

Definitief planMER Warmteprogramma gemeente Eindhoven

30 juni 2026

Kenmerk R001-1303766JAB-V01-agv-NL

Verantwoording

Titel	Definitief planMER Warmteprogramma gemeente Eindhoven
Opdrachtgever	Gemeente Eindhoven
Projectleider	Esther Snepvangers
Auteur(s)	Jacqueline Banken, Marloes Belgers
Tweede lezer	Esther Snepvangers, Joost de Jong
Kenmerk	R001-1303766JAB-V01-agv-NL
Aantal pagina's	183 (exclusief bijlagen)
Datum	30 juni 2026
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking.
	Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

TAUW bv
Australiëlaan 5
Postbus 3015
3502 GA Utrecht
T +31 30 28 24 82 4
E info.utrecht@tauw.com

Inhoud

Begrippenlijst 8
Samenvatting 11
Leeswijzer 21
0 Inleiding 22
0.1 Aanleiding en doel 22
0.2 Waarom een warmteprogramma? 22
0.2.1 Samenhang met ander gemeentelijk beleid, actualisatie en uitvoeringsplannen 22
0.3 De mer-procedure voor het warmteprogramma 23
0.4 Koppeling tussen planMER en warmteprogramma 23
0.5 Uitgangspunten planMER 24
0.6 Reacties op Notitie Reikwijdte en Detailniveau 25
0.7 Advies Commissie mer 26
0.7.1 Advies Commissie mer op NRD 26
0.7.2 Tussentijds advies Commissie mer op planMER 27
0.8 Wijzigingen in de scope van het MER t.o.v. de NRD 27
0.8.1 Wijzigingen in beoordelingskader 27
0.8.2 Wijzigingen in onderzoeksvarianten 29
0.8.3 Wijzigingen in buurttypen 29
1 Methodiek van het planMER 30
1.1 Wat wordt er onderzocht 30
1.1.1 Voorgenomen activiteit: warmteprogramma 30
1.1.2 Onderzoeksvarianten 30
1.2 Beoordelingsmethodiek 31
1.2.1 Wijze van beoordelen effecten 31
1.2.2 Beoordelingskader 31
1.2.3 Wat nemen we niet mee in het beoordelingskader? 33
1.2.4 Beoordeling op verschillende schaalniveaus 34
1.3 Processtappen planMER 35
1.4 Referentiesituatie en beleidskader 36
1.4.1 Referentiesituatie 36
1.4.2 Beleidskader 36
2 Onderzoeksvarianten 41

2.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel) 42
2.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel) 45
2.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-warmtenet met geothermie 48
2.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO) 53
2.5 Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp 58
3 Milieueffecten 61
3.1 Geluid en trillingen 61
3.1.1 Effectbeschrijving cumulatieve geluidshinder 61
3.1.2 Effectbeoordeling cumulatieve geluidshinder 70
3.1.3 Locatiespecifieke effectbeschrijving cumulatieve geluidshinder 70
3.1.4 Effectbeschrijving trillingen 72
3.1.5 Effectbeoordeling trillingen 76
3.1.6 Locatiespecifieke beschrijving trillingen 76
3.2 Elektromagnetische velden 76
3.2.1 Effectbeschrijving elektromagnetische velden 76
3.2.2 Effectbeoordeling elektromagnetische velden 79
3.2.3 Locatiespecifieke beschrijving elektromagnetische velden 79
3.3 Luchtkwaliteit 79
3.3.1 Effectbeschrijving stikstofdioxide 79
3.3.2 Effectbeoordeling stikstofdioxide 82
3.3.3 Locatiespecifieke beschrijving stikstofdioxide 82
3.3.4 Effectbeschrijving luchtkwaliteit PM10 83
3.3.5 Effectbeoordeling PM10 86
3.3.6 Locatiespecifieke beschrijving 86
3.3.7 Effectbeschrijving luchtkwaliteit PM2,5 86
3.3.8 Effectbeoordeling PM2,5 89
3.3.9 Locatiespecifieke beschrijving PM2,5 89
3.4 Bodem en ondergrond 89
3.4.1 Effectbeschrijving kwaliteit boven- en ondergrond 89
3.4.2 Effectbeoordeling kwaliteit boven- en ondergrond 93
3.4.3 Locatiespecifieke effectbeschrijving kwaliteit boven- en ondergrond 93
3.4.4 Effectbeschrijving grondwater 94
3.4.5 Effectbeoordeling grondwater 98
3.4.6 Locatiespecifieke effectbeschrijving grondwater 98

3.4.7 Effectbeschrijving ondergronds ruimtegebruik 100
3.4.8 Effectbeoordeling ondergronds ruimtegebruik 104
3.5 Water 104
3.5.1 Effectbeschrijving drinkwater in leidingen 105
3.5.2 Effectbeoordeling drinkwater in leidingen 108
3.5.3 Effectbeschrijving oppervlaktewater 108
3.5.4 Effectbeoordeling oppervlaktewater 111
3.6 Groen & natuur 111
3.6.1 Effectbeschrijving beschermde soorten 111
3.6.2 Effectbeoordeling beschermde soorten 114
3.6.3 Effectbeschrijving beschermde gebieden Natura 2000 114
3.6.4 Effectbeoordeling beschermde gebieden Natura 2000 116
3.6.5 Locatiespecifieke beschrijving beschermde gebieden Natura 2000 116
3.6.6 Effectbeschrijving beschermde gebieden Natuurnetwerk Nederland (NNN) 117
3.6.7 Effectbeoordeling beschermde gebieden NNN 119
3.6.8 Effectbeschrijving stadsgroen en multifunctioneel groen 119
3.6.9 Effectbeoordeling stadsgroen en multifunctioneel groen 121
3.6.10 Locatiespecifieke beschrijving stadsgroen en multifunctioneel groen 122
3.7 Ruimtelijke kwaliteit 122
3.7.1 Effectbeschrijving zichtbaarheid en beleving 122
3.7.2 Effectbeoordeling zichtbaarheid en beleving 125
3.7.3 Effectbeschrijving bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte 125
3.7.4 Effectbeoordeling bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte 127
3.8 Archeologie en cultuurhistorie 127
3.8.1 Effectbeschrijving archeologische waarden 128
3.8.2 Effectbeoordeling archeologische waarden 132
3.8.3 Locatiespecifieke effectbeschrijving archeologie 132
3.8.4 Effectbeschrijving cultuurhistorische waarden 133
3.8.5 Effectbeoordeling cultuurhistorische waarden 136
3.8.6 Locatiespecifieke beschrijving cultuurhistorische waarden 136
3.9 Klimaat en energie 138
3.9.1 Effectbeschrijving CO_2-besparing 139
3.9.2 Effectbeoordeling CO_2-besparing 141
3.9.3 Effectbeschrijving CO_2-uitstoot materialen en materieel 141

3.9.4 Effectbeoordeling CO_2-uitstoot materialen en materieel 145
3.9.5 Locatiespecifieke beschrijving CO_2-uitstoot materialen en materieel 146
3.9.6 Effectbeschrijving hulpenergie 146
3.9.7 Effectbeoordeling hulpenergie 148
3.10 Circulariteit 148
3.10.1 Effectbeschrijving materiaalgebruik 148
3.10.2 Effectbeoordeling materiaalgebruik 151
3.11 Hitte 151
3.11.1 Effectbeschrijving hittestress 151
3.11.2 Effectbeoordeling hittestress 153
3.11.3 Locatiespecifieke beschrijving 154
3.12 Restwarmte en zonthermie 154
4 Mitigerende maatregelen en aanbevelingen 155
4.1 Mitigerende maatregelen 155
4.1.1 Geluid en trillingen 155
4.1.2 Elektromagnetische velden 156
4.1.3 Luchtkwaliteit 156
4.1.4 Bodem en ondergrond 157
4.1.5 Water 158
4.1.6 Groen & natuur 160
4.1.7 Ruimtelijke kwaliteit 161
4.1.8 Archeologie en cultuurhistorie 162
4.1.9 Klimaat en energie 163
4.1.10 Circulariteit 164
4.1.11 Hitte 165
4.2 Aanbevelingen 165
4.2.1 Aanscherpingen warmteprogramma 165
4.2.2 Algemene aanbevelingen 167
5 Impact aircogebruik 168
5.1 Toename koeltevraag en aircogebruik 168
5.2 Milieueffecten aircogebruik 168
5.2.1 Geluid en trillingen 168
5.2.2 Luchtkwaliteit 169
5.2.3 Bodem 169

5.2.4 Ruimtelijke kwaliteit 169
5.2.5 Cultuurhistorie 170
5.2.6 CO_2-besparing 170
5.2.7 CO_2-uitstoot materialen 170
5.2.8 Hittestress 170
5.3 Duurzame koelmaatregelen 170
5.4 Koelte-aanpak gemeente Eindhoven 171
6 Doelbereik 171
7 Leemten in kennis 177
8 Monitoring en evaluatie 179
8.1 Belang monitoring 179
8.2 Monitoringsstrategie gemeente Eindhoven 179
8.3 Monitoring en evaluatie warmteprogramma 181

Bijlage 1 HSAO

1	Inleiding	7
2	Geluid en trillingen	15
3	Elektromagnetische velden	24
4	Lucht	27
5	Bodem en ondergrond	34
6	Water	46
7	Groen & natuur	54
8	Ruimtelijke kwaliteit	63
9	Archeologie en cultuurhistorie	78
10	Klimaat en energie	88
11	Circulariteit	95
12	Hitte	97

Begrippenlijst

Aardgasvrij	Verwarmen en koken op basis van duurzame energie zonder aardgas
Afgiftesysteem	Een toestel dat warmte afgeeft aan de ruimtes in een gebouw
Aquathermie	Warmte afkomstig uit water
Boiler	Een built-in- of close-in-boiler is een kleine elektrische boiler (inhoud 10 tot 20 liter) voor in de keuken. Een combi-kokend-waterkraan (inhoud 7 tot 11 liter) geeft water via een kokend-waterkraan en levert warm tapwater via een mengkraan in de keuken
CO_2	Een geurloos en kleurloos gas dat onder andere vrijkomt bij de verbranding van fossiele brandstoffen. Door de verhoogde concentratie is het medeverantwoordelijk voor klimaatverandering
CO_2-neutraal	Warmtebron die CO_2-neutraal is
Collectieve technieken	Technieken die meerdere huizen verwarmen via een gemeenschappelijk systeem. Een veel voorkomende collectieve techniek is een warmtenet
Duurzaamheidslening	Een duurzaamheidslening kan helpen om duurzame maatregelen uit te voeren als daar niet direct geld voor is. Deze lening moet worden terugbetaald
Duurzame bronnen	Bronnen waaruit energie opgewekt wordt die niet opraken. Met het opwekken van energie uit duurzame bronnen vindt er geen CO_2 uitstoot plaats. Daarnaast belasten deze bronnen de leefomgeving van toekomstige generaties niet
Energielabel	Een energielabel voor woningen geeft aan of een woning veel of weinig energie verbruikt (de energieprestatie). Woningen met een A++++-label zijn het energiezuinigst. De minst zuinige woningen krijgen een G-label
Energietransitie	Proces om van fossiele brandstoffen over te stappen naar duurzame bronnen
Geothermie	Warmte afkomstig uit de aarde
Groen gas	Biogas opgewaardeerd naar aardgaskwaliteit
Hoge temperatuur (HT) warmte	Warmte met een temperatuur boven de 75°C die direct kan worden ingezet voor ruimteverwarming en warm tapwater.
Hr-ketel	Een hoog rendement ketel of hr-ketel is een verwarmingsketel op aardgas die ten opzichte van een conventionele gasketel een hoger rendement heeft
Hybride warmtepomp	Een combinatie van apparaten om een woning en tapwater te verwarmen: voor een deel met elektriciteit (warmtepomp) en voor het

	andere deel met gas (cv-ketel). De hybride warmtepomp voorziet in een groot deel van de warmtevraag in de woning. Alleen als het heel koud is buiten springt de gewone cv-ketel bij om de woning te verwarmen. Daarnaast blijft de cv-ketel het tapwater in de woning verwarmen
Midden temperatuur (MT) warmte	Warmte met een temperatuur tussen de 55 en 75°C die direct kan worden ingezet voor ruimteverwarming en warm tapwater.
Individuele technieken	Technieken die één woning verwarmen. Dit kan bijvoorbeeld gaan om een warmtepomp. Bij een individuele aanpak bepaalt een bewoner zelf op welk moment hij/zij overstapt en op welke techniek
Isolatie	Materialen die warmteverlies van binnen naar buiten beperken
Isolatiewaarde	Een waarde die iets zegt over hoeveel het isolatiemateriaal isoleert. De isolatiewaarde wordt in R-waarde uitgedrukt. Hoe hoger de R-waarde, hoe beter het materiaal isoleert
Koppelkans	Kansen om aanpassingsmaatregelen te combineren met andere acties of plannen
Lage temperatuur (LT) warmte	Warmtebronnen met een temperatuur tussen de 30 en 55°C die direct kan worden gebruikt voor ruimteverwarming bij voldoende isolatie van de woning en LT-warmteafgiftesysteem. Warm tapwater wordt geleverd door middel van boosterwarmtepomp
OBES	Open Bodem Energie Systeem
Piekvermogen	Het maximale warmtevermogen dat moet worden geleverd bij momenten van grote warmtevraag, voornamelijk in de winter tijdens koude perioden
Natuurvriendelijk isoleren	Bij isolatie wordt rekening gehouden met dieren in de ruimtes
Restwarmte	Warmte die vrijkomt bij productie of processen zonder gebruik
TEA	Thermische energie uit afvalwater
TEO	Thermische energie uit oppervlaktewater
Transitievisie Warmte (TVW)	Een document op weg naar duurzame warmte. In het document staan de technieken die de gemeente kan gebruiken en die wenselijk zijn om te gebruiken en wanneer. Elke gemeente moest een visie in 2021 vaststellen en minimaal één keer in de vijf jaar herzien. Zo blijft er ruimte om in te spelen op nieuwe ontwikkelingen of nieuwe onderzoeksinzichten. Ook is er tijd om plannen beter uit te werken
Warmtenet	Collectieve oplossing waarbij warmte van een bron via een buizennetwerk naar gebouwen wordt geleid
Warmteplan	Document dat beschrijft hoe een wijk van het aardgas afgaat

Warmtepomp	Een alternatief voor de huidige cv-ketel die gebruik maakt van warmte die uit de buitenlucht
Warmtetransitie	Een specifiek onderdeel van de energietransitie. Het gaat over het verduurzamen van het energiegebruik in de gebouwde omgeving. De warmtetransitie gaat over het vinden van een duurzaam alternatief voor het aardgas dat we gebruiken om tapwater te verwarmen
Wijkuitvoeringsplan	Een document waarin staat hoe een wijk, buurt of dorp van het gas afgaat
Waterstofgas	Gas dat ontstaat door aardgas of water te splitsen; grijze waterstof is niet duurzaam
Zonnepaneel	In een zonnepaneel wordt zonne-energie omgezet in elektriciteit. Zonnepanelen worden ook wel PV-panelen genoemd (Photo Voltaic). Zonnepanelen mogen niet verward worden met zonnecollectoren. Deze werken volgens een ander principe: hierbij wordt water opgewarmd door middel van zonnewarmte. Zonnecellen bestaan uit twee lagen waartussen, onder invloed van zonlicht, elektrische stroom ontstaat. De zonne-energie die op deze manier wordt opgevangen is een vorm van duurzame energie. Het vermogen van zonnecellen wordt uitgedrukt in Watt-piek (WP).

Samenvatting

Het planMER voor het Warmteprogramma van de gemeente Eindhoven is opgesteld ter ondersteuning van de keuzes die de gemeente maakt in de warmtetransitie. Gemeente Eindhoven selecteert in het warmteprogramma een meest kansrijke warmtetechniek op basis van verschillende factoren, waaronder technische en financiële aspecten. Dit milieueffectrapport ondersteunt de besluitvorming door inzicht te geven in de milieueffecten van vijf onderzochte alternatieven.

Hoofdstuk 1 beschrijft de aanleiding en het doel van het Warmteprogramma en het planMER. Met de inwerkingtreding van de Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransitie zijn gemeenten verplicht om vast te leggen hoe zij de gebouwde omgeving aardgasvrij willen maken. De gemeente Eindhoven stelt een warmteprogramma op om richting te geven aan de warmtetransitie. In het warmteprogramma beschrijft de gemeente hoe de stad van aardgas overgaat op duurzamere energie om woningen en gebouwen te verwarmen, te koken en warm tapwater te krijgen. Hierin staan haar plannen voor de komende 10 jaar met als lange termijn doel om in 2050 als gemeente aardgasvrij te zijn. Het planMER is opgesteld om de milieueffecten van de onderzoeksvarianten inzichtelijk te maken, zodat deze volwaardig kunnen meewegen in de besluitvorming. Hoofdstuk 1 licht daarnaast toe waarom voor het Warmteprogramma een planMER verplicht is, welke uitgangspunten zijn gehanteerd, en hoe reacties en adviezen op de Notitie Reikwijdte en Detailniveau en het concept-planMER zijn verwerkt.

Hoofdstuk 2 beschrijft de onderzoeksmethodiek van het planMER. Het onderzoek richt zich op de milieueffecten van de onderzoeksvarianten uit het Warmteprogramma, op een schaalniveau dat past bij het strategische karakter van het programma. De beoordeling vindt plaats ten opzichte van de referentiesituatie en gebeurt met een vijfpuntsschaal van zeer positief tot zeer negatief (Tabel 0.1). Daarbij zijn verschillende thema's beschouwd, zoals weergegeven in het beoordelingskader (Tabel 0.2). Ook is onderscheid gemaakt tussen effecten in de aanlegfase en gebruiksfase. Het hoofdstuk licht daarnaast toe dat sommige effecten per wijktypologie (drukke wijken, gemiddelde wijken en groene wijken) of locatie kunnen verschillen, en beschrijft daarom de gehanteerde wijktypologieën, de referentiesituatie en het relevante beleidskader.

Tabel 0.1 Beoordelingsmethodiek

Score	Toelichting
++	Zeer positief effect ten opzichte van de referentiesituatie
+	Positief effect ten opzichte van de referentiesituatie
0	Neutraal effect ten opzichte van de referentiesituatie
-	Negatief effect ten opzichte van de referentiesituatie
--	Zeer negatief effect ten opzichte van de referentiesituatie

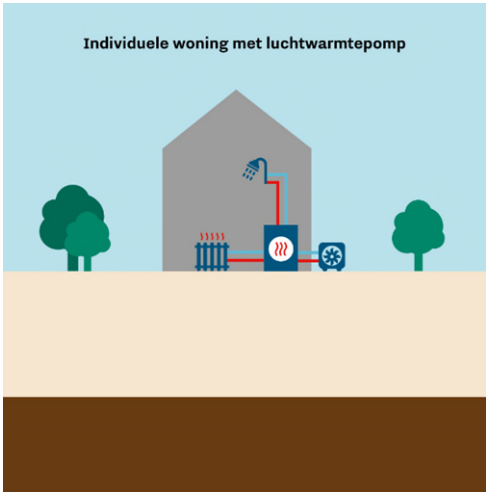
Tabel 0.2 Beoordelingskader

Thema	Aspect	Indicator	Type onderzoek
Geluid en trillingen	Cumulatieve geluidshinder	Ernstig gehinderden door geluid	Kwalitatief
	Trillingen	Hinder of schade door trillingen	Kwalitatief
Elektromagnetische velden	Elektromagnetische velden	Toename hinder door elektromagnetische velden	Kwalitatief
Luchtkwaliteit	Stikstofdioxide (NO_2)	Uitstoot van stikstofdioxide (NO_2)	Kwalitatief
	PM10	Uitstoot van fijnstof (PM10)	Kwalitatief
	PM2,5	Uitstoot van fijnstof (PM2,5)	Kwalitatief
Bodem en ondergrond	Kwaliteit boven- en ondergrond	De impact biologische, chemische en fysische bodemkwaliteit en de diepere ondergrond en op bodemleven in de leeflaag	Kwalitatief
	Grondwater	De hydrologische en thermische impact op grondwaterkwaliteit en kwantiteit	Kwalitatief
	Ondergronds ruimtegebruik	Inpasbaarheid in de ondergrond	Kwalitatief
Water	Drinkwater in leidingen	Impact op de kwaliteit van het drinkwater in nabijgelegen leidingen van benoemde technieken	Kwalitatief
	Oppervlaktewater	Thermisch effect en fysieke aantasting op waterleven	Kwalitatief
Groen & natuur	Beschermde soorten	Impact op beschermde soorten	Kwalitatief
	Beschermde gebieden – Natura 2000	Impact op instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden	Kwalitatief
	Beschermde gebieden – Natuurnetwerk Nederland (NNN)	Impact op areaal en/of kwaliteit van NNN-gebieden	Kwalitatief
	Stadsgroen en multifunctioneel groen	Impact op groene hoofdstructuur van de stad	Kwalitatief
Ruimtelijke Kwaliteit	Zichtbaarheid en beleving	Verrommeling van de buitenruimte	Kwalitatief
	Bovengronds ruimtegebruik & inpasbaarheid openbare ruimte	Totaal benodigd bovengronds ruimtegebruik & inpasbaarheid in de openbare ruimte in relatie tot andere stedelijke functies	Kwalitatief
Archeologie & cultuurhistorie	Archeologische waarden	Aantasting archeologische waarden	Kwalitatief

Thema	Aspect	Indicator	Type onderzoek
	Cultuurhistorische waarden	Fysieke aantasting en visuele verstoring van cultuurhistorische waarden	Kwalitatief
Klimaat en energie	CO_2 besparing	Reductie in CO_2 uitstoot	Kwalitatief
	CO_2 uitstoot	CO_2 uitstoot in aanlegfase	Kwalitatief
	Hulpenergie	Jaarlijkse gWh hulpenergie	Kwalitatief
Circulariteit	Materiaalgebruik	Hoeveelheid te gebruiken materiaal en zeldzaamheid daarvan	Kwalitatief
Hitte	Effect op hittestress	Impact op de omgevingstemperatuur en gevoelstemperatuur	Kwalitatief

Hoofdstuk 3 beschrijft de onderzoeksvarianten die in het planMER zijn onderzocht.

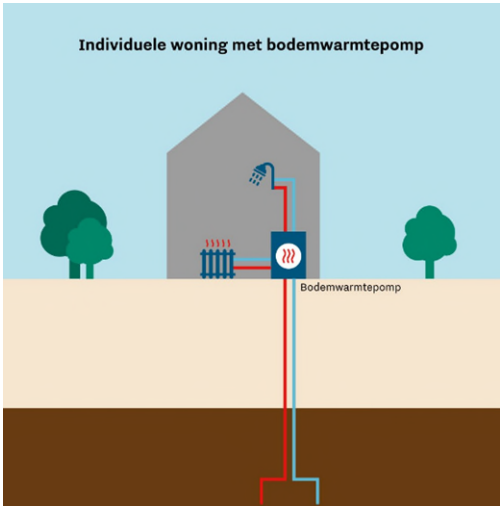
Onderzoeksvariant 1 is een lucht-water-warmtepomp, die per huis individueel geïnstalleerd wordt. De lucht-waterwarmtepomp maakt met behulp van een binnen- en buitenunit gebruik van warmte uit de lucht als warmtebron.



Figuur 0.1 Schematische weergave van een lucht-water-warmtepomp[1]

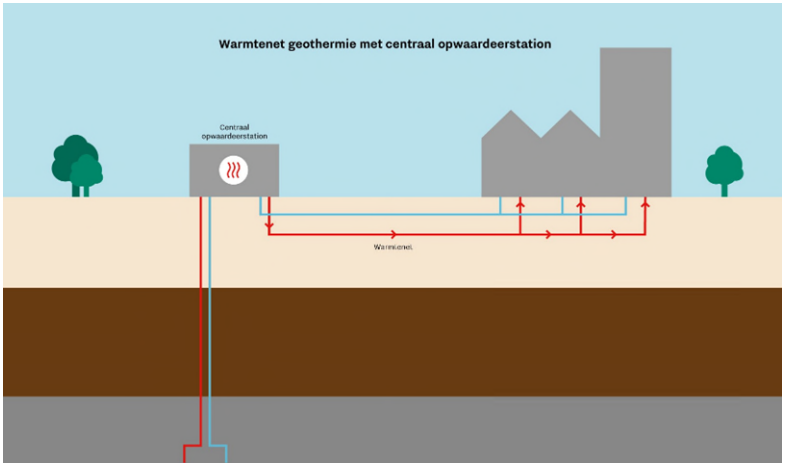
Onderzoeksvariant 2 is een bodem-water-warmtepomp. Deze worden per huis geïnstalleerd, en bestaan uit een systeem van een bodemwarmtewisselaar en warmtepomp. Dit wordt ook wel een gesloten bodemenergiesysteem genoemd. In deze variant wordt warmte uit de ondergrond gebruikt als warmtebron.

[1] Bron afbeeldingen onderzoeksvarianten – Transitievisie Warmte OWO gemeenten



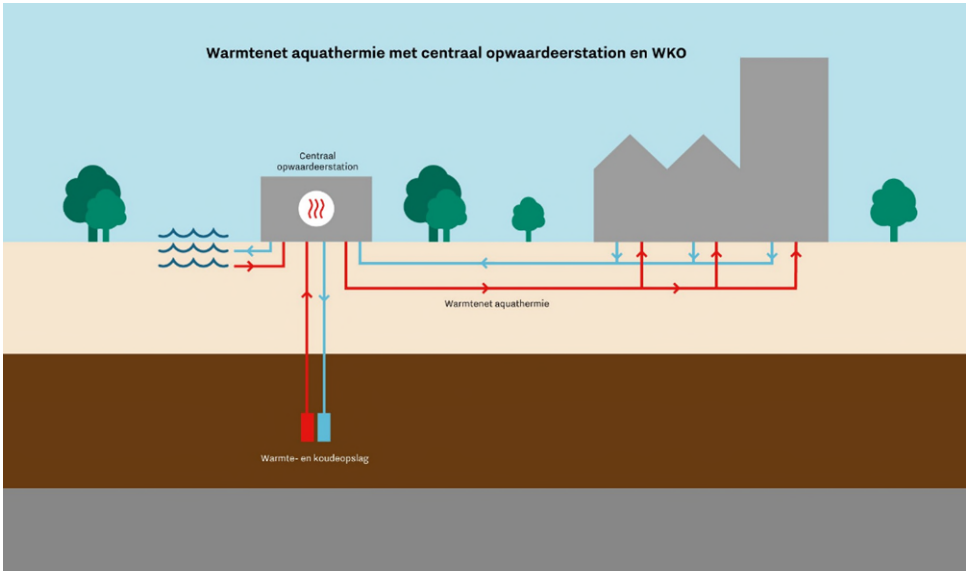
Figuur 0.2 Schematische weergave van een bodem-water-warmtepomp

Onderzoeksvariant 3 is een MT-warmtenet met geothermie (70 °C). Geothermie wordt ook wel aardwarmte genoemd. Het systeem bestaat uit diepe boringen om warm water uit de ondergrond te onttrekken. Dit wordt ook wel een open bodemsysteem genoemd. De warmte uit de geothermiebron wordt met een centrale warmtepomp opgewaardeerd van 50 °C tot 70 °C.



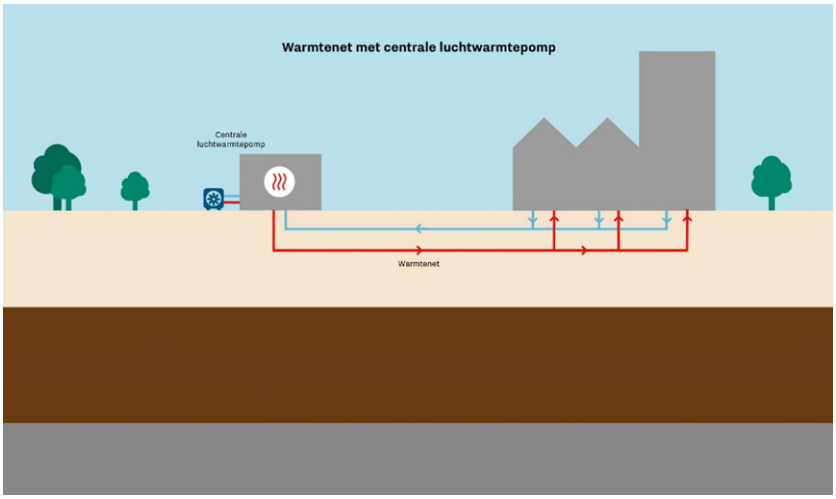
Figuur 0.3 Schematische weergave van een warmtenet met geothermie als warmtebron

Onderzoeksvariant 4 is een LT-warmtenet met aquathermie en een WKO. Aquathermie is het verwarmen van gebouwen door het gebruik van warmte uit water. In het geval van Eindhoven kan dit oppervlaktewater of afvalwater zijn. Met behulp van een warmtepomp in een buurtwarmtecentrale wordt de temperatuur opgewaardeerd naar 50 °C.



Figuur 0.4 Schematische weergave van een warmtenet met aquathermie als warmtebron met een WKO

Onderzoeksvariant 5 is een LT-buurtwarmtenet (50 °C) met een centrale lucht-water-warmtepomp. Deze lucht-water-warmtepomp maakt gebruikt van de warmte in de lucht als warmtebron. De techniek is vergelijkbaar met een individuele warmtepomp maar dan op een grotere schaal. De warmte wordt via een net naar woningen getransporteerd.



Figuur 0.5 Schematische weergave van een warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp als warmtebron

Hoofdstuk 4 beschrijft de milieueffecten van de vijf onderzoeksvarianten per aspect voor zowel de aanleg- en gebruiksfase. Waar relevant, is de beoordeling uitgesplitst voor verschillende wijktypologieën. De beoordeling vindt plaats ten opzichte van de referentiesituatie. Een (zeer) positieve of (zeer) negatieve score op één thema is niet te vergelijken met een (zeer) positieve of (zeer) negatieve score op een ander thema. De scores van de thema's staan op zichzelf. Daarnaast houden onderstaande scores geen rekening met mitigerende maatregelen. De samenvatting van de beoordeling is in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 0.3 Samenvatting van de effectbeoordeling

Thema	Aspect	Fase	Wijktype	1. Lucht-water-warmte-pomp	2. Bodem-water-warmte-pomp	3. MT-Warmte-net met geo-thermie	4. LT-Warmte-net met aqua-thermie	5. LT-Warmte-net met centrale lucht-water-warmte-pomp
Geluid en trillingen	Cumula-tieve geluids-hinder	Aanleg		0	-	-	-	-
		Gebruik		-	0	0	0	0
	Trillingen	Aanleg		0	-	-	-	-
		Gebruik		-	0	0	0	0
Elektromag netische velden	Elektromag netische velden	Aanleg		n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
		Gebruik		0	0	0	0	0
Luchtkwalit eit	Stikstof-oxide	Aanleg		0	-	--	-	-
		Gebruik		++	++	++	++	++
	PM10	Aanleg		0	-	--	-	-
		Gebruik		++	++	++	++	++
	PM2,5	Aanlegfase		0	-	--	-	-
		Gebruik		++	++	++	++	++
Bodem en ondergrond	Kwaliteit boven- en ondergrond	Aanleg		0	- -	- -	- -	-
		Gebruik		0	- -	- -	-	-
	Grond-water	Aanleg		0/-	- -	- -	-	-
		Gebruik		0	-	- -	-	-
	Onder-gronds ruimte-gebruik		Druk	0	0	--	--	--
			Gemiddeld	0	0	-	-	-
			Groen	0	0	0	0	0
Water	Drinkwater in leidingen	Aanleg		0	0	-	-	-
		Gebruik		0	0	-	-	-
	Opper-vlaktewater	Aanleg		0	0	0	-/0	0
		Gebruik		0	0	0	- -/ +	0
Groen & natuur	Beschermde soorten	Aanleg		-	-	-	-	-
		Gebruik		- -	0	- -	- -	- -
	Beschermde gebieden Natura 2000	Aanleg		0	0	-	0/-	0/-
		Gebruik		0	0	0	0	0
	Beschermde gebieden Natuur-	Aanleg		0	0	-	-	-
		Gebruik		0	0	- -	- -	- -

Thema	Aspect	Fase	Wijktype	1. Lucht-water-warmte-pomp	2. Bodem-water-warmte-pomp	3. MT-Warmte-net met geo-thermie	4. LT-Warmte-net met aqua-thermie	5. LT-Warmte-net met centrale lucht-water-warmte-pomp
	netwerk Nederland (NNN)							
	Stadsgroen en multifunctioneel groen	Aanleg		-	-	-	-	-
		Gebruik		-	-	- -	- -	- -
Ruimtelijke kwaliteit	Zichtbaar-heid en beleving		Druk	--	-	- -	- -	- -
			Gemiddeld	-/--	-	-/- -	-/- -	-/- -
			Groen	0/-	-	-	-	-
	Boven-gronds ruimte-gebruik en inpasbaar-heid openbare ruimte		Druk	--	--	- -	- -	- -
			Gemiddeld	-	-	-/- -	- -	- -
			Groen	0	0	-	- -	--
Archeologie en cultuurhistorie	Archeolo-gische waarden	Aanleg		0	- -	-	- -	-
		Gebruik		n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Cultuurhis-torische waarden	Aanleg		-/- -	- / - -	- /- -	-/- -	- / - -
		Gebruik		-/- -	- / - -	- /- -	-/- -	- / - -
Klimaat en energie	CO_2-besparing	Aanleg		n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
		Gebruik		++	++	++	++	++
	CO_2-uitstoot materialen en materieel	Aanleg		-	-	0/-	0/-	0/-
		Gebruik		-	-	-	-	-
	Hulp-energie	Aanleg		n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
		Gebruik		++	++	++	++	++
Circulariteit	Materiaal-gebruik	Aanleg		- -	- -	-	-	-
		Gebruik		+	+	+	+	+
Hitte	Hittestress	Aanleg		0	0	0	0	0
		Gebruik		-	+	-	-	-

De verschillende onderzoeksvarianten hebben ongeveer evenveel (zeer) positieve effecten, die betrekking hebben op dezelfde thema's en aspecten (luchtkwaliteit, CO_2-besparing, hulpenergie en materiaalgebruik). Onderzoeksvariant 2, de bodem-water-warmtepomp, heeft daarnaast een positief effect op hittestress. De collectieve systemen, onderzoeksvarianten 3, 4 en 5, hebben meer (zeer) negatieve effecten dan de individuele systemen. Hierbij heeft onderzoeksvariant 3 de meeste zeer negatieve effecten. De individuele systemen, onderzoeksvarianten 1 en 2, hebben een neutraal effect op veel aspecten. De meeste zeer negatieve effecten van de onderzoeksvarianten treden op bij de thema's bodem en ondergrond, natuur, ruimtelijke kwaliteit en archeologie en cultuurhistorische waarden.

Hieronder volgt een beknopte samenvatting van de locatiespecifieke milieueffecten per thema.

Geluid, luchtkwaliteit en klimaat en energie
Vanaf 2030 geldt in het centrum van Eindhoven een zero-emissiezone en zet de gemeente via de routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen in op emissieloos werken. In het zichtjaar 2035 betekent dit dat bij de aanleg van warmtetechnieken uitsluitend elektrisch materieel wordt ingezet. In de gebieden waar volledig of grotendeels elektrisch wordt gewerkt volgens de routekaart, is het effect van de onderzoeksvarianten op de thema's geluid en luchtkwaliteit en het aspect CO_2 - uitstoot materieel en materialen daarmee beperkt.

Kwaliteit boven- en ondergrond
Het Masterplan Bodemenergie van de gemeente Eindhoven bevat beleidsregels voor bodemenergiesystemen in het centrumgebied van Eindhoven. De gemeente wil hiermee voorkomen dat grondwaterverontreinigingen zich verspreiden tot in de strategische drinkwatervoorraad. Hiermee worden de effecten van de onderzoeksvarianten 2 (aanleg- en gebruiksfase) en 4 (aanlegfase) enigszins beperkt.

Grondwater
De waterwingebieden Welschap en Aalsterweg liggen in de gemeente Eindhoven. Het provinciaal beleid is gericht op de bescherming van deze gebieden, met onder andere boringsvrije zones rondom de winningen. Voor deze gebieden gelden restricties wat wel en niet mag in de omgeving, zoals de diepte van boringen. Dit beperkt de effecten van onderzoeksvarianten 2 en 4 gedurende de aanlegfase.

Beschermde gebieden Natura 2000
Drie Natura 2000 gebieden (Kempenland-West, Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux en Strabrechtse Heide & Beuven) liggen binnen 3 km van de gemeente Eindhoven. De depositie van stikstof is het hoogst binnen 500 meter van de bron. Aangezien de beschermde Natura 2000-gebieden op grotere afstand van de gemeente liggen, blijven de effecten naar verwachting beperkt.

Stadsgroen en multifunctioneel groen
In Eindhoven liggen drie groene wiggen (Genneper parken, De Karpen en Brainport Park). Dit zijn grote gebieden met een monumentaal groen karakter en hoge intensiteiten van recreatieve functies. Deze groene wiggen en de groene dooradering van de stad maken deel uit van de groene hoofdstructuur van Eindhoven.

Werkzaamheden voor de aanleg van centrale installaties of een warmtenet kunnen ervoor zorgen dat de het groen van deze groene wiggen of groene dooradering aangetast wordt of minder herkenbaar wordt, en kunnen daardoor een negatief effect hebben op de groene hoofdstructuur van Eindhoven.

Archeologie
In de gemeente liggen drie gemeentelijke archeologische monumenten die op grond van de criteria gaafheid, conservering en wetenschappelijke en cultuurhistorische waarde zijn aangewezen als behoudenswaardig. Deze monumenten, Marienhage, Kasteel van Eindhoven en Catharinakerk, zijn gelegen in het centrum van de stad. Daarnaast zijn er 25 terreinen van hoge archeologische waarde. Dit zijn de stadskern Eindhoven, een aantal kastelen, (omgrachte) hoeven, landhuizen en watermolens, en een aantal vastgestelde vindplaatsen. Het grootste terrein, de Stadskern Eindhoven, en Marienhage liggen binnen het centrum. Andere terreinen van hoge archeologisch waarde liggen verspreid over de stadsdelen. Ingrepen in en rondom de bodem van deze monumenten en terreinen van hoge archeologische waarde hebben een zeer negatief effect op de archeologische waarden.

Cultuurhistorie
De gemeente Eindhoven kent 153 inschrijvingen in het Rijksmonumentenregister, 557 gemeentelijke monumenten en 302 cultuurhistorisch waardevolle objecten. Het grootste deel van de monumenten ligt in de binnenstad en in de directe schil daaromheen. Daarnaast heeft de gemeente vijf beschermde stadsgezichten, waarvan vier gelegen in het centrum van Eindhoven. Dit zijn Philipsdorp, Villapark Tongelre, Villapark Den Elzent en het Witte Dorp. Het vijfde beschermde stadsgezicht is Riel. Daarnaast liggen er historische landschapsstructuren en middeleeuwse stratenpatronen verspreid door de stad. Met name in gebieden met veel elementen van hoge cultuurhistorische waarde, zoals het centrum, is het effect van de warmtetechnieken zeer negatief.

Hitte
Met name buurten binnen de ring van Eindhoven en net daaromheen zijn relatief warm. De temperatuur kan hier al dermate hoog oplopen dat het zeer onwenselijk is dat warmtetechnieken tot een verdere toename van de temperatuur leiden. Geen van de onderzoeksvarianten leidt tot een (significante) toename van de omgevings- en gevoelstemperatuur, waardoor dit niet aan de orde is.

Hoofdstuk 5 beschrijft welke maatregelen kunnen worden genomen om negatieve milieueffecten van de warmtealternatieven te voorkomen, te beperken of te verzachten. Voorbeelden zijn het zorgvuldig inpassen van installaties in de openbare ruimte en het treffen van maatregelen zoals omkastingen tegen geluid van warmtepompen en buurtinstallaties. Ook voor natuur en groen worden aandachtspunten genoemd, zoals werken buiten kwetsbare perioden. Het hoofdstuk laat zien dat een deel van de negatieve effecten kan worden beperkt of voorkomen door maatregelen te treffen. Daarmee biedt het hoofdstuk belangrijke aandachtspunten voor de uitwerking in gebiedsgerichte uitvoeringsplannen.

Hoofdstuk 6 beschrijft de impact van aircogebruik. Het aantal airco's in Nederland neemt als gevolg van klimaatverandering toe. De keuze voor een warmteoplossing kan van invloed zijn op deze toename (positief of negatief), maar ook andere factoren spelen hierin een rol.

Hoofdstuk 7 beoordeelt in hoeverre het Warmteprogramma bijdraagt aan de stadsbrede ambities uit de Omgevingsvisie van Eindhoven, of waar het warmteprogramma wellicht wringt met bepaalde ambities. Daarnaast gaan we in op de beïnvloedingsruimte van de gemeente. Oftewel, waar is de gemeente zelf aan zet en waar is de gemeente afhankelijk van andere partijen.

Hoofdstuk 8 benoemt de onzekerheden en kennisleemten die nog bestaan bij de beoordeling van de warmtealternatieven. Die leemten hangen samen met het strategische abstractieniveau van het Warmteprogramma: op dit moment zijn nog niet alle locaties, technische uitwerkingen en uitvoeringsdetails bekend. Daardoor kunnen sommige effecten alleen globaal of kwalitatief worden ingeschat. Ook zijn er onzekerheden over bijvoorbeeld de uiteindelijke beschikbaarheid van warmtebronnen, de ontwikkeling van de warmtevraag en koelvraag, netcongestie en de precieze lokale effecten op milieuthema's. Het hoofdstuk maakt duidelijk dat deze onzekerheden niet ongebruikelijk zijn op dit planniveau, maar dat ze bij de verdere uitwerking in wijkuitvoeringsplannen en concrete projecten nader onderzocht moeten worden. Daarmee biedt dit hoofdstuk belangrijke input voor het vervolgtraject.

Hoofdstuk 9 bevat een beschrijving van monitoring en evaluatie. Het beschrijft waarom monitoring nodig is om te toetsen of de verwachte milieueffecten daadwerkelijk optreden en om tijdig bij te sturen als effecten anders uitpakken. Ook is toegelicht dat de gemeente Eindhoven het Warmteprogramma elke vijf jaar evalueert op basis van monitoring. Tot slot geeft het hoofdstuk aanbevelingen voor de verdere inrichting van monitoring, waaronder het gebruik van een monitoringsmatrix, aandacht voor nieuwe ontwikkelingen en technieken en extra focus op milieuthema's met potentieel grote negatieve effecten.

Leeswijzer

Voor u ligt het milieueffectrapport (planMER) bij het Warmteprogramma van de gemeente Eindhoven. Dit rapport beschrijft de milieueffecten van de vijf onderzoeksvarianten voor het aardgasvrij verwarmen van woningen en gebouwen in gemeente Eindhoven.

Het rapport is als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 1 gaat in op de aanleiding en het doel, het Warmteprogramma van de gemeente Eindhoven, de mer-procedure voor het warmteprogramma, uitgangspunten en omgang met zienswijzen en advies van de Commissie mer op de NRD
- Hoofdstuk 2 gaat in op de methodiek van het planMER en de milieuthema's die zijn onderzocht
- Hoofdstuk 3 gaat in op de onderzoeksvarianten die gemeente Eindhoven onderzoekt voor aardgasvrij verwarmen
- Hoofdstuk 4 bevat de effectbeschrijving en -beoordeling per milieuthema
- Hoofdstuk 5 gaat in op de mitigerende maatregelen per milieuthema en bevat aanbevelingen
- Hoofdstuk 6 bevat een beschrijving van de onzekerheden met betrekking tot aircogebruik en een toelichting van de milieueffecten van airco's
- Hoofdstuk 7 gaat in op het doelbereik van het warmteprogramma
- Hoofdstuk 8 gaat in op leemten in kennis
- Hoofdstuk 9 beschrijft de aanpak voor monitoring en evaluatie

0 Inleiding

0.1 Aanleiding en doel

De gemeente Eindhoven werkt aan het opstellen van een warmteprogramma. Met het wetsvoorstel gemeentelijke instrumenten warmtetransitie (Wgiw) wordt het warmteprogramma als verplicht programma in de Omgevingswet opgenomen. Deze wet is naar verwachting vanaf 1 juli 2026 van kracht. In het warmteprogramma beschrijft de gemeente Eindhoven in welke wijken welke aardgasvrije warmteoplossing voorzien wordt. Gelijktijdig met het opstellen van het warmteprogramma is voorliggend milieueffectrapport opgesteld. Omdat het een milieueffectrapport betreft voor een plan, wordt de afkorting planMER gebruikt.

Het doel van een milieueffectrapportage is het in beeld brengen van de milieueffecten van een project of programma, voordat de overheid een besluit over dat project of programma neemt. Onderdeel van de procedure milieueffectrapportage (mer) is een eindrapport, genaamd het milieueffectrapport (MER). Met een mer willen we inzicht verschaffen in de milieueffecten van de keuzes die we maken binnen het warmteprogramma: de keuzes over welke warmteoplossing in een gebied het alternatief voor aardgas vormen (zie ook de onderzoeksvarianten in hoofdstuk 3). Daarbij is niet alleen aandacht voor ingebedde milieuthema's, zoals luchtkwaliteit, geluid en waterkwaliteit, maar ook voor nieuwere thema's, zoals circulariteit en ruimtelijke kwaliteit. Het uitgangspunt is dat deze mer waardevolle inzichten biedt voor op het warmteprogramma volgende plannen (zoals uitvoeringsplannen). Zo kunnen we het omgevingsbelang volwaardiger meenemen in deze en volgende afwegingen.

0.2 Waarom een warmteprogramma?

In het klimaatakkoord is afgesproken dat in 2050 alle woningen aardgasvrij verwarmd worden. De landelijke ambitie is om dit te realiseren via een gebiedsgerichte aanpak waarin gemeenten de regie voeren. Het warmteprogramma vormt hiervoor de basis. Het beschrijft hoe en waar de gemeente de komende jaren aan de slag gaat met het duurzaam verwarmen van gebouwen, en welke technieken en strategieën daarbij worden ingezet. De gemeente kan hiervoor mogelijke gebieden aanwijzen in het warmteprogramma waar op een bepaalde datum de levering van aardgas stopt (en daarbij gebruik maken van de zogenoemde aanwijsbevoegdheid). Ook moeten gemeenten onderzoeken en uiteindelijk besluiten welk alternatief voor aardgas het meest kansrijk is in dat gebied.

Daarbij vindt gemeente Eindhoven het belangrijk dat haar warmteprogramma zorgt voor een duidelijke visie en planning, waardoor bewoners en andere belanghebbenden weten wat er gaat gebeuren en waarom. Dit vergroot hopelijk het draagvlak voor de warmtetransitie onder inwoners.

0.2.1 Samenhang met ander gemeentelijk beleid, actualisatie en uitvoeringsplannen

Het warmteprogramma is de opvolger van de Transitievisie warmte (2021) en een verdere uitwerking van de ambitie 'Eindhoven als toekomstbestendige stad' en de stedelijke opgave 'Eindhoven wordt klimaatneutraal' uit de Omgevingsvisie. Het warmteprogramma is eind 2025 vastgesteld door het College van Eindhoven (voor een programma onder de Omgevingswet is het College van B&W bevoegd gezag). Vervolgens gaat de gemeente aan de slag met de uitvoering van het warmteprogramma. Per gebied onderzoekt de gemeente de meest geschikte duurzame energieoplossing verder.

Hiervoor gaat gemeente Eindhoven samen met inwoners, bedrijven en andere gebouweigenaren per gebied werken aan een uitvoeringsplan. Voor bedrijventerreinen is een maatwerk aanpak voorzien. Elke vijf jaar wordt er een actualisatie gemaakt van het warmteprogramma. In het warmteprogramma is een verdere toelichting gegeven op de besluitvorming en de stappen na het warmteprogramma.

0.3 De mer-procedure voor het warmteprogramma

Een warmteprogramma wordt na inwerkingtreding van de Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransitie (Wgiw) een verplicht programma zoals bedoeld in afdeling 3.2 van de Omgevingswet. Volgens artikel 16.36 van de Omgevingswet moet er voor een programma wat een kader vormt voor projecten die genoemd zijn in bijlage V van het omgevingsbesluit een milieueffectrapportage worden opgesteld. Het warmteprogramma kan een kader zijn voor activiteiten die zijn genoemd in bijlage V van het omgevingsbesluit.

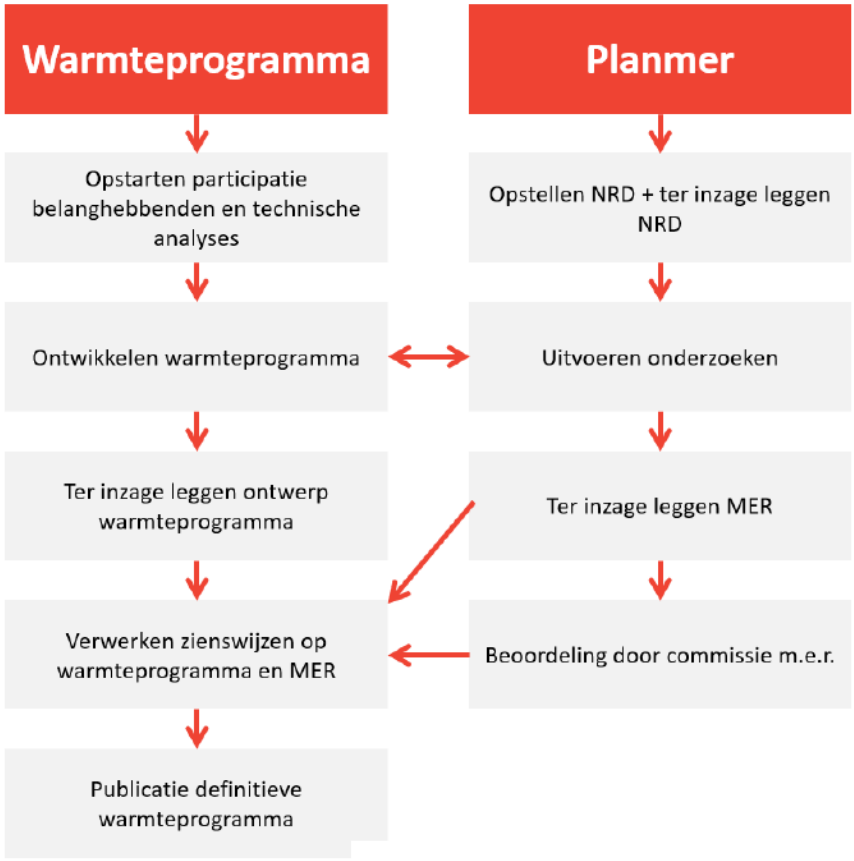
Het warmteprogramma van Eindhoven is kaderstellend voor een aantal categorieën die zijn opgenomen in bijlage V van het Omgevingsbesluit. Hieronder vallen in ieder geval categorie B4 (geothermische boringen), categorie J9 (buisleiding voor warmtetransport) en categorie K1 (onttrekken/aanvullen van grondwater).

In het MER worden de milieueffecten van het warmteprogramma van de gemeente Eindhoven beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie: de huidige situatie en de autonome ontwikkeling (HSAO). In de referentiesituatie wordt de huidige situatie van het plangebied en omgeving beschreven en wordt aangegeven wat de zogenaamde autonome ontwikkelingen zijn. Dit zijn de ontwikkelingen die hier de komende 10 jaar plaats zullen vinden, waar al een besluit over is genomen, zonder dat de voorgenomen activiteit (dus het warmteprogramma) wordt uitgevoerd.

Daarnaast wordt ook inzichtelijk gemaakt in hoeverre de onderzoeksvariant bijdraagt aan het behalen van gestelde ambities. Het planMER geeft de (milieu-)informatie die nodig is om een besluit te nemen over de vaststelling van het warmteprogramma. Een besluit waarbij de milieubelangen op basis van het planMER volwaardig zijn meegewogen.

0.4 Koppeling tussen planMER en warmteprogramma

Gedurende het proces van het opstellen van het warmteprogramma heeft het PlanMER inzicht gegeven in de wijze waarop de gemeente met het warmteprogramma haar (milieu)kwaliteiten kan behouden, versterken of toevoegen. De milieueffectrapportage is dan ook nadrukkelijk bedoeld om milieu- en omgevingseffecten mee te nemen tijdens het opstellen van het warmteprogramma. Hiertoe zijn momenten van wisselwerking geweest (zie ook Figuur 0.1). Zo zijn bijvoorbeeld de uitkomsten van de effectbeoordeling nog tijdens het proces van het warmteprogramma meegenomen in de overweging voor een aardgasvrije oplossing.



Figuur 0.1 Samenhang proces warmteprogramma en planMER

0.5 Uitgangspunten planMER

Het doel van dit planMER is het inzichtelijk maken van de milieueffecten van het warmteprogramma op de leefomgeving. De uitgangspunten van dit planMER zijn als volgt:

- Het planMER sluit aan op het abstractieniveau van het warmteprogramma. Vanwege het strategische karakter van het programma en de lange doorkijk kent het warmteprogramma een relatief hoog abstractieniveau. Hierop aansluitend wordt de effectbepaling en effectbeoordeling gedaan op basis van het oordeel van deskundigen: de effectbeoordeling is kwalitatief van aard. De kwalitatieve inschattingen worden gedaan door deskundigen van TAUW op de betreffende thema's. Waar mogelijk is dit aangevuld met (ken)getallen om de beoordeling te onderbouwen. De beoordeling is gedaan in samenspraak met en gebruikmakend van de expertise van deskundigen van de gemeente Eindhoven. Het warmteprogramma kijkt 10 jaar vooruit, dus tot en met 2035. Het planMER sluit daarop aan en hanteert 2035 als zichtjaar. Daarnaast maken we een doorkijk naar 2050
- In het planMER gaan we ervan uit dat de bestaande gasinfrastructuur tot minimaal 2040 blijft liggen. Zoals beschreven in het warmteprogramma, gaat de gemeente ervan uit dat wijken vanaf 2040 van het aardgas worden afgesloten. De effecten van verwijdering van de bestaande gasinfrastructuur zijn niet van toepassing op dit Warmteprogramma en bijbehorend planMER

- Koeltevraag: door klimaatverandering stijgt de buitentemperatuur. Isoleren (en ventileren) en de keuze voor bepaalde warmtetechnieken hebben invloed op de vraag en manier van koeling van woningen en gebouwen. Het warmteprogramma van gemeente Eindhoven gaat primair over warmte en beschrijft op hoofdlijnen de aanpak van koelte. De gemeente Eindhoven gaat nog een programma klimaatadaptatie opstellen waar koelte een integraal onderdeel van wordt. Hierin volgen een gedetailleerde analyse van de gevolgen van de extreme hitte in de stad en een uitwerking van de Ladder van Koeling van het Overleg Standaarden Klimaatadaptatie. Daarom is de vraag naar actieve koeling geen onderdeel van dit planMER bij het warmteprogramma. Het gebruik van passieve koeling is wel meegenomen in de beoordeling van het thema hitte
- Isolatie: het isoleren van woningen is nodig om met warmtetechnieken gebouwen comfortabel warm te krijgen en warmtetechnieken zo efficiënt mogelijk in te zetten. Isolatie is een onderdeel van het warmteprogramma en een uitgangspunt van de Eindhovense strategie. In maart 2025 heeft stichting W/E adviseurs een studie ten behoeve van het Klimaatplan III 2026-2030 uitgevoerd voor gemeente Eindhoven. Met kentallen en VIVET-data is gerekend aan de benodigde isolatiemaatregelen om de gehele Eindhovense woningvoorraad te isoleren tot energielabel A. Het warmteprogramma verwoordt het streven dat alle woningen en gebouwen in de gemeente op termijn geschikt zijn voor lage temperatuur verwarming. De juiste mate en manier van isoleren verschilt echter per wijktype en (in veel gevallen) zelfs per woning. Dit zal dan ook in uitvoeringsplannen verder uitgewerkt moeten worden. Aanpassingen aan of in de woning zijn daarom geen onderdeel van dit planMER.

  De gevolgen van isoleren op beschermde diersoorten worden meegenomen in het Soortenmanagementplan van de gemeente. De isolatietechnieken zijn te verschillend per individuele woning en een beoordeling is daarom niet passend bij het abstractieniveau van dit MER en niet meegenomen

0.6 Reacties op Notitie Reikwijdte en Detailniveau

Er is één zienswijze ingediend op de NRD. Deze zienswijze was afkomstig van Waterschap de Dommel. Het Waterschap geeft daarbij een zevental punten van feedback mee. De gemeente heeft separaat contact opgenomen met het Waterschap en stelt samen met het Waterschap een water-energieplan op waarin de milieu-impact van aquathermie ook aandacht krijgt. Daarnaast is hieronder per punt aangegeven hoe de inbreng vanuit de zienswijze een plaats heeft gekregen in het planMER.

1. *Inzet aquathermie:* de alternatieven zijn aangepast. Daarbij is één van de alternatieven nu het alternatief waarop de hele gemeente over zou gaan op een warmtenet dat gebruik maakt van aquathermie (zie hoofdstuk 3). Daarmee is het gebruik van aquathermie door alle thema's beoordeeld op het niveau passende bij het warmteprogramma
2. *Effecten onttrekking:* het effect op de fysieke aantasting op het waterleven is toegevoegd aan de indicator oppervlaktewater (zie hoofdstuk 3.5 voor de effectbeoordeling)
3. *Aquathermie meenemen als bron in variant 3b:* de onderzoeksvarianten zijn aangepast. Daarbij is één van de onderzoeksvarianten nu een variant waarbij de hele gemeente over zou gaan op een warmtenet dat gebruik maakt van aquathermie (zie hoofdstuk 3). Daarmee is het gebruik van aquathermie door alle thema's beoordeeld op het niveau passende bij het warmteprogramma

4. *Ontwikkeling water-energieplan:* het water-energieplan is meegenomen in het beleidskader van het planMER. Daarnaast is het water-energieplan meegenomen in de effectbeoordeling van onderzoeksvariant 4
5. *Inzet bodemenergie en -opslag:* de alternatieven zijn aangepast. Daarbij is één van de alternatieven nu een alternatief waarop de hele gemeente over zou gaan op individuele bodem-water-warmtepompen (zie hoofdstuk 3). Daarmee is het gebruik van bodemenergie door alle thema's beoordeeld op het niveau passende bij het warmteprogramma
6. *Inzet restwarmtebronnen:* de beoordeling en inzet van restwarmtebronnen is opgenomen in een apart hoofdstuk. Restwarmtebronnen maken geen onderdeel uit van de totale effectbeoordeling, maar worden zo wel in kaart gebracht (zie hoofdstuk 3.12)
7. *Type onderzoek:* de gebruikte onderzoeksmethode is in het voorliggende MER toegelicht en uitgebreid

0.7 Advies Commissie mer

0.7.1 Advies Commissie mer op NRD

De Commissie voor de milieueffectrapportage (Commissie mer) speelt een belangrijke rol in het proces van milieueffectrapportages. Deze commissie geeft onafhankelijk advies over de inhoud en kwaliteit van milieueffectrapportages. Dit advies helpt bij het verbeteren van de rapporten en zorgt ervoor dat alle relevante milieueffecten goed in kaart worden gebracht. De gemeente Eindhoven heeft op 16 april 2025 met Commissie mer gesproken over het advies op de NRD en daarna is op 22 april 2025 het advies uitgebracht door Commissie mer (hyperlink naar advies).

De Commissie mer benoemt enkele punten in haar advies die zij als essentiële informatie beschouwt. Hieronder staat op welke wijze dit is meegenomen in het MER en/of warmteprogramma zelf.

- Het doel van het warmteprogramma en wat het programma vastlegt is op hoofdlijnen beschreven in dit MER in paragraaf 2.1.1. Een verdere toelichting staat in het warmteprogramma zelf, waaronder de relatie met andere besluiten
- In het warmteprogramma is de warmtevraag beschreven en is een koelteaanpak beschreven. Bij de onderzoeksvarianten in dit MER waar passieve koeling mogelijk is, is beschreven wat het effect hiervan op de indicator hittestress is
- De milieuoverwegingen die meespelen in de keuzes die worden gemaakt in het warmteprogramma zijn beschreven in het warmteprogramma in hoofdstuk 3
- Paragraaf 2.4.4 bevat het beleidskader. Dit geeft een overzicht van de relevante wet- en regelgeving en beleid dat van invloed is op het warmteprogramma en (de beoordeling van) de onderzoeksvarianten
- De onderzoeksvarianten zijn nader beschreven in hoofdstuk 3 van dit MER. Hierin is voor de verschillende warmtetechnieken en -bronnen benoemd wat de werking is, wat er per variant voor installaties en infrastructuur nodig is en wat de omvang er van is. Het warmteprogramma bevat geen indicatieve leidingtracés en zijn daarom ook niet in dit MER te vinden. Een toelichting op de beoordeling op verschillende schaalniveaus is beschreven in paragraaf 2.2.3
- De milieugevolgen zijn voor zowel de aanleg- als gebruiksfase beschreven in hoofdstuk 4 van dit MER. Mitigerende maatrelen staan in hoofdstuk 5
- Een beschrijving van monitoring is terug te vinden in hoofdstuk 9

De Commissie mer adviseert ook in het MER in te gaan op restwarmte van de industrie als primaire bron, biomassa en groen gas. Gemeente Eindhoven neemt biomassa en groen gas echter niet mee in haar warmteprogramma. Zo heeft de Eindhovense gemeenteraad besloten tot het uitfaseren van biomassa (februari 2020).

Daarmee zijn deze bronnen niet te beschouwen als realistisch alternatieven en daarom niet als onderzoeksvariant meegenomen in dit MER. Wel is een beschouwing gegeven van de mogelijke effecten van het gebruik van restwarmte van de industrie als primaire bron (zoals ook voor zonthermie). Deze bronnen allemaal als losse onderzoeksvariant opnemen zou de beoordeling complexer, minder toegankelijk en daarom minder bruikbaar maken voor de gemeente. Op deze manier is toch inzicht gegeven in de milieueffecten van de restwarmtebronnen die een rol gaan spelen in de uitvoering van dit warmteprogramma.

0.7.2 Tussentijds advies Commissie mer op planMER

In november 2025 heeft de Commissie mer op vraag van de gemeente Eindhoven een tussentijds advies uitgebracht over het planMER (hyperlink naar advies). Hierin constateert de Commissie dat het milieueffectrapport al veel relevante milieuaspecten beschrijft en dat de onderzochte varianten een goede afspiegeling zijn van de keuzes die voorliggen bij de warmtetransitie. Tegelijkertijd vroeg de Commissie om op enkele onderdelen nadere uitwerking en aanvulling. De belangrijkste wijzigingen naar aanleiding van het tussentijds advies zijn als volgt doorgevoerd:

- De beschrijving van de onderzoeksvarianten in hoofdstuk 3 is aangescherpt en aangevuld. Per onderzoeksvariant is nu expliciet opgenomen of koeling mogelijk is en welke netverzwaring benodigd is. Daarnaast is voor de onderzoeksvarianten 3 tot en met 5 de temperatuur van de warmtenetten toegevoegd. De effecten van koeling, netverzwaring en de temperatuur van de warmtenetten zijn toegevoegd in de effectbeoordeling (hoofdstuk 4)
- Aannames in de effectbeoordeling (hoofdstuk 4) zijn waar nodig verduidelijkt en kennisleemten zijn expliciet benoemd in hoofdstuk 8
- Diverse verbeteringen zijn doorgevoerd gericht op de navolgbaarheid en de consistentie van het rapport. Zo zijn paginanummers toegevoegd en verwijzingen naar andere plekken in het document en andere documenten
- De samenvatting is ingekort en beter leesbaar gemaakt

0.8 Wijzigingen in de scope van het MER t.o.v. de NRD

Op basis van het advies van Commissie mer op de NRD en voortschrijdend inzicht zijn enkele wijzigingen in de scope van het MER doorgevoerd ten opzichte van de scope zoals beschreven in de NRD. Deze worden hieronder toegelicht.

0.8.1 Wijzigingen in beoordelingskader

Op basis van het advies van de Commissie mer en/of inzichten van de specialisten van gemeente Eindhoven en TAUW zijn er twee indicatoren uit het beoordelingskader gehaald. Deze indicatoren vormen geen relevant of onderscheidend aspect waarop de onderzoeksvarianten beoordeeld kunnen worden. Het gaat om de volgende drie thema's:

- Verkeer
- Geïnduceerde bevingen

Verkeer

Het thema verkeer is in de NRD benoemd als thema om te onderzoeken in het MER. Echter is er na gesprekken met verschillende specialisten geconcludeerd dat verkeer geen onderscheidend criterium is voor de beoordeling van de verschillende onderzoeksvarianten. Er is bijvoorbeeld geen onderzoeksvariant met een groengasfabriek waarvoor vervoer van mest plaatsvindt. Er zijn geen onderzoeksvarianten die in de gebruiksfase tot extra verkeersbewegingen leiden. De milieueffecten van vervoersbewegingen in de aanlegfase komen terug in de beoordelingen van geluid, luchtkwaliteit en beschermde gebieden, Natura 2000-gebieden. De verkeershinder bij aanlegwerkzaamheden is daarnaast van tijdelijke en lokale aard en goed te beheersen met gangbare verkeersmaatregelen.

De precieze verkeersmaatregelen zijn maatwerk en afhankelijk van o.a. tijdsbestek en locatie. Het team Eindhoven bereikbaar adviseert over de passendheid van door een initiatiefnemer voorgestelde verkeersmaatregelen (bijv. dat er geen conflicten zijn en dat de juiste omleidingen zijn aangegeven), rekening houdende met de verschillende typen vervoer (voetgangers, fietsers, OV, deelmobiliteit en privé vervoer).

Geïnduceerde bevingen

Een mogelijke risico bij geothermie is het optreden van aardbevingen. Bij geothermie kan bestaande spanning op breuken verstoord worden door drukveranderingen, afkoeling en krimp van gesteente rond de injectieput wat mogelijk leidt tot breukbeweging. Een aardbeving die optreedt als gevolg van menselijk handelen in de ondergrond heet een geïnduceerde aardbeving. Vanwege trillingsgevoelige bedrijfsprocessen in Eindhoven en omgeving zijn trillingen door geïnduceerde bevingen ongewenst. Echter zijn er nagenoeg geen voelbare bevingen waargenomen bij geothermie in Nederland. Daarnaast is het voor geothermieprojecten bij wet verplicht om voorzorgsmaatregelen te treffen om de kans op bevingen in te schatten. In het kader van de proefboringen is vanwege het risico op bevingen en de ligging ten opzichte van breuksystemen in de ondergrond door de SodM reeds aangegeven dat tot maximaal 1,5 km diepte mag worden geboord. Het is te verwachten dat hetzelfde voorbehoud ook geldt voor exploitatieboringen. Mocht gekozen worden voor geothermie in Eindhoven dan is het belangrijk om te monitoren op microseismiciteit.

Wijzigingen indeling indicatoren

Daarnaast zijn er twee wijzigingen doorgevoerd bij de volgende indicatoren:

- De indicator ‘Stikstofdepositie op natura 2000 gebieden’ is ondergebracht onder de indicator ‘beschermde gebieden – impact op instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden’ aangezien de instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden vrijwel uitsluitend over de stikstofdepositie gaan
- De indicator ‘archeologische en cultuurhistorische waarden’ is gesplitst naar 2 indicatoren ‘archeologische waarden’ en ‘cultuurhistorische waarden’ aangezien dit twee verschillende aspecten zijn met een verschillend beoordelingskader
- Bij het thema Circulariteit wordt naar de indicator ‘materiaalgebruik’ gekeken. Deze indicator wordt beoordeeld aan de hand van de benodigde hoeveelheid nieuwe materialen en de schaarste daarvan. Op dit moment is het niet mogelijk om een beoordeling te doen op materiaalgebruik, omdat de gemeente nog geen keuze heeft gemaakt in hoeverre materialen hergebruikt worden of op welke manier de aanbesteding verloopt

Als laatste is de indicator ‘grondwater’ verplaatst van het thema ‘water’ naar het thema ‘bodem en ondergrond’ aangezien deze indicator veel raakvlakken heeft met de indicator ‘bodemkwaliteit’.

0.8.2 Wijzigingen in onderzoeksvarianten

In het NRD waren de onderzoeksvarianten opgebouwd uit drie onderdelen 1) de warmtebron voor een collectief systeem 2) het transport van de warmte van bron naar de gebouwen voor een collectief systeem en 3) de benodigde aanpassingen in de gebouwen voor een collectief systeem en voor de individuele oplossing. Het idee achter deze verdeling was dat er ook over de milieu-impact van de losse onderdelen geleerd zou worden en op die manier ook over potentiële combinaties die nu niet expliciet als variant waren opgenomen.
Voor de uitvoerbaarheid is er toch gekozen voor vijf verschillende op zichzelf staande onderzoeksvarianten en is de opbouw uit losse onderdelen los gelaten. Concreet betekent dit dat:

- Variant 1a en 1b zijn uitgesplitst in variant 1 en 2
- De temperatuur van een warmtenet is niet gespecificeerd (dus geen aanduiding of het om een hoogtemperatuur, middentemperatuur of laag temperatuur warmtenet gaat). De milieu-impact verschilt niet significant op het abstractieniveau van onderzoeksvarianten op stads- en wijkniveau. De diameter van de buizen variëren niet dusdanig dat bij een beoordeling in het MER op dit abstractieniveau een verschil in effect voor onder meer drukte in de ondergrond, archeologische waarden en bodemkwaliteit te noteren is. Ten slotte worden de buizen afhankelijk van de temperatuur van het water geïsoleerd en is warmteverlies naar de bodem beperkt en zeer ongewenst. Daarmee zullen de effecten op bijvoorbeeld drinkwaterleidingen niet onderscheidend zijn
- Onderzoeksvariant 4 is gespecificeerd van een laagtemperatuur warmtenet naar een warmtenet met aquathermie met WKO als back-up
- Onderzoeksvariant 5 is gespecificeerd naar een warmtenet met een luchtbuurtwarmtepomp

0.8.3 Wijzigingen in buurttypen

Met het warmteprogramma en daaropvolgende beleidsstukken (uitvoeringsplannen en kavelplannen) maken we keuzes op buurtniveau. Daarom brengen we meer duiding aan de onderzoeksvarianten door de milieueffecten ook voor specifieke gebiedstypen en/of voorbeeldwijken te onderzoeken. In het NRD werd er daarvoor nog van uitgegaan dat de gebiedstypen zoals omschreven in de Omgevingsvisie 2.0 daarvoor als basis zouden dienen. In het planMER zijn er uiteindelijk drie gebiedstypes onderscheiden op basis van ruimtelijke kenmerken waaronder bebouwingsdichtheid. Deze zijn gekoppeld aan de wijktypologieën van Klimaateffectatlas[2]. Een uitgebreidere omschrijving van de buurttypen is te vinden in paragraaf 2.2.4.

Er is van het oorspronkelijke plan afgeweken en voor drie gebiedstypes gekozen vanwege de uitvoerbaarheid, leesbaarheid en navolgbaarheid van het planMER. De gebiedstypes zijn alleen beoordeeld voor indicatoren die daarvoor relevant waren geacht door de experts, namelijk ‘inpasbaarheid in de ondergrond’, ‘zichtbaarheid en beleving’, en ‘bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte’.

[2] Wijktypologie - Klimaateffectatlas

1 Methodiek van het planMER

In dit hoofdstuk wordt het beoordelingskader van dit planMER en de onderzoeksmethodiek van het planMER toegelicht.

1.1 Wat wordt er onderzocht

1.1.1 Voorgenomen activiteit: warmteprogramma

De voorgenomen activiteit waarvoor het planMER wordt opgesteld is het warmteprogramma van de gemeente Eindhoven. In dit warmteprogramma beschrijft de gemeente hoe de stad van aardgas overgaat op duurzamere energie om woningen en gebouwen te verwarmen, te koken en warm tapwater te krijgen. Hierin staan haar plannen voor de komende 10 jaar met als lange termijn doel om in 2050 als gemeente aardgasvrij te zijn. Het warmteprogramma gaat over de bestaande bebouwing en niet over de nieuwbouw die in de komende 10 jaar en daarna wordt gerealiseerd.

In het Warmteprogramma komt te staan:

- De meest kansrijke warmteoplossing (collectieve of individuele warmtevoorziening) per gebied
- Wanneer gebieden over kunnen gaan op een duurzamere energieoplossing
- Een beschrijving van de totale kosten voor de maatschappij
- In welke gebieden we als eerste starten en hoe we dat doen
- Hoe er gecommuniceerd en samengewerkt wordt bij het opstellen van een uitvoeringsplan voor een gebied

Wat staat er nog niet in?

- Een definitief besluit voor de duurzamere energieoplossing
- Een precieze kostenberekening

De gemeente onderzoekt voor de stap naar duurzame warmte vijf onderzoeksvarianten. Het planMER doet geen onderzoek naar de haalbaarheid van de verschillende onderzoeksvarianten. De keuze voor een warmteoplossing wordt door meerdere factoren bepaald. Naast de milieueffecten zijn ook de kosten, energievraag en andere factoren van belang. Deze factoren zijn onderdeel van een technisch-economische analyse in het warmteprogramma. De informatie van de milieueffecten uit het MER wordt samen met deze factoren gewogen om in het warmteprogramma tot een voorkeursalternatief te komen.

1.1.2 Onderzoeksvarianten

Het warmteprogramma beschrijft hoe de gebouwde omgeving overstapt van aardgas naar duurzame warmte. Dit kan met verschillende warmtetechnieken en -bronnen. Om goed inzicht te krijgen in de milieueffecten van deze verschillende technieken en bronnen zijn in dit MER een aantal onderzoeksvarianten beoordeeld. Dit planMER onderzoekt de effecten van deze onderzoeksvarianten op de leefomgeving op stadsniveau en waar mogelijk wijkniveau en voor verschillende thema’s locatiespecifiek. Voor de onderzoeksvarianten zijn nog geen specifieke locaties van installaties en tracés van de infrastructuur bekend. De onderzoeksvarianten zijn beschreven in hoofdstuk 3.

1.2 Beoordelingsmethodiek

1.2.1 Wijze van beoordelen effecten

In het MER worden de effecten van de voorgenomen activiteit en de bandbreedte van het programma in beeld gebracht. De effecten worden met plussen en minnen op een vijfpuntschaal beoordeeld (van ++ naar --, zie Tabel 2.1) ten opzichte van de referentiesituatie. Voor de indicatoren waarvoor een (zeer) negatief effect verwacht wordt, zal in het MER ook een beoordeling worden gegeven na mitigerende en/of compenserende maatregelen.

Tabel 2.1 Beoordelingsmethodiek

Score	Toelichting
++	Zeer positief effect ten opzichte van de referentiesituatie
+	Positief effect ten opzichte van de referentiesituatie
0	Neutraal effect ten opzichte van de referentiesituatie
-	Negatief effect ten opzichte van de referentiesituatie
--	Zeer negatief effect ten opzichte van de referentiesituatie

1.2.2 Beoordelingskader

Het doel van dit MER is om de relevante milieueffecten van het Warmteprogramma inzichtelijk te maken. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de onderzoeksthema's die in de MER aan bod komen en de aspecten waarnaar wordt gekeken per thema. Dit zijn de beoordelingscriteria– de criteria die we gebruiken om de milieu-impact van de onderzoeksvarianten te beoordelen.

De effecten worden, waar relevant, beschreven voor zowel de aanleg- als de gebruiksfase. De indicatoren zijn kwalitatief beoordeeld. Doordat het gaat over een abstracter programma voor de hele gemeente en niet over een ontwerp van een techniek voor een buurt of straat, is het niet passend de effecten van de alternatieven door te rekenen. Het uitvoeren van voorbeeldberekeningen leidt mogelijk tot een verkeerd beeld en geeft het risico op schijnnauwkeurigheid. De effectbeoordeling is daarom gebaseerd op deskundigenoordeel, waarbij gebruik is gemaakt van de kennis en ervaring van inhoudelijke specialisten van de gemeente Eindhoven en TAUW. Waar relevant en beschikbaar, zijn kwantitatieve gegevens, zoals kengetallen en bandbreedtes, uit bestaande onderzoeken ingezet om de orde van grootte van effecten nader te duiden en de kwalitatieve beoordeling te onderbouwen.

Tabel 1.2 Beoordelingskader

Thema	Aspect	Indicator	Type onderzoek
Geluid en trillingen	Cumulatieve geluidshinder	Ernstig gehinderden door geluid	Kwalitatief
	Trillingen	Hinder of schade door trillingen	Kwalitatief
Elektromagnetische velden	Elektromagnetische velden	Toename hinder door elektromagnetische velden	Kwalitatief
Luchtkwaliteit	Stikstofdioxide (NO_2)	Uitstoot van stikstofdioxide (NO_2)	Kwalitatief
	PM10	Uitstoot van fijnstof (PM10)	Kwalitatief
	PM2,5	Uitstoot van fijnstof (PM2,5)	Kwalitatief
Bodem en ondergrond	Kwaliteit boven- en ondergrond	De impact biologische, chemische en fysische bodemkwaliteit en de diepere ondergrond en op bodemleven in de leeflaag	Kwalitatief
	Grondwater	De hydrologische en thermische impact op grondwaterkwaliteit en kwantiteit	Kwalitatief
	Ondergronds ruimtegebruik	Inpasbaarheid in de ondergrond	Kwalitatief
Water	Drinkwater in leidingen	Impact op de kwaliteit van het drinkwater in nabijgelegen leidingen van benoemde technieken	Kwalitatief
	Oppervlaktewater	Thermisch effect en fysieke aantasting op waterleven	Kwalitatief
Groen & natuur	Beschermde soorten	Impact op beschermde soorten	Kwalitatief
	Beschermde gebieden – Natura 2000	Impact op instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden	Kwalitatief
	Beschermde gebieden – Natuurnetwerk Nederland (NNN)	Impact op areaal en/of kwaliteit van NNN-gebieden	Kwalitatief
	Stadsgroen en multifunctioneel groen	Impact op groene hoofdstructuur van de stad	Kwalitatief
Ruimtelijke Kwaliteit	Zichtbaarheid en beleving	Verrommeling van de buitenruimte	Kwalitatief
	Bovengronds ruimtegebruik & inpasbaarheid openbare ruimte	Totaal benodigd bovengronds ruimtegebruik & inpasbaarheid in de openbare ruimte in relatie tot andere stedelijke functies	Kwalitatief
Archeologie & cultuurhistorie	Archeologische waarden	Aantasting archeologische waarden	Kwalitatief

Thema	Aspect	Indicator	Type onderzoek
	Cultuurhistorische waarden	Fysieke aantasting en visuele verstoring van cultuurhistorische waarden	Kwalitatief
Klimaat en energie	CO_2 besparing	Reductie in CO_2 uitstoot	Kwalitatief
	CO_2 uitstoot	CO_2 uitstoot in aanlegfase	Kwalitatief
	Hulpenergie	Jaarlijkse gWh hulpenergie	Kwalitatief
Circulariteit	Materiaalgebruik	Hoeveelheid te gebruiken materiaal en zeldzaamheid daarvan	Kwalitatief
Hitte	Effect op hittestress	Impact op de omgevingstemperatuur en gevoelstemperatuur	Kwalitatief

1.2.3 Wat nemen we niet mee in het beoordelingskader?

Een bijzondere vorm van geluid die tot hinder kan leiden is laagfrequent geluid (LFG). LFG is geluid met zeer lage tonen te weten frequenties tussen 20 Hz en 100 tot 125 Hz. Geluid onder 20 Hz wordt infrasoon geluid genoemd. Geluid boven deze 100/125 Hz is gewoon geluid. Er bestaat geen specifieke wet- en regelgeving voor LFG in Nederland. Voor het beoordelen van LFG bestaan wel twee richtlijnen; te weten de richtlijn Laagfrequent geluid van de Nederlandse Stichting Geluidhinder en de Vercammen-curve. LFG geluid manifesteert zich vaak als een brom- of zoemtoon, die niet alleen wordt waargenomen met de oren, maar ook gevoeld wordt (bijvoorbeeld als druk op de borst). Bekende geluidbronnen die tot LFG-hinder op relatief grotere afstanden van de bron kunnen leiden zijn bijvoorbeeld verkeer (weg, rail en luchtvaart), (grote) industriële transformatoren en muziekgeluid van festivals. Op woning-/gebouwniveau kunnen bij onvoldoende akoestische of trillings-ontkoppeling ook bijvoorbeeld airco's, warmtepompen, cv-installaties en mechanische ventilatie tot LFG-hinder leiden. Verder is ook bekend dat er ook sprake kan zijn van LFG-fantoomgeluid ten gevolge van medische aandoeningen (bijvoorbeeld tinnitus). In dat geval is er geen sprake van een externe geluidbron.

LFG ten gevolge van kleine huisinstallaties, zoals warmtepompen en airco's, is relatief eenvoudig te voorkomen of te verhelpen is door de installatie akoestisch te ontkoppelen van constructiedelen en trillingvrij op te stellen. Toename van LFG-hinder ten gevolge van individuele installaties bij woningen zal daarmee geen issue (mogen) zijn voor de warmtetransitie. Ook is geen informatie bekend over de actuele hinder van LFG in Eindhoven.

LFG van grote transformatoren kan een rol spelen op relatief korte afstanden van de transformatoren. Ook hiervoor geldt dat wanneer hiermee in het ontwerp voldoende rekening wordt gehouden, een toename van LFG-hinder geen issue is (of mag zijn).

Op basis van bovenstaande analyse achten wij het niet van belang om de effecten van LFG-hinder mee te nemen in de effectbeoordeling van het Warmteprogramma in dit planMER.

1.2.4 Beoordeling op verschillende schaalniveaus

Aanlegfase en gebruiksfase
Dit planMER beoordeelt de effecten van de onderzoeksvarianten die optreden als gevolg van de aanleg van de verschillende warmtetechnieken, -bronnen en bijbehorende infrastructuur en de effecten die er zijn als de warmtechniek in gebruik is. De effecten in de aanleg- en gebruiksfase worden separaat besproken. Niet voor elk aspect zijn beiden fasen relevant. Dit is aangegeven in de effectbeschrijving en beoordelingstabel.

Gemeentebreed en locatiespecifieke aanvulling
In dit planMER worden de onderzoeksvarianten beoordeeld op het gemeentebrede effect. Als aanvulling op de verschillende onderzoeksvarianten wordt in het MER onderzocht waar locatiespecifieke milieuknelpunten ontstaan.

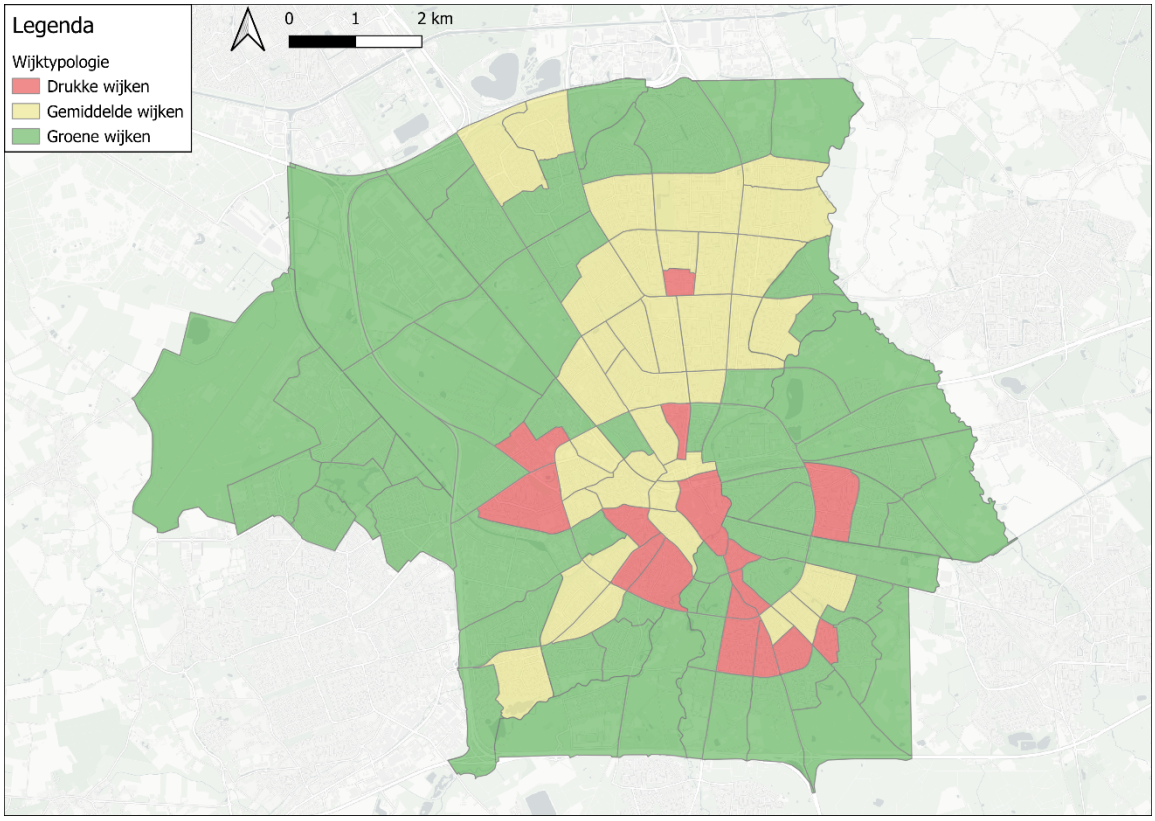
Wijktypologieën
In Nederland zijn verschillende wijktypen te onderscheiden op basis van typerende kenmerken[3]. Deze kenmerken zijn relevant voor de effectbeoordeling van de aspecten ondergronds ruimtegebruik (thema bodem en ondergrond), zichtbaarheid en beleving (thema ruimtelijke kwaliteit) en bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid in de openbare ruimte (thema ruimtelijke kwaliteit). In dit planMER zijn de wijktypen ten behoeve van de effectbeoordeling geclusterd tot drie wijktypologieën, omdat deze wijken per wijktypologie soortgelijke kenmerken hebben en daarmee op het abstractieniveau van het warmteprogramma soortgelijke effecten ondervinden van de onderzoeksvarianten. De wijktypologie is op basis van de bebouwingsdichtheid, breedte van het straatprofiel, het percentage openbaar groen en de aanwezigheid en grootte van tuinen. In navolging van de CBS wijkindeling zijn de wijktypen bedrijventerreinen[4] en het buitengebied in de wijktypologie “groene wijken” ingedeeld. De omschrijving per wijktypologie is weergegeven in Tabel 2.3.

Tabel 1.3 Beschrijving wijktypologieën gemeente Eindhoven

Wijktypologie	Omschrijving	Wijktypen
Drukke wijken	• Hoge bebouwingsdichtheid > 22% • Smalle straatprofielen <10 m • Te weinig openbaar groen <20% • Geen tuinen	• Tuindorp • Volkswijk
Gemiddelde wijken	• Gemiddelde bebouwingsdichtheid 15 - 25 % • Normale straatprofielen 8 – 14 m • Redelijk veel openbaar groen 20 – 30 % • Kleine tot normale tuin aanwezig	• Tuinstad hoogbouw • Tuinstad laagbouw • Hoogbouw • Bloemkoolwijk • Naoorlogse woonwijk • Vernieuwd
Groene wijken	• Lage bebouwingsdichtheid < 18% • Ruimte straatprofielen > 12 m • Veel openbaar groen > 30 % • Grote tuinen	• Villawijk • Vinex • Buitengebied • Bedrijventerreinen

[3] Wijktypologie - Klimaateffectatlas
[4] Bedrijventerreinen zijn ingedeeld als ‘groene wijken’ vanwege hun relatief lage bebouwingsdichtheid en ruime ruimtelijke opzet. Echter zijn deze bedrijventerreinen sterk verhard, en dus niet in werkelijkheid ‘groen’.

In onderstaande kaart (Figuur 2.1) is weergegeven welke wijken er onder welke categorie vallen. Deze kaart is gemaakt met behulp van de wijkindeling van de Klimaateffectatlas en met behulp van de afdeling Stedenbouw van gemeente Eindhoven aangescherpt, zodat deze de situatie in Eindhoven beter weergeeft.



Figuur 1.1 Onderverdeling gemeente Eindhoven in wijktypologieën (drukke wijk, gemiddelde wijk en groene wijk)

1.3 Processtappen planMER

Voor het opstellen van de planMER zijn de volgende processtappen doorlopen. Het proces is begonnen in november 2024 met een startoverleg tussen het kernteam van TAUW en de gemeente. Vervolgens vond een startoverleg met de specialisten van beide organisaties plaats. In dit startoverleg met de specialisten is een toelichting gegeven op het warmteprogramma en hebben de specialisten de thema's en aspecten uit de NRD gezamenlijk verder uitgewerkt. Vervolgens heeft TAUW de uitwerking van de HSAO gedaan en had de gemeente een controlerende rol. Na het afronden van de HSAO (zie bijlage 1) is de effectbeoordeling gestart. De specialisten van zowel de gemeente als TAUW hebben per thema bij elkaar gezeten om de effecten per onderzoeksvariant uit te werken. TAUW heeft deze verder uitgeschreven (zie hoofdstuk 4 en 5). De gemeente had hierbij een controlerende rol. Parallel aan het uitwerken van de effectbeoordeling hebben de gemeente en TAUW een sessie gehad om het doelbereik van het warmteprogramma te bepalen (zie hoofdstuk 7), de omgang met monitoring (zie hoofdstuk 9) en het warmteprogramma aan te scherpen (zie hoofdstuk 9.2). Alle uitkomsten en hoofdstukken zijn samengevoegd in een concept planMER.

De gemeente heeft dit planMER gecontroleerd, waarna het planMER – na verwerking van de feedback – gereed was voor de terinzagelegging en het adviestraject van de Commissie mer. De Commissie mer heeft een tussentijds advies gegeven waarin zij aangeeft in hoeverre het MER de relevante milieu-informatie bevat voor de besluitvorming over het Warmteprogramma. Op basis van dit tussentijdse advies is het planMER aangevuld, zoals beschreven in paragraaf 0.7.2.

1.4 Referentiesituatie en beleidskader

1.4.1 Referentiesituatie

Voor de effectbeoordeling worden de onderzoeksvarianten in dit MER afgezet tegen de referentiesituatie. De referentiesituatie bestaat uit de huidige situatie en de autonome ontwikkeling (HSAO). In de referentiesituatie wordt de huidige situatie van het plangebied en omgeving beschreven en wordt aangegeven wat de zogenaamde autonome ontwikkelingen zijn. Dit zijn de ontwikkelingen die hier de komende 10 jaar plaats zullen vinden, waar al een besluit over is genomen, zonder dat de voorgenomen activiteit (dus het warmteprogramma) wordt uitgevoerd. De referentiesituatie per thema is opgenomen in Bijlage 1.

Voor het MER wordt de referentiesituatie aan warmtevoorziening gelijkgesteld aan de huidige situatie in combinatie met autonome ontwikkelingen die onafhankelijk van het warmteprogramma plaats zullen vinden. Alle ontwikkelingen op het gebied van warmte en aardgasvrij maken, zijn namelijk onderdeel van de voorgenomen activiteit. Er wordt bij de referentiesituatie uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- De levering van warmte blijft op het temperatuurniveau van 2020
- Alle huidige warmte-infrastructuur blijft behouden (bijvoorbeeld het aardgasnet, bestaande warmtenetten en bestaande warmtepompen)
- De bestaande gebouwen zullen richting 2050 gemiddeld rond de 20 % energie besparen op hun warmtevraag
- Ten gevolge van klimaatverandering neemt de warmtevraag af en de koelvraag neemt toe

Alle ontwikkelingen die te maken hebben met het aardgasvrij maken van de gemeente Eindhoven zijn onderdeel van het warmteprogramma.

1.4.2 Beleidskader

In de afweging van onderzoeksvarianten dient rekening gehouden te worden met bestaand beleid. Voor dit planMER gaan we uit van onderstaand beleidskader. De tabel geeft een overzicht van de belangrijkste kaders en beleidsstukken van internationaal tot lokaal niveau, waarbij wordt aangegeven wat de relevantie van het beleid is voor dit planMER.

Tabel 1.4 Beleidskader

Beleidskader	***Omschrijving en relevantie***
Internationaal/Europees	
Klimaatakkoord van Parijs	Om de mondiale klimaatverandering tegen te gaan hebben 195 landen in 2015 het Klimaatakkoord van Parijs ondertekend. Al deze landen, waaronder Nederland, maakten afspraken om de CO_2-uitstoot terug te dringen. Het nationaal Klimaatakkoord, de Eindhovense Klimaatverordening en het Warmteprogramma vinden hun oorsprong bij dit akkoord.
Europese Klimaatwet/Green Deal	Met de Europese Klimaatwet heeft Europa in de wet vastgelegd klimaatneutraal te 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.
Europese richtlijnen Luchtkwaliteit en Gevaarlijke Stoffen	De Europese richtlijnen Luchtkwaliteit en Gevaarlijke stoffen in de lucht stellen grenswaarden en streefwaarden voor stoffen die de kwaliteit van de buitenlucht beïnvloeden. Deze zijn als rijksomgevingswaarde vastgelegd in het Bkl (nationaal beleid). Vanaf 2030 gaan strengere Europese luchtkwaliteitseisen gelden, wat tot aanscherping van de rijksomgevingswaarden zal leiden. Dit is van invloed op het thema Luchtkwaliteit.
F-gassenverordening 2024/57347	Op 20 februari 2024 publiceerde de Europese Commissie de nieuwe, aangescherpte F-gassenverordening. Deze is op 11 maart 2024 in werking getreden. Deze verordening regelt een versnelde uitfasering van F-gassen als koudemiddel in koel- en klimaatinstallaties. De verordening is daarmee van invloed op het thema klimaat & energie.
Nationaal	
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. Eén van de afspraken die daarvoor is gemaakt, is dat Nederland uiterlijk in 2050 volledig aardgasvrij is. De ambitie is om dit te realiseren via een gebiedsgerichte aanpak waarin gemeenten de regie voeren. Het Warmteprogramma van gemeente Eindhoven volgt hieruit.
Omgevingswet	De Omgevingswet bundelt verschillende 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. In de Omgevingswet zijn regels opgenomen voor bijvoorbeeld de thema's geluid, luchtkwaliteit, bodem en cultuurhistorische waarden. De Omgevingswet werkt door in vier algemene maatregelen van bestuur (AMvB's): het Omgevingsbesluit, het Besluit kwaliteit leefomgeving, het Besluit activiteiten leefomgeving en het Besluit bouwwerken leefomgeving.
Klimaatwet	In de Klimaatwet heeft Nederland wettelijk vastgelegd dat we in 2030 49 % minder broeikasgassen moeten uitstoten en in 2050 95 % minder ten opzichte van 1990. Het Warmteprogramma is een van de de manieren waarmee de gemeente Eindhoven deze doelstellingen willen behalen.

Beleidskader	*Omschrijving en relevantie*
Wet collectieve warmte	De aanstaande Wet Collectieve Warmtevoorzieningen (Wcw, januari 2027) belegt bij gemeenten een regierol in de ontwikkeling van warmtenetten en organiseert dat het eigendom daarvan publiek is. Momenteel wordt in Eindhoven gewerkt aan de oprichting van een publiek energiebedrijf. De gemeente stelt na invoering Wcw warmtekavels vast, zodat een publiek energiebedrijf aangewezen kan worden voor de uitwerking van een kavelplan en een aanbod richting de afnemers. De voorgenomen warmtekavels omschrijft de gemeente in het warmteprogramma.
Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransitie (Wgiw)	Op 23 april 2024 is de Wgiw aangenomen door de Tweede Kamer. De Wgiw is pas definitief nadat de Eerste Kamer ermee instemt, en de wet is gepubliceerd in de Staatscourant. De verwachting is dat de wet per 1 juli 2026 van kracht is. Met deze wet krijgen gemeenten meer bevoegdheden om de nieuwe manieren van verwarmen in de gemeente vast te leggen. Ook voor de gemeente Eindhoven geldt dat zij haar plannen met deze wet definitief vast kan leggen. Met de Wgiw is een warmteprogramma te zien als een wettelijk voorgeschreven programma; een van de eisen waardoor een programma mer-plichtig kan zijn.
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 Eindhoven in gebieden tot betere en meer geïntegreerde keuzes.
Mijnbouwwet (Mbw)	De Mbw reguleert het gebruik van bestaansbronnen in de diepe ondergrond, zoals het opsporen, winnen en opslaan van delfstoffen en aardwarmte. De Wet is, met bepaalde uitzonderingen, alleen van toepassing op delfstoffen die op een diepte van meer dan 100 meter aanwezig zijn. Voor aardwarmte geldt een grens van een diepte van meer dan 500 meter. Deze wet reguleert het gebruik en toepassing van warmtetechnieken die gebruikmaken van bodemwarmte.
Besluit activiteiten leefomgeving (Bal)	In het Bal 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. Hierin staan onder andere beperkingen rondom monumenten. Het besluit biedt kaders voor de effectbeoordeling van verschillende aspecten.
Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl)	In het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) staan regels over omgevingswaarden, instructieregels, beoordelingsregels en regels voor monitoring. Het Bkl geldt voor het Rijk en decentrale overheden. In het Bkl staan onder andere de rijksomgevingswaarden voor lucht. Deze zijn gelijk aan de Europese richtlijnen Luchtkwaliteit en Gevaarlijke stoffen. Daarnaast staan er regels in voor onder andere omgevingslawaai en erfgoed. Het besluit biedt kaders voor de effectbeoordeling van verschillende aspecten.
Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl)	In het Bbl staan regels over veiligheid, gezondheid, duurzaamheid en bruikbaarheid van bouwwerken. Daarnaast heeft het Bbl regels over de staat en het gebruik van een bouwwerk, het uitvoeren van bouw- en sloopwerkzaamheden in de dagperiode en regels omtrent erfgoed. Het besluit biedt kaders voor de effectbeoordeling van verschillende aspecten.
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 elektriciteits-

Beleidskader	*Omschrijving en relevantie*
	infrastructuur. Gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek geeft het beleidsadvies richtafstanden voor hoogspanningslijnen bij woongebieden en bronmaatregelen voor nieuwe elektriciteits-infrastructuur. Met deze maatregelen wordt gestreefd naar een maximale veldsterkte van 0,4 microtesla gemiddeld over een jaar, in gebieden waar kinderen langdurig verblijven.
Programma Energiehoofdstructuur	De energietransitie vraagt meer ruimte in de fysieke leefomgeving, terwijl die ruimte beperkt is. Het Programma Energiehoofdstructuur (PEH) richt zich op de benodigde ruimte voor de nationale onderdelen van het energiesysteem op land voor een klimaatneutraal energiesysteem in 2050. Gemeenten kunnen in het PEH zien welke ruimtelijke ontwikkelingen van het energiesysteem op nationaal niveau worden verwacht.
Provinciaal	
Omgevingsvisie Provincie Noord-Brabant	In december 2018 is de Brabantse omgevingsvisie vastgesteld. De Omgevingsvisie bevat de belangrijkste ambities voor de fysieke leefomgeving voor de komende jaren. Dat gaat om ambities op het gebied van de energietransitie, een klimaatproof Brabant, Brabant als slimme netwerkstad en een concurrerende, duurzame economie. Dit is van invloed op het Warmteprogramma van de gemeente Eindhoven.
Provinciale Omgevingsverordening	In de provinciale Omgevingsverordening staan regels opgenomen waar overheden, bedrijven en burgers zich aan moeten houden. Voor gemeenten staan er instructieregels in over de uitoefening van taken en bevoegdheden en beoordelingsregels voor omgevingsvergunningen.
Richtlijn aanvullende maatregelen toepassing geothermie Brabant	De richtlijn bevat aanvullende maatregelen voor de veilige toepassing van geothermie in de provincie Noord-Brabant, en is daarmee van invloed op (de effectbeoordeling van) onderzoeksvariant 3.
Regionaal	
RES Metropoolregio Eindhoven	In de regio Eindhoven werken 21 gemeenten aan een gezamenlijke energiestrategie: de Regionale Energiestrategie (RES). Ook de provincie, twee waterschappen, de netbeheerder en verschillende belanghebbenden werken mee. De RES is een instrument om te komen tot keuzes voor de besparing van energie, de opwekking van duurzame elektriciteit, de warmtetransitie in de gebouwde omgeving en de benodigde energie-infrastructuur. In de RES zijn ambities afgesproken voor het realiseren van de energietransitie in de regio.
Regionale Structuur Warmte (RSW)	De regie in de warmtetransitie ligt op lokaal niveau, bij de gemeenten. De Regionale Structuur Warmte (RSW) is ondersteunend hieraan, als er in de regio sprake is van bovengemeentelijke aspecten aan de warmtetransitie. De RSW heeft als doel de warmtetransitie te ondersteunen door inzichtelijk te maken waar en welke bovengemeentelijke meerwaarde er is. De RSW 2.0 richt zich op het eindbeeld 2050 met een focus op de ontwikkelingen die op korte termijn richting 2030 nodig zijn.
Gemeentelijk	
Klimaatverordening gemeente Eindhoven 2016	In de door de Eindhovense gemeenteraad vastgestelde Klimaatverordening is vastgelegd dat de CO_2 emissie van de stad teruggedrongen moet worden met 55% in 2030 en 95% in 2050. Dat laatste doel is inmiddels ingehaald door huidige Klimaatwet. Referentiepunt daarbij is de emissie in het jaar 1990. De

Beleidskader	*Omschrijving en relevantie*
	Klimaatverordening verplicht het college tevens tot het eenmaal in de vijf jaar opstellen van een Klimaatplan. Het Warmteprogramma is een van de manieren om deze ambitie te behalen.
Klimaatplan 2021-2025	In het door de gemeenteraad vastgestelde klimaatplan is de doelstelling vertaald naar een korter tijdsbestek: een reductie van 400 kiloton ten opzichte van 2015 per 2025. In het Klimaatplan is daarnaast opgenomen dat Eindhoven zich aansluit bij het landelijke doel om in 2050 volledig circulair te zijn. Het Klimaatplan wordt nader uitgewerkt in een tweejaarlijkse uitvoeringsagenda. In de Uitvoeringsagenda Klimaat 2024-2025 is de gemeenteraad geïnformeerd over het opstellen van een Warmteprogramma.
Klimaatplan 2026-2030	Dit Klimaatplan beschrijft de acties en activiteiten die de gemeente Eindhoven tussen 2026 en 2030 gaat ondernemen om te voldoen aan de klimaatdoelen uit de Klimaatverordening. Het einde van de planperiode markeert het jaar waarin het eerste tussendoel, 55% reductie van de jaarlijkse uitstoot van broeikasgassen ten opzichte van 1990, moet zijn behaald. Het plan is daarom primair gericht op de inzet die gepleegd moet worden om dat doel te behalen. Hierin wordt de link met de warmtetransitie nadrukkelijk gelegd.
Transitievisie Warmte (TVW)	In 2021 is de Transitievisie Warmte (TVW) door de raad vastgesteld. Hierin beschrijft de gemeente hoe ze van het aardgas afgaan. Met de beoogde inwerkingtreding van de Wet gemeentelijke instrumenten Warmtetransitie (Wgiw) per 1 juli 2026 wordt de TVW vervangen door het warmteprogramma en is dat een verplicht programma onder de Omgevingswet. Het eerste warmteprogramma moet uiterlijk 31 december 2026 zijn vastgesteld door het college. Vervolgens moet het elke 5 jaar worden geactualiseerd.
Omgevingsvisie	In 2020 is de eerste Eindhovense omgevingsvisie vastgesteld, vooruitlopend op de komst van de Omgevingswet: ‘Eindhoven kloppend hart van Brainport’. Deze omgevingsvisie is gemaakt op basis van het toen vastgestelde beleid. De nieuwe omgevingsvisie bouwt voort op de eerste omgevingsvisie en vult deze aan met strategische keuzes en een gebiedsuitwerking. In de visie is onder andere de stedelijke opgave Werken aan de energietransitie van de stad beschreven, waar het Warmteprogramma een uitvoering van is.
Verordening interferentiegebied bodemenergie gemeente Eindhoven 2022	Met deze verordening stuurt de gemeente de ordening van de ondergrond. Door een betere ordening van de ondergrond kunnen meer bodemenergiesystemen in een interferentiegebied worden geïnstalleerd en worden deze beter benut. Dit leidt tot optimaal en duurzaam gebruik van de ondergrond voor bodemenergie en voorkómt negatieve interferentie tussen bodemenergiesystemen onderling of met andere ondergrondse functies. Dit is van invloed op (de effectbeoordeling van) onderzoeksvariant 2.
Het Waterenergieplan (WEP)	De gemeente Eindhoven stelt samen met het Waterschap de Dommel een water-energieplan op. Het Waterenergieplan geeft een kader voor de potentie van duurzame warmte gevoed door aquathermie, passend binnen de grenzen van ecosystemen en het waterbeheer, waarbij de belangen van waterkwaliteit en ecologie (KRW) en leveringszekerheid van de vergunde warmte samen geborgd worden. Dit is van invloed op (de effectbeoordeling van) onderzoeksvariant 4.

Beleidskader	*Omschrijving en relevantie*
Erfgoedverordening	In de Erfgoedverordening zijn de regels voor de cultuurhistorische waardenkaart en archeologische verwachtingen- en waardenkaart opgenomen. Deze verordening is van invloed op het thema Archeologie en Cultuurhistorie.
Gebiedsplan gebiedsgericht grondwaterbeheer	Het Gebiedsplan biedt een kader voor de omgang met grondwaterverontreinigingen, waarmee de gewenste dynamische ontwikkelingen (o.a. stedelijke verdichting en energietransitie) in het centrumgebied van Eindhoven meer ruimte krijgen en daarnaast eenvoudiger en meer kosteneffectief uitgevoerd kunnen worden. Het Gebiedsplan geeft tevens invulling aan het duurzaam beheer van het grondwater door het te beschermen, te benutten en te verbeteren. Dit plan is van invloed op het aspect Grondwater.
Water- en Klimaatadaptatie Aanpak 2023 – 2026	De Water- en Klimaatadaptatie Aanpak 2023 - 2026 is een actualisatie van het Gemeentelijk Rioleringsplan 2019-2022 en geeft het beleidsmatig en financieel kader voor het uitvoeren van de zorgplichten (inzameling en transport van afval-, hemel- en grondwater) en de taken voor het oppervlaktewater en de water gerelateerde klimaatadaptatie opgaven. Dit raakt aan warmtetechnieken die gebruik maken van de warmte van water, en is daarmee van invloed op het Warmteprogramma.
Masterplan Bodemenergie Centrumgebied	Het doel van het Masterplan Bodemenergie (hierna “Masterplan”) is het waarborgen van voldoende bodemenergie voor zoveel mogelijk initiatienemers door optimaal gebruik te maken van bodemenergie aan de hand van een plankaart en de daarbij behorende gebruiks- of ordeningsregels voor OBES en GBES. Het Masterplan omschrijft de kaders waarbinnen de gemeente Eindhoven het gebruik van bodemenergie reguleert en maximaal faciliteert. Het plan richt zich op het centrumgebied.
Zero-emissiezone en milieuzone	Sinds 1 januari 2025 geldt de zero-emissiezone voor vracht- en bestelvoertuigen in het centrum van Eindhoven. Alle nieuwe bestel- en vrachtwagens moeten vanaf dan volledig uitstootvrij zijn om in de zone te rijden. Dit is van invloed op de thema’s Geluid, Luchtkwaliteit en Klimaat en Energie.

2 Onderzoeksvarianten

Het MER moet de gemeente inzicht geven in de milieu-impact van de keuzes die ze maken in het warmteprogramma. Om dit te doen, maken wij onderscheid tussen een aantal *onderzoeksvarianten* gericht op het aardgasvrij maken van de gebouwde omgeving. De onderzoeksvarianten zijn gebaseerd op voor Eindhoven realistische technische oplossingsrichtingen. Deze omschrijven we aan de hand van technische eigenschappen (bron en transport). We houden geen rekening met aanpassingen aan de woning (zoals isoleren).

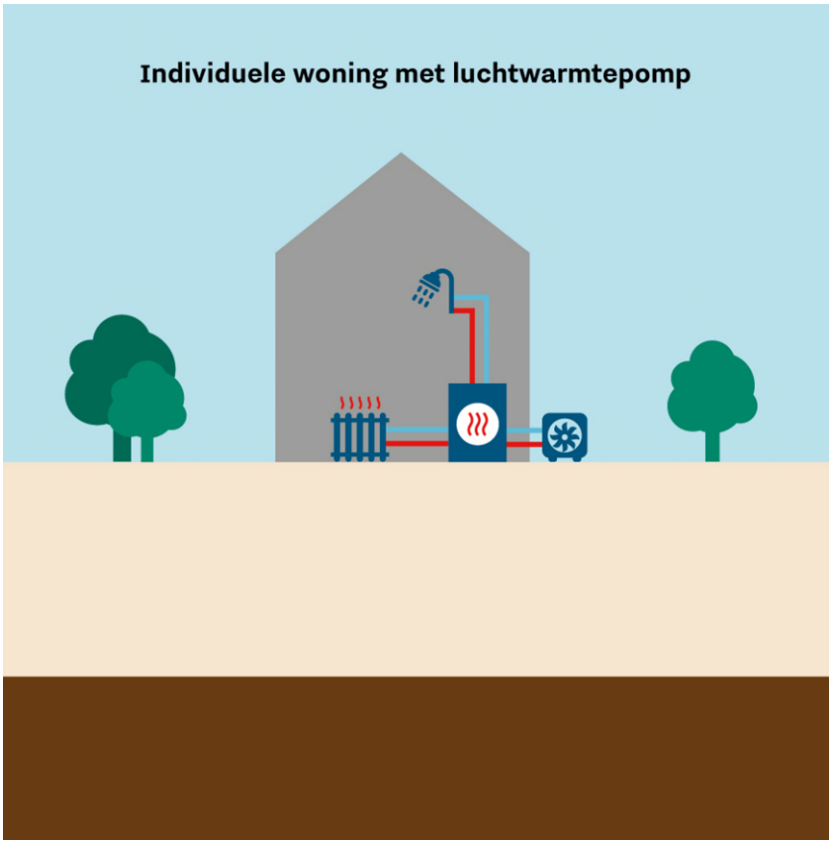
Gemeente Eindhoven wil de technieken zo breed mogelijk toepassen en gaat in het warmteprogramma uit van aardgasvrije warmteoplossingen. Dat betekent dat dit planMER uitgaat van aardgasvrij. Er is geen piekbelasting voorzien door aardgas, ondanks dat we dit wel zien als een potentieel nuttige tussenstap richting aardgasvrij. We willen dat de onderzoeksvariant een kritischere situatie vertegenwoordigt dan als je aardgas voor de piekvoorziening gebruikt (zo heb je bijvoorbeeld een grotere belasting van duurzame bronnen, een grotere belasting van het elektriciteitsnet; een grotere seizoensopslag).

Piekbelasting als tussenstap zien wij als een technisch-financiële optimalisatie, die niet past bij het abstractieniveau van een MER voor het warmteprogramma.

Dit planMER onderzoekt de effecten van deze onderzoeksvarianten op de leefomgeving op stadsniveau, waar mogelijk op wijkniveau en voor verschillende thema's locatiespecifiek. Voor de onderzoeksvarianten zijn nog geen specifieke locaties van installaties en tracés van de infrastructuur bekend. In de praktijk zal per gebied een andere techniek het meest geschikt zijn, en een ander termijn waarop de gemeente met partners met die techniek aan de slag gaat. De koppeling tussen technieken en gebieden is echter nu nog niet precies bekend. Deze hangt af van bijvoorbeeld de lokale beschikbaarheid van bronnen.

2.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Onderzoeksvariant 1 is een elektrische lucht-water-warmtepomp. Een lucht-water-warmtepomp wordt per huis individueel geïnstalleerd. Er vindt geen warmtetransport via ondergrondse leidingen in de publieke ruimte plaats. De warmtepomp bestaat uit een binnen- en buitenunit. De binnenunit moet in huis geplaatst worden en is gemiddeld 70 cm breed, 90 cm hoog en 25 cm diep. De buitenunit kan in de achter- of voortuin of op het dak geplaatst worden en is gemiddeld 80 cm breed, 30 cm diep en 60 cm hoog. Er is in de woning ook een booster module nodig voor tapwater. Deze zit meestal verwerkt in de binnenunit.



Figuur 2.1 Schematische weergave van een lucht-water-warmtepomp

Warmtebron

De lucht-water-warmtepomp gebruikt de warmte uit de lucht als warmtebron. De warmte uit de buitenlucht wordt in de binnenunit verder opgewarmd met behulp van elektriciteit. De meeste lucht-water-warmtepompen kunnen water tot 55 °C verwarmen. Het verwarmde water wordt afgegeven aan een afgiftesysteem (zoals vloerverwarming of radiatoren). Een warmtepomp gaat gemiddeld 15-20 jaar mee.

Bij een lagere buitentemperatuur moet een lucht-water-warmtepomp harder werken om de dezelfde hoeveelheid warmte uit de buitenlucht te halen. Door dit intensieve gebruik van de lucht-water-warmtepomp daalt het rendement van de lucht-water-warmtepomp en stijgt het elektriciteitsverbruik van de lucht-water-warmtepomp significant.

Netverzwaring

Bij de grootschalige inzet van individuele lucht-water-warmtepompen is in de meeste buurten extra versterking van het elektriciteitssysteem nodig, boven op de versterking die al nodig is voor elektrisch vervoer, zon-PV en elektrisch koken. Dit betekent meer elektriciteits-infrastructuur in de vorm van transformatorhuisjes en elektriciteitskabels. Over het algemeen geldt voor deze onderzoeksvariant dat 1 op de 3 straten wordt opengebroken voor de aanleg van elektriciteitskabels en dat het aantal transformatorhuisjes verdubbeld dient te worden[5]. Daarnaast is 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. Deze moeten voldoende capaciteit hebben om deze verhoogde stroomvraag betrouwbaar te kunnen verdelen over meerdere buurten en transformatiestations.

Installatie en ruimtevraag

Een lucht-water-warmtepomp bestaat uit een binnen- en buitenunit. De buitenunit bevat een ventilator en compressor waarmee warmte uit de buitenlucht wordt onttrokken (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). 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 lucht-water-warmtepomp voor de ruimteverwarming nog verder te verhogen kan er een buffervat worden geïnstalleerd. Deze installaties worden in en om de woning geplaatst.

[5] Warmteoplossingen en ruimtegebruik | NPLW



Figuur 2.2 Buitenunit van een individuele lucht-water-warmtepomp. Bron: Milieu Centraal

In de openbare ruimte is in deze onderzoeksvariant ruimte nodig voor de netverzwaring. In de wijk betekent dit dat er transformatorhuisjes geplaatst moeten worden van 3,52 x 1,85 x 2,06 (lengte x breedte x hoogte), of 6,5 m^2. Om de transformatorhuisjes moet ruimte vrij blijven, waardoor ze in totaal ongeveer 23 – 31 m^2 in beslag nemen[4]. Op een groter schaalniveau is binnen de gemeente ruimte nodig voor middenspanningsstations (200 - 4.000 m^2) of aan de rand van de gemeente voor hoogspanningsstations (15.000 - 100.000 m^2)[6]. In de ondergrond is ruimte nodig voor de aanleg van elektriciteitskabels voor het wijkdistributienet.

Aanpassingen aan woningen en gebouwen

Voor een efficiënte werking van de lucht-water-warmtepomp moet een gebouw minimaal geïsoleerd zijn tot schillabel B. Afhankelijk van de woning of het gebouw zijn hiervoor aanvullende maatregelen nodig. De buitenunit van de lucht-water-warmtepomp wordt aan de buitenkant van de woning of het gebouw 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 lucht-water-warmtepomp aangesloten op verwarmingsleidingen die geschikt zijn voor lage temperatuur.

Afgiftetemperatuur van het water

De afgiftetemperatuur van een lucht-water-warmtepomp ligt doorgaans tussen de 30°C en 55°C, afhankelijk van het type systeem en het afgiftesysteem in de woning. Standaard warmtepompen werken het meest efficiënt bij lagere temperaturen van rond de 35°C tot 45°C. Dit past goed bij vloerverwarming of lage temperatuur convectoren.

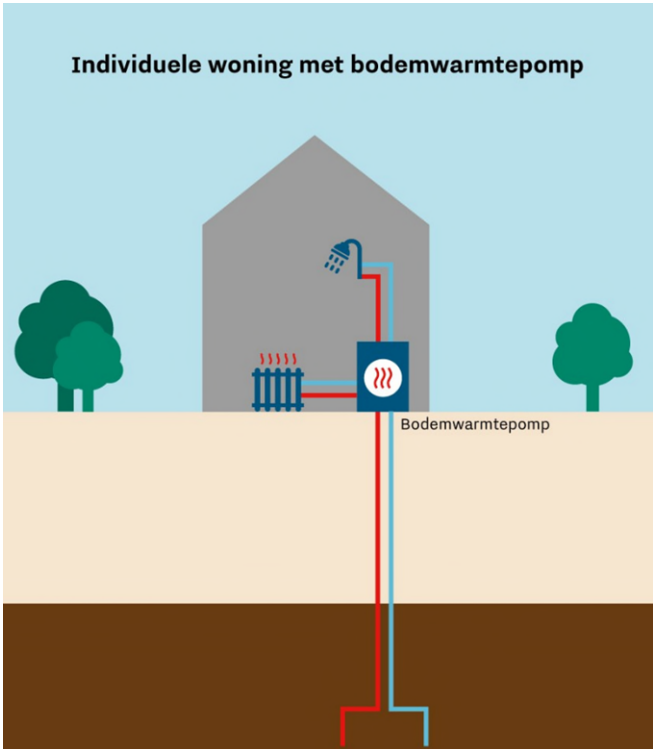
[6] Handreiking Ruimtelijke inpassing van energie-infra

Koelmogelijkheden

De lucht-water-warmtepomp kan naast verwarmen ook actief koelen, waarbij warmte uit het afgiftesysteem wordt onttrokken en aan de buitenlucht wordt afgegeven (omgekeerd verwarmingsproces). Hierbij stroomt koel water door het afgiftesysteem. Hierbij is het noodzakelijk dat de installatie in de woning geschikt is om koude af te geven. Reguliere radiatoren zoals voornamelijk geïnstalleerd in bestaande bouw kunnen niet koelen, zeer lage temperatuur (ZLT)-radiatoren wel. Vloerverwarmingen kunnen koelen door er koud water doorheen te laten stromen. Met een warmtepomp wordt het niet zo koel als met een airco. Afhankelijk van het afgiftesysteem kan er met een lucht-water-warmtepomp 1 tot 7 °C gekoeld worden[7]. Een warmtepomp moet de hele dag rustig draaien om de warmte uit de woning te pompen. Daarnaast geldt dat het water dat door de leidingen stroomt niet te koud mag zijn, omdat er anders risico bestaat op condensatie[8].

2.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Onderzoeksvariant 2 is een elektrische bodem-water-warmtepomp. Deze wordt in deze onderzoeksvariant individueel per huis geïnstalleerd. De bodem-water-warmtepomp bestaat uit een systeem van bodemwarmtewisselaar en warmtepomp en wordt ook wel een gesloten bodemenergiesysteem (GBES) genoemd. Een gesloten verticale bodemwarmtewisselaar (bodemlus) wordt geboord op eigen perceel, bijvoorbeeld in de tuin of op de oprit. Er zijn dan één of meerdere boringen nodig. Aangezien het een individueel systeem is zijn er geen (ondiepe) leidingen voor warmtetransport tussen huizen nodig.



Figuur 2.3 Schematische weergave van een bodem-water-warmtepomp

[7] Ontdek hoeveel graden koelen met warmtepomp écht mogelijk is!
[8] Koudetechnieken: het koel houden van gebouwen | NPLW

Warmtebron
De bodem-water-warmtepomp 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.

De wetgeving voor het ontwerpen, aanleggen, beheren en controleren van bodemenergiesystemen en registratie van de systemen door de omgevingsdienst zorgt dat er geen verstoring optreedt in de bodem en het grondwater. Met goed beheer van de bronnen hebben gesloten systemen een verwachte levensduur van meer dan 30 jaar.

Netverzwaring
Door de constante temperatuur van de bodem is het elektriciteitsverbruik van een bodem-water-warmtepomp stabieler over het jaar dan bij een lucht-water-warmtepomp. Ondanks een stabieler verbruik van elektriciteit is ook bij de grootschalige inzet van individuele bodem-water-warmtepompen in de meeste buurten extra versterking van het elektriciteitssysteem nodig (boven op de versterking die al nodig is voor elektrisch vervoer, zon-PV en elektrisch koken). Dit betekent meer elektriciteitsinfrastructuur in de vorm van transformatorhuisjes en elektriciteitskabels. Daarnaast zijn op het middenspanningsniveau ook verzwaringen nodig, zoals beschreven bij onderzoeksvariant.

Installatie en ruimtevraag
Om warmte uit de bodem te kunnen halen wordt er een gesloten buizensysteem (bodemlus) in de grond geplaatst. De gesloten bodemlus kan tot 300 meter diep geboord worden, als er geen dieptebeperkingen zijn. Als de diepte beperkt wordt, dan kan het nodig zijn om meerdere bodemlussen aan te leggen. Gemiddeld heeft een individuele bodem-water-warmtepomp een diepte rond de 100 meter. De bodemlus bestaat uit een dikwandige kunststofslang, waardoor puur water, kaliumcarbonaat of monopropyleenglycol als circulatievloeistof wordt gepompt. Na de aanleg van de bodemlus bevindt het systeem zich geheel in de grond en hoor of zie je het niet meer. Het water in de bodemlus neemt de warmte van de bodem op en geeft deze door aan de warmtepomp. De temperatuur van de bodem (en dus het water in de bodemlus) heeft gedurende het jaar een constante temperatuur rond de 12 - 15°C. Het opgewarmde water uit de bodemlus wordt vervolgens afgegeven aan de warmtepomp. De warmtepomp bevindt zich binnenshuis. Hier wordt de temperatuur uit de bodem verhoogd met behulp van elektriciteit om de woning te kunnen verwarmen. De warmte wordt afgegeven via een lage temperatuur afgiftesysteem (bijvoorbeeld vloerverwarming).

Er is in de woning dan nog een boostermodule nodig voor tapwater. In de zomer wordt 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.

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 bij deze onderzoeksvariant ruimte benodigd voor de netverzwaring. In de wijk betekent dit dat er transformatorhuisjes geplaatst moeten worden van ongeveer 3,52 x 1,85 x 2,06 (l x b x h), of 6,5 m^2. Om de transformatorhuisjes moet ruimte vrij blijven, waardoor ze in totaal ongeveer 23 – 31 m^2 in beslag nemen[9]. Op een groter schaalniveau is binnen de gemeente ruimte benodigd voor middenspanningsstations (200 - 4.000m^2) of aan de rand van de gemeente voor hoogspanningsstations (15.000 - 100.000 m^2). De benodigde verzwaring van het elektriciteitsnet is beperkter dan bij lucht-water-warmtepompen, 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
Voor een efficiënte werking van de bodem-water-warmtepomp moet een gebouw minimaal geïsoleerd zijn tot schillabel B. Afhankelijk van de woning of het gebouw zijn hiervoor aanvullende maatregelen nodig.

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

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

[9] Warmteoplossingen en ruimtegebruik | NPLW

Afgiftetemperatuur van het water
De afgiftetemperatuur van een bodem-water-warmtepomp 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 bodem-water-warmtepomp 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 een hogere afgiftetemperatuur nodig. In sommige gevallen heeft het bestaande afgiftesysteem na isolatie voldoende capaciteit om de woning op lagere temperaturen (van ca. 55 °C) te verwarmen. Indien het afgiftesysteem onvoldoende capaciteit heeft op deze lagere temperatuur, kan eventueel de afgiftecapaciteit van de radiator vergroot worden door een grotere versie of een extra radiator bij te plaatsen.

Koelmogelijkheden
Een bodem-water-warmtepomp kan passief koelen door koelte uit de bodem over te dragen aan het afgiftesysteem. Hierbij wordt koud water rondgepompt, de compressor van de warmtepomp staat uit. Dit heeft als voordeel dat de bodem hierdoor in de zomer weer wat wordt opgewarmd zodat de warmtepomp in de winter daarop weer iets efficiënter kan werken. Echter, net als bij de lucht-water-warmtepomp is koeling alleen mogelijk met een geschikt afgiftesysteem: ZLT-radiatoren of vloerverwarming. Met passieve koeling kan 3 tot 6°C gekoeld worden.[10]

2.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-warmtenet met geothermie

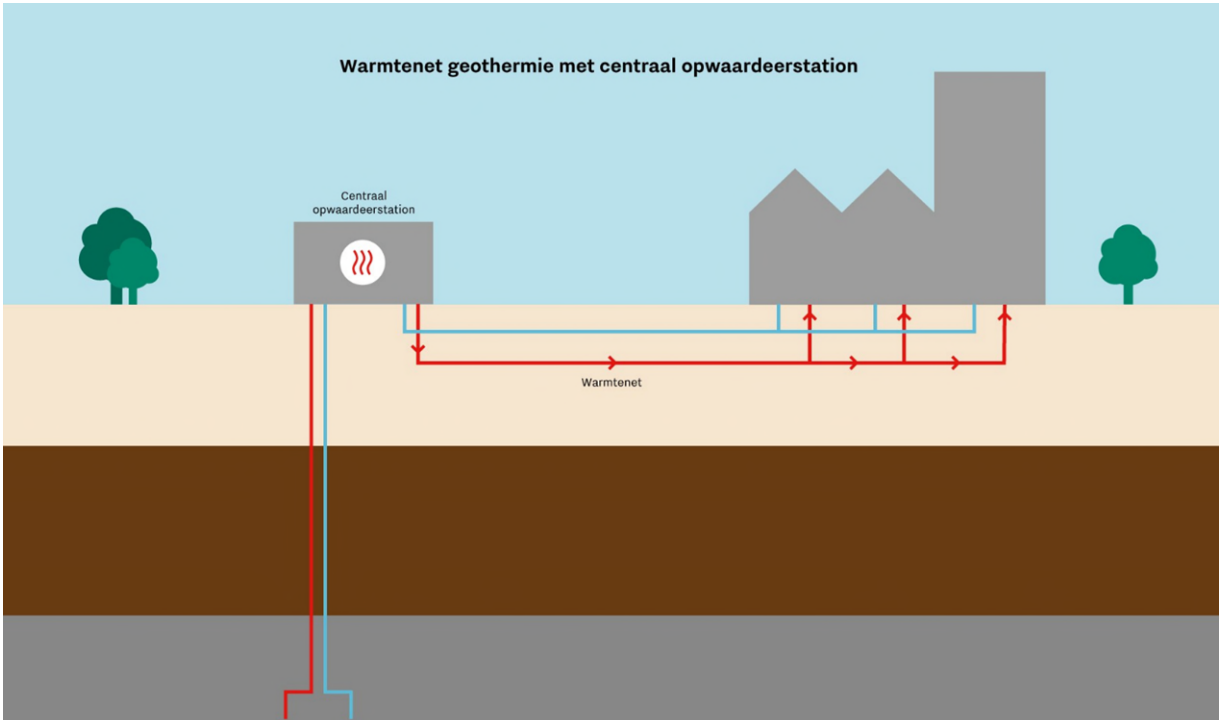
Onderzoeksvariant 3 is een middentemperatuur-warmtenet (MT-warmtenet) met geothermie. Hierbij wordt met behulp van warmte uit de diepe ondergrond water verwarmd en via een warmtenet naar woningen en gebouwen getransporteerd. MT duidt op Midden Temperatuur (55-75 °C), wat betekent dat de temperatuur van 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.

Gezien het beperkte aantal warmtebronnen in Eindhoven ziet de gemeente geothermie als een belangrijke potentiële warmtebron voor de warmtetransitie. In deze variant wordt op een beperkt aantal geschikte locaties in de stad een geothermiebron voorzien. Of geothermie daadwerkelijk beschikbaar komt is afhankelijk van verder onderzoek. Daarom zijn in deze onderzoeksvariant geen specifieke boorlocaties aangemerkt.

Een warmtenet met geothermie is een collectief systeem dat, afhankelijk van de diepte en capaciteit van de bron, 4.000 tot 10.000 woningen kan verwarmen. Het bestaat uit drie onderdelen: het systeem om geothermie uit de bodem te krijgen (de warmtebron), een warmtewisselaar die de warmte eruit haalt en vervoert naar het warmtenet en het warmtenet om de warmte naar de verschillende woningen te transporteren.

De vraag naar warmte vanuit het warmtenet kan variëren, bijvoorbeeld tijdens koude winterdagen. De gemeente Eindhoven gaat uit van een elektrische back-up installatie voor koude perioden en tijdens onderhoud.

[10] Ontdek hoeveel graden koelen met warmtepomp écht mogelijk is!



Figuur 2.4 Schematische weergave van een warmtenet met geothermie als warmtebron

Warmtebron

Geothermie wordt ook wel aardwarmte genoemd. In de ondergrond is de temperatuur hoger dan op het aardoppervlak. Deze warmte kan gewonnen worden en gebruikt als bron voor een warmtenet. Een geothermie-installatie bestaat uit verschillende onderdelen die samenwerken om warmte uit diepe aardlagen te winnen en te benutten. Om de warmte uit de diepe ondergrond te gebruiken, zijn boringen met een diepte van 500 meter tot 4 kilometer benodigd. In Eindhoven zal het om ondiepe geothermie gaan, dat is warmte uit de bodem op een diepte van 500 tot 1.500 meter. Voor deze onderzoeksvariant gaan we ervan uit dat de temperatuur van het water in de bodem op deze diepte ongeveer 40-50°C is. 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. Nadat de warmte is onttrokken, wordt het afgekoelde water weer terug in de bodem gepompt via een retourput (ofwel: injectieput), zodat het systeem gesloten en duurzaam blijft. Hier warmt het water weer op. Wanneer het water weer opgewarmd is, kan het opnieuw opgepompt en gebruikt worden. Doordat de putten in de ondergrond op 1,5 tot 2 kilometer afstand van elkaar staan, koelt de warmwaterbron niet te snel af. De geothermie-installatie bevat daarnaast 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.

De temperatuur van de aardwarmte is nog niet hoog genoeg om zonder booster door het warmtenet te transporteren naar huishoudens en de huishoudens van zowel ruimteverwarming als warm tapwater te voorzien. In een warmteoverdrachtstation staat een grote collectieve water-water warmtepomp die de temperatuur verder ophoogt tot ongeveer 70 °C.

Installatie en ruimtevraag

Bij geothermie wordt onderscheid gemaakt tussen het ondergrondse deel (het doublet) en een bovengronds deel, de geothermiecentrale. Voor het doublet waarmee warmte uit de diepe ondergrond wordt gehaald, zijn ten minste twee boringen nodig, die op ongeveer 1,5 – 2 kilometer van elkaar geboord worden. De boorlocatie neemt tijdens de aanleg bovengronds 6.000 tot 10.000 m^2 (0,6 – 1 ha, gelijk aan 1 à 1,5 voetbalveld) in beslag. Na de boring wordt de bron onder het maaiveld afgewerkt en bovengronds is enkel een putdeksel zichtbaar. Het water uit de ondergrond wordt naar een geothermiecentrale geleid waar het via warmtewisselaars zijn warmte overdraagt. Vanuit de 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. De bovengrondse installatie met warmtewisselaar neemt ongeveer 3.500 m^2 (0,5 voetbalveld) in beslag. Het ruimtebeslag van een warmtecentrale met piekvoorziening hangt sterk af van de gekozen configuratie en de schaal van het systeem. In Eindhoven gaat het om een elektrische piekvoorziening.

Eén of meerdere warmteoverdrachtstations (WOS) zorgen ervoor dat het warme water wordt overgedragen van de geothermiecentrale aan de distributieleidingen van het warmtenet. De afmetingen van een WOS zijn ongeveer 2,5-5,0 m x 3,0 m x 2,6 m (lxbxh), afhankelijk van aantal woningen en capaciteit.[11] Figuur 2.5 laat zien hoe een WOS eruit kan zien. 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. Overdrachts- en onderstations zorgen ervoor dat de druk in de leidingen niet te hoog wordt. De overdrachtsstations voor woonwijken zitten in kleine gebouwen in de openbare ruimte. Bij levering aan hoogbouw of utiliteitsgebouwen kan een onderstation in de technische ruimte van het gebouw zitten. Het aantal woningen en gebouwen dat wordt aangesloten per overdracht- of onderstation varieert sterk.

[11] Warmteoplossingen en ruimtegebruik | NPLW



Figuur 2.5 Voorbeeld van een warmteoverdrachtstation (WOS) in Amsterdam. Bron: warmte overdracht station - www.dingemandeijs.nl

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. Het leidingnetwerk ligt op ongeveer 1 – 1,5 meter diepte[12]. De verschillende leidingen variëren in formaat van diameter. Voor distributieleidingen (ongeveer 16 - 45 cm) en huisaansluitingen (ongeveer 9 - 16 cm) worden leidingen met een kleinere diameter gebruikt. De diameter van de distributieleidingen zijn afhankelijk van de benodigde debieten. De hoofdleidingen van een MT-warmtenet hebben een grotere diameter (ongeveer 45 – 120 cm) en bestaan doorgaans uit voorgeïsoleerde buizen. Deze zijn speciaal 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 van ongeveer 15 cm worden ook flexibele kunststof leidingen toegepast.

Door de aardwarmteproductie koelt de ondergrond rond de injectieput op de lange termijn (30-40 jaar) af. Als de watertemperatuur te ver daalt en de productie stopt, kan mogelijk vanaf dezelfde locatie een nieuwe put worden geboord. Het opnieuw opwarmen van de bron duurt tientallen jaren.

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.[13]

[12] Factsheets ruimtebeslag warmteoplossingen
[13] Geothermie Delft

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.[14] De directe materiaal- en aanlegkosten van een sleufloze methode zijn vaak hoger dan bij traditionele opensleufmethodes.

Aansluiting woningen en gebouwen
Woningen of gebouwen worden aangesloten met leidingen vanaf het warmtenet naar de woning of het gebouw. Binnenshuis moet een afgifteset (warmtewisselaar) van ca. 0,6 m x 0,2 m x 0,4 m geïnstalleerd worden. Dit is een ‘mini-onderstation’ dat de warmte uit het MT-net overdraagt en verdeelt naar de radiatoren en het tapwater, zonder dat het netwater zelf het huis in komt. Het kan ook een warmtemeter voor verbruiksregistratie bevatten. De afgifteset kan meestal in de meterkast geplaatst worden. Afgifte van warmte in de woning kan via bestaande radiatoren of vloerverwarming. Bij appartementen met een collectieve warmtevoorziening wordt een collectieve warmtewisselaar geïnstalleerd.

Voor een MT-warmtenet is isolatie van minimaal schillabel D+ wenselijk. Het PBL rekent in de startanalyse deze onderzoeksvariant 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.

Afgiftetemperatuur van het water
Een MT-warmtenet levert verwarmingswater met een temperatuur tussen ongeveer 55 en 75 °C. Bij minder goed geïsoleerde gebouwen en minder efficiënte warmteafgiftesystemen is doorgaans een aanvoertemperatuur van ongeveer 70 °C nodig om het gebouw comfortabel te verwarmen. Voordeel van deze temperatuur is dat dit ook geschikt is voor de levering van warm tapwater. In deze onderzoeksvariant is het uitgangspunt dat het warmtenet warmte levert van 70 °C aan de gebouwen[15].

Netverzwaring
De geothermiecentrale en warmtecentrale hebben een elektriciteitsaansluiting nodig. Alhoewel afhankelijk van de lokale situatie hoeft het elektriciteitsnet hiervoor niet of slechts beperkt verzwaard te worden. Het extra benodigde vermogen is minimaal en vergelijkbaar met de referentiesituatie[16].

Voor het collectief opwaarderen van de temperatuur is elektriciteit nodig. Omdat het elektriciteitsnet in Eindhoven al sterk belast is, is hiervoor aanvullende netverzwaring op middenspanningsniveau nodig, boven op de versterking die al nodig is voor elektrisch vervoer, zon-PV en elektrisch koken.

[14] Aanleg en gebruik van warmteleidingen
[15] Middentemperatuur en hogetemperatuur warmtenet | NPLW
[16] Informatieblad netverzwaring en netcongestie. Toelichting op hoe elektriciteitsnetten terugkomen in de Actualisatie van de Startanalyse.

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.

Voor een nieuwe aansluiting op middenspanningsniveau geldt voor de meeste regio's dat deze pas gerealiseerd kan worden zodra het elektriciteitsnet is verzwaard op hoger gelegen netvlakken van Enexis of TenneT. Nieuwe aanvragen komen achteraan op de wachtlijst bij de netbeheerder, ook voor collectieve warmteoplossingen.

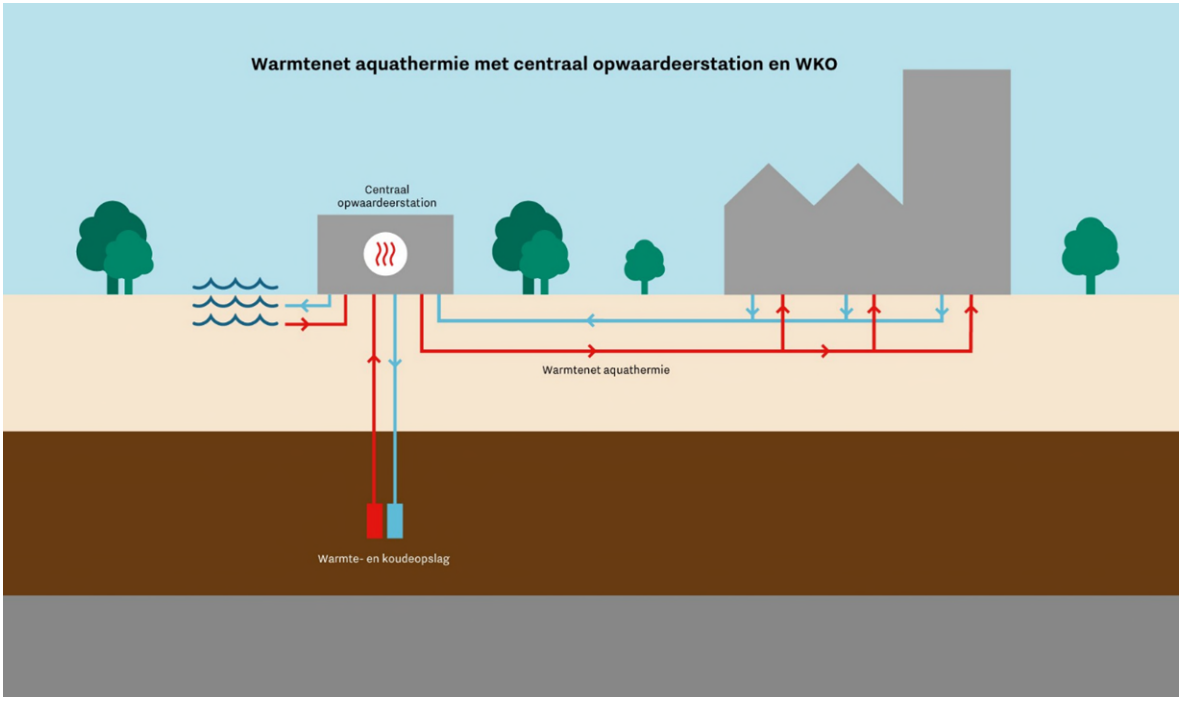
Een collectieve oplossing is voor de netbeheerder lastiger te realiseren, omdat het net in één keer verzwaard moet worden voor een groot aantal woningen. Bij individuele oplossingen verloopt de overgang naar aardgasvrij geleidelijk, verspreid over meerdere jaren, wat beter te faseren is. Om een collectieve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

Koelmogelijkheden
Het is niet mogelijk om te koelen met een MT-warmtenet geothermie.

2.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Onderzoeksvariant 4 is een LT-warmtenet (50 °C) met aquathermie in combinatie met een WKO en collectieve opwaardering. Aquathermie is het verwarmen en koelen van gebouwen door het gebruik van warmte en koude uit water, in het geval van Eindhoven kan dit oppervlaktewater (thermische energie uit oppervlaktewater, TEO) zijn of afvalwater (thermische energie uit afvalwater, TEA). Het gaat daarbij voor TEA om warmte vanuit de in Eindhoven gelegen rioolwaterzuivering, en voor TEO om de wateren de Dommel, het Beatrixkanaal en het Eindhovens kanaal. Daarnaast zijn er nog een paar grotere stilstaande wateren in de stad zoals de Karpendonkse Plas, IJzeren Man en Oude Gracht. Op enkele locaties wordt onttrekking van warmte uit deze wateren voorzien. Het is nog niet duidelijk waar dit precies gaat plaatsvinden.

Een warmtenet met aquathermie is een collectief systeem dat, afhankelijk van de capaciteit van de bron en de grootte van het warmtenet enkele tientallen woningen tot een hele wijk kan verwarmen. Het bestaat uit vier onderdelen: een warmtewisselaar om de warmte uit het water te halen, een WKO om de warmte in de zomer op te slaan voor de winter, een collectieve warmtepomp om de temperatuur van de warmte verder te verhogen en het warmtenet om de warmte naar de verschillende woningen te transporteren. In de woningen wordt een boosterwarmtepomp of e-boiler geplaatst om de temperatuur te verhogen voor warm tapwater.



Figuur 2.6 Schematische weergave van een warmtenet met aquathermie als warmtebron met een WKO (Let op: boosterwarmtepomp in de woningen is niet aangegeven op deze figuur)

Warmtebron

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 TEO (Thermische Energie uit Oppervlaktewateren) genoemd. TEO kent open en gesloten systemen. Bij een open systeem wordt het (gefilterde) oppervlaktewater de installatie ingepompt om bij de warmtewisselaar te komen. Bij een gesloten systeem ligt de warmtewisselaar in het oppervlaktewater. In Eindhoven gaan we in principe ervanuit dat open TEO systemen gebruikt worden. De temperatuur van oppervlaktewater wisselt, van in de zomer rond de 25 °C tot en met in de winter rond de 5 °C. Doordat de warmtevraag in de winter hoger is en de temperatuur van het water juist lager dan in de zomer is het voor TEO gebruikelijk om een warmte-koude-opslag (WKO) in te zetten. De gewonnen warmte in de zomer wordt dan opgeslagen zodat in de winter ook efficiënt warmte kan worden geleverd. Naast TEO kan er ook gebruikt worden gemaakt van TEA, (Thermische Energie uit Afvalwater). Bij thermische energie uit afvalwater wordt warmte gewonnen uit afvalwater (effluent) van rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) voor de lozing. De temperatuur van het effluent van de RWZI is circa 10 °C (winter) – 15 °C (zomer). Hierdoor kan ook in de winter efficiënt warmte worden gewonnen en waardoor een WKO voor TEA meestal niet nodig is.

De warmte onttrokken uit het water kan worden opgeslagen in een WKO. Een WKO is een ondergrondse opslag voor warmte. In Eindhoven zal het gaan om een open bodemsysteem (OBES). Hierbij wordt het warme water in watervoerende lagen in de ondiepe grond (aquifers) gebracht. Deze WKO's zijn meestal tussen de 50 en 150 meter diep, en slaan water van maximaal 25°C op. De WKO wordt voor de levering aan het 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 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. Voor een WKO zijn idealiter 200 of meer woningen nodig die hierop aansluiten. Bij minder is het maatwerk. Dit betekent dat er idealiter maximaal 600 WKO's nodig zijn om heel Eindhoven op een WKO aan te laten sluiten. Een WKO kan meer dan dertig jaar mee gaan. Eindhoven heeft een groot potentieel aan warmte opslag in de bodem via WKO's (Warmte Koude Opslag). Eventueel kunnen verschillende WKO's met elkaar gekoppeld zijn om de robuustheid van het systeem te vergroten.

De warmte uit het oppervlakte- of afvalwater (al dan niet opgeslagen in een WKO) zal voordat het richting de woningen gaat nog verder verwarmd moeten worden. Dit gebeurt via een centrale lucht-water warmtepomp in een buurtwarmtecentrale (centraal opwaardeerstation). De warmtepomp brengt het water naar een temperatuur van 50 °C.

Installatie en ruimtevraag
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. Het ruimtebeslag van de twee type aquathermie-installaties is beperkt, waarbij het ruimtebeslag van TEO relatief het grootst is.

Een open WKO (OBES) bestaat uit twee boringen (een doublet) die maximaal 150 meter diep zijn (één warmte- en één koude put). De bronnen moeten ongeveer 100 meter van elkaar verwijderd zijn. 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 één WKO kunnen tientallen woningen (tot op wijkschaal) 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. Het bovengrondse ruimtegebruik is beperkt tot de pompinstallatie en warmtewisselaar, dit is circa 2 x 2 m voor de bronbehuizing. De precieze grootte van een warmtewisselaar bij een WKO varieert, afhankelijk van hoeveel koude (of warmte) aan de bodem moet worden toegevoegd om de energetische balans te behouden.



Figuur 2.7 Een afdekking van een WKO-bron in Haarlem. Bron: TSE

In de buurtwarmtecentrale (ongeveer 100 m^2) wordt warmte uit de WKO opgewaardeerd door een elektrische collectieve lucht-water-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.

De warmte wordt vervolgens via een warmtenet naar de woningen getransporteerd. Een warmtenet bestaat uit verschillende onderdelen. Vanuit de centrale lucht-water warmtepomp in de buurtwarmtecentrale stroomt het warme water via distributienetten naar gebouwen en woningen. Het leidingnetwerk ligt op ongeveer 1 – 1,5 meter diepte. Het leidingnetwerk bestaat uit verschillende leidingen, waarbij altijd een aan- en afvoerleiding naast elkaar worden aangelegd in de bovenste laag van de bodem, de netwerklaag.

De temperatuur en afmeting van de leidingen van deze onderzoeksvariant verschilt per locatie. De temperatuur van de aquathermieleiding (gelegen tussen de aquathermie-bron (zeer lage temperatuur (ZLT) bron) en de warmtecentrale) ligt tussen de 10 tot 30 °C. Hiervoor worden vaak flexibele kunststof leidingen (afmeting 45 – 60 cm) gebruikt, in tegenstelling tot de voorgeïsoleerde stalen buizen die benodigd zijn bij het MT-warmtenet met geothermie. De kunststof 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. De distributieleidingen een diameter van ongeveer 16- 45 cm. De aansluitleidingen naar woningen hebben een diameter van ongeveer 9 – 16 cm.

Aanleg infrastructuur
Voor het aanleggen van een WKO-doublet worden twee boringen uitgevoerd. Hiervoor zijn gespecialiseerde boorinstallaties nodig. Deze moeten zorgvuldig gepositioneerd worden om interferentie 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 gaat het om leidingen en de aanleg van de warmtewisselaar. (Zwaar) verkeer voor de aan- en afvoer van materialen is daarbij nodig.

Afhankelijk van een bovengrondse of ondergrondse installatie van de warmtepomp moet de bodem worden ontgraven, waarna de benodigde leidingen moeten worden aangesloten.

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.

Aansluiting woningen en gebouwen
Woningen of gebouwen worden aangesloten met leidingen vanaf het warmtenet naar de woning of het gebouw. Binnenshuis moet een afgifteset (warmtewisselaar) geïnstalleerd worden. Dit is een ‘mini-onderstation’ dat de warmte uit het LT-net overdraagt en verdeelt naar de radiatoren en het tapwater, zonder dat het netwater zelf het huis in komt. Het kan ook een warmtemeter voor verbruiksregistratie bevatten. De afgifteset kan meestal in de meterkast geplaatst worden. Afgifte van warmte in de woning kan via een LT-afgiftesysteem, zoals vloerverwarming of LT-radiatoren. Bij appartementen met een collectieve warmtevoorziening wordt een collectieve warmtewisselaar geïnstalleerd. Daarnaast moet een boosterwarmtepomp of e-boiler (ca. 1,0 m x 1,0 m x 2,0 m) geïnstalleerd worden voor de warmtapwatervoorziening.

Voor een LT-warmtenet is isolatie van minimaal schillabel B wenselijk. Het PBL rekent in de startanalyse deze onderzoeksvariant 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.

Afgiftetemperatuur van het water
De afgiftetemperatuur van het LT-warmtenet ligt rond de 50 °C.

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

Voor het collectief opwaarderen van de temperatuur in de buurtwarmtecentrale is elektriciteit nodig. Omdat het elektriciteitsnet in Eindhoven al sterk belast is, is hiervoor aanvullende netverzwaring op middenspanningsniveau nodig, boven op de versterking die al nodig is voor elektrisch vervoer, zon-PV en elektrisch koken. Daarnaast heeft elke individuele woning in deze onderzoeksvariant een boosterwarmtepomp of e-boiler nodig voor de tapwatervoorziening. Hoewel LT-warmtenetten met collectieve opwaardering tot 50 °C efficiënter zijn dan onderzoeksvariant 1 met alleen individuele lucht-water-warmtepompen, zal ook hier uitbreiding van het laagspanningsnet nodig zijn. Dit uit zich in (beperkte) toename van elektriciteitskabels en transformatorhuisjes.

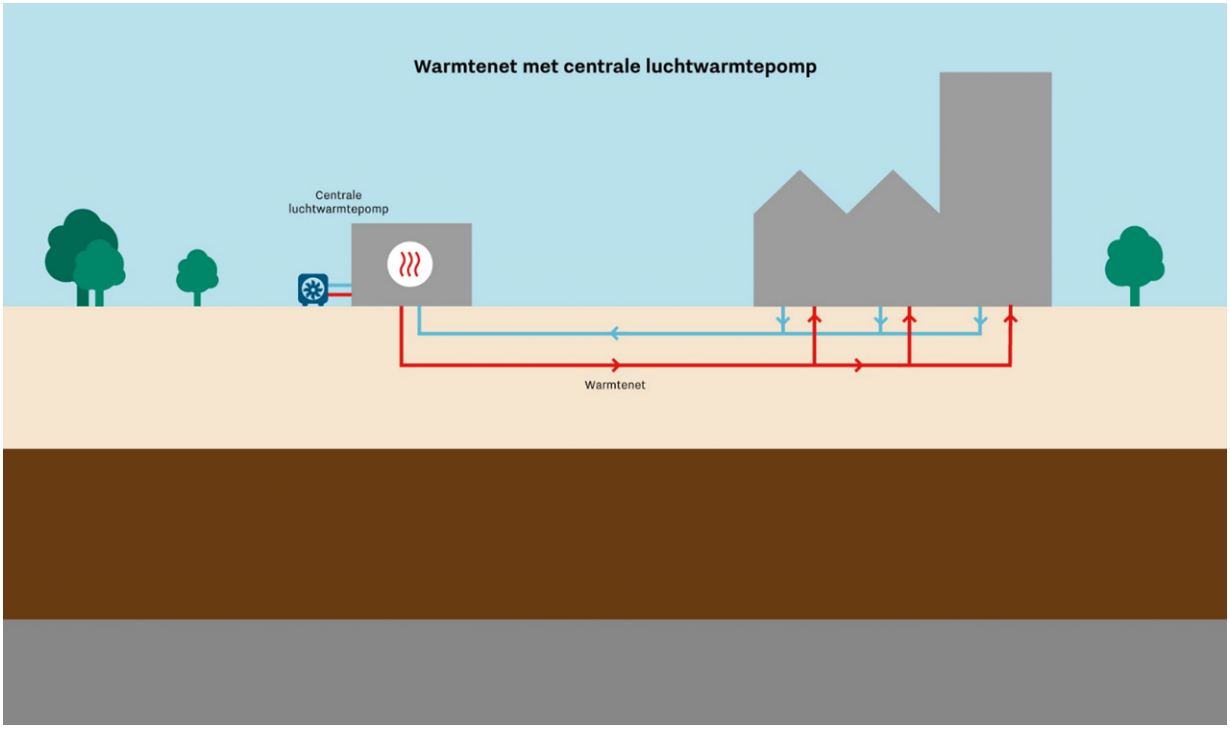
Hoewel dit systeem minder netverzwaring vraagt dan de individuele elektrische alternatieven 1 en 2, is er wel een verzwaring op middenspanningsniveau nodig. Voor een nieuwe aansluiting op middenspanningsniveau geldt voor de meeste regio's dat deze pas gerealiseerd kan worden zodra het elektriciteitsnet is verzwaard op hoger gelegen netvlakken van Enexis of TenneT. Nieuwe aanvragen komen achteraan op de wachtlijst bij de netbeheerder, ook voor collectieve warmteoplossingen.

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

Koelmogelijkheden
Het is niet mogelijk om te koelen met een LT-warmtenet met aquathermie, WKO en collectieve opwaardering tot 50 °C in deze configuratie.

2.5 Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp

Onderzoeksvariant 5 is een lage temperatuur (LT) buurtwarmtenet met een centrale lucht-water-warmtepomp (50°C). Het is een collectief systeem waarmee 400 - 800 woningen met één buurtwarmtepomp gevoed kunnen worden. Het systeem bestaat uit twee onderdelen, namelijk de centrale buurtwarmtepomp en een buurtwarmtenet.



Figuur 2.8 Schematische weergave van een warmtenet met buurtwarmtepomp als warmtebron

Warmtebron

De lucht-water-warmtepomp gebruikt de warmte in lucht als warmtebron. De werking is vergelijkbaar met een individuele warmtepomp maar dan een stuk groter. De installatie zuigt buitenlucht aan en haalt hier door middel van een warmtewisselaar warmte uit. Vervolgens wordt de warmte uit de buitenlucht verder opgewarmd met behulp van elektriciteit. Een centrale lucht-water-warmtepomp kan warmte produceren van 50 tot 70 °C. In deze onderzoeksvariant gaan we uit van een buurtwarmtepomp die water tot 50 °C verwarmt. Het verwarmde water wordt afgegeven aan het warmtenet.

Installatie en ruimtevraag

De collectieve warmtepomp wordt geplaatst in een buurtwarmtecentrale (ongeveer 0,5 ha per buurtwarmtepomp). Dit is iets minder dan een half voetbalveld.

De temperatuur van de leidingen in het warmtenet uit deze onderzoeksvariant ligt op 50 °C, daarom kunnen net als bij alternatief 4 kunststof buizen worden toegepast. Het leidingnetwerk bestaat uit verschillende leidingen, waarbij altijd een aan- en afvoerleiding naast elkaar worden aangelegd in de bovenste laag van de bodem, de netwerklaag. Het leidingnetwerk ligt op ongeveer 1 meter diepte. De distributieleiding heeft een diameter van ongeveer 16 -45 cm en de aansluitleidingen een diameter van ongeveer 9 - 16 cm. Voor deze leidingen worden vaak flexibele kunststof leidingen toegepast. Doordat een centrale lucht-water-warmtepomp een lokale bron is en het bijbehorende warmtenet een buurtwarmtenet is, zijn er geen warmteoverdrachtstations nodig.

Aanleg infrastructuur
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.

Aansluiting woningen en gebouwen
Woningen of gebouwen worden aangesloten met leidingen vanaf het warmtenet naar de woning of het gebouw. Binnenshuis moet een afgifteset (warmtewisselaar) geïnstalleerd worden. Dit is een ‘mini-onderstation’ dat de warmte uit het LT-net overdraagt en verdeelt naar de radiatoren en het tapwater, zonder dat het netwater zelf het huis in komt. Het kan ook een warmtemeter voor verbruiksregistratie bevatten. De afgifteset kan meestal in de meterkast geplaatst worden. Afgifte van warmte in de woning kan via een LT-afgiftesysteem, zoals vloerverwarming of LT-radiatoren. Bij appartementen met een collectieve warmtevoorziening wordt een collectieve warmtewisselaar geïnstalleerd. Daarnaast moet een boosterwarmtepomp of e-boiler (ca. 1,0 m x 1,0 m x 2,0 m) geïnstalleerd worden voor de warmtapwatervoorziening.

Voor een LT-warmtenet is isolatie van minimaal schillabel B wenselijk. Het PBL rekent in de startanalyse deze onderzoeksvariant 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.

Afgiftetemperatuur van het water
De afgiftetemperatuur van het LT-warmtenet ligt rond de 50 °C.

Netverzwaring
Voor de collectieve buurtwarmtepomp is elektriciteit nodig. Omdat het elektriciteitsnet in Eindhoven al sterk belast is, is hiervoor aanvullende netverzwaring op middenspanningsniveau nodig, boven op de versterking die al nodig is voor elektrisch vervoer, zon-PV en elektrisch koken. Daarnaast heeft elke individuele woning in deze onderzoeksvariant een boosterwarmtepomp of e-boiler nodig voor de tapwatervoorziening. Hoewel LT-warmtenetten met collectieve opwaardering tot 50 °C efficiënter zijn dan onderzoeksvariant 1 met alleen individuele lucht-water-warmtepompen, zal ook hier uitbreiding van het laagspanningsnet nodig zijn. Dit uit zich in (beperkte) toename van elektriciteitskabels en transformatorhuisjes.

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 verzwaard op hoger gelegen netvlakken van Enexis of TenneT. Nieuwe aanvragen komen achteraan op de wachtlijst bij de netbeheerder, ook voor collectieve warmteoplossingen.

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

Koelmogelijkheden
Het is niet mogelijk om te koelen met een LT-buurtwarmtenet.

3 Milieueffecten

Hoofdstuk 3 beschrijft de vijf onderzoeksvarianten die de gemeente Eindhoven onderzoekt om aardgasvrij te worden. De milieueffecten van deze onderzoeksvarianten zijn onderzocht voor zowel de aanlegfase als de gebruiksfase voor de verschillende thema's. In dit hoofdstuk beschrijven we het beoordelingskader per aspect, gevolgd door een beschrijving van de algemene milieueffecten en daarna een locatiespecifieke beschrijving indien relevant.

3.1 Geluid en trillingen

Onderstaande paragraaf beschrijft de effecten die betrekking hebben op geluid en trillingen in de gemeente Eindhoven. De aspecten die zijn beoordeeld betreffen cumulatieve geluidshinder en trillingen.

3.1.1 Effectbeschrijving cumulatieve geluidshinder

Het effect van het Warmteprogramma op het thema geluid wordt beoordeeld aan de hand van de indicator gecumuleerd geluid, uitgedrukt in dB L_{den} (decibel Level-Day-Evening-Night). Op basis van de kwalificatie van gecumuleerd geluid (opgenomen in de HSAO als bijlage van voorliggende rapportage, paragraaf 2.2.2) kan worden gesteld dat een gecumuleerde geluidsbelasting tot 55 dB aanvaardbaar is in een stedelijke omgeving. Op basis hiervan wordt verwacht dat er vanaf 55 dB en hoger sprake is van geluidhinder. Hierbij kijken we naar de toename van ernstige geluidshinder (in de categorie 55-59 dB L_{den}) door de aanleg en het gebruik van de warmtetechnieken en voor zover relevant de warmtebronnen per onderzoeksvariant. Een belangrijk aandachtspunt hierbij is geluidshinder in de aanlegfase van tijdelijke aard is, terwijl geluidshinder in het gebruik langdurig is. Vanwege het permanente karakter van het gebruik heeft dezelfde mate van geluidshinder (in dB) een grotere impact.

Een volledig kwantitatieve beoordeling is niet mogelijk omdat voor het uitvoeren van berekeningen van de geluidbelastingen op woningen al informatie nodig is over de precieze situering, omvang, hoogte en het geluidvermogen van geluidbronnen tot woningen. Deze informatie is nog niet bekend. De beoordeling is daarom kwalitatief uitgevoerd. In onderstaande tabel zijn de klassen en klassegrenzen aangegeven.

Tabel 3.1 Beoordelingskader cumulatieve geluidshinder

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aantal ernstig gehinderden door geluid neemt sterk af.
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aantal ernstig gehinderden door geluid neemt af.
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	Aantal ernstig gehinderden blijft gelijk.
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aantal ernstig gehinderden door geluid neemt toe.
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aantal ernstig gehinderden door geluid neemt sterk toe.

Andere vormen geluid

Bijzondere vormen van hinderlijk geluid zijn laagfrequent geluid en tonaal geluid. Tonaal geluid wordt als extra storend ervaren omdat het (ten opzichte van breed spectrale achtergrondgeluiden) meer opvalt en minder goed uitgefilterd kan worden en speelt vooral een rol bij de gebruiksfase omdat het dan om permanente bronnen gaat die in de stille nachtperiode extra opvallen. Bij beoordeling van het geluid van deze bronnen aan de geldende grenswaarden voor geluid dient rekening gehouden te worden met een (variabele) toeslag om rekening te houden met de extra hinderlijkheid. Dit geldt voor alle geluidbronnen die in de gebruiksfase het Warmteprogramma tonaal geluid kunnen uitstralen zijn bijvoorbeeld (lucht)warmtepompen, ventilatoren, transformatoren en pompen. Tonaal geluid wordt daarom niet afzonderlijk beoordeeld.

Laagfrequent geluid (LFG) is geluid met een frequentie tussen de 20 en 125 Hz. Deze lage frequenties worden over de afstand minder gedempt waardoor op grotere afstand hoorbaar is dan hoge tonen LFG. Daarbij wordt LFG minder goed gedempt door gevels (van de gebouwen waarin de bronnen staan of woninggevels) en is het minder goed af te schermen door geluidschermen. LFG wordt vaak ervaren als een zoemend, brommend of drukkend geluid en de waarneming de ervaren hinderlijkheid is sterk verschillend per persoon. Dit heeft te maken met de gevoeligheid van het gehoor, mate van maskering door omgevingsgeluid en persoonlijke omstandigheden (bijvoorbeeld stressgevoeligheid, leeftijd).

LFG kan veroorzaakt worden door verschillende bronnen. Mogelijk relevante bronnen in de gebruiksfase van het Warmteprogramma zijn transformatoren, buisleidingen, vloeistofpompen (bijvoorbeeld bij geothermieputten) en warmtepompen (bij onvoldoende akoestisch ontkoppeling). Toepassen van akoestische isolatiematerialen rondom de leidingen, installeren van trillingsdempers of resonatoren, gebruik van flexibele koppelingen en optimalisatie van de routes kunnen de kans op optreden van laagfrequent geluid sterk verminderen.
Er wordt uitgegaan van toepassing van de stand der techniek en volgen van richtlijnen (zoals het plaatsen van verdeelstations en transformatorhuisjes op tenminste 4 meter afstand van woningen) voor de mogelijk relevante LFG bronnen voor alle onderzoeksvarianten, waarmee de kans op het optreden van laagfrequent geluid voor de varianten laag en niet onderscheidend is.

3.1.1.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Bij de aanleg van individuele lucht-water-warmtepompen worden werkzaamheden aan het huis van bewoners uitgevoerd. De aanlegfase van individuele lucht-water-warmtepompen duurt zeer kort. Daarnaast zijn er voor de aanleg geen geluidsintensieve werkzaamheden nodig en beperkt de hoorbaarheid van werkzaamheden zich tot de direct naastgelegen woningen. Ten behoeve van deze onderzoeksvariant 1 moet het elektriciteitsnet relatief, ten opzichte van de andere warmtetechnieken, het meest en meest fijnmazig verzwaard worden. Hiervoor is de aanleg van transformatorhuisjes en elektriciteitskabels nodig. De werkzaamheden bij de aanleg hiervan kunnen tot geluidshinder leiden, maar zullen kort duren. Hiermee is er geen sprake van significant extra geluidshinder, en daarmee is het effect van deze onderzoeksvariant op geluid in de aanlegfase neutraal (0).

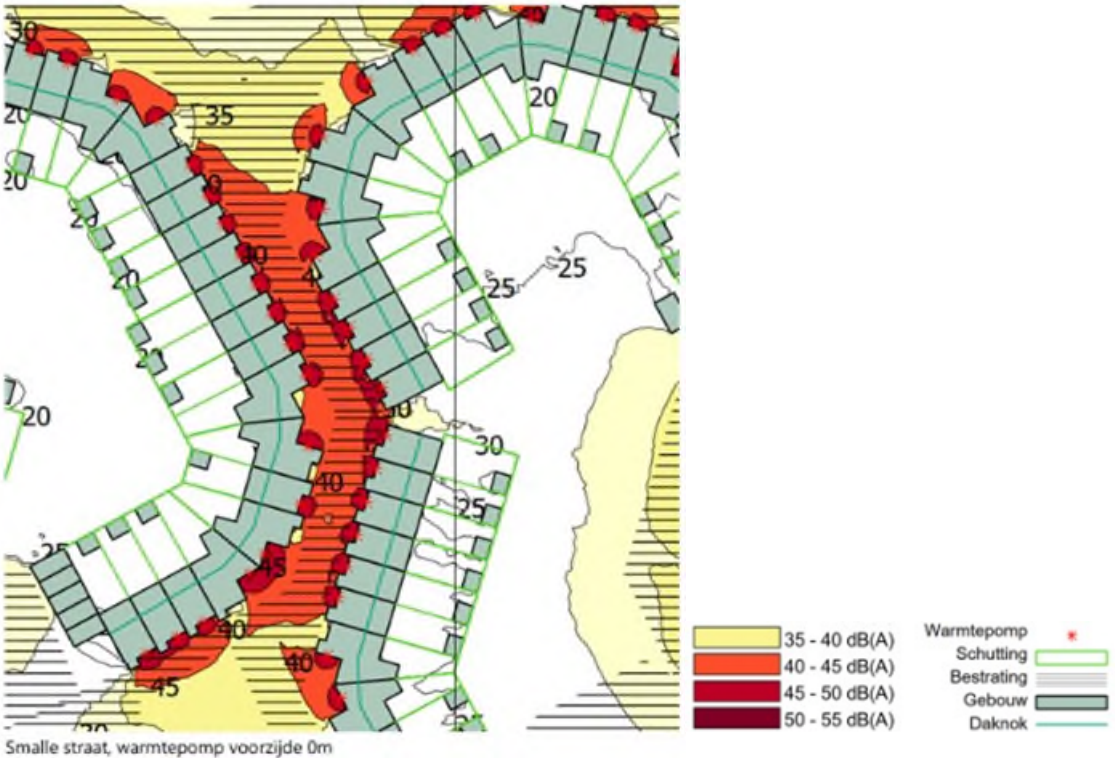
Gebruiksfase

De lucht-water-warmtepompen 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.

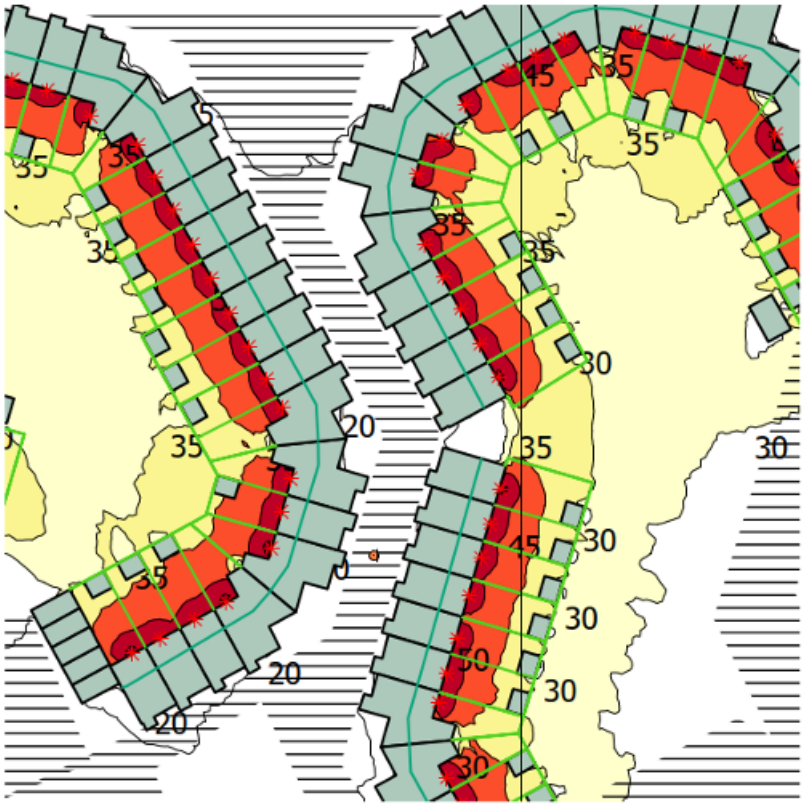
Bij het grootschalig gebruik van individuele lucht-water-warmtepompen in drukke en gemiddelde wijken (met een gemiddelde tot hoge bebouwingsdichtheid) kan er cumulatie van geluid van meerdere buitenunits optreden omdat de buitenunits dicht bij elkaar staan en op relatief korte afstand van woningen. Volgens Europese regelgeving mogen lucht-water-warmtepompen 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. Volgens het Bbl geldt een maximaal geluidniveau van 40 dB(A) (in de avond- en nachtperiode) op de erfgrens van de buren. Toetsing aan deze grenswaarde vindt plaats na toepassen van een eventuele wettelijke toeslag voor tonaal geluid van 0 tot maximaal 6 dB. Bij samenloop van het geluid van twee installaties mag dan maximaal sprake zijn van een gecumuleerd geluid van 43 dB(A) en bij samenloop van drie pompen van 45 dB(A). Bij volcontinue bedrijf op maximale betekent dit een etmaalwaarde[17] van 55 dB(A). Dit komt overeen met een L_{den}[18] van maximaal circa 53 dB (A), omdat er van uitgegaan mag worden dat deze situatie zich niet op alle dagen van het jaar voor zal doen. Hiermee kan sprake zijn van een zekere bijdrage[19] aan de geluidbelasting in de categorie voor ernstig gehinderden. Als de geluidbelasting van de nieuwe bron minder dan 10 dB lager is dan het heersende geluidsniveau, dan is er sprake van een relevante bijdrage aan het geluidsniveau door de nieuwe bron. In drukke wijken kan deze samenloop van het geluid van individuele warmtepompen leiden tot een toename van het aantal ernstig geluidgehinderden. Daarbij merken we nog wel op dat warmtepompen in hoofdzaak op de hoogste capaciteit (waarbij het meest geluid geproduceerd wordt) in bedrijf zullen zijn op koudere dagen waarbij ramen en deuren gesloten zijn. Het effect wordt daarmee gemitigeerd omdat individuele warmtepompen volgens de geldende normen en bij een gemiddelde tot goede geluidwering van de gevels van een woning niet (of nauwelijks) in woningen hoorbaar zouden moeten zijn. Wij schatten daarom in dat er hoogstens sprake zal zijn van een lichte toename van het aantal ernstig gehinderden.

[17] De etmaalwaarde is de hoogste waarde van de geluidsbelasting (in dB) in de dagperiode, de avondperiode + 5 dB of de nachtperiode + 10 dB.
[18] Bij volcontinu bedrijf gedurende een heel jaar is het Lden niveau circa 2 dB lager dan de etmaalwaarde.
[19] Als de geluidbelasting van de nieuwe bron minder dan 10 dB lager is dan het heersende geluidsniveau, dan is er sprake van een relevante bijdrage aan het geluidsniveau door de nieuwe bron.

Op 4 juni 2025 publiceerde Peutz in opdracht van NPLW en RWO een onderzoek naar het effect geluidscumulatie van lucht-water-warmtepompen op wijkniveau. Uit het onderzoek blijkt dat sommige opstelposities van de warmtepomp gunstiger zijn dan anderen. Figuur 3.1, Figuur 3.2 en Figuur 3.3 laten de geluidsniveaus ten gevolge van de cumulatie van het geluid van warmtepompen zien voor verschillende opstellingen in een bloemkoolwijk met relatief smalle straten (ca. 7,5 1- m breed van gevel tot gevel).



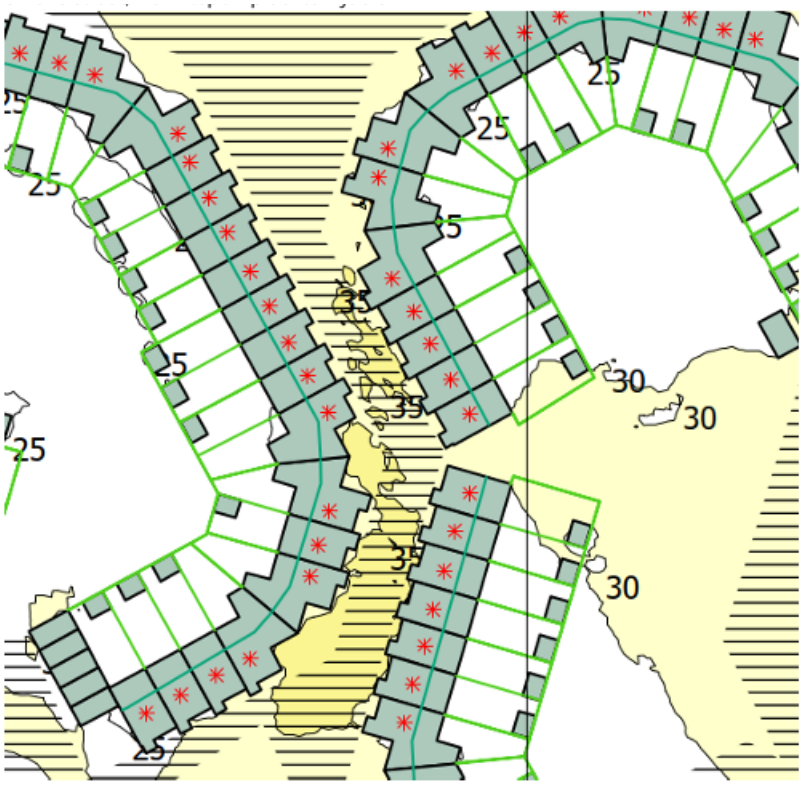
Figuur 3.1 Geluidsniveau bij plaatsing van de warmtepomp aan de voorzijde van de woning op maaiveldniveau.
Bron: Peutz, 2025



Smalle straat, warmtepomp achterzijde 0m

Figuur 3.2 Geluidsniveau bij plaatsing van de warmtepomp aan de achterzijde van de woning op maaiveldniveau.

Bron: Peutz, 2025



Figuur 3.3 Geluidsniveau bij plaatsing van de warmtepomp op de voorzijde van het dak. Bron: Peutz, 2025

Uit het onderzoek van Peutz volgt dat er soms aanvullende maatregelen nodig zijn voor het plaatsen van een warmtepomp op maaiveld aan de voor- of achterzijde of aan de gevel, om in drukke of gemiddelde wijken hinder te voorkomen. Naast het luchtgeluid van de buitenunit bestaat ook het risico van contactgeluid bij aanpandige woningen. Dit is op voorhand niet te kwantificeren en zou bij een voldoende trillingvrije opstelling ook niet op mogen treden. Bij geschakelde woningen, zoals rijtjeshuizen, twee onder één kap en appartementencomplexen, die zich met name bevinden in drukke en gemiddelde wijken, kan dit effect echter niet worden uitgesloten. De beschreven mogelijke negatieve effecten zullen niet, of in ieder geval aanzienlijk minder optreden in groene wijken met een lage woningdichtheid, omdat de afstand tussen woningen (en daarmee van de installatie tot de woningen) groter is en er minder geschakelde woningen zullen zijn.

Hoewel lucht-water-warmtepompen 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 wijken kan deze extra geluidsbelasting wegvallen tegen het achtergrondgeluid van verkeer, terwijl in rustige woonwijken zoals in groene wijken 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 lucht-water-warmtepompen in verschillende stedelijke contexten. Verdere studie naar deze verschillen kan bijdragen aan gerichte maatregelen om geluidhinder te beperken.

Bij deze variant zijn extra transformatorhuisjes nodig. Als een transformator maximaal draait dan is op 1 meter afstand van het huisje een geluid te horen van tussen de 30 en 32 dB. De extra transformatorhuisjes kunnen dus (lichte) geluidshinder opleveren in de gebruiksfase. Vanwege richtlijnen gericht op het voorkomen van langdurige blootstelling aan magneetvelden, is de minimale afstand voor een transformatorhuisje tot een woning, bedrijfspand of andere gebouwen waar mensen langdurig verblijven 4 meter. Het risico op geluidshinder wordt, wanneer deze richtlijn wordt nageleefd, als laag ingeschat. Naast de mogelijke lichte geluidhinder door extra transformatorhuisjes zijn er aanzienlijke risico's verbonden aan de grootschalige inzet van lucht-water-warmtepompen in een buurt. Deze onderzoeksvariant wordt daarom als negatief (-) beoordeeld voor alle wijktypologieën in de gebruiksfase.

3.1.1.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Bij de aanleg van individuele bodem-water-warmtepompen wordt bij iedere woning of gebouw een (diepe) boring uitgevoerd met behulp van geluidsintensieve machines (boorinstallaties). Daarnaast vindt er nog transport van materieel plaats. Deze machines zorgen voor geluidhinder tijdens de aanlegfase. De duur van de werkzaamheden voor één bodem-water-warmtepomp is relatief kort: gemiddeld een halve dag tot een aantal dagen[20]. Deze werkzaamheden dienen bij iedere woning of gebouw plaats te vinden. Dit zal naar verwachting leiden tot ernstige geluidhinder bij de buren.

Voor deze onderzoeksvariant moet het elektriciteitsnet verzwaard worden, waarvoor transformatorhuisjes en elektriciteitskabels benodigd zijn. De werkzaamheden bij de aanleg hiervan kunnen tot extra geluidshinder leiden, maar zijn relatief kort van duur.

Hiermee heeft onderzoeksvariant 2 in de aanlegfase een negatief effect (-) voor de indicator geluid.

Gebruiksfase

Bij bodem-water-warmtepompen worden geen buitenunits geplaatst. Bij deze onderzoeksvariant is daarom geen sprake van relevante geluidemissie naar de omgeving tijdens de gebruiksfase. Als een transformator maximaal draait dan is op 1 meter afstand van het huisje een geluid te horen van tussen de 30 en 32 dB. De extra transformatorhuisjes kunnen dus (lichte) geluidshinder opleveren in de gebruiksfase. Vanwege richtlijnen gericht op het voorkomen van langdurige blootstelling aan magneetvelden, is de minimale afstand voor een transformatorhuisje tot een woning, bedrijfspand of andere gebouwen waar mensen langdurig verblijven 4 meter. Het risico op geluidshinder wordt, wanneer deze richtlijn wordt nageleefd, als laag ingeschat. Hiermee wordt het effect op geluidshinder in de gebruiksfase als neutraal (0) beoordeeld.

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

3.1.1.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

De aanleg van een warmtenet met geothermie gaat gepaard met geluidsintensieve werkzaamheden, zoals boren en graven, ten behoeve van de aanleg van ondergrondse leidingen en de geothermiebron. De aanlegwerkzaamheden voor de geothermiebron vinden slechts in een beperkt gebied plaats. Deze werkzaamheden zijn verder verwijderd van huizen dan bij de aanleg van warmtetechnieken die in of aan de woning plaatsvinden, maar duren langer.

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.

De aanleg van een stadsbreed warmtenet met geothermie heeft een negatief effect (-) voor geluid.

Gebruiksfase

De geluidsemissie van het watertransport door leidingen van het warmtenet heeft geen significante geluidshinder tot gevolg. Diepe geothermie maakt gebruik van centrale installaties. Tijdens de gebruiksfase van de geothermische installatie ontstaat een continue geluidsbron. Hoewel het geluidsniveau in deze fase relatief beperkt is, draagt het bij aan de cumulatieve geluidsbelasting op de omgeving. In gebieden waar reeds sprake is van een verhoogde geluidsbelasting of nabij de diepe geothermische bron, kan deze extra bron leiden tot een merkbare toename van de totale geluidsbelasting op omliggende woningen. Het geluid van centrale installaties moet voldoen aan de standaardwaarden van het omgevingsplan (op dit moment 50 dB(A) etmaalwaarde op de gevel van woningen). Het ligt niet voor de hand dat cumulatie van meerdere centrale installaties zal plaatsvinden, omdat er bij geothermie slechts één bron aanwezig is. Bij voldoende geluidbeperkende voorzieningen aan de centrale installaties en/of voldoende afstand tot de woningen zijn de standaardwaarden haalbaar. Bij toepassing van een geruisloze afleverset (volgens het Bbl geldt hiervoor een maximum van 30 dB(A) in de gevoelige ruimtes in woning) is er ook geen sprake van relevant geluid in woningen. Het risico op geluidshinder op buurtniveau wordt als laag ingeschat en toepassing van deze onderzoeksvariant wordt neutraal (0) beoordeeld.

3.1.1.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

In deze onderzoeksvariant worden warmte uit oppervlaktewater of afvalwater opgeslagen in een WKO. In de buurtwarmtecentrale wordt de warmte opgewaardeerd met een collectieve water-water-warmtepomp en gedistribueerd via een warmtenet naar de woningen en gebouwen in de buurt. De aanleg van een warmtenet met aquathermie gaat gepaard met geluidsintensieve werkzaamheden, zoals boren en graven, ten behoeve van de aanleg van ondergrondse leidingen. Deze werkzaamheden kunnen lang duren.

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’s 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.

Aanvullende installaties (de buurtwarmtecentrales met collectieve warmtepomp) 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 deze onderzoeksvariant 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 buurtwarmtecentrale is maatgevend. De aanleg van een stadsbreed warmtenet met aquathermie heeft een negatief effect (-) voor geluid.

Gebruiksfase

In deze variant wordt de WKO samen met de collectieve water-water-warmtepomp in een warmtecentrale aangelegd. De warmtecentrale kan in de gebruiksfase geluid emitteren door de collectieve warmtepompen. Het geluid van centrale installaties moet voldoen aan de standaardwaarden van het omgevingsplan (op dit moment 50 dB(A) etmaalwaarde op de gevel van woningen). Het ligt niet voor de hand dat cumulatie van meerdere centrale installaties zal plaatsvinden. Bij voldoende geluidbeperkende voorzieningen aan de centrale installaties en/of voldoende afstand tot de woningen zal hier aan voldaan kunnen worden.

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

Als een transformator maximaal draait dan is op 1 meter afstand van het huisje een geluid te horen van tussen de 30 en 32 dB. De extra transformatorhuisjes kunnen dus (lichte) geluidshinder opleveren in de gebruiksfase. Vanwege richtlijnen gericht op het voorkomen van langdurige blootstelling aan magneetvelden, is de minimale afstand voor een transformatorhuisje tot een woning, bedrijfspand of andere gebouwen waar mensen langdurig verblijven 4 meter. Het risico op geluidshinder wordt, wanneer deze richtlijn wordt nageleefd, als laag ingeschat.
Bij toepassing van een geruisloze afleverset (volgens het Bbl geldt hiervoor een maximum van 30 dB(A) in de gevoelige ruimtes in woning) is er ook geen sprake van relevant geluid in woningen.

Het risico op geluidshinder op buurtniveau wordt als laag ingeschat en toepassing van deze onderzoeksvariant wordt neutraal (0) beoordeeld.

3.1.1.5 Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp

Aanlegfase

De aanleg van een warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp gaat gepaard met geluidsintensieve werkzaamheden, zoals boren en graven, ten behoeve van de aanleg van ondergrondse leidingen. De buurtwarmtecentrale met collectieve warmtepomp wordt 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.

Voor deze onderzoeksvariant is 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 de buurtwarmtecentrale is maatgevend. De aanleg van een stadsbreed warmtenet heeft een negatief effect (-) voor geluid.

Gebruiksfase

Het geluid van centrale installaties moet voldoen aan de standaardwaarden van het omgevingsplan (op dit moment 50 dB(A) etmaalwaarde op de gevel van woningen). Het ligt niet voor de hand dat cumulatie van meerdere centrale installaties zal plaatsvinden. Bij voldoende geluidbeperkende voorzieningen aan de centrale installaties en/of voldoende afstand tot de woningen zal hier aan voldaan kunnen worden.

Bij toepassing van een geruisloze afleverset (volgens het Bbl geldt hiervoor een maximum van 30 dB(A) in de gevoelige ruimtes in woning) is er ook geen sprake van relevant geluid in woningen. Het watertransport door de leidingen van het warmtenet en de geluidsemissie daarvan hebben geen significante geluidshinder tot gevolg. Bij toepassing van een geruisloze afleverset (volgens het Bbl geldt hiervoor een maximum van 30 dB(A) in de gevoelige ruimtes in woning) is er ook geen sprake van relevant geluid in woningen.

Als een transformator maximaal draait dan is op 1 meter afstand van het huisje een geluid te horen van tussen de 30 en 32 dBDe extra transformatorhuisjes kunnen dus (lichte) geluidshinder opleveren in de gebruiksfase. Vanwege richtlijnen gericht op het voorkomen van langdurige blootstelling aan magneetvelden, is de minimale afstand voor een transformatorhuisje tot een woning, bedrijfspand of andere gebouwen waar mensen langdurig verblijven 4 meter. Het risico op geluidshinder wordt, wanneer deze richtlijn wordt nageleefd, als laag ingeschat. Het gebruik van onderzoeksvariant 5 heeft een neutraal (0) effect op geluid.

3.1.2 Effectbeoordeling cumulatieve geluidshinder

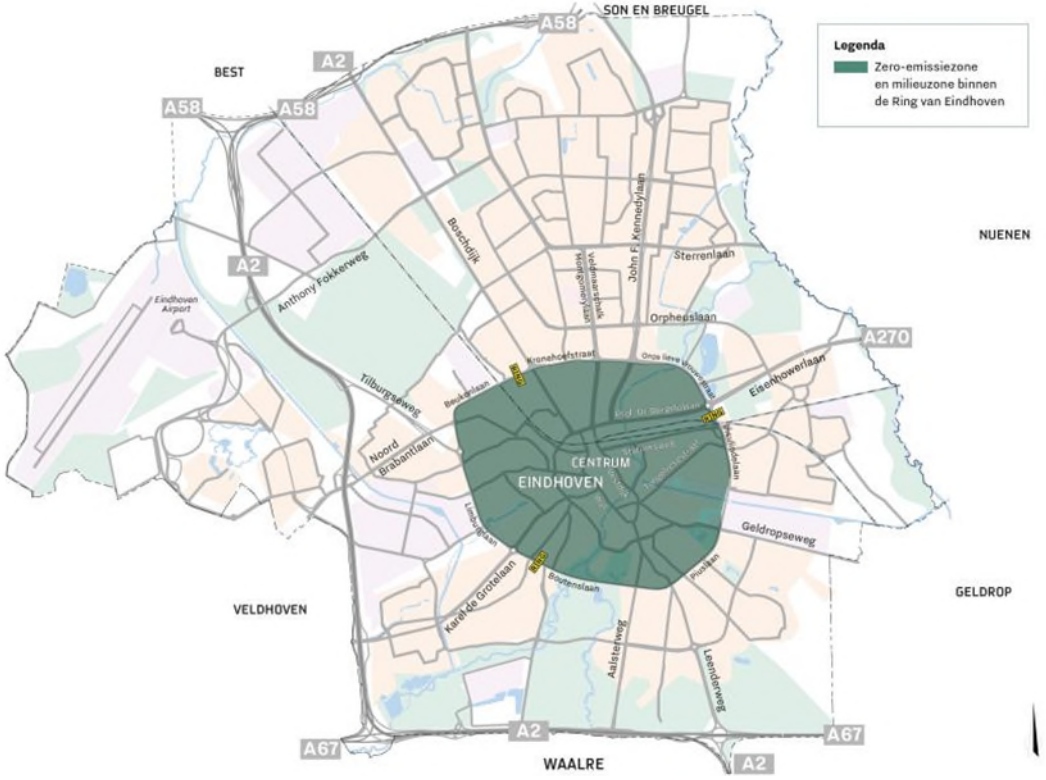
Tabel 3.2 Effectbeoordeling cumulatieve geluidshinder

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	0	-	-	-	-
Gebruiksfase	-	0	0	0	0

3.1.3 Locatiespecifieke effectbeschrijving cumulatieve geluidshinder

In Eindhoven is de geluidsbelasting het hoogst langs verschillende verkeersaderen, zoals wegen, treinrails en het vliegveld. Daarnaast wordt in het uitgaanscentrum Stratumseind, de verschillende industrieterreinen en bij het Philipsstadion een hogere geluidsbelasting ervaren door de activiteiten op die locaties. Een verdere toename van de geluidsbelasting in deze gebieden door het gebruik van de onderzoeksvarianten is extra onwenselijk.

Vanaf 1 januari 2025 geldt de zero-emissiezone voor vracht- en bestelvoertuigen in het centrum van gemeente Eindhoven (Figuur 3.4). Vanaf 2030 geldt er een zero-emissiezone in het centrum voor alle voertuigen[21]. Daarnaast heeft de gemeente Eindhoven een routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen opgesteld (Figuur 3.5). Hiermee zet de gemeente in op haar ambitie om vanaf 2030 zoveel mogelijk zero emissie te werken. De routekaart wordt stadsbreed ingezet bij projecten waar gemeente Eindhoven de opdrachtgever is. Dit zou betekenen dat er in 2035, het zichtjaar van het warmteprogramma, er bij de aanleg van de warmtetechnieken enkel elektrische voertuigen gebruikt mogen worden. Daarnaast moeten ook de lichte werktuigen en gereedschap elektrisch zijn. Voor zwaardere werktuigen is nog geen zero emissie eis opgenomen. Elektrisch materieel is doorgaans stiller dan materieel dat door verbrandingsmotoren wordt aangedreven. Hiermee beperkt het de geluidshinder, al zijn ze niet volledig geruisloos. Daarnaast is er nog geen zero emissie verplichting voor zwaardere werktuigen. De impact van onderzoeksvarianten 2, 3, 4 en 5 wordt hiermee enigszins vermindert, maar de onderzoeksvarianten houden een negatief effect ten opzichte van de referentiesituatie.



Figuur 3.4 Gebied van de huidige zero-emissiezone en de milieuzone in Eindhoven

https://www.eindhoven.nl/stad-en-wonen/verkeer/zero-emissiezone-en-milieuzone

<table>
<tr><th>Eisen per ingang van</th><th>1 jan 2025</th><th>1 jan 2026</th><th>1 jan 2027 en verder</th></tr>
<tr><td>Werktuigen*</td><td rowspan="3">Stage V + HVO 100</td><td>100% Zero Emissie</td><td>100% Zero Emissie</td></tr>
<tr><td>Licht: tot 56kW
Middel: 56 tot 130kW</td><td colspan="2" rowspan="2">Stage V + HVO 100</td></tr>
<tr><td>Zwaar: vanaf 130kW</td></tr>
<tr><td>Transportmiddelen</td><td colspan="3" rowspan="2">Emissieklasse 6 of hoger + HVO 100.
Nieuwe transportmiddelen die vanaf 1 januari 2025 op kenteken worden gezet, moeten uitstootvrij zijn om toegang te krijgen tot de zero-emissiezone.</td></tr>
<tr><td>N1: tot 3.500kg
N2: 3.500kg tot 12.000kg
N3: vanaf 12.000kg</td></tr>
<tr><td>Gereedschappen, aggregaten** en bronbemaling</td><td colspan="3">100% Zero Emissie</td></tr>
</table>

Figuur 3.5 Routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen

3.1.4 Effectbeschrijving trillingen

Het effect van het Warmteprogramma op het thema trillingen wordt beoordeeld aan de hand van de mate van trillingen. In onderstaande tabel zijn de klassegrenzen aangegeven.

Tabel 3.3 Beoordelingskader trillingen

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Hinder of schade door trillingen neemt sterk af.
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Hinder of schade door trillingen neemt af.
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	Hinder of schade door trillingen blijft gelijk.
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Hinder of schade door trillingen neemt toe.
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Hinder of schade door trillingen neemt sterk toe.

3.1.4.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

In de aanleg van individuele lucht-water-warmtepompen is weinig machinerie en zwaar transport benodigd. Voor de installatie van lucht-water-warmtepompen zijn enkel de werkbusjes benodigd waarmee installateurs naar woningen rijden. Daarnaast moet 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 en verspreid waardoor het risico op hinder door trillingen voor onderzoeksvariant 1 in de aanlegfase als neutraal (0) wordt beoordeeld.

Gebruiksfase

Lucht-water-warmtepompen 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 lucht-water-warmtepompen 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 lucht-water-warmtepompen verkeerd of zonder dempers worden gemonteerd, wat kan leiden tot matige overlast in of aan de woningen. Onderzoeksvariant 1 wordt daarom voor de gebruiksfase negatief (-) beoordeeld.

3.1.4.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Bij de aanleg van individuele bodem-water-warmtepompen 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 deze variant 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 onderzoeksvariant 2 in de aanlegfase als negatief (-) beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten te verwachten bij onderzoeksvariant 2. Onderzoeksvariant 2 heeft in de gebruiksfase een neutraal (0) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

3.1.4.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-Warmtenet met geothermie

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[22]. 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[23]. 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.

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.

[22] Veelgestelde vragen - SCAN aardwarmte
[23] Wat merk ik als omwonende van aardwarmtewinning? - Alles over Aardwarmte

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 geothermie-installatie wordt door bovengenoemde factoren hinder door trillingen verwacht. Een deel van de installaties voor onderzoeksvariant 3 kunnen op strategische plekken geplaats worden om de overlast door trillingen te beperken, dit geldt voor de geothermie-installatie. Daarentegen moet het WOS bij de buurt geplaatst worden en kan dus tot trillinghinder leiden voor omwonenden. Onderzoeksvariant 3 wordt als 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[24]. 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 onderzoeksvariant 3 in de gebruiksfase als laag ingeschat en daarmee neutraal (0) beoordeeld.

3.1.4.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

Voor onderzoeksvariant 4 moet een LT-warmtenet met aquathermie en WKO aangelegd worden. 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 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 warmtecentrales met de centrale warmtepomp aangelegd worden in de buurten. De aanleg bestaat uit voorbereidende werkzaamheden, de bouw van de centrale en afwerking (o.a. egaliseren omgeving), en kan in totaal enkele maanden duren.

[24] Onderzoek naar de invloed van geothermie op aardbevingen | Nieuwsbericht | Staatstoezicht op de Mijnen

Niet alle werkzaamheden voor de aanleg van een warmtecentrale leiden tot overlast, daarnaast is de hinder beperkt tot de locatie van de warmtecentrale.

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 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 warmtenet. De aanlegwerkzaamheden voor aquathermie zijn daarom niet maatgevend.
Daarnaast moet ook hier een aantal transformatorhuisjes en andere onderdelen om het elektriciteitsnet te verzwaren aangelegd worden waar machinerie en transport voor nodig zijn.

Bij aanleg van het warmtenet en de bouwfase van de installaties wordt door bovengenoemde factoren hinder door trillingen verwacht. Met name de aanleg van leidingen, warmtecentrale in de wijk en WKO-boringen zijn hierbij bepalend. De installaties kunnen op strategische plekken geplaatst worden waardoor de overlast door trillingen beperkt is, al zal de warmtecentrale wel in de wijk geplaatst moeten worden. De aanleg van het warmtenet en bijbehorende installaties is maatgevend voor deze onderzoeksvariant, daarom wordt onderzoeksvariant 4 wordt als negatief (-) beoordeeld.

Gebruiksfase
In de gebruiksfase zijn er geen effecten op trillinghinder te verwachten bij onderzoeksvariant 4. Onderzoeksvariant 4 heeft in de gebruiksfase een neutraal (0) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

3.1.4.5 Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp

Aanlegfase
Voor de aanleg van een 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. Voor onderzoeksvariant 5 worden collectieve lucht-water-warmtepompen geïnstalleerd in buurtwarmtecentrales. Bij de aanleg van een buurtwarmtepomp hoeft er niet diep in de grond te worden geboord of gegraven. De aanleg van de buurtwarmtecentrale bestaat uit voorbereidende werkzaamheden, de bouw van de centrale en afwerking (o.a. egaliseren omgeving), en kan in totaal enkele maanden duren. Niet alle werkzaamheden voor de aanleg van een warmtecentrale leiden tot overlast, daarnaast is de hinder beperkt tot de locatie van de warmtecentrale. Daarnaast moet ook hier een aantal transformatorhuisjes en andere onderdelen om het elektriciteitsnet te verzwaren aangelegd worden waar machinerie en transport voor nodig zijn.

De werkzaamheden en het bouwverkeer kunnen zorgen voor hinder door trillingen. De effecten ten gevolge van trillingen worden bij onderzoeksvariant 5 in de aanlegfase daarom als negatief (-) beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn er geen effecten op trillinghinder te verwachten bij onderzoeksvariant 5. Onderzoeksvariant 5 heeft in de gebruiksfase een neutraal (0) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

3.1.5 Effectbeoordeling trillingen

Tabel 3.4 Effectbeschrijving trillingen

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water-warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	0	-	-	-	-
Gebruiksfase	-	0	0	0	0

3.1.6 Locatiespecifieke beschrijving trillingen

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

3.2 Elektromagnetische velden

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

3.2.1 Effectbeschrijving elektromagnetische velden

Het effect van het Warmteprogramma op het thema elektromagnetische velden wordt beoordeeld aan de hand van de indicator 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[25]. 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[26]. De afstand waarop het magneetveld zwakker is dan 0,4 microtesla (gemiddeld over een heel jaar) bedraagt doorgaans anderhalf tot vier meter[27].

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.

[25] Hoogspanningslijnen en elektriciteitsnetwerk
[26] Wat betekenen kilovolt, ampère, hertz, volt per meter en microtesla?
[27] Hoe sterk zijn de magneetvelden van een transformatorhuisje?

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 microtesla[28]. Over het algemeen geldt: hoe hoger de stroomsterkte, hoe sterker de elektromagnetische velden. Dit betekent dat middenspanningsstations sterkere magnetische velden hebben dan laagspanningsstations. 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. In onderstaande tabel zijn de klassegrenzen aangegeven.

Tabel 3.5 Beoordelingskader elektromagnetische velden

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Sterke afname van hinder door magneetveldzones.
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Afname van hinder door magneetveldzones.
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	Hinder door magneetveldzones blijft gelijk.
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Toename van hinder door magneetveldzones.
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Sterke toename van hinder door magneetveldzones.

3.2.1.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Gebruiksfase

Voor onderzoeksvariant 1 moeten de wijktransformator en het wijkdistributienet verzwaard worden. Dit betekent dat er bij deze onderzoeksvariant 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 onderzoeksvariant 1 is daarom neutraal (0).

[28] GGD-richtlijn medische milieukunde: EMV en gezondheid | RIVM

3.2.1.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Gebruiksfase

Voor onderzoeksvariant 2 moeten de wijktransformator en het wijkdistributienet verzwaard worden. Dit betekent dat er bij deze onderzoeksvariant 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 onderzoeksvariant 2 is daarom neutraal (0).

3.2.1.3 Onderzoeksvariant 3 MT-warmtenet met geothermie

Gebruiksfase

Het wijkdistributienet hoeft slechts beperkt verzwaard te worden bij onderzoeksvariant 3. Netverzwaring is benodigd om de WOS met collectieve warmtepomp van elektriciteit te voorzien, dit betekent dat netverzwaring geconcentreerder plaatsvindt. 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 onderzoeksvariant 3 is daarom neutraal (0).

3.2.1.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Gebruiksfase

Voor onderzoeksvariant 4 hoeft het wijkdistributienet slechts beperkt verzwaard te worden bij een warmtenet gevoed met warmte uit aquathermie. Netverzwaring is nodig om de buurtwarmtecentrale met collectieve warmtepomp 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. Daarnaast zijn er mogelijk extra transformatorhuisjes nodig voor de boosterwarmtepompen in de woning. Het uitgangspunt is dat de richtlijnen bij inpassing van een middenspanningsstation en transformatorhuisjes worden nageleefd zodat de elektromagnetische straling niet te sterk wordt. De beoordeling voor onderzoeksvariant 4 is daarom neutraal (0).

Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp

Gebruiksfase

Voor onderzoeksvariant 5 hoeft het wijkdistributienet slechts beperkt verzwaard te worden. Netverzwaring is benodigd om de buurtwarmtecentrale 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. Daarnaast zijn er mogelijk extra transformatorhuisjes nodig voor de boosterwarmtepompen in de woning. Het uitgangspunt is dat de richtlijnen bij inpassing van een middenspanningsstation en transformatorhuisjes worden nageleefd zodat de elektromagnetische straling niet te sterk wordt. De beoordeling voor onderzoeksvariant 5 is daarom neutraal (0).

3.2.2 Effectbeoordeling elektromagnetische velden

Tabel 3.6 Effectbeschrijving elektromagnetische velden

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water-warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Gebruiksfase	0	0	0	0	0

3.2.3 Locatiespecifieke beschrijving elektromagnetische velden

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

3.3 Luchtkwaliteit

Onderstaande paragraaf beschrijft de effecten die betrekking hebben op de luchtkwaliteit in de gemeente Eindhoven. De aspecten die zijn beoordeeld betreffen stikstofdioxide (NO_2), PM10 en PM2,5.

De uitstoot van stikstof en fijnstof bij de aanleg van warmtenetten (de infrastructuur) wordt in belangrijke mate bepaald door de lengte van het aan te leggen leidingtracé. Uit eerder onderzoek blijkt dat de aanleg van 100 meter warmtenet gepaard gaat met een uitstoot van circa 42,6 gram NH_3 per jaar en 5,9 kg NO_x per jaar[29]. Voor fijnstof wordt verondersteld dat de emissies evenredig zijn aan de stikstofuitstoot. Binnen dit planMER zijn geen kwantitatieve berekeningen uitgevoerd, omdat dit niet past bij het abstractieniveau van het programma. De tracés en daarmee de totale lengte van de aan te leggen warmtenetten zijn in deze fase nog niet vastgesteld. Het uitvoeren van voorbeeldberekeningen zou daarom mogelijk leiden tot een verkeerd beeld en geeft het risico op schijnnauwkeurigheid. Het nader kwantificeren van emissies en effecten zal plaatsvinden in een vervolgfase, op het niveau van wijkuitvoeringsplannen, waar de concrete invulling van tracés en maatregelen voldoende is uitgewerkt om betrouwbare berekeningen te kunnen uitvoeren.

3.3.1 Effectbeschrijving stikstofdioxide

Voor het aanleggen van de onderzoeksvarianten moeten werkzaamheden worden verricht. Bij deze indicator wordt gekeken naar hoeveel stikstofoxide wordt uitgestoten bij deze werkzaamheden. In de gebruiksfase vindt er bij geen van de onderzoeksvarianten uitstoot plaats.

[29] Milieueffectrapport Beleidsnota Warmte en Warmteprogramma gemeente Utrecht. Antea, 2025.

Tabel 3.7 Beoordelingskader stikstofoxide

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: N.v.t. Gebruiksfase: Er is geen uitstoot.
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: N.v.t. Gebruiksfase: Er is nog een geringe uitstoot maar significant minder dan in de referentiesituatie.
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: Er is geen significante uitstoot door het gebruik van werktuigen of gereedschap. Gebruiksfase: de uitstoot is hetzelfde als in de referentiesituatie.
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: Er is uitstoot door het gebruik van werktuigen en/of gereedschap. De werkzaamheden zijn beperkt in intensiteit en /of duur. Gebruiksfase: De uitstoot is hoger dan in de referentiesituatie, nog niet significant.
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: Er is veel uitstoot door het gebruik van werktuigen en/of gereedschap. Het is een intensieve en langdurige aanlegfase. Gebruiksfase: De uitstoot is significant hoger dan de referentiesituatie en heeft een blijvend negatief effect op de omgeving.

3.3.1.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Bij de aanleg van individuele lucht-water-warmtepompen worden werkzaamheden aan het huis van bewoners verricht. Het gebruik van mobiele werktuigen is hierbij heel beperkt, waardoor er geen sprake is van significante extra uitstoot.

Het elektriciteitsnet moet op midden- en laagspanning niveau verzwaard worden voor onderzoeksvariant 1. Bij de bouw van middenspanningsstations (MS/MS) 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 middenspanningstations en transformatorhuisjes, waardoor de uitstoot in de buurt door werkzaamheden minimaal is.

De verzwaring van het elektriciteitsnet kan voor stikstof uitstoot zorgen. Naar verwachting zal dit geen significante uitstoot zijn, dit betekent dat er weinig effect op luchtkwaliteit te verwachten is. De aanlegfase van onderzoeksvariant 1 heeft een neutraal effect (0).

Gebruiksfase

Doordat er bij een lucht-water-warmtepomp geen verbranding plaatsvindt zoals bij een cv-installatie, is er geen uitstoot in de gebruiksfase. De onderzoeksvariant is daarom zeer positief (++) beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie waarin nog gasstook plaatsvindt.

3.3.1.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Voor de aanleg van individuele bodem-water-warmtepompen wordt er voor elke woning een gesloten bodemenergiesysteem aangelegd, waarvoor bij iedere woning een boring uitgevoerd wordt. De aanlegfase is van relatief korte duur per woning, maar voor de boorwerkzaamheden is wel zwaar materiaal vereist.

Daarnaast moet voor onderzoeksvariant 2 het elektriciteitsnet verzwaard worden op midden- en laagspanningniveau. Een bodem-water-warmtepomp belast het elektriciteitsnet minder dan een lucht-water-warmtepomp. 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 stikstofuitstoot bij de aanleg van de warmtepompen zijn maatgevend. De onderzoeksvariant heeft een negatief effect (-).

Gebruiksfase

Doordat er bij een bodem-water-warmtepomp geen verbranding plaatsvindt zoals bij een cv-installatie, is er geen uitstoot in de gebruiksfase. De onderzoeksvariant is daarom zeer positief (++) beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie.

3.3.1.3 Onderzoeksvariant 3 MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

Voor de aanleg van een warmtenet met geothermie wordt een bovengrondse boorlocatie aangelegd voor de geothermiebron. Hiervoor zijn zware mobiele werktuigen nodig en de aanleg kan enkele maanden duren. De geothermie-installatie moet worden ingepast in de leefomgeving. Om de warmte naar buurten te transporteren zijn transport- en distributieleidingen nodig. Voor de aanleg van een warmtenet is het uitgangspunt dat er één distributieleiding per straat wordt aangelegd op ongeveer één meter diepte. Wijken met een hoog aantal meter weglengte per hectare hebben daarom een grotere kans op blootstelling aan stikstof en fijnstof. In de buurten zelf is een warmteoverdrachtstation nodig. De totale aanleg is een intensief proces waarbij zware mobiele werktuigen nodig zijn. Ook is de duur van de aanlegfase relatief lang waardoor er over langere tijd uitstoot plaatsvindt. Deze variant heeft een zeer negatief effect (--) op de indicator stikstofoxide.

Gebruiksfase

Bij het gebruik van een warmtenet met geothermie vindt geen verbranding plaats, waardoor er geen uitstoot is. De gebruiksfase van deze onderzoeksvariant is daarom zeer positief (++) beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie.

3.3.1.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

Het aanleggen van een warmtenet met aquathermie vindt plaats in een groot gebied en zal ook een langere tijd in beslag nemen. Er moet een aquathermie-installatie aangelegd worden waarvoor materieel en transport nodig is. 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 collectieve warmtepompen gebruikt om de temperatuur van het water wat via het warmtenet naar de woningen en gebouwen gaat in een warmtecentrale 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. Er wordt op beperkte diepte in de grond gewerkt, waardoor er minder zwaar materieel nodig is dan bij geothermie. Het is mogelijk dat hier stikstof of fijnstof bij uitgestoten wordt. De variant heeft een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Bij het gebruik van een warmtenet met aquathermie vindt geen verbranding plaats, waardoor er geen uitstoot is. De gebruiksfase van deze onderzoeksvariant is daarom zeer positief (++) beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie.

Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp *Aanlegfase*

De werkzaamheden voor de aanleg van een warmtenet met centrale lucht-water-warmtepompen vinden lokaal plaats. Er wordt een buurtwarmtecentrale aangelegd waarin de centrale lucht-water-warmtepomp wordt geplaatst. De pomp wordt geplaatst 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. De duur van de werkzaamheden is beperkt. Daarnaast wordt er op een beperkte diepte gewerkt, waardoor de inzet van werktuigen matig intensief is. De onderzoeksvariant heeft een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Bij het gebruik van een warmtenet met centrale lucht-water-warmtepompen vindt geen verbranding plaats, waardoor er geen uitstoot is. De onderzoeksvariant is daarom zeer positief (++) beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie.

3.3.2 Effectbeoordeling stikstofdioxide

Tabel 3.8 Effectbeschrijving stikstofdioxide

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	MT-Warmtenet met aquathermie	MT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	0	-	--	-	-
Gebruiksfase	++	++	++	++	++

3.3.3 Locatiespecifieke beschrijving stikstofdioxide

Vanaf 1 januari 2025 geldt de zero-emissiezone voor vracht- en bestelvoertuigen in het centrum van gemeente Eindhoven (zoals weergegeven in Figuur 4.1 onder thema Geluid). Vanaf 2030 geldt er een zero-emissiezone voor alle voertuigen. Daarnaast heeft de gemeente Eindhoven een routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen opgesteld. Hiermee zet de gemeente in op haar ambitie om vanaf 2030 zoveel mogelijk zero emissie te werken.

De routekaart wordt stadsbreed ingezet bij projecten waar gemeente Eindhoven de opdrachtgever is. Dit zou betekenen dat in 2035, het zichtjaar van het warmteprogramma, bij de aanleg van de warmtetechnieken enkel elektrische voertuigen gebruikt mogen worden. Ook de lichte werktuigen en gereedschap moeten dan elektrisch zijn. Voor zwaardere werktuigen is nog geen zero emissie eis opgenomen. Elektrisch materieel stoot geen stikstofoxide uit. De uitstoot van onderzoeksvarianten 2, 3, 4 en 5 kan daarmee beperkt worden tot een negatief tot neutraal effect afhankelijk van de mate waarin elektrisch gewerkt wordt.

3.3.4 Effectbeschrijving luchtkwaliteit PM10

Voor het aanleggen van de onderzoeksvarianten moeten werkzaamheden worden verricht. Bij deze indicator wordt gekeken naar hoeveel PM10 wordt uitgestoten bij deze werkzaamheden. In de gebruiksfase vindt er bij geen van de onderzoeksvarianten uitstoot plaats.

Tabel 3.9 Beoordelingskader PM10

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: N.v.t. Gebruiksfase: Er is geen uitstoot.
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: N.v.t. Gebruiksfase: Er is nog een geringe uitstoot ten opzichte van de referentiesituatie.
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: Er is geen significante uitstoot door het gebruik van werktuigen of gereedschap. Gebruiksfase: de uitstoot is hetzelfde als in de referentiesituatie.
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: Er is uitstoot door het gebruik van werktuigen en/of gereedschap. De werkzaamheden zijn beperkt in intensiteit en /of duur. Gebruiksfase: De uitstoot is hoger dan in de referentiesituatie, nog niet significant.
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: Er is veel uitstoot door het gebruik van werktuigen en/of gereedschap. Het is een intensieve en langdurige aanlegfase. Gebruiksfase: De uitstoot is significant hoger dan de referentiesituatie en heeft een blijvend negatief effect op de omgeving.

3.3.4.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Bij de aanleg van individuele lucht-water-warmtepompen worden werkzaamheden aan het huis van bewoners verricht. Het gebruik van mobiele werktuigen is hierbij heel beperkt, waardoor er geen sprake is van significante extra uitstoot.

Het elektriciteitsnet moet op midden- en laagspanning niveau verzwaard worden voor onderzoeksvariant 1. Bij de bouw van middenspanningsstations (MS/MS) 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 middenspanningstations en transformatorhuisjes, waardoor de uitstoot in de buurt door werkzaamheden minimaal is.

De verzwaring van het elektriciteitsnet kan voor PM10 uitstoot zorgen. Naar verwachting zal dit geen significante uitstoot zijn, dit betekent dat er weinig effect op luchtkwaliteit te verwachten is. De aanlegfase heeft een neutraal effect (0).

Gebruiksfase

In het gebruik vindt geen verbranding plaats, waardoor er geen uitstoot van PM10 is. De variant heeft een zeer positief (++) effect in de gebruiksfase.

3.3.4.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Er zijn voor elke woning matig intensieve boorwerkzaamheden nodig waarvoor niet-elektrisch materieel wordt gebruikt, maar de aanleg per woning duurt kort. Daarnaast moet voor onderzoeksvariant 2 het elektriciteitsnet verzwaard worden op midden- en laagspanningniveau. Een bodem-water-warmtepomp belast het elektriciteitsnet minder dan een lucht-water-warmtepomp. 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 uitstoot van PM10 bij de aanleg van de warmtepompen zijn maatgevend. De variant heeft een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In het gebruik vindt geen verbranding plaats, waardoor er geen uitstoot van PM10 is. De variant heeft een zeer positief (++) effect in de gebruiksfase.

3.3.4.3 Onderzoeksvariant 3 MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

Voor de aanleg van een warmtenet met geothermie dient er tot grotere diepte geboord te worden. De geothermie-installatie moet worden ingepast in de leefomgeving. Om de warmte naar buurten te transporteren zijn transport- en distributieleidingen nodig. In de buurten zelf is een warmteoverdrachtstation nodig. Het een intensief proces waarvoor de inzet van zware mobiele werktuigen vereist is. De aanlegfase betreft een langere periode. De variant scoort daarom zeer negatief (--) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In het gebruik vindt geen verbranding plaats, waardoor er geen uitstoot van PM10 is De variant heeft een zeer positief (++) effect in de gebruiksfase.

3.3.4.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

Het aanleggen van een warmtenet met aquathermie vindt plaats in een groot gebied en zal ook een langere tijd in beslag nemen. Er moet een aquathermie-installatie aangelegd worden waarvoor materieel en transport nodig is. 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 collectieve warmtepompen gebruikt om de temperatuur van het water wat via het warmtenet naar de woningen en gebouwen gaat in een warmtecentrale 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. Er wordt op beperkte diepte in de grond gewerkt, waardoor er minder zwaar materieel nodig is dan bij geothermie. Het is mogelijk dat hier PM10 bij uitgestoten wordt. De variant heeft een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In het gebruik vindt geen verbranding plaats, waardoor er geen uitstoot van PM10 is. De variant heeft een zeer positief (++) effect in de gebruiksfase.

3.3.4.5 Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp

Aanlegfase

Bij de aanleg van een warmtenet met centrale lucht-water-warmtepompen vinden de werkzaamheden lokaal plaats. Er wordt een buurtwarmtecentrale aangelegd waarin de centrale lucht-water-warmtepomp wordt geplaatst. De pomp wordt geplaatst 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. De werkzaamheden zijn van beperkte duur. Omdat er op beperkte diepte wordt gewerkt, zal de inzet van werktuigen matig intensief zijn. Deze variant heeft een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In het gebruik vindt geen verbranding plaats, waardoor er geen uitstoot van PM10 is. De variant heeft een zeer positief (++) effect in de gebruiksfase.

3.3.5 Effectbeoordeling PM10

Tabel 3.10 Effectbeschrijving PM10

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	0	-	--	-	-
Gebruiksfase	++	++	++	++	++

3.3.6 Locatiespecifieke beschrijving

Vanaf 1 januari 2025 geldt de zero-emissiezone voor vracht- en bestelvoertuigen in het centrum van gemeente Eindhoven (zoals weergegeven in Figuur 4.1 onder thema Geluid). Vanaf 2030 geldt er een zero-emissiezone voor alle voertuigen. Daarnaast heeft de gemeente Eindhoven een routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen opgesteld. Hiermee zet de gemeente in op haar ambitie om vanaf 2030 zoveel mogelijk zero emissie te werken. De routekaart wordt stadsbreed ingezet bij projecten waar gemeente Eindhoven de opdrachtgever is. Dit zou betekenen dat er in 2035, het zichtjaar van het warmteprogramma, er bij de aanleg van de warmtetechnieken enkel elektrische voertuigen gebruikt mogen worden. Daarnaast moeten ook de lichte werktuigen en gereedschap elektrisch zijn. Voor zwaardere werktuigen is nog geen zero emissie eis opgenomen. Elektrisch materieel stoot geen PM10 uit. De uitstoot van onderzoeksvarianten 2, 3, 4 en 5 kan daarmee beperkt worden tot een negatief tot neutraal effect afhankelijk van de mate waarin elektrisch gewerkt wordt.

3.3.7 Effectbeschrijving luchtkwaliteit PM2,5

Voor het aanleggen van de onderzoeksvarianten moeten werkzaamheden worden verricht. Bij deze indicator wordt gekeken naar hoeveel PM2,5 wordt uitgestoten bij deze werkzaamheden. In de gebruiksfase vindt er bij geen van de onderzoeksvarianten uitstoot plaats.

Tabel 3.11 Beoordelingskader PM2,5

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: N.v.t. Gebruiksfase: Er is geen uitstoot.
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: N.v.t. Gebruiksfase: Er is nog een geringe uitstoot ten opzichte van de referentiesituatie.
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: Er is geen significante uitstoot door het gebruik van werktuigen of gereedschap. Gebruiksfase: de uitstoot is hetzelfde als in de referentiesituatie.
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: Er is uitstoot door het gebruik van werktuigen en/of gereedschap. De werkzaamheden zijn beperkt in intensiteit en /of duur. Gebruiksfase: De uitstoot is hoger dan in de referentiesituatie, nog niet significant.
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: Er is veel uitstoot door het gebruik van werktuigen en/of gereedschap. Het is een intensieve en langdurige aanlegfase. Gebruiksfase: De uitstoot is significant hoger dan de referentiesituatie en heeft een blijvend negatief effect op de omgeving.

3.3.7.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Het gebruik van mobiele werktuigen in de aanlegfase is minimaal. Het gaat daarbij met name om kleinere voertuigen en klein gereedschap die elektrisch uit te voeren zijn.

Het elektriciteitsnet moet op midden- en laagspanning niveau verzwaard worden voor onderzoeksvariant 1. Bij de bouw van middenspanningsstations (MS/MS) 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 middenspanningstations en transformatorhuisjes, waardoor de uitstoot in de buurt door werkzaamheden minimaal is.

De verzwaring van het elektriciteitsnet kan voor PM10 uitstoot zorgen. Naar verwachting zal dit geen significante uitstoot zijn, dit betekent dat er weinig effect op luchtkwaliteit te verwachten is. De uitstoot van PM2,5 is daarom dermate beperkt, dat deze variant een neutraal (0) effect heeft ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In het gebruik vindt geen verbranding plaats, waardoor er geen uitstoot van PM2,5 is. De variant heeft een zeer positief (++) effect in de gebruiksfase.

3.3.7.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Er zijn voor elke woning matig intensieve boorwerkzaamheden nodig, maar de aanleg per woning duurt kort. Daarnaast moet voor onderzoeksvariant 2 het elektriciteitsnet verzwaard worden op midden- en laagspanningniveau. Een bodem-water-warmtepomp belast het elektriciteitsnet minder dan een lucht-water-warmtepomp. 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 uitstoot van PM2,5 bij de aanleg van de warmtepompen zijn maatgevend. De variant heeft een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In het gebruik vindt geen verbranding plaats, waardoor er geen uitstoot van PM2,5 is. De variant heeft een zeer positief (++) effect in de gebruiksfase.

3.3.7.3 Onderzoeksvariant 3 MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

Voor de aanleg van een warmtenet met geothermie dient er tot grotere diepte geboord te worden. Om de warmte naar buurten te transporteren zijn transport- en distributieleidingen nodig. In de buurten zelf is een warmteoverdrachtstation nodig. Het is een intensief proces waarvoor de inzet van zware mobiele werktuigen vereist is. Ook is de duur van de aanlegfase relatief lang waardoor er over langere tijd uitstoot plaatsvindt. De aanlegfase betreft een langere periode. De variant heeft een zeer negatief (--) effect in de aanlegfase.

Gebruiksfase

In het gebruik vindt geen verbranding plaats, waardoor er geen uitstoot van PM2,5 is. De variant scoort zeer positief in de gebruiksfase.

3.3.7.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

Het aanleggen van een warmtenet met aquathermie vindt plaats in een groot gebied en zal ook een langere tijd in beslag nemen. Er moet een aquathermie-installatie aangelegd worden waarvoor materieel en transport nodig is. 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 collectieve warmtepompen gebruikt om de temperatuur van het water wat via het warmtenet naar de woningen en gebouwen gaat in een warmtecentrale 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. Er wordt op beperkte diepte in de grond gewerkt, waardoor er minder zwaar materieel nodig is dan bij geothermie en mogelijks (deels) elektrisch uitgevoerd kan worden. Het is mogelijk dat beperkt PM2,5 uitgestoten wordt. De variant heeft een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In het gebruik vindt geen verbranding plaats, waardoor er geen uitstoot van PM2,5 is. De variant scoort zeer positief in de gebruiksfase.

3.3.7.5 Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp

Aanlegfase

Bij de aanleg van een warmtenet met centrale lucht-water-warmtepompen vinden de werkzaamheden lokaal plaats. Er wordt een buurtwarmtecentrale aangelegd waarin de centrale lucht-water-warmtepomp wordt geplaatst. De pomp wordt geplaatst 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. De werkzaamheden zijn van beperkte duur. Omdat er op beperkte diepte wordt gewerkt, zal de inzet van werktuigen matig intensief zijn. De variant heeft een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In het gebruik vindt geen verbranding plaats, waardoor er geen uitstoot van PM2,5 is. De variant scoort zeer positief in de gebruiksfase.

3.3.8 Effectbeoordeling PM2,5

Tabel 3.12 Effectbeschrijving PM2,5

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	0	-	--	-	-
Gebruiksfase	++	++	++	++	++

3.3.9 Locatiespecifieke beschrijving PM2,5

Vanaf 1 januari 2025 geldt de zero-emissiezone voor vracht- en bestelvoertuigen in het centrum van gemeente Eindhoven (zoals weergegeven in Figuur 4.1 onder thema Geluid). Vanaf 2030 geldt er een zero-emissiezone voor alle voertuigen. Daarnaast heeft de gemeente Eindhoven een routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen opgesteld. Hiermee zet de gemeente in op haar ambitie om vanaf 2030 zoveel mogelijk zero emissie te werken. De routekaart wordt stadsbreed ingezet bij projecten waar gemeente Eindhoven de opdrachtgever is. Dit zou betekenen dat er in 2035, het zichtjaar van het warmteprogramma, er bij de aanleg van de warmtetechnieken enkel elektrische voertuigen gebruikt mogen worden. Daarnaast moeten ook de lichte werktuigen en gereedschap elektrisch zijn. Voor zwaardere werktuigen is nog geen zero emissie eis opgenomen. Elektrisch materieel stoot geen PM2,5 uit. De uitstoot van onderzoeksvarianten 2, 3, 4 en 5 kan daarmee beperkt worden tot een negatief tot neutraal effect afhankelijk van de mate waarin elektrisch gewerkt wordt.

3.4 Bodem en ondergrond

Binnen het thema bodem zijn drie aspecten onderzocht:

- Kwaliteit boven- en ondergrond: gaat in op het effect die de aanleg of het gebruik van onderzoeksvarianten heeft op de biologische, chemische en fysische kwaliteit van de bovengrond (boven grondwaterniveau) en op de bodemopbouw in de ondergrond (bijv. effecten op scheidende lagen)
- Grondwater: het aspect grondwater gaat in op de hydrologie en de kwaliteit van de bodem en het grondwater onder grondwaterniveau
- Ondergronds ruimtegebruik: betreft de ondergrondse inpasbaarheid en het ondergrondse ruimtebeslag van de verschillende onderzoeksvarianten

3.4.1 Effectbeschrijving kwaliteit boven- en ondergrond

Bij de kwaliteit van de boven- en ondergrond wordt zowel naar de biologische (bodemleven en microbiologie) als de chemische kwaliteit van de bovengrond gekeken en de effecten op de bodemopbouw in de ondergrond (bijv. effecten op scheidende lagen). Zo wordt het gebruik van bodembedreigende stoffen (bij bijvoorbeeld de bodem-warmtepomp) onderzocht, net als de thermische effecten in de bovengrond. Tevens wordt bekeken of het aardgasvrij maken van een wijk mogelijk positieve effecten heeft op de bodemkwaliteit.

Bijvoorbeeld omdat een bron van verontreiniging gesaneerd moet worden. De effecten op de grondwaterkwaliteit worden in de volgende paragraaf apart beschreven.

Tabel 3.13 Beoordelingskader kwaliteit boven- en ondergrond

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Geen aantasting ondergrond en aanzienlijke verbetering van de chemische en biologische kwaliteit van de bovengrond, bijvoorbeeld gekenmerkt door: • Sanering bestaande bronnen van verontreiniging, grootschalige verbetering biologische bodemkwaliteit door afname van bodemafdekking en toename organisch stofgehalten in de bovengrond
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Geen aantasting ondergrond en merkbare verbetering van chemische en biologische kwaliteit van bovengrond (boven grondwaterniveau), bijvoorbeeld gekenmerkt door: • Vermindering bodemverontreiniging in combinatie met graafwerk of bronneringen • Lokaal verbetering biologische bodemkwaliteit door afname bodemafdekking en toename organisch stofgehalten in de bovengrond
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	Geen merkbare verbetering of verslechtering van de chemische, fysische en biologische kwaliteit van de boven- en ondergrond
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Merkbare verslechtering van chemische en biologische kwaliteit van boven- en ondergrond, bijvoorbeeld gekenmerkt door: • Ontstaan lokale bodemverontreiniging door gebruik bodembedreigende stoffen, “vergrijzing” bodemkwaliteit bij graafwerkzaamheden • Lokale aantasting opbouw ondergrond (aantasting scheidende lagen) • Lokaal aantasting biologische bodemkwaliteit door vergraving bodemprofiel, toename van bodemafdekking, verhoging temperatuur in de bodem of afname organische stofgehalten in de bovengrond
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanzienlijke verslechtering van de chemische en biologische kwaliteit van boven- en ondergrond, bijvoorbeeld gekenmerkt door: • Ontstaan meerdere nieuwe lokale verontreinigingen (puntbronnen) door gebruik bodembedreigende stoffen • Grootschalige aantasting opbouw ondergrond (aantasting scheidende lagen) • Grootschalige aantasting biologische bodemkwaliteit in de bovengrond door toename van bodemafdekking, vergraving bodemprofielen, verhoging temperatuur in de bodem en ondergrond of afname organische stofgehalten in de bovengrond

3.4.1.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Er wordt bij deze onderzoeksvariant geen warmtenet aangelegd. Wel moet rekening worden gehouden met de aanleg van elektriciteitskabels en het plaatsen van MS/LS-transformatorhuisjes omdat het elektriciteitsnet in deze onderzoeksvariant 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 0,6 tot 1 meter, terwijl warmtenetten over het algemeen op ongeveer 1 meter diepte geplaatst worden. Ook is de diameter van elektriciteitskabels kleiner waardoor kleinere sleuven in de bodem nodig zijn. Het effect op de bodemkwaliteit is zeer beperkt. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Er zijn voor de gebruiksfase geen effecten te verwachten op de bodemkwaliteit voor onderzoeksvariant 1. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.4.1.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Net als bij een lucht-water-warmtepomp moet bij onderzoeksvariant 2 elektriciteitsnet verzwaard worden. Het effect hiervan op de bodemkwaliteit is zeer beperkt.

Bij de aanleg van een GBES vinden op bijna elk perceel boringen in de ondergrond plaats die de bodemopbouw verstoren. Er worden boringen gezet tot tientallen meter diepte waarbij scheidende lagen tussen watervoerende pakketten worden doorboord. Hoewel deze verstoring per systeem zeer lokaal is, worden in deze variant op elk perceel individuele systemen aangelegd en dus veel individuele boringen geplaats op korte afstand. Bij het plaatsen van de boringen kunnen ook bodem en ondergrond verontreinigd raken door onzorgvuldig handelen. De kwaliteitsprotocollen (BRL SIKB) zouden die verontreinigingen moeten voorkomen. Uit onderzoek van de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) blijken deze onvoldoende nageleefd te worden.[30] Bij ongeveer 75% van de inspecties van de inspecties zijn afwijkingen van de normdocumenten geconstateerd. Bij ongeveer de helft van de overtredingen konden hierdoor risico's voor de bodem ontstaan. Door het grote aantal boringen vormt dit een aanzienlijk risico, de onderzoeksvariant heeft daarom een zeer negatief effect (--) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Tijdens de gebruiksfase van een GBES is er kans op lekkages vanuit het gesloten buizensysteem (bijv. glycol) waardoor lokaal de kwaliteit van de bodem en ondergrond kan verslechteren. Doorwisselend opwarming en afkoeling van de ondergrond wordt op grote schaal de biologische kwaliteit ondergrond beïnvloed. De impact hiervan is afhankelijk van de dichtheid waarop de GBES systemen op elkaar staan en de wijze van aanleg van een GBES. Aangezien in deze variant per perceel een systeem wordt aangelegd zal in drukke en gemiddelde wijken sprake zijn van een hoge dichtheid. Zoals hierboven bij de aanlegfase beschreven, worden de BRL SIKB kwaliteitsprotocollen onvoldoende nageleefd, waardoor de kans op lekkages bestaat.

[30] https://omgevingsweb.nl/wp-content/uploads/po-assets/562634.pdf

Deze onderzoeksvariant heeft in drukke, gemiddelde en groene wijken een zeer negatief (--) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

3.4.1.3 Onderzoeksvariant 3 MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

In de aanlegfase worden voor de winning van geothermie diepe boringen geplaats die lokaal zorgen voor verstoring van de lagen in de ondergrond. Bij het plaatsen van de boringen kunnen door onzorgvuldig handelen ook bodem en ondergrond verontreinigd raken met de chemicaliën die nodig zijn om op diepte te kunnen boren. De aanlegfase van het warmtenet en warmteoverdrachtstations zorgt voor een grootschalige aantasting van de bovenste lagen van de bodem en voor aantasting van de biologische bodemkwaliteit. Deze variant zal daarom een zeer negatief effect (--) hebben ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Tijdens de gebruiksfase van de geothermie-winning is er kans op lekkages vanuit het buizensysteem van het opgepompte water. Indien er verontreinigingen of chemische toevoegingen in het opgepompte water zitten, kunnen de lekkages de kwaliteit van de bodem en ondergrond lokaal verslechteren.

Bij MT-warmtenetten (70 °C) bestaat risico op warmte-uitstraling naar de bodem, wat lokaal kan leiden tot een lichte opwarming van de bovenste bodemlagen en daarmee aantasting van de biologische kwaliteit. De warmteleidingen van een warmtenet zijn allemaal geïsoleerd om te voorkomen dat ze warmte uitstralen naar de omgeving. Hoe minder warmte uitstraalt, hoe efficiënter de warmteleiding namelijk is. Lekkages in de isolatiemantel van de warmteleidingen kunnen leiden tot het lekken van warmte naar de omgeving, wat een negatieve invloed kan hebben op de biologische bodemkwaliteit. Wanneer het warmtenet echter goed wordt aangelegd en onderhouden, wordt dit risico afgedekt.

Het risico op beïnvloeding van de biologische kwaliteit van de bodem door een warmtenet speelt op grote schaal. Deze variant heeft een zeer negatief effect (--) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.4.1.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

In de aanlegfase van de WKO installaties worden diepe boringen geplaatst die lokaal zorgen voor verstoring van de lagen in de ondergrond. Bij het plaatsen van de boringen kunnen ook bodem en ondergrond verontreinigd raken door onzorgvuldig handelen.

Daarnaast moet het elektriciteitsnet verzwaard 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.

De totale aanlegfase zorgt voor een grootschalige aantasting van de bovenste lagen van de bodem en voor aantasting van de biologische bodemkwaliteit. Deze variant heeft daardoor een zeer negatief effect (--) in de aanlegfase.

Gebruiksfase

De temperatuur van het water in het LT-warmtenet is circa 50 °C. Lekkages in de isolatiemantel van de warmteleidingen kunnen leiden tot het lekken van warmte naar de omgeving en daarmee aantasting van de biologische kwaliteit. Het risico op opwarming is beperkter dan bij een MT-warmtenet. Deze variant heeft daarmee een negatief effect (-) in de gebruiksfase.

Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp *Aanlegfase*

De aanlegfase van het warmtenet en buurtwarmtecentrale zorgt voor aantasting van de bovenste lagen van de bodem en voor aantasting van de biologische bodemkwaliteit. Daarnaast moet het elektriciteitsnet verzwaard 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. Deze variant heeft daardoor een negatief effect (-) in de aanlegfase.

Gebruiksfase

Lekkages in de isolatiemantel van de warmteleidingen kunnen leiden tot het lekken van warmte naar de omgeving. Wanneer het warmtenet echter goed wordt aangelegd en onderhouden, wordt dit risico afgedekt. Door de temperatuur van het LT-warmtenet (50 °C) bestaat, ondanks isolatie om warmteverlies te voorkomen, risico op warmte-uitstraling naar de bodem. Dit kan lokaal leiden tot een lichte opwarming van de bovenste bodemlagen en daarmee aantasting van de biologische kwaliteit. Het risico op opwarming is beperkter dan bij een MT-warmtenet. Deze variant heeft daarmee een negatief effect (-) in de gebruiksfase.

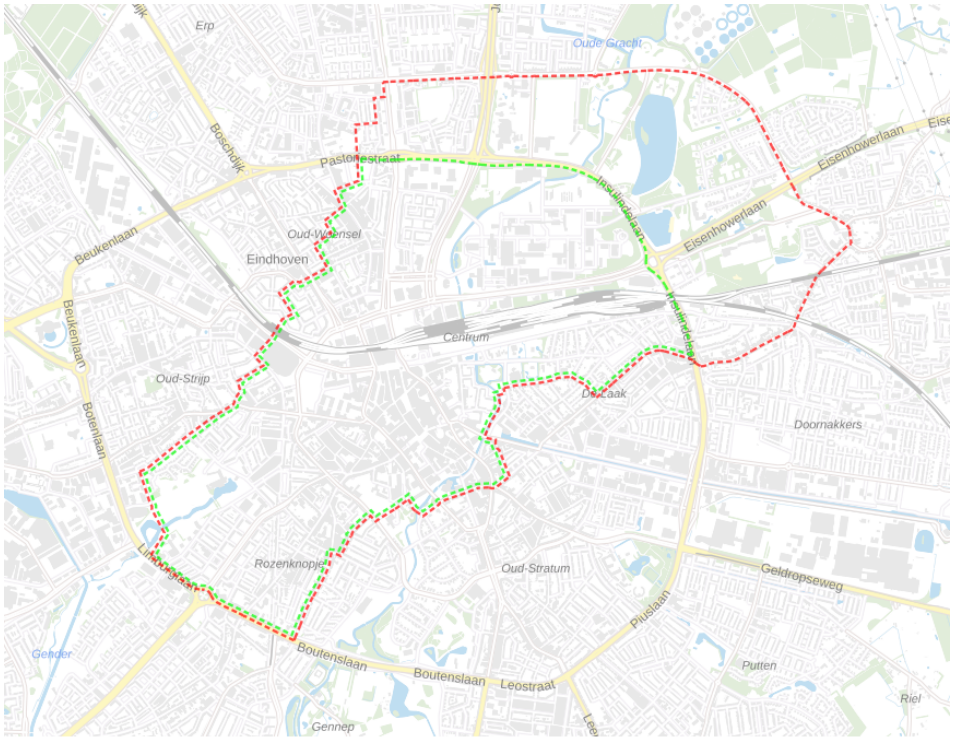
3.4.2 Effectbeoordeling kwaliteit boven- en ondergrond

Tabel 3.14 Effectbeschrijving kwaliteit boven- en ondergrond

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	0	- -	- -	- -	-
Gebruiksfase	0	- -	- -	-	-

3.4.3 Locatiespecifieke effectbeschrijving kwaliteit boven- en ondergrond

Het Masterplan Bodemenergie van de gemeente Eindhoven bevat beleidsregels voor bodemenergiesystemen voor het centrumgebied van Eindhoven (zie onderstaande contour). De gemeente wil voorkomen dat aanwezige grondwaterverontreinigingen zich verspreiden tot in de strategische drinkwatervoorraad. Daarom heeft de gemeente een verbod op het doorboren van de scheidende leemlaag op 80 meter beneden maaiveld wordt ingesteld. Dit verbod geldt ook voor aanleg en diepte van bodemenergiesystemen opgesteld, waarbij de maximale boordiepte is beperkt tot 80 meter. Hierdoor worden de effecten in de aanlegfase bij onderzoeksvariant 2 (bodem-water-warmtepomp (BES)) en onderzoeksvariant 4 (WKO) enigszins beperkt. Om verontreiniging vanuit gesloten systemen te voorkomen eist de gemeente dat deze systemen binnen het centrumgebied met water zijn gevuld. Hierdoor worden de effecten van een BES (variant 2) in de gebruiksfase in het centrumgebied enigszins beperkt.



3.4.4 Effectbeschrijving grondwater

Bij grondwater wordt bekeken wat de impact is van de varianten op de grondwaterkwaliteit en kwantiteit en op het functioneren van het (grond)watersysteem (met name de hydrologische en thermische impact van bodemenergie).

Tabel 3.15 Beoordelingskader grondwater

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	De onderzoeksvariant zorgt voor significante verbetering van de grondwaterkwaliteit en/of -kwantiteit ten opzichte van de referentiesituatie.
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	De onderzoeksvariant zorgt enigszins voor verbetering van de grondwaterkwaliteit en/of -kwantiteit ten opzichte van de referentiesituatie.
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	De onderzoeksvariant heeft geen effect op de grondwaterkwaliteit en -kwantiteit ten opzichte van de referentiesituatie.
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De onderzoeksvariant zorgt enigszins voor verslechtering van de grondwaterkwaliteit en/of -kwantiteit ten opzichte van de referentiesituatie.
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De onderzoeksvariant zorgt voor significante verslechtering van de grondwaterkwaliteit en/of -kwantiteit ten opzichte van de referentiesituatie.

3.4.4.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

De lucht-water-warmtepomp is een volledig bovengronds systeem. Bij de aanleg van de lucht-water-warmtepomp is geen contact met grondwater. Echter kan bij de aanleg van de benodigde extra elektriciteitskabels bemaling nodig zijn. Hierbij wordt de grondwaterstand tijdelijk en lokaal verlaagd. Dit heeft een tijdelijk negatief effect op de grondwaterkwantiteit. De noodzaak tot bemaling is afhankelijk van de grondwaterstand en de bestaande infrastructuur. Indien reeds aanwezige kabels in mantelbuizen liggen en benut kunnen worden voor het intrekken van extra kabels, is bemaling niet nodig. Wanneer echter nieuwe sleuven gegraven moeten worden, kan bemaling wel vereist zijn. Afhankelijk van of bemaling nodig is of niet, heeft deze onderzoeksvariant een neutraal tot negatief (0/-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Er worden in de gebruiksfase geen effecten verwacht op grondwater voor onderzoeksvariant 1. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.4.4.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Bij de aanleg van een bodem-water-warmtepomp (GBES) vinden boringen in de ondergrond plaats. Omdat er voor deze boringen grondwater gebruikt wordt heeft dit een negatief effect op de grondwaterkwantiteit. Daarnaast kunnen de waterscheidende lagen door de boringen verstoord worden met risico dat een “kortsluiting” ontstaat tussen de grondwaterlagen waardoor menging kan optreden van verschillende grondwatertypen. Bij een onzorgvuldige afdichtingen kunnen grondwaterverontreiniging die in het ondiepe grondwater reeds aanwezig zijn zich (via deze kortsluiting tussen de grondwaterpakketten) verspreiden naar diepere grondwaterpakketten die vaak nog relatief schoon zijn. In deze onderzoeksvariant worden veel individuele boringen dicht bij elkaar geplaats. Dit vergroot de kans op fouten bij de afdichting en daarmee op mening van grondwaterlagen en verplaatsing van verontreinigingen. Kwaliteitsprotocollen (BRL SIKB) die dit zouden moeten voorkomen worden regelmatig niet of onvoldoende nageleefd.[31]
De onderzoeksvariant heeft daarom een zeer negatief effect (--) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Tijdens de gebruiksfase van een GBES is er kans op lekkages van het gesloten buizensysteem waardoor het koudemiddel (meestal glycol) kan lekken in de bodem. Glycol is giftig en heeft daardoor een negatieve impact op de grondwaterkwaliteit. Door afwisselende opwarming en afkoeling en de hoge dichtheid van boringen wordt ook de biologische kwaliteit van het grondwater op grote schaal beïnvloed. De impact hiervan is afhankelijk van de dichtheid waarop de GBES systemen op elkaar staan en de wijze van aanleg van een GBES. Aangezien in deze variant per perceel een systeem wordt aangelegd zal in drukke en gemiddelde wijken sprake zijn van een hoge dichtheid. Zoals hierboven bij de aanlegfase beschreven, worden de BRL SIKB kwaliteitsprotocollen onvoldoende nageleefd, waardoor de kans op lekkages bestaat.
De onderzoeksvariant heeft daarom een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie voor alle wijktypologieën.

[31] 562634.pdf

3.4.4.3 Onderzoeksvariant 3 MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

Bij de aanleg van een warmtenet wordt een uitgebreid leidingstelsel op ongeveer één meter diepte aangelegd. Het is aannemelijk dat men tijdens de aanleg van leidingen voor het warmtenet grondwater tegenkomt. Om de grondwaterstand tijdelijk te verlagen, is bemaling nodig, waarbij het onttrokken grondwater meestal wordt afgevoerd naar een hemel/vuil- waterriool of naar oppervlaktewater. Hoewel het mogelijk is om het onttrokken grondwater terug in de bodem te injecteren (retourbemaling), wordt dit zelden toegepast. Dit heeft effect op zowel de grondwaterkwaliteit (mogelijk positief) als de kwantiteit (negatief). In situaties waarin verontreinigd grondwater wordt onttrokken en afgevoerd, kan dit leiden tot sanering en een verbetering van de grondwaterkwaliteit, wat als positief (+) kan worden beschouwd.

Voor de aanleg van een warmtenet met geothermie moeten er een diepe boring geplaatst worden. Dit geeft grote risico's voor grondwaterkwaliteit, wanneer deze boringen plaatsvinden in watervoerende pakketten. De chemicaliën die nodig zijn om op diepte te kunnen boren, kunnen in dit grondwater terechtkomen. Daarnaast worden verschillende water scheidende lagen doorboort waardoor risico's op verslechtering grondwaterkwaliteit optreden.

Voor het realiseren van een geothermiebron zijn meerdere specifieke vergunningen vereist op grond van de Mijnbouwwet, waaronder de Startvergunning Aardwarmte. Het toezichtarrangement Geothermie[32] geeft inzicht in de toezichttaak van SodM op de winning van aardwarmte in Nederland. Tijdens de uitvoering (opstarten en winning fase) geldt toezicht en handhaving door daartoe bevoegde instanties.

Voor de geothermie-installatie geldt daarnaast dat een omgevingsvergunning nodig is voor de milieubelastende activiteit mijnbouw (Besluit Kwaliteit Leefomgeving (Bal), paragraaf 3.10.1). Deze vergunning bevat regels en voorschriften gericht op bodembescherming, waarbij de exacte normen en protocollen per vergunning worden vastgesteld. De kans op het optreden van lekkages is bij geothermie klein vanwege het beperkte aantal boringen, de gebruikte werkmethodes en het systeem van kwaliteitsborging bij deze boringen.

Uitgangspunt is steeds dat werkzaamheden overeenkomstig de geldende regelgeving en vergunningsvoorwaarden worden uitgevoerd. Risico's worden door het vergunningsstelsel en toezicht in hoge mate beheerst. Aangezien er wel een klein risico aanwezig is en bij de ontwikkeling van de bronnen grondwater vrij komt wordt deze onderzoeksvariant negatief (-) beoordeeld in de aanlegfase.

Gebruiksfase

Door lekkages tijdens de geothermie-winning kunnen giftige stoffen in het grondwater terecht komen of grondwater van een andere samenstelling dan lokaal voorkomt.
De warmte die in de gebruiksfase van het warmtenet door de leidingen gaat kan zorgen voor opwarming van grondwater. Dit is sterk afhankelijk van de isolatiewaarde van de leiding, ook na langdurig gebruik (slijtages). De onderzoeksvariant heeft daarom een zeer negatief effect (--) ten opzichte van de referentiesituatie.

32 Toezichtarrangement Geothermie 2025 | Staatstoezicht op de Mijnen

3.4.4.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

Bij de aanleg van een WKO vinden boringen in de ondergrond plaats. Voor het aanleggen van de WKO zijn mogelijk bemalingen nodig (dit is locatiespecifiek en seizoensgebonden), waarvoor (grond)water wordt gebruikt. Dit heeft een (zeer) beperkt en tijdelijk negatief effect op de grondwaterkwantiteit. Daarnaast kunnen de waterscheidende lagen door de boringen verstoord worden met risico op verplaatsing van grondwater wat een negatief effect heeft op de grondwaterkwaliteit. Het volgen van Kwaliteitsprotocollen (BRL SIKB) zou dit moeten voorkomen. Voor deze onderzoeksvariant zijn tientallen tot honderden boringen (idealiter maximaal 600) nodig, die gecontroleerd plaatsvinden, wat de kans op foutaansluitingen verminderd. .

Voor de aanleg van leidingen, warmtecentrale en warmteoverdrachtstations vanaf de bronnen naar de gebruikers (huisaansluitingen) is een beperkt negatief effect te verwachten voor grondwaterkwaliteit en kwantiteit. Hiervoor zijn bemalingen nodig voor de aanleg van leidingwerk (lokale werkzaamheden).

Deze onderzoeksvariant heeft een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase kan een WKO lokaal verandering in stijghoogtes hebben (toename en afname, wisselend per seizoen, afhankelijk van het gekozen systeem). Daarnaast kan een WKO ook nabijgelegen WKO-systemen beïnvloeden (dit kan zowel positief als negatief effect zijn).
Ook heeft een WKO-systeem effect op de bodemtemperatuur. Lokaal wordt deze verwarmd of afgekoeld, afhankelijk van het type bron. Door afwisselende opwarming en afkoeling wordt ook de biologische kwaliteit van het grondwater lokaal beïnvloed.
Een WKO-systeem kan leiden tot een toename van de verspreiding van reeds aanwezige grondwaterverontreiniging. Bij een slimme plaatsing van de bronnen kan het echter ook juist de verspreiding van aanwezige grondwaterverontreiniging beperken.
Bij elkaar heeft deze onderzoeksvariant een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.4.4.5 Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp

Aanlegfase

Voor de aanleg van leidingen van de buurtwarmtepomp naar de gebruikers (huisaansluitingen) is een beperkt negatief effect te verwachten voor grondwaterkwaliteit en kwantiteit. Hiervoor zijn bemalingen nodig voor de aanleg van leidingwerk (lokale werkzaamheden). Deze onderzoeksvariant heeft een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

De warmte die in de gebruiksfase van het warmtenet door de leidingen gaat kan zorgen voor opwarming van grondwater. Dit is sterk afhankelijk van de isolatiewaarde van de leiding, ook na langdurig gebruik (slijtages). De onderzoeksvariant heeft daarom een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

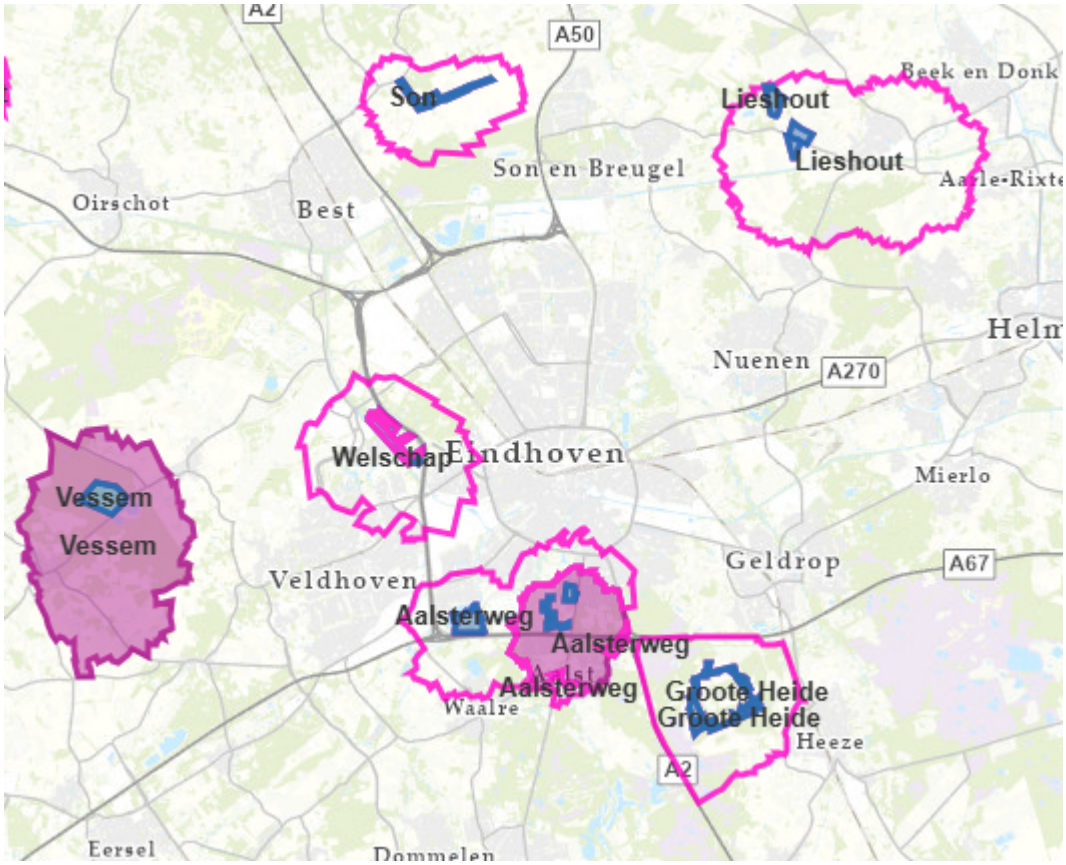
3.4.5 Effectbeoordeling grondwater

Tabel 3.16 Effectbeschrijving grondwater

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water-warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	0/-	- -	-	-	-
Gebruiksfase	0	-	- -	-	-

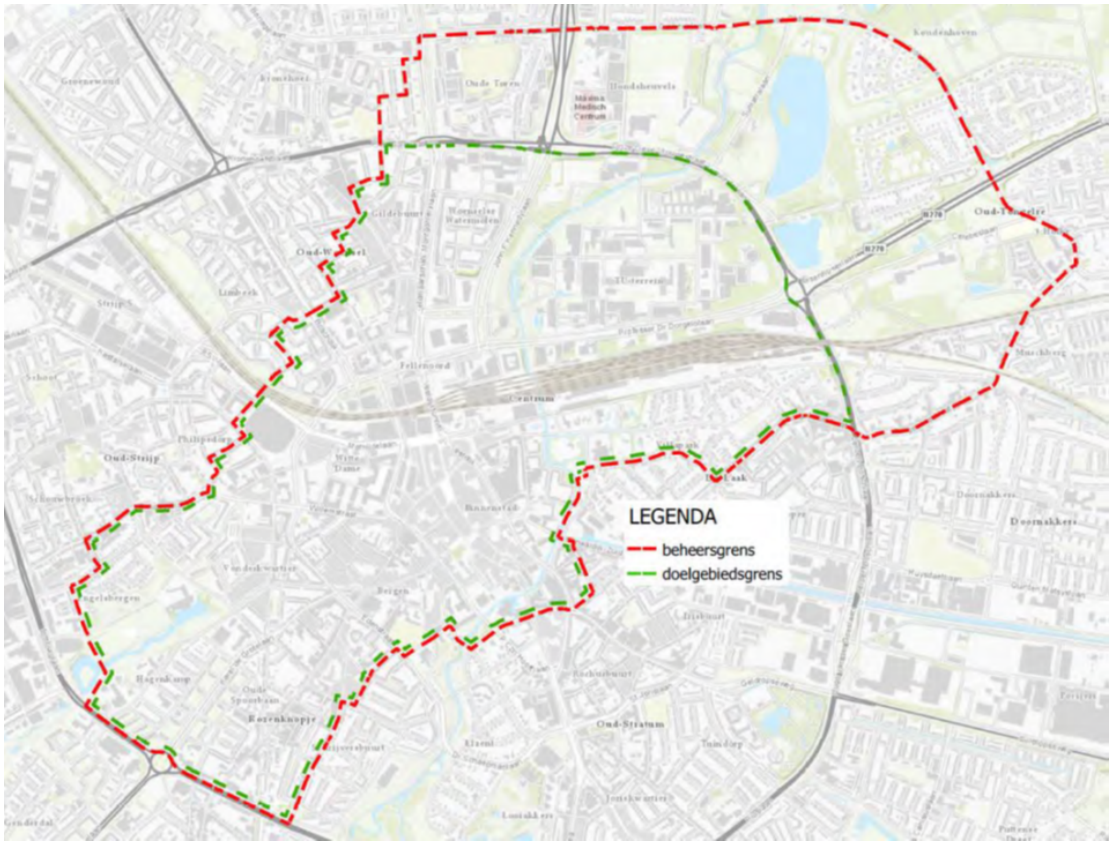
3.4.6 Locatiespecifieke effectbeschrijving grondwater

De winningen Welschap en Aalsterweg liggen in de gemeente Eindhoven, de overige liggen in de naburige gemeenten (Figuur 3.6). Het provinciaal beleid is gericht op de bescherming van deze gebieden, met onder andere boringsvrije zones rondom de winningen. Voor deze gebieden gelden restricties wat wel en niet mag in de omgeving. Grondwater op grote diepte wordt beschermd voor drinkwaterwinning. Dit houdt in dat onder andere WKO-systemen restricties hebben tot welke diepte deze aangelegd mogen worden. Over het algemeen geldt dat deze alleen in het eerste watervoerende pakket geplaatst mogen worden (circa vanaf 30 m -mv tot circa 80 tot 100 m -mv). De diepere watervoerende pakketten zijn gereserveerd voor drinkwaterwinning. Hierdoor worden de effecten in de aanlegfase bij variant 2 (BES) en variant 4 (WKO) enigszins beperkt.



Figuur 3.6 Ligging waterwingebieden (Omgevingsverordening Noord-Brabant)

Bij ruimtelijke ontwikkelingen was de gebruikelijke aanpak volgens de Wet bodembescherming (Wbb), waarbij verontreinigingen individueel (gevalsgericht) werden aangepakt, gehanteerd. Bij omvangrijke stedelijke opgaven – zeker in het centrumgebied – was deze aanpak in veel gevallen belemmerend, niet doelmatig en zeker niet kosteneffectief. Om ruimtelijke ontwikkelingen en de inzet van bodemenergie mogelijk te (blijven) maken wordt met de gebiedsgerichte aanpak het uitgangspunt van de gevalsgerichte benadering losgelaten. Uitgangspunt hierbij is dat de in het aangewezen gebied aanwezige verontreinigingen zich binnen dit gebied mogen vermengen en verspreiden. Dat betekent dat maatregelen om verspreiding van verontreiniging door bijvoorbeeld WKO-systemen en (tijdelijke) bemalingen tegen te gaan, kunnen worden verminderd of zelfs vervallen.



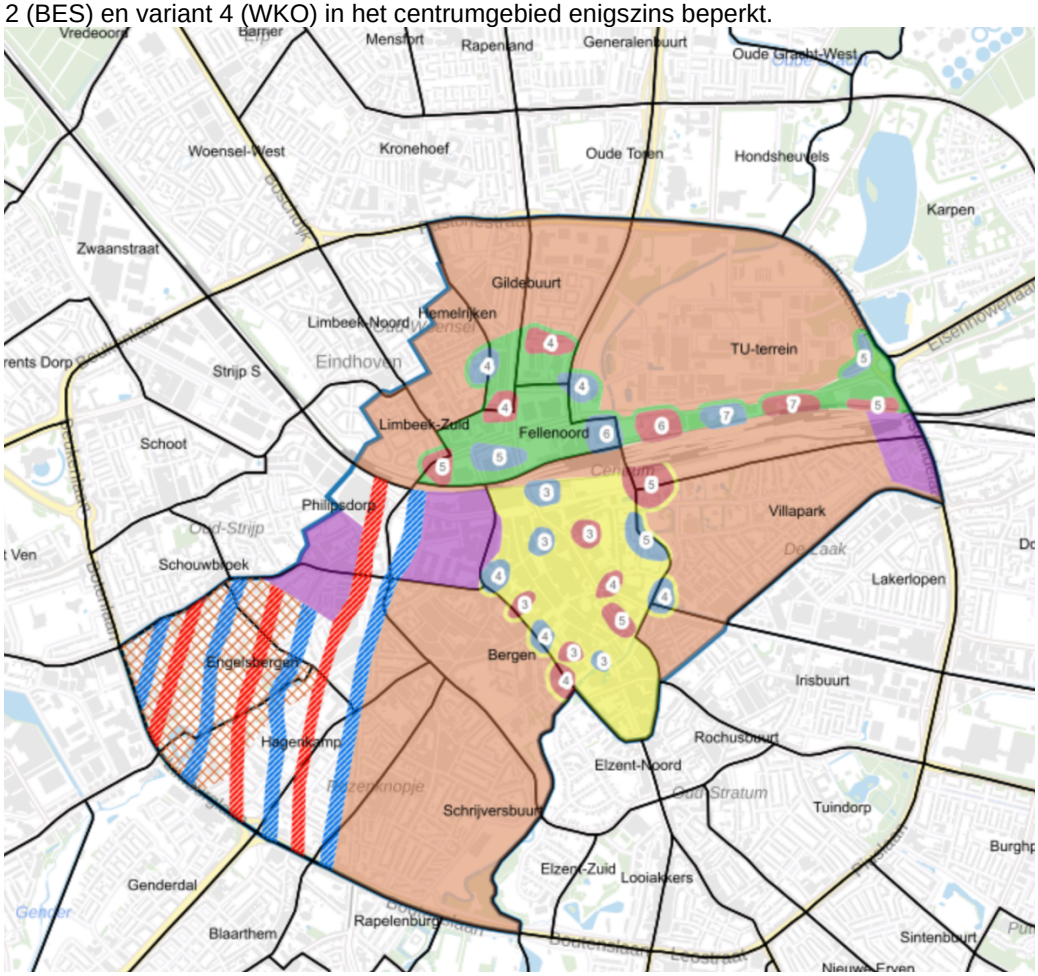
Figuur 3.7 Begrenzing gebiedsgericht grondwaterbeheer Eindhoven-Centrum (GGB)

Om de potentie voor bodemenergie optimaal te benutten is voor het centrumgebied van Eindhoven een Masterplan Bodemenergie opgesteld. Hierbij is rekening gehouden met de aanwezige bodemverontreinigingen en de uitgangspunten vanuit het Gebiedsgericht Grondwater Beheer (GGB). Dit Masterplan Bodemenergie reguleert en faciliteert het gebruik van bodemenergie in het centrum van Eindhoven. Er zijn 4 soorten gebieden aangewezen (zie Figuur 3.7)

1. Gebieden waar de komende jaren een beperkt aantal WKO's te verwachten is (oranje op kaart figuur 4.4). In deze gebieden worden minder eisen gesteld aan de plaatsing van WKO-bronnen. Wel dienen de bronnen zoveel mogelijk op eigen terrein geplaatst te worden, omdat er in de openbare ruimte geen plaats is voor de bronnen en het leidingwerk

2. Gebieden waar de komende 10 jaar nog geen WKO mogelijk is, omdat er bijvoorbeeld eerst een bodemsanering uitgevoerd moet worden (paars in kaart figuur 3.8)
3. Gebieden met rode en blauwe stroken (zie figuur 3.8). Hier dienen de koude bronnen in de blauwe stoken geplaatst te worden en de warme bronnen in de rode stroken, om te voorkomen dat de aanwezige grondwater verontreinigingen zich te veel verspreiden
4. Gebieden met rode en blauwe vlekken (genummerde vlekken figuur 3.8). Hier dienen de koude bronnen in de blauwe clusters geplaatst te worden en de warme bronnen in de rode clusters

Hierdoor worden de effecten op de hydrologie en grondwaterkwaliteit in de gebruiksfase bij variant 2 (BES) en variant 4 (WKO) in het centrumgebied enigszins beperkt.



Figuur 3.8 Kaart Masterplan Bodemenergie

3.4.7 Effectbeschrijving ondergronds ruimtegebruik

In dit planMER hanteren we als uitgangspunt dat de bestaande gasinfrastructuur blijft liggen tot minimaal 2040. De verwachting is dat het verwijderen van het gasnetwerk plaatsvindt na 2050, wanneer andere grootschalige civiele werkzaamheden gepland staan. Dit betekent dat bij de aanleg van nieuwe warmtevoorzieningen in alle varianten rekening moet worden gehouden met reeds aanwezige gasleidingen en bijbehorende voorzieningen. Voor ondergronds ruimtegebruik betekent dit dat er geen nieuwe ruimte in de bodem ontstaat door het verwijderen van de gasinfrastructuur. Nieuwe infrastructuur voor de warmte-alternatieven moet naast de bestaande gasinfrastructuur worden aangelegd.

Tabel 3.17 Beoordelingskader ondergronds ruimtegebruik

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Er komt over grotere gebieden meer ondergrondse ruimte beschikbaar, meer wortelruimte bodem en ander groen
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Er komt lokaal ondergrondse ruimte beschikbaar, meer wortelruimte bodem en ander groen
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	Beperkte/geen ondergrondse ruimteclaim die goed inpasbaar is in de bestaande situatie, geen beperking voor de wortelruimte bomen en ander groen
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanzienlijk ondergrondse ruimteclaim die inpasbaar is in de bestaande situatie, enige beperking voor de wortelruimte bomen en ander groen
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanzienlijke ondergrondse ruimteclaim die nauwelijks inpasbaar is in de bestaande situatie, grote beperking voor de wortelruimte bomen en ander groen

3.4.7.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Voor lucht-water-warmtepompen is er geen ondergronds ruimteclaim. Voor zowel dichtbebouwde wijken als ruimer opgezette wijken zoals gemiddelde wijken en groene wijken zijn warmtepompen geen beperking voor de wortelruimte voor bomen en ander groen. Het ondergrondse ruimtegebruik voor onderzoeksvariant 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 heeft deze onderzoeksvariant een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.4.7.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Het ondergrondse ruimtegebruik voor onderzoeksvariant 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. 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). Daarnaast wordt de bodem-water-warmtepomp geïnstalleerd. De bodem-water-warmtepomp wordt op eigen terrein in de grond geïnstalleerd. Er is dus vooral een lokale, beperkte ondergrondse ruimteclaim. Voor dichtbebouwde wijken, gemiddelde wijken en groene wijken zijn warmtepompen geen beperking voor het bestaand ondergronds ruimtegebruik in de openbare ruimte en de beschikbare wortelruimte voor bomen en ander groen. Daarom scoort heeft deze onderzoeksvariant een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentie. Alleen bij dichtbebouwde wijken is er een risico op interferentie van de systemen onderling.

3.4.7.3 Onderzoeksvariant 3 - MT-warmtenet met geothermie

De aanleg van een warmtenet en daarbij geothermische boringen brengt een aanzienlijke ondergrondse ruimteclaim met zich mee. Voor de aanleg van de geothermie-installatie worden twee 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.

Een warmtenet vereist een aanzienlijke claim op de ondergrondse ruimte, zie Figuur 3.9. De hoofdleidingen van een warmtenet zijn ongeveer 45 cm, de distributieleidingen ongeveer 15 cm en de huisaansluitingen ongeveer 9 cm. 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 of meer bedragen.
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.

In groene wijken is er doorgaans voldoende ruimte om het warmtenet en elektriciteitskabels aan te leggen onder de bestaande verharding, waardoor er geen beperkingen zijn voor het huidige ondergrondse ruimtegebruik. De effecten op het ondergronds ruimtegebruik worden daarom bij deze warmtetechniek voor groene wijken als neutraal (0) beoordeeld.

In gemiddelde wijken is het echter moeilijker om het warmtenet in te passen door het bestaande druk op het ondergrondse ruimtegebruik. Kabels en leidingen maar ook wortels van bomen en groen kunnen de inpassing bemoeilijken. De effecten op het ondergronds ruimtegebruik worden daarom bij deze warmtetechniek voor gemiddelde wijken als negatief (-) beoordeeld.

In drukke wijken is dit effect nog groter. Er zal moeten worden ingegrepen in het bestaande ondergrondse ruimtegebruik, bijvoorbeeld door het kappen van bomen, het verwijderen van groenstructuren en het omleggen van kabels en leidingen. De effecten op het ondergronds ruimtegebruik worden daarom bij deze warmtetechniek voor drukke wijken als zeer negatief (--) beoordeeld. Deze onderzoeksvariant heeft dus afhankelijk van het type wijk een neutraal (0) tot zeer negatief (--) effect.



Figuur 3.9 Weergave van de ondergrondse buizen die worden aangelegd voor een warmtenet. (bron: https://www.duurzaambouwloket.nl/maatregel/warmtenet)

3.4.7.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

In onderzoeksvariant 4 moet het elektriciteitsnet versterkt worden voor de centrale lucht-water-warmtepomp voor de opwaardering. 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.

Daarnaast wordt een WKO toegepast. Een WKO bestaat uit twee bronnen die ongeveer 100 meter van elkaar verwijderd zijn. De thermische straal van de bronnen is ongeveer 40 meter. Dit betekent dat een WKO-doublet ondergronds ca. 2 ha in beslag neemt als de interferentie-buffer meegenomen wordt. De WKO's hebben dus een groot ruimtebeslag. De beperkte beschikbare ruimte vormt een uitdaging om deze WKO-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 WKO bronnen. In groene wijken is er doorgaans voldoende ruimte om een WKO-installatie aan te leggen onder de bestaande verharding of groenstructuur, waardoor er geen sterke beperkingen zijn voor het huidige ondergrondse ruimtegebruik. De effecten op het ondergronds ruimtegebruik worden daarom bij deze warmtetechniek voor groene wijken als neutraal (0) beoordeeld. In gemengde en drukke wijken is het echter moeilijker om een WKO-installatie in te passen door het bestaande druk op de ruimte in de ondergrond. De grote hoeveelheid WKO's (ca. 600) in deze onderzoeksvariant heeft grote impact op de ruimtevraag voor andere opgaves, zoals de aanleg van parkeerkelders, diepriolen of tunnels.

De aanleg van een warmtenet brengt een aanzienlijke ondergrondse ruimteclaim met zich mee, zoals beschreven bij onderzoeksvariant 3. In groene wijken zal er voldoende ruimte zijn om het warmtenet aan te leggen onder de bestaande verharding en hoeft er geen beperking te zijn voor het bestaand ondergronds ruimtegebruik. In gemiddelde wijken zal het warmtenet echter lastig inpasbaar zijn gegeven het bestaande ondergronds ruimtegebruik en blijft er weinig ruimte over voor de aanleg van extra bomen en groen. In dichtbebouwde wijken zal dit effect nog groter zijn en zal er moeten worden ingegrepen in het bestaand ondergronds ruimtegebruik bijvoorbeeld door bestaande groenstructuren en bomen te kappen. Deze onderzoeksvariant heeft dus afhankelijk van het type wijk een neutraal (0) tot zeer negatief (--) effect.

Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp In onderzoeksvariant 5 moet het elektriciteitsnet versterkt worden voor de centrale lucht-water-warmtepomp in de buurtwarmtecentrale. 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.

De aanleg van een warmtenet brengt een aanzienlijke ondergrondse ruimteclaim met zich mee, zoals beschreven bij onderzoeksvariant 3. In groene wijken zal er voldoende ruimte zijn om het warmtenet aan te leggen onder de bestaande verharding en hoeft er geen beperking te zijn voor het bestaand ondergronds ruimtegebruik. Hier heeft de onderzoeksvariant een neutraal (0) effect. In gemiddelde wijken zal het warmtenet echter lastig inpasbaar zijn gegeven het bestaande ondergronds ruimtegebruik en blijft er weinig ruimte over voor de aanleg van extra bomen en groen. Daarom heeft de onderzoeksvariant hier een negatief (-) effect. In dichtbebouwde wijken zal dit effect nog groter zijn en zal er moeten worden ingegrepen in het bestaand ondergronds ruimtegebruik bijvoorbeeld door bestaande groenstructuren en bomen te kappen, wat een zeer negatief (--) effect heeft. Deze onderzoeksvariant heeft dus afhankelijk van het type wijk een neutraal (0) tot zeer negatief (--) effect.

3.4.8 Effectbeoordeling ondergronds ruimtegebruik

Tabel 3.18 Effectbeschrijving ondergronds ruimtegebruik

Wijktypologie	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Drukke wijken	0	0	- -	- -	- -
Gemiddelde wijken	0	0	-	-	-
Groene wijken	0	0	0	0	0

3.5 Water

Onderstaande paragraaf beschrijft de effecten die betrekking hebben op water in de gemeente Eindhoven. De aspecten die zijn beoordeeld betreffen drinkwater in leidingen en oppervlaktewater.

3.5.1 Effectbeschrijving drinkwater in leidingen

Tabel 3.19 Beoordelingskader drinkwater in leidingen

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	n.v.t.
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	n.v.t.
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	De onderzoeksvariant heeft geen effect op de drinkwaterkwaliteit in leidingen (zoals toename in temperatuur) of de -kwantiteit, ten opzichte van de referentiesituatie
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De onderzoeksvariant zorgt enigszins voor vermindering van de drinkwaterkwaliteit in leidingen (zoals toename in temperatuur) of de -kwantiteit, ten opzichte van de referentiesituatie
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De onderzoeksvariant zorgt voor significante vermindering van drinkwaterkwaliteit in leidingen (zoals toenam in temperatuur) of -kwantiteit, ten opzichte van de referentiesituatie.

3.5.1.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

De werkzaamheden voor aanleg van de lucht-water-warmtepomp vinden inpandig plaats en hebben geen effect op aanwezige drinkwaterleidingen. Voor deze onderzoeksvariant worden wel elektriciteitskabels vervangen of extra toegevoegd en nieuwe transformatorhuisjes worden aangelegd. Incidenteel kan hierbij graafschade voorkomen aan drinkwaterleidingen, doordat leidingen niet goed in kaart zijn gebracht en/of door andere calamiteiten. Deze calamiteiten hebben een negatieve invloed op de beschikbaarheid van drinkwater, vanwege herstelwerkzaamheden. Wanneer herstelwerkzaamheden vereist zijn, heeft dit een tijdelijke negatieve invloed op de drinkwaterbeschikbaarheid en drinkwaterkwaliteit. Na herstel moeten de leidingen gereinigd en gespoeld worden, waardoor het water tijdelijk een andere smaak kan hebben. Omdat de drinkwaterleidingen dieper liggen dan elektriciteitskabels is de kans op graafschade is echter zeer beperkt. De onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Er worden in de gebruiksfase geen effecten verwacht op drinkwater in onderzoeksvariant 1, omdat voor deze variant geen warme buisleidingen nodig zijn. De onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.5.1.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

De werkzaamheden voor aanleg van de bodem-water-warmtepomp vinden niet in de nabijheid van drinkwaterleidingen plaats. Wel worden elektriciteitskabels vervangen of extra toegevoegd en nieuwe transformatorhuisjes aangelegd. Incidenteel kan hierbij graafschade voorkomen aan drinkwaterleidingen, doordat leidingen niet goed in kaart zijn gebracht en/of door andere calamiteiten. Deze calamiteiten hebben een negatieve invloed op de beschikbaarheid van drinkwater, vanwege herstelwerkzaamheden. Wanneer herstelwerkzaamheden vereist zijn, heeft dit een tijdelijke negatieve invloed op de drinkwaterbeschikbaarheid en drinkwaterkwaliteit. Na herstel moeten de leidingen gereinigd en gespoeld worden, waardoor het water tijdelijk een andere smaak kan hebben. Omdat de drinkwaterleidingen dieper liggen dan elektriciteitskabels is de kans op graafschade is echter zeer beperkt. De onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie. Er is mogelijk wel effect op het grondwater als bron voor de drinkwaterbereiding, dit is beschreven en beoordeeld bij het aspect Grondwater in paragraaf 5.3.2.2.

Gebruiksfase

Onderzoeksvariant 2 komt niet in aanraking met distributieleidingen van drinkwater en daarmee zijn geen effecten te verwachten. De onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.5.1.3 Onderzoeksvariant 3 – Warmtenet met geothermie

Aanlegfase

In principe zorgt de aanlegfase van het warmtenet en warmteoverdrachtstations niet voor een negatieve beïnvloeding van de drinkwater(transport)leidingen. Echter liggen de drinkwaterleidingen en leidingen van het warmtenet veelal op ongeveer dezelfde diepte. Incidenteel kan graafschade voorkomen, doordat leidingen niet goed in kaart zijn gebracht en/of door andere calamiteiten. Deze calamiteiten hebben een negatieve invloed op de beschikbaarheid van drinkwater, vanwege herstelwerkzaamheden. Wanneer herstelwerkzaamheden vereist zijn, heeft dit een tijdelijke negatieve invloed op de drinkwaterbeschikbaarheid en drinkwaterkwaliteit. Na herstel moeten de leidingen gereinigd en gespoeld worden, waardoor het water tijdelijk een andere smaak kan hebben. De kans op graafschade is echter beperkt en het negatieve effect is van tijdelijke aard. Daarom heeft deze variant een negatief effect (-).

Gebruiksfase

Bij een MT-warmtenet met geothermie als warmtebron gaat warm water door de warmteleidingen. Het warmtenet bestaat uit transportleidingen, distributieleidingen en huisaansluitingen. De transportleidingen hebben een grote diameter, circa 45 cm. 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 °C. De leidingen zijn geïsoleerd, zodat de uitstraling naar de omgeving minimaal is. Indien lekkages voorkomen in de isolatiemantel van de warmteleidingen, dan lekt warmte naar de omgeving. Vanwege het ondergronds ruimtebeslag en omdat de warmteleidingen en drinkwaterleidingen veelal op ongeveer dezelfde diepte liggen, kan dit zorgen voor opwarming van de drinkwaterleidingen. De onderzoeksvariant heeft daarom een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.5.1.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

In principe zorgt de aanlegfase van het warmtenet, aquathermie-installatie en warmtecentrale niet voor een negatieve beïnvloeding van de drinkwater(transport)leidingen. Echter liggen de drinkwaterleidingen en leidingen van het warmtenet veelal op ongeveer dezelfde diepte. Daarnaast worden elektriciteitskabels vervangen of extra toegevoegd en nieuwe transformatorhuisjes aangelegd. Incidenteel kan graafschade voorkomen, doordat leidingen niet goed in kaart zijn gebracht en/of door andere calamiteiten. Deze calamiteiten hebben een negatieve invloed op de beschikbaarheid van drinkwater, vanwege herstelwerkzaamheden. Wanneer herstelwerkzaamheden vereist zijn, heeft dit een tijdelijke negatieve invloed op de drinkwaterbeschikbaarheid en drinkwaterkwaliteit. Na herstel moeten de leidingen gereinigd en gespoeld worden, waardoor het water tijdelijk een andere smaak kan hebben. De kans op graafschade is beperkt en het negatieve effect is van tijdelijke aard. Daarom heeft deze variant een negatief effect (-).

Gebruiksfase

Bij dit LT-warmtenet met collectieve opwaardering gaat warm water van ca. 50 °C door de warmteleidingen. Het warmtenet bestaat uit transportleidingen, distributieleidingen en huisaansluitingen. De transportleidingen hebben een grote diameter, circa 45 cm. Voor de distributieleidingen in de buurten en de huisaansluitingen worden leidingen met een kleinere diameter gebruikt. De leidingen zijn geïsoleerd, zodat de uitstraling naar de omgeving minimaal is. Indien lekkages voorkomen in de isolatiemantel van de warmteleidingen, dan lekt warmte naar de omgeving. Vanwege het ondergronds ruimtebeslag en omdat de warmteleidingen en drinkwaterleidingen veelal op ongeveer dezelfde diepte liggen, kan dit zorgen voor opwarming van de drinkwaterleidingen. De onderzoeksvariant heeft daarom een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp *Aanlegfase*

In principe zorgt de aanlegfase van het warmtenet en buurtwarmtecentrale niet voor een negatieve beïnvloeding van de drinkwater(transport)leidingen. Echter liggen de drinkwaterleidingen en leidingen van het warmtenet veelal op ongeveer dezelfde diepte. Daarnaast worden elektriciteitskabels vervangen of extra toegevoegd en nieuwe transformatorhuisjes aangelegd. Incidenteel kan graafschade voorkomen, doordat leidingen niet goed in kaart zijn gebracht en/of door andere calamiteiten. Deze calamiteiten hebben een negatieve invloed op de beschikbaarheid van drinkwater, vanwege herstelwerkzaamheden. Wanneer herstelwerkzaamheden vereist zijn, heeft dit een tijdelijke negatieve invloed op de drinkwaterbeschikbaarheid en drinkwaterkwaliteit. Na herstel moeten de leidingen gereinigd en gespoeld worden, waardoor het water tijdelijk een andere smaak kan hebben. De kans op graafschade is echter beperkt en het negatieve effect is van tijdelijke aard. Daarom heeft deze variant een negatief effect (-).

Gebruiksfase

Bij een MT-warmtenet met een centrale lucht-water-warmtepomp gaat warm water van ca. 50 °C door de warmteleidingen. Het warmtenet bestaat uit transportleidingen, distributieleidingen en huisaansluitingen. De transportleidingen hebben een grote diameter, circa 45 cm. Voor de distributieleidingen in de buurten en de huisaansluitingen worden leidingen met een kleinere diameter gebruikt. De leidingen zijn geïsoleerd, zodat de uitstraling naar de omgeving minimaal is. Indien lekkages voorkomen in de isolatiemantel van de warmteleidingen, dan lekt warmte naar de omgeving. Vanwege het ondergronds ruimtebeslag en omdat de warmteleidingen en drinkwaterleidingen veelal op ongeveer dezelfde diepte liggen, kan dit zorgen voor opwarming van de drinkwaterleidingen. De onderzoeksvariant heeft daarom een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.5.2 Effectbeoordeling drinkwater in leidingen

Tabel 3.20 Effectbeschrijving drinkwater in leidingen

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	0	0	-	-	-
Gebruiksfase	0	0	-	-	-

3.5.3 Effectbeschrijving oppervlaktewater

Tabel 3.21 Beoordelingskader oppervlaktewater

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: N.v.t. Gebruikersfase: De biologische oppervlaktewaterkwaliteit verbetert en de fysisch-chemische waterkwaliteit (temperatuur) blijft gelijk en/of verbetert
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: N.v.t. Gebruiksfase: De biologische oppervlaktewaterkwaliteit blijft gelijk, en de fysisch-chemische waterkwaliteit (temperatuur) verbetert
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: Geen tijdelijke effecten Gebruiksfase: de biologische oppervlaktewaterkwaliteit blijft gelijk en de fysisch chemische waterkwaliteit (temperatuur) blijft gelijk
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: Lokale tijdelijke effecten Gebruiksfase: de biologische oppervlaktewaterkwaliteit blijft gelijk en de fysisch chemische waterkwaliteit (temperatuur) verslechtert
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Aanlegfase: Lokale blijvende effecten Gebruiksfase: de biologische oppervlaktewaterkwaliteit verslechtert en de fysisch-chemische waterkwaliteit (temperatuur) blijft gelijk en/of verslechtert

3.5.3.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Er worden in de aanlegfase geen effecten verwacht op oppervlaktewater voor onderzoeksvariant 1. Deze onderzoeksvariant heeft geen relatie met oppervlaktewater en heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Er worden in de gebruiksfase geen effecten verwacht op oppervlaktewater voor onderzoeksvariant 1. Deze onderzoeksvariant heeft geen relatie met oppervlaktewater en heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.5.3.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Er worden in de aanlegfase geen effecten verwacht op oppervlaktewater voor onderzoeksvariant 2. Deze onderzoeksvariant heeft geen relatie met oppervlaktewater en heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Er worden in de gebruiksfase geen effecten verwacht op oppervlaktewater voor onderzoeksvariant 2. Deze onderzoeksvariant heeft geen relatie met oppervlaktewater en heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.5.3.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

Er worden in de aanlegfase geen effecten verwacht op oppervlaktewater voor onderzoeksvariant 3. Deze onderzoeksvariant heeft geen relatie met oppervlaktewater en heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Er worden in de gebruiksfase geen effecten verwacht van het gebruik van geothermie op het oppervlaktewater. Deze onderzoeksvariant heeft dus een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.5.3.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

Voor de installatie van een aanzuig- en uitlaatpunt voor een TEO-installatie is een tijdelijk lokaal negatief effect te verwachten. Dit aanzuig- en uitlaatpunt verstoort lokaal het leefgebied van soorten en vertroebelt het water. De onderzoeksvariant heeft daarom een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Bij thermische energie uit afvalwater (TEA) wordt de installatie buiten het oppervlaktewater geplaatst en is er geen (0) effect op het oppervlaktewater.

Gebruiksfase

Tijdens de gebruiksfase wordt warmte onttrokken uit het oppervlaktewater, en opgeslagen in een WKO-voorziening. In Eindhoven gaan we in principe ervanuit dat open TEO systemen gebruikt worden. Ook wordt warmte uit het water van een rioolwaterzuivering onttrokken.

Warmteonttrekking uit oppervlaktewater zorgt voor een lagere watertemperatuur, wat een positief effect heeft op de fysische chemie. De temperatuur in alle waterlichamen is lager dan 25 graden, wat als goed geclassificeerd wordt. Echter is de toestand van de temperatuur in Ekkersrijt slecht, en komt de temperatuur boven het doel van 18 graden. De afname van de temperatuur heeft daarom met name hier een positief effect. Indirect zorgt een lagere watertemperatuur in de zomer voor minder kans op algenbloei (positief effect op biologische kwaliteit), maar in het voorjaar kan het de ontwikkeling van flora en fauna belemmeren (negatief effect op biologische kwaliteit). Daarnaast kunnen filters en warmtewisselaars algen, macrofauna en kleine vissen beschadigen, doordat deze de installatie worden ingezogen en daar door de optredende krachten en de temperatuurschok schade ondervinden. Dit heeft een negatief effect op de biologische waterkwaliteit, al is niet zeker hoe groot dit effect precies is. Mogelijke afname in biologische kwaliteit is met name een aandachtspunt in het Beatrixkanaal, de Tongelreep, Ekkersrijt en de Gender. Zoals beschreven in de HSAO (paragraaf 6.2.2, Tabel 6.1), is in deze wateren de toestand voor sommige flora- en of fauna in de huidige situatie al ontoereikend, en zou aanleg van variant 4 tot een verdere afname leiden. Onderzoeksvariant 4 kan leiden tot een (beperkte) verdere afname van de biologische kwaliteit in deze wateren.

Warmteonttrekking van RWZI-effluent (TEA) zorgt voor een lagere watertemperatuur van het oppervlaktewater, waarop het effluent uitkomt. Het effect op de fysische chemie is positief, doordat de zomergemiddelde watertemperatuur daalt. Een verlaging van de watertemperatuur in het voorjaar zorgt er mogelijk voor dat flora en fauna minder snel tot ontwikkeling kunnen komen in het voorjaar, maar ook dat algen minder snel tot bloei komen. Dit effect op de biologische waterkwaliteit is dus neutraal. Er is geen direct effect op de biologische waterkwaliteit door filtratie (effluent is biologisch “dood”).

TEO draagt positief bij aan de fysische chemie van het oppervlaktewater maar leidt mogelijk tot een afname van de biologische kwaliteit, en heeft daarom een zeer negatief (--) effect op de kwaliteit van het oppervlaktewater. TEA heeft een positief (+) effect ten opzichte van de referentiesituatie. De onderzoeksvariant heeft daarmee een zeer negatief (--) tot positief effect (+) ten opzichte van de referentiesituatie.

Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp *Aanlegfase*

Er worden in de aanlegfase geen effecten verwacht op oppervlaktewater voor onderzoeksvariant 5. Deze onderzoeksvariant heeft geen relatie met oppervlaktewater en heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Er worden in de gebruiksfase geen effecten verwacht op oppervlaktewater voor onderzoeksvariant 5. Deze onderzoeksvariant heeft geen relatie met oppervlaktewater en heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.5.4 Effectbeoordeling oppervlaktewater

Tabel 3.22 Effectbeschrijving oppervlaktewater

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	0	0	0	- [1]/0[2]	0
Gebruiksfase	0	0	0	- -[1] /+[2]	0

[1] Effecten van TEO

[2] Effecten van TEA

3.6 Groen & natuur

Onderstaande paragraaf beschrijft de effecten die betrekking hebben op de natuur in de gemeente Eindhoven. De aspecten die zijn beoordeeld betreffen beschermde soorten, beschermde gebieden Natura 2000, beschermde gebieden Natuur Netwerk Nederland (NNN) en stadsgroen en multifunctioneel groen.

3.6.1 Effectbeschrijving beschermde soorten

In alle varianten worden gebouwen geïsoleerd. Hierdoor kunnen verblijfplaatsen van vleermuizen en vogels verdwijnen. Alle varianten scoren op dit onderdeel daarom als zeer negatief. Aangezien aanpassingen op woningniveau (zoals isolatie) een te hoog detailniveau betreft, vormen deze effecten geen onderdeel van dit planMER.

Tabel 3.23 Beoordelingskader beschermde soorten

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Geen tijdelijke verstoring tijdens werkzaamheden. In gebruiksfase: toename in verblijfplaatsen en/of verbetering in leefgebieden van beschermde soorten
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Tijdelijk en lokaal negatief effect tijdens werkzaamheden. In gebruiksfase toename in verblijfplaatsen en/of verbetering in leefgebieden van beschermde soorten
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	Geen negatief effect op (leefgebieden van beschermde soorten) tijdens werkzaamheden noch in gebruiksfase.
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Tijdelijk en lokaal negatief effect tijdens werkzaamheden. Geen blijvende negatieve effecten in verblijfplaatsen of leefgebieden van beschermde soorten.
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Tijdelijk en lokaal negatief effect tijdens werkzaamheden. Blijvende negatieve effecten op verblijfplaatsen en/of afname in kwaliteit van leefgebieden van beschermde soorten.

3.6.1.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

In de aanlegfase van een lucht-water-warmtepomp zijn er alleen tijdelijke en lokale effecten te verwachten. Bijvoorbeeld verstoring van dieren door geluid, menselijke aanwezigheid of inzet van materieel nabij verblijfplaatsen van soorten uit stedelijk gebied zoals vleermuizen in gebouwen of egels en andere zoogdieren in tuinen en stedelijk groen. Ook broedende vogels in gebouwen (zoals huismus en gierzwaluw) of in tuinen en stedelijk groen (zoals merel, mezen, kleine zangvogels) kunnen worden verstoord. Blijvende negatieve effecten zijn niet te verwachten. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase van een lucht-water-warmtepomp kan er lokale maar blijvende verstoring zijn door geluid van een warmtepomp. Uit de vakliteratuur blijkt dat langdurende geluidsinvloeden boven de 42/45 dB een negatief effect op broedende vogels kan hebben, waaronder vogelsoorten uit stedelijke gebieden zoals huismussen. Daarnaast kan deze variant gebruikt worden om te koelen. Hierbij wordt warme lucht uitgestoten naar de openbare ruimte. Dit betekent dat er een toename kan ontstaan op het gebied van hittestress met gevolgen voor vogels op het broedsucces. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een zeer negatief effect (--) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.6.1.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

In de aanlegfase van een bodem-water-warmtepomp zijn er tijdelijke verstorende effecten te verwachten. Bijvoorbeeld verstoring van dieren door geluid, menselijke aanwezigheid of inzet van materieel nabij verblijfplaatsen of nesten. Blijvende negatieve effecten zijn niet te verwachten. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zijn geen verstoring of andere negatieve effecten te verwachten voor beschermde soorten bij onderzoeksvariant 2. Het effect van deze onderzoeksvariant is daarmee neutraal (0).

3.6.1.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

In de aanlegfase van een warmtenet met geothermie kunnen tijdelijke lokale negatieve effecten optreden voor soorten tijdens werkzaamheden. Bijvoorbeeld verstoring van dieren door geluid, menselijke aanwezigheid of inzet van materieel nabij verblijfplaatsen van soorten uit stedelijk gebied zoals vleermuizen in gebouwen of egels en andere zoogdieren in tuinen en stedelijk groen. Ook broedende vogels in gebouwen (zoals huismus en gierzwaluw) of in tuinen en stedelijk groen (zoals merel, mezen, kleine zangvogels) kunnen worden verstoord. Blijvende effecten zijn niet te verwachten. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase staat er een centrale warmtepomp in de warmteoverdrachtstations voor opwaardering van de warmte. Hierdoor kan er lokale maar blijvende verstoring zijn door geluid van een warmtepomp. Uit de literatuur blijkt dat langdurende geluidsinvloeden boven de 42/45 dB een negatief effect op broedende vogels kan hebben, waaronder vogelsoorten uit stedelijke gebieden zoals huismussen Daarnaast kan er lokale afname zijn van verblijfplaatsen/leefgebied ter plaatse van de nieuwe installatie. Omdat het nog onduidelijk is waar deze installatie komt, wordt er uitgegaan van een 'worst case scenario' waarbij de installatie terecht komt in het leefgebied van beschermde soorten. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een zeer negatief effect (--) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.6.1.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

In de aanlegfase van een warmtenet met aquathermie kunnen tijdelijke lokale negatieve effecten optreden voor soorten tijdens werkzaamheden. Bijvoorbeeld verstoring van dieren door geluid, menselijke aanwezigheid of inzet van materieel nabij verblijfplaatsen van soorten uit stedelijk gebied zoals vleermuizen in gebouwen of egels en andere zoogdieren in tuinen en stedelijk groen. Ook broedende vogels in gebouwen (zoals huismus en gierzwaluw) of in tuinen en stedelijk groen (zoals merel, mezen, kleine zangvogels) kunnen worden verstoord. Blijvende effecten zijn niet te verwachten. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase van de buurtwarmtecentrale met centrale warmtepomp kan er lokale maar blijvende verstoring zijn door geluid van een warmtepomp. Uit de vakliteratuur blijkt dat langdurende geluidsinvloeden boven de 42/45 dB een negatief effect op broedende vogels kan hebben, waaronder vogelsoorten uit stedelijke gebieden zoals huismussen. Daarnaast kan er lokale afname zijn van verblijfplaatsen/leefgebied ter plaatse van de nieuwe installaties. Omdat het nog onduidelijk is waar deze installaties komen, wordt er uitgegaan van een worst-case scenario waarbij de installaties terecht komen in het leefgebied van beschermde soorten. Verder heeft deze variant mogelijk een zeer negatieve invloed op de biologische kwaliteit van het oppervlaktewater vanwege filter en warmtewisselaars (zie paragraaf 5.5.3). Een open TEO-systeem heeft een mogelijk blijvend negatief effect op de beschermde soorten die in oppervlaktewater leven. In de Dommel komen bijvoorbeeld de beekprik en bosbeekjuffer voor. In veel ander oppervlaktewater zijn beschermde amfibieën zoals Alpenwatersalamander, vinpootsalamander, rugstreeppad etc. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een zeer negatief effect (--) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.6.1.5 Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp

Aanlegfase

In de aanlegfase van een warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp kunnen lokale negatieve effecten optreden voor soorten tijdens werkzaamheden. Bijvoorbeeld verstoring van dieren door geluid, menselijke aanwezigheid of inzet van materieel nabij verblijfplaatsen van soorten uit stedelijk gebied zoals vleermuizen in gebouwen of egels en andere zoogdieren in tuinen en stedelijk groen. Ook broedende vogels in gebouwen (zoals huismus en gierzwaluw) of in tuinen en stedelijk groen (zoals merel, mezen, kleine zangvogels) kunnen worden verstoord.

Blijvende effecten zijn niet te verwachten. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase van een centrale lucht-water-warmtepomp kan er lokale maar blijvende verstoring zijn door geluid van een warmtepomp. Uit de vakliteratuur blijkt dat langdurende geluidsinvloeden boven de 42/45 dB een negatief effect op broedende vogels kan hebben, waaronder vogelsoorten uit stedelijke gebieden zoals huismussen. Daarnaast kan er lokale afname zijn van verblijfplaatsen/leefgebied ter plaatse van de nieuwe installatie. Omdat het nog onduidelijk is waar deze installatie komt, wordt er uitgegaan van een worst-case scenario waarbij de installatie terecht komt in het leefgebied van beschermde soorten. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een zeer negatief effect (--) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.6.2 Effectbeoordeling beschermde soorten

Tabel 3.24 Effectbeschrijving beschermde soorten

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	-	-	-	-	-
Gebruiksfase	- -	0	- -	- -	- -

3.6.3 Effectbeschrijving beschermde gebieden Natura 2000

Omdat de verschillende warmtetechnieken en benodigde infrastructuur van de onderzoeksvarianten niet voorzien is in Natura 2000-gebieden is een eventueel direct effect door fysieke ligging in deze gebieden niet meegenomen in de effectbeoordeling in het MER.

De uitstoot van stikstof bij de aanleg van warmtenetten (de infrastructuur) wordt in belangrijke mate bepaald door de lengte van het aan te leggen leidingtracé. Uit eerder onderzoek blijkt dat de aanleg van 100 meter warmtenet gepaard gaat met een uitstoot van circa 42,6 gram NH_3 per jaar en 5,9 kg NO_x per jaar[33]. Binnen dit planMER zijn geen kwantitatieve berekeningen uitgevoerd, omdat dit niet past bij het abstractieniveau van het programma. De tracés en daarmee de totale lengte van de aan te leggen warmtenetten zijn in deze fase nog niet vastgesteld. Het uitvoeren van voorbeeldberekeningen zou daarom mogelijk leiden tot een verkeerd beeld en geeft het risico op schijnnauwkeurigheid. Het nader kwantificeren van emissies en effecten zal plaatsvinden in een vervolgfase, op het niveau van wijkuitvoeringsplannen, waar de concrete invulling van tracés en maatregelen voldoende is uitgewerkt om betrouwbare berekeningen te kunnen uitvoeren.

[33] Milieueffectrapport Beleidsnota Warmte en Warmteprogramma gemeente Utrecht. Antea, 2025.

Tabel 3.25 Beoordelingskader beschermde gebieden Natura 2000

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Er een blijvende afname in stikstofdepositie en de hydrologie binnen Natura 2000 verbeterd of blijft onveranderd.
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Er is een tijdelijke afname depositie en de hydrologie binnen Natura 2000 verbeterd of blijft onveranderd.
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	De stikstofdepositie blijft gelijk aan de stikstofdepositie in de referentiesituatie en de hydrologie binnen Natura 2000 verbeterd of blijft onveranderd.
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Er is een tijdelijke toename in stikstofdepositie óf een tijdelijk negatief effect op de hydrologie binnen Natura 2000.
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Er is een blijvende toename in stikstofdepositie óf een blijvend negatief effect op de hydrologie binnen Natura 2000

3.6.3.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

In de aanlegfase zijn er lokale werkzaamheden op grote afstand van Natura 2000-gebieden. Er wordt geen toename in stikstofdepositie verwacht. Er worden evenmin effecten op de hydrologie in het Natura 2000-gebied verwacht. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In gebruiksfase is er geen toename in stikstofdepositie in Natura 2000-gebieden. Er worden evenmin effecten op de hydrologie in het Natura 2000-gebied verwacht. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.6.3.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

In de aanlegfase zijn er lokale werkzaamheden op grote afstand van Natura 2000-gebieden. Er wordt geen toename in stikstofdepositie verwacht. Er worden evenmin effecten op de hydrologie in het Natura 2000-gebied verwacht. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In gebruiksfase is er geen toename in stikstofdepositie in Natura 2000-gebieden. Er worden evenmin effecten op de hydrologie in het Natura 2000-gebied verwacht. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.6.3.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

Door de boorwerkzaamheden op grotere diepte is het aanleggen van de geothermie-installatie een intensief proces met inzet van zware mobiele werktuigen. Mogelijk leidt dit tot een tijdelijke toename in stikstofdepositie in omliggende Natura 2000-gebieden zoals Kempenland-West, Strabrechtse Heide & Beuven, Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux. Er worden geen effecten op de hydrologie in het Natura 2000-gebied verwacht. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In gebruiksfase is er geen toename in stikstofdepositie in Natura 2000-gebieden. Er worden evenmin effecten op de hydrologie in het Natura 2000-gebied verwacht. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.6.3.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

Het aanleggen van de aquathermie-installatie vindt plaats op een groot gebied en zal ook meer tijd in beslag nemen. Omdat er minder diep in de grond wordt gewerkt zal de inzet van werktuigen minder intensief zijn en misschien zelf (deels) elektrisch uitgevoerd kunnen worden. Toch kan mogelijk sprake zijn van tijdelijke stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden. Er worden geen effecten op de hydrologie in het Natura 2000-gebied verwacht. De onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal (0) tot negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In gebruiksfase is er geen toename in stikstofdepositie in Natura 2000-gebieden. Er worden evenmin effecten op de hydrologie in het Natura 2000-gebied verwacht. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp Aanlegfase

Bij het aanleggen van buurtwarmtepompen vinden de werkzaamheden lokaal plaats. Omdat er niet diep in de grond wordt gewerkt zal de inzet van werktuigen minder intensief zijn en misschien zelfs (deels) elektrisch uitgevoerd kunnen worden. Toch kan mogelijk sprake zijn van tijdelijke stikstofdepositie op Natura 2000-gebieden. Er worden geen effecten op de hydrologie in het Natura 2000-gebied verwacht. De onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal (0) tot negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In gebruiksfase is er geen toename in stikstofdepositie in Natura 2000-gebieden. Er worden evenmin effecten op de hydrologie in het Natura 2000-gebied verwacht. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.6.4 Effectbeoordeling beschermde gebieden Natura 2000

Tabel 3.26 Effectbeschrijving beschermde gebieden Natura 2000

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	0	0	-	0/-	0/-
Gebruiksfase	0	0	0	0	0

3.6.5 Locatiespecifieke beschrijving beschermde gebieden Natura 2000

Drie Natura 2000 gebieden liggen binnen 3 km van de gemeente Eindhoven (Figuur 3.10). Het gaat om Kempenland-West, Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux en Strabrechtse Heide & Beuven. Zoals beschreven in paragraaf 6.3.2 van de HSAO bevatten deze gebieden stikstofgevoelige natuur. De depositie van stikstof is het hoogst binnen 500 meter van de bron.

Aangezien de beschermde Natura 2000-gebieden op grotere afstand van de gemeente liggen, blijven de effecten van de onderzoeksvarianten naar verwachting beperkt.



Figuur 3.10 Ligging Natura 2000 gebieden in de buurt van gemeente Eindhoven

3.6.6 Effectbeschrijving beschermde gebieden Natuurnetwerk Nederland (NNN)

Tabel 3.27 Beoordelingskader beschermde gebieden NNN

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Het areaal aan en/of de kwaliteit van het NNN neemt sterk toe
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Het areaal aan en/of de kwaliteit van het NNN neemt toe
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	Het areaal aan en/of de kwaliteit van het NNN verandert nauwelijks of niet
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Het areaal aan en/of de kwaliteit van het NNN neemt af
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Het areaal aan en/of de kwaliteit van het NNN neemt sterk af

3.6.6.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

In de aanlegfase worden geen effecten verwacht voor beschermde NNN gebieden voor onderzoeksvariant 1. De werkzaamheden vinden namelijk alleen plaats buiten het NNN. Het areaal van het NNN blijft dus onaangetast en er is geen sprake van verstoring binnen het NNN. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase worden ook geen effecten verwacht voor beschermde NNN gebieden voor onderzoeksvariant 1. De warmtepomp wordt geplaatst aan/bij gebouwen buiten het NNN. Gebruik van de warmtepomp tast het areaal van het NNN niet aan en veroorzaakt geen verstoring binnen het NNN. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.6.6.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

In de aanlegfase worden geen effecten verwacht voor beschermde NNN gebieden voor onderzoeksvariant 2. De werkzaamheden vinden namelijk alleen plaats buiten het NNN. Het areaal van het NNN blijft dus onaangetast en er is geen sprake van verstoring binnen het NNN. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase worden ook geen effecten verwacht voor beschermde NNN gebieden voor onderzoeksvariant 2. De warmtepomp wordt geplaatst aan/bij gebouwen buiten het NNN. Gebruik van de warmtepomp veroorzaakt geen verstoring binnen het NNN. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een neutraal effect (0) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.6.6.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

In de aanlegfase zijn alleen effecten door lichte geluidshinder en trillingen te verwachten als binnen het NNN wordt gebouwd. Dat is op dit moment nog niet uitgesloten. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een negatief effect door een tijdelijke verstoring (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase worden ook alleen effecten verwacht voor beschermde NNN gebieden als binnen het NNN installaties zijn geplaatst. Dat is op dit moment niet uitgesloten. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een zeer negatief effect door een blijvende afname in oppervlak aan NNN (--) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.6.6.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

De Dommel, het Beatrixkanaal en het Eindhovens kanaal zijn onderdeel van het NNN. Werkzaamheden kunnen een tijdelijk effect hebben waar na vergraving of werkzaamheden de oever- en watervegetatie zich weer herstelt. Ook kunnen lichte geluidshinder en trillingen optreden. Dit geldt zowel voor aquathermie uit oppervlaktewater als afvalwater. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase kan lozing van kouder water of van stoffen in het water eveneens voor een (lokaal) negatief effect zorgen. De grootte van de lozing is van invloed op het effect op de soorten in het water. Lozing van kouder water in de zomer kan, afhankelijk van de grootte van de lozing, grote effecten hebben op de soorten in het water. Uitgaande van een grote lozing in een worst-case-scenario kan in een groot deel van het water een blijvend negatief effect optreden op de kwaliteit van het NNN. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een zeer negatief effect (--) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.6.6.5 Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp

Aanlegfase

In de aanlegfase zijn alleen effecten door lichte geluidshinder en trillingen te verwachten als binnen het NNN wordt gebouwd. Dat is op dit moment nog niet uitgesloten. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een negatief effect door een tijdelijke verstoring (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase worden ook alleen effecten verwacht voor beschermde NNN gebieden als binnen het NNN installaties zijn geplaatst. Dat is op dit moment niet uitgesloten. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een zeer negatief effect door een blijvende afname in oppervlak aan NNN (--) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.6.7 Effectbeoordeling beschermde gebieden NNN

Tabel 3.26 Effectbeschrijving beschermde gebieden NNN

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	0	0	-	-	-
Gebruiksfase	0	0	- -	- -	- -

3.6.8 Effectbeschrijving stadsgroen en multifunctioneel groen

Tabel 3.29 Beoordelingskader stadsgroen en multifunctioneel groen

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Het areaal aan stadsgroen en multifunctioneel groen in de openbare ruimte en/of de kwaliteit van het groen van de groene hoofdstructuur van Eindhoven neemt sterk toe
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Het areaal aan stadsgroen en multifunctioneel groen in de openbare ruimte en/of de kwaliteit van het groen van de groene hoofdstructuur van Eindhoven neemt toe
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	Het areaal aan stadsgroen en multifunctioneel groen in de openbare ruimte en/of de kwaliteit van het groen van de groene hoofdstructuur van Eindhoven verandert nauwelijks of niet

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Het areaal aan stadsgroen en multifunctioneel groen in de openbare ruimte en/of de kwaliteit van het groen van de groene hoofdstructuur van Eindhoven neemt af
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Het areaal aan stadsgroen en multifunctioneel groen in de openbare ruimte en/of de kwaliteit van het groen van de groene hoofdstructuur van Eindhoven neemt sterk af

3.6.8.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

In de aanlegfase kunnen er negatieve effecten op stadsgroen en multifunctioneel groen plaatsvinden, omdat er elektriciteitskabels worden verzwaard of aangelegd. Wanneer groenstroken hiervoor opengehaald moeten worden, boomwortels kunnen hier schade aan ondervinden. Verder vinden de werkzaamheden plaats aan de binnen- en buitenkant (door buitenunits op privéterrein) van woningen en niet in openbaar stadsgroen en multifunctioneel groen. Deze onderzoeksvariant heeft een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase moeten er transformatorhuisjes staan. Dit kan lokaal een negatief effect hebben op het areaal aan stadsgroen en multifunctioneel groen, indien deze ten koste gaan van groen. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

3.6.8.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

In de aanlegfase kunnen er negatieve effecten op stadsgroen en multifunctioneel groen plaatsvinden, omdat er elektriciteitskabels worden verzwaard of aangelegd. Wanneer groenstroken hiervoor opengehaald moeten worden, boomwortels kunnen hier schade aan ondervinden. Verder vinden de werkzaamheden plaats aan de binnen- en buitenkant (door buitenunits op privéterrein) van woningen en niet in openbaar stadsgroen en multifunctioneel groen. Deze onderzoeksvariant heeft een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase moeten er transformatorhuisjes staan. Dit kan lokaal een negatief effect hebben op het areaal aan stadsgroen en multifunctioneel groen, indien deze ten koste gaan van groen. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

3.6.8.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

In de aanlegfase kunnen er negatieve effecten op stadsgroen en multifunctioneel groen plaatsvinden, omdat er een leidingstelsel moet worden aangelegd. Wanneer dit leidingstelsel in groenstroken worden aangelegd zullen (de wortels van) bomen hiervoor moeten wijken. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase zorgt dit leidingstelsel ervoor dat er boven deze leidingen geen bomen kunnen worden (terug)geplant. Daarnaast moet er ergens een centrale installatie en warmteoverdrachtstations komen te staan. Ook dit kan lokaal een negatief effect hebben op het areaal aan stadsgroen en multifunctioneel groen, indien de geothermie-installatie en kleinere warmteoverdrachtstations ten koste gaan van groen. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een zeer negatief (--) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

3.6.8.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

In de aanlegfase kunnen er effecten op stadsgroen en multifunctioneel groen plaatsvinden, omdat er een leidingstelsel moet worden aangelegd. Wanneer dit leidingstelsel in groenstroken worden aangelegd zullen (de wortels van) bomen hiervoor moeten wijken. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Dit leidingstelsel zorgt er in de gebruiksfase voor dat er boven deze leidingen geen bomen kunnen worden (terug)geplant. Daarnaast komen er buurtwarmtecentrales en transformatorhuisjes bij. Ook dit kan een negatief effect hebben op het areaal aan stadsgroen en multifunctioneel groen. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een zeer negatief (--) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

3.6.8.5 Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp

Aanlegfase

In de aanlegfase kunnen er effecten op stadsgroen en multifunctioneel groen plaatsvinden, omdat er een leidingstelsel moet worden aangelegd. Wanneer dit leidingstelsel in groenstroken worden aangelegd zullen (de wortels van) bomen hiervoor moeten wijken. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een negatief (-) effect ten opzichte van de onderzoeksvariant.

Gebruiksfase

Dit leidingstelsel zorgt er in de gebruiksfase voor dat er boven deze leidingen geen bomen kunnen worden (terug)geplant. Daarnaast moet er per 400-800 woningen ergens een buurtwarmtepomp komen te staan en komen er transformatorhuisjes bij, ook dit kan een negatief effect hebben op het areaal aan stadsgroen en multifunctioneel groen. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een zeer negatief (--) effect ten opzichte van de onderzoeksvariant.

3.6.9 Effectbeoordeling stadsgroen en multifunctioneel groen

Tabel 3.30 Effectbeschrijving stadsgroen en multifunctioneel groen

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	-	-	-	-	-
Gebruiksfase	-	-	- -	--	- -

3.6.10 Locatiespecifieke beschrijving stadsgroen en multifunctioneel groen

De drie groene wiggen (Genneper parken, De Karpen en Brainport Park) zijn grote gebieden met een monumentaal groen karakter, hoge intensiteiten van recreatieve functies, en reiken vanaf het buitengebied tot in het centrum (Figuur 3.11). Zo zijn het de verbindingen tussen de fijnmazige stedelijke groenstructuur en de regionale landschappen. Daarom maken deze groene wiggen en de groene dooradering van de stad deel uit van de groene hoofdstructuur van Eindhoven, zoals beschreven in het groenbeleidsplan Eindhoven 2016-2026. Werkzaamheden voor de aanleg van centrale installaties of een warmtenet kunnen ervoor zorgen dat het groen van deze groene wiggen of groene dooradering aangetast wordt of minder herkenbaar wordt, en kunnen daardoor een negatief effect hebben op de groene hoofdstructuur van Eindhoven.



Figuur 3.11 De drie groene wiggen van Eindhoven (Groenbeleidsplan 2016 – 2026)

3.7 Ruimtelijke kwaliteit

Onderstaande paragraaf beschrijft de effecten die betrekking hebben op de ruimtelijke kwaliteit in de gemeente Eindhoven. De aspecten die zijn beoordeeld betreffen zichtbaarheid en beleving, en bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid in de openbare ruimte.

3.7.1 Effectbeschrijving zichtbaarheid en beleving

Tabel 3.3127 Beoordelingskader zichtbaarheid en beleving

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing gaat verrommeling van de buitenruimte tegen
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing gaat enigszins verrommeling van de buitenruimte tegen
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing zorgt niet voor verrommeling van de buitenruimte
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing zorgt voor verrommeling van de buitenruimte
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing zorgt voor veel verrommeling van de buitenruimte

3.7.1.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

De buitenunits van lucht-water-warmtepompen zijn vaak, afhankelijk van de plaatsing van de buitenunit, zichtbaar vanuit de openbare ruimte. Hierdoor hebben ze een effect op de beleving van de buitenruimte. Dit effect is het grootst in wijken waar buitenunits niet in het straatbeeld passen, doordat ze niet aansluiten bij de stijl en materialisatie van de bebouwing. Hierdoor zorgen ze voor verrommeling van het straatbeeld. Met name in drukke wijken van Eindhoven passen de buitenunits zeer slecht in het straatbeeld en zijn er in een kleiner gebied meer units zichtbaar. Verder kan het grote aantal benodigde transformatorhuisjes voor verstoring van het straatbeeld zorgen. Daarom heeft deze onderzoeksvariant in drukke wijken een zeer negatief (--) effect. Voor gemiddelde en groene wijken is dit effect minder negatief omdat de buitenunits daar beter bij de stijl en materialisatie van de wijk passen, en daardoor minder voor verrommeling van het straatbeeld zorgen. Daarnaast zijn hier in een oogopslag minder buitenunits te zien omdat de bebouwing minder dicht op elkaar staat. Daarom heeft deze onderzoeksvariant een negatief tot zeer negatief (-/--) effect in gemiddelde wijken.

In groene wijken kan er ook een negatief effect optreden, afhankelijk van de stijl en materialisatie van de bebouwing. In wijken met een moderne stijl zullen buitenunits niet of minder voor verrommeling van het straatbeeld zorgen, maar in wijken met een traditionele stijl zullen buitenunits wel voor verrommeling van het straatbeeld zorgen. Daarom heeft deze onderzoeksvariant een neutraal tot negatief (0/-) effect in groene wijken.

3.7.1.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

De bodem-water-warmtepomp heeft geen zichtbare elementen in de buitenruimte, en heeft daardoor geen effect op zichtbaarheid en beleving. Het grote aantal benodigde transformatorhuisjes zorgt voor verstoring van het straatbeeld, dit kan nadelige effecten op de ruimtelijke kwaliteit hebben. Deze variant zorgt daarom voor lichte verrommeling van de buitenruimte. Deze variant heeft bij alle wijktypologieën een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

3.7.1.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-warmtenet met geothermie

Bij een warmtenet met geothermie wordt er een ondergronds leidingstelsel aangelegd. Boven deze leidingen kunnen geen bomen staan, dus zal dit in wijken met weinig ruimte in het straatprofiel waarschijnlijk leiden tot de kap van bomen. Dit heeft over het algemeen een negatief effect op het straatbeeld van deze wijken, en kan voor verrommeling zorgen. Dit is met name het geval als bijvoorbeeld laanbomen onregelmatig worden gekapt. Voor de aanleg van leidingen onder straten moeten de straten eerst open gehaald worden. Hoewel de straten weer dichtgemaakt worden, kan het op zeer lokaal niveau zichtbaar blijven dat de straat is opengehaald. Dit zorgt voor verrommeling van het straatbeeld. Daarnaast zullen er ook een geothermie-installatie (vaak aan de rand van de gemeente) en warmteoverdrachtstations in de buurt gebouwd moeten worden. De warmteoverdrachtstations zullen voornamelijk in de drukke wijken tot verrommeling van de buitenruimte leiden, omdat hier over het algemeen weinig ruimte is om deze installaties aan te leggen. Hierdoor zal er waarschijnlijk ook gekeken worden naar suboptimale plekken waar deze installaties in het zicht liggen en meer beleefbaar zijn.

In de drukke wijken van Eindhoven is zeer weinig ruimte om het leidingstelsel en de installaties goed in te passen. Hierdoor zullen installaties over het algemeen meer zichtbaar zijn en zullen er waarschijnlijk bomen moeten worden verwijderd om het leidingstelsel aan te leggen. Hierdoor heeft deze variant een zeer negatief (--) effect op de zichtbaarheid en beleving in drukke wijken. In de gemiddelde wijken is er iets meer, maar nog steeds beperkte ruimte, waardoor deze onderzoeksvariant hier een negatief tot zeer negatief (-/--) heeft. In de groene wijken is er wel voldoende ruimte voor het inpassen van het leidingstelsel en de centrale installaties. Toch zal ook hier de inpassing plaatselijk negatieve effecten op de zichtbaarheid en de beleving in de wijk hebben. In groene wijken heeft deze onderzoeksvariant een negatief effect (-).

3.7.1.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Net als bij onderzoeksvariant 3 wordt er ook bij een warmtenet met aquathermie een ondergronds leidingstelsel aangelegd. Daarnaast wordt er een aquathermieinstallatie aangelegd en een warmtecentrale met daarin de WKO-doubletten en collectieve warmtepomp. De aquathermieinstallaties worden vaak aan de rand van een stad geplaatst, terwijl de warmtecentrale in wijken staat. De score per wijktypologie is voor deze onderzoeksvariant gelijk aan onderzoeksvariant 3. In de drukke wijken heeft variant 4 een zeer negatief (--) effect. In de gemiddelde en groene wijken heeft de variant respectievelijk een negatief tot zeer negatief (-/--) en een negatief (-) effect.

3.7.1.5 Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp

Bij een warmtenet met centrale lucht-water-warmtepompen wordt een ondergronds leidingstelsel aangelegd. Op deze plekken kunnen geen bomen staan. Dit heeft over het algemeen een negatief effect op het straatbeeld van deze wijken, en kan voor verrommeling zorgen. Dit is met name het geval als bijvoorbeeld laanbomen onregelmatig worden gekapt. Daarnaast zullen meerdere buurtwarmtepompen moeten worden aangelegd. Dit zal voornamelijk in de drukke wijken tot verrommeling van de buitenruimte leiden, omdat hier over het algemeen weinig ruimte is om deze installaties aan te leggen. Hierdoor zal er waarschijnlijk ook gekeken worden naar suboptimale plekken waar deze installaties in het zicht liggen en meer beleefbaar zijn.

Deze onderzoeksvariant heeft een zeer negatief (--) op zichtbaarheid en beleving in de drukke wijken, vanwege het ruimtegebrek voor respectievelijk onder- en bovengrondse inpassing van leidingstelsels en buurtwarmtepompen. In de gemiddelde wijken is er iets meer, maar nog steeds beperkte ruimte, waardoor deze onderzoeksvariant een negatief tot zeer negatief effect heeft (-/--). In de groene wijken is er wel voldoende ruimte voor het inpassen van het leidingstelsel en de buurtwarmtepompen. Toch zal ook hier de inpassing plaatselijk negatieve effecten op de zichtbaarheid en de beleving in de wijk hebben. Hier heeft de variant een negatief effect (-).

3.7.2 Effectbeoordeling zichtbaarheid en beleving

Tabel 3.282 Effectbeschrijving zichtbaarheid en beleving

Wijktypologie	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Drukke wijken	--	-	--	--	--
Gemiddelde wijken	-/--	-	-/--	-/--	-/--
Groene wijken	0/-	-	-	-	-

3.7.3 Effectbeschrijving bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte

Tabel 3.293 Beoordelingskader bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing heeft geen bovengronds ruimtegebruik en inpassing in de openbare ruimte zorgt voor grote vooruitgang of het creëren van andere stedelijke functies zoals groen of parkeerplaatsen
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing heeft geen bovengronds ruimtegebruik en inpassing in de openbare ruimte zorgt voor vooruitgang van andere stedelijke functies zoals groen of parkeerplaatsen
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing heeft geen bovengronds ruimtegebruik en inpassing in de openbare ruimte heeft geen invloed op andere stedelijke functies zoals groen of parkeerplaatsen
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing heeft een bovengronds ruimtegebruik en/of inpassing in openbare ruimte zorgt voor afbreuk aan andere stedelijke functies zoals groen of parkeerplaatsen
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing heeft een groot bovengronds ruimtegebruik en/of inpassing in openbare ruimte zorgt voor grote afbreuk of verlies van andere stedelijke functies zoals groen of parkeerplaatsen

3.7.3.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

De buitenunits die bij een lucht-water-warmtepomp aan de buitenzijde van woningen worden opgehangen hebben een klein bovengronds ruimtegebruik op privaat terrein. De lucht-water-warmtepomp 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 op middenspanningsniveau.

Het bovengronds ruimtegebruik in de openbare ruimte is 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. In drukke wijken met een hoge bebouwingsdichtheid, zal dit lastiger in te passen zijn dan in gemiddelde en groene wijken. Deze variant heeft een zeer negatief (--) effect op drukke wijken, een negatief (-) effect op gemiddelde wijken en een neutraal (0) effect op groene wijken.

3.7.3.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

De individuele bodem-water-warmtepomp heeft zelf geen bovengronds ruimtegebrek en heeft ook geen effect op inpasbaarheid. Echter vraagt de bodem-water-warmtepomp 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 op middenspanningsniveau.

Het bovengronds ruimtegebruik in de openbare ruimte is 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. In drukke wijken met een hoge bebouwingsdichtheid, zal dit lastiger in te passen zijn dan in gemiddelde en groene wijken. Deze variant heeft een zeer negatief (--) effect op drukke wijken, een negatief (-) effect op gemiddelde wijken en een neutraal (0) effect op groene wijken.

3.7.3.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-warmtenet met geothermie

Bij een MT-geothermie warmtenet hoeft het elektriciteitsnet slechts beperkt verzwaard te worden. Aan de rand van de stad is ruimte nodig voor de inpassing van extra elektriciteitsvoorzieningen op middenspanningsniveau. De centrale installaties die gebouwd worden op de boorlocaties voor een warmtenet met geothermie hebben een zeer groot bovengronds ruimtegebruik (0,6 – 1 hectare). Deze worden vaak aan de rand van de gemeente geplaatst. Daarnaast moeten er binnen buurten een warmteoverdrachtstation gebouwd worden van ongeveer 7,5 – 15 m^2. Dit is met name in de drukke wijken met een hoge bebouwingsdichtheid lastig in te passen, en zal hier zeer waarschijnlijk leiden tot afbreuk of verlies van andere stedelijke functies zoals groen of parkeerplaatsen. Deze variant scoort daarom voor drukke wijken zeer negatief (--).

In gemiddelde wijken, zal deze installatie ook lastig in te passen zijn, afhankelijk van de ruimte in het stedelijke netwerk van deze wijken. Ook hier zal de inpassing van een centrale installatie leiden tot enige afbreuk of grote afbreuk tot verlies van andere stedelijke functies zoals groen of parkeerplaatsen. Daarom scoort deze variant voor gemiddelde wijken negatief tot zeer negatief (-/--).

In groene wijken is er vanwege de lagere bebouwingsdichtheid over het algemeen meer ruimte om een centrale installatie in te passen. Toch heeft ook hier bijna elke plek een functie, waardoor het inpassen van een centrale installatie zal leiden tot enige afbreuk van andere stedelijke functies zoals groen of parkeerplaatsen. Daarom scoort deze variant voor groene wijken negatief (-).

3.7.3.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Bij onderzoeksvariant 4 moet een aquathermie-installatie ingepast worden, 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. Voor TEA zijn verschillende installaties nodig, waaronder een warmtewisselaar, pompinstallatie en warmtepomp. Deze installaties zullen worden geplaatst bij RWZI's, waar vaak voldoende ruimte is om dat in te passen. Het oppervlak van de warmtecentrale met de WKO-doubletten en collectieve warmtepomp is afhankelijk van het aantal woningen wat gevoed moet worden. Gemeente Eindhoven gaat uit van circa 300 m^2 tot 325 m^2 bruto vloeroppervlak voor 1250 woningequivalenten. Dit vraagt veel ruimte wat de ruimtelijke inpassing zal bemoeilijken. Deze hebben een groter bovengronds ruimtegebruik dan bij onderzoeksvariant 3, en zal daarom leiden tot een groter effect op andere stedelijke functies. Aan de rand van de stad is er binnen deze onderzoeksvariant ook ruimte nodig voor de inpassing van extra elektriciteitsvoorzieningen op middenspanningsniveau. Deze variant heeft vanwege het benodigde bovengronds ruimtegebruik van de buurtwarmtecentrale een zeer negatief effect (--) voor alle wijktypen.

Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp Bij een warmtenet met centrale lucht-water-warmtepompen worden er verschillende buurtwarmtepompen aangelegd, die een zeer groot bovengronds ruimtegebruik hebben (1 buurtwarmtepomp van 0,25 hectare per 400-800 woningen). Dit is met name in de drukke wijken en gemiddelde wijken lastig in te passen. Deze buurtwarmtepompen zullen in alle wijktypen leiden tot afbreuk of verlies van andere stedelijke functies zoals groen of parkeerplaatsen. Aan de rand van de stad is er binnen deze onderzoeksvariant ook ruimte nodig voor de inpassing van extra elektriciteitsvoorzieningen op middenspanningsniveau. Vanwege het grote bovengrondse ruimtegebruik scoort deze variant voor alle wijktypologieën zeer negatief (--).

3.7.4 Effectbeoordeling bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte

Tabel 3.304 Effectbeschrijving bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte

Wijktypologie	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Drukke wijken	--	--	--	--	--
Gemiddelde wijken	-	-	-/--	--	--
Groene wijken	0	0	-	--	--

3.8 Archeologie en cultuurhistorie

Onderstaande paragraaf beschrijft de effecten die betrekking hebben op archeologie en cultuurhistorie in de gemeente Eindhoven. De aspecten die zijn beoordeeld betreffen archeologische waarden en cultuurhistorische waarden.

3.8.1 Effectbeschrijving archeologische waarden

Tabel 3.315 Beoordelingskader archeologische waarden

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	N.v.t.
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	N.v.t.
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt niet tot aantasting van gemeentelijke archeologische monumenten en (verwachte) archeologisch waardevolle terreinen.
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt alleen tot aantasting van (verwachte) archeologisch waardevolle terreinen.
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt tot aantasting van gemeentelijke archeologische monumenten en (verwachte) archeologisch waardevolle terreinen.

3.8.1.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Bij deze variant worden geen ondergrondse leidingen ten behoeve van warmtetransport aangelegd. Voor deze onderzoeksvariant moet wel het elektriciteitsnet verzwaard worden. Dit kan door bestaande elektriciteitskabels te vervangen of nieuwe aan te leggen. Wanneer het elektriciteitsnet wordt verzwaard moeten er mogelijk ook ander componenten worden geplaatst, zoals transformatorhuisjes. Omdat de effecten beperkt zijn, wordt het effect op archeologische waarden hiermee als neutraal (0) beoordeeld.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase worden geen effecten verwacht voor archeologie bij onderzoeksvariant 1.

3.8.1.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Bij deze variant worden geen ondergrondse leidingen ten behoeve van warmtetransport aangelegd. Grootschalige bodemingrepen zijn hiermee niet noodzakelijk. Wel moeten elektriciteitskabels vervangen of vernieuwd worden, en moeten er mogelijk transformatorhuisjes geplaatst worden. Daarnaast worden in tuinen individuele gesloten bodemsystemen aangelegd waarvoor (kleinschalige) bodemingrepen noodzakelijk zijn. Wanneer in een buurt gekozen wordt voor deze onderzoeksvariant, moet rekening gehouden worden met één warmtepomp per woning. Dit leidt tot aanzienlijk meer boringen 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.
De effecten op archeologische waarden kunnen worden onderscheiden in directe effecten op korte termijn en indirecte effecten op lange termijn[34]. Directe effecten op korte termijn betreffen acute, fysiek waarneembare aantastingen van het bodemarchief, bijvoorbeeld door bodemverstoring.

[34] Beschermd maar kwetsbaar NAR067

Hierdoor kunnen archeologische resten verplaatst of beschadigd raken. 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. Het risico op oxidatie door graaf- en boorwerkzaamheden is relatief beperkt.

Er is een groter risico op oxidatie bij fluctuaties in het grondwaterpeil. Het bodemwater speelt een cruciale rol in het behoud van archeologische resten. Fluctuaties in het grondwaterpeil, veroorzaakt door boringen voor bodemwarmte, vormen vooral een bedreiging voor ondiep gelegen archeologische monumenten met organische componenten. Bij (tijdelijke) daling van het grondwaterniveau treedt verdroging op en komt er zuurstof in de grond, waardoor organisch materiaal (zoals hout, textiel en leer) 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. 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.

In gebieden met zowel gemeentelijke archeologische monumenten als archeologisch waardevolle terreinen (aanwezige en te verwachten archeologische waarden), zoals in de binnenstad, heeft de aanleg een zeer negatief effect op archeologische waarden. Voor gebieden in de gemeente Eindhoven met een lagere archeologische verwachtingswaarde zal het risico op negatieve effecten kleiner zijn, maar wel aanwezig. Onderzoeksvariant 2 heeft daarom op deze indicator een zeer negatief (- -) effect.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase worden geen effecten verwacht voor archeologie bij onderzoeksvariant 2.

3.8.1.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

Voor onderzoeksvariant 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 deze onderzoeksvariant zijn de hoeveelheid boringen die moeten worden geplaatst of de locatie waar de boringen plaatsvinden. Voor deze onderzoeksvariant is waarschijnlijk slechts één bron nodig (afhankelijk van de warmtevraag en potentie van de geothermiebron), dit 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 (zoals hout, textiel en leer) 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 risico op oxidatie door graaf- en boorwerkzaamheden is relatief beperkt.

Er is een groter risico op oxidatie bij fluctuaties in het grondwaterpeil. Het bodemwater speelt een cruciale rol in het behoud van archeologische resten. Fluctuaties in het grondwaterpeil, veroorzaakt door boringen voor aardwarmte en aanleg van warmtenetten, vormen vooral een bedreiging voor ondiep gelegen archeologische monumenten met organische componenten. Bij (tijdelijke) daling van het grondwaterniveau treedt verdroging op en komt er zuurstof in de grond, waardoor organisch materiaal (zoals hout, textiel en leer) 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. Deze worden voornamelijk geplaatst in de zogenoemde netwerklaag, direct onder het maaiveld op een diepte van circa 1 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.

Aantasting van zowel gemeentelijke archeologische monumenten als archeologisch waardevolle terreinen (aanwezige en te verwachten archeologische waarden) zijn bij deze onderzoeksvariant niet uit te sluiten. Het effect op archeologische waarden is daarmee als negatief (-) beoordeeld.

Hierbij is het belangrijk op te merken dat de archeologische waarden per locatie sterk kunnen verschillen. De aard van het effect (neutraal, negatief of zeer negatief) zal daarmee zeer afhangen van de precieze locatie.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase worden geen effecten verwacht voor archeologie bij onderzoeksvariant 3.

3.8.1.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

Voor deze variant wordt een uitgebreid leidingstelsel op ongeveer één meter diepte aangelegd, een warmtecentrale geplaatst en voor WKO-bronnen moeten twee boringen uitgevoerd worden tot maximaal 150 meter diepte. Het aantal benodigde bronnen is afhankelijk van het aantal aangesloten woningen of gebouwen. Eindhoven gaat uit van idealiter maximaal 600 WKO’s. 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. Uitgebreide bodemingrepen in de gehele gemeente zijn daarmee noodzakelijk.

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 (zoals hout, textiel en leer) 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 risico op oxidatie door graaf- en boorwerkzaamheden is relatief beperkt.

Er is een groter risico op oxidatie bij fluctuaties in het grondwaterpeil. Het bodemwater speelt een cruciale rol in het behoud van archeologische resten. Fluctuaties in het grondwaterpeil, veroorzaakt door boringen voor aanleg van WKOs en aanleg van warmtenetten, vormen vooral een bedreiging voor ondiep gelegen archeologische monumenten met organische componenten. Bij (tijdelijke) daling van het grondwaterniveau treedt verdroging op en komt er zuurstof in de grond, waardoor organisch materiaal (zoals hout, textiel en leer) 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. Deze worden voornamelijk geplaatst in de zogenoemde netwerklaag, direct onder het maaiveld op een diepte van circa 1 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.

Door de meerdere benodigde WKO’s per buurt is het effect op archeologische waarden als zeer negatief (--) beoordeeld.

Hierbij is het belangrijk op te merken dat de archeologische waarden per locatie sterk kunnen verschillen. De aard van het effect (neutraal, negatief of zeer negatief) zal daarmee zeer afhangen van de precieze locatie.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase worden geen effecten verwacht voor archeologie bij onderzoeksvariant 4.

Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp *Aanlegfase*

Voor deze variant wordt een uitgebreid leidingstelsel op ongeveer één meter diepte aangelegd en bovengrondse locaties voor buurtwarmtepompen. Uitgebreide bodemingrepen in de gehele gemeente zijn daarmee noodzakelijk, maar er zijn geen boringen nodig.

Het bodemwater speelt een cruciale rol in het behoud van archeologische resten. Fluctuaties in het grondwaterpeil, veroorzaakt bij het aanleggen 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.

Verder moet voor het warmtenet nieuwe infrastructuur aangelegd worden, zoals leidingen voor een warmtenet. Deze infrastructuur wordt hoofdzakelijk in de netwerklaag geplaatst.
Deze netwerklaag bevindt zich direct onder het bodemoppervlak en is gemiddeld 1 meter diep.

In deze laag worden elektriciteitskabels en transportleidingen voor water, riool en gas gelegd. Omdat de netwerklaag al geroerd is voor huidige infrastructuur zijn er geen extra effecten te verwachten. 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.

Negatieve effecten op zowel gemeentelijke archeologische monumenten en archeologisch waardevolle terreinen (aanwezige en te verwachten archeologische waarden) zijn daarmee niet uit te sluiten. Het effect op archeologische waarden is daarmee als negatief (-) beoordeeld. Hierbij is het belangrijk op te merken dat de archeologische waarden per locatie sterk kunnen verschillen. De aard van het effect (neutraal, negatief of zeer negatief) zal daarmee zeer afhangen van de precieze locatie.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase worden geen effecten verwacht voor archeologie bij onderzoeksvariant 5.

3.8.2 Effectbeoordeling archeologische waarden

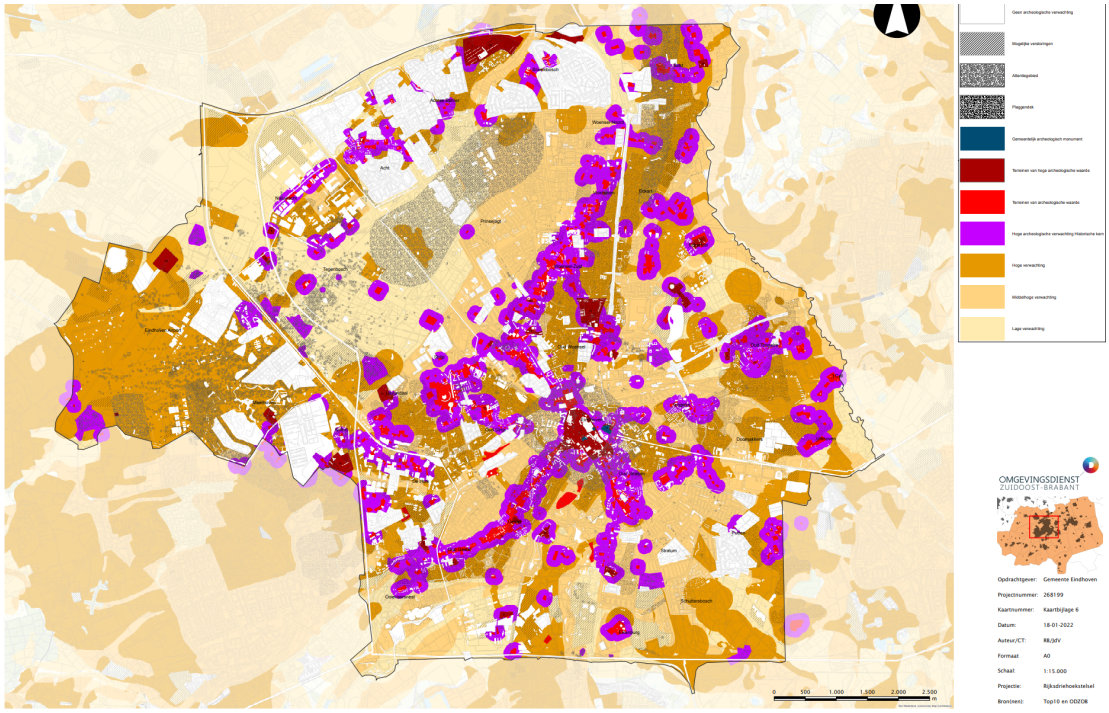
Tabel 3.326 Effectbeschrijving archeologische waarden

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	MT-Warmtenet met aquathermie	MT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	0	- -	-	- -	-
Gebruiksfase	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

3.8.3 Locatiespecifieke effectbeschrijving archeologie

In de gemeente liggen drie gemeentelijke archeologische monumenten die op grond van de criteria gaafheid, conservering en wetenschappelijke en cultuurhistorische waarde zijn aangewezen als behoudenswaardig. Deze monumenten, Marienhage, Kasteel van Eindhoven en Catharinakerk, zijn gelegen in het centrum van de stad. Daarnaast zijn er 25 terreinen van hoge archeologische waarde. Dit zijn de stadskern Eindhoven, een aantal kastelen, (omgrachte) hoeven, landhuizen en watermolens, en een aantal vastgestelde vindplaatsen. Het grootste terrein, de Stadskern Eindhoven, en Marienhage liggen binnen het centrum. Andere terreinen van hoge archeologisch waarde liggen verspreid over de stadsdelen. Tevens zijn er 144 panden waarvan de ondergrond aangemerkt is als terrein van hoge archeologische waarde en 10 begraafplaatsen die zijn opgenomen als vlakken met hoge archeologische waarde. Ingrepen in en rondom de bodem van deze monumenten en terreinen van hoge archeologische waarde hebben een zeer negatief effect op de archeologische waarden.

Figuur 3.12 toont de archeologische verwachtingen- en waardenkaart van de gemeente Eindhoven. Dit laat zien dat in bepaalde delen van Eindhoven, zoals het centrumgebied, ingrepen lastiger in te passen zijn door de hoge archeologische (verwachtings)waarde daar. Bij het kiezen van een passend warmtealternatief, 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.



Figuur 3.112 Archeologische verwachtingen- en waardenkaart 2022 (Bron: Gemeente Eindhoven)

3.8.4 Effectbeschrijving cultuurhistorische waarden

De gemeente Eindhoven kent vele cultuurhistorische waarden, zoals rijks- en gemeentelijke monumenten (incl. eventuele interieurwaarden), cultuurhistorisch waardevolle objecten, rijksbeschermde stadsgezichten en cultuurhistorisch waardevolle landschappen. We beoordelen dit thema op het effect dat de verschillende onderzoeksvarianten hebben op voornoemde cultuurhistorische waarden. Hierbij kijken we in de aanlegfase naar het fysieke effect van de warmtetechnieken op de cultuurhistorische waarden en in de gebruiksfase naar het visuele effect.

Tabel 3.337 Beoordelingskader cultuurhistorische waarden

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	N.v.t.
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt tot versterking van de (visuele beleving van) cultuurhistorische waarden.
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt niet tot fysieke aantasting en visuele verstoring van cultuurhistorische waarden.
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt in beperkte mate tot fysieke aantasting of visuele verstoring van cultuurhistorische waarden.
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt tot grote fysieke aantasting of visuele verstoring van cultuurhistorische waarden.

3.8.4.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Bij deze onderzoeksvariant wordt aan de buitenzijde van een pand een buitenunit geplaatst. Onzorgvuldige montage van deze buitenunits kan leiden tot schade aan panden. Voor de vele monumenten in de gemeente Eindhoven (153 inschrijvingen in het Rijksmonumentenregister, 557 gemeentelijke monumenten en 302 cultuurhistorisch waardevolle objecten, waarvan het grootste deel gelegen in de binnenstad) betekent deze mogelijke schade een fysieke aantasting van de cultuurhistorische waarde(n) van het monument. Niet alle panden zijn echter monumenten. Het effect op cultuurhistorische waarden is negatief (-) tot zeer negatief (--).

Gebruiksfase

Bij deze variant worden woningen aan de buitenkant van een buitenunit voorzien. De visuele waarde van cultuurhistorische gebouwen en elementen kan worden aangetast wanneer een buitenunit wordt toegevoegd. Bij onderzoeksvariant 1 wordt er aan elk gebouw een buitenunit geplaatst. Daarnaast worden transformatorhuisjes toegevoegd in de buurt (noodzakelijk voor verzwaring van het elektriciteitsnet). Deze kunnen een visuele verstoring van cultuurhistorische waarden veroorzaken. Het effect op cultuurhistorische waarden is daarmee negatief (-) tot zeer negatief (--).

3.8.4.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Bij deze variant worden in tuinen individuele gesloten bodemsystemen aangelegd. De aanleg van de bodemsystemen vindt niet plaats onder de monumenten zelf, maar in de tuinen. De aanwezigheid van de systemen kan echter leiden tot veranderingen in de ondergrond, zoals bijvoorbeeld aantasting van boomwortels of veranderingen in grondwaterstromingen. Dit kan gevolgen hebben voor cultuurhistorische waarden, zoals de aantasting van de funderingen van monumenten. Negatieve effecten in de vorm van fysieke aantasting van cultuurhistorische waarden zijn hierdoor niet uit te sluiten. Het effect op cultuurhistorische waarden is daarmee als negatief (-) tot zeer negatief (--) beoordeeld.

Gebruiksfase

De bodemsystemen zijn na aanleg niet meer zichtbaar. Echter kan de aanwezigheid van systemen tot dusdanige veranderingen in de ondergrond leiden dat bovengronds sprake is van visuele verstoring van cultuurhistorische waarden, zoals sterfte van monumentaal groen doordat boomwortels zijn aangetast bij de aanleg. Negatieve effecten in de vorm van visuele verstoring van cultuurhistorische waarden zijn daarmee niet uit te sluiten. Daarnaast worden transformatorhuisjes toegevoegd in de buurt (noodzakelijk voor verzwaring van het elektriciteitsnet). Het effect op cultuurhistorische waarden is daarmee als negatief (-) tot zeer negatief (--) beoordeeld.

3.8.4.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

Voor deze variant wordt een bovengrondse boorlocatie (0,6-1,0 ha) aangelegd. De exacte locatie van de boorlocatie is nog niet bekend. Negatieve effecten in de vorm van fysieke aantasting van cultuurhistorische waarden door werkzaamheden of het fluctueren van grondwaterniveaus zijn hiermee niet uit te sluiten. De cultuurhistorische waarden verschillen echter sterk per locatie (stedelijk/landschappelijk, punt-/lijn/-vlakelementen). De aard van het effect zal daarmee afhangen van de precieze locatie. Het effect op cultuurhistorische waarden is daarmee als negatief (-) tot zeer negatief (--) beoordeeld, afhankelijk van waar de boorlocatie plaatsvindt.

Gebruiksfase

Voor deze variant wordt een bovengrondse boorlocatie (0,6-1,0 ha) aangelegd. De exacte locatie van de boorlocatie is nog niet bekend. Daarnaast worden er warmteoverdrachtstations geplaatst, die tot visuele verstoring van nabijgelegen elementen met cultuurhistorische waarde kunnen leiden. Het plaatsen van nieuwe elementen in de directe omgeving van een monument moet voldoen aan de instructieregels zoals vastgelegd in het Besluit kwaliteit leefomgeving. Zoals beschreven bij onderzoeksvariant 2 kan de aanwezigheid van ondergrondse systemen ook bovengronds visuele effecten hebben op cultuurhistorische waarden. Het effect op cultuurhistorische waarden is daarmee als negatief (-) tot zeer negatief (--) beoordeeld, afhankelijk van waar de boorlocatie plaatsvindt en waar bovengrondse installaties worden geplaatst.

3.8.4.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

Voor deze variant wordt een bovengrondse warmtecentrale aangelegd met WKO-doubletten en collectieve warmtepompen. Voor de aanleg van WKO-doubletten moet geboord worden. De exacte locatie van de boorlocatie is nog niet bekend. Negatieve effecten in de vorm van fysieke aantasting van cultuurhistorische waarden zijn hiermee niet uit te sluiten. De cultuurhistorische waarden verschillen echter sterk per locatie (stedelijk/landschappelijk, punt-/lijn/-vlakelementen). De aard van het effect zal daarmee afhangen van de precieze locatie. Het effect op cultuurhistorische waarden varieert daarmee van negatief (-) tot zeer negatief (--), afhankelijk van waar de WKO's worden gerealiseerd.

Gebruiksfase

Voor deze variant wordt een bovengrondse locatie voor de WKO-installatie (1,0 ha) aangelegd. De exacte locatie van de boorlocatie is nog niet bekend. Zoals beschreven bij onderzoeksvariant 2 kan de aanwezigheid van ondergrondse systemen ook bovengronds visuele effecten hebben op cultuurhistorische waarden. Daarnaast worden er bovengronds installaties geplaatst, die tot een visuele verstoring van nabijgelegen elementen met cultuurhistorische waarde kan leiden. Het effect op cultuurhistorische waarden is daarmee als negatief (-) tot zeer negatief (--) beoordeeld, afhankelijk van waar de WKO's worden gerealiseerd.

Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp *Aanlegfase*

Voor deze variant worden meerdere buurtwarmtepompen (0,25 ha per buurtwarmtepomp) aangelegd. De exacte locatie van de pompen is nog niet bekend. Negatieve effecten in de vorm van fysieke aantasting van cultuurhistorische waarden zijn hiermee niet uit te sluiten.

Het effect op cultuurhistorische waarden is hiermee als negatief (-) tot zeer negatief (--) beoordeeld, afhankelijk van waar de buurtwarmtepomp wordt gerealiseerd.

Gebruiksfase

Voor deze variant worden meerdere buurtwarmtepompen (0,5 ha per buurtwarmtepomp) aangelegd. De exacte locatie van de pompen is nog niet bekend. Zoals beschreven bij onderzoeksvariant 2 kan de aanwezigheid van ondergrondse systemen ook bovengronds visuele effecten hebben op cultuurhistorische waarden. De bovengrondse stations kunnen nabijgelegen elementen met cultuurhistorische waarde visueel verstoren. Het effect op cultuurhistorische waarden is daarmee als negatief (-) tot zeer negatief (--) beoordeeld, afhankelijk van waar de buurtwarmtepomp wordt gerealiseerd.

3.8.5 Effectbeoordeling cultuurhistorische waarden

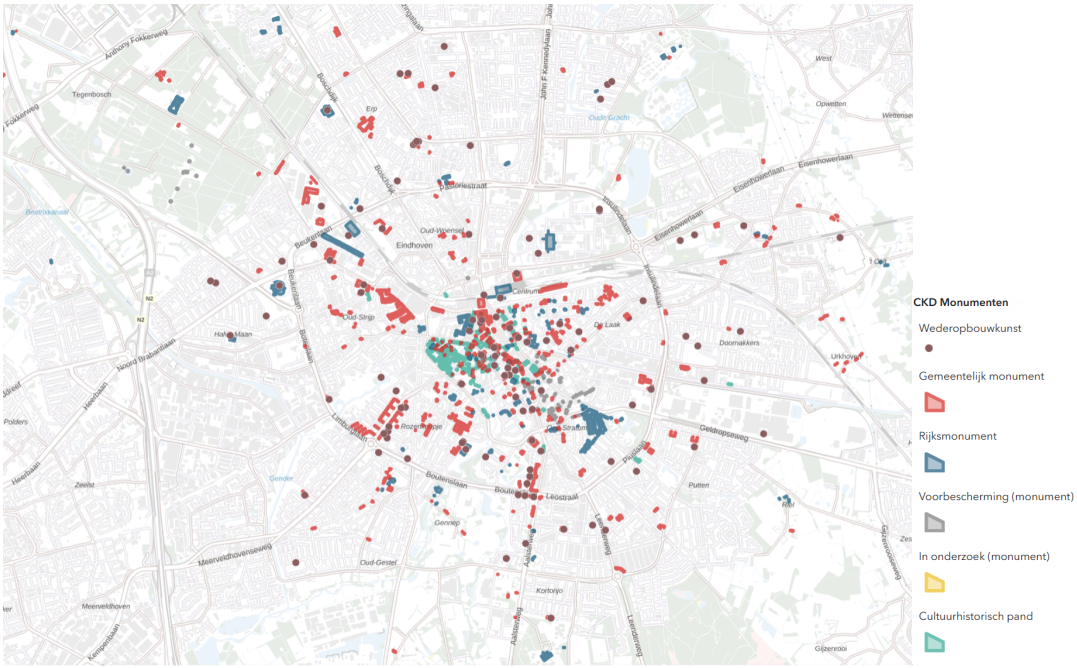
Tabel 3.348 Effectbeschrijving cultuurhistorische waarden

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	- /- -	- / - -	- /- -	- /- -	- / - -
Gebruiksfase	- / - -	- / - -	- / - -	- / - -	- / - -

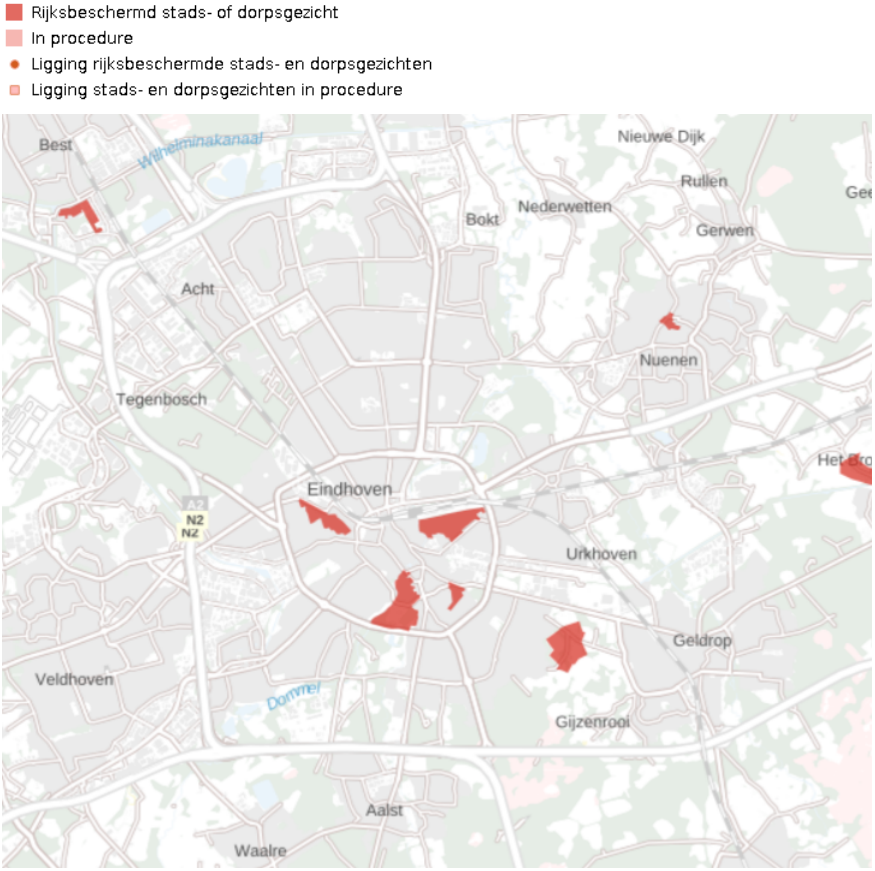
3.8.6 Locatiespecifieke beschrijving cultuurhistorische waarden

Onderstaande figuur 3.13 geeft inzicht in de locatie en status de monumenten en cultuurhistorische panden binnen de gemeente Eindhoven. Zoals beschreven in de HSAO kent de gemeente Eindhoven 153 inschrijvingen in het Rijksmonumentenregister.[35] Naast de Rijksmonumenten kent de gemeente nog 557 gemeentelijke monumenten en 302 cultuurhistorisch waardevolle objecten.[36] Het grootste deel van de monumenten ligt in de binnenstad en in de directe schil daaromheen. Dit geldt voor zowel de Rijksmonumenten, de gemeentelijke monumenten als de cultuurhistorische panden. Daarnaast heeft de gemeente vijf beschermde stadsgezichten, waarvan vier gelegen in het centrum van Eindhoven (figuur 3.14). Dit zijn Philipsdorp, Villapark Tongelre, Villapark Den Elzent en het Witte Dorp. Het vijfde beschermde stadsgezicht is Riel. Daarnaast liggen er historische landschapsstructuren en middeleeuwse stratenpatronen verspreid door de stad. Met name in gebieden met veel elementen van hoge cultuurhistorische waarde, zoals het centrum, is het effect van de warmtetechnieken zeer negatief.

[35] Bron: Rijksmonumentenregister, geraadpleegd op 12-03-2025.
[36] Bron: Eindhoven | Monumenten.nl



Figuur 3.123 Monumenten en cultuurhistorische panden, geraadpleegd op 12-03-2025 (Gemeente Eindhoven)

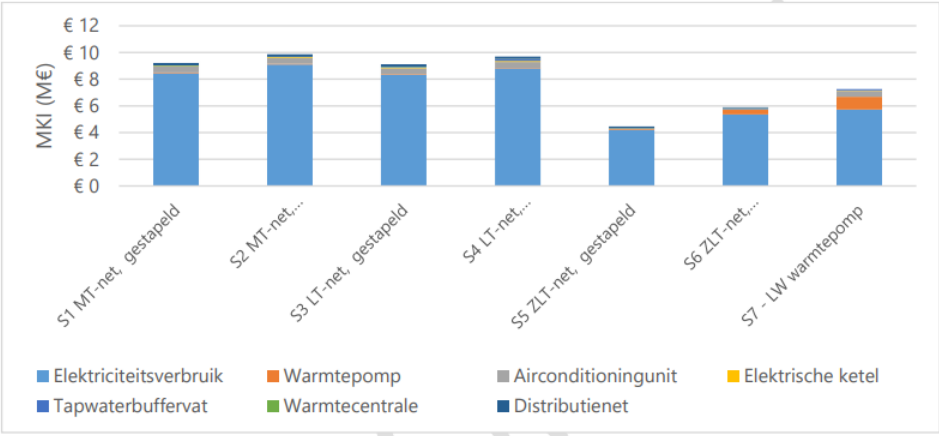


Figuur 3.14 Beschermde stadsgezichten

3.9 Klimaat en energie

Onderstaande paragraaf beschrijft de effecten die betrekking hebben op klimaat en energie. De aspecten die zijn beoordeeld betreffen CO_2-besparing, CO_2-uitstoot materialen en materieel, en hulpenergie.

In deze studie worden de onderzoeksvarianten per indicator vergeleken op basis van de referentiesituatie. De indicatoren verhouden zich ook onderling met elkaar. Zo is de CO_2-uitstoot van de materialen die nodig zijn om de onderzoeksvarianten te realiseren lager dan de CO_2 die door de aardgasvrije techniek wordt bespaard. Vergeleken met de referentiesituatie zullen dus alle onderzoeksvarianten na verloop van tijd meer CO_2 besparen. Een onderzoek van TNO laat bijvoorbeeld zien dat de milieuprestatie van warmtepompen vrijwel altijd beter is dan een CV-ketel[37]. In dit onderzoek is zowel de energieprestatie als de milieu-impact van het materiaalgebruik gekwantificeerd. Energieverbruik is de dominante factor in de milieu-impact van warmte-opwekkingssystemen. De milieu-impact van de materialen van warmtepompen is weliswaar hoger dan die van cv-ketels maar dit wordt gecompenseerd tijdens de gebruiksfase dankzij een efficiëntere warmteproductie.



Figuur 3.135 Vergelijking MKI warmtenetconfiguraties met individuele warmtepomp[38]

Ook bovenstaande figuur, waarin verschillende warmtenetconfiguraties (eerste 6) en een individuele warmtepomp (laatste) met elkaar zijn vergeleken, laat zien dat de grootste impact zit in het elektriciteitsverbruik.

Bij de beoordeling van de varianten op de aspecten *CO2-besparing* en *hulpenergie* is uitgegaan van de structurele bijdrage die de varianten kunnen leveren aan de vermindering van broeikasgasemissies en het terugdringen van het gebruik van fossiele energie op de langere termijn. Daarbij past echter de kanttekening dat in de periode tot 2050, en met name richting 2035, de elektriciteitsvoorziening naar verwachting nog niet volledig CO_2-vrij zal zijn. Daardoor zal de feitelijke CO_2-reductie in de eerste decennia waarschijnlijk minder groot zijn dan een beoordeling op basis van de eindsituatie op langere termijn suggereert. De positieve beoordeling van varianten op deze aspecten moet daarom worden gelezen als een indicatie van het langetermijnpotentieel, waarbij de werkelijke emissiereductie in de tussenliggende periode mede afhankelijk is van het tempo waarin de nationale elektriciteitsvoorziening verduurzaamt.

[37] TNO: Milieuprestatie warmtepompen vrijwel altijd beter dan cv-ketel
[38] R001_01_056111aa_LCA_Warmtenetconfiguraties_eindconcept voor publicatie

3.9.1 Effectbeschrijving CO_2-besparing

Bij het thema CO_2-besparing wordt gekeken naar de CO_2-uitstoot die vrijkomt door het energieverbruik van de warmtetechniek.

Tabel 3.359 Beoordelingskader CO_2-besparing

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing gebruikt geen aardgas en leidt tot een significante besparing van CO_2 in vergelijking met de referentiesituatie
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing resulteert in een besparing van CO_2 in vergelijking met de referentiesituatie
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing heeft weinig tot geen invloed op de CO_2 uitstoot in vergelijking met de referentiesituatie
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt tot een toename van de CO_2 uitstoot in vergelijking met de referentiesituatie
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt tot een significante toename van de CO_2 uitstoot in vergelijking met de referentiesituatie

3.9.1.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Bij dit aspect kijken we naar de hoeveelheid energie die de warmtetechniek vraagt om te draaien, effecten in de aanlegfase zijn daarom niet van toepassing.

Gebruiksfase

Bij een lucht-water-warmtepomp wordt warmte uit de lucht gehaald met behulp van elektriciteit. Voor alle warmtepompen geldt dat de uitstoot tijdens de gebruiksfase veel lager is dan bij verbranding van aardgas in een cv-ketel. Dit komt deels doordat het gebruik van elektriciteit veel efficiënter is dan het gebruik van aardgas. Wanneer de elektriciteitsmix in de toekomst volledig klimaatneutraal wordt (conform het landelijke beleid van een klimaat neutrale energie-infrastructuur in 2050), wordt de CO_2-uitstoot voor het gebruik van de warmtepomp nagenoeg nul. Deze variant verbruikt geen aardgas uit en zal in totaal significant minder CO_2 uitstoten dan de referentiesituatie en heeft daarom een zeer positief effect (++).

3.9.1.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Bij dit aspect kijken we naar de hoeveelheid energie die de warmtetechniek vraagt om te draaien, effecten in de aanlegfase zijn daarom niet van toepassing.

Gebruiksfase

Bij een bodem-water-warmtepomp wordt warmte met behulp van elektriciteit uit de bodem omhoog gepompt en daarna met de warmtepomp opgewaardeerd tot de gewenste verwarmingstemperatuur. Omdat in de winter de temperatuur van de bodem hoger is dan de temperatuur van de buitenlucht, is er in vergelijking met een lucht-water-warmtepomp minder elektriciteit nodig. Voor alle warmtepompen, dus ook bodem-water-warmtepompen, geldt dat de uitstoot tijdens de gebruiksfase veel lager is dan in de referentiesituatie (aardgasgebruik). Dit komt deels doordat het gebruik van elektriciteit veel efficiënter is dan het gebruik van aardgas.

Wanneer de elektriciteitsmix in de toekomst volledig klimaatneutraal wordt (conform het landelijke beleid van een klimaat neutrale energie-infrastructuur in 2050) wordt de CO_2-uitstoot voor het gebruik van de warmtepomp nagenoeg nul. Deze variant stoot geen aardgas uit en zal in totaal significant minder CO_2 uitstoten dan de referentiesituatie en heeft daarom een zeer positief effect (++).

3.9.1.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

Bij dit aspect kijken we naar de hoeveelheid energie die de warmtetechniek vraagt om te draaien, effecten in de aanlegfase zijn daarom niet van toepassing.

Gebruiksfase

Bij een warmtenet met geothermie wordt warmte uit de bodem gepompt met behulp van elektriciteit en daarna met behulp van elektriciteit opgewaardeerd tot de gewenste verwarmingstemperatuur. Een warmtenet met geothermie als bron heeft 60% minder CO_2 uitstoot dan bij een cv-ketel op aardgas[39]. Bij de winning van geothermie komt wel methaan vrij. Dit wordt verbrand en zorgt voor 2,2 tot 7,4 kilo CO_2 per geproduceerde gigajoule warmte. De pompen die warm water omhoog brengen stoten 4,3 tot 8,6 kg CO_2 per GJ uit. De emissie van de pompen valt weg wanneer de elektriciteitsmix volledig duurzaam is. Ook deze variant zal in totaal significant minder broeikasgassen uitstoten dan de referentiesituatie en heeft daarom een zeer positief effect (++).

3.9.1.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

Bij dit aspect kijken we naar de hoeveelheid energie die de warmtetechniek vraagt om te draaien, effecten in de aanlegfase zijn daarom niet van toepassing.

Gebruiksfase

Bij een warmtenet met aquathermie wordt warmte uit een waterlichaam gehaald. Het gebruik van aquathermie is energetisch efficiënter dan het gebruik van aardgas, maar deze techniek vraagt wel energie voor de werking van de warmtepomp om de temperatuur van de warmte te verhogen. Wanneer de elektriciteitsmix in de toekomst volledig klimaatneutraal wordt (conform het landelijke beleid van een klimaat neutrale energie-infrastructuur in 2050) wordt de CO_2-uitstoot voor de warmtepompen nagenoeg nul. Deze variant zal in totaal significant minder CO_2 uitstoten dan de referentiesituatie en heeft daarom een zeer positief effect (++).

Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp *Aanlegfase*

Bij dit aspect kijken we naar de hoeveelheid energie die de warmtetechniek vraagt om te draaien, effecten in de aanlegfase zijn daarom niet van toepassing.

Gebruiksfase

Bij een warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp wordt warmte uit de lucht gehaald met behulp van elektriciteit. Deze lucht wordt vervolgens verder opgewarmd tot de gewenste verwarmingstemperatuur. Voor alle soorten warmtepompen geldt dat de CO_2-uitstoot tijdens de gebruikersfase lager is dan aardgas.

[39] Geothermie duurzame energiebron | TNO

Dit komt deels doordat het gebruik van elektriciteit veel efficiënter is, dan het gebruik van aardgas. Wanneer de elektriciteitsmix in de toekomst volledig klimaatneutraal wordt (conform het landelijke beleid van een klimaat neutrale energie-infrastructuur in 2050) wordt de CO_2-uitstoot voor het gebruik van de warmtepomp nagenoeg nul. Ook deze variant zal in totaal significant minder CO_2 uitstoten dan de referentiesituatie en heeft daarom een zeer positief effect (++).

3.9.2 Effectbeoordeling CO_2-besparing

Tabel 3.40 Effectbeschrijving CO_2-besparing

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Gebruiksfase	++	++	++	++	++

3.9.3 Effectbeschrijving CO_2-uitstoot materialen en materieel

Bij dit aspect beoordelen we de CO_2-uitstoot van materialen en materieel die nodig zijn voor de aanleg en het gebruik van de warmtetechnieken.

Tabel 3.361 Beoordelingskader CO_2-uitstoot materialen en materieel

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt tot een significante vermindering van de CO_2-uitstoot
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt tot een merkbare vermindering van de CO_2-uitstoot
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing heeft weinig tot geen effect op de CO_2-uitstoot
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt tot een toename van de CO_2-uitstoot
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing resulteert in een significante toename van de CO_2-uitstoot

3.9.3.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

In de aanlegfase ontstaat er CO_2-uitstoot bij de aanleg van de systemen. Er is materieel nodig voor de aanvoer van materialen. Daarnaast komen er bij de productie en installatie van koudemiddel broeikasgassen vrij. Koudemiddelen zijn chemicaliën die worden gebruikt om warmte te verplaatsen, zoals HFK's en HCFK's. De precieze hoeveelheid broeikasgassen is afhankelijk van het soort koudemiddel dat gekozen wordt.

Ook is materiaal nodig voor de individuele installaties. De milieu-impact van de materialen die nodig zijn voor lucht-water-warmtepompen wordt voornamelijk bepaald door productie en afwerking van koper en de productie van koudemiddel[40]. Koper heeft een hoge milieu-impact, voornamelijk vanwege de energie-intensieve mijnbouw en verwerkingsprocessen.

[40] TNO Notitie: Duiding Milieuprestatie Warmtepompen in de bestaande bouw (2023) Notitie: Duiding Milieuprestatie Warmtepompen in de bestaande bouw

De milieu-impact van andere materialen waaruit een warmtepomp bestaat, zoals plastic, staal en aluminium hebben een minder hoge milieu-impact. De milieu-impact van materiaalgebruik ligt over het algemeen iets hoger bij warmtepompen dan bij CV-ketels.[41]
In het algemeen geldt dat voor een klein aantal grote apparaten (met een hoog vermogen/volume etc.) minder materiaal nodig is om dezelfde functie te leveren dan een groot aantal kleine apparaten. De milieulast is dan ook lager voor een kleiner aantal apparaten, ondanks de benodigde aanleg van een distributiesysteem bij collectieve varianten. Voor de warmtepompen is dit contrast extra groot, omdat de elektronische componenten een significant aandeel hebben in de MKI, en deze componenten niet mee schalen met het geleverde vermogen.[42] Daarom heeft deze onderzoeksvariant een negatief effect (-) vergeleken met de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Emissies vanuit deze variant bestaan bijna volledig uit emissies van het vrijkomen van het koudemiddel. Koudemiddelen kunnen emissies veroorzaken tijdens gebruiksfase door lekkage en bij de afvoer. Er zijn steeds strengere regels en richtlijnen voor het gebruik en de afvoer van koudemiddelen vanwege hun negatieve impact op het milieu. De Europese Unie heeft bijvoorbeeld de F-gassenverordening geïmplementeerd om het gebruik van deze stoffen te beperken. Het verschilt per warmtepomp welk koudemiddel is gebruikt en in welke mate daar broeikasgassen uit vrij komen.

Er is materiaal nodig voor onderhoud en vervanging, maar dit is beperkt. Een warmtepomp vergt minder onderhoud dan een CV-ketel. Vanwege de uitstoot van vrijkomend koudemiddel heeft deze onderzoeksvariant een negatief effect (-) vergeleken met de referentiesituatie.

3.9.3.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

In de aanlegfase ontstaat er CO_2-uitstoot bij de aanleg van de systemen. Er is materieel nodig voor de aanvoer van materialen. Daarnaast komen er bij de productie en installatie van koudemiddel broeikasgassen vrij. De precieze hoeveelheid is afhankelijk van het soort koudemiddel dat gekozen wordt.

Ook is materiaal nodig voor de individuele installaties. Een bodem-water-warmtepomp vereist materiaal voor de installatie van de putten en leidingen die in de grond worden geplaatst. De milieu-impact hiervan is hoger dan de referentiesituatie. Daarnaast is er voor de warmtepomp zelf koper nodig, wat een schaars materiaal is met een hoge milieu impact. Ook ontstaat er milieu-impact door alle overige materialen en processen in de levenscyclus van de warmtepomp. De milieu-impact van materiaalgebruik ligt over het algemeen iets hoger bij warmtepompen dan bij CV-ketels.[43] In het algemeen geldt dat voor een klein aantal grote apparaten (met een hoog vermogen/volume etc.) minder materiaal nodig is om dezelfde functie te leveren dan een groot aantal kleine apparaten. De milieulast is dan ook lager voor een kleiner aantal apparaten, ondanks de benodigde aanleg van een distributiesysteem bij collectieve varianten. Voor de warmtepompen is dit contrast extra groot, omdat de elektronische componenten een significant aandeel hebben in de MKI, en deze componenten niet mee schalen met het geleverde vermogen[44].

TNO [41] Notitie: Duiding Milieuprestatie Warmtepompen in de bestaande bouw
[42] R001_01_056111aa_LCA_Warmtenetconfiguraties_eindconcept voor publicatie
[43] Notitie: Duiding Milieuprestatie Warmtepompen in de bestaande bouw
[44] R001_01_056111aa_LCA_Warmtenetconfiguraties_eindconcept voor publicatie

De milieu-impact is hoger dan de referentiesituatie en daarom is het effect van deze onderzoeksvariant in de aanlegfase negatief (-).

Gebruiksfase

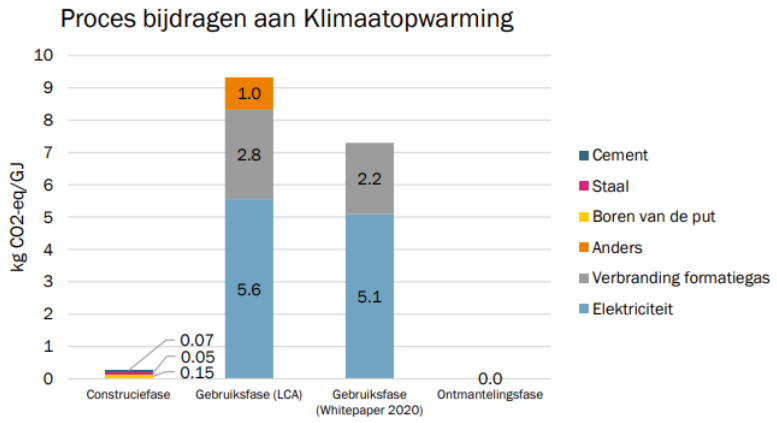
Emissies vanuit deze variant bestaan bijna volledig uit emissies van het vrijkomen van het koudemiddel. Koudemiddelen kunnen emissies veroorzaken tijdens het gebruik en bij de afvoer. Er zijn steeds strengere regels en richtlijnen voor het gebruik en de afvoer van koudemiddelen vanwege hun negatieve impact op het milieu. De Europese Unie heeft bijvoorbeeld de F-gassenverordening geïmplementeerd om het gebruik van deze stoffen te beperken. Het verschilt per warmtepomp welk koudemiddel is gebruikt en in welke mate daar broeikasgassen uit vrij komen.

Er is materiaal nodig voor onderhoud en vervanging, maar dit is beperkt. Een warmtepomp vergt minder onderhoud dan een CV-ketel. Vanwege de uitstoot van vrijkomend koudemiddel heeft deze onderzoeksvariant een negatief effect (-) vergeleken met de referentiesituatie.

3.9.3.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

In de aanlegfase zal CO_2 worden uitgestoten door het inzetten van materieel. Onderstaand onderzoek van TNO laat zien dat de aanlegfase maar een klein deel van de impact betreft in vergelijking met de gebruiksfase en onder andere de bijvangst (methaan) die daarbij vrijkomt. Voor de aanleg zijn er graafwerkzaamheden voor het aanleggen van putten. Daarnaast moeten een overige installaties worden aangelegd, waar onder andere materiaal voor moet worden aangevoerd. Met de inzet van materieel wordt CO_2 uitgestoten, wanneer geen elektrisch materieel wordt ingezet.



Figuur 3.146 Geothermie procesbijdragen aan klimaatverandering[45]

Ook is er meer materiaal nodig ten opzichte van de referentiesituatie. Het aardgasnetwerk ligt er immers al, maar een warmtenet moet helemaal nieuw worden aangelegd. Voor het warmtenet op geothermie worden materialen gebruikt voor boringen, pijpleidingen, warmtewisselaars, overdrachtstations, funderingen en constructies en energiecentrales.

[45] tno-2021-duurzaamheid.pdf

Dit bestaat onder andere uit zijn HDPE voor buizen, geïsoleerd staal voor leidingen en diverse materialen voor warmtewisselaars. Staal en beton hebben een aanzienlijke milieu-impact en CO_2-uitstoot, zowel in termen van energieverbruik tijdens de productie als de uitstoot van broeikasgassen.
Ook ontstaat er milieu-impact door de productie van koudemiddel en emissies van het vrijkomen van het koudemiddel, de productie en afvalverwerking van koper (afkomstig van elektronica) en alle overige materialen en processen in de levenscyclus van de warmtepomp. Zoals bovenstaand figuur laat zien blijft CO_2-uitstoot van materieel en materialen in de aanlegfase beperkt. In het algemeen geldt dat voor een klein aantal grote apparaten (met een hoog vermogen/volume etc.) minder materiaal nodig is om dezelfde functie te leveren dan een groot aantal kleine apparaten. De milieulast is dan ook lager voor een kleiner aantal apparaten, ondanks de benodigde aanleg van een distributiesysteem bij collectieve varianten.[46] Vanwege het materiaal en materieel dat nodig is voor de aanleg is het effect van deze onderzoeksvariant neutraal tot negatief (0/-).

Gebruiksfase

Er is materiaal nodig voor onderhoud en vervanging, maar dit is beperkt. In de gebruiksfase zit een grote impact in het verbranden van formatiegas en elektriciteit. Deze effecten zijn meegenomen onder CO_2-besparing en hulpenergie. In deze onderzoeksvariant wordt gebruik gemaakt van een warmte overdracht station met een grote collectieve water-water warmtepomp die de temperatuur verder opgehoogd tot ongeveer 70 graden. Koudemiddelen kunnen emissies veroorzaken tijdens het gebruik en bij de afvoer. Daarom heeft deze onderzoeksvariant een negatief effect (-) vergeleken met de referentiesituatie.

3.9.3.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

In de aanlegfase zijn effecten te verwachten voor de aanleg van de systemen. Wanneer er geen elektrisch materieel wordt ingezet, zal CO_2 worden uitgestoten voor het vervoer van materiaal en voor graafwerkzaamheden.
Voor de aanleg van een warmtenet is relatief veel materiaal nodig ten opzichte van de referentiesituatie. Het aardgasnetwerk ligt er immers al, maar een warmtenet moet helemaal nieuw worden aangelegd. De impact van materiaal van LT-netten ontstaat onder andere doordat de leidingen geïsoleerde stalen leidingen zijn. Ook ontstaat er milieu-impact door de productie van koudemiddel en emissies van het vrijkomen van het koudemiddel, de productie en afvalverwerking van koper (afkomstig van elektronica) en alle overige materialen en processen in de levenscyclus van de warmtepomp. In het algemeen geldt dat voor een klein aantal grote apparaten (met een hoog vermogen/volume etc.) minder materiaal nodig is om dezelfde functie te leveren dan een groot aantal kleine apparaten[47]. De milieulast is dan ook lager voor een kleiner aantal apparaten, ondanks de benodigde aanleg van een distributiesysteem bij collectieve varianten.[48] Daarom is het effect van deze onderzoeksvariant neutraal tot negatief (0/-).

[46] R001_01_056111aa_LCA_Warmtenetconfiguraties_eindconcept voor publicatie
[47] R001_01_056111aa_LCA_Warmtenetconfiguraties_eindconcept voor publicatie
[48] R001_01_056111aa_LCA_Warmtenetconfiguraties_eindconcept voor publicatie

Gebruiksfase

Emissies vanuit deze variant komen voort uit emissies van het vrijkomen van het koudemiddel. Koudemiddelen kunnen emissies veroorzaken tijdens het gebruik en bij de afvoer. Er zijn steeds strengere regels en richtlijnen voor het gebruik en de afvoer van koudemiddelen vanwege hun negatieve impact op het milieu. De Europese Unie heeft bijvoorbeeld de F-gassenverordening geïmplementeerd om het gebruik van deze stoffen te beperken. Het verschilt per warmtepomp welk koudemiddel is gebruikt en in welke mate daar broeikasgassen uit vrij komen. Aangezien het gaat om een collectief systeem blijft de kans op lekkages beperkt.
Er is materiaal nodig voor onderhoud en vervanging, maar dit is beperkt. Daarom heeft deze onderzoeksvariant in de gebruiksfase een negatief effect (-) vergeleken met de referentiesituatie.

3.9.3.5 Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp

Aanlegfase

In de aanlegfase zijn effecten te verwachten voor de aanleg van de systemen. Wanneer er geen elektrisch materieel wordt ingezet, zal CO_2 worden uitgestoten voor het vervoer van materiaal en voor graafwerkzaamheden.

Bij een lucht-water-warmtepomp zorgen de binnen- en buitenunit voor CO_2-uitstoot van het materiaal. De impact van materiaal van LT-netten ontstaat daarnaast doordat de leidingen geïsoleerde stalen leidingen zijn. Ook ontstaat er milieu-impact door de productie van koudemiddel en emissies van het vrijkomen van het koudemiddel, de productie en afvalverwerking van koper (afkomstig van elektronica) en alle overige materialen en processen in de levenscyclus van de warmtepomp. In het algemeen geldt dat voor een klein aantal grote apparaten (met een hoog vermogen/volume etc.) minder materiaal nodig is om dezelfde functie te leveren dan een groot aantal kleine apparaten, ondanks de benodigde aanleg van een distributiesysteem bij collectieve varianten.[49] Vanwege het materieel en materiaal dat nodig is voor de aanleg van het systeem is het effect van deze onderzoeksvariant neutraal tot negatief (0/-).

Gebruiksfase

Er is materiaal nodig voor onderhoud en vervanging, maar dit is beperkt. Daarnaast ontstaan emissies door vrijkomen van het koudemiddel. Koudemiddelen kunnen emissies veroorzaken tijdens het gebruik en bij de afvoer. Het verschilt per warmtepomp welk koudemiddel is gebruikt en in welke mate daar broeikasgassen uit vrij komen. Er is materiaal nodig voor onderhoud en vervanging, maar dit is beperkt. Vanwege de uitstoot van vrijkomend koudemiddel heeft deze onderzoeksvariant een negatief effect (-) vergeleken met de referentiesituatie.

3.9.4 Effectbeoordeling CO_2-uitstoot materialen en materieel

Tabel 3.372 Effectbeschrijving CO_2-uitstoot materialen en materieel

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	-	-	0/-	0/-	0/-
Gebruiksfase	-	-	-	-	-

[49] R001_01_056111aa_LCA_Warmtenetconfiguraties_eindconcept voor publicatie

3.9.5 Locatiespecifieke beschrijving CO_2-uitstoot materialen en materieel

Vanaf 1 januari 2025 geldt de zero-emissiezone voor vracht- en bestelvoertuigen in het centrum van gemeente Eindhoven (zoals weergegeven in Figuur 5.1 onder thema Geluid). Vanaf 2030 geldt er een zero-emissiezone voor alle voertuigen. Daarnaast heeft de gemeente Eindhoven een routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen opgesteld. Hiermee zet de gemeente in op haar ambitie om vanaf 2030 zoveel mogelijk zero emissie te werken. De routekaart wordt stadsbreed ingezet bij projecten waar gemeente Eindhoven de opdrachtgever is.
Dit zou betekenen dat er in 2035, het zichtjaar van het warmteprogramma, er bij de aanleg van de warmtetechnieken enkel elektrische voertuigen gebruikt mogen worden. Ook de lichte werktuigen en gereedschap moeten dan elektrisch zijn. Voor zwaardere werktuigen is nog geen zero emissie eis opgenomen. Elektrisch materieel stoot geen CO_2 uit. Wanneer de aanleg volledig of deels elektrisch gerealiseerd wordt, vermindert dit de totale uitstoot tijdens de aanlegfase van de onderzoeksvarianten. Echter is de uitstoot van voertuigen niet de enige bron van uitstoot, waardoor dit de effectbeoordeling niet verandert.

3.9.6 Effectbeschrijving hulpenergie

Hulpenergie is de energie die nodig is om warmtebronnen te laten werken. Deze energie wordt vaak geleverd door elektriciteit.

Tabel 3.383 Beoordelingskader hulpenergie

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Er is 3-5 keer minder hulpenergie nodig dan in de referentiesituatie, voor dezelfde hoeveelheid warmte, of er wordt zelfs energie opgewekt .
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	Er is 2-3 keer minder hulpenergie nodig dan in de referentiesituatie, voor dezelfde hoeveelheid warmte.
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	Er is ongeveer evenveel hulpenergie nodig als in de referentiesituatie
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Er is 2-3 keer meer hulpenergie nodig dan in de referentiesituatie, voor dezelfde hoeveelheid warmte.
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	Er is 3-5 keer meer hulpenergie nodig dan in de referentiesituatie, voor dezelfde hoeveelheid warmte.

3.9.6.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

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

Gebruiksfase

Een lucht-water-warmtepomp haalt warmte uit de lucht. Afhankelijk van de temperatuur van de buitenlucht, moet deze nog verder verwarmd worden tot een temperatuur waarmee een woning verwarmd kan worden. Dit doet een lucht-water-warmtepomp met behulp van elektriciteit. Daarbij heeft een warmtepomp ongeveer een drie tot vijf keer hogere efficiëntie dan een cv-ketel op aardgas (afhankelijk van de specifieke warmtepomp en afgiftetemperatuur). Met een lucht-water-warmtepomp is er dus veel minder hulpenergie nodig om dezelfde hoeveelheid warmte te produceren, in vergelijking met de referentiesituatie. De onderzoeksvariant heeft daarom een zeer positief effect (++) vergeleken met de referentiesituatie.

3.9.6.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

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

Gebruiksfase

Een bodem-water-warmtepomp haalt warmte uit de grond. De temperatuur van de ondergrond ligt het hele jaar tussen de 10°C en 12°C. Deze brontemperatuur wordt met behulp van elektriciteit opgewaardeerd tot een afgiftetemperatuur waarmee het huis verwarmd kan worden. Daarbij heeft een bodem-water-warmtepomp ongeveer een vijf keer hogere efficiëntie dan een cv-ketel op aardgas. Met een bodem-water-warmtepomp is er dus veel minder energie nodig om dezelfde hoeveelheid warmte te produceren, in vergelijking met een cv-ketel. De onderzoeksvariant heeft daarom een zeer positief effect (++) vergeleken met de referentiesituatie.

3.9.6.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

In de aanlegfase zijn er geen effecten te verwachten bij onderzoeksvariant 3.

Gebruiksfase

Een warmtenet met geothermie haalt haar warmte uit de diepe ondergrond. In Eindhoven ligt deze temperatuur al tussen 40 en 50 graden. Er is dus nauwelijks extra hulpenergie nodig om deze temperatuur nog verder omhoog te brengen. Aangezien deze onderzoeksvariant dus veel minder hulpenergie nodig heeft in vergelijking met een cv-ketel op aardgas, heeft het een zeer positief effect (++).

3.9.6.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

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

Gebruiksfase

Deze onderzoeksvariant maakt gebruik van warmtewisselaars om de warmte uit het water te extraheren en circulatiepompen die het verwarmde water door het warmtenet transporteren. Vervolgens moet de temperatuur van het oppervlakte water nog verder verwarmd worden met behulp van elektriciteit. Dit wordt gedaan met een collectieve warmtepomp. Een centrale, industriële warmtepomp doet dit efficiënter dan individuele warmtepompen bestemd voor huishoudens. Daarbij heeft een warmtenet met aquathermie een 3 tot 4 keer hogere efficiëntie dan een cv-ketel met aardgas. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een zeer positief effect (++) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.9.6.5 Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp

Aanlegfase

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

Gebruiksfase

Lucht-water-warmtepompen gebruiken elektriciteit om warmte uit de buitenlucht te onttrekken. Een centrale, industriële warmtepomp doet dit efficiënter dan individuele warmtepompen bestemd voor huishoudens. Afhankelijk van de temperatuur van de buitenlucht, moet deze nog wel verder verwarmd worden tot een temperatuur waarmee een woning verwarmd kan worden. Daarbij moet ook rekening gehouden worden met warmteverliezen in de warmteleidingen. Hierdoor heeft een buurtwarmtepomp in zijn geheel een efficiëntie gelijk aan een individuele lucht-water-warmtepomp. Met een centrale lucht-water buurtwarmtepomp is er 3-4 keer minder energie nodig om dezelfde hoeveelheid warmte te produceren, in vergelijking met een cv-ketel. De onderzoeksvariant heeft daarom een positief effect (++) vergeleken met de referentiesituatie.

3.9.7 Effectbeoordeling hulpenergie

Tabel 3.394 Effectbeschrijving hulpenergie

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Gebruiksfase	++	++	++	++	++

3.10 Circulariteit

Onderstaande paragraaf beschrijft de effecten die betrekking hebben op circulariteit. Er is ingegaan op de hoeveelheid materiaal dat in totaal nodig is en de schaarste van deze materialen. Hierbij wordt in de aanlegfase gekeken naar het benodigde materiaal voor de aanleg van de nieuwe energiesystemen, en in de gebruiksfase naar het benodigde materiaal voor vervanging en onderhoud.

3.10.1 Effectbeschrijving materiaalgebruik

Tabel 3.405 Beoordelingskader materiaalgebruik

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing resulteert in een significante toename van materiaalgebruik.
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt tot een toename van het materiaalgebruik.
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing heeft weinig tot geen invloed op het materiaalgebruik.
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing resulteert in een merkbare afname van materiaalgebruik.
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt tot een significante afname van materiaalgebruik.

3.10.1.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Bij individuele lucht-water-warmtepompen bestaat het materiaalgebruik voornamelijk uit metalen, elektronische componenten en kunststof. De metalen die het meest gebruikt worden zijn (roestvrij) staal, koper en aluminium. De grootste bijdrage komt van koperen onderdelen, zoals bedrading, leidingwerk en warmtewisselaars, aangevuld met aluminium en staal voor de behuizing. Van deze materialen is met name koper een schaars materiaal. Daarnaast zijn installaties voorzien van slimme techniek voor sensoring en sturing. Deze chips bevatten zeldzame metalen, die door geopolitieke ontwikkelingen steeds schaarser worden. Aangezien het gaat om een individueel systeem betekent dit dat er per huis een eigen systeem met materialen nodig is. Hiervoor is meer schaars materiaal nodig dan bij een centraal systeem en ten opzichte van de referentiesituatie. In de referentiesituatie hoeft geen nieuw energiesysteem aangelegd te worden. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een zeer negatief effect (--) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Er is materiaal nodig voor onderhoud en vervanging, maar dit is beperkt. Een warmtepomp heeft minder onderhoud nodig dan een CV-ketel, en is daarmee ten opzichte van de referentiesituatie positief (+).

3.10.1.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Bij individuele bodem-water-warmtepompen bestaat het materiaalgebruik voornamelijk uit metalen, elektronische componenten en kunststof. De metalen die het meest gebruikt worden zijn (roestvrij) staal, koper en aluminium. De grootste bijdrage komt van koperen onderdelen, zoals bedrading, leidingwerk en warmtewisselaars, aangevuld met aluminium en staal voor de behuizing. Van deze materialen is met name koper een schaars materiaal. Daarnaast zijn installaties voorzien van slimme techniek voor sensoring en sturing. Deze chips bevatten zeldzame metalen, die door geopolitieke ontwikkelingen steeds schaarser worden. Aangezien het gaat om een individueel systeem betekent dit dat er per huis een eigen systeem met materialen nodig is. Hiervoor is meer schaars materiaal nodig dan bij een centraal systeem en ten opzichte van de referentiesituatie. In de referentiesituatie hoeft geen nieuw energiesysteem aangelegd te worden. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een zeer negatief effect (--) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Er is materiaal nodig voor onderhoud en vervanging, maar dit is beperkt. Een warmtepomp heeft minder onderhoud nodig dan een CV-ketel, en is daarmee ten opzichte van de referentiesituatie positief (+).

3.10.1.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

Een geothermie-installatie bestaat onder andere uit een productie- en injectieput (doublet), warmtewisselaars, pompen, filters, ontgassingsinstallatie en opslagvaten, een gebouw voor de bovengrondse installaties en opslag. Daarnaast wordt het warmtenet aangelegd. Er is veel staal nodig, vooral voor de boorinstallaties, het warmtenet, leidingen en warmtewisselaars.

Voor de isolatie van leidingen wordt kunststof gebruikt. Ook wordt voor de funderingen en constructies beton gebruikt. Deze materialen zijn relatief schaars in vergelijking met andere materialen. In de referentiesituatie hoeft geen nieuw energiesysteem aangelegd te worden. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Er is materiaal nodig voor onderhoud en vervanging, maar dit is beperkt. Over het algemeen kan worden gesteld dat een warmtenet met geothermie doorgaans minder onderhoud en (schaars) materiaal nodig heeft dan de referentiesituatie. Dit is te wijten aan de robuustheid van systemen en de lagere kans op lekkages. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een positief effect (+) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.10.1.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

Deze onderzoeksvariant maakt mogelijk gebruik van bestaande RWZI, wat nieuw materiaalgebruik beperkt. Bij LT-warmtenetten met collectieve opwaardering bestaat het materiaalgebruik voornamelijk uit het ondergrondse distributienet van geïsoleerde leidingen (staal en kunststof) en de buurtwarmtecentrale. 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. In de referentiesituatie hoeft geen nieuw energiesysteem aangelegd te worden. Deze onderzoeksvariant heeft daarom een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Er is materiaal nodig voor onderhoud en vervanging, maar dit is beperkt. Vanwege beperkte kans op lekkages en robuustheid van het systeem heeft deze onderzoeksvariant een positief (+) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

3.10.1.5 Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp

Aanlegfase

Bij onderzoeksvariant 5 bestaat het materiaalgebruik voornamelijk uit het ondergrondse distributienet van geïsoleerde leidingen (staal en kunststof) en de buurtwarmtepompen. 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. Vanwege de complexiteit van de centrale installatie heeft deze onderzoeksvariant een negatief effect (-) ten opzichte van de referentiesituatie.

Gebruiksfase

Er is materiaal nodig voor onderhoud en vervanging, maar dit is beperkt. Vanwege beperkte kans op lekkages en robuustheid van het systeem heeft deze onderzoeksvariant een positief effect (+) ten opzichte van de referentiesituatie.

3.10.2 Effectbeoordeling materiaalgebruik

Tabel 3.416 Effectbeschrijving materiaalgebruik

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	--	--	-	-	-
Gebruiksfase	+	+	+	+	+

3.11 Hitte

Onderstaande paragraaf beschrijft de effecten die betrekking hebben op hittestress in gemeente Eindhoven. Het aspect hittestress gaat in op het effect van de onderzoeksvarianten op de omgevings- en gevoelstemperatuur in de omgeving.

3.11.1 Effectbeschrijving hittestress

We beoordelen het thema hitte op het effect dat de verschillende onderzoeksvarianten hebben op de omgevings- en gevoelstemperatuur buitenshuis. Bij hoge temperaturen kunnen inwoners last krijgen van hittestress, wat kan leiden tot gezondheidsrisico's. Een verhoging van de omgevingstemperatuur verhoogt ook de nachttemperatuur en daarmee de kans op warme nachten. Warme nachten verstoren voor veel mensen de nachtrust, wat het risico op hittestress verder verhoogt.

Tabel 3.427 Beoordelingskader hittestress

Pictogram	Beoordeling	Klassegrenzen
++	Zeer positief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt tot een sterke daling van de omgevingstemperatuur en bijbehorende gevoelstemperatuur
+	Positief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt tot een lichte daling van de omgevingstemperatuur en bijbehorende gevoelstemperatuur
0	Geen effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt niet tot een daling of stijging van de omgevingstemperatuur en bijbehorende gevoelstemperatuur
-	Negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt tot een lichte stijging van de omgevingstemperatuur en bijbehorende gevoelstemperatuur
--	Zeer negatief effect ten opzichte van referentiesituatie	De warmteoplossing leidt tot een sterke stijging van de omgevingstemperatuur en bijbehorende gevoelstemperatuur

3.11.1.1 Onderzoeksvariant 1 – Lucht-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Er zijn in de aanlegfase geen effecten te verwachten (0).

Gebruiksfase

Met een individuele lucht-water-warmtepomp 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.[50] Indien in een wijk alle woningen gebruikmaken van de koelfunctie, zal het hierdoor toevoegen van warmte uit gebouwen aan de leefomgeving tijdens warme periodes leiden tot een stijging van de omgevingstemperatuur en bijbehorende gevoelstemperatuur. Onderzoeksvariant 1 heeft een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

3.11.1.2 Onderzoeksvariant 2 – Bodem-water-warmtepomp (individueel)

Aanlegfase

Er zijn in de aanlegfase geen effecten te verwachten (0).

Gebruiksfase

Individuele bodem-water-warmtepompen kunnen koelen door koud water door de vloerverwarming te laten stromen (mits de 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 aan de verwarming van de buitenlucht, ofwel hittestress, in een buurt. Deze variant zorgt niet voor een opwarming van de buitentemperatuur en leidt tot een afname van aircogebruik, en heeft daarom een positief (+) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

3.11.1.3 Onderzoeksvariant 3 – MT-warmtenet met geothermie

Aanlegfase

Er zijn in de aanlegfase geen effecten te verwachten (0).

Gebruiksfase

Er zijn in de gebruiksfase geen effecten te verwachten. Door de afname in de warmtevraag tijdens hete dagen, zal deze onderzoeksvariant minder actief zijn. Daarnaast vindt in de gebruikersfase bij een warmtenet met geothermie uitwisseling met de bodem plaats, waardoor er geen restwarmte in de omgeving terecht komt. Een aandachtspunt is dat er bij deze variant wel warmteoverdrachtstations gebouwd worden in de wijken, die tot extra verstening van de buitenruimte kunnen leiden. Extra verstening draagt bij aan het hitte-eiland effect, doordat stenen warmte lang vasthouden. Indien de nieuwe installaties ten koste gaan van bestaand groen, dan wordt het verwarmende effect versterkt. Planten, en dan met name bomen, hebben een verkoelend effect op de omgevings- en gevoelstemperatuur. Aangezien een warmtenet alleen rendabel is bij een hoge woningdichtheid zal dit effect vooral optreden bij drukke wijken die door de hoge woningdichtheid vaak al meer versteend zijn en daarom vaker warmer. De bouw van de warmteoverdrachtstations kan daarmee leiden tot een beperkte toename van het hitte-eiland effect, met name wanneer de nieuwe installaties ten koste gaan van groen. Deze onderzoeksvariant een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

[50] Wat is een all-electric warmtepomp? | NPLW

3.11.1.4 Onderzoeksvariant 4 – LT-warmtenet met aquathermie (met WKO)

Aanlegfase

Er zijn in de aanlegfase geen effecten te verwachten (0).

Gebruiksfase

Door de afname in de warmtevraag tijdens hete dagen, zal deze onderzoeksvariant op dat moment niet actief zijn. Een aandachtspunt is wel dat er bij deze variant warmtecentrales gebouwd worden in de wijken, die tot extra verstening van de buitenruimte kunnen leiden. Aangezien een warmtenet alleen rendabel is bij een hoge woningdichtheid, zal dit vooral gebeuren bij drukke wijken die door de hoge woningdichtheid vaak meer versteend zijn en daarom vaker warmer. De bouw van de warmtecentrale kan daarmee leiden tot een beperkte toename van het hitte-eiland effect. Deze onderzoeksvariant een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

Onderzoeksvariant 5 – LT-warmtenet met centrale lucht-water-warmtepomp *Aanlegfase*

Er zijn in de aanlegfase geen effecten te verwachten (0).

Gebruiksfase

Een centrale lucht-water-warmtepomp stoot, net als individuele lucht-water-warmtepompen, geen warmte uit naar de buitenlucht maar onttrekt juist warmte uit de buitenlucht. Dit zou een licht verkoelend effect kunnen hebben op de omgevingstemperatuur en daarmee de gevoelstemperatuur. De lucht-water-warmtepompen zijn met name actief tijdens de winterperiode en worden in de zomer alleen gebruikt voor warm tapwater. Dit (positieve) effect is daarom verwaarloosbaar in de zomer. Daarentegen is een aandachtspunt dat er bij deze variant een gebouw met de centrale lucht-water-warmtepomp gebouwd moet worden in de wijken, die tot extra verstening van de buitenruimte kan leiden. Aangezien een warmtenet alleen rendabel is bij een hoge woningdichtheid, zal dit vooral gebeuren bij drukke wijken die door de hoge woningdichtheid vaak meer versteend zijn en daarom vaker warmer. De bouw van de installaties kan daarmee leiden tot een beperkte toename van het hitte-eiland effect. Deze onderzoeksvariant een negatief (-) effect ten opzichte van de referentiesituatie.

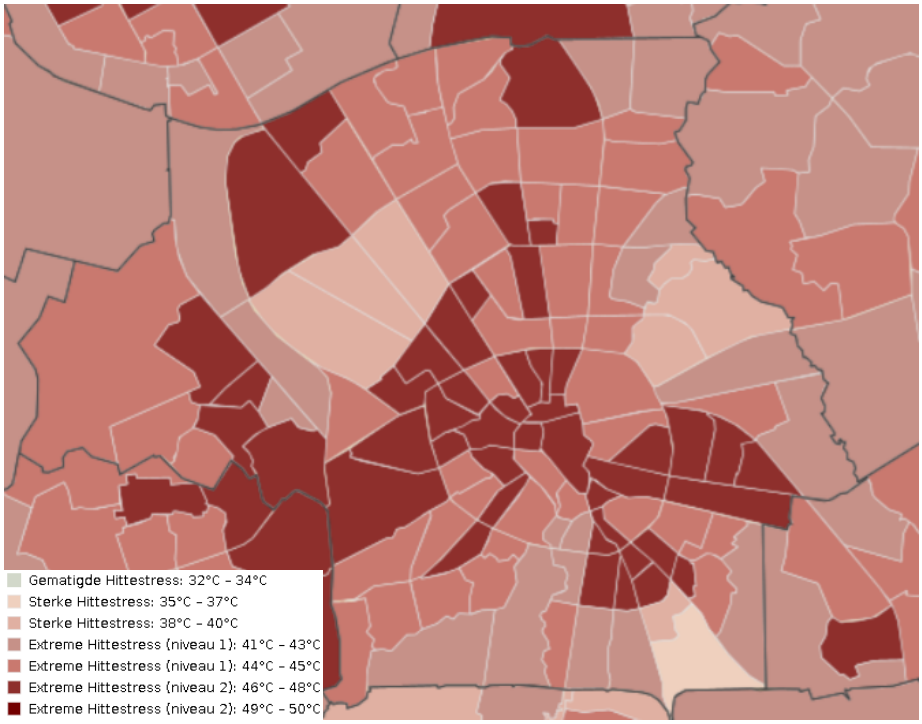
3.11.2 Effectbeoordeling hittestress

Tabel 3.438 Effectbeschrijving hittestress

Fase	Lucht-water-warmtepomp	Bodem-water warmtepomp	MT-Warmtenet met geothermie	LT-Warmtenet met aquathermie	LT-Warmtenet met centrale warmtepomp
Aanlegfase	0	0	0	0	0
Gebruiksfase	-	+	-	-	-

3.11.3 Locatiespecifieke beschrijving

Figuur 3.17 laat de gevoelstemperatuur op buurtniveau zien voor een tropisch warme zomermiddag in het jaar 2022. De kaart geeft weer dat met name buurten binnen de ring van Eindhoven en net daaromheen het warmst zijn. De temperatuur kan hier al dermate hoog oplopen dat het zeer onwenselijk is dat warmtetechnieken tot een verdere toename van de temperatuur leiden. Geen van de onderzoeksvarianten leidt tot een (significante) toename van de omgevings- en gevoelstemperatuur, waardoor dit niet aan de orde is.



Figuur 3.157 Gevoelstemperatuur buurtniveau in 2022 (Klimaateffectatlas, 2024)

3.12 Restwarmte en zonthermie

Restwarmte van de industrie is warmte die vrijkomt bij industriële processen en kan worden hergebruikt voor het verwarmen van gebouwen. Deze energie zou anders verloren gaan, maar kan op deze manier nuttig gebruikt worden en daarmee energie besparen. Bij zonthermie wordt warmte uit de zon omgezet in warm water, waarmee huizen en panden verwarmd kunnen worden. Met behulp van zonnecollectoren kan zonlicht omgezet worden in warmte. Deze twee vormen van duurzame warmte zijn in dit planMER niet beoordeeld. Het beoordelen van alle mogelijke bronnen als opzichzelfstaande onderzoeksvarianten zou een rapport leveren dat complexer, minder toegankelijk en minder bruikbaar zou zijn voor de gemeente Eindhoven. Daarom is gekozen om de grootste milieuaandachtspunten voor restwarmte en zonthermie los op te nemen in een kader.

Effectbeschrijving zonthermie
Zonthermie heeft vele mogelijke opstellingen. Zoals zonnecollectoren op daken, velden vol zonnecollectoren of collectoren geïntegreerd in sportvelden (zoals toegepast in proeftuin 't Ven in Eindhoven). Waar een warmtenet en WKO worden gebruikt, gelden dezelfde milieueffecten als voor de onderzoeksvarianten met deze installaties (zoals onderzoeksvariant 3 en 4). Zo heeft de aanleg van zonnecollectoren impact op onder andere de thema's klimaat en energie en het thema circulariteit. Het plaatsen van zonnecollectoren op daken lijkt vooralsnog geen kansrijke oplossing om een gebied aardgasvrij te verwarmen. Eindhoven zet hier daarom niet op in.

Zonnecollectorvelden hebben een grote ruimtelijke impact: het kost veel ruimte en kan afbreuk doen aan de beleving van een gebied, met name wanneer het veld niet geïntegreerd wordt met het oorspronkelijke bestemming van het gebied.

Effectbeschrijving restwarmte
Om een gebied van warmte te voorzien met behulp van restwarmte zijn een warmtenet en afhankelijk van het specifieke ontwerp een WKO nodig. De milieueffecten van een warmtenet met restwarmte zijn grotendeels vergelijkbaar met onderzoeksvariant 4 (warmtenet met aquathermie). Net als bij deze onderzoeksvariant dienen er leidingen en installaties aangelegd te worden, wat negatieve effecten heeft op onder andere de thema's geluid, luchtkwaliteit, bodem- en ondergrond en circulariteit.

Restwarmte die vrijkomt bij industriële processen wordt in veel gevallen geloosd op het oppervlaktewater of naar de lucht via rookgassen of verdamping via koeltorens. Door het gebruik van restwarmte voor de verwarming van panden wordt er minder warmte afgegeven aan de omgeving[22]. Dit heeft een positief effect op de omgevingstemperatuur (thema hitte) en de oppervlaktewaterkwaliteit (thema water) ten opzichte van de referentiesituatie.

4 Mitigerende maatregelen en aanbevelingen

4.1 Mitigerende maatregelen

4.1.1 Geluid en trillingen

4.1.1.1 Geluid

Mitigerende maatregelen voor onderzoeksvariant 1:
Met name in dichtbebouwde wijken is het belangrijk geluidshinder van buitenunits te beperken. Besteedt hierbij met name aandacht aan de gebieden waar de overlast mogelijk het ergst is, zoals in smalle straten en straten met kleine achtertuinen. Hiermee is geluidshinder in de aanlegfase te verminderen tot een neutraal (0) effect.

Het is mogelijk om de buitenunit zo te plaatsen dat geluidshinder geminimaliseerd wordt, gebruik te maken van ultra-lownoise units en de buitenunit te isoleren of een geluidwerende kap over de unit heen te plaatsen[51]. Overwogen kan worden om hiervoor regels in het Omgevingsplan op te nemen.

Het wordt aanbevolen om aanvullende geluidsvoorschriften, gericht op akoestisch ontkoppelen, op te nemen in het omgevingsplan voor het plaatsen van buitenunits op daken en aan gevels. Aanbevolen wordt om te sturen op de aanschaf van warmtepompen met betere geluidstechnische specificaties (geluidsvermogen, geen tonaal geluid, stille nachtmodus) door een aantrekkelijke collectieve inkoopactie te organiseren

Mitigerende maatregelen voor onderzoeksvarianten 2, 3, 4 en 5:
Aanbevolen wordt om elektrisch materieel te gebruiken gedurende bouwwerkzaamheden in de aanlegfase. Elektrisch materieel is doorgaans stiller dan materieel dat door verbrandingsmotoren wordt aangedreven.

Aanbevolen wordt om bouwwerkzaamheden te beperken tot werkdagen en uitsluitend overdag uit te voeren en de regels uit het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) lokaal aan te scherpen via het gemeentelijk omgevingsplan.

Hiermee is het effect op geluidshinder in de aanlegfase dusdanig te verminderen dat er sprake is van een neutraal (0) effect.

4.1.1.2 Trillingen

Trillingen kunnen verminderd worden door het toepassen van trillingvrije aanlegtechnieken, 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. Hiermee is het mogelijk om de trillingen van onderzoeksvarianten 1, 2, 3 en 4 in aanleg en/of gebruiksfase dusdanig te beperken dat het effect als neutraal (0) beoordeeld kan worden.

4.1.2 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.

4.1.3 Luchtkwaliteit

Van steeds meer mobiele werktuigen komt een elektrische variant beschikbaar. Gebruik zoveel mogelijk elektrische voertuigen en materieel om de uitstoot van PM2,5, PM10 en stikstofdioxide te beperken. Hiermee is het mogelijk om de uitstoot van onderzoeksvarianten 2, 3, 4 en 5 dusdanig te beperken dat het effect als neutraal (0) beoordeeld kan worden. De achtergrondconcentratie voor PM2,5 ligt op dit moment dichter bij overschrijven van de huidige EU-normen dan PM10. Daarom is impact en belang bij de inzet van elektrische werktuigen groter in verhouding tot PM10.

[51] Peutz, 16 april 2025. Effect cumulatie geluid warmtepompen op wijkniveau

Vanaf 2030 gaan strengere luchtkwaliteitsnormen gelden voor PM2,5 en PM10, waarbij de grenswaarden ongeveer worden gehalveerd ten opzichte van de huidige waarden. Zonder aanpassingen zouden op de meeste plekken in Nederland de toekomstige grenswaarde van 2030 voor PM10 nog steeds gehaald worden, maar voor PM2,5 worden deze waarden overschreden. Door de toekomstige aanscherping van de grenswaarden neemt het belang van het gebruik van elektrisch materieel toe om aan de normen te kunnen voldoen. Dit is met name het geval voor PM2,5.

Door gebruik te maken van voertuigen met klasse V (2019 en later) in plaats van voertuigen met klasse IV (2014 – 2018) is de uitstoot van fijnstof, zowel PM2,5 als PM10, te verminderen. Voor stikstof maakt dit geen verschil.

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 Eindhoven kan de hoeveelheid fijnstof en stikstofdioxide in de lucht verminderen. Zo kan de inzet op vergroening en klimaatadaptatie door de gemeente functioneren als compenserende maatregel[52].

4.1.4 Bodem en ondergrond

4.1.4.1 Kwaliteit boven- en ondergrond

Mitigerende maatregelen voor onderzoeksvarianten 2, 3, 4 en 5

De effecten van de verstoring van de bodemopbouw bij het plaatsen van diepe boringen kan worden gemitigeerd door expliciete eisen te stellen aan de manier van boren en aan de afdichting van scheidende lagen, aanvullend aan het verplichte BRL SIKB protocol voor mechanisch boren. De ‘Richtlijn aanvullende maatregelen toepassing geothermie Brabant’ biedt kaders hiervoor. Daarnaast is het aan te bevelen te monitoren en handhaven op de naleving van kwaliteitsprotocollen.

Aantasting van de biologische bodemkwaliteit door het aanleggen van warmtenetten, kan worden gemitigeerd door aanleg van deze systemen te vermijden in gebieden met ongestoorde bodemopbouw en hogere biologische bodemkwaliteit. Concentreer leidingen onder bestaande infrastructuur waar de bodemopbouw en de biologische bodemkwaliteit reeds is verstoord. Combineer werk met werk (zoals aanleg/renovatie riolering) zodat effecten eenmalig in een lange tijdsperiode zijn.

Daarnaast is het mogelijk om in het ontwerp van warmtenetten rekening te houden met het temperatuurniveau. Door in het ontwerp bijvoorbeeld extra isolatie toe te passen, kan opwarming van de bodem worden beperkt. Onder de 25 °C is er geen sprake van negatieve invloed op de bodem[53].

Hiermee is het mogelijk de (zeer) negatieve impact op de bodemkwaliteit te verminderen tot een negatief (-) of neutraal (0) effect.

[52] Water- en Klimaatadaptatie Aanpak 2026 - 2030
[53] Voorschriften open bodemenergiesystemen (paragraaf 4.112 Bal) | Informatiepunt Leefomgeving

4.1.4.2 Grondwater

Mitigerende maatregelen voor onderzoeksvarianten 2, 3, 4 en 5

De effecten op grondwater kunnen gemitigeerd worden door goede afdichting van de waterscheidende lagen. Dit is het geval wanneer de werkzaamheden gedaan worden conform BRL2100 / BRL 11000 (wettelijke richtlijnen waaraan voldaan moet worden bij de aanleg van GBES en OBES). En er wordt gemonitord op de effectiviteit van het systeem, mogelijke lekkages en de grondwaterkwaliteit conform BRL11000. Uit inspecties van het ILT blijkt echter dat deze protocollen bij de aanleg van bodem-water-warmtepompen (onderzoeksvariant 2) onvoldoende nageleefd worden. Het is daarom aan te bevelen naleving van de protocollen te handhaven.

Voor onderzoeksvariant 2 wordt aanbevolen om natuurlijke koelmiddelen te gebruiken in plaats van schadelijke koelmiddelen (glycol).

De aantasting van de biologische kwaliteit van grondwater door warmte/koude effecten kan gemitigeerd worden door het beter isoleren van warmtenetleidingen en voldoende afstand te houden van kwetsbare objecten. Daarnaast is dit in de algemene regels reeds afgeperkt door verplichting balans warmte/koude en maximale opwarming grondwater.

Daarnaast kunnen de bemalingen voor aan- en afvoerleidingen combineren met andere werkzaamheden, zodat in totaal minder grondwater onttrokken hoeft te worden en de risico's op verslechtering van de kwaliteit kleiner is.
Met deze mitigerende maatregelen is het mogelijk de (zeer) negatieve impact op de bodemkwaliteit te verminderen tot een negatief (-) of neutraal (0) effect.

4.1.4.3 Ondergronds ruimtegebruik

Mitigerende maatregelen voor onderzoeksvarianten 3, 4 en 5

Mitigerende maatregelen voor het inpassen van een warmtenet in de ondergrond in dichtbebouwde wijken zijn het herinrichten en optimaliseren van het ruimtegebruik in de bestaande ondergrondse infrastructuur (ruimte maken). Dit heeft wel een hoge uitvoeringslast tijdens de aanleg en in hele smalle straten kan het zijn dat er geen extra ruimte gemaakt kan worden. Daarnaast kan een 4D (in ruimte en tijd) ondergrondse ruimtelijke planning worden gemaakt op wijkniveau. Daarbij kan ondergronds ruimtegebruik zowel horizontaal als verticaal worden ingepland en kan er ruimte worden gereserveerd voor groen in de toekomst.

Hiermee is het mogelijk de zeer negatieve impact in drukke wijken en de negatieve impact in gemiddelde wijken te verminderen tot een negatief (-) effect.

4.1.5 Water

4.1.5.1 Drinkwater in leidingen

Mitigerende maatregelen voor onderzoeksvarianten 3, 4 en 5

Thermische lekkages kunnen vermeden worden door warmteleidingen aan te leggen met goede isolatiewaarden en met behulp van monitoring vaststellen of lekkages voorkomen (ook als de leidingen in gebruik zijn). Bij het vaststellen van lekkages dienen deze hersteld te worden.
Daarnaast kunnen effecten vermeden worden door afstand te houden tussen drinkwaterleidingen en nieuw aan te leggen warmteleidingen. Drinkwaterleidingen kunnen in de toekomst dieper gelegd worden of extra 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.

Graafschade kan voorkomen worden door gedegen onderzoek te doen voor aanvang van werkzaamheden (KLIC-meldingen, graven van proefsleuven) en tijdens de uitvoering te controleren of de leidingen niet geraakt worden.

Aanleg van warmtetechnieken dient te gebeuren conform de BRL-richtlijnen (BRL2100/BRL11000, inclusief goede afdichting van de scheidende lagen. Uit inspecties van het ILT blijkt echter dat deze protocollen onvoldoende nageleefd worden. Het is daarom aan te bevelen naleving van de protocollen te handhaven. Dit voorkomt onnodige risico's en schade tijdens de aanleg.

Het risico op effect op het drinkwater in leidingen is hiermee dusdanig te minimaliseren, dat hiermee de effectbeoordeling neutraal (0) te beoordelen is.

4.1.5.2 Oppervlaktewater

Mitigerende maatregelen voor onderzoeksvariant 4

De volgende mitigerende maatregelen kunnen worden toegepast om de effecten op oppervlaktewater te verminderen:

- Het onttrekkingsdebiet van de TEO-installatie moet per maand minder dan tien procent van het watervolume van het waterlichaam zijn, of minder dan tien procent van de maatgevende lage afvoer van een stromend waterlichaam
- Lozingsperiode: In de periode het voorjaar wanneer de temperatuur ongeveer tussen de 10 °C en 15 °C ligt, mag maximaal met een temperatuurverschil van 2 °C ten opzichte van de achtergrondtemperatuur geloosd worden, omdat negatieve effecten op opkomende waterplanten dan vermeden worden
- Planning werkzaamheden: werkzaamheden uitvoeren buiten gevoelige perioden van soorten (okt, nov, dec). Bovenstaande criteria komen uit de Handreiking voor beoordeling van ecologische effecten van TEO-systemen, versie 2 (STOWA: 2023-40), maar recente onderzoeken geven nieuwe inzichten en met name het eerste criterium staat ter discussie. De handreiking wordt daarom regelmatig bijgewerkt en de meest recente versie van de "Handreiking voor beoordeling van ecologische effecten van TEO-systemen" dient gehanteerd te worden bij vergunningverlening, waarbij ook cumulatieve effecten in acht genomen dienen te worden
- Ook zijn er steeds meer technieken op de markt die geen of minder effect hebben op de watertemperatuur of waar fysieke aantasting door filters en warmtewisselaars niet meer plaatsvinden. Denk hierbij aan macrofauna-vriendelijke filters. De best beschikbare techniek moet toegepast worden

Hiermee zijn de negatieve effecten te beperken tot een neutraal (0) effect.

4.1.6 Groen & natuur

4.1.6.1 Beschermde soorten

Voor alle onderzoeksvarianten geldt dat voor de locatiekeuze van nieuwe installaties of gebouwen onderzoek gedaan moet worden of er beschermde soorten zich bevinden. Dit is verplicht onder de Omgevingswet. Gemeente Eindhoven is bezig met een Soortenmanagementplan (SMP). Hiervoor wordt ecologisch onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van beschermde soorten en hun nest- en verblijfplaatsen in gebouwen. Zodra het SMP gereed is, kunnen deze inzichten gebruikt worden.

Nieuwe installaties kunnen, indien mogelijk, het beste komen in gebieden zonder of met weinig beschermde diersoorten. Beschermde soorten kunnen in theorie in de gehele stad voorkomen, in gebieden met een variatie in biotopen (afwisseling van bos, open gebied, water, gebouwen etc.) zijn echter meer beschermde soorten te verwachten dan op een industrieterrein met alleen maar verhardingen. Nieuwe gebouwen en installaties kunnen natuurinclusief gebouwd worden. Dit houdt in dat er op de nieuwe gebouwen en installaties verblijfplaatsen en leefgebieden voor soorten worden gecreëerd.

Voor het uitvoeren van werkzaamheden dient rekening gehouden te worden in de planning met gevoelige periodes voor soorten (zoals het broedseizoen) en gevoelige gebieden en soorten zo veel mogelijk ontzien. Hiervoor kan het Soortenmanagementplan van de gemeente worden gevolgd.
Specifiek voor onderzoeksvariant 1 kan er een studie worden uitgevoerd naar de geluidseffecten van warmtepompen en indien nodig gevolgd door maatregelen zoals geluiddempende maatregelen (zoals beschreven in 5.1.1) of locatiekeuze.

Hiermee zijn de (zeer) negatieve effecten te beperken tot negatief (-) of neutraal (0) effect.

4.1.6.2 Beschermde gebieden Natura 2000

Voor onderzoeksvarianten 3, 4, en 5 kunnen de negatieve effecten in de aanlegfase gemitigeerd worden door inzet van materieel met een lage of geen stikstofuitstoot. Daarnaast kan in de locatiekeuzen voor nieuwe installaties en gebouwen rekening gehouden worden om deze op afstand van Natura 2000 te plaatsen. Ook moet bouwverkeer zoveel mogelijk beperkt worden door fasering en logistieke optimalisatie. Met deze maatregelen is het mogelijk het effect dusdanig te verminderen dat er sprake is van een neutraal effect. Als meer duidelijk is over de locatiekeuzen en inzet van type werktuigen, kan met een Aerius-berekening in beeld worden gebracht of er sprake is van stikstofdepositie op stikstofgevoelige habitattypen in Natura 2000-gebieden.

4.1.6.3 Beschermde gebieden NNN

Om de negatieve effecten van onderzoeksvariant 4 te beperken is het noodzakelijk eerst te onderzoeken in welk oppervlak effecten kunnen optreden. Vervolgens kunnen maatregelen worden genomen om effecten zo veel mogelijk te verminderen zoals locatiekeuze (in de minst gevoelige delen het water lozen) en zuiveren van water. Deze mitigerende maatregelen zijn opgenomen bij het aspect Oppervlaktewater in paragraaf 5.4.2.7.

Het is niet zeker of alle negatieve effecten voldoende gemitigeerd kunnen worden, dit speelt vooral voor effecten door temperatuurverschillen. Het is daarom niet zeker of de negatieve effecten van onderzoeksvariant 4 tijdens de gebruiksfase, geheel kunnen worden gemitigeerd.

Over het algemeen geldt dat beschermde NNN gebieden ontzien kunnen worden door bij de locatiekeuzen voor nieuwe installaties of gebouwen voldoende afstand te houden van het NNN en geen water te lozen binnen water dat is aangewezen als NNN. De negatieve effecten van onderzoeksvarianten 3 en 5 kunnen daarom geheel worden gemitigeerd zowel tijdens de aanleg- als gebruiksfase.

4.1.6.4 Stadsgroen en multifunctioneel groen

De negatieve effecten in onderzoeksvariant 1, 2, 3, 4 en 5 kunnen gemitigeerd worden door het nieuwe leidingstelsel en elektriciteitskabels te bundelen met huidige kabels en leidingen, en ervoor te zorgen dat het leidingstelsel en nieuwe kabels niet onder groenstroken met bomen komt te liggen. Dit is makkelijker in de groene wijken waar meer ruimte is dan in de dichtbebouwde wijken. Voor alle onderzoeksvarianten kunnen negatieve effecten beperkt worden door ervoor te zorgen dat de nieuwe installaties en/of transformatorhuisjes niet in hoogwaardig stadsgroen en multifunctioneel groen komen te liggen. Kies bij voorkeur voor plekken die op dit moment onnodig verhard zijn. Mocht een installatie nergens anders geplaatst kunnen worden dan kunnen mitigerende maatregelen genomen worden om de installatie zoveel mogelijk in te laten passen in het groen, zoals het aanleggen van een groen dak of het plaatsen van nestkasten.
Hiermee zijn de (zeer) negatieve effecten te beperken tot negatief (-) effect.

4.1.7 Ruimtelijke kwaliteit

4.1.7.1 Zichtbaarheid en beleving

Onderzoeksvariant 1: Plaats buitenunits zoveel mogelijk op slecht zichtbare plekken of tref maatregelen om de buitenunit beter in het straatbeeld te laten passen, door bijvoorbeeld een omkasting aan te brengen.



Figuur 4.1 Voorbeeld inpassing lucht-water-warmtepomp door omkasting met een Flowerbox. Bron: Itho Daalderop

Onderzoeksvariant 3, 4 en 5: Zorg ervoor dat het aanleggen van leidingstelsels en eventuele centrale installaties niet leidt tot de kap van bomen, en herstel de bestrating in de oorspronkelijke staat. Als dit niet mogelijk is, probeer dan blijvende schade aan de bestrating door de aanleg van het leidingstelsel zoveel mogelijk te voorkomen.

Alle onderzoeksvarianten: Zorg ervoor dat eventuele centrale installaties en transformatorhuisjes passen bij de stijl en materialisatie van de omliggende bebouwing, of kies er juist voor om ze als bijzonder (kunst)object toe te passen. Hiermee zijn de (zeer) negatieve effecten om te buiten tot negatief (-) of positief (+) effect.



Figuur 4.2 Voorbeeld transformatorhuisjes als kunstobject. Bron: Richard Mouw, Telegraaf

4.1.7.2 Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid

Zorg er bij onderzoeksvarianten 1, 3, 4 en 5 voor dat buitenunits, centrale installaties of buurtwarmtepompen zo min mogelijk ruimte in beslag nemen, bijvoorbeeld door installaties ondergronds aan te leggen of door te onderzoeken of multifunctioneel ruimtegebruik mogelijk is. Negatieve effecten kunnen niet volledig gemitigeerd worden, omdat er altijd bovengronds ruimtegebruik nodig blijft.

4.1.8 Archeologie en cultuurhistorie

4.1.8.1 Archeologie

Voor alle onderzoeksvarianten waarbij de grond open moet voor de aanleg van het systeem (onderzoeksvariant 2 t/m 5) geldt dat negatieve effecten gemitigeerd kunnen worden door de gemeentelijke archeologische monumenten, aanwezige of te verwachten archeologische waarden en de terreinen met een hoge en middelhoge archeologische verwachtingswaarde te ontzien. Plan eventuele ingrepen in plaats daarvan in de gebieden met een lage archeologische verwachtingswaarde of in al bestaande tracés. Hierbij hebben bestaande tracés de voorkeur, omdat de bodem hier al aantoonbaar geroerd is en daarmee geen archeologische waarden te verwachten zijn.

Voer daarnaast voor ingrepen ter plaatse van de terreinen met een hoge en middelhoge archeologische verwachtingswaarde een bureauonderzoek en zonodig verkennend booronderzoek (IVO-O) uit. Voor gebieden met een lage archeologische verwachtingswaarde dient per locatie afgewogen te worden of een archeologisch onderzoek te verantwoorden is. Archeologisch onderzoek geeft inzicht in de opbouw van de ondergrond en de aanwezigheid en diepte van eventuele archeologische waardes. Indien na een waardestelling blijkt dat er daadwerkelijk archeologische waardevolle resten aanwezig zijn, kan tijdens de uitvoering archeologische begeleiding van werkzaamheden plaatsvinden om deze resten veilig te stellen.

4.1.8.2 Cultuurhistorische waarden

Voor alle onderzoeksvarianten geldt dat voor de cultuurhistorische waarden regels gelden voor instandhouding. Het uitgangspunt is dat de cultuurhistorische waarden niet aangetast mogen worden. Wanneer aanpassingen nodig zijn, is een omgevingsvergunning een vereiste en zal de Adviescommissie omgevingskwaliteit Eindhoven de wijziging of aantasting van de cultuurhistorische waarden eerst moeten beoordelen.

Bij aanpassingen van cultuurhistorie is maatwerk geboden. Er zijn zeker aanpassingen denkbaar, mits deze met respect voor cultuurhistorische waarden worden ingepast. Voor alle alternatieven geldt dat installaties in de publieke ruimte (zoals transformatorhuisjes, buurtwarmtepomp, WOS) 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. Bij onderzoeksvariant 1 verdient het de voorkeur om lucht-water-warmtepompen aan de achterzijde of op andere minder in het oog springende locaties te positioneren.

Een cultuurhistorisch onderzoek, voorafgaand aan de planvorming en afgestemd met het erfgoedteam van de gemeente Eindhoven, kan helpen om de juiste en passende keuzes te maken. Op deze manier kunnen de cultuurhistorische waarden vroegtijdig en optimaal meegenomen worden in de afweging en planvorming. Hiermee zijn de (zeer) negatieve effecten te beperken tot een neutraal effect of zelfs om te vormen tot een positief effect.

4.1.9 Klimaat en energie

4.1.9.1 CO_2-besparing

Effecten in de gebruiksfase kunnen gemitigeerd worden door de elektriciteitsmix volledig te vergroenen. Voor de warmtepompen (onderzoeksvariant 1, 2 en 5) is het van belang dat er gebruik wordt gemaakt van een koudemiddel met een lage of geen impact op klimaatverandering. Bij warmtenetten (onderzoeksvarianten 3, 4 en 5) kunnen warmteverliezen worden geminimaliseerd door een zo laag mogelijke afgifte temperatuur, zowel door de buisleidingen als in het afgiftesysteem in huis. Bij het warmtenet met geothermie (onderzoeksvariant 3) kan de methaanuitstoot worden gemitigeerd door deze te herinjecteren of CO_2 af te vangen.

4.1.9.2 CO_2-uitstoot materialen en materieel

Om de uitstoot in de aanlegfase te mitigeren moet elektrisch materieel worden ingezet. Dit is zeker mogelijk voor het minder zware materieel, zoals het transport van materiaal. Voor zwaar materieel waar (nog) geen elektrische alternatieven voor zijn is het mogelijk om te kijken naar een zo efficiënt mogelijk gebruik of brandstoffen die minder uitstoten.

De milieu-impact van koper in warmtepompen zou verlaagd kunnen worden door minder van het materiaal te gebruiken door anders te ontwerpen en meer te recyclen. De gemeente kan hier mogelijk op sturen met door eisen op te nemen bij het collectief inkopen van warmtepompen, maar ook door zorgvuldig met het materiaal om te gaan aan het einde van de levensduur van de pomp.
Daarnaast is het mogelijk en nuttig om de milieu-impact van warmtepompen te verlagen, door in de eerste plaats in te zetten op koelmiddelen met een lagere impact op klimaatverandering. Bijvoorbeeld door natuurlijke koudemiddelen in te zetten, zoals propaan, isobutaan, CO_2 of ammoniak.[54] De milieu-impact van koudemiddelen erg afhankelijk van het type dat gebruikt wordt.
Voor alle onderzoeksvarianten kan de impact verlaagd worden door zoveel mogelijk hergebruikte materialen te gebruiken en de hoeveelheid staal in het algemene netwerk te beperken. Het raamwerk Het Nieuwe Normaal (HNN) biedt een richtlijn voor de materialentransitie. Hierin zijn onder andere de thema's ingebedde CO_2, herkomst van materialen en herbruikbaarheid in opgenomen.

4.1.9.3 Hulpenergie

Voor iedere onderzoeksvariant geldt dat hoe lager de afgifte temperatuur in de woning is en hoe beter de woning geïsoleerd is, hoe minder hulpenergie er nodig is om de warmte uit de lucht, de bodem of het water verder te verwarmen naar de gewenste afgifte temperatuur. Dit verschil is het grootste voor de onderzoeksvarianten met een lage brontemperatuur, zoals de lucht-water-warmtepomp (onderzoeksvariant 1) en het warmtenet met centrale warmtepomp (onderzoeksvariant 5).
Daarnaast hangt de hoeveelheid benodigde hulpenergie af van de efficiëntie van de gebruikte technologieën en de specifieke configuratie van het systeem, waaronder afgiftetemperatuur, grootte van gebouwen, en mate van isolatie, etc. Het is belangrijk om deze aspecten te overwegen bij het ontwerpen en implementeren van verwarmingssystemen met warmtepompen.

4.1.10 Circulariteit

Het meest schaarse materiaal dat wordt ingezet is koper voor warmtepompen. Door de systemen anders te ontwerpen of koper meer te recyclen kan de milieu-impact van dit metaal verlaagd worden. Koper is een materiaal dat makkelijk hergebruikt kan worden. Daarnaast zijn er een aantal materialen waar vooral veel van wordt gebruikt, zoals staal. Om de hoeveelheid materiaalgebruik te mitigeren kan zoveel mogelijk worden ingezet op hergebruik. Daarnaast kan ook in het algemeen gekeken worden of de systemen ontworpen kunnen worden op een manier waardoor er minder materiaalgebruik nodig is, of waardoor de gebruikte materialen goed gerecycled kunnen worden aan het einde van de levensduur. Het raamwerk Het Nieuwe Normaal[55] (HNN) biedt een richtlijn voor de materialentransitie. Hierin zijn onder andere de thema's ingebedde CO_2, herkomst van materialen en herbruikbaarheid in opgenomen.
Een tweede schaarse component zijn zeldzame metalen. Installaties zoals warmtepompen bevatten steeds meer slimme sensoren en sturingstechniek. EU en Rijk sturen steeds meer op onafhankelijkheid van landen als China en de VS op dit vlak. Door installaties modulair te ontwerpen zijn er geen nieuwe materialen nodig voor updates, onderhoud of vervanging.

Met nieuwe eigendoms- en contractvormen zoals leasing kunnen gemeente en gebouweigenaren dit stimuleren.

[54] Warmtepomp: tips en uitleg | Milieu Centraal
[55] Het Nieuwe Normaal | Cirkelstad

4.1.11 Hitte

Om het zeer beperkte effect van de extra bebouwing bij warmtenetten te voorkomen kan ervoor gekozen worden de extra bebouwing niet ten koste te laten gaan van groen en de warmteoverdrachtstations alleen te plaatsen op plekken die al versteend zijn. Of om deze stations te plaatsen in bestaande (openbare) gebouwen. Indien dit niet mogelijk is, kan het groen op een andere locatie in de buurt gecompenseerd worden. Daarnaast kan het ontwerp van de stations zo worden ingericht dat het effect zoveel als mogelijk beperkt wordt, bijvoorbeeld met een groen dak, groene gevel of aanplant van bomen rondom de stations. Hiermee is het negatieve effect van extra bebouwing te mitigeren tot een neutraal (0) effect.

4.2 Aanbevelingen

4.2.1 Aanscherpingen warmteprogramma

Nadat de effecten van de onderzoeksvarianten waren bepaald, hebben gemeente Eindhoven en TAUW in een werksessie besproken of er nog aanscherpingen op het concept warmteprogramma nodig waren of gevolgen heeft voor andere trajecten, zoals het Omgevingsplan. De uitkomsten hiervan staan in onderstaande tabel.

Tabel 4.1 Resultaten werksessie Aanscherping warmteprogramma

Thema	Aanpassing warmteprogramma
Klimaat en energie	Uit de mitigerende maatregelen komt naar voren dat de afgiftetemperatuur zo laag mogelijk moet zijn. Het warmteprogramma gaat hier al vanuit: heel de gemeente Eindhoven wordt zo veel mogelijk klaar gemaakt voor lage temperatuur warmte.
Geluid	De voorgestelde mitigerende maatregelen vragen aanpassing van het Omgevingsplan (deze regels zijn geen onderdeel van het warmteprogramma). Hierin worden regels opgenomen voor het plaatsen van warmtepompen. Daarnaast wordt met de mitigerende maatregelen het gebruik van elektrisch materieel gestimuleerd in de aanlegfase van warmtenetten (alternatief 3, 4 en 5). De gemeente volgt voor klein materieel al de routekaart Schoon en Emissieloos bouwen. Bovenstaande maatregelen vragen geen aanpassing van het Warmteprogramma, maar wordt wel meegenomen in de aanbesteding van de warmtenetten.
Ondergrond	De mitigerende maatregelen vragen om het overkoepelend regie houden op de bodem. In het centrum geldt al een masterplan Bodemenergie. Mede naar aanleiding van het planMER gaat de gemeente onderzoeken of dit masterplan uitgebreid kan worden naar andere delen van de gemeente. Voor specifieke ontwikkelingen zoals Stadhart Woensel wordt een locatiespecifiek bodemenergieplan opgesteld. De mogelijkheid moet uiteindelijk landen in een bodemprogramma. Daarnaast zal de gemeente ruimtelijke beleidsregels over de omgang met warmtenetten opnemen in het Omgevingsplan. De mitigerende maatregelen zijn daarmee geen onderdeel van het warmteprogramma, maar worden meegenomen in andere trajecten.
Water	De mitigerende maatregelen zijn vooral voor alternatief 4 van belang. De mitigerende maatregelen sluiten aan op de richtlijnen van de STOWA en deze zijn of worden meegenomen in het Omgevingsplan. Daarnaast stelt de gemeente in samenwerking met Waterschap de Dommel een waterenergieplan op.

Thema	Aanpassing warmteprogramma
	Hierin worden uitgangspunten voor toepassing van aquathermie opgenomen en als bijlage bij het warmteprogramma samen met het warmteprogramma vastgesteld. Daarmee wordt een belangrijk onderdeel mitigatie vastgesteld met het warmteprogramma. Richting ontwerpfase wordt dit i.s.m. het Waterschap geconcretiseerd.
Luchtkwaliteit	De voorgestelde mitigerende maatregelen vragen aanpassing van het Omgevingsplan. Hierin worden regels opgenomen voor het plaatsen van warmtepompen. Deze regels zijn geen onderdeel van het Warmteprogramma en het Warmteprogramma wordt er niet op aangepast (alleen evt. het Omgevingsplan). Daarnaast wordt met de mitigerende maatregelen het gebruik van elektrisch materieel gestimuleerd in de aanlegfase van warmtenetten (alternatief 3, 4 en 5). De gemeente volgt voor klein materieel al de gunningsmethodiek Schoon en Emissieloos bouwen. Bovenstaande maatregelen vragen geen aanpassing van het Warmteprogramma, maar wordt wel meegenomen in de aanbesteding van de warmtenetten.
Groen & natuur	De mitigerende maatregelen van natuur vragen om een aanpak die breder kijkt dan alleen het warmteprogramma. Het vraagt een aanpak van integraal programmeren. De gemeente is bezig deze aanpak te ontwikkelingen en gangbare praktijk te maken. De uitkomsten uit dit planMER geven aanleiding extra aandacht te besteden aan het integraal programmeren en om alle milieuthema's expliciet mee te nemen in het afwegingsmodel dat de gemeente ontwikkelt voor gebruik in uitvoeringsplannen. Daarnaast werd er in eerste instantie vanuit de mitigerende maatregelen benoemd dat kabels en leidingen zoveel mogelijk gebundeld moeten worden. Hierop is het warmteprogramma aangepast. Dit voorstel is in het warmteprogramma meegenomen. Dit is ook verwerkt in het planMER.
Circulariteit	De gemeente heeft het doel om in 2050 volledig circulair te zijn. Dit doel is echter nog niet tot nauwelijks uitgewerkt. Daarbij zijn er nog te veel vraagtekens wat dit op nationaal, regionaal en lokaal niveau betekent. Bij nieuwe projecten hanteert Eindhoven het principe van Het Nieuwe Normaal. Daarnaast maakt Eindhoven voor sommige materialen gebruik van het regionale materialennetwerk. Alleen zijn er op dit moment nog te veel vraagtekens over hoe dit precies ingevuld gaat worden. Dit moet verder uitgewerkt worden in het Omgevingsbeleid en specifieke gebieds- en projectkaders. Het proces van de planMER voor het Warmteprogramma geeft aanleiding hier extra aandacht aan te besteden, maar het Warmteprogramma zelf is niet aangepast.
Ruimtelijke kwaliteit	Het uitwerken van de warmtetransitie is een ontwerpopgave. De mitigerende maatregelen van ruimtelijke kwaliteit vragen om een aanpak die breder kijkt dan alleen het warmteprogramma. Het vraagt een aanpak van integraal programmeren. De gemeente is bezig deze aanpak te ontwikkelingen en gangbare praktijk te maken. De uitkomsten uit dit planMER geven aanleiding extra aandacht te besteden aan het integraal programmeren en om alle milieuthema's expliciet mee te nemen in het afwegingsmodel dat de gemeente ontwikkelt voor gebruik in uitvoeringsplannen.

Thema	Aanpassing warmteprogramma
Archeologie en cultuurhistorie	Het uitwerken van de warmtetransitie ten opzichte van het thema archeologie en cultuurhistorie is een ontwerpopgave. In de gemeente Eindhoven is het al gangbaar beleid dat een Omgevingsvergunning getoetst wordt door de Adviescommissie Omgevingskwaliteit. Het warmteprogramma is daarom niet aangepast.
Hitte	De mitigerende maatregelen voor het tegengaan van hitte zijn een ontwerpopgave. De mitigerende maatregelen van hitte vragen om een aanpak die breder kijkt dan alleen het warmteprogramma. Het vraagt een aanpak van integraal programmeren. De gemeente is bezig deze aanpak te ontwikkelen en er gangbare praktijk van te maken. De uitkomsten uit dit planMER geven aanleiding extra aandacht te besteden aan het integraal programmeren en om alle milieuthema's expliciet mee te nemen in het afwegingsmodel dat de gemeente ontwikkelt voor gebruik in uitvoeringsplannen. Daarnaast heeft de gemeente mede n.a.v. dit planMER de koelteladder opgenomen in het warmteprogramma en een koelte-aanpak opgenomen uit te voeren in de planperiode. Ten slotte komt er een gemeentelijk programma klimaatadaptatie waarin de koeltevraag centraal staat. De uitkomsten van dit planMER en het Warmteprogramma worden daarin meegenomen.

4.2.2 Algemene aanbevelingen

Uit het proces van het opstellen van het MER zijn de volgende aanbevelingen voor het vervolg naar voren gekomen.

Hitte en koeltevraag

Door klimaatverandering stijgt de gemiddelde temperatuur, waarbij het stedelijk hitte-eilandeffect zorgt voor extra opwarming in versteende gebieden. Dit leidt naar verwachting tot een toenemende vraag naar koeling. Daarom is binnen het warmteprogramma een aparte aanpak voor koeling geformuleerd, die aansluit bij het bredere programma klimaatadaptatie van de gemeente Eindhoven. Het is aan te bevelen om in het klimaatadaptatieprogramma expliciet aandacht te besteden aan de effecten van actieve koeling. Warmtetechnieken die ook kunnen koelen, zoals airco's, stoten namelijk warmte uit naar de buitenruimte, wat lokaal kan bijdragen aan hittestress. Het integraal meenemen van deze effecten draagt bij aan een robuuste en toekomstbestendige inrichting van de stad.

Uitvoering warmtetransitie

Het warmteprogramma is pas de eerste stap in de warmtetransitie. In de wijkuitvoeringsplannen worden pas definitieve techniekkeuzes gemaakt, met definitieve verankering in het omgevingsplan middels inzet van de aanwijsbevoegdheid. Houd richting de uitvoering de milieueffecten continue in de gaten en besteed in het proces van de wijkuitvoeringsplannen aandacht aan de bredere milieueffecten. Houd bijvoorbeeld rekening met de ruimtelijke inpasbaarheid (zowel boven- als ondergronds). Besteed daarbij specifiek aandacht aan de ligging van waterleidingen en maak inzichtelijk waar deze leidingen precies liggen voordat er een keuze wordt gemaakt voor een warmtenet. De ligging van (drinkwater)leidingen kan de ruimte in de ondergrond zo beïnvloeden dat de mogelijkheid voor een warmtenet in het gedring komt. Zeker bij wijken met een smal straatprofiel.

5 Impact aircogebruik

De warmtetransitie richt zich op het verduurzamen van de verwarming van gebouwen. Daarbij wordt sterk ingezet op het verbeteren van de isolatie van woningen om warmteverlies en daarmee energieverbruik te beperken. Tegelijkertijd leidt klimaatverandering tot een toename van het aantal warme dagen en nachten, waardoor de koeltevraag toeneemt. Dit is terug te zien in de sterke toename van het aantal huishoudens met een airco. Een belangrijks aandachtspunt in de warmtetransitie is dat door de betere isolatie van woningen deze in de zomer hun warmte moeilijker kwijt kunnen, wat het risico op hittestress vergroot en de koeltevraag doet toenemen. In Nederland is over het algemeen nog onvoldoende aandacht voor de koeling van woningen.

5.1 Toename koeltevraag en aircogebruik

De individuele koeltevraag is afhankelijk van verschillende factoren, waaronder persoonlijke temperatuurvoorkeuren, activiteiten (slapen, werken, eten), gebouwfactoren (o.a. isolatieniveau, oriëntatie, schaduw op de gevel), gedrag, en het klimaat. De koeltevraag van huishoudens is het beste af te lezen uit de stroomvraag, omdat koelsystemen vaak een elektrische basis hebben. Het aantal airconditioningsystemen neemt de afgelopen jaren toe. TNO schat dat 16%-20% van de huishoudens in Nederland op dit moment een koelsysteem heeft, waarvan 55-70% mobiele airco is. De verwachting is dat de koeltevraag als gevolg van klimaatverandering verder toe zal nemen, waardoor meer koelsystemen aangeschaft gaan worden. Een significant deel hiervan zullen airco’s zijn. In onderzoek van TNO (2024) wordt geschat dat er in 2030 6,3 miljoen airco’s zullen zijn.

De groei van het aantal airco’s is om meerdere redenen te beschouwen als onwenselijk. Zo gebruiken airco’s veel energie. Wanneer het aantal airco’s de komende jaren blijft toenemen, zal het totale energieverbruik sterk stijgen. TNO verwacht dat het elektriciteitsverbruik van airco’s tussen 2022 en 2030 zal verdrievoudigen (van 1,6 naar 4 PJ). Gezien de huidige netcongestie zorgt dit extra energieverbruik voor een verdere belasting van het elektriciteitsnet. Daarnaast heeft aircogebruik meerdere nadelige milieueffecten, die in de paragrafen hierna aan bod komen.

5.2 Milieueffecten aircogebruik

Hieronder beschrijven we de effecten van een toenemend aantal airco’s op de relevante milieuthema’s.

5.2.1 Geluid en trillingen

Een airco heeft, net als een lucht-water-warmtepomp, een buitenunit die geluid produceert. Om geluidshinder voor omwonenden te voorkomen zijn regels opgenomen in het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl). Er geldt voor installaties voor warmte- of koudeopwekking (zoals een warmtepomp of airco) dat het geluid hiervan op de perceelgrens niet boven de wettelijke grens mag uitkomen – maximaal 40 dB(A) in de avond en nacht, en 45 dB(A) overdag. Plaatsing op het dak of op een berging beperkt het geluid in de buitenomgeving. Ook kunnen aanvullende maatregelen zoals een akoestische omkasting of aanvullende afscherming (zoals een volledig gesloten erfafscheiding) getroffen worden om zo overlast te voorkomen of te minimaliseren. Een ongunstige afstelling, gebrekkige installatie of onderhoud of veroudering van de installatie kan daarnaast tot een hoger geluidsniveau leiden.[56]

[56] Effect cumulatie geluid warmtepompen op wijkniveau | Peutz, 2025

Voor trillingen als gevolg van bouw- en sloopwerkzaamheden staan in het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) regels voor het verrichten van deze werkzaamheden in de dagperiode. De regels gaan onder meer over het beperken van trillinghinder voor omwonende. De aanleg van airco's heeft in de regel een zeer beperkte impact op trillingen. De werkzaamheden die nodig zijn voor de installatie, zoals het boren van gaten in gevels, het plaatsen van leidingen of het bevestigen van buitenunits, veroorzaken korte, lokale trillingen die vergelijkbaar zijn met regulier klein bouw- en montagewerk.

5.2.2 Luchtkwaliteit

Bij het gebruik van een airconditioningsystemen vindt geen uitstoot van NO_2 of fijnstof plaats. De installatie werkt op elektriciteit en bevat geen verbrandingsproces waarbij verontreinigende stoffen vrijkomen. De koeling vindt plaats via een gesloten koudemiddelcircuit, waardoor er in de gebruiksfase geen uitstoot van schadelijke stoffen naar de buitenlucht plaatsvindt. Wel kan er sprake zijn van een indirect effect. Airco's verbruiken elektriciteit, en de opwekking daarvan kan, afhankelijk van de energiebron, gepaard gaan met emissies van NO_2 en fijnstof. Bij een toename van het aantal airco's en het bijbehorende elektriciteitsverbruik kan dit indirect leiden tot een hogere uitstoot in de energiesector. Hierdoor dragen airco's niet lokaal, maar op systeemniveau mogelijk bij aan luchtverontreiniging

Airco's kunnen ook verwarmen. Wanneer daarvan gebruik wordt gemaakt in plaats van verwarming met gas, verminderen ze de uitstoot van fijnstof ten opzichte van de referentiesituatie waarin gas wordt verbrand.

5.2.3 Bodem

Airco's hebben zelf geen directe invloed op de bodem. De installaties worden bovengronds geplaatst, bijvoorbeeld aan gevels, op daken of als binnen- en buitendelen, en maken geen gebruik van ondergrondse systemen. Daardoor veroorzaken ze geen fysieke of thermische veranderingen in de bodem.

Bij grootschalig gebruik van airco's kan echter wel een indirect effect op de bodem ontstaan. De extra vraag naar elektriciteit, met name tijdens warme periodes, kan leiden tot een grotere verzwaring van het elektriciteitsnet. Voor deze netverzwaring moeten nieuwe kabels worden aangelegd, bestaande tracés worden uitgebreid en mogelijk extra transformatorstations worden gerealiseerd. Deze werkzaamheden gaan gepaard met graafwerkzaamheden en ingrepen in de ondergrond. Dit kan leiden tot verstoring van de bodemstructuur, tijdelijk ruimtebeslag en mogelijke effecten op andere functies in de ondergrond, zoals groenvoorzieningen of bestaande infrastructuur. Hierdoor hebben airco's indirect, via de benodigde netuitbreiding, wel effect op de bodem.

5.2.4 Ruimtelijke kwaliteit

De aanwezigheid van buitenunits van airco's kan leiden tot verrommeling van het straatbeeld. Dit is afhankelijk van de locatie waar de airco wordt geplaatst. Verrommeling kan worden voorkomen door de airco zo te plaatsen dat deze niet zichtbaar is vanaf de straat of door de airco te verbergen met een omkasting.

5.2.5 Cultuurhistorie

Net als bij lucht-water-warmtepompen, geldt dat bij onzorgvuldige montage van de buitenunit van een airco kan leiden tot schade aan panden. Voor de vele monumenten in de gemeente Eindhoven (153 inschrijvingen in het Rijksmonumentenregister, 557 gemeentelijke monumenten en 302 cultuurhistorisch waardevolle objecten, waarvan het grootste deel gelegen in de binnenstad) betekent deze mogelijke schade een fysieke aantasting van de cultuurhistorische waarde(n) van het monument. De buitenunit van de airco en benodigde extra transformatorhuisjes kunnen ook de visuele waarde van cultuurhistorische gebouwen en elementen aantasten.

5.2.6 CO_2-besparing

Het gebruik van een airco voor verwarming kan in sommige situaties leiden tot een lagere CO_2-uitstoot, maar dit geldt alleen wanneer de airco wordt ingezet als alternatief voor gas én volledig wordt gevoed met groene stroom. In de praktijk is de Nederlandse stroommix echter nog niet volledig duurzaam, waardoor extra elektriciteitsverbruik vaak alsnog tot meer CO_2-uitstoot leidt. Bovendien is een airco minder efficiënt dan een cv-ketel bij het leveren van warmte, waardoor er relatief meer energie nodig is. Voor koeling geldt dat een airco geen CO_2-voordeel oplevert, tenzij de benodigde elektriciteit volledig duurzaam wordt opgewekt. Daarnaast vraagt een airco om extra materialen en koelmiddelen die een negatieve milieu-impact kunnen hebben. Hierdoor moet de conclusie over CO_2-reductie met airco's sterk worden genuanceerd.

5.2.7 CO_2-uitstoot materialen

Koelmiddelen spelen een cruciale rol in apparaten die koelen of verwarmen, zoals airconditioners, warmtepompen en koelkasten. Net als bij lucht-water-warmtepompen, kunnen er bij de productie en installatie van koudemiddel voor airco's broeikasgassen vrijkomen. Koudemiddelen zijn chemicaliën die worden gebruikt om warmte te verplaatsen, zoals HFK's en HCFK's. De precieze hoeveelheid broeikasgassen is afhankelijk van het soort koudemiddel dat gekozen wordt. Daarnaast is ook materiaal nodig voor de installaties van airco's. De milieu-impact van materiaalgebruik van airco's is vergelijkbaar met lucht-water-warmtepompen.

5.2.8 Hittestress

Airco's worden gebruikt om binnenruimtes te koelen. Hierbij wordt warme lucht uitgeblazen naar de buitenlucht, waardoor deze opwarmt. In dichtbebouwde, versteende gebieden blijft die extra warmte vaak hangen, waardoor de temperatuur op straat verder oploopt. Aangezien airco's met name worden gebruikt op hete dagen, is dit effect extra ongewenst en kan dit tot een toename van hittestress leiden.[57] Daarnaast kan er een vicieuze cirkel ontstaan, waarbij de extra opwarming van de buitentemperatuur zorgt voor een toename in airco's en dat weer zorgt voor extra opwarming.

5.3 Duurzame koelmaatregelen

De inrichting van de buitenruimte heeft veel invloed op de binnentemperatuur. Een groene leefomgeving is koeler dan zeer versteende gebieden. Grote bomen zorgen via verdamping en schaduwwerking voor een koelvermogen van 20 – 30 kW, wat gelijk staat aan tien airco's.
Ook het woningontwerp kan helpen om woningen koel te houden. Voorbeelden van maatregelen van een klimaatadaptief woningontwerp zijn de toevoeging van overkappingen voor schaduw, het beperken van de hoeveelheid glas op het zuiden, zonwerend glas en het toepassen van

[57] AMS Institute - Cooling systems can increase city temperatures during extreme heat events

groendaken of witte pvc-daken in plaats van zwarte bitumen daken[58]. Andere voorbeelden van energie efficiëntere maatregelen om de binnentemperatuur te verlagen zijn onder meer goede buitenzonwering en nachtventilatie. Die beperken de opwarming van de woning. Deze maatregelen verbruiken minder energie dan een airconditioningsysteem.

Het gedrag van bewoners heeft een grote invloed op de binnentemperatuur. Door overdag deuren, gordijnen en ramen gesloten te houden, de zonwering omlaag te laten, kunnen bewoners actief helpen om de woning koel te houden.

Wanneer desondanks een koelvraag blijft bestaan, wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van passieve koeling. Dit is mogelijk bij (Z)LT-warmtenetten (zonder collectieve opwaardering) en bodem-water-warmtepompen. Beide technieken hebben de mogelijkheid om het huis enkele graden te koelen. Dit gebeurt door koud water in plaats van warm water door de leidingen te laten lopen. Normale radiatoren hebben niet de mogelijkheid om te koelen. Zeer lage temperatuur (ZLT) radiatoren kunnen dit wel. Alhoewel deze technieken gebruikt kunnen worden voor de koeling van de woning, is het koelingseffect lager dan een airco. De temperatuur is 2-3 °C te verlagen met koudenetten en warmtepompen[59].

5.4 Koelte-aanpak gemeente Eindhoven

De gemeente Eindhoven erkent dat de koeltevraag toeneemt, en stelt daarom een koelte-aanpak op, als onderdeel van het programma Klimaatadaptatie. Een goede koelte-aanpak is namelijk breder dan het Warmteprogramma. Het is een combinatie van beleid op de thema's gezondheid, wonen, energietransitie en de inrichting van de openbare ruimte.

Zoals beschreven in het Warmteprogramma (4.1.4 Koelte-aanpak) wil de gemeente airconditioning zoveel mogelijk voorkomen vanwege het energieverbruik, geluidsoverlast en negatieve effecten op de buitenruimte. De gemeente volgt de Ladder van Verkoeling van OSKA, waarin de volgende voorkeursvolgorde van koeling wordt gehanteerd:

- Verkoelende omgeving (groen, water, schaduw)
- Voorkomen van hitte-intrede (zonwering, oriëntatie)
- Passieve koeling (bv. ventilatie, bodem-water-warmtepompen)
- Actieve koeling (airco)

6 Doelbereik

De omgevingsvisie vormt het kader voor al het opvolgende beleid voor de fysieke Leefomgeving voor de gemeente. Veel van de uitwerking van de ambities van de omgevingsvisie zal via programma's gebeuren, waaronder het warmteprogramma. In het planMER bij de omgevingsvisie (hyperlink) is voor elke ambitie bepaald in hoeverre de doelen naar verwachting bereikt worden met het beleid uit de omgevingsvisie. In dit hoofdstuk gaan we in op in hoeverre het warmteprogramma bijdraagt aan de stadsbrede ambities uit de Omgevingsvisie van Eindhoven, of waar het warmteprogramma wellicht wringt met bepaalde ambities. Daarnaast gaan we in op de beïnvloedingsruimte van de gemeente. Oftewel, waar is de gemeente zelf aan zet en waar is de gemeente afhankelijk van andere partijen.

[58] Koudetechnieken: het koel houden van gebouwen | Nationaal Programma Lokale Warmtetransitie
[59] Koudetechnieken: het koel houden van gebouwen | NPLW

Wanneer bijvoorbeeld woningeigenaren een grote rol spelen is de beïnvloedingsruimte van de gemeente kleiner dan wanneer de gemeente zelf een grote rol vervult. In Tabel 6.1 is per deelambitie uit de omgevingsvisie uitgewerkt hoe het warmteprogramma bijdraagt en welke mate van invloed de gemeente daarin heeft.

Tabel 6.6.1 Doelbereik warmteprogramma

Deelambitie	Onderdelen deelambities	Bijdrage warmteprogramma aan deelambitie	Toelichting bijdrage van warmteprogramma
Eindhoven als toekomstbestendige stad: een klimaatadaptieve, gezonde, biodiverse en duurzame stad	In 2040 is Eindhoven een […] stad met veel nieuw groen en water.		De warmtetransitie vraagt veel ruimte die ten koste kan gaan van (openbaar) groen. Vooral bij onderzoeksvarianten 3, 4 en 5. Bij variant 2 kan groen in tuinen ten koste gaan van de warmtepomp en. Dat zijn dan hele kleine stukjes, maar die bij elkaar opgeteld wel veel groen kunnen kosten. Ook tijdelijke werkzaamheden, zoals het aanleggen van een warmtenet kunnen (tijdelijk) zorgen voor het weghalen van groen. Bij variant 1 is er geen invloed op openbaar groen. Mate van invloed: de mate van invloed is bij onderzoeksvarianten 3 en 4 hoog, omdat de gemeente de regie heeft over plaatsing van de installaties en stations. Bij variant 2 is de mate van invloed van de gemeente laag, omdat er in tuinen van inwoners gegraven moet worden. Voor variant 5 is de mate van invloed gemiddeld tot hoog, afhankelijk van of de gemeente de aanleg van buurtwarmtenetten faciliteert of inwoners de vrijheid geeft. De gemeente kan regels opstellen voor de aanleg.
	De openbare ruimte is aantrekkelijk voor mensen van alle leeftijden.		Niet van toepassing, er is geen relatie tussen deze ambitie en het warmteprogramma.
	We wekken zo veel mogelijk energie zelf op en gebruiken geen fossiele brandstoffen voor		Het warmteprogramma draagt positief bij aan de deelambitie en is juist specifiek gericht op het stoppen van het gebruik van fossiele brandstoffen voor verwarming.

Deelambitie	Onderdelen deelambities	Bijdrage warmteprogramma aan deelambitie	Toelichting bijdrage van warmteprogramma
	verwarming en vervoer.		Mate van invloed: de mate van invloed is hoog, omdat de gemeente zelf sturing heeft op de wijze van het verwarmen van huizen via het warmteprogramma.
Eindhoven als toekomstbestendige stad: een klimaatadaptieve, gezonde, biodiverse en duurzame stad	We streven naar een volledig circulaire economie in 2050 en willen het gebruik van primaire abiotische grondstoffen in 2030 halveren.		Voor de aanleg van alle varianten wordt materiaal verwijderd (zoals CV-ketels), en is nieuw materiaal nodig voor elke verwarmingstechniek. Daarnaast kost het isoleren van woningen veel materiaal. Het warmteprogramma zet in op het gebruik van bio-based materialen voor isoleren via collectieve inkoop, maar schetst geen kader voor het circulair aanleggen van bijvoorbeeld warmtenetten en het inkopen van warmtepompen. Mate van invloed: de mate van invloed verschilt per onderzoeksvariant. Bij varianten 3 en 4 is de mate van invloed relatief hoog, omdat de gemeente eisen kan stellen aan de circulariteit van de warmtenetten. Kanttekening hierbij is echter dat de gemeente afhankelijk is van nationale mogelijkheden voor circulair inkopen en afhankelijk is van de markt. Bij de inkoop van individuele warmtepompen, varianten 1 en 2, heeft de gemeente nauwelijks invloed, tenzij ze collectieve inkoop aanbieden. Bij variant 5 is de invloed gemiddeld, omdat de gemeente hier via regels eisen zou kunnen stellen.
	Het vervoer in de stad is schoon en actief.		Het warmteprogramma vraagt in de aanlegfase van met name warmtenetten om extra verkeersbewegingen. De gemeente heeft de mogelijkheid in aanbestedingen van warmtenetten schoon vervoer te eisen. In het centrumgebied geldt al een zero-emissiezone voor alle voertuigen in 2030, waardoor in de binnenstad de

Deelambitie	Onderdelen deelambities	Bijdrage warmteprogramma aan deelambitie	Toelichting bijdrage van warmteprogramma
			aanlegfase met emissieloze werktuigen gebeurt. De mate van invloed is hoog bij varianten 3 en 4, omdat de gemeente de mogelijkheid heeft in aanbestedingen van warmtenetten het gebruik van emissieloze werktuigen te eisen. Op het vervoer van warmtepompen naar alle woningen heeft de gemeente geen invloed, omdat iedere woningeigenaar zelf de aanleg regelt. Daarom is de invloed bij onderzoeksvarianten 1 en 2 laag. Bij onderzoeksvariant 5 is de mate van invloed gemiddeld, afhankelijk van of de gemeente de aanleg voornamelijk faciliteert of dit bij woningeigenaren neerlegt.
	Eindhoven is goed bereikbaar met verschillende vervoermiddelen, zowel regionaal, nationaal als internationaal. Ook voor digitaal verkeer beschikken we over hoogwaardige kanalen.		Niet van toepassing, er is geen relatie tussen deze ambitie en het warmteprogramma.
Eindhoven als stad voor iedereen: een sociale, inclusieve en gastvrije stad	Er zijn meer woningen gebouwd in gezonde en veilige buurten. Deze woningen zijn betaalbaar […] en voor iedereen is er een passende woning te vinden.		Niet van toepassing, omdat het warmteprogramma zich richt op bestaande woningen. Deze ambitie is gericht op nieuwbouw.
	In de wijken heerst saamhorigheid, mensen kennen elkaar en de		Niet van toepassing, er is geen relatie tussen deze ambitie en het warmteprogramma.

Deelambitie	Onderdelen deelambities	Bijdrage warmteprogramma aan deelambitie	Toelichting bijdrage van warmteprogramma
	openbare ruimte nodigt uit tot ontmoeting en beweging.		
	De kwaliteit en leefbaarheid van de wijken is hoog.		Woningen goed isoleren en aardgasvrij maken draagt bij aan de gezondheid van de mensen die in de woningen wonen. Hoewel de warmtetransitie investeringen vraagt, zorgt de warmtetransitie uiteindelijk voor een lagere prijs voor warmte. De mate van invloed is gemiddeld. De gemeente stuurt weliswaar zelf op het aardgasvrij krijgen van de bestaande woningen. Maar er zijn veel andere factoren die bijdragen aan de kwaliteit en leefbaarheid van wijken vanuit beleid en maatregelen buiten de warmtetransitie. Er is daarbij geen onderscheid tussen de verschillende alternatieven.
	Overal zijn voldoende basisvoorzieningen, zoals de supermarkt, huisarts, scholen en groen.		Niet van toepassing, er is geen relatie tussen deze ambitie en het warmteprogramma.
Eindhoven als hart van de Brainportregio: een innovatieve, economische wereldspeler waar iedereen meedoet	Het vestigingsklimaat in de stad is verbeterd en de werkmilieus […] floreren en vullen elkaar aan.		Koploper zijn in een duurzame en stabiele warmte- en energievoorziening draagt bij aan een positief vestigingsklimaat. Het kan extra bedrijven aantrekken die duurzame ambities hebben of niet afhankelijk willen zijn van fossiele brandstoffen. Het warmteprogramma maakt de warmtevoorziening stabieler ten opzichte van de situatie waarin we afhankelijk zijn van fossiele brandstoffen, die ook deels uit het buitenland komt. Daarnaast draagt het warmteprogramma positief bij aan het vestigen van werknemers, doordat het warmteprogramma

Deelambitie	Onderdelen deelambities	Bijdrage warmteprogramma aan deelambitie	Toelichting bijdrage van warmteprogramma
			verduurzaming (en daarmee verbetering) van bestaande woningbouw stimuleert. Dat maakt het aantrekkelijker voor werknemers om te wonen in Eindhoven. De mate van invloed is hier gemiddeld, omdat het vestigingsklimaat van verschillende aspecten afhankelijk is.
	Eindhoven is een plek waar je wilt zijn: een levendige stad waar je kunt winkelen, van cultuur genieten, ontspannen en recreëren.		Niet van toepassing, er is geen relatie tussen deze ambitie en het warmteprogramma.
Eindhoven als stad in ontwikkeling: een veranderende stad met oog voor eigenheid en historie	Het verleden, heden en de toekomst zijn op een respectvolle manier verweven in onze stad.		De warmtetransitie kan tot aantasting leiden van specifieke ruimtelijke kwaliteiten van een buurt, tenzij de installaties goed zijn ingepast. Eindhoven is een industriestad. Een deel van het erfgoed is industrieel en biedt kansen om ook de onderdelen die nodig zijn voor de warmtetransitie in te passen. Daarnaast is de warmtetransitie van belang voor een duurzame toekomst, en maakt het de stad een stad van de toekomst. Mate van invloed: de mate van invloed bij de onderzoeksvarianten 3 en 4 is hoog, omdat de gemeente hier zelf maatregelen kan treffen gericht op de esthetische inpassing van bovengrondse installaties binnen wijken. Bij alternatieven 1 en 2 is de mate van invloed gemiddeld. Deze alternatieven worden aangelegd op privaat terrein, maar de gemeente kan hier wel kaders voor opstellen. Bij onderzoeksvariant 5 is de invloed gemiddeld, omdat de gemeente hier regels voor op kan stellen, gericht op een goede inpassing.

7 Leemten in kennis

In de effectstudies zijn een aantal leemten in kennis geconstateerd. Deze leemten in kennis leiden niet tot een andere richting van de effectbeoordeling, maar zijn wel relevant voor de interpretatie van de resultaten. In het vervolgproces wordt met deze onzekerheden omgegaan door monitoring, nadere uitwerking in vervolgfases (zoals wijkuitvoeringsplannen) en periodieke actualisatie van het warmteprogramma. Hiermee blijft ruimte om bij te sturen op basis van nieuwe inzichten. Hiermee vormen de leemten in kennis geen belemmering voor verdere besluitvorming met betrekking tot de voorkeurswarmteoplossing.

Onzekerheden in ontwikkelingen
Er bestaan onzekerheden in de ontwikkeling van de toekomstige warmte- en koeltevraag, onder andere als gevolg van klimaatverandering, isolatie van gebouwen en gebruiksgedrag. Deze ontwikkelingen zijn bepalend voor de benodigde energie-infrastructuur en de bijbehorende milieueffecten. Daarnaast zijn er onzekerheden in de prestaties en toepassingsmogelijkheden van technieken, onder andere door technische ontwikkelingen. Ook de ontwikkeling van het elektriciteitsnet en de beschikbare netcapaciteit zijn van invloed op de toepasbaarheid van varianten.

Stadsbrede kwalitatieve effectbeoordeling
De effectbeoordeling is kwalitatief van aard en sluit aan bij het abstractieniveau van het warmteprogramma. Het warmteprogramma is richtinggevend voor de uitwerking van uitvoeringsplannen op gebiedsniveau. Meer gedetailleerde effectbeoordeling, kwantificering van effecten en toetsing daarvan moet plaatsvinden bij de uitwerking van uitvoeringsplannen voor specifieke locaties. De effecten die zich uiteindelijk in de praktijk voor zullen doen, moeten op basis van monitoring en evaluatie in beeld gebracht worden, zoals besproken in Hoofdstuk 9 Monitoring en evaluatie.

Oppervlaktewater
Een belangrijke leemte in kennis betreft het ontbreken van voldoende inzicht in de effecten van filters van TEO-systemen (Thermische Energie uit Oppervlaktewater) op het aquatisch ecosysteem. Deze kennis is essentieel om te kunnen bepalen wat het maximaal te onttrekken debiet uit het watersysteem kan zijn voor warmtelevering, zonder dat dit schadelijke ecologische gevolgen heeft. De eerste resultaten van onderzoek in de Sloterplas[60] laten zien dat het effect van onttrekking van de TEO-installatie sterk afhankelijk is van de gevoeligheid en veerkracht van het ecosysteem. Vooralsnog is niet te zeggen hoeveel debiet een TEO-installatie kan onttrekken zonder ecologische impact, omdat dit ook afhangt van andere factoren, zoals de doorstroming. Naar verwachting worden in de loop van 2026 nieuwe onderzoeksresultaten beschikbaar die meer duidelijkheid geven. Daarnaast is nog onvoldoende bekend hoe het verkoelende effect van TEO zich verhoudt tot de opwarming van het water als gevolg van klimaatverandering. Wel is vastgesteld dat verkoeling in het voorjaar een negatief effect kan hebben op de ontwikkeling van waterplanten, wat aangeeft dat het ecologische effect van TEO sterk seizoensgebonden is.[61]

[60] Dit onderzoek is in opdracht van Hoogheemraadschap van Rijnland, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV) in samenwerking met Gemeente Amsterdam, Rijkswaterstaat, Provincie Noord-Holland, STOWA, Bosman Watermanagement.

[61] Handreiking voor beoordeling van ecologische effecten van TEO-systemen. Deltares, 2024. https://publications.deltares.nl/11210320_025_0001.pdf

Geluid
Bij het aspect Geluidshinder wordt de indicator Cumulatieve geluidshinder gebruikt. De subjectieve beleving van mensen wordt hierbij niet onderzocht. Er is nog weinig onderzoek gedaan naar de verschillen tussen cumulatieve en subjectieve geluidservaring bij grootschalige toepassing van lucht-water-warmtepompen in verschillende stedelijke contexten. Echter hebben verschillende studies aangetoond dat blootstelling aan continu achtergrondgeluid onder andere kan leiden tot verhoogde stressniveaus, slaapstoornissen en een negatieve invloed kan hebben op de mentale gezondheid. Het zou daarom goed zijn om impact van langdurige blootstelling aan achtergrondgeluid van luchtwarmtepompen op de gezondheid en subjectieve beleving te onderzoeken.

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 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. Daarnaast wordt beschreven dat het toevoegen van verharding door aanleg van warmteoverdachtstations en andere installaties, het stedelijk hitte-eiland kan toenemen. Hoe groot dit effect precies is op de buitentemperatuur, is niet bekend.

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 onderzoeksvarianten 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 specifieke onderzoeksvariant is niet onderzocht in dit plan-MER. In de praktijk zal niet één specifiek onderzoeksvariant breed worden uitgerold, maar een mix van bronnen worden ingezet. In samenwerking met de Enexis zou de impact van deze bronnenmix, de daarvoor benodigde netverzwaring op specifieke locaties en het effect op de bestaande netcongestie moeten worden onderzocht.

8 Monitoring en evaluatie

Monitoring en evaluatie zijn nodig om te kunnen bepalen of de voorspelde effecten ook daadwerkelijk uitkomen zoals verwacht, of juist positiever of negatiever uitvallen. Als effecten negatiever uitpakken, is het van belang bij te sturen door maatregelen in te zetten of beleid aan te passen. De volgende paragraaf benadrukt het belang van monitoring en beschrijft hoe de effecten van de warmtetransitie (kunnen) worden gemonitord. Daarbij geldt dat monitoring in sommige gevallen verplicht is.

8.1 Belang monitoring

De daadwerkelijk optredende effecten van de onderzoeksvarianten kunnen om verschillende redenen anders blijken dan in dit planMER omschreven wordt. Dit kan bijvoorbeeld het gevolg zijn van:

- Aanpassing van de gehanteerde onderzoeksvarianten
- Onvoorziene effecten
- Andere ontwikkelingen binnen de leefomgeving
- Nieuwe inzichten
- Nieuwe, efficiëntere technieken die in de loop van de tijd beschikbaar komen

Door te monitoren maak je inzichtelijk of effecten op het milieu optreden zoals verwacht, of dat milieunormen worden overschreven. Op basis van dit inzicht kan besloten worden of er bijsturing of ingrijpen nodig is. Dit kan leiden tot het inzetten van maatregelen achter de hand, aanpassingen binnen bestaande plannen of nieuwe (deel)plannen. Het is tevens belangrijk in de communicatie richting belanghebbenden, zoals inwoners. Bovendien kan monitoring en evaluatie bijdragen aan het verbeteren van de kwaliteit van toekomstige milieuevaluaties.

Monitoring is met name belangrijk wanneer:

- De effecten onzeker zijn
- Er een leemte in kennis is
- Ontwikkelingen nog onzeker zijn

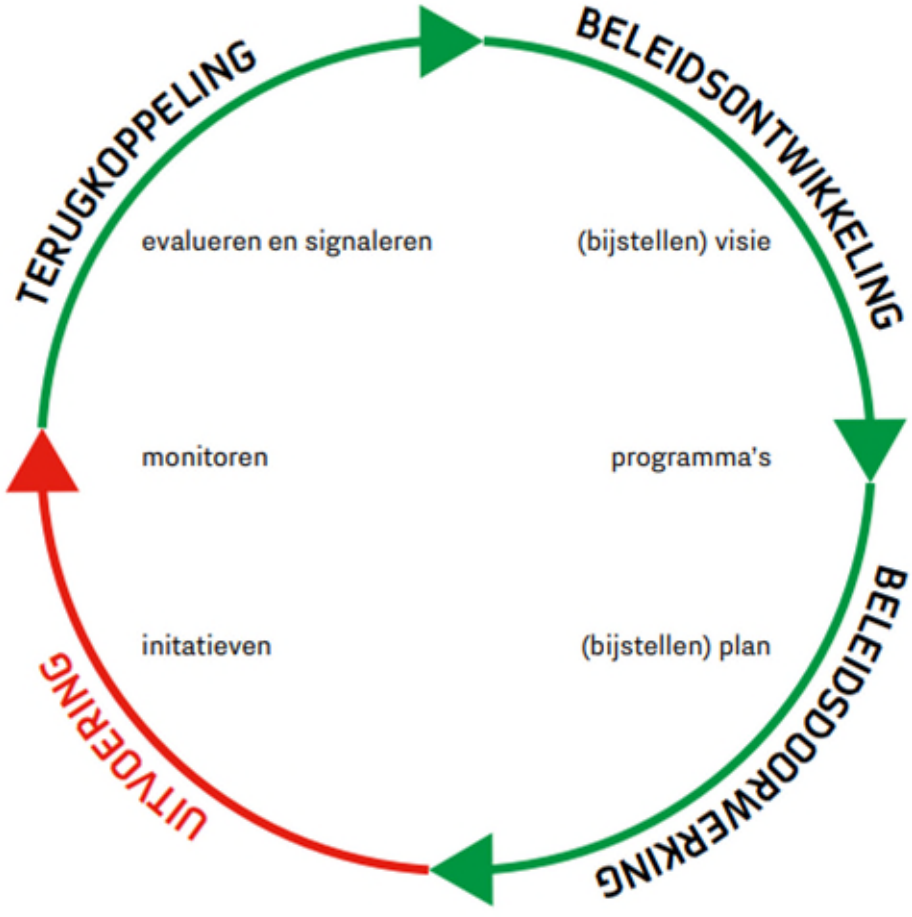
8.2 Monitoringsstrategie gemeente Eindhoven

Met de planning en control cyclus (P&C-cyclus) plant, monitort en stuurt gemeente Eindhoven op jaarlijkse basis haar beleid, uitvoering en financiën bij. Hierin worden financiële en niet-financiële indicatoren bijgehouden. Ook een aantal milieu-indicatoren worden hierin bijgehouden, zoals bijvoorbeeld inwonerstevredenheid over openbaar groen, aantal bomen en concentraties PM10 en PM2,5. Zie ook Begroting 2025 Eindhoven.

De Omgevingsvisie van Eindhoven is het overkoepelend strategische kader voor de ontwikkeling, het gebruik, het beheer en de bescherming van de fysieke leefomgeving. Met de Omgevingsvisie heeft de gemeente zich verbonden aan de ambities en opgaven die in de omgevingsvisie zijn beschreven. De gemeente verwerkt het beleid en de keuzes uit de visie in verschillende beleidsstukken, zoals omgevingsprogramma's, gebiedsontwikkelingen en het omgevingsplan. De gemeente houdt de doelen en ambities uit de omgevingsvisie in de gaten door ontwikkelingen te monitoren. Dit is onderdeel van de beleidscyclus (Figuur 8.1). Op basis hiervan kan beleid bijgesteld worden.

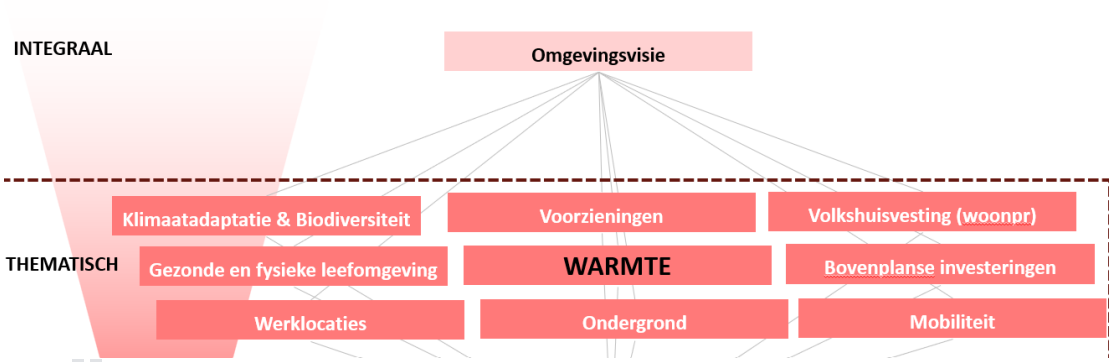
De Omgevingsvisie vormt het strategisch kader voor de ruimtelijke en fysieke ontwikkeling van de stad. Vanuit dit kader zijn in het Ontwikkelperspectief Eindhoven (OPE) de belangrijkste doelen en opgaven verder uitgewerkt en ruimtelijk geconcretiseerd. Het OPE biedt daarmee een brug tussen de langetermijnambities uit de Omgevingsvisie en de uitvoering in de praktijk. Om de voortgang op deze doelen te volgen, werkt de gemeente toe naar een set van SMART-geformuleerde doelstellingen en bijbehorende effectenindicatoren. Deze indicatoren worden waar mogelijk gekoppeld aan de bestaande planning- en controlcyclus (P&C-cyclus), zodat voortgangsrapportages, beleidsbijstellingen en begrotingsafwegingen hierop kunnen worden gebaseerd.

Voor de monitoring maakt de gemeente gebruik van meerdere datagedreven instrumenten. Het OPE speelt hierin een centrale rol en biedt inzicht in de ruimtelijke ontwikkeling van de stad op verschillende schaalniveaus. Daarnaast worden aanvullende monitoringstools ingezet zoals de Buurtkijker en het plannings- en monitoringssysteem voor stedelijke CO_2-reductie, zoals opgenomen in het Klimaatplan 2026–2030.



Figuur 8.1 Beleidscyclus gemeente Eindhoven

De gemeente Eindhoven monitort de effecten van ontwikkelingen via de thematische programma's die uit de Omgevingsvisie volgen. De gemeente heeft/gaat negen verschillende thematische programma's opstellen, zoals in het figuur hieronder weergegeven. Het warmteprogramma is een van die thematische programma's. Naast de monitoring uit de P&C cyclus en het OPE, kunnen de thematische programma's aanvullende monitoringsmaatregelen voorzien op het eigen thema. Zo wordt door de thematische programma's geborgd dat de monitoring op elk thema volledig en doeltreffend is. Hiermee houdt de gemeente goed in de gaten hoe de stad ontwikkelt en monitoren ze de omgevingswaarden.



Figuur 8.2 Thematische omgevingsprogramma's van de gemeente Eindhoven, volgend uit haar Omgevingsvisie

8.3 Monitoring en evaluatie warmteprogramma

Een warmteprogramma moet elke vijf jaar herzien worden. De gemeente Eindhoven is verantwoordelijk hiervoor. Hierbij moeten de voortgang van het programma en de optredende milieueffecten geëvalueerd worden op basis van monitoring. Daarnaast moet getoetst worden of de autonome ontwikkeling heeft plaatsgevonden en of er nieuwe autonome ontwikkelingen zijn die invloed hebben op de uitvoering van de warmtetransitie. Op deze manier toetst de gemeente of het warmteprogramma blijft aansluiten bij de behoeften en ontwikkelingen in de stad. 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.

Voor sommige warmtetechnieken is monitoring verplicht in de aanleg- en/of gebruiksfase.

- Bij diepe geothermie moet voorafgaand aan de boring een uitgebreid geologisch onderzoek en een locatiespecifieke risicoanalyse op geïnduceerde seismiciteit worden uitgevoerd, gecontroleerd door SodM. Ook via de omgevingsvergunning worden regels voor bodembescherming en monitoring vastgelegd. Tijdens de gebruiksfase van de diepe geothermie wordt, volgens een putintegriteitsplan, continu gemonitord om lekkages en schade aan bodem en grondwater te voorkomen
- Bij WKO moet in de aanlegfase trillingshinder worden gemonitord of beperkt met trillingsvrije technieken. Tijdens de gebruiksfase is voortdurende monitoring verplicht: bij WKO volgens BRL 11000 om de effectiviteit en grondwaterkwaliteit te controleren

Hieronder staan een aantal aanbevelingen voor monitoring van het Warmteprogramma van Eindhoven:

- Optredende milieueffecten kunnen gemonitord worden met behulp van een monitoringsmatrix. In de monitoringsmatrix kan de gemeente per indicator aangeven hoe deze gemonitord dient te worden: op welk schaalniveau, op welke wijze (rekenmodel, toezicht, metingen, etc.) en met welke frequentie (doorlopend, jaarlijks, eenmalig)
- Met behulp van de Digital Twin en het OPE kunnen ruimtelijke milieueffecten gemonitord of gemodelleerd worden, zoals hittestress, bodemenergie en ondergrondse interferentie en bovengronds ruimtegebruik. We adviseren de gemeente hierbij in te zetten op een koppeling van milieuthema's aan de bestaande ruimtelijke datalagen in de Digital Twin
- Efficiëntie en onderscheidende kenmerken per alternatief: Tijdens de uitvoering van het Warmteprogramma kunnen nieuwe of efficiëntere aardgasvrije alternatieven ontstaan. Het is belangrijk om hier tijdig inzicht in te krijgen, samen met innovatieve partners, om te beoordelen of nieuwe technologieën kunnen bijdragen aan het verminderen van negatieve milieueffecten. De innovatiesnelheid kan bovendien sterk verschillen per alternatief
- De woningbouwopgave van de gemeente Eindhoven: Het MER gaat in op de huidige bebouwing in de gemeente Eindhoven. Het is van belang om de wijze waarop nieuwbouw impact heeft op de warmtevraag inzichtelijk te houden
- 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. Daarnaast wordt, zoals ook in het Waterenergieplan is aangegeven, aanbevolen om de verandering in watertemperatuur als gevolg van koudelozingen te monitoren. Daarbij is het belangrijk om ook het effect hiervan op het aquatisch ecosysteem in beeld te brengen. Tevens wordt geadviseerd om de effecten van toegepaste filters op de biologische waterkwaliteit te volgen, aangezien hierover nog kennis ontbreekt, zoals beschreven in Hoofdstuk 8
- Geothermie:
  - De aanlegfase: 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
  - De gebruiksfase: Het risico's op bevingen tijdens het gebruik van geothermie is laag mits aan een aantal voorwaarden wordt voldaan en de juiste maatregelen worden genomen. Er wordt geadviseerd om de microseismiciteit in de gebruiksfase te monitoren. Mocht gekozen worden voor geothermie in Eindhoven dan is het belangrijk om te monitoren op microseismiciteit
  - Monitoring van lekkages van boorvloeistof of formatiewater: 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 het maximale geluidsniveau bij lucht-water-warmtepompen: Er wordt geadviseerd om te monitoren of de maximale geluidsniveaus, inclusief tonaliteitscorrectie, voor warmtepompen in de praktijk ook nageleefd worden

- Monitoring naleving BRL richtlijnen: Het wordt geadviseerd te monitoren en handhaven op de naleving van BRL richtlijnen, deze richtlijnen stellen expliciete eisen aan werkzaamheden in bodem waardoor negatieve effecten op de bodemkwaliteit, grondwater en drinkwater kunnen worden voorkomen
- Een indicator die zeer negatief scoort, wordt gezien als kritisch aandachtspunt en behoeft daarom prioriteit in de monitoring. Dit houdt in dat de ontwikkeling van deze indicator nauwlettend en frequent moet worden gevolgd bij de toepassing van bepaalde warmtetechnieken, zodat vroegtijdig kan worden bijgestuurd en passende maatregelen kunnen worden genomen om verslechtering te voorkomen. De volgende stap na het warmteprogramma is dat gemeente Eindhoven met gebiedsgerichte aanpakken toewerkt naar uitvoeringsplannen. In deze plannen wordt een warmteoplossing uitgewerkt voor een specifiek gebied. In het uitvoeringsplan wordt de monitoring concreet ingevuld, toegespitst op de betreffende locatie en techniek

Kenmerk R001-1303766JAB-V01-agv-NL

Bijlage 1 HSAO

Huidige situatie en autonome ontwikkelingen (HSAO) PlanMER warmteprogramma

Gemeente Eindhoven

30 juni 2026

Kenmerk R002-1303766JAB-V01-sss-NL

Verantwoording

Titel	Huidige situatie en autonome ontwikkelingen (HSAO) PlanMER warmteprogramma
Opdrachtgever	Gemeente Eindhoven
Projectleider	Esther Snepvangers
Auteur(s)	Marloes Belgers Jacqueline Banken Britt Kwantes Esther Snepvangers Aletta Versluis Jean-Pierre van Mulken Mark in 't Veld Nadine van Geersdaele Alex van der Tuin Susanne Boon Adrie van Hooff Martijn Brinkman Rowie aan den Wiel Casper Bennink
Tweede lezer	Joost de Jong
Kenmerk	R002-1303766JAB-V01-sss-NL
Aantal pagina's	102
Datum	30 juni 2026
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

TAUW bv
Australiëlaan 5
Postbus 3015
3502 GA Utrecht
T +31 30 28 24 82 4
E info.utrecht@tauw.com

Kenmerk R002-1303766JAB-V01-sss-NL

Inhoud

1 Inleiding 7
1.1 Huidige situatie 8
1.2 Autonome ontwikkeling 8
2 Geluid en trillingen 15
2.1 Algemeen 15
2.2 Cumulatieve geluidshinder 16
2.2.1 Toelichting 16
2.2.2 Huidige situatie 17
2.2.3 Autonome ontwikkeling 20
2.3 Trillingen 22
2.3.1 Toelichting 22
2.3.2 Huidige situatie 23
2.3.3 Autonome ontwikkeling 24
3 Elektromagnetische velden 24
3.1 Algemeen 24
3.2 Elektromagnetische velden 24
3.2.1 Toelichting 24
3.2.2 Huidige situatie 26
3.2.3 Autonome ontwikkeling 26
4 Lucht 27
4.1 Algemeen 27
4.2 Stikstofdioxide 27
4.2.1 Toelichting 27
4.2.2 Huidige situatie 28
4.2.3 Autonome ontwikkeling 29
4.3 Fijnstof - PM10 29
4.3.1 Toelichting 29
4.3.2 Huidige situatie 30
4.3.3 Autonome ontwikkeling 30
4.4 Fijnstof - PM2,5 31

4.4.1 Toelichting 31
4.4.2 Huidige situatie 32
4.4.3 Autonome ontwikkeling 32
5 Bodem en ondergrond 33
5.1 Algemeen 33
5.2 Kwaliteit boven- en ondergrond 34
5.2.1 Toelichting 34
5.2.2 Huidige situatie 34
5.2.3 Autonome ontwikkeling 37
5.3 Indicator grondwater 38
5.3.1 Toelichting 38
5.3.2 Huidige situatie 39
5.3.3 Autonome ontwikkeling 40
5.4 Ondergronds ruimtegebruik 40
5.4.1 Toelichting 40
5.4.2 Huidige situatie 41
5.4.3 Autonome ontwikkeling 44
6 Water 46
6.1 Indicator drinkwater in leidingen 46
6.1.1 Toelichting 46
6.1.2 Huidige situatie 46
6.1.3 Autonome ontwikkeling 46
6.2 Indicator oppervlaktewater 46
6.2.1 Toelichting 46
6.2.2 Huidige situatie 47
6.2.3 Autonome ontwikkeling 49
7 Groen & natuur 54
7.1 Algemeen 54
7.2 Beschermde soorten 54
7.2.1 Toelichting 54
7.2.2 Huidige situatie 54
7.2.3 Autonome ontwikkeling 56

7.3 Beschermde gebieden - Natura 2000 56
7.3.1 Toelichting 56
7.3.2 Huidige situatie 56
7.3.3 Autonome ontwikkeling 60
7.4 Beschermde gebieden - Natuurnetwerk Nederland 60
7.4.1 Toelichting 60
7.4.2 Huidige situatie 60
7.4.3 Autonome ontwikkeling 61
7.5 Stadsgroen en multifunctioneel groen 61
7.5.1 Toelichting 61
7.5.2 Huidige situatie 61
7.5.3 Autonome ontwikkeling 62
8 Ruimtelijke kwaliteit 63
8.1 Algemeen 63
8.2 Zichtbaarheid en beleving 64
8.2.1 Toelichting 64
8.2.2 Huidige situatie 64
8.2.3 Autonome ontwikkeling 73
8.3 Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte 76
8.3.1 Toelichting 76
8.3.2 Huidige situatie 76
8.3.3 Autonome ontwikkeling 77
9 Archeologie en cultuurhistorie 78
9.1 Algemeen 78
9.2 Archeologische waarden 78
9.2.1 Toelichting 78
9.2.2 Huidige situatie 79
9.2.3 Autonome ontwikkeling 83
9.3 Cultuurhistorische waarden 83
9.3.1 Toelichting 83
9.3.2 Huidige situatie 84
9.3.3 Autonome ontwikkeling 88

10 Klimaat en energie 88
10.1 Algemeen 88
10.2 CO_2-besparing 88
10.2.1 Toelichting 88
10.2.2 Huidige situatie 89
10.2.3 Autonome ontwikkeling 90
10.3 CO_2-uitstoot materialen en materieel 92
10.3.1 Toelichting 92
10.3.2 Huidige situatie 92
10.3.3 Autonome ontwikkeling 93
10.4 Hulpenergie 93
10.4.1 Toelichting 93
10.4.2 Huidige situatie 94
10.4.3 Autonome ontwikkeling 94
11 Circulariteit 95
11.1 Algemeen 95
11.2 Materiaalgebruik 95
11.2.1 Toelichting 95
11.2.2 Huidige situatie 96
11.2.3 Autonome ontwikkeling 97
12 Hitte 97
12.1 Algemeen 97
12.2 Effect op hittestress 98
12.2.1 Toelichting 98
12.2.2 Huidige situatie 98
12.2.3 Autonome ontwikkeling 101

1 Inleiding

Voor u ligt de beschrijving van de huidige situatie en autonome ontwikkelingen (HSAO). Dit is een bijlage bij het milieueffectrapport (MER) bij het warmteprogramma van de gemeente Eindhoven. In onderstaande tabel 1.1 is het beoordelingskader voor dit MER opgenomen. Het beoordelingskader geeft aan van welke milieuthema's en indicatoren de effecten van het warmteprogramma in beeld worden gebracht.

Per thema is een hoofdstuk in dit rapport opgenomen met een beschrijving van de huidige situatie en de autonome ontwikkeling.

Tabel 1.1 Beoordelingskader planMER Warmteprogramma gemeente Eindhoven

Thema	Indicator
	Cumulatieve geluidshinder
Geluid en trillingen	Schade en hinder door trillingen
Elektromagnetische velden	Elektromagnetische velden
Luchtkwaliteit	Stikstofdioxide (NO_2)
	Fijnstof (PM10)
	Fijnstof (PM2,5)
Bodem en ondergrond	Kwaliteit boven- en ondergrond
	Grondwater
	Ondergronds ruimtegebruik
Water	Drinkwater in leidingen
	Oppervlaktewater
Groen & natuur	Beschermde soorten
	Beschermde gebieden - Natura 2000
	Beschermde gebieden - Natuurnetwerk Nederland
	Stadsgroen en multifunctioneel groen
Ruimtelijke kwaliteit	Zichtbaarheid en beleving
	Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid in de openbare ruimte
Archeologie en cultuurhistorie	Archeologische waarden
	Cultuurhistorische waarden
Klimaat en energie	CO_2 besparing
	CO_2 uitstoot materialen en materieel
	Hulpenergie
Circulariteit	Circulair materiaal gebruik
Hitte	Effect op hittestress

In het MER worden de milieueffecten van het warmteprogramma van de gemeente Eindhoven beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie: de huidige situatie en de autonome ontwikkeling (HSAO). In de referentiesituatie wordt de huidige situatie van het plangebied en omgeving beschreven en wordt aangegeven wat de zogenaamde autonome ontwikkelingen zijn. Dit zijn de ontwikkelingen die hier de komende 10 jaar plaats zullen vinden zonder dat de voorgenomen activiteit (dus het warmteprogramma) wordt uitgevoerd. De HSAO omvat zowel algemene trends (als klimaatverandering) en veranderingen die het gevolg zijn van vastgesteld beleid. Het zichtjaar is 2035, maar we maken een doorkijk naar 2050. Dat is het jaar waarin gemeenten aardgasvrij dienen te zijn.

1.1 Huidige situatie

Voor het MER wordt de referentiesituatie aan warmtevoorziening gelijk gesteld aan de huidige situatie in combinatie met de autonome ontwikkelingen. Alle ontwikkelingen op het gebied van warmte en aardgasvrij maken, zijn namelijk onderdeel van de voorgenomen activiteit. Er wordt bij de referentiesituatie uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- De levering van warmte blijft op het temperatuurniveau van 2020
- Alle huidige warmte-infrastructuur blijft behouden (bijvoorbeeld het aardgasnet, bestaande warmtenetten en bestaande warmtepompen)
- De bestaande gebouwen zullen richting 2050 gemiddeld rond de 20 % energie besparen op hun warmtevraag
- Ten gevolge van klimaatverandering neemt de warmtevraag af en de koelvraag neemt toe

1.2 Autonome ontwikkeling

Alle ontwikkelingen die te maken hebben met het aardgasvrij maken van de gemeente Eindhoven zijn onderdeel van het warmteprogramma. Voor het vergelijken van de referentiesituatie wordt uitgegaan van 2035 als zichtjaar. Wij gaan uit van de algemene autonome ontwikkelingen: woningbouw, toenemende warmte- en koudevraag, verzwaring van het elektriciteitsnet, klimaatverandering, toename van airco's en warmtepompen, en uitfasering van biomassa. Deze ontwikkelingen zijn onderstaand beschreven. Per thema kunnen de ontwikkelingen variëren en dit wordt in het planMER beschreven.

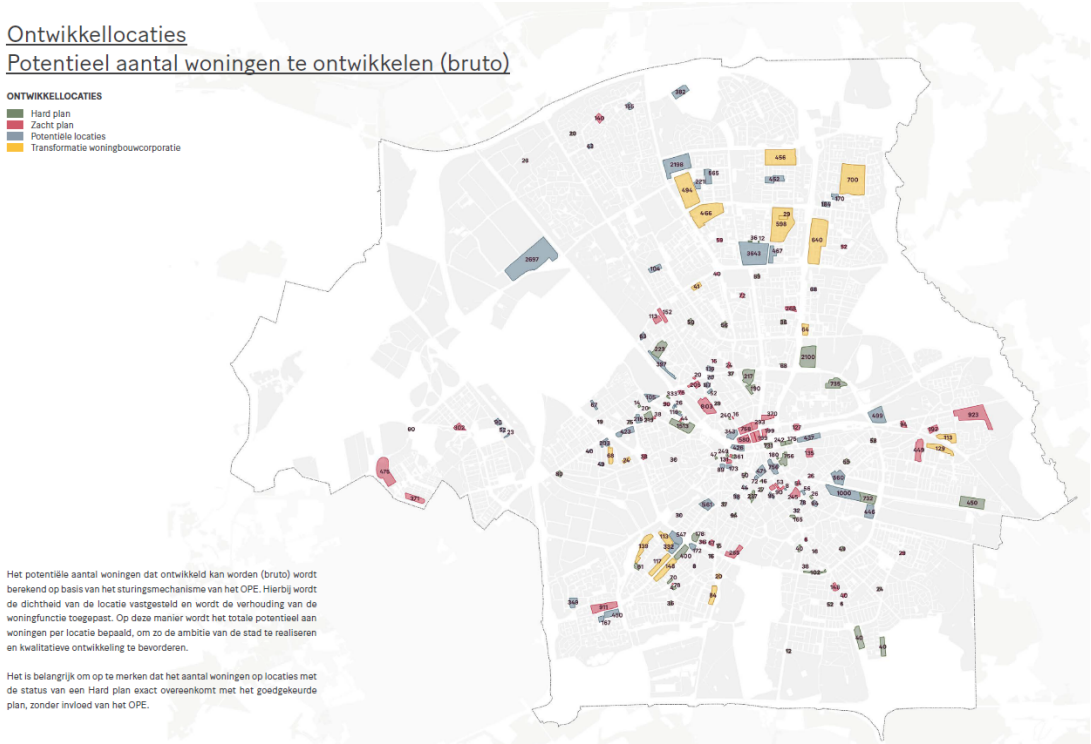
Woningbouw

In het Stedelijk Gebied Eindhoven (juni 2022) zijn afspraken opgenomen om de grote groei van de regio op te vangen. Concreet zijn voor het Stedelijk Gebied Eindhoven de volgende afspraken vastgelegd in het Verstedelijkingsakkoord:

- We realiseren 62.000 woningen en 72.000 nieuwe arbeidsplaatsen tussen 2018 en 2040 in de regio, waarvan 40.000 woningen en 36.000 nieuwe arbeidsplaatsen in Eindhoven.
- We zorgen voor voldoende betaalbare woningen, zoals afgesproken in de Woondeal.
- We kiezen zo veel mogelijk voor binnenstedelijke groei, en duurzaam vervoer.

De gemeente zet in op verdichting in bestaand bebouwd gebied, met name langs OV-knopen en voorzieningen. Het Ontwikkelperspectief Eindhoven 2040 (OPE) is een strategisch, ambtelijk beleidskader (niet bestuurlijk vastgesteld) dat de langetermijnvisie van de gemeente Eindhoven vertaalt naar concrete ruimtelijke kaders. Figuur 1.1 toont de indicatieve ontwikkellocaties uit het OPE. De gebieden KnoopXL, centrum, Strijp en Woensel-Zuid dragen ongeveer de helft bij aan

de woningopdracht. Duurzame stedelijke ontwikkeling wordt ondersteund met ruimte voor hoogwaardig openbaar vervoer ((H)OV), mobiliteitstransitie, verbetering van hoofdwegen en versterking van groen en landschapsstructuren, met aandacht voor klimaatadaptatie en energietransitie.



Figuur 1.1 Indicatieve kaart met ontwikkellocaties van potentieel aantal woningen te ontwikkelen (bruto). Bron: Ontwikkelperspectief Eindhoven 2040, gemeente Eindhoven.

Warmte- en koudevraag

De warmte- en koudevraag gaat toenemen als gevolg van de extra woningbouw in Eindhoven. De gemeente Eindhoven verwacht in 2050 een totale warmtevraag van 6.102 TJ van alle woningen en utiliteit (Figuur 1.2). Inclusief warmteverlies tijdens distributie via warmtenetten, is de totale warmtevraag 7.310 TJ[1].

Type vastgoed	2021	2021 -> 2050 Groei stad	2021 -> 2050 Besparing	2050
Woningen	4.142	+ 535 (13%)	- 872 (-21%)	3.805 (-8%)
Utiliteit	2.507	+ 225 (9%)	- 435 (-17%)	2.297 (-8%)
Totaal	6.649	+ 760 (11%)	- 1307 (20%)	6.102 (-8%)

Figuur 1.2 Verwachte ontwikkeling energievraag ruimteverwarming en tapwater in Eindhoven (TJ/jaar)

Door klimaatverandering verandert de verhouding tussen de warmte- en koudevraag in de gebouwde omgeving de komende decennia aanzienlijk. In woningen zal de vraag naar verwarming en koeling steeds dichter bij elkaar komen te liggen. Volgens ramingen van CE Delft bedraagt de huidige koudevraag in Nederland ongeveer 30% van de warmtevraag, en zal dit

[1] Waterenergieplan Eindhoven, potentie en kaders voor aquathermie. Gemeente Eindhoven en Waterschap De Dommel.

toenemen tot circa 80% in 2050[2]. In utiliteitsgebouwen kan de koelvraag zelfs groter zijn dan de warmtevraag in 2050. Voor Eindhoven betekent dit dat de totale koelvraag in dat jaar kan oplopen tot ongeveer 4.900 TJ, inclusief nieuwbouw. Voor nieuwbouw (zowel woningen als utiliteit) wordt er in het Water- en Energieplan van de gemeente uitgegaan van circa 440 TJ.

Netverzwaring

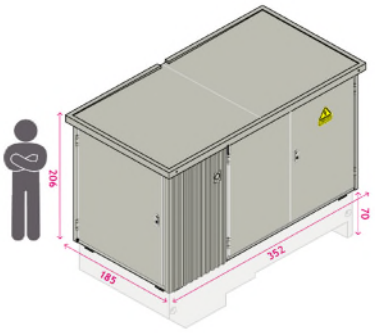
De belasting van het elektriciteitsnet in Eindhoven neemt de komende jaren sterk toe. Dit komt door de extra woningbouw binnen de gemeente. Die leidt tot een hogere vraag naar warmte en elektriciteit. Daarnaast leidt vooral de bredere elektrificatie van de samenleving tot meer netcongestie. Onder andere elektrisch koken en verwarmen, de groei van het aantal warmtepompen, de toename van laadbehoefte voor elektrisch vervoer en de snelle groei van decentrale opwek zoals zonnepanelen zorgen gezamenlijk voor hogere piekbelastingen op het net. Deze combinatie van een toenemende warmtevraag, elektrificatie en vergroting van gelijktijdige netbelasting vormt de directe aanleiding voor noodzakelijke netverzwaring richting 2035.

Om deze toenemende vraag te kunnen faciliteren, zet netbeheerder Enexis in op verzwaring van het elektriciteitsnet. Deze verzwaring heeft impact op de omgeving en de ondergrond, zo wordt er ingezet op extra trafohuisjes, nieuwe middenspanningstations en kabelverzwaring. Deze ontwikkelingen worden kort toegelicht. Deze ontwikkelingen zijn geen onderdeel van het warmteprogramma en vallen daarmee ook niet binnen de scope van het planMER. Desondanks worden de bovengrondse ontwikkelingen zoals trafohuisjes en middenspanningstations bij ruimtelijke kwaliteit in het planMER meegewogen.

Trafohuisjes

Om aan de toekomstige energievraag te kunnen voorzien, zijn er in de bestaande stad circa 912 trafohuisjes van 30 m^2 extra nodig. Daarbij komt nog de nieuwe infrastructuur voor nieuwbouwwoningen, voorzieningen en bedrijvenlocaties. Voor nieuwbouwwoningen wordt uitgegaan van 1 trafohuisje per 100 woningen. Daarom wordt er in totaal voor deze ontwikkelingen uitgegaan van een toename 400 trafohuisjes in de periode tot 2040. In figuur 1.3 zijn de afmetingen van verschillende trafohuisjes van Enexis opgenomen.

[2] CE_Delft_220429_Kansen-voor-warmte-koudenetten_def-1.pdf

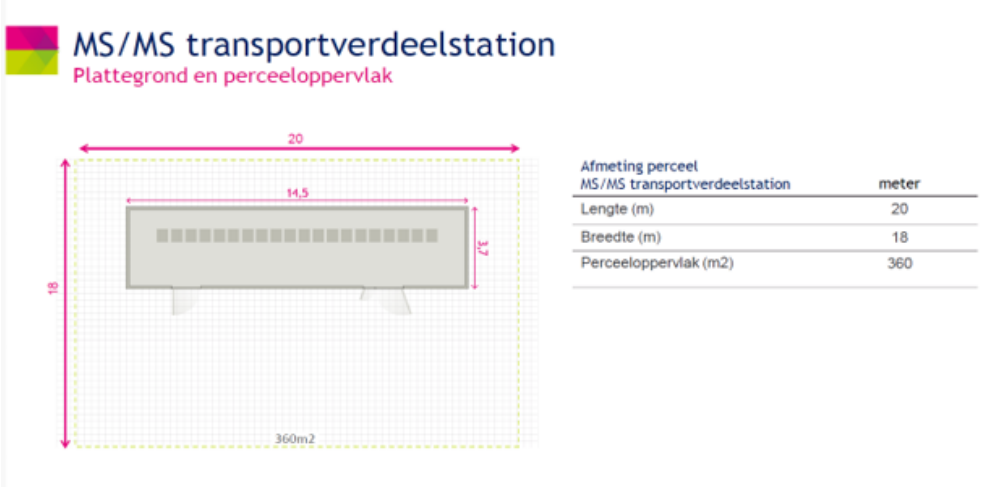


Afmeting MS/LS station	Pacto 10	Pacto 20	Pacto 25	GKP-S3
Lengte (cm)	290	352	356	285
Breedte (cm)	160	185	188	175
Hoogte (cm)	206	206	206	190
Diepte (cm)	70	70	70	60
Grondoppervlak (m^2)	23	31	26	26
Kabeltracé (3x)	1 meter	1 meter	1 meter	1 meter

Figuur 1.3 Afmetingen trafohuisjes (Bron: Enexis)

Middenspanningstations

De gemeente verwacht dat er de komende 10 jaar 15 nieuwe middenspanningsstations bij gaan komen. In de gemeente Eindhoven staan er momenteel 73.



Afmeting perceel MS/MS transportverdeelstation	meter
Lengte (m)	20
Breedte (m)	18
Perceeloppervlak (m2)	360

Figuur 1.4 Afmetingen middenspanningstation (Bron: Enexis)

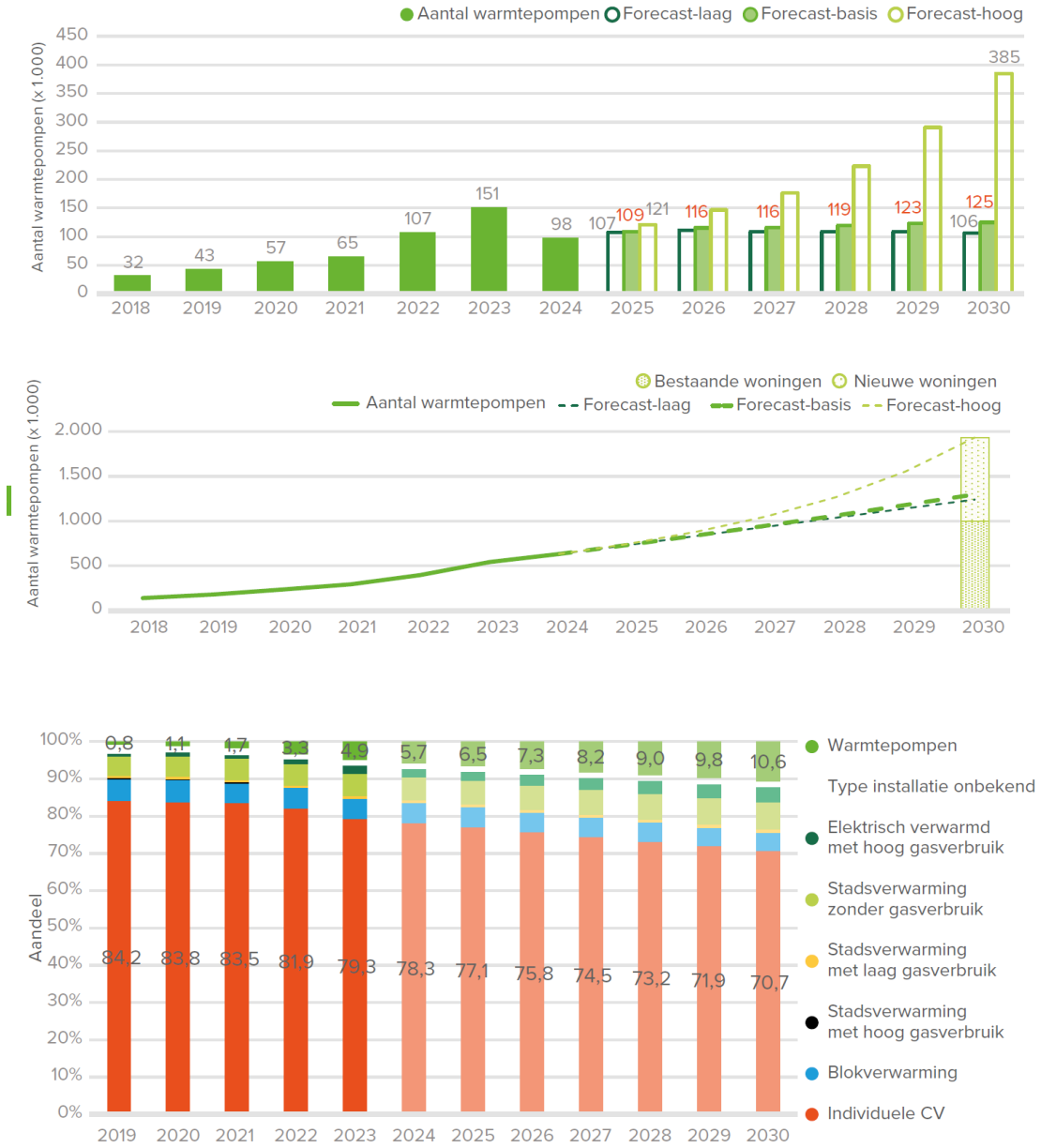
Kabelverzwaring

Om de netverzwaring mogelijk te maken, gaat de straat open voor kabelverzwaring voor laagspanning. Het gaat om ongeveer 600 km kabel verspreid door de stad. Het ruimtebeslag betreft in de breedte: 50 cm (op 60 cm diepte). Voor middenspanning kabels gaat het om ongeveer 200 km verspreid door de stad met een ruimtebeslag van gemiddeld 2 m op 80 cm diepte.

Warmtepompen

Dutch New Energy Research beschrijft in het Nationaal Warmtepomp Trendrapport 24/25 een verwachte toename van de verkoop van warmtepompen. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen drie scenario's: laag, basis en hoog. Het basisscenario houdt rekening met de huidige trends van verschillende technologieën van verwarmen en nieuwe huishoudens. Voor alle drie de scenario's is een toename van het aantal warmtepompen zichtbaar. Dit is te zien in de volgende

figuren. Er wordt daarom voor de autonome ontwikkelingen uitgegaan van een toename van het aantal warmtepompen in de gemeente Eindhoven.



Figuur 1.5 Autonome ontwikkelingen warmtepompen (Bron: Dutch New Energy Research)

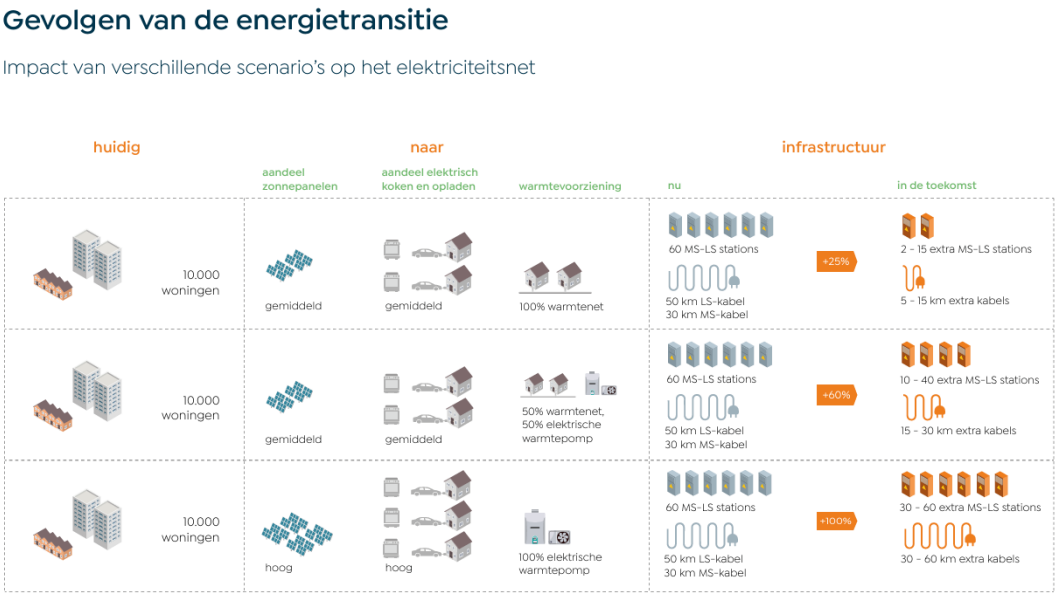
Tabel 1.1 Autonome ontwikkelingen warmtepompen in Eindhoven (Bron: Klimaatplan Eindhoven)

Autonome groei		***Verschil***
2017	*755*	
2018	*1533*	*778*
2019	*2337*	*804*
2020	*3728*	*1391*
2021	*4576*	*848*

2022	*6963*	*2387*
2023	*9348*	*2385*
2024	*9731,142857*	*383*
2025	*11119,64286*	*1389*
2026	*12508,14286*	*1389*
2027	*13896,64286*	*1389*
2028	*15285,14286*	*1389*
2029	*16673,64286*	*1389*
2030	*18062,14286*	*1389*

Scenario's

Er zijn door Enexis verschillende scenario's ontwikkeld voor de verhouding tussen het aandeel zonnepanelen, het aandeel elektrisch koken en opladen en het type warmtevoorziening (warmtenet en elektrische warmtepomp) in de toekomst. Deze verhoudingen beïnvloeden de hoeveelheid benodigde extra kabels en het aantal MS-LS stations, zie ook figuur 1.5. Deze ontwikkelingen zijn wijk-afhankelijk: een oude wijk met slechte isolatie kan bijvoorbeeld vragen om zwaardere elektrische verwarming.



Figuur 1.5 Ontwikkelscenario's energietransitie (bron: Enexis)

Klimaatverandering

Voor de autonome ontwikkeling klimaatverandering worden de KNMI'23-klimaatscenario's als leidend gezien.

Toename aircogebruik

Als gevolg van klimaatverandering neemt het aantal huishoudens met een airconditioner de laatste jaren snel toe. Uit onderzoek van TNO blijkt dat in 2021 zo'n 16 tot 19% van de huishoudens een vaste of mobiele airconditioner heeft[3]. Eindhoven telt 128.667 huishoudens, wat neerkomt op ongeveer 20.5000 tot 25.000 huishoudens met een airco. TNO schat dat in 2030 ruim 40% van de huishoudens over tenminste één airco beschikt, en dat deze trend zich daarna verder doorzet door de toenemende koeltevraag als gevolg van de temperatuurstijging. Op basis van deze landelijke trend in aircogebruik en de verwachte bevolkingsgroei in Eindhoven, zou het aantal huishoudens met een airco stijgen van 20.500 – 25.000 (huidig) tot minstens 62.000 huishoudens in 2035.

Uitfasering biomassa

Er zijn drie biomassacentrales in gebruik in Eindhoven, waarvan één in beheer van de gemeente. De gemeenteraad van Eindhoven heeft in 2020 besloten dat biomassa uit de energiemix in

[3] TNO voorziet forse groei energiegebruik van airco's

Eindhoven moet verdwijnen. Dit betekent dat voor alle drie de biomassacentrales wordt toegewerkt naar uitfasering. Voor de bio-energiecentrale in Meerhoven van de gemeente geldt dat het dat biomassa gebruik tot 70% afneemt na 2030. De precieze invulling en tijdlijn voor de volledige uitfasering van biomassa is nog niet bekend.[4]

2 Geluid en trillingen

2.1 Algemeen

De warmteoplossingen en -technieken hebben ruimtelijke consequenties die effect kunnen hebben op de geluidbelasting. De effecten van het Warmteprogramma Eindhoven op het thema geluid wordt beoordeeld aan de hand van de indicator gecumuleerd geluid. Deze indicator wordt hieronder kort toegelicht. Ook is beschreven waarom laagfrequent geluid niet wordt beoordeeld in het MER. De effecten van het thema trillingen worden beoordeeld aan de hand van de indicator 'hinder of schade door trillingen'.

Gecumuleerde geluid

Het effect van het Warmteprogramma op het thema geluid wordt beoordeeld aan de hand van de indicator gecumuleerd geluid, uitgedrukt in dB L_{den} (decibel Level Day-Evening-Night). Voor het Warmteprogramma Eindhoven kijken we naar het geluid van warmtepompen en andere installaties die bijdragen aan de warmtetransitie.

Voor verschillende geluidsoorten zijn er in het Omgevingsplan (OP), Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl), Besluit kwaliteit bouwwerken (Bbl), de Wet geluidhinder Wgh) en Wet luchtvaart (Wl) separate richt- en grenswaarden opgenomen. Globaal gaat het om de volgende geluidsoorten en regelingen:

- Industrielawaai op geluidgezoneerde industrieterreinen: Geregeld in Wgh, Bkl en OP
- Geluid van installaties en milieubelastende activiteiten (niet geluidgezoneerd): Geregeld in het Bkl en OP
- Geluid van windturbines: Geregeld in het Bkl en OP
- Geluid van individuele warmtepompen en airco's van woningen: Geregeld in het Bbl
- Geluid van bouw- en sloopwerkzaamheden: geregeld in het Bbl
- Geluid van verkeer: Geregeld in de Wgh[5] en het Bkl
- Geluid van vliegverkeer: Geregeld in de Wl

Daarnaast zijn er in het Bbl regels opgenomen voor de gevelwering van nieuwe geluidgevoelige gebouwen. Deze gelden voor het gezamenlijke geluid van bronnen. Bij de berekening van gezamenlijk geluid wordt, in tegenstelling tot bij berekenen van gecumuleerd geluid, geen correctie toegepast voor de specifieke hinderlijkheid van een geluidsoort.

Niet opgenomen in het MER: Laagfrequent geluid

Een bijzondere vorm van geluid die tot hinder kan leiden is laagfrequent geluid (LFG). LFG is geluid met zeer lage tonen te weten frequenties tussen 20 Hz en 100 tot 125 Hz. Geluid onder 20

[4] https://raadsinformatie.eindhoven.nl/document/14125516/1#search=%22uitfasering%20biomassa%22
[5] Voor provinciale wegen waarvoor nog geen geluidproductieplafonds zijn vastgesteld gelden in volgens het overgangsrecht de regels van de Wet geluidhinder

Hz wordt infrasoon geluid genoemd. Geluid boven deze 100/125 Hz is gewoon geluid. Er bestaat geen specifieke wet- en regelgeving voor LFG in Nederland. Voor het beoordelen van LFG bestaan wel twee richtlijnen; te weten de richtlijn Laagfrequent geluid van de Nederlandse Stichting Geluidhinder en de Vercammen-curve. LFG geluid manifesteert zich vaak als een brom- of zoemtoon, die niet alleen wordt waargenomen met de oren, maar ook gevoeld wordt (bijvoorbeeld als druk op de borst).

Bekende geluidbronnen die tot LFG-hinder op relatief grotere afstanden van de bron kunnen leiden zijn bijvoorbeeld verkeer (weg, rail en luchtvaart), (grote) industriële transformatoren en muziekgeluid van festivals. Op woning-/gebouwniveau kunnen bij onvoldoende akoestische of trillings-ontkoppeling ook bijvoorbeeld airco's, warmtepompen, cv-installaties en mechanische ventilatie tot LFG-hinder leiden. Verder is ook bekend dat er ook sprake kan zijn van LFG-fantoomgeluid ten gevolge van medische aandoeningen (bijvoorbeeld tinnitus). In dat geval is er geen sprake van een externe geluidbron.

LFG ten gevolge van kleine huisinstallaties, zoals warmtepompen en airco's, is relatief eenvoudig te voorkomen of te verhelpen is door de installatie akoestisch te ontkoppelen van constructiedelen en trillingvrij op te stellen. Toename van LFG-hinder ten gevolge van individuele installaties bij woningen zal daarmee geen issue (mogen) zijn voor de warmtetransitie. Ook is geen informatie bekend over de actuele hinder van LFG in Eindhoven.

LFG van grote transformatoren kan een rol spelen op relatief korte afstanden van de transformatoren. Ook hiervoor geldt dat wanneer hiermee in het ontwerp voldoende rekening wordt gehouden, een toename van LFG-hinder geen issue is (of mag zijn).

De toename van verkeer ten behoeve van een groengasfabriek is relatief ten opzichte van het bestaande verkeer beperkt. Daar komt bij dat het aandeel van elektrisch aangedreven vrachtwagens (zeker in centrumgebieden met veel woningen) in de toekomst steeds groter zal worden. Toename van LFG-hinder ten gevolge van transporten van en naar een groengasfabriek ligt daarom niet voor de hand.

Op basis van bovenstaande analyse achten wij het niet van belang om de effecten van LFG-hinder mee te nemen in de effectbeoordeling van het Warmteprogramma in dit MER.

2.2 Cumulatieve geluidshinder

2.2.1 Toelichting

Ongewenst geluid kan hinder en gezondheidsklachten geven. Geluid is opgenomen in het beoordelingskader van het OER en wordt gemeten aan de hand van cumulatie van alle geluidbronnen en de luchtkwaliteit (MGRi score). Het gaat hier om het gecumuleerde geluid van het gemiddelde geluidniveau per jaar van wegverkeer, treinverkeer, vliegtuigen, industrie en windturbines in dB (decibel).

Om de hoeveelheid geluid uit te drukken is gebruik gemaakt van dosismaat L_{den} (**L**evel **d**ay-**e**vening-**n**ight). Dit is een Europese één-getalswaarde die aangeeft hoeveel geluid er gemiddeld per etmaal aanwezig is, waarbij een correctie toegepast is voor de extra verstoring die optreedt in

de avond- en nachtperiode. Het gecumuleerde geluid is het volgens bij ministeriële regels gestelde regels bepaalde geluid van geluidbronsoorten en andere geluidbronnen tegelijk, energetisch opgeteld met correctie voor de verschillen in hinderlijkheid.

In tabel 2.1 is aangegeven hoe het omgevingsgeluid kan worden gekwalificeerd.

Tabel 2.1 Kwalificatie van gecumuleerd geluid

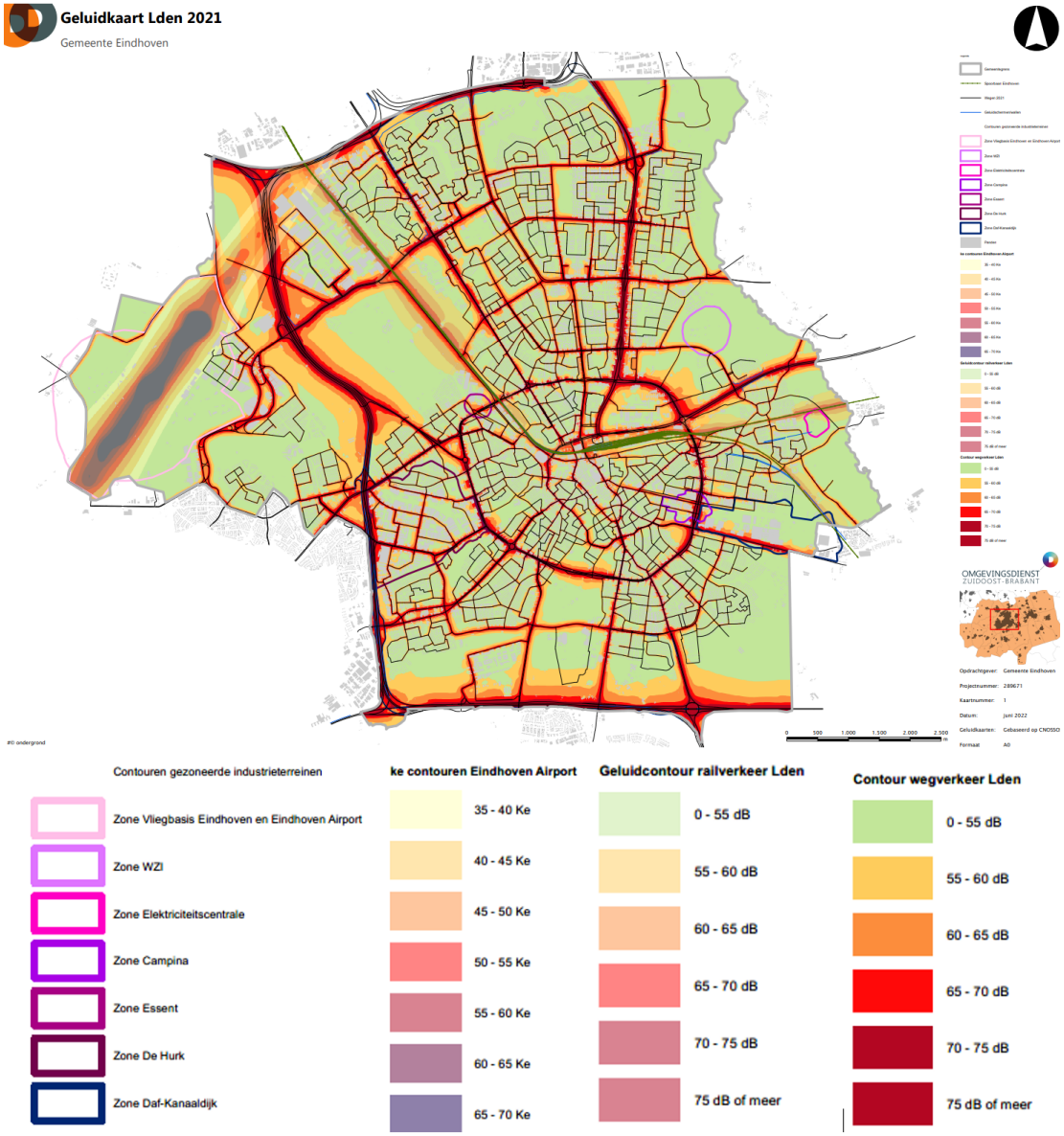
Gecumuleerd geluid in L_{cum}	Kwalificatie
≤ 45	Zeer goed
46-50	Goed
51-55	Redelijk
56-60	Matig
61-65	Tamelijk slecht
66-70	Slecht
≥ 71	Zeer slecht

Deze kwalificatie wordt al sinds de jaren ’90 veelvuldig gebruikt in onder meer MER-studies en toelichtingen bij bestemmingsplannen en waarvan het gebruik aanvaard is in vaste juristprudentie van de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State. De categorieën van ‘zeer goed’ tot ‘zeer slecht’ komen uit de Consultatieversie Aanvullingsregeling geluid Omgevingswet. Deze indeling is afgeleid van studies naar de relatie tussen geluid en hinder (TNO). Alle geluidbronnen tellen even zwaar mee (er is geen weging gedaan).

2.2.2 Huidige situatie

In deel B van het Actieplan geluid[6] dat is opgesteld in het kader van de EU-Richtlijn Omgevingslawaai wordt de specifieke situatie van de (agglomeratie) gemeente Eindhoven beschreven. De agglomeratie Eindhoven bestaat uit de gemeenten Best, Eindhoven, Helmond, Geldrop-Mierlo, Nuenen c.a. en Veldhoven.
Het omgevingslawaai voor het Actieplan geluid betreft vier geluidsoorten die (verplicht) opgenomen worden: wegverkeerslawaai, railverkeerslawaai, industrielawaai en luchtverkeerslawaai. In figuur 2.1 is de meest actuele geluidkaart (2021) weergegeven.

[6] Actieplan geluid gemeente Eindhoven | Lokale wet- en regelgeving



Figuur 2.1 Geluidkaart gemeente Eindhoven 2021 (https://odzob.nl/file-download/download/public/2184)

De huidige stand van zaken voor de verschillende geluidbronnen is als volgt:

- Wegverkeerslawaai: Binnen de gemeente Eindhoven is het verkeer zodanig geordend dat doorgaande vervoersstromen gebruik maken van de binnenring, de ring en de randweg. Hiertussen loopt een aantal radialen. De ringen en radialen samen vormen de hoofdvervoersstromen. De meeste van deze wegen zijn ruim van opzet, zodat geluidbelastingen ten gevolge van deze wegen niet heel hoog uitvallen. Met name in het centrumgebied is Eindhoven niet ruimt opgezet, waardoor de afstanden tussen gevel en de weg-as in het centrumgebied beperkt is met als gevolg dat de geluidbelastingen redelijk hoog zijn. De meeste geluidbelaste woningen zijn gelegen langs de stedelijke wegen en ringwegen, enkele woningen zijn gesitueerd langs de rijkswegen. De meeste woningen vallen in de geluidbelastingsklassen L_{den} 55-60 en Lnight 50-60 dB

- Railverkeerslawaai: Binnen de gemeente Eindhoven lopen verschillende spoorlijnen: Eindhoven - Utrecht, Eindhoven - Maastricht en Eindhoven – Venlo. Binnen de bebouwde omgeving zorgt railverkeer voor hoge geluidniveaus op woningen. In de gemeente Eindhoven zijn diverse schermprojecten, onder andere om ervoor te zorgen dat de geluidbelasting op de woningen vlak langs het spoor in de wijk Tongelre lager wordt. Deze schermen zijn inmiddels gerealiseerd
- Industrielawaai: Binnen de gemeente Eindhoven zijn diverse gezoneerde industrieterreinen gelegen, te weten De Hurk, Kanaaldijk/DAF, Essent, en Trafostation PNEM, Tongelre en Eindhoven Airport. Binnen de gemeente Eindhoven zijn veel woningen die als gevolg van de activiteiten op de industrieterreinen (voornamelijk industrieterrein De Hurk) een (theoretisch berekende) gevelbelasting van maximaal 55 dB(A) hebben. Daarnaast is er een aantal individuele bedrijven die een geluidbelasting van 55 L_{den}/ L_{Aeq} of meer veroorzaken op geluidgevoelige bestemmingen. De geluidbelastingen op deze woningen zijn opgenomen in het zonebesluit voor de industrieterreinen en de vergunningen van de individuele bedrijven. Ook is er nog een aantal bedrijventerreinen, dat niet officieel gezoneerd is dan wel vrijwillig gezoneerd is. Deze vrijwillige gezoneerde bedrijventerreinen zijn niet op de geluidkaart opgenomen. Dit betreft de High Tech Campus, Goederendistributiecentrum Acht en Kapelbeemd
- Horeca: De gemeente Eindhoven heeft een horecagebied, ‘Stratumseind’, waarbinnen circa 50 horecagelegenheden zijn gelegen. De meeste vergunde rechten zijn een geluidniveau van 55 dB L_{den} vergund (of als nadere eis of maatwerkvoorschrift opgelegd) hebben gekregen. Dit horecagebied staat niet op de geluidbelastingskaarten opgenomen, maar de woningen binnen het horecaconcentratiegebied zijn meegeteld als woningen met een geluidbelasting vanwege inrichtingen in de klasse van 55 tot 60 dB(A) in de geluidbelastingstabellen
- Stadion: Tijdens wedstrijden in het Philips stadion wordt dermate veel geluid geproduceerd dat op woningen in de omgeving een L_{den} van 56 dB(A) tot 58 dB(A) veroorzaakt. Dit betreft een vergunde situatie voor in totaal 30 woningen
- Vliegtuiglawaai: Vliegveld Eindhoven Airport is gelegen binnen de gemeente Eindhoven. Vooral de uitbreidingslocatie Meerhoven is gelegen vlakbij het vliegveld. De gemeente Eindhoven ligt niet onder de aanvliegroutes van Eindhoven Airport. Wel komen regelmatig klachten van burgers over de overlast die het starten, warmdraaien, landen en proefdraaien veroorzaakt. Onbekend is welke toestellen of activiteiten deze overlast veroorzaken. Gezien de ruime zone (ze hebben meer geluidruimte dan werkelijk gebruikt wordt) van Eindhoven Airport blijft de geluidbelasting binnen de wettelijke vastgelegde waarden van de zone. Dit betekent niet (en zo blijkt ook in praktijk) dat er geen overlast wordt ervaren. In totaal waren er in 2021 36 woningen die binnen de 35-44 Ke contouren vallen

In tabel 2.2 is het aantal woningen in de geluidbelastingsklassen van de diverse geluidbronnen uit het Actieplan geluid samengevat.

Tabel 2.2 Samenvatting geluidbelastingstabellen actieplan geluid Eindhoven 2021

Eenheid	Aantal woningen						Eenheid	Aantal woningen
L_{den} [dB]	Wegen totaal	Rijks-wegen	Provinciale wegen	Stedelijke wegen	Railverkeer	Industrie	KE	Luchtvaart
55-59	25.032	172	1	24.755	1.717	2.263	30-34	1
60-64	16.894	35	4	16.797	200	0	35-39	2
65-59	11.003	1	1	10.998	84	0	40-44	1
70-74	3.084	0	0	3.084	0	0	45-64	0
>75	0	0	0	0	0	0	>65	0

In tabel 2.3 is het aantal ernstig gehinderden weergegeven, waarbij uitgegaan is van de dosis effectrelaties voor weg- en railverkeerslawaai van de Omgevingsregeling. Voor industrielawaai is uitgaan van de dosis effectrelatie van wegverkeer verhoogd met 10%. Een dosis effectrelatie voor luchtvaar is niet bekend. Volgens het actieplan is het aantal belaste woningen echter beperkt.

Tabel 2.3 Samenvatting ernstig gehinderden geluid gemeente Eindhoven

L_{den} [dB]	ernstig gehinderden wegen totaal	ernstig gehinderden rijkswegen	ernstig gehinderden provinciale wegen	ernstig gehinderden stedelijke wegen	ernstig gehinderden rail-verkeer	ernstig gehinderden industrie	ernstig gehinderden luchtvaart
55-59	6.968	52	0	6.890	518	686	?
60-64	6.534	18	0	6.462	84	0	?
65-59	5.640	0	0	5.640	58	0	?
70-74	2.178	0	0	2.178	0	0	?
>75	0	0	0	0	0	0	?
Totaal	21.320	70	0	21.170	660	686	0

In de huidige situatie is er sprake circa 22.600 ernstig gehinderden. Dit wordt in belangrijke mate bepaald door stedelijke wegen en de geluidklasse van 55-59 dB L_{den}.

2.2.3 Autonome ontwikkeling

Hieronder worden per bronsoort de autonome ontwikkelingen samengevat en of en hoe deze invloed kunnen hebben op het geluid.

- Wegverkeerslawaai:
  - Het wegverkeer zal naar verwachting steeds verder elektrificeren, ook al gaat op dit moment langzamer dan verwacht. De geluidemissie zal hiermee bij lage snelheden afnemen
  - Verlagen van de maximumsnelheid op lokale wegen zal leiden tot een verdere verlaging van de geluidemissie
  - Eindhoven kent sinds 1 januari 2025 een zero emissiezone voor vracht- en bestelvoertuigen binnen de ring. Vanaf 2030 geldt er een zero-emissiezone in het centrum voor alle voertuigen[7]. Daarnaast heeft de gemeente Eindhoven een routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen opgesteld. Hiermee zet de gemeente in op haar ambitie om vanaf 2030 zoveel mogelijk zero emissie te werken. De routekaart wordt stadsbreed ingezet bij projecten waar gemeente Eindhoven de opdrachtgever is. Dit betekent dat in 2035 - het zichtjaar van het warmteprogramma - bij de aanleg van de warmtetechnieken enkel elektrische voertuigen gebruikt worden. Ook de lichte werktuigen moeten dan elektrisch zijn. Schoon en emissieloos is stiller dan materieel dat door verbrandingsmotoren wordt aangedreven.
  - In het onderhoudsprogramma van wegen van de gemeente Eindhoven is opgenomen dat bij vervanging het asfalt waar mogelijk vervangen zal worden door een stiller wegdek bijvoorbeeld Deciville. De beheerkosten van dit asfalt zijn echter hoog, waardoor het op grote schaal toepassen van dit asfalt financieel niet haalbaar is. Bij hogere snelheden van voertuigen is het geluid dat banden voortbrengen ook maatgevend ten opzichte van een (elektrische) motor
  - Toenemende drukte, onder andere door verdichting en een toename van transport, kan leiden tot een negatief effect op de geluidsbelasting. Hoewel technologische ontwikkelingen mogelijkheden bieden om het geluid van individuele bronnen te verminderen, is het onduidelijk of deze ontwikkelingen opwegen tegen de toename van geluidsbelasting. Door de sterke verdichting binnen de Ring in het VKA zijn er veel wegen met meer dan 20 % toename van verkeer en een merkbare geluidstoename. Voor heel Eindhoven is op ongeveer 70 km wegvaklengte sprake van meer dan 20 % toename van verkeer

  Bovenstaande ontwikkelingen zullen naar verwachting leiden tot negatieve effecten, maar met de kanttekening dat stillere motoren tot een verbetering kunnen leiden en dat de voorziene verlaging van de maximumsnelheden op wegen hier ook aan bij kan dragen
- Philips stadion: Eventuele nieuwbouw in de omgeving heeft een goede geluid isolatie. Hiermee vinden er voor deze geluidbron naar verwachting geen wijzigingen plaats in de hinder
- Horeca: Er zijn plannen om de omgeving van Stratumseind aan te wijzen als horecaconcentratiegebied met de bijbehorende normstelling. In totaal betekent dit dat de geluidbelasting op ongeveer 316 woningen/appartementen in de omgeving van het Stratumseind 55 dB(A) L_{Aeq} of hoger (door cumulatie van diverse horecagelegenheden) kan zijn. In principe heeft dit geen invloed op het geluid van horeca, omdat dit een consolidatie is van de bestaande geluidbelastingen

[7] https://www.eindhoven.nl/stad-en-wonen/verkeer/zero-emissiezone-en-milieuzone

- Industrielawaai: Er zijn geen extra plannen voor industrielawaai. Er worden geen woningen gesaneerd. Alleen door maatwerkvoorschriften te stellen of geluidvoorschriften in de vergunning aan te passen is/zal de vergunde geluidruimte worden verkleind. Voor geluidgezoneerde industrieterreinen zullen geluidproductieplafonds worden vastgesteld. Uitgangspunt voor de vaststelling hiervan is, dat dit beleidsneutraal plaatsvindt
- Geluid energietransitie: Om in 2050 van het gas af te zijn, zullen woningen op een andere manier in hun warmte moeten worden voorzien. Mogelijkheden hiervoor zijn bijvoorbeeld bodemenergiesystemen of warmtepompen. Voor bestaande bouw is een warmtepomp de makkelijkste oplossing om geen gas meer te hoeven gebruiken om gebouwen te verwarmen. Het aantal warmtepompen zal autonoom toenemen. Deze warmtepompen maken geluid. Aangezien de warmtepompen bij de woningen worden geplaatst en de afstand tussen de woningen vaak niet groot is, kunnen ze leiden tot meer geluidhinder. De mate van hinder is echter wel afhankelijk van het huidige geluidniveau. In het stedelijk (centrum)gebied is er al relatief veel geluid en zal een toename van het aantal warmtepompen mogelijk alleen in stillere perioden (nachtperiode) voor een toename van de overlast kunnen zorgen. In het stillere buitengebied zullen warmtepompen beter te horen kunnen zijn, maar is er ook meer ruimte tussen woningen en dus de mogelijkheid om meer afstand tussen de warmtepompen en de buren te houden

Per saldo wordt de autonome ontwikkeling als voornamelijk negatief en beperkt positief beoordeeld ten gevolge van de verwachtte verdichting van de stad en de toename van verkeer over stedelijke wegen.

2.3 Trillingen

2.3.1 Toelichting

Diverse werkzaamheden kunnen trillingen in de omgeving veroorzaken. Dit betreffen bijvoorbeeld alle werkzaamheden waarbij elementen in de grond worden gebracht door middel van heien of hoogfrequent trillen en het slopen van bestaande objecten. Deze trillingen worden door de ondergrond doorgegeven aan de aangrenzende percelen (belendingen) en kunnen daar schade veroorzaken.

De SBR-richtlijnen (Stichting Bouwresearch) bieden een wetenschappelijk kader voor het meten en beoordelen van trillingen in gebouwen en constructies. Deze richtlijnen zijn ontwikkeld om schade door trillingen te voorkomen en om hinder voor bewoners en gebruikers te beperken. De richtlijnen worden onderverdeeld in drie categorieën:

1. SBR-A: Deze richtlijn richt zich op het voorkomen van schade aan gebouwen. Het beoordeelt de trillingen die ontstaan door bouwactiviteiten, verkeer of industriële bronnen.
2. SBR-B: Deze richtlijn gaat over het beperken van hinder voor personen binnen gebouwen. Hierbij wordt gekeken naar trillingen die bewoners of gebruikers kunnen storen.
3. SBR-C: Deze richtlijn beschermt apparatuur en gevoelige instrumenten tegen schadelijke trillingen. Dit is met name van belang voor bedrijven of laboratoria waar trillingen de nauwkeurigheid van machines of experimenten kunnen beïnvloeden

Het risico op schade wordt in Nederland doorgaans beoordeeld aan de hand van de SBR-A richtlijn – schade door trillingen. Aan de hand van deze richtlijn kan het risico op schade per object bepaald worden aan de hand van de te verwachten trillingssnelheden en trillingsversnellingen.

Daarnaast kunnen door trillingen grondvervormingen ontstaan in de omgeving. Door trillingen kunnen los gepakte zandlagen namelijk inklinken. Deze grondvervormingen kunnen leiden tot schade aan op staal gefundeerde gebouwen en kabels en leidingen. De te verwachten grondvervorming kan worden berekend aan hand van de trillingsintensiteit. Aan de hand van de te verwachten grondvervorming kan ook het risico op schade worden bepaald.

2.3.2 Huidige situatie

Het Rijk wil mensen beschermen tegen trillinghinder. Dat deed het door regels te stellen aan activiteiten die trillingen veroorzaken in trillinggevoelige gebouwen. De instructieregels uit het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) wezen trillinggevoelige gebouwen en trillinggevoelige ruimten aan. Artikel 5.80 van het Bkl wees trillinggevoelige gebouwen of gedeeltes van gebouwen aan. De voormalige rijksregels zijn via de Bruidsschat gemeentelijk geworden en zijn opgenomen in het tijdelijk deel van Omgevingsplan. Hieronder vallen alle gebouwen met een woonfunctie, zoals woningen en verzorgingshuizen. Onderstaand tekstblok (Figuur 2.1) bevat artikel 5.80 voor de definitie van trillinggevoelige gebouwen.

Artikel 5.80. (trillinggevoelige gebouwen)

1. Een trillinggevoelig gebouw is een gebouw of een gedeelte van een gebouw met een:
   a) woonfunctie en nevengebruiksfuncties daarvan;
   b) onderwijsfunctie en nevengebruiksfuncties daarvan;
   c) gezondheidszorgfuncties met bedgebied en nevengebruiksfuncties daarvan; of
   d) bijeenkomstfunctie voor kinderopvang met bedgebied en nevengebruiksfuncties daarvan.
2. Het eerste lid geldt niet voor een gedeelte van een gebouw als het omgevingsplan in dat gedeelte geen trillinggevoelige ruimten toelaat.
3. In afwijking van het eerste lid, aanhef en onder a, zijn woonschepen en woonwagens geen trillinggevoelige gebouwen.

Figuur 2.1 Artikel 5.80 van het Besluit kwaliteit leefomgeving (trillinggevoelige gebouwen)

De gemeente Eindhoven heeft in haar omgevingsplan een norm opgenomen voor continue trillingen in trilling gevoelige ruimten (Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Waarde voor continue trillingen in trillinggevoelige ruimten uit het Omgevingsplan gemeente Eindhoven

Soort	Waarden	
	07:00 - 23:00 uur	23:00 – 07:00 uur
A_1 trillingssterkte V_{max}	0,1	0,1
A_2 trillingssterkte V_{max}	0,4	0,2
A_3 trillingssterkte V_{per}	0,05	0,05

Binnen de gemeente Eindhoven zijn diverse trillingsgevoelige gebouwen (zoals gedefinieerd in artikel 5.80 van het Bkl) gelegen. Dit betreffen gebouwen met een woon-/onderwijs- en

bijeenkomstfunctie voor kinderopvang. Gezien het schaalniveau van het planMER worden niet al deze locaties inzichtelijk gemaakt. In de gemeente Eindhoven zijn verschillende ziekenhuizen gelegen, namelijk het Máxima MC (Dominee Theodor Fliednerstraat 1), het St Anna Ziekenhuis (Antoon Coolenlaan 1) en het Catherina Ziekenhuis (Michelangelolaan 2).

In de huidige situatie zijn geen continue trillingen aanwezig. Echter vinden er continu, verdeeld over de gemeente, overal verschillende werkzaamheden plaats. Nieuwbouw, sloop, onderhoud en renovatie vinden voortdurend door de stad plaats en kunnen gepaard gaan met trillingen.
In de huidige situatie zijn geen continue trillingen aanwezig die leiden tot het inklinken van zandlagen. Trillingen van wegverkeer zijn al dusdanig veel opgetreden dat deze niet meer leiden tot grondvervormingen.

In artikel 4.24 van het omgevingsplan van de gemeente Eindhoven is vastgelegd dat eenieder die weet, of redelijkerwijs kan vermoeden, dat zijn handelen of nalaten in, op of aan een bouwwerk overlast kan veroorzaken voor de omgeving, verplicht is om alle maatregelen te treffen die in redelijkheid van hem of haar kunnen worden gevraagd om deze overlast te voorkomen of te beëindigen. Dit artikel verduidelijkt dat deze verplichting in ieder geval geldt wanneer sprake is van overlast of hinder die wordt veroorzaakt door trillingen, naast de overige vormen van overlast die in het artikel zijn opgenomen[8].

2.3.3 Autonome ontwikkeling

Bij specifieke vormen van industrie, zwaar vrachtverkeer en treinverkeer kan 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. In de periode 2018 - 2040 worden 62.000 woningen en 72.000 nieuwe arbeidsplaatsen gerealiseerd in de regio, waarvan 40.000 woningen en 36.000 nieuwe arbeidsplaatsen in Eindhoven. De bouwfase van projecten kan leiden tot tijdelijke trillingshinder. Trillingen ten gevolge van bouw hebben een relatief kleine invloed zone van maximaal 50 meter vanaf de bron. Daarnaast zijn er steeds meer trillingsvrije of trillingsarme technieken beschikbaar.

3 Elektromagnetische velden

3.1 Algemeen

De warmteoplossingen en -technieken hebben consequenties die effect kunnen hebben op elektromagnetische velden. De effecten van het warmteprogramma gemeente Eindhoven op het thema elektromagnetische velden worden beoordeeld aan de hand van de indicator ‘elektromagnetische velden’.

3.2 Elektromagnetische velden

3.2.1 Toelichting

Elektriciteit wordt opgewekt op een duurzame manier (bijvoorbeeld door windmolens en zonnepanelen) of in elektriciteitscentrales. Vervolgens wordt de elektriciteit via hoogspanningslijnen en ondergrondse kabels naar steden, dorpen en industrie getransporteerd. Schakelstations en transformatorhuisjes verlagen de spanning, zodat apparaten in huizen en

[8] Omgevingsplan gemeente Eindhoven | Lokale wet- en regelgeving

bedrijven de elektriciteit kunnen gebruiken. Bij al deze stappen – van opwekking, transport tot gebruik – worden elektrische en magnetische velden opgewekt. Dit zijn extreem laagfrequente velden met een frequentie van 50 hertz.

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[9]. 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 van een trafohuisje (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 meter[10].

Elk apparaat dat op het elektriciteitsnet is aangesloten, heeft een elektrisch en magnetisch veld om zich heen waaraan de gebruiker kan worden blootgesteld. Dus ook apparaten in en rondom huis die elektriciteit verbruiken wekken elektromagnetische velden op. Denk hierbij aan de stofzuiger, koelkast, inductiekookplaat maar ook warmtepompen en airco's.

De relatie tussen elektromagnetische velden (EMV) en gezondheid is complex. Naar mogelijke gezondheidseffecten van magneetvelden van hoogspanningslijnen wordt al enkele tientallen jaren onderzoek gedaan. 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 microtesla[11]. Over het algemeen geldt: hoe hoger de stroomsterkte, hoe sterker de elektromagnetische velden. Dit betekent dat middenspanningsstations sterkere magnetische velden hebben dan laagspanningsstations. 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.

De Europese Unie beveelt een blootstellingslimiet aan van 100 microtesla voor elektrische apparaten in en rondom het huis. Dat geldt ook voor elektriciteitsnetwerken in de buurt van woningen. 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.

[9] https://www.kennisplatform.nl/hoogspanningslijnen-en-elektriciteitsnetwerk/
[10] Hoe sterk zijn de magneetvelden van een transformatorhuisje?
[11] GGD-richtlijn medische milieukunde: EMV en gezondheid | RIVM

3.2.2 Huidige situatie

De gemeente Eindhoven hanteert het voorzorgbeleid magneetvelden van de Rijksoverheid. Dit voorzorgbeleid is erop gericht om, zo veel als redelijkerwijs mogelijk is, te voorkomen dat burgers (volwassenen en kinderen) langdurig worden blootgesteld aan magneetvelden, die afkomstig zijn van de elektriciteitsinfrastructuur. In dit beleid staat dat de netbeheerder maatregelen treft bij alle onderdelen van het elektriciteitsnet. Denk aan bovengrondse hoogspanningslijnen, ondergrondse hoogspanningskabels, hoogspanningsstations, middenspanningsstations en transformatorhuisjes. Deze maatregelen zorgen voor een verlaging van de magneetveldsterkte. De sterkte van de magneetvelden binnen de gemeente mogen niet boven de 0,4 microtesla uit mag komen.

Bestaande warmtepompen en de twee bestaande warmtenetten wekken ook elektromagnetische velden op. Het elektromagnetische veld van een warmtepomp is vergelijkbaar met huishoudelijke apparaten, zoals een koelkast of broodrooster. Deze apparaten blijven ruim onder de blootstellingslimieten. Hierbij kun je ervan uitgaan dat je voldoende beschermd bent tegen de nu bekende gezondheidsrisico's. In de blootstellingslimieten is met een veiligheidsmarge rekening gehouden met de onzekerheden die in het wetenschappelijk onderzoek zitten[12]. Ook in warmtenetten zitten componenten die elektriciteit gebruiken en daarmee elektromagnetische velden opwekken, zoals circulatiepompen en transformatoren in warmteoverdrachtstations (WOS). De sterkte hiervan hangt af van het type installatie, maar naar verwachting is dit vergelijkbaar met of zelfs lager dan bij huishoudelijke apparaten. De warmteleidingen zelf wekken geen elektromagnetische velden op.

3.2.3 Autonome ontwikkeling

De energievraag neemt toe door onder andere de snelle toename van elektrische auto's, toename van elektrische huishoudelijke apparaten en de elektrificatie van de industrie. Ook de elektrificatie van de warmtevoorziening neemt toe. Het elektriciteitsnet wordt verzwaard om te kunnen voldoen aan de toenemende vraag naar elektriciteit.

Volgens de plannen worden de stroomdraden (geleiders) vervangen door kabels met een grotere capaciteit. Dat maakt meer transportcapaciteit mogelijk, maar heeft ook gevolgen voor de omgeving. De magneetveldzone – het gebied waarbinnen langdurige blootstelling aan magnetische velden hoger is – wordt 10 tot 15 meter breder. Binnen die zone gelden beperkingen voor gevoelige bestemmingen. Gevoelige bestemmingen zijn woningen of andere woonvormen waar mensen lang verblijven, zoals verpleeghuizen en instellingen voor mensen met een beperking. Maar ook scholen, kinderdagverblijven of crèches[13].

Daarnaast worden binnen de gemeente bestaande kabels verzwaard en worden nieuwe transformatorhuisjes geplaatst. Bij het omzetten van de stroom ontstaan magneetvelden rondom het huisje. Vlak naast de buitenwand van een elektriciteitshuisje is het magneetveld ongeveer 35 microtesla[14]. Dat is vergelijkbaar met het magneetveld van een wekkerradio. Deze magneetvelden zijn alleen direct rond het elektriciteitshuisje aanwezig. Op 2 meter afstand is het magneetveld al bijna niet meer te meten.

[12] Hoe sterk zijn elektromagnetische velden van warmtepompen?
[13] Herijkt voorzorgbeleid | RIVM
[14] Magneetvelden rondom een elektriciteitshuisje | Stedin

4 Lucht

4.1 Algemeen

Het effect van het warmteprogramma op het thema luchtkwaliteit wordt beoordeeld aan de hand van de indicatoren: concentraties stikstofdioxide (NO_2) en fijnstof (PM10 en PM2,5).

Het vrijkomen van stikstofdioxiden en fijnstof is inherent aan de toepassing van verbrandingstechnieken zowel bij verkeer als bij verwarming. De aanleg en het gebruik van warmtenetten en groen gas hebben naar verwachting effect op de luchtkwaliteit. Stikstofdioxiden en fijnstof veroorzaken schade aan onder andere volksgezondheid en natuur.

De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) publiceert periodiek richtlijnen voor luchtkwaliteit van een aantal verontreinigende stoffen. Deze op gezondheid gebaseerde richtlijnen beogen regeringen en de samenleving te ondersteunen met het verminderen van de blootstelling aan luchtverontreiniging en de schadelijke gevolgen daarvan. De meest recente publicatie van de WHO dateert uit 2021. Hierin zijn de advieswaarden voor onder andere stikstofdioxide op basis van recente inzichten aangescherpt.

De nieuwe Europese nieuwe richtlijn[15] luchtkwaliteit is op 14 oktober 2024 formeel aangenomen. De nieuwe luchtkwaliteitsgrenswaarden zijn op de aangescherpte WHO advieswaarden gebaseerd en worden 1 januari 2030 van kracht.
Het RIVM publiceert jaarlijks kaarten met grootschalige jaargemiddelde achtergrondconcentraties (GCN) in het kader van de monitoring van luchtkwaliteit. Voor het vaststellen van de GCN voor prognosejaren (2025-2040) worden binnenlandse en buitenlandse emissies gebruikt, afkomstig uit nationale en internationale scenariostudies. Voor nationale emissies is dit het referentiescenario van de KEV 2022 (Klimaat- en Energieverkenning 2022). Voor de GCN-kaarten is vastgesteld beleid meegenomen. De kaarten zijn gebaseerd op een combinatie van modelberekeningen en metingen en geven een grootschalig beeld van de luchtkwaliteit in Nederland. Om inzicht te verkrijgen in de huidige situatie en autonome ontwikkeling wat betreft luchtkwaliteit worden de GCN-kaarten beschouwd voor NO_2 en fijnstof. Gezien het beoogde detailniveau van de effectbeoordeling worden etmaal- en uurgemiddelde toetswaarden niet beschouwd

4.2 Stikstofdioxide

4.2.1 Toelichting

Toelichting

Voor stikstofdioxide gelden huidige grenswaarden, vanaf 2030 gelden aangescherpte grenswaarden en er wordt gestreefd naar voldoen aan de advieswaarden van de WHO in 2050. In tabel 4.1 zijn de verschillende toetswaarden voor NO_2 samengevat.

Tabel 4.1 Toetswaarden ter bescherming van de volksgezondheid voor NO_2

Definitie	Huidige grenswaarde	Toekomstige grenswaarde (2030)	WHO advies-waarde (2021)
Jaargemiddelde concentratie	40 µg/m^3	20 µg/m^3	10 µg/m^3

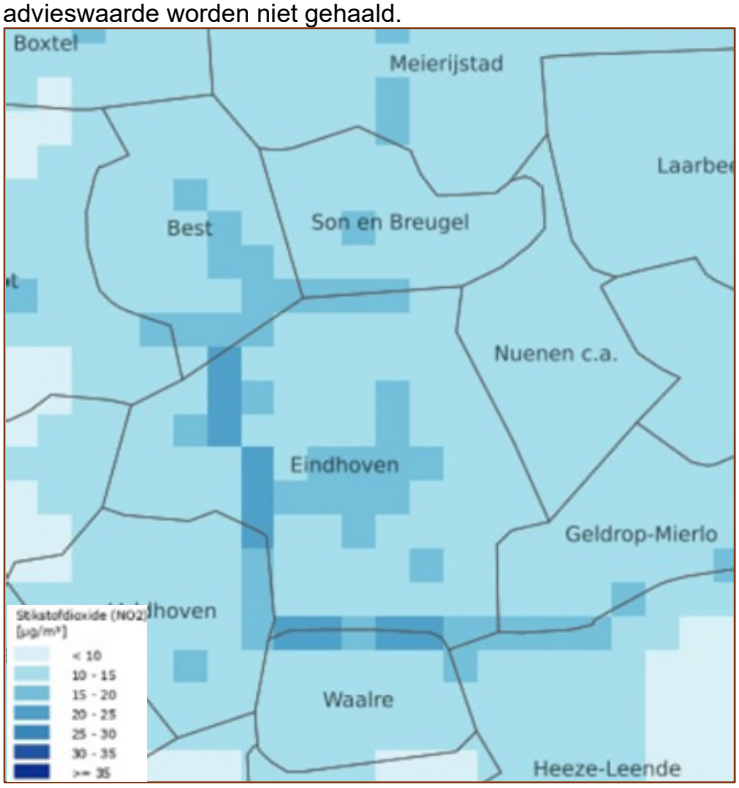
[15] Richtlijn (EU) 2024/2881 van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2024 betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa (herschikking) (http://data.europa.eu/eli/dir/2024/2881/oj)

Definitie	Huidige grenswaarde	Toekomstige grenswaarde (2030)	WHO advies-waarde (2021)
Aantal overschrijdingen van uurgemiddelde concentratie	200 µg/m^3 *18 keer/jaar*	200 µg/m^3 *3 keer/jaar*	-
Aantal overschrijdingen van etmaalgemiddelde concentratie	-	50 µg/m^3 *18 keer/jaar*	-

Voor de beschrijving van de HSAO is gebruik gemaakt van de GCN kaarten ronde 2023 zoals ze 21 maart 2024 door het Rijk zijn vastgesteld ten behoeve van luchtkwaliteitsberekeningen. Voor de huidige situatie wordt het jaar 2025 gehanteerd, voor de autonome ontwikkeling het jaar 2030.

4.2.2 Huidige situatie

Figuur 4.1 laat zien dat de achtergrondconcentratie in Eindhoven in 2025 lager zijn dan 25 µg/m³. De hoogste concentraties zijn te zien rond de A2 aflopend in het gebied daaromheen. In het centrumgebied liggen de concentraties tussen de 15 en 20 µg/m³. De huidige wettelijke grenswaarden worden niet overschreden. De toekomstige wettelijke grenswaarde en de WHO-advieswaarde worden niet gehaald.

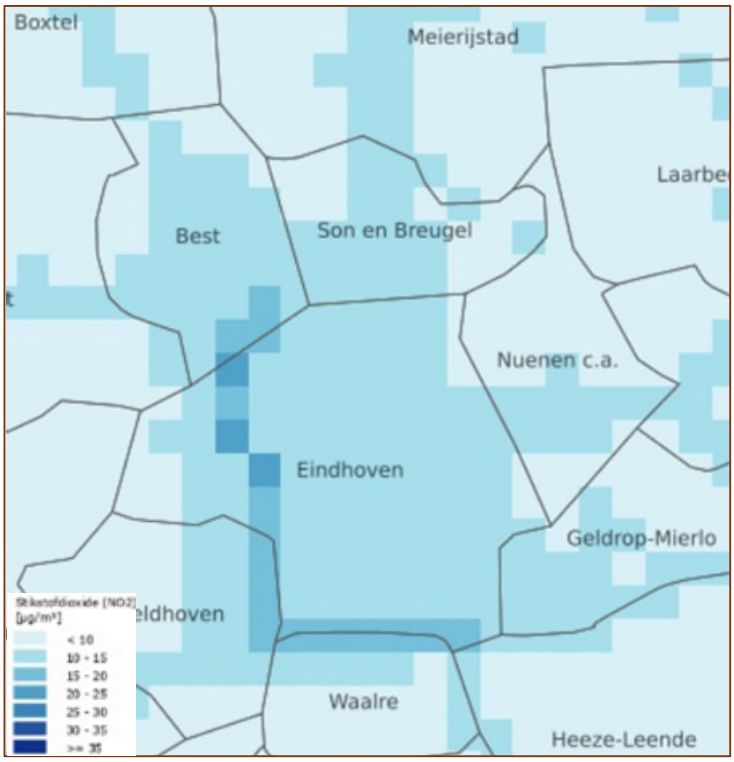


Figuur 4.1 Achtergrondconcentraties NO_2 in 2025

4.2.3 Autonome ontwikkeling

Vanaf 2030 geldt er een zero-emissiezone voor alle voertuigen in het centrum van Eindhoven[16]. Daarnaast heeft de gemeente Eindhoven een routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen opgesteld. Hiermee zet de gemeente in op haar ambitie om vanaf 2030 zoveel mogelijk zero emissie te werken. De routekaart wordt stadsbreed ingezet bij projecten waar gemeente Eindhoven de opdrachtgever is. Dit betekent dat in 2035 - het zichtjaar van het warmteprogramma - bij de aanleg van de warmtetechnieken enkel elektrische voertuigen gebruikt worden. Ook de lichte werktuigen moeten dan elektrisch zijn. Elektrisch materieel stoot geen stikstofdioxide, PM10 of PM2,5 uit.

Figuur 4.2 laat zien dat mede als gevolg van de transitie van voertuigen met verbrandingsmotoren naar elektromotoren en verdere aanscherping van emissie-eisen voor brandstofmotoren de concentraties in 2030 lager zijn dan de concentraties in 2025. Verwacht wordt dat de dalende trend in stikstofdioxideconcentraties zich zal voortzetten. In 2030 wordt naar verwachting in bijna geheel Eindhoven niet voldaan aan de WHO advieswaarde van 10 µg/m³.



Figuur 4.2 Achtergrondconcentraties NO_2 in 2030

4.3 Fijnstof - PM10

4.3.1 Toelichting

Voor PM10 gelden huidige grenswaarden, vanaf 2030 gelden aangescherpte grenswaarden en er is een advieswaarde van de WHO. In tabel 4.2 zijn de verschillende toetswaarden voor PM10 samengevat.

[16] https://www.eindhoven.nl/stad-en-wonen/verkeer/zero-emissiezone-en-milieuzone

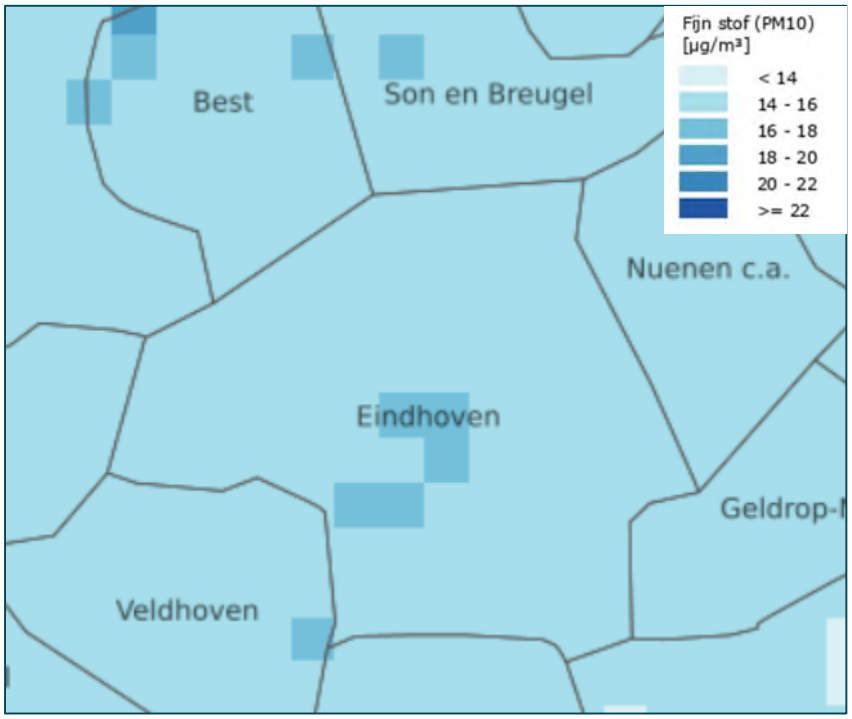
Tabel 4.2 Toetswaarden ter bescherming van de volksgezondheid voor PM10

Definitie	Huidige grenswaarde	Toekomstige grenswaarde (2030)	WHO advies-waarde (2021)
Jaargemiddelde concentratie	40 µg/m³	20 µg/m³	15 µg/m³
Aantal overschrijdingen van etmaalgemiddelde concentratie	50 µg/m³ *35 keer/jaar*	45 µg/m³ *18 keer/jaar*	-

Voor de beschrijving van de HSAO is gebruik gemaakt van de GCN kaarten ronde 2023 zoals ze 21 maart 2024 door het Rijk zijn vastgesteld ten behoeve van luchtkwaliteitsberekeningen. Voor de huidige situatie wordt het jaar 2025 gehanteerd, voor de autonome ontwikkeling het jaar 2030.

4.3.2 Huidige situatie

Figuur 4.3 laat zien dat de concentratie PM10 in 2025 lager zijn dan 18 µg/m³. Op enkele plekke naast de A2 en in het centrum van Eindhoven valt de concentratie in de range van 16 - 18 µg/m³. Op overige plekken binnen de gemeente vallen de concentraties binnen de range van 14 – 16 µg/m³. Daarmee wordt in Eindhoven in 2025 voldaan aan zowel de huidige als toekomstige grenswaarden. De WHO-advieswaarde wordt niet gehaald.

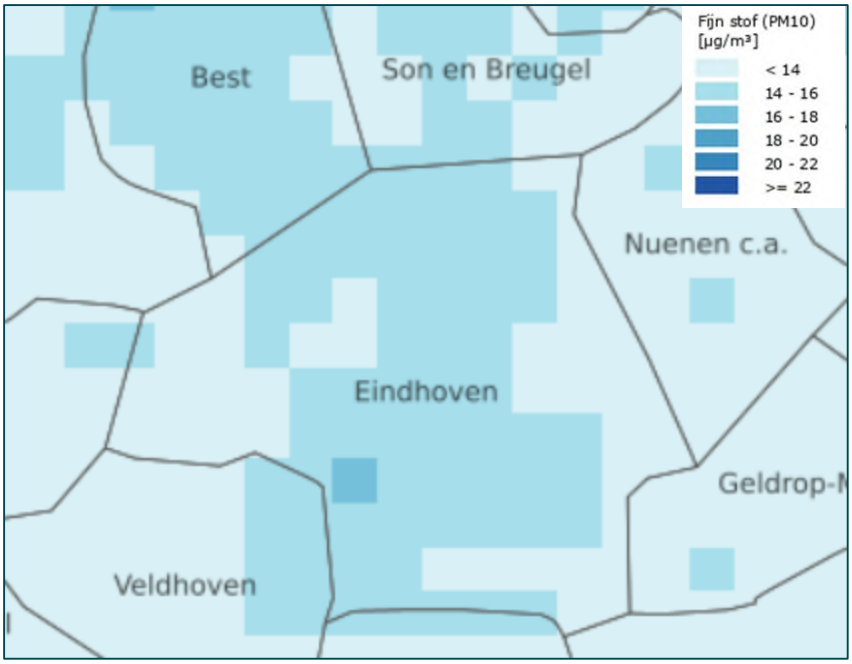


Figuur 4.3 Achtergrondconcentraties PM10 in 2025

4.3.3 Autonome ontwikkeling

Figuur 4.4 laat zien dat als gevolg van verdere aanscherping van emissie-eisen voor brandstofmotoren en de emissie-eisen voor industrie de concentraties in 2030 lager zijn dan de concentraties in 2025. Verwacht wordt dat de dalende trend in de concentratie PM10 zich zal

voortzetten. Te zien is in onderstaande afbeelding dat een groot deel van Eindhoven in de range van 14-16 µg/m³. De meeste locaties zitten wel onder de 15 µg/m³. Hierdoor is te concluderen dat in 2030 naar verwachting op enkele locaties in Eindhoven niet wordt voldaan aan de WHO advieswaarde van 15 µg/m³.



Figuur 4.4 Achtergrondconcentraties PM10 in 2030

4.4 Fijnstof - PM2,5

4.4.1 Toelichting

Voor PM2,5 gelden huidige grenswaarden, vanaf 2030 gelden aangescherpte grenswaarden en er is een advieswaarde van de WHO. In tabel 4.3 zijn de verschillende toetswaarden voor PM2,5. samengevat.

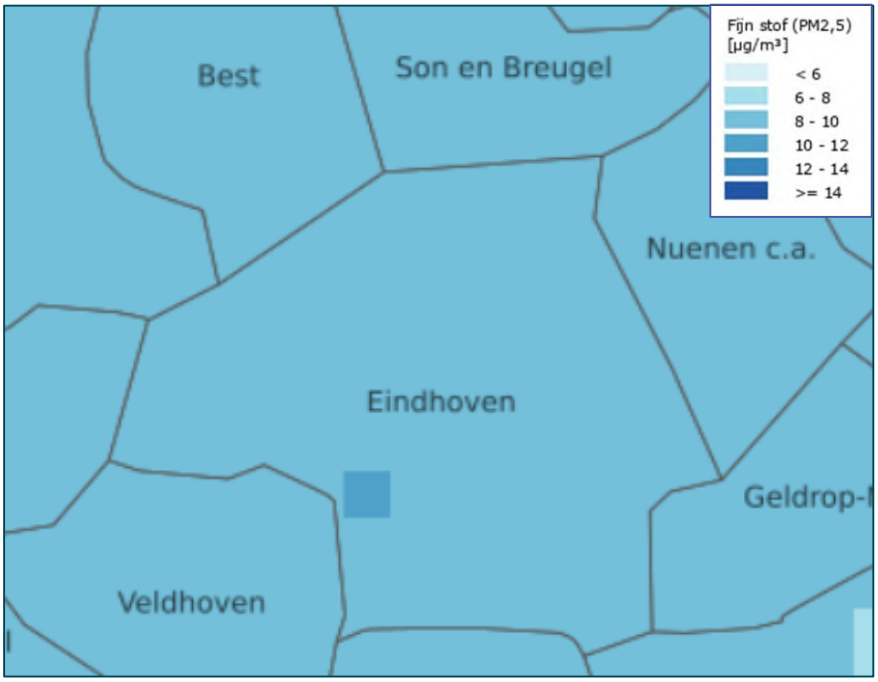
Tabel 4.3 Toetswaarden ter bescherming van de volksgezondheid voor PM2,5

Definitie	Huidige grenswaarde	Toekomstige grenswaarde (2030)	WHO advies-waarde (2021)
Jaargemiddelde concentratie	25 µg/m³	10 µg/m³	5 µg/m³
Aantal overschrijdingen van etmaalgemiddelde concentratie	-	25 µg/m³ *18 keer/jaar*	-

Voor de beschrijving van de HSAO is gebruik gemaakt van de GCN kaarten ronde 2023 zoals ze 21 maart 2024 door het Rijk zijn vastgesteld ten behoeve van luchtkwaliteitsberekeningen. Voor de huidige situatie wordt het jaar 2025 gehanteerd, voor de autonome ontwikkeling het jaar 2030.

4.4.2 Huidige situatie

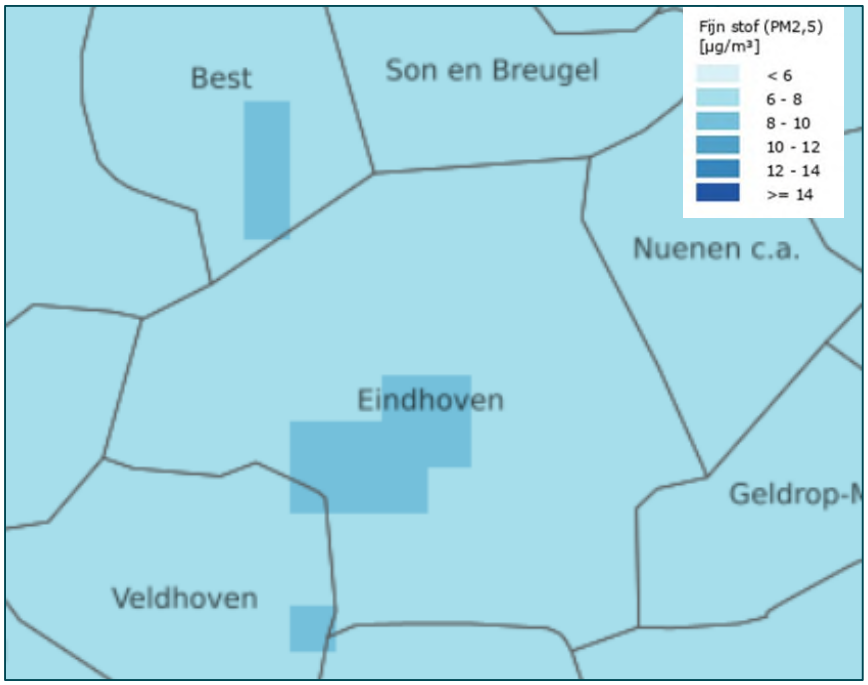
Figuur 4.5 laat zien dat het concentratieniveau van PM2,5 in Eindhoven in 2025 grotendeels ligt tussen de 8 - 10 µg/m³. Op één enkel vlak is de concentratie met 10,64 µg/m³ net boven de toekomstige grenswaarde van 10 µg/m³. Hiermee wordt voldaan aan de huidige grenswaarden en op een enkele locatie niet aan de toekomstige grenswaarde voor luchtkwaliteit. Ook wordt niet voldaan aan de WHO advieswaarde.



Figuur 4.5 Achtergrondconcentraties PM2,5 in 2025

4.4.3 Autonome ontwikkeling

Figuur 4.6 laat zien dat als gevolg van verdere aanscherping van emissie-eisen voor brandstofmotoren en de emissie-eisen voor industrie de concentraties in 2030 lager zijn dan de concentraties in 2025. Verwacht wordt dat de dalende trend in de concentratie PM2,5 zich zal voortzetten. Het grootste gedeelte van Eindhoven valt in de range van 6 - 8 µg/m³, rond het centrum is de concentratie tussen de 8 - 10 µg/m³. Daarmee wordt er in 2030 niet voldaan aan de WHO advieswaarde.



Figuur 4.6 Achtergrondconcentraties PM2,5 in 2030

5 Bodem en ondergrond

5.1 Algemeen

Technieken als WKO, de bodemwarmtepomp en geothermie (aardwarmte) maken onderdeel uit van het warmteprogramma van de gemeente Eindhoven. Deze technieken kunnen echter bij aanleg en gebruik van invloed zijn op de kwaliteit van de bodem en de ondergrond. Daarnaast kunnen de graafwerkzaamheden ten behoeve van de aanleg van warmtenetten of de verzwaring van het elektriciteitsnetwerk de bodemkwaliteit beïnvloeden.
Zowel de warmtetechnieken, de distributie van warmte als een verzwaring van het elektriciteitsnetwerk leggen een claim op de beschikbare ondergrondse ruimte. De ondergrondse inpassing kan op haar beurt weer van invloed zijn op het gebruik van de bovengrondse ruimte.

Voor bodem en ondergrond worden drie aspecten onderzocht in het MER, te weten:

- Kwaliteit boven- en ondergrond: gaat in op het effect die de aanleg of het gebruik van onderzoeksvarianten heeft op de biologische, chemische en fysische kwaliteit van de bovengrond (boven grondwaterniveau) en op de bodemopbouw in de ondergrond (bijv. effecten op scheidende lagen)
- Grondwater: het aspect grondwater gaat in op de hydrologie en de kwaliteit van de bodem en het grondwater onder grondwaterniveau
- Ondergronds ruimtegebruik: betreft de ondergrondse inpasbaarheid en het ondergrondse ruimtebeslag van de verschillende onderzoeksvarianten

Vanuit de opbouw en samenstelling van de ondergrond is de kans op aantasting van funderingen of verzakkingen zeer beperkt. Dit aspect wordt dan ook niet verder uitgewerkt onder dit thema.
Een mogelijke risico bij geothermie is het optreden van aardbevingen. Bij geothermie kan bestaande spanning op breuken verstoord worden door drukveranderingen, afkoeling en krimp

van gesteente rond de injectieput wat mogelijk leidt tot breukbeweging. Een aardbeving die optreedt als gevolg van menselijk handelen in de ondergrond heet een geïnduceerde aardbeving. Het is echter nog hoogst onzeker of geothermie een realistische optie is voor Eindhoven. In het kader van de proefboringen is vanwege het risico op bevingen en de ligging ten opzichte van breuksystemen in de ondergrond door de Sodm reeds aangegeven dat tot maximaal 1,5 km diepte mag worden geboord. Te verwachten dat zelfde voorbehoud ook geldt voor exploitatieboringen. Ook vanwege trillingsgevoelige bedrijfsprocessen in Eindhoven en omgeving zijn trillingen door geïnduceerde bevingen ongewenst. Aangezien hierover naar verwachting pas een besluit wordt genomen na de periode van10 jaar waarnaar in deze MER wordt gekeken, wordt dit aspect op dit moment niet meegenomen.

5.2 Kwaliteit boven- en ondergrond

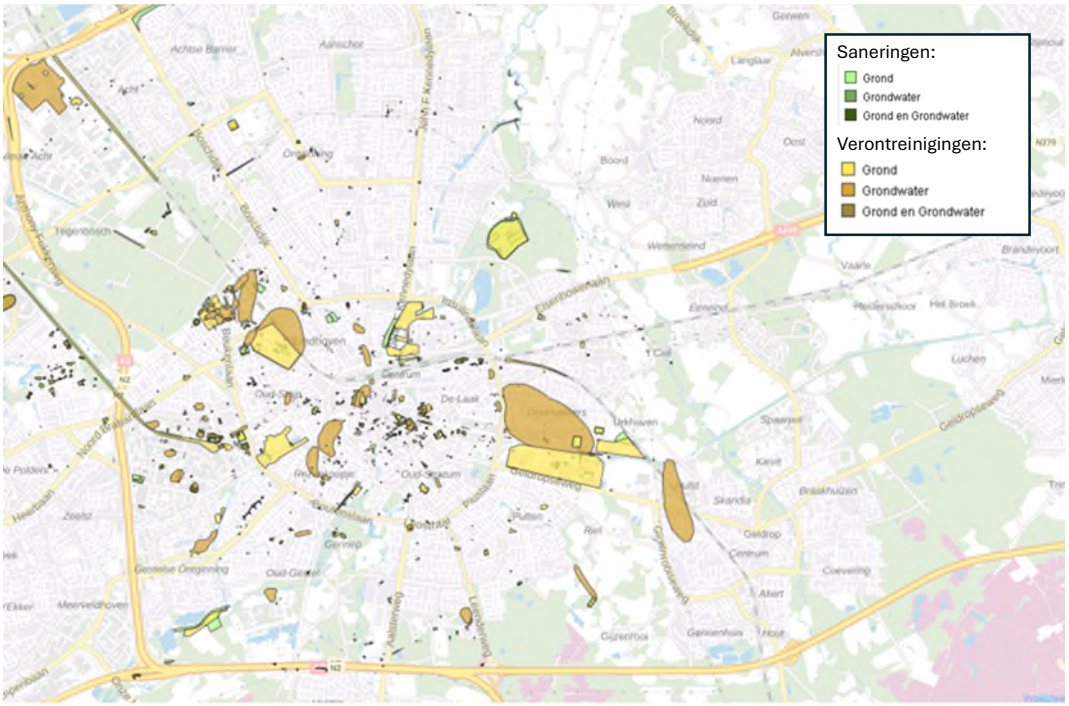
5.2.1 Toelichting

De bodemkwaliteit kan worden beïnvloed door de bovengrondse activiteiten die samenhangen met de realisatie van de maatregelen uit het Warmteprogramma (aanleg en exploitatie WKO, geothermie, aanleg en exploitatie warmtenet) en door lekkage uit ondergrondse leidingen en systemen. Door grondwerkzaamheden en de toepassing van WKO kunnen reeds aanwezige bodemverontreinigingen worden verplaatst en de biologische bodemkwaliteit worden aangetast.

5.2.2 Huidige situatie

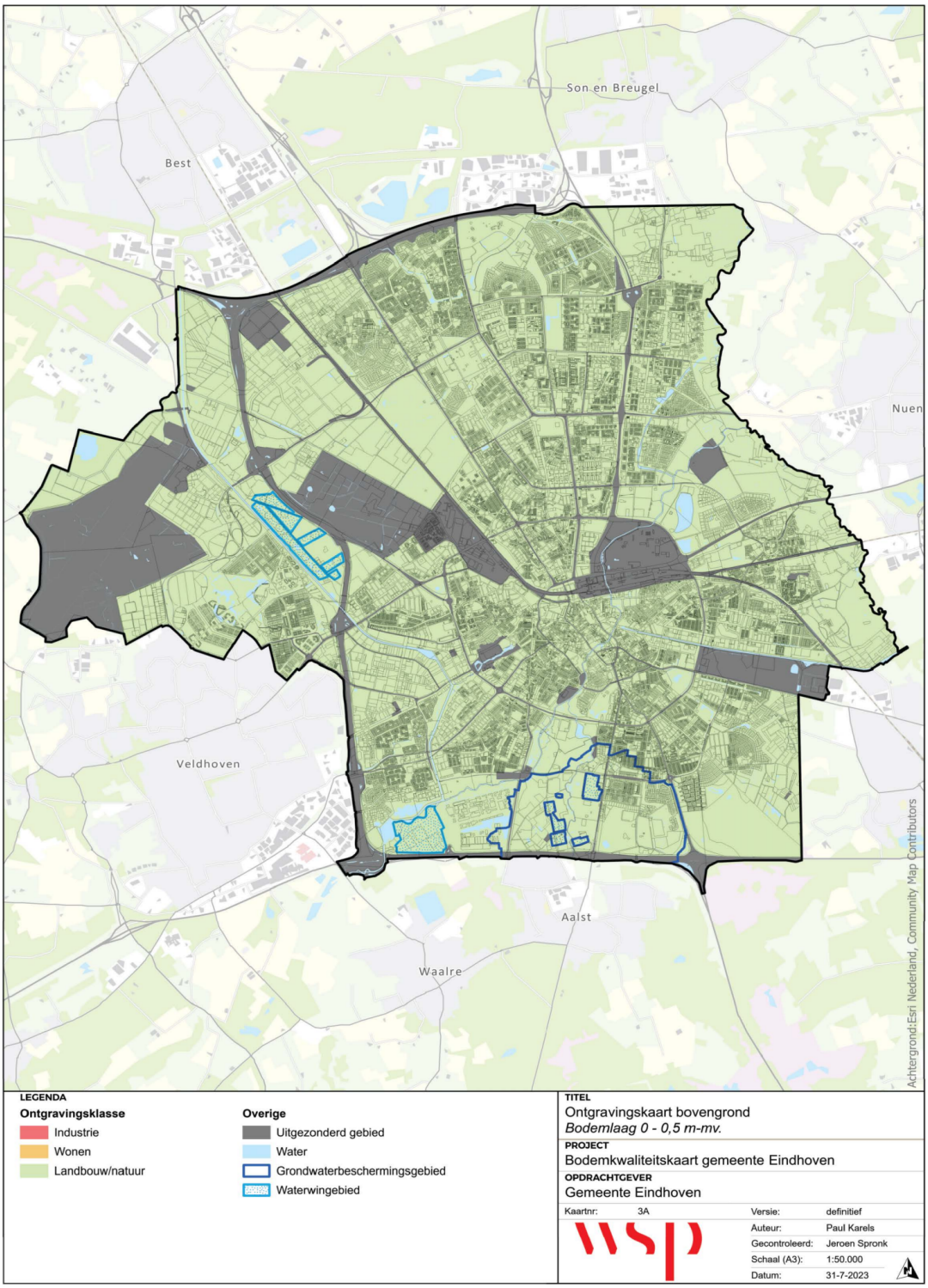
Bodemverontreiniging

De bodem is door diverse activiteiten in het verleden op veel plekken verontreinigd geraakt. Het gaat hier veelal om verontreinigingen die afkomstig zijn van een specifieke (bedrijfs)locaties, de zogeheten ‘puntbronnen’. Het industriële verleden van Eindhoven heeft zijn sporen in de ondergrond achter gelaten. In de afgelopen jaren heeft op zeer veel locaties in Eindhoven milieukundig bodemonderzoek plaatsgevonden bijvoorbeeld in het kader van een bouwaanvraag of waar sprake is van aan- of verkoop van locaties. Ook de gemeente heeft zelf op grote schaal verdachte locaties onderzocht. Inmiddels zijn van ruim 5.000 locaties gegevens beschikbaar over de bodemkwaliteit. Figuur 5.1 laat de ligging bekende puntverontreinigingen zien binnen de gemeentegrenzen. Risico’s voor verplaatsing van bestaande verontreiniging als gevolg van de beïnvloeding van de grondwaterstromingsrichting en/of -snelheid door open bodemenergiesystemen (WKO). In dat verband zijn met name de (mobiele) grondwaterverontreinigingen, relevant.



Figuur 5.1 Aanwezige lokale verontreinigingen in gemeente Eindhoven (bron: Atlas van de ondergrond)

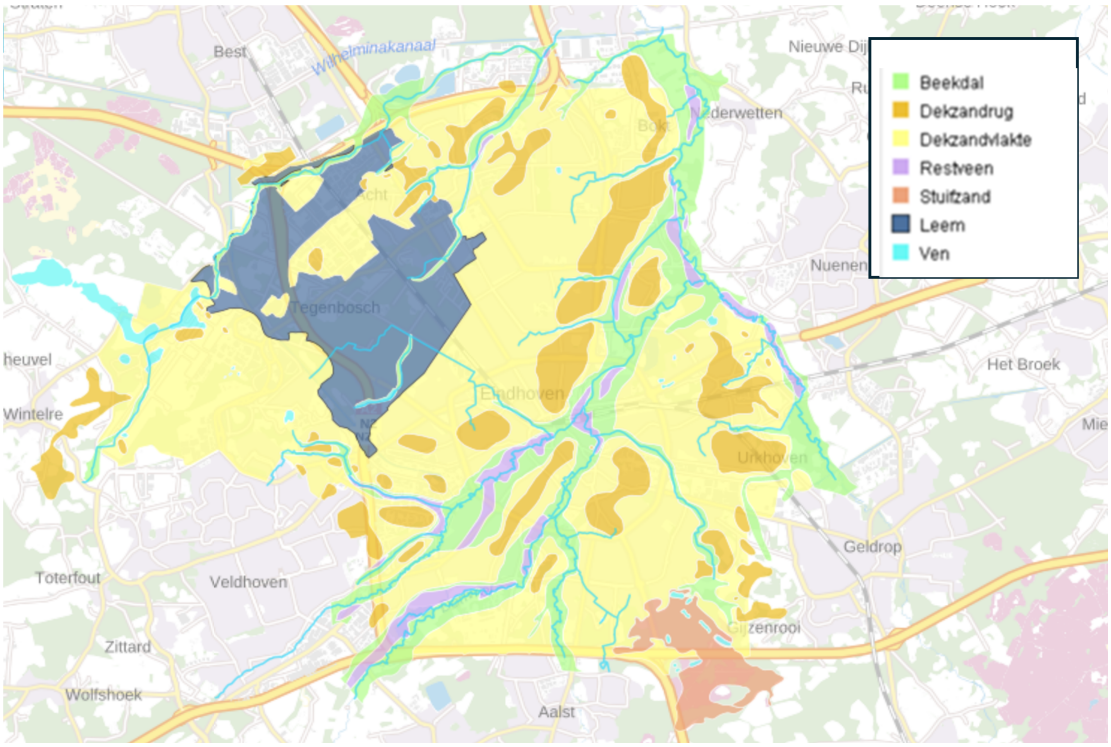
Naast puntbronnen is ook een zogeheten diffuus verspreide verontreiniging aanwezig. Dit is het gevolg van de belasting van de bodem over een groot oppervlakte vanuit vaak meerdere bronnen (bijv. belasting door depositie, grondverzet, ophoging en toepassing en hergebruikt van materialen). Vaak het resultaat van allerlei menselijke activiteiten door de jaren heen die terug kunnen gaan tot de honderden jaren geleden. De bodemkwaliteitskaart (ontgravingskaart) geeft inzicht in de mate van verontreiniging en het voorkomen van diffuus verspreide bodemverontreiniging in Eindhoven (zie figuur 5.2 voor de ontgravingskaart voor de bovengrond 0 tot 0,5 m-mv). Zowel in de bovengrond als de ondergrond (0,5 tot 3 m-mv) is geen diffuse verontreiniging van betekenis aanwezig (kwaliteitsklasse Landbouw en natuur).



Figuur 5.2 Ontgravingskaart standaardpakket bovengrond (Bodemkwaliteitskaart gemeente Eindhoven, WSP, juli 2023)

Biologische bodemkwaliteit
De levende bodem is het ecologische systeem in de ondergrond met ontelbare organismen zoals schimmels, algen, regenwormen, springstaartjes en aaltjes. Een goed functionerend bodemecosysteem kent essentiële functies zoals voedingsstoffen vrij maken voor opname door planten, ziekte- en plaagwering, stoffen afbreken, waaronder schadelijke, het waterbergend vermogen en de waterfilterende kwaliteit.

In gebieden met meer bodemafdekking en waar de bodem sterk is vergraven (bebouwd gebied) is het bodemleven in mindere mate aanwezig. Het is vooral het gehalte organische stof in de bodem dat de weerbaarheid van de bodem bepaalt en letterlijk de voedingsbodem is voor heel veel bodemleven. Het gehalte organische stof is in veen en kleigronden (van nature) hoger dan in zandgronden. In Eindhoven is de bodembiodiversiteit het hoogst in de beekdalen en in de oude groengebieden.



Figuur 5.3 Bodemtypen binnen de gemeente Eindhoven (bron: Atlas van de ondergrond)

5.2.3 Autonome ontwikkeling
Door de landelijke bodemsaneringsoperatie is het aantal puntverontreinigingen in de afgelopen jaren sterk afgenomen. Door afronding van de zogeheten spoedoperatie en de afspraak dat resterende puntverontreinigingen op ‘natuurlijke momenten’ (als er ontwikkelingen plaatsvinden op een locatie) worden gesaneerd, zal zich dat in de komende jaren verder voortzetten. Er zal echter altijd sprake blijven van een aanzienlijke restverontreiniging.

De verdere ontwikkeling van de diffuse bodemkwaliteit hangt af van de mate waarin toekomstige bodembelasting uit diffuse bronnen kan worden voorkomen.
Grondverzet speelt daarbij een belangrijke rol. Eén van de belangrijke instrumenten daarbij zijn de kwaliteitseisen die worden gesteld aan de toepassing van materialen en grondverzet. De kwaliteit van de ontvangende bodem een belangrijke rol speelt bij de eisen die worden gesteld bij toepassing van grond. Aangezien de bodem in Eindhoven buiten de puntverontreinigingen vrijwel schoon is, zal ook alleen vrijwel schone grond kunnen worden toegepast.

5.3 Indicator grondwater

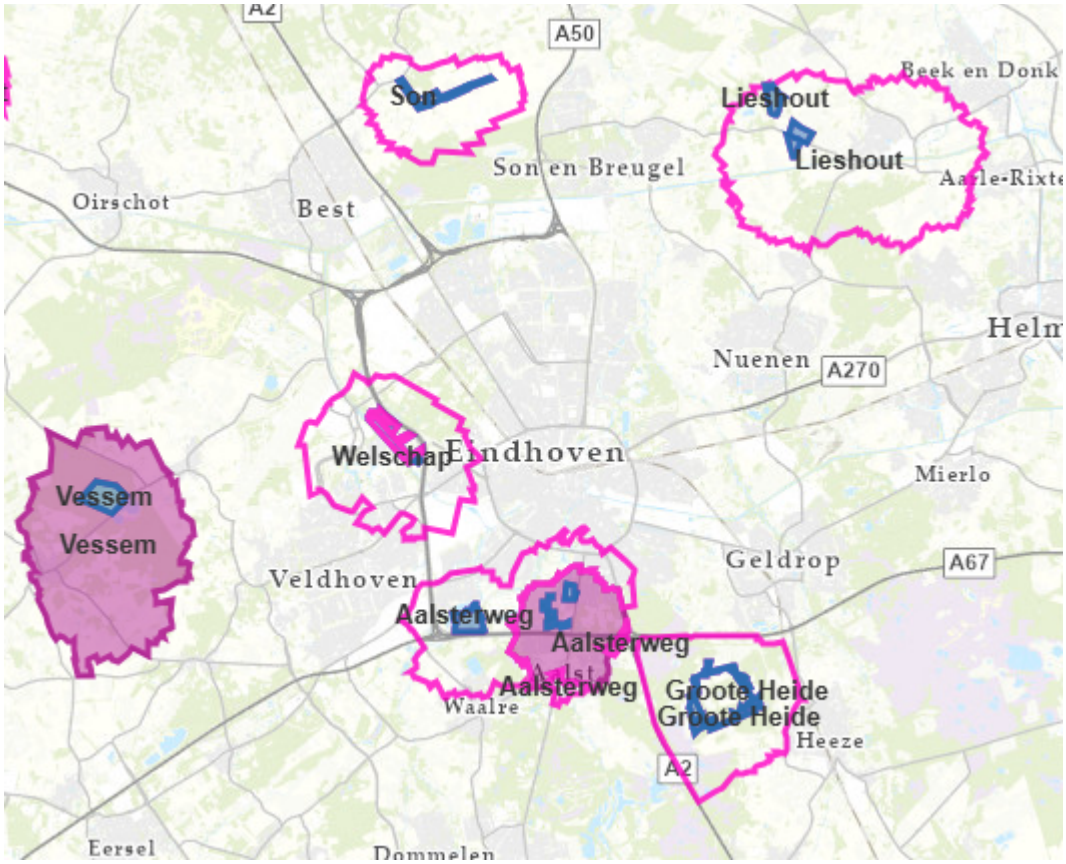
5.3.1 Toelichting

Het beleid van de gemeente ten aanzien van het beheer van grondwater en de ondergrond is opgenomen in diverse plannen. Onder ander is dit beschreven in het Gebiedsplan Gebiedsgericht Grondwaterbeheer Eindhoven-Centrum[17] en in de bijbehorende Atlas van de Ondergrond.[18]

De beleidsstukken geven aan hoe de gemeente de kwaliteit van de bodem en het grondwater wil waarborgen en verbeteren en hoe omgegaan moet worden met bestaande bodem- en grondwaterverontreinigingen.

Toelichting winningen
Drinkwater in Brabant wordt gewonnen uit grondwater. Rondom Eindhoven zijn diverse waterwingebieden gelegen. In onderstaande figuur zijn de winningen weergegeven.

[17] Gebiedsplan Gebiedsgericht Grondwaterbeheer Eindhoven-Centrum | Lokale wet- en regelgeving
[18] Atlas van de ondergrond



Figuur 5.4 Ligging waterwingebieden

De winningen Welschap en Aalsterweg liggen in de gemeente Eindhoven, de overige liggen in de naburige gemeenten. Het provinciaal beleid is gericht op de bescherming van deze gebieden, met onder andere boringsvrije zones rondom de winningen.

Voor deze gebieden gelden restricties wat wel en niet mag in de omgeving. Grondwater op grote diepte wordt beschermd voor drinkwaterwinning. Dit houdt in dat onder andere WKO-systemen restricties hebben tot welke diepte deze aangelegd mogen worden. Over het algemeen geldt dat deze alleen in het eerste watervoerende pakket geplaatst mogen worden (circa vanaf 30 m -mv tot circa 80 tot 100 m -mv). De diepere watervoerende pakketten zijn gereserveerd voor drinkwaterwinning.

5.3.2 Huidige situatie

Het huidige grondwater in Eindhoven wordt voor verschillende doelen gebruikt:

- Drinkwaterwinning aan de pompstations Aalsterweg en Welschap
- Onttrekking voor industriële toepassingen
- Gebruik voor bodem-energiesystemen

5.3.3 Autonome ontwikkeling

De autonome ontwikkeling zal met name betrekking hebben op de bouw van nieuwe woningen, vanwege de bevolkingsgroei met circa 50.000 inwoners in de regio. Deze groei heeft impact op de volgende grondwateraspecten:

- Toename open- en gesloten bodemenergiesystemen, om de woningen aardgasloos te kunnen bouwen en een duurzame energievoorziening nodig is
- Aanleg parkeerkelders bij de bouw van woontorens en fietsenkelders rondom het station
- Beheersmaatregelen voor verontreinigingen blijven in stand om verontreinigingen te saneren en/of om verplaatsing te voorkomen
- Tijdelijke bronbemaling om netverzwaring te realiseren, in combinatie met andere ondergrondse infra (fietstunnels, kabels en leidingen, waterleidingen, etc)

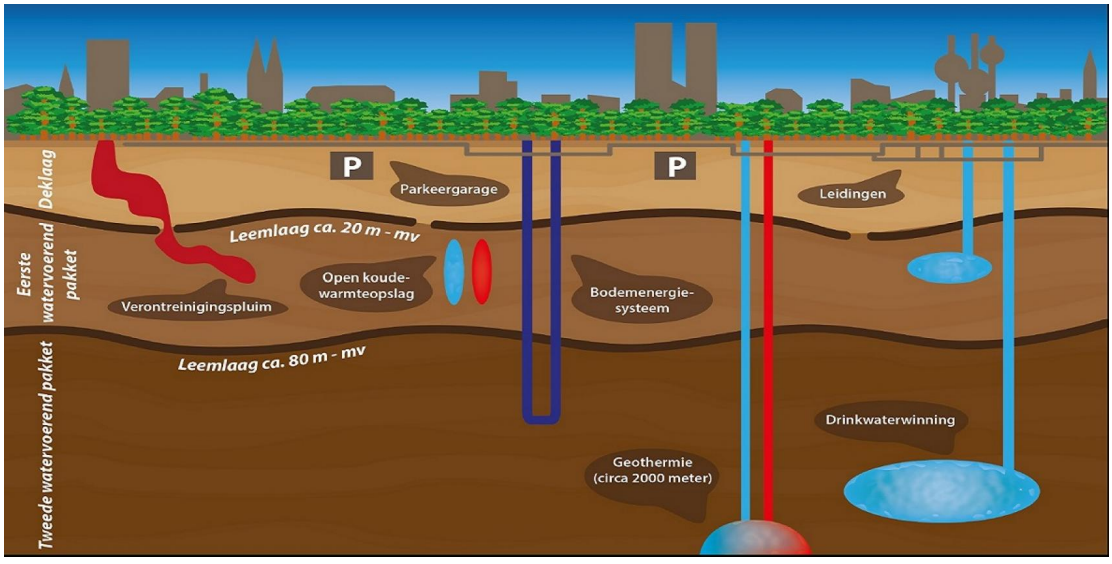
Zonder regie vanuit de gemeente kunnen de ontwikkelingen niet goed georganiseerd worden. Bij grondwater is momenteel nog vaak sprake van wie het eerst komt met de vergunningaanvraag voor het gebruik krijgt het toegewezen. Gemeente Eindhoven heeft met de bestaande beleidsstukken al een groot deel van de regie op zich genomen.

5.4 Ondergronds ruimtegebruik

5.4.1 Toelichting

Ondergronds ruimtegebruik wordt steeds intensiever, bijvoorbeeld als gevolg van de verdergaande verstedelijking en verdichting binnen het bestaand stedelijk gebied, maatregelen in het kader van de energietransitie en gericht op klimaatadaptatie.
Het Warmteprogramma van Eindhoven bevat verschillende warmteoplossingen en -technieken die ook een claim leggen op de ondergrondse ruimte. In de ondiepe ondergrond gaat het om de aanleg van kabels en leidingen (verzwaring elektriciteitsnetwerk bij all-electric) en bij de aanleg van een warmtenet. In de diepere ondergrond gaat het om de claim op de ondergrondse ruimte vanuit WKO.

Het gebruik en de toekomstige claims op de ondergrondse ruimte verschillen met de diepte (zie figuur 5.5).



Figuur 5.5 Ondergronds ruimtegebruik per laag van de ondergrond (bron: Atlas van de ondergrond)

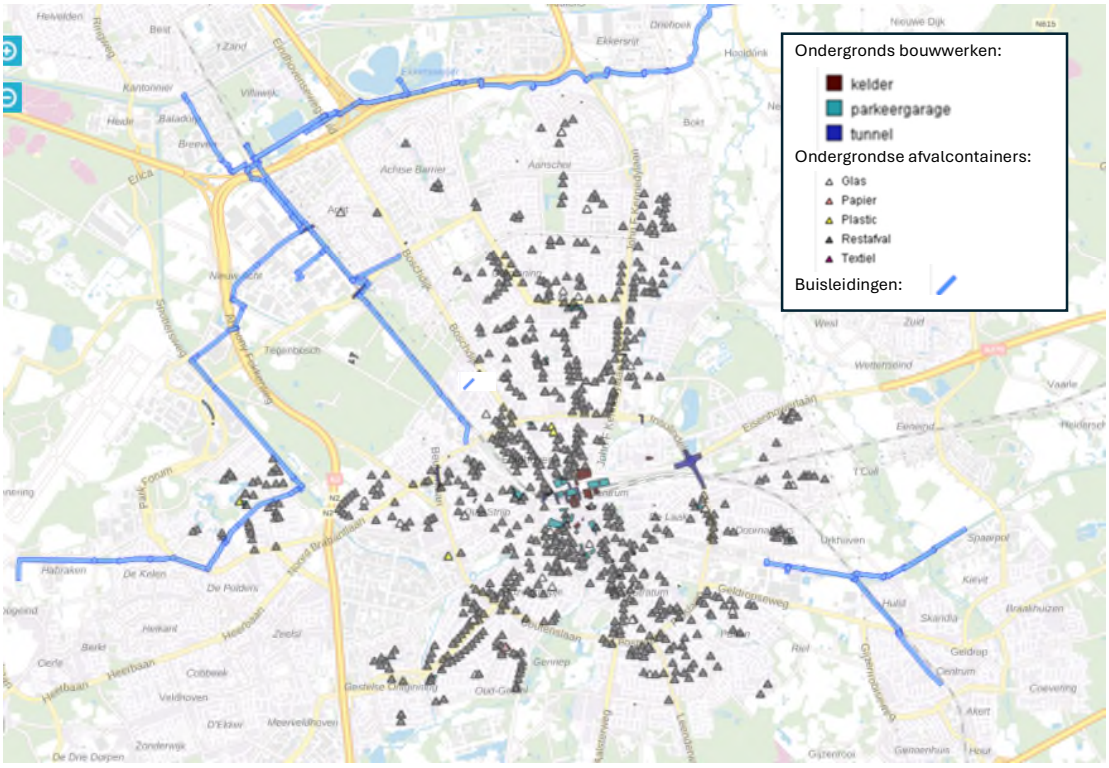
Daarom wordt bij de beschrijving van de huidige situatie en de autonome ontwikkeling onderscheid gemaakt tussen de ondiepe ondergrond (de deklaag in figuur 4.5) en de diepere ondergrond (eerste en tweede watervoerend pakket in figuur 4.5).

5.4.2 Huidige situatie

Ondiepe ondergrond

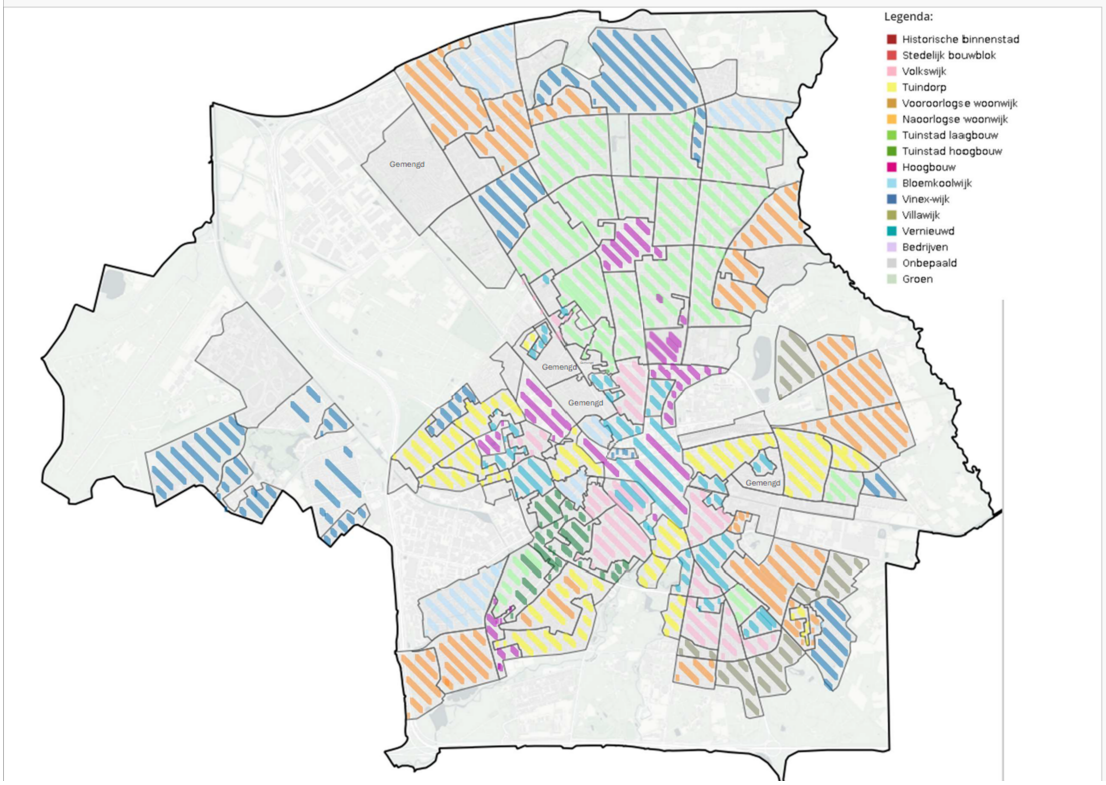
In vrijwel het gehele bebouwd gebied zijn in de ondiepe ondergrond onder de openbare weg kabels en leidingen voor elektriciteit en telecom en riolering aangelegd. Daarnaast legt de bestaande groenvoorziening vanuit de noodzakelijk wortelruimte reeds een claim op de ondergrond.

Daarnaast zijn op enkele plaatsen ondergrondse bouwwerken aanwezig, zijn ondergrondse containers geplaatst en er is sprake van een aantal tracés van ondergrondse buisleidingen. Figuur 5.6 laat zien waar deze zijn gelegen.



Figuur 5.6 Ligging ondergrondse bouwwerken, containers en buisleidingen (bron: Atlas van de ondergrond)

De resterende ondergronds ruimtebeslag veranderd voortduren en is daarom niet dekkend in beeld gebracht. Daarom wordt voor de beschrijving in huidige situatie van de inpassingsmogelijkheden in de ondiep ondergrond aangesloten bij de indeling in wijktype (zie wijktypekaart figuur 5.7). Deze zijn nader beschreven onder het thema “ruimtelijke kwaliteit”.



Figuur 5.7 Wijktypologieën Eindhoven (bron: gemeente Eindhoven)

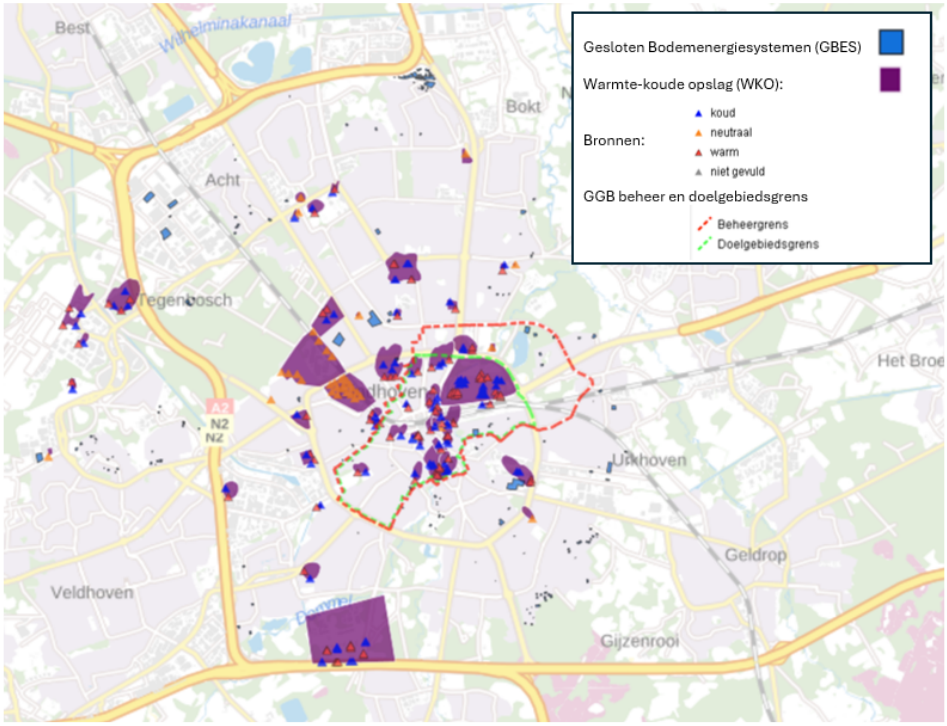
De wijktype zijn ingedeeld in drie categorieën die op een relatieve schaal de ruimtedruk in de ondergrond aangeven. In onderstaande tabellen zijn deze beschreven en is per type wijk aangegeven binnen welke categorie deze vallen.

Tabel 5.1 Categorieën ondergrondse ruimtedruk

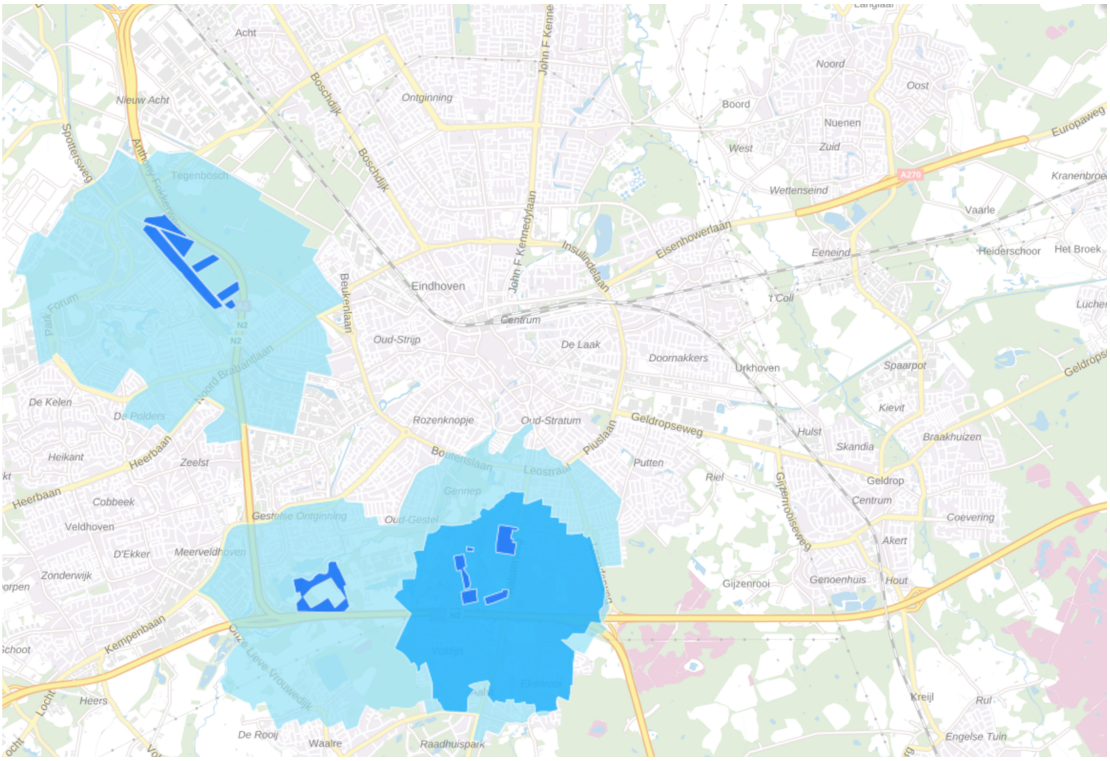
Categorie	Criteria	Wijktypologie
1 Hoge ondergrondse ruimtedruk	• Hoge bebouwingsdichtheid • Smalle straatprofielen • Te weinig openbaar groen	• Tuindorp • Volkswijk • Vernieuwd
2 Gemiddelde ondergrondse ruimtedruk	• Gemiddelde bebouwingsdichtheid • Normale straatprofielen • Redelijk veel openbaar groen	• Tuinstad hoogbouw • Hoogbouw • Vinex • Bloemkoolwijk • Naoorlogse woonwijk
3 Lage ondergrondse ruimtedruk	• Lage bebouwingsdichtheid • Ruime straatprofielen • Veel openbaar groen	• Villawijk • Buitengebied • Bedrijventerreinen

Diepere ondergrond

De belangrijkste claims op de diepere ondergrond worden gelegd vanuit de drinkwaterwinning en vanuit de bestaande WKO's. In figuur 5.8 is de ligging van de bestaand WKO installaties en GBES weergegeven. Figuur 5.9 laat zien waar de drinkwaterwinningen plaatsvinden en waar de grondwaterbeschermingsgebieden zijn gelegen.



Figuur 5.8 Ligging bestaande WKO installaties, GBES en de grenzen van het GGB-gebied (bron: Atlas van de ondergrond)



Figuur 5.9 Ligging drinkwaterwinningen en grondwaterbeschermingsgebieden (bron: Atlas van de ondergrond)

In het centrumgebied van Eindhoven bevinden zich een aantal omvangrijke grondwaterverontreinigingen met vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen (VOCl). Om die reden heeft Eindhoven een GGB-plan voor het centrumgebied van de stad laten vaststellen (zie figuur 5.8).
Het gebiedsgericht grondwaterbeheer (GGB) biedt het kader voor de omgang met grondwaterverontreinigingen, waarmee de gewenste ontwikkelingen, zoals bouw en energietransitie in het centrum van de stad meer ruimte krijgen en kosteneffectiever uitgevoerd kunnen worden. Het GGB-plan geeft invulling aan het duurzaam beheer van het grondwater door het te beschermen, te benutten en te verbeteren. Uitgangspunt hierbij is dat de in het aangewezen gebied aanwezige verontreinigingen zich binnen dit gebied mogen vermengen en verspreiden. Dat betekent dat maatregelen om verspreiding van verontreiniging door bijvoorbeeld WKO-systemen en (tijdelijke) bemalingen tegen te gaan, kunnen worden verminderd of zelfs vervallen.

5.4.3 Autonome ontwikkeling

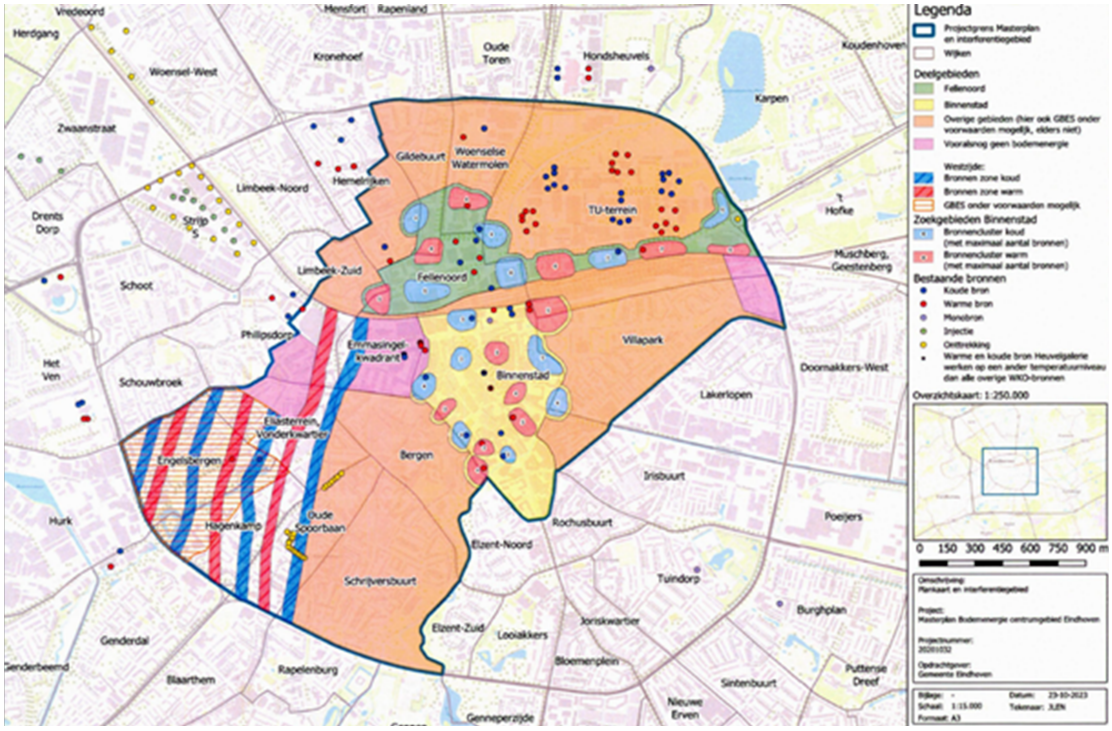
Ondiepere ondergrond

Ondergronds ruimtegebruik wordt steeds intensiever, onder andere als gevolg van de energietransitie, geplande nieuwbouw en ondergrondse oplossingen voor de mobiliteitsproblemen. Daarnaast zal (woning)bouw zorgen voor funderingen, nutsaansluitingen en mogelijk ook ondergrondse parkeergarages en afvalcontainers. Ook maatregelen ten behoeve van klimaatadaptatie zoals wadi's en vergroenen (boomwortels) doen een beroep op de ruimte in de ondiepere ondergrond.

Diepere ondergrond

Ook zonder warmteprogramma zal het aantal WKO installaties toenemen. Ook wordt vanuit de toenemen vraag naar drinkwater gezocht naar mogelijkheden om de drinkwaterwinning uit grondwater uit te breiden. De zoekgebieden daarvoor liggen echter in de relatief onbebouwde gebieden. Om de potentie voor bodemenergie optimaal te benutten en daarbij ook rekening te houden met de aanwezige bodemverontreinigingen, is voor het centrumgebied van Eindhoven een Masterplan Bodemenergie opgesteld. Dit Masterplan Bodemenergie reguleert en faciliteert het gebruik van bodemenergie in het centrum van Eindhoven. Er zijn 4 soorten gebieden aan te wijzen (zie ook figuur 5.10):

- Gebieden waar de komende jaren een beperkt aantal WKO's te verwachten is (oranje)
- Gebieden waar de komende 10 jaar nog geen WKO mogelijk is, omdat er bijvoorbeeld eerst een bodemsanering uitgevoerd moet worden (paars)
- Gebieden met rode en blauwe stroken. Hier dienen de koude bronnen in de blauwe stoken geplaatst te worden en de warme bronnen in de rode stroken, om te voorkomen dat de aanwezige grondwater verontreinigingen zich te veel verspreiden
- Gebieden met rode en blauwe vlekken. Hier dienen de koude bronnen in de blauwe clusters geplaatst te worden en de warme bronnen in de rode clusters



Figuur 5.10 Kaart masterplan bodemenergie (bron: Masterplan bodemenergie Eindhoven)

6 Water

6.1 Indicator drinkwater in leidingen

6.1.1 Toelichting

Voor de indicator drinkwater kijken we naar de kwaliteit van drinkwater in de leidingen en de drinkwaterkwantiteit. In Brabant wordt drinkwater gemaakt van grondwater. Er zijn twee winningsgebieden in gemeente Eindhoven, zoals beschreven bij het aspect Grondwater (paragraaf 5.3.1). Nederland heeft strenge kwaliteitseisen voor water, die zijn vastgelegd in de Drinkwaterwet en het Drinkwaterbesluit. Brabant Water, dat het drinkwater in Eindhoven levert, zorgt dat het water aan deze eisen voldoet. Naast de kwaliteit is ook de drinkwaterkwantiteit van belang. Door lekkages kan water bijvoorbeeld weglekken, waardoor de waterdruk wegvalt.

6.1.2 Huidige situatie

In de huidige situatie wordt grondwater onttrokken en behandeld tot drinkwater (o.a. beluchting en ontijzering). Nadat het geschikt is voor consumptie wordt het via het distributienet van Brabant Water verspreid naar de eindgebruikers. Deze transport- en drinkwaterleidingen liggen op circa 0,8 tot 1,0 m -mv.

6.1.3 Autonome ontwikkeling

De verwachting is dat door de bevolkingsgroei en klimaatverandering de vraag naar drinkwater toeneemt. In de regio van Eindhoven is de verwachting dat circa 20.000 tot 50.000 mensen extra komen wonen, onder andere door de groei van de high-tech sector Dit heeft tot gevolg dat de winningen willen uitbreiden (meer grondwater onttrekken) om aan de vraag te voldoen en iedereen van voldoende en schoon drinkwater te kunnen voorzien.

Enerzijds neemt de capaciteit van de winningen toe, anderzijds zal de infrastructuur hier ook op aangepast worden. Dit wordt veelal gecombineerd met renovaties van bestaande leidingen. Er worden meer leidingen aangelegd, met een grotere diameter.

Tevens is de verwachting dat Brabant Water de leidingen dieper onder de grond wil leggen, omdat door klimaatveranderingen ook de bodem verder opwarmt. Warmte heeft een negatieve invloed op de drinkwaterkwaliteit (meer bacteriegroei). Door de leidingen dieper te leggen wordt dit tegengegaan. Door de diepere ligging is wel meer tijdelijke grondwateronttrekking nodig van freatisch grondwater, om de aanleg in den droge te realiseren. Dit heeft een (tijdelijk) negatief gevolg voor de freatische grondwaterstanden en aanverwante aspecten (vochtvoorziening stedelijk groen, aantasting archeologische resten, verplaatsing verontreinigingen).

6.2 Indicator oppervlaktewater

6.2.1 Toelichting

Vanuit Europa geldt de Kaderrichtlijn Water (KRW) die stelt dat al het oppervlaktewater in 2027 moet voldoen aan een goede waterkwaliteit en er geen achteruitgang mag plaatsvinden. Dit geldt in de eerste plaats voor begrensde oppervlaktewaterlichamen, maar ook voor het overige wateren geldt een inspanningsverplichting.

Het warmteprogramma heeft mogelijk impact op het oppervlaktewater. Bij thermische energie uit oppervlaktewater (TEO) kan de aanleg en het gebruik van de hiervoor benodigde installaties voor een temperatuurverschil zorgen, wat invloed heeft op het waterleven en andere fysisch-chemische processen in het water. Een verlaging van de watertemperatuur zorgt er voor dat een aantal processen vertragen en de kans op zuurstofloosheid afneemt. Daarnaast kan er een fysieke impact zijn op het waterleven op het moment dat er oppervlaktewater door filters en een warmtewisselaar gaat. De temperatuurverlaging en de fysieke aantasting is relevant bij warmteonttrekking direct uit oppervlaktewater, maar mogelijk ook bij warmteonttrekking uit afvalwater bij teruglevering aan het oppervlaktewatersysteem.

De warmteonttrekking zal voornamelijk gedurende de zomermaanden plaatsvinden en worden opgeslagen met een WKO-systeem. Het effect van de temperatuurverlaging en de fysieke aantasting treden dus op tijdens het groeiseizoen. Aan het begin van het groeiseizoen is een verlaging van de temperatuur minder wenselijk, maar in de zomer wordt een lagere temperatuur als positief beoordeeld.

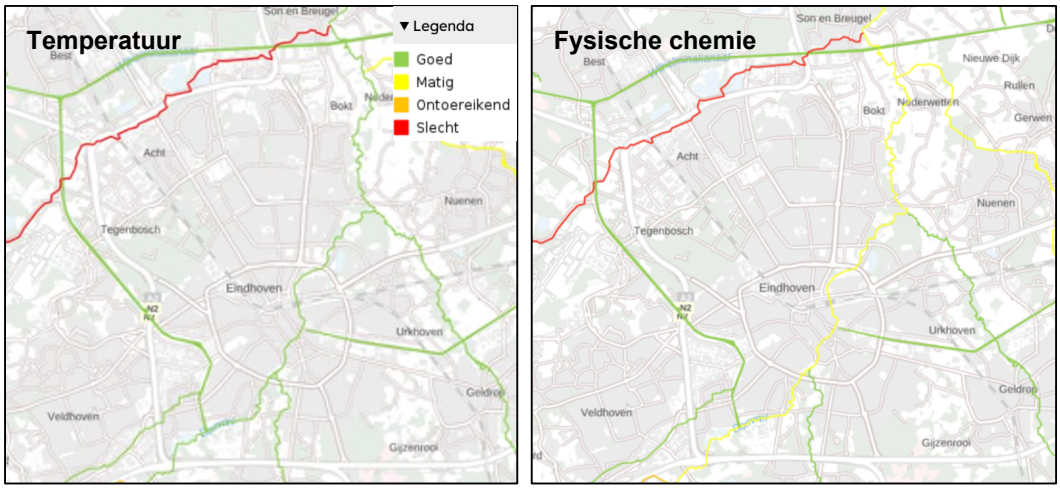
6.2.2 Huidige situatie

In en rond Eindhoven ligt een aantal KRW-oppervlaktewaterlichamen (figuur 6.1). Het betreft de stilstaande wateren (M-types) Beatrixkanaal, Afwateringskanaal De Dommel en Eindhovens Kanaal en de stromende wateren (R-types) Boven-, Midden- en Beneden-Dommel, Kleine Dommel, Tongelreep, Gender en Ekkersrijt. De huidige toestand van de biologische kwaliteitselementen en van de ondersteunende algemeen fysische chemie, met daarbij specifiek temperatuur zijn gepresenteerd in figuur 6.2 en figuur 6.3.

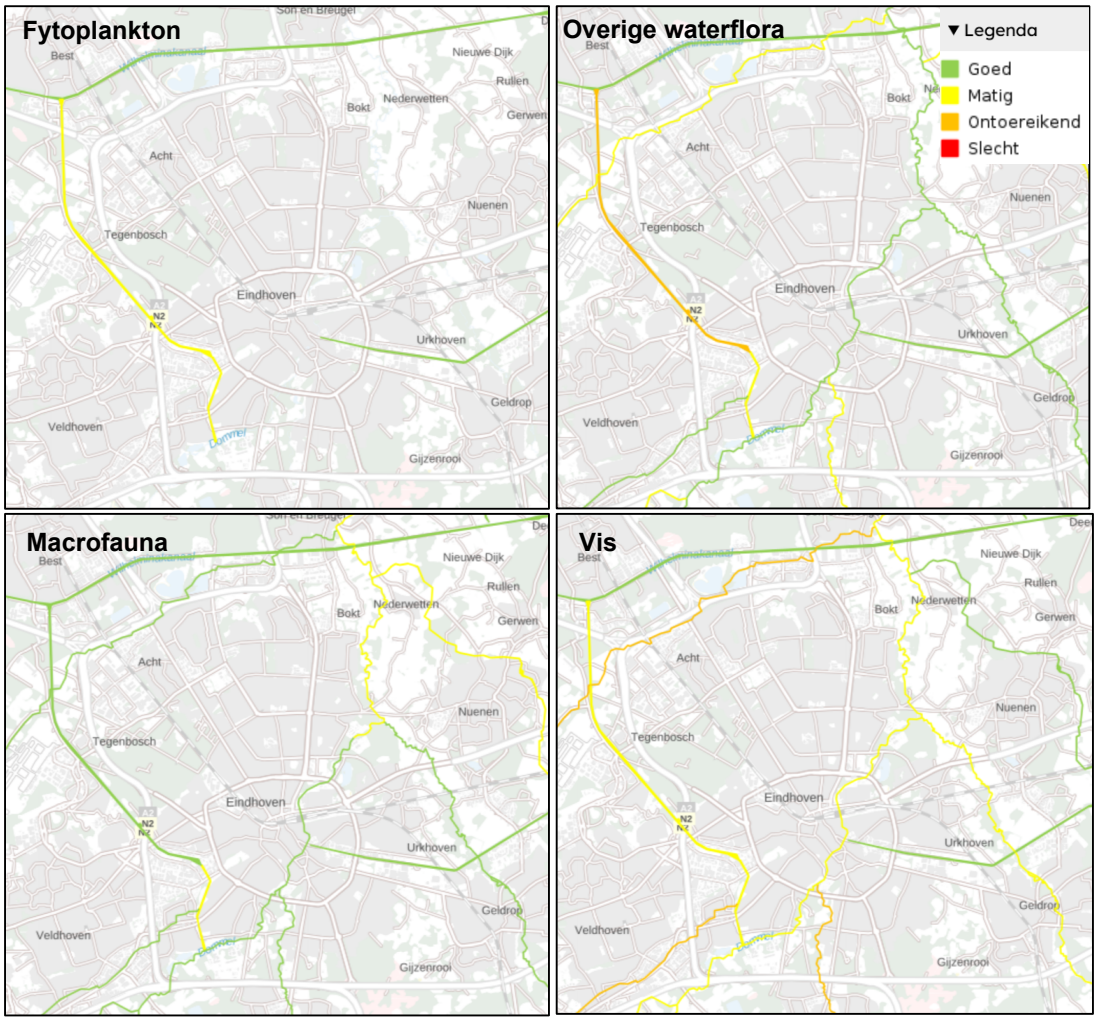
De biologie en fysische chemie is goed in het Eindhovens kanaal. In het Beatrix kanaal is de toestand voor macrofauna goed, voor fytoplankton en vis matig en voor overige waterflora ontoereikend. In de beken en rivieren is de toestand matig tot goed, maar voor de Tongelreep, Ekkersrijt en de Gender is de toestand voor vis ontoereikend.[19]. De temperatuur is in alle waterlichamen goed (<= 25 graden Celsius), maar in de Ekkersrijt is de toestand van de temperatuur slecht en komt de temperatuur boven het doel van 18 graden Celsius. In alle waterlichamen wordt niet voldaan aan de normen voor het onderdeel Specifiek verontreinigende stoffen (zoals ammoniak en zink).

Voor de KRW-oppervlaktewaterlichamen geldt dat in geen van de KRW-oppervlaktewaterlichamen aan de norm voor de chemische kwaliteit van het oppervlaktewater wordt voldaan (bron: Factsheets KRW, bij SGBP Maas). In de meeste beken en rivieren voldoet 1 stof niet, in de Gender en de kanalen voldoen 2 – 3 stoffen niet.

[19] Factsheets KRW, bij SGBP Maas



Figuur 6.1 Toestand temperatuur en algemeen fysische chemie van KRW-wateren in Eindhoven (Rapportagejaar 2024)



Figuur 6.2 Toestand biologie van KRW-wateren in Eindhoven (Rapportagejaar 2024)



Figuur 6.3 Toestand chemie van KRW-wateren in Eindhoven (Rapportagejaar 2024)

Voor de overige stedelijke wateren heeft de gemeente in samenwerking met waterschap de Dommel 19 stadswateren geselecteerd, en beoordeeld op 10 functies, waaronder Ecologie (met een EKR waarde).

In de OER Omgevingsvisie 2.0 Eindhoven (2024) is de volgende passage opgenomen over de actuele toestand van de overige stadswateren: “Voor de stadswateren is de ecologische waterkwaliteit in opdracht van de gemeente Eindhoven (Boute Ecologie & Water Advies, 2022) in beeld gebracht met een vereenvoudigde beoordelingsmethodiek die voor de KRW-waterlichamen wordt toegepast, uitgedrukt in een Ecologische Kwaliteits Ratio (EKR-score). De conclusie uit deze nulopnamen is dat veel stadswateren een onvoldoende scoren op de EKR-maatlat, al zijn er enkele lichtpuntjes (zoals de vijver Vliststraat). Belangrijke factoren die zorgen voor die score is onvoldoende ecologische inrichting van oevers (harde oevers i.p.v. natuurvriendelijke oevers), het ontbreken van waterplanten, de fysisch-chemische waterkwaliteit (m.n. stikstof en fosfaat), de aanwezigheid van sliblagen, een niet-natuurlijk visstandbeheer en te veel watervogels.

6.2.3 Autonome ontwikkeling

In het Stroomgebiedbeheerplan Maas 2022-2027 zijn verschillende maatregelen opgenomen om de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit te verbeteren. Deze maatregelen zijn desondanks nog onvoldoende om de KRW-normen te halen.

In tabel 6.1 is een overzicht gegeven van het doel, de toestand gerapporteerd in 2024 en het verwachtte doelbereik in 2027 voor de KRW-waterlichamen in en rond Eindhoven voor de biologische kwaliteitselementen en de temperatuur. Met uitzondering van de Ekkersrijt, voldoen alle waterlichamen aan het doel om de watertemperatuur onder de 25 °Celsius te houden en de verwachting is dat dit zo blijft. Het doel voor de Ekkerrijt is om de watertemperatuur onder de 18 °Celsius te houden, maar de toestand is slecht. Het is onzeker of de temperatuur van de Ekkersrijt in 2027 onder de 18 °Celsius blijft.

Met uitzondering van het Eindhovens kanaal zijn voor alle waterlichamen één of meerdere kwaliteitselementen met matig of ontoereikend beoordeeld. Het is onzeker of in 2027 wel aan de doelen wordt voldaan.

Tabel 6.1 Overzicht doelen, toestand 2024 en doelbereik 2027 voor de KRW-waterlichamen in en rond Eindhoven

Waterlichaam	Watertype	Kwaliteitselement	GEP (doel)	Toestand 2024	Doelbereik 2027
Eindhovens kanaal	M6a	Macrofauna	=> 0,45	Goed	Vrijwel zeker
		Overige waterflora	=> 0,50	Goed	Vrijwel zeker
		Vis	=> 0,50	Goed	Vrijwel zeker
		Fytoplankton	=> 0,60	Goed	Vrijwel zeker
		Temperatuur (°C)	<= 25	Goed	Vrijwel zeker
Beatrixkanaal	Mb	Macrofauna	=> 0,30	Goed	Vrijwel zeker
		Overige waterflora	=> 0,30	Ontoereikend	Onzeker
		Vis	=> 0,35	Matig	Vrijwel zeker
		Fytoplankton	=> 0,60	Matig	Onzeker
		Temperatuur (°C)	<= 25	Goed	Vrijwel zeker
Afwateringskanaal Dommel	M3	Macrofauna	=> 0,45	Matig	Onzeker
		Overige waterflora	=> 0,35	Matig	Onzeker
		Vis	=> 0,50	Matig	Onzeker
		Fytoplankton	=> 0,60	Matig	Onzeker
		Temperatuur (°C)	<= 25	Goed	Vrijwel zeker
Boven Dommel	R5	Macrofauna	=> 0,55	Goed	Onzeker
		Overige waterflora	=> 0,55	Goed	Onzeker
		Vis	=> 0,45	Matig	Onzeker
		Temperatuur (°C)	<= 25	Goed	Vrijwel zeker
Midden- en Beneden Dommel	R6	Macrofauna	=> 0,50	Matig	Onzeker
		Overige waterflora	=> 0,55	Goed	Vrijwel zeker
		Vis	=> 0,30	Matig	Onzeker
		Temperatuur (°C)	<= 25	Goed	Vrijwel zeker
Kleine Dommel/ Sterkselsche Aa	R5	Macrofauna	=> 0,60	Goed	Onzeker
		Overige waterflora	=> 0,40	Goed	Vrijwel zeker
		Vis	=> 0,30	Matig	Onzeker
		Temperatuur (°C)	<= 25	Goed	Vrijwel zeker
Tongelreep	R5	Macrofauna	=> 0,60	Goed	Vrijwel zeker
		Overige waterflora	=> 0,60	Matig	Onzeker
		Vis	=> 0,60	Ontoereikend	Onzeker
		Temperatuur (°C)	<= 25	Goed	Vrijwel zeker
Gender	R4a	Macrofauna	=> 0,30	Goed	Vrijwel zeker
		Overige waterflora	=> 0,45	Goed	Vrijwel zeker
		Vis	=> 0,30	Ontoereikend	Vrijwel zeker
		Temperatuur (°C)	<= 18	Goed	Vrijwel zeker

Waterlichaam	Watertype	Kwaliteitselement	GEP (doel)	Toestand 2024	Doelbereik 2027
Ekkersrijt	R4a	Macrofauna	=> 0,30	Goed	Vrijwel zeker
		Overige waterflora	=> 0,40	Matig	Onzeker
		Vis	=> 0,30	Ontoereikend	Onzeker
		Temperatuur (°C)	<= 18	Slecht	Onzeker

In tabel 6.2 zijn alle maatregelen opgenomen voor de waterlichamen in en rond Eindhoven die in de huidige planperiode (2022 – 2027) uitgevoerd zullen worden. De maatregelen zullen waarschijnlijk grotendeels buiten Eindhoven plaatsvinden, maar zullen wel effect hebben op het waterleven in Eindhoven. Voor de Midden- en Beneden Dommel staan de meeste maatregelen op het programma, gericht op beekherstel, aanpassen begroeiing, maai- en onderhoudsbeheer, zuurstofbevordering en onderzoek en verminderen verontreinigingen. Ook de emissie vanuit het RWZI op de Midden- en Beneden Dommel moet verminderd worden. Voor de Boven Dommel en de Kleine Dommel/Sterkselsche Aa zal een aantal kunstwerken vispasseerbaar gemaakt worden.

Verder worden voor alle beken (R-typen) beekherstelmaatregelen genomen en geldt voor alle waterlichamen een aantal generieke maatregelen om de hoeveelheid nutriënten, gewasbeschermingsmiddelen en overige toxische stoffen de verminderen en te onderzoeken.

Tabel 6.2 Maatregelen voor de periode 2022 t/m 2027 voor de waterlichamen in en rond Eindhoven

Waterlichaam	Maatregel	Omvang
Eindhovens kanaal	Bijdrage waterschap aan Deltaplan Agrarisch waterbeheer – Verminderen emissie nutriënten landbouw	in totaal 1 stuks voor meerdere waterlichamen
	Uitvoeren op waterkwaliteit gericht onderhouds-/maaibeheer (water en natte oever)	in totaal 680 km voor meerdere waterlichamen (340 km planvoorbereiding, 340 km in uitvoering)
Beatrixkanaal	Alleen generieke maatregelen	
Afwateringskanaal Dommel	Alleen generieke maatregelen	
Boven Dommel	Herstel vismigratie Boven Dommel – Vispasseerbaar maken kunstwerken	2 stuks
	Uitvoeren beekherstel Boven Dommel – Verbreden (snel) stromend water / hermeandere, NVO groter dan 10 m	0,4 km
	Agenderen grensoverschrijdende belasting vanuit Vlaanderen	in totaal 1 stuks voor meerdere waterlichamen
Midden- en Beneden Dommel	Beekherstel – Verbreden (snel) stromend water / hermeandere, NVO groter dan 10 m	1,6 km (plan voorbereiding)
	RWZI Eindhoven – Verminderen belasting RWZI nutriënten	1 stuks

Waterlichaam	Maatregel	Omvang
	Uitvoeren beekherstel Midden- en Beneden Dommel - Verbreden (snel) stromend water / hermeandere, NVO groter dan 10 m	0,2 km
	Aanpassen begroeiing langs water (beschaduwde beken)	in totaal 350 km voor meerdere waterlichamen
	Bijdrage waterschap aan Deltaplan Agrarisch waterbeheer – Verminderen emissie nutriënten landbouw	in totaal 1 stuks voor meerdere waterlichamen
	Onderzoek naar effectiviteit van herstelmaatregelen o.b.v uitkomsten casussen KIWK	in totaal 1 stuks voor meerdere waterlichamen
	Onderzoek naar effect microverontreinigingen	in totaal 1 stuks voor meerdere waterlichamen.
	Onderzoek zuurstof bevorderende maatregelen	in totaal 1 stuks voor meerdere waterlichamen
	Uitvoeren op waterkwaliteit gericht onderhouds-/maaibeheer (water en natte oever)	in totaal 680 km voor meerdere waterlichamen (340 km planvoorbereiding, 340 km in uitvoering)
Kleine Dommel/Sterkselsche Aa	Aanpak overstort Casseweg via afkoppelen – Zuiveren + afkoppelen verhard oppervlak	3 ha
	Aanpak overstort Ingstraat via afkoppelen - Zuiveren + afkoppelen verhard oppervlak	3 ha
	Herstel vismigratie Kleine Dommel-Sterkselse Aa – Vispasseerbaar maken kunstwerken	3 stuks
	Uitvoeren beekherstel Kleine Dommel-Sterkselse Aa - Verbreden (snel) stromend water / hermeandere, NVO groter dan 10 m	8,2 km
Tongelreep	Uitvoeren beekherstel Tongelreep - Verbreden (snel) stromend water / hermeandere, NVO groter dan 10 m	1,7 km
	Agenderen grensoverschrijdende belasting vanuit Vlaanderen – Overige instrumentele maatregelen	in totaal 1 stuks voor meerdere waterlichamen
	Onderzoek naar effectiviteit van herstelmaatregelen o.b.v uitkomsten casussen KIWK	in totaal 1 stuks voor meerdere waterlichamen

Waterlichaam	Maatregel	Omvang
Gender	Uitvoeren beekherstel Gender - Verbreden (snel) stromend water / hermeandere, NVO groter dan 10 m	3,9 km
Ekkersrijt	Uitvoeren beekherstel Ekkersrijt - Verbreden (snel) stromend water / hermeandere, NVO groter dan 10 m	1,2 km
Generieke maatregelen (van toepassing op alle waterlichamen)	Generiek landelijk beleid gewasbeschermingsmiddelen – verminderen emissie gewasbeschermingsmiddelen landbouw	in totaal 1 stuks voor het beheergebied waterbeheerder
	Generiek landelijk beleid nutriënten – Verminderen emissie nutriënten landbouw	in totaal 1 stuks voor het beheergebied waterbeheerder
	Generiek landelijk beleid Overige toxische stoffen vanuit diffuse belasting	in totaal 1 stuks voor het beheergebied waterbeheerder
	Onderzoek normoverschrijdende stoffen	in totaal 1 stuks voor het beheergebied waterbeheerder
	verminderen emissie gewasbeschermingsmiddelen landbouw - Rijksbeleid	in totaal 1 stuks voor het beheergebied waterbeheerder
	verminderen emissie nutrienten landbouw - Rijksbeleid	in totaal 1 stuks voor het beheergebied waterbeheerder
	Verminderen emissie overige stoffen - Rijksbeleid	in totaal 1 stuks voor het beheergebied waterbeheerder

In de OER Omgevingsvisie 2.0 Eindhoven (2024) is de volgende passage opgenomen over de verwachtte ontwikkelingen voor de overige stadswateren: “Verwacht wordt dat de belasting met nutriënten in regionale wateren door voorziene maatregelen bij rioolwaterzuiveringsinstallaties voor 2027 afneemt met 10-20 %. Door maatregelen in de agrarische sector komen daar als aangegeven naar verwachting nog enige procenten bij (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022, Stroomgebiedbeheerplannen Rijn, Maas, Schelde en Eems 2022-2027).”

Voor de 19 stadswateren zijn generieke en specifieke (locatie afhankelijke) verbetermaatregelen bepaald door de gemeente in samenwerking met het waterschap. De uitvoering van die maatregelen moet nog worden belegd bij verschillende afdelingen, onder verschillende sectoren. Dat vraagt nog aandacht komende tijd, inclusief bestuurlijke inbedding komend jaar 2025/2026.

Verder is in de OER Omgevingsvisie 2.0 Eindhoven (2024) de volgende passage opgenomen over het effect van klimaatverandering op het oppervlaktewater: “In de autonome ontwikkeling kan langdurige droogte een negatief effect hebben op de waterkwaliteit van oppervlaktewateren. Ook piekbuien kunnen negatieve effecten veroorzaken, bijvoorbeeld door verontreiniging in neerslag, toename van riooloverstorten of door de afspoeling van nutriënten. Daarnaast kan een stijging in de temperatuur leiden tot meer blauwalg. De gemeente heeft hier aandacht voor in de klimaatadaptatiestrategie.”

7 Groen & natuur

7.1 Algemeen

De warmteoplossingen en -technieken hebben allemaal ruimtelijke consequenties die effect kunnen hebben op beschermde soorten, beschermde gebieden én het stadsgroen en multifunctioneel groen van een wijk of buurt. Het onderdeel groen & natuur is daarmee onder te verdelen in de volgende indicatoren:

- Beschermde soorten
- Beschermde gebieden: Natura 2000
- Beschermde gebieden: Natuurnetwerk Nederland
- Stadsgroen en multifunctioneel groen

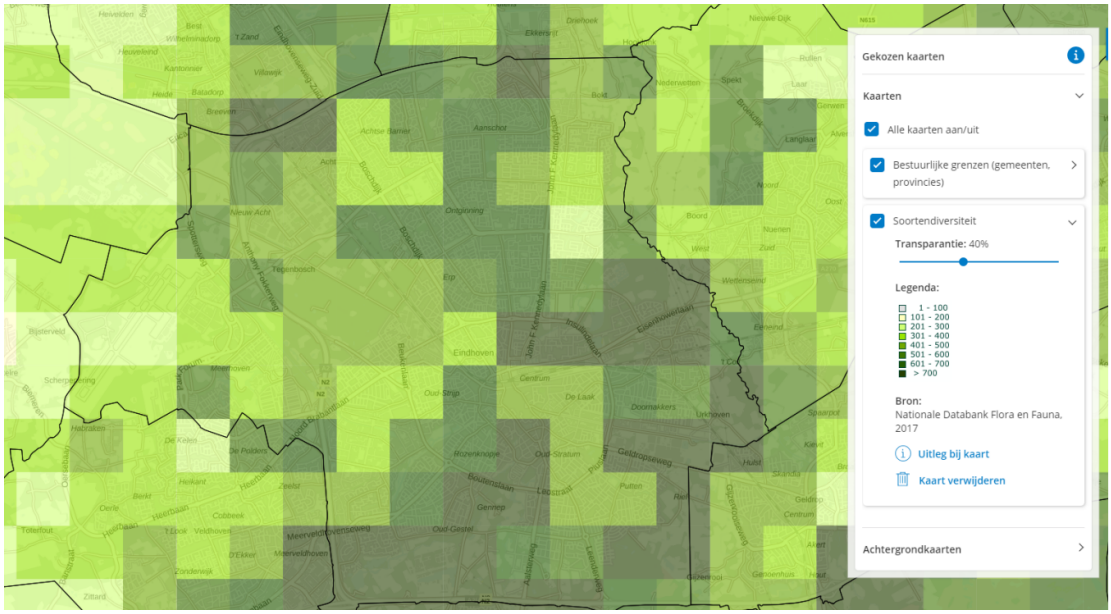
7.2 Beschermde soorten

7.2.1 Toelichting

Bij deze indicator binnen het thema groen & natuur worden de effecten op beschermde soorten beoordeeld. Hiervoor is de biodiversiteit in zijn algemeen bekeken en naar de in Eindhoven aanwezige beschermde soorten. De warmteoplossingen en -technieken kunnen effecten hebben zoals door beslag op groen waardoor het leefgebied kleiner wordt. Natuurinclusief bouwen biedt weer kansen voor beschermde soorten.

7.2.2 Huidige situatie

De achteruitgang van biodiversiteit is samen met klimaatverandering één van de meest dringende problemen van de huidige tijd. Verschillende knelpunten dragen bij aan de achteruitgang van de biodiversiteit. Verarming, vermesting, verzuring en verdroging van de bodem, verstoring door recreatie en versnippering van leefgebieden hebben een negatieve invloed op de leefomstandigheden van verschillende soorten. Op de volgende kaart staat de geschatte soortendiversiteit per vierkante kilometer in klassen voor de gemeente Eindhoven. De zeven belangrijkste en best onderzochte soortgroepen zijn hierin samengenomen. Dit zijn vaatplanten, amfibieën, reptielen, vissen, dagvlinders, libellen en vogels. Hoe donkerder groen hoe meer verschillende soorten planten en dieren in een bepaald gebied voorkomen ten opzichte van een ander gebied. Hoe meer soorten planten en dieren ergens voorkomen, hoe meer biodiversiteit er is. In Eindhoven is de soortendiversiteit met name in het zuidelijke deel van de gemeente (Stratum en Gestel) hoog met 700 of meer verschillende soorten per kilometerhok. De laagste soortendiversiteit is te vinden in het meest noordwestelijke deel van de gemeente (Meerhoven, Achtste Barrier en Oud-Strijp) en in het centrum.



Figuur 7.1 Soortendiversiteit Eindhoven (Bron: Atlas Leefomgeving)

In de gemeente Eindhoven komen verschillende soorten vleermuizen voor.[20] Alle soorten vleermuizen zijn in Nederland strikt beschermd. In Eindhoven leven vleermuizen met zowel verblijfplaatsen in gebouwen en bomen. Er zijn relatief veel waarnemingen van gewone dwergvleermuis en laatvlieger, rosse vleermuis, ruige dwergvleermuis en gewone grootoorvleermuis. Alle soorten broedvogels zijn tijdens de broedperiode beschermd, in Eindhoven leven daarnaast soorten waarvan het nest jaarrond beschermd is. Dit zijn onder andere soorten die in gebouwen nestelen zoals gierzwaluw, huismus en slechtvalk. In de parken kunnen jaarrond beschermde nesten aanwezig zijn van roofvogels en uilen. Beschermde zoogdiersoorten zijn vooral in het buitengebied rondom Eindhoven te vinden maar soms ook in grote stadparken zoals eekhoorns en kleine marterachtigen als bunzing en wezel. Buiten het stedelijk gebied komt de das voor. De bossen en heidevelden rondom Eindhoven zijn het leefgebied van hazelworm en levendbarende hagedis. De levendbarende hagedis wordt ook aangetroffen in weg- en spoorbermen en langs waterlopen. Rondom Eindhoven komen kleine populaties van de kamsalamander voor. De beekprik (beschermde vissoort) leeft in de Dommel en de Keersop. De Klotputten in Eindhoven (onderdeel van de Dommel) is een belangrijke paaiplek voor deze soort. De beken in Eindhoven en omgeving zijn tevens leefgebied van de beschermde libellen beekrombout en bosbeekjuffer.

De beschermde vlinders kleine ijsvogelvlinder en grote weerschijnvlinder leven in de vochtige bossen nabij deze waterlopen. Vochtige bossen zijn ook het leefgebied van de beschermde vermiljoenkever. Iepenpage komt verspreid in de stad voor en leeft hoog in de boomkronen van iepen.

[20] NDFF Verspreidingsatlas

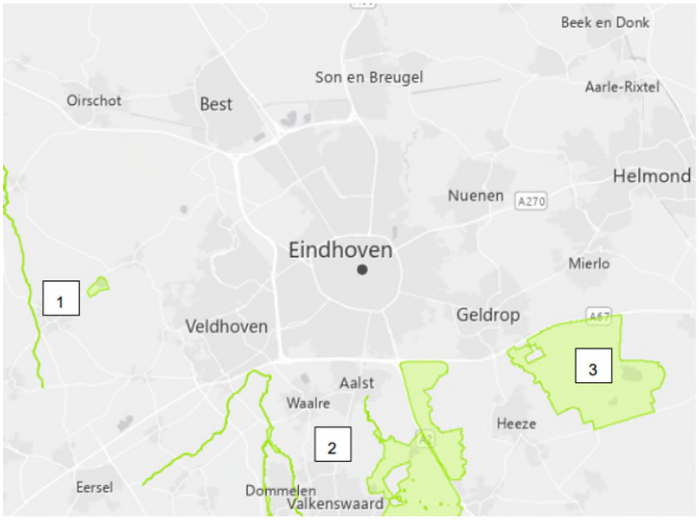
7.2.3 Autonome ontwikkeling

Klimaatverandering heeft een negatieve impact op de biodiversiteit en dit neemt naar waarschijnlijkheid toe. Ook de impact van verstedelijking heeft negatieve gevolgen. De gemeente Eindhoven voert in de huidige situatie al actief beleid op gebied van vergroening en biodiversiteit het is echter nog niet duidelijk of de gestelde doelen en ambities behaald worden. De invloed van de gemeente Eindhoven op het halen van de gestelde doelen en ambities is beperkt omdat de afname van biodiversiteit een trend die op een veel hoger schaalniveau speelt dan Eindhoven of Nederland alleen. In de autonome ontwikkeling vormt het een kans om bij nieuwe ontwikkelingen natuur inclusieve maatregelen te treffen. Het opgestelde beleid en natuurinclusieve maatregelen kunnen bijdragen aan de omvang van de biodiversiteit en de daarmee samenhangende gezonde ecosystemen.

7.3 Beschermde gebieden - Natura 2000

7.3.1 Toelichting

Natura 2000 is het samenhangende netwerk van beschermde natuurgebieden in de Europese Unie, bestaande uit Vogelrichtlijn- en Habitatrichtlijngebieden. Landen wijzen beschermingszones aan en stellen een beheerplan op om de natuurwaarden in deze natuurgebieden te behouden, te vergroten of te verbeteren. De Europese afspraken zijn in Nederland vastgelegd in de Wet natuurbescherming. In Nederland gaat het om ruim 160 gebieden, waarvan drie gebieden binnen 3 km van de gemeente Eindhoven liggen. Het gaat om Kempenland-West, Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux en Strabrechtse Heide & Beuven.



1. Kempenland-West
2. Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux
3. Strabrechtse Heide & Beuven

7.3.2 Huidige situatie

De drie relevante Natura 2000-gebieden worden toegelicht aan de hand van het opgestelde beheerplan. Daarbij wordt stilgestaan bij de kwaliteiten van het gebied, de redenen van aanwijzing als Natura 2000-gebied, de instandhoudingsdoelen en de invloed van stikstofdepositie. Stikstofdepositie vormt een belangrijk thema voor Natura 2000-gebieden.

Door de verzurende of vermestende invloed van stikstofdepositie kan een habitat significant worden aangetast. Elk habitattype kent daarom een Kritische Depositiewaarde (KDW). De KDW is de grens waarboven het risico bestaat dat de kwaliteit van een habitat aangetast wordt. Een habitattype wordt als stikstofgevoelig aangemerkt wanneer de KDW lager is dan 2.400 mol per hectare per jaar. Wanneer de daadwerkelijke stikstofdepositie hoger is dan de KDW wordt gesproken over overbelasting door stikstof. Voor alle drie Natura 2000-gebieden zijn Natuurbeheerplannen opgesteld en vastgesteld in 2017. Een beheerplan wordt opgesteld voor een periode van zes jaar. In elk beheerplan is een uitvoeringsprogramma opgenomen met verschillende maatregelen om de natuur te verbeteren. Het gaat om maatregelen met betrekking tot (aanvullend) beheer (zoals maaien en plaggen), hydrologie (zoals baggeren of dempen van greppels) en inrichting (zoals uitvoeren beekherstel en realisatie vispassage) en onderzoek. Een groot deel van de maatregelen is volgens de Natuurdoelanalyses inmiddels uitgevoerd. In de Natuurdoelanalyses voor de drie gebieden is areaal en kwaliteit van de instandhoudingsdoelen veelal als stabiel beoordeeld waar dit in de Natuurbeheerplannen nog als slecht was beoordeeld. Voor veel instandhoudingsdoelen is de situatie tussen het opstellen van het beheerplan in 2017 en nu (2023) verbeterd door de ingezette maatregelen.

Huidige situatie gebied Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux
Het Natura 2000-gebied Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux ligt tussen Eindhoven, Luyksgestel, het Belgische Achel en Soerendonk en heeft een oppervlakte van 4.356 hectare. Het gebied kenmerkt zich door naaldbossen, vennen en heidevelden en wordt doorsneden door beken. Dit Natura 2000-gebied bestaat uit diverse deelgebieden in de Noord-Brabantse Kempen. Aan de zuidwestkant liggen De Plateaux en De Malpie, aan de rand van de Kempenhorst die doorloopt tot in België. De gebieden Leenderbos en Groote Heide liggen in de Centrale Slenk, noordoostelijk van de Feldbissbreuk. Het gebied grenst aan het Belgische Natura 2000-gebied Hageven met Dommelvallei, Beverbeekse heide, Warmbeek en Wateringen. Hoewel de deelgebieden niet verbonden zijn tot één groot gebied, vormen ze landschapsecologisch een eenheid. Het geheel van heidevelden, beekdalen, visvijvers, vloeivelden en bossen vormt een fraaie dwarsdoorsnede van de Kempen. Het Natura 2000-gebied Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux is in 2013 aangewezen vanwege de waarde van het gebied voor habitattypen, habitatrichtlijnsoorten en broedvogels (Vogelrichtlijn). Vanwege deze waarde zijn instandhoudingsdoelen geformuleerd. De instandhoudingsdoelen zijn opgenomen in het beheerplan Natura 2000-gebied Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux (Natura 2000-beheerplan) . De meeste habitattypen, habitatsoorten en broedvogelsoorten in Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux vertonen een stabiele trend (Natuurdoelanalyse). De habitattypen beken en rivieren met waterplanten en hoogveenbossen vertonen een afnemende trend in areaal en kwaliteit.
De kernopgaven voor Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux zijn:

- Verbetering waterkwaliteit en morfodynamiek, inclusief toestroom van grondwater, t.b.v. beken en riviertjes met waterplanten (waterranonkels) en soorten als drijvende waterweegbree
- Kwaliteitsverbetering (ook latere successiestadia) van zwakgebufferde vennen mede als habitat voor gevlekte witsnuitlibel

- Kwaliteitsverbetering van zure vennen Vergroting areaal stuifzandheiden met struikhei, droge heiden en zandverstuivingen én verbeteren van de kwaliteit door vergroting van de variatie in structuur en ontwikkeling van geleidelijke overgangen met bos, mede t.b.v. nachtzwaluw

Er zijn diverse knelpunten op de natuur in Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux van toepassing die een gunstige instandhouding van de habitats en soorten schaden of in de weg staan. Het gaat om verdroging en verzuring door bijvoorbeeld grondwaterstanddaling, eutrofiëring en verzuring o.a. door stikstofdepositie, (versnelde) successie als gevolg van overmaat voedingsstoffen in bodem en water in combinatie met beheer, te weinig winddynamiek door het beperkte en versnipperde areaal, verontreinigde beekbodem, verstuwing, kanalisatie en normalisatie van de beken, aanwezigheid eiken in vochtige alluviale bossen en aanwezigheid exoten in zwakgebufferde vennen, alluviale bossen en leefgebied kamsalamander.

Verschillende delen van Natura 2000-gebied Leenderbos, Groote Heide & De Plateaux bevatten (zeer) stikstofgevoelige natuur. Het gaat met name om de delen rond de vennen, zoals Klein Huisven aan de zuidoostgrens van de gemeente Eindhoven.

Huidige situatie Strabrechtse Heide & Beuven
De Strabrechtse Heide, ten zuidoosten van Geldrop, is het grootste aaneengesloten open heidegebied van Noord- Brabant. Aan de oostzijde van het gebied ligt het Beuven, het grootste heideven van Nederland, dat bekend staat om zijn waardevolle zachtwaterflora. De Strabrechtse Heide bestaat grotendeels uit dekzandlandschap, met daarnaast een deel stuifzandlandschap. Het gebied wordt gekenmerkt door een afwisseling van droge stukken met heide, stuifzanden en natte heide en vennen. Het betreft een van de grootste oppervlakten aan (vochtige) heide in het zuiden van ons land. Het Natura 2000-gebied Strabrechtse Heide & Beuven is in 2013 aangewezen vanwege de waarde van het gebied voor habitattypen, habitatrichtlijnsoorten en broedvogels (Vogelrichtlijn). Vanwege deze waarde zijn instandhoudingsdoelen geformuleerd. De instandhoudingsdoelen zijn opgenomen in het beheerplan Natura 2000-gebied Strabrechtse Heide & Beuven (Natuurdoelanalyse). De trend voor de meeste soorten en habitattypen is onbekend en/of mogelijk neutraal-positief. Uitzondering zijn de hoogveenbossen en vochtige alluviale bossen waar de trend mogelijk afnemend is, de kleine modderkruiper en de kraanvogel waar de trend stabiel is en de roerdomp en woudaap waar de trend afnemend is.

Aan het gebied Strabrechtse Heide & Beuven zijn de onderstaande landelijke kernopgaven toegekend:
- Behoud kwaliteit en vergroting areaal vochtige alluviale bossen (beekbegeleidende bossen)
- Herstel en duurzaam behoud van grote zeer zwakgebufferde vennen in grote open heidevelden
- Kwaliteitsverbetering en vergroting oppervlakte vochtige heiden
- Vergroting areaal stuifzandheiden met struikhei, droge heiden en zandverstuivingen én verbeteren van de kwaliteit door vergroting van de variatie in structuur en ontwikkeling van geleidelijke overgangen met bos

Er zijn diverse knelpunten op de natuur in Strabrechtse Heide & Beuven van toepassing die een gunstige instandhouding van de habitats en soorten schaden of in de weg staan. Het gaat om verdroging, onnatuurlijk venpeil (te weinig dynamiek), eutrofiëring (o.a. door stikstofdepositie) en te weinig winddynamiek. Het grootste deel van N2000-gebied Strabrechtse Heide & Beuven heeft (zeer) stikstofgevoelige natuur.

Huidige situatie Kempenland-West
Het Natura 2000-gebied Kempenland-West ligt ten zuidwesten van Eindhoven en ten zuidoosten van Tilburg. Het gebied omvat onder andere de Landschotsche Heide, Mispeleindsche en Neterselsche Heide, Roovertse Heide en landgoed De Utrecht. Het gebied omvat bijna 2.000 hectare waardevolle natuur: droge, vochtige en natte heidegronden, vennen, laaglandbeken en beekgeleidende bossen. In Kempenland-West zijn onder meer de zeldzame drijvende waterweegbree (in de Beerze en de Reusel) en de vis de kleine modderkruiper (in de Reusel) aanwezig. In het kader van Natura 2000 is het gebied in 2013 aangewezen voor zeven habitattypen waaronder drie subtypen en twee soorten. De trend voor de meeste habitattypen en soorten is neutraal/stabiel (Natuurdoelanalyse) met uitzondering van stuifzandheiden met struikhei en blauwgraslanden waarvan de kwaliteit afnemend is, eikenhaagbeukenbossen, hoogveenbossen en de kleine modderkruiper waar de kwaliteit toenemend is en de vochtige alluviale bossen waar zowel areaal als kwaliteit afneemt.

Het Natura 2000-gebied Kempenland-West is toegedeeld aan het landschap Hogere zandgronden, ook is het landschap Beekdalen relevant (Natura 2000-doelendocument bron: Ministerie van LNV, 2006).

- Vergroten van interne samenhang van gebieden door herstel van evenwichtige verdeling van open en gesloten met meer geleidelijke overgangen van zandverstuivingen, heide, vennen, graslanden en bos
- Versterken van het ruimtelijk netwerk van bos, heide- of stuifzandgebieden, waarbij tussenliggende gebieden gebruikt kunnen worden als stapstenen, met name voor soorten als reptielen en vlinders
- Versterken van overgangen van droge naar natte gebieden, zoals beekdalen en herstel van vennen op landschapsschaal

De belangrijkste knelpunten voor het realiseren van de instandhoudingsdoelstellingen liggen op het vlak van vermesting en verdroging (Provincie Noord-Brabant, 2017a). Deze worden namelijk grotendeels veroorzaakt door zaken buiten het Natura 2000-gebied en zijn niet door de beheerder op te lossen. Het deel van N2000-gebied Kempenland-West, rond het Grootmeer aan de Merenweg tussen Wintelre en Vessem, dat het dichtst bij de gemeentegrens Eindhoven ligt heeft (zeer) stikstofgevoelige natuur.

7.3.3 Autonome ontwikkeling

De verwachting is dat de kwaliteit van de bestaande Natura 2000-gebieden in en nabij de gemeente Eindhoven verder verbetert door de onlangs uitgevoerde en nog uit te voeren maatregelen uit de Natuurbeheerplannen 2018-2024. Knelpunten zoals onvoldoende waterkwaliteit, verdroging, vermesting en verzuring, zijn echter zorgelijk en worden naar verwachting nog versterkt door klimaatverandering. Ook (intensieve) landbouw, bodemdaling en stikstof kunnen mogelijk negatieve effecten veroorzaken in Natura 2000-gebieden.

7.4 Beschermde gebieden - Natuurnetwerk Nederland

7.4.1 Toelichting

Het Natuurnetwerk Nederland is een netwerk van beschermde natuurgebieden in Nederland. Het netwerk helpt te voorkomen dat planten en dieren in geïsoleerde gebieden uitsterven en dat natuurgebieden hun waarde verliezen. Het kan worden gezien als de ruggengraat van de Nederlandse natuur. Vanaf 2014 zijn provincies verantwoordelijk voor de begrenzing en de ontwikkeling van dit natuurwerk. Het NNN bestaat uit de Natura 2000-gebieden, aangevuld met gebieden daarbuiten, zoals belangrijke weidevogelleefgebieden en natuur- en bosgebieden. De gebieden worden onderling verbonden door ecologische verbindingszones. Het Natuurnetwerk Nederland heet in Noord-Brabant het Natuurnetwerk Brabant (NNB). Het gaat bij deze indicator om gebieden binnen het Natuur Netwerk Brabant (NNB) die buiten Natura 2000-gebieden vallen. Er wordt gekeken naar de wezenlijke kenmerken en waarden van het NNB in Eindhoven.

7.4.2 Huidige situatie

In Eindhoven liggen belangrijke onderdelen van het NNB (zie onderstaande afbeelding) die zorgen voor aanwezigheid van bijzondere plant- en diersoorten in de stad. Deze liggen vooral in de landschapsparken.



Figuur 7.2 Natuurnetwerk Brabant (NNB) in Eindhoven (bron: Omgevingsvisie Eindhoven 1.0, 2022)

Het grootste deel van de NNB-gebieden binnen de gemeente Eindhoven is bosgebied, met name Droog Bos met productie. Droog bos met productie bestaat uit verschillende, veelal van oorsprong aangeplante, bosopstanden van den, (winter)eik, beuk, Douglas, lariks of fijnspar. Sinds de start van de provinciale meetnetten neemt de biodiversiteit in bossen af (BrabantInZicht, 2023). De broedvogels en de planten schommelen rondom een vergelijkbare waarde als in 1995, maar de dagvlinders zijn sterk achteruitgegaan. Dagvlinders hebben zonnige open plekken met veel bloeiende kruiden in het bos nodig, en die zijn in de Brabantse bossen niet veel meer aanwezig. Dit komt onder andere door de hoge stikstofdepositie waardoor de bossen dichtgroeien met bramen en varens.

7.4.3 Autonome ontwikkeling

De verwachting is dat bestaande NNB-gebieden in de gemeente Eindhoven net als elders in Brabant verder worden ingericht en beheerd. Ook wordt de samenhang tussen de NNB-gebieden verder versterkt door realisatie van ecologische verbindingen. Doel van de Provincie Noord-Brabant is om in 2027 alle ontbrekende verbindingen in het netwerk te hebben gedicht met nieuwe natuur. Dan moet er een robuust netwerk liggen dat zoveel mogelijk op een natuurlijke wijze functioneert en klimaatbestendig is. Knelpunten zoals onvoldoende waterkwaliteit, verdroging, vermesting en verzuring, zijn echter zorgelijk en worden naar verwachting nog versterkt door klimaatverandering. De knelpunten worden voor een belangrijk deel veroorzaakt door hydrologische factoren en een te hoge stikstofdepositie.
Deze knelpunten spelen mogelijk ook in Eindhoven waardoor het aantal en de diversiteit aan natuurwaarden mogelijk aangetast worden of zelfs afnemen.

7.5 Stadsgroen en multifunctioneel groen

7.5.1 Toelichting

De toegepaste warmteoplossingen en -technieken hebben allemaal ruimtelijke consequenties die effect kunnen hebben op het stadsgroen en multifunctioneel groen van een wijk of buurt. Dit kan per oplossing of techniek verschillen. Om dit op het juiste detailniveau voor dit PlanMER te beoordelen, is er in de NRD voor gekozen om de effecten op de groene hoofdstructuur van de stad te beoordelen. Bij de effectbeschrijving en -beoordeling gaan we op hoofdlijnen in op de volgende indicatoren:

- In hoeverre hebben de beoogde warmteoplossingen impact op de groene hoofdstructuur van de stad?

7.5.2 Huidige situatie

De hoofdgroenstructuur van Eindhoven kenmerkt zich door drie groene wiggen en een groene dooradering van de stad (Groenbeleidsplan Eindhoven 2016-2024, 2016). Daarnaast staan er verschillende bomen met een monumentale status in Eindhoven.

Groene wiggen

De drie groene wiggen (Genneper parken, De Karpen en Brainport Park) zijn grote gebieden met een monumentaal groen karakter, hoge intensiteiten van recreatieve functies, en de aanwezigheid van een campus. Ze reiken vanaf het buitengebied tot in het centrum, en trekken zo als het ware het groen de stad in. Daarnaast bepalen ze de heldere structuur van Eindhoven die is geënt op het tuinstadmodel. Deze groene wiggen zijn de verbindingen tussen de fijnmazige stedelijke groenstructuur en de regionale landschappen.



Figuur 7.3: De drie groene wiggen van Eindhoven (Groenbeleidsplan Eindhoven 2016-2026, 2016)

Groene dooradering

De groene dooradering is een groene en vaak recreatieve verbinding tussen de woongebieden, parken, plantsoenen, de groene wiggen en het buitengebied. Deze groene dooradering geeft structuur aan de stad, en biedt ruimte aan ecologische verbindingen, het afvoeren van piekbuien, en het verminderen van hittestress. Elementen die bij de groene dooradering horen zijn bijvoorbeeld: straatbomen, bosstroken, bermen, groene zones langs de snelweg, tuinen van particulieren en bedrijven, braakliggende percelen en groene afscheidingen.

Monumentale bomen

Daarnaast zijn er verschillende bomen in Eindhoven die beschermd worden door middel van een monumentale status. Deze zijn te vinden op de digitale bomenkaart van de gemeente Eindhoven.[21]

7.5.3 Autonome ontwikkeling

In het groenbeleidsplan van de gemeente Eindhoven worden verschillende ambities voor het stadsgroen en multifunctioneel groen genoemd. Deze ambities voor het stadsgroen en multifunctioneel groen van Eindhoven worden hieronder kort omschreven, en staan daaronder ook op kaart in de ambitiekaart groen.

Groene wiggen

De ambitie is om van de groene wiggen van de stad volwaardige landschapsparken te maken. Om dit te bereiken moeten de omvang, structuur en beplanting beschermd en ontwikkeld worden.

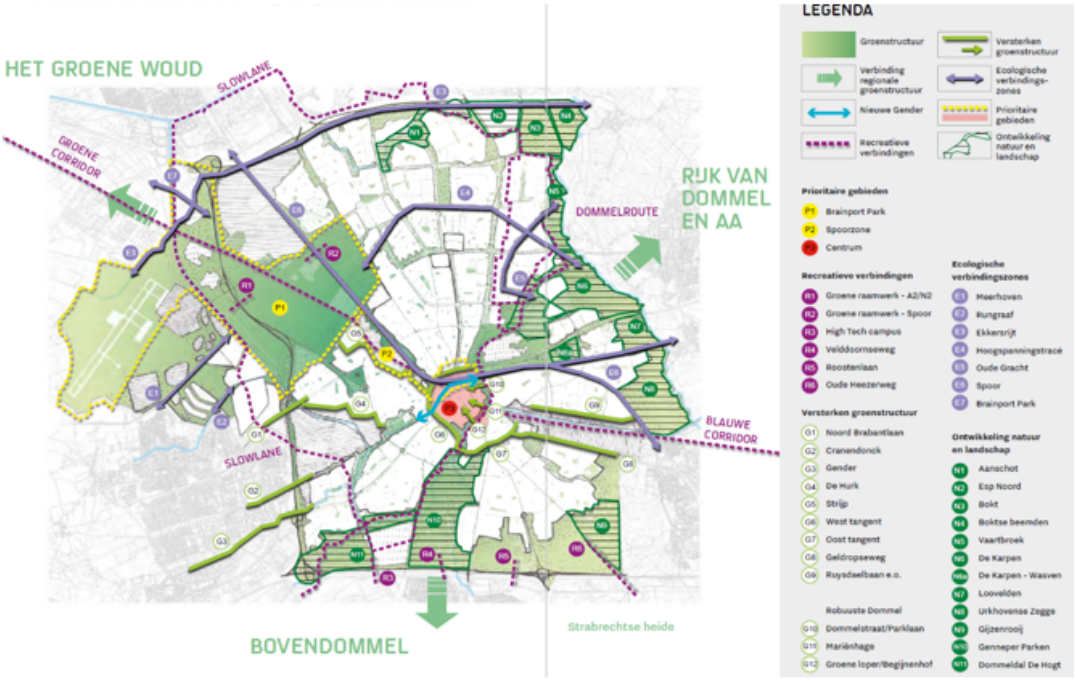
Groene dooradering

Er wordt aangegeven in het groenbeleidsplan dat de groenstructuur kan versterkt worden door aandacht te hebben voor het verbinden, verbeteren en voltooien van (recreatieve) routes, ecologische verbindingszones en waterstructuren, van stad-landverbindingen aansluitend op regionale en landelijke groenstructuren. Verder wordt opgemerkt dat het cruciaal is om de volgende schakels in het recreatieve netwerk te creëren voor 2026: de Dommelroute, de Slowlane, de Groene Corridor en de Blauwe Corridor.

[21] bomenkaart

Monumentale bomen
De ambitie is om het waardevol bomenbestand te beschermen en te ontwikkelen. Dit kan door monumentale bomen via de groene kaart ook te plaatsen op de monumentale bomenlijst van de bomenstichting, en door de volgende generatie monumentale bomen aan te wijzen en te beschermen.

Aandachtsgebieden
Er zijn een aantal gebieden voor de overheid aangewezen als aandachtsgebieden wat betreft de ontwikkeling op korte en lange termijn. Deze gebieden hebben ook een specifieke ambitie vanuit het groen. De drie gebieden die hieronder vallen zijn: Brainport Park, Spoorzone, en het Centrum. Deze gebieden zijn terug te vinden als P1, P2 en P3 in de ambitiekaart groen hieronder.



Figuur 7.4 ambitiekaart

8 Ruimtelijke kwaliteit

8.1 Algemeen

De warmtekaart uit de omgevingsvisie Eindhoven bevat verschillende warmteoplossingen en -technieken die uiteindelijk moeten zorgen voor een aardgasvrij Eindhoven. Al deze verschillende technieken hebben een bepaald ruimtebeslag of ruimtelijke consequentie. Door hun ruimtebeslag kunnen de verschillende technieken een effect hebben op de ruimtelijke kwaliteit in de verschillende wijken en buurten. De uitgangspunten van de alternatieven en mogelijk toe te passen warmteoplossingen en -technieken staan centraal in een hoofdstuk van het PlanMER beschreven (Hoofdstuk 3).

Dit hoofdstuk bevat een beschrijving van de huidige situatie en autonome ontwikkelingen voor deze indicator. Hierbij wordt ingegaan op tien wijktypologieën die worden gehanteerd bij de effectbeoordeling.

8.2 Zichtbaarheid en beleving

8.2.1 Toelichting

Toelichting

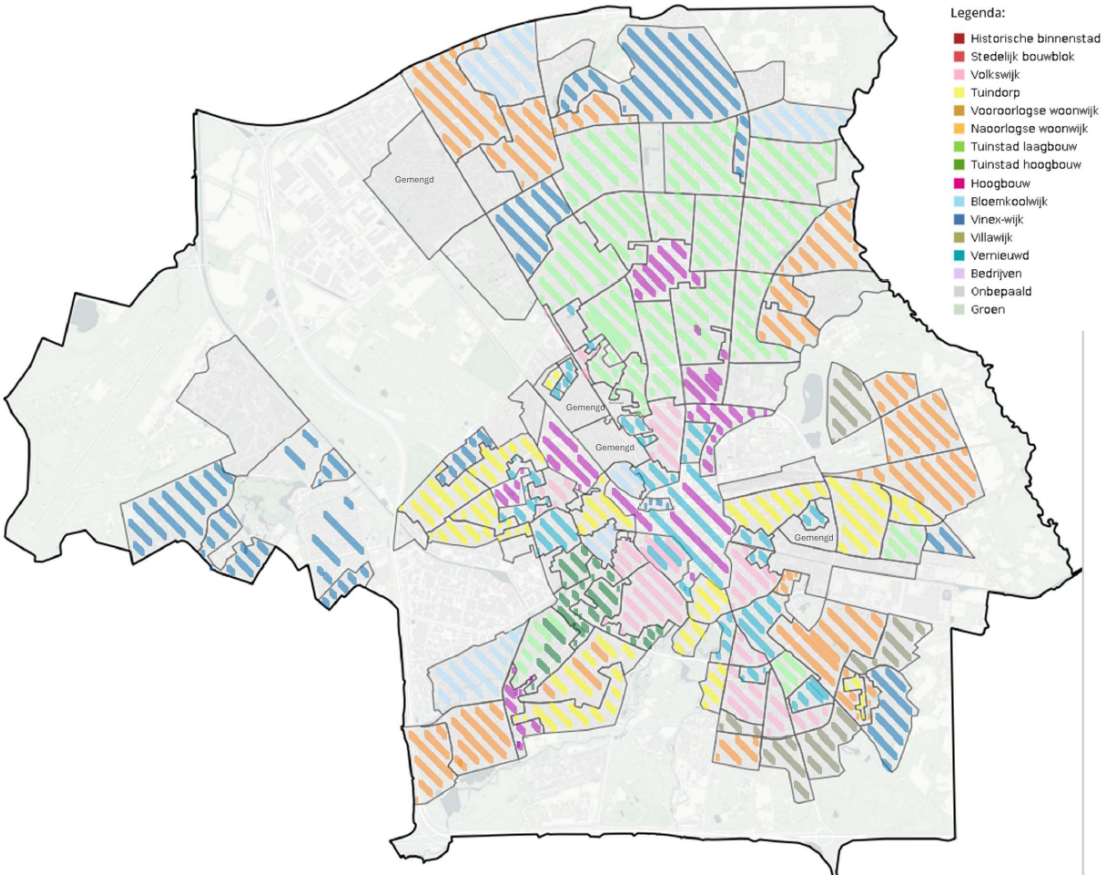
De toegepaste warmteoplossingen en -technieken hebben allemaal ruimtelijke consequenties die effect kunnen hebben op de ruimtelijke kwaliteit van een buurt. Dit kan per oplossing of techniek verschillen. In hoeverre dit van invloed is op de ruimtelijke kwaliteit zal per wijktype verschillen. Bij de effectbeschrijving en -beoordeling gaan we op hoofdlijnen in op de volgende indicatoren:

- In hoeverre zorgen de beoogde warmteoplossingen voor verrommeling van de buitenruimte in het betreffende wijktype?
- Zijn er mogelijkheden voor combinatie met andere functies/meervoudig ruimtegebruik in het betreffende wijktype?

8.2.2 Huidige situatie

De effecten van de warmteoplossingen- en technieken op de ruimtelijke kwaliteit worden per wijktypologie beoordeeld aan de hand van de ruimtelijke beleving van de onderzoeksvariant. Hierbij worden in dit planMER drie wijktypologieën onderzocht: drukke wijken, gemiddelde wijken en groene wijken (zoals beschreven in paragraaf 2.2.4 van het planMER). Deze drie wijktypologieën zijn een nadere clustering van de wijktypen volgens de indeling van Kleerekoper (2016)[22]. In Eindhoven zijn de volgende wijktypen aanwezig: volkswijk, tuindorp, naoorlogse woonwijk, tuinstad laagbouw, tuinstad hoogbouw, hoogbouw, bloemkoolwijk, vinex-wijk, villawijk en vernieuwde wijk. Deze wijktypen zijn in kaart gebracht voor de gemeente Eindhoven en geprojecteerd op de clusters die worden gebruikt voor de tech-economische analyse (zie figuur hieronder). Andere wijktypen die in de indeling van Kleerekoper voorkomen (historische binnenstad, stedelijk bouwblok, vooroorlogse woonwijk) zijn op geen clusters dominant en worden daarom in dit rapport buiten beschouwing gelaten. Ook worden bedrijven, onbepaald en groen voor deze vraag buiten beschouwing gelaten.

[22] https://journals.open.tudelft.nl/abe/article/view/1359/pdf_kleerekoper



Figuur 8.1 Kaart wijktypen in de gemeente Eindhoven

Hierna volgt een korte omschrijving van de verschillende wijktypen, een representatief straatbeeld uit de gemeente Eindhoven, en een beschrijving van een representatieve wijk in Eindhoven.

Volkswijk
Een volksbuurt is van oudsher een buurt waar een arbeidersbevolking veelal bestaand uit dagloners woonde. Opvallend aan dit wijktype zijn de relatief smalle straten met eengezinswoningen van twee of drie verdiepingen. De huizen hebben geen voortuin en er is heel weinig gemeentelijk groen. De achtertuinen zijn ondiep met veel verstening. Er zijn geen bomen in deze straten. Als ze er wel zijn, zijn ze klein en in slechte conditie. De auto speelt een grote rol omdat er aan beide kanten van de straat wordt geparkeerd.

Een voorbeeld van een volkswijk in Eindhoven is de Rochusbuurt. De structuur is compact en dicht bebouwd. Van oorsprong bestaat het gebied uit veel kleine arbeiderswoningen. Langs de oude uitvalswegen is een aaneenschakeling van gebouwen met een hoge diversiteit, perceelsvorm, hoogte en functie naast elkaar zichtbaar.



Figuur 8.2 Straatbeeld Volkswijk, Sint Rochusstraat in de Rochusbuurt (Bron: Streetsmart)

Tuindorp

Tuindorpen zijn volkswoningbouwbuurten uit de eerste helft van de twintigste eeuw met rijen aangebouwde woningen in een hiërarchische stedenbouwkundige opzet. De bebouwing van deze gebieden bestaat voor het overgrote deel uit in lengte variërende rijen eengezinswoningen. Opvallend aan dit wijktype zijn de eengezinswoningen in de jaren 30-stijl. Ze hebben twee tot drie verdiepingen en ruime voor- en achtertuinen. Hierdoor is openbaar groen in de straten vaak beperkt. Er zijn zowel bredere straten te vinden met relatief veel openbaar groen, als smallere straten waar de ruimte beperkt is. Vaak zijn er ook parkeerplaatsen langs de rijbaan.



Figuur 8.3 Straatbeeld tuindorp, Bloemfonteinstraat in Doornakkers-West (Bron: Streetsmart)

Een voorbeeld van een tuindorp in Eindhoven is Doornakkers-West. Deze buurt bestaat uit vooral kleine arbeiderswoningen en smalle straatprofielen. Daarnaast hebben de oude lijnen in de buurt bredere profielen met grotere bebouwing en ruimere voortuinen.

Naoorlogse woonwijk
Naoorlogse woonwijken zijn wijken die zijn gevormd tijdens de periode van wederopbouw vlak na de Tweede Wereldoorlog. Opvallend aan dit wijktype zijn de eengezinswoningen van twee of drie verdiepingen, met zowel een voor- als achtertuin. Dit zijn rijtjeswoningen of twee-onder-een-kapwoningen. De straten zijn relatief breed, vaak met veel verharding voor parkeerruimte.
De voortuinen zijn vaak ook verhard, waardoor het huidige percentage groen beperkt is. Meestal zijn de straten en wijken ingeklemd tussen bestaande bebouwing en bij de aanleg is er weinig ruimte gecreëerd voor openbaar groen.

Een voorbeeld van een naoorlogse woonwijk in Eindhoven is Burghplan. Deze buurt wordt gekenmerkt door de menselijke schaal. De woningen zijn vooral gericht op gezinshuishoudens en bestaan hoofdzakelijk uit laagbouw. De woningen zijn veelal geclusterd in woonerven in een samenhangende groenstructuur.



Figuur 8.4 Straatbeeld naoorlogse woonrijk, Pieter Coeckestraat in Burghplan (Bron: Streetsmart)

Tuinstad laagbouw
Dit wijktype werd in de periode 1945-1960 toegepast in Nederland. Opvallend aan dit wijktype zijn de open bouwblokken van twee tot drie verdiepingen met veel ruimte voor groen. De eengezinswoningen hebben vaak een eigen tuin en daarnaast is er half-openbaar groen binnen de open bouwblokken. Het half-openbare groen bestaat vooral uit een grasveld met soms een enkele boom. De wegen tussen de bouwblokken bevatten vaak een enkele rij bomen of een groenstrook.



Figuur 8.5 Straatbeeld tuinstad laagbouw, Generaal van Geenlaan in de Generalenbuurt (Bron: Streetsmart)

Een voorbeeld van tuinstad laagbouw in Eindhoven is te vinden in de Generalenbuurt. De eengezinswoningen in deze buurt bestaan vooral uit rijtjeswoningen met een eigen voor- en achtertuin. Er is relatief veel openbaar groen aanwezig in deze buurt in de vorm van bomenrijen (voornamelijk in de ontsluitingswegen met brede profielen) en parkjes tussen de woonerven.

Tuinstad hoogbouw

Dit wijktype werd in de periode 1950-1965 toegepast in Nederland. Opvallend aan dit wijktype zijn de open bouwblokken van vier tot tien verdiepingen met veel open ruimte tussen de blokken. Door bouwblokken met veel verdiepingen te bouwen, is geprobeerd om in een beperkte ruimte veel woningen te creëren, met ‘licht, lucht en ruimte’ binnen de woningen en in de straten. In deze wijken vind je vaak veel van dezelfde woningen die relatief klein en goedkoop zijn. De appartementen hebben geen eigen tuin. De buitenruimte is op een vrije manier ingericht. De ruimte om de gebouwen heeft soms tuinen, soms semiopenbare tuin, maar is meestal openbaar. In die ruimte is veel vrijheid in hoe parkeren, groen, verblijfsruimten en andere functies worden ingedeeld. Omdat elke ingang van de hoogbouw toegang biedt aan heel veel appartementen en omdat op de begane grond de bewoners hun berging hebben, kun je vanuit de woningen de straat niet goed zien en is er weinig sociale controle. Groen is een heel belangrijk onderdeel van de structuur van de wijken. Tussen de bouwblokken bevindt zich een groengebied of een parkeerplaats, soms ook een combinatie van die twee.



Figuur 8.6 Straatbeeld tuinstad hoogbouw, Solmsweg in Hagenkamp (Bron: Streetsmart)

Een voorbeeld van tuinstad hoogbouw in Eindhoven is te vinden in Hagenkamp. Hier is veel gestapelde woningbouw te vinden, als repeterende blokken geordend met veel groene ruimte ertussen.

Hoogbouw
Binnen dit wijktype is vooral verspreide bebouwing met minstens zes verdiepingen aanwezig. Het percentage groen is heel beperkt. In deze wijken hebben gebouwen veel verschillende functies: ze kunnen bijvoorbeeld ruimte bieden aan kantoren, appartementen of winkels.



Figuur 8.7 Straatbeeld hoogbouw, Ingenieur Kalffstraat in Strijp-S (Bron: Streetsmart)

Een voorbeeld van hoogbouw in Eindhoven is te vinden in Strijp-S. Dit is een oorspronkelijke fabriekslocatie van Philips, en is herontwikkelt tot nieuw stedelijk gebied aan de rand van het centrum met een gemengd programma van wonen, werken, cultuur en voorzieningen. De Torenallee ligt als centrale as door de buurt. Het profiel van de Torenallee is breed en er is veel ruimte voor groen, dit geldt ook (in mindere mate) voor de Philitelaan. De andere straten tussen de bouwblokken hebben een smaller profiel met weinig ruimte voor groen.

Bloemkoolwijk
Bloemkoolwijken werden vooral in de periode 1970-1990 in Nederland ontwikkeld. Opvallend aan dit wijktype zijn de kronkelende straten in een gesloten bouwblok. In veel gevallen ligt er een grote verkeersader tussen de wijk en de binnenstad. Omdat er veel forensen in dit wijktype wonen is de parkeerdruk veelal hoog. Aan de inrichting van de woonerven zie je dat de auto heel belangrijk is. Een bijzondere kwaliteit van deze wijken is de grote hoeveelheid groen die direct tegen de woonerven aan ligt. Veel eengezinswoningen hebben een voor- en een achtertuin. In de hofjes is veel parkeerruimte. In de overgebleven ruimte ligt gras of groeien planten of struiken, wat dit groen erg versnipperd maakt. De verbindingswegen naar de hofjes hebben vaak brede groenstroken, maar de verbindingen tussen woonerven en groen zijn over het algemeen zwak.



Figuur 8.8 Straatbeeld bloemkoolwijk, Masterbeek in Cobbeek (Bron: Streetsmart)

Woonerven zijn sterk verhard en ze sluiten visueel niet goed aan bij het omliggende groen.

Een voorbeeld van een bloemkoolwijk in de gemeente Eindhoven is Cobbeek in Veldhoven. Er is hier veel versnipperd groen en veel bomen in de openbare ruimte te vinden. De erven zelf hebben voor- en achtertuinen die grotendeels ingericht zijn met laag groen. Daarnaast zijn er veel parkeerstroken en parkeerkoffers langs de wegen. Door de hoeveelheid ruimte voor parkeren en groen zijn de rijstroken in de woonstraten over het algemeen vrij smal.

VINEX-wijk

Een VINEX-wijk is een type woonwijk dat in Nederland is ontwikkeld na het VINEX-beleid (Vierde Nota Ruimtelijke Ordening Extra) uit de jaren 1990. Opvallend aan dit wijktype zijn de verschillende soorten eengezinswoningen in strokenbouw: twee-onder-een-kapwoningen, vrijstaande woningen en appartementen. In deze wijken is in het straatprofiel mogelijk meer ruimte voor groenstroken en bomen. Maar veel brede groenstroken vind je hier niet en bij groen is vaak voor een kleine boomsoort gekozen.

Er is vooral ruimte voor groen en water langs wijken en ontsluitingswegen. Ook is er in veel gevallen een netwerk met oppervlaktewater. De huizen hebben vaak een voortuin en een ruime achtertuin. De straten zijn relatief breed. Er is ruimte voor parkeerplekken en een krappe boomspiegel. Privétuinen zijn relatief veel verhard.



Figuur 8.9 Straatbeeld VINEX-wijk, Oberto in Blixembosch-Oost (Bron: Streetsmart)

Een voorbeeld van een VINEX-wijk in Eindhoven is Blixembosch-Oost. De woonbuurten bestaan uit verschillende woningtypen en zijn gebaseerd op de hedendaagse woonwensen: goede bereikbaarheid met de auto, voldoende parkeerplaatsen, eengezinswoning met tuin en herkenbaarheid van eigen buurt en woning. De hoofdontsluiting, de Buitendreef, is ruim van opzet en bestaat uit een breed profiel die worden begeleid door rijzige bebouwing, waarbij de hoeken extra geaccentueerd zijn. De woonbuurten hebben verschillende parkeeroplossingen, zoals op straat, op eigen terrein en op parkeerpleinen. De samenhang tussen de bebouwing en de openbare ruimte is nadrukkelijk ontworpen en typerend voor de woonbuurten.

Villawijk

Een villawijk is een buurt met grote vrijstaande huizen met veel ruimte tussen de woningen en grote tuinen. Er is hier over het algemeen veel groen aanwezig, zowel op privéterrein als in de openbare ruimte. Villawijken liggen buiten het centrum van steden. Je vindt ze ook vaak aan de randen van dorpen



Figuur 8.10 Straatbeeld villawijk, Hazenloop in Schuttersbosch (Bron: Streetsmart)

Een voorbeeld van een villawijk in Eindhoven is Schuttersbosch. Er staan hier grote, vaak vrijstaande, woningen met grote tuinen. Deze wijk ligt aan de rand van de stad. Er is hier veel ruimte voor gras en bomen in de openbare ruimte. Op de privéterreinen is ook relatief veel groen aanwezig.

Vernieuwde wijk

Vernieuwing in bestaande bouw is een verzameling van nieuwe gebouwen in alle soorten wijktypen, zoals 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 8.11 Straatbeeld vernieuwde wijk, Hemelrijk in Hemelrijken (Bron: Streetsmart)

Een voorbeeld van een vernieuwde wijk in Eindhoven is Hemelrijken. Vooral het noordelijke deel van deze buurt is vernieuwd. In de rest van de buurt bestaat uit verschillende soorten woningen uit veel verschillende bouwjaren (vooral uit de periodes 1900-1950 en 1990-2020). De schaal en typologie van de bebouwing is hier gevarieerd.

8.2.3 Autonome ontwikkeling

Verstedelijkingsprincipes

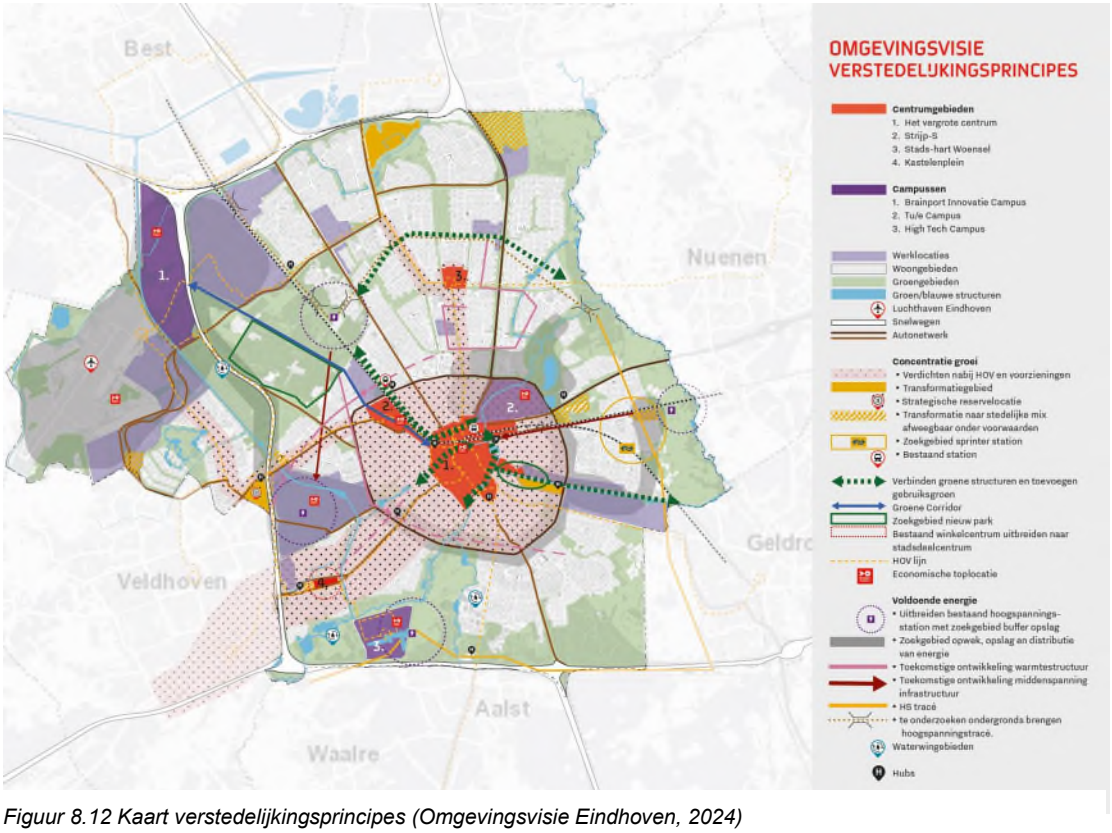
De Omgevingsvisie van de gemeente Eindhoven schetst de ruimtelijke koers van Eindhoven voor de komende jaren, tot in ieder geval 2040. Hierin staan diverse ontwikkelingen beschreven die invloed gaan hebben op de ruimtelijke kwaliteit van Eindhoven.

Met behulp van verstedelijkingsprincipes wordt in de omgevingsvisie beschreven hoe de gemeente Eindhoven haar ambities met betrekking tot de groei van de stad wil gaan verwezenlijken. In de omgevingsvisie wordt beschreven hoe de verstedelijking vorm zou moeten krijgen: “De verstedelijking benut de bestaande kwaliteiten en identiteit van de buurten en wijken in de stad, vult deze aan en verbetert ze. Ze benut de natuurlijke ontwikkeling van buurten en vervlecht de groeiende stad in de bestaande stad. Hierdoor wordt de bestaande structuur van de stad versterkt en worden nieuwe kwaliteiten toegevoegd”.

De randvoorwaarden voor de verstedelijking zijn uitgewerkt in deze volgende zes verstedelijkingsprincipes:

- De groene hoofdstructuur is leidend voor de gezonde ontwikkeling van de stad
- Voldoende ruimte voor energievoorziening is noodzakelijk
- Eindhoven is een compacte stad waar nabijheid en meervoudig ruimtegebruik het uitgangspunt zijn
- De mobiliteit zorgt voor een verbonden, ruimte-efficiënte en gezonde stad
- De Brainporteconomie krijgt ruimte op bestaande en nieuwe economische toplocaties
- De ruimtelijke structuur van de stad blijft herkenbaar en we voegen hoogwaardige architectuur toe

In de kaart hieronder worden de verdichtingsprincipes van de omgevingsvisie weergegeven.



Figuur 8.12 Kaart verstedelijkingsprincipes (Omgevingsvisie Eindhoven, 2024)

Omgevingskwaliteiten

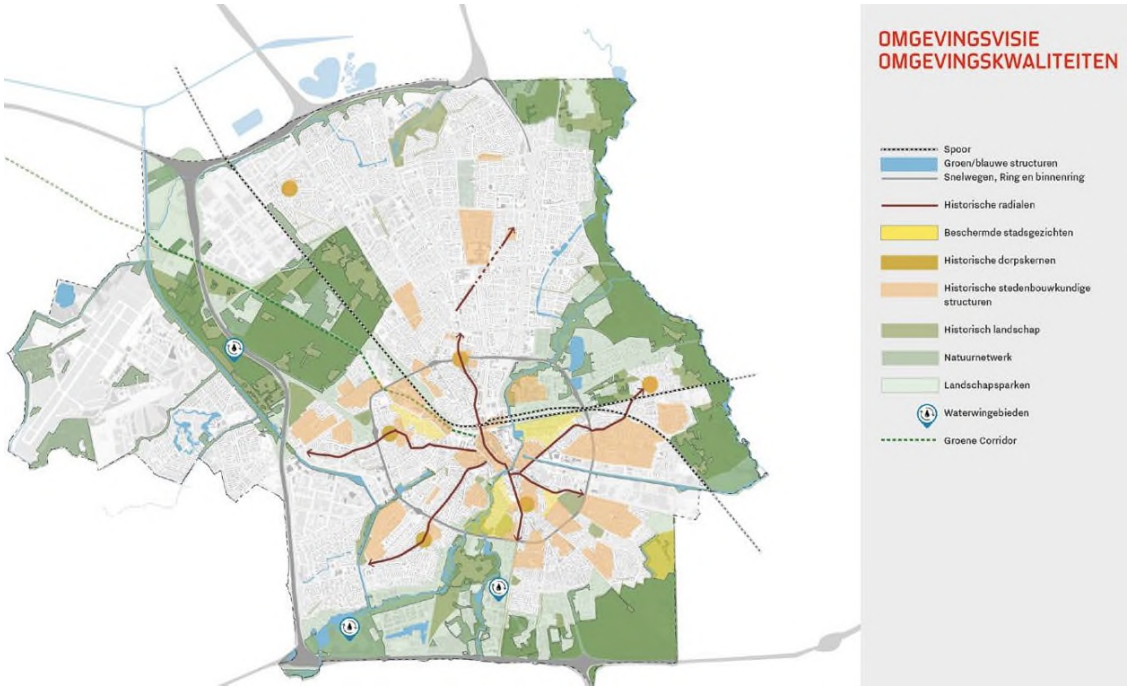
Verder wordt in de omgevingsvisie beschreven dat omgevingskwaliteit een belangrijk doel is binnen de Omgevingswet, en dat de gemeente Eindhoven de ruimtelijke kwaliteiten van de stad belangrijk vindt en graag wil behouden, beschermen en versterken. De volgende omgevingskwaliteiten worden genoemd:

- De stedelijke hoofdstructuur: de hoofdinfrastructuur (spoor, A2/N2, uitvalswegen, kanalen, HOV-structuur en Eindhoven airport), de grootschalige bedrijventerreinen en campussen, de centrumgebieden
- Aangelegd en gebouwd erfgoed en archeologie
- De grote groenstructuren waaronder de drie groene wiggen (Genneper Parken, De Karpen en Lichtbos Eindhoven); de ecologische verbindingszones, de Groene Corridor en natuurnetwerk Brabant
- De historische landschappen en de historische radialen
- Waardevolle stedenbouwkundige structuren
- Architectonisch bijzondere gebouwen en openbare ruimte
- De beschermde stads- en dorpsgezichten; waaronder het Witte Dorp
- De grote waterstructuren waaronder: de Dommel, de Gender, het Beatrixkanaal en Eindhovensch Kanaal; ▪ de waterwingebieden Klotputten, Welschap en Aalsterweg

Ontwikkelgebieden

In de omgevingsvisie worden ook enkele ontwikkelgebieden aangewezen. Dit zijn gebieden waar de groei van Eindhoven het meest zichtbaar is. Hier worden veel nieuwe woningen gebouwd in gebouwen van verschillende hoogtes. De volgende gebieden zijn als ontwikkelgebieden aangewezen:

- Knoop XL
- Stads-hart Woensel (WoensXL)
- Kanaalzone Zuid
- Woenselse Markt
- Kastelenplein
- BIC Noord
- GDC-Noord



Figuur 8.13 Kaart omgevingskwaliteiten (Omgevingsvisie Eindhoven, 2024)

Warmtepompen

Het aantal warmtepompen zal autonoom toenemen. Deze warmtepompen bevatten een buitenunit die in de voortuin, achtertuin of aan de gevel te plaatsen zijn. Wanneer de buitenunit in de voortuin wordt geplaatst of aan de gevel wordt gehangen is deze mogelijk te zien vanaf de straat. Dit draagt dan bij aan de verrommeling van het straatbeeld. Naar verwachting neemt het aantal warmtepompen in Eindhoven vanaf 2025 ieder jaar met ongeveer 1400 toe. Het is onbekend hoeveel buitenunits er daarvan aan de straatkant geplaatst zullen worden.

8.3 Bovengronds ruimtegebruik en inpasbaarheid openbare ruimte

8.3.1 Toelichting

Toelichting

De toegepaste warmteoplossingen en -technieken hebben allemaal een ruimtebeslag en ruimtelijke consequenties die effect kunnen hebben op de ruimtelijke kwaliteit van een buurt. Dit kan per oplossing of techniek verschillen. In hoeverre dit van invloed is op de ruimtelijke kwaliteit zal per wijktype verschillen. Bij de effectbeschrijving en -beoordeling gaan we op hoofdlijnen in op de volgende indicatoren:

- Wat is het totaal benodigd bovengronds ruimtegebruik van de beoogde warmteoplossingen?
- Hoe inpasbaar zijn de beoogde warmteoplossingen in de beschikbare openbare ruimte in de boven- en ondergrond van het betreffende wijktype?

8.3.2 Huidige situatie

De mogelijkheden voor de inpasbaarheid in de openbare ruimte hangen af van de grootte en uitstraling van de betreffende voorziening, en de opbouw en structuur van de wijktypen. zoals beschreven in paragraaf 9.2.2. Hieronder staat algemeen beschreven hoe de verschillende wijktypen zijn opgebouwd, en hoe ruim de profielen in de wijktypen zijn opgezet

Volkswijk

Over het algemeen zijn volkswijken vaak dichter bebouwd dan andere wijken. Volkswijken hebben vaak een hoge bebouwingsdichtheid. De straten in volkswijken zijn vaak smal met beperkte parkeerruimte, omdat deze wijken niet op de introductie van de auto ontworpen zijn.
In veel volkswijken is er ook beperkte openbare ruimte, zoals parken, pleinen en speeltuinen. Dit is het gevolg van de historische ontwikkeling van de wijk, waarbij de nadruk lag op het huisvesten van zoveel mogelijk mensen.

Tuindorp

Tuindorpen zijn relatief dicht bebouwd met rijtjeswoningen van 2-3 lagen. Ze zijn minder dicht bebouwd dan volkswijken. Tuindorpen hebben ruime voor- en achtertuinen en vaak langsparkeerstroken. Er is beperkt gemeentelijk groen aanwezig en vaak geen straatbomen.

Naoorlogse woonwijk

Naoorlogse woonwijken zijn minder dicht bebouwd dan volkswijken en tuindorpen. De bebouwing bestaat uit gevarieerde bebouwingsstructuren (rijtjeswoningen, twee onder een kap, of vrijstaand) met voor- en achtertuinen. De straten zijn relatief breed, vaak met veel verharding voor parkeerruimte.

Tuinstad laagbouw

Dit wijktype bestaat uit open bouwblokken van eensgezinswoningen met een voor- en achtertuin. Er is hier veel groen aanwezig, vooral binnen de open bouwblokken. De straatprofielen zijn vaak ruim opgezet met brede rijbanen waar vaak ook op geparkeerd wordt, en brede trottoirs.

Tuinstad hoogbouw
Dit wijktype bestaat uit open bouwblokken van appartemensen. Er is hier veel groen aanwezig, vooral in de vorm van grasvelden met enkele bomen. De straatprofielen zijn vaak ruim opgezet met brede rijbanen waar vaak ook op geparkeerd wordt, en brede trottoirs.

Hoogbouw
De bebouwing staat hier vaak in een grid. Om de bebouwing is weinig ruimte voor groen. Vaak zijn er centrale assen met brede profielen waar meer groen aanwezig is.

Bloemkoolwijk
Deze wijken hebben een lage dichtheid van woningen. De woningen hebben een grote voor- en achtertuin. Er is vaak een hoog aandeel groen in de vorm van hofjes, versnipperd groen en een brede groenstrook rondom de wijk. De straatstructuur is organisch en kronkelend, met veel aandacht voor speelruimte en voetgangersvriendelijkheid.

VINEX-wijk
VINEX-wijken zijn vaak ruim opgezet. Er staan verschillende soorten woningen, zoals eengezinswoningen in een rij, twee onder een kap, vrijstaand en appartementen. De woningen hebben vaak grote voor- en achtertuinen en er is veel ruimte voor groen. De straten in VINEX-wijken zijn vaak breed en ingericht met aparte ruimtes voor auto's, fietsers en voetgangers.
Villawijk
Villawijken zijn van alle genoemde wijktypen het meest ruim opgezet, met de minste woningen per oppervlakte. Hier staan vooral vrijstaande woningen met grote tuinen en veel groen. Villawijken liggen vaak tegen het buitengebied aan. De straten zijn over het algemeen ruim opgezet met veel ruimte voor groen.

Vernieuwde wijk
In vernieuwde wijken verschilt de beschikbare hoeveelheid openbare ruimte erg. In wijken waar individuele panden of straten vernieuwd zijn hangt de beschikbare hoeveelheid openbare ruimte af van het oorspronkelijke wijktype. Als er hele (delen van) buurten zijn vernieuwd kan ook de beschikbare hoeveelheid openbare ruimte zijn veranderd.

8.3.3 Autonome ontwikkeling
De autonome ontwikkelingen uit de omgevingsvisie die beschreven worden in 8.2.3 zijn ook relevant voor het bovengronds ruimtegebruik en de inpasbaarheid in de openbare ruimte. Daarnaast is de stedelijke verdichtingsopgave van Eindhoven een belangrijke autonome ontwikkeling voor dit aspect, omdat dit kan leiden tot minder ruimte voor de warmteoplossingen en -technieken. In de omgevingsvisie beschreven dat de gemeente ervoor kiest om Eindhoven een compacte stad te houden waar alles dichtbij is, en om slim om te gaan met de beschikbare ruimte en het combineren van functies. De volgende belangrijke grote ontwikkellocaties waar stedelijke verdichtding plaatsvindt worden beschreven in de omgevingsvisie:
- Centrum
- Groots Gestel
- WoensXL

9 Archeologie en cultuurhistorie

9.1 Algemeen

Het effect van het warmteprogramma op het thema archeologie en cultuurhistorie wordt beoordeeld aan de hand van de indicatoren: archeologie en cultuurhistorie.

Archeologie is de wetenschap die overblijfselen van oude culturen bestudeert met als doel het verleden te reconstrueren en te duiden. Deze overblijfselen bestaan uit sporen en resten van menselijke aanwezigheid in de bodem en onder water vanaf 300.000 jaar geleden. Deze zichtbare en onzichtbare sporen en resten vertellen veel over hoe de mensen vroeger leefden en werkten. Het bewaren van dit bodemarchief is dan ook van belang. De basis voor het Nederlandse archeologiebeleid werd gelegd met het verdrag van Malta in 1992. Het voornaamste doel van dit verdrag: archeologisch erfgoed voor toekomstige generaties bewaren. In 2007 heeft Nederland dit verdrag overgenomen in wetgeving. Sindsdien moeten gemeenten het archeologisch erfgoed vroegtijdig meenemen in de ruimtelijke ontwikkelingen.

Cultuurhistorie omvat alles dat betrekking heeft op het door mensen gemaakte landschap en alles wat daarbij hoort, bijvoorbeeld akkers, polders, historische wegen en gebouwen en stedenbouwkundige structuren. Cultuurhistorisch onderzoek geeft ons meer inzicht in de waarde van het historisch landschap, de historische gebouwen, de wijken en het groen. Gemeenten moeten bij hun ruimtelijke ordening rekening houden met de cultuurhistorische waarden.

Tot 1 januari 2024 kenden archeologische en cultuurhistorische waarden een verankering in de gemeentelijke bestemmingsplannen. Met de inwerkingtreding van de Omgevingswet op 1 januari 2024 vervangt het omgevingsplan de geldende bestemmingsplannen. De gemeente heeft bij de inwerkingtreding van de Omgevingswet automatisch een omgevingsplan met regels voor de fysieke leefomgeving. De regels voor archeologie en cultuurhistorie zijn nu onderdeel van dit 'tijdelijke' omgevingsplan. Op 1 januari 2032 moet de gemeente een definitief nieuw omgevingsplan vastgesteld hebben.

9.2 Archeologische waarden

9.2.1 Toelichting

Voor archeologie wordt gekeken naar de effecten op de archeologische (verwachtings)waarde. De Archeologische verwachtingen- en waardenkaart 2022 van de gemeente Eindhoven geeft aan waar (mogelijk) interessante archeologische vondsten en vindplaatsen zijn. De Archeologische verwachtingen- en waardenkaart 2022 is het resultaat van een archeologische bureaustudie op gemeentelijk schaalniveau.[23] Hiervoor zijn relevante bronnen geraadpleegd, zoals bijvoorbeeld bodemkaarten, historische kaarten, verspreidingskaarten met archeologische vondstlocaties en de resultaten van eerder uitgevoerde archeologische onderzoeken. De kaart geeft een indeling in categorieën. Per categorie wordt onder meer aangegeven of archeologisch onderzoek verplicht is. De regels hiervoor zijn opgenomen in de Erfgoedverordening van de gemeente Eindhoven. Figuur 9.1 geeft de categorieën en bijbehorende regels weer.

[23] Bron: Archeologische verwachtingen- en waardenkaart 2022 — Eindhoven Open Data.

Categorie	Waarde/verwachting archeologie	Diepte bodemingreep	Oppervlakte bodemingreep	Wanneer onderzoeksplicht van toepassing?
Cat. 1	Gemeentelijk archeologisch monument	0 cm	0 cm	Bij elke bodemingreep
Cat. 2	Terrein van hoge archeologische waarde	30 cm	10 m²	Indien dieper dan 30 cm en groter dan 10 m²
Cat. 3	Terrein van archeologische waarde	30 cm	50 m²	Indien dieper dan 30 cm en groter dan 50 m²
Cat. 4	Hoge verwachting, historische kern	30 cm	100 m²	Indien dieper dan 30 cm en groter dan 100 m²
Cat. 5	Hoge archeologische verwachting	30 cm	250 m²	Indien dieper dan 30 cm en groter dan 250 m²
Cat. 6	Middelhoge archeologische verwachting	30 cm	2.500 m²	Indien dieper dan 30 cm en groter dan 2.500 m²
Cat. 7	Lage archeologische verwachting	30 cm	25.000 m²	Indien dieper dan 30 cm en groter dan 25.000 m²
Cat. 8	Geen verwachting	Vrijstelling		

Figuur 9.1 Categorieën archeologische verwachtingen- en waardenkaart 2022 (Bron: Gemeente Eindhoven)

Beoordeling

Voor de beoordeling wordt gekeken naar de effecten van ontwikkelingen op de archeologische waardering van gebieden. Meer specifiek wordt gekeken naar het risico op aantasting van de in situ archeologische waarden door bijvoorbeeld graafwerkzaamheden. Aantasting van in situ archeologische waarden kan voorkomen worden door archeologievriendelijk te bouwen en/of bij de locatie van bebouwing rekening te houden met de archeologische waarden.

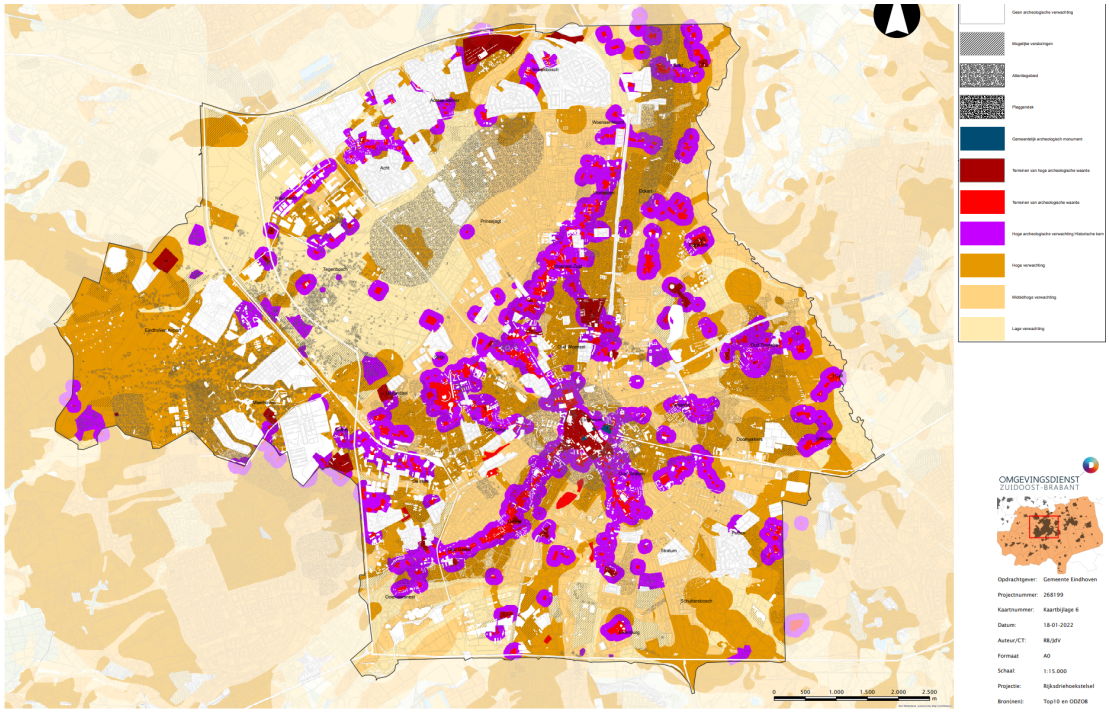
Wanneer gegraven moet worden in gebieden met een hoge waardering, wordt vooraf archeologisch onderzoek gedaan en worden eventuele vondsten opgegraven en bewaard. Het heeft echter de voorkeur om archeologische waarden onaangetast in de bodem (in situ) te bewaren.

9.2.2 Huidige situatie

Figuur 9.2 geeft de Archeologische verwachtingen- en waardenkaart 2022 van de gemeente Eindhoven weer. Naast archeologische verwachtingen is er in Eindhoven op diverse plekken ook sprake van reeds vastgestelde archeologische waarden.[24] Hiertoe behoren die delen van de gemeente waar op basis van óf archeologisch onderzoek, óf de bekende archeologische waarnemingen en/of de bekende historische gegevens van het terrein (vrijwel) vaststaat dat hier belangrijke archeologische resten in de grond zitten. De gemeente Eindhoven maakt onderscheid in twee categorieën archeologische waarden: beschermde gemeentelijke archeologische monumenten en archeologisch waardevolle terreinen zonder een beschermde status. Deze tweede categorie is verder opgedeeld naar hoge waarde en waardevol.

[24] Omgevingsdienst Zuidoost-Brabant, 18 januari 2022. Actualisatie archeologische verwachtingen- en waardenkaart gemeente Eindhoven.

Bij de terreinen van hoge waarde is middels archeologisch onderzoek vastgesteld dat er waardevolle archeologische resten in de grond zitten of is aan de hand van historische bronnen overduidelijk dat de dichtheid aan archeologische resten erg groot is. Voor de terreinen van archeologische waarde is weliswaar nog niet door gravend onderzoek vastgesteld dat er sprake is van archeologische waarden, maar is op basis van historische bronnen, zoals de kadastrale kaart van 1830, vrijwel zeker dat ook hier archeologische resten in de bodem aanwezig zijn.



Figuur 9.2 Archeologische verwachtingen- en waardenkaart 2022 (Bron: Gemeente Eindhoven)

1. Gemeentelijke archeologische monumenten

De gemeente Eindhoven kent geen archeologische rijksmonumenten die zijn beschermd op basis van de Erfgoedwet. De gemeente Eindhoven kent wel drie gemeentelijke archeologische monumenten die op grond van de criteria gaafheid, conservering en wetenschappelijke en cultuurhistorische waarde zijn aangewezen als behoudenswaardig. Dit zijn:

- *Marienhage:* Eerder uitgevoerd archeologisch onderzoek heeft uitgewezen dat binnen het plangebied mogelijk al vanaf omstreeks 1100, voorafgaand aan de stichting van de stad Eindhoven, een motte heeft gelegen met een donjon. Na voltooiing van het nieuwe kasteel van Eindhoven na 1420 werd het oude kasteelterrein met de motte overgedragen aan een congregatie van kanunniken, die op het terrein een klooster stichtten naar de regels van Augustinus. In 1688 wordt het klooster door de Nederlandse Staat in beslag genomen en werd het klooster opgeheven; alleen de oostelijke kloostervleugel, die ook heden nog bestaat, bleef in gebruik. Daarnaast bleven restanten van de grachten en de kerkruïne nog tot minimaal de 18e eeuw bestaan. Op het terrein waren onder andere ambachtelijke bedrijven gevestigd. In 1890 worden de gebouwen gekocht door de paters Augustijnen die een nieuwe kerk bouwen en in de jaren 1917-1936 een jongensinternaat met eigen kapel

- *Kasteel Ravensdonck of Kasteel van Eindhoven:* Vanaf 1420 werd binnen de omgrachting van de stad een nieuw kasteel gebouwd op de plek van het huidige Ravensdonck, door de heer van Eindhoven, Jan van Schoonvorst. Dit kasteel maakte deel uit van de vestingwerken. Het kasteel wordt samen met de rest van de stad Eindhoven in 1486 door Gelderse troepen verwoest. In 1502 is het kasteel weer hersteld. Gedurende de Tachtigjarige Oorlog (1568-1648) wordt het kasteel enkele keren belegerd en geplunderd en afwisselend bewoond door Spaanse en Staatse troepen. In 1676 wordt de ruïne gesloopt
- *Catharinakerk:* Oudste vermelding in 1340. De middeleeuwse Catharinakerk werd in 1859 gesloopt om plaats te maken voor een veel grotere (de huidige) kerk

2. Terreinen van hoge archeologische waarde

Onder terreinen van hoge archeologische waarden worden terreinen verstaan waarvan door middel van archeologisch of historisch onderzoek is vastgesteld dat er waardevolle archeologische resten in de grond zitten. In deze gebieden kan relatief kleinschalig archeologisch onderzoek grote kenniswinst opleveren. Bovendien is de kans zeer aannemelijk dat bij bodemingrepen archeologische waarden worden aangetroffen. In totaal zijn 25 terreinen aangewezen als terreinen van hoge archeologische waarde. Verder zijn de ondergronden van de gebouwde rijks- en gemeentelijke monumenten die dateren van voor 1850 opgenomen als terreinen van hoge archeologische waarde, evenals alle panden van voor 1831, die geen rijks- of gemeentelijk monument zijn. Hier kunnen al resten bovengronds aanwezig zijn in de vorm van historische gebinten maar ook direct onder de moderne vloer. De resten kunnen terug gaan tot in de late middeleeuwen. Het gaat om 144 panden waarbij een groot deel valt in het gebied van de oude stadskern van Eindhoven. Als laatste zijn ook acht oude begraafplaatsen en twee Joodse begraafplaatsen aangewezen als terrein van hoge archeologische waarde, waarbij de begrenzing is gebaseerd op de kadasterkaart uit 1830.

3. Terreinen van archeologische waarde

Tot deze terreinen behoren die delen van de gemeente waar op basis van óf de bekende archeologische waarnemingen en/of de bekende historische gegevens (vrijwel) vaststaat dat hier belangrijke archeologische resten in de grond zitten. Voor Eindhoven gaat het hierbij om de historische dorpskernen en buurtschappen van Eindhoven, resten uit de Tweede Wereldoorlog en naoorlogse stortplaatsen. In veel gevallen heeft hier nog geen specifiek archeologisch onderzoek plaats gevonden, maar is aangetoond op basis van historische bronnen, onder meer de kadastrale kaart van 1830, dat archeologische resten in de bodem aanwezig zijn.
Bij de historische erven en gehuchten is sprake van archeologische waarde omdat hier al in 1832 en soms al in 1560 bebouwing aanwezig was. De begrenzing van de gebieden is gebaseerd op de kadastrale kaart uit 1832, aangevuld met de bebouwing zoals weergegeven op de kaart van Jacob van Deventer uit 1560 van vooral de historische binnenstad van Eindhoven. Het gaat onder meer om de dorpskernen van Woensel (Het Broek), Tongelre, Gestel-Hoogstraat, Stratum en Strijp en om de buurtschappen Aanschot, Esp en Bokt-west, Bokt, Frankrijkstraat, Lijmbeek, Schouwbroek, Klein Tongelre, Gennep, Riel, Eckart, Urkhoven en Severeind. Verder zijn ook losstaande hoeven, landgoederen en watermolens, die op de kadasterkaart afgebeeld staan, hierin opgenomen.

Voormalige stortplaatsen uit de vorige eeuw zijn vrijwel de laatste plekken waar afval is gedumpt. Dat ze archeologisch en historisch relevante informatie kunnen bevatten, blijkt in Eindhoven onder meer uit vondsten tijdens de sanering van de stortplaats Engelsbergen in 2005-2007 en vondsten uit de stortplaats Poelhekkelaan omstreeks 2000. In Eindhoven gaat het om zes stortplaatsen met huisafval ouder dan circa 1960 die als archeologisch relevant worden beschouwd. Stortplaatsen van latere datum bevatten naast huisafval een grote hoeveelheid bedrijfsafval, bouwpuin, sloopafval en chemisch afval en zijn hier derhalve niet opgenomen.

4. *Gebieden met een hoge archeologische verwachting, specifiek de bufferzones rondom historische dorpskernen en buurtschappen van Eindhoven*

De historisch bekende erven en gehuchten zijn overgenomen van de kadasterkaart van 1832. In de randzone van deze bekende bebouwing is naar alle waarschijnlijkheid sprake van activiteitenzones die samenhangen met deze historisch bekende bewoning. Hieronder vallen verder ook de crashsites van vliegtuigwrakken en de terreinen waar een complex aan sporen uit de Tweede Wereldoorlog aanwezig kunnen zijn.

5. *Gebieden met een hoge archeologische verwachting*

Onder deze gebieden vallen die delen van de gemeente waar, op basis van de in het model gebruikte aantallen, met grote waarschijnlijkheid archeologische resten verwacht kunnen worden; het gaat hierbij hoofdzakelijk om de hoger gelegen dekzandruggen, maar ook de hoge verwachtingszones rond oude vennen en voorden.

6. *Gebieden met een middelhoge archeologische verwachting, waaronder ook de beekdalen met een specifieke archeologische verwachting*

Deze categorie is onderscheiden, omdat de gebruikte bodem- en geomorfologische kaarteenheden zonder nader veldonderzoek niet eenduidig aan één van de andere categorieën toegewezen kunnen worden. Het zijn vooral de lager gelegen dekzanden met lage enkeerdgronden en de drogere minder vruchtbare podzolbodems. Binnen deze zones kunnen terreinen liggen waar door erosie of uitloging alle archeologische waarden verdwenen zijn, naast terreinen waar door afdekking met plaggen eventueel aanwezige archeologische waarden juist zeer goed geconserveerd zijn. Deze gronden zijn vooral gelegen in de (voormalige) heidegebieden. De prehistorische vindplaatsen geven aan dat bewoning in de prehistorie mogelijk is geweest. Deze kunnen echter wel opgeruimd zijn door de hier in de 19e en 20e eeuw uitgevoerde ontginningen, de aanwezige woonwijken en bedrijfsterreinen en natuurlijke bodemprocessen als verstuiving en uitloging.

7. *Gebieden met een lage archeologische verwachting*

Binnen deze zones kunnen wel archeologische waarden aangetroffen worden. Echter, op basis van de geomorfologie en de bodemkundige kenmerken van het terrein (beekdal, veldpodzol, vlakvaaggronden, e.d.) of vanwege het verwachte incidentele en extensieve gebruik van de zones (depositielocaties, veeweiden, grondstofwinning e.d.), is de trefkans laag. Recente inzichten wijzen er ook op dat vooral beekdalen in een zeer dunne spreiding bijzondere vondsten kunnen bevatten, welke echter wegens hun geringe aantal meestal alleen bij grootschalige werkzaamheden aangetroffen zullen worden.

8. Gebieden zonder archeologische verwachting

Dit zijn locaties waarvan bekend is dat ze door de mens grootschalig verstoord zijn. Het gaat om terreinen waarvan is vastgesteld dat de archeologie verdwenen of diepgaand verstoord is door ontgronding, nieuwbouw, ondergrondse leidingen, sanering of opgravingen.

9.2.3 Autonome ontwikkeling

Voor archeologie zelf is geen sprake van autonome ontwikkelingen. Autonome ruimtelijke ontwikkelingen kunnen wel zorgen voor een aantasting van archeologische resten. Die ruimtelijke ontwikkelingen dienen zich echter te houden aan het gemeentelijk archeologiebeleid. Het is op dit moment echter nog onduidelijk wat de invloed van deze ontwikkelingen is op archeologie.

9.3 Cultuurhistorische waarden

9.3.1 Toelichting

Voor cultuurhistorie wordt gekeken naar de effecten op cultuurhistorische waarden. De Cultuurhistorische Waardenkaart 2022 van de gemeente Eindhoven is een beleidskader dat bij ontwikkelingsvisies, bestemmingsplannen, planontwikkeling en herstructurering en bij de formulering van welstandscriteria aangeeft waar met welke cultuurhistorische waarden rekening moet worden gehouden. De kaart bestaat uit twee deelwaardenkaarten, te weten de waardenkaart historisch cultuurlandschap en de waardenkaart historische stedenbouw en gebouwd erfgoed.

Deelwaardenkaart Historisch cultuurlandschap

Op de waardenkaart historisch cultuurlandschap zijn aangegeven en gewaardeerd de historische landschappelijke gebieden (incl. historische nederzettingslocaties) en elementen (landschapselementen infrastructuur, waterstaat, opgaand groen, religie en funerair erfgoed en reliëf) die belangrijk zijn voor de herkenbaarheid van de historische ontwikkeling van Eindhoven. Ten aanzien van de landschappen en nederzettingen heeft de waardering van het historisch cultuurlandschap plaatsgevonden door elk gekarteerd deelgebied op drie criteria te beoordelen:

- De gaafheid van de huidige topografie ten opzichte van de situatie omstreeks 1836-1843/1850 c.q. de situatie ten tijde van de (heide)ontginning, dat wil zeggen type grondgebruik, verkaveling, percelering, etc
- De gaafheid van de huidige fysiognomie ten opzichte van de situatie 1836-1843/1850 c.q. de situatie ten tijde van de voltooide (heide)ontginning (diverse momenten uit eerste helft van de 20e eeuw), dat wil zeggen de openheid of geslotenheid van het landschap (aan- of afwezigheid van opgaand groen), de aanwezigheid van bebouwing, etc
- De aanwezigheid van bijzondere kenmerken, waardoor het gebied een hogere waardering zou moeten krijgen dan het op basis van de andere twee criteria zou krijgen

Deelwaardenkaart Historische stedenbouw en gebouwd erfgoed

Op de waardenkaart historische stedenbouw en gebouwd erfgoed zijn aangegeven de beschermde rijks- en gemeentelijke monumenten, beschermde stads- en dorpsgezichten, gemeentelijke archeologische monumenten, cultuurhistorisch waardevolle objecten (panden), historisch waardevolle kunstwerken, historische wegen en waterlopen, historisch-stedenbouwkundige structuren en waardevol aangelegd groen en bomen, die belangrijk zijn voor de herkenbaarheid van de historische ontwikkeling van Eindhoven.

Om te bepalen welke gebieden en structuren (naast de reeds beschermde) als historisch waardevol kunnen worden gekwalificeerd, zijn selectiecriteria gehanteerd die zijn afgeleid van de criteria die voor monumenten gelden. Deze criteria zijn:

- Stadshistorische betekenis: als uiting van of kennisbron voor de historische ontwikkeling van de stad in sociaal, economisch, bestuurlijk, religieus of cultureel opzicht
- Architectonische en/of stedenbouwkundige betekenis: representatief voor een bepaalde bouwtrant, bouwtype of techniek of als uiting van een stedenbouwkundig of architectonisch concept
- Situationele waarde: historisch-ruimtelijke, structurele, esthetische en/of functionele samenhang van geomorfologie, verkaveling, bebouwing, wegenstructuur, openbare ruimte, groenelementen en/of water
- Authenticiteit: herkenbaarheid en/of gaafheid van de oorspronkelijke karakteristiek

De waardering is het resultaat van een combinatie van criteria. Voor een gradatie is niet gekozen omdat daarmee de zwaarte van de verschillende criteria niet duidelijk zou zijn. Wat bijvoorbeeld aan gaafheid heeft ingeboet kan in cultuurhistorisch opzicht toch belangrijk zijn. Bij de beschrijvingen is door een verwijzing naar deze criteria aangegeven in welk opzicht een gebied of structuur cultuurhistorisch waardevol is.

Voor de monumenten wordt specifiek gekeken naar Rijksmonumenten en gemeentelijke monumenten. Rijksmonumenten zijn door de mens gemaakte (onroerende) zaken, zoals woonhuizen, kerken, boerderijen en molens, maar het kunnen bijvoorbeeld ook bruggen, tuinen of verdedigingswerken zijn. Een Rijksmonument is van nationaal belang vanwege zijn schoonheid, zijn betekenis voor de wetenschap of zijn cultuurhistorische waarde. Een Rijksmonument is minstens 50 jaar oud en wordt beschermd volgens de Monumentenwet (1988). Een gemeentelijk monument is een pand dat een speciale betekenis heeft op regionaal of plaatselijk niveau. In Nederland hebben gemeenten de vrijheid om te beslissen welke gebouwen zij op de gemeentelijke monumentenlijst willen plaatsen. De gemeente Eindhoven kent naast gemeentelijke monumenten ook cultuurhistorisch waardevolle objecten. Dit zijn geen officiële monumenten, maar ze zijn wel belangrijk genoeg om te worden beschermd. Ze zijn als waardevol aangemerkt op grond van een bestemmingsplan. De bescherming van gemeentelijke monumenten en cultuurhistorisch waardevolle objecten is geregeld in de Erfgoedverordening.

9.3.2 Huidige situatie

De stad Eindhoven is kort na 1203 ontstaan op een kruising van doorgaande wegen.[25] Deze doorgaande wegen liepen over de hoger gelegen zandruggen langs de beekdalen van de Dommel, Gender en Tongelreep. In 1232 volgde de verlening van stadsrechten. Rond deze tijd (begin 13e eeuw) ontstonden rondom Eindhoven ook de dorpen Gestel, Stratum, Strijp en Tongelre. Woensel is veel ouder en dateert van vóór 900. Rondom de dorpen ontstonden buurtschappen en losstaande hoeven. In de beekdalen vestigden lokale elites zich in kastelen. Het landschap raakte bezaaid met een dicht patroon van kleinschalige nederzettingen. Men leefde in de stad vooral van handel en nijverheid, daarbuiten vooral van landbouw. Tussen de 13e en 15e eeuw ontwikkelde Eindhoven zich tot een marktstad met een regionale betekenis.

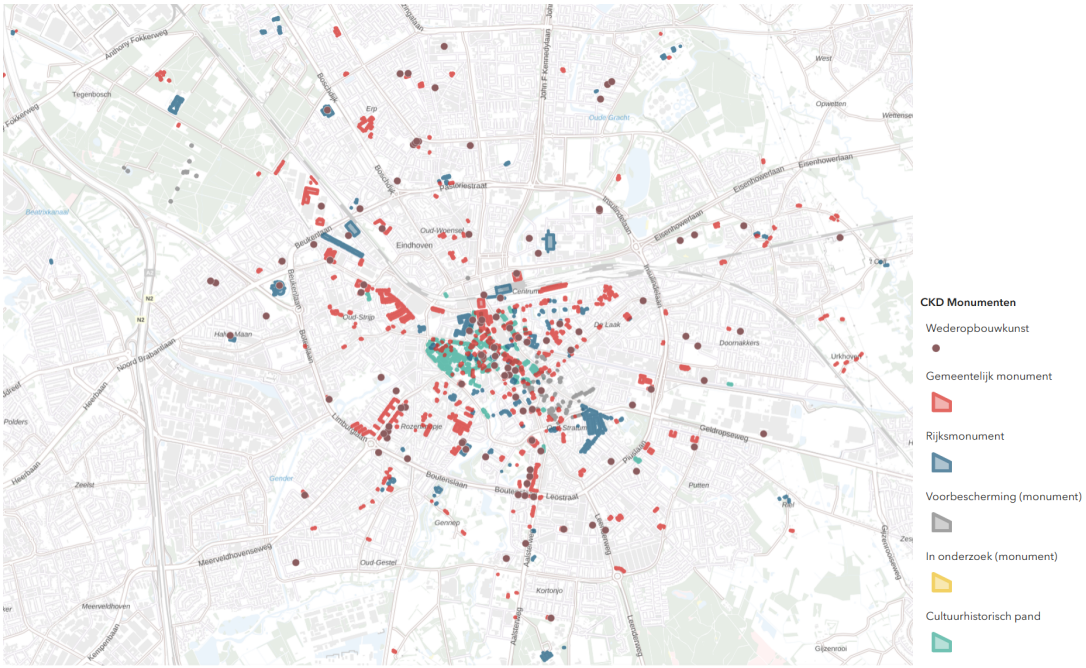
[25] Bron: Integrale Visie Erfgoed Eindhoven, februari 2012.

In de eeuwen daarna hadden de stad en het omringende platteland zwaar te leiden van oorlogsgeweld. In 1486 werd de stad platgebrand, waarbij ook het kasteel en de kerk in puinhopen veranderden. In 1554 kreeg de stad opnieuw een grote stadsbrand te verduren. Tijdens de Tachtigjarige Oorlog doorstond Eindhoven verschillende belegeringen totdat na 1583 de vestingwerken werden geslecht, alleen de stadsgrachten blijven gehandhaafd. Eindhoven werd een ‘open stad’.

Hoewel de stad zich telkens herstelde, stagneerde de ontwikkeling. Na de Vrede van Munster in 1648 maakte de stad deel uit van het generaliteitsgebied, waardoor economische groei werd belemmerd. Tot in de 19e eeuw was de stad niet veel groter dan het huidige centrum. Eindhoven groeide nauwelijks, maar bleef wel een centrumfunctie behouden voor het omliggend gebied en Eindhovense ondernemers legden de basis voor de latere industrialisatie. In de 19e eeuw traden tal van landschappelijke en maatschappelijke veranderingen op. De infrastructuur werd verbeterd: er kwamen nieuwe wegen, in 1843 zorgde de stad zelf voor de aanleg van het Eindhovensch Kanaal en in 1866 kreeg de stad een spoorwegverbinding. In en rond de stadskern verrezen fabrieken voor de textiel- en tabaksnijverheid, de houtindustrie en andere bedrijven. Naast autochtone ondernemers vestigden zich hier ook veel industriëlen van buiten. De stad en de omliggende dorpen raakten steeds meer met elkaar verweven. Nog steeds zijn de oude kernen en de lintbebouwing tussen de latere stadsuitbreidingen typerend voor het Eindhovense stadsbeeld. In de 20e eeuw kreeg Eindhoven een enorme impuls door het Philipsconcern, dat de ontwikkeling van de stad voor een groot deel bepaalde. In 1920 werden de omliggende dorpen bij Eindhoven gevoegd, zodat planmatige uitbreidingen mogelijk werden. Tijdens bombardementen in de Tweede Wereldoorlog werd een groot deel van de binnenstad verwoest. Na de oorlog is de wederopbouw voortvarend opgepakt, waardoor de stad op verschillende plekken een gedaanteverandering onderging.

Figuur 9.3 geeft inzicht in de locatie en status de monumenten en cultuurhistorische panden binnen de gemeente Eindhoven. De gemeente Eindhoven kent 153 inschrijvingen in het Rijksmonumentenregister.[26] Naast de Rijksmonumenten kent de gemeente nog 557 gemeentelijke monumenten en 302 cultuurhistorisch waardevolle objecten.[27] Deze aantallen veranderen door de tijd. Het grootste deel van de monumenten ligt in de binnenstad en in de directe schil daaromheen. Dit geldt voor zowel de Rijksmonumenten als de gemeentelijke monumenten als de cultuurhistorische panden. Onder een cultuurhistorisch pand wordt verstaan: een gebouw dat van algemeen belang is vanwege zijn cultuurhistorische waarde. De cultuurhistorische panden hebben een beschermde status die staat omschreven in het betreffende bestemmingsplan (bijv. met de aanduiding ‘karakteristiek’ of ‘cultuurhistorische waarden’). Ook kan het gaan om panden die op basis van de erfgoedverordening zijn aangewezen als ‘cultuurhistorisch waardevol object’.

[26] Bron: Rijksmonumentenregister, geraadpleegd op 12-03-2025.
[27] Bron: Eindhoven | Monumenten.nl



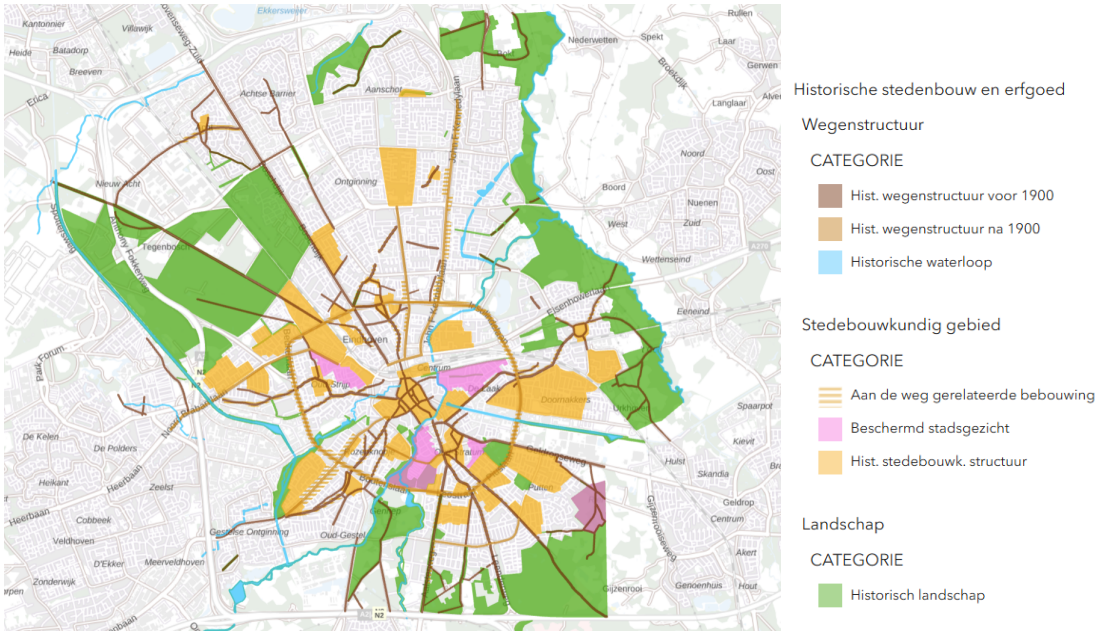
Figuur 9.3 Monumenten en cultuurhistorische panden, geraadpleegd op 12-03-2025 (Bron: Gemeente Eindhoven)

Figuur 9.4 geeft de deelwaardenkaart Historische stedenbouw en erfgoed van de gemeente Eindhoven weer. De gemeente Eindhoven kent vijf beschermde stadsgezichten[28]:

- Rijksbeschermd stadsgezicht Eindhoven – Philipsdorp
- Rijksbeschermd stadsgezicht Eindhoven – Villapark Tongelre
- Rijksbeschermd stadsgezicht Eindhoven – Villapark Den Elzent
- Rijksbeschermd stadsgezicht Eindhoven – Het Witte Dorp
- Rijksbeschermd stadsgezicht Riel

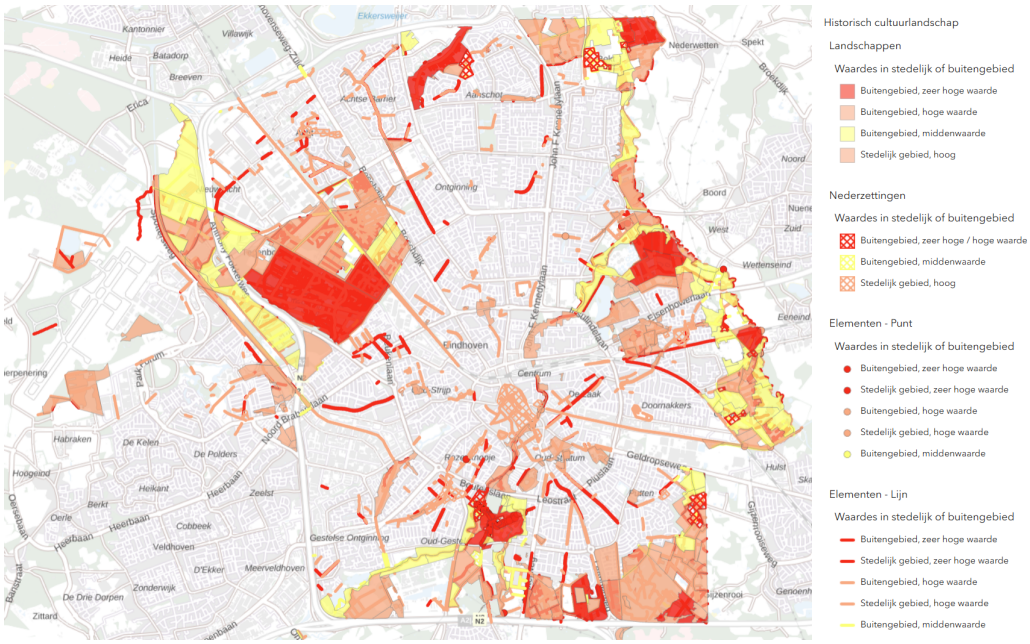
Van de oorspronkelijke landschappelijke en middeleeuwse structuren in het landschap resteren beekdalen en sommige wegen. De huidige Hoogstraat, Leenderweg, Woenselsestraat en Vlokhovenseweg zijn daar voorbeelden van. Ook de binnenstad heeft grotendeels nog het middeleeuwse stratenpatroon. Aan het beekdallandschap en het patroon van nederzettingen dankt Eindhoven zijn karakteristieke structuur met groengebieden die tussen de stadsdelen tot in het centrum doordringen.

[28] Bron: Eindhoven | Monumenten.nl.



Figuur 9.4 Historische stedenbouw en erfgoed, geraadpleegd op 12-03-2025 (Bron: Gemeente Eindhoven)

Figuur 9.5 geeft de deelwaardenkaart Historisch cultuurlandschap weer.



Figuur 9.5 Historisch cultuurlandschap, geraadpleegd op 12-03-2025 (Bron: Gemeente Eindhoven)

9.3.3 Autonome ontwikkeling

Voor cultuurhistorie zelf is geen sprake van autonome ontwikkelingen. Autonome ruimtelijke ontwikkelingen kunnen wel zorgen voor een aantasting van cultuurhistorische waarden. Die ruimtelijke ontwikkelingen dienen zich echter te houden aan het gemeentelijk-, provinciaal- en rijksbeleid. Het is op dit moment nog onduidelijk wat de invloed van deze ontwikkelingen is op cultuurhistorie. Vooralsnog is er geen aanleiding om te veronderstellen dat op korte termijn in de gemeente Eindhoven veel Rijksmonumenten bij zullen komen. Landelijk neemt het aantal Rijksmonumenten namelijk slechts nog op beperkte schaal toe. De nadruk ligt niet op het vergroten van het Rijksmonumentenbestand, maar op structurele verbetering.

10 Klimaat en energie

10.1 Algemeen

Koolstofdioxide (CO_2) is een van de belangrijkste broeikasgassen die bijdragen aan de opwarming van de aarde en klimaatverandering. Het wordt voornamelijk uitgestoten door menselijke activiteiten, zoals het verbranden van fossiele brandstoffen (aardgas, olie en steenkool) voor energie, vervoer en industriële processen. De verhoging van de CO_2-concentraties in de atmosfeer heeft aanzienlijke gevolgen voor het milieu, waaronder stijgende temperaturen, veranderingen in neerslagpatronen en extreme weersomstandigheden.
Het verminderen van CO_2-uitstoot is cruciaal voor het behalen van mondiale klimaatdoelen, zoals die vastgelegd in het Klimaatakkoord van Parijs. Dit vereist een transitie naar duurzame energiebronnen, energie-efficiëntie, en innovatieve technologieën die de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen verminderen. Het bevorderen van circulaire economieën en het verbeteren van de energie-infrastructuur zijn belangrijke stappen in deze richting.

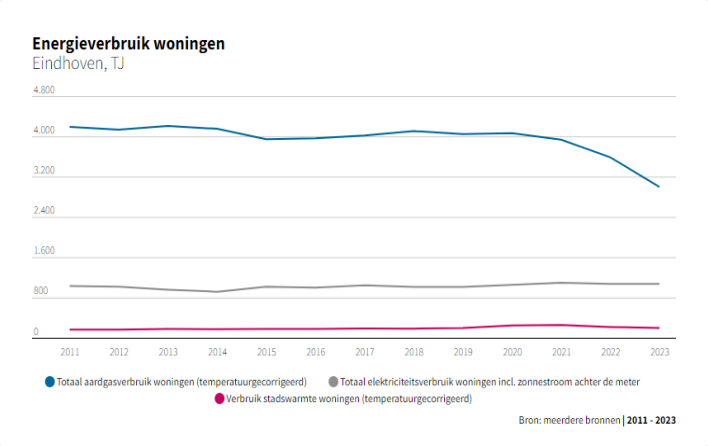
Nederland wil van het aardgas af, om zo de uitstoot van CO_2 te verminderen. Dit is nodig om de klimaatdoelstellingen te halen die zijn afgesproken in het klimaatakkoord in Parijs (2015) en het Nederlandse klimaatakkoord (2019). Het doel van het warmteprogramma is de overstap van fossiele warmtebronnen als aardgas naar duurzame alternatieven. Dit is in essentie een duurzame stap, waarmee wordt bijgedragen aan het doel om aardgasvrij te zijn. Daarnaast draagt het ook bij aan het doel om CO_2-uitstoot te verminderen. Alle alternatieven dragen bij aan reductie van het gebruik van fossiele brandstoffen en dragen bij aan de reductie in CO_2-uitstoot. Thema klimaat en energie laten de mate van duurzaamheid zien van verschillende systemen door te kijken naar de reductie in CO_2-uitstoot, de CO_2-uitstoot van materialen en de benodigde gWh-hulpenergie.

10.2 CO_2-besparing

10.2.1 Toelichting

Bij alle onderzoeksvarianten is aardgasvrij het einddoel. Daarmee is het resultaat op CO_2-besparing in de eindsituatie vergelijkbaar, wanneer de aanname wordt gemaakt dat het benodigde stroomverbruik groen is. Naar verwachting zal er geen of weinig verschil zijn tussen de onderzoeksvarianten op dit onderdeel. Toch zal wel een verschil blijken tussen de alternatieven en de referentiesituatie. Daarom wordt deze dimensie voor het warmteprogramma wel omschreven.

10.2.2 Huidige situatie

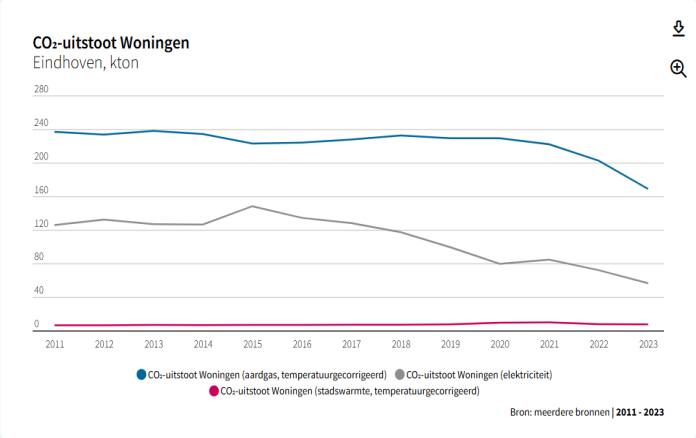


	Totaal aardgasverbruik woningen (temperatuurgeco	Totaal elektriciteitsverbr woningen incl. zonnestroom achter de meter	Verbruik stadswarmte woningen (temperatuurgeco
2011	4.189	1.028	163
2012	4.133	1.013	163
2013	4.209	953	175
2014	4.150	915	170
2015	3.944	1.015	174
2016	3.963	998	177
2017	4.019	1.041	185
2018	4.105	1.008	183
2019	4.046	1.010	194
2020	4.062	1.052	244
2021	3.934	1.095	256
2022	3.583	1.072	214
2023	2.996	1.068	195

Figuur 10.1 Energieverbruik Woningen Eindhoven. Bron: klimaatmonitor woningbouw Eindhoven

CO_2-emissiefactor	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022	2023	2024
Elektriciteit (kg/kWh)	0,46	0,47	0,50	0,49	0,43	0,29	0,30	0,27	0,22	x
Aardgas (kg/m3)	1,791	1,788	1,785	1,788	1,791	1,785	1,785	1,788	1,782	1,779
Stadswarmte (kg/GJ)	38,05	38,05	38,05	38,05	38,05	38,05	38,23	35,11	38,22	x

Figuur 10.2 Emissiefactoren gemeente Eindhoven[29]



	(aardgas, temperatuurgecor	(elektriciteit)	(stadswarmte, temperatuurgecor
2011	236,7	125,6	6,2
2012	233,5	132,1	6,2
2013	237,8	126,6	6,6
2014	234,0	126,2	6,5
2015	222,8	148,1	6,6
2016	223,9	134,2	6,7
2017	227,5	128,0	7,0
2018	232,3	117,1	7,0
2019	229,0	99,2	7,4
2020	229,1	79,4	9,3
2021	221,9	84,4	9,8
2022	202,4	71,9	7,5
2023	168,6	56,4	7,4

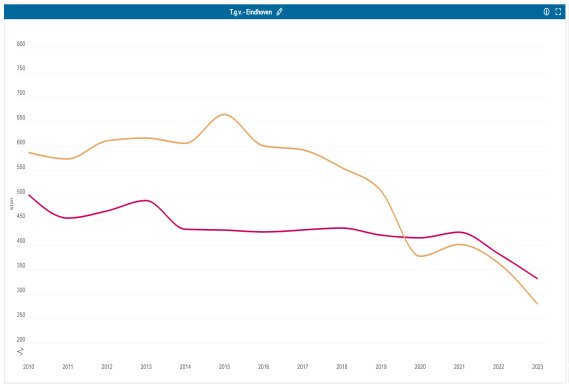
Figuur 10.3 CO2 uitstoot van woningen in Kton Co2 in Eindhoven

Figuur 10.1 laat zien dat het grootte deel van het warmtegebruik van woningbouw in Eindhoven in de huidige situatie bestaat uit aardgas. In 2023 was dit 2.996 TJ aardgas, wat neerkomt op een totaal van 168,6 kton CO_2, zoals aangegeven in figuur 10.3. Er is sinds 2021 een dalende lijn te zien van het aardgasgebruik, en daarmee ook in de CO_2-uitstoot van aardgas.

Daarnaast wordt ook gebruik gemaakt van stadswarmte, namelijk 195 TJ per jaar. Dit staat gelijk aan 7,4 kton CO_2-uitstoot. Het gebruik en de CO_2-uitstoot van stadswarme is vrijwel stabiel sinds 2011. Er is daarnaast een totaal van 1068 Tj elektriciteitsgebruik. Dit komt neer op 56,4 kton CO2.

[29] Rapport CO2-uitstoot Eindhoven, Klimaatmonitor, data uit 2023. Rapport CO2-uitstoot - Rapportage CO2-uitstoot - Eindhoven

Het elektriciteitsverbruik is vrijwel stabiel sinds 2011. Tegelijkertijd is voor CO_2-uitstoot van elektriciteit sinds 2015 een lichte daling te zien. Als we breder kijken dan alleen woningbouw zien we dat de CO_2-uitstoot van elektriciteitsverbruik en warmteverbruik in Eindhoven in het jaar 2023 hoger ligt (figuur 10.4). Namelijk 279,3 kton CO_2-uitstoot voor elektriciteitsverbruik en 330,9 kton CO_2-uitstoot voor aardgas en stadswarmte.

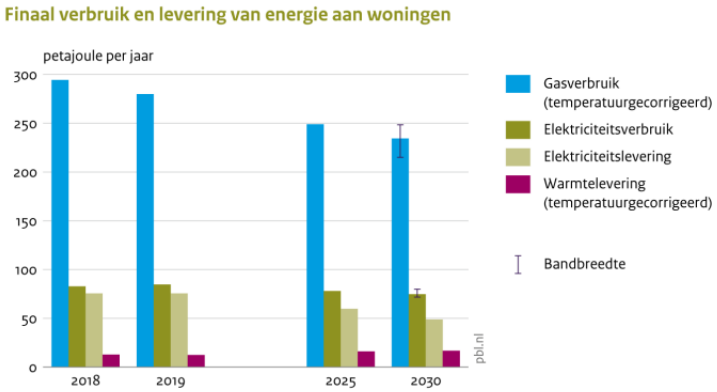


	elektriciteitsverbruik	warmteverbruik (aardgas en stadswarmte)
2010	587,2	501,5
2011	574,1	454,1
2012	610,7	468,5
2013	616,6	489,7
2014	605,7	431,5
2015	664,3	429,7
2016	600,6	426,0
2017	592,5	?
2018	556,4	433,9
2019	509,4	419,5
2020	376,7	414,1
2021	400,6	425,5
2022	362,9	381,9
2023	279,3	330,9

Figuur 10.4 CO2-uitstoot gemeente Eindhoven

10.2.3 Autonome ontwikkeling

Er is een trend te identificeren als het gaat om de toekomstige warmte- en koudevraag. Een belangrijke maatschappelijke factor voor de toekomstige warmte- en koudevraag is de toename van de bevolkingsomvang en huizenvoorraad. Volgens de Regionale bevolkings- en huishoudensprognose 2022-2050 zullen vooral de grote en middelgrote steden (met ten minste 100 duizend inwoners) tot 2035 groeien, net als diverse randgemeenten rondom de grote steden.[30] Voor Eindhoven is de verwachting dat de bevolking tussen 2021 en 2035 20 % groeit. Dit kan tot een aanzienlijke extra warmte- en koudevraag leiden.



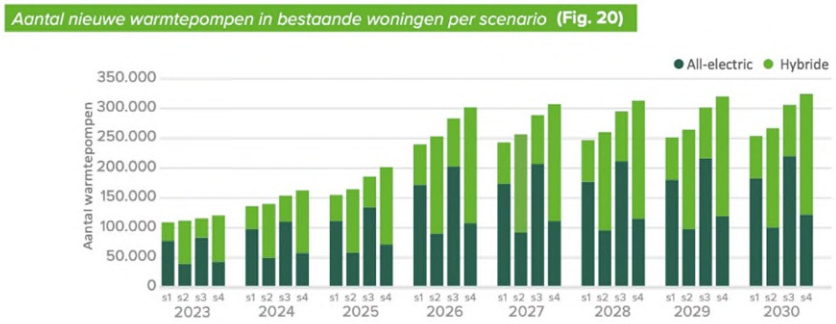
Figuur 10.5 Finaal verbruik en levering van energie aan woningen[31]

Bovenstaande figuur laat zien dat het energieverbruik afneemt richting 2030. Dit komt onder andere door: een daling in het aantal woningen met een gasaansluiting, warmere winters, energiebesparende maatregelen en apparaten. Dit effect blijft bij elektriciteitsverbruik beperkt door

[30] Groei en krimp per gemeente | CBS
[31] Ontwikkelingen in de energierekening tot en met 2030. Achtergrondrapport bij de Klimaat- en Energieverkenning 2021.

een stijging als gevolg van het elektriciteitsverbruik door warmtepompen. Het elektriciteitsverbruik van elektrische auto's is in deze berekening niet meegenomen.

Er is een trend te zien in toename van het aantal warmtepompen in bestaande bouw, die met name vanaf 2026 nog verder zal toenemen. Dit heeft te maken met de norm voor de efficiëntie van verwarmingsinstallaties in 2026. Het warmtepomp trendrapport van Dutch New Energy Research (2024) laat zien dat er in Nederland vanaf 2026 jaarlijks 300.000 warmtepompen worden geplaatst. De studie geeft aan dat het ook in het laagste scenario gaat om jaarlijks 240.000 warmtepompen. In het Klimaatplan van gemeente Eindhoven wordt verwacht dat er vanaf 2025 jaarlijks ongeveer 1400 warmtepompen worden geplaatst in Eindhoven.



Figuur 10.6 trend toename warmtepompen[32]

Locatie Noordoost

In het Noordoosten van Eindhoven krijgen worden momenteel stappen genomen om over te stappen van gas naar warmte via een lokale warmtebron: de Rioolwaterzuiveringsinstallatie (de RWZI) aan de Van Oldenbarneveltlaan. Rioolwater dat via het riool naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie gaat, wordt daar gezuiverd. Vervolgens wordt warmte uit het water onttrokken. Dit water stroomt via het warmtenet naar de verschillende buurten. In de buurten, wordt het water verder opgewarmd in een buurtwarmtecentrum. Een warmtenet is een netwerk van leidingen onder de grond waar warm water doorheen stroomt. Dit warme water wordt gebruikt om huizen te verwarmen en levert warm water uit de kraan.
De RWZI maakt het mogelijk om in totaal 8000 woningen in een aantal buurten in Eindhoven Noordoost van warmte te voorzien.[33] De locaties waar bovenstaande ontwikkeling plaats gaat vinden ligt voor het grootste deel in het stadsdeel Woensel-Zuid. Hier geldt een gemiddeld aardgasverbruik van 1140 m3 en elektriciteitsverbruik van 2340 KWH per woning. Voor 8000 woningen komt de CO_2-uitstoot in de huidige situatie neer op 16,27 kton CO_2. Berekend met de standaard emissiefactor voor stadswarmte van 2023 uit tabel 2 (38,33 kg CO_2 per GJ) komt dit neer op: 12,29 kton CO_2. In de toekomst ligt de emissiefactor, gezien de dalende lijn sinds 2021 mogelijk lager.

[32] Nationaal warmtepomp trendrapport 24/25 - Dutch New Energy Research (2024) Nationaal Warmtepomp Trendrapport | Dutch New Energy
[33] Aardgasvrij Noordoost | Eindhovenduurzaam

Wijken en buurten	Gemiddeld aardgasverbruik	Gemiddeld elektriciteitsverbruik	Stadsverwarming
	m3	kWh	%
Wijk 11 Stadsdeel Centrum	650	2 340	13,0
Wijk 12 Stadsdeel Stratum	1 340	2 780	.
Wijk 13 Stadsdeel Tongelre	1 270	3 120	.
Wijk 14 Stadsdeel Woensel-Zuid	1 140	2 340	.
Wijk 15 Stadsdeel Woensel-Noord	1 390	2 980	.
Wijk 16 Stadsdeel Strijp	780	2 860	22,6
Wijk 17 Stadsdeel Gestel	1 260	2 580	.

Bron: CBS

Figuur 10.7 aardgas- en elektriciteitsverbruik per woning in Stadsdelen Eindhoven[34]

Proeftuin Lievendaal t'Ven

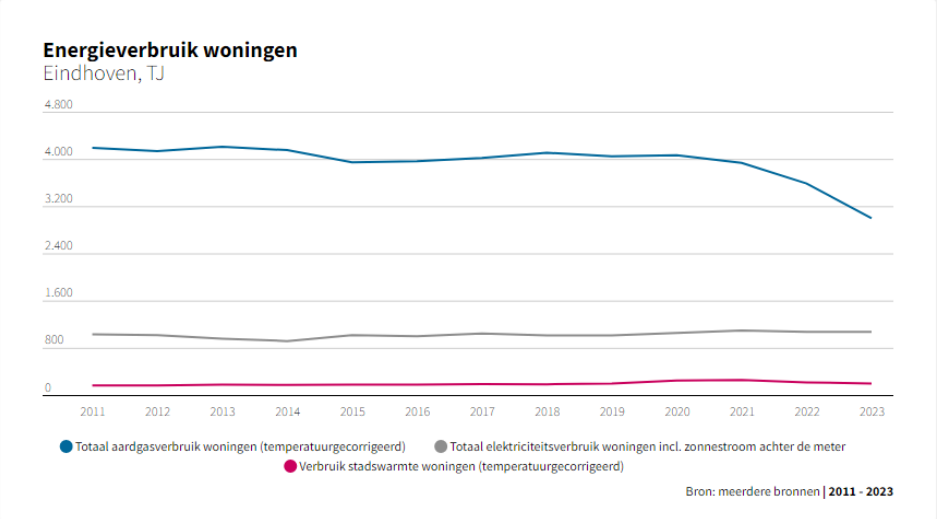
In 2023 zijn de eerste 359 woningen aangesloten op het gemeentelijke warmtenet. Deze wijk is gelegen in het stadsdeel Strijp. Er geldt een gemiddeld aardgasverbruik van 780 m3 per woning. De emissiefactor is 1779 CO_2 kg/m3 aardgas. Dit komt neer op (359 woningen*1.387,62 kg CO2/woning) is 0,498 kton CO_2.

10.3 CO_2-uitstoot materialen en materieel

10.3.1 Toelichting

De onderzoeksvarianten kunnen verschillen o.b.v. CO_2-uitstoot door het materiaalgebruik. Voor het plaatsen en onderhouden van infrastructuur zijn materiaal en werkzaamheden nodig. Met dit aspect wordt er via semi-kwantitatieve beoordelingen gekeken naar de milieu impact van de materialen die nodig zijn (bijvoorbeeld uitgedrukt in een milieu kosten indicator of CO_2-equivalent).

10.3.2 Huidige situatie



Figuur 10.8 Energieverbruik van woningen in Eindhoven

[34] StatLine - Energieverbruik particuliere woningen; woningtype, wijken en buurten, 2017

Zoals bovenstaande figuur laat zien bestaat de huidige warmtevoorziening van de bestaande bouw in de gemeente Eindhoven voor het grootste deel uit aardgas. In de huidige situatie ligt er een aardgasleidingennetwerk (hoge- en lage druk) en warmte netwerk. Het overgrote deel van de aardgas- en warmte leidingen in Nederland zijn gemaakt van staal.

1. Lage druk: 1904,03 KM
2. Hoge druk: 216,01 KM
3. Warmte: 284,62 KM

Er is veel materiaal nodig geweest voor de aanleg van de bestaande aardgasvoorzieningen, die ook al voor lange tijd in gebruik zijn. Leidingwerk wordt over het algemeen gebouwd met nieuwe, niet-hergebruikte materialen. Doordat het aandeel nieuwe materialen groot is, heeft dit een negatieve invloed op de CO_2-uitstoot, vergeleken met een leidingnetwerk waarvoor geen grondstofwinning nodig is. Nadat het oorspronkelijke netwerk is aangelegd, worden in de opvolgende jaren over het algemeen geen grote wijzigingen doorgevoerd waarvoor opnieuw veel materiaal nodig is. Het bestaande netwerk wordt hoogstens onderhouden en uitgebreid, maar niet volledig vervangen. Hierdoor is het toepassen van materialen beperkt gebleven.

Voor een grove inschatting van de CO_2-uitstoot van het materiaalgebruik gaan we uit van stalen buizen. Gezien er nog geen productkaart in de NMD staat die aansluit bij de buizen voor het warmtenet zijn deze buizen ook in deze berekening meegenomen. Voor een gemiddelde stalen gasleiding gebruiken we “gasleiding, staal” als categorie uit de Nationale Milieu Database. Deze heeft een levensduur van 50 jaar en een MKI van € 5,362 per m en een CO_2-uitstoot van 28,19 kg CO_2 per meter.[35] Voor een totaal van 2.404,66 km leidingen komt dit neer op een MKI van ongeveer € 12.895.244,92 en een CO_2 uitstoot van 67,89 kton CO2 kton CO_2. Gezien dit leidingen netwerk er al jaren ligt, wordt het totaal gedeeld door de gemiddelde levensduur.
De MKI per jaar is dan € 257.904,90 en de CO_2 uitstoot is 1,36 kton CO_2. Deze (grove) inschatting is zonder CO_2-uitstoot van materiaalgebruik is zonder het meenemen van technische installaties.

10.3.3 Autonome ontwikkeling

Voor de autonome ontwikkeling wordt ervan uit gegaan dat het bestaande aardgasleidingennetwerk blijft bestaan. Voor het in stand houden van het aardgasleidingen netwerk is onderhoud nodig. Voor stalen leidingen gaan we uit van een levensduur van 50 jaar. Voor het onderhouden van het bestaande aardgasleidingen netwerk is beperkt nieuw materiaal nodig wat verwaarloosbaar is ten opzichte van nieuwe technieken.

10.4 Hulpenergie

10.4.1 Toelichting

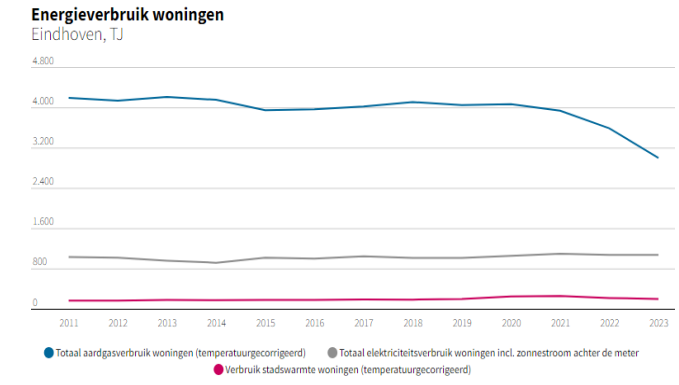
Het aspect hulpenergie gaat over de hoeveelheid hulpenergie die de onderzoeksvarianten nodig hebben om duurzame warmte bruikbaar te maken voor de gebouwde omgeving. Denk hierbij aan de stroom die nodig is om een warmtepomp te laten draaien. Dit geldt voor zowel het elektriciteitsnet (kabels, laag- en hoogspanningsstations) als groene opwekinstallaties (significant door ruimtebeslag en materialenverbruik).

[35] Milieudatabase Gasleiding, staal

De indicator hulpenergie gaat om de hoeveelheid (fossiele) energie die nog als back up nodig is, en zegt daarmee dus iets over de milieu-impact van een bepaalde techniek of systeem. Voor dit aspect wordt niet gekeken naar het winnen van de energie.

10.4.2 Huidige situatie

In de huidige situatie wordt met name gebruik gemaakt van warmte vanuit aardgas, zoals in onderstaande tabel te zien is. Daarnaast wordt gebruik gemaakt van stadswarmte en elektriciteit.



	Totaal aardgasverbruik woningen (temperatuurgeco	Totaal elektriciteitsverbr woningen incl. zonnestroom achter de meter	Verbruik stadswarmte woningen (temperatuurgeco
2011	4.189	1.028	163
2012	4.133	1.013	163
2013	4.209	953	175
2014	4.150	915	170
2015	3.944	1.015	174
2016	3.963	998	177
2017	4.019	1.041	185
2018	4.105	1.008	183
2019	4.046	1.010	194
2020	4.062	1.052	244
2021	3.934	1.095	256
2022	3.583	1.072	214
2023	2.996	1.068	195

Voor de winning van aardgas is hulpenergie nodig voor het transport van aardgas door leidingen. Er zijn (compressie)pompen nodig om het gas onder druk te houden, wat elektriciteit of andere energiebronnen vereist. Verder is energie nodig voor de distributie naar huishoudens en bedrijven voor het beheer en de controle van het gasnetwerk. In vergelijking met andere type warmte installaties heeft de infrastructuur voor aardgas amper hulpenergie nodig. Voor aardgas gaan we uit van een gemiddeld energiegebruik bij transport van 112 in kJ/m3 aardgas. Het totale energiegebruik bij het transport van 2996 TJ aardgas is ongeveer 9,52 TJ aardgas.[36] Wat betreft stadswarmte is de hulpenergie voor de transportpompen die het water rondpompen in het warmtenet is over het algemeen erg laag. In bestaande warmtenetten ligt de hulpenergie vaak rond 1,26% van de geleverde warmte.[37] Dit komt neer op: (195*1,26/100) 2,46 TJ. In de referentiesituatie valt de hoeveelheid benodigde hulpenergie daarmee laag.

10.4.3 Autonome ontwikkeling

Er zijn geen autonome ontwikkelingen aan te wijzen voor het aspect hulpenergie. Er zijn factoren die bij kunnen dragen aan het verlagen van de benodigde hulpenergie, zoals het verkorten van transportafstanden, maar er zijn geen geplande ontwikkelingen die hier direct aan zullen bijdragen. De autonome ontwikkeling blijft daarmee gelijk aan de huidige situatie.

[36] CE Delft Energiebesparing in de Nederlandse aardgasketen Energiebesparing in de Nederlandse aardgasketen
[37] TNO-2020-duurzaamheid.pdf

11 Circulariteit

11.1 Algemeen

Momenteel gebruiken we als wereldbevolking meer grondstoffen dan de aarde kan bieden en putten hiermee de aarde uit. Veel natuur- en milieuproblemen zijn te herleiden tot extractie en verspilling van grondstoffen of materialen. De verwachting is dat het wereldwijde grondstoffengebruik tussen nu en 2060 zal verdubbelen.[38] Daarnaast kost het maken van producten en het winnen van grondstoffen energie. Dit leidt bijvoorbeeld tot uitstoot van broeikasgassen en verontreinigende stoffen naar lucht, water en bodem, ofwel een hoge milieu-impact. Deze ontwikkelingen brengen ongewenste gevolgen met zich mee, zoals klimaatverandering, biodiversiteitsverlies en andere soorten van vervuiling. Daarnaast kan het voorzichtiger omgaan met grondstoffen de risico's verminderen voor de leveringszekerheid van grondstoffen. Circulariteit is een manier om slim en zuinig om te gaan met onze grondstoffen. Een transitie naar de circulaire economie is noodzakelijk om de negatieve consequenties van de huidige lineaire economie te voorkomen.

Naast het overstappen op een duurzame energiebron is ook materiaalgebruik een manier om impact op het milieu te beperken. Het bouwen van een nieuwe infrastructuur is een forse ingreep en zal daardoor invloed hebben op duurzaamheid. Materiaalgebruik kan grote impact hebben op het milieu. Bijvoorbeeld omdat een deel van de materialen zijn eindig en grondstofvoorraden steeds kleiner worden. Daarnaast hebben sommige materialen grote impact op het milieu omdat ze bijvoorbeeld stoffen bevatten die de leefomgeving aantasten en verontreinigen.
Met dit gegeven wordt binnen het MER voor het warmteprogramma van de Gemeente Eindhoven gekeken naar het materiaalgebruik dat nodig is voor het realiseren van een gasloze warmte-inrichting.

11.2 Materiaalgebruik

11.2.1 Toelichting

Bij het onderwerp circulariteit wordt naar het materiaalgebruik gekeken. Bij het materiaalgebruik wordt onderzocht in hoeveel materiaal er nodig is en of er veel zeldzame materialen nodig zijn. Dit wordt bepaald aan de hand semi-kwantitatieve beoordelingen van de hoeveelheid materialen die wordt gebruikt en de zeldzaamheid van materialen.

Het materiaalgebruik van de warmtetransitie kan grofweg verdeeld worden in twee fasen: de aanlegfase en de gebruiksfase. De aanlegfase is de fase van een project waarin de infrastructuur daadwerkelijk wordt geplaatst. Denk hierbij aan de aanleg van nieuwe fabrieken of kabels en leidingen. De gebruiksfase betreft het materiaal dat nodig is voor het gebruik van de infrastructuur, zoals de materialen die nodig zijn voor het onderhouden van de infrastructuur.

[38] Integrale Circulaire Economie Rapportage, 2023

11.2.2 Huidige situatie

De huidige warmtevoorziening van de bestaande bouw in de gemeente Eindhoven bestaat voor het grootste deel uit aardgas. In de huidige situatie ligt er een aardgasleidingennetwerk (hoge- en lage druk) en warmte netwerk met de volgende kenmerken:

- Lage druk: 1904,03 KM
- Hoge druk: 216,01 KM
- Warmte: 284,62 KM

Ongeveer 70-80 % van de aardgasleidingen in Nederland zijn gemaakt van staal (koolstofstaal). Staalbuizen worden vaak gecoat met een beschermende laag, zoals epoxy of bitumen om corrosie te voorkomen en de levensduur van de leidingen te verlengen. Ook worden leidingen soms van kunststof gemaakt, zoals polythyleen (PE), vooral bij kleinere leidingen of binneninstallaties waar de druk lager is. Daarnaast bestaat een klein deel van de buizen nog uit koper en PVC. In de huidige situatie worden de materialen waaruit de huidige infrastructuur bestaat nog maar nauwelijks hergebruikt, of met secundair materiaal gebouwd.
Er is veel materiaal nodig geweest voor de aanleg van de bestaande aardgasvoorzieningen, die ook al voor lange tijd in gebruik zijn. Leidingwerk wordt over het algemeen gebouwd met nieuwe, materialen. Nadat het oorspronkelijke netwerk is aangelegd, worden over het algemeen voor vele jaren geen grote wijzigingen doorgevoerd waarvoor opnieuw veel materiaal nodig is. Het bestaande netwerk is hoogstens onderhouden en uitgebreid, maar niet volledig vervangen. Hierdoor is het toepassen van extra materialen beperkt gebleven.

Wat betreft materialen bestaat de huidige infrastructuur uit verschillende materialen, zoals staal, polythyleen, koper en PVC. Koper is een schaarse grondstof.[39] Het gebruik van deze grondstof in primaire vorm (niet hergebruikt) zorgt voor een verdere afname van de mondiale reserves. Koper heeft een hoge milieu-impact. Dus hoewel het percentage gebruik van koper laag is, heeft het wel een negatieve impact op de circulariteit. Verdere uitputting van schaarse grondstoffen is minder circulair dan het toepassen van grondstoffen die niet schaars zijn. Die circulaire economie is namelijk gericht op het toepassen van zo min mogelijk nieuw en schaars materiaal.
Nederlandse elektriciteits-, gas- en watersystemen bevat een omvangrijke hoeveelheid materialen, waarvan een grote, grotendeels ondergrondse voorraad materialen in kabels, pijpen en leidingen. Wanneer deze niet meer worden gebruikt, worden ze vaak niet aangeboden aan een afvalverwerkingsdienst maar blijven ze in de grond liggen als zogenoemde voorraden in winterslaap. Tot op heden worden deze voorraden van materialen (onder andere ijzer, staal, koper en aluminium, maar ook kunststoffen) nauwelijks benut.

Naast het gas- en warmtenetwerk is ook een uitgebreid elektriciteitsnetwerk aanwezig in de gemeente Eindhoven. Dit netwerk bestaat uit een fijnmazig stelsel van middenspannings- en laagspanningskabels, transformatorstations en verdeelinfrastructuur. Het elektriciteitsnet maakt gebruik van verschillende materialen, waaronder koper en aluminium voor de kabelgeleiders, en kunststoffen (zoals PVC en XLPE) voor isolatie en bescherming.

[39] Wat zijn kritieke grondstoffen? Buitenlandse Zaken in begrijpelijke taal | Ministeries | Rijksoverheid.nl

11.2.3 Autonome ontwikkeling

Voor de autonome ontwikkeling wordt ervan uit gegaan dat het bestaande aardgasleidingennetwerk blijft bestaan. Voor het in stand houden van het aardgasleidingen netwerk is onderhoud nodig. We gaan uit van een levensduur van 40 jaar. Onderhoud aan het netwerk wordt volgens de huidige beheercyclus onderzocht, en het beheer bestaat voornamelijk uit het onderhouden en vervangen van de bestaande netwerken. Voor het onderhouden van het bestaande aardgasleidingen netwerk is beperkt nieuw materiaal nodig. Echter worden materialen schaarser op een mondiaal niveau, bijvoorbeeld met koper.[40]

Zoals beschreven in paragraaf 1.2 Autonome ontwikkeling, neemt de belasting van het bestaande elektriciteitsnet in Eindhoven de komende jaren sterk toe door een groei van het aantal woningen en de elektrificatie van de samenleving. Om deze reden verzwaart netbeheerder Enexis het elektriciteitsnet. Er wordt ingezet op extra trafohuisjes, nieuwe middenspanningsstations en kabelverzwaring. Deze uitbreiding en verzwaring van het elektriciteitsnet leidt tot een toename in het materiaalgebruik. Voor de aanleg van nieuwe stations en kabels zijn onder andere metalen zoals koper en aluminium nodig voor geleiders, en kunststoffen voor isolatie en bescherming. Met name koper is een schaars materiaal met een relatief hoge milieu-impact.

12 Hitte

12.1 Algemeen

Het effect van het warmteprogramma op het thema hitte wordt beoordeeld aan de hand van een enkele indicator. De indicator is de mate waarop de invulling van de warmtevraag resulteert in een stijging van de omgevings- en gevoelstemperatuur.

Een hoge gevoelstemperatuur kan onaangenaam zijn of tot gezondheidsproblemen leiden. Hittestress is de algemene term voor gezondheidsklachten die ontstaan door warmte. Deze klachten kunnen variëren van vermoeidheid, concentratieverlies, hoofdpijn, duizeligheid, spierpijn, dorst, slecht slapen en overmatig zweten, tot hittekrampen, hitteflauwte, en hitteberoerte. Door extreme hittestress kunnen mensen ook komen te overlijden. Hitte vormt voor bepaalde groepen een groter risico. Oudere mensen vormen de grootste kwetsbare groep. Andere groepen die last kunnen krijgen zijn kinderen of jongeren, mensen met een beperking, mensen die ziek zijn, medicijnen gebruiken of overgewicht hebben, zwangere vrouwen, buitenwerkers, sporters, evenementbezoekers, daklozen en reizigers. Als we bij de inrichting van onze buitenruimte rekening houden met de gevoelstemperatuur, kunnen we de kans op hittestress verkleinen.

[40] Integrale Circulaire Economie Rapportage, 2023

Hitte heeft negatieve gevolgen voor veel verschillende thema's binnen het leefgebied. Zo leidt hitte tot schade aan de natuur, verhoogt hitte het risico op vermindering van de mentale en fysieke gezondheid en verhoogt het de druk op de buitenruimte. Ook is er een grote kans op verslechtering van de kwaliteit van oppervlaktewater en een toename van ziekteverwekkers in het zwemwater. Voor deze beoordeling is gekozen voor de gevolgen voor gezondheid. Hitte verhoogt het risico op vermindering van zowel mentale als fysieke gezondheid. Tijdens hittegolven ligt het aantal vroegtijdige overlijdens vaak hoger. Voornamelijk hoge nachtelijke temperaturen hebben een duidelijk effect op de gezondheid, het lichaam komt daardoor minder tot rust en kan minder goed herstellen. De gevoelstemperatuur die ervaren wordt heeft sterk invloed op het comfort en de mentale gesteldheid van inwoners.
Bron: OER Omgevingsvisie 2.0 Eindhoven

12.2 Effect op hittestress

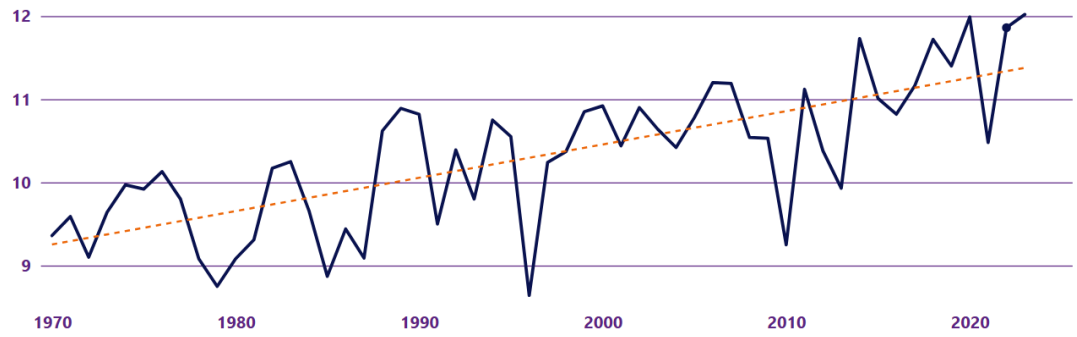
12.2.1 Toelichting

De verschillende technieken voor de invulling van de warmtevraag, kunnen zorgen voor een verandering van de omgevingstemperatuur en daarmee de gevoelstemperatuur. De mate van hittestress wordt bepaald door de gevoelstemperatuur. In onderstaande paragrafen gaan wij in op de huidige situatie en op de autonome ontwikkeling van de omgevings- en gevoelstemperatuur.

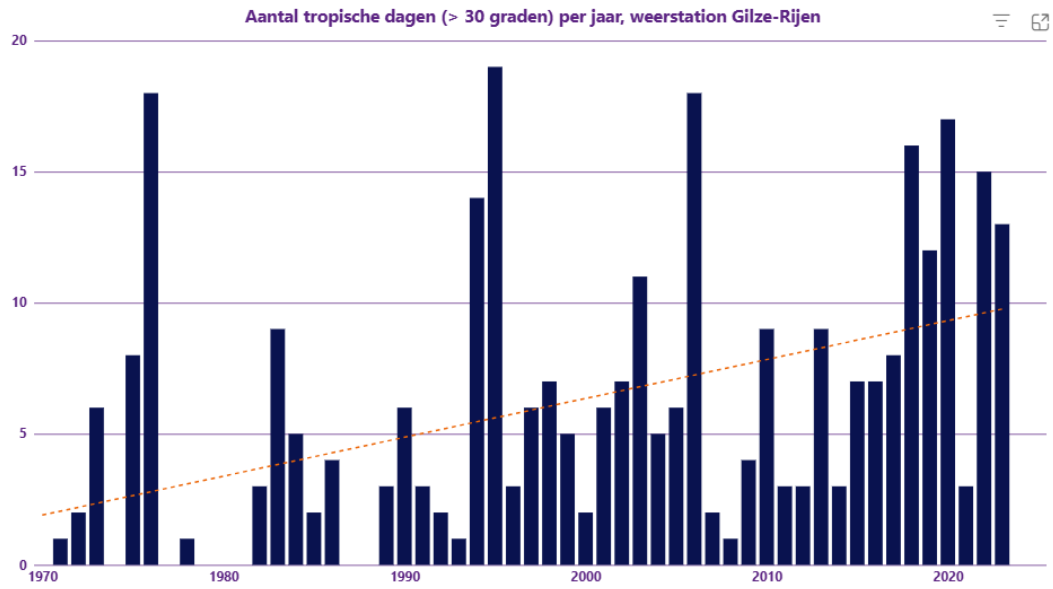
12.2.2 Huidige situatie

Omgevingstemperatuur

De omgevingstemperatuur verwijst naar de temperatuur van de lucht om een object of persoon heen. Buiten komt dat overeen met de huidige luchttemperatuur op die locatie. Door klimaatverandering wordt het steeds warmer in Nederland. Figuur 12.1 laat zien dat de gemiddelde jaartemperatuur stijgt in Brabant. De gemiddelde zomertemperatuur in Eindhoven is rond de 17,9 graden Celsius. Gemiddeld zijn er 9 tropische dagen per jaar. Dat zijn dagen waarop het minstens 30 graden is.



Figuur 12.1 Gemiddelde jaartemperatuur (in graden Celsius) gemeten bij weerstation Gilze-Rijen (Klimaatportaal Noord-Brabant, data; KNMI)



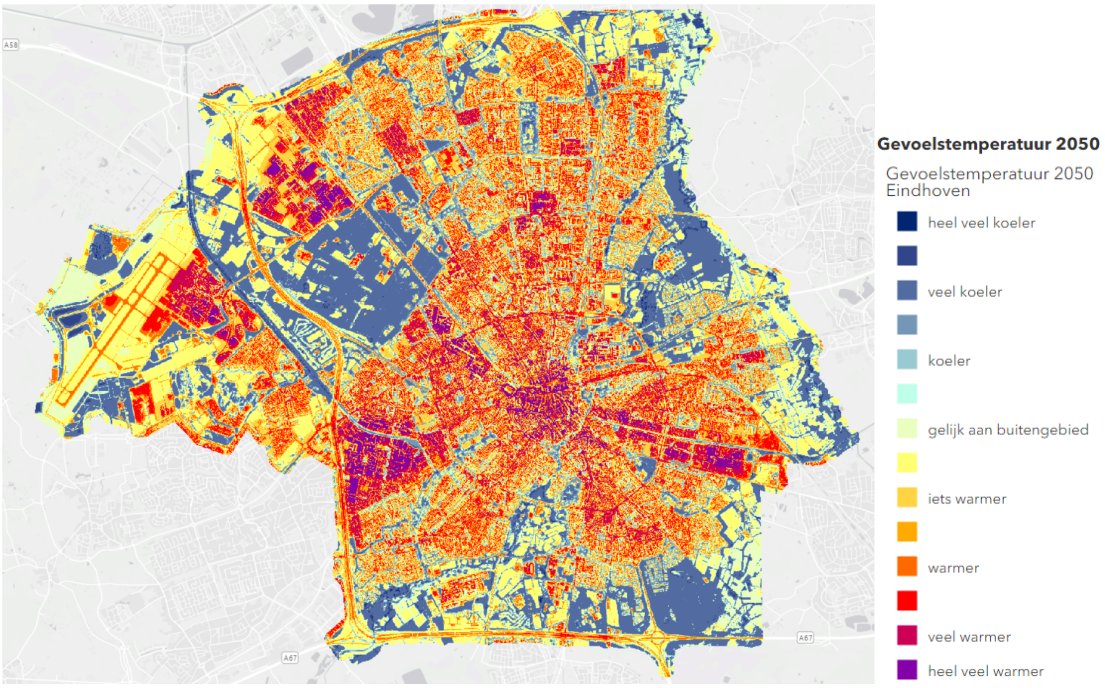
Figuur 12.2 Aantal tropische dagen bij weerstation Gilze-Rijen (Klimaatportaal Noord-Brabant, data: KNMI)

Gevoelstemperatuur

De gevoelstemperatuur is iets anders dan de luchttemperatuur (omgevingstemperatuur). De luchttemperatuur geeft aan hoe warm de lucht is. De gevoelstemperatuur is een maat voor de temperatuur die een persoon ervaart in een bepaalde weersituatie. De inrichting van de buitenruimte bepaalt daarom sterk de gevoelstemperatuur. In de schaduw van bomen of gebouwen is de gevoelstemperatuur over het algemeen lager dan op een versteend plein in de volle zon. Een hoge gevoelstemperatuur kan onaangenaam zijn of tot gezondheidsproblemen leiden.

De Gevoelstemperatuurkaart laat op iedere plek in Nederland de gevoelstemperatuur voor een tropisch warme zomermiddag zien. De gevoelstemperatuur is berekend met de indicator PET. Deze afkorting staat voor Physiological Equivalent Temperature (fysiologisch equivalente temperatuur). De PET wordt bepaald door de luchttemperatuur, windsnelheid, luchtvochtigheid, directe of gereflecteerde zonnestraling, en warmtestraling van de omgeving. Deze meteorologische factoren verschillen per locatie en worden bepaald door de inrichting van de buitenruimte.

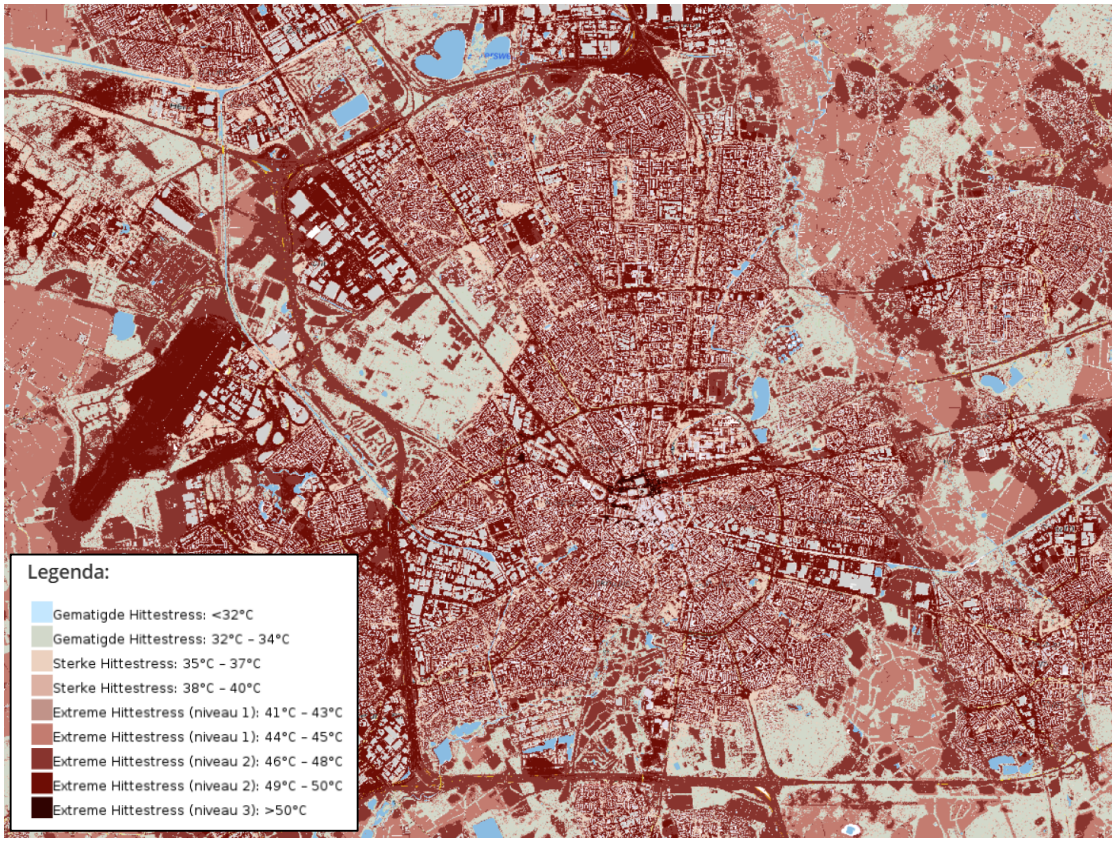
De gevoelstemperatuur geeft weer welke relatieve temperatuur mensen ervaren. Het hittestressmodel in figuur 12.3 geeft een voorspelling van de lokale luchttemperatuur op ongeveer 1,5 m boven de grond rond 15.00 uur op een hete middag tijdens een fictieve hittegolf. De kaarten tonen de lokale temperatuur met een kwalitatieve schaal. Het gaat dus niet om absolute temperaturen, maar om de verschillen tussen straten en wijken in beeld te brengen. De intensiteit van verhard oppervlak is dermate hoog, dat de warmte als het ware blijft hangen in en rondom de bebouwing.



Figuur 12.3 Gevoelstemperatuur in 2014 (bron: Klimaatatlas van Eindhoven)

De gevoelstemperatuurkaart uit figuur 12.4, geeft de gevoelstemperatuur per locatie weer met daaraan gekoppeld de mate van hittestress. In deze analyse is de gevoelstemperatuur berekend voor de periode tussen 12:00 en 18:00. Voor de berekening is 1 juli 2015 gekozen als representatieve tropische dag (RIVM, 2019). Op deze dag werd, in De Bilt, een maximumtemperatuur van 33,1 graden Celsius gemeten. De KNMI'23-klimaatscenario's laten zien dat deze tropische temperatuurwaarde in het huidige klimaat (1991-2020) voorkomt met een herhalingstijd van gemiddeld ongeveer eens in de 2 jaar voor het binnenland van Nederland. Vlak aan de kust is de herhalingstijd langer, ongeveer eens in de 5 tot 8 jaar.

Op de kaart is te zien dat de locaties met veel verhard oppervlak oplichten. De gemeente Eindhoven is een sterk verstedelijkt gebied, waardoor er voor het grootste deel van de gemeente (voornamelijk in het centrum, maar ook in de andere wijken) sprake is van een stedelijk hitte-eiland effect. Dat is het gemiddelde luchttemperatuurverschil tussen de stedelijke en omliggende landelijke gebieden. Dit effect is het sterkst 's nachts. Aspecten die hierbij van belang zijn, zijn bevolkingsdichtheid, windsnelheid, hoeveelheid groen, blauw en verharding. Daarnaast zie je ook dat sterk versteende gebieden als Eindhoven airport, de bedrijventerreinen Flight Forum, Mispelhoef, Ekkersrijt en de Kade en het stationsgebied oplichten.

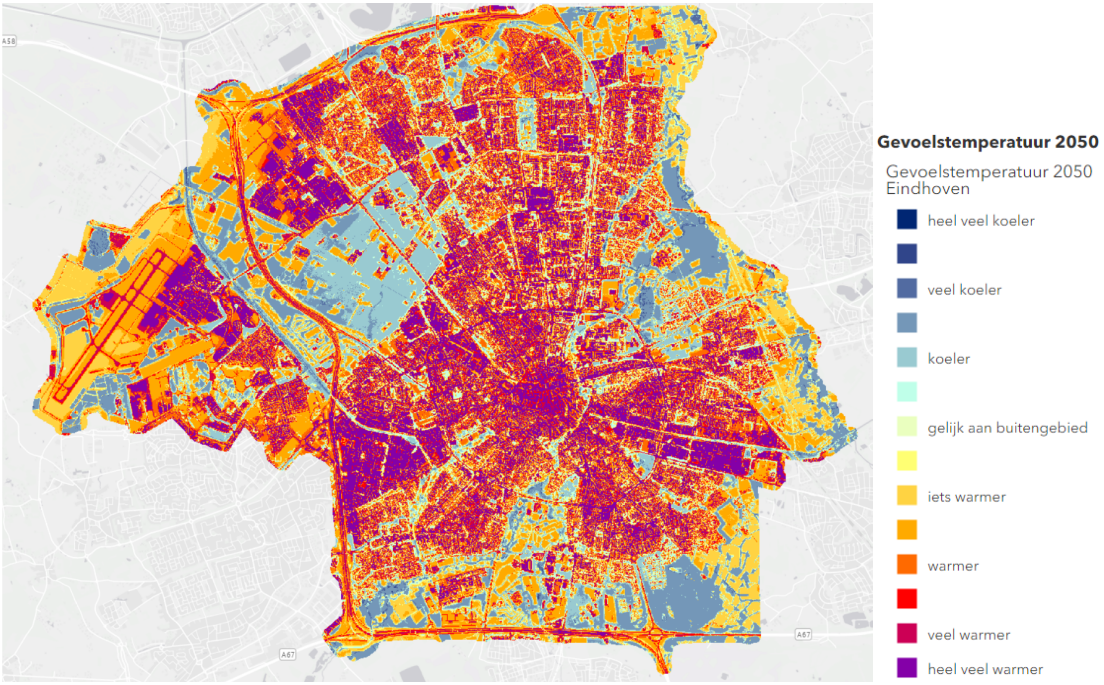


Figuur 12.4 Gevoelstemperatuur en mate van hittestress 2022 (bron: Klimaateffectatlas)

12.2.3 Autonome ontwikkeling

Door de klimaatverandering zal er sprake zijn van een verdere stijging van de gemiddelde jaartemperatuur en toenemende hitte in termen van langere aaneengesloten warme periodes. Daar is sprake van in alle scenario's van het KNMI. Op basis van het hoogste klimaatscenario (hoge uitstoot, droger klimaat) neemt de gemiddelde zomertemperatuur toe tot 20,2 graden celsius in 2050. Het aantal tropische dagen stijgt tot 21 dagen per jaar.

De toename van de omgevingstemperatuur is van invloed op de gevoelstemperatuur (figuur 12.5). Voor grote dele van de stad nemen de temperaturen toe. In de toekomst zal een gevoelstemperatuur van 33,1 °C vaker voorkomen. In 2050 kunnen we onder het hoogste klimaatscenario deze temperatuur in het binnenland bijna elk jaar verwachten.



Figuur 12.5 Gevoelstemperatuur in 2050 op basis van de openbare ruimte in 2014 (bron: Klimaatatlas van Eindhoven)

De bandbreedte van hitteoverlast zal bepaald worden door enerzijds de ontwikkeling van verhard oppervlak voor woon-, leef- en werkmilieu en anderzijds het behoud en de ontwikkeling van groen oppervlak voor recreatie, milieu en natuur. Er is groenbeleid, onder meer om de stad te vergroenen en te ontstenen. Ook is de bedoeling dat er koelteplekken in de stad zijn.