

Haalbaarheidsonderzoek warmtenet rondom Hof van Egmont



Project	19_09_Mechelen
Documentnr	19-09-RAP-1
Versie	A
Classificatie	Vertrouwelijk
Datum	31-oktober-2019
Auteur(s)	Niels Wouters Hartwin Leen

Inhoudsopgave

1	Aanleiding en context	4
2	Inzetten op warmtenetten	4
2.1	Achtergrond	4
2.2	Wat is een warmtenet en het potentieel	5
2.3	Voordelen van een warmtenet	5
2.3.1	Energie-efficiëntie	5
2.3.2	Verduurzaming warmte: toekomstbestendig	6
2.3.3	Ecologische voordelen	6
2.3.4	Ontzorging	6
2.3.5	Systeemvoordelen	7
2.3.6	Economische voordelen	7
2.4	Stappenplan warmtenet	7
3	Warmtevragers- en aanbieders	8
3.1	Studiegebied en actoren in de directe omgeving	8
3.1.1	Studiegebied	8
3.1.2	Actoren in het studiegebied	8
3.2	Karakterisering warmtevraag in het studiegebied	9
3.2.1	Lineaire warmtedichtheid	9
3.2.2	Gemiddeld verbruik per afnamepunt	11
3.3	Karakterisering van warmteaanbod in het studiegebied	12
3.3.1	Biomassa	12
3.3.2	Geothermie	13
3.3.3	Warmtekrachtkoppeling	18
3.3.4	Restwarmte	19
3.3.5	Riothermie	19
3.3.6	Oppervlaktewater	21
3.3.7	Seizoensbuffering van oppervlaktewater in combinatie met een KWO- installatie	27
3.4	Sleutelspelers in een collectief systeem	29
3.4.1	Overzicht van de sleutelspelers en opbouw van verbruiksgegevens	29
3.4.2	Verbruikssimulatie	31
4	Bron- en warmtenetconcepten	34
4.1	Bronconcepten	34
4.1.1	Concept 1: Warmtekrachtkoppeling	35
4.1.2	Concept 2: Koude- Warmte Opslag	36
4.1.3	Concept 3: Warmtekrachtkoppeling en Koude- Warmte Opslag	38
4.2	Distributienet concepten	40

5 Scenario analyse	42
5.1 Overzicht	42
5.2 Parameters en uitgangspunten scenarioanalyse	42
5.2.1 Niet-meer-dan-anders	42
5.2.2 Basis van vergelijking	43
5.3 Afweging	44
6 Conclusie en advies	46
7 Referenties	48

1 Aanleiding en context

De stad Mechelen neemt de klimaatuitdaging serieus. Het burgemeestersconvenant werd ondertekend en onder de noemer Mechelen Klimaatneutraal zijn al verschillende mooie initiatieven lopende. Daarbij is ook de vraag naar een duurzame invulling van de warmtevraag op het grondgebied erg relevant.

In het licht daarvan treedt de stad op als partner in een Europees Interreg-project SHIFFT. Daarbij wordt de rol van de lokale overheid als facilitator voor de transitie naar een fossielvrije maatschappij verkend, onder andere door de opmaak van een warmtevisie en warmtebeleid voor het grondgebied.

Er loopt een plan voor de ontwikkeling van een voormalige ziekenhuissite naar een nieuwe zorgbestemming. Door in deze fase de kansrijkheid voor een breder warmtenet, gevoed met duurzame warmte te onderzoeken, kunnen onderbouwde keuzes gemaakt worden. Mogelijk kan de reconversie de basis vormen voor een breder warmtenet in de buurt, met een grote meerwaarde binnen het lopende onderzoeksproject.

2 Inzetten op warmtenetten

Als bredere kader voor warmtenetten en hun plaats in Vlaanderen nemen we graag enkele relevante paragrafen over van de *leidraad warmtenetten voor lokale besturen* [1].

2.1 Achtergrond

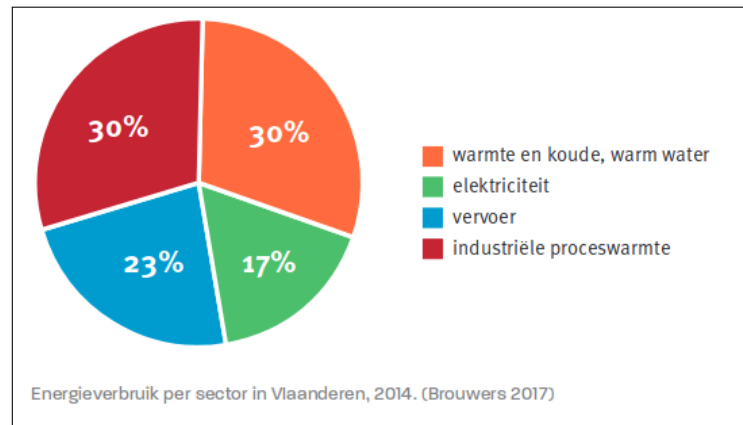
”De klimaatopwarming is één van de grootste uitdagingen in de menselijke geschiedenis. Wereldwijde actie is nodig om deze trend te keren. En Vlaanderen kan hierbij niet achterblijven.”

– Vlaamse klimaatresolutie –

Om de gevolgen van de klimaatverandering tegen te gaan, zullen we ons energiesysteem CO₂-neutraal moeten maken. Dat vraagt om een strategische aanpak, op lange termijn, met ambitieuze doelstellingen: een grondige energietransitie. Die is volop bezig, maar de aandacht ging in de voorbije jaren vooral naar groene stroom, duurzame warmte bleef in het debat wat in de schaduw staan. Nochtans is ons warmteverbruik in Vlaanderen met 60% veel groter dan ons elektriciteitsverbruik, met 17%.

In gebouwen neemt het energieverbruik voor ruimteverwarming en sanitair warm water zelfs vier vijfde van het totaal voor zijn rekening. Het grootste deel van de huishoudens gebruikt daarvoor gas of stookolie. De uitdaging om onze gebouwen in de toekomst te verwarmen zonder stookolie of aardgas, maar met klimaatneutrale technieken is dus zeer groot: om in 2050 een nul-uitstoot van CO₂ te bereiken, zullen jaarlijks zo'n 100.000 huishoudens hun warmtevoorziening moeten vergroenen.

We verbruiken niet alleen energie om onze woningen te verwarmen en sanitair warm water te maken, maar ook voor de verwarming van andere gebouwen: scholen, openbare gebouwen,



Figuur 1: Energieverbruik per sector in Vlaanderen

winkels, kantoren, bedrijven, zwembaden, rust-en verzorgingsinstellingen,... Daarnaast heeft de industrie ook proceswarmte nodig om producten te maken. Een ruimere kijk op de warmtevraag en de warmte productie kan onverwachte combinaties opleveren, zoals koeling waarvan de warmte in de zomer naar een zwembad gaat, of zelfs koelen met restwarmte, of warmte uit rioleringen voor collectieve woningverwarming.

2.2 Wat is een warmtenet en het potentieel

Een warmtenet (soms ook stadsverwarming genoemd, in het Engels “district heating”) brengt via ondergrondse, geïsoleerde buizen warmte uit één of meerdere centrale warmtebronnen naar meerdere warmteverbruikers. Het is dus een heel grote centrale verwarming op de schaal van een wijk, stad of zelfs regio. Koudenetten zijn een vergelijkbare oplossing voor de collectieve levering van koeling via een leidingnet aan grote afnemers.

De warmteklanten kunnen heel divers zijn: bedrijven, tertiaire sector, woningen, publieke gebouwen,... De warmte wordt via water onder druk (of via stoom, voor industriële warmte-uitwisseling) in een gesloten netwerk getransporteerd met aparte leidingen voor de aanvoer en de retour van warmte. Een warmtewisselaar bij de verbruikers levert de warmte aan de binneninstallatie, voor ruimteverwarming en sanitair warm water.

Het uitrollen van warmtenetten is geen doel op zich: een warmtenet is geen energiebron, maar “slechts” een transportmiddel van collectieve warmte. Het grote voordeel daarvan is dat een centrale hernieuwbare warmtebron ineens een groot aantal verbruikers verduurzaamt. Volgens onderzoek van Vito zijn warmtenetten wel een haalbare kaart voor de invulling van ruim 60% van de warmtevraag in Vlaanderen [2].

2.3 Voordelen van een warmtenet

2.3.1 Energie-efficiëntie

In vergelijking met de aparte individuele verwarmingsketels kan een warmtenet voor dezelfde hoeveelheid warmte minder energie verbruiken. Verschillende effecten spelen hierbij een rol:

VERTROUWELIJK

Kelvin Solutions - Oplossingen voor duurzame warmte en koude

- Hogere energie-efficiëntie in de centrale warmtebron door optimale verbrandingstechniek;
- Minder stilstandsverliezen dan bij aparte individuele warmteproductie via CV-ketels;
- Het nuttig gebruik van grootschalige warmtebronnen (WKK, restwarmte, diepe geothermie, ...);
- Het effect van de ongelijktijdigheid: het grootste deel van de tijd is er slechts een beperkt thermisch vermogen actief voor verwarming en warm water. De grotere schaal van een collectief systeem heeft daarvoor een kleiner totaal warmtevermogen nodig dan de som van alle individuele ketels.

2.3.2 Verduurzaming warmte: toekomstbestendig

Omdat de warmte centraal wordt opgewekt, is ook een collectieve verduurzaming mogelijk door vervanging van de bron, waarbij ineens alle aangesloten verbruikers duurzame warmte krijgen. Dit ecologische voordeel in combinatie met aantrekkelijke en stabiele warmteprijsen kan een hefboom zijn voor de lokale economie.

Bij een goed uitgekiend ontwerp van het warmtenet is de leidingdiameter groot genoeg voor toekomstige uitbreidingen, in zones waar nieuwe warmteverbruikers willen aansluiten.

2.3.3 Ecologische voordelen

CO₂-besparing door warmtenetten De warmte die een warmtenet levert heeft een lagere CO₂-uitstoot per eenheid, als rechtstreeks gevolg van de hogere energie-efficiëntie en de eventuele inschakeling van hernieuwbare warmtebronnen.

Vermindering van vervuilende uitstoot De decentrale schoorstenen verdwijnen. Bij een centrale bron (ook bij biomassaketel of verbrandingsoven) kan een efficiënte rookgasreiniging de uitstoot van andere vervuilende stoffen zoals fijn stof of stikstofoxiden minimaliseren ten opzichte van kleine individuele (biomassa)ketels of houtkachels.

2.3.4 Ontzorging

De externe levering van warmte “ontzorgt” de warmteverbruiker: er is weinig infrastructuur nodig in de aangesloten gebouwen, het gebeurt brandveilig (geen brandstoffen nodig) en zonder rookafvoer of andere overlast. Periodiek onderhoud van individuele CV-ketels of schouwen is ook niet meer nodig. De warmtelevering is betrouwbaar en de regeling van de comforttemperatuur gebeurt met de klassieke kamerthermostaat en/of thermostatische kranen.

2.3.5 Systemvoordelen

Eigen aan warmtenetten is dat het een grote investering vooraf betreft (zowel in tijd, mensen als kapitaal) en dat de terugverdieneffecten pas op lange termijn tot uiting komen. Eens de voorinvesteringen uitgevoerd zijn voor de collectieve infrastructuur en op voorwaarde dat de warmtedichtheid voldoende hoog is, bedraagt de (maatschappelijke) kostprijs van een extra individuele aansluiting een minimum.

Indien men ervoor zorgt om zowel langs aanbodzijde in te zetten op verschillende (type) warmtebronnen en langs vraagzijde op verschillende type vragers kan men tijdens exploitatie werken naar een goed uitgebalanceerde afstemming van aanbod op vraag en omgekeerd.

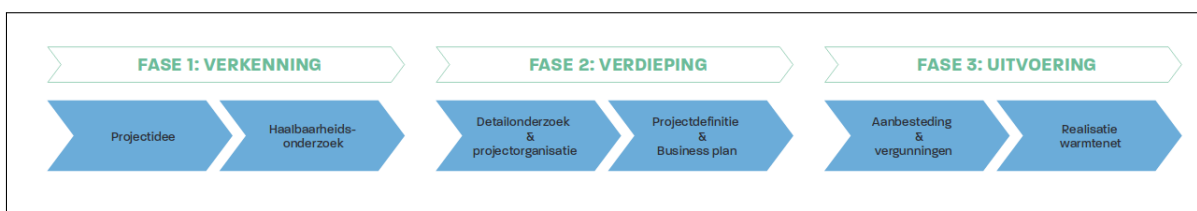
2.3.6 Economische voordelen

Vanuit Nederland komt het principe “niet meer dan anders” overgewaaid voor de prijs van warmte. Klanten van een warmtenet betalen nooit meer op hun jaarlijkse afrekening dan in vergelijking met individuele warmteproductie met dezelfde duurzaamheidswaarde, en vaak minder. Dit principe is niet wettelijk vastgelegd, maar wel een goede praktijk om vertrouwen te geven aan gebruikers.

Niet-meer-dan-anders als basis voor de businesscase wordt in hoofdstuk 5.2.1 in detail besproken.

2.4 Stappenplan warmtenet

In grote lijnen kunnen we het proces voor de uitrol van een warmtenet in 6 stappen opdelen waarbij we 3 fases onderscheiden.



Figuur 2: Stappenplan warmtenet

Deze opdracht kadert volledig binnen "Fase 1", de verkenningsfase. Het doel van een verkenningsfase is vanuit een geïdentificeerde kans of projectidee een haalbaarheidsonderzoek uit te voeren naar de kansrijkheid van een collectief warmte systeem in het desbetreffende gebied of regio.

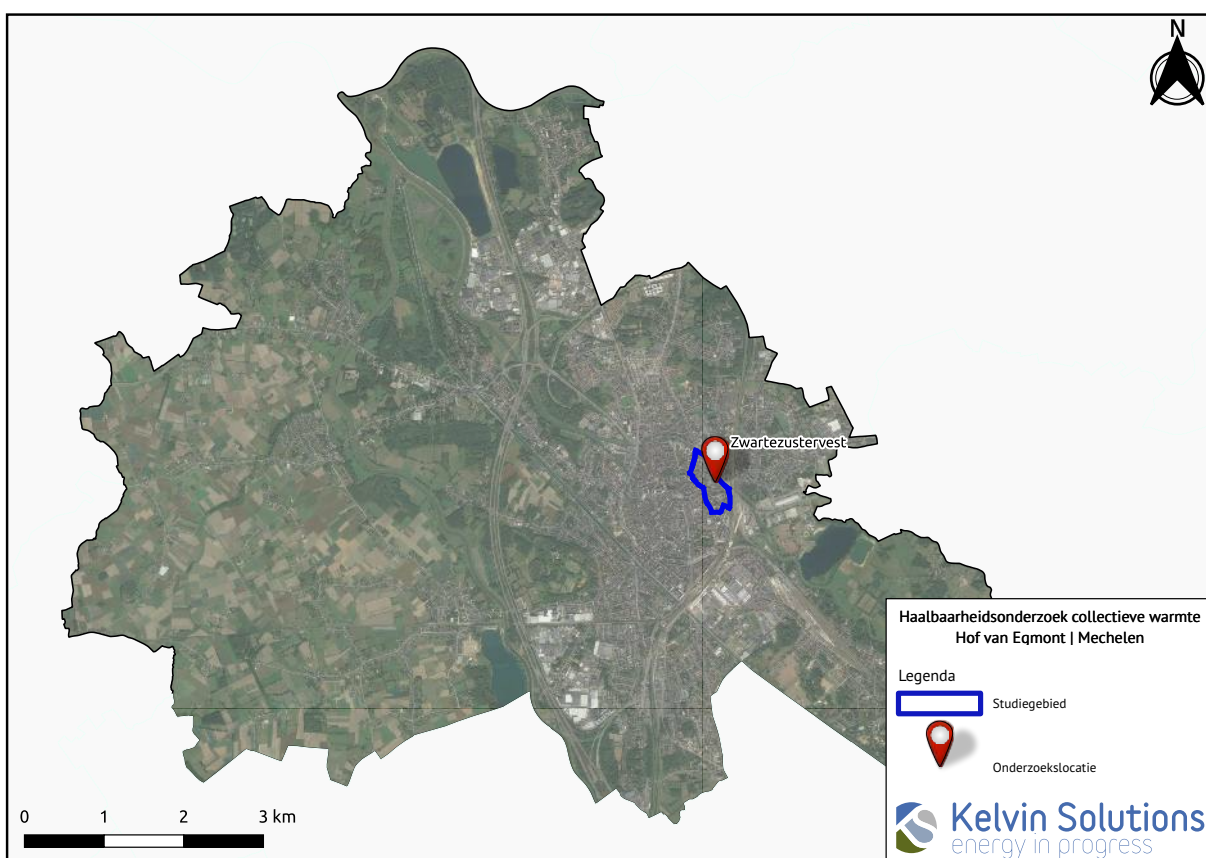
Na het uitvoeren van de haalbaarheidsanalyse kan op een gefundeerde basis overgegaan worden naar beslissingen te nemen of een collectief systeem (maatschappelijk) de beste keuze is voor het specifieke studiegebied.

3 Warmtevragers- en aanbieders

3.1 Studiegebied en actoren in de directe omgeving

3.1.1 Studiegebied

In deze analyse wordt de kansrijkheid van collectieve warmte in het gebied Zwartzustervest-Keizerstraat en de directe omgeving onderzocht, zoals getoond figuur 3. De haalbaarheidsstudie focust zich op de voormalige ziekenhuissite AZ Sint-Maarten, campus Zwartzustervest. Om kansen in de directe omgeving te identificeren, wordt het onderzoeksgebied ruimer genomen dan enkel de oorspronkelijke campussite.



Figuur 3: Onderzoeklocatie Zwartzustervest en Studiegebied Mechelen

3.1.2 Actoren in het studiegebied

Over de onderzoekslocatie loopt een uitvoerig traject naar de herbestemming- en herontwikkelingsmogelijkheden. In de voorliggende studie wordt enkel de evaluatie gemaakt naar kansen voor warmte. Er worden een aantal interessante actoren voor een collectief warmtesysteem geïdentificeerd (Figuur 4).

De eerste selectie werd uitgevoerd op basis van een screening van de omgeving. Hierbij werd in deze eerste benadering vooral gefocust op gebouwen die een aantal intrinsieke eigenschappen bezitten die kansrijk zijn voor de inkoppeling in een collectief warmtesysteem. Factoren die in overweging werden genomen zijn o.a. de locatie, warmtevraag, warmteprofiel,...

Het doel van deze eerste stap is het in kaart brengen van mogelijke verbruikers. In het vervolgtraject zal een shortlist van warmtegebruikers worden opgebouwd waarbij warmtegebruikers weerhouden of niet weerhouden worden op basis van restricties of obstakels die de businesscase negatief beïnvloeden.



Figuur 4: Belangrijke actoren in het studiegebied

3.2 Karakterisering warmtevraag in het studiegebied

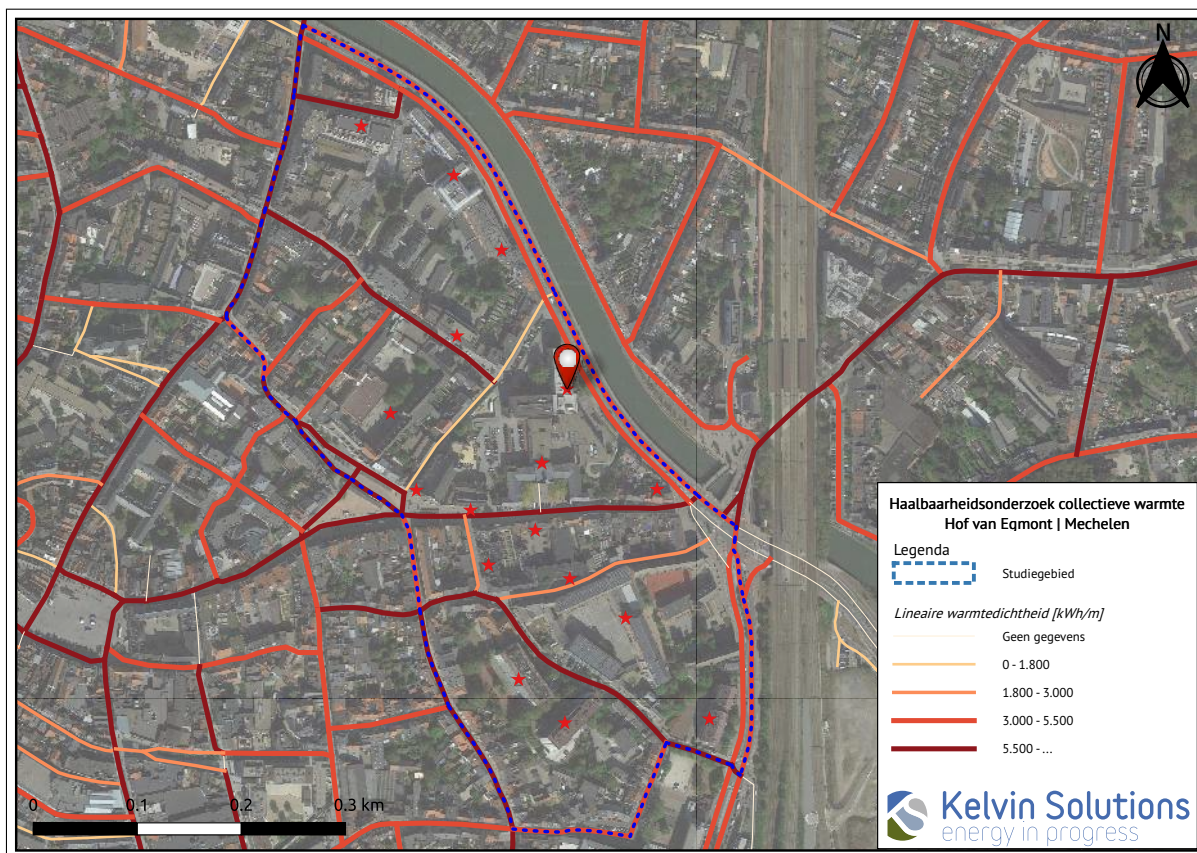
3.2.1 Lineaire warmtedichtheid

Als indicator voor de kansrijkheid van een warmtenet, baseren we ons in een verkennende analyse op de lineaire warmtedichtheid¹ in het betrokken gebied.

¹Lineaire warmtedichtheid is de verhouding van de warmtevraag tot de totale lengte van de verdeellicingen en wordt uitgedrukt in kWh of MWh per meter. Deze grootheid is een indicatief cijfer dat de economisch haalbaarheid van een warmtenet aangeeft voor een cluster van verbruikers.

VERTROUWELIJK

Kelvin Solutions - Oplossingen voor duurzame warmte en koude



Figuur 5: Lineaire warmtedichtheid in onderzoeksgebied - Mechelen

De intercommunale voor distributie van aardgas Fluvius stelt open verbruiksdata ter beschikking van de gemeenten waarin zij actief is. Daarbij wordt energieverbruik, geclusterd tot op straatniveau, publiek beschikbaar gesteld.

Op basis van deze informatie, die gecorrigeerd wordt voor aansluitpunten die geen gas verbruiken, kan in GIS een (uitgemiddelde) lineaire warmtedichtheid weergegeven worden die representatief is voor de warmtevraag van de totale straat (Figuur 5).

Vanuit literatuur worden typische richtwaarden aangegeven voor de kansrijkheid van een warmtenet in functie van lineaire warmtedichtheid [3], [4]. Hoe hoger de jaarlijkse warmtevraag, hoe energie intensiever het potentiële traject voor een warmtenet. Vanaf een verbruik >3 MWh/m is een warmtenet kansrijk, boven 1,8 MWh/m is de haalbaarheid afhankelijk van de context.

Door de vertaalslag te maken van gasverbruik naar de *lineaire warmtedichtheid* bekomen we dat de centrumzone van Mechelen op vlak van verbruiksgegevens kansrijk is voor een collectief warmtesysteem. Om de resolutie in de data laag te vergroten, is in deze screening een extra kansrijkheidscategorie toegevoegd; de > 5,5 MWh/m categorie ².

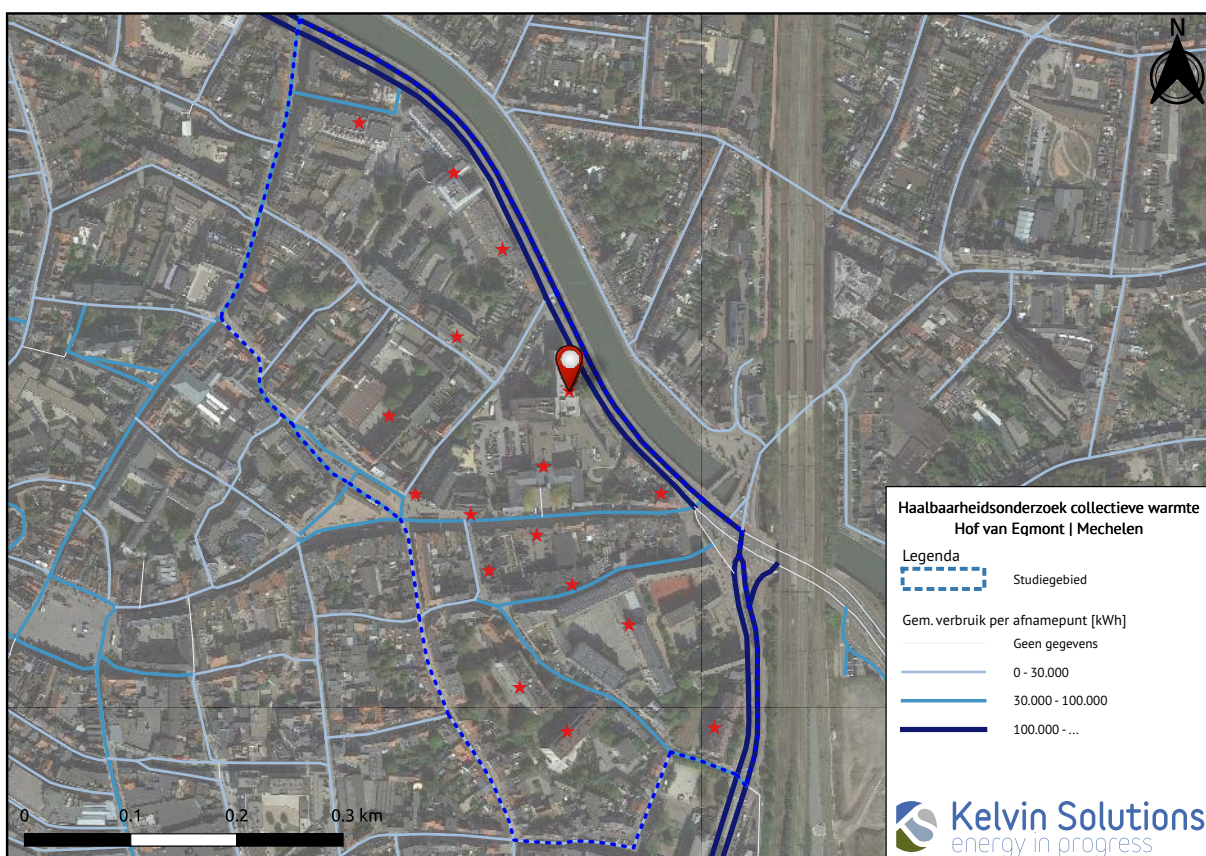
²Literatuur bestempelt een lineaire vraag > 3 MWh/m als voldoende kansrijk, dit kleurde quasi het gehele binnengebied van de Stad Mechelen in. Om toch nog een bijkomende prioritering aan te brengen, werd deze bijkomende drempel ingevoerd in de verbruiksgegevens op straatniveau

Uit figuur 5 valt de besluiten dat de directe omgeving rond de *Zwartzuster campus* een zeer hoog potentieel vertoont naar een collectief warmtesysteem op vlak van verbruiksgegevens. De lineaire warmtedichtheid wordt weergegeven op straatniveau waarbij grote verbruiken worden uitgemiddeld over de totale straatlengte. Hierbij kan het zijn dat bepaalde grootverbruikers het potentieel van een straat significant beïnvloeden, of anders gezegd, dat een aantal grootverbruikers ervoor zorgt dat de lineaire warmtedichtheid niet representatief is voor de gehele straat.

3.2.2 Gemiddeld verbruik per afnamepunt

Het gemiddelde verbruik per afnamepunt geeft in combinatie met de lineaire warmtedichtheid een completer beeld van de verbruikers in een straat. Een straat die onder de lineaire warmtedichtheid als kansrijk wordt beschouwd, maar die over een laag gemiddeld verbruik per afnamepunt beschikt, is een straat waar zich een groot aantal kleinere verbruikers bevinden. En waar het dus toch relatief lastig wordt om (bestaande) bebouwing aan te sluiten.

Een straat die kansrijk is onder de lineaire warmtedichtheid, en hoog scoort op vlak van gemiddeld verbruik, kan mogelijk eenvoudiger in te passen zijn in een collectief warmtesysteem.



Figuur 6: Gemiddeld verbruik per afnamepunt in onderzoeksgebied - Mechelen

3.3 Karakterisering van warmteaanbod in het studiegebied

3.3.1 Biomassa

De toepassing van biomassa kan rendabel, is volledig hernieuwbaar en technisch relatief eenvoudig uit te voeren. Temperatuurniveau van bron en gebruikers kan overeen komen, ook bij een toekomstige verdere uitbreiding van het warmtenet kan op een eenvoudige manier extra capaciteit worden bijgeplaatst (uitbreidbaarheid).

De duurzaamheid van het gebruik van biomassa als warmtebron wordt bepaald door de lokale beschikbaarheid en het initieel doel van de biomassa (mogelijke competitie met voedingsgewassen bijvoorbeeld). Biomassa omvat in dit werkstuk alle organisch materiaal dat afkomstig is van planten en/of dieren, bruikbaar als energiebron. Biomassa is beschikbaar in diverse vormen:

- vaste stoffen (oa. brandhout);
- vloeistoffen (biobrandstof);
- gassen (biogas).

Afhankelijk van de gebruikte materialen en technieken kan biomassa instaan voor de levering van warmte, elektriciteit of de combinatie van beide. De zinvolle biomassastroom uit houtkanten wordt ingeschat door Vito en OVAM op 266 ton / jaar, of ongeveer 638 MWh.

Verbranding van biomassa is een beproefde technologie. De energie-inhoud van houtsnippers is daarbij in belangrijke mate afhankelijk van het vochtgehalte (Tabel 1).

Tabel 1: Energie-inhoud houtsnippers [8]

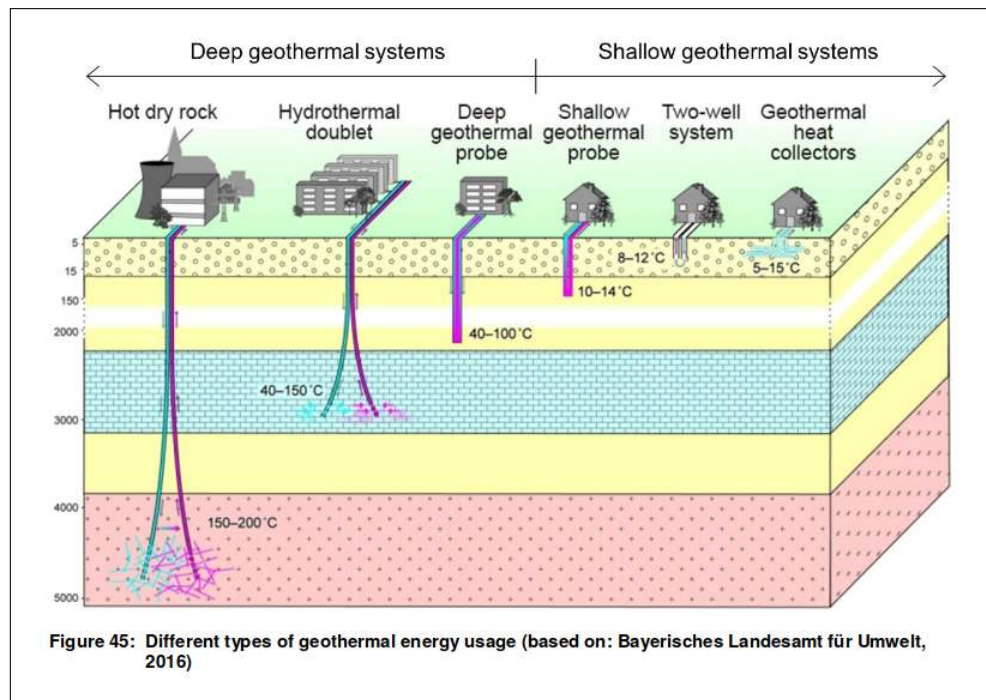
Vochtgehalte [%]	Energie-inhoud [MJ/kg]	Energie-inhoud [kWh/kg]
0	18,00	5,00
35	11,00	3,06
60	6,00	1,67

De Stad Mechelen heeft een relatief hoog potentieel voor toepassing van biomassa uit houtkanten. Daarnaast kunnen ook andere bronnen van bos- en groenbeheer mogelijk aangesneden worden.

Hoewel een collectief warmtesysteem op basis van biomassa kansrijk is, wordt biomassa in het vervolgtraject niet weerhouden. Een warmtesysteem hoofdelijk gevoed door biomassa zal een extra belasting met zich mee brengen door transport, waarbij op piekmomenten in de wintermaanden dagelijkse leveringen van biomassa noodzakelijk zijn. De site bevindt zich in de binnenstad, met plannen om auto's te weren, wat frequente transporten mogelijk niet wenselijk maken.

3.3.2 Geothermie

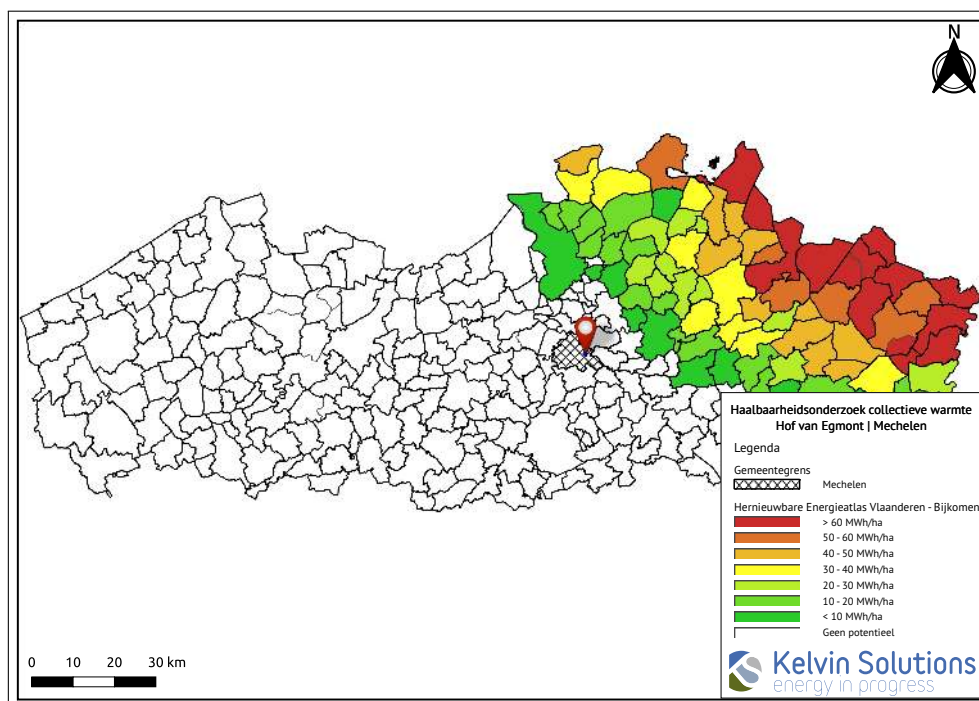
Geothermie omvat alle technologieën die gebruik maken van warmte uit de bodem. Geothermie wordt onderverdeeld in twee hoofdvormen: diepe geothermie en ondiepe geothermie. Diepe geothermie maakt gebruik van warmte op een diepte groter dan 500m. De mogelijkheden voor diepe geothermie zijn sterk afhankelijk van de dieper gelegen aardlagen (Figuur 7)



Figuur 7: Overzicht geothermie

Het **diep Geothermisch potentieel** werd voor de Vlaamse provincies in kaart gebracht in kader van het Europese GeoHeat APP project . Het thermisch vermogen van een geothermisch systeem is afhankelijk van twee geologische factoren: de energie-inhoud van het water en het debiet dat geproduceerd kan worden. Het geothermische potentieel werd berekend voor een zogenaamde geothermisch doublet waarbij water onttrokken wordt uit een watervoerende laag en het afgekoelde water vervolgens in dezelfde laag wordt teruggevoerd. In zulk systeem wordt gebruik gemaakt van de natuurlijke doorlatendheid van het gesteente.

De Stad Mechelen beschikt over een ondergrond die niet geschikt is voor diepe geothermie. Diepe geothermie wordt vervolgens niet verder in beschouwing genomen (Figuur 8).



Figuur 8: Inschatting van de kansen voor diepe geothermie in Mechelen

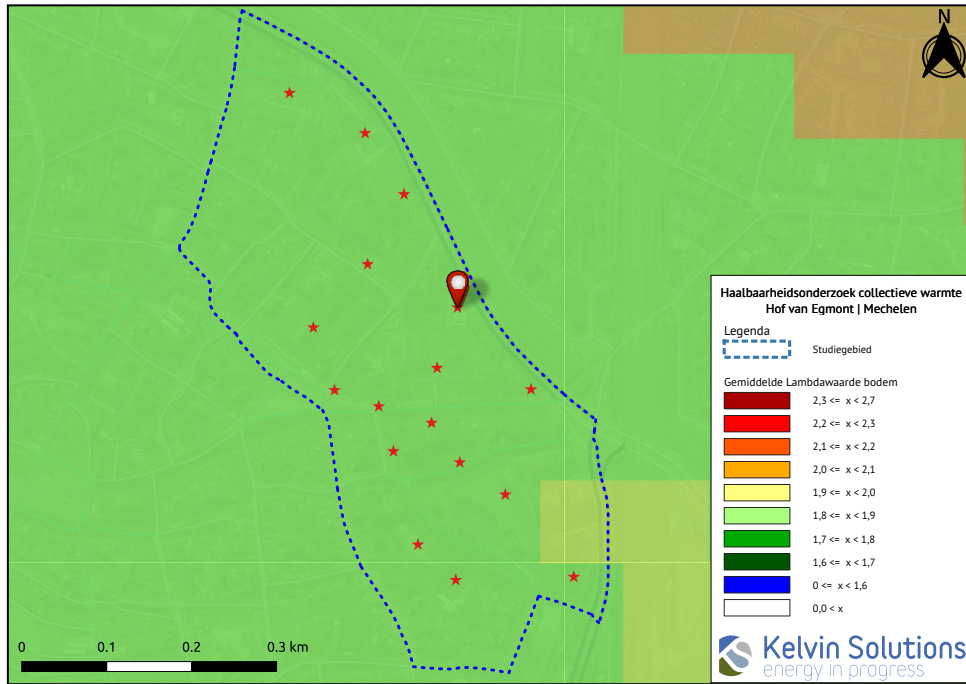
Ondiepe geothermie maakt gebruik van warmte op een diepte tussen 10m en 200m. De temperatuur is relatief constant, maar ook relatief laag, bijvoorbeeld tussen 12 en 14°C.

Als er voor ondiepe geothermie beroep wordt gedaan op ondergrondse waterdoorlatende lagen, een *open systeem*, dan spreekt men van een *Koude-WarmteOpslag (KWO)*. Gebruikt men de thermische geleidbaarheid als warmtemedium, een *gesloten systeem*, spreekt men *BoorgatEnergieOpslag (BEO)*.

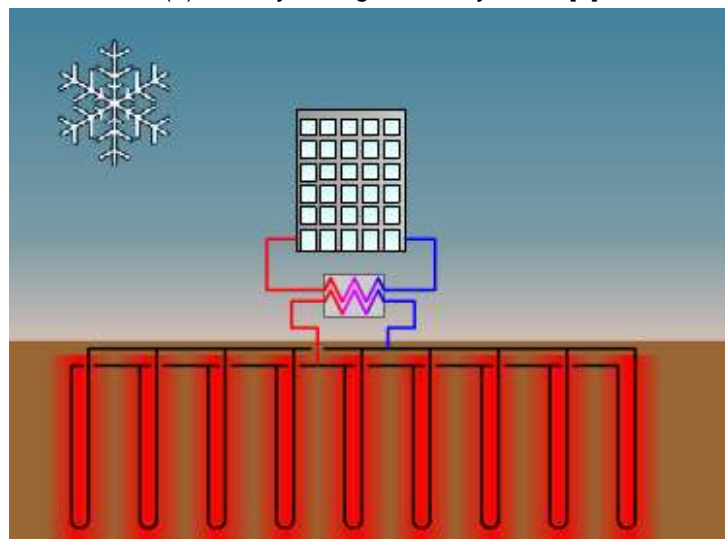
Het studiegebied beschikt over een ondergrond profiel met een lage tot gemiddelde thermisch geleidbaarheid zoals te zien is in Figuur 9a. Ondiepe geothermie volgens een gesloten systeem is toepasbaar maar vraagt voor de implementatie hogere investeringen t.o.v. eenzelfde energievraag bij een ondergrondprofiel met een hogere thermische geleidbaarheid omdat het captatienet groter dient voorzien te worden. Binnen het grondgebied van de Stad Mechelen zijn er sterke variaties op vlak thermische geleidbaarheid op te merken, zo varieert de thermische geleidbaarheid tussen de 1,8 W/mK tot 2,4 W/mK. Voor de aanleg van een BEO-captatienet worden de investeringen quasi lineair gewijzigd met het een wijziging in het benodigd vermogen. Elke boring in de desbetreffende ondergrondstructuur, zal met een bepaalde diepte in staat zijn om een bepaald vermogen te leveren. Een opschaling van het benodigd vermogen, resulteert in een bijkomende boringen en de integratie van de verticale bodemwisselaar. De kostprijs voor eventuele bijkomende boringen is bijgevolg nagenoeg gelijk aan de eerste boringen wat maakt dat voor een extra vermogen geen investeringsvoordeel wordt bekomen (in tegenstelling tot een KWO-installatie). Voor de bronboringen dienen bepaalde afstandenregels gerespecteerd te worden waardoor de beschikbare perceeloppervlakte voor een restrictie zorgt in het maximum vermogen dat beschikbaar is op de locatie.

VERTROUWELIJK

Kelvin Solutions - Oplossingen voor duurzame warmte en koude



(a) Kansrijkheid gesloten systeem [9]



(b) Principeschema BEO

Figuur 9: Ondiepe geothermie: gesloten systeem | Mechelen

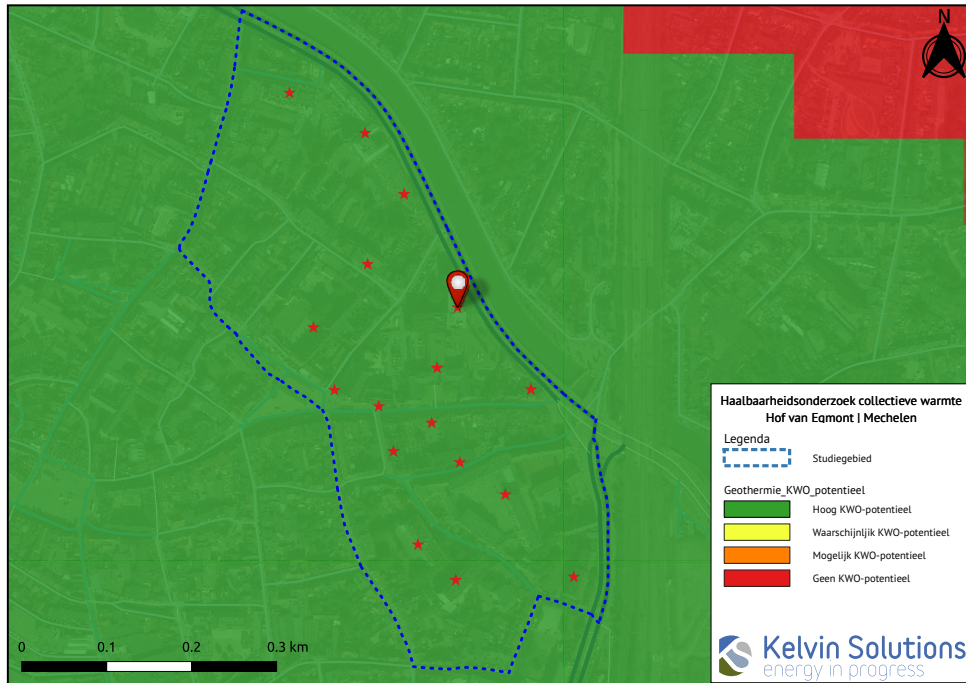
Het studiegebied beschikt over een ondergrond profiel met hoog potentieel voor een open geothermisch systeem zoals te zien is in Figuur 10a. Binnen het grondgebied van de Stad Mechelen zijn sterke variaties op te merken naar kansrijkheid voor KWO gaande van "Geen KWO-potentieel" tot een "Hoog KWO-potentieel" over een afstand van ongeveer 250 m.

Voor het studiegebied wordt ondiepe geothermie volgens het open bron principe (KWO) in overweging genomen als mogelijke bronsysteem. Het toepassen van een warmtepomp is mogelijk economisch haalbaar maar is sterk afhankelijk van de context en van het type gebruikers. Zo zal de de kost van boringen alsook de nood aan koeling bij (nieuwe) gebruikers een belangrijke hefboom zijn. De technologie is in grote mate hernieuwbaar, en is mooi valoriseerbaar in EPB.

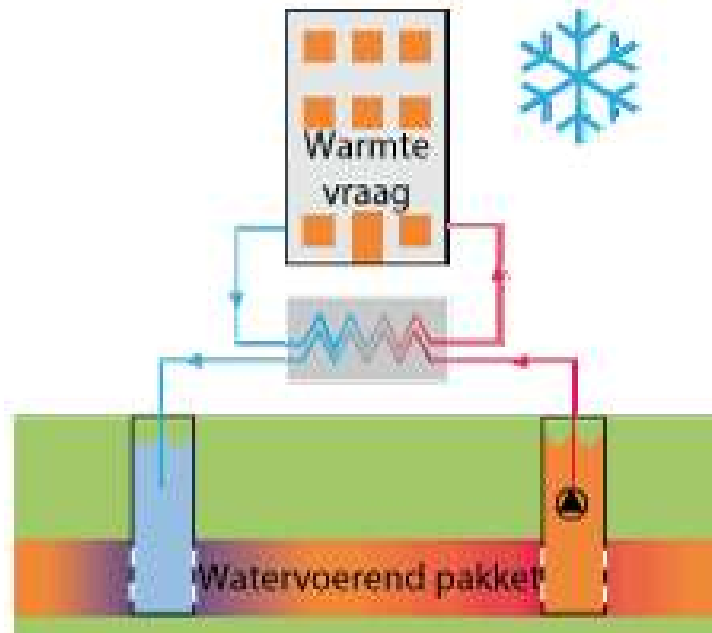
Aansluiting van hoge temperatuursgebruikers is echter nefast voor rendementen, en er dreigt zich een lock-in scenario voor te doen waarbij latere verdere uitbreiding van het net in het gedrang kan komen.

Ondiepe geothermie op basis volgens het gesloten systeem wordt niet weerhouden in het volgtraject van deze haalbaarheidsanalyse voor het studiegebied gezien een lager potentieel in vergelijking met een open systeem.

Door de grote variatie van de kansrijkheid voor ondiepe geothermische systemen in de Stad Mechelen, dient deze afweging per studiegebied worden geëvalueerd. In een vervolgtraject is het sterk aanbevolen om een geologisch vooronderzoek uit te voeren zodat alle fysiologische parameters van de ondergrond gekend zijn.



(a) Kansrijkheid open systeem [9]



(b) Principeschema KWO

Figuur 10: Ondiepe geothermie: open systeem | Mechelen

3.3.3 Warmtekrachtkoppeling

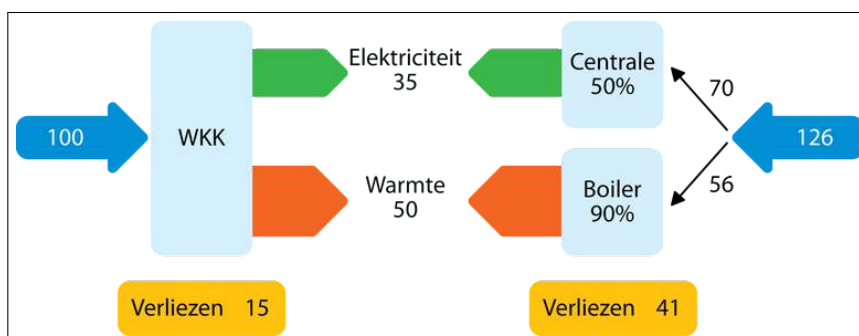
Warmtekrachtkoppeling (WKK) is een technologie waarbij gelijktijdig warmte en elektriciteit geproduceerd wordt met behulp van een motor of turbine. Dit kan op basis van een fossiele brandstof (typisch aardgas) of met hernieuwbare brandstof (biogas of biomassa). Een WKK op fossiele brandstof is op zich geen hernieuwbare technologie, maar zorgt toch al voor een energiebesparing van 15 tot 25%, en wordt daarom ook actief ondersteund als duurzame technologie. Daardoor biedt de technologie kansen in de transitie naar duurzame warmte: een WKK kan zorgen voor de eerste clustering van warmtevraag op een rendabele manier. Door een goede ruimtelijke inplanting van deze installatie kan zowel lokale elektriciteit als duurzame warmte geproduceerd (en gebruikt) worden. Ondertussen kan verder worden gezocht naar een meer duurzame energiebron voor de WKK en/of voor het warmtenet om op termijn een verdere stap te zetten in de verduurzaming van aangesloten gebruikers. Het toepassen van een warmtekrachtkoppeling (WKK) is potentieel rendabel, is valoriseerbaar in EPB en past als stapsteen in een overkoepelend masterplan.

Bijkomend voordeel van een WKK t.o.v. andere technologieën is dat een WKK warmtelevering op hoge temperatuur toelaat, niet onbelangrijk voor de uitrol van een warmtenet. Vele, typisch oudere, verbruikers beschikken over een afgifte systeem op hoge temperatuur wat met de huidige stand van technologie soms moeilijk verenigbaar is met bv. een warmtepomp.

Door een WKK te integreren kan een toekomstige renovatie/aanpassing naar een lage temperatuur afgifte mee opgenomen worden in een meerjarenplan van de verbruikers om zo de verbruikers “future proof” te maken naar een andere technologie welke meer baat heeft van lage temperatuur afgifte systemen. Hierdoor wordt de rol van een WKK als transitietechnologie verder onderstreept.

Nadeel van deze technologie is dat een WKK-systeem geen invulling geeft voor een eventuele koelvraag.

Figuur 11 toont het principeschema van een WKK-opstelling. Door een gecombineerde decentrale opwekking van zowel warmte als elektriciteit wordt primaire energie bespaard. Uit de principeschets valt op te merken dat voor een gescheiden productie van eenzelfde hoeveelheid gewenste warmte en elektriciteit, 26 eenheden primair dienen toegevoegd te worden.



Figuur 11: Principeschema WKK

De WKK technologie wordt als optie mee in overweging genomen het vervolgtraject van dit studiewerk, zeker omdat een belangrijke lokale elektriciteitsvraag te voorzien is in de (toekomstige) zorgfunctie. Zo kan het systeem een belangrijke stapsteen vormen in een transitietraject.

3.3.4 Restwarmte

Restwarmte wordt door het Vlaams Energie Agentschap gedefinieerd als proceswarmte die vrijkomt uit een proces dat niet tot doel heeft warmte, elektriciteit of mechanische energie te produceren en dat niet stuurbaar is in functie van de warmtevraag. Restwarmte is afhankelijk van de kwaliteit, kwantiteit en gelijktijdigheid een zeer dankbare warmtebron. In de directe omgeving van het studiegebied zijn geen mogelijke restwarmtebronnen uit aanwezig die rechtstreeks in een collectief systeem kan worden geïntegreerd.

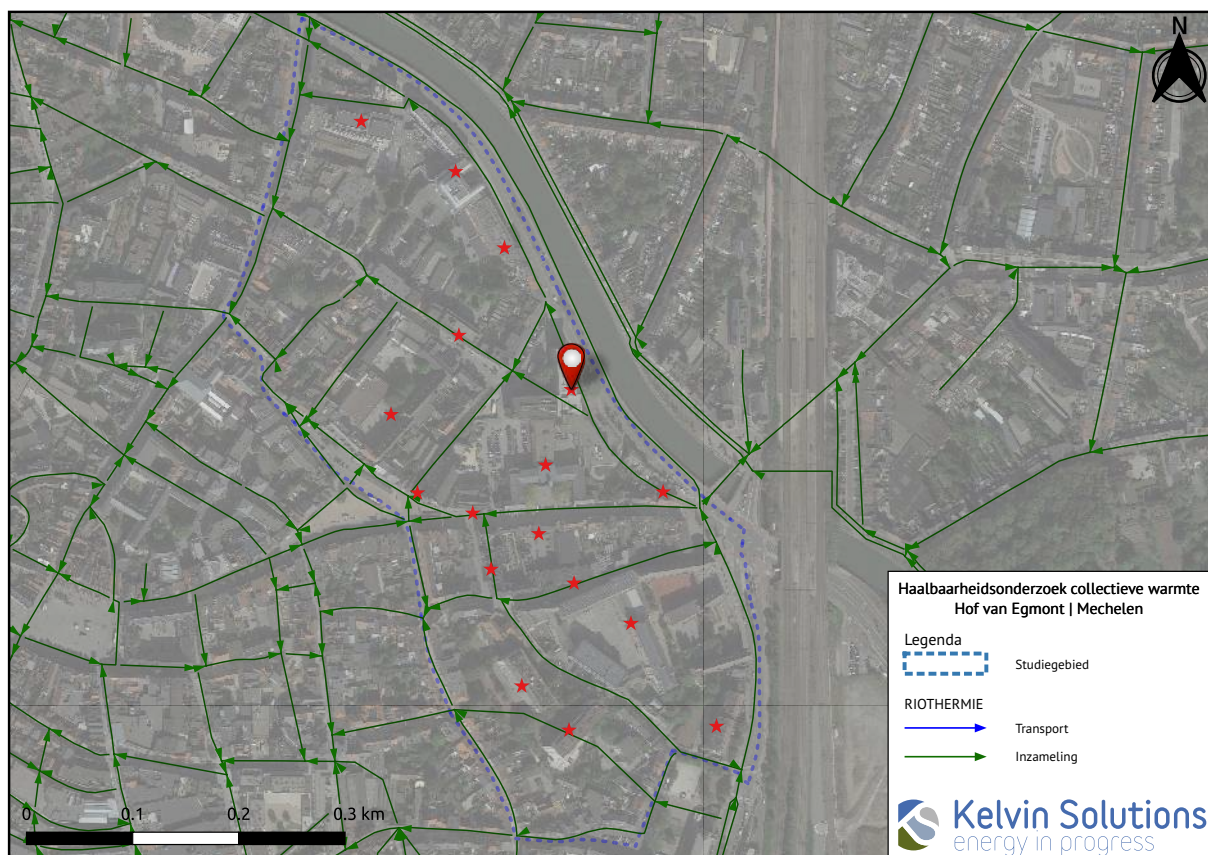
Op basis van de kwalitatieve afweging wordt restwarmte weerhouden in het vervolg van deze analyse.

3.3.5 Riothermie

Riothermie omvat de recuperatie van warmte uit afvalwater, bijvoorbeeld vanuit rioleringscollectoren of het benutten van beschikbare warmte bij rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI).

De Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) voerde recent meer gedetailleerd studiewerk uit rond riothermie in Vlaanderen [6]. De droogweerafvoer (DWA)³ is daarbij bevestigd als belangrijk kengetal, er is immers nood aan voldoende en continu debiet om als warmtebron te fungeren. De studie van VMM stelde vast dat een minimumdiameter van DN300 en een minimum debiet van 10 l/s vereist zijn bij droogweerafvoer om een volwaardig riothermie project te kunnen realiseren. Deze richtcijfers komen overeen met een riolering voor ongeveer 6.000 inwoners of 2.400 wooneenheden, gerekend aan 2,4 inwonersequivalent (IE) per wooneenheid. Op basis van deze vuistregel kan in praktijk gestart worden met de zoektocht naar riothermie projecten bij gemeentes met minstens 10.000 inwoners. De gevraagde debieten komen voornamelijk terug bij de rioolwater transportleidingen.

³*Droogweerafvoer* Is het gedeelte van het rioelstelsel dat uitsluitend wordt gebruikt voor het verzamelen en afvoeren van vuilwater van woningen, bedrijven,... bv. sanitair afvalwater; geen hemel(regen)water



Figuur 12: Inschatting van de kansen voor riothermie voor het studiegebied | Mechelen.

Figuur 12 toont de aanwezigheid van een enkel verzamelingsleidingen in en rond het studiegebied. Op vlak van aanwezige infrastructuur (transportleiding in directe omgeving) lijkt het uitwerken van een riothermieproject niet kansrijk. Bijkomend is de waterzuiveringsinstallatie (Blarenberglaan) op een behoorlijke afstand wat ervoor zorgt dat effluent stromen niet haalbaar kunnen worden aangewend.

Om de warmte uit een rioolwater stroom te capteren wordt een warmtewisselaar geïntegreerd in het rioolsysteem. Hierin zijn verschillende warmtewisselaar configuraties mogelijk, figuur 13 toont een aantal voorbeelden.



(a) Riothermie Rotterdam



(b) Riothermie Berlijn



(c) Collector in afvoerbuis

Figuur 13: Voorbeelden van Riothermie

Riothermie wordt bijgevolg niet weerhouden in de vervolgoopbouw van deze analyse.

3.3.6 Oppervlaktewater

Thermische energie uit oppervlaktewater is het gebruiken van duurzame warmte en/of koude die aan oppervlaktewater kan onttrokken worden. Deze warmte en/of koude zijn bij uitstek geschikt om gebouwen en ruimten te verwarmen en te koelen. De technologie om warmte en koude uit het oppervlaktewater te winnen, op te slaan en te distribueren, is volwassen en wordt al op verschillende plekken op commerciële basis toegepast. Meestal wordt gebruik gemaakt van koude- warmteopslag (KWO) in de bodem om de levering seizoenafhankelijk te maken. Deze technologie wordt ingezet in combinatie met een warmtepomp waardoor vooral verbruikers op een lage temperatuur als afgifte geschikt zijn [10].

Voor een warmteproject met bestaande gebruikers, wordt een hoog temperatuur niveau verwacht om bestaande verwarmingsinstallaties aan te kunnen sluiten. Het temperatuurverschil tussen warmtebron en gebruikstemperatuur dient overbrugd te worden door een warmtepomp. Hoe groter dat verschil, hoe lager het rendement van die warmtepomp, en hoe lager de rendabiliteit van een bijhorend warmteproject.

Het rendement van de installatie heeft een rechtstreekse correlatie met de temperatuur van het oppervlaktewater op het moment van energie de uitwisseling en het beschikbaar volume aan oppervlakte water.

VERTROUWELIJK

Kelvin Solutions - Oplossingen voor duurzame warmte en koude

Van oudsher wordt de stad Mechelen gekenmerkt door de aanwezigheid van oppervlakte water. Plattegrondkaarten van de stad Mechelen uit 1775 (figuur 14) toont de aanwezigheid van de Dijle rond de stadskern en noteren we in de stadskern de aanwezigheid van verschillende vlieten ⁴.



Figuur 14: Oppervlaktewater van oudsher in Mechelen

In het vervolg gedeelte van dit hoofdstukken zullen we de kansrijkheid van het oppervlakte-water in en rond het studiegebied evalueren en met name de *Afleidingsdijle* en de *vliet Lange Heergracht*.

⁴ *Vliet* "Een vliet is een al dan niet natuurlijke en dan soms gekanaliseerde kleine waterloop. Tot het begin van de 20e eeuw was Mechelen ervan doorspekt.-- <https://mechelen.mapt.be/wiki/Vliet>

Oppervlaktewater: De Dijle

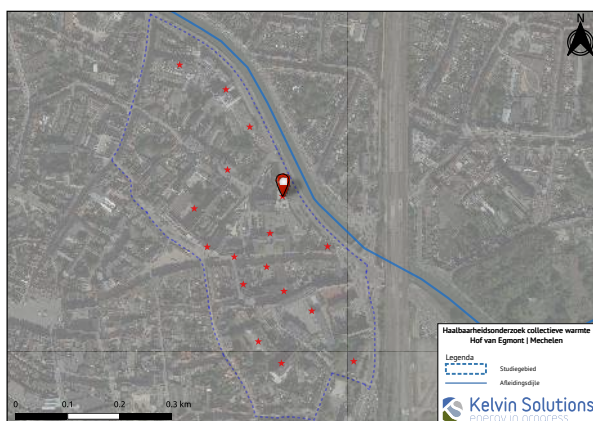
In de directe omgeving van het studiegebied is de Afleidingsdijle gelegen (Figuur 15a)

Bij evaluatie van de eigenschappen van het oppervlaktewater, kan worden opgemerkt dat zowel de temperatuur als het niveau sterk onderhevig zijn aan schommelingen (Figuur 16a en Figuur 16b).

De Dijle is een getijdenstroom waarbij het niveau onderhevig is aan schommelingen en 2x per dag de getijdencyclus mee volgt ⁵.

De temperatuur van de Dijle zoals gemeten ter hoogte van Mechelen werd niet teruggevonden in publieke data. De temperatuur van andere meetpunten in het Scheldebekken zijn wel publiek toegankelijk, bv. de Zenne (meetpunt Epepegem) en de Rupel (meetpunt Klein Willebroek). De Zenne mondt uit in de Dijle, waarna de Dijle uitmondt in de Rupel. Bijgevolg hebben de meetpunten een directe correlatie met de temperatuur van de Dijle en geven deze een goed algemeen beeld van een mogelijks temperatuurverloop en kan deze daarom gebruikt worden in een eerste benadering.

In de temperatuurprofielen zien we een typisch seizoensprofiel terugkomen, een lage temperatuur in de winter en een relatief hogere temperatuur in de zomerperiode.



(a) Oppervlaktewater in het studiegebied

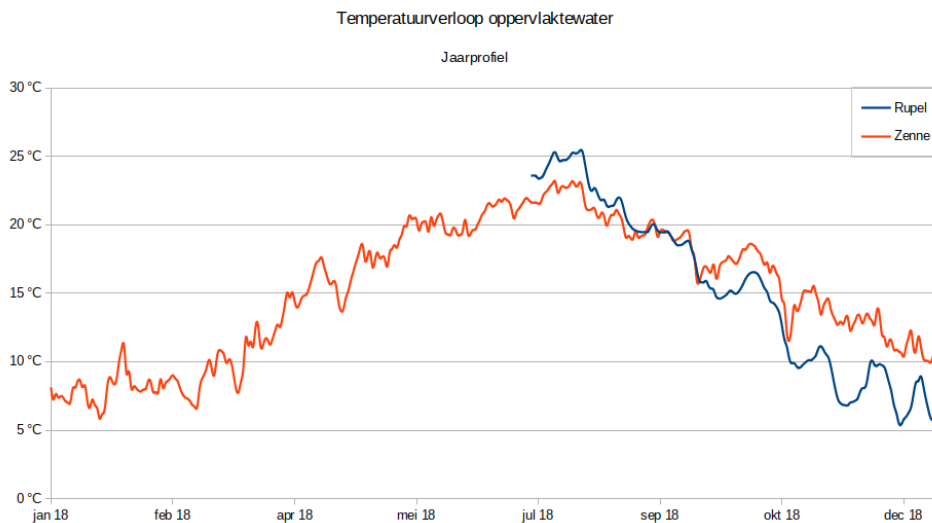


(b) Afbeelding van De Dijle

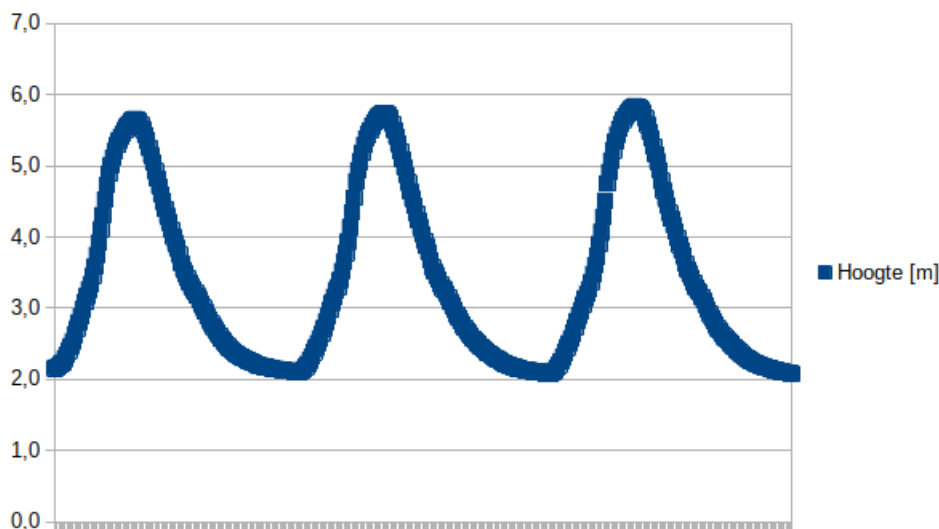
Figuur 15: De Dijle in het studiegebied

Grote temperatuurvariaties ondermijnen een rechtstreeks gevoed systeem met oppervlaktewater. De momenten waarop de koelvraag maximaal is, is het moment waarop het oppervlaktewater zijn maximale temperatuur heeft. Daartegenover staat dat op momenten waarop de warmtevraag maximaal is, het oppervlakte water op de minimale temperatuur is. De seizoens-temperatuurschommelingen van het oppervlaktewater werken nadelig op het totaalrendement van de installatie.

⁵Via de sluiswerking kan het niveau in de Afleidingsdijle worden bijgestuurd.



(a) Temperatuursprofiel Rupel en Zenne



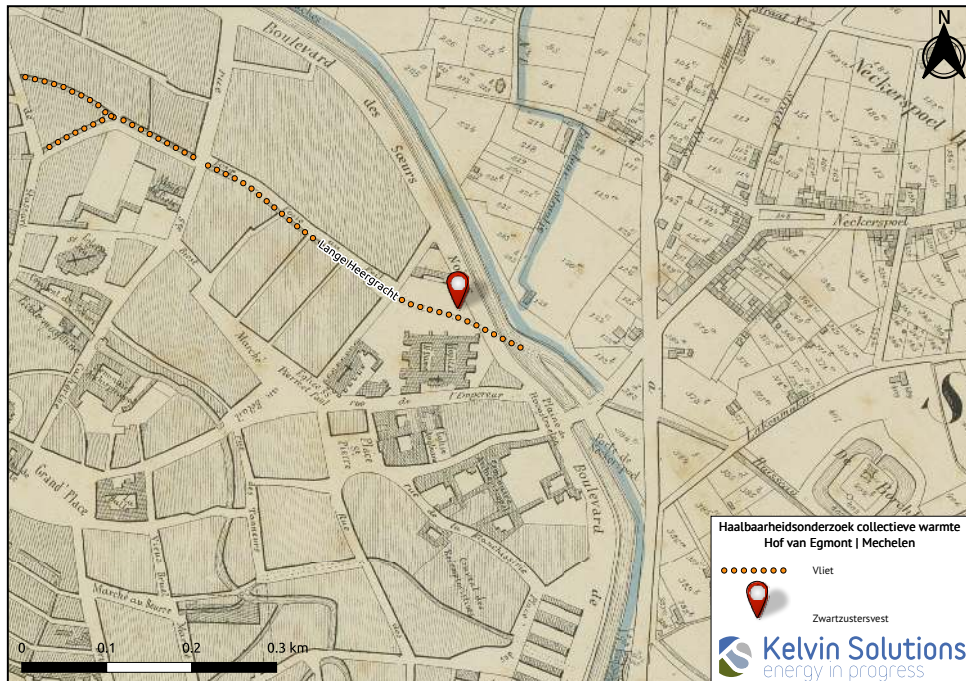
(b) Water niveau in de Dijle volgens getijdencyclus

Om een systeem te verkrijgen dat efficiënt seizoenonafhankelijk kan fungeren, wordt thermische energie opgeslagen in de ondergrond door gebruik te maken van een KWO-installatie. Zoals weergegeven in hoofdstuk 3.3.2 is de bodem in het studiegebied kansrijk om een KWO-installatie toe te passen. De combinatie van de seizoensbuffering van oppervlaktewater en een KWO-installatie wordt verder uitgewerkt in hoofdstuk 3.3.7.

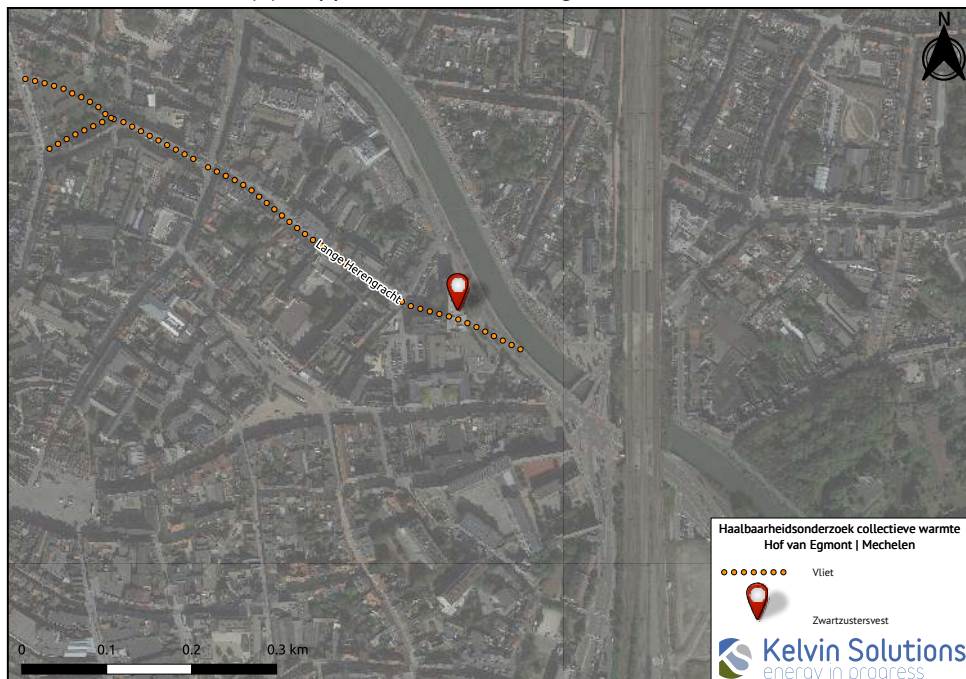
Oppervlaktewater: vliet Lange Heergracht

Een vliet is een al dan niet natuurlijke en dan soms gekanaliseerde kleine waterloop. Deze waren tot he begin van de 20ste eeuw veelvuldig aanwezig in de stadskern van Mechelen [11].

De vlieten zijn duidelijk aanwezig op de eerste de kadastrale Popp-kaarten uit halverwege de 19de eeuw. Figuur 17a toont de historische positie waarbij figuur 17b de positie van de vliet reflecteert naar de huidige positie.



(a) Popp-kaarten halverwege 19de eeuw



(b) Vliet Lange Heergracht huidige situatie

VERTROUWELIJK

Net zoals bij het oppervlaktewater van de Dijle, is de bruikbaarheid van een vliet sterk afhankelijk van zijn fysiologische grootheden; watertemperatuur en debiet. Door de industrialisering en de sterke toename van de bevolking in de 19e eeuw waren de vlietjes open riolen geworden en een bron van epidemieën. Hierdoor werd in het begin van de 20ste eeuw, na de gemeenteraadsbeslissing uit 1893, grote werken ondernomen waarbij vele vlietjes werden voorzien van rioolbuizen en daarna gedempt of overwelfd [12].

"Stad Mechelen wil het water terug zichtbaar en beleefbaar maken. Water wordt opnieuw een meerwaarde in het straatbeeld en draagt bij tot de kwaliteit van het stadsleven. De laatste tien jaar onderging het openbaar domein van de binnenstad dan ook een metamorfose waarbij water steevast een belangrijke plaats inneemt."

– Stad Mechelen –

Het studiegebied wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van de Lange Heergracht vliet, waarbij het beginstuk van de vliet eind 2015 terug werd opgelegd in het straatbeeld (Figuur 18)



Figuur 18: Geopende Vliet Lange Heergracht

Het overige gedeelte van de vliet blijft aanwezig als riolering, waarbij de vliet dwars door de site loopt. Spijtig genoeg blijkt het debiet in deze vliet is te laag om hier te kunnen spreken van een hoogwaardig kwalitatieve bron die de combinatie met een KWO-concept voldoende kan ondersteunen.

Ondanks het hoogwaardige historische karakter en de visie van het stadsbestuur, de gunstige feitelijke positie op de site wordt een concept met oppervlakte water in de vorm van een vliet niet langer meegenomen in de eindevaluatie.

3.3.7 Seizoensbuffering van oppervlaktewater in combinatie met een KWO-installatie

Oppervlaktewater biedt een grote meerwaarde als het wordt gecombineerd met een KWO, omdat de warmte en koude worden opgenomen in tijden van 'overschot' (warmte in zomer, koude in winter).

Een KWO-systeem kan ook zonder energiewisselingen met oppervlaktewater fungeren, wel moeten de bronparen bij een KWO installatie in balans zijn (voor hogere efficiëntie en om lange termijn betrouwbaarheid te borgen). Vaak is deze balans niet aanwezig, omdat de koudelevering aan een gebouw in de zomer niet gelijk is aan de warmtelevering in de winter en de warmtevraag naar sanitair water.

De geïdentificeerde verbruikers in het studiegebied zijn gekenmerkt door voornamelijk een vraag naar warmte om een aantal redenen. Zo zijn veel van de gebouwen niet zijn uitgerust met een koelsysteem waardoor er geen koelvraag is. Ook zijn de gebouwen voorzien van een basisisolatie (of soms zelfs geen isolatie) waardoor interne warmtewinsten niet zorgen voor een moment van oververhitting met een koellast tot gevolg. Omgekeerd zal deze basisisolatie wel een grote warmtepiekvraag en een hoog warmteverbruik tot gevolg hebben. Gezien de erfgoedwaarde van verschillende gebouwen, is een diepgaande energetische renovatie uit te sluiten.

Door een KWO-installatie te combineren met oppervlakte water energie uitwisseling kan een onevenwicht in de bronparen worden gecompenseerd wat het rendement en de lange termijn-betrouwbaarheid van het concept ten goede komt.

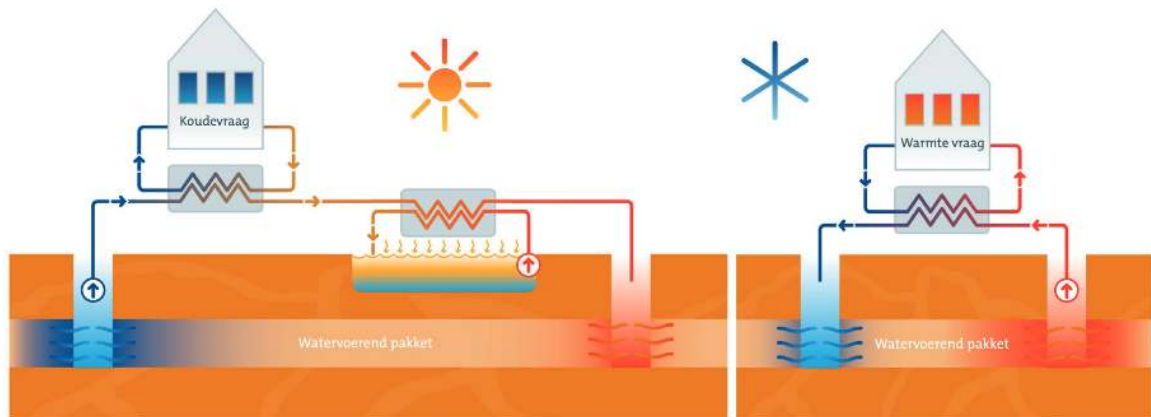
Figuur 19 toont een principeschets van de opstelling aan de productiekant waarbij er tussen de bronparen een onevenwicht is tussen warmte- en koudevraag. In deze schets is de warmtevraag hoger dan de koudevraag.

Bij een koudevraag zal "koud" water worden opgepompt om aan de koudevraag te voldoen. Het opgewarmde water wordt verpompt naar de warme bron waarbij de temperatuur verder wordt verhoogd door een energie-uitwisseling met oppervlakte water. Hierdoor wordt de warme bron verder opgeladen met meer warmte waardoor de KWO-installatie meer warmte beschikbaar heeft die op momenten van warmtevraag terug kan gevaloriseerd worden.

De vormgeving en het concept van het distributienetwerk wordt bepaald door o.a. volgende parameters [10]:

- Temperatuurniveau van de warmte- en/of koudevraag
- Investerings- en exploitatiekosten voor centrale vs. decentrale warmtepompen
- Uitbreidbaarheid van het concept
- Verliezen van het netwerk
- Beschikbare ruimte in ondergrond ⁶

⁶(totale diameter van een leiding op lage temperatuur is significant kleiner t.o.v. een leiding op hoge temperatuur. In stadskernen en densbebouwde omgevingen met weinig beschikbare ruimte in de ondergrond kan dit de keuze voor een temperatuursregime bepalen)



Figuur 19: Principeschema KWO in combinatie met oppervlaktewater

Afhankelijk van de parameters die projectspecifiek dienen benoemt te worden, zijn er verschillende concepten mogelijk (hoge temperatuur; lage temperatuur; centrale warmtepomp;...) deze afweging wordt in het vervolg van deze studie verder uitgewerkt.

Hoewel een aantal stappen dienen doorlopen te worden om dit concept toe te passen (het verbeteren van de algemene energie-efficiëntie, overgang naar lage temperatuurafgifte en centralisatie van de warmtevoorziening), wordt thermische energie uit oppervlaktewater niet uitgesloten als optie voor warmtelevering.

3.4 Sleutelspelers in een collectief systeem

3.4.1 Overzicht van de sleutelspelers en opbouw van verbruiksgegevens

Hoofdstuk 3.1.2 geeft een identificatie van mogelijks belangrijke spelers. Vanuit deze lijst worden de sleutelspelers in het studiegebied opgenomen in onderstaande tabel 2. Er wordt gezocht naar een kleine cluster van gebruikers die de kiem kunnen vormen voor een haalbaar energieproject, wat daarna verder kan uitgroeien.

De uitbouw van een collectief energiesysteem wordt gekenmerkt door het samenbrengen van een aantal sleutelspelers. Zij zorgen voor de eerste stapsteen in de ontwikkeling van een collectief systeem en doen dienst als eerste en belangrijkste “kraal” in de totale ketting.

Project	Verbruikerscategorie	Verbruik per jaar (verwarming) [kWh]	Verbruik per jaar (sanitair) [kWh]	Totaal [kWh]
Sint-Pieter en Pauluskerk	CAT1	288.478	0	288.478
Schouwburg	CAT3	288.478	0	288.478
Oud Gasthuis	CAT3	240.000	0	240.000
Woonzorgcentrum	CAT2	894.092	452.412	1.346.504
Sint-Rombouts college	CAT1	1.081.005	253.053	1.334.057
	TOTAAL	2.792.053	705.464	3.497.517

Tabel 2: Sleutelspelers in het studiegebied

In de analyse worden de sleutelspelers in tabel 2 onderverdeeld in 3 categorieën, afhankelijk van de manier waarop de verbruiksgegevens werden opgebouwd.

Categorie 1: de actuele verbruiksgegevens zijn beschikbaar.

Categorie 2: geen rechtstreekse verbruiksgegevens zijn beschikbaar. De verbruiksgegevens worden opgebouwd vertrekkende vanuit een sterk gelijkende referentie die over een gelijkwaardige bouwfysica en activiteit beschikt als de beoogde spelers. De verbruiksgegevens worden vervolgens lineair verschaald in functie van de omvang van het gebouw.

Categorie 3: de verbruiksdata is ingeschat via aannames

Voor de verbruikerscategorieën CAT2 en CAT3 wordt hieronder een toelichting uitgewerkt m.b.t. de opbouw van de verbruiksgegevens.

Schouwburg Voor de Stadschouwburg zijn er geen verbruiksgegevens gekend. Door het samensmelten van een cultuur- en gemeenschapscentrum in een pand met historisch erfgoed, is het nagenoeg onmogelijk om een verbruiksvraag naar warmte in te schatten. De unieke contextbepalende invloedsfactoren (type verbruik, sectoriaal verbruik, bouwfysica,...) maken het moeilijk om terug te kunnen grijpen naar gepubliceerde kengetallen voor dit type. Hierdoor werd als defensieve aanname een gelijk warmteverbruik verondersteld als de Sint-Pieter - en Pauluskerk.

De Stadschouwburg bestaat uit de voormalige ontvangstzaal van Margareta van York en werd opgetrokken circa 1480. De gevels werden uitvoerig gerestaureerd in 1893. De Stadschouwburg bestaat ook gedeeltelijk uit de voormalige “Sodaiteitskapel” dat werd opgericht in 1633,

wat overeenkomt met de tijdsperiode van de Sint-Pieter -en Pauluskerk. De kerk beschikt over een grotere gebouwoppervlakte, maar over een lagere bezettingsgraad. Aanname is dat beide factoren elkaar compenseren en bijgevolg de verbruiken minimaal gelijk zullen zijn als conservatieve insteek. Aanname hierbij is dat het gebouw over een te verwaarlozen vraag aan sanitaire warm water beschikt in vergelijking met de totale verwarmingswarmte vraag.

Oude Gasthuis Het Oude Gasthuis, ook Stedelijk Onze-Lieve-Vrouweziekenhuis genoemd, is gunstig gelegen in de cluster maar wordt momenteel gekenmerkt door leegstand. De toekomstige invulling voor het gebouw is nog niet duidelijk.

In deze analyse wordt uitgegaan dat het Oude Gasthuis in zijn huidige vorm eerst een grondige renovatie zal ondergaan. De latere functionele invulling van het gebouw zal sterk de warmtevraag bepalen (Tabel 3)

	Energetische renovatie	Nieuwbouw
Hotel	65 kWh/m ²	50 kWh/m ²
Kantoor	40 kWh/m ²	25 kWh/m ²
Residentieel collectief	50 kWh/m ²	40 kWh/m ²
Residentieel individueel	65 kWh/m ²	50 kWh/m ²
Retail	45 kWh/m ²	30 kWh/m ²
School	50 kWh/m ²	35 kWh/m ²
Sporthal	55 kWh/m ²	35 kWh/m ²
Woonzorgcentrum	75 kWh/m ²	55 kWh/m ²
Ziekenhuis	65 kWh/m ²	45 kWh/m ²
Zwembad	400 kWh/m ²	300 kWh/m ²

Tabel 3: Kengetallen verbruik - bron: www.latent.be

In tabel 2 werd voor het Oude Gasthuis een kantoorfunctie verondersteld waarbij het gebouw geen verdere uitbreidingen zou ondergaan waardoor het in totaal met 3,5 bouwlaag over een bruto vloeroppervlakte van 6.000 m² beschikt. Aanname hierbij is dat het gebouw over een te verwaarlozen vraag aan sanitaire warm water beschikt in vergelijking met de totale verwarmingswarmte vraag.

Woonzorgcentrum Het zorgbedrijf Rivierenland zal zich vestigen in een gedeelte van de voormalige ziekenhuissite AZ Sint-Maarten Campus Zwartustersvest. Het gebouw zal functioneel gewijzigd worden van ziekenhuisinstelling naar een woonzorgcentrum waarbij het gebouw onderworpen wordt aan een grondige renovatie en facelift, volledig in lijn met de huidige EPB eisen⁷.

Vanuit een sterk gelijkende referentie woonzorgcentrum werd het verbruik lineair verschaald met het brutovloeroppervlakte als verdeelsleutel.

⁷EPB-eis: " Ingrijpende Energetische Renovatie

Algemene nota De weergegeven verbruiken zijn tot stand gekomen volgens de best beschikbare informatie op het moment van schrijven en de informatie omtrent de huidige functionele invulling van de relevante gebouwen en defensief ingeschaalde verbruiksreferentiewaarden. Elke wijziging naar functionele invulling of naar omvang van het gebouw (oppervlakte) heeft een direct invloed op de te verwachte verbruiken en het benodigd vermogen van de installatie.

3.4.2 Verbruikssimulatie

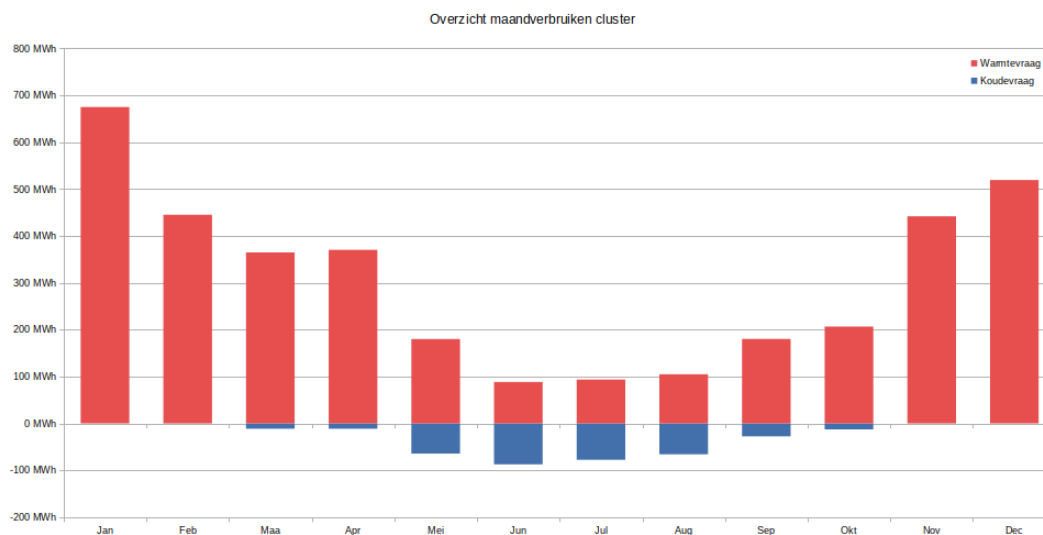
Vanuit de geïdentificeerde sleutelspelers in de Zwartzustersvest cluster werd een vraagprofiel gesimuleerd zowel naar warmte als naar koeling. Uitgangspunt is hierbij dat het woonzorgcentrum naast een warmte ook koeling vraagt. Voor de overige spelers in het clustergebied wordt geen koelvraag aangenomen.

Uit de simulatie is op te maken dat er een sterke onbalans is de totale warmte- en koudevraag met ongeveer een factor 10.

Tabel 4: Jaarverbruik Cluster

Warmtevraag cluster (MWh)	Koudevraag WZC (MWh)
3.672	360

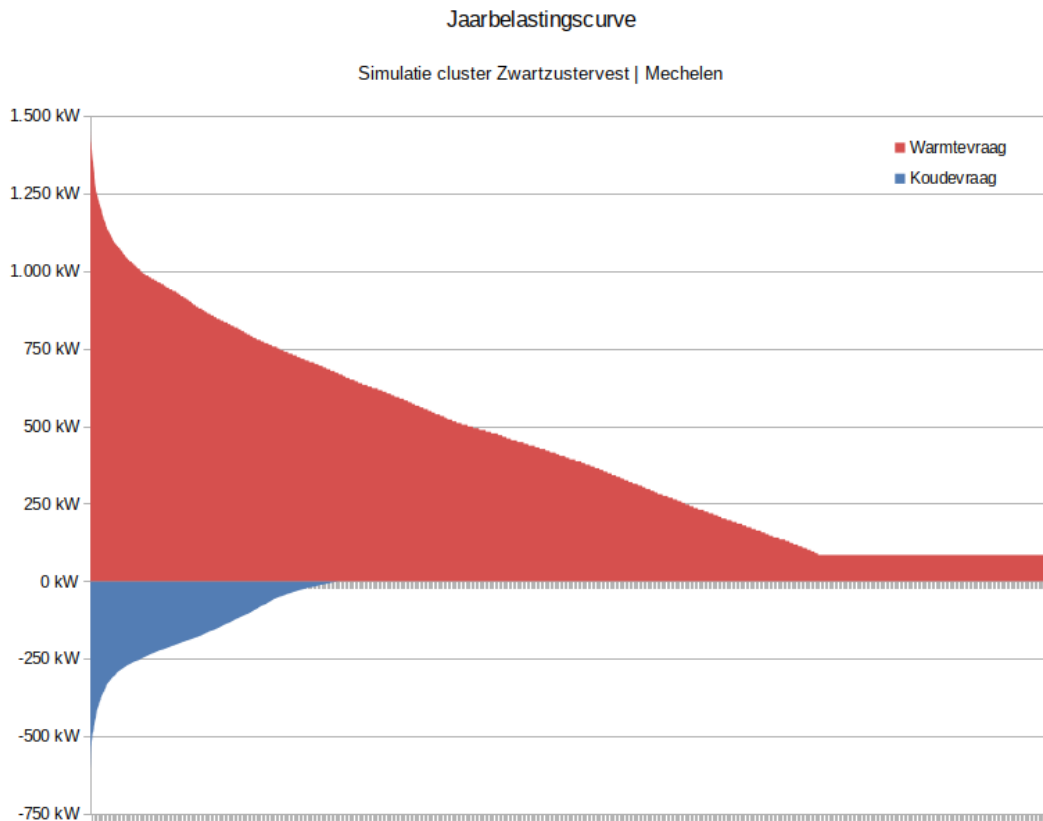
Onderstaande figuur 20 toont de gesimuleerde verbruiksgegevens van de verschillende spelers op gebied van warmte en koude op maandbasis.



Figuur 20: Maandverbruik Cluster

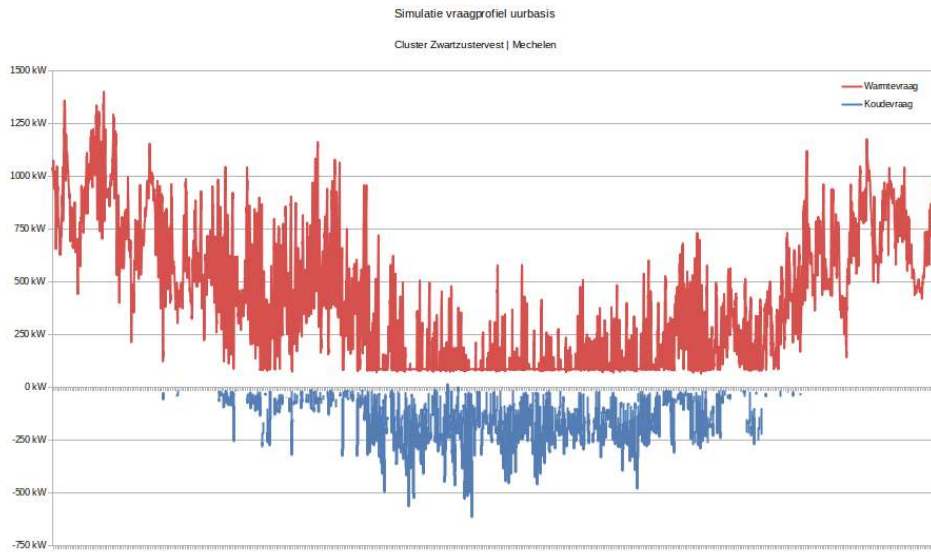
Figuur 21 toont een jaarbelastingsduurcurve van het warmte- en koudeverbruik. De grafiek toont gedurende hoeveel tijd op jaarbasis de verbruikcluster een bepaalde vermogenvraag vertegenwoordigt. De integraal van de curve heeft als eindresultaat de hoeveelheid benodigde

energie; het totaal verbruik. Op basis van de verwarmingscurve kan een eerste dimensionering bepaald worden.



Figuur 21: Jaarbelastingsduurcurve

Figuur 22 toont het warmtevraagprofiel doorheen het jaar op uurbasis. Uit de figuur valt op te maken dat een bepaalde minimale warmtevraag quasi continue aanwezig is. De overige verbruiken zijn gecorreleerd met de buitentemperatuur. Voor buitenklimaat afhankelijke verbruikers een zogenaamde *badkuipcurve* naar voor waarbij de vermogenvraag op de koudere momenten (bv. wintermaanden) groter is dan de vermogenvraag tijdens de warmere momenten (bv. zomermaanden).



Figuur 22: Warmtevraag op uurbasis

4 Bron- en warmtenetconcepten

4.1 Bronconcepten

Vanuit de kansrijke mogelijke bronnen worden volgende concepten geëvalueerd:

- **Concept 1:** Warmtekrachtkoppeling
- **Concept 2:** Koude-Warmte Opslag
- **Concept 3:** Warmtekrachtkoppeling - Koude-Warmte Opslag

Tabel 5: Kwalitatief vergelijk concepten

	Concept 1 WKK	Concept 2 KWO	Concept 3 WKK-KWO
Bron Investering	Gemiddeld	Hoog	Zeer hoog
Technische complexiteit	Eenvoudig	Complex	Complex
Duurzaamheid / CO2-besparing	Gemiddeld	Hoog	Zeer hoog
Masterplanvisie (lange termijn)	Transitiebron	Lange termijn	Beide
PR-waarde	Laag	Hoog	Hoog
Primaire energiebesparing op	Warmte + Elektriciteit	Warmte	Warmte + Elektriciteit
Hoge temperatuur warmtenet mogelijk? ⁸	Ja	Niet efficiënt	Ja

De verschillende bestaande gebruikers in de cluster werken momenteel met afgiftesystemen op hoge temperatuur. Dit maakt het voor elke warmtepomptechnologie moeilijk om warmte te leveren op een hoge temperatuur op een energetisch efficiënte manier. De plannen voor de herbesteding van het voormalige ziekenhuis geeft kansen om over te schakelen op lagere temperatuur. Toch zal een technische oplossing uitgewerkt dienen te worden waarbij minimaal op hoge temperatuur gewerkt kan worden bij de laagste buitentemperatuur (stooklijn). Een en ander is verder technisch uit te werken, maar het concept 3 met de huidige mix aan verbruikers lijkt alvast interessant.

"Elke energetische renovatie van mogelijke sleutelspelers in de cluster dient aangegrepen te worden om het afgiftesysteem naar een lage temperatuurafgifte systeem te brengen. Zo wordt de toekomstige toepasbaarheid van een warmtepomptechnologie versterkt, en worden kansen gecreëerd voor de verdere duurzame transitie en de beoogde CO2-reductie in de cluster"

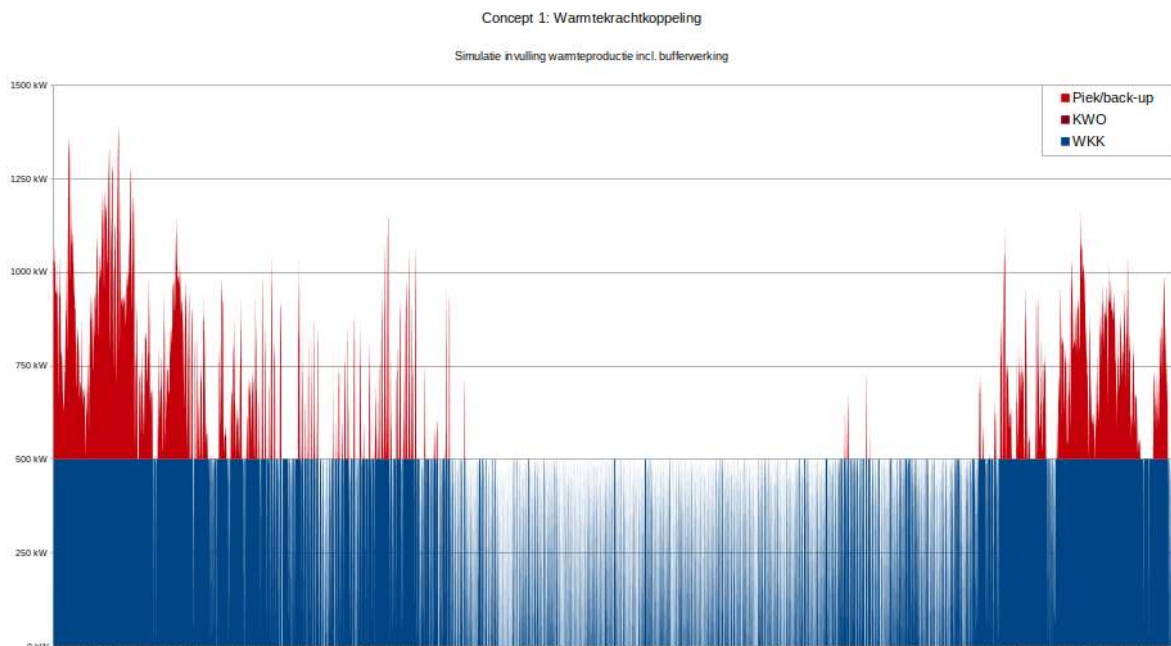
⁸Momenteel zijn niet alle gebruikers geschikt om over te schakelen naar een lage temperatuursbron. Een warmtenet op hoge temperatuur kan een transitie van hoge temperatuur naar lage temperatuur warmtevragers mee ondersteunen en is daardoor flexibeler

4.1.1 Concept 1: Warmtekrachtkoppeling

De principewerking van een warmtekrachtkoppelingsinstallatie werd eerder besproken in hoofdstuk 3.3.3. Een WKK zorgt voor een gelijktijdige productie van warmte en elektriciteit. Typisch wordt een WKK-installatie geplaatst dichtbij een grote elektriciteitsverbruiker. De intentie is dat deze verbruiker een groot gedeelte van de simultaan geproduceerde elektriciteit (warmtevraaggestuurd) rechtstreeks kan gebruiken. Hoe hoger het aandeel rechtstreeks verbruik van de elektriciteit is, hoe gunstiger het rendement op de investering wordt.

In dit concept is het uitgangspunt dat het woon-zorgcentrum zal optreden als de hoofdelektriciteitsverbruiker, waardoor de elektriciteitsproductie richting het woon-zorgcentrum wordt uitgekoppeld. De WKK zal instaan voor de basiswarmtevraag in de verbruikerscluster waarbij als back-up/piek installatie gasgestookte verbrandingsketels worden ingeschakeld.

Voor de productie van de koudevraag dient in dit concept een bijkomende koelmachine geplaatst te worden.



Figuur 23: Simulatie over één jaar van Concept 1

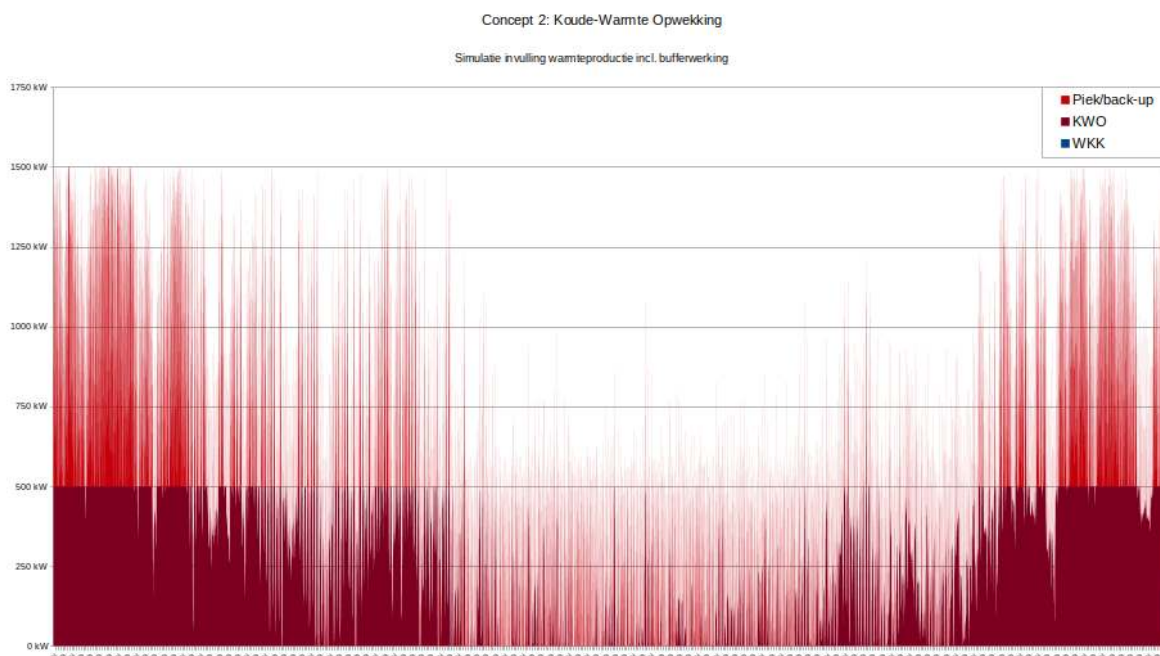
Tabel 6: Concept 1: Productieoverzicht

Technologie	Vermogen [kW]	Warmtelevering [MWh]	Procentueel [%]
Back-up / Piek	898	691	20%
KWO	0	0	0%
WKK therm.	500	2.807	80%
Totaal	1.398	3.498	100%

4.1.2 Concept 2: Koude- Warmte Opslag

In dit concept zal de KWO instaan voor de levering van de basiswarmtevraag waarbij de back-up/piek installatie zal in staan voor de overige warmtevraag. In vergelijking met het concept 1 zal de KWO-installatie instaan voor een lagere warmtelevering in vergelijking met een WKK-installatie met gelijk vermogen.

In deze conceptfase simulatie is uitgegaan van 1 warmtepomp voor de KWO-installatie wat ervoor zorgt dat op momenten van koudevraag de warmtepomp niet beschikbaar is voor warmtelevering en wordt ervanuit gegaan dat de warmtepomp beschikbaar is om eventuele actieve koeling te ondersteunen. Bijgevolg zal de back-up/piek installatie instaan voor de levering van de warmtevraag. Door de warmtepompen op te splitsen in verschillende kleinere warmtepompen (n-1), zou warmtelevering in deze periode nog mogelijk kunnen zijn waardoor het aandeel verder zou stijgen.



Figuur 24: Simulatie over één jaar van Concept 2

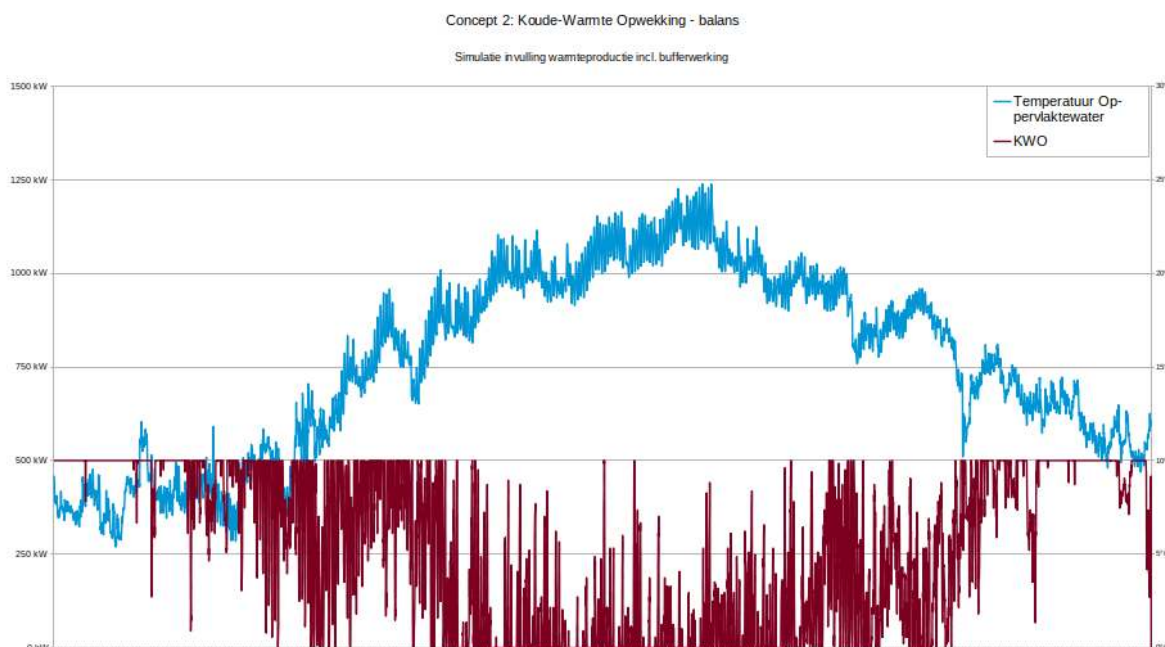
Tabel 7: Concept 1: Productieoverzicht

Technologie	Vermogen [kW]	Warmtelevering [MWh]	Procentueel [%]
Back-up / Piek	898	911	26%
KWO	500	2.587	74%
WKK therm.	0	0	0%
Totaal	1.398	3.498	100%

Belangrijke opmerking bij de uitbating van een KWO-installatie is de balans tussen de koude- en warmte in de bronparen. Zoals weergegeven in tabel 4 is voor de cluster een totale geraamde onbalans van een factor 10. Hierdoor is het onontbeerlijk dat de balans tussen de bronputten terug wordt hersteld. Een KWO installatie staat in voor de levering van de koudevraag, waarbij een actieve koeling een gunstig effect heeft op de balans tussen de beide bronparen.

Voor een stabiele werking van de KWO-installatie dient ingeval van concept 2 de bronparen terug in evenwicht worden gebracht met een totale energie van ongeveer 1.448 MWh op jaarbasis.

Voor het leveren van deze energie zou de KWO gecombineerd worden met een oppervlaktewatersysteem (besproken in hoofdstuk 3.3.7) wat kan instaan voor de energielevering. Voor het in balans brengen van de KWO bronparen wordt er typisch gekeken naar de periodes waarop de warmtevraag niet maximaal is.



Figuur 25: Simulatie over één jaar van Concept 2b

Wettelijke voorschriften bepalen het temperatuurverschil dat gehanteerd dient te worden voor het oppervlaktewater. Deze bevinden zich in de grootorde van een 3-5°C afhankelijk van de watertemperatuur. Vanuit een snelle conservatieve berekening met een temperatuurverschil van 3°C en een aanvullingsperiode van 3.000 h per jaar, zou een gemiddeld debiet van 40 m³/h dienen verpompt te worden.

Belangrijk om op te merken is dat in dit concept het water niet wordt verbruikt, maar circuleert en terug vloeit naar de oppervlaktewaterbron. De energie-uitwisseling heeft geen effect op de waterniveau van het oppervlaktewater.

Wanneer bepaalde gebruikers een koelvraag kennen, wordt de onbalans minder tussen beide bronputten waardoor er minder water dient verpompt te worden.

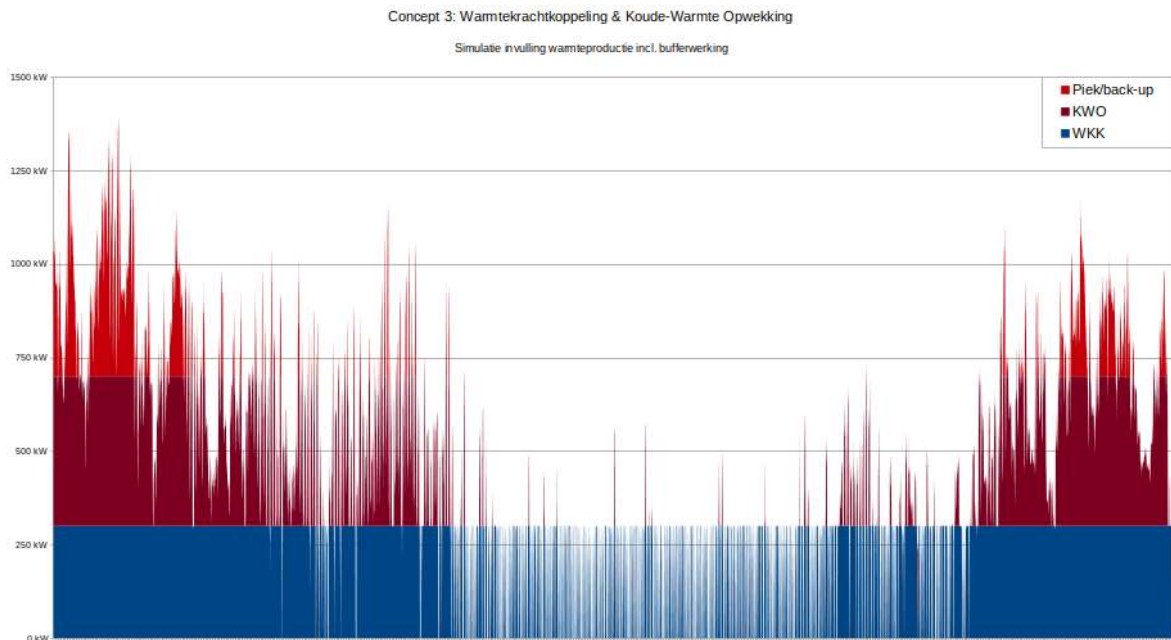
Wanneer de gebruikers een verschillende verbruiksprofiel zouden kennen, valt een laag temperatuur warmtenet te overwegen. Zo kan het systeem ook aan de verschillende individuele vragen voldoen. Nadeel is echter dat elke participant in het collectieve systeem over zijn eigen warmtepomp installatie dient te beschikken.

4.1.3 Concept 3: Warmtekrachtkoppeling en Koude- Warmte Opslag

Het concept 3 is een combinatie tussen concept 1 en concept 2.

Een optimalisatie kan gemaakt worden waarbij WKK optimaal kan ingezet worden in functie van gelijktijdige productie van elektriciteit, en van hoge temperatuurslevering in bij een toegepaste stooklijn. De KWO installatie zal instaan voor zowel de warmte- als koudeleveringen. De individuele warmtebronnen kunnen kleiner gedimensioneerd worden in het gecombineerd concept in vergelijking met de individuele concepten. Een en ander gaat te ver voor een eerste verkennende haalbaarheidsstudie, en het mogelijke optimale concept (met bijhorende business case) zou verder onderzocht dienen te worden.

In een vereenvoudigde simulatie waarbij een kleinere WKK in cascade wordt geschakeld voor de KWO, worden volgende resultaten bekomen.



Figuur 26: Simulatie over één jaar van Concept 3

Tabel 8 toont de verhoudingen van energielevering voor de verschillende deelproductiebronnen. Hierbij zullen de piek/back-up installaties instaan voor de levering van ongeveer 10% van de benodigde warmte waarbij 90% van de energielevering uit een duurzame oorsprong komt.

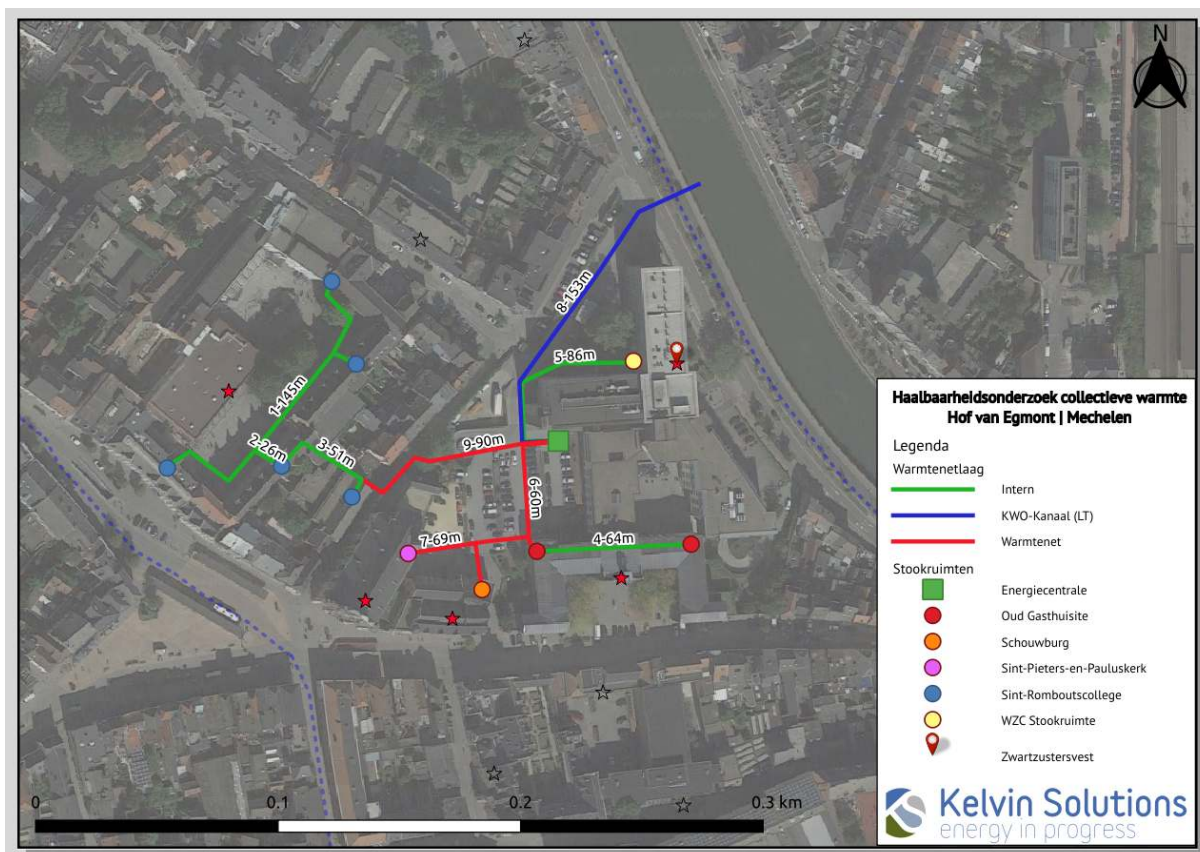
Tabel 8: Concept 3: Productieoverzicht

Technologie	Vermogen [kW]	Warmtelevering [MWh]	Procentueel [%]
Back-up / Piek	698	311	9%
KWO	400	1.225	35%
WKK therm.	300	1.961	56%
Totaal	1.398	3.498	100%

Voor het handhaven van de balans tussen de bronputten is in dit concept eenvoudiger doordat de KWO zal instaan voor een lagere warmtelevering. Hierdoor dient er minder energie worden aangevuld.

4.2 Distributienet concepten

De basis voor de uitwerking van een collectief systeem is het verbinden van de sleutelspelers in het studiegebied. Een principiële configuratie wordt getoond in figuur 27.



Figuur 27: Warmtenet principe design

Voor de uitwerking van het collectieve systeem zijn er verschillende technische designkeuzes mogelijk. Elke designkeuze kan gemotiveerd worden met een aantal voor- en nadelen. In deze studie werden volgende distributieconcepten geëvalueerd.

- **Concept a:** Hoge temperatuur warmtenet (70-50°C distributie)
- **Concept b:** Lage temperatuur warmtenet (40-30°C distributie)

Het verschil tussen de concepten is het werkingsregime waarop het net werkt. Een hoge temperatuurnet resulteert in kleinere diameters om een bepaald vermogen over te brengen in het net, wel bij hogere transmissieverliezen via de leidingen. Deze kunnen gecompenseerd worden door isolatie, met bijhorende installatiekosten. De verbruikers, die momenteel op een hoog temperatuurregime werken, hoeven niet meteen omgebouwd te worden in tegenstelling tot een warmtenet op lage temperatuur.

VERTROUWELIJK

Kelvin Solutions - Oplossingen voor duurzame warmte en koude

Een laag temperatuur warmtenet werkt op een lager temperatuurregime wat resulteert in grotere diameters.

Een andere keuze kan zijn om een HT-net aan te leggen met gelijke leidingdiameters als het LT-net. Hierdoor zullen de operationele warmteverliezen een klein beetje hoger zijn (door de hogere diameter en bijgevolg een verhoogd warmtewisselend oppervlakte), en dit scenario vraagt wel extra investeringen door de verhoogde diameter en isolatie.

Tabel 9 geeft een indicatieve raming van de installatiekosten van een collectief warmtesysteem. Een en ander is sterk afhankelijk van effectief gekozen traject, de lokale context in de ondergrond en/of mogelijke trajecten door parkeerruimte of in synergie met geplande werken. De cijfers zijn dan ook louter ter inspiratie weergegeven om een idee te geven van de grootteorde.

Tabel 9: Installatie kostprijs

Concept	Raming installatiekost [k€]
Concept a (HT-net)	775
Concept b (LT-net)	833
Concept c (HT-net; LT-diameters)	919

Uiteindelijk zal de keuze van het type net hoofdzakelijk gedreven zijn vanuit het gekozen uitrolscenario, gekoppeld aan de gefaseerde combinatie van bronnen-gebruikers. Zo kan een WKK-installatie perfect hoge temperaturen leveren in tegenstelling tot een KWO-installatie met warmtepomp waarbij dit gepaard gaat met minder goede rendementen.

In de concepten met een KWO-installatie is een circulatieleiding voorzien tot aan de Dijle. Deze leidingen zijn nodig om het evenwicht tussen de KWO-bronparen te behouden. Aangezien de temperatuurniveau niet sterk verschilt met zijn directe omgeving, wordt om de investeringsprijs te drukken gekozen voor niet-geïsoleerde buizen. De aanleg van deze leiding vertegenwoordigt een geraamde kostprijs van 258 k€; exclusief het maken van de Dijlewater koppeling.

5 Scenario analyse

5.1 Overzicht

In dit hoofdstuk 5 worden de bron- en warmtenetconcepten gecombineerd tot een mogelijk scenario met daarbij typisch een verkennende investeringsanalyse. Gezien de vertraging in de keuzes binnen de herbestemming van het voormalige ziekenhuis, is het erg moeilijk om sluitende scenario's te definiëren en keuzes te maken. Zowel naar gekozen temperatuurregimes, bron, distributieconcept blijft dan ook nog een en ander verder uit te werken. Naar verwachting zijn synergie-effecten, bijvoorbeeld door vermeden investeringen binnen het herbestemmingsproject, maar ook bij de school, bepalend voor de uiteindelijk te maken keuzes.

Een diepgaande scenario analyse is dan ook niet zinvol, wel worden verkennend enkele concepten vergeleken. Zo wordt al wel inzicht gegeven in verschillende bepalende elementen in het vervolgtraject. De gekozen scenario's zoals weergegeven in 10 worden verder geanalyseerd.

Tabel 10: Scenario's

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Bronconcept	WKK	KWO	WKK & KWO
Warmtenet concept	Hoge temperatuur	Lage temperatuur	Hoge temperatuur (LT-diameter)

5.2 Parameters en uitgangspunten scenarioanalyse

5.2.1 Niet-meer-dan-anders

Het begrip Niet-meer-dan-anders (NMDA) als economische bovengrens vormt een belangrijk uitgangsprincipe in het warmtetarief voor de prille revival van Vlaamse warmtenetten. NMDA komt oorspronkelijk overwaaien uit Nederland, waar sinds vele jaren een debat gaande is over de precieze (wettelijke) invulling ervan. In tegenstelling tot de Vlaamse regelgeving, is het NMDA-warmtetarief in Nederland bij wet vastgelegd [7].

De populariteit van het NMDA-principe lijkt toe te schrijven aan een aantal factoren:

1. NMDA klinkt als een simpel principe dat in de basis vlot communiceerbaar is, ook naar leken;
2. NMDA geeft de nodige schijnbare stabiliteit in een business case voor investeerders en potentiële warmtekanten, wat essentieel is om sleutelpartijen te kunnen overtuigen.

Voor vele principes geldt dat wat in eerste opzicht simpel oogt, in tweede opzicht tal van nuances en randvoorwaarden kent om NMDA correct te kunnen inschatten. NMDA is echter geen one-size-fits all. Een simpele rondvraag bij verschillende warmtenetprojecten en –exploitanten leidt tot evenveel verschillende invullingen van datzelfde NMDA-principe. We merken hierbij op:

- De bepaling van de NMDA-referentie en een NMDA-gebaseerd warmtetarief kent geen uniek antwoord gezien de vele mogelijke invullingen;
- Het is sterk aanbevolen om in een vroeg projectstadium hierover in alle transparantie afspraken te maken omtrent het gemeenschappelijk begrip van het NMDA-gebaseerd warmtetarief.
- Door de distributienetbeheerder Fluvius wordt het laatste anderhalf jaar gestreefd naar een uniforme invulling van verschillende projecten waarbij ze betrokken zijn. Dat lijkt voor het variabel tarief en vast recht een nobel streven en verdedigbaar als uitgangspunt.

Een verschil in interpretatie van de NMDA-referentie vormt namelijk een voedingsbodem voor discussie, hetzij op korte termijn of lange termijn. Een gemeenschappelijk begrip over NMDA is noodzakelijk voor de duurzame exploitatie van een warmteproject. Aanhoudende discussies leiden alle betrokken partijen, en bij uitbreiding de maatschappij, af van datgene waar warmteprojecten echt over moeten gaan. Namelijk de omslag maken weg van een bebouwde omgeving gestookt met fossiele brandstoffen en náár een bebouwde omgeving voorzien van duurzame, betrouwbare, comfortabele en economisch houdbare warmtevoorziening.

Als referentie voor de business case wordt een installatie gevoed met aardgas gebruikt, wat naar installatiekost de meest kostenefficiënte installatie is. Daarbij kunnen verschillende parameters samengebracht worden om die referentie te bepalen als een *Niet-Meer-Dan-Anders* warmtetarief, samengesteld uit een variabele component en een vast recht.

Tabel 11: Tarieven Fluvius ter referentie

	Aansluitbijdrage	Vast recht	Variabel tarief
Individuele woning nieuwbouw	8.279,00 EUR	541,23 EUR/jaar	0,04413 EUR/kWh

In een diepgaande gespreksronde met betrokkenen kunnen effectieve energiekosten worden afgetoetst. Deze kunnen de basis vormen voor een prijszetting op maat, ook afhankelijk van genomen engagementen, eventuele vermeden investeringen, waarde in EPB, beschikbaar stellen van ruimte, ... verder vastgesteld om tot definitieve prijsstelling te komen.

5.2.2 Basis van vergelijking

Er wordt op overkoepelend projectniveau een vergelijking doorgevoerd. Daarbij wordt abstractie gemaakt van rolverdeling tussen partijen, met bijhorende onderlinge vergoedingen. Aangenomen wordt dat een zinvol project op een goede manier gestructureerd kan worden om zodoende afspraken te kunnen maken die voor de verschillende partijen ook vanuit de eigen rol een win-win oplevert.

Er wordt overkoepelend voor elk scenario een simulatie uitgevoerd om te bepalen welke energieaankoop vermeden wordt. Deze kan gewaardeerd worden, en als basis dienen voor de evaluatie van de haalbaarheid van een scenario. Dit lijkt gezien de situatie in het herbestemmingstraject de beste aanpak om eerste conclusies te kunnen vormen.

5.3 Afweging

Onderstaande tabel geeft de overkoepelende energiebalans weer met betrekking tot elk scenario. Daarbij wordt aangegeven wat het effect is op aankoop/verkoop van energie, en zo ook de operationele meerwaarde die wordt gegenereerd (Tabel 12).

De effectieve economische rentabiliteit van een scenario is voornamelijk afhankelijk van de integratie in de reconversie van de voormalige ziekenhuissite. Daarnaast zijn er ook geplande investeringen in het Oude Gasthuis en in het College. Deze decentrale investeringen kunnen (gedeeltelijk) vermeden worden door de keuze voor een collectieve energievoorziening.

Ook de te voorziene koelvraag en elektriciteitsprofiel zijn bepalend in de rentabiliteit. Ook hiervoor is het erg moeilijk om een sluitende analyse te maken zonder een verdere uitwerking van de toekomstplannen van de site. Hoewel eerste aanzetten tot IRR-berekening werden gemaakt, blijkt deze zeer gevoelig aan verschillende mogelijke aannames. Daarom wordt in overleg gekozen om deze open te laten in de voorliggende verkennende analyse, en in een verdere fase in te vullen.

In de berekening wordt rekening gehouden met richtwaarden als eenheidsprijs voor energie: 25 EUR/MWh voor aardgas, 110 EUR/MWh voor elektriciteit, 45 EUR/MWh voor geïnjecteerde elektriciteit. Wijzigingen in energieprijzen hebben een grote impact op rentabiliteit van een eventueel project.

Merk op dat de effectieve keuze in de regeling, met eventuele injectie van elektriciteit geproduceerd door de WKK afhankelijk is van de verhouding tussen aardgas- en elektriciteitsstarief. Mogelijk dient hierbij verder geoptimaliseerd te worden.

Het effect op broeikasgasuitstoot van elektriciteit wordt gerekend in gemiddelde termen (0,212 Ton/MWh_e) en in marginale termen (0,400 Ton/MWh_e). In het eerste geval wordt de duurzaamheidswaarde van de WKK niet ten volle uitgedrukt. Deze emissiefactor staat immers marginaal gezien in concurrentie met import van stroom en met gascentrales, versus de gemiddelde emissiefactor die sterk beïnvloed wordt door kernenergie.

Naast energiekost zijn ook andere operationele kosten te voorzien voor onderhoud, beheer van het warmtenet, vergoeding voor gebruik oppervlaktewater, ... Ook voor deze kosten is nader te bepalen in hoeverre deze bijkomend zijn, en/of er ten dele kan meegelift worden met kosten die in elk geval te voorzien zijn. Eventuele warmtekrachtcertificaten werden niet ingerekend.

Op basis van de operationele meerwaarde en de gemaakte indicatieve kostenraming van het distributiesysteem, lijkt een mogelijke kostenefficiënte invulling van een overkoepelend concept haalbaar bij een investeringshorizon over langere termijn.

Tabel 12: Scenario analyse

	Referentie	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
	Aardgasketel	WKK & HT-net	KWO & LT-net	WKK-KWO
Warmtevraag netto [MWh]	3498	3498	3498	3498
Warmtevraag totaal incl. verlies [MWh]	3498	3742	3708	3813
Aardgasverbruik [MWh]	4319	6034	1121	4004
Vermeden aardgas [MWh]	-	-1715	3198	315
Elektriciteitsvraag [MWh]	994	994	1513	1207
Restverbruik elek [MWh]	-	384	1513	247
Injectie elektriciteit [MWh]	-	1951	-	392

Energiekost op basis van opgenomen indicatieve eenheidsprijzen

Aardgas [kEUR]	108	151	28	100
Elektriciteit [kEUR]	109	-18	166	10
Certificaten	-	ntb	-	ntb
Totale energiekost [kEUR]	217	132	194	110

Besparing tegenover referentie

Energiekost [kEUR]	-	85	23	107
CO2-besparing [Ton]	-	101	472	299
CO2-besparing [%]	-	10 %	47 %	30 %
CO2-besparing - Marginaal [Ton]	-	468	374	512

6 Conclusie en advies

Het studiegebied en de geselecteerde centrale cluster hebben verschillende ruimtelijke en energetische kenmerken die typisch de haalbaarheid van een collectief warmtesysteem ondersteunen. Er is veel warmtevraag, met een zekere basislast en met maar enkele gebruikers aan te sluiten op een korte afstand. Daarnaast beperkt de erfgoedwaarde van verschillende gebruikers de mogelijkheden voor diepgaande energetische renovatie om de vraag te reduceren.

Gezien verschillende geplande investeringen, kunnen ineens de juiste beslissingen worden genomen om mee te liften op synergie-effecten en vermeden investeringen.

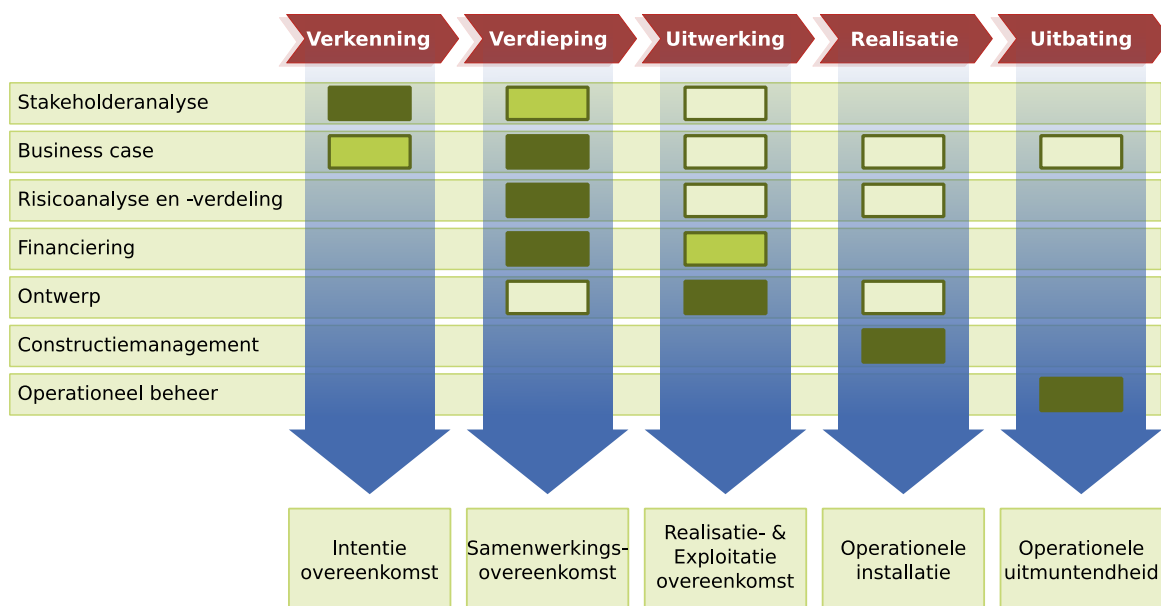
Aan de aanbodzijde lijken er kansen voor ondiepe geothermie en warmtekrachtkoppeling. Gezien een abrupte wijziging in de ondergrond in Mechelen, verdient het aanbeveling om gespecialiseerde geologische expertise in te schakelen voorafgaand aan volgende stappen.

Het is daarnaast te adviseren om maximaal in te zetten op lage temperatuursafgiftesystemen. Zo kunnen duurzame warmtebronnen maximaal gevaloriseerd worden.

Door in te zetten op een kernachtige cluster die de basis kan vormen voor een duurzaam distributienetwerk, kan dit later de basis vormen voor verdere uitbreiding naar de bredere omgeving. De potentiële toegevoegde waarde lijkt alvast voldoende hoog om een zekere meer-investering te rechtvaardigen. De economische haalbaarheid is verder te bevestigen in verdere uitwerking, geïntegreerd met de reconversie van de voormalige ziekenhuissite.

Een succesvol warmteproject is niet enkel een technisch verhaal. Vanuit beste praktijken in het buitenland [13], aangevuld met eigen inzichten en ervaring werd een gestructureerd proces opgemaakt (Figuur 28). Daarbij wordt in verschillende stappen gewerkt, met de nadruk op verschillende werkstromen en aandachtspunten doorheen de fases. Bij elke fase wordt telkens naar een formeel beslissingsmoment toegewerkt om een volgende stap te zetten.

We bevelen aan om in een gestructureerd traject volgende stappen te zetten in de verkennende fase met een focus op stakeholdermanagement. Door actief op zoek te gaan naar de win-win tussen mogelijke betrokkenen kan het project vorm gegeven worden. Daarbij is een traject om samen met mogelijke betrokken partners toe te werken naar een intentieovereenkomst belangrijker dan een verdere technische uitwerking. Een niet-bindende, maar ook niet-vrijblijvende verklaring die de basis kan vormen voor de verdere verdieping van het project.



Figuur 28: Traject voor een succesvol warmteproject. De verschillende werkstromen worden weergegeven in de rijen, de kolommen geven de verschillende fases weer.

7 Referenties

- [1] Jo Neyens, Elsie Haertjens, Michaël Heiremans, Dries Druyts. *Leidraad warmtenetten voor lokale besturen*. <https://civic-energy.eu/images/pdf/Energielandschap-ToolkitWarmtenetten.pdf>
- [2] Nele Renders, Kristien Aernouts, Erwin Cornelis, Ils Moorkens, Inge Uljee, Leen Van Esch, Luc Van Wortswinkel, Michael Casier, Johan Roef. *Warmte in Vlaanderen*. Vito, Eandis & Infrac, in opdracht van Vlaams Energie Agentschap, 2015
- [3] Svend Frederiksen, Sven Werner. *District Heating and Cooling*. Studentlitteratur AB, Lund 2015
- [4] Thomas Nussbaumer, Stefan Thalmann. *Status Report on District Heating Systems in IEA Countries. IEA Bioenergy Task 32*. Swiss Federal Office of Energy, and Verenum, Zürich 2014
- [5] Wouter Cyx, Hartwin Leen. *Studieopdracht: naar een vergroening van de warmtevoorziening voor huishoudens in Vlaanderen*. Kelvin Solutions in opdracht van Bond Beter Leefmilieu, 2017 https://www.bondbeterleefmilieu.be/sites/default/files/files/studie-_naar_een_vergroening_van_de_warmtevoorziening_voor_huishoudens_in_vlaanderen_def.pdf
- [6] W. Cyx, R. de Herdt, *Impulsbeleid Riothermie: Inzichten en voorstellen voor een ambitieus Vlaams beleid*. Kelvin Solutions en Ingenium in opdracht van VMM, 2018.
- [7] Warmtewet in Nederland, zoals samengevat door de Autoriteit Consument & Markt op <https://www.acm.nl/nl/onderwerpen/energie/warmte/warmtetarieven/>
- [8] *Bio-energie - Techniek - Verbranding: Houtsnippers voor grootverbruik* Agentschap NL, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, 2011 [online]. Beschikbaar: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/Bio-energie - Techniek - Verbranding - Houtsnipperketels voor grootverbruik.pdf> .
- [9] *Smart Geotherm*. WTCB, Vito en KULeuven, 2016 [online] <https://www.smartgeotherm.be> .
- [10] *Thermische energie uit oppervlaktewater*. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, 2017 [online]. Beschikbaar: <https://www.uvw.nl/wp-content/uploads/2017/10/Handreiking-Thermische-energie-uit-oppervlaktewater-2017.pdf> .
- [11] *Mechelen mapt: Vliet* [online]. Beschikbaar: <https://mechelen.mapt.be/wiki/Vliet> .
- [12] *Mechelen: De Vlieten vroeger* [online]. Beschikbaar: <https://www.mechelen.be/de-vlieten-vroeger> .
- [13] *Een handreiking voor gebiedsgerichte warmte-uitwisseling*, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2014