woning (WEQ) 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. Wanneer in een buurt gekozen wordt voor dit alternatief, moet er dus gerekend worden met minimaal één GBES per woning. Dit kunnen aanzienlijk meer boringen zijn dan andere technieken die aardwarmte benutten. De risico's op aantasting van het archeologisch bodemarchief of andere archeologische waarden is ondanks het verschil in diameter omvang per boring relatief gelijk, zeker wanneer er voor iedere woning een nieuwe boring moet plaatsvinden.

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.

³⁵ 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/>

Vanwege deze mogelijke effecten op de archeologische waarden wordt alternatief 2 negatief beoordeeld.

Gebruiksfas

In de gebruiksfas zijn er geen effecten te verwachten bij dit alternatief.

2.9.3.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

Aanlegfas

Voor alternatief 3 wordt een geothermiebron aangelegd en een MT warmtenet. De geothermiecentrale maakt gebruik van een doublet, met twee boringen van minimaal 500 meter diep. Gezien de omvang van een geothermische bron wordt deze idealiter en naar waarschijnlijkheid aan de rand van de stad geplaatst. Ondanks deze strategische plaatsing bestaat er een risico dat het archeologische bodemarchief wordt aangetast. Maatgevend voor de milieueffecten van dit alternatief zijn de hoeveelheid boringen die moeten worden geplaatst of de locatie waar de boringen plaatsvinden. Voor alternatief 3 is waarschijnlijk slechts één bron nodig (afhankelijk van de warmtevraag en potentie van de geothermiebron), dit maakt monitoring goed mogelijk en beperkt de risico's op aantasting van het archeologisch bodemarchief.

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, aanleg van warmtenetten of een piek/back-upinstallaties, 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 buitengebied, door de hoge mate van verharding. Hierdoor treedt verdroging sneller op.

De mate waarin deze milieueffecten optreden, hangt af van diverse factoren: de archeologische (verwachtings)waarden in het gebied, het aantal boringen en de aard van de werkzaamheden voor aanleg van het warmtenet.

Naast boringen vereist de aanleg van een warmtenet ook nieuwe infrastructuur, zoals leidingen en warmteoverdrachtstations (zie bijlage 4). Deze worden voornamelijk geplaatst in de zogenoemde netwerklaag, direct onder het maaiveld op een diepte van circa 1,5 meter. In deze laag bevinden zich ook bestaande kabels en leidingen voor elektriciteit, water, riool en gas. Omdat de netwerklaag al geroerd is voor huidige infrastructuur zijn er geen extra effecten te verwachten. In gebieden met hoge archeologische verwachtingswaarden kan de aanleg van deze infrastructuur leiden tot verstoring of verlies van archeologische resten.

Ter ondersteuning van de geothermiecentrale wordt ook een groen gasgestookte piek/back-upinstallatie aangelegd. De plaatsing hiervan is in de regel gekoppeld aan de geothermiecentrale. Hoewel het gros hiervan bovengronds plaatsvindt zijn er verbindingen met het MT warmtenet en de geothermiecentrale nodig, deze bestaan uit ondergrondse leidingen. De werkzaamheden beperken zich daarmee tot de netwerklaag en effecten zijn daarmee vergelijkbaar met de effecten van de aanlegwerkzaamheden voor een MT warmtenet.

Op basis van de effectbeschrijving voor het aanleggen van een geothermiecentrale, het MT warmtenet en de groen gasgestookte piek/back-upinstallatie wordt het alternatief licht negatief beoordeeld. Hierin is het aanleggen van de geothermiecentrale maatgevend, gezien de limitering tot activiteiten in de netwerklaag voor de piek/back-upinstallatie en het MT warmtenet.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij dit alternatief.

2.9.3.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

Aanlegfase

Alternatief 4 bestaat uit een MT warmtenet, restwarmtebron en groen gasgestookte piek/back-upinstallatie. Omdat er geen boringen voor aardwarmte nodig zijn, zijn er minder effecten op het archeologische bodemarchief dan bij andere alternatieven met warmtenetten.

Het bodemwater speelt een cruciale rol in het behoud van archeologische resten. Fluctuaties in het grondwaterpeil, veroorzaakt bij het aanleggen van warmtenetten of de piek/back-upinstallatie, 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 buitengebied, door de hoge mate van verharding. Hierdoor treedt verdroging sneller op.

Verder moet voor het warmtenet en de restwarmtebron nieuwe infrastructuur aangelegd worden, zoals leidingen voor een warmtenet of WOS. Deze infrastructuur wordt hoofdzakelijk in de netwerklaag geplaatst. Deze netwerklaag bevindt zich direct onder het bodemoppervlak en is gemiddeld 1,5 meter diep. In deze laag worden elektriciteitskabels en transportleidingen voor water, riool en gas gelegd. Wanneer er hoge archeologische verwachtingswaarden zijn in een buurt is het niet uit te sluiten dat bij het aanleggen van infrastructuur archeologische waarden worden aangetast.

Op basis van bovenstaande effectbeschrijving wordt dit alternatief licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij dit alternatief.

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

Aanlegfase

Alternatief 5 bestaat uit een WKO en (Z)LT warmtenet met installatie voor collectief opwaarderen. Voor een 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 WEQs 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. Maatgevend voor de milieueffecten van dit alternatief zijn de hoeveelheid boringen die moeten worden geplaatst of de locatie waar de boringen plaatsvinden.

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 buitengebied, 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 warmteoverdrachtstations (zie bijlage 4). 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. In gebieden met hoge archeologische verwachtingswaarden kan de aanleg van deze infrastructuur leiden tot verstoring of verlies van archeologische resten.

Door de meerdere benodigde WKO om een buurt van warmte te zien en de beperkte ruimte voor strategische plaatsing wordt alternatief 5 in de aanlegfase negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij dit alternatief.

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

Aanlegfase

Voor alternatief 6 wordt een WKO, (Z)LT warmtenet en hybride warmtepompen aangelegd. Voor een 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 WEQs 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. Maatgevend voor de milieueffecten van dit alternatief zijn de hoeveelheid boringen die moeten worden geplaatst of de locatie waar de boringen plaatsvinden.

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 buitengebied, door de hoge mate van verharding. Hierdoor treedt verdroging sneller op.

Door de meerdere benodigde WKO om een buurt van warmte te zien en de beperkte ruimte voor strategische plaatsing wordt alternatief 6 in de aanlegfase negatief beoordeeld. Hoe meer boringen uitgevoerd worden des te groter het risico dat archeologische (verwachtings)waarden worden aangetast.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij dit alternatief.

2.9.3.7 Effectbeoordeling (archeologie)

De hierboven beschreven effecten leiden tot de volgende effectbeoordeling per alternatief:

Tabel 2-43 Beoordeling archeologie

Aanleg/ gebruiksfase	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Aanlegfase	0	-	0/-	0/-	-	-

2.9.3.8 Onderscheid buurttypen (archeologie)

Archeologie bestaat 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, wat niet aan moderne buurttypologieën te koppelen is. Een uitzondering hiervoor kan worden gemaakt voor het buurttype historische binnenstad. De term 'historische binnenstad' verwijst hier naar de buurt uit de buurttypologie zoals beschreven in Bijlage 5.

In de historische binnenstad is het aannemelijk dat er in de bodem historisch waardevolle restanten te vinden zijn. Het is niet uit te sluiten dat in andere buurttypen historische restanten gevonden worden. Ervan uitgaande dat het aannemelijk is dat er archeologische waarden aanwezig zijn, wordt de beoordeling van de alternatieven 3 en 4 bijgesteld naar negatief voor het buurttype historische binnenstad. Alternatief 2, 5 en 6 blijven negatief.

Zie gebruikshandleiding

Tabel 2-44 Effectbeoordeling archeologie

Buurttypen	Alternatief 1 – Individueel lucht	Alternatief 2 – Individueel Bodem	Alternatief 3 – MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 – MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 – (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 – (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Historische binnenstad	0	-	-	-	-	-
Vooroorlogse woonwijk	0	-	0/-	0/-	-	-
Stedelijk bouwblok	0	-	0/-	0/-	-	-
Tuindorp	0	-	0/-	0/-	-	-
Volkswijk	0	-	0/-	0/-	-	-
Naoorlogse woonwijk	0	-	0/-	0/-	-	-
Tuinstad laagbouw	0	-	0/-	0/-	-	-
Tuinstad hoogbouw	0	-	0/-	0/-	-	-
Hoogbouw	0	-	0/-	0/-	-	-
Bloemkool wijk	0	-	0/-	0/-	-	-
Vinexwijk	0	-	0/-	0/-	-	-
Villawijk	0	-	0/-	0/-	-	-
Bedrijventerrein	0	-	0/-	0/-	-	-

2.9.3.9 Locatiespecifieke effecten (archeologie)

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Bij het kiezen van een passend alternatief, dient de specifieke archeologische situatie van de buurt meegewogen te worden. Niet alleen de aanwezigheid van archeologische verwachtingen speelt hierbij een rol, maar ook de aard en diepte van de geplande ingrepen. In buurten met hoge archeologische waarde kan dit betekenen dat bepaalde alternatieven minder geschikt zijn, of dat aanvullende maatregelen nodig zijn om het bodemarchief te beschermen. Denk hierbij aan het aanpassen van de boorlocatie, het beperken van graafdiepte, of het uitvoeren van archeologisch vooronderzoek. Door archeologie integraal mee te nemen in het afwegingsproces en de uitvoering van werkzaamheden, wordt voorkomen dat waardevolle archeologische informatie verloren gaat.

2.9.3.10 Mitigerende maatregelen (archeologie)

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 inventariserend onderzoek in de verkennende fase.
- 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'.

2.9.4 Effectbeschrijving (cultuurhistorie)

Cultuurhistorie en cultuurhistorisch erfgoed refereren aan specifieke elementen in de leefomgeving die een belangrijke rol spelen in de identiteit en geschiedenis van een gemeenschap, zoals monumentale gebouwen, archeologische monumenten, tuinen en parken, of beschermde stadsgezichten.

Zie gebruikshandleiding

Eerst wordt per alternatief een algemene effectbeoordeling gegeven, deze gaat hoofdzakelijk over de potentiële impact op mogelijk cultuurhistorische elementen. Daarna wordt in paragraaf 9 ingegaan op cultuurhistorische waarden in (<Vul naam van de gemeente in>).

2.9.4.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Aanlegfase

De buitenunit van een individuele luchtwarmtepomp wordt aan de buitenzijde van een woning of gebouw geplaatst. De buitenunit wordt met beugels aan de gevel gemonteerd, op het dak geplaatst of, bij grondgebonden woningen, op de grond in de nabijheid van de woning geïnstalleerd. De bevestiging van de beugels aan de gevel kan, wanneer dit onzorgvuldig gedaan wordt, leiden tot schade aan woningen of gebouwen wanneer er sprake is van een kwetsbaar pand. Ook moet de buitenunit verbonden worden met de binnenunit van de luchtwarmtepomp, hierbij moet een aansluiting gecreëerd worden wat risico op schade aan de binnen- en buitenzijde van de woning kan geven. Omdat er per woning één luchtwarmtepomp noodzakelijk is, leiden de bijkomende risico's tot een licht negatieve beoordeling van alternatief 1.

Gebruiksfase

Het visuele aspect is een waardevol component van cultuurhistorische gebouwen en elementen. Dit kan worden aangetast wanneer er uiterlijke elementen worden toegevoegd, zoals de buitenunit van een luchtwarmtepomp of transformatorhuisjes (noodzakelijk voor verzwaring van het elektriciteitsnet). Aantasting van het uiterlijk aan of bij (bijvoorbeeld) een monumentaal pand wordt gezien als ingrijpend voor de cultuurhistorische waarde, zeker wanneer dit in grote aantallen moet gebeuren. Naast het cultuurhistorische pand is ook de directe omgeving om de cultuurhistorische waarden beschermt en mag niet zomaar aangetast worden.

Voor alternatief 1 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 zijn kunnen aan de buitenzijde van de woning of het gebouw te zien zijn, bijvoorbeeld weggewerkt in een kabelgoot. In gebouwen met meerdere woningen zal dit resulteren in meerdere buitenunits en bekabeling aan de gevel, wat een grote impact heeft op de visuele waarde van een gebouw. Naast de impact op de uiterlijke waarde zullen binnenshuis 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 elementen beschadigd of aangetast worden. In het meest extreme geval zal het om zo een grote aantasting van het gevelbeeld gaan dat de ingreep niet vergunbaar is. Omdat bij iedere woningen (buitenunit) en in de omgeving (transformatorhuisjes) nieuwe elementen worden toegevoegd is er een aanzienlijke impact op cultuurhistorische waarden en is alternatief 1 negatief beoordeeld.

2.9.4.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Aanlegfase

De boringen voor een bodemwarmtepomp wordt ondergronds geplaatst. Bij deze boringen moet rekening worden gehouden met ondergrondse elementen met cultuurhistorische waarden en de funderingen van panden met cultuurhistorische waarde. Voor iedere WEQ wordt tenminste één boring geplaatst. De boringen voor GBES hebben een relatief kleine diameter. Alles afwegende wordt alternatief 2 als licht negatief beoordeeld tijdens de aanlegfase.

Gebruiksfase

Het grootste gedeelte van een bodemwarmtepomp voor alternatief 2 is ondergronds, en daarmee niet het aangezicht van monumenten of andere cultuurhistorische waarden aantast, zijn er wel binnenshuis isolatiemaatregelen nodig om het isolatieniveau tot minimaal schillabel B te maken. Dit kan gedaan worden door isolatiemaatregelen in spouwmuren, dakisolatie of toepassen van dubbele beglazing. Hierbij kunnen cultuurhistorische elementen beschadigd of aangetast worden.

Voor alternatief 2 moet het elektriciteitsnet verzwakt worden, dit betekent meer transformatorhuisjes en elektriciteitskabels. Elektriciteitskabels zijn relatief eenvoudig aan te passen in de netwerklaag. Daarentegen kunnen transformatorhuisjes een negatieve impact kunnen hebben op beschermde stads- en dorpsgezichten. Ook wordt de omgeving van cultuurhistorische elementen mogelijk aangetast. Transformatorhuisjes kunnen wel aangepast worden in de omgeving door het uiterlijk aan te passen aan de bouwstijl van de omringende panden.

Op basis van de hierboven benoemde effecten wordt alternatief 2 als licht negatief beoordeeld.

2.9.4.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

Aanlegfase

Bij de aanlegwerkzaamheden van een MT warmtenet kunnen fundamente van monumenten of andere cultuurhistorische waarden aangetast, door werkzaamheden of door het fluctueren van grondwatervluchten door de geothermiebron. Hierbij is het effect op cultuurhistorische waarden sterk afhankelijk van de aanwezigheid van de cultuurhistorische elementen. Alternatief 3 wordt daarom als licht negatief beoordeeld in de aanlegfase.

Gebruiksfase

Aantasting van het uiterlijk aan of bij een monumentaal pand wordt gezien als ingrijpend voor de cultuurhistorische waarde. Ook het plaatsen van nieuwe elementen in de directe omgeving van een monument moet voldoen aan de instructieregels zoals vastgelegd in het Besluit kwaliteit leefomgeving. Een voorbeeld zou het plaatsen van een warmteoverdrachtstation in een beschermd stadsgezicht zijn.

Voor alternatief 3 moeten er buitenelementen (zoals warmteoverdrachtstations) worden geïntroduceerd in een buurt. Deze 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 hebben. Alternatief 3 is daarom licht negatief beoordeeld.

2.9.4.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

Aanlegfase

Bij de aanlegwerkzaamheden van een MT warmtenet kunnen fundamente van monumenten of andere cultuurhistorische waarden aangetast worden door werkzaamheden of veranderende grondwatervluchten. Hierbij is het effect op cultuurhistorische waarden sterk afhankelijk van de aanwezigheid van de (ondergrondse) cultuurhistorische elementen. Alternatief 4 wordt daarom licht negatief beoordeeld in de aanlegfase.

Gebruiksfase

Aantasting van het uiterlijk aan of bij een monumentaal pand wordt gezien als ingrijpend voor de cultuurhistorische waarde. Ook het plaatsen van nieuwe elementen in de directe omgeving van een monument

moet voldoen aan de instructieregels zoals vastgelegd in het Besluit kwaliteit leefomgeving. Een voorbeeld zou het plaatsen van een warmteoverdrachtstation in een beschermd stadsgezicht zijn.

Het MT warmtenet ligt grotendeels ondergronds met enkele buitenelementen (zoals warmteoverdrachtstations) worden geïntroduceerd in een buurt. Deze 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 hebben. Daarom is alternatief 4 licht negatief beoordeeld.

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

Aanlegfase

Voor alternatief 5 bestaan de effecten in de aanlegfase uit een risico op aantasting van het fundament van monumenten door werkzaamheden of veranderende grondwaterniveaus. Het effect op cultuurhistorische waarden sterk is afhankelijk van de locatie waar deze geplaatst worden. Alternatief 5 wordt daarom licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

Het (Z)LT warmtenet ligt grotendeels ondergronds maar door de komst van 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 hebben. Daarom is alternatief 5 negatief beoordeeld.

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

Aanlegfase

Voor alternatief 6 bestaan de effecten in de aanlegfase uit een risico op aantasting van het fundament van monumenten door werkzaamheden of veranderende grondwaterniveaus. Het effect op cultuurhistorische waarden sterk is afhankelijk van de locatie waar deze geplaatst worden. Alternatief 6 wordt daarom licht negatief beoordeeld.

Gebruiksfase

Het (Z)LT 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, mits het model een buitenunit heeft, kan afdoen aan monumentale panden en beschermde stads- en dorpsgezichten. Hoewel er mogelijkheden zijn om dergelijke elementen gedeeltelijk aan te passen worden aan de bouwstijl van de buurt of ondergronds geplaatst kunnen worden waar mogelijk. Het blijft noodzakelijk om nieuwe visuele elementen te introduceren en zal dit impact hebben. Daarom is alternatief 6 als negatief beoordeeld.

2.9.4.7 Effectbeoordeling (cultuurhistorie)

Bovenstaande effectbeschrijving resulteert in de volgende effectbeoordeling:

Tabel 2-45 Effectbeoordeling cultuurhistorie

gebruiksfase	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Gebruiksfase	-	0/-	0/-	0/-	-	-

2.9.4.8 Onderscheid buurttypen (cultuurhistorie)

Zie gebruikshandleiding

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. Het buurttype dat hierop de uitzondering vormt is de historische binnenstad. De term 'historische binnenstad' verwijst hier naar de buurt uit de buurttypologie zoals beschreven in bijlage 5, hiermee wordt niet geduid op de binnenstad.

De centrale functie van een historische binnenstad betekent dat hier door de geschiedenis heen belangrijke gebeurtenissen zijn geweest en historische bebouwing aanwezig is. Welke monumenten en gebouwen dit zijn, is afhankelijk van de stad of het gebied waarin zij zich bevinden. Naast de historische binnenstad kunnen er daarom in alle buurttypen cultuurhistorische elementen worden gevonden, maar dit moet locatie specifiek worden bekeken.

Bij alternatief 1 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. 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 1 als zeer negatief beoordeeld voor de historische binnenstad in de gebruiksfase. Bij alternatief 6 wordt ook nieuwe warmtepompen geïntroduceerd, omdat deze in tandem met andere warmtebronnen benut worden zijn deze minder omvangrijk dan alternatief 1. De beoordeling van alternatief 6 wordt zeer negatief. Voor de overige buurttypen blijft de effectbeoordeling gelijk.

Tabel 2-46 Effectbeoordeling cultuurhistorie

Buurttypen	Aanleg/ gebruiksfase	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaardere n	Alternatief 6 - Z)LT bron / Individueel opwaardere n
Historische binnenstad	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfase	--	0/-	0/-	0/-	-	--
Vooroorlogse woonwijk	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfase	-	0/-	0/-	0/-	-	-
Stedelijk bouwblok	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfase	-	0/-	0/-	0/-	-	-
Tuindorp	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfase	-	0/-	0/-	0/-	-	-
Volkswijk	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfase	-	0/-	0/-	0/-	-	-
Naoorlogse woonwijk	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfase	-	0/-	0/-	0/-	-	-
Tuinstad laagbouw	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfase	-	0/-	0/-	0/-	-	-
	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

Tuinstad hoogbouw	Gebruiksfas e	-	0/-	0/-	0/-	-	-
Hoogbouw	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfas e	-	0/-	0/-	0/-	-	-
Bloemkoo lwijk	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfas e	-	0/-	0/-	0/-	-	-
Vinexwijk	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfas e	-	0/-	0/-	0/-	-	-
Villawijk	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfas e	-	0/-	0/-	0/-	-	-
Bedrijvent errein	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Gebruiksfas e	-	0/-	0/-	0/-	-	-

2.9.4.9 Locatiespecifieke effecten (cultuurhistorie)

Cultuurhistorisch en -erfgoed zijn container begrippen, waarmee wordt gerefereerd aan elementen in de leefomgeving, zoals monumentale gebouwen, archeologische monumenten, tuinen en parken, of beschermde stadsgezichten.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

In het omgevingsplan is aangegeven welke extra eisen gelden voor deze gebieden. Bijvoorbeeld bij de inrichting van straten of de grootte van gebouwen. Inwoners hebben sneller een vergunning nodig dan in andere buurten wanneer ze iets willen veranderen aan het uiterlijk of de binnenzijde van hun woning. Het isoleren van monumentale panden is bijvoorbeeld vergunningsplichtig.

Voor werelderfgoedlocaties geldt dat de uitzonderlijke universele waarde (OUV) niet mag worden aangetast. Het aanbrengen van infrastructurele elementen in werelderfgoedgebieden is extra complex. Bijvoorbeeld dat ingrepen die deze kernkwaliteiten kunnen schaden, niet zijn toegestaan. Dit is zowel op nationaal niveau vastgelegd in het Besluit activiteiten leefomgeving en het Besluit kwaliteit leefomgeving, als op provinciaal en op gemeentelijk niveau in het tijdelijke omgevingsplan. De toetsing van deze vergunning is maatwerk, waarbij gekeken wordt of cultuurhistorische waarden (potentieel) door de specifieke werkzaamheden kunnen worden aangetast.

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Bij de zoektocht naar een voorkeursalternatief per buurt moet rekening worden gehouden met de unieke cultuurhistorische waarden van (<Vul naam van de gemeente in>). Hiermee zal soms voor een maatwerkoplossing moeten worden gekozen, gezien de potentiële effecten van de alternatieven op de directe omgeving. Ook in voorbereidende stappen, zoals het isoleren en prepareren van locaties, is het noodzakelijk om cultuurhistorische waarden mee te wegen.

2.9.4.10 Mitigerende maatregelen (cultuurhistorie)

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

- De installaties benodigd bij alternatieven 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, 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.

2.10 Materiaalgebruik

Het thema materiaalgebruik gaat in op de verschillende fasen van de circulariteitscyclus in het gebruik van materialen. Dit wordt overkoepelend beschreven onder het aspect materiaalgebruik, waarin een onderscheid gemaakt wordt tussen de verschillende alternatieven in levensduur, naar de op dit moment bekende mogelijkheden tot hergebruik en/of recycling en een kwalitatieve beschrijving van totaal materiaalgebruik per alternatief.

Om de alternatieven niet alleen kwalitatief, maar ook kwantitatief te kunnen beoordelen, wordt gebruik gemaakt van een levenscyclusanalyse (LCA). Een LCA is een methode om de milieu-impact van een product, proces of systeem gedurende de volledige levenscyclus te beoordelen. Hierbij worden alle relevante materiaal- en energiestromen in kaart gebracht, van grondstofwinning tot productie, gebruik, hergebruik/recycling en afvalverwerking.

Tabel 2-47 Beoordelingskader materiaalgebruik

Aspect	Indicator	Aanleg- en/of gebruiksfase
Materiaalgebruik	Levensduur van materiaal, mogelijkheden van hergebruik/recycling en totale hoeveelheid benodigd materiaal	Aanlegfase

2.10.1 Beleidskader (materiaalgebruik)

Tabel 2-48 Beleidskaders circulariteit

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
Nationaal beleid	
Landelijk uitvoeringsprogramma Circulaire Economie 2023-2030 (2023)	Nederland wil in 2050 volledig circulair zijn. De milieueffecten van grondstoffengebruik in een circulaire economie, dus van alle Nederlandse productie en consumptie, vallen dan binnen de 'planetaire' grenzen. Het circulaire-economiebeleid is tot op heden vooral gericht op vrijwilligheid en vrijblijvendheid. Om de ambitie te verwezenlijken zijn meer richtinggevende en dwingende maatregelen nodig. De overheid zet daarom in op een mix van beprijzende, normerende en stimulerende maatregelen. Er zijn vier 'knoppen' waar met circulaire-economiebeleid aan gedraaid kan worden om ons grondstoffengebruik meer circulair te maken: • Vermindering van grondstoffengebruik • Substitutie van grondstoffen • Levensduurverlenging • Hoogwaardige verwerking
Provinciaal beleid	
Gemeentelijk beleid	

Zie gebruikshandleiding

2.10.2 Referentiesituatie (materiaalgebruik)

Het ontwikkelen van een circulaire economie levert een belangrijke bijdrage aan het verminderen van CO₂-uitstoot. Naast het elektriciteitsverbruik vormt de productie van materialen de grootste emissiebron in de levenscyclus van warmteoplossingen. Door grondstoffen slimmer te benutten via recycling, hergebruik en het toepassen van secundaire materialen kan de vraag naar nieuwe grondstoffen worden verlaagd. Dit vermindert niet alleen de milieubelasting van winning en verwerking, maar ook de CO₂-uitstoot die gepaard gaat met productie en transport. Een circulaire aanpak zorgt er bovendien voor dat waardevolle materialen, zoals koper en elektronische componenten, opnieuw worden ingezet in plaats van primair geproduceerd.

Zie gebruikshandleiding

2.10.3 Circulair materiaalgebruik

Circulariteit is een economisch systeem dat gericht is op het verminderen van afval en het verminderen van het gebruik van nieuwe bronnen. Het richt zich op het sluiten van kringlopen door producten, materialen en grondstoffen zo lang mogelijk in gebruik (in de keten) te houden.

Verschillende fasen van de keten in circulariteit:

1. **Ontwerp:** Aan de voorkant van het circulaire proces zit de ontwerpfase. Producten worden ontworpen met het oog op hergebruik, reparatie en recycling. Dit betekent dat materialen en onderdelen zo gekozen en gemaakt worden dat ze eenvoudig opnieuw gebruikt kunnen worden.
2. **Productie:** Tijdens de productie staat efficiëntie van grondstoffen centraal, met een minimale hoeveelheid afval en uitstoot.
3. **Distributie:** Logistieke processen worden geoptimaliseerd om de milieubelasting te verminderen. Dit kan door gebruik te maken van duurzame verpakkingsmaterialen en door transportefficiëntie te verhogen.
4. **Gebruik:** Producten worden zo ontworpen dat ze een lange levensduur hebben en eenvoudig gerepareerd kunnen worden.
5. **Herstel en hergebruik:** Versleten of kapotte producten worden hersteld en hergebruikt. Dit verlengt de levensduur van producten en vermindert de vraag naar nieuwe grondstoffen.
6. **Recycling:** Aan het einde van hun levensduur worden producten en materialen gerecycled. Dit houdt in dat grondstoffen teruggewonnen worden en opnieuw in het productieproces worden gebracht.

De circulaire keten bevat meerdere stappen die van belang zijn om de circulaire economie sluitend te maken. In dit plan-MER wordt enkel gekeken naar de mate van circulair materiaalgebruik. Dit kan zoals bovenstaand genoemd op meerdere vlakken: bij het ontwerp, productie, gebruik, hergebruik en recycling.

Het hergebruiken van leidingen of het hergebruik van Cv-ketels die verwijderd worden ter vervanging van aardgasvrije alternatieven is een optie. Daarom is het van belang om met name te kijken naar het materiaal aan de voorkant van het aanleggen van de alternatieven. Ontwerp, productie en waar het materiaal vandaan komt zijn voor producten met een lange levensduur wellicht nog belangrijker dan het hergebruik van wat nu gebruikt wordt. Er zijn verschillende mogelijkheden om in te zetten op recyclebaar materiaal dat een lange levensduur heeft en na gebruik kan worden gerecycled³⁶.

2.10.4 Effectbeschrijving (totaal materiaalgebruik)

In bijlage 4 zijn de verschillende aardgasvrije alternatieven toegelicht waarbij de benodigde infrastructuur per alternatief is uiteengezet. Dit betreft infrastructuur boven- en ondergronds. De mate van het totale materiaalgebruik hangt af van verschillende factoren: totale lengte/m² aan benodigd materiaal voor de aanleg, de levensduur, in hoeverre gebruik kan worden gemaakt van gerecyclede materialen en of materialen die vervangen worden elders kunnen worden toegepast. Mogelijkheden voor synergiën tussen circulaire economie

³⁶ Warmte 365. *Warmtenetten van duurzaam materiaal*. 6 april 2023.

en andere ruimtelijke opgaven Nederland staat voor veel veranderingen in de ruimtelijke inrichting, zoals de bouw van extra woningen, energie- en warmtetransitie, ruimte voor natuur en klimaatadaptatie en herinrichting van de openbare ruimte. Hier zijn synergiën mogelijk door er bij het plannen van ruimtelijke operaties voor te zorgen dat de inrichting van steden en regio's circulair gedrag van bedrijven en burgers accommodeert en stimuleert. Synergie is ook te behalen als overheden ervoor kiezen om circulariteitsstrategieën toe te passen of te stimuleren in de herstructurering van stedelijk gebied en bouwactiviteiten. Denk aan het materiaalgebruik bij de aanleg van een warmtenet of dijkversterking of aan een circulaire gebiedsontwikkeling, zodat bijvoorbeeld bij de aanleg van een energie neutrale buurt, ook circulaire bouw wordt meegenomen in het ontwerp en materiaalkeuzes.

Koelmiddelen (F-gassen)

Naast materiaalgebruik vormt het gebruik van koelmiddelen een belangrijke bron van emissies. Traditionele F-gassen (fluorkoolwaterstoffen) hebben een zeer hoog Global Warming Potential (GWP) en dragen daardoor sterk bij aan klimaatverandering. In de toekomst zal het gebruik van deze koelmiddelen worden teruggedrongen door strengere regelgeving van de EU en technologische innovaties. Warmtepompen en koelsystemen zullen steeds vaker gebruikmaken van natuurlijke koudemiddelen zoals CO₂, ammoniak of propaan, die een veel lagere klimaatimpact hebben.

Zie gebruikshandleiding

2.10.4.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Materialen

Bij individuele luchtwarmtepompen bestaat het materiaalgebruik voornamelijk uit metalen en elektronische componenten. De grootste bijdrage komt van koperen onderdelen, zoals bedrading, leidingwerk en warmtewisselaars, aangevuld met aluminium en staal voor de behuizing. Daarnaast bevatten de units elektronische componenten en kunststoffen voor isolatie en behuizing. Omdat het om een split-unit gaat, zijn er zowel binnen- als buitenunits nodig, wat het totale materiaalgebruik verhoogt. Er zijn mogelijkheden om waardevolle materialen zoals koper en goud uit elektronische onderdelen deels terug te winnen, wat de netto CO₂-uitstoot enigszins compenseert.

Levensduur

De levensduur van een luchtwarmtepomp bedraagt gemiddeld 15 jaar. Over een periode van 50 jaar betekent dit dat een woning doorgaans drie warmtepompen nodig heeft, wat de totale materiaalvraag aanzienlijk vergroot. Dit maakt vervanging een belangrijke factor in de totale milieubelasting. Hoewel recycling van metalen zoals koper en aluminium technisch goed mogelijk is, is de terugwinning van elektronische componenten complexer en vaak beperkt. Kunststoffen worden slechts deels hergebruikt, waardoor een deel van het materiaal na sloop verloren gaat.

Alternatief 1 wordt negatief beoordeeld.

2.10.4.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Materialen

Bij bodemwarmtepompen bestaat het materiaalgebruik, net als bij luchtwarmtepompen, voornamelijk uit metalen en elektronische componenten. De grootste bijdrage komt van koperen onderdelen, zoals bedrading, leidingwerk en warmtewisselaars, aangevuld met aluminium en staal voor de behuizing. Daarnaast bevatten de units elektronische componenten en kunststoffen voor isolatie en behuizing. Een belangrijk verschil met luchtwarmtepompen is dat er bij bodemwarmtepompen geen buitenunit nodig is, wat het materiaalgebruik voor behuizing en extra elektronische componenten vermindert. Daar staat tegenover dat bodemwarmtepompen extra kunststof leidingen vereisen voor de bodemlus, die in de grond wordt aangebracht. Deze leidingen zorgen voor een additionele materiaalvraag, vooral in de aanlegfase.

Levensduur

De levensduur van een bodemwarmtepomp bedraagt gemiddeld 15 jaar, vergelijkbaar met luchtwarmtepompen. Over een periode van 50 jaar betekent dit dat een woning doorgaans drie warmtepompen nodig heeft, wat de totale materiaalvraag aanzienlijk vergroot. De bodemlus zelf heeft een langere levensduur en hoeft in principe niet vervangen te worden, wat een voordeel is ten opzichte van componenten die vaker vernieuwd moeten worden. Toch blijft vervanging van de warmtepomp een belangrijke factor in de totale milieubelasting. Kunststoffen worden slechts deels hergebruikt, waardoor een deel van het materiaal na sloop verloren gaat.

Alternatief 2 wordt negatief beoordeeld.

2.10.4.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

Materialen

Bij midden-temperatuur warmtenetten op basis van geothermie is het materiaalgebruik in de aanlegfase aanzienlijk. De productie van de geothermie-installatie vraagt om grote hoeveelheden staal, beton en hoogwaardige metalen voor boorinstallaties, leidingen en warmtewisselaars. Het distributienet bestaat voornamelijk uit geïsoleerde leidingen van staal en kunststof, aangevuld met elektronische componenten en pompen in de warmtecentrale. In vergelijking met individuele warmtepompen is er minder behoefte aan schaarse materialen zoals goud en koper die normaal gesproken in grote aantallen elektronische onderdelen van afzonderlijke pompen worden toegepast. Dit komt doordat de opwaardering collectief plaatsvindt en niet in elke woning een aparte unit nodig is.

Levensduur

Het warmtenet en de geothermieputten hebben een lange levensduur van circa 50 jaar, wat een voordeel is ten opzichte van systemen die vaker vervangen moeten worden. Onderdelen zoals distributiepompen in de warmtecentrale (levensduur ca. 20 jaar) moeten tussentijds worden vervangen, wat extra materiaalgebruik veroorzaakt. De lange levensduur van de hoofdstructuur compenseert deels de hoge initiële materiaalvraag, maar vervanging blijft een relevante factor in de totale milieubelasting.

Alternatief 3 wordt positief beoordeeld.

2.10.4.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

Materialen

Bij midden-temperatuur warmtenetten op basis van restwarmte is het materiaalgebruik aanzienlijk lager dan bij geothermievarianten. Het grote voordeel is dat er geen diepe putten nodig zijn, waardoor de aanlegfase minder complex en minder materiaalintensief is. Het distributienet bestaat voornamelijk uit geïsoleerde leidingen van staal en kunststof, aangevuld met pompen en elektronische componenten in de warmtecentrale. Net als bij geothermie is er sprake van collectieve opwaardering, waardoor er minder schaarse materialen zoals goud en koper nodig zijn dan bij individuele warmtepompen. Deze materialen worden vooral toegepast in elektronische onderdelen, die bij collectieve systemen in veel kleinere aantallen aanwezig zijn. Recycling van metalen zoals staal en koper is technisch goed mogelijk, maar hergebruik van elektronische componenten en kunststoffen blijft beperkt.

Levensduur

Het warmtenet heeft een lange levensduur van circa 50 jaar, wat een belangrijk voordeel is ten opzichte van systemen die vaker vervangen moeten worden. Onderdelen zoals distributiepompen in de warmtecentrale (levensduur ca. 20 jaar) en eventuele decentrale units (levensduur ca. 15 jaar) moeten tussentijds worden vervangen, wat extra materiaalgebruik veroorzaakt. Door het ontbreken van geothermieputten en de eenvoudiger infrastructuur is de totale materiaalvraag lager, terwijl de lange levensduur van het net zorgt voor een gunstige verhouding tussen initiële impact en gebruiksduur.

Alternatief 4 wordt zeer positief beoordeeld.

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

Materialen

Bij (zeer) lage temperatuur warmtenetten met collectieve opwaardering bestaat het materiaalgebruik voornamelijk uit het ondergrondse distributienet van geïsoleerde leidingen (staal en kunststof) en de centrale opwaarderingsinstallatie. Deze installatie bevat warmtepompen en elektronische componenten, maar in veel kleinere aantallen dan bij individuele systemen. Hierdoor zijn er minder schaarse materialen zoals goud en koper nodig. Dit is een voordeel ten opzichte van oplossingen waarbij in elke woning een aparte warmtepomp wordt geplaatst. Wel blijft het gebruik van metalen zoals koper en aluminium substantieel, vooral in warmtewisselaars en bedrading. Kunststoffen worden toegepast in leidingen en isolatiemateriaal, maar hergebruik hiervan is beperkt.

Levensduur

Het warmtenet zelf heeft een lange levensduur van circa 50 jaar, wat zorgt voor een gunstige verhouding tussen initiële materiaalimpact en gebruiksduur. De centrale opwaarderingsinstallatie en distributiepompen hebben een kortere levensduur van ongeveer 20 jaar en moeten tussentijds worden vervangen. Deze vervangingen veroorzaken extra materiaalgebruik, maar blijven beperkt in vergelijking met de vervangingscycli van individuele warmtepompen.

Alternatief 5 wordt positief beoordeeld.

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

Materialen

Bij (zeer) lage temperatuur warmtenetten met individuele opwaardering is het materiaalgebruik aanzienlijk hoger dan bij collectieve systemen. Naast het ondergrondse distributienet van geïsoleerde leidingen (staal en kunststof) moet in elke woning een eigen warmtepomp worden geplaatst. Dit betekent dat er veel meer elektronische componenten nodig zijn, evenals schaarse materialen zoals koper en goud die in bedrading en printplaten worden toegepast. Ook warmtewisselaars en behuizingen bevatten aluminium en staal, terwijl kunststoffen worden gebruikt voor isolatie en leidingwerk. Door het grote aantal afzonderlijke units is de totale materiaalvraag substantieel.

Levensduur

Het distributienet heeft een lange levensduur van circa 50 jaar, maar de individuele warmtepompen moeten gemiddeld elke 15 jaar worden vervangen. Over een periode van 50 jaar betekent dit dat per woning drie warmtepompen nodig zijn, wat de totale materiaalvraag verder vergroot. Hoewel metalen zoals koper en aluminium goed recyclebaar zijn, blijft hergebruik van elektronische componenten en kunststoffen beperkt. De circulaire potentie van deze oplossing is daardoor laag, tenzij modulaire ontwerpen en gerecyclede materialen in de toekomst breder worden toegepast.

Alternatief 6 wordt zeer negatief beoordeeld.

2.10.4.7 Effectbeoordeling (totaal materiaalgebruik)

Uit bovenstaande paragraaf volgt de volgende beoordeling:

Tabel 2-49 Beoordeling totaal materiaalgebruik

Aanleg/ gebruiksfas	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Gebruiksfas	-	-	+	++	+	--

2.10.4.8 Onderscheid buurttypen (materiaalgebruik)

Er zijn geen buurttype specifieke effecten te verwachten.

2.10.4.9 Locatiespecifieke effecten (materiaalgebruik)

Er zijn geen locatie specifieke effecten te verwachten.

2.10.4.10 Mitigerende maatregelen (materiaalgebruik)

Toekomstige verbeteringen liggen in modulaire ontwerpen, waardoor onderdelen eenvoudig kunnen worden vervangen zonder dat complete units moeten worden afgedankt. Dit verlengt de levensduur van systemen en vermindert de vraag naar nieuwe grondstoffen. Daarnaast is het toepassen van gerecyclede materialen een effectieve manier om de CO₂-uitstoot die gepaard gaat met primaire productie te verlagen. Ook het gebruik van natuurlijke koudemiddelen in plaats van traditionele F-gassen draagt bij aan het verminderen van de totale klimaatimpact. Door deze maatregelen te combineren met een ontwerp dat gericht is op demontage en hergebruik, kan de circulaire potentie van warmteoplossingen aanzienlijk worden vergroot.

2.11 Hittestress

Het aspect hittestress gaat in op de potentiële impact van de alternatieven op hittestress in de directe buitenomgeving in een buurt. Hittestress kan plaatsvinden in de gebruiksfase.

Tabel 2-50 Beoordelingskader hittestress

Thema	Aspect	Indicator
Hittestress	Hittestress	Mate van verandering in hittestress in verschillende wijken na introductie alternatieve warmtetechniek

2.11.1 Beleidskader (hittestress)

Tabel 2-51 Beleidskader hittestress

Kader	Belangrijkste randvoorwaarde / uitgangspunt
Nationaal beleid	
Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) (2017)	Het DPRA richt zich op het maken van afspraken over maatregelen om de gevolgen van wateroverlast, hitte, droogte en overstroming te beperken. Dit gebeurt vanuit zeven ambities: • Kwetsbaarheid in beeld brengen • Risicodialoog voeren en strategie opstellen • Uitvoeringsagenda opstellen • Meekoppelkansen benutten • Stimuleren en faciliteren • Reguleren en borgen • Handelen bij calamiteiten
Nationale klimaatadaptatie strategie (NAS) (2016)	De NAS richt zich op sectoren, ketens, thema's en klimaatrisico's die niet in het DPRA aan de orde komen. En is daarnaast aanvullend op een aantal thema's die wel in het DPRA staan, zoals de effecten van de verschuiving van klimaatzones door geleidelijke klimaatverandering; gezondheidsverlies, arbeidsverlies en kosten door een mogelijke toename van allergieën en infecties.
Nationaal uitvoeringsprogramma Klimaatadaptatie (2023)	Om de NAS te versnellen is in 2023 het Nationaal Uitvoeringsprogramma Klimaatadaptatie (NUP KA'23) verschenen. Om te versnellen hanteert de overheid drie uitgangspunten: slimmer (kennis is vindbaar en toepasbaar), intensiever (klimaatadaptatie wordt altijd meegenomen) en inclusiever (voor en door iedereen). Op basis van deze uitgangspunten zijn er de komende jaren vijf prioriteiten: • Formuleren van concretere adaptatiedoelen • Toegankelijker en toepasbaar maken van kennis over klimaatadaptatie • Vergroten van aandacht voor rechtvaardigheid in adaptatiebeleid • Standaard meenemen van klimaatbestendigheid in al het beleid en de uitvoering • Verkennen van mogelijkheden om financiering van klimaatadaptatie te verbreden

	Provinciaal beleid
	Gemeentelijk beleid

Zie

gebruikshandleiding

2.11.2 Referentiesituatie (hittestress)

Langere hete periodes, extreme neerslag of periodes zonder regen: het weer en temperaturen worden extremer door klimaatverandering. In steden is dit te merken door hogere temperaturen die lang worden vastgehouden in de stedelijke omgeving, ook wel hittestress of het *stedelijk hitte-eiland effect* genoemd. Het stedelijk hitte-eiland effect is het effect dat hitte in de bebouwde omgeving van steden langer wordt vastgehouden. Dit leidt tot een hogere temperatuur in steden, van minder dan een halve graad tot meerdere graden, vergeleken met omringende landelijke gebieden. Dit effect is vaak geconcentreerd rondom het centrum van een stad, en neemt af richting het buitengebied. Hitte wordt vastgehouden door cement, steen en andere vormen van verharding. In (<Vul naam gemeente in>) is het stedelijk hitte-eiland effect terug te zien in (vul gebied aan en refereer naar afbeelding).

Hittestress beïnvloedt de leefbaarheid van buurten, comfort in woningen en gebouwen, en gezondheid van inwoners. Wanneer het buiten en in de woningen oncomfortabel warm wordt, kan er een beroep worden gedaan op koelsystemen. De verwachting is dat deze koelvraag als gevolg van klimaatverandering toe zal nemen. De individuele koelvraag is afhankelijk van persoonlijke temperatuurvoorkeuren, activiteiten (slapen, werken, eten), het soort woning en het isolatieniveau, koelgewoontes zoals zonnewering en het klimaat. De koelvraag is het beste af te lezen uit de stroomvraag, omdat koelsystemen vaak een elektrische basis hebben. In Nederland is de aanname dat 16%-20% van de huishoudens een koelsysteem heeft, waarvan 55-70% mobiele airco is.³⁷ De veronderstelling is dat in referentiesituatie de vraag naar actieve koeling toeneemt en daarvoor meer koelsystemen worden aangeschaft, een significant gedeelte in de vorm van airco's. Deze airco's zorgen voor een toename van het hitte-eiland effect in de referentiesituatie.

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

2.11.3 Effectbeschrijving (hittestress)

Het gebruik van alternatieven kan leiden tot verandering in hittestress in een buurt. In onderstaande paragrafen wordt de impact van de alternatieven op hittestress beschreven en beoordeeld.

2.11.3.1 Alternatief 1 – Individueel lucht (S01a)

Aanlegfase

In de aanlegfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 1.

Gebruiksfase

Met een individuele luchtwarmtepomp kan gekoeld worden, door koude lucht van buiten te gebruiken om water te koelen. Het koude water wordt door de vloerverwarming of ventilator convector gecirculeerd door de woning of het gebouw. De onttrokken warmte wordt afgevoerd naar buiten.³⁸ Omdat het wel mogelijk is te koelen met een individuele lucht warmtepomp, is niet te verwachten dat iedere woning een ander koelsysteem zal aanschaffen (bijvoorbeeld een airco). Juist omdat de mogelijkheid tot koelen bij alternatief 1 bestaat wordt aangenomen dat er meer gebruikt gemaakt gaat worden van deze koelingsmogelijkheid ten opzichte van de

³⁷ TNO, Deltares, 2022

³⁸ NPLW, all electric warmtepomp: <https://www.nplw.nl/all-electric-warmtepomp>

referentiesituatie waarbij slechts een deel van de woningen een individuele airco heeft. Het toevoegen van deze warmte uit gebouwen aan de leefomgeving tijdens warme periodes heeft een negatief effect op het gebied van hittestress. Alternatief 1 wordt daarom licht negatief beoordeeld.

2.11.3.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Aanlegfase

In de aanlegfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 2.

Gebruiksfase

Individuele bodem warmtepompen kunnen koelen door koud water door de vloerverwarming te laten stromen (mits installatie hiervoor geschikt is). De onttrokken warmte wordt afgevoerd naar de bodem. Doordat de warmte weer wordt afgevoerd naar de bodem, draagt het niet bij de verwarming van de buitenlucht, ofwel hittestress, in een buurt. Omdat de koelvraag wordt beantwoord is het onwaarschijnlijk dat wordt uitgeweken naar andere koelsystemen met een negatief effect op de directe buitenomgeving. Omdat met alternatief 2 wel de koelvraag kan worden beantwoord, maar zonder negatieve effecten voor de directe buitenomgeving, is dit een positief effect en wordt dit alternatief als licht positief beoordeeld.

2.11.3.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

Aanlegfase

In de aanlegfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 4.

Gebruiksfase

Het is niet mogelijk om met een MT warmtenet te koelen. In dit geval zal waarschijnlijk uitgeweken worden naar andere koelsystemen (bijvoorbeeld airco's) om aan de toenemende koude vraag te voldoen. Toename van de koelvraag is al meegenomen in de referentiesituatie en daarom wordt dit alternatief als neutraal beoordeeld.

2.11.3.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

Aanlegfase

In de aanlegfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 4.

Gebruiksfase

Het is niet mogelijk om met een MT warmtenet te koelen. In dit geval zal waarschijnlijk uitgeweken worden naar andere koelsystemen (bijvoorbeeld airco's) om aan de toenemende koude vraag te voldoen. Toename van de koelvraag is al meegenomen in de referentiesituatie en daarom wordt dit alternatief als neutraal beoordeeld.

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

Aanlegfase

In de aanlegfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 5.

Gebruiksfase

Met een ZLT warmtenet kan niet gekoeld worden. Door collectieve opwaardering van het koude water (10-12°C) is het water 50 tot 70°C wanneer het bij een woning aankomt. Bij dit alternatief wordt waarschijnlijk gekozen voor andere koelsystemen, zoals airconditioners, om aan de vraag voor koeling te voldoen. Omdat deze toename al is meegenomen in de referentiesituatie, wordt dit alternatief in de gebruiksfase als neutraal beoordeeld.

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

Aanlegfase

In de aanlegfase zijn er geen effecten te verwachten bij alternatief 6.

Gebruiksfase

Met een ZLT warmtenet kan worden gekoeld door koud water (10-12°C) door ZLT-radiatoren of vloerverwarmingsleidingen te laten lopen. De installatie in de woning moet hiervoor wel geschikt zijn, er is bijvoorbeeld vloerverwarming nodig.³⁹ Alternatief 6 haalt koud water uit de grond en voert warm water weer af naar de ondergrond wanneer er een WKO-doulet als warmtebron wordt ingezet. In dat geval draagt dit systeem niet bij aan verhoging van het niveau van hittestress, maar kan wel de koelvraag invullen.

Als er een andere warmtebron wordt ingezet (aquathermie of restwarmte), dan blijft koelen mogelijk wegens de individuele opwaardering aan de hand van lucht warmtepompen. Een individuele luchtwarmtepomp onttrekt koude lucht uit de buitenomgeving om water te koelen. De onttrokken warmte wordt afgevoerd naar de buitenomgeving van de woning of het gebouw. Het toevoegen van deze warmte uit gebouwen aan de leefomgeving tijdens warme periodes heeft een negatief effect op het gebied van hittestress.

Met het beantwoorden van de koelvraag is het onwaarschijnlijk dat wordt uitgeweken naar andere koelsystemen met negatieve effecten voor de directe buitenomgeving. Omdat met alternatief 6 wel de koelvraag kan worden beantwoord, maar zonder dat dit negatieve effecten voor de directe buitenomgeving oplevert, is dit een positief effect en wordt dit alternatief als licht positief beoordeeld.

2.11.3.7 Effectbeoordeling (hittestress)

Bovenstaande effectbeschrijving resulteert in de volgende effectbeoordeling.

Tabel 2-52 Effectbeoordeling hittestress

Aanleg/ gebruiksfase	Alternatief 1 – Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaardere n	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaardere n
Gebruiksfase	0/-	0/+	0	0	0	0/+

2.11.3.8 Onderscheid buurttype (hittestress)

Aan de hand van een aantal kenmerken van een buurt, als beschreven in de buurttypologie, is het mogelijk om te bepalen hoe kwetsbaar verschillende buurten zijn voor hitte. De indicator hittestress kijkt naar de aanlegfase, dit geldt ook voor het onderscheid op buurttypen niveau. Kenmerken van buurten die geanalyseerd zijn, zijn het percentage groen, hoe de bebouwing gevormd is (bouwblokken versus vrijstaande panden bijvoorbeeld), de ventilatie, de beschaduwing, de verhouding hoogte/breedte en of er straatbomen aanwezig zijn. Dit alles heeft een effect op hoe warm het wordt in een buurt én hoelang hitte voelbaar blijft. In bijlage 5 is beschreven hoe deze individuele buurtkenmerken samen het karakteristiek vormen.

In buurten met een *hoge hittegevoeligheid* zullen de alternatieven een versterkend of verminderend effect hebben op de autonome ontwikkeling van warmere temperaturen en hittestress. Doordat het effect verschilt, afhankelijk van hoe gevoelig een buurt is, is in de beoordeling onderscheid gemaakt per buurttype. Buurten die gevoelig zijn voor hittestress zijn gecategoriseerd als hoog risico, buurten met een gemiddelde hittegevoeligheid als middelhoog risico, en buurten waar weinig hittestress gevoeligheid is als laag risico.

In onderstaande figuur is het risico op hittestress gevoeligheid per buurttype weergegeven.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

³⁹ Koudetechnieken het koel houden van gebouwen | Nationaal Programma Lokale Warmtetransitie

Zie gebruikshandleiding

Buurttypen historische binnenstad, stedelijk bouwblok, tuindorp, en volkswijk hebben een hoog risico op hittestress gevoeligheid gescoord. In deze buurttypen worden de effecten van de alternatieven op hittestress risico versterkt.

Tabel 2-53 Effectbeoordeling hittestress

Buurttypen	Alternatief 1 - Individueel lucht	Alternatief 2 - Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Historische binnenstad	-	+	0	0	0	+
Vooroorlogse woonwijk	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Stedelijk bouwblok	-	+	0	0	0	+
Tuindorp	-	+	0	0	0	+
Volkswijk	-	+	0	0	0	+
Naoorlogse woonwijk	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Tuinstad laagbouw	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Tuinstad hoogbouw	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Hoogbouw	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Bloemkoolwijk	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Vinexwijk	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Villawijk	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Bedrijventerrein	0/-	0/+	0	0	0	0/+

2.11.3.9 Locatiespecifieke effecten (hittestress)

Zoals is beschreven in de referentie situatie en zichtbaar in het onderscheid tussen buurttypen is er verschil in hoe lang en de manier waarop hitte wordt vastgehouden in verschillende delen van de stad. Bijvoorbeeld door verschil in het groenniveau en de straatopbouw. Groenstructuur is het samenhangend geheel van alle aanwezige groenelementen in een gebied. In onderstaande figuur is de hoofdgroenstructuur weergegeven.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Woningen die direct langs een park of perceel met groen gesitueerd zijn voelen enige verkoeling door de aanwezigheid van groen. Het verkoelende effect rijkt echter niet ver, woningen die niet direct aan het groen liggen merken geen significant verschil in temperatuur in vergelijking tot buurten zonder groen.⁴⁰

Zie gebruikshandleiding

2.11.3.10 Mitigerende maatregelen (hittestress)

Hittestressgevoeligheid in een buurt kan verminderd worden door het toevoegen van groen aan een omgeving. Door bomen, meer parken of groene daken, die warmte absorberen, wordt natuurlijke koeling en meer

⁴⁰ <https://www.rivm.nl/klimaat-en-gezondheid/klimaatadaptatie/groene-adaptatie>

schaduw gecreëerd. Dit versterkt de leefbaarheid van een buurt door betere temperatuurregulatie en beïnvloedt de koelvraag.⁴¹

⁴¹ <https://www.rivm.nl/klimaat-en-gezondheid/klimaatadaptatie/groene-adaptatie>

3. Slotbeschouwing

Dit hoofdstuk vat de belangrijkste zaken uit de eerdere hoofdstukken samen in een slotbeschouwing. Daarnaast worden aanbevelingen gedaan voor het vervolg, leemten in kennis en aanbevelingen voor toekomstig onderzoek gedaan. Waar nodig wordt de aanzet tot evaluatie en monitoring benoemd en de implicaties van dit plan MER in relatie tot andere warmteprogramma's beschreven.

3.1 Samenvatting beoordelingen

Tabel 3-1 Samenvatting beoordelingen

Thema	Aspect	Aanleg/ Gebruiksfa se	Alternati ef 1 – Individue el lucht	Alternati ef 2 – Individue el Bodem	Alternatief 3 - MT Geotherm ie / warmtene t	Alternatief 4 - MT Restwarm te / warmtene t	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarder en	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarder en
Geluid en trillingen	Cumulatieve geluidshinder	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	-	-
		Gebruiksfa se	--	0	0	0	0/-	-
	Trillingen	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	0/-	0	0	0	0	0/-
Elektromagnetische velden	Elektromagnetische velden	Gebruiksfa se	0	0	0	0	0	0
Luchtkwaliteit	Luchtkwaliteit	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	0	0	0/-	0/-	0	0
Bodem en grondwater	Bodemkwaliteit	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	0	0	0/-	0/-	0/-	0
	Ondergrond en grondwater	Aanlegfase	0	--	0/-	0	-	-
		Gebruiksfa se	0	0/-	0/-	0	-	-
	Ondergronds ruimtegebruik	Aanleg- en gebruiksfas e	0	--	0/-	0/-	-	-
Ruimtelijke kwaliteit	Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid	Gebruiksfa se	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
	Zichtbaarheid en beleving	Gebruiksfa se	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Water	Drinkwater	Gebruiksfa se	0	0	0/-	0/-	0/-	0
Natuur en biodiversiteit	Beschermden soorten	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	-	0/-	0	0/-	0/-	0/-
	Beschermden gebieden	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Stikstofdepositie	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Oppervlaktewater	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
		Gebruiksfa se	0	0	0	0	0	0/-
Verkeer	Verkeershinder	Aanlegfase	0	0/-	-	-	-	-
Archeologie, cultuurhistorie en landschap	Archeologie	Aanlegfase	0	-	0/-	0/-	-	-
	Cultuurhistorie	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	-	0/-	0/-	0/-	-	-
Klimaat	Hittestress	Gebruiksfa se	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Materiaalgebruik	Materiaalgebruik	Gebruiksfa se	-	-	+	++	+	--

3.2 Mitigerende maatregelen

De effecten door middel van de verschillende alternatieven zijn in bovenstaande tabel in beeld gebracht. Onderstaande paragraaf gaat in op de wijze waarop negatieve effecten mogelijk gemitigeerd kunnen worden.

3.2.1 Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)

Geluid en trillingen

Mogelijkheden om negatieve effecten met betrekking tot geluidhinder in de gebruiksfase te mitigeren zijn:

- Strategische plaatsing van de luchtwarmtepomp. Bij het plaatsen van een luchtwarmtepomp zijn er locaties beter geschikt dan anderen, zeker in relatie tot cumulatieve geluidshinder.
- Correcte installatie en goed onderhoud van de luchtwarmtepomp.
- Gebruik maken van geluiddempende maatregelen: akoestische omkasting, rubberen trillingdempers.
- Aan de woning zelf zijn aanpassingen te maken om minder geluidshinder te ervaren van luchtwarmtepompen, zoals massieve erfscheidingen die een dempend effect hebben en goede isolatie van de woning. Een bijkomend effect van goede isolatie is het minder nodig hebben van de luchtwarmtepomp waardoor er minder geluid geëmitteerd wordt.

Inachtneming van mitigerende maatregelen in aanvulling op correct gebruik van de luchtwarmtepomp kan ertoe leiden dat negatieve of zeer negatieve effecten bijgesteld worden tot licht negatief of negatief niveau, afhankelijk van het buurttype.

Ruimtelijke kwaliteit

De luchtwarmtepompen kunnen voor verstoring van het straatbeeld zorgen en daardoor een negatieve impact op zichtbaarheid en beleving hebben. Bij grote zichtbaarheid en verstoring van het straatbeeld is het mogelijk om mitigerende maatregelen te treffen door objecten in de openbare ruimte zo goed mogelijk in de omgeving in te passen. Voor luchtwarmtepompen aan de gevel of rond het huis is het mogelijk om een stijlvolle omkasting aan te brengen of deze op het dak te plaatsen. Dit zorgt ervoor dat de zichtbaarheid minder groot is en de verrommeling van het straatbeeld beperkt wordt.

Natuur (beschermde diersoorten)

De effecten van isoleren, verstoring door geluid en trillingen en de toenemende mate van hittestress zijn belangrijke milieueffecten om mee te wegen in de keuze voor dit alternatief. Beschermde soorten zoals vogels en vleermuizen kunnen in hun rust- en verblijfsplaatsen verstoord raken (met name door de continue geluidsbelasting in de gebruiksfase). Onder de Omgevingswet is het noodzakelijk om nader onderzoek te doen om negatieve effecten te mitigeren.

Klimaat

In hittestressgevoelige buurten kunnen de negatieve effecten van warmtepompen worden gemitigeerd door ervoor te zorgen dat buurten minder hittestressgevoelig worden. Dit kan door het verminderen van bestrating en het plaatsen van meer groen (aanleggen van parken, planten van bomen of groene bomen) waardoor een natuurlijke koeling en meer schaduw gecreëerd wordt.

Zie gebruikshandleiding

Archeologie en cultureel erfgoed

In de gebruiksfase kunnen installaties bovengrondse elementen van de alternatieven een negatief impact hebben op cultuurhistorische waarden. Door het inpassen van de nieuwe elementen of de uitvoeringswijze hoe deze wordt aangelegd en benut kunnen negatieve effecten worden voorkomen of beperkt. Wanneer luchtwarmtepompen worden geplaatst, rondom de woning of aan de gevel, met oog op de aanwezige cultuurhistorische elementen. Bijvoorbeeld door het plaatsen aan de achterzijde of op een andere minder opvallende locaties te plaatsen.

Zie gebruikshandleiding

Totaal materiaalgebruik

Maatregelen om totaal materiaalgebruik te verminderen:

- Stimuleer waar mogelijk het gebruik van modulaire ontwerpen, waardoor onderdelen eenvoudig kunnen worden vervangen zonder dat complete units moeten worden afgedankt.
- Pas waar mogelijk gerecyclede materialen toe.

3.2.2 Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)

Luchtkwaliteit

Mogelijkheden om negatieve effecten als gevolg van alternatief 2 met betrekking tot luchtkwaliteit te mitigeren zijn:

- Tijdens de aanlegfase gebruikmaken van materieel met een lage uitstoot (stage IV of V werktuigen), of volledig elektrisch.
- Inzet van elektrisch aangedreven boorinstallaties voor GBES.
- Gebruik maken van prefab middenspanning- en laagspanningsstation (transformatorhuisjes) waardoor uitstoot in de aanlegfase wordt geminimaliseerd.
- Groene ruimtes in een buurt spelen een belangrijke rol in het verbeteren van de luchtkwaliteit. Planten kunnen fijnstof en stikstofdioxide absorberen en afvangen, wat leidt tot schonere lucht. Buurten met veel groen en open ruimtes hebben doorgaans een betere luchtkwaliteit door de aanwezigheid van planten en betere luchtcirculatie. Aanbrengen van extra groen door de gemeente kan de hoeveelheid fijnstof en stikstofdioxide die warmteinstallaties uitstoten verminderen. Zo kan de inzet op vergroening en klimaatadaptatie door de gemeente functioneren als mitigerende maatregel.
- Door emissieloos te bouwen (met betrekking tot het gebruikte bouwmaterieel), kan uitstoot van stikstofdioxide en fijnstof verminderd worden. Bij de invoering van dit plan zullen de effecten op de luchtkwaliteit bij de aanleg van het warmtenet en andere onderdelen van de warmte-infrastructuur moeten worden gemitigeerd voor alle alternatieven naar neutraal (geen effect op de luchtkwaliteit).

Zie gebruikshandleiding

Ondergrond en grondwater

- Aanbevolen wordt om natuurlijke koelmiddelen te gebruiken ten opzichte van schadelijke koelmiddelen in GBES.
- Kwaliteitsprotocollen die grondwaterverontreinigingen zouden moeten voorkomen regelmatig niet nageleefd. Aanbevolen wordt om regelmatig handhaving uit te voeren en te monitoren.

Zie gebruikshandleiding

Ondergronds ruimtegebruik

- Om de effectiviteit van GBES bronnen te waarborgen is het van belang dat:
 - o Het beheer en onderhoud van de systemen goed en professioneel beheer gewaarborgd wordt.
 - o Daarnaast is het ook van belang dat deze systemen zorgvuldig geplaatst worden. Door de systemen slim te ordenen, bijvoorbeeld warmtebronnen clusteren, kan de afstand tussen verschillende bronnen worden verkleind zonder inferentie en de kwaliteit beter geborgd worden.

Archeologie en cultureel erfgoed

Het aanleggen van aardwarmtebronnen kan een negatieve impact hebben op (middel)hoge archeologische (verwachtings)waarden die aanwezig zijn in een buurt. Mogelijkheden om het negatieve effect te mitigeren zijn:

- Het uitvoeren van een inventariserend onderzoek voorafgaande aan de werkzaamheden.
- In reeds vrijgegeven gebieden, bij het treffen van archeologische vondsten of sporen dit correct te melden en in samenspraak met de gemeente vervolgstappen te zetten.

In de gebruiksfase kunnen installaties bovengrondse elementen van de alternatieven een negatief impact hebben op cultuurhistorische waarden. Door het inpassen van de nieuwe elementen of de uitvoeringswijze hoe deze wordt aangelegd en benut kunnen negatieve effecten worden voorkomen of beperkt.

Totaal materiaalgebruik

Maatregelen om totaal materiaalgebruik te verminderen:

- Stimuleer waar mogelijk het gebruik van modulaire ontwerpen, waardoor onderdelen eenvoudig kunnen worden vervangen zonder dat complete units moeten worden afgedankt.
- Pas waar mogelijk gerecyclede materialen toe.

3.2.3 Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)

Luchtkwaliteit

Er zijn veel werkzaamheden benodigd voor het aanleggen van het warmtenet. Hierdoor ontstaat een hoge concentratie van uitstoot tijdens de aanlegfase op buurtniveau.

Mogelijkheden om negatieve effecten als gevolg van alternatief 3 met betrekking tot luchtkwaliteit te mitigeren zijn:

- Tijdens de aanlegfase gebruikmaken van materieel met een lage uitstoot (stage IV of V werktuigen), of volledig elektrisch.
- Inzet van elektrisch aangedreven boorinstallaties voor GBES.
- Gebruik maken van prefab midden spanning- en laagspanningsstation (transformatorhuisjes) waardoor uitstoot in de aanlegfase wordt geminimaliseerd.
- Groene ruimtes in een buurt spelen een belangrijke rol in het verbeteren van de luchtkwaliteit. Planten kunnen fijnstof en stikstofdioxide absorberen en afvangen, wat leidt tot schonere lucht. Buurten met veel groen en open ruimtes hebben doorgaans een betere luchtkwaliteit door de aanwezigheid van planten en betere luchtcirculatie. Aanbrengen van extra groen door de gemeente kan de hoeveelheid fijnstof en stikstofdioxide die warmt installaties uitstoten verminderen. Zo kan de inzet op vergroening en klimaatadaptatie door de gemeente functioneren als mitigerende maatregel.

Zie gebruikshandleiding

Bodemkwaliteit

- Voor alternatief 3 worden geothermiedoubletten gerealiseerd. Voor het boren van één geothermiedoublet worden twee boringen in de ondergrond gemaakt. Eventuele lekkages kunnen zorgen voor bodemverontreinigingen en daarmee een verslechtering van de bodemkwaliteit. Onzorgvuldig handelen, falen van bodem beschermende voorzieningen of onvoorziene weersomstandigheden kunnen tijdens opslag, overslag en transport leiden tot vermorsingen, lekkages en overstromingen. Belangrijk is om dit te blijven monitoren en handhaven.
- Bij de aanleg van warmtenetten ontstaat de grootste mate van verstoring en achteruitgang van de netwerkklaag. Om effecten te beperken is het mogelijk om werk met werk te combineren (zoals aanleg/renovatie van elektra of riolering) zodat effecten eenmalig in een lange tijdsperiode zijn.

Ondergrond en grondwater

- Kwaliteitsprotocollen die grondwaterverontreinigingen zouden moeten voorkomen regelmatig niet nageleefd. Aanbevolen wordt om regelmatig handhaving uit te voeren en te monitoren.

Drinkwater

Om opwarming van drinkwaterleidingen tegen te gaan zijn verschillende mitigerende maatregelen mogelijk⁴²:

- Zo kan er afstand gehouden worden tot de nieuw aan te leggen warmteleidingen.
- Daarnaast kunnen de drinkwaterleidingen dieper gelegen worden of geïsoleerd worden.
- Verder is klimaatverandering en toename van hittestress in de bebouwde omgeving een belangrijke oorzaak voor het opwarmen van de waterleidingen. Door de bebouwde omgeving klimaat adaptief in te richten, door het plaatsen van schaduwrijke plekken met bomen en toevoegen van groene plekken, kan de opwarming van de bodem verminderd worden. Dit heeft een mitigerend effect op de waterleidingen.

⁴² KWR. Effectiviteit maatregelen tegen opwarming drinkwater in leidingen (2019).

Verkeer

Mogelijkheden om negatieve effecten met betrekking tot verkeershinder te mitigeren in de aanlegfase is, wanneer mogelijk, het combineren van werkzaamheden op de openbare straat (zoals het aanleggen van het warmtenet). Daarnaast helpt duidelijke communicatie met inwoners van de buurten waar de werkzaamheden plaatsvinden over de omvang van de werkzaamheden en mogelijke veranderingen die ontstaan, bijvoorbeeld afgesloten straten, en welke omwegen er mogelijk zijn.

Totaal materiaalgebruik

Maatregelen om totaal materiaalgebruik te verminderen:

- Stimuleer waar mogelijk het gebruik van modulaire ontwerpen, waardoor onderdelen eenvoudig kunnen worden vervangen zonder dat complete units moeten worden afgedankt.
- Pas waar mogelijk gerecyclede materialen toe.

3.2.4 Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S2a, d)

Luchtkwaliteit

Mogelijkheden om negatieve effecten als gevolg van alternatief 4 met betrekking tot luchtkwaliteit te mitigeren zijn:

- Tijdens de aanlegfase gebruikmaken van materieel met een lage uitstoot (stage IV of V werktuigen), of volledig elektrisch.
- Inzet van elektrisch aangedreven boorinstallaties voor GBES.
- Gebruik maken van prefab midden spanning- en laagspanningsstation (transformatorhuisjes) waardoor uitstoot in de aanlegfase wordt geminimaliseerd.
- Groene ruimtes in een buurt spelen een belangrijke rol in het verbeteren van de luchtkwaliteit. Planten kunnen fijnstof en stikstofdioxide absorberen en afvangen, wat leidt tot schonere lucht. Buurten met veel groen en open ruimtes hebben doorgaans een betere luchtkwaliteit door de aanwezigheid van planten en betere luchtcirculatie. Aanbrengen van extra groen door de gemeente Utrecht kan de hoeveelheid fijnstof en stikstofdioxide die warmt installaties uitstoten verminderen. Zo kan de inzet op vergroening en klimaatadaptatie door de gemeente functioneren als mitigerende maatregel⁴³.

Zie gebruikshandleiding

Bodemkwaliteit

- Bij de aanleg van warmtenetten ontstaat de grootste mate van 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 effecten eenmalig in een lange tijdsperiode zijn.

Ondergrond en grondwater

- Kwaliteitsprotocollen die grondwaterverontreinigingen zouden moeten voorkomen regelmatig niet nageleefd. Aanbevolen wordt om regelmatig handhaving uit te voeren en te monitoren.

Drinkwater

Om opwarming van drinkwaterleidingen tegen te gaan zijn verschillende mitigerende maatregelen mogelijk⁴⁴:

- Zo kan er afstand gehouden worden tot de nieuw aan te leggen warmteleidingen.
- Daarnaast kunnen de drinkwaterleidingen dieper gelegen worden of geïsoleerd worden.
- Verder is klimaatverandering en toename van hittestress in de bebouwde omgeving een belangrijke oorzaak voor het opwarmen van de waterleidingen. Door de bebouwde omgeving klimaat adaptief in te richten, door het plaatsen van schaduwrijke plekken met bomen en toevoegen van groene plekken, kan de opwarming van de bodem verminderd worden. Dit heeft een mitigerend effect op de waterleidingen.

Verkeer

⁴³ Groenvisie, een leefbare stad voor mens en dier 2020-2050

⁴⁴ KWR. Effectiviteit maatregelen tegen opwarming drinkwater in leidingen (2019).

Mogelijkheden om negatieve effecten met betrekking tot verkeershinder te mitigeren in de aanlegfase is, wanneer mogelijk, het combineren van werkzaamheden op de openbare straat (zoals het aanleggen van het warmtenet). Daarnaast helpt duidelijke communicatie met inwoners van de buurten waar de werkzaamheden plaatsvinden over de omvang van de werkzaamheden en mogelijke veranderingen die ontstaan, bijvoorbeeld afgesloten straten, en welke omwegen er mogelijk zijn.

Totaal materiaalgebruik

Maatregelen om totaal materiaalgebruik te verminderen:

- Stimuleer waar mogelijk het gebruik van modulaire ontwerpen, waardoor onderdelen eenvoudig kunnen worden vervangen zonder dat complete units moeten worden afgedankt.
- Pas waar mogelijk gerecyclede materialen toe.

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

Geluid en trillingen

Mogelijkheden om negatieve effecten met betrekking tot geluidhinder in de aanlegfase te mitigeren is bij de aanleg inwoners tijdig te informeren over de geplande werkzaamheden en duur ervan. Daarnaast kan beperking van de werkzaamheden tot reguliere daguren en het combineren met andere werkzaamheden totale geluidhinder verminderen.

Luchtkwaliteit

Mogelijkheden om negatieve effecten als gevolg van alternatief 5 met betrekking tot luchtkwaliteit te mitigeren zijn:

- Tijdens de aanlegfase gebruikmaken van materieel met een lage uitstoot (stage IV of V werktuigen), of volledig elektrisch.
- Inzet van elektrisch aangedreven boorinstallaties voor GBES.
- Gebruik maken van prefab middenspanning- en laagspanningsstation (transformatorhuisjes) waardoor uitstoot in de aanlegfase wordt geminimaliseerd.
- Groene ruimtes in een buurt spelen een belangrijke rol in het verbeteren van de luchtkwaliteit. Planten kunnen fijnstof en stikstofdioxide absorberen en afvangen, wat leidt tot schonere lucht. Buurten met veel groen en open ruimtes hebben doorgaans een betere luchtkwaliteit door de aanwezigheid van planten en betere luchtcirculatie. Aanbrengen van extra groen door de gemeente Utrecht kan de hoeveelheid fijnstof en stikstofdioxide die warmteinstallaties uitstoten verminderen. Zo kan de inzet op vergroening en klimaatadaptatie door de gemeente functioneren als mitigerende maatregel⁴⁵.

Zie gebruikshandleiding

Bodemkwaliteit

- Bij de aanleg van warmtenetten ontstaat de grootste mate van 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 effecten eenmalig in een lange tijdsperiode zijn.

Ondergrond en grondwater

- Kwaliteitsprotocollen die grondwaterverontreinigingen zouden moeten voorkomen regelmatig niet nageleefd. Aanbevolen wordt om regelmatig handhaving uit te voeren en te monitoren.

Ondergronds ruimtegebruik

- Om de effectiviteit van OBES bronnen te waarborgen is het van belang dat:
 - o Het beheer en onderhoud van de systemen goed en professioneel beheer gewaarborgd wordt.
 - o Daarnaast is het ook van belang dat deze systemen zorgvuldig geplaatst worden. Door de systemen slim te ordenen, bijvoorbeeld warmtebronnen clusteren, kan de afstand tussen verschillende bronnen worden verkleind zonder inferentie en de kwaliteit beter geborgd worden.

⁴⁵ Groenvisie, een leefbare stad voor mens en dier 2020-2050

Drinkwater

Om opwarming van drinkwaterleidingen tegen te gaan zijn verschillende mitigerende maatregelen mogelijk⁴⁶:

- Zo kan er afstand gehouden worden tot de nieuw aan te leggen warmteleidingen.
- Daarnaast kunnen de drinkwaterleidingen dieper gelegen worden of geïsoleerd worden.
- Verder is klimaatverandering en toename van hittestress in de bebouwde omgeving een belangrijke oorzaak voor het opwarmen van de waterleidingen. Door de bebouwde omgeving klimaat adaptief in te richten, door het plaatsen van schaduwrijke plekken met bomen en toevoegen van groene plekken, kan de opwarming van de bodem verminderd worden. Dit heeft een mitigerend effect op de waterleidingen.

Verkeer

Mogelijkheden om negatieve effecten met betrekking tot verkeershinder te mitigeren in de aanlegfase is, wanneer mogelijk, het combineren van werkzaamheden op de openbare straat (zoals het aanleggen van het warmtenet). Daarnaast helpt duidelijke communicatie met inwoners van de buurten waar de werkzaamheden plaatsvinden over de omvang van de werkzaamheden en mogelijke veranderingen die ontstaan, bijvoorbeeld afgesloten straten, en welke omwegen er mogelijk zijn.

Archeologie en cultureel erfgoed

Het aanleggen van aardwarmtebronnen kan een negatieve impact hebben op (middel)hoge archeologische (verwachtings)waarden die aanwezig zijn in een buurt. Mogelijkheden om het negatieve effect te mitigeren zijn:

- Het uitvoeren van een inventariserend onderzoek voorafgaande aan de werkzaamheden.
- In reeds vrijgegeven gebieden, bij het treffen van archeologische vondsten of sporen dit correct te melden en in samenspraak met de gemeente vervolgstappen te zetten.

In de gebruiksfase kunnen installaties bovengrondse elementen van de alternatieven een negatief impact hebben op cultuurhistorische waarden. Door het inpassen van de nieuwe elementen of de uitvoeringswijze hoe deze wordt aangelegd en benut kunnen negatieve effecten worden voorkomen of beperkt.

Totaal materiaalgebruik

Maatregelen om totaal materiaalgebruik te verminderen:

- Stimuleer waar mogelijk het gebruik van modulaire ontwerpen, waardoor onderdelen eenvoudig kunnen worden vervangen zonder dat complete units moeten worden afgedankt.
- Pas waar mogelijk gerecyclede materialen toe.

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

Geluid en trillingen

Mogelijkheden om negatieve effecten met betrekking tot geluidhinder in de aanlegfase te mitigeren is bij de aanleg inwoners tijdig te informeren over de geplande werkzaamheden en duur ervan. Daarnaast kan beperking van de werkzaamheden tot reguliere daguren en het combineren met andere werkzaamheden totale geluidhinder verminderen.

Mogelijkheden om negatieve effecten met betrekking tot geluidhinder in de gebruiksfase te mitigeren zijn:

- Strategische plaatsing van de warmtepomp. Bij het plaatsen van een warmtepomp zijn er locaties beter geschikt dan anderen, zeker in relatie tot cumulatieve geluidshinder.
- Correcte installatie en goed onderhoud van de warmtepomp.
- Gebruik maken van geluiddempende maatregelen: akoestische omkasting, rubberen trillingdempers.
- Aan de woning zelf zijn aanpassingen te maken om minder geluidshinder te ervaren van warmtepompen, zoals massieve erfscheidingen die een dempend effect hebben en goede isolatie van de woning. Een bijkomend effect van goede isolatie is het minder nodig hebben van de warmtepomp waardoor er minder geluid geëmitteerd wordt.

⁴⁶ KWR. Effectiviteit maatregelen tegen opwarming drinkwater in leidingen (2019).

Inachtneming van mitigerende maatregelen in aanvulling op correct gebruik van de warmtepomp kan ertoe leiden dat negatieve effecten bijgesteld worden tot licht negatief niveau.

Luchtkwaliteit

Mogelijkheden om negatieve effecten als gevolg van alternatief 6 met betrekking tot luchtkwaliteit te mitigeren zijn:

- Tijdens de aanlegfase gebruikmaken van materieel met een lage uitstoot (stage IV of V werktuigen), of volledig elektrisch.
- Inzet van elektrisch aangedreven boorinstallaties voor GBES.
- Gebruik maken van prefab middenspanning- en laagspanningsstation (transformatorhuisjes) waardoor uitstoot in de aanlegfase wordt geminimaliseerd.
- Groene ruimtes in een buurt spelen een belangrijke rol in het verbeteren van de luchtkwaliteit. Planten kunnen fijnstof en stikstofdioxide absorberen en afvangen, wat leidt tot schonere lucht. Buurten met veel groen en open ruimtes hebben doorgaans een betere luchtkwaliteit door de aanwezigheid van planten en betere luchtcirculatie. Aanbrengen van extra groen door de gemeente Utrecht kan de hoeveelheid fijnstof en stikstofdioxide die warmteinstallaties uitstoten verminderen. Zo kan de inzet op vergroening en klimaatadaptatie door de gemeente functioneren als mitigerende maatregel.

Zie gebruikshandleiding

Bodemkwaliteit

- Bij de aanleg van warmtenetten ontstaat de grootste mate van 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 effecten eenmalig in een lange tijdsperiode zijn.

Ondergrond en grondwater

- Kwaliteitsprotocollen die grondwaterverontreinigingen zouden moeten voorkomen regelmatig niet nageleefd. Aanbevolen wordt om regelmatig handhaving uit te voeren en te monitoren.

Ondergronds ruimtegebruik

- Om de effectiviteit van OBES bronnen te waarborgen is het van belang dat:
 - o Het beheer en onderhoud van de systemen goed en professioneel beheer gewaarborgd wordt.
 - o Daarnaast is het ook van belang dat deze systemen zorgvuldig geplaatst worden. Door de systemen slim te ordenen, bijvoorbeeld warmtebronnen clusteren, kan de afstand tussen verschillende bronnen worden verkleind zonder inferentie en de kwaliteit beter geborgd worden.

Ruimtelijke kwaliteit

Het bovengronds ruimtegebruik is groot bij alternatief 6 door verschillende warmte-installaties die in de buurt geplaatst worden en de verzwaring van het elektriciteitsnet. Dit brengt negatieve effecten mee op bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid. Door het nemen van mitigerende maatregelen kunnen installaties zo goed mogelijk ingepast worden in de omgeving. Zo zijn er voorbeelden van natuur inclusieve transformatorhuisjes of voorbeelden waar transformatorhuisjes tot cultureel erfgoed behoren door hun visueel aantrekkelijke ontwerp. Op deze manier kan de negatieve impact van grote installaties of gebouwen gemitigeerd worden. Daarnaast is er bij dit alternatief bij iedere woning of gebouw een luchtwarmtepomp nodig. De luchtwarmtepompen kunnen voor verstoring van het straatbeeld zorgen en daardoor een negatieve impact op zichtbaarheid en beleving hebben. Voor luchtwarmtepompen aan de gevel of rond het huis is het mogelijk om een stijlvolle omkasting aan te brengen of deze op het dak te plaatsen. Dit zorgt ervoor dat de zichtbaarheid minder groot is en de verrommeling van het straatbeeld beperkt wordt.

Oppervlaktewater

- TEO-installaties te plaatsen bij wateren met een groter en dieper oppervlakte en waar veel doorstroming bestaat, zodat effecten op het waterleven door de koudepluim gemitigeerd wordt.
- Bij de uitvoering van het plaatsen van installaties rekening te houden met macrofauna-vriendelijke filters zodat inzuigen beperkt wordt.

Verkeer

Mogelijkheden om negatieve effecten met betrekking tot verkeershinder te mitigeren in de aanlegfase is, wanneer mogelijk, het combineren van werkzaamheden op de openbare straat (zoals het aanleggen van het warmtenet). Daarnaast helpt duidelijke communicatie met inwoners van de buurten waar de werkzaamheden plaatsvinden over de omvang van de werkzaamheden en mogelijke veranderingen die ontstaan, bijvoorbeeld afgesloten straten, en welke omwegen er mogelijk zijn.

Archeologie en cultureel erfgoed

Het aanleggen van aardwarmtebronnen kan een negatieve impact hebben op (middel)hoge archeologische (verwachtings)waarden die aanwezig zijn in een buurt. Mogelijkheden om het negatieve effect te mitigeren zijn:

- Het uitvoeren van een inventariserend onderzoek voorafgaande aan de werkzaamheden.
- In reeds vrijgegeven gebieden, bij het treffen van archeologische vondsten of sporen dit correct te melden en in samenspraak met de gemeente vervolgstappen te zetten.

In de gebruiksfase kunnen installaties bovengrondse elementen van de alternatieven een negatief impact hebben op cultuurhistorische waarden. Door het inpassen van de nieuwe elementen of de uitvoeringswijze hoe deze wordt aangelegd en benut kunnen negatieve effecten worden voorkomen of beperkt. Wanneer warmtepompen worden geplaatst, rondom de woning of aan de gevel, met oog op de aanwezige cultuurhistorische elementen. Bijvoorbeeld door het plaatsen aan de achterzijde of op een andere minder opvallende locaties te plaatsen.

Totaal materiaalgebruik

Maatregelen om totaal materiaalgebruik te verminderen:

- Stimuleer waar mogelijk het gebruik van modulaire ontwerpen, waardoor onderdelen eenvoudig kunnen worden vervangen zonder dat complete units moeten worden afgedankt.
- Pas waar mogelijk gerecyclede materialen toe.

Hittestress

Met een ZLT buurtwarmtenet kan worden gekoeld door koud water (10-12°C) door ZLT-radiatoren of vloerverwarmingen leidingen te laten lopen. Dit systeem draagt dus niet bij aan verhoging van het niveau van hittestress, maar kan wel de koelvraag invullen. Dit kan een positief effect opleveren op de leefomgeving en daarmee een belangrijke meekoppelkans zijn bij het toepassen van dit alternatief.

3.2.7 Algemene aanbevelingen

In onderstaande paragraaf zijn belangrijke milieuafwegingen en samenhangende aandachtspunten, los van alternatief of buurttype, uitgelicht.

Geluid

Bij de effectbeoordeling voor cumulatieve geluidhinder is gekeken naar het relatieve onderscheid in mogelijke geluidhinder, veroorzaakt door alle installaties en werkzaamheden die per alternatief nodig zijn. De specifieke locaties voor installaties voor de warmte-infrastructuur in de gemeente worden in dit plan-MER niet meegenomen. Wanneer hier concrete plannen voor worden ontwikkeld, moet geluidshinder daarin worden meegenomen.

Hitte & koeling

Door klimaatverandering is de verwachting dat de gemiddelde temperatuur gaat stijgen en in de zomer langere hete periodes zijn. Dit is onder andere terug te zien in de klimaatscenario's ontwikkeld door het KNMI.⁴⁷ Dit is extra te voelen in steden door het stedelijk hitte-eiland effect (zie beschrijving in paragraaf 2.11.2). De binnenstad en direct omliggende buurten voelen het stedelijk hitte-eiland effect het meest. In combinatie met

⁴⁷ KNMI'23 klimaatscenario's voor Nederland:

https://cdn.knmi.nl/system/ckeditor/attachment_files/data/000/000/357/original/KNMI23_klimaatscenarios_gebruikersrapport_23-03.pdf

vergrijzing en toenemende verstedelijking is het van belang om de koelingsmogelijkheden mee te wegen in de keuze voor een alternatief, zoals het ZLT buurtwarmtenet of de individuele bodem-warmtepomp. Naast de keuze voor een warmteoplossing, is het waardevol om te kijken hoe de buitentemperatuur op andere manieren kan worden verlaagd. Hierdoor kan de totale koelvraag beperkt worden. Bijvoorbeeld door het planten van meer groen, groene daken en gevels of het uitbreiden van schaduwrijke wandelwegen in de bebouwde omgeving.

Toezicht gebruik bodem voor opslag van energie

In vergelijking met OBES is het aantal boringen voor GBES 100 tot 150 keer meer voor hetzelfde aantal woningequivalenten (WEQ) en in vergelijking met geothermie is dit zelfs 5.000 keer meer. De kans dat er fysische en chemische effecten optreden is daardoor groter dan bij geothermie en OBES. Chemische effecten ontstaan door het lekken van schadelijke koelmiddelen die gebruikt worden in GBES. Aanbevolen wordt om natuurlijke koelmiddelen te gebruiken ten opzichte van schadelijke koelmiddelen. Daarnaast worden de kwaliteitsprotocollen die grondwaterverontreinigingen zouden moeten voorkomen regelmatig niet nageleefd. Om de effectiviteit van OBES en GBES bronnen te waarborgen is het van belang dat goed en professioneel beheer gewaarborgd wordt. Daarnaast is het ook van belang dat deze systemen zorgvuldig geplaatst worden. Door de systemen slim te ordenen, bijvoorbeeld warmtebronnen clusteren, kan de afstand tussen verschillende bronnen worden verkleind zonder inferentie en de kwaliteit beter geborgd worden. Dit betekent dat meer systemen in dezelfde ruimte kunnen worden geplaatst. Deze zorgvuldige plaatsing van OBES en GBES bronnen vereist regie door de gemeente. Bijvoorbeeld door een bodemenergieplan, gebruik maken van vergunningsplicht of op een andere manier.

Luchtkwaliteit

Door emissieloos te bouwen (met betrekking tot het gebruikte bouwmaterieel), kan uitstoot van stikstofdioxide en fijnstof verminderd worden. Bij de invoering van dit plan zullen de effecten op de luchtkwaliteit bij de aanleg van het warmtenet en andere onderdelen van de warmte-infrastructuur moeten worden gemitigeerd voor alle alternatieven naar neutraal (geen effect op de luchtkwaliteit).

Zie gebruikshandleiding

Meekoppelkansen tijdens aanlegfase

Bij alle alternatieven moeten elementen worden aangelegd in de ondergrond en het elektriciteitsnet verzwaaard (al is deze verzwaring per alternatief verschillend). Tijdens deze werkzaamheden wordt hinder veroorzaakt, wordt waardevolle vrije ruimte in beslag genomen en visuele vervuiling en luchtvervuiling gecreëerd door de bouwvoertuigen. Hoewel niet voorkomen kan worden dat werkzaamheden plaatsvinden bij de aanleg van een warmtenet, is van toegevoegde waarde om te kijken of er meekoppelkansen zijn waarbij aanleg van het warmtenet worden gecombineerd met andere werkzaamheden in de ondergrond en daardoor de cumulatieve hinder verminderen en de bodem minder vaak wordt verstoord.

Maatwerk voor erfgoed

In het thema archeologie en cultuurhistorie vallen de alternatieven relatief negatief uit in hun effect op archeologische en cultuurhistorische waarden.

Zie gebruikshandleiding

Isolatieworkzaamheden in relatie tot beschermde soorten

Er zijn extra isolatieworkzaamheden benodigd voor het ZLT buurtwarmtenet en de individuele systemen, omdat een energielabel C als referentiesituatie is aangenomen voor woningen. Voor alternatieven 3, 4 en 5 moeten woningen extra worden geïsoleerd en opgewaardeerd naar energielabel B. Het is van belang om in verdere uitwerking rekening te houden met de beschermde soorten, zoals de vleermuis, die aanwezig kan zijn in bijvoorbeeld spouwmuren. Voor individuele (particuliere) bouwprojecten is het complex om dit te handhaven. Wel wordt aanbevolen om zoveel mogelijk rekening te houden bij het renoveren en isoleren op buurniveau op nader onderzoek te doen naar beschermde soorten, waardoor negatieve effecten gemitigeerd kunnen worden.

Circulaire aanbesteding

Circulariteit is breder dan de hoeveelheid benodigd materiaal. Circulariteit is de wijze waarop in de hele keten duurzaam ingezet wordt op zo min mogelijk grondstoffen te gebruiken. Dit betekent dat bij nadere projectuitwerking circulariteit meegenomen moet worden om de circulariteitsdoelstellingen van de gemeente te halen. Dit kan uitwerking hebben in bijvoorbeeld de aanbesteding voor de systeemonderdelen van de alternatieven.

Er zijn mogelijkheden tot het duurzaam en circulair gebruik te maken van warmtenetten. Mogelijkheden in de werkwijze ligt met name bij het nieuw aan te leggen warmtenet. Recycling van het oude warmtenet is (nog) niet aan de orde.

De nieuwe warmtenetten of bij het vervangen van oude warmtenetten zijn meerdere manieren mogelijk. Allereerst kunnen leidingen bestaan uit gerecycled materiaal. Daarnaast is het wenselijk om materiaal gebruiken die na levensduur herbruikbaar of recyclebaar is. Om dit goed te kunnen monitoren is het wenselijk om dit vast te leggen in procedures of gebruik te maken van materiaalpaspoorten in de bebouwde omgeving. Door aan voorgelegde punten in de ontwikkeling te voldoen kan er gewerkt worden aan de circulaire doelstellingen op gemeentelijk als landelijk niveau, omdat potentiële negatieve effecten gemitigeerd worden door minder gebruik te maken van schaarse grondstoffen.

Zie gebruikshandleiding

3.3 Resultaten per buurttype

Historische binnenstad

Tabel 3-2 Resultaten historische binnenstad

Thema	Aspect	Aanleg/ Gebruiksfa se	Alternati ef 1 – Individue el lucht	Alternati ef 2 - Individue el Bodem	Alternatief 3 - MT Geotherm ie / warmtene t	Alternatief 4 - MT Restwarm te / warmtene t	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarder en	Alternatief 6 - Z)LT bron / Individueel opwaarder en
Geluid en trillingen	Cumulatieve geluidshinder	Aanlegfase	0	0/-	-	-	-	-
		Gebruiksfa se	--	0/-	0	0	-	-
	Trillingen	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	0/-	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	Elektromagnetische velden	Gebruiksfa se	0/-	0/-	0	0	0	0/-
Luchtkwaliteit	Luchtkwaliteit	Aanlegfase	0	-	-	-	-	-
		Gebruiksfa se	0	0	0/-	0/-	0	0
Bodem en grondwater	Bodemkwaliteit	Aanlegfase	0	0	-	-	-	-
		Gebruiksfa se	0	0	0/-	0/-	0/-	0
	Ondergrond en grondwater	Aanlegfase	0	--	-	0	-	-
		Gebruiksfa se	0	-	-	0	-	-
	Ondergronds ruimtegebruik	Aanleg- en gebruiksfase	0	--	-	-	-	-
Ruimtelijke kwaliteit	Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid	Gebruiksfa se	-	-	-	-	-	--
	Zichtbaarheid en beleving	Gebruiksfa se	--	-	-	-	-	--
Water	Drinkwater	Gebruiksfa se	0	0	-	-	-	0
		Aanlegfase	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-

Natuur en biodiversiteit	Beschermde soorten	Gebruiksfas	0	0	0	0/-	0/-	-
	Beschermde gebieden	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Stikstofdepositie	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Oppervlaktewater	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
		Gebruiksfas	0	0	0	0	0	0/-
Verkeer	Verkeershinder	Aanlegfase	0	-	-	-	-	-
Archeologie, cultuurhistorie en landschap	Archeologie	Aanlegfase	0	-	-	-	-	-
	Cultuurhistorie	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	--	0/-	0/-	0/-	0/-	--
Klimaat	Hittestress	Gebruiksfas	-	+	0	0	0	+
Materiaalgebruik	Materiaalgebruik	Gebruiksfas	-	-	+	++	+	--

Vooroorlogse woonwijk

Tabel 3-3 Resultaten vooroorlogse woonwijk

Thema	Aspect	Aanleg/ Gebruiksfas	Alternatief 1 – Individueel lucht	Alternatief 2 – Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtente	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtente	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Geluid en trillingen	Cumulatieve geluidshinder	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	-	-
		Gebruiksfas	--	0/-	0	0	-	-
	Trillingen	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	0/-	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	Elektromagnetische velden	Gebruiksfas	0/-	0/-	0	0	0	0/-
Luchtkwaliteit	Luchtkwaliteit	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
		Gebruiksfas	0	0	0/-	0/-	0	0
Bodem en grondwater	Bodemkwaliteit	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	0	0	0/-	0/-	0/-	0
	Ondergrond en grondwater	Aanlegfase	0	--	0/-	0	-	-
		Gebruiksfas	0	0/-	0/-	0	-	-
	Ondergronds ruimtegebruik	Aanleg- en gebruiksfase	0	--	-	-	-	-
Ruimtelijke kwaliteit	Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid	Gebruiksfas	-	-	-	-	-	--
	Zichtbaarheid en beleving	Gebruiksfas	--	-	-	-	-	--
Water	Drinkwater	Gebruiksfas	0	0	-	-	-	0
Natuur en biodiversiteit	Beschermde soorten	Aanlegfase	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-
		Gebruiksfas	0	0	0	0/-	0/-	-
	Beschermde gebieden	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Stikstofdepositie	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Oppervlaktewater	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
		Gebruiksfas	0	0	0	0	0	0/-

Verkeer	Verkeershinder	Aanlegfase	0	-	-	-	-	-
Archeologie, cultuurhistorie en landschap	Archeologie	Aanlegfase	0	-	0/-	0/-	-	-
	Cultuurhistorie	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Klimaat	Hittestress	Gebruiksfas	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Materiaalgebruik	Materiaalgebruik	Gebruiksfas	-	-	+	++	+	--

Stedelijk bouwblok

Tabel 3-4 Resultaten stedelijk bouwblok

Thema	Aspect	Aanleg/ Gebruiksfas	Alternatief 1 – Individueel lucht	Alternatief 2 – Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtente	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtente	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Geluid en trillingen	Cumulatieve geluidshinder	Aanlegfase	0	0/-	-	-	-	-
		Gebruiksfas	--	0	0	0	0/-	-
	Trillingen	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	0/-	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	Elektromagnetische velden	Gebruiksfas	0	0	0	0	0	0
Luchtkwaliteit	Luchtkwaliteit	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	0	0	0/-	0/-	0	0
Bodem en grondwater	Bodemkwaliteit	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	0	0	0/-	0/-	0/-	0
	Ondergrond en grondwater	Aanlegfase	0	--	-	0	-	-
		Gebruiksfas	0	-	-	0	-	-
	Ondergronds ruimtegebruik	Aanleg- en gebruiksfase	0	--	-	-	-	-
Ruimtelijke kwaliteit	Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid	Gebruiksfas	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
	Zichtbaarheid en beleving	Gebruiksfas	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Water	Drinkwater	Gebruiksfas	0	0	-	-	-	0
Natuur en biodiversiteit	Beschermdesoorten	Aanlegfase	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-
		Gebruiksfas	0	0	0	0/-	0/-	-
	Beschermdgebieden	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Stikstofdepositie	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Oppervlaktewater	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
		Gebruiksfas	0	0	0	0	0	0/-
Verkeer	Verkeershinder	Aanlegfase	0	-	-	-	-	-
Archeologie, cultuurhistorie en landschap	Archeologie	Aanlegfase	0	-	0/-	0/-	-	-
	Cultuurhistorie	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Klimaat	Hittestress	Gebruiksfas	-	+	0	0	0	+

Materiaalgebruik	Materiaalgebruik	Gebruiksfa se	-	-	+	++	+	--
------------------	------------------	------------------	---	---	---	----	---	----

Tuindorp

Tabel 3-5 Resultaten tuindorp

Thema	Aspect	Aanleg/ Gebruiksfa se	Alternati ef 1 – Individue el lucht	Alternati ef 2 – Individue el Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtene t	Alternatief 4 - MT Restwarm te / warmtene t	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarder en	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarder en
Geluid en trillingen	Cumulatieve geluidshinder	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	-	-
		Gebruiksfa se	--	0	0	0	0	0/-
	Trillingen	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	0/-	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	Elektromagnetische velden	Gebruiksfa se	0	0	0	0	0	0
Luchtkwaliteit	Luchtkwaliteit	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	0	0	0/-	0/-	0	0
Bodem en grondwater	Bodemkwaliteit	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	0	0	0/-	0/-	0/-	0
	Ondergrond en grondwater	Aanlegfase	0	--	0/-	0	-	-
		Gebruiksfa se	0	0/-	0/-	0	-	-
	Ondergronds ruimtegebruik	Aanleg- en gebruiksfas e	0	--	0/-	0/-	-	-
Ruimtelijke kwaliteit	Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid	Gebruiksfa se	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
	Zichtbaarheid en beleving	Gebruiksfa se	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Water	Drinkwater	Gebruiksfa se	0	0	0	0	0	0
Natuur en biodiversiteit	Beschermdesoorten	Aanlegfase	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-
		Gebruiksfa se	0	0	0	0/-	0/-	-
	Beschermdgebieden	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Stikstofdepositie	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Oppervlaktewater	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
		Gebruiksfa se	0	0	0	0	0	0/-
Verkeer	Verkeershinder	Aanlegfase	0	0/-	-	-	-	-
Archeologie, cultuurhistorie en landschap	Archeologie	Aanlegfase	0	-	0/-	0/-	-	-
	Cultuurhistorie	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Klimaat	Hittestress	Gebruiksfa se	-	+	0	0	0	+
Materiaalgebruik	Materiaalgebruik	Gebruiksfa se	-	-	+	++	+	--

Tabel 3-6 Resultaten volkswijk

Thema	Aspect	Aanleg/ Gebruiksfa se	Alternati ef 1 – Individue el lucht	Alternati ef 2 - Individue el Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtene t	Alternatief 4 - MT Restwarm te / warmtene t	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarder en	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarder en
Geluid en trillingen	Cumulatieve geluidshinder	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	-	-
		Gebruiksfa se	--	0/-	0	0	-	-
	Trillingen	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	0/-	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	Elektromagnetische velden	Gebruiksfa se	0/-	0/-	0	0	0	0/-
Luchtkwaliteit	Luchtkwaliteit	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	0	0	0/-	0/-	0	0
Bodem en grondwater	Bodemkwaliteit	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	0	0	0/-	0/-	0/-	0
	Ondergrond en grondwater	Aanlegfase	0	--	0/-	0	-	-
		Gebruiksfa se	0	0/-	0/-	0	-	-
	Ondergronds ruimtegebruik	Aanleg- en gebruiksfas e	0	--	0/-	0/-	-	-
Ruimtelijke kwaliteit	Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid	Gebruiksfa se	-	-	-	-	-	--
	Zichtbaarheid en beleving	Gebruiksfa se	--	-	-	-	-	--
Water	Drinkwater	Gebruiksfa se	0	0	0/-	0/-	0/-	0
Natuur en biodiversiteit	Beschermdesoorten	Aanlegfase	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-
		Gebruiksfa se	0	0	0	0/-	0/-	-
	Beschermdengebieden	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Stikstofdepositie	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Oppervlaktewater	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
		Gebruiksfa se	0	0	0	0	0	0/-
Verkeer	Verkeershinder	Aanlegfase	0	-	-	-	-	-
Archeologie, cultuurhistorie en landschap	Archeologie	Aanlegfase	0	-	0/-	0/-	-	-
	Cultuurhistorie	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Klimaat	Hittestress	Gebruiksfa se	-	+	0	0	0	+
Materiaalgebruik	Materiaalgebruik	Gebruiksfa se	-	-	+	++	+	--

Naoorlogse woonwijk

Tabel 3-7 Resultaten naoorlogse woonwijk

Thema	Aspect	Aanleg/ Gebruiksfa se	Alternati ef 1 – Individue el lucht	Alternati ef 2 - Individue el Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtene t	Alternatief 4 - MT Restwarm te / warmtene t	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarder en	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarder en
		Aanlegfase	0	0/-	0	0	0/-	0/-

Geluid en trillingen	Cumulatieve geluidshinder	Gebruiksfas	--	0/-	0	0	-	-
	Trillingen	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	0/-	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	Elektromagnetische velden	Gebruiksfas	0/-	0/-	0	0	0	0/-
Luchtkwaliteit	Luchtkwaliteit	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	0	0	0/-	0/-	0	0
Bodem en grondwater	Bodemkwaliteit	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	0	0	0/-	0/-	0/-	0
	Ondergrond en grondwater	Aanlegfase	0	--	0/-	0	-	-
		Gebruiksfas	0	0/-	0/-	0	-	-
	Ondergronds ruimtegebruik	Aanleg- en gebruiksfase	0	--	0/-	0/-	-	-
Ruimtelijke kwaliteit	Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid	Gebruiksfas	-	-	-	-	-	--
	Zichtbaarheid en beleving	Gebruiksfas	--	-	-	-	-	--
Water	Drinkwater	Gebruiksfas	0	0	0	0	0	0
Natuur en biodiversiteit	Beschermden soorten	Aanlegfase	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-
		Gebruiksfas	0	0	0	0/-	0/-	-
	Beschermden gebieden	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Stikstofdepositie	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Oppervlaktewater	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
		Gebruiksfas	0	0	0	0	0	0/-
Verkeer	Verkeershinder	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Archeologie, cultuurhistorie en landschap	Archeologie	Aanlegfase	0	-	0/-	0/-	-	-
	Cultuurhistorie	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Klimaat	Hittestress	Gebruiksfas	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Materiaalgebruik	Materiaalgebruik	Gebruiksfas	-	-	+	++	+	--

Tuinstad laagbouw

Tabel 3-8 Resultaten tuinstad laagbouw

Thema	Aspect	Aanleg/ Gebruiksfas	Alternatief 1 – Individueel lucht	Alternatief 2 – Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtente	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtente	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Geluid en trillingen	Cumulatieve geluidshinder	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	-	-
		Gebruiksfas	--	0	0	0	0/-	-
	Trillingen	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	0/-	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	Elektromagnetische velden	Gebruiksfas	0	0	0	0	0	0
Luchtkwaliteit	Luchtkwaliteit	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

		Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0	0
Bodem en grondwater	Bodemkwaliteit	Aanlegfas e	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0/-	0
	Ondergrond en grondwater	Aanlegfas e	0	--	0/-	0	-	-
		Gebruiksfas e	0	0/-	0/-	0	-	-
	Ondergronds ruimtegebruik	Aanleg- en gebruiksfas e	0	--	0/-	0/-	-	-
Ruimtelijke kwaliteit	Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid	Gebruiksfas e	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
	Zichtbaarheid en beleving	Gebruiksfas e	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Water	Drinkwater	Gebruiksfas e	0	0	0	0	0	0
Natuur en biodiversiteit	Beschermd soorten	Aanlegfas e	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-
		Gebruiksfas e	0	0	0	0/-	0/-	-
	Beschermd gebieden	Aanlegfas e	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Stikstofdepositie	Aanlegfas e	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Oppervlaktewate r	Aanlegfas e	0	0	0	0	0	0
		Gebruiksfas e	0	0	0	0	0	0/-
Verkeer	Verkeershinder	Aanlegfas e	0	0/-	-	-	-	-
Archeologie, cultuurhistorie en landschap	Archeologie	Aanlegfas e	0	-	0/-	0/-	-	-
	Cultuurhistorie	Aanlegfas e	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas e	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Klimaat	Hittestress	Gebruiksfas e	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Materiaalgebruik	Materiaalgebruik	Gebruiksfas e	-	-	+	++	+	--

Tuinstad hoogbouw

Tabel 3-9 Tuinstad hoogbouw

Thema	Aspect	Aanleg/ Gebruiksfas e	Alternati ef 1 – Individue el lucht	Alternati ef 2 – Individue el Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtene t	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtene t	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Geluid en trillingen	Cumulatieve geluidshinder	Aanlegfas e	0	0/-	0/-	0/-	-	-
		Gebruiksfas e	--	0	0	0	0/-	-
	Trillingen	Aanlegfas e	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas e	0/-	0	0	0	0	0
Elektromagnetisc he velden	Elektromagnetisc he velden	Gebruiksfas e	0	0	0	0	0	0
Luchtkwaliteit	Luchtkwaliteit	Aanlegfas e	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0	0
Bodem en grondwater	Bodemkwaliteit	Aanlegfas e	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0/-	0
	Ondergrond en grondwater	Aanlegfas e	0	--	0/-	0	-	-
		Gebruiksfas e	0	0/-	0/-	0	-	-

	Ondergronds ruimtegebruik	Aanleg- en gebruiksfase	0	--	0/-	0/-	-	-
Ruimtelijke kwaliteit	Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid	Gebruiksfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
	Zichtbaarheid en beleving	Gebruiksfase	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Water	Drinkwater	Gebruiksfase	0	0	0	0	0	0
Natuur en biodiversiteit	Beschermdesoorten	Aanlegfase	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-
		Gebruiksfase	0	0	0	0/-	0/-	-
	Beschermdengebieden	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Stikstofdepositie	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Oppervlaktewater	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
		Gebruiksfase	0	0	0	0	0	0/-
Verkeer	Verkeershinder	Aanlegfase	0	0/-	-	-	-	-
Archeologie, cultuurhistorie en landschap	Archeologie	Aanlegfase	0	-	0/-	0/-	-	-
	Cultuurhistorie	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfase	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Klimaat	Hittestress	Gebruiksfase	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Materiaalgebruik	Materiaalgebruik	Gebruiksfase	-	-	+	++	+	--

Hoogbouw

Tabel 3-10 Resultaten hoogbouw

Thema	Aspect	Aanleg/ Gebruiksfase	Alternatief 1 – Individueel lucht	Alternatief 2 – Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtente	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtente	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarderen	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarderen
Geluid en trillingen	Cumulatieve geluidshinder	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	-	-
		Gebruiksfase	--	0	0	0	0/-	-
	Trillingen	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfase	0/-	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	Elektromagnetische velden	Gebruiksfase	0	0	0	0	0	0
Luchtkwaliteit	Luchtkwaliteit	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfase	0	0	0/-	0/-	0	0
Bodem en grondwater	Bodemkwaliteit	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0
	Ondergrond en grondwater	Aanlegfase	0	--	0/-	0	-	-
		Gebruiksfase	0	0/-	0/-	0	-	-
	Ondergronds ruimtegebruik	Aanleg- en gebruiksfase	0	--	0/-	0/-	-	-
Ruimtelijke kwaliteit	Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid	Gebruiksfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
	Zichtbaarheid en beleving	Gebruiksfase	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-

Water	Drinkwater	Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0/-	0
Natuur en biodiversiteit	Beschermd soorten	Aanlegfase	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-
		Gebruiksfas e	0	0	0	0/-	0/-	-
	Beschermd gebieden	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Stikstofdepositie	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Oppervlaktewate r	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
		Gebruiksfas e	0	0	0	0	0	0/-
Verkeer	Verkeershinder	Aanlegfase	0	-	-	-	-	-
Archeologie, cultuurhistorie en landschap	Archeologie	Aanlegfase	0	-	0/-	0/-	-	-
	Cultuurhistorie	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas e	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Klimaat	Hittestress	Gebruiksfas e	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Materiaalgebruik	Materiaalgebruik	Gebruiksfas e	-	-	+	++	+	--

Bloemkoolwijk

Tabel 3-11 Resultaten bloemkoolwijk

Thema	Aspect	Aanleg/ Gebruiksfas e	Alternati ef 1 – Individue el lucht	Alternati ef 2 - Individue el Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtene t	Alternatief 4 - MT Restwarm te / warmtene t	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaardere n	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaardere n
Geluid en trillingen	Cumulatieve geluidshinder	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	-	-
		Gebruiksfas e	--	0	0	0	0	0/-
	Trillingen	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas e	0/-	0	0	0	0	0
Elektromagnetisc he velden	Elektromagnetisc he velden	Gebruiksfas e	0	0	0	0	0	0
Luchtkwaliteit	Luchtkwaliteit	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0	0
Bodem en grondwater	Bodemkwaliteit	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas e	0	0	0/-	0/-	0/-	0
	Ondergrond en grondwater	Aanlegfase	0	--	0/-	0	-	-
		Gebruiksfas e	0	0/-	0/-	0	-	-
	Ondergronds ruimtegebruik	Aanleg- en gebruiksfas e	0	--	-	-	-	-
Ruimtelijke kwaliteit	Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid	Gebruiksfas e	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
	Zichtbaarheid en beleving	Gebruiksfas e	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Water	Drinkwater	Gebruiksfas e	0	0	-	-	-	0
Natuur en biodiversiteit	Beschermd soorten	Aanlegfase	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-
		Gebruiksfas e	0	0	0	0/-	0/-	-
	Beschermd gebieden	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Stikstofdepositie	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-

	Oppervlaktewater	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
		Gebruiksfas	0	0	0	0	0	0/-
Verkeer	Verkeershinder	Aanlegfase	0	-	-	-	-	-
Archeologie, cultuurhistorie en landschap	Archeologie	Aanlegfase	0	-	0/-	0/-	-	-
		Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Klimaat	Hittestress	Gebruiksfas	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Materiaalgebruik	Materiaalgebruik	Gebruiksfas	-	-	+	++	+	--

Vinexwijk

Tabel 3-12 Resultaten vinexwijk

Thema	Aspect	Aanleg/ Gebruiksfas	Alternatief 1 – Individueel lucht	Alternatief 2 – Individueel Bodem	Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtente	Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtente	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarden	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarden
Geluid en trillingen	Cumulatieve geluidshinder	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	-	-
		Gebruiksfas	--	0	0	0	0/-	-
	Trillingen	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	0/-	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	Elektromagnetische velden	Gebruiksfas	0	0	0	0	0	0
Luchtkwaliteit	Luchtkwaliteit	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	0	0	0/-	0/-	0	0
Bodem en grondwater	Bodemkwaliteit	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	0	0	0/-	0/-	0/-	0
	Ondergrond en grondwater	Aanlegfase	0	--	0/-	0	-	-
		Gebruiksfas	0	0/-	0/-	0	-	-
	Ondergronds ruimtegebruik	Aanleg- en gebruiksfase	0	--	0/-	0/-	-	-
Ruimtelijke kwaliteit	Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid	Gebruiksfas	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
	Zichtbaarheid en beleving	Gebruiksfas	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Water	Drinkwater	Gebruiksfas	0	0	0	0	0	0
Natuur en biodiversiteit	Beschermdesoorten	Aanlegfase	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-
		Gebruiksfas	0	0	0	0/-	0/-	-
	Beschermdgebieden	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Stikstofdepositie	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Oppervlaktewater	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
		Gebruiksfas	0	0	0	0	0	0/-
Verkeer	Verkeershinder	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Archeologie, cultuurhistorie en landschap	Archeologie	Aanlegfase	0	-	0/-	0/-	-	-
		Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfas	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-

Klimaat	Hittestress	Gebruiksfa se	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Materiaalgebruik	Materiaalgebruik	Gebruiksfa se	-	-	+	++	+	--

Villawijk

Tabel 3-13 Resultaten villawijk

Thema	Aspect	Aanleg/ Gebruiksfa se	Alternati ef 1 – Individue el lucht	Alternati ef 2 - Individue el Bodem	Alternatief 3 - MT Geotherm ie / warmtene t	Alternatief 4 - MT Restwarm te / warmtene t	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarder en	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarder en
Geluid en trillingen	Cumulatieve geluidshinder	Aanlegfase	0	0/-	0	0	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	--	0	0	0	0/-	-
	Trillingen	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	0/-	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	Elektromagnetische velden	Gebruiksfa se	0	0	0	0	0	0
Luchtkwaliteit	Luchtkwaliteit	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
		Gebruiksfa se	0	0	0/-	0/-	0	0
Bodem en grondwater	Bodemkwaliteit	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	0	0	0/-	0/-	0/-	0
	Ondergrond en grondwater	Aanlegfase	0	--	0/-	0	-	-
		Gebruiksfa se	0	0/-	0/-	0	-	-
	Ondergronds ruimtegebruik	Aanleg- en gebruiksfas e	0	--	0/-	0/-	-	-
Ruimtelijke kwaliteit	Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid	Gebruiksfa se	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
	Zichtbaarheid en beleving	Gebruiksfa se	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Water	Drinkwater	Gebruiksfa se	0	0	0	0	0	0
Natuur en biodiversiteit	Beschermd soorten	Aanlegfase	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-
		Gebruiksfa se	0	0	0	0/-	0/-	-
	Beschermd gebieden	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Stikstofdepositie	Aanlegfasse	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Oppervlaktewater	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
		Gebruiksfa se	0	0	0	0	0	0/-
Verkeer	Verkeershinder	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Archeologie, cultuurhistorie en landschap	Archeologie	Aanlegfase	0	-	0/-	0/-	-	-
	Cultuurhistorie	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Klimaat	Hittestress	Gebruiksfa se	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Materiaalgebruik	Materiaalgebruik	Gebruiksfa se	-	-	+	++	+	--

Bedrijventerrein

Tabel 3-14 Resultaten bedrijventerrein

Thema	Aspect	Aanleg/ Gebruiksfa se	Alternati ef 1 – Individue el lucht	Alternati ef 2 – Individue el Bodem	Alternatief 3 - MT Geotherm ie / warmtene t	Alternatief 4 - MT Restwarm te / warmtene t	Alternatief 5 - (Z)LT bron / Collectief opwaarder en	Alternatief 6 - (Z)LT bron / Individueel opwaarder en
Geluid en trillingen	Cumulatieve geluidshinder	Aanlegfase	0	0/-	0	0	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	--	0	0	0	0	0/-
	Trillingen	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	0/-	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	Elektromagnetische velden	Gebruiksfa se	0	0	0	0	0	0
Luchtkwaliteit	Luchtkwaliteit	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
		Gebruiksfa se	0	0	0/-	0/-	0	0
Bodem en grondwater	Bodemkwaliteit	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	0	0	0/-	0/-	0/-	0
	Ondergrond en grondwater	Aanlegfase	0	--	0/-	0	-	-
		Gebruiksfa se	0	0/-	0/-	0	-	-
	Ondergronds ruimtegebruik	Aanleg- en gebruiksfas e	0	--	0/-	0/-	-	-
Ruimtelijke kwaliteit	Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid	Gebruiksfa se	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
	Zichtbaarheid en beleving	Gebruiksfa se	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Water	Drinkwater	Gebruiksfa se	0	0	0	0	0	0
Natuur en biodiversiteit	Beschermd soorten	Aanlegfase	0/-	-	0/-	0/-	0/-	-
		Gebruiksfa se	0	0	0	0/-	0/-	-
	Beschermd gebieden	Aanlegfase	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Stikstofdepositie	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
	Oppervlaktewater	Aanlegfase	0	0	0	0	0	0
		Gebruiksfa se	0	0	0	0	0	0/-
Verkeer	Verkeershinder	Aanlegfase	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Archeologie, cultuurhistorie en landschap	Archeologie	Aanlegfase	0	-	0/-	0/-	-	-
	Cultuurhistorie	Aanlegfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
		Gebruiksfa se	-	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Klimaat	Hittestress	Gebruiksfa se	0/-	0/+	0	0	0	0/+
Materiaalgebruik	Materiaalgebruik	Gebruiksfa se	-	-	+	++	+	--

Zie gebruikshandleiding

3.4 Resultaten locatiespecifiek

Voor een aantal van de (sub)thema's zijn effecten te verwachten die specifiek gerelateerd zijn aan de gemeente (<Vul naam gemeente in>). De belangrijkste conclusies ten aanzien van deze thema's zijn hieronder toegelicht.

Zie gebruikshandleiding

3.5 Leemten in kennis en aanbevelingen voor toekomstig onderzoek

Zie gebruikshandleiding

Hoewel er enkele leemten in kennis zijn geïdentificeerd in het plan-MER, vormen deze geen belemmering voor verdere besluitvorming met betrekking tot het de keuze voor het Voorkeursalternatief (VKA). De ontbrekende informatie heeft voornamelijk betrekking op specifieke technische details en lokale gegevens, maar de beschikbare informatie is voldoende om een gedegen keuze te maken op basis van milieuinformatie. De besluitvorming kan doorgaan op basis van de huidige gegevens, waarbij eventuele leemten in kennis later kunnen worden aangevuld door aanvullende studies en onderzoeken.

De thema's waar het om gaat zijn als volgt:

Geluid

Onderzoek naar geluidshinder op buurniveau spitst zich nu toe op maximale cumulatieve geluidsniveaus bij het plaatsen van lucht-warmtepompen. De subjectieve beleving van mensen wordt hierbij niet onderzocht. Verschillende studies hebben aangetoond dat blootstelling aan continu achtergrondgeluid onder andere kan leiden tot verhoogde stressniveaus, slaapproblemen en een negatieve invloed kan hebben op de mentale gezondheid. Het zou daarom goed zijn om impact van langdurige blootstelling aan achtergrondgeluid van lucht-warmtepompen op de gezondheid en subjectieve beleving te onderzoeken.

Externe veiligheid

In dit plan-MER is het risico op een blow-out (waarbij er ongecontroleerd gas en/of vloeistof uit de boorput stroomt) niet meegenomen. Blow-outs kunnen gevaarlijk zijn omdat ze schade aan de boorinstallatie kunnen veroorzaken en een risico vormen voor de veiligheid van de werknemers en het milieu. Om een blow-out te voorkomen, worden tijdens het boren altijd voorzorgsmaatregelen genomen, waardoor dergelijke incidenten zeer zelden voorkomen. Het risico op een blow-out zou onder externe veiligheid in een projectMER moeten worden onderzocht wanneer er concrete plannen zijn voor de installatie van een geothermiebron op een specifieke locatie.

Drinkwater

Het aspect drinkwater gaat in op effecten van warmtenetten op potentiële opwarming van drinkwater in nabijgelegen waterleidingen. In het MER is kwalitatief beschreven in hoeverre de alternatieven hieraan kunnen bijdragen. Een belangrijke leemte in kennis is in hoeverre andere bronnen van opwarming (zoals het opwarmen van de bodem door klimaatverandering) bijdragen aan de opwarming van drinkwater. Daarnaast is onduidelijk in hoeverre het Intersectorale overeenkomst drinkwater- en warmteleidingen ondertekend door Vewin en Energie-Nederland dat bepaalt om een minimale afstand van 1 meter aan te houden waar mogelijk, bijdraagt aan het beperken van het opwarmen van het drinkwater.

Hittestress

Bij het aspect hittestress is voor alternatief 1 aangemerkt dat lucht-water-warmtepompen warmte-emissies uitstoten. Hoewel dit een bekend feit is, is het onduidelijk hoeveel warmte-emissies worden uitgestoten en wat het daadwerkelijke effect op de buitentemperatuur is.

Oppervlaktewater

Impact van filtering van TEO-systemen betreft een belangrijke leemte in kennis. Dit heeft o.a. te maken met het type filter, waardoor de variatie in daadwerkelijke effecten te groot is om nu te beoordelen. Ook zijn er nog geen (grootschalige) TEO installaties aanwezig in Nederland waarvan meetdata bekend is. Nader onderzoek is nodig, met name door een huidig TEO-systeem te monitoren.

Cumulatieve effecten van WKO's

Er is een belangrijke kennisleemte op het gebied van de cumulatieve effecten van het aanleggen en gebruiken van een groot aantal bodemenergiesystemen (WKO's). De effecten op met name de bodemkwaliteit, archeologie en verontreinigingen in het grondwater zijn niet concreet. Een beperkt beschikbare ruimte in de ondergrond kan een uitdaging vormen voor de positionering van OBES-bronnen zodat aan de warmtevraag

kan worden voldaan. Hoe deze systemen het slimst kunnen worden geordend en/of geclusterd moet nader worden uitgewerkt.

Netcongestie

In dit plan-MER is het relatieve onderscheid tussen de alternatieven in de benodigde netverzwaring van het elektriciteitsnetwerk (extra transformatorhuisjes en elektriciteitskabels) meegenomen in de beoordeling van milieueffecten. In hoeverre de huidige netcongestie zal verergeren door de keuze voor een specifiek alternatief is niet onderzocht in dit plan-MER. In de praktijk zal niet één specifiek alternatief breed worden uitgerold, maar een mix van bronnen (zie de bronnenstrategie) worden ingezet. In samenwerking met de (<vul naam netbeheerder in>) zou de impact van deze bronnenmix, de daarvoor benodigde netverzwaring op specifieke locaties en het effect op de bestaande netcongestie moeten worden onderzocht.

Onderscheidende effecten per alternatief

Naast de milieu-impact spelen er bij de warmtetransitie en de keuze voor een alternatief per buurt ook andere belangrijke factoren. Het is essentieel om zowel maatwerk als grootschalige oplossingen te kunnen leveren om zo efficiënt mogelijk te zijn. Dit pionieren wordt erkend in de manier waarop de warmtetransitie vorm wordt gegeven.

Bij de verschillende alternatieven kunnen onderscheidende effecten worden verwacht, die los van milieueffecten, ook te maken hebben met het tempo (in aanleg en gebruik). De individuele alternatieven kunnen bijvoorbeeld sneller worden geïmplementeerd dan de stadsbrede of alternatieven per buurt, afhankelijk van de technische haalbaarheid en de beschikbare infrastructuur. De exacte wijze waarop deze alternatieven in de praktijk kunnen worden uitgerold moet worden meegewogen in verdere planuitwerking.

F-gassen

Gefluoreerde gassen, ook wel F-gassen genoemd, vormen een groep gasvormige stoffen die veelvuldig worden toegepast in industriële processen. Deze gassen worden voornamelijk gebruikt als koelmiddelen in airconditioningsystemen, warmtepompen en andere koelinstallaties. Een belangrijke leemte in kennis zijn de potentiële effecten van F-Gassen bij het gebruik van de alternatieven en welke impact dit heeft op het klimaat. Onduidelijk is in hoeverre dit negatieve effecten heeft en wat dit betekent voor de uiteindelijke keuze tot een voorkeursalternatief per buurt. Aanbevolen wordt om in de verdere planuitwerking onderzoek te doen.

3.6 Aanzet tot evaluatie en monitoring

Monitoring en evaluatie is onderdeel van de beleidscyclus van de Omgevingswet. Monitoring en evaluatie kunnen inzicht geven of gewenste doelen behaald worden en/of voorspelde effecten daadwerkelijk uitkomen. Als dit niet het geval is, kan worden bijgestuurd door maatregelen in te zetten of door het beleid aan te passen. Monitoring en evaluatie zijn met name relevant indien:

- Effecten onzeker zijn
- Er leemten in kennis zijn
- Ontwikkelingen nog onzeker zijn.

Doel evaluatieprogramma

Het doel van het evaluatieprogramma is na te gaan of en in hoeverre de feitelijke milieueffecten overeenkomen met, dan wel afwijken van, de milieueffecten die als onderbouwing hebben gediend voor het Warmteprogramma. De evaluatie kan daarmee bijdragen aan het verbeteren van de kwaliteit van toekomstige milieuevaluaties, aan het tijdig bijsturen van eventuele negatieve effecten en zo de kwaliteit van de besluitvorming vergroten. Voor effecten op milieuaspecten waarvoor wettelijk een programmatische aanpak geldt, zoals dat geldt voor luchtkwaliteit, natuur en geluid, kan worden gerapporteerd vanuit desbetreffende programma's.

Toetsing van de voorspelde effecten aan de daadwerkelijk optredende effecten

De daadwerkelijke optredende effecten kunnen anders blijken te zijn dan in dit milieueffectrapport zijn omschreven, bijvoorbeeld doordat:

- de gehanteerde alternatieven aangepast worden;

- bepaalde effecten niet werden voorzien;
- er elders onvoorziene, maar invloedrijke ontwikkelingen hebben plaatsgevonden;
- nieuwe inzichten;
- nieuwe, efficiëntere technieken beschikbaar komen.

Wijze van monitoring

Een Warmteprogramma wordt elke vijf jaar herzien. Deze verantwoordelijkheid ligt bij de gemeente. Aanbevolen wordt, om naast de voortgang van de uitvoering van het programma, te monitoren op milieueffecten die tot stand zijn gekomen door het programma. Er zijn verschillende onderdelen in het planproces die van belang zijn om consequent te monitoren ten behoeve van het mitigeren van milieueffecten, waaronder:

- *Verontreinigen in de bodem en grondwater*

Monitoring is relevant om mee te nemen in de verdere besluitvorming en gebiedsgerichte aanpak per buurt. Dit kan namelijk gevolgen hebben waar en hoeveel bodemenergiesystemen aangelegd kunnen en mogen worden ten behoeve van energiewinning. Aanbevolen wordt om resultaten uit dit onderzoek in een vervolgfase mee te nemen in de uitvoeringsplannen.

Zie gebruikshandleiding

- *Mogelijkheden tot winning van TEO in benedenstroomse gebieden*

De gemeente kan inzetten op het gebruik van TEO. Dit betekent dat het water dat gewonnen wordt uit het oppervlaktewatersysteem geloosd wordt in datzelfde water, waardoor het water afkoelt. Het is onduidelijk in hoeverre dit impact heeft op de wateren benedenstrooms van de gemeente, en in hoeverre dit impact heeft op de eventuele vermindering van de potentie van dit water. Aanbevolen wordt om dit in samenwerking met omliggende gemeenten en waterschappen te onderzoeken.

- *Efficiëntie alternatieven en onderscheidende kenmerken per alternatief*

Naarmate het Warmteprogramma uitgevoerd wordt is de kans aanwezig dat er nieuwe of efficiëntere vormen van alternatieven naar aardgasvrij worden ontwikkeld. Het is van belang om hier op tijd inzicht in te verkrijgen in samenwerking met innovatieve partners, om na te gaan of er op deze manier milieueffecten gemitigeerd kunnen worden door het toepassen van nieuwe technologieën. Ook kan de innovatiesnelheid per alternatief heel erg verschillen.

- *De woningbouwopgave van de gemeente*

Het MER gaat in op de huidige bebouwing in de gemeente, met uitzondering van buurttypen die onder de vernieuwde wijk vallen (waar veelal renovatie of inbreiding heeft plaatsgevonden). De wijze waarop nieuwbouw impact heeft op de warmtevraag is van belang om inzichtelijk te houden en daar de verschillende alternatieven goed op in te richten. Geadviseerd wordt om in integraal verband binnen de gemeente af te stemmen op de toenemende vraag van de nieuwbouwontwikkeling.

- *Geothermie*

- *De aanlegfase voor geothermie*

Voor en tijdens de aanlegfase van de putten en de geothermie installatie kan er overlast voor omwonenden zijn door trillingen en geluidsbelasting. Om deze effecten op de omgeving te monitoren wordt geadviseerd een monitoringprogramma op te stellen.

- *Monitoring van seismische activiteit tijdens de gebruiksfase bij geothermie*

Het risico's op bevingen tijdens het gebruik van geothermie is laag mits aan een aantal voorwaarden wordt voldaan en de juiste maatregelen worden genomen⁴⁸. Er wordt geadviseerd om de microseismiciteit in de gebruiksfase te monitoren.

- *Monitoring van lekkages van boorvloeistof of formatiewater*

⁴⁸ Staat van de Sector Geothermie, Evaluatie aanbevelingen Staat van de Sector Geothermie, SodM, september 2021.

Tijdens de aanlegfase van geothermie zijn risico's op lekkages beperkt. Wel wordt geadviseerd om eventuele effecten te monitoren en maatregelen te onderzoeken tijdens de uitvoeringsfase.

- *Monitoring van de temperatuurseffecten van HTO*

Op dit moment is het onduidelijk of HTO binnen de grenzen van de gemeente gerealiseerd kan worden. Bij eventuele realisatie van een HTO moeten de temperatuur effecten op de chemische en biologische kwaliteit van het grondwater worden gemonitord.

- *Monitoring van het maximale geluidsniveau bij lucht warmtepompen*

Er wordt geadviseerd om te monitoren of de maximale geluidsniveaus, inclusief tonaliteitscorrectie, voor warmtepompen in de praktijk ook nageleefd worden.

- *Monitoring van het maximale geluidsniveau bij lucht warmtepompen*

Er wordt geadviseerd om de opvolging van de richtlijn EMV en gezondheid van de GGD bij de inpassing van transformatorhuisjes in de leefomgeving te monitoren, om te voorkomen mensen langdurig verblijven in een magneetveld dat (jaargemiddeld) sterker is dan 0,4 microtesla.

4. Bijlagen

- 1) Onderbouwing plan-MER-plicht
- 2) Advies over reikwijdte en detailniveau
- 3) Methodiek van het plan-MER
- 4) Alternatieven naar aardgasvrij
- 5) Buurttypen
- 6) GIS analyses per buurttype
- 7) N-DOK rapportage
- 8) AERIUS-rapportage

4.1 Bijlage 1. Onderbouwing plan-MER-plicht

In veel gevallen is een plan MER wettelijk verplicht voor grote projecten en plannen die significante milieueffecten kunnen hebben. De plan MER brengt de milieueffecten van een plan of programma in beeld voordat de overheid daar een besluit over neemt. Dit om ervoor te zorgen dat het milieubelang aan de voorkant zorgvuldig wordt meegenomen. Het plan MER is dus altijd gekoppeld aan een te nemen besluit, in dit geval over de beleidsnota Warmte. Voor een plan of programma dat kader stellend is, is een milieueffectrapportage (MER) vereist wanneer het significante milieueffecten kan hebben en kaders stelt voor toekomstige vergunningen of ontwikkelingen. Dit geldt voor ruimtelijke plannen zoals bestemmingsplannen, sectorale plannen in sectoren zoals energie en transport, en strategische plannen die richting geven aan toekomstige projecten. Een MER is ook wettelijk verplicht voor bepaalde grote projecten en plannen, en helpt bij het beoordelen van verschillende alternatieven en hun milieueffecten. Het zorgt voor transparantie, participatie van stakeholders, en helpt bij het beheersen van mogelijke risico's en negatieve effecten, wat bijdraagt aan een duurzamere en verantwoorde uitvoering van de plannen.

Alle mer-beoordelings(plichtige) projecten staan in bijlage V van het Omgevingsbesluit. In het kader van het Warmteprogramma zijn de volgende mer-beoordeling plichtige projecten relevant, zoals beschreven in onderstaande tabel.

Tabel 4-1 Uitsnede van Bijlage V. bij de artikelen 11.6, 11.7 en 11.8 van dit besluit (aanwijzing projecten en de daarvoor benodigde besluiten waarvoor een mer-(beoordelings)plicht geldt)

Nr.	Projecten	Gevallen waarin de mer-plicht geldt (artikel 16.43, eerste lid, aanhef en onder a, van de wet)	Gevallen waarin de mer-beoordelingsplicht geldt (artikel 16.43, eerste lid, aanhef en onder b, van de wet)	Besluiten als bedoeld in artikel 11.6, derde lid, onder c, van dit besluit
B4	Diepboringen, in het bijzonder geothermische boringen	Niet van toepassing	Oprichting, wijziging of uitbreiding	De omgevingsvergunning voor een milieubelastende activiteit of de omgevingsvergunning voor een wateractiviteit
J9	Buisleidingen voor: c. stoom of warm water	Niet van toepassing	Aanleg, wijziging of uitbreiding	Het omgevingsplan of, bij afwezigheid daarvan, de omgevingsvergunning voor een wateractiviteit
K1	Werkzaamheden voor het onttrekken of kunstmatig aanvullen van grondwater	Een hoeveelheid water van 10.000.000 m3 of meer per jaar	Oprichting, wijziging of uitbreiding	De omgevingsvergunning voor een wateractiviteit of de omgevingsvergunning op grond van een omgevingsverordening als bedoeld in artikel 5.4 van de wet

Zie gebruikshandleiding

4.2 Bijlage 2. Advies Commissie voor de milieueffectrapportage

Het 'Advies over reikwijdte en detailniveau van het milieueffectrapport Warmteprogramma gemeente (<Vul naam gemeente in>)' van (<Vul datum in>) is te lezen op de website van de Commissie voor de milieueffectrapportage, via de link:

(<Voeg link toe>)

Zie gebruikshandleiding

Bijlage 3. Methodiek van het plan-MER

In dit hoofdstuk wordt de opbouw van het plan-MER en de manier van beoordelen van de effecten toegelicht. Daarnaast is de onderzoeks- en beoordelingsmethodiek van het plan-MER uiteengezet.

Bijlage 3.1 Wat wordt er onderzocht: de voorgenomen activiteit

Een voorgenomen activiteit is een geplande actie, project of uitvoering van een programma dat mogelijk significante milieueffecten kan hebben. Om deze milieueffecten in kaart te brengen en te beoordelen wordt een milieueffectrapportage (MER) opgesteld. In enkele gevallen is dit verplicht. Dit geldt vooral wanneer de activiteit onderdeel is van een breder plan of programma dat kaders stelt voor toekomstige ontwikkelingen of vergunningen. In dit geval is het besluit tot vaststelling van het Warmteprogramma de reden waarom er een mer-procedure wordt doorlopen. De voorgenomen activiteit voor dit plan-MER is het aardgasvrij maken van buurten/gebouwen in de gemeente. De verschillende warmteoplossingen die kunnen worden ingezet om een buurt of gebouw aardgasvrij te maken, zijn de alternatieven die in dit plan-MER worden onderzocht.

In dit plan-MER worden daarom de effecten van deze alternatieven op de leefomgeving op buurtniveau, per algemeen buurttype (in bijlage 5 worden deze buurttypen uitgebreid toegelicht) onderzocht. Voor veel aspecten levert de beschouwing per buurttype voldoende informatie om keuzes te maken in het Warmteprogramma. Enkele aspecten zijn niet op buurtniveau te onderzoeken, omdat deze spelen op gemeenteniveau. Deze buurt overschrijdende effecten worden daarom apart gemeente breed in beeld gebracht en beoordeeld, zodat deze als extra beslisinformatie in de afweging kunnen worden meegenomen.

In het Warmteprogramma wordt de technische haalbaarheid van deze alternatieven, de bijbehorende kosten, het onder- en bovengronds ruimtegebruik en de interactie met de (toekomstige) koelvraag beschreven. Het plan-MER beoordeelt de bijbehorende milieueffecten en weegt daar nadrukkelijk niet de technische haalbaarheid van warmteoplossingen mee. Dit plan-MER brengt daarmee in beeld welke milieueffecten kunnen optreden wanneer één van deze alternatieven als voorkeursalternatief in een buurt(type) wordt gekozen. Het plan-MER geeft hiermee beslisinformatie over milieueffecten, waardoor deze vroegtijdig, naast andere criteria, kunnen worden meegewogen in de keuze voor een voorkeursoplossing per buurt. Daarnaast geeft het plan-MER informatie over mogelijke mitigerende maatregelen, doet voorstellen voor monitoring en evaluatie om deze milieueffecten te minimaliseren. Door deze maatregelen mee te nemen in haar uitvoeringsplannen kan de gemeente zorgen dat milieuinformatie niet alleen wordt meegewogen bij het maken van keuzes, maar ook zorgen dat de opvolging en mitigatie daarvan in de opvolgende fases geborgd wordt.

Bijlage 3.2 Abstractieniveau

Dit plan-MER heeft tot doel om op gemeenteniveau informatie te leveren waarmee milieueffecten mee kunnen worden gewogen in de afweging voor een voorkeursalternatief naar aardgasvrij per buurt. Het abstractieniveau van de informatie is dan ook toegespitst op dat doel. Na vaststelling van het Warmteprogramma gaat de gemeente met meer concrete uitwerkingen op buurtniveau. Tracés zijn bijvoorbeeld nu nog niet in beeld bij het beoordelen van de milieueffecten van de voorkeursalternatieven. Dit plan-MER biedt aandachtspunten waar rekening mee gehouden moet worden in deze uitwerking. De uitwerking van een alternatief op straatniveau en de bijbehorende milieueffecten en vergunningsverlening op dat specifieke detailniveau komen daarom niet naar voren in dit MER.

Bijlage 3.3 Onderzoeksmethodiek

Onderstaande paragraaf beschrijft de verschillende stappen van het plan-MER onderzoek.

Inventarisatie

De milieueffecten worden beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie. De referentiesituatie is de toekomstige situatie, zonder uitvoering van het Warmteprogramma, maar inclusief autonome ontwikkelingen (het vastgesteld beleid). Autonome ontwikkelingen zijn de verwachte veranderingen in de omgeving als gevolg van bestaande plannen en bij voortzetting van het bestaande (vastgestelde) beleid. In hoofdstuk 2 worden deze referentiesituatie en de autonome ontwikkeling in meer detail beschreven.

In de modelrapportage zijn 6 alternatieven, zoals beschreven in bijlage 4, opgenomen. Voor de gemeente is in beeld gebracht in welke mate de alternatieven en daarvoor benodigde installaties overeenkomen met de genoemde alternatieven. Daarnaast worden de in de gemeente beschikbare duurzame bronnen uitgewerkt.

Bijlage 5 beschrijft de buurttypologie, buurttypen die in Nederland worden onderscheiden en het gebruik daarvan aan de hand van onderscheidende kenmerken in dit plan-MER. De buurttypen die aanwezig binnen de gemeente zijn in kaart gebracht.

Generieke beoordeling per alternatief

Voor de verschillende thema's en de bijbehorende aspecten is in beeld gebracht welke potentiële milieueffecten kunnen optreden bij de aanleg en tijdens het gebruik van de alternatieven zoals gedefinieerd aan de hand van de startanalyse van het PBL. Dit leidt voor ieder aspect tot een beoordeling op mogelijk optredende milieueffecten per alternatief, afhankelijk van in welke fase de effecten optreden. Deze beoordeling van de alternatieven wordt voor de aanleg- en gebruiksfase in een tabel weergegeven.

Verdieping naar buurttype

Buurtten verschillen van elkaar in onder andere opbouw, dichtheid van bebouwing, aanwezigheid van groene en andere kenmerken. Daardoor kan de impact van de diverse alternatieven naar aardgasvrij verschillen per buurt. In de buurttypologie zijn de verschillen tussen buurten uitgewerkt aan de hand van kenmerken en worden buurten ingedeeld in 14 buurttypen (zie bijlage 5). Het verschillen van de milieueffecten kan worden gerelateerd aan buurttypen door gebruik te maken van deze onderscheidende kenmerken. Waar een onderscheidend kenmerk van invloed kan zijn op de optredende milieueffecten, zoals het aantal woningen in een buurt (uitgedrukt in woonequivalenten per hectare), wordt aan de hand van dit kenmerk de algemene beoordeling bijgesteld. Dit resulteert in een beoordeling per aspect voor de alternatieven in de aanleg- en gebruiksfase uitgesplitst naar buurttype. Het gebruik van de buurttypologie is beperkt tot het plan-MER: in het Warmteprogramma zelf, waarin de keuze van het voorkeursalternatief per buurt wordt gemaakt, wordt deze worden niet gebruikt.

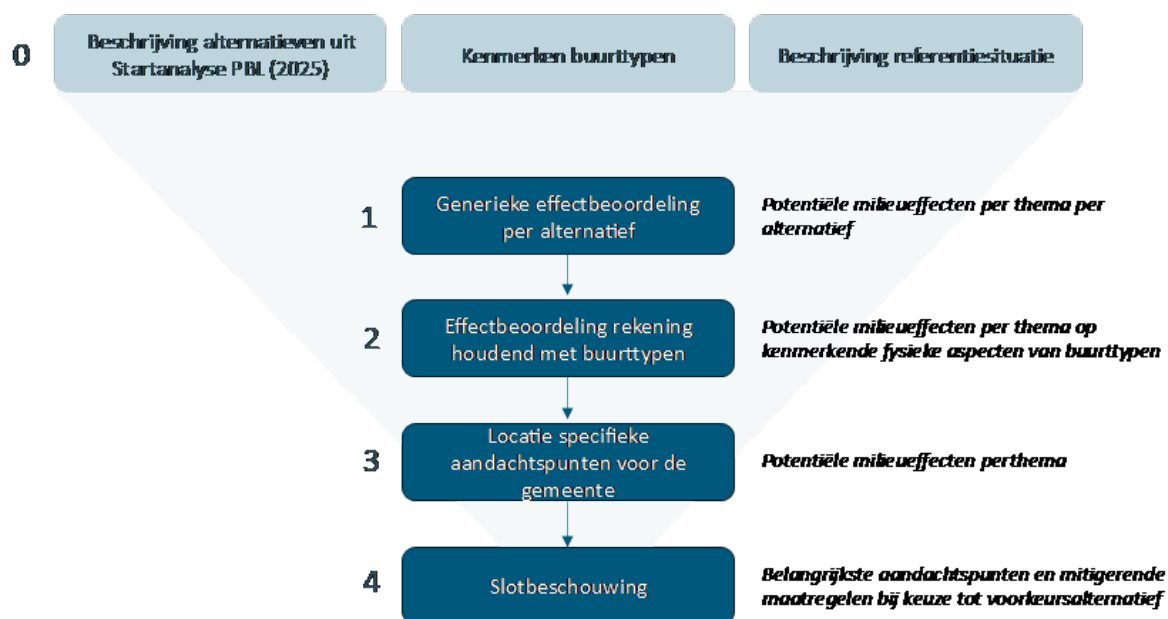
Geografische informatie: Locatiespecifiek

Aspecten die een specifieke geografische component met zich meebrengen, oftewel die buurttype overstijgend zijn, worden op gemeenteniveau onderzocht (het plangebied). Zo wordt gekeken naar:

- Archeologische en cultuurhistorische waarden;
- Emissievrije zones;
- Ligging van het huidige warmtenet;
- Drinkwaterwingebieden- en beschermingszones;
- Beschermde soorten in de gemeente;
- Oppervlaktewateren voor thermische energieopwekking;
- Nabijgelegen Natura 2000-gebieden.

Slotbeschouwing

In de slotbeschouwing worden de belangrijkste aandachtspunten per alternatief en buurttype samengevat. Daarnaast worden mitigerende maatregelen om de milieueffecten bij de gekozen voorkeursoplossingen te minimaliseren en bijbehorende borging door middel van monitoring en evaluatie samengevoegd weergegeven.



Figuur 4-1 Onderzoeksstappen voor het plan-MER bij het Warmteprogramma

Bijlage 3.4 Beoordelingsmethodiek

Wijze van bepalen en beoordelen van effecten

Er wordt gebruik gemaakt van een zevenpunt-schaal om de effecten voor alle relevante milieuthema's te beoordelen. De scores en hoe deze score moet worden uitgelegd is in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 4-2 Effectbeoordeling op basis van een zevenpuntschaal

Score	Toelichting
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie.
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie.
0/+	Licht positieve effect ten opzichte van referentiesituatie.
0	Neutraal/ geen effect ten opzichte van referentiesituatie.
0/-	Licht negatief effect ten opzichte van referentiesituatie
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie.
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie.

Beoordelingskader

Het beoordelingskader in onderstaande tabel geeft de onderzoeksthema's weer die in het plan-MER aan bod komen. De indicatoren laten vervolgens zien op welke wijze een aspect beoordeeld wordt. Daarnaast wordt in de laatste kolom aangegeven of het milieueffect in de aanleg- of gebruiksfase van een alternatief optreedt.

Tabel 4-3 Beoordelingskader MER Warmteprogramma

Thema	Aspect	Indicator	Aanleg- en/of gebruiksfase
Geluid en trillingen	Cumulatieve geluidshinder	Toename geluidsbelasting	Aanleg- en gebruiksfase
	Trillingen	Hinder door trillingen	Aanlegfase- en gebruiksfase
Elektromagnetische velden	Elektromagnetische velden	Toename hinder door elektromagnetische velden	Gebruiksfase
Luchtkwaliteit	Luchtkwaliteit	Uitstoot van fijnstof (PM ₁₀ , PM _{2.5}) en stikstofoxide (NO _x)	Aanleg- en gebruiksfase
Bodem en grondwater	Bodemkwaliteit (netwerklaag)	Impact op de biologische, chemische en fysische kwaliteit van de bodem	Aanleg- en gebruiksfase

Thema	Aspect	Indicator	Aanleg- en/of gebruiksfase
	Ondergrond en grondwater	De hydrologische, chemische, biologische en thermische impact op de ondergrond en grondwaterkwaliteit en -kwantiteit	Aanleg- en gebruiksfase
	Ondergronds ruimtegebruik	Ruimtebeslag in de ondergrond	Aanleg- en gebruiksfase
Ruimtelijke kwaliteit	Zichtbaarheid en beleving	Verrommeling van de buitenruimte	Gebruiksfase
	Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte	Totaal benodigd bovengronds ruimtegebruik & inpasbaarheid in de openbare ruimte	Gebruiksfase
Water	Drinkwater	Impact op de kwaliteit van het drinkwater in nabijgelegen leidingen van benoemde technieken	Gebruiksfase
Natuur en biodiversiteit	Beschermde soorten	Impact op beschermde soorten	Aanleg- en gebruiksfase
	Beschermde gebieden	Impact op instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden	Aanlegfase
	Stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden	Stikstofdepositie op stikstofgevoelige habitattypen in Natura 2000-gebieden	Aanlegfase
	Oppervlaktewater	Effecten op de biologische activiteit door filtering en koudepluim door gebruik van aquathermie	Gebruiksfase
Verkeer	Verkeer	Mate van verkeershinder voor gemotoriseerd verkeer, fietsers en voetgangers	Aanlegfase
Archeologie en cultuurhistorie	Archeologische waarden	Behoud archeologische waarden, onder andere door toepassing (grootschalige) bodemenergie en energie-infrastructuur	Aanlegfase
	Cultuurhistorische waarden	Behoud cultuurhistorische waarden, onder andere door toepassing (grootschalige) bodemenergie en energie-infrastructuur	Aanleg- en gebruiksfase
Materiaalgebruik	Materiaalgebruik	Levensduur van materiaal, mogelijkheden van hergebruik/recycling en totale hoeveelheid benodigd materiaal	Aanlegfase
Klimaat	Effect van warmteopwekking of koeling op hittestress	Mate van verandering in hittestress in verschillende wijken na introductie alternatieve warmtetechniek	Gebruiksfase

Bijlage 3.5 Referentiesituatie en beleidskader

Bijlage 3.5.1 De referentiesituatie

Voor de referentiesituatie wordt uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

Zie gebruikshandleiding

Bijlage 3.5.2 Beleidskader

Er zijn verschillende beleidskaders waarmee rekening gehouden moet worden bij het Warmteprogramma. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de belangrijkste kaders en beleidsstukken op internationaal, nationaal, provinciaal en regionaal niveau. Daaronder volgt het relevante gemeentelijk beleid.

Tabel 4-4 Overzicht beleidskaders

Beleidskader		Relevantie
Internationaal/Europees		
Europese klimaatwet/ Green Deal		Met de Europese Klimaatwet heeft Europa in de wet vastgelegd klimaatneutraal te willen zijn in 2050. In vergelijking met 1990 moeten broeikasgassen in 2030 met 55% zijn afgenomen. De wet volgde op het klimaatakkoord. De warmtetransitie draagt voor Nederland in grote mate bij aan het behalen van deze doelstelling.
Klimaatakkoord van Parijs (2015)		In 2016 heeft de Europese Unie mede namens Nederland het Klimaatakkoord van Parijs ondertekend. Doel van het akkoord is om de opwarming van de aarde te beperken tot ruim onder 2 graden Celsius. Met een duidelijk zicht op 1,5 graden Celsius. De EU-lidstaten hebben met elkaar afgesproken dat de EU in 2030 minimaal 55% minder moet uitstoten. In 2050 wil de Europese Unie klimaatneutraal zijn. Dat betekent dat er dan netto geen broeikasgassen meer worden uitgestoten.
Nationaal		
Besluit activiteiten leefomgeving (Bal)		In het Besluit activiteiten leefomgeving stelt het Rijk algemene regels voor activiteiten in de fysieke leefomgeving. Deze gelden voor alle partijen die actief zijn in de fysieke leefomgeving: burgers, bedrijven en overheid.
Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl)		In het Besluit bouwwerken leefomgeving staan regels over veiligheid, gezondheid, duurzaamheid en bruikbaarheid van bouwwerken. Daarnaast heeft het Bbl regels over de staat en het gebruik van een bouwwerk. En over het uitvoeren van bouw- en sloopwerkzaamheden.
Besluit gemeentelijke instrumenten warmte transitie (Bgiw)		Aanvullende uitvoeringsregeling waarin belangrijke onderdelen van de Wgiw verder zijn uitgewerkt.
Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl)		In het Besluit kwaliteit leefomgeving staan regels over omgevingswaarden, instructieregels, beoordelingsregels en regels voor monitoring. Het Bkl geldt voor het Rijk en decentrale overheden.
Klimaatwet		Met de Klimaatwet is wettelijk vastgelegd dat we in 2030 49% minder broeikasgassen moeten uitstoten en in 2050 95% minder ten opzichte van 1990. De warmtetransitie is een van de manieren waarmee Nederland deze doelstellingen wil behalen.
Mijnbouwwet		De mijnbouwwet reguleert het gebruik van bestaansbronnen in de diepe ondergrond. De Mijnbouwwet reguleert ook de informatieverstrekking over het gebruik van bestaansbronnen in de diepe ondergrond.
Nationaal Klimaatakkoord		Het Klimaatakkoord is een pakket van maatregelen en afspraken tussen bedrijven, maatschappelijke organisaties en overheden om gezamenlijk de uitstoot van Broeikasgassen in Nederland in 2030 ongeveer te halveren (vergeleken met 1990). In 2050 moet de uitstoot van broeikasgassen met 95% afgenomen zijn. Een van de afspraken die daarvoor is gemaakt, is dat dat Nederland uiterlijk in 2050 volledig aardgasvrij is.
Nationaal plan energiesysteem		Het Nationaal Plan Energiesysteem is de kabinetsvisie voor het energiesysteem tot 2050. In dit plan geeft het kabinet aan hoe we kunnen bouwen, besparen, verdelen en verbinden voor een duurzaam en rechtvaardig energiesysteem - nu en in de toekomst
Nationale omgevingsvisie (NOVI)		De NOVI komt voort uit de Omgevingswet. In deze nieuwe aanpak wordt als uitgangspunt gesteld dat ingrepen in de leefomgeving niet los van elkaar plaatsvinden, maar in samenhang. Op deze manier komt de gemeente in gebieden tot betere en meer geïntegreerde keuzes.
Omgevingswet		De Omgevingswet bundelt 26 wetten op het gebied van de fysieke leefomgeving met elkaar op het vlak van ruimte, wonen, infrastructuur, milieu, natuur en water. Hierbij gaat het om de balans tussen beschermen en benutten van de fysieke leefomgeving met het oog op duurzame ontwikkeling.
Programma Energiehoofdstructuur (PEH)		Het Programma Energiehoofdstructuur richt zich op de benodigde ruimte voor de nationale onderdelen van het energiesysteem op land voor een klimaatneutraal energiesysteem in 2050. Het PEH is een instrument om met

		gemeenten, provincies, havenbedrijven en netbeheerders afspraken te maken over de ruimte die hiervoor nodig is.
Structuurvisie (STRONG)	Ondergrond	De structuurvisie richt zich op duurzaam, veilig en efficiënt gebruik van bodem en ondergrond waarbij benutten en beschermen met elkaar in balans zijn. Het is een gezamenlijke visie van de (toenmalige) ministeries van Infrastructuur en Waterstaat en het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.
Waterschapsverordening		De waterschapsverordening bevat regels specifiek gericht op het watersysteem en waterstaatswerken binnen het beheergebied van een waterschap. Samen met het omgevingsplan bevat de waterschapsverordening de regels voor de fysieke leefomgeving op lokaal niveau. Er staan regels in voor verschillende soorten activiteiten.
Kaderrichtlijn Water		De Kaderrichtlijn Water (KRW) is een Europese richtlijn die op 22 december 2000 van kracht is geworden. De doelstellingen binnen de KRW ondersteunen bij het realiseren en behouden van chemisch schoon en ecologisch gezond oppervlaktewater en grondwater. De Europese lidstaten hebben gezamenlijk afgesproken dat uiterlijk in 2027 een goede toestand bereikt moet zijn.
Wet collectieve warmte (Wcw)		Naar verwachting treedt de Wet collectieve warmte op z'n vroegst vanaf 1 januari 2027 in. Met de wet wordt beoogd de warmtetransitie in de gebouwde omgeving te bevorderen door het gebruik van collectieve Warmtevoorziening te faciliteren en tegelijkertijd de publieke belangen duurzaamheid, leveringszekerheid en betaalbaarheid beter te borgen. Ook worden er met de wet CO ₂ eisen gesteld aan de te leveren warmte bij collectieve systemen. Met deze wet kan een gemeente haar publieke waarden borgen.
Wet instrumenten (Wgiw)	gemeentelijke warmtetransitie	De Wgiw stelt gemeenten in staat om maatregelen te nemen voor de transitie naar duurzame warmte door bevoegdheid te geven om lokale instrumenten en regelingen in te zetten. De Wgiw is op 10 december 2024 aangenomen door de Eerste Kamer en zal gefaseerd in werking treden. Wgiw artikel IA, IB, en IIA treden op 1 januari 2025 in werking, en Artikel IC treedt in werking met ingang van 1 juli 2026.
Provinciaal		
Regionaal		
Gemeentelijk		

Zie gebruikshandleiding

4.4 Bijlage 4. Alternatieven naar aardgasvrij

Deze bijlage bevat een inhoudelijke toelichting op de verschillende aardgasvrije alternatieven die zijn uitgewerkt aan de hand van de startanalyse van het PBL. Per alternatief wordt beschreven welke duurzame warmtebronnen en systeemonderdelen nodig zijn. Ook wordt voor de gemeente aangegeven welke alternatieven en bronnen worden meegenomen in het Warmteprogramma.

Startanalyse PBL

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) helpt gemeenten bij het opstellen van hun Warmteprogramma met de startanalyse⁴⁹, een rekenkundig analyseprogramma. In deze startanalyse werkt het PBL aan de hand van technische informatie en economisch factoren verschillende 'strategieën' uit om een buurt aardgasvrij te maken. Deze berekeningen zijn opgesteld met behulp van het rekenmodel Vesta MAIS. Deze startanalyse geeft informatie over de nationale meerkosten en de meerkosten per ton CO₂-emissiereductie (ten opzichte van het referentiebeeld in 2030) en het energieverbruik per buurt wanneer voor een specifieke strategie naar aardgasvrij wordt gekozen.

Het PBL heeft vier hoofdstrategieën⁵⁰ geïdentificeerd om buurten aardgasvrij te maken:

- (S1) Individuele elektrische warmtepomp;
- (S2) Warmtenet met midden- en hoge temperatuur bron;
- (S3) Combinatie van warmtenet met (zeer-)lage temperatuur bron en individuele elektrische warmtepompen;
- (S4) Hybride warmtepomp met klimaatneutraal gas.

Een hoofdstrategie gaat uit van een specifieke techniek om een buurt aardgasvrij te maken. Per hoofdstrategie heeft het PBL een aantal varianten uitgewerkt die de hoofdstrategie verder specificeren. In totaal zijn er 18 varianten. Het PBL maakt daarin onderscheid in de infrastructuur⁵¹ die nodig is om de buurt aardgasvrij te maken. Het gaat om bijvoorbeeld de aanleg van een warmtenet, warmtecentrale en of het elektriciteitsnet verzaamd moet worden. Daarnaast onderscheidt het PBL binnen deze hoofdstrategieën diverse varianten waarbij met name onderscheid wordt gemaakt in het soort duurzame bron en het benodigde gemiddelde isolatieniveau (minimaal schillabel D+ of B+) per buurt. Het isolatieniveau heeft in de uitwerking van de PBL Startanalyse invloed op de berekeningen van de nationale kosten, energieverbruik en de CO₂-reductie.

De inzet van klimaatneutraal gas als warmteoplossingen, ofwel hoofdstrategie 4, wordt in de modelrapportage niet meegenomen als alternatief. Het totaaloverzicht van alle door het PBL geïdentificeerde varianten die worden gebruikt in dit plan-MER is weergegeven in Tabel 4-5. Daarbij is ook het onderscheid tussen de varianten op het gebied van aanlevertemperatuur van het water en benodigd isolatieniveau van woningen en gebouwen opgenomen, omdat deze invloed hebben op de milieueffecten en de beoordeling daarvan.

⁴⁹ PBL Planbureau voor de Leefomgeving. *Gebruikershandleiding. Toelichting op het gebruiken en interpreteren van de resultaten van de Actualisatie van de Startanalyse 2025*. (2025).

⁵⁰ Uitleg strategieën en varianten | Startanalyse aardgasvrije buurten

⁵¹ PBL (2022), *Startanalyse aardgasvrije buurten 2020, achtergrondrapport*.

Tabel 4-5 PBL-varianten naar aardgasvrij

Code	Strategie	Variant	Aanlevering temperatuurniveau (in graden Celsius)	Isolatie- niveau
S1a	Individuele elektrische warmtepomp	Individuele elektrische luchtwarmtepomp	n.v.t.	B+
S1b		Individuele elektrische bodemwarmtepomp	n.v.t.	B+
S2a	Warmtenet met midden- en hoge-temperatuurbronnen	Warmtenet met MT- restwarmtebron	70	B+
S2b		Warmtenet met MT- geothermiebron, potentiecontour	70	B+
S2c		Warmtenet met MT- geothermiebron, overal	70	B+
S2d		Warmtenet met MT- restwarmtebron	70	D+
S2e		Warmtenet met MT- geothermiebron, potentiecontour	70	D+
S2f		Warmtenet met MT- geothermiebron, overal	70	D+
S3a	Combinatie (Z)LT-warmtenet met individuele elektrische warmtepompen	Warmtenet met LT- restwarmtebron	15-30	B+
S3b		ZLT-warmtenet met WKO (individuele opwaardering)	15	B+
S3c		ZLT-warmtenet met WKO (collectieve opwaardering)	70	B+
S3d		ZLT-warmtenet met WKO (collectieve opwaardering)	50	B+
S3e		ZLT-warmtenet met WKO en TEO (individuele opwaardering)	15	B+
S3f		Warmtenet met LT- restwarmtebron (collectieve opwaardering)	70	D+
S3g		ZLT-warmtenet met WKO (individuele opwaardering)	15	D+
S3h		ZLT-warmtenet met WKO (collectieve opwaardering)	70	D+

Bundeling van PBL-strategieën in 6 alternatieven

Er zit overlap tussen de verschillende strategieën en varianten in de aanleg en het gebruik van installaties en bijbehorende te verwachten milieueffecten. Daarom zijn de aardgasvrije hoofdstrategieën 1 tot en met 3 van het PBL en bijbehorende varianten op basis van kenmerken als gelijksoortige duurzame bron of het gebruik van overeenkomende installaties, zoals een type warmtenet, samengevoegd in zes alternatieven. Zoals eerder in deze bijlage genoemd wordt hoofdstrategie 4, de inzet van klimaatneutraal gas niet meegenomen in deze modelrapportage. Deze zes alternatieven omvatten in totaal 16 verschillende PBL-varianten.

In veel varianten worden vergelijkbare technieken toegepast. Varianten met gelijksoortige technieken worden in dit plan-MER onder één alternatief beschouwd en beoordeeld. Het verschil tussen isolatieniveau B+ of D+ van de woning of gebouw wordt in de startanalyse uitgewerkt in aparte varianten. De alternatieven die in het vervolg van deze rapportage worden beschreven, maken géén onderscheid in isolatieniveau. Het verschil in isolatieniveau per variant en de milieueffecten door extra isolatiemaatregelen, worden apart besproken bij de hiervoor relevante milieuthema's (beschermden soorten en cultuurhistorie). Daarom worden in dit plan-MER in hoofdstuk 2 eerst de milieueffecten van de aanleg en het gebruik van de installaties behorende bij de zes alternatieven beschreven. Vervolgens wordt het effect van aanvullende isolatiemaatregelen op relevante thema's, zoals beschermden soorten en cultuurhistorie, afzonderlijk toegelicht.

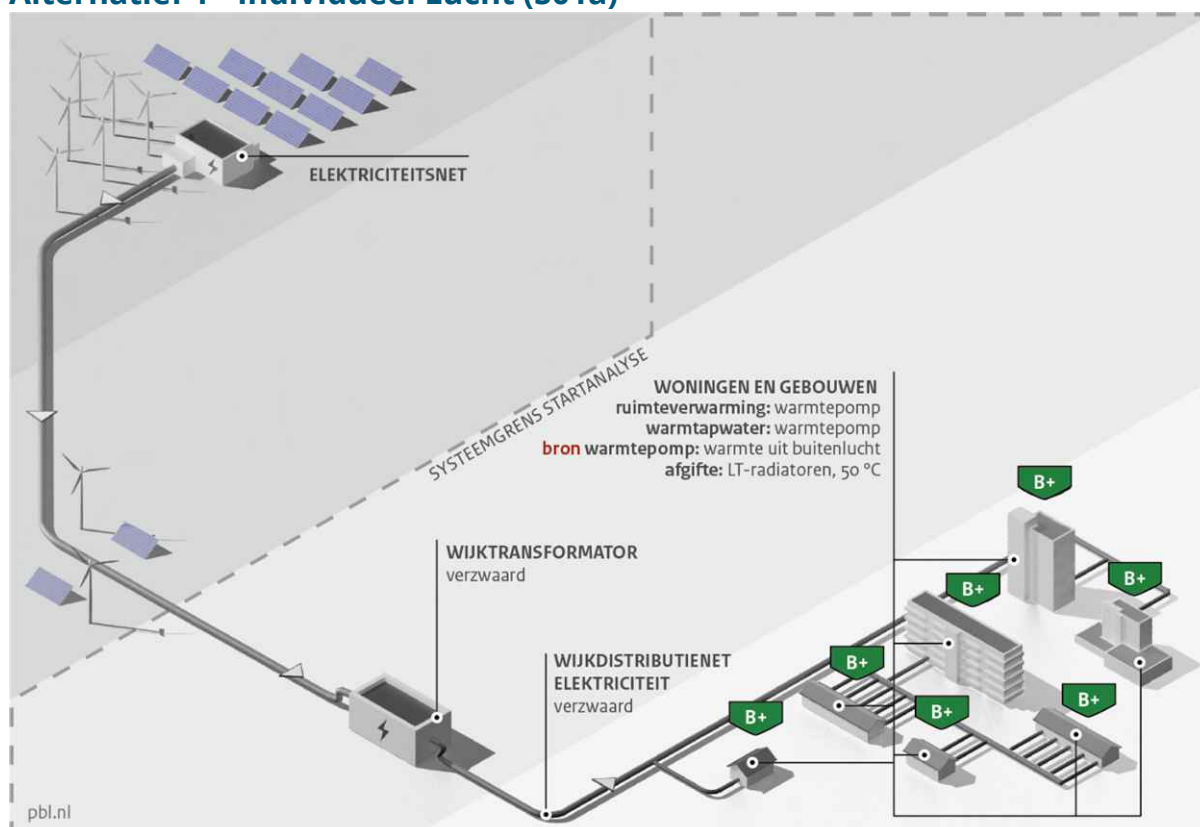
In onderstaande tabel is per alternatief aangeven welke PBL-hoofdstrategie en varianten zijn samengebundeld. Het eerste deel van de benaming van een variant verwijst naar de betreffende hoofdstrategie van het PBL, de kleine letter geeft de variant op deze hoofdstrategie aan.

Tabel 4-6 Samenhang alternatieven en PBL-varianten

Alternatief	PBL-variant
Individueel lucht	S01a
Individueel bodem	S01b
MT warmtenet met geothermie	S02b, c, e, f
MT warmtenet met restwarmte	S02a, d
(Z)LT warmtenet met collectief opwaarderen	S03c, d, h, f
(Z)LT warmtenet met individueel opwaarderen	S0a, b, e, g

In de hiernavolgende paragrafen worden de alternatieven kort toegelicht. Benoemd worden de benodigde installaties, netverzwaringsopgave en andere uitgangspunten beschreven. De laatste paragraaf gaat in op de benodigde werkzaamheden bij het isoleren van gebouwen.

Alternatief 1 - Individueel Lucht (S01a)



Figuur 4-2 Systeemonderdelen van alternatief 1 Individueel Lucht overeenkomend met variant S01a van het PBL

Voor alternatief 1 wordt iedere woning en/of gebouw voorzien van een individuele, elektrische luchtwarmtepomp. Het PBL gaat hierbij uit 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 verzwakt 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 er op dat het gaat om een oplossing waarbij elke woning of gebouw een eigen 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).

Warmtebron

Een individuele luchtwarmtepomp verbruikt elektriciteit om warmte uit de lucht te halen. Vervolgens wordt water verwarmd naar het gewenste temperatuurniveau om het huis te verwarmen. 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, bovenop 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.

Installatie en ruimtevraag

Een luchtwarmtepomp bestaat uit een binnen- en 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 het 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 23-31m² groot⁵². Op een groter schaalniveau is binnen de gemeente ruimte benodigd voor middenspanningsstations (200-4.000m²) of aan de rand van de gemeente voor hoogspanningsstations (15.000-100.000 m²)⁵³. 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.

Het PBL gaat uit 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

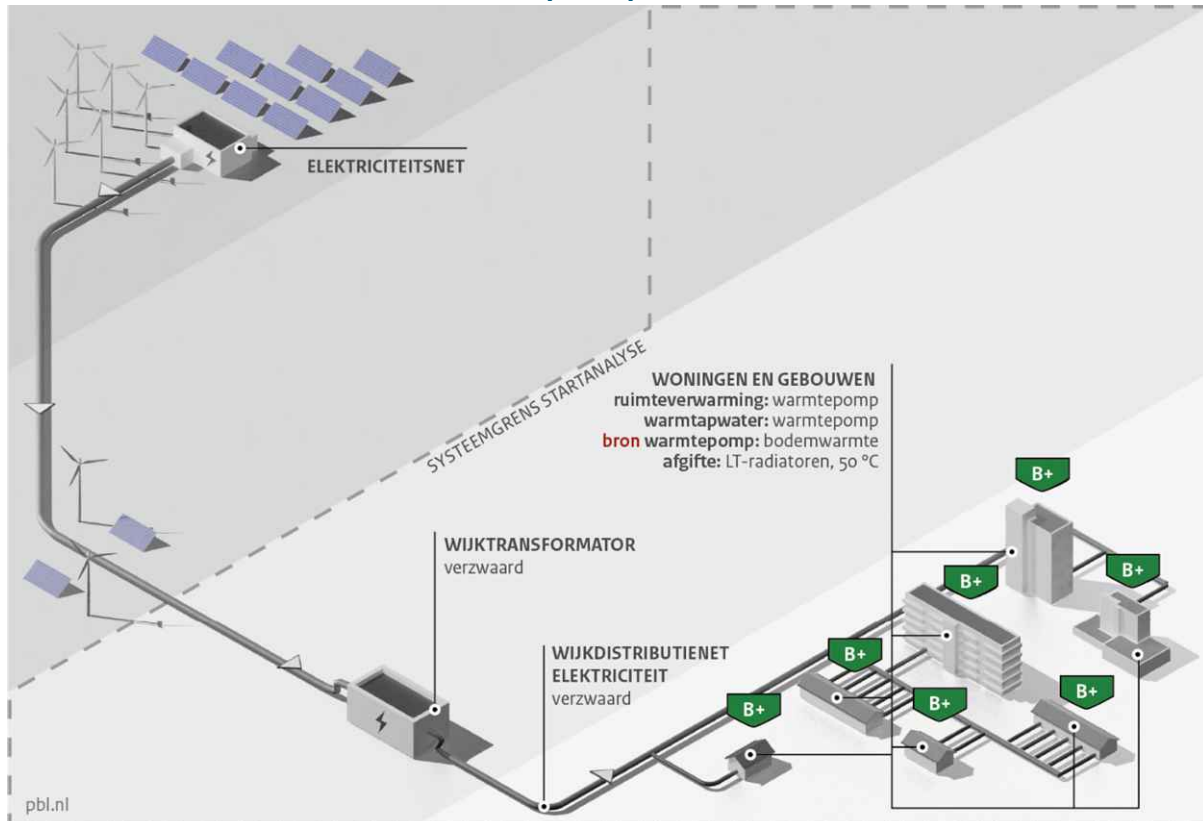
⁵² [Warmteoplossingen en ruimtegebruik | NPLW](#)

⁵³ [Handreiking Ruimtelijke inpassing van energie-infra](#)

lagere temperaturen van rond de 35°C tot 45°C, wat goed past bij vloerverwarming of lage temperatuur convectoren.

Het PBL gaat uit van een afgiftetemperatuur van de luchtwarmtepomp tot 50°C.

Alternatief 2 - Individueel Bodem (S01b)



Figuur 4-3 Systeemonderdelen van alternatief 2 Individueel Bodem overeenkomend met variant S01a van het PBL

Bij alternatief 2 wordt er in iedere woning een individuele, elektrische bodemwarmtepomp geïnstalleerd. Het PBL gaat hierbij, net als bij alternatief 1, uit 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. Het elektriciteitsnet en transformatoren in de wijk dienen hiervoor verzwakt 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 er op 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).

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 stabiel over het jaar. Ondanks een stabiel verbruik van elektriciteit is ook bij de grootschalige inzet van individuele bodemwarmtepompen in de meeste buurten extra versterking van het elektriciteitssysteem nodig (bovenop de versterking die al nodig is voor elektrisch vervoer, zon-PV en elektrisch koken). Dit betekent meer elektriciteitsinfrastructuur in de vorm van transformatorhuisjes en elektriciteitskabels. Daarnaast zijn op het middenspanningsniveau ook verzwaringen nodig.

Installatie en ruimtevraag

Om warmte uit de bodem te kunnen halen wordt er een gesloten buizensysteem (bodemplus) in de grond geplaatst. Dit Gesloten Bodem Energiesysteem (GBES) kan horizontaal op ongeveer anderhalve meter diepte of verticaal via diepe boringen wordt 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 bodemplussen 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 500m 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 23-31m² groot. Op een groter schaalniveau is binnen de gemeente ruimte benodigd voor middenspanningsstations (200-4.000m²) of aan de rand van de gemeente voor hoogspanningsstations (15.000-100.000 m²). 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

Ook voor dit alternatief moet de woning of het gebouw een isolatieniveau van B of hoger hebben. Een van de laatste paragrafen in deze bijlage beschrijft de benodigde maatregelen hiervoor.

Per WEQ is er minimaal één ondergrondse bodemplus nodig. Bodemwarmtepompen zijn daarom voor buurttypen met een hoge aantal WEQ's per hectare, zoals hoogbouw, geen geschikte oplossing. De verticale bodemplus voor de GBES moet worden geboord met een grondboormachine, vaak gemonteerd op een vrachtwagen of rupsonderstel. Voor een horizontale GBES worden de bodemplussen 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 laag temperatuurafgiftesysteem (bijvoorbeeld vloerverwarming of radiatoren, worden geïnstalleerd om effectief te verwarmen of koelen.

Het PBL gaat uit van een minimaal isolatieniveau van de woning van B of hoger.

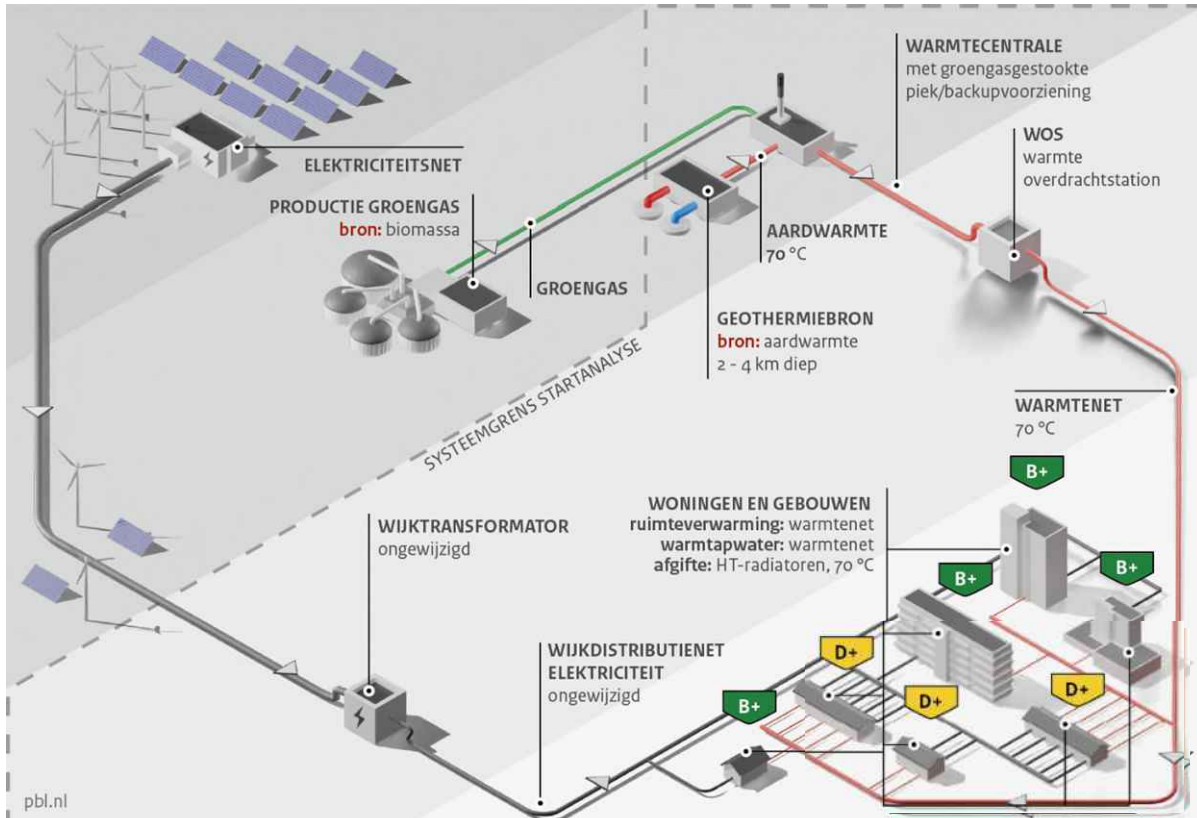
Afgiftetemperatuur van het water

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.

Het PBL gaat uit van een afgiftetemperatuur van de bodemwarmtepomp tot 50°C.

Alternatief 3 - MT Geothermie / warmtenet (S2b, c, e, f)



Figuur 4-4 Systeemonderdelen van alternatief 3 MT Geothermie / warmtenet overeenkomend met variant S02b, c, e en f van het PBL

In alternatief 3 MT Geothermie / warmtenet wordt met behulp van warmte uit de diepe ondergrond water verwarmd en via een warmtenet naar woningen en gebouwen getransporteerd. MT duidt op Midden Temperatuur, wat betekent dat de temperatuur van het water in het warmtenet hoog genoeg is om direct in de warmtevoorziening voor de ruimteverwarming of warm tapwater te kunnen voorzien. Er zijn daardoor geen extra installaties in de woning of het gebouw nodig; het gaat om een collectieve warmteoplossing.

De vraag naar warmte vanuit het warmtenet kan variëren, bijvoorbeeld tijdens koude winterdagen, daarom wordt er naast de geothermiecentrale ook gebruik gemaakt van een warmtecentrale met een piek- of back-upvoorziening. Deze piek- of back-upvoorziening kan een groengasgestookte ketel (zoals in bovenstaande figuur weergegeven) zijn, maar er kan ook gebruik worden gemaakt van een installatie op waterstof of biomassa of een elektrische boiler. Er kan gebruik worden gemaakt van een hoge temperatuuropslag (HTO) bij geothermie waarbij warmte wordt opgeslagen in de bodem. In dat geval is de piek- of back-upvoorziening niet of minder nodig, omdat de extra vraag vanuit de HTO geleverd kan worden. Het is niet mogelijk om te koelen met een MT geothermie warmtenet.

Warmtebron

Bij geothermie wordt warmte uit de diepe ondergrond gewonnen. Om deze warmte uit de diepe ondergrond te gebruiken, zijn boringen met een diepte van 2.000 tot 4.000 meter benodigd. Voor een systeem zijn ten minste twee boringen (een doublet) nodig: een productie- en een injectieput. Uit de productieput wordt warm water opgepompt en door een warmtewisselaar geleid waarmee water wordt opgewarmd en het warmtenet gevoed wordt. Het opgepompte en afgekoelde water wordt via de injectieput weer terug de grond in gepompt waar het weer opwarmt. Wanneer het water weer opgewarmd is, kan het opnieuw opgepompt en gebruikt

worden. Geothermie levert warm water met een constante temperatuur en is qua efficiëntie te vergelijken met een bodemwarmtepomp.

Een geothermie-installatie bestaat uit verschillende onderdelen die samenwerken om warmte uit diepe aardlagen te winnen en te benutten. Het systeem begint met één of meerdere diepe boringen, vaak tot wel enkele kilometers diep, waarmee warm water of stoom uit de ondergrond wordt opgepompt. Dit warme water stroomt vervolgens door een warmtewisselaar, waar de warmte wordt overgedragen aan een apart watercircuit dat gebruikt wordt voor verwarming van gebouwen of netwerken. Nadat de warmte is onttrokken, wordt het afgekoelde water weer terug in de bodem gepompt via een retourput, zodat het systeem gesloten en duurzaam blijft. Daarnaast bevat de installatie regeltechniek, pompen en leidingen om het proces te sturen en te beveiligen. Het geheel vormt een robuust en efficiënt systeem dat continu aardwarmte kan leveren zonder afhankelijk te zijn van fossiele brandstoffen.

Netverzwaring

De geothermiecentrale, warmtecentrale en het warmteoverdrachtstation hebben een elektriciteitsaansluiting nodig. Alhoewel afhankelijk van de lokale situatie hoeft het elektriciteitsnet hiervoor niet of slechts beperkt verzwakt te worden. Het extra benodigde vermogen is minimaal en vergelijkbaar met de referentiesituatie⁵⁴.

Installatie en ruimtevraag

Bij geothermie wordt onderscheid gemaakt tussen het ondergrondse deel (de doublet) en een bovengronds deel, de geothermiecentrale. Voor de doublet waarmee warmte uit de diepe ondergrond wordt gehaald, zijn ten minste twee boringen nodig. Na de boring wordt de bron onder het maaiveld afgewerkt en bovengronds is enkel een putdeksel zichtbaar. Boven op de bron kan daarna gebouwd worden, mits de bron toegankelijk blijft voor onderhoud. Het water uit de ondergrond wordt naar een geothermiecentrale geleid waar het via warmtewisselaars wordt geleid. Vanuit geothermiecentrale wordt warm water met behulp van elektrische pompen het warmtenet ingepompt. De omvang van de geothermiecentrale kan variëren afhankelijk van schaal en het type installatie. In de aanlegfase wordt er, inclusief werkterrein, uitgegaan van ongeveer 10.000 m² benodigde ruimte. In de gebruiksfase hangt het ruimtebeslag af van de inpassing, waarbij er voorbeelden zijn waar door slimme inpassing de ruimtevraag beperkt kan worden.

Er kan gebruik worden gemaakt van een hoge temperatuuropslag (HTO) bij geothermie waarbij warmte wordt opgeslagen in de bodem. In dat geval is de piek- of back-upvoorziening niet of minder nodig, omdat de extra vraag vanuit de HTO geleverd kan worden.

Het ruimtebeslag van een warmtecentrale met de piek- of back-upvoorziening hangt sterk af van de gekozen configuratie en de schaal van het systeem. Bij een groengasgestookte piek- of back-upvoorziening gaat het om een gebouw met daarin de ketels waarin water wordt verwarmd door groengas te verbranden.

Één of meerdere warmteoverdrachtstations (WOS) zorgen ervoor dat het warme water wordt overgedragen aan de distributieleidingen van het warmtenet. Ook is er meestal een warmtebuffer aanwezig, bijvoorbeeld een verticale opslagtank van tientallen meters hoog, waarin tijdelijk warmte wordt opgeslagen om pieken in de vraag op te vangen.

Het warmtenet bestaat 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.

⁵⁴ Informatieblad netverzwaring en netcongestie. Toelichting op hoe elektriciteitsnetten terugkomen in de Actualisatie van de Startanalyse.

Uit onderzoek blijkt dat midden temperatuur warmtenetten (MT-netten) in vergelijking met zeer lage temperatuur netten (ZLT-netten) een groter aansluitvermogen en dus ook een grotere fysieke infrastructuur vereisen.

Aanleg van infrastructuur

Het aanleggen van een geothermie bron omvat voorbereidende werkzaamheden, het plaatsen van een boortoren, het boren van de productie- en injectieput (afhankelijke van de diepte en omvang van de geothermie bron kan dit enkele maanden duren), en het plaatsen van de geothermiecentrale met pompen, filters en warmtewisselaars. De aanleg van een geothermiebron, een warmtecentrale of een warmteoverdrachtstation gaat gepaard met (zwaar) verkeer voor de aan- en afvoer van materialen.⁵⁵

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 ca. 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.⁵⁶

Aansluiting woningen en gebouwen

Voor een MT-warmtenet is isolatie van minimaal schillabel D+ wenselijk, hoe beter geïsoleerd de woning of het gebouw des te efficiënter functioneert het verwarmingssysteem. Het PBL rekent in de startanalyse dit alternatief door voor buurten met een gemiddeld isolatieniveau van D+ en B+. 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 afgifteset (warmtewisselaar) geïnstalleerd worden. Dit kan meestal in de meterkast. Afgifte van warmte in de woning kan via bestaande radiatoren of vloerverwarming. Bij appartementen met een collectieve warmtevoorziening wordt een collectieve warmtewisselaar geïnstalleerd.

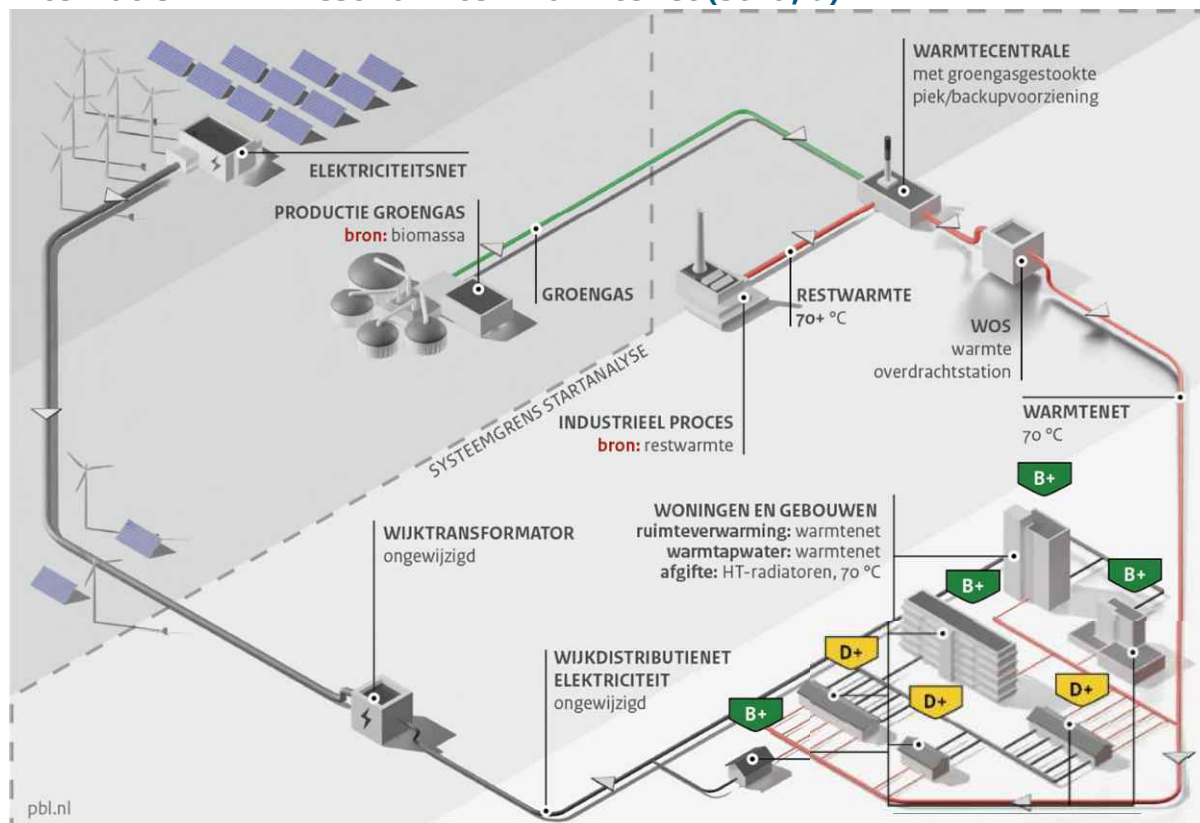
Afgiftetemperatuur van het water

De afgiftetemperatuur van het MT-warmtenet gevoed door geothermie is 70°C.

⁵⁵ Geothermie Delft

⁵⁶ Rapport Aanleg en gebruik van warmteleidingen, door Warming UP & Deltares

Alternatief 4 - MT Restwarmte / warmtenet (S02a, d)



Figuur 4-5 Systeemonderdelen van alternatief 4 MT Restwarmte / warmtenet overeenkomend met variant S02a en d van het PBL

In het alternatief MT Restwarmte wordt restwarmte geleverd vanuit de industrie. De restwarmte is afkomstig van industriële processen waar hoge temperaturen bij benodigd zijn, zoals afvalverbranding of zware chemische processen. Deze restwarmte wordt via een warmtewisselaar overgedragen aan water waarmee het MT-warmtenet wordt gevoed en naar afnemers getransporteerd wordt via een netwerk van leidingen. Het warmtenet kan worden gevoed door één of meerdere restwarmtebronnen met een temperatuur van ten minste 70 °C. Deze temperatuur is hoog genoeg om direct in de warmtevoorziening voor de ruimteverwarming of warm tapwater te kunnen voorzien. Er zijn daardoor geen extra installaties in de woning of het gebouw nodig: het gaat om een collectieve warmteoplossing. Koelen is niet mogelijk in het alternatief MT restwarmte.

De vraag naar warmte vanuit het warmtenet kan variëren, bijvoorbeeld tijdens koude winterdagen, daarom wordt er ook een warmtecentrale met een piek- of back-upvoorziening geïnstalleerd. Deze piek- of back-upvoorziening kan een groengasgestookte ketel (zoals in bovenstaande figuur weergegeven zijn), maar er kan ook gebruik worden gemaakt van een installatie op waterstof of biomassa of een elektrische boiler.

Warmtebron

In dit alternatief wordt restwarmte uit industrie gebruikt voor het verwarmen van gebouwen en leveren van warm tapwater.

Voor de definitie van restwarmte wordt in Nederland de definitie vanuit Europese regelgeving⁵⁷ gehanteerd, waarmee restwarmte aan een aantal criteria 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;

⁵⁷ MEDEDELING VAN DE COMMISSIE — Leidraad betreffende de verwarmings- en koelingsaspecten in de artikelen 15 bis, 22 bis, 23 en 24 van Richtlijn (EU) 2018/2001 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen, zoals gewijzigd bij Richtlijn (EU) 2023/2413

- 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 graden Celsius 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 industrieel proces met restwarmte, de warmtecentrale en het warmteoverdrachtstation hebben een elektriciteitsaansluiting nodig. Alhoewel afhankelijk van de lokale situatie hoeft het elektriciteitsnet hiervoor niet of slechts beperkt verzwakt te worden. Het extra benodigde vermogen is minimaal en vergelijkbaar met de referentiesituatie⁵⁸.

Installatie en ruimtevraag

De benodigde installaties bestaan 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.

Het ruimtebeslag van een warmtecentrale met de piek- of back-upvoorziening hangt sterk af van de gekozen configuratie en de schaal van het systeem. Bij een groengasgestookte piek- of back-upvoorziening gaat het om een gebouw met daarin de ketels waarin water wordt verwarmd door groengas te verbranden.

Één of meerdere warmteoverdrachtstations (WOS) zorgen ervoor dat het warme water wordt overgedragen aan de distributieleidingen van het warmtenet. Ook is er meestal een warmtebuffer aanwezig, bijvoorbeeld een verticale opslagtank van tientallen meters hoog, waarin tijdelijk warmte wordt opgeslagen om pieken in de vraag op te vangen.

⁵⁸ Informatieblad netverzwaring en netcongestie. Toelichting op hoe elektriciteitsnetten terugkomen in de Actualisatie van de Startanalyse.

Het warmtenet bestaat 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

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 installatie van een warmtewisselaar om de restwarmte over te dragen aan het warmtenet, warmtecentrale of warmteoverdrachtstation gaat gepaard met (zwaar) verkeer voor de aan- en afvoer van materialen.⁵⁹

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 ca. 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.⁶⁰

Aansluiting woningen en gebouwen

Voor een MT-warmtenet is isolatie van minimaal schillabel D+ wenselijk, hoe beter geïsoleerd de woning of het gebouw des te efficiënter functioneert het verwarmingssysteem. Het PBL rekent in de startanalyse dit alternatief door voor buurten met een gemiddeld isolatieniveau van D+ en B+. 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 afgifteset (warmtewisselaar) geïnstalleerd worden. Dit kan meestal in de meterkast. Afgifte van warmte in de woning kan via bestaande radiatoren of vloerverwarming. Bij appartementen met een collectieve warmtevoorziening wordt een collectieve warmtewisselaar geïnstalleerd.

Voor de varianten waarbij het PBL uitgaat uit van een minimaal isolatieniveau van de woning van B of hoger.

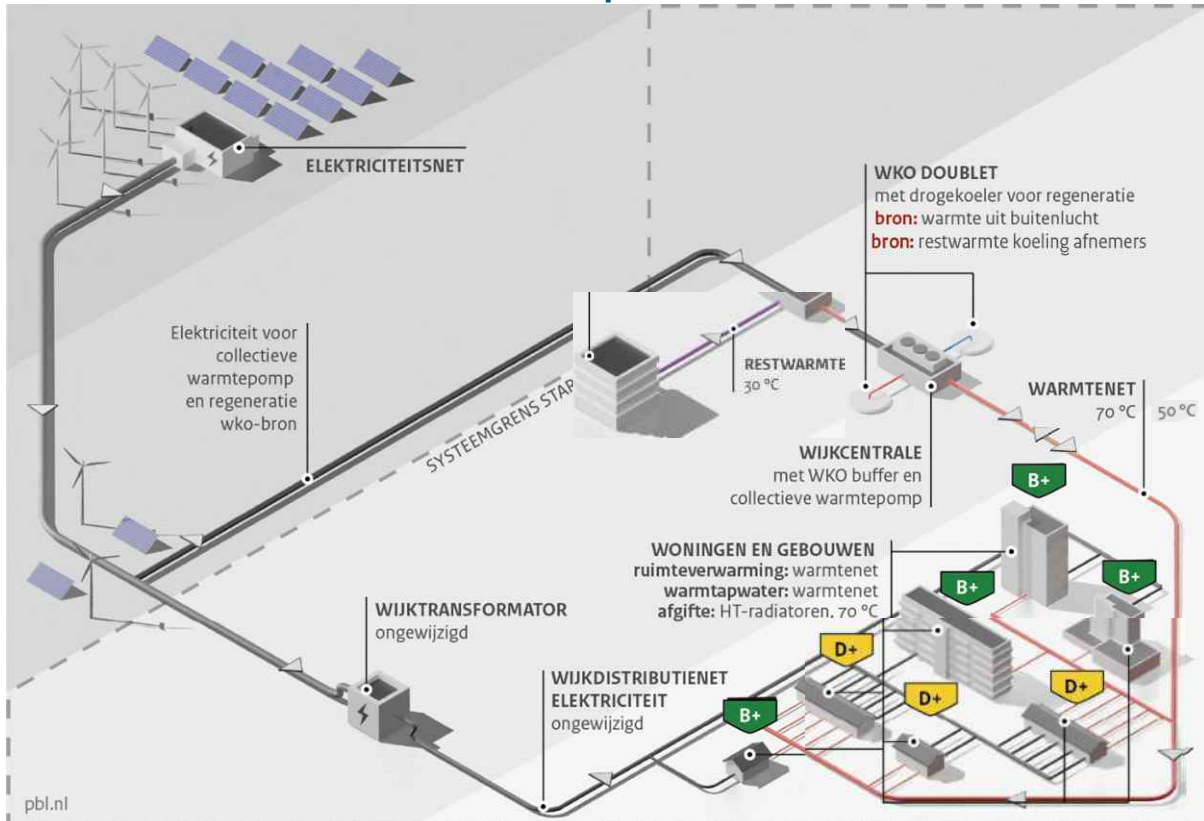
Afgiftetemperatuur van het water

De afgiftetemperatuur van het MT-warmtenet gevoed door restwarmte is 70°C.

⁵⁹ Geothermie Delft

⁶⁰ Rapport Aanleg en gebruik van warmteleidingen, door Warming UP & Deltares

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



Figuur 4-6 Systeemonderdelen van alternatief 5 (Z)LT bron / Collectief opwaarderen overeenkomend met variant S03c, d, f en h van het PBL

In alternatief 5 wordt gebruik gemaakt 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.

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. Hiervoor onttrekt de collectieve warmtebron warmte uit de buitenlucht.

De warmte in deze variant wordt gegenereerd uit restwarmtebronnen of een WKO, waarbij warmte en koude uit de bodem wordt onttrokken. Om uiteindelijk een aanlevert temperatuur 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 gebruik gemaakt worden van restwarmte. Bij het (Z)LT bron / collectief opwaarderen alternatief gaat het om (zeer) lage temperatuur restwarmte, bijvoorbeeld van datacenters.

Ook hier gelden de criteria⁶¹ 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;

In alternatief 4 is een drietal factoren beschreven die bepalen of restwarmte geschikt is als duurzame warmtebron: de temperatuur van de restwarmte (ook wel de warmtekwiteit), de afstand tot afnemers, en de leveringszekerheid van de restwarmte. Dit geldt ook wanneer restwarmte als warmtebron gebruikt wordt in alternatief 5.

Netverzwaring

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

Voor het collectief opwaarderen van de temperatuur van geleverde warmte is elektriciteit nodig. Het elektriciteitsnet moet hiervoor verzwakt 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 de individuele elektrische alternatieven 1 en 2, 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 verzwakt 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 verzwakt 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 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 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

⁶¹ MEDEDELING VAN DE COMMISSIE — Leidraad betreffende de verwarmings- en koelingsaspecten in de artikelen 15 bis, 22 bis, 23 en 24 van Richtlijn (EU) 2018/2001 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen, zoals gewijzigd bij Richtlijn (EU) 2023/2413

warmtenet hiermee gevoed. De grootte van de warmtecentrale is afhankelijk van het aantal woningen wat gebruik maakt van de installaties. De drogekoeler 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 alternatief 5 ligt tussen de 50 en 70 °C, daarom zijn de buisleidingen vergelijkbaar met de buisleidingen voor het 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-doulet 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 ca. 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.⁶²

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 PBL rekent in de startanalyse dit alternatief door voor buurten met een gemiddeld isolatieniveau van D+ en B+. Dit betekent voor woningen en gebouwen met een lager energielabel dan D+ dat hun isolatie moet worden verbeterd, vernieuwd of vervangen.

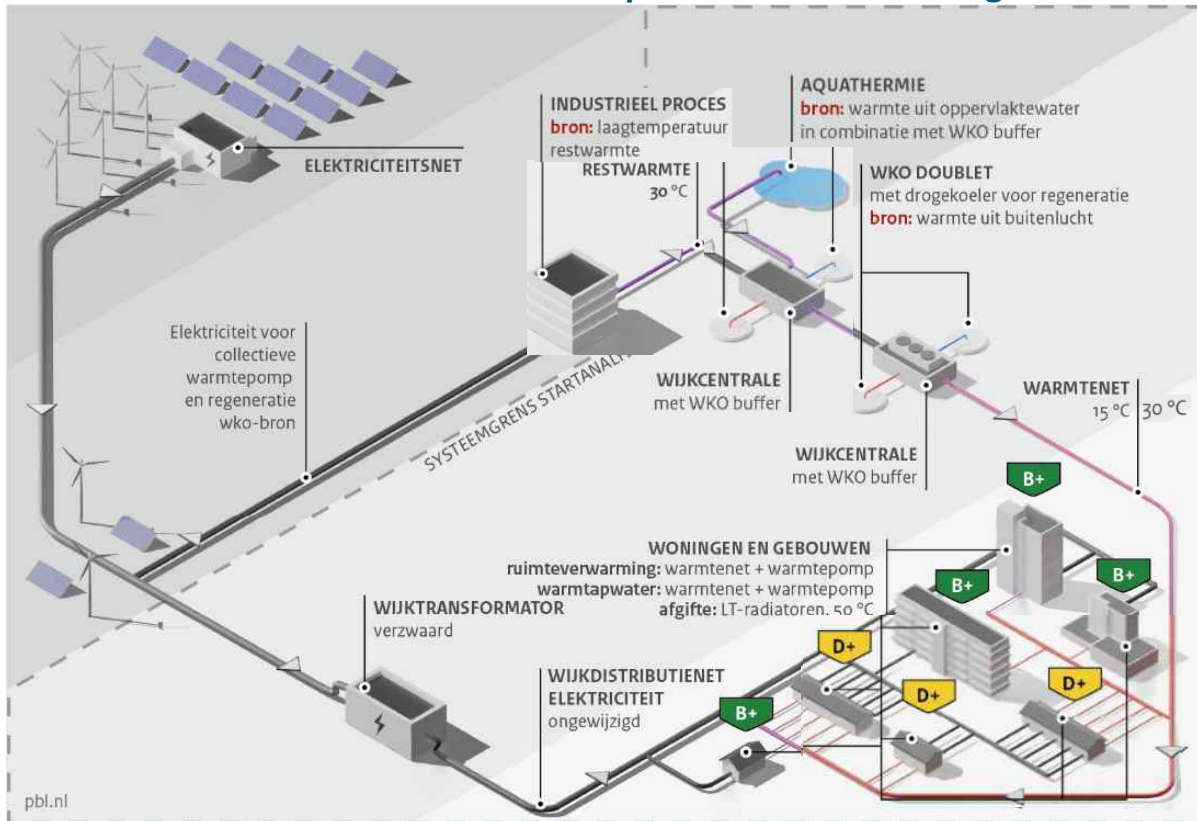
⁶² Rapport Aanleg en gebruik van warmteleidingen, door Warming UP & Deltares

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.

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



Figuur 4-7 Systeemonderdelen van alternatief 6 (Z)LT bron / Individueel opwaarderen overeenkomend met variant S03a, b, e en g van het PBL

In alternatief 5 (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 in alternatief 1 (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.

Warmtebron

Net als bij alternatief 5 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.

Collectieve warmtepompen verhogen de temperatuur van het water dat via de WKO en een warmtewisselaar is voorverwarmd, zodat het geschikt is voor ruimteverwarming en warm tapwater. Hiervoor onttrekt de installatie warmte uit de buitenlucht.

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 alternatief 1. 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.

Net als bij alternatief 5 kan in sommige gevallen in dit alternatief gebruik gemaakt 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 criteria⁶³ 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;

In alternatief 4 is een drietal factoren beschreven die bepalen of restwarmte geschikt is als duurzame warmtebron: de temperatuur van de restwarmte (ook wel de warmtekwiteit), de afstand tot afnemers, en de leveringszekerheid van de restwarmte. Dit geldt ook wanneer restwarmte als warmtebron gebruikt wordt in alternatief 6.

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 verzaamd te worden.

⁶³ MEDEDELING VAN DE COMMISSIE — Leidraad betreffende de verwarmings- en koelingsaspecten in de artikelen 15 bis, 22 bis, 23 en 24 van Richtlijn (EU) 2018/2001 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen, zoals gewijzigd bij Richtlijn (EU) 2023/2413

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. Hoewel ZLT-warmtenetten met individuele opwaardering efficiënter zijn dan alternatief 1 met alleen individuele luchtwarmtepompen, blijft de verspreide elektrische belasting een uitdaging. 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. Doordat het (Z)LT warmtenet de mogelijkheid geeft om passief te koelen, zal de elektriciteitsvraag door actieve koeling minder hoog zijn in vergelijking met het alternatief 1 waarbij alleen actieve koeling door de individuele luchtwarmtepomp mogelijk is.

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 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 uit alternatief 6 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 wordt 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 rekent het PBL ook met een variant waarbij het minimale isolatieniveau D+ is. 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.

Isolatieniveau

Isolatie heeft een grote invloed op de hoeveelheid benodigde energie om een woning of gebouw te verwarmen. In een goed geïsoleerd gebouw is er minder warmteverlies, waardoor aardgasvrije verwarmingssystemen efficiënter kunnen functioneren. Een schillabel, op basis van de kwaliteit van de thermische schil van een gebouw, is een label dat gebruikt wordt om isolatieniveau aan te geven.⁶⁴ Alternatieven met lage aanvoertemperaturen van water functioneren doorgaans beter in combinatie met woningen met een hoog schillabel (bijvoorbeeld schillabel B+), terwijl alternatieven met hoge aanvoertemperaturen relatief beter aansluiten bij woningen met een lager schillabel (bijvoorbeeld schillabel D+).

Het PBL houdt in de verschillende alternatieven schillabel D+ of B+ aan. 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 over het algemeen als volgt:

Van F+ naar D+:

⁶⁴ Onderscheid energielabel en schillabel: een schillabel geeft aan wat de isolatiekwaliteit van een gebouw is, los van de energieprestatie van installaties. Het energielabel is een bredere score voor de totale energiezuinigheid van een woning, inclusief isolatie en installaties.

- 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)

Isoleren van woningen en gebouwen kan echter ook leiden tot verschillende milieueffecten, zoals het aantasten van uiterlijke waarden of aantasten van de habitatten van vleermuizen. De effecten als gevolg van isoleren worden apart in de effectbeoordeling bekeken. In deze fase van het Warmteprogramma wordt gekeken naar de algemene milieueffecten van isoleren, omdat niet met zekerheid vast te stellen is welk exact isolatieniveau behaald moet worden per buurt. Dit kan in een uitvoerende fase verder geconcretiseerd worden.

Zie gebruikshandleiding

Beschikbare bronnen binnen de gemeente

In deze paragraaf wordt de beschikbaarheid van bijbehorende duurzame bronnen in de gemeente en van toepassing zijnde alternatieven beschreven die als warmteoplossing worden meegenomen in het Warmteprogramma.

De gemeente neemt de volgende duurzame bronnen mee in haar Warmteprogramma:

- ...

Zie gebruikshandleiding

Daaruit volgend worden in dit plan-MER de milieueffecten voor de volgende alternatieven onderzocht en beoordeeld:

- ...

Zie gebruikshandleiding

4.5 Bijlage 5. Buurttypen

In het warmteprogramma presenteert een gemeente haar aardgasvrije voorkeursalternatief per buurt. De aanpak op buurniveau komt overeen met de Handreiking Warmtetransitie Lokale Warmte⁶⁵ van het Nationaal Programma Lokale Warmtetransitie. De buurtaanpak maakt maatwerk mogelijk, omdat elke buurt unieke kenmerken heeft zoals de leeftijd van gebouwen of de beschikbare infrastructuur. Dit zorgt ervoor dat oplossingen beter aansluiten bij de specifieke behoeften van de buurt. Het is daarom van belang om informatie over milieueffecten te onderzoeken op datzelfde buurniveau.

De gemeente heeft (<aantal buurten>) buurten. Het is niet haalbaar om alle buurten binnen een gemeente ten opzichte van elkaar te vergelijken of per buurt alle alternatieven af te wegen binnen dit plan-MER. Daarom is gewerkt met wijktypen. Alhoewel hier gesproken wordt over wijktypen gaat het in de literatuur om onderscheidende kenmerken op buurniveau. Dit wordt later in deze bijlage toegelicht.

In dit plan-MER wordt om verwarring te voorkomen niet gesproken over de bovengenoemde term wijktypen, zoals gebruikelijk in de literatuur, maar buurttypen. De keuze voor de term buurttype benadrukt dat de beoordeling van milieueffecten in dit plan-MER op hetzelfde abstractieniveau plaatsvindt als waarop de keuze voor een voorkeursalternatief wordt gemaakt in het Warmteprogramma. In het vervolg van deze bijlage worden onderscheidende kenmerken van buurttypen en de relatie met de potentiële milieueffecten die per alternatief kunnen optreden verder uitgewerkt. Bij de beoordeling van de milieueffecten in hoofdstuk 2 wordt steeds aan deze onderscheidende kenmerken gerefereerd.

Zie gebruikshandleiding

Wat is een buurttype?

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 het kader van samenwerkingsinitiatief Klimaat-effectatlas.

In het onderzoek zijn de gemeenten Den Haag, Amsterdam, Utrecht, Deventer en 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, zoals hierboven besproken, als buurttypen aangeduid. Deze *bouwfysische* kenmerken kunnen onder andere het bouwjaar van de woningen, opbouw van de straten en het type bebouwing (zoals rijtjeshuizen of appartementen) omvatten. Een groot deel van Nederland is geclassificeerd in buurttypen, delen van het buitengebied nog niet. NPLW is op dit moment bezig met het classificeren van deze gebieden. Voor de modelrapportage is daarom een type toegevoegd: buitengebied. In Nederland kunnen 15 verschillende buurttypen worden onderscheiden:

Tabel 4-7 Overzicht buurttypen

Buurtype	
1.	Historische binnenstad
2.	Vooroorlogse woonwijk
3.	Stedelijk bouwblok
4.	Tuindorp
5.	Volkswijk
6.	Naoorlogse woonwijk

⁶⁵ Handreiking Warmteprogramma

7.	Tuinstad laagbouw
8.	Tuinstad hoogbouw
9.	Hoogbouw
10.	Bloemkoolwijk
11.	Vinexwijk (Sub-urbane uitbreiding)
12.	Villawijk
13.	Bedrijventerrein
14.	Vernieuwd
15.	Buitengebied

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 voorkomen wanneer er bijvoorbeeld een park of stadsbos naast een stuk bebouwing samen worden gegroepeerd als buurt.

Definitie van gebouwen in de strategie naar aardgasvrij

In de buurttypologie zijn de bouwfysische kenmerken van gebouwen meegenomen in het classificeren van de buurttypen. Dit betreffen gebouwen die zowel worden gebruikt als woning en als niet-woning (utiliteitsgebouwen). In het MER is deze classificatie met name meegenomen in het buurttype 'Bedrijventerrein'. In het Warmteprogramma is dit nader uitgewerkt.

Kleerekoper (2016)⁶⁶ 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 2 zijn de potentiële milieueffecten en het risico daarom beschreven per thema en waar mogelijk gekoppeld aan de onderscheidende kenmerken per buurttype.

Beschrijving van de 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 aaneengeschaalde gebouwen dat gesloten is of een besloten binnen gebied heeft.⁶⁷ 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.

⁶⁶ 'Urban Climate Design: Improving thermal comfort in Dutch neighbourhoods' (2016)

⁶⁷ Rapport PBL: Krachtwijken met karakter verdieping



Figuur 4-8 Buurttype Historische binnenstad (Klimaat-effectatlas, 2025)

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.



Figuur 4-9 buurttype vooroorlogse woonwijk (Klimaat-effectatlas, 2025)

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.



Figuur 4-10 Buurttipe Stedelijk bouwblok ([Klimaat-effectatlas](#), 2025)

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.



Figuur 4-11 Buurttipe Tuindorp ([Klimaat-effectatlas](#), 2025)

5. Volkswijk

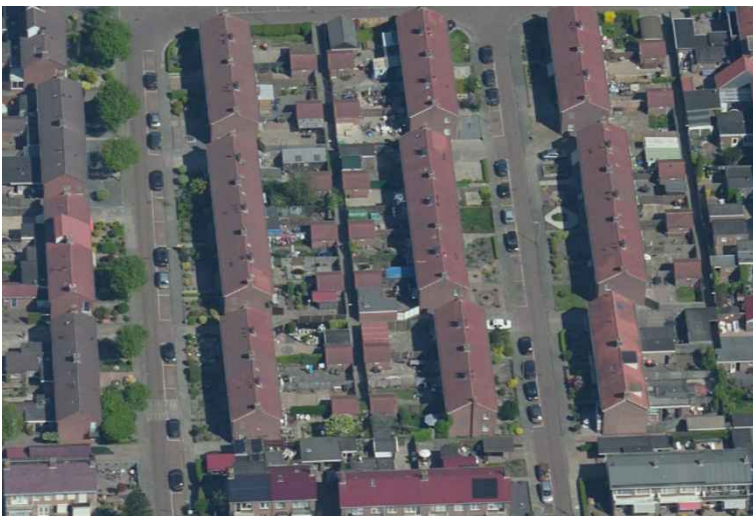
Volkswijken bestaan uit gesloten bouwblokken met eengezinswoningen van twee tot drie verdiepingen hoog, verbonden door middelbrede straten. Volkswijken hebben korte straten en kleine tuinen. Vaak ontbreken voortuinen en zijn de achtertuinen ondiep in vergelijking met de andere buurten. Er is weinig gemeentelijk 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.



Figuur 4-12 Buurtype Volkswijk (Klimaat-effectatlas, 2025)

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.



Figuur 4-13 Buurtype Naoorlogse woonwijk (Klimaat-effectatlas, 2025)

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 ruimte rondom het bouwblok.⁶⁸ 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.

⁶⁸ Rapport PBL: Krachtwijken met karakter verdieping



Figuur 4-14 Buurtype Tuinstad laagbouw (Klimaat-effectatlas, 2025)

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.



Figuur 4-15 Buurtype Tuinstad hoogbouw (Klimaat-effectatlas, 2025)

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.



Figuur 4-16 Buurttype Hoogbouw (Klimaat-effectatlas, 2025)

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.⁶⁹ 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.



Figuur 4-17 Buurttype Bloemkoolwijk (Klimaat-effectatlas, 2025)

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.

⁶⁹ Rapport PBL: Krachtwijken met karakter verdieping.



Figuur 4-18 Buurttype Vinexwijk (Klimaat-effectatlas, 2025)

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.



Figuur 4-19 Buurttype Villawijk (Klimaat-effectatlas, 2025)

13. Bedrijventerrein

Bedrijventerreinen liggen vaak aan de rand van steden of dorpen en hebben als functie de huisvesting 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.



Figuur 4-20 Buurtype Bedrijventerrein (Klimaat-effectatlas, 2025)

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.



Figuur 4-21 Buurtype Vernieuwd (Klimaat-effectatlas, 2025)

15. Buitengebied

Buitengebied bestaat uit lintbebouwing langs wegen of kleine clusters van woningen omringd door groen. Het buitengebied heeft smalle, 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.



Figuur 4-22 Buurrttype Buitengebied (Cyclomedia, 2025)

Naast de buurttypen heeft de typologie ook gebieden als Groen geclassificeerd. 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 buurttypen waar, naast de bestaande woningen of gebouwen, 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 dat dit buurttype geen eenduidig onderscheidende kenmerken heeft ten opzichte van de andere buurttypen. Voor dit buurttype kunnen daarom geen milieueffecten op buurtniveau bepaald worden.
- Het buurttype Groen duidt buurten met veel groen aan, dit betekent echter niet dat hier geen woningen of gebouwen zijn.

Deze meerduidigheid maakt dat deze buurttypen niet individueel beoordeeld kunnen worden per thema (er zijn voor deze buurten geen onderscheidende kenmerken), daarom is ervoor gekozen om deze buurten handmatig opnieuw in te delen. In de GIS-analyse die aan de basis ligt van de buurttype kaart (zie onderstaande figuur) wordt altijd een randschikking in buurttypen aangegeven: een specifieke buurt komt het meeste (uitgedrukt in een percentage) overeen met één specifiek buurttype en voor een kleiner percentage met andere buurttypen. Voor de buurttypen Vernieuwd of Groen is gekozen om het tweede meest overeenkomende buurttype te selecteren. Dit proces is toegelicht in bijlage 6. Dit betekent dat er in het plan-MER bij het warmteprogramma 14 buurttypen van toepassing zijn.

Zie gebruikshandleiding

Kenmerken buurttypen

De verschillende buurttypen worden onderscheiden aan de hand van ruimtelijke en bouwfysische kenmerken. In dit plan-MER zijn deze onderscheidende kenmerken gebruikt om de algemene beoordelingen voor de potentiële milieueffecten per alternatief te nuanceren naar buurttype. Naast de al door de HvA onderscheiden kenmerken zijn, met behulp van GIS-analyses, enkele nieuwe onderscheidende kenmerken voor buurttypen toegevoegd.

De onderscheidende kenmerken en hoe deze verschillen zijn uitgewerkt in Tabel 4-8. De groen gearceerde kenmerken die volgen uit de buurttypologie, te vinden op de [Klimaat-effectatlas.nl](https://klimaat-effectatlas.nl) en het onderzoek van Kleerekoper (2016).⁷⁰ De extra toegevoegde kenmerken voor dit plan-MER zijn blauw gemarkeerd. De analyse om tot de toegevoegde onderscheidende kenmerken te komen is hieronder kort beschreven.

De onderscheidende kenmerken zijn te verdelen in een aantal subcategorieën: straatbeeld, oppervlakte verdeling in een buurt, gevoeligheid van een buurt voor hittestress, en overig. Hieronder wordt voor elk

⁷⁰ HvA studie: *Computer leert wijktypen bepalen voor heel Nederland*, 2023

onderscheidend kenmerk uitgewerkt bij welke aspecten (en de beoordeling daarvan) dit kenmerk van belang is. Wanneer een onderscheidend kenmerk in hoofdstuk 2 gebruikt wordt om de algemene beoordelingen naar buurttype te nuanceren, wordt het kenmerk in de tekst extra benadrukt door deze in *cur sieve blauwe* tekst te vermelden.

In bijlage 6 zijn deze GIS-analyses en verdere uitwerking van de buurttypen beschreven.

Tabel 4-8 Buurttypen karakteristieken

Buurttypen tabel standaard													
Buurtype	Straatbeeld							Oppervlakte in buurt			Gevoeligheid buurt		Overig
	Bouwjaar	Woningtype	Woning equivalent -en (WEQs) per hectare	Hoogte gebouwen	Breedte van straten	Fijnmazigheid wegen net	Grondgebonden woningen	Groen	Percentage openbare ruimte	Verharding openbare ruimte	Hittegevoeligheid	Ventilatie	Functie van wijk
Historische binnenstad	Voor 1910	Gesloten bouwblok, combinatie van woningen en gebouwen	Hoog	3 tot 5	Smal	Hoog	Midden	16%	Laag	Hoog	Hoog	Laag	Woonfunctie , werkfunctie, recreatieve functie
Vooroorlogse woonwijk	Voor 1945	Strokenbouw, verspreid, eengezinswoning, 2 onder 1 kap, vrijstaand	Laag	2 tot 4	Smal	Laag	Hoog	29%	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Woonfunctie
Stedelijk bouwblok	1890-1940	Gesloten bouwblok, portiekwoning	Hoog	4 tot 6	Smal	Midden	Midden	20%	Midden	Hoog	Hoog	Hoog	Woonfunctie
Tuindorp	1910-1940	Gesloten bouwblok, eengezinswoning	Midden	2 tot 3	Breed	Midden	Hoog	33%	Hoog	Hoog	Hoog	Midden	Woonfunctie
Volkswijk	1910-1940	Eengezinswoningen, gesloten bouwblok	Midden	2 tot 3	Midden	Midden	Hoog	15%	Laag	Hoog	Hoog	Zeer laag	Woonfunctie
Naoorlogse woonwijk	Na 1945	Gesloten bouwblok, eengezinswoning: 2 onder 1 kap of vrijstaand	Laag	2 tot 3	Breed	Midden	Hoog	33%	Laag	Hoog	Midden	Midden	Woonfunctie
Tuinstad laagbouw	1945-1960	Eengezinswoningen	Midden	2 tot 3	Breed	Midden	Hoog	39%	Hoog	Midden	Midden	Zeer hoog	Woonfunctie
Tuinstad hoogbouw	1950-1965	Open bouwblok, appartementen	Midden	4 tot 10	Breed	Midden	Laag	35%	Midden	Midden	Midden	Zeer hoog	Woonfunctie
Hoogbouw	Na 1960	Verspreide bebouwing, appartementen	Midden	6 tot 20	Midden	Midden	Laag	11%	Midden	Hoog	Laag	Hoog	Woonfunctie , werkfunctie
Bloemkoolwijk	1970-1990	Eengezinswoningen, strokenbouw en open bouwblok	Midden	3 tot 5	Smal	Midden	Hoog	36%	Hoog	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	Woonfunctie
Villawijk	Van alle tijden	Verspreide bebouwing, 2 onder 1 kap, vrijstaand	Laag	1 tot 4	Breed	Laag	Hoog	52%	Midden	Laag	Laag	Hoog	Woonfunctie
Bedrijventerreinen	Van alle tijden	Verspreide bebouwing, dichte blokkendozen in vrije ruimte	Laag	2 tot 3	Breed	Laag	n.v.t.	9-35%	Hoog	Hoog	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	Hoog	Woonfunctie, werkfunctie

Straatbeeld

Het straatbeeld van een buurt refereert naar de kenmerken die samen een karakteristiek uiterlijk aan de buurt geven.

Bouwjaar

Het bouwjaar van een woning of buurt kan de bouwtenens van een periode weerspiegelen en illustreert wat er in de bouwperiode voor woningbehoeftes waren. Per postcode is het percentage van de bebouwing bekeken per interval van 5 jaar. Bouwjaar is een onderscheidend kenmerk voor de thema's archeologie en cultuurhistorie.

Woningtype

Per postcode is het percentage van bebouwing bekend voor de categorieën 'appartement', 'rijtjeshuis', '2-onder-1-kap' en 'vrijstaand'. Uiteindelijk is er besloten om de hoekwoning en tussenwoning samen te voegen tot rijtjeswoning. Dit is aangevuld met de bouwvorm van deze woningen: in blokken, vrijstaand of lintbebouwing bijvoorbeeld. Aan de hand van het kenmerk woningtype is het mogelijk om in te schatten hoe de verschillende alternatieven vorm krijgen wanneer toegepast, bijvoorbeeld in buurten met veel vrijstaande woningen zijn andere mogelijkheden vergeleken met buurten die bestaan uit appartementencomplexen. Dit kenmerk draagt bij aan de analyse van het kenmerk grondgebonden woningen en is een belangrijke pijler in het onderscheid van buurttypen.

Woning Equivalenten (WEQs) per hectare

Een woning equivalent (WEQ) is een eenheid van warmtevraag voor een woning. Een WEQ staat gelijk aan 27 tot 30 gigajoule per jaar (GJ/a), hierbij wordt ervan uitgegaan dat dit één woning representeert qua warmtevraag. In realiteit is WEQ een gemiddelde en varieert de exacte warmtevraag, bijvoorbeeld door verschil in isolatieniveau of grootte van een woning. Om de verschillen in warmtevraag per buurt in kaart te brengen is het kenmerk WEQ berekend, dit is gedaan per hectare. Het aantal WEQs per hectare is een onderscheidend kenmerk voor de thema's grondwater, verkeershinder en circulariteit.

Hoogte gebouwen

De bouwhoogte van gebouwen zegt veel over de buurttypen, zo zijn de woonlagen in een volkswijk lager dan bijvoorbeeld in een tuindorp hoogbouw. Per postcode is het percentage van de bebouwing bekend per interval van 1 meter. De hoogste categorie is '> 30m'. Uit deze dataset is de meest voorkomende waarde per buurttype gekozen. Dit is naar verdiepingen vertaald. Dit kenmerk is een belangrijke pijler in het onderscheiden van buurttypen.

Straatbreedte

Straatbreedte refereert naar hoe breed een straat is. Het kenmerk breedte van straten is geformuleerd op basis van onderzoek door Kleerekoper (2016) en later uitgewerkt in het kader van vervolg onderzoeken. De breedte van straten is een onderscheidend kenmerk voor de thema's cumulatieve geluidshinder, ondergronds ruimtegebruik, drinkwater en verkeershinder.

Fijnmazigheid wegennet: meters weg per hectare

De fijnmazigheid van het wegennet refereert naar de hoeveelheid straat en de graad van vertakking van dit wegennet in een buurt. Om de fijnmazigheid per buurt in kaart te brengen is gekeken naar de meters straat per hectare. De fijnmazigheid van het wegennet, in meters weg per hectare, is een onderscheidend kenmerk voor de thema's cumulatieve geluidshinder, luchtkwaliteit, bodemkwaliteit en verkeershinder.

Grondgebonden woningen

Een grondgebonden woning is een woning die direct toegankelijk is vanaf het straatniveau, vaak ter hoogte van het maaiveld en met een tuin. Het kenmerk grondgebonden woningen is geformuleerd op basis van onderzoek door Kleerekoper (2016) en later uitgewerkt in kader van vervolg onderzoeken. Dit is in de tabel groen gearceerd. Het kenmerk grondgebonden woningen is een onderscheidend kenmerk voor het thema natuur.

Oppervlakte in de wijk

De subcategorie oppervlakte in een wijk refereert naar de (percentuele) verdeling van grond in een buurt.

Openbare ruimte

Openbare ruimte is ruimte die voor iedereen toegankelijk is, in dit geval specifiek in de buitenlucht. Voor dit kenmerk is gekeken naar het percentage openbare ruimte per buurttype. Hierin is de grond in eigendom van de gemeente gebruikt als bron, exclusief de bebouwde grond, rijwegen en water. Wanneer er weinig openbare ruimte is, wordt het risico op een aantal milieueffecten hoger. Het kenmerk openbare ruimte is een onderscheidend kenmerk voor de thema's cumulatieve geluidshinder, elektromagnetische velden en bovengrondse ruimtekwaliteit.

Groen

Sommige buurten zijn van nature groener dan andere en daarom van belang voor een betere buurttype-bepaling. Voor iedere postcode is het totale percentage groen berekend en de percentages in de categorieën 'gras', 'heesters' en 'bomen'.

Verharding openbare ruimte

De verdeling van verhard en onverhard is meegenomen in de buurttype dataset omdat in een historische binnenstad vaak meer verharding op buurt- of straatniveau is dan bijvoorbeeld in een tuinstad of villawijk. Voor iedere postcode is het gemiddelde percentage verharding toegevoegd. Verharding openbare ruimte wordt indirect gebruikt voor het kenmerk hittestress gevoeligheid.

Gevoeligheid van de wijk voor hittestress

Op basis van de sensitiviteit van wijken voor hittestress is duidelijk hoe klimaatbestendig buurten zijn. Dit is relevant voor enkele effecten die autonome klimaatontwikkelingen versterken of verminderen.

Hittestress

De inschatting voor alle buurttypen hoe gevoelig ze zijn voor hitte is gedaan op basis van onderzoek door Deltares en HvA. Een aantal andere kenmerken dragen bij aan de analyse voor hittestress gevoeligheid per buurt. Dit zijn onder andere ventilatie en bouwhoogte. Het kenmerk hittestress gevoeligheid is een onderscheidend kenmerk voor de thema's luchtkwaliteit en hittestress.

Ventilatie

Ventilatie is het verversen van lucht door de afvoer van verontreinigde lucht en toevoer van schone lucht. Het doorlaten van wind in steden, de verversing van lucht dat plaatsvindt, heeft een direct invloed op de gevoelstemperatuur. Het kenmerk ventilatie is geformuleerd op basis van onderzoek door Kleerekoper (2016) en later uitgewerkt in het kader van vervolg onderzoeken. Hoewel dit kenmerk niet direct wordt gebruikt als onderscheidend tussen de buurttypen, is het relevant voor kenmerken als hittestress gevoeligheid.

Overig

Functie van de wijk

Het percentage van panden die de functie 'wonen' hebben per buurt- of straatniveau wordt berekend om de typologie bedrijventerrein van de overige typologieën te onderscheiden.

Daarnaast geeft de indeling van functies, anders dan wonen, ook inzicht in het bepalen van historische binnensteden. In de historische binnenstad zijn panden vaak opgedeeld in functies zoals winkels en wonen. De functie van de wijk (oftewel buurt) geeft een indicatie van hoe buurten gebruikt worden en wat voor bewegingen en handelingen er plaatsvinden. Hiermee draagt het kenmerk bij aan het algemene beeld en onderlinge onderscheid van buurttypen

Zie gebruikshandleiding

4.6 Bijlage 6. Uitwerking GIS analyse buurttypen

Bijlage 6.1 Buurten (<Vul naam gemeente in>) en wijktypologie

Zie gebruikshandleiding

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Tabel 4-9 Buurtypologie per buurt in (<Gemeente>)

ID	Buurtcode	Buurt	Buurtype Definitief	Buurtype 1	Beeoordeling 1	Buurtype 2	Beeoordeling 2	Buurtoppervlak (HA)
1								
2								
...								

Zie gebruikshandleiding

Bijlage 6.2 Fijnmazigheid wegennet

De fijnmazigheid van het wegennet is toegekend aan de verschillende buurttypen in heel Nederland om dit mee te kunnen nemen in de effectbeschrijving van geluid, bodem en verkeer. Op basis van de fijnmazigheid zijn risico's toegekend aan de buurttypen. Een hoge fijnmazigheid: veel meters weg per hectare, betekent een hoger risico. Hoe minder meters weg per hectare, hoe lager het risico. Dit heeft te maken met de aanname dat per straat een warmteleiding komt te liggen. Hoe meer warmteleidingen er nodig zijn, hoe meer werkzaamheden daarbij komen kijken. Dit heeft weer een impact op de geluids-, bodemkwaliteit- en verkeershinder effecten.

Om de fijnmazigheid per buurttype te berekenen met behulp van GIS zijn een aantal stappen genomen. Als basis is het Nationaal Wegen Bestand (NWB) genomen. Dit is gebruikt om per buurt de totale lengte (in meters) van het wegennet te berekenen en dit om te zetten naar meters weg per hectare. Vervolgens is per toegekend buurttype het gemiddelde genomen. Op basis hiervan is een onderverdeling in laag risico, middelhoog risico en hoog risico gemaakt. De uitkomsten zijn terug te zien in onderstaande tabel.

Tabel 4-10 Risicobepaling fijnmazigheid wegennet

Buurtype	Gemiddelde weglengte (m/ha)	Risico
Bedrijven	158,3	Laag risico
Bloemkoolwijk	248,5	Middelhoog risico
Buitengebied	74,2	Laag risico
Historische binnenstad	308,0	Hoog risico
Hoogbouw	250,3	Middelhoog risico
Naoorlogse woonwijk	214,4	Middelhoog risico
Stedelijk bouwblok	280,7	Middelhoog risico

Sub-urbane uitbreiding - VINEX	239,4	Middelhoog risico
Tuindorp	244,2	Middelhoog risico
Tuinstad hoogbouw	263,7	Middelhoog risico
Tuinstad laagbouw	259,4	Middelhoog risico
Villa	143,6	Laag risico
Volkswijk	276,0	Middelhoog risico
Vooroorlogse woonwijk	154,2	Laag risico

Bijlage 6.3 WEQ's per buurttype

Per buurttype is het aantal woningequivalenten (WEQ's) per hectare berekend om mee te nemen in de effecten van bodem, verkeer en circulariteit. Op basis van het aantal WEQ's per hectare zijn risico's toegekend aan de buurttypen. Hoe hoger het aantal WEQ's per hectare per buurttype hoe hoger het risico op negatieve effecten. Bijvoorbeeld voor bodem heeft dit te maken met de mogelijke milieueffecten op grondwater. Het aantal boringen per WEQ heeft een negatieve impact op grondwater, daarom is het risico hoger wanneer er veel WEQ's per hectare in een buurt zijn. Om het aantal WEQ's per hectare per buurttype te berekenen is de dataset van het Planbureau voor Leefomgeving⁷¹ gebruikt. Deze dataset is gekoppeld aan de buurttypen op basis van de buurtcodes. Zo is het gemiddelde WEQ's/ha per buurttype berekend en is op basis hiervan een laag risico, middelhoog risico of hoog risico aan de buurttypen toegekend. De uitkomsten zijn in onderstaande tabel te zien.

Tabel 4-11 Risicobepaling WEQ's per buurttype

Buurttype	Gemiddelde WEQ's/ha	Risico
Bedrijven	14,5	Laag risico
Bloemkoolwijk	27,0	Middelhoog risico
Buitengebied	3,2	Laag risico
Historische binnenstad	98,4	Hoog risico
Hoogbouw	59,2	Middelhoog risico
Naoorlogse woonwijk	22,3	Laag risico
Stedelijk bouwblok	119,2	Hoog risico
Sub-urbane uitbreiding - VINEX	20,8	Laag risico
Tuindorp	34,5	Middelhoog risico
Tuinstad hoogbouw	47,3	Middelhoog risico
Tuinstad laagbouw	35,0	Middelhoog risico
Villa	10,4	Laag risico
Volkswijk	56,7	Middelhoog risico
Vooroorlogse woonwijk	15,1	Laag risico

Bijlage 6.4 Openbare ruimte per buurttype

Het percentage openbare ruimte is toegekend aan de verschillende buurttypen in de gemeente om dit mee te kunnen nemen in de effectbeschrijving van geluid en ruimtelijke kwaliteit. Voor geluid betekent het dat wanneer er minder openbare ruimte is er in de gebruiksfase een hoger risico op geluidshinder door bepaalde warmte-installaties is omdat er niet aan de richtafstanden voor installaties kan worden voldaan. Wat betreft ruimtelijke kwaliteit wordt de inpasbaarheid

⁷¹ Startanalyse aardgasvrije buurten, Planbureau voor de Leefomgeving.

bemoeilijkt wanneer er weinig openbare ruimte is. Dus hoe minder openbare ruimte, hoe hoger het risico.

Om het percentage openbare ruimte in GIS te bepalen is gebruik gemaakt van twee datasets: openbaar groen in de gemeente (<Vul naam gemeente in>) en percelen in eigendom van de gemeente (<Vul naam gemeente in>). Water en wegen zijn hier vervolgens uit verwijderd en niet meegenomen. De gebieden aangemerkt als openbare ruimte zijn te zien in onderstaande figuur. De dataset openbare ruimte is opgesplitst naar de buurten in de gemeente. Per buurt is berekend hoeveel procent van het totale oppervlak uit openbare ruimte bestaat. Vervolgens is het gemiddelde per buurttype berekend. Op basis hiervan is een onderverdeling in laag risico, middelhoog risico en hoog risico gemaakt. De uitkomsten zijn terug te zien in onderstaande tabel.

(<Voeg hier een GIS-afbeelding toe>)

Zie gebruikshandleiding

Tabel 4-12 Risicobepaling openbare ruimte

Buurttype	Percentage openbare ruimte	Risico
Bedrijven		
Bloemkoolwijk		
Historische binnenstad		
Hoogbouw		
Naoorlogse woonwijk		
Sub-urbane uitbreiding - VINEX		
Tuindorp		
Tuinstad hoogbouw		
Tuinstad laagbouw		
Volkswijk		

Bijlage 6.5 Straatbreedte per buurttype

De straatbreedte is als kenmerk aan ieder buurttype toegekend door de HvA. Op basis hiervan is een inschatting van het risico gedaan. Dit is meegenomen in de effectbeschrijving van drinkwater en verkeer. Voor drinkwater is het bijvoorbeeld gewenst om een bepaalde afstand van drinkwaterleidingen te houden. Dus hoe breder de straat, des te kleiner is het risico op te weinig ruimte om de minimale afstand van 1,0 meter aan te houden die benodigd is om opwarming van het drinkwater te beperken. De risico's zijn gekoppeld aan de buurttypen, zie onderstaande tabel.

Tabel 4-13 Risicobepaling straatbreedte

Buurttype	Straatbreedte	Risico
Bedrijven	Breed	Laag risico
Bloemkoolwijk	Smal	Middelhoog risico
Buitengebied	Middelbreed	Middelhoog risico
Historische binnenstad	Smal	Hoog risico
Hoogbouw	Middelbreed	Middelhoog risico
Naoorlogse woonwijk	Breed	Laag risico
Stedelijk bouwblok	Smal	Hoog risico

Sub-urbane uitbreiding - VINEX	Breed	Laag risico
Tuindorp	Breed	Laag risico
Tuinstad hoogbouw	Breed	Laag risico
Tuinstad laagbouw	Breed	Laag risico
Villa	Breed	Laag risico
Volkswijk	Middelbreed	Middelhoog risico
Vooroorlogse woonwijk	Smal	Hoog risico

4.7 Bijlage 7. <N-DOK rapportage>

Zie gebruikshandleiding

4.8 Bijlage 8. AERIUS-rapportages

Zie gebruikshandleiding