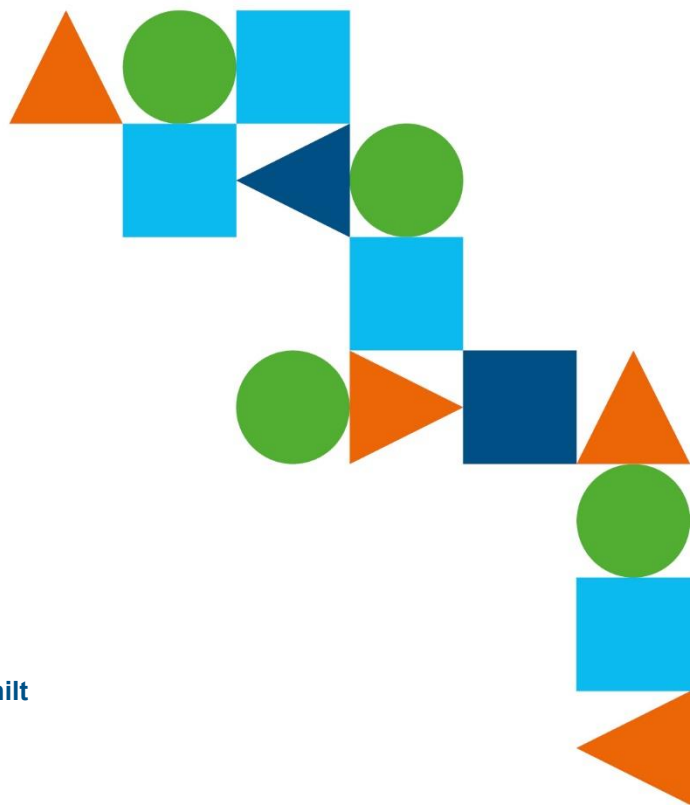


Energieconceptenstudie Laarkwartier

Gemeente Arnhem



Datum	11 april 2025
Projectnummer	3870
Status	Definitief
Auteur(s)	Joas Vandiest, Anko Smit en Ronald Schilt

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
1 Inleiding	4
1.1 Aanleiding en doel	4
1.2 Aanpak	4
2 Uitgangspunten en beleid	6
2.1 Projectuitgangspunten	6
2.2 Landelijk beleid	11
2.3 Lokaal energiebeleid	12
3 Verkenning en selectie varianten	13
3.1 Afwegingskader	13
3.2 Principe kansrijke varianten	14
4 Technische uitwerking varianten	17
4.1 Technische analyse	17
4.2 Energieverbruik en duurzaamheid	17
4.3 Ruimtebeslag	18
4.4 Haalbaarheid energie-ambitie	21
5 Financiële analyse	23
5.1 Aanpak	23
5.2 Business case	23
6 Netbewust ontwerpen	24
6.1 Principes netbewust ontwerpen	24
6.2 Implicaties netcongestie Laarkwartier	26
7 Organisatorische consequenties en contractuele aandachtspunten	29
7.1 Uitvragen duurzaamheidsambities	29
7.2 Fasering en exploitatiemodel warmte- en koudevoorziening	29
8 Conclusies en aanbevelingen	31
8.1 Conclusies	31
8.2 Aanbevelingen	33
Bijlage 1 – Uitgangspunten warmte- en koude	34
Bijlage 2 – Uitgangspunten technische uitwerking	35
Bijlage 3 – Uitgangspunten financiële uitwerking	36
Bijlage 4 – Investerings- en exploitatiekostenramingen	39

Samenvatting

In het Laarkwartier, een gebied rond het station Arnhem-Zuid, zijn er plannen voor de ontwikkeling van circa 150 woningen en 700 m² detailhandel. Een deel van het gebied zal ontwikkeld worden door Portaal, terwijl de andere gebouwen worden aanbesteed aan projectontwikkelaars. De gemeente Arnhem heeft Merosch gevraagd om richting te geven aan een toekomstbestendig energiesysteem. Uit het onderzoek moet blijken wat de meest geschikte energieconcepten zijn voor het Laarkwartier, rekening houdend met de technische haalbaarheid, ruimtelijke inpassing, financiële haalbaarheid, netcongestie en contractuele consequenties.

Tijdens de verkenningsfase van het onderzoek is een brede inventarisatie uitgevoerd van mogelijke warmte- en koudeconcepten. Op basis van een kwalitatief afwegingskader, waarbij duurzaamheid, betaalbaarheid, ruimtelijke impact en organisatorische complexiteit zijn meegenomen, zijn de volgende vier kansrijke concepten geselecteerd:

1. Warmtepomp op blokniveau met bodemenergiesysteem;
2. Warmtepomp op gebiedsniveau met bodemenergiesysteem;
3. Aansluiting op warmtenet
4. Aansluiting op warmtenet via retourleiding.

Conclusies

Tijdens de verdiepingsfase zijn de kansrijke concepten kwantitatief uitgewerkt. Hieruit zijn de volgende conclusies getrokken:

- Voor het concept met warmtepompen op blokniveau geldt een hogere gelijktijdigheid van de warmtevraag door het kleinere aantal woningen per systeem. Hierdoor moeten de warmtepompen relatief groot gedimensioneerd worden en vallen de bijdrage aansluitkosten hoger uit dan bij een systeem op gebiedsniveau. Dit concept kent wel de laagste complexiteit aangezien er geen koppeling wordt gemaakt tussen de verschillende bouwblokken en de verschillende ontwikkelaars dus zelfstandig een systeem met bijbehorend exploitatiemodel kunnen realiseren;
- Het plaatsen van een warmtepomp op gebiedsniveau resulteert in de laagste bijdrage aansluitkosten voor ontwikkelaars. Het systeem scoort wel relatief slecht op het gebied van duurzaamheid en netbelasting. Daarnaast kent dit concept in vergelijking met een oplossing op blokniveau een hogere complexiteit door het realiseren van één systeem voor de verschillende bouwblokken en ontwikkelaars;
- Het warmtenet concept scoort relatief goed op het gebied van duurzaamheid, ruimtelijke impact, financiën en netbelasting. Wel gaat dit concept in tegen het gemeentelijk uitgangspunt dat nieuwbouw met lage-temperatuur (max 50 °C) verwarmd moet worden. Daarnaast is er bij dit concept een extra voorziening nodig voor het leveren van koeling en is er een afhankelijkheid van Vattenfall. In het perspectief van de Wet collectieve warmte is het denkbaar dat het warmtenet op termijn in publiek eigendom komt, maar er is nog geen zekerheid over de invulling hiervan. Een alternatief is om aan te sluiten op het warmtenet dat voorzien is in Elderveld-Noord mocht de realisatie daarvan aansluiten op de planning van het Laarkwartier;
- Het gebruik van de retourleiding van het stadswarmtenet geniet niet de voorkeur. Deze variant biedt op het gebied van duurzaamheid, financiën en ruimtelijke impact geen voordelen ten opzichte van het gebruik van de aanvoerleiding van het stadswarmtenet.

Verder is in dit onderzoek gekeken naar de implicaties van de netcongestieproblematiek voor de ontwikkeling van het Laarkwartier. Dit heeft de volgende inzichten opgeleverd:

- Netbewust ontwikkelen vraagt om het nemen van vraagreducerende maatregelen, efficiënte omzetting van de warmte- en koudevraag en het slim afstemmen van vraag en aanbod. Door het inzetten van batterijen en thermische buffers kan de netbelasting van de woningen verder worden verlaagd. Als laatste redmiddel kan gebruik worden gemaakt van lokale fossiele elektriciteitsproductie;
- Bij het verwarmen met warmtepompen op blok- of gebiedsniveau komt het benodigde gelijktijdige elektrische vermogen voor het Laarkwartier boven het door Liander gecommuniceerde richtgetal van 1 kW per woning. Bij de concepten met een warmtenetaansluiting (aanvoer of retour) is dit niet het geval;

- In de huidige situatie is het mogelijk om alle benodigde elektriciteitsaansluitingen te krijgen die nodig zijn voor de woningen en aanvullende voorzieningen in het Laarkwartier. Dit geldt ook voor collectieve warmte en koudevoorzieningen, zoals warmtepompen en WKO-systemen, voor woningen, die een grootverbruikersaansluiting vereisen. De netcongestiesituatie verandert echter snel, waardoor het denkbaar is dat er in de toekomst ook beperkingen voor kleinverbruikers gaan gelden. Mogelijk vraagt dit om extra maatregelen zoals het plaatsen van een batterij.

Aanbevelingen

Op basis van de uitkomsten van het onderzoek worden de volgende aanbevelingen gedaan voor de ontwikkeling van het Laarkwartier:

- Het realiseren van één systeem voor de verschillende bouwblokken past het best bij het Laarkwartier. Dit kan in de vorm van het concept op gebiedsniveau of door aansluitingen op het stadswarmtenet. Een aansluiting op het stadswarmtenet resulteert in lagere CO₂-uitstoot, kleinere ruimtelijke impact en lagere netbelasting. Bij het concept op gebiedsniveau zijn de kosten voor de ontwikkelaars lager;
- Voor de realisatie van één gedeeld systeem is voorafgaand aan de uitgifte van de eerste bouwvelden actief regie vanuit de gemeente vereist. Dit kan door een concessie te verlenen aan een exploitant om een collectief systeem te realiseren voor het Laarkwartier. Bij gronduitgifte kan vervolgens als eis worden opgenomen dat woningen worden aansloten op het gedeelde systeem;
- Blijf in nauw contact met de gemeente, landelijke en regionale netbeheerders. De netcongestiesituatie verandert snel, waardoor het denkbaar is dat er in de toekomst ook beperkingen voor woningbouw gaan gelden. Afhankelijk van de maatregelen die worden afgekondigd, is er voor de realisatie van de ontwikkeling mogelijk ruimte nodig voor bijvoorbeeld een batterij.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

In het Laarkwartier zijn plannen om circa 150 woningen en 700 m² detailhandel te realiseren. Dit project vloeit voort uit de 'Gebiedsvisie station Arnhem-Zuid', waarin het station één van de regionale knooppunten is waar de gemeente de ruimtelijke intensivering wil faciliteren.

Een toekomstbestendig energiesysteem en concrete oplossingen voor netcongestie vragen in dit project vroegtijdige aandacht en ruimtelijke reservering. De keuze voor een meer centraal of juist decentraal energiesysteem heeft niet alleen ruimtelijke impact, maar beïnvloedt ook de contractuele voorwaarden, de organisatorische structuur en de fasering van het project. De gemeente wil daarom al in deze planfase inzicht krijgen in de meest geschikte energieconcepten, inclusief de ruimtelijke consequenties en overige relevante aandachtspunten. Dit inzicht vormt de basis voor het vaststellen van realistische randvoorwaarden en het definiëren van vervolgstappen richting een duurzaam en haalbaar energieconcept, passend binnen de ruimtelijke, technische en financiële kaders van het project.

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te geven in de energieconcepten die – op basis van technische haalbaarheid en ruimtelijke inpassing – het beste aansluiten bij de beoogde ontwikkeling van het Laarkwartier. Daarbij wordt expliciet gekeken naar de mogelijkheden om de wijk netbewust te ontwikkelen, met aandacht voor netbelasting, flexibiliteit en sturing. Naast de technische en ruimtelijke aspecten worden ook financiële en contractuele consequenties in beeld gebracht. Deze studie biedt de gemeente Arnhem een onderbouwd afwegingskader voor het selecteren van het meest geschikte energieconcept, inclusief de ruimtelijke consequenties voor integratie in het stedenbouwkundig plan. Daarnaast vormt het onderzoek input voor de haalbare energieambities en de voorwaarden die bij de toekomstige gronduitgifte worden meegenomen.

1.2 Aanpak

De energieconceptenstudie voor het Laarkwartier is op de volgende manier benaderd en uitgevoerd:

1. Verkenning van energieconcepten

De studie is gestart met een brede inventarisatie van de meest voor de hand liggende energieconcepten om het gebied toekomstbestendig en duurzaam vorm te geven. Daarbij is rekening gehouden met de specifieke gebiedskenmerken en het geldende beleidskader. Op basis van een kwalitatieve analyse is onderbouwd welke warmte- en koudeconcepten het meest kansrijk zijn. Deze concepten zijn vervolgens schetsmatig uitgewerkt, waarbij we specifiek hebben gekeken naar de criteria duurzaamheid, ruimtelijke impact, betaalbaarheid en organisatorische complexiteit. Daarnaast is expliciet aandacht besteed aan de relatie tussen de verschillende energieconcepten en de mate waarin deze bijdragen aan netbewust ontwerpen, met het oog op de actuele netcongestieproblematiek. Daarbij zijn zowel structurele als tijdelijke maatregelen in beeld gebracht, zoals netbewust laden, inzet van batterijen, thermische buffers en noodvoorzieningen. De uitkomst van deze fase is een selectie van kansrijke energieconcepten die in de volgende fase verder zijn uitgewerkt.

2. Verdieping van energieconcepten

In de verdiepingsfase zijn de geselecteerde kansrijke concepten verder uitgewerkt. Daarbij zijn de technische, ruimtelijke en financiële consequenties waar mogelijk kwantitatief onderbouwd, op basis van kengetallen uit vergelijkbare projecten en onze eigen onderzoek- en ontwerptrajecten. Met het Merosch Netcongestie Model zijn de effecten van verschillende netcongestiemaatregelen, zoals thermische buffers en batterijen, doorgerekend. Dit heeft inzicht opgeleverd in de impact van deze maatregelen op het energiesysteem van het Laarkwartier.

3. Organisatie

Naast de technische verdieping is per kansrijk concept ook ingegaan op de organisatorische randvoorwaarden en contractuele aandachtspunten. Daarbij is specifiek gekeken naar de afstemming van energieambities en conceptkeuzes tussen de gemeente en de betrokken projectontwikkelaars.

De uitkomsten van de energieconceptenstudie zijn vervolgens vertaald naar concrete aandachtspunten voor de verdere uitwerking in het stedenbouwkundig plan en de voorwaarden voor de gronduitgifte.

2 Uitgangspunten en beleid

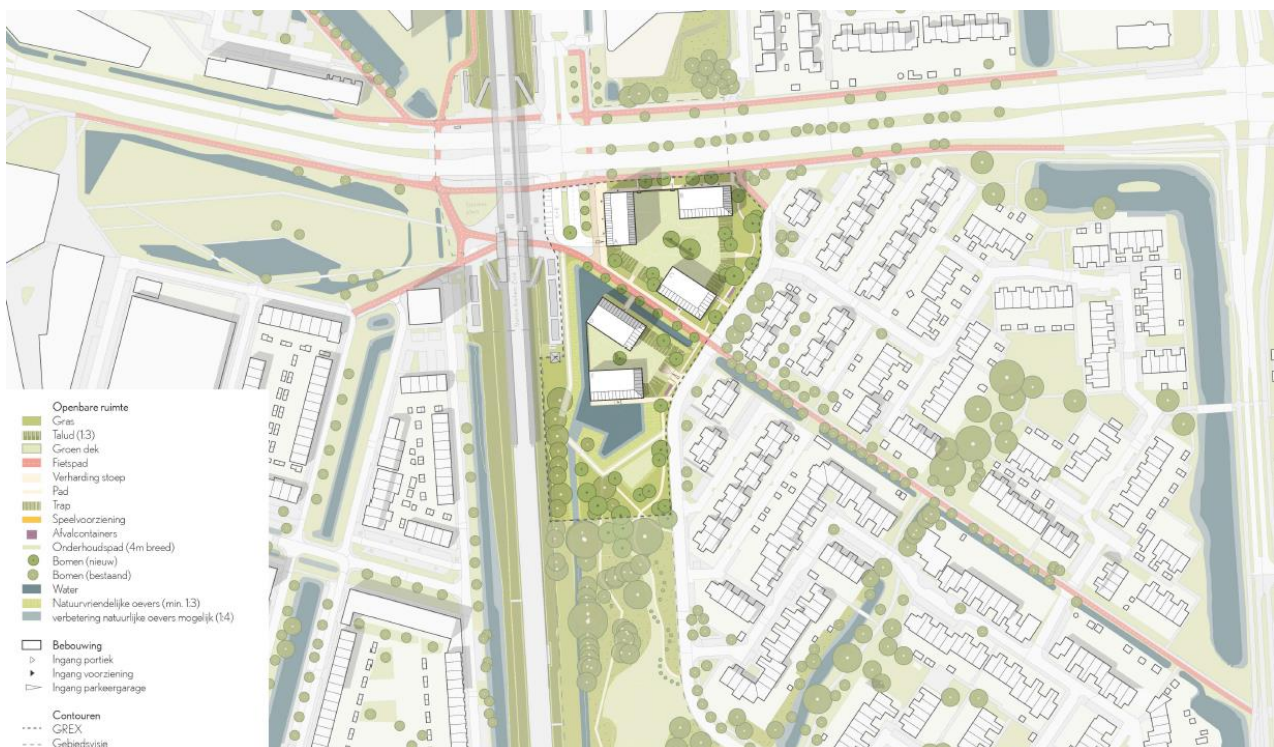
2.1 Projectuitgangspunten

2.1.1 Kenmerken en programma ontwikkeling

In de gebiedsvisie voor station Arnhem-Zuid zijn in eerste instantie drie scenario's onderzocht. Van deze scenario's is uitsluitend 'scenario Laarkwartier' verder uitgewerkt, inclusief een conceptueel stedenbouwkundig plan. De gebiedsontwikkeling bevindt zich tussen de wijken Elderveld-Zuid, De Laar-West en Schuytgraaf. Direct naast station Arnhem-Zuid ligt een groengebied waar de gemeente circa 150 nieuwe woningen wil realiseren (zie Figuur 2.1). De stedenbouwkundige proefverkaveling reserveert daarnaast circa 700 m² BVO (bruto vloeroppervlakte) voor voorzieningen, kantoorruimtes en/of dienstverlening.

Het plan is ruimtelijk opgedeeld in twee kwadranten: een noordelijk deel en een zuidelijk deel, gescheiden door de Kroonse Wal. De Kroonse Wal is een belangrijke fietsroute die doorloopt tot in het centrum van Schuytgraaf en fungeert als verbindende richting het station Arnhem-Zuid. Het is tevens een A-watergang, wat betekent dat hier permanent water staat en dat de watergang in verbinding staat met het grondwater. Het stedenbouwkundig concept bestaat uit vijf compacte woonblokken, los van elkaar geplaatst om ruimte en lucht te behouden tussen de volumes. Het parkeren wordt opgelost onder een verhoogd tuindek. Op dit moment is alle grond in eigendom van de gemeente Arnhem.

Figuur 2.1 - Plankaart gebiedsontwikkeling Laarkwartier (bron: gemeente Arnhem)



Het programma van de nieuwbouwontwikkeling is weergegeven in Figuur 2.2 en kent de volgende fasering. Door de separate ontwikkeling van de Kroonse Wal wordt een deel van het ontwikkelingsplan toegewezen aan woningcorporatie Portaal. Dit betreft de drie meest noordelijke gebouwen (aangeduid in groen en oranje). De huidige planning voorziet in een start van de realisatie van deze gebouwen in 2027.

De onderste twee gebouwen (aangeduid in blauw) worden naar verwachting in 2026 aanbesteed aan projectontwikkelaars, met een geplande realisatie in 2028.

Figuur 2.2 - Programma fasering Laarkwartier



Tabel 2.1 geeft een overzicht van het aantal woningen en de gebruiksoppervlakte (GBO) per woningtype. In totaal omvat het plan 152 woningen. Ongeveer de helft hiervan is bestemd voor sociale huur. De overige woningen worden verdeeld over betaalbare koopwoningen en woningen in de vrije sector.

Tabel 2.1 - Woonprogramma Laarkwartier (bron: gemeente Arnhem)

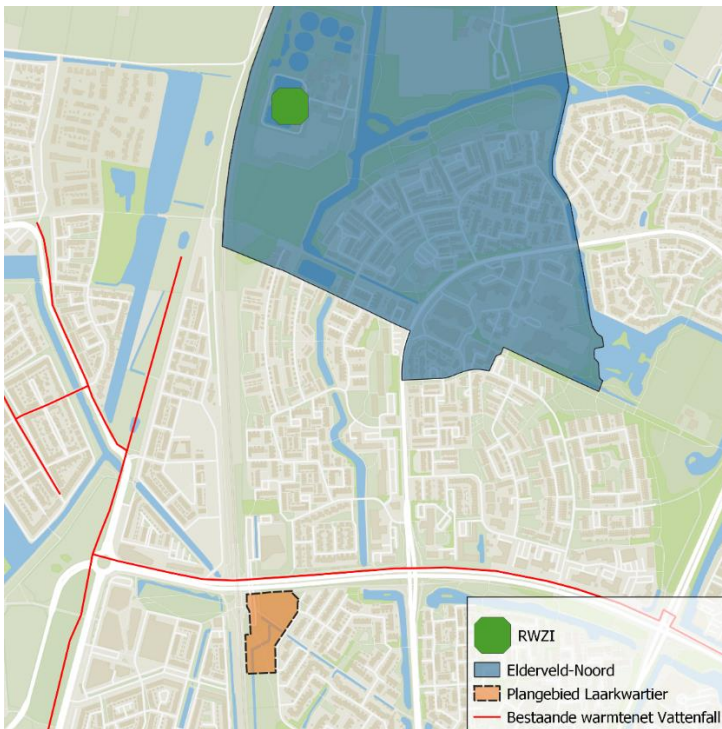
	Aantal	%	BVO	GBO	Start bouw
Sociale huur	75	50	70-75 m ²	ca. 65 m ²	2027
Betaalbaar	32	20	70-75 m ²	ca. 65 m ²	2027
Vrije sector	45	30	90-100 m ²	ca. 85 m ²	2028

2.1.2 Warmtenetten in omgeving

Zoals weergegeven in Figuur 2.3 ligt er momenteel een bestaand warmtenet aan de Metamorfosenallee, direct ten noorden van de ontwikkelingslocatie. Dit warmtenet is eigendom van Vattenfall en wordt voornamelijk gevoed door de afvalenergiecentrale van AVR in Duiven. Het betreft een midden-temperatuur warmtenet met een aanvoertemperatuur van 70 °C en een retourtemperatuur van 40 °C.

De gemeente Arnhem onderzoekt daarnaast de mogelijkheden voor de realisatie van een nieuw warmtenet in Elderveld-Noord. Dit warmtenet zou gebruikmaken van warmte uit het zuiveringsproces van de rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). De haalbaarheid en fasering van dit warmtenet zijn nog onzeker en afhankelijk van diverse factoren. Volgens de huidige planning zou het eerste deel van dit warmtenet in 2026 in gebruik kunnen worden genomen. Parallel hieraan lopen gesprekken over een mogelijke koppeling met een ander nieuwbouwproject aan de Wassenaarseweg. Door de nieuwbouwontwikkelingen in samenhang te ontwikkelen, kunnen deze mogelijk fungeren als startmotor voor het warmtenet. Een mogelijke tracé-optie is een transportleiding over de Hollandweg naar de nieuwbouwlocatie, met de mogelijkheid om op termijn ook bestaande bouw aan te sluiten.

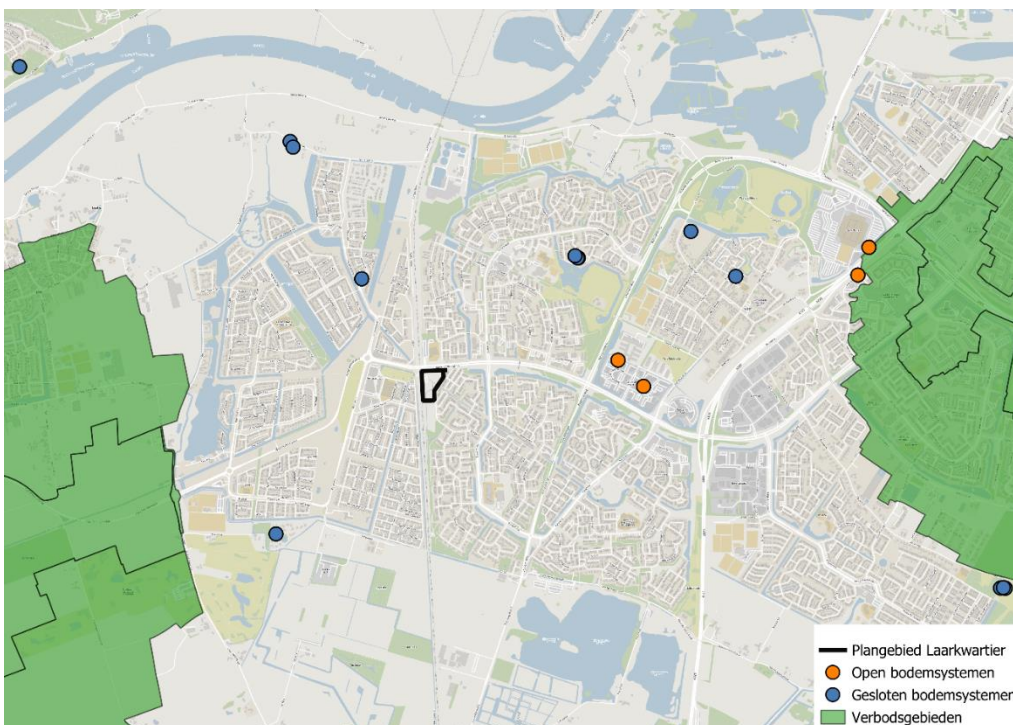
Figuur 2.3 - Overzicht bestaand en (eventueel) toekomstig warmtenetten



2.1.3 Verbodsgebied bodemenergiesystemen

Figuur 2.4 toont dat er op en rond het plangebied geen verbodsgebieden zijn vastgesteld. In de directe omgeving van het Laarkwartier bevinden zich enkele open en gesloten bodemenergiesystemen. Op basis van de beschikbare informatie worden er geen belemmeringen verwacht voor de realisatie van nieuwe bodemenergiesystemen binnen het plangebied.

Figuur 2.4 – Overzicht bestaande bodem energiesystemen en/of restrictiegebieden rondom plangebied

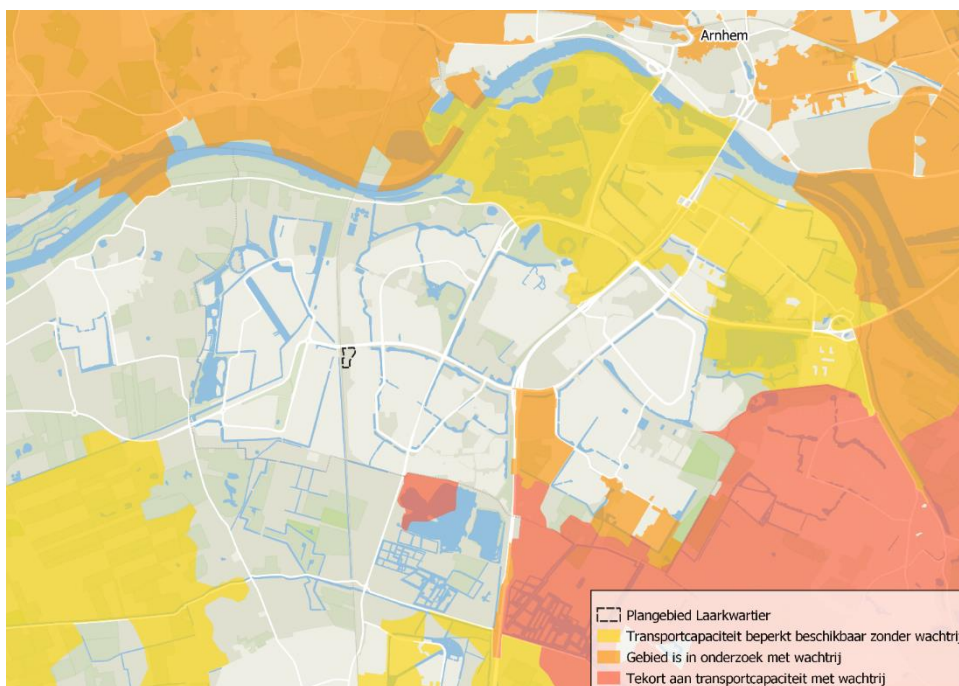


2.1.4 Situatie netcongestie

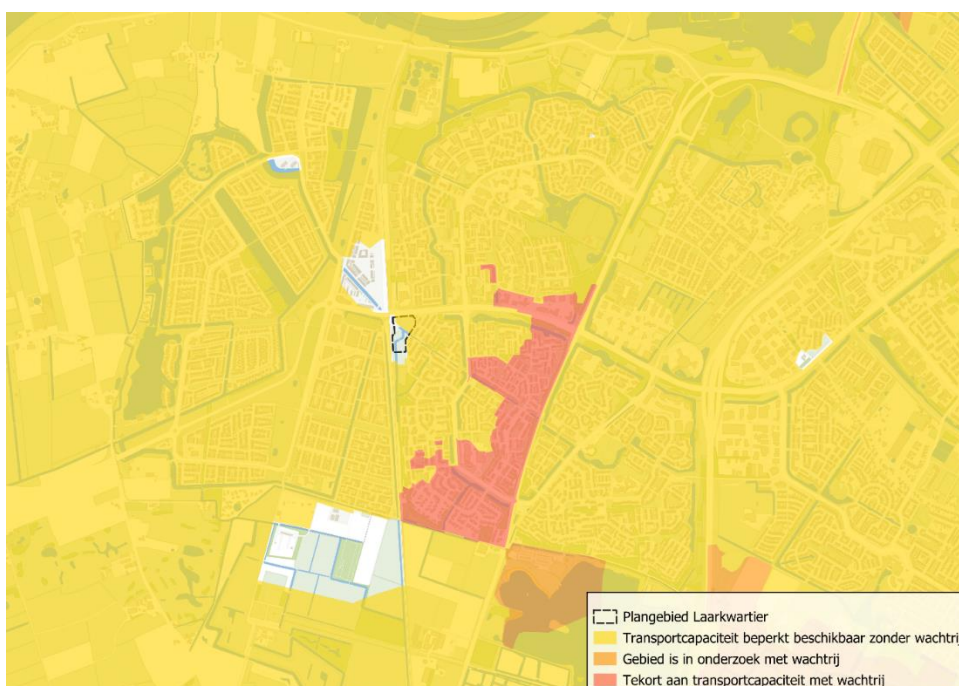
De gemeente Arnhem valt binnen het verzorgingsgebied van regionale netbeheerder Liander. De huidige netcongestiesituatie rond station Arnhem-Zuid en het plangebied van het Laarkwartier is geanalyseerd op basis van de Capaciteitskaart van Netbeheer Nederland.

Zoals weergegeven in Figuur 2.4 is er op dit moment door Liander geen afnamecongestie afgekondigd in het gebied. Voor afname is er voldoende transportcapaciteit beschikbaar en gelden er geen beperkingen voor zowel klein- als grootverbruikers. Voor invoeding (Figuur 2.5) geldt dat een deel van het bouwveld, met name de noordelijke gebouwen, te maken heeft met beperkte transportcapaciteit. Dit heeft op dit moment geen directe consequenties.

Figuur 2.4 - Capaciteitskaart regionale voor afname netbeheerder (bron: Capaciteitskaart Netbeheer Nederland, d.d. februari 2025)

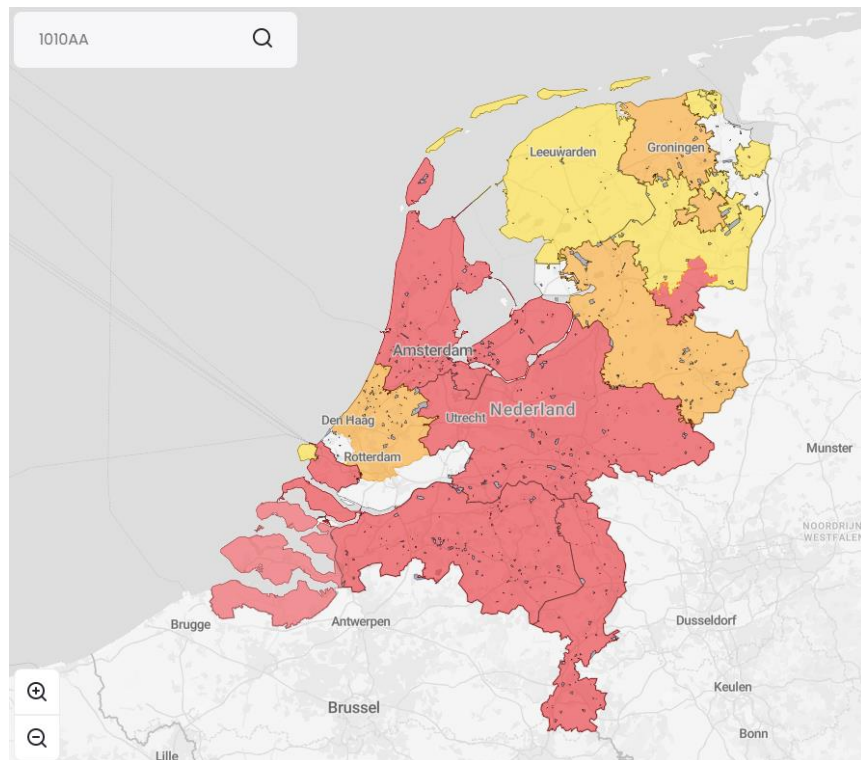


Figuur 2.5 - Capaciteitskaart regionale voor invoeding netbeheerder (bron: Capaciteitskaart Netbeheer Nederland, d.d. februari 2025)

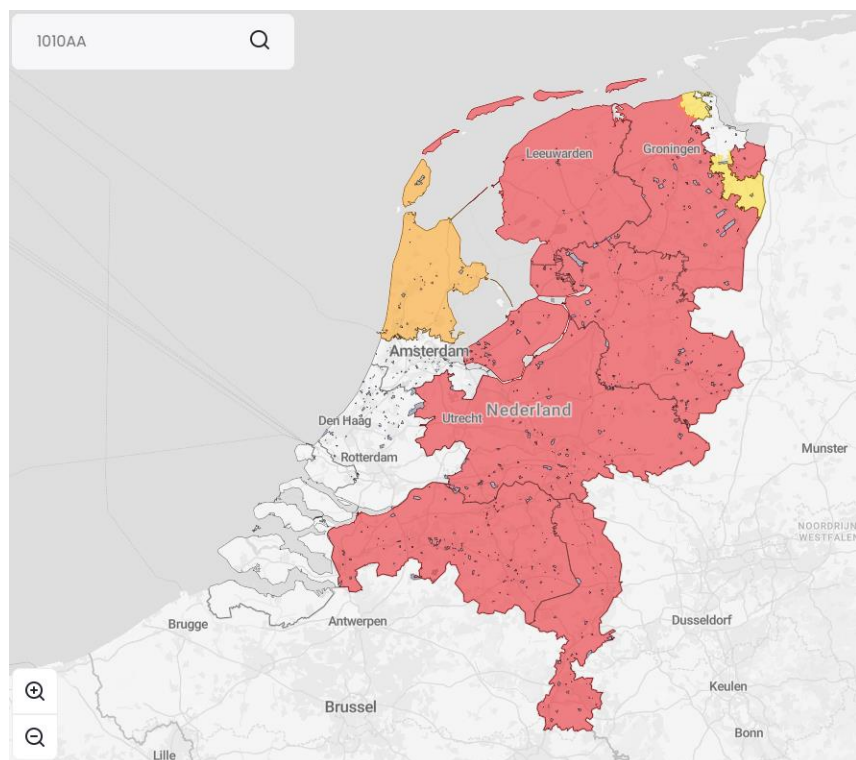


Naast de situatie op het midden- en laagspanningsnet van Liander, is er ook gekeken naar de situatie op het hoogspanningsnet van Tennet. Zoals weergegeven in de onderstaande figuren, is er netcongestie afgekondigd voor het voedingsgebied Flevopolder, Utrecht en Gelderland. Dit betekent dat er een tekort aan transportcapaciteit is voor zowel afname als invoeding. Grootverbruikers kunnen als gevolg hiervan geen nieuwe of zwaardere aansluiting aanvragen.

Figuur 2.6 - Capaciteitskaart nationale netbeheerder afname (bron: Capaciteitskaart Netbeheer Nederland, d.d. 5 maart 2025)



Figuur 2.7 - Capaciteitskaart nationale netbeheerder invoeding (bron: Capaciteitskaart Netbeheer Nederland, d.d. 5 maart 2025)



Uit een gesprek met de interne coördinator netcongestie van de gemeente Arnhem blijkt dat er volgens de huidige planning in 2031 weer capaciteit vanuit het hoogspanningsnet van Tennet beschikbaar is. Tot die tijd krijgen grootverbruikers geen aansluiting toegewezen. Voor voorzieningen ten behoeve van het verwarmen van woningen geldt een uitzondering, waardoor er voor bijvoorbeeld een collectieve warmtepomp wel een aansluiting kan worden verkregen. Voor kleinverbruikers gelden momenteel geen beperkingen. Hierdoor kunnen de woningen en de aanvullende voorzieningen in het Laarkwartier, die allemaal onder een kleinverbruikersaansluiting vallen, momenteel nog aangesloten worden. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat de situatie op het elektriciteitsnet snel verandert, waardoor het denkbaar is dat er in de komende jaren ook beperkingen voor kleinverbruikers gaan gelden.

Netbeheerder Liander heeft in de prognosemodellen capaciteit op het net gereserveerd voor nieuwbouwwontwikkelingen. Dit biedt echter geen zekerheden voor de ontwikkeling van het Laarkwartier, aangezien de capaciteit ook door andere ontwikkelingen kan worden ingenomen. Daarnaast heeft Liander een richtgetal van 1 kW gelijktijdig vermogen per woning gecommuniceerd. Dit richtgetal heeft momenteel geen bindend karakter, maar geeft wel een indicatie van het vermogen dat hoort bij de ontwikkeling van netbewuste nieuwbouw.

2.2 Landelijk beleid

2.2.1 BENG (NTA 8800)

De energieprestatie-eisen voor (nieuwe) gebouwen in Nederland worden gemeten met de BENG (afkorting voor Bijna EnergieNeutrale Gebouwen). Deze eisen komen voort uit het Energieakkoord voor duurzame groei en uit de Europese Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) van de Europese Unie. Per 1 januari 2021 moeten alle vergunningsaanvragen voor nieuwbouw voldoen aan de gestelde energieprestatie-eisen van de BENG, volgens de bepalingmethode NTA 8800. Voor nieuwe woningen is daar een vierde indicator aan toegevoegd, namelijk de TO-juli. Deze indicator geeft aan in welke mate er sprake is van (over)verhitting van de woning in met name de zomermaanden.

2.2.2 Wet “Voortgang energietransitie”

Wat betreft de warmtevoorziening zal de gebiedsontwikkeling Laarkwartier conform het landelijk beleid, niet worden aangesloten op het aardgasnet. In 2018 is de Wet ‘Voortgang Energietransitie’ (Wet VET) in werking getreden. Hierin is bepaald dat de aansluitplicht van nieuwbouw op het gasnet uit de Gaswet verdwijnt. Omdat een netbeheerder geen andere werkzaamheden mag verrichten dan nodig is voor uitvoering van zijn wettelijke taak, komt dit neer op een verbod voor het aansluiten van nieuwbouw op het gasnet.

2.2.3 Wet Collectieve Warmte

Het conceptwetsvoorstel Wet Collectieve Warmtevoorziening heeft tot doel de groei en verduurzaming van collectieve warmtesystemen in de gebouwde omgeving te faciliteren en zal de huidige Warmtewet vervangen. De beoogde inwerkingtreding van de Wcw is 1 januari 2026.

De belangrijkste wijzigingen in het wetsvoorstel zijn de volgende:

1. *Het publiek meerderheidsbelang in een warmtebedrijf is verankerd in het wetsvoorstel:* Publieke partijen zullen doorslaggevende zeggenschap hebben over de infrastructuur en het beleid van een warmtebedrijf.
2. *De rol van publieke infrastructuurbedrijven is verruimd door aanpassing van het groepsverbod:* Onder strikte condities zullen infrastructuurbedrijven als (onderdeel van een) warmtebedrijf warmte mogen produceren en leveren, waar infrastructuurbedrijven binnen de huidige wetgeving beperkt zijn in nevenactiviteiten als opgenomen in Gaswet en de Elektriciteitswet 1998.
3. *De ruimte voor warmtegemeenschappen is verduidelijkt in de wet:* Hernieuwbare energiegemeenschappen behouden het recht op autonomie en krijgen toegang tot geschikte energiemarkten. Warmtegemeenschappen met minder dan 1.500 aansluitingen vallen onder de regels voor kleine collectieve warmtesystemen en eisen geen publiek meerderheidsbelang.
4. *Het wetsvoorstel bevat een ingroeiperiode waardoor er ruimte ontstaat om publieke realisatiekracht op te bouwen:* Een ingroeiperiode van 7 jaar is voorgesteld om voldoende publieke realisatiekracht beschikbaar te kunnen stellen om de warmtetransitie te continueren.

5. *Het overgangsrecht is toegespitst op de transitie van overwegend private warmtebedrijven naar warmtebedrijven met een publiek meerderheidsbelang:* Er wordt uitgegaan van een overgangsrecht met uitgestelde werking. Hieraan is toegevoegd dat warmtekavels verplicht worden samengevoegd en de overgangstermijn aansluit bij recente en/of lopende investeringen.
6. *De opt-out regeling in relatie met de bevoegdheden van een gemeente uit hoofde van de Omgevingswet en de Wet gemeentelijke instrumenten warmtetransitie (Wgiw):* De gemeente krijgt bevoegdheid aangewezen 1) op termijn het gebruik van fossiele brandstoffen in een gebied te beëindigen, en 2) levering van warmte door middel van een collectieve warmtevoorziening in een door de gemeente vastgestelde warmtekavel aanwijzen. Een warmtebedrijf dient dan een aanbod voor aansluiting op de collectieve warmtevoorziening doen, inclusief opt-out regeling voor gebouweigenaren die bij opt-out verplicht zijn zelf voor een alternatief te zorgen.

2.3 Lokaal energiebeleid

In de uitvraag advies 'Toekomstbestendig energieconcept gebiedsontwikkeling Laarkwartier' zijn de drie primaire doelen vanuit de gemeente benoemd;

1. Minder energie verbruiken
2. Meer duurzaam opwekken
3. Oplossingen netcongestie en toekomstbestendig lokaal energienetwerk

In de Transitievisie Warmte (TVW) van de gemeente Arnhem staat beschreven dat nieuwbouw niet meer op een midden-temperatuurwarmtenet wordt aangesloten en met lage-temperatuur (50 °C) verwarmd moet worden. In de praktijk wordt hier echter in bepaalde gevallen van afgeweken. Na vaststelling van de TVW zijn meerdere nieuwbouwontwikkelingen aangesloten op het midden-temperatuurwarmtenet van Vattenfall.

In de uitvraag "Toekomstbestendig energieconcept gebiedsontwikkeling Laarkwartier" wordt daarnaast vermeld dat het uitgangspunt is om de warmte- en koudevraag zoveel mogelijk te beperken. Voor de warmtevraag moeten de principes van passief bouwen worden gevolgd. De koudevraag dient minimaal elektrisch te worden opgelost, met maximaal gebruik van lokaal beschikbare koudebronnen.

Op het gebied van energieopwekking is het uitgangspunt om zoveel mogelijk energie lokaal te produceren met PV- en/of PVT-panelen. Tijdens de maanden april, mei en september wordt alle benodigde energie lokaal opgewekt. In juli en augustus wordt het overschot aan elektriciteit opgeslagen, terwijl in de overige maanden de lokaal opgewekte energie maximaal wordt benut. Het resterende energieverbruik wordt aangevuld vanuit het elektriciteitsnet.

3 Verkenning en selectie varianten

3.1 Afwegingskader

Tijdens de verkenningfase zijn de mogelijke warmte- en koudeconcepten voor het Laarkwartier uiteengezet. Op basis van het onderstaande afwegingskader, waarin de voor- en nadelen van de mogelijke concepten zijn samengevat, is in samenspraak met de gemeente Arnhem besloten om de volgende concepten verder uit te werken in de verdiepingfase van het onderzoek:

1. Bodemenergiesysteem op blokniveau;
2. Bodemenergiesysteem op gebiedsniveau;
3. Aansluiting op warmtenet;
4. Aansluiting op warmtenet via retourleiding.

Onder de tabel wordt toegelicht waarom de overige concepten zijn afgefallen. In paragraaf 3.2 worden de principes van de geselecteerde concepten toegelicht.

Tabel 3.1 – Afwegingskader uit verkenningfase

	Gebouwniveau			Blokkniveau			Gebiedsniveau			Aansluiting op warmtenet	
	Bodem	Lucht	Combinatie met SWA	Bodem	Lucht	Combinatie met SWA	Bodem	Lucht	Combinatie met SWA	Aanvoer	Retour
Duurzaamheid											
Energieverbruik	+++	+	++	++	-	+	++	-	+	++	++
Betaalbaarheid											
Gebouweigenaar	+	++	--	+	++	--	+	++	--	+	-
Eindgebruikers	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Ruimtebeslag											
Inpandig	--	--	---	+	+	-	++	++	+	+++	+
Flexibiliteit											
Fasering	+++	+++	+	++	++	-	-	-	-	-	-
Toekomstbestendigheid											
Koeling	+++	++	++	+++	++	++	+++	++	++	---	---
Netbelasting											
Piekvraag uit net	++	-	++	+	--	+	+	---	+	+++	+++

Oplossing op gebouwniveau

Bij appartementsgebouwen is het vanuit ruimtelijke overwegingen niet wenselijk om per woning individuele installaties te plaatsen. Ook een oplossing op gebouwniveau, waar per appartementsgebouw één warmtepomp wordt geplaatst, is niet optimaal voor het Laarkwartier. Dit komt doordat de appartementsgebouwen relatief dicht op elkaar staan. Hierdoor kan de warmtevoorziening voor verschillende gebouwen gecombineerd worden. Dit scheelt in de ruimtebehoefte, aangezien er niet voor elk gebouw een aparte technische ruimte gerealiseerd hoeft te worden. Daarnaast vallen de investeringskosten lager uit door de betere schaalgrootte van de warmte- en koudevoorziening.

Warmtebronkeuze

Voor de warmteopwekking zijn bodemenergie en lucht als bron vergeleken. Bodemenergiesystemen genieten vanwege het lagere energieverbruik, lagere energielasten en de lagere belasting op het elektriciteitsnet de voorkeur.

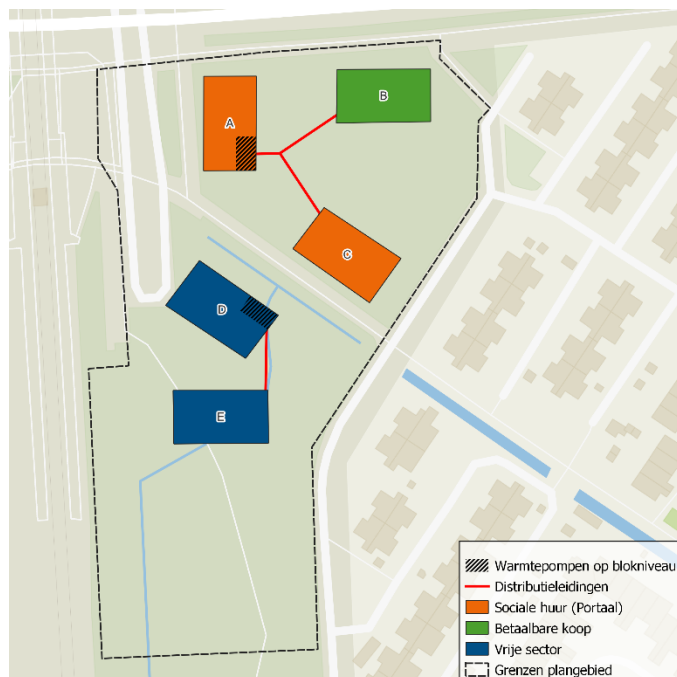
Een combinatie van warmtepompen met een aansluiting op het bestaande warmtenet (combinatie met SWA) is ook onderzocht. Referentieprojecten tonen aan dat dit concept, zeker gegeven beperkte schaalgrootte, financieel minder aantrekkelijk is, een grotere ruimtelijke impact heeft en organisatorisch complexer is. Daarnaast wordt verwacht dat Vattenfall geen medewerking verleent aan het gebruik van het stadswarmtenet als piekvoorziening.

3.2 Principe kansrijke varianten

Warmtepomp op blokniveau met bodemenergiesysteem

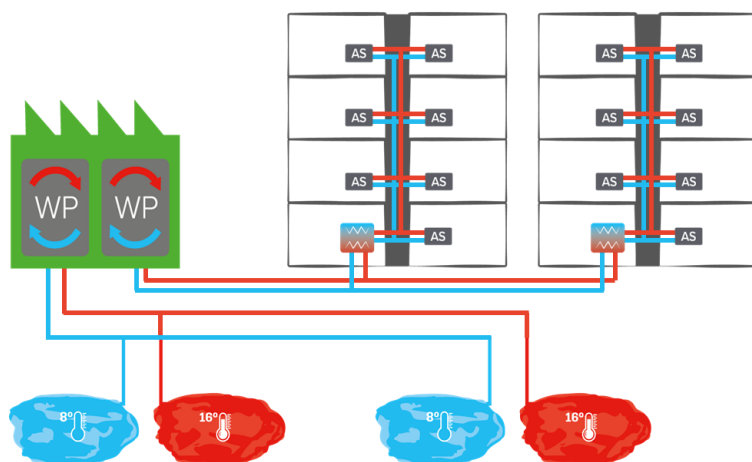
In deze variant wordt per bouwblok een warmtepompinstallatie geplaatst. De opgewekte warmte en koude worden via een ondergronds distributienet getransporteerd naar de verschillende gebouwen binnen het blok. Een schematisch voorbeeld van deze opzet is weergegeven in Figuur 3.1. Het noordelijke deel van het plangebied wordt onderling gekoppeld aan één technische ruimte met warmtepomp. Voor het zuidelijke deel geldt hetzelfde principe.

Figuur 3.1 – Indicatief ontwerp van de oplossing op blokniveau



Voor zowel het noordelijke als het zuidelijke blok wordt de technische ruimte met warmtepomp gekoppeld aan een warmte-/koudeopslagsysteem (WKO). Via een WKO wordt in de winter warmte onttrokken uit het grondwater. De temperatuur van deze warmte is te laag om direct ruimteverwarming en warm tapwater te leveren aan de woningen. Via de centrale warmtepomp wordt de temperatuur daarom opgevaardeerd. Tijdens warmte periodes werkt het systeem omgekeerd. In dat geval wordt koud grondwater gebruikt om de woningen te voorzien van passieve koeling. Hiervoor is nauwelijks elektriciteit nodig. Daarnaast wordt het grondwater tijdens dit proces opgewarmd. Het opgewarmde water kan tijdens de koude periodes weer gebruikt worden om de woningen te voorzien van ruimteverwarming en warm tapwater. Een schematisch overzicht van een dergelijk systeem met centrale warmtepomp en WKO is weergegeven in het onderstaande figuur.

Figuur 3.2 - Schematische weergave collectief WKO-systeem

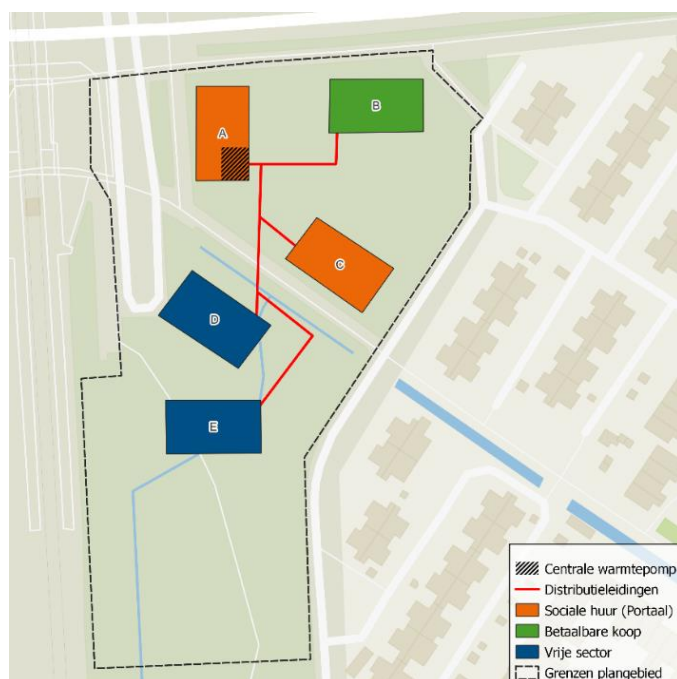


Een belangrijk aandachtspunt bij de toepassing van WKO is het behoud van de thermische balans in de bodem. Omdat de warmtevraag van woningen doorgaans groter is dan de koudevraag, wordt jaarlijks meer warmte dan koude aan de bodem onttrokken. Wettelijk is het vereist om het systeem thermisch in balans te houden. Dit vraagt om een regeneratievoorziening die warmte terugvoert naar de bodem. Voor het Laarkwartier is de meest voor de hand liggende oplossing de inzet van droge koelers. Deze kunnen op de daken van (één van) de appartementencomplexen worden geplaatst en onttrekken in de zomerperiode warmte uit de buitenlucht.

Warmtepomp op gebiedsniveau met bodemenergiesysteem

In deze variant wordt er voor het gehele plangebied één warmtepompinstallatie geplaatst, die vervolgens de warmte en koude via de distributieleidingen transporteert tussen de gebouwen. Een voorbeeld van hoe dat er in de praktijk uit zou kunnen zien wordt weergegeven in Figuur 3.3. De noordelijke en zuidelijke deelgebieden worden met ondergrond distributieleidingen aan elkaar verbonden. Een belangrijk aandachtspunt in deze variant is de watergang van de Kroonse Wal. Deze vormt een fysieke barrière tussen het noordelijk en zuidelijk blok, waar in hoofdstuk 4.3 verder op ingegaan wordt. Doordat dat gebouwen in verschillende fases gerealiseerd worden, is er een voorinvestering vereist. De technische ruimte zal in de eerste fase voorzien moeten worden.

Figuur 3.3 - Indicatief ontwerp van de oplossing op gebiedsniveau



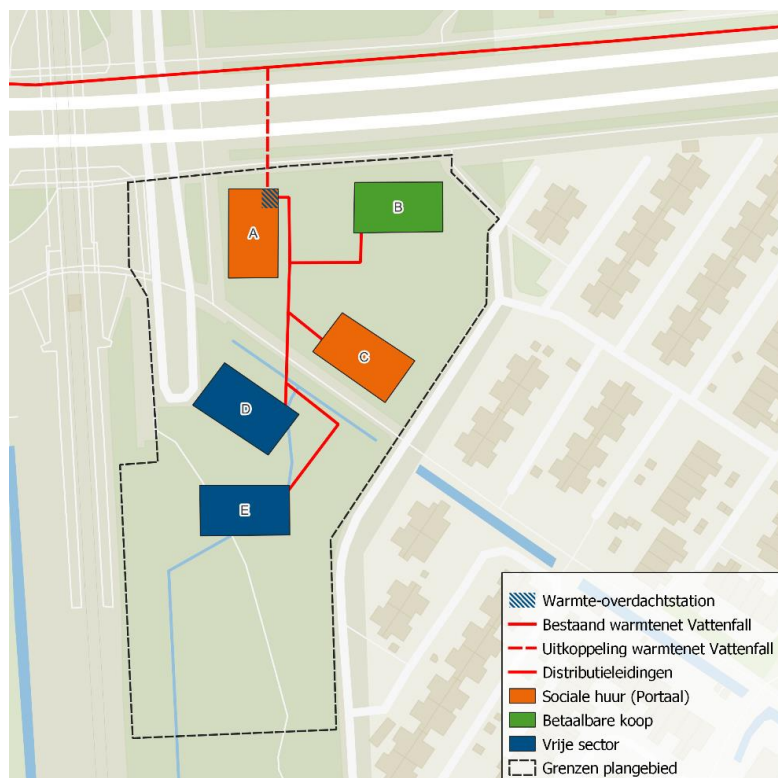
Aansluiting op warmtenet

Bij deze variant wordt de volledige ontwikkeling van het Laarkwartier aangesloten op een warmtenet. De meest voor de hand liggende optie is aansluiting op het bestaande stadswarmtenet van Vattenfall, dat zich al in de directe nabijheid van het plangebied bevindt. In deze situatie wordt in één van de gebouwen een warmteoverdrachtstation (WOS) gerealiseerd. Dit station zorgt voor de overdracht van warmte uit het warmtenet van Vattenfall naar het interne distributienet binnen het plangebied.

Een aansluiting op het toekomstige warmtenet van Elderveld-Noord is eveneens een optie. De ruimtelijke consequenties voor het Laarkwartier zijn bij beide netten vergelijkbaar, afhankelijk van het uiteindelijke tracé. Op het gebied van duurzaamheid en organisatorische consequenties kunnen er echter verschillen optreden. Omdat de planning van het warmtenet in Elderveld-Noord naar verwachting niet aansluit op de ontwikkelplanning van het Laarkwartier, wordt het bestaande warmtenet van Vattenfall voorlopig als uitgangspunt gehanteerd.

Er dient te worden opgemerkt dat er via een aansluiting op het warmtenet in de basis geen koeling kan worden geleverd. Waar bij de concepten op blok- en gebiedsniveau koude kan worden geleverd vanuit het WKO-systeem, is dat hierbij niet het geval. Voor het leveren van koeling dient een aanvullende voorziening gerealiseerd te worden. Dit kan in de vorm van koelmachines, die per appartementsgebouw of centraal kunnen worden geplaatst. Een andere mogelijkheid is om via een centrale warmtepomp en het stadswarmtenet te koelen. De warmte die bij dit proces ontstaat wordt op het stadswarmtenet ingevoed.

Figuur 3.4 - Schematische weergave van de aansluiting op het warmtenet



Aansluiting op warmtenet via retourleiding

Er bestaat daarnaast de mogelijkheid om het Laarkwartier aan te sluiten op de retourleiding van het warmtenet. De temperatuur van deze retourleiding bedraagt circa 40 °C, wat voldoende is voor het leveren van ruimteverwarming in nieuwbouwwoningen. Voor het leveren van warm tapwater is echter, ter voorkoming van legionellavorming, een temperatuur van minimaal 60 °C vereist. Hierdoor is er per woning een extra voorziening nodig in de vorm van een boosterwarmtepomp. Deze warmtepomp verhoogt de temperatuur naar minimaal 60 °C. De overige principes blijven vergelijkbaar met een conventionele aansluiting op het warmtenet. Ook hierbij geldt dus dat er voor het leveren van koeling aan de woningen een aanvullende voorziening nodig is.

4 Technische uitwerking varianten

4.1 Technische analyse

Tabel 4.1 geeft per variant de gebouwszijdige kenmerken weer in de vorm van de energie- en vermogensvraag voor verwarming en koeling. Voor de onderliggende uitgangspunten wordt verwezen naar *Bijlage 1 – Uitgangspunten warmte en koude*. De weergegeven waarden zijn haalbaar bij nieuwbouwwontwikkelingen waar, in het kader van netbewust bouwen, rekening is gehouden met vraagreducerende maatregelen (zie ook hoofdstuk 6).

Tabel 4.1 - Technische kenmerken

	Eenheid	Blok Noord	Blok Zuid	Totaal
Woningen	St.	107	45	152
<i>Energievraag (thermisch)</i>				
Ruimteverwarming	GJ/jaar	751	413	1.164
Warm tapwater	GJ/jaar	599	252	851
Koeling	GJ/jaar	300	165	466
<i>Totale vermogensvraag</i>				
Incl. gelijktijdigheid op blokniveau	kW	556	344	900
Incl. gelijktijdigheid op gebiedsniveau	kW	502	247	749

Gelijktijdigheid

In de tabel is onderscheidt gemaakt tussen de vermogensvraag op blok- en gebiedsniveau. Dit komt door het verschil in gelijktijdigheid in de warmtevraag van woningen. Bij de variant op blokniveau wordt per deelgebied een warmtepomp geplaatst die 2 of 3 gebouwen bedient. In het noordelijke deel wordt één warmtepomp gedeeld door 107 woningen. In het zuidelijke deel, ten zuiden van de Kroonse Wal, worden 45 woningen aangesloten op één warmtepomp. Bij een lager aantal aangesloten woningen is de kans groter dat meerdere bewoners gelijktijdig warmte afnemen. Dit heeft direct invloed op de dimensionering en efficiëntie van het systeem. Het systeem moet immers kunnen voldoen aan de piekvraag. Met andere woorden: bij de variant op blokniveau is een warmtepomp met een hoger vermogen en een grotere dimensionering noodzakelijk.

In het geval van de overige kansrijke concepten wordt optimaal gebruik gemaakt van de gelijktijdigheid in warmtevraag, aangezien alle 152 woningen op een systeem worden aangesloten. Door de grotere schaalgrootte worden de pieken afgevlakt en is de gelijktijdige vermogensvraag lager dan bij de variant op blokniveau.

4.2 Energieverbruik en duurzaamheid

Het energieverbruik en de bijbehorende CO₂-uitstoot zijn weergegeven in Tabel 4.2. Voor de rendementen waarmee het totale elektriciteitsverbruik is berekend wordt er verwezen naar Bijlage 2 – Uitgangspunten technische uitwerking. De uitstoot van het elektriciteitsverbruik is berekend met de emissiefactor van de huidige elektriciteitsmix (0,328 kg CO₂/kWh). Voor het gebruik van stadswarmte is uitgegaan van de CO₂-uitstoot per GJ, conform het Vattenfall Stadswarmte-etiket (13,5 kg CO₂/GJ). Het is daarbij van belang te benoemen dat de CO₂-uitstoot als gevolg van het elektriciteitsverbruik in de toekomst naar verwachting afneemt door de verdere verduurzaming van de Nederlandse elektriciteitsmix. Tegelijkertijd is het denkbaar dat de CO₂-uitstoot van stadswarmte eveneens afneemt, indien het warmtenet verder wordt verduurzaamd. Voor de warmtenetconcepten is uitgegaan van het koelen met koelmachines. Bij de blok- en gebiedsconcepten wordt koeling geleverd vanuit het WKO-systeem.

Tabel 4.2 - Energieverbruik en duurzaamheid kansrijke concepten

	Blokniveau	Gebiedsniveau	Warmtenet	Warmtenet retour	Eenheid
Energieverbruik					
Elektriciteitsverbruik	240	240	40	90	[MWh/jaar]
Afname warmte uit stadswarmtenet	0	0	2.020	1.850	[GJ/jaar]
Duurzaamheid					
Jaarlijkse CO ₂ -uitstoot	80	80	40	50	[ton CO ₂ /jaar]

De concepten waarbij de warmtevraag van de woningen wordt ingevuld via het stadswarmtenet resulteren in een lagere jaarlijkse CO₂-uitstoot in vergelijking met de concepten op blok en gebiedsniveau. Dit komt doordat het overgrote deel van de warmte uit het stadswarmtenet afkomstig is uit de afvalverbrandingscentrale in Duiven. Dit is restwarmte die anders zou worden afgegeven aan de buitenlucht of oppervlaktewater.

Het gebruik van retourwarmte is in de basis duurzamer dan het gebruik van warmte uit de aanvoerleiding van het stadswarmtenet. Dit komt doordat de warmteverliezen lager zijn bij het gebruik van de retourleiding. Dit leidt er echter niet toe dat de CO₂-uitstoot lager is bij het gebruik van de retourwarmte. Dit komt doordat de boosterwarmtepompen die nodig zijn om warm tapwater te produceren elektriciteit verbruiken. Het gebruik van de aanvoerleiding van het warmtenet resulteert daardoor tot de laagste jaarlijkse CO₂-uitstoot.

Tussen het concept op blok- en gebiedsniveau zit weinig verschil op het gebied van elektriciteitsverbruik en CO₂-uitstoot. In beide gevallen wordt de temperatuur van warmte uit het WKO-systeem opgewaardeerd via een warmtepomp. Bij het concept op gebiedsniveau zijn de warmteverliezen iets hoger, aangezien hier meer leidingen nodig zijn om de noordelijke en zuidelijke appartementsgebouwen met elkaar te verbinden. Dit is echter niet significant.

4.3 Ruimtebeslag

De kansrijke warmte- en koudeconcepten verschillen onderling op het gebied van ruimtelijke consequenties. De benodigde installaties in woningen, appartementsgebouwen en de openbare ruimte zijn per concept samengevat in de onderstaande tabel. In de volgende paragrafen worden de ruimtelijke consequenties per warmte- en koudeconcept verder toegelicht.

Tabel 4.3 - Overzicht ruimtelijke consequenties per variant

Blokniveau	Gebiedsniveau	Warmtenet	Warmtenet retour
In woningen			
Afleverzet	Afleverzet	Afleverzet	Afleverzet en boosterwarmtepomp
In appartementsgebouwen			
Per blok één collectieve warmtepomp en droge koelers	Voor gebied één collectieve warmtepomp en droge koelers	Warmteoverdrachtstation in pandig voor gebied en koelmachines	Warmteoverdrachtstation in pandig voor gebied en koelmachines
In de openbare ruimte			
Ondergrondse distributieleidingen en WKO-bronnen	Ondergrondse distributieleidingen en WKO-bronnen	Ondergrondse distributieleidingen	Ondergrondse distributieleidingen

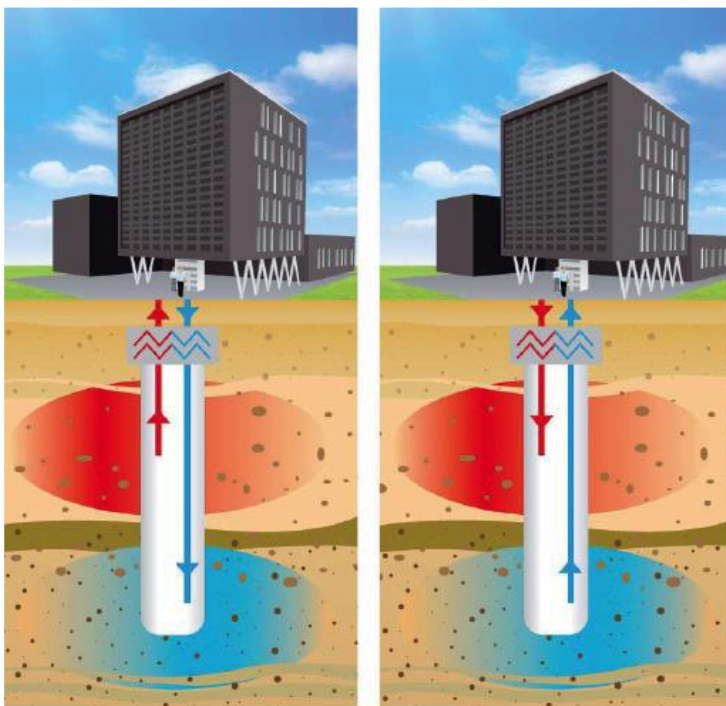
Blokniveau

Bij de oplossing op blokniveau is per blok één technische ruimte nodig waarin de collectieve warmtepomp wordt geplaatst. Deze warmtepomp zorgt voor het opwaarderen van de warmte uit het warmtenet naar de temperatuur die nodig is voor ruimteverwarming en warmtapwater. In de technische ruimte dient rekening te worden gehouden met de benodigde installatiegrootte, die afhankelijk is van het te leveren verwarmingsvermogen. Voor het noordelijke blok, met het grootste aantal woningen, bedraagt de benodigde ruimte circa 50 m². Voor het zuidelijke blok is dit circa 40 m². De technische ruimtes kunnen inpandig of op het parkeerdeel worden gerealiseerd.

In de appartementen is enkel een compacte afleverset nodig om de warmte over te dragen aan het afgiftesysteem in de woning. De afmetingen van een afleverset zijn circa 60 cm hoog, 40 cm breed en 30 cm diep.

Vanuit de technische ruimtes wordt de warmte en koude uit het WKO-systeem via ondergrondse distributieleidingen naar de verschillende gebouwen getransporteerd. Uit de technische analyse blijkt dat er in totaal twee WKO-doubletten nodig zijn: één voor het noordelijke blok en één voor het zuidelijke blok. Dit betekent dat er per blok één warme bron en één koude bron wordt gerealiseerd. De ruimtebehoefte bedraagt circa 2 m² per bron.

Figuur 4.1 - Principe monobron WKO bij warmte-onttrekking (links) en koude-onttrekking (rechts)



Voor het bewaken van de thermische balans in de bodem is het noodzakelijk om een regeneratievoorziening te realiseren voor het WKO-systeem. Voor het Laarkwartier zijn droge koelers de meest geschikte optie. Deze droge koelers kunnen op het dak van een van de appartementsgebouwen worden geplaatst. Het benodigde ruimtebeslag bedraagt circa 40 m².

Gebiedsniveau

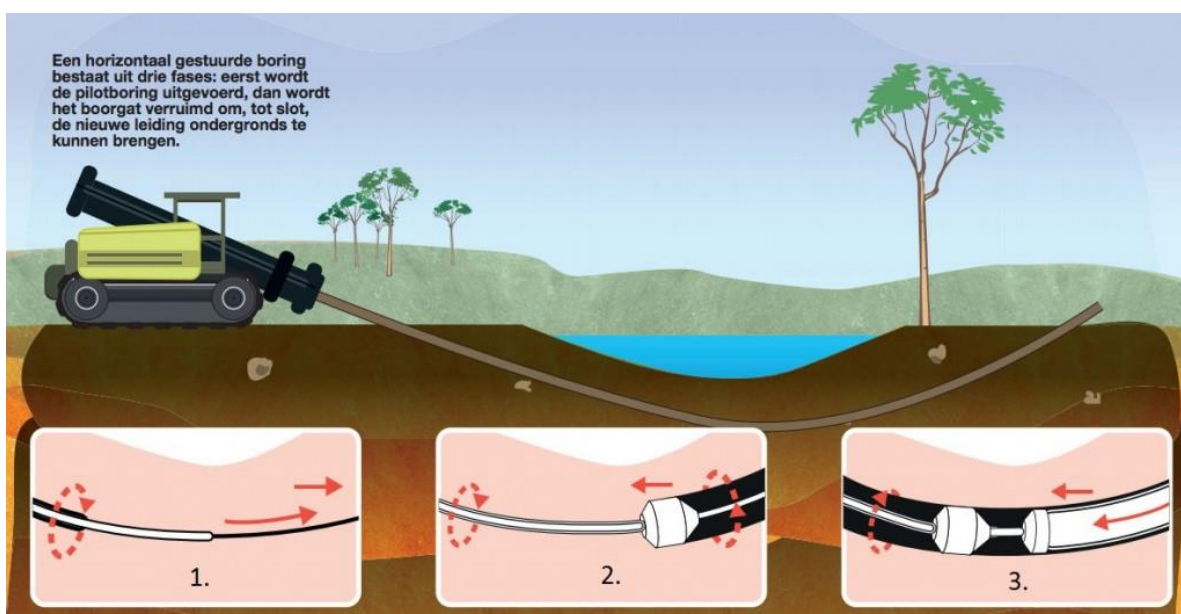
Bij het concept op gebiedsniveau is er in het plangebied maar één technische ruimte met collectieve warmtepomp nodig. Doordat er bij dit concept maximaal gebruik wordt gemaakt van de gelijktijdigheid van de warmtevraag, is de totale ruimtebehoefte voor de technische ruimte kleiner dan bij het concept op blokniveau (circa 70 m²). Een ander voordeel is dat het WKO-systeem gedeeld kan worden. Hierdoor zijn er niet twee WKO-doubletten nodig, maar volstaat één doublet.

Een extra aandachtspunt bij deze oplossing op gebiedsniveau is de watergang langs de Kroonse Wal die de noordelijke en zuidelijke gebouwen van elkaar scheidt. Dit maakt het aanleggen van distributieleidingen tussen de twee deelgebieden complexer. Om extra leidingen te voorkomen kan een gestuurde boring worden toegepast. Bij deze techniek worden één of meerdere leidingen onder het waterlichaam door geboord, zonder dat de bodem van de watergang opengebroken hoeft te worden (zie Figuur 4.3). Deze techniek wordt veel toegepast bij de aanleg van warmtenetten, gasleidingen, waterleidingen en elektriciteitskabels onder waterwegen, spoorlijnen of wegen. Aan beide kanten van de watergang dient er wel de nodige ruimte te zijn. In de vervolgfase zal nader onderzoek worden gedaan naar de haalbaarheid en kosten van deze techniek. Of een gestuurde boring noodzakelijk is, is onder meer afhankelijk van de diepte van het water. Verder is het naar alle waarschijnlijkheid ook mogelijk om de leidingen onder een brug te realiseren.

Figuur 4.2 – Watergang de Kroonse Wal die een fysieke barrière vormt tussen de noordelijke en zuidelijke appartementsgebouwen



Figuur 4.3 - Voorbeeld werking van gestuurde boring



Aansluiting op warmtenet

Voor de aansluiting op het warmtenet is naar verwachting de minste inpandige ruimte nodig. Hier dient een warmteoverdrachtstation (WOS) gerealiseerd te worden waarmee warmte uit de backbone van het warmtenet wordt overgedragen aan het distributienet in het plangebied. Qua ruimtebeslag dient rekening gehouden te worden met circa 20 m² voor het hele gebied. Het WOS kan inpandig of in het parkeerdeel worden geplaatst. In de appartementen zelf is weer enkel een afleverset nodig. Bij beide warmtenetconcepten zouden er leidingen onder het waterlichaam moeten aangelegd worden.

Retouraansluiting op warmtenet

In het geval wanneer de retourleiding van het warmtenet wordt gebruikt, dan is de uitbreiding van het leidingwerk vergelijkbaar. Alleen voor de bereiding van warmtapwater is aanvullend per woning of per collectieve groep een extra warmtepomp nodig. Deze warmtepomp verhoogt de tapwatertemperatuur naar minimaal 60 °C. De afmetingen van een boosterwarmtepomp zijn circa 70 cm breed, 70 cm diep en 180 cm hoog.

4.4 Haalbaarheid energie-ambitie

Het gemeentelijk uitgangspunt voor de ontwikkeling van het Laarkwartier is om zoveel mogelijk energie lokaal op te wekken met PV-panelen. Er is niet gespecificeerd welk aandeel van de energiebehoefte lokaal opgewekt dient te worden.

Op basis van gerealiseerde referentieprojecten van Merosch kan gesteld worden dat de ambitie “energieneutraal” steeds vaker haalbaar is bij nieuwbouwoontwikkelingen. Vanaf 2030 is dit zelfs een verplichting vanuit de EPBD. Energieneutraal betekent dat een BENG 3-score van 100% gehaald wordt. Op jaarbasis wordt dan evenveel duurzame energie lokaal opgewekt als dat de gebouwgebonden installaties (warmte- en koudevoorziening en ventilatie) verbruiken. Binnen deze studie is op basis van referentieprojecten onderzocht of de ambitie energieneutraal haalbaar is voor het Laarkwartier.

Appartementsgebouwen met 5 & 7 bouwlagen

In het geval van appartementsgebouwen is het bereiken van energieneutraliteit afhankelijk van het aantal bouwlagen. Volgens het huidige programma worden 4 van de 5 appartementsgebouwen voorzien van 5 of 7 bouwlagen. Uit referentieprojecten blijkt dat het kunnen halen van een BENG 3-score bij dergelijke appartementsgebouwen grotendeels afhankelijk is van het warmte- en koudeconcept dat wordt toegepast. Het gebruik van stadswarmte scoort relatief goed binnen de BENG-methodiek, waardoor het behalen van energieneutraliteit hierbij vaak haalbaar is. Bij concepten met bodemenergiesystemen zijn meer PV-panelen nodig om een BENG 3-score van 100% te halen. Dit komt door het elektriciteitsverbruik van de warmtepompen. Bijkomend aandachtspunt is dat er dakoppervlak nodig is voor het plaatsen van droge koelers, klimaatinstallaties en looppaden. Energieneutraal is echter haalbaar wanneer er bij het ontwerp rekening wordt gehouden met de inpassing van PV.

Appartementsgebouwen met 10 (of meer) bouwlagen

Het huidige programma omvat 1 appartementsgebouw van 10 bouwlagen. Voor appartementsgebouwen van een dergelijke omvang is bekend dat een BENG 3-score van 100% vaak niet eenvoudig haalbaar is vanwege het beperkte beschikbare dakoppervlak per woning. Op het moment dat de dakvlakken bij het ontwerp optimaal worden ingericht voor PV en ook PV in de gevels wordt verwekt, dan is het echter wel mogelijk. Een voorbeeld hiervan is De Brinktoren in Amsterdam, waar de ambitie energieneutraal is gehaald bij een woontoren van meer dan 20 bouwlagen. De inspanningen en investeringen zijn echter wel groter in vergelijking met appartementsgebouwen met minder bouwlagen.

Conclusie Laarkwartier

Het ontwerp van de gebouwen in het Laarkwartier zorgen er echter voor dat het dakoppervlak nog kleiner is. Hierdoor zal er optimaal gebruik moeten worden gemaakt van de gevel om het elektriciteitsverbruik op te vangen. Zoals te zien in Figuur 4.4 zorgt het ontwerp echter wel voor schuine kappen vanaf de middelste bouwlaag. De gevels bieden hierdoor ruimte voor extra PV panelen om de resterende elektriciteitsvraag te dekken. Ook zouden er nog solar carports geplaatst kunnen worden op de parkeerplekken in het Laarkwartier. Door een combinatie van deze verschillende maatregelen is een BENG-3 score van 100% voor alle gebouwen haalbaar.

Figuur 4.4 - Ontwerp van het appartementsgebouw van 10 bouwlagen



5 Financiële analyse

5.1 Aanpak

Bij de financiële uitwerking van de warmte- en koudeconcepten is allereerst, op basis van kengetallen uit referentieprojecten van Merosch, een investeringskostenraming opgesteld voor de concepten op blok- en gebiedsniveau. In deze raming zijn de investeringskosten voor de benodigde installaties in zowel de openbare ruimte als de woningen en gebouwen meegenomen. Vervolgens zijn de jaarlijkse exploitatiekosten berekend. Deze bestaan uit de jaarlijkse energielasten en de onderhoudskosten.

De investerings- en exploitatiekostenramingen zijn gebruikt om business cases voor de verschillende warmte- en koudeconcepten op te stellen. Hierbij is aangenomen dat een exploitant investeert in de collectieve onderdelen van het systeem. Daarnaast draagt deze partij ook de investerings- en jaarlijkse exploitatiekosten. Het resultaat van de doorgerekende business cases is een bijdrage aansluitkosten (BAK) die de exploitant van het systeem rekent aan projectontwikkelaars om de onrendabele top van het project te dekken. Hierbij is aangenomen dat de tarieven die de eindgebruikers aan de exploitant betalen voor warmte en koude gelijk zijn aan de maximale ACM-tarieven.

In de onderstaande paragraaf wordt ingegaan op de BAK die de ontwikkelaars dienen te betalen bij de verschillende concepten. Voor de gehanteerde uitgangspunten wordt verwezen naar Bijlage 3. Een overzicht van de investeringskosten- en exploitatiekostenramingen is terug te vinden in Bijlage 4.

5.2 Business case

5.2.1 Bijdrage aansluitkosten (BAK)

De investerings- en exploitatiekostenramingen zijn gebruikt als basis voor de businesscases van de concepten op blok- en gebiedsniveau. Op basis van een netto contante waarde-berekening over een exploitatieperiode van 30 jaar is inzichtelijk gemaakt wat de onrendabele top van de warmte- en koudevoorziening voor een eventuele exploitant bedraagt. Hierbij is gerekend met een rendementseis van 7%. Dit is gebruikelijk in de markt.

Het resultaat van de businesscases is een bijdrage aansluitkosten (BAK) die projectontwikkelaars aan de exploitant betalen om de onrendabele top te dekken. De resultaten hiervan zijn samengevat in de onderstaande tabel. Deze resultaten dienen met een nauwkeurigheid van +/-25% te worden gelezen, vanwege factoren zoals de uiteindelijke volloopsnelheid, energieprijzontwikkelingen en prijsstijgingen van materialen. De BAK-berekening is daarmee een momentopname en zal gedurende de verdere ontwikkeling van het gebied periodiek geactualiseerd moeten worden.

Tabel 5.1 – Bijdrage aansluitkosten voor kansrijke warmte- en koudeconcepten (prijspeil 2025, excl. BTW)

	Blokniveau	Gebiedsniveau	Warmtenet	Warmtenet retour
Bijdrage aansluitkosten totaal	€ 1.200.000	€ 800.000	€ 1.200.000	€ 1.500.000
Bijdrage aansluitkosten per woning	€ 8.000	€ 5.000	€ 8.000	€ 10.000

Voor een aansluiting op het stadswarmtenet (aanvoerleiding) is uitgegaan van een bijdrage aansluitkosten (BAK) van circa €8.000,- per woning. Op basis van referentieprojecten in de gemeente Arnhem is dit naar verwachting de BAK die Vattenfall rekent aan ontwikkelaars wanneer ook koeling wordt geleverd aan de woningen. Bij een aansluiting op de retourleiding van het stadswarmtenet valt de BAK naar alle waarschijnlijkheid hoger uit. Dit komt door dat extra investeringskosten voor de boosterwarmtepompen.

De oplossing op gebiedsniveau kent met €5.000,- per woning de laagste BAK, zeker wanneer van koeling wordt uitgegaan bij een aansluiting op het stadswarmtenet. Het concept op blokniveau resulteert in een hogere BAK. Dit komt enerzijds doordat er bij de oplossing op gebiedsniveau maximaal gebruik wordt gemaakt van de gelijktijdigheid van de warmtevraag. Hierdoor is het opgestelde warmtepomp vermogen relatief laag. Daarnaast is er bij de oplossing op gebiedsniveau maar één WKO-doublet nodig. Hierdoor vallen de kosten voor het bodemenergiesysteem lager uit dan bij de oplossing op blokniveau waar twee aparte WKO-doubletten nodig zijn.

6 Netbewust ontwerpen

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de principes van netbewust ontwerpen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het door Merosch opgestelde onderstaande 5-stappenmodel. Deze principes komen grotendeels overeen met de Ontwerpprincipes Netbewuste Nieuwbouw¹ die recentelijk door onder meer netbeheerders, Bouwend Nederland en provincies (waaronder de provincie Gelderland) zijn opgesteld. In de onderstaande paragraaf wordt ingegaan op de maatregelen die horen bij de verschillende stappen. Daarnaast wordt ingegaan op de implicaties van de netcongestieproblematiek voor de ontwikkeling van het Laarkwartier.

Figuur 6.1 – 5-stappenmodel netbewust ontwerpen



6.1 Principes netbewust ontwerpen

Stap 1: Vraagreductie

Een netbewust ontwerp begint bij het zo ver mogelijk omlaag brengen van de energievraag. De beste manier om dit te doen, en die al zeer gebruikelijk is in de bouwsector, is door het toepassen van bouwkundige en installatietechnische maatregelen die de energievraag van woningen beperken. In de onderstaande tabel zijn maatregelen opgenomen die bewezen effectief zijn om de piekbelasting van woningen te beperken. Deze kunnen kostenneutraal of tegen acceptabele meerkosten worden toegepast.

Tabel 6.1 – Bouwkundige en installatietechnische maatregelen voor vraagreductie

Bouwkundige maatregelen	
R _c -waarde vloer	< 3,7 (Bouwbesluit)
R _c -waarde gevel	< 4,7 (Bouwbesluit)
R _c -waarde dak	< 6,3 (Bouwbesluit)
U-waarde gevelopeningen	< 1,2 (HR++ of triple-glas)
Luchtdichtheid (q _{v10})	< 0,3
Installatietechnische maatregelen	
Afgifte verwarming	Lage temperatuur-verwarming (< 35 °C), bij voorkeur vloerverwarming vanwege LT-kwaliteit en bufferende vermogen
Ventilatie	Gelanceerd met CO ₂ -sturing
Warmteterugwinning	Ventilatie (> 90%)

¹ <https://media.umbraco.io/bouwend-nederland/hsyl04s4/ontwerpprincipes-netbewuste-nieuwbouw-2.pdf>

De bovengenoemde vraagreducerende maatregelen kunnen als een set aan maatregelen worden uitgevraagd aan ontwikkelaars bij de gronduitgifte. Dit beperkt echter de vrijheid van de ontwikkelaars. Het is daarom wenselijker om een prestatie uit te vragen. Ontwikkelaars kunnen dan hun eigen afweging maken, zolang via de combinatie van maatregelen voldoen wordt aan de gestelde eis. De 'netto warmtebehoefte' die binnen de BENG-methodiek wordt berekend is hier een goede indicator voor.

Stap 2: Efficiënte omzetting

De volgende stap bij netbewust ontwerpen is een efficiënte invulling van de energievraag van een woning. Hierbij is een belangrijke rol weggelegd voor de warmte- en koudevoorziening.

Van bodemenergiesystemen (WKO en gesloten bodemlussen) is bekend dat deze tijdens koude dagen een aanzienlijk hogere efficiëntie hebben dan systemen met lucht als bron. Warmtepompen die warmte halen uit een bodemenergiesysteem hebben door de constante temperatuur van de bodem namelijk een constante efficiëntie gedurende het jaar. Luchtwarmtepompen hebben daarentegen een relatief slecht rendement tijdens piekmomenten op het elektriciteitsnet, aangezien hierbij warmte uit de koude buitenlucht wordt gebruikt. Bij netbewust ontwerpen is het daarom zeer gewenst om indien mogelijk bodemenergiesystemen toe te passen als warmtebron.

Een andere erkende maatregel voor het beperken van de netbelasting is het aansluiten op een warmtenet die opereert op basis van een midden of hoge temperatuur warmtebron. De temperatuur van de warmte hoeft in dat geval niet opgewaardeerd te worden via een warmtepomp, wat aanzienlijk scheelt in het benodigde elektrisch vermogen.

Het specificeren van een energieprestatie bij de invulling van de energievraag van een woning is vaak niet wenselijk. De energieprestatie van een warmte- en koudevoorziening wordt namelijk veelal uitgedrukt in een jaarlijkse energievraag. Dit zegt weinig over de netbelasting van een warmte- en koudevoorziening. Het verschil tussen bodem- en lucht is namelijk relatief klein wanneer gekeken wordt naar de jaarlijkse energievraag. Het verschil in netbelasting is door de variatie in buitentemperatuur relatief groot. Wel kan worden gedacht aan het uitvragen van een energieprestatie bij een buitentemperatuur van -10 °C. Deze waarden zijn geen onderdeel van de verplichte BENG, waardoor extra berekeningen vanuit de ontwikkelaar nodig zijn.

Stap 3: Afstemmen vraag en aanbod (intern)

De derde stap bij netbewust ontwerpen is het slim afstemmen van vraag en aanbod. Veruit de grootste slag hierin wordt gemaakt bij het slim laden van elektrische voertuigen. Dit betekent dat het moment van de vraag naar elektriciteit wordt verschoven van een piekmoment naar een moment waar de belasting op het net minder is. Dit kan gedaan worden door het laden uit te stellen of door de laadcapaciteit tijdelijk te verlagen, en daarmee de totale piekvraag te reduceren. Slim laden wordt gezien als een no-regret maatregel.

Om laadpalen slim aan te kunnen sturen is het noodzakelijk dat deze via externe signalen aan te sturen zijn via een open protocol. Een voorbeeld van een dergelijk protocol is het S2-protocol, dat ontwikkeld is door TNO en geldt als de Europese standaard. De gemeente Arnhem kan een open protocol bij gronduitgifte opnemen als gunningseis of -criterium. Verder hanteert de gemeente Arnhem een programma van eisen bij het verlenen van concessies voor openbare laadpalen. Hierin is onder meer een eis opgenomen ten aanzien van netbewust laden. Volgens deze eis kan de netbeheerder aankaarten wanneer er in het gebied aanhoudende capaciteitschaarste optreedt. De concessiehouder dient hierop in te spelen door laadprofielen in te laden waarmee op een netbewuste manier kan worden geladen.

Stap 4: Opslag en bufferen

Wanneer de netbewuste maatregelen uit bovenstaande drie stappen onvoldoende zijn om tot een acceptabele netbelasting te komen, dan kan worden overwogen om energieopslag toe te passen. Dit kan in de vorm van een batterij of in de vorm van een thermische buffer. Deze maatregelen hebben wel een aanzienlijk ruimtebeslag. Een batterij heeft daarnaast ook een significante milieubelasting. Opslag en thermische buffering is daarom alleen wenselijk indien deze noodzakelijk zijn om binnen het toegewezen vermogen te blijven.

Stap 5: Afstemmen vraag en aanbod (extern)

Op het moment dat er na het toepassen van opslag en thermische buffering nog steeds een te hoge netbelasting optreedt, dan kan als laatste redmiddel worden gekeken naar de lokale fossiele elektriciteitsproductie. Dit kan in de vorm van een warmtekrachtkoppeling of een diesel- of gasaggregaat.

6.2 Implicaties netcongestie Laarkwartier

Zoals beschreven in paragraaf 2.1.4, gelden er momenteel nog geen beperkingen voor kleinverbruikersaansluitingen in Arnhem. Dit betekent dat alle woningen in de huidige situatie nog aangesloten kunnen worden. Dit geldt ook voor de aanvullende voorzieningen in het gebied, aangezien hiervoor ook een kleinverbruikersaansluiting volstaat. Voor de collectieve warmtepompen bij de concepten op blok- en gebiedsniveau is wel een grootverbruikersaansluiting nodig, maar hiervoor geldt een uitzonderingspositie. Ook hiervoor kunnen momenteel dus nog de benodigde elektriciteitsaansluitingen worden aangevraagd. Voor de laadpleinen is het mogelijk om deze op te knippen, zodat meerdere kleinverbruikersaansluitingen volstaan.

De situatie op het elektriciteitsnet verandert echter snel. Hierdoor is het denkbaar dat er in de komende jaren ook beperkingen voor kleinverbruikers (waaronder wellicht ook woningen) gaan gelden. Een van de mogelijkheden hierbinnen is dat er een budget per woning wordt toegewezen. Liander hanteert voor nieuwbouwwontwikkelingen een richtgetal van 1 kW gelijktijdig elektrisch vermogen per woning. Dit getal heeft momenteel echter nog geen bindend karakter.

Elektriciteitsprofielen

Om te bepalen of het project Laarkwartier onder het door Liander gecommuniceerde richtgetal van 1 kW gelijktijdig vermogen voor netbewuste ontwikkelingen kan blijven, zijn voor de kansrijke warmte- en koudeconcepten elektriciteitsprofielen opgesteld met behulp van het Merosch Netcongestie Model. Dit model berekent een elektriciteitsprofiel voor een jaar (op uurbasis) waarin de volgende componenten worden meegenomen:

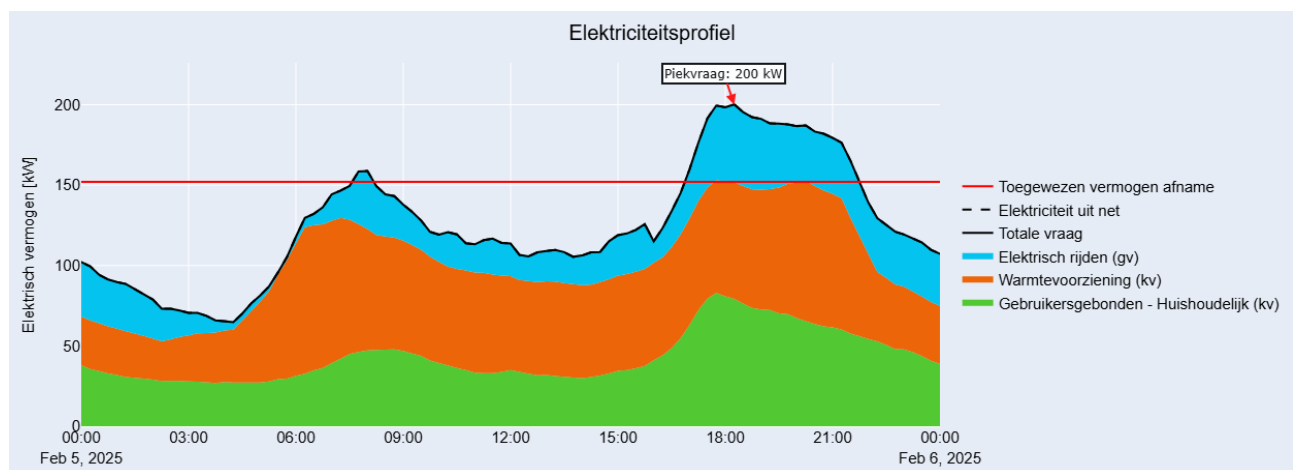
- Gebruikersgebonden elektriciteitsverbruik. Hieronder valt het elektriciteitsverbruik voor huishoudelijke apparaten zoals televisies, keukenapparatuur en stopcontacten. Daarnaast is het elektriciteitsverbruik voor verlichting en ventilatie hierin meegenomen;
- Elektriciteitsverbruik warmte- en koudevoorziening. Het elektriciteitsverbruik ten behoeve van het verwarmen en koelen van de gebouwen. Ook het elektriciteitsverbruik voor het bereiden van warm tapwater is hierin meegenomen;
- Elektrisch rijden. Het elektriciteitsverbruik voor het laden van elektrische voertuigen. Voor het Laarkwartier is aangenomen dat er 18 laadpunten (à 11 kW) worden gerealiseerd. Dit volgt uit een rekenmodel van de gemeente Arnhem. Voor het opstellen van het profiel wordt gebruik gemaakt het de slimme laadprofielen van ElaadNL.

De uitkomsten van de uitgevoerde simulaties zijn weergegeven in onderstaande figuren en samengevat in de onderstaande tabel.

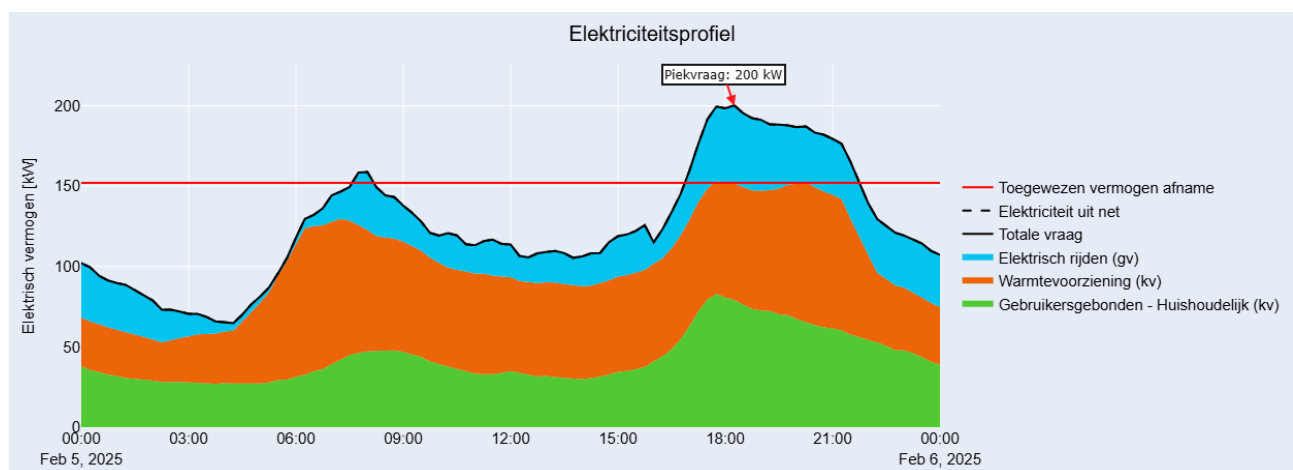
Tabel 6.2 – Uitkomsten simulaties Merosch Netcongestie Model voor kansrijke warmte- en koudeconcepten

	Blokniveau	Gebiedsniveau	Warmtenet	Warmtenet retour	Eenheid
Piekvermogen uit net	200	208	130	130	[kW]
Piekvermogen uit net per woning	1,3	1,3	0,9	0,9	[kW]

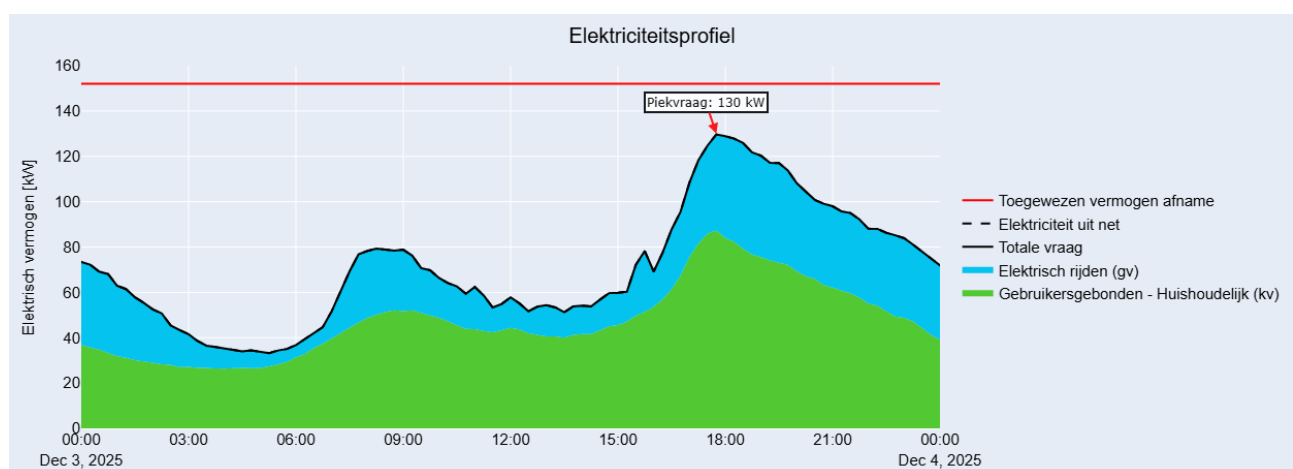
Figuur 6.2 – Elektriciteitsprofiel Laarkwartier op dag van piekvraag bij warmte- en koudeconcept Blokniveau



Figuur 6.3 – Elektriciteitsprofiel Laarkwartier op dag van piekvraag bij warmte- en koudeconcept Gebiedsniveau



Figuur 6.4 – Elektriciteitsprofiel Laarkwartier op dag van piekvraag bij warmte- en koudeconcept warmtenet (aanvoer en retour)



Uit de uitgevoerde simulatie blijkt dat de netbelasting het hoogst is bij de warmte- en koudeconcepten op blok- en gebiedsniveau. In beide gevallen wordt de warmtevraag elektrisch ingevuld met een centrale warmtepomp. Er zijn wel enige verschillen op het gebied van warmteverliezen, maar deze zijn niet significant.

Indien gebruik wordt gemaakt van het warmtenet, dan leidt het warmte- en koudeconcept niet tot een hogere netbelasting voor het Laarkwartier. Dit komt doordat de warmte op circa 70 °C het gebied binnenkomt, en er dus geen temperatuuropwaarding met een warmtepomp nodig is. Er is wel elektriciteit nodig om de warmte rond te pompen, maar dit is niet significant. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van de retourleiding, dan is er op woning- of gebouwniveau nog een boosterwarmtepomp nodig voor het leveren van warm tapwater. Deze boosterwarmtepompen zijn uitgerust met een boilervat. Het bereiden van warm tapwater draagt daardoor niet bij aan de piekbelasting, aangezien dit ook buiten de piekmomenten op het net kan worden gedaan.

Verdere mogelijkheden voor verlagen netbelasting Laarkwartier

Bij de warmtenetconcepten blijft het benodigde vermogen onder het richtgetal van Liander. Voor de concepten op blok- en gebiedsniveau geldt dit niet. Om hierbij onder het richtgetal te blijven zijn verdere netcongestiebeperkende maatregelen nodig.

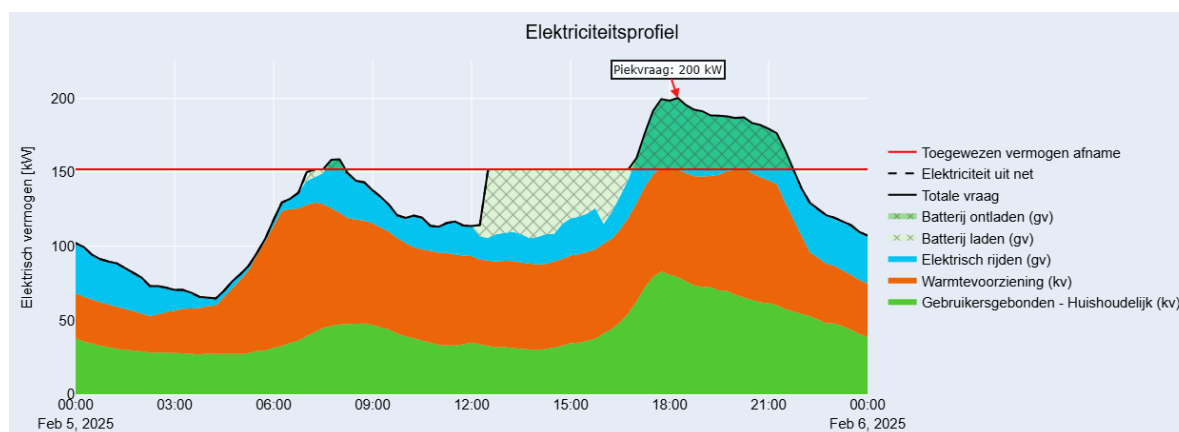
Een mogelijkheid hiervoor is het toepassen van alternatieve laadstrategieën. Bij het opstellen van de elektriciteitsprofielen in bovenstaande figuren zijn de slimme laadprofielen van ElaadNL als uitgangspunt gebruikt. Hierbij is aangenomen dat een deel van de elektriciteitsvraag voor elektrisch rijden kan worden uitgesteld. Het is echter ook mogelijk om een alternatieve slimme laadstrategie toe te passen waarbij de laadpalen tijdens piekmomenten (die veelal optreden bij zeer koud weer in de winter) volledig worden uitgeschakeld. Hiermee kan de ontwikkeling van het Laarkwartier ook bij de blok- en gebiedsconcepten onder het richtgetal van Liander blijven. Een dergelijke strategie heeft echter wel een impact op bewoners, aangezien elektrisch auto's tijdens piekmomenten trager of niet geladen kunnen worden.

Een andere mogelijkheid om onder het richtgetal van 1 kW gelijktijdig vermogen te blijven bij de ontwikkeling van het Laarkwartier is het toepassen van opslag in de vorm van een batterij of thermisch buffer. In de onderstaande tabel is weergegeven hoeveel capaciteit en vermogen een batterij moet hebben in het geval van de kansrijke warmte- en koudeconcepten. Daarnaast is een indicatie gegeven van de ruimtebehoefte.

Tabel 6.3 – Benodigde capaciteit en vermogen en ruimtebehoefte batterij om onder richtgetal van 1 kW gelijktijdig vermogen te blijven

	Blokniveau	Gebiedsniveau	Warmtenet	Warmtenet retour	Eenheid
Benodigde capaciteit batterij	170	170	0	0	[kWh]
Benodigd vermogen batterij	50	50	0	0	[kW]
Indicatieve ruimtebehoefte	10	10	0	0	[m ²]

Figuur 6.5 – Elektriciteitsprofiel bij inzet batterij



7 Organisatorische consequenties en contractuele aandachtspunten

7.1 Uitvragen duurzaamheidsambities

De mogelijkheden die een gemeente heeft om duurzaamheidsprestaties bij een gebiedsontwikkeling voor te schrijven zijn afhankelijk van de eigendomssituatie van de grond. In het geval van het project Laarkwartier is de grond in het plangebied in eigendom van de gemeente. Hierdoor heeft de gemeente twee manieren om duurzaamheidsprestaties te realiseren bij de gronduitgifte aan projectontwikkelaars.

7.1.1 Bovenwettelijke eisen

De eerste optie is om bij de gronduitgifte aanvullende duurzaamheidseisen te stellen.

Vergunningsaanvragen voor nieuwbouwontwikkelingen moeten voldoen aan de gestelde energierepresentatie-eisen vanuit de BENG. Uit vergelijkbare projecten blijkt echter dat het realiseren van energieneutrale nieuwbouw vaak goed mogelijk is. Voor het realiseren van dergelijke ambities en netbewuste inpassing zijn echter bovenwettelijke eisen nodig. De gemeente heeft de mogelijkheid om bovenwettelijke eisen uit te vragen bij de gronduitgifte. Hierbij dient te worden opgemerkt dat ontwikkelaars eventuele significante meerkosten zullen verwerken in de grondprijs.

De landelijke overheid heeft, in het kader van de noodzaak voor woningbouw, gemeenten opgeroepen om bovenwettelijke eisen te vermijden. Desondanks kiezen verschillende gemeenten er nog wel voor om strengere duurzaamheidseisen te hanteren. Het verdient in dit geval wel de aanbeveling dat deze bovenwettelijke eisen gebaseerd zijn op algemeen vastgesteld duurzaamheidsbeleid vanuit de gemeente. Door duurzaamheidsambities uit het duurzaamheidsbeleid op te nemen in het masterplan, kunnen deze later worden doorvertaald naar de tender uitvraag en eventueel het bestemmingsplan.

7.1.2 Duurzaamheid als gunningscriterium

Een andere optie is om duurzaamheidsprestaties als gunningscriteria te hanteren bij de gronduitgifte. Door duurzaamheidsprestaties op te nemen in de aanbestedingsvoorwaarden voor de grond, worden ontwikkelaars gestimuleerd om de ontwikkeling duurzaam te realiseren. Belangrijk aandachtspunt hierbij is dat duurzaamheid een prominente plek krijgt in het gunningsproces. In de praktijk blijkt namelijk dat duurzaamheidsprestaties ondergesneeuwd raken wanneer er onvoldoende gewicht aan wordt gehangen in vergelijking met gunningscriteria als grondprijs en architectonische kwaliteit. Daarbij is ook te overwegen om de grondprijs als uitgangspunt te hanteren en ontwikkelaars te laten concurreren op kwaliteit waaronder duurzaamheid.

7.2 Fasering en exploitatiemodel warmte- en koudevoorziening

De warmte- en koudeconcepten die mogelijk zijn voor het Laarkwartier vragen om verschillende benaderingen wat betreft de exploitatievorm. Op het moment dat verschillende gebouwen worden aangesloten op één systeem, dan is samenwerking tussen de ontwikkelende partijen nodig.

Voor het concept op blokniveau geldt dat er aparte systemen worden gerealiseerd voor de gebouwen ten noorden van de Kroonse Wal en de gebouwen ten zuiden daarvan. De drie noordelijke woongebouwen worden ontwikkeld door Portaal, terwijl de twee zuidelijke gebouwen worden uitgegeven aan een projectontwikkelaar. Portaal en de projectontwikkelaar hebben bij het concept op blokniveau de vrijheid om zelfstandig exploitatievormen op te zetten.

Dit geldt niet voor het concept op gebiedsniveau en bij aansluiting op het warmtenet. In dat geval worden alle gebouwen in het gebied aangesloten op één systeem. Op het moment dat er op voorhand niks op het gebied van collectiviteit wordt georganiseerd, dan zullen Portaal en de andere ontwikkelaar niet snel geneigd zijn om een gezamenlijk systeem te ontwikkelen. KoaDit komt doordat de kosten van het systeem afhankelijk zijn van het aantal woningen dat uiteindelijk wordt aangesloten en het tempo waarin dat gebeurt. Op het moment dat Portaal op voorhand geen zekerheid heeft, of geboden kan worden, dat de ontwikkelaar van de andere gebouwen ook wil aansluiten op het gedeelde systeem, dan bestaat er het risico dat de benodigde voorinvesteringen niet worden gedekt en de kosten voor Portaal dus hoger uitvallen.

De gemeente Arnhem kan hier actief regie op voeren door een concessie te verlenen aan Vattenfall (in het geval van het stadswarmtenet) of een andere exploitant om een collectief systeem te realiseren voor het Laarkwartier. Bij de gronduitgifte aan ontwikkelende partijen kan de gemeente als gunningseis opnemen dat de gebouwen worden aangesloten op het collectieve systeem. Ontwikkelaars kunnen hier eventueel van afwijken wanneer zij aantoonbaar een gelijkwaardige of duurzamere voorziening kunnen realiseren.

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Conclusies

8.1.1 Conclusies verkenning

De volgende conclusies kunnen worden getrokken uit de uitgevoerde verkenning naar de mogelijk warmte- en koudeconcepten voor het project Laarkwartier:

- Het is, met name vanuit ruimtelijke overwegingen, niet wenselijk om per appartement individuele installaties te plaatsen;
- Ook het plaatsen van een voorziening per gebouw is niet wenselijk. Door het beperkte aantal woningen per appartementengebouw (18 tot 50), is het benodigde vermogen voor de warmtepompen relatief hoog per woning. Dit komt doordat de kans dat bewoners tegelijkertijd douchen en de verwarming aanzetten relatief hoog is. Als gevolg hiervan is de gelijktijdige warmtevraag relatief hoog. Doordat de afstand tussen de verschillende gebouwen beperkt is, is het combineren van de warmte- en koudevoorziening voor meerdere gebouwen wenselijk. Daarnaast is er dan niet voor elk gebouw een technische ruimte nodig, waardoor de ruimtelijke impact kleiner wordt;
- Het gebruik van de bodem als warmtebron geniet de voorkeur boven het gebruik van luchtwarmtepompen. Dit komt door het lagere energieverbruik, energielasten en belasting van het elektriciteitsnet.

Op basis van de uitkomsten van de verkenning zijn de volgende vier kansrijke warmte- en koudeconcepten geselecteerd voor verdere uitwerking:

1. Bodemenergiesysteem met warmtepomp op blokniveau;
2. Bodemenergiesysteem met warmtepomp op gebiedsniveau;
3. Aansluiting op warmtenet;
4. Aansluiting op warmtenet via retourleiding.

8.1.2 Conclusies verdieping

In de verdiepfingsfase van de studie zijn kansrijke warmte- en koudeconcepten verder uitgewerkt op het gebied van duurzaamheid, ruimtelijke impact, financiën, netbelasting en organisatorische consequenties. De belangrijkste resultaten zijn samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 8.1 - Belangrijkste uitkomsten verdiepfingsfase onderzoek

	Blokniveau	Gebiedsniveau	Warmtenet	Warmtenet retour
Duurzaamheid				
CO ₂ -uitstoot	80 ton CO ₂ /jaar	80 ton CO ₂ /jaar	40 ton CO ₂ /jaar	50 ton CO ₂ /jaar
Ruimtelijke impact				
In appartementen	Afleverzet	Afleverzet	Afleverzet	Afleverzet en boosterwarmtepomp
In appartementsgebouwen	Per blok één collectieve warmtepomp en droge koelers	Voor gebied één collectieve warmtepomp en droge koelers	Warmte-overdrachtstation inpandig voor gebied en koelmachines	Warmte-overdrachtstation inpandig voor gebied en koelmachines
In openbare ruimte	Ondergrondse distributieleidingen en WKO-bronnen	Ondergrondse distributieleidingen en WKO-bronnen	Ondergrondse distributieleidingen	Ondergrondse distributieleidingen
Financiën				
Bijdrage aansluitkosten per woning	€ 8.000,-	€ 5.000,-	€ 8.000,-	€ 10.000,-
Netbelasting				

Gelijktijdig vermogen per woning	1,3 kW	1,3 kW	0,9 kW	0,9 kW
<i>Organisatorische consequenties</i>				
Complexiteit	Lage complexiteit door realisatie systeem per bouwblok	Hogere complexiteit door combinatie bouwblokken	Hogere complexiteit door combinatie bouwblokken en afhankelijkheid van Vattenfall	Hogere complexiteit door combinatie bouwblokken en afhankelijkheid van Vattenfall

Op basis van de uitkomsten van de verdiepfingsfase kunnen de volgende conclusies worden getrokken ten aanzien van het warmte- en koudeconcept:

- Voor het concept met warmtepompen op blokniveau geldt een hogere gelijktijdigheid van de warmtevraag door het kleinere aantal woningen per systeem. Hierdoor moeten de warmtepompen relatief groot gedimensioneerd worden en vallen de bijdrage aansluitkosten hoger uit dan bij een systeem op gebiedsniveau. Dit concept kent wel de laagste complexiteit aangezien er geen koppeling wordt gemaakt tussen de verschillende bouwblokken en de verschillende ontwikkelaars dus zelfstandig een systeem met bijbehorend exploitatiemodel kunnen realiseren;
- Het plaatsen van een warmtepomp op gebiedsniveau resulteert in de laagste bijdrage aansluitkosten voor ontwikkelaars. Het systeem scoort wel relatief slecht op het gebied van duurzaamheid en netbelasting. Daarnaast kent dit concept in vergelijking met een oplossing op blokniveau een hogere complexiteit door het realiseren van één systeem voor de verschillende bouwblokken en ontwikkelaars;
- Het warmtenet concept scoort relatief goed op het gebied van duurzaamheid, ruimtelijke impact, financiën en netbelasting. Wel gaat dit concept in tegen het gemeentelijk uitgangspunt dat nieuwbouw met lage-temperatuur (max 50 °C) verwarmd moet worden. Daarnaast is er bij dit concept een extra voorziening nodig voor het leveren van koeling en is er een afhankelijkheid van Vattenfall. In het perspectief van de Wet collectieve warmte is het denkbaar dat het warmtenet op termijn in publiek eigendom komt, maar er is nog geen zekerheid over de invulling hiervan. Een alternatief is om aan te sluiten op het warmtenet dat voorzien is in Elderveld-Noord mocht de realisatie daarvan aansluiten op de planning van het Laarkwartier;
- Het gebruik van de retourleiding van het stadswarmtenet geniet niet de voorkeur. Deze variant biedt op het gebied van duurzaamheid, financiën en ruimtelijke impact geen voordelen ten opzichte van het gebruik van de aanvoerleiding van het stadswarmtenet.

Daarnaast heeft de uitgevoerde studie de volgende inzichten opgeleverd:

- Het realiseren van een netbewuste ontwikkeling omvat het nemen van vraagreducerende maatregelen, efficiëntie omzetting van de warmtevraag en slimme sturing van vraag en aanbod. Indien nodig kunnen daarnaast batterijen en thermische buffers worden toegepast om de netbelasting verder te verlagen. Als laatste redmiddel kan lokale fossiele elektriciteitsproductie worden ingezet;
- Bij de concepten met een warmtenetaansluiting (aanvoer of retour) blijft het benodigde gelijktijdige elektrische vermogen voor het Laarkwartier onder het door Liander gecommuniceerde richtgetal van 1 kW per woning bij netbewust ontwerpen. Bij de concepten met warmtepompen op blok- of gebiedsniveau zijn aanvullende maatregelen nodig om onder het richtgetal te blijven;
- Binnen het huidige netcongestiemaatregelen is het mogelijk om alle benodigde elektriciteitsaansluitingen te krijgen die nodig zijn voor de woningen en aanvullende voorzieningen die voorzien zijn in het Laarkwartier. Dit geldt ook voor collectieve warmte en koudevoorzieningen, zoals warmtepompen en WKO-systemen, voor woningen, die een grootverbruikersaansluiting vereisen. Mogelijk moeten laadpunten voor elektrische auto's wel worden verspreid over meerdere kleine laadpleinen zodat er hiervoor geen grootverbruikersaansluitingen nodig zijn;
- Door de snel veranderende netcongestiesituatie is het denkbaar dat er in de komende jaren ook beperkingen voor kleinverbruikersaansluitingen voor woningen gaan gelden. Hierbij is het denkbaar dat er een bindend budget gaat gelden ten aanzien van het gelijktijdig vermogen per woning. In die situatie kunnen batterijen worden ingezet of laadpalen tijdens piekmomenten worden uitgeschakeld om de netbelasting voor het Laarkwartier omlaag te brengen;

8.2 Aanbevelingen

Op basis van bovenstaande conclusies worden de volgende aanbevelingen gedaan voor de ontwikkeling van het Laarkwartier:

- Het realiseren van één systeem voor de verschillende bouwblokken is wenselijk. Dit kan in de vorm van het concept op gebiedsniveau of door aansluitingen op het stadswarmtenet. De oplossing op gebiedsniveau resulteert in de laagste kosten voor ontwikkelaars, terwijl een aansluiting op het stadswarmtenet leidt tot een lagere CO₂-uitstoot, kleinere ruimtelijke impact en lagere netbelasting;
- Voor de realisatie van een gedeeld systeem is voorafgaand aan de uitgifte van de eerste bouwvelden actief regie vanuit de gemeente vereist. Dit kan door een concessie te verlenen aan een exploitant om een collectief systeem te realiseren voor het Laarkwartier. Bij gronduitgifte kan vervolgens als eis worden opgenomen dat woningen worden aangesloten op het gedeelde systeem;
- Blijf in nauw contact met de gemeente en landelijke en regionale netbeheerders. De netcongestiesituatie verandert snel, waardoor het denkbaar is dat er in de toekomst ook beperkingen voor woningbouw gaan gelden. Afhankelijk van de maatregelen die worden afgekondigd, is er voor de realisatie van de ontwikkeling mogelijk ruimte nodig voor bijvoorbeeld een batterij.

Bijlage 1 – Uitgangspunten warmte- en koude

Omschrijving	Waarde	Eenheid	Bron/toelichting
<i>Ruimteverwarming</i>			
Specifieke vermogensvraag	30	[W/m2]	
Vollasturen	1000	[-]	
Specifieke warmtevraag	30	[kWh/m2]	
Gelijktijdigheid	65%	[-]	Op gebiedsniveau (n=152)
<i>Warm tapwater</i>			
Appartement	5,6	[GJ/jaar]	
Grondgebonden woning	7,4	[GJ/jaar]	
Vermogensvraag	26,2	[kW]	
Gelijktijdigheid gebiedsniveau	0%	[-]	Opvangen met boilervaten
Gelijktijdigheid gebouwniveau	0%	[-]	Opvangen met boilervaten
<i>Koeling</i>			
Specifieke vermogensvraag	20	[W/m2]	
Vollasturen	600	[-]	
Specifieke koudevraag	12	[kWh/m2]	
Gelijktijdigheid gebiedsniveau	100%	[-]	Op gebiedsniveau, na realisatie fase 1 en fase 2
Gelijktijdigheid gebouwniveau	100%	[-]	Op gebiedsniveau, na realisatie fase 1 en fase 2

Bijlage 2 – Uitgangspunten technische uitwerking

Omschrijving	Waarde	Eenheid	
<i>Bodemenergiesysteem</i>			
SCOP Ruimteverwarming	3,0	[-]	
SCOP Warm tapwater	3,0	[-]	
SCOP Directe koeling	20,0	[-]	
COP Ruimteverwarming	3,0	[-]	
COP Warm tapwater	3,0	[-]	
SCOP distributiepompen	50,0	[-]	
COP distributiepompen	50,0	[-]	
SCOP WKO	30,0	[-]	
COP WKO	30,0	[-]	
<i>WKO systeem</i>			
Delta T WKO-bronnen warmte	5,0	[K]	
Delta T WKO-bronnen koude	8,0	[K]	
Maximaal debiet WKO-bron	150,0	[m3/h]	
Soortelijke warmte water	4186	[kJ/m3 K]	
<i>Droge koelers</i>			
Aantal vollasturen	1500	[-]	
COP	30	[-]	

Bijlage 3 – Uitgangspunten financiële uitwerking

Omschrijving	Waarde	Eenheid	Bron/toelichting
<i>Algemeen</i>			
Inflatie	2,00%	[-]	Aanname
Discontovoet	2,25%	[-]	Aanname
Stijging elektriciteitsprijs	2,00%	[-]	Aanname
Stijging warmtetarieven	2,00%	[-]	Aanname
Rendementseis	7,00%	[-]	Aanname
Vorbereidende kosten	10%	[-]	Kengetal Merosch
Onvoorziene kosten	15%	[-]	Kengetal Merosch
<i>Elektriciteitskosten</i>			
Verbruikstarief elektra grootverbruik	0,139	[€/kWh]	CBS, 2025
Verbruikstarief elektra kleinverbruik	0,185	[€/kWh]	CBS, 2025
Energiebelasting grootverbruik	0,039	[€/kWh]	CBS, 2025
Energiebelasting kleinverbruik	0,102	[€/kWh]	CBS, 2025
Elektriciteitsaansluiting	70	[€/kW/jaar]	O.b.v. tarieven Liander
<i>Warmtetarieven</i>			
Maximumtarief individuele aansluiting	4.340,04	[€/aansluiting]	ACM, 2025 (excl. BTW)
Huur afleverset	124,37	[€/jaar]	ACM, 2025 (excl. BTW)
Vastrecht warmte	447,26	[€/jaar]	ACM, 2025 (excl. BTW)
Vastrecht warmte bij lauw water	265,86	[€/jaar]	ACM, 2025 (excl. BTW)
Vastrecht koude	241,26	[€/jaar]	ACM, 2025 (excl. BTW)
Meettarief	27,11	[€/jaar]	ACM, 2025 (excl. BTW)
Warmtetarief	36,19	[€/GJ]	ACM, 2025 (excl. BTW)
<i>Investeringskosten</i>			
Elektriciteitsaansluiting	100	[€/kW]	O.b.v. tarieven Liander
WKO-systeem (opstartkosten)	115.000	[€/doublet]	Kengetal Merosch
WKO-systeem (variabele kosten)	2.300	[€/m ³ /h]	Kengetal Merosch
Bronleidingen	1.000	[€/m]	Kengetal Merosch
Droge koelers	230	[€/kW]	Kengetal Merosch
Individuele bodemwarmtepomp	18.000	[€/stk.]	Kengetal Merosch
Individuele luchtwarmtepomp	12.000	[€/stk.]	Kengetal Merosch
Individuele w/w warmtepomp	10.000	[€/stk.]	Kengetal Merosch
Collectieve w/w warmtepomp	550	[€/kW]	Kengetal Merosch
Collectieve l/w warmtepomp	650	[€/kW]	Kengetal Merosch
Afleverset voor ruimteverwarming, warm tapwater en koeling (incl. warmtemeter)	1.700	[€/stk.]	Kengetal Merosch
Inpandige distributiekosten laagbouw	2.500	[€/stk.]	Kengetal Merosch

Inpandige distributiekosten hoogbouw zonder blokverwarming	1.500	[€/stk.]	Kengetal Merosch
Inpandige distributiekosten hoogbouw met blokverwarming	722	[€/stk.]	Kengetal Merosch
Inpandige distributiekosten utiliteit	2.500	[€/stk.]	Kengetal Merosch
Warmteoverdrachtstation	120.000	[€/stk.]	Kengetal Merosch
Aansluitleiding per grondgebonden woning	3.500	[€/stk.]	Kengetal Merosch
Distributienet	1.000	[€/m]	Kengetal Merosch
Technische ruimte	1.200	[€/m2]	Kengetal Merosch
<i>Herinvesteringskosten (na 15 jaar)</i>			
Individuele bodemwarmtepomp	80%	[-]	Kengetal Merosch
Individuele luchtwarmtepomp	80%	[-]	Kengetal Merosch
Collectieve w/w warmtepomp	80%	[-]	Kengetal Merosch
Collectieve l/w warmtepomp	80%	[-]	Kengetal Merosch
Buffers, meet en regeltechniek	80%	[-]	Kengetal Merosch
Afleversets	100%	[-]	Kengetal Merosch
Inpandige leidingen	0%	[-]	Kengetal Merosch
WKO-systeem (opstartkosten)	20%	[-]	Kengetal Merosch
WKO-systeem (variabele kosten)	20%	[-]	Kengetal Merosch
WKO-leidingen (o.b.v. DN350)	0%	[-]	Kengetal Merosch
Droge koelers	20%	[-]	Kengetal Merosch
Elektriciteitsaansluiting	0%	[-]	Kengetal Merosch
Warmteoverdrachtstation	50%	[-]	Kengetal Merosch
Aansluitleiding per grondgebonden woning	0%	[-]	Kengetal Merosch
Distributienet	0%	[-]	Kengetal Merosch
Technische ruimte	0%	[-]	Kengetal Merosch
<i>Onderhoudskosten</i>			
Individuele bodemwarmtepomp	1%	[-]	Kengetal Merosch
Individuele luchtwarmtepomp	1%	[-]	Kengetal Merosch
Collectieve w/w warmtepomp	3%	[-]	Kengetal Merosch
Collectieve l/w warmtepomp	3%	[-]	Kengetal Merosch
Buffers, meet en regeltechniek	3%	[-]	Kengetal Merosch
Afleversets	2%	[-]	Kengetal Merosch
Inpandige leidingen	0%	[-]	Kengetal Merosch
WKO-systeem (opstartkosten)	2%	[-]	Kengetal Merosch
WKO-systeem (variabele kosten)	2%	[-]	Kengetal Merosch
WKO-leidingen (o.b.v. DN350)	0%	[-]	Kengetal Merosch
Droge koelers	3%	[-]	Kengetal Merosch
Elektriciteitsaansluiting	0%	[-]	Kengetal Merosch
Warmteoverdrachtstation	2%	[-]	Kengetal Merosch
Aansluitleiding per grondgebonden woning	0%	[-]	Kengetal Merosch

Distributienet	0%	[-]	Kengetal Merosch
Technische ruimte	0%	[-]	Kengetal Merosch

Bijlage 4 – Investerings- en exploitatiekostenramingen

De investeringskosten voor de concepten op blok- en gebiedsniveau zijn weergegeven in de onderstaande tabel. De resultaten dienen met een nauwkeurigheid van +/-25% te worden gelezen.

Tabel 0.1 - Overzicht investeringskosten voor de concepten op blok- en gebiedsniveau (prijspeil 2025, excl. BTW)

	Blokniveau	Gebiedsniveau
Totaal	€ 2.400.000	€ 2.200.000
Per woning	€ 16.000	€ 14.000

In de onderstaande tabel zijn de jaarlijkse exploitatiekosten voor de exploitant per kansrijk warmte- en koudeconcept weergegeven. De kosten zijn uitgesplitst naar energielasten en onderhoudskosten.

Figuur 0.1 - Overzicht jaarlijkse exploitatiekosten voor de concepten op blok- en gebiedsniveau (prijspeil 2025, excl. BTW)

	Blokniveau	Gebiedsniveau
Jaarlijkse onderhoudskosten	€ 30.000	€ 25.000
Jaarlijkse energielasten	€ 60.000	€ 55.000
Totale jaarlijkse exploitatiekosten	€ 90.000	€ 75.000
Totaal per woning	€ 600	€ 500

Merosch B.V.

Eendrachtsweg 3
2411 VL Bodegraven
0172 65 12 64

Monnikenpad 5
3817 VK Amersfoort
033 30 38 909

T 0172 65 12 64
E info@merosch.nl
I merosch.nl

KVK 27311612
BTW NL8224.23.066.B01
IBAN NL80 TRIO 0197 8235 99

