

Duurzame warmte - Zolderpark



Haalbaarheid Solar Energiebooster concept t.b.v. all-electric warmteopwekking

Rapport nummer: Z-2018-0024
Datum: 29-05-2018

Versie: 2.0

BELANGRIJKE MEDEDELING EN DISCLAIMER

Dit document is auteursrechtelijk beschermd en mag niet aan derden beschikbaar worden gesteld zonder uitdrukkelijke schriftelijke toestemming van ZEBRA B.V.. Dit document is uitsluitend bedoeld voor het gebruik door de klant zoals aangegeven op de voorpagina van dit document ("de Klant"). De inhoud van dit document vormt één geheel met de aannames en voorbehouden die daarin zijn opgenomen dan wel in hetzelfde verband anderszins zijn gecommuniceerd. Dit document bevat mogelijk technische detailinformatie die uitsluitend bedoeld is voor personen met de relevante expertise. Dit document is samengesteld op basis van informatie beschikbaar ten tijde van het opstellen ervan. Het is niet uitgesloten dat dergelijke informatie daarna verandert of is verouderd. Warmte.nu is op geen enkele wijze verantwoordelijk in verband met onjuiste informatie of gegevens die zij van haar Klant of een derde heeft ontvangen, dan wel voor de gevolgen van dergelijke onjuiste informatie of gegevens, die al dan niet in dit document is opgenomen of waarnaar in dit document wordt verwezen.

Document versie: 1.0
Datum: 17-04-2018
Ontwikkeld voor: SEB
Rapport nummer: Z-2018-0024

ZEBRA B.V.
Voorstadslaan 254
6542 TG Nijmegen

Tel: +31 06 41 53 66
78
KVK: 65453433
Rekening:
NL45TRIO0390301620

Auteur:

C. Savy

Goedgekeurd door:

S. Veltmaat

Inhoudsopgave

1	Introductie	5
1.1	project scope.....	5
1.2	Probleemstelling	7
1.3	Doelstelling(en)	7
2	Technologiebeschrijving	8
2.1	energieconcept Solar Energiebooster (SEB)	8
2.2	SEB in combinatie met Warmte Koude Opslag (WKO)	9
3	Aanpak / methode	10
3.1	uitgangspunten en aannames.....	10
3.2	model keuze en opzet	10
4	analyse	11
4.1	Elektrisch.....	11
4.2	Warmte	11
4.3	Afgifte temperatuur	14
4.4	opslag	15
4.5	Warmte en Koude Opslag (WKO) in combinatie met het SEB-concept.....	16
4.6	Impact op Gebiedsniveau door WKO.....	16
5	financiële analyse.....	18
5.1	Rekenmodel	18
5.2	Investeringskosten op basis van SEB concept.....	19
5.3	Operationele kosten voor warmte op basis van SEB concept	19
5.4	Financiële analyse op basis van SEB concept.....	20
5.5	Financiële analyse op basis van WKO (+SEB)	21
5.5.1	Scenario A	21
5.5.2	Scenario B.....	21
6	Alternatieve opties.....	23
6.1	Warmteoverschot SEB als warm tapwater	23
6.2	Warmteoverschot SEB als absorptiekoeler	24
6.3	Gebruik warmte uit compressors koelcellen Albert Heijn	24
7	Conclusies	25
8	Aanbevelingen	27

BIJLAGE A - COP waarde van de warmtepomp.....	29
Bijlage B – Specificaties van PV-panelen.....	30
BIJLAGE C – Testrapport van de boosterpanelen	31
Bijlage D – Presentatie SEB-concept	32
BIJLAGE E – Resultaat bodem onderzoek	33
BIJLAGE F – Koelvraag potentie rondom ZOLDERPARK	34
BIJLAGE G – woningen en winkels in het gebied rondom Zolderpark	35

1 INTRODUCTIE

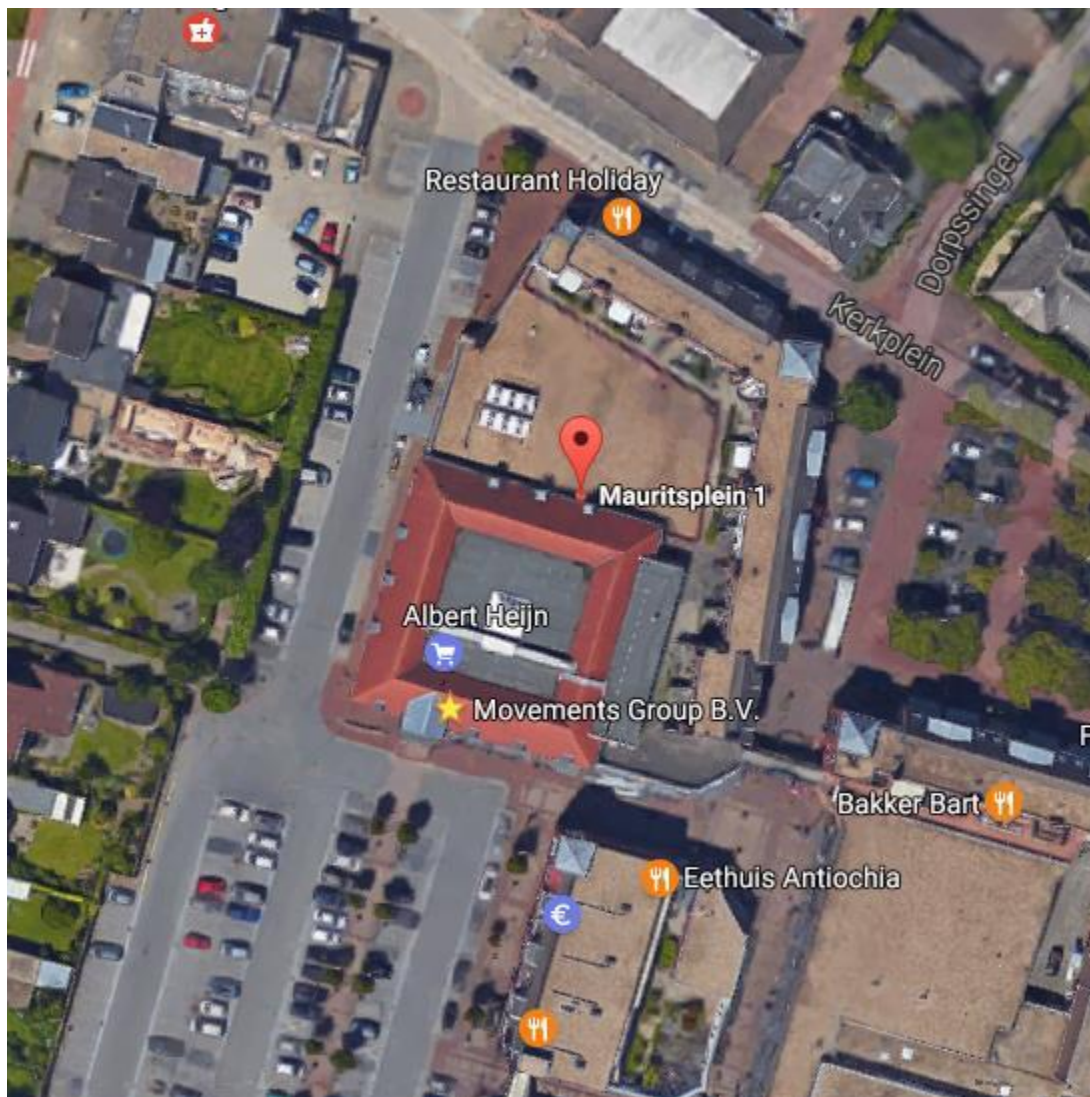
1.1 PROJECT SCOPE

Project locatie

Straat: Mauritsplein 1

Plaatsnaam: Beuningen

Coördinaten: 51,862573; 5,771180



Zolderpark is het oude bibliotheek van Gelderland Zuid in Beuningen, dat omgebouwd is tot een kantoorruimte. Het Zolderpark bevindt zich op de tweede verdieping. Op de verdieping eronder bevinden zich woonunits en een Albert Heijn supermarkt.

Huidige situatie

In de huidige situatie wordt warmte middels gas geproduceerd en wordt elektriciteit volledige uit het net gehaald.

Tabel 1 - Verbruik gegevens voor 2016, zoals doorgegeven door Zolderpark aan ZEBRA.

Verbruik gegevens		
	Eenheid	Waarde
Verbruik elektriciteit	[kWh / jaar]	27.562
Verbruik gas	[m ³ / jaar]	9.815

Tabel 2 - Inkoopkosten gas en elektriciteit voor Zolderpark, genoemde prijzen zijn (incl. / excl.) BWT.

Inkoop kosten gas en elektra		
	Eenheid	Waarde
Kosten gas	[EUR /m ³]	0,64
Kosten elektriciteit	[EUR / kWh]	0,20

De stooklijn bestaat uit twee in cascade opgestelde CV-installaties met een nominaal vermogen van 60 [kWth] per installatie. Deze twee installaties zijn van het merk NEFIT Ecomline HR68.

Warmte wordt afgegeven middels radiatoren, deze zijn op verschillende plaatsen in het gebouw tegen de buitenwanden opgesteld.

Tabel 3 - Overzicht van opgestelde radiatoren.

Locatie	Opgestelde radiatoren		
	Aantal	Aantal ribben	Afmetingen (b x h) [cm]
Hoofdruimte	1	3	50 x 50
Hoofdruimte	7	3	220 x 50
Hoofdruimte	2	2	120 x 50
Naast kantine	1	1	120 x 50
Kantine	2	2	160 x 50
Vergaderruimte*			

*tijdens opmeting was de vergaderruimte in gebruik.

Op locatie is een luchtbehandelingsinstallatie. Deze is uit bedrijf genomen vanwege de hoge kosten. Tevens zorgde deze installatie voor een hoge mate van tocht en het leverde geen comfort verbetering, juist het tegendeel. De luchtbehandelingsinstallatie is niet meegenomen in de analyses die onderdeel zijn van dit document.

Toekomst situatie

De beoogde toekomstige situatie bestaat uit de vervanging van de huidige stooklijn door een warmtepomp met als bron thermische energie afkomstig uit booster-

panelen in combinatie met PV-panelen die op het dak worden geplaatst. Dit is het Solar Energy Booster (SEB) concept.

De warmtepomp wordt aangedreven door elektriciteit die door de nog te plaatsen PV panelen opgewekt worden. Hierbij wordt een energie neutraal kantoorgebouw nagestreefd, waarbij over een periode van een jaar de energievraag gelijk is aan de opgewekte energie. De energie neutraliteit moet voor zowel de elektrische als de thermische energie gelden. Indien mogelijk moet de overtollige energie geleverd kunnen worden aan de woonunits en of aan de supermarkt die allemaal voornamelijk op de begane grond zitten.

Er is reeds een offerte door een ACE gemaakt voor het dak, waarbij van 150 panelen van het merk Trina Solar (TSM-270 PC05A) is uitgegaan. De booster panelen zullen achter de PV-panelen geplaatst worden.

1.2 PROBLEEMSTELLING

Om de haalbaarheid van energieneutraliteit op basis van het SEB concept voor het Zolderpark op basis van het SEB concept in combinatie met het huidig voorstel van ACE voor 150 PV-panelen te toetsen, dienen de volgende vragen beantwoord te worden:

- Is de energie uit de panelen voldoende om zowel de warmtepomp aan te drijven als de standaard elektrische basislast?
- Kunnen de boosters voldoende warmte leveren (collecteren) om als enige warmtebron te dienen?
- Zijn de huidige afgifte systemen (radiatoren) voldoende om het gebouw op basis van lage temperatuur op een acceptabele comfort niveau te brengen en te houden?
- Is er voldoende energie (thermisch en elektrisch) om doorlevering aan andere gebruikers in het gebouw mogelijk te maken?
- Worden de kosten voor energie goedkoper op basis van het SEB concept?

1.3 DOELSTELLING(EN)

Opstellen van een energiebalans (thermisch en elektrisch) voor zolderpark op basis van het SEB concept in combinatie van 150 PV-panelen van Trina Solar.

Ontwerp scenario voor ruimteverwarming op basis van de technisch laagst haalbare afgifte temperatuur.

Bepaling van de warmte en elektriciteitsprijs voor de volgende 2 scenario's:

- **Scenario 1:** prijs voor warmte en elektriciteit op basis van het SEB concept in combinatie met 150 PV-panelen van Trina Solar, met huidige afgifte systeem en temperatuur.
- **Scenario 2:** prijs voor warmte en elektriciteit op basis van het SEB concept in combinatie met 150 PV-panelen van Trina Solar, met technische laagste haalbare afgifte temperatuur.

Onderzoeken of er minimaal één scenario mogelijk is waarbij energie uit Zolderpark wordt gedeeld aan andere units aan de Mauritsplein 1.

Naast een gedetailleerd uitwerking van het SEB concept wordt aandacht besteedt aan andere technologische toepassingen. Er wordt op hoofdlijnen een overzicht van de mogelijkheden inzichtelijk gemaakt en hoe deze in het gebied rondom de Zolderpark ingepast kan worden.

2 TECHNOLOGIEBESCHRIJVING

2.1 ENERGIECONCEPT SOLAR ENERGIEBOOSTER (SEB)

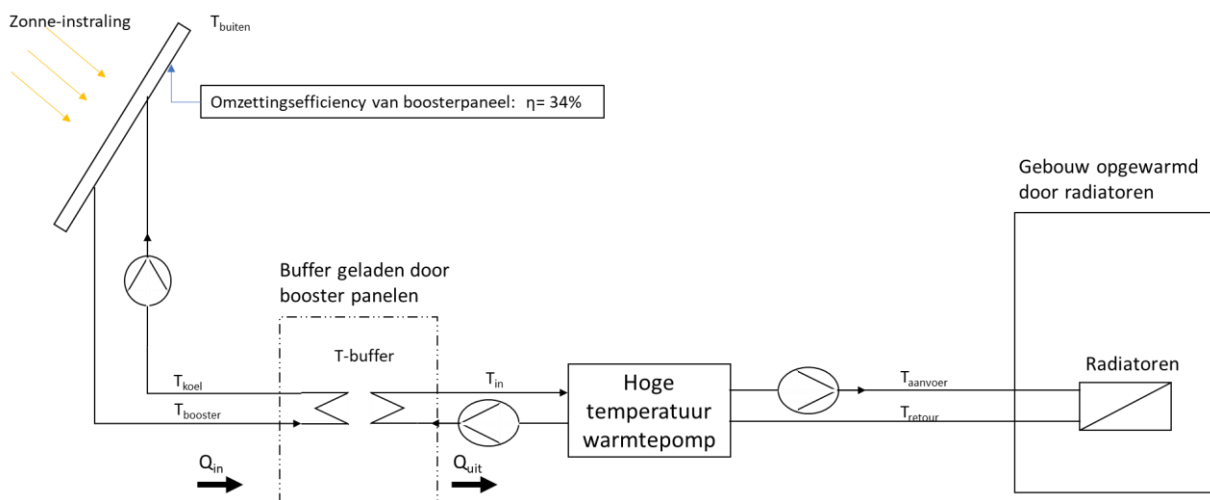
Hieronder volgt de beschrijving van het SEB concept zoals is beoogd voor Zolderpark. De product presentatie van SEB staat in bijlage D.

Elektrisch

Bestaat uit de combinatie van een PV-paneel waar achterop een booster paneel is gemonteerd. Het booster paneel zorgt voor koeling van het PV-paneel op warme dagen, waardoor de efficiency van het PV-paneel wordt verhoogd. Door SEB wordt een verbetering van 10% geclaimd. Deze claim wordt door ZEBRA overgenomen in de berekeningen. Wel dient opgemerkt te worden dat deze claim niet gevalideerd is door ZEBRA.

Thermisch

Het thermisch concept van de SEB bestaat uit de combinatie van booster panelen, een hoge temperatuur warmtepomp en buffer opslag.



Figuur 1 - conceptuele weergave thermisch concept SEB voor Zolderpark

De boosterpanelen nemen de warmte die door de PV-panelen afgeven op. Deze warmte is het resultaat van de omzetting van instraling in energie. Deze energie bestaat uit 16,5% elektrische en 83,5% thermische energie (zie specificaties van de PV-panelen in bijlage B). Van deze thermische energie wordt 34% door de

boosterpanelen opgenomen¹. De boosterpanelen kunnen het beste als warmtewisselaars worden geclassificeerd in plaats van zonnecollector. Doordat de booster panelen warmte weg van de PV-panelen transporteren koelen daarmee ook de PV-panelen af. Een zoutoplossing wordt als transport medium gebruikt.

De opgenomen warmte wordt gebruikt om een thermische buffer op te laden. Deze buffer dient als warmtebron voor een hoge temperatuur warmtepomp. De warmtepomp is het type Vitocal 350-G pro van de fabrikant Hautech. De maximale afgifte temperatuur van de warmtepomp bedraagt 73°C.

De warmte wordt in het gebouw via het huidige hydraulische systeem getransporteerd en de huidige radiatoren afgegeven.

2.2 SEB IN COMBINATIE MET WARMTE KOUDE OPSLAG (WKO)

In een Warmte Koude Opslag installatie wordt energie in de bodem opgeslagen in de vorm van warmte. Dit systeem wordt doorgaans als warmtebron aangesloten op een warmtepomp. Zo worden gebouwen in de zomer gekoeld door het koude grondwater. In de winter wordt deze warmte weer uit het grondwater onttrokken met de warmtepomp en omgezet in hoge-temperatuur-warmte.

De efficiëntie, kosten en algehele rendabiliteit van een WKO-opstelling zijn sterk afhankelijk van de geschiktheid van de grond.

Er is de keuze tussen een open en een gesloten bronsysteem. Open systemen staan via warmtewisselaars in directe verbinding met het grondwater. Gesloten bronsystemen staan niet in contact met grondwater, maar gebruiken water met antivries welk via een U-vormige buis warmte uitwisselt met de bodem. Dit systeem wordt vaker gebruikt in kleinschalige systemen.

Een WKO-opstelling zou kunnen worden gekoppeld aan een SEB. De SEB is dan een extra schakel voor het opwarmen van het grondwater. De warmte die in de grond wordt opgeslagen zal hierdoor van hogere temperatuur zijn dan bij een standaard WKO-opstelling. Hierdoor kan in de winter het verwarmen via de warmtepomp met een hogere COP.

¹ De boosterpanelen zijn metallic reflecterend, indien deze zwart zijn kan de opname efficiency wellicht vergroot worden.

3 AANPAK / METHODE

3.1 UITGANGSPUNTEN EN AANNAMES

Ten behoeve van de analyse is uitgegaan van een “design freeze”, waarbij het technische ontwerp vast staat en niet meer veranderd wordt. Het ontwerp waarop de analyses zijn gebaseerd bestaat uit de volgende onderdelen:

- 150 PV-panelen van het merk Trina Solar (TSM-270 PC05A)
- 150 SEB modules die achter de PV-panelen worden gemonteerd
- De SEB modules hebben een thermische efficiency van 34% (zie certificaat in bijlage C voor de onderbouwing)
- De SEB modules kunnen als heatsink werken om warmte uit de buitenlucht te halen. Hier is echter geen onderbouwing voor thermische efficiency voor handen
- Hoog temperatuur warmtepomp Vitocal 350-G Pro
- Met SEB is afgesproken een COP van minimaal 3 aan te houden voor de warmtepomp
- Tapwater bereiding is niet meegenomen (naar alle waarschijnlijkheid < 1% van de warmtevraag)
- De schil en isolatie van het Zolderpark is in de toekomstige situatie niet anders vergeleken met de huidige situatie.

3.2 MODEL KEUZE EN OPZET

Voor het maken van de energie balans is gebruik van gemaakt van het PV Sol rekenmodel. Dit is een industrie breed geaccepteerd rekenmodel om PV-systemen door te rekenen. Tevens is gebruik gemaakt van recentelijke en gevalideerde instalingsdata. In onze opbrengstsanalyse maken wij geen P50 en P90 berekeningen.

Voor de berekening is een 3D-model van het gebouw gemaakt waarop de panelen in zijn gemonteerd. Op basis van dat model zijn simulaties gemaakt om de jaaropbrengsten te bepalen.

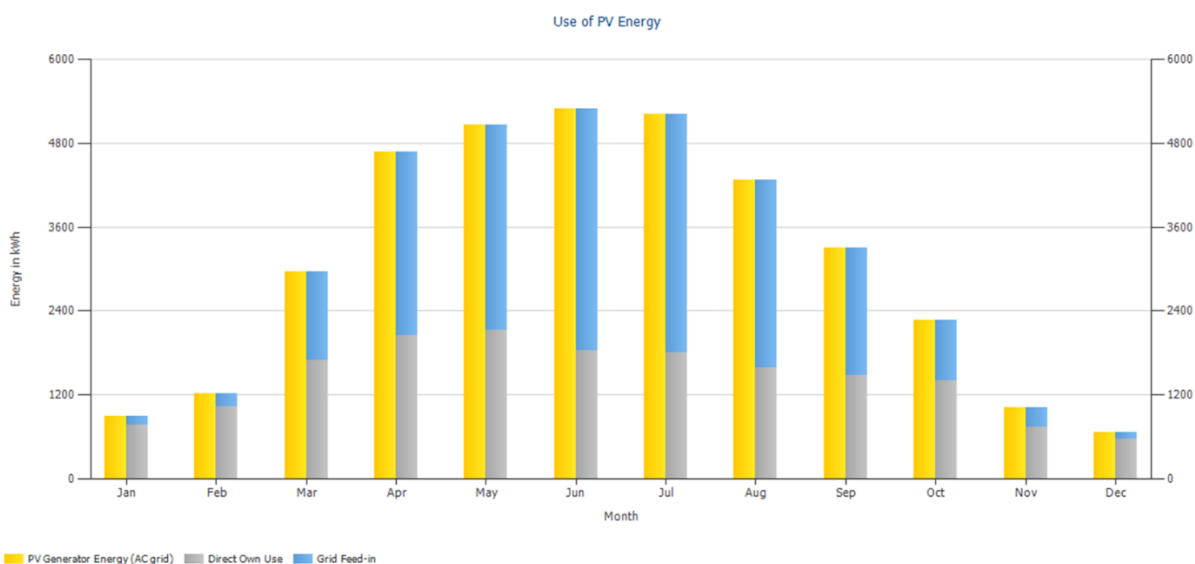
Gezien voor het Zolderpark geen jaarduurkromme of verbruiksprofielen bekend zijn wordt gebruik gemaakt van een standaard profiel. Dit profiel is noodzakelijk om het verbruik gedurende een jaar te kunnen analyseren.

Voor de analyse is gebruik gemaakt van een G1-profiel om zowel de elektrische als thermische (voor een warmtepomp) belasting voor een kantoor gebouw te simuleren. Dit profiel is ontwikkeld door de Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW).

4 ANALYSE

4.1 ELEKTRISCH

In figuur 2 hieronder is een overzicht van de verwachte maandelijkse opbrengst en hoe deze geproduceerde PV-energie wordt verbruikt. De grafiek beneden suggereert dat naarmate de productie toeneemt de gelijktijdigheid van eigenverbruik en geproduceerde elektriciteit afneemt.



Figuur 2 - Verdeling opbrengst PV-panelen naar direct eigen verbruik en levering aan het net.

De voorspelde jaaropbrengst van de zonnepanelen is 36.870² [kWh]. Dit is 7% lager dan wat de PV-paneel leverancier heeft berekend. Het voorspelde verbruik met een toegevoegde warmtepomp is 59.522 [kWh].

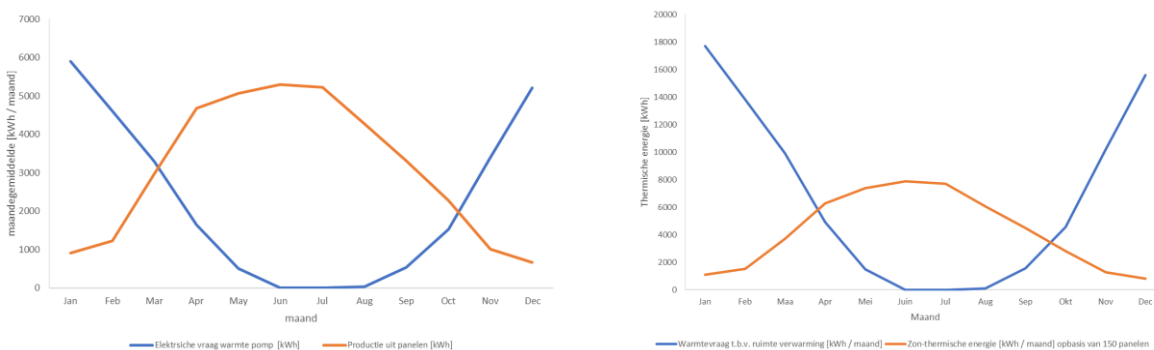
Voor het meetjaar betekent dit een tekort van 22.651 [kWh]. In de maanden april tot en met september wordt een overschot van 11.893 [kWh] voorspeld.

4.2 WARMTE

In de grafieken van figuur 3 beneden is een analyse van de thermische vraag om de ruimte te verwarmen en hoeveel zowel elektrisch als thermische energie uit de 150 panelen geproduceerd kunnen worden om aan de warmtevraag te voldoen. De booster panelen zetten instralingsenergie om in thermische energie met een efficiency van 34%.

In de analyse wordt ervan uitgegaan dat alle energie uit de PV-panelen en de booster panelen ten behoeven van ruimte verwarming wordt ingezet.

² In deze opbrengst is het effect van de boosterpanelen inbegrepen.



Figuur 3 Links: Het verschil tussen elektriciteitsproductie uit de panelen en elektriciteitsvraag voor de warmtepomp t.b.v. ruimteverwarming, Rechts: Het verschil tussen thermische energie geproduceerd uit de panelen en energievraag t.b.v. ruimte verwarming.

Voor de periode tussen april en september wordt voldoende energie (thermisch en elektrisch) geproduceerd om te voldoen aan de energievraag voor ruimte verwarming. Er is in die periode zelfs een overschot aan geproduceerde warmte.

Voor de maanden juni en juli, wanneer de meeste energie wordt geproduceerd is geen warmtevraag aanwezig. Het gebouw wordt effectief voor 5 maanden van het jaar (april, mei, augustus, september en oktober) verwarmd op basis van de SEB.

Tabel 4 - verband tussen benodigd boosterpanelen en gemiddelde maandelijkse zonne-instraling.

Maand	Warmtevraag t.b.v. ruimte verwarming [kWh / maand]	Instraling [kWh/m2.maand]	Boosterpanelen nodig (1,6 m2 per paneel)³
Jan	21251	22	1817
Feb	16562	30	1008
Maa	11890	73	301
Apr	5894	123	88
Mei	1813	145	23
Jun	0	155	0
Jul	0	151	0
Aug	122	119	2
Sep	1897	88	40
Okt	5489	55	184
Nov	12230	25	892
Dec	18732	16	2179

Gemiddeld⁴ genomen is jaarlijks een tekort van ongeveer 3/4 van de energie die noodzakelijk is om de ruimte te verwarmen. Indien het tekort aan energie opgelost moet worden dient minimaal een factor 10 aan boosterpanelen ten opzichte van het huidige ontwerp geïnstalleerd worden. Door dit tekort aan warmte is doorlevering van warmte aan andere gebruikers in het gebouw geen optie.

Door toepassing van warmte koude opslag in de bodem (WKO) kunnen de overschotten in de warme seizoenen worden opgeslagen en in de koude periode weer gebruikt worden. Indien WKO wordt toegepast is het jaarlijks tekort ongeveer een kwart van de benodigde energie op basis van het huidige ontwerp van 150 boosterpanelen.

De boosterpanelen kunnen ook als warmtewisselaars gebruikt worden, waarbij energie uit de lucht gehaald wordt. Aangezien er geen meetdata of rapporten aanwezig zijn om dit gedrag van de boosterpanelen in combinatie met de warmtepomp te karakteriseren, is een kwantitatieve analyse niet mogelijk. Het is aannemelijk dat de energietekorten af zullen nemen, echter de mate van afname is niet te voorspellen.

Het is de verwachting dat de boosterpanelen als wisselaar in de koude periode met weinig zon instraling ingezet zal worden. Afhankelijk van de temperatuur van de

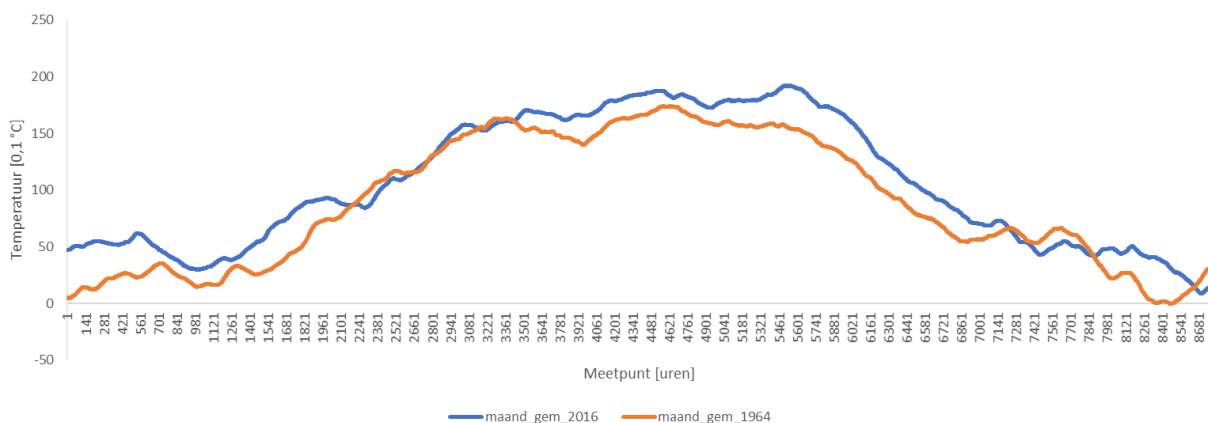
³ Uitgaande van standaard test conditie (STC) met 34% omzettingsefficiency, waarbij het effect van energie uit omgevingslucht trekken niet is meegenomen.

⁴ Er is alleen voor 1 jaar verbruiksdata beschikbaar. Hierdoor zit een grote onzekerheid in de resultaten van de analyse.

stooklijn zal het vermogenscoëfficiënt (COP) bepaald worden, zie de specificatie van de warmtepomp in bijlage A. In hoofdstuk 5 wordt inzicht gegeven bij welke COP de businesscase nog positief is.

4.3 AFGIFTE TEMPERATUUR

In het huidige systeem wordt warmte op basis van standaard radiatoren aan de ruimte afgegeven. Een overzicht van de type radiatoren is in tabel 3 gegeven. Om de grenzen op te zoeken van welke laagste temperatuur het gebouw verwarmd kan worden is het gasverbruik met het G1 profiel gecorreleerd.



Figuur 4 - Temperatuurverdeling tussen NEN5060-referentiejaar en de meetperiode van 2016

Op basis van de correlatie tussen het G1 profiel en gasverbruik is een piekcapaciteit van 50 [kWth] noodzakelijk om het comfortniveau te garanderen. Het totaal aan opgesteld vermogen in de vorm van gasketels bedraagt nu 120 [kWth]. Er kunnen meerdere oorzaken zijn die het verschil tussen het berekend vermogen uit de correlatie van het G1 profiel en het opgesteld gasketelvermogen verklaren:

- Het referentiejaar voor de bepaling van klimaat installaties is 1964-1965 (conform NEN5060)
- Het gasverbruik geeft alleen voor de periode 2016-2017 een beeld
- Het verbruik⁵ van 2016-2017 (gemeten jaar) is lager ten opzichte van het ontwerp referentiejaar omdat het gemeten jaar relatief warmer is en significant lagere koude getal heeft.

Het huidige oppervlakte aan radiatoren om warmte af te geven ten behoeve van ruimte verwarming bedraagt 11,35 [m²]. Indien met lagere temperaturen hetzelfde vermogen afgegeven dient te worden zullen de afgifte systemen in vermogen toe moeten nemen. Dat betekent dat het debiet (snelheid waarmee warmte wordt aangevoerd) ook toe dient te nemen. Het dient met minimaal een factor 2 vanwege het kleinere verschil tussen aanvoer en retourtemperatuur van 5°C bij lage

⁵ Het gemiddelde jaartemperatuur van 2016 is 2°C hoger ten opzichte van het referentiejaar 1964. In het koude getal van 2016 en 1964, respectievelijk 9,6 en 108,9

temperatuur verwarming in plaats van minimaal 10°C bij conventionele CV installatie.

Tabel 5 - Verband tussen radiator oppervlakte en stooklijn (aan-/afvoer) temperatuur.

Aan- /afvoertemperatuur [° C]	Nodig oppervlak radiatoren bij piekvraag [m2]	Nodig oppervlak radiatoren gemiddelde warmte [m2]
35/30	66.7	40.1
45/40	24.7	14.9
50/45	18.6	11.2
55/45	16.7	9.97
60/50	13.3	8.00

Laag temperatuur verwarming met een aanvoer temperatuur tot minimaal 45°C lijkt fysiek haalbaar. Dit wordt bereikt door het oppervlakte (vermogen) van huidige radiatoren met ongeveer een factor twee te vergroten.

Bij lage temperatuurverwarming wordt het verschil tussen de aanvoer temperatuur en ruimte temperatuur kleiner, hierdoor wordt de mate van warmte uitwisseling tussen de radiator en de ruimte lager. Door ventilatoren onder of boven de radiatoren te plaatsen wordt de mate van warmteafgifte in de ruimte verhoogd. Als alternatief kunnen de huidige radiatoren direct omgewisseld worden door radiatoren (v.b. Jaga radiatoren) die in staat zijn om op basis van lage temperaturen efficiënt en snel warmte uit te wisselen.

4.4 OPSLAG

De opslag is op 1.500 liter gedimensioneerd. Afhankelijk van het noodzakelijke vermogen en toegestane temperatuur daling in de buffer kan de opslag capaciteit bepaald worden.

In onderstaande tabel is de impact van de buffer bij verschillende afname capaciteit met een toegestane temperatuurverschil van 10 °C.

Tabel 6 – Buffergrootte voor het SEB concept

Te leveren vermogen uit de opslg	Buffer inhoud [liter]	
	1.500	15.000
50 [kW]	21 minuten	209 minuten
25 [kW]	41 minuten	418 minuten

Indien buffering voor meerdere uren (bijvoorbeeld voor een dag) noodzakelijk is, volstaat 1.500 liter aan buffer capaciteit niet. Voor buffering over een dag dient de buffer significant groter te worden.

4.5 WARMTE EN KOUDE OPSLAG (WKO) IN COMBINATIE MET HET SEB-CONCEPT

De grond is zeer geschikt voor een WKO-systeem. Er zijn geen restricties op deze locaties en geen beperkingen op grondwaterkwaliteit. Het resultaat van het bodemonderzoek is in bijlage E opgenomen.

De WKO-opstelling zal moeten worden gedimensioneerd op het piekvermogen en jaarverbruik voor warmte. Het jaarverbruik aan warmte 95.881 [kWh/jaar] volgt uit de totale gasvraag van 9.815 [m³/jaar]. Het piekvermogen van Zolderpark ligt tussen de 50 en 120 [kWth].

Wanneer onvoldoende zon thermische energie aanwezig is kan uit de WKO bron warmte worden onttrokken. De SEB modules kunnen in de zomermaanden, wanneer overtollige warmte aanwezig is, de WKO bron regenereren. Bij regeneratie wordt warmte die tijdens de winter uit de bron is onttrokken weer in de bron gestopt.

Naast levering van warmte is een WKO bron goed in staat om hoge temperatuur koeling te leveren die als comfort koeling gebruikt kan worden. Indien de WKO bron in de zomer voor koeling wordt gebruikt, ontstaat natuurlijke regeneratie van de bron. In dit geval zijn de SEB modules overbodig om de bron te regenereren. Indien de WKO bron wordt gedimensioneerd op het jaarverbruik van Zolderpark, zijn de SEB modules overbodig. De WKO bron volstaat als thermische bron voor de warmtepomp.

Door toepassing van laag temperatuur verwarming zal de hoge temperatuur warmtepomp overbodig zijn en kan naar alle waarschijnlijkheid voor een goedkopere conventionele warmtepomp gekozen worden.

4.6 IMPACT OP GEBIEDSNIVEAU DOOR WKO

Gebouwen met een hoge isolatie waarde zijn uitermate geschikt voor comfort koeling. Goed geïsoleerde gebouwen (label A of B) kunnen prima op basis van laag temperatuur warmte in de winter verwarmd worden. In de warme zomer periode raken deze goed geïsoleerde gebouwen oververhit, waardoor koeling gewenst is.

Koelingscapaciteit wordt normaliter op 2 kW per woning gedimensioneerd. Uitgaande van een minimale bron capaciteit van 50 kW, kunnen 25 wooneenheden aangesloten worden op de WKO bron. De capaciteit van de WKO kan ook uitgebreid worden waardoor voldoende capaciteit aanwezig is om meer gebouwen naast Zolderpark van warmte in de winter en koude in de zomer te voorzien.

In de direct omgeving van Zolderpark is een potentiële koelvraag aanwezig. Deze koelvraag wordt gebaseerd op de energielabels (A of B) van de woningen en gebouwen en is inzichtelijk gemaakt in bijlage F.

Er zijn 20 woonunits (postcode 6641 BH) waar koude direct geleverd kan worden. Deze units bevinden zich in hetzelfde gebouw als Zolderpark. Aanleg van een distributieleiding zal tegen relatief lage kosten gerealiseerd kunnen worden.

Naast woningen kan comfort koeling aan de Albert Heijn supermarkt (postcode 6641 BH, nummer 72) geleverd worden. Deze winkel is direct onder Zolderpark gevestigd, met een winkeloppervlakte van 2.054 m². In bijlage G is een overzicht van de woonunits en winkels in het gebied rondom Zolderpark.

Bijlage F suggereert dat er een hoge potentie voor toepassing van laag temperatuur verwarming en hoog temperatuur comfortkoeling in het direct gebied rondom Zolderpark.

Tabel 7 – potentie voor laagtemperatuur warmte en hoog temperatuur comfortkoeling.

	Koelvraag (kWp)	Warmtevraag⁶ (kWh)
20 wooneenheden onder Zolderpark	40	273.532
37 Wooneenheden in gebouw A+B	74	506.034

In de tabel hierboven is de vraag vanuit de Albert Heijn supermarkt en de twee winkels in gebouw C niet inbegrepen. Een interview met de uitbater zal moeten leiden tot een schatting van de energievraag.

In het gebied zijn meer gebouwen aanwezig die label A of B hebben, echter deze gebouwen zijn verder gelegen. De netwerk kosten zullen oplopen. Om de potentie van het gebied rondom de Zolderpark om te zetten in kansen, dient een gebied brede aanpak ontwikkeld te worden.

Voor zover bekend heeft gemeente Beuningen nog geen warmteplan. Het gebied rondom Zolderpark zal in een toekomstig warmteplan opgenomen moeten worden.

Gezien Movementsgroup al een stap heeft gemaakt om het Zolderpark en het gebied eromheen te verduurzamen zal ze in de ontwikkeling van een gebied brede aanpak een actieve rol kunnen nemen.

⁶ Uitgegaan van een standaard jaarverbruik (SJV) van 1.400 m³, en 1 m³ gas = 9,769 kWh

5 FINANCIËLE ANALYSE

5.1 REKENMODEL

Om de financiële haalbaarheid van het SEB concept te bepalen is een rekenmodel opgesteld. Op basis van het model worden de volgende indicatoren uitgerekend:

- Netto contante waarde (NCW)
- Terugverdiëntijd (TVT)
- Kosten van elektriciteit gedurende de levensduur van het project (LCOE)
- En kosten van warmte uit de solar energy booster gedurende de levensduur van het project (LCOH)

In het rekenmodel wordt met de volgende aannames gerekend:

- Projectduur is / afschrijving 15 of 25 jaar (indien het laatste wordt uitgegaan van vervanging van de warmtepomp na 15 jaar⁷)
- Lineair afschrijving voor zowel de PV als SEB installatie
- Financiering uit 100% eigen vermogen
- Elektriciteit uit de PV-installatie wordt primair ingezet om de warmtepomp van het SEB concept aan te drijven
- De booster panelen leveren voldoende energie aan de warmtepomp waardoor de ontwerp COP (minimaal 3 en maximaal 6) gehaald worden
- Kosten voor lage temperatuur verwarming is niet meegenomen (afhankelijk van de resultaat businesscase kunnen deze kosten meegenomen worden)

De financiële analyses van de WKO scenario's zijn gebaseerd op de WKO-tool. Dit is een tool ontwikkeld door IF-Technology in opdracht van RVO. De resultaten van deze tool zijn richtinggevend en dienen vooral niet als definitief beschouwd te worden.

⁷ De herinvestering in de warmtepomp, wordt na 15 jaar geactiveerd en wordt niet aan de voorkant begroot in de initiële investering

5.2 INVESTERINGSKOSTEN OP BASIS VAN SEB CONCEPT

In het tabel hieronder is een overzicht van de investeringskosten voor de SEB.

no	aantal	beschrijving	Kosten
1	3	solar pompenset	1240
2	1	Viessman Vitocal 350-G	18000
3	1	Temperatuur regeling afsluiters & kleppen	840
4	1	Hoofdleidingen installatie (warmtepomp)	2178
5	150	T module incl. aansluitmateriaal slagen dak	19500
6	1	Montage-materiaal	2120
7	3	Buffervat Austria Email SOLAE500 A 251 38	5037
8	1	elektra voorziening	354
9		subtotaal	49269

Volgens eigen opgave van SEB, kan het project als voor een totale prijs van EUR 35.000,- gerealiseerd worden. In het rekenmodel is dit bedrag als investeringsprijs aangehouden.

5.3 OPERATIONELE KOSTEN VOOR WARMTE OP BASIS VAN SEB CONCEPT

De operationele kosten in het rekenmodel bestaan uit inkoopkosten van elektrische energie en onderhoudskosten. De elektriciteitskosten voor de pv panelen zijn gebaseerd op de levelized cost of electricity rekenmethodiek (LCOE).

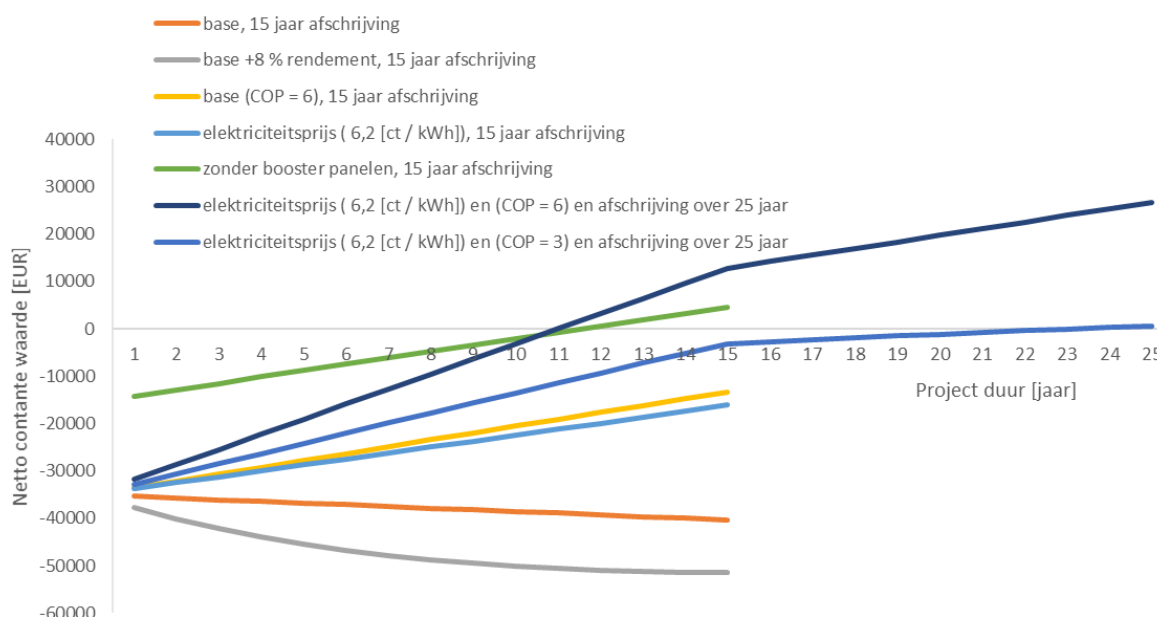
Ten behoeve van optimalisatie van de businesscase van de SEB is gerekend met 0% rendement op de investering in de zonne-energie installatie. De tabel hieronder geeft een overzicht van de verschillende kosten scenario's.

Afschrijvingsperiode	Rendement op investering	
	0%	8%
LCOE - 15 jaar afschrijving	7,2 [ct / kWh]	11,3 [ct / kWh]
LCOE - 25 jaar afschrijving	6,2 [ct / kWh]	10,2 [ct / kWh]

Voor de onderhoudskosten is gerekend met kosten tussen 1 - 2% van de totale investeringsprijs van de SEB, wat uitkomt op 1.400 EUR / jaar.

5.4 FINANCIËLE ANALYSE OP BASIS VAN SEB CONCEPT

Om inzicht te krijgen in de financiële haalbaarheid van het project is de netto contante waarde en terugverdientijd van het project uitgerekend. De resultaten zijn voor verschillende scenario's in de grafiek hieronder weergegeven.



Figuur 5 - Netto contante waarde voor het project voor verschillende scenario's

Het base scenario is een scenario waarbij de COP een waarde van 3 heeft en de prijs van elektriciteit 7,2 ct / kWh bedraagt met een financieel rendement van 0%.

Alle scenario's op basis van het SEB concept leveren negatieve businesscases op, indien over een periode van 15 wordt afgeschreven. Het is duidelijk te zien dat een verhoging van de COP een de verlaging van de elektriciteitsprijs een positief invloed heeft op de businesscase.

Het scenario met de meest gunstige COP van 6,0 % financieel rendement, elektriciteitsprijs van de PV panelen en afschrijving van de SEB over 25 levert een terugverdientijd op tussen 10 en 11 jaar met een netto contante waarde van EUR 26.703,- op.

Indien een COP van 3 wordt aangehouden kan een positieve businesscase worden verkregen met een terugverdientijd van ongeveer 24 jaar en een financieel rendement van 1%.

5.5 FINANCIËLE ANALYSE OP BASIS VAN WKO (+SEB)

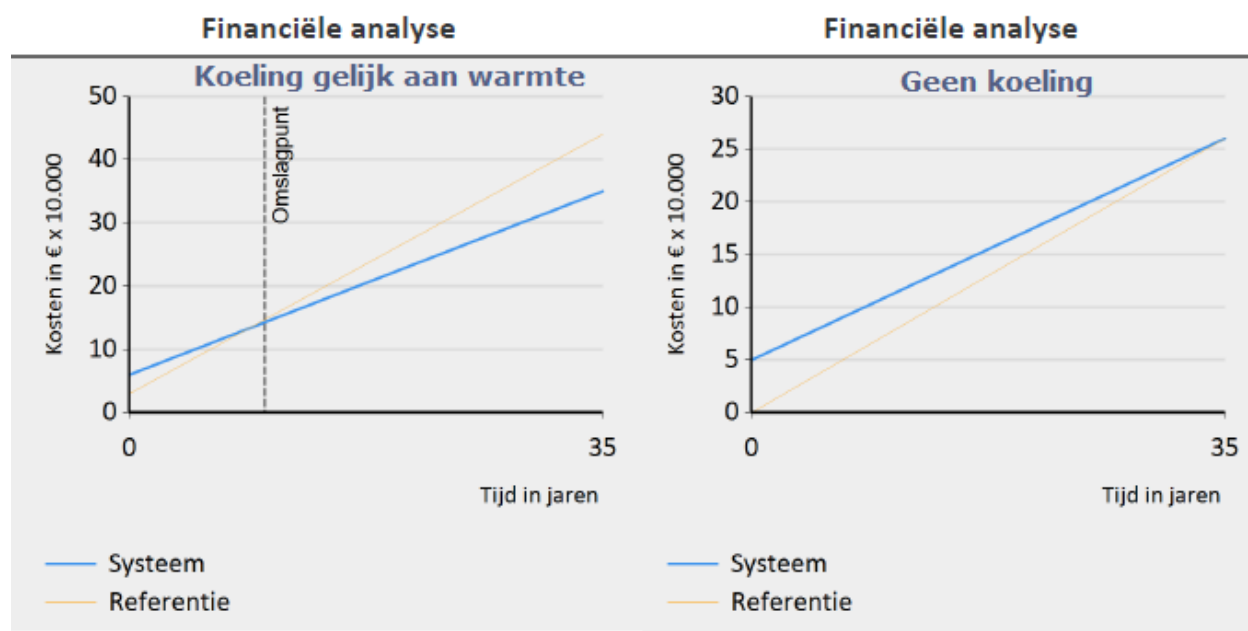
Een WKO-opstelling zal, afhankelijk van de dimensionering, tussen de €26.000 en €48.700 gaan kosten.⁸

Hieronder twee scenario's:

- **Scenario A** is een WKO zonder koeling, SEB modules worden gebruikt als regeneratiebron
- **Scenario B** is een WKO met koeling van woningen. Geen SEB modules voor bron regeneratie nodig en laag temperatuur warmtepomp toegepast. Koelvraag is gelijk aan warmtevraag voor bronbalancerings.

5.5.1 Scenario A

In dit scenario is de terugverdientijd berekend op basis van een standaard laag temperatuur warmtepomp. De kosten van de SEB module en meerkosten voor een de hoog temperatuur warmtepomp van SEB concept zijn niet inbegrepen. De terugverdientijd is langer dan 35 jaar.



5.5.2 Scenario B

In dit scenario zijn de SEB module en de hoge temperatuur warmtepomp overbodig. Koeling in de zomer wordt geleverd aan de wooneenheden direct onder

⁸ Volgens wkotool.nl, bij een variatie de gedimensioneerde piekvraag tussen 40kWt en 120 kWt

Zolderpark. In dit scenario zijn de kosten voor leidingwerk voor koude levering niet meegenomen. Omdat de leidingen inpandig blijven, zullen naar verwachting de netwerkkosten meevallen. De afgifte installaties zullen door de gebruikers / bewoners betaald moeten worden.

6 ALTERNATIEVE OPTIES

Het is de verwachting dat in de zomerperiode een zeer groot overschot is aan restwarmte die door de SEB modules worden geleverd en niet afgezet kunnen worden omdat er geen vraag is. Hieronder zijn een aantal technische opties benoemd.

6.1 WARMTEOVERSCHOT SEB ALS WARM TAPWATER

In de zomer is geen ruimteverwarming nodig. Juist in die periode is veel zon thermische warmte aanwezig en deze wordt door de SEB modules opgevangen. Hierdoor ontstaat een overschot aan thermische energie.

De wooneenheden direct onder het Zolderpark hebben in de zomer warm tapwater nodig. Het warmteoverschot afkomstig van de SEB modules kunnen door de hoog temperatuur warmtepomp geschikt worden gemaakt voor warm tapwater gebruik.

De vraag voor tapwater in een woning wordt geschat op 27%⁹ van de totale warmtevraag. Voor de 20 wooneenheden komt dit neer op een vraag van 18.463 kWh (of 66,5 GJ) voor 3 zomermaanden.

Prijs component	Prijs op basis van 20 wooneenheden (EUR)
Warmteprijs	1.321,-
Vastrecht	5.116,-
meettarief	419,-

De jaarlijkse inkomsten uit warm tapwater bedragen EUR 6.856,-. De prijzen hierboven zijn op basis van warmtetarieven voor 2018 en zijn door de ACM¹⁰ vastgesteld.

Naast de jaarlijkse inkomsten mag per aansluiting tevens een eenmalige aansluitbijdrage van maximaal EUR 857,- in rekening worden gebracht. Gezien de leidingen inpandig aangelegd kunnen worden zullen de infrastructuurkosten relatief laag zijn.

Hoewel dit scenario een positieve bijdrage heeft op de businesscase van het SEB concept, wordt het als niet realistisch beschouwd. Het nadeel in dit scenario is dat de maandelijkse lasten voor de warmteafnemer significant omhoog zullen gaan. De afnemer betaalt namelijk vastrecht voor zowel de gas aansluiting als voor het gebruik van tapwater. Hierdoor wordt het moeilijk om dit concept aan de bewoners te verkopen.

⁹ Menkveld, M.; Kentallen warmtevraag woningen; ECN; 2009

¹⁰ <https://www.acm.nl/nl/warmtetarieven>

6.2 WARMTEOVERSCHOT SEB ALS ABSORPTIEKOELER

Het warmteoverschot uit de SEB modules gedurende de zomer zou gebruikt kunnen worden om de Albert Heijn supermarkt direct onder het Zolderpark te koelen via een absorptiekoeler. Zo bespaart Albert Heijn kosten in de warme zomer.

Echter, zou hiervoor een absorptiekoeler moeten worden aangeschaft voor slechts een paar maanden. Een dergelijk systeem is pas rendabel door veel uren per jaar beschikbaar te zijn, waarbij de koelvraag door het hele jaar constant en continu is.

Koeling op basis van WKO lijkt een eenvoudigere, goedkopere oplossing en past beter met de seizoen profielen van vraag en aanbod.

6.3 GEBRUIK WARMTE UIT COMPRESSORS KOELCELLEN ALBERT HEIJN

De koelcellen van de Albert Heijn leveren bonus warmte in de winter die wellicht niet optimaal gebruikt wordt. Waarschijnlijk is de opgewekte warmte niet al te groot. In de winter zal de Albert Heijn de warmte zelf gebruiken om minder hoeven te verwarmen, en in de zomer is er geen behoefte aan warmte. Er kan met de Albert Heijn gezocht worden naar een duurzaam systeem, echter zal de totale besparing relatief klein zijn.

7 CONCLUSIES

Door het gebrek aan meetdata en bouwfysische eigenschappen van het gebouw zijn gedetailleerde analyses niet mogelijk, waardoor de resultaten grote onnauwkeurigheden bevatten. Ondanks de onzekerheden is het mogelijk om in algemene termen enige conclusies te trekken.

Over het jaar 2016 genomen is de elektriciteitsproductie uit de PV-panelen ongeveer 32% lager dan de vraag. In de maanden april tot en met september wordt een overschot van 11.896 [kWh] voorspeld, waarvan 3.242 [kWh] naar de warmtepomp gaat. Het overschot kan aan bijvoorbeeld de supermarkt doorgeleverd worden.

Voor ruimte verwarming is over het jaar 2016 voor de warmtepomp 31.960 [kWh] aan elektriciteit nodig om deze aan te drijven. Dit betekent dat er slechts 4.910 [kWh] overblijft om andere elektrische apparaten van de zonne-energie te voorzien.

De piekcapaciteit is bepaald op basis van meetdata van de verbruiksdata over de periode 2016 – 2017 en komt uit op 50 [kWth]. Dit jaar is warmer en kent ook een significant lager koude getal vergeleken met het NEN5060 referentiejaar. Het geïnstalleerde piekvermogen zal naar verwachting hoger moeten zijn dan wat berekend is op basis van aanwezige verbruiksdata.

De booster panelen kunnen met een efficiency van 34% de instralingsenergie omzetten¹¹ naar thermische energie. Deze energie wordt gebruikt om een buffer te laden, die tevens als bron dient voor de warmtepomp. Jaarlijks wordt onvoldoende zonne-energie gewonnen om de bron van voldoende energie te voorzien. Het tekort bedraagt ongeveer 75% van wat nodig is. Door gebruik te maken van WKO kan het tekort aanzienlijk teruggebracht worden, tot 25% van wat aan energie nodig is.

Er is niet voldoende thermische energie om doorlevering aan andere gebruikers in het gebouw mogelijk te maken. Tevens zal de additionele investeringen voor doorlevering geen positief effect op de businesscase hebben

De boosterpanelen kunnen ook gebruikt worden als warmtewisselaar om energie uit omgevingslucht te halen. Het is aannemelijk dat hierdoor het tekort aan thermische energie af zal nemen. Om deze extra energiewinst te kwantificeren zijn test data van het SEB concept noodzakelijk.

Lage temperatuurverwarming met een ondergrens van 45°C is mogelijk door het radiatoren oppervlakte te verdubbelen in combinatie met technieken om de uitwisselsnelheid tussen de radiatoren en het kantoor te vergroten. Daarnaast is het noodzakelijk het debiet van het hydraulisch systeem met een factor 2 te vergroten. De haalbaarheid hiervan is afhankelijk van de diameter van de leidingen die bepaalt of deze de hogere debieten aan kan.

¹¹ Uitgaande van STC, het effect onder reële omstandigheden is bij het schrijven van dit rapport onbekend

Het SEB concept voor de locatie Zolderpark is financieel haalbaar indien het project over 25 jaar wordt afgeschreven met een realistische COP van 3. In het meest gunstige scenario (COP is 6) levert het project een voordeel van EUR 26.703,- op.

De COP van 6 is alleen haalbaar bij aanvoer temperaturen uit booster panelen boven 20°C. Het is aannemelijk dat in de winterperiode de temperatuur uit de boosterpanelen significant lager zullen zijn dan 20°C, waardoor de COP van 6 naar alle waarschijnlijkheid niet gehaald kan worden.

Door gebruik te maken van een WKO bron is het hele jaar door voldoende aanbod van warmte in de bron. Overschotten in de zomer door de SEB modules kunnen worden gebruikt om de WKO bron op te laden, hierdoor wordt de bron gebalanceerd.

In het gebied in de directe omgeving van het Zolderpark zijn wooneenheden en winkels aanwezig met energielabels A of B. Hierdoor is laag temperatuur ruimte verwarming en hoog temperatuur comfort koeling mogelijk.

Er is een potentieel voor de levering van koude in de directe omgeving van Zolderpark. Een WKO bron kan in de koudevraag van de zomer voorzien. De WKO bron wordt gebalanceerd door de warmte die uit de gebouwen wordt onttrokken tijdens de levering van koude. De SEB modules zijn overbodig.

Laag temperatuur ruimteverwarming en hoog temperatuur comfort koeling lijkt een betere businesscase te zijn vergeleken met het SEB concept. Het gebied dat verduurzaamd kan worden wordt significant groter.

8 AANBEVELINGEN

Indien gekozen wordt om het SEB concept toe te passen is het sterk aanbevolen om een extra stookinstallatie met een piek vermogen van minimaal 60 kW ernaast te plaatsen.

De thermodynamische berekeningen laten zien dat er niet voldoende stralingsenergie is om de buffer van voldoende energie te voorzien om aan de warmtevraag te voldoen. Deze energie zal uit de lucht gehaald moeten worden. Het is daarom aan te bevelen om de meetdata te hebben waaruit blijkt hoeveel energie uit de lucht onttrokken kan worden door de booster panelen.

De COP van 6 is alleen haalbaar bij aanvoertemperaturen uit booster panelen boven 20°C. Het is aannemelijk dat in de winter periode de temperatuur uit de boosterpanelen significant lager zullen zijn dan 20°C, waardoor de COP van 6 naar alle waarschijnlijkheid niet gehaald zal worden. Daarom wordt aanbevolen om met de scenario met een COP van 3 met een afschrijvingsperiode van 25 jaar te rekenen.

Op de begane grond van het Zolderpark gebouw bevindt zich een Albert Heijn supermarkt. Het kan interessant zijn om de restwarmte uit de koelinstallatie van de supermarkt te gebruiken om warmte aan het buffervat te leveren. Dit kan mogelijk het warmtetekort aan de kant van de bron verkleinen of volledig oplossen en mogelijk de COP positief beïnvloeden.

In het rekenmodel is gerekend met onderhoudskosten tussen 1 – 2% van de totale projectkosten van het SEB concept. Het is de moeite waard om te kijken of deze kosten verlaagd kunnen worden. Het financieel rendement zal hierdoor verbeteren.

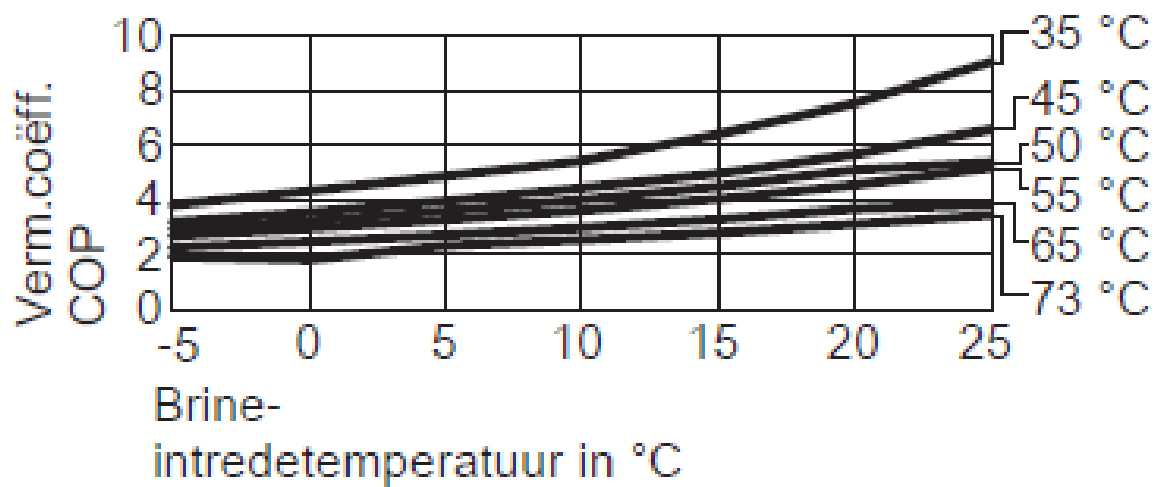
Het is aanbevolen om de opslag capaciteit in de orde van grootte van 10.000 liter te dimensioneren. Hierdoor ontstaat een grotere mate van flexibiliteit om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen.

Warmte en koeling op basis van WKO (zonder SEB modules) heeft een grote kans van slagen en heeft een veel grotere impact in het gebied. Er dient een gebied brede aanpak ontwikkeld te worden. Hiervoor is het noodzakelijk om draagvlak bij omwonenden en ondernemers te onderzoeken. Tevens is de uitvoering van een inventarisatie om de koude behoefte (oververhitting) inzichtelijk te maken noodzakelijk.

Gemeente Beuningen is een belangrijke stakeholder. Agendeer het potentieel voor een warmte- koudenet en ontwikkel draagvlak en trek samen met de gemeente op.

Een verscherping van de businesscase voor een warmte- koudenet is noodzakelijk voordat met verschillende stakeholders een gesprek wordt aangeknoopt. Tevens dient een technisch concept ontwikkeld te worden om gesprekken met stakeholders en bewoners goed te communiceren.

BIJLAGE A - COP WAARDE VAN DE WARMTEPOMP



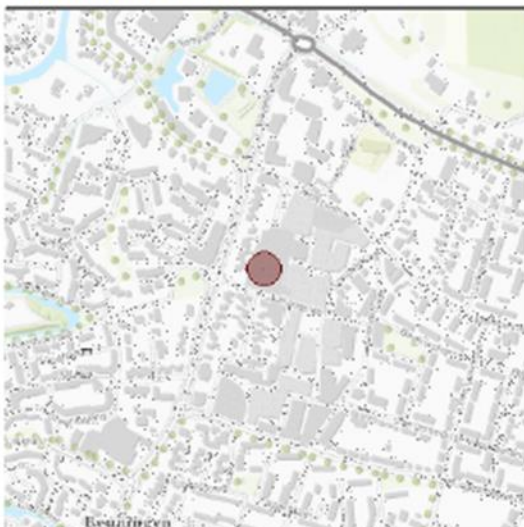
BIJLAGE B – SPECIFICATIES VAN PV-PANELEN

BIJLAGE C – TESTRAPPORT VAN DE BOOSTERPANELEN

BIJLAGE D – PRESENTATIE SEB-CONCEPT

BIJLAGE E – RESULTAAT BODEM ONDERZOEK

Overzichtskaart



Detailkaart



Mag het? - aandachtsgebieden

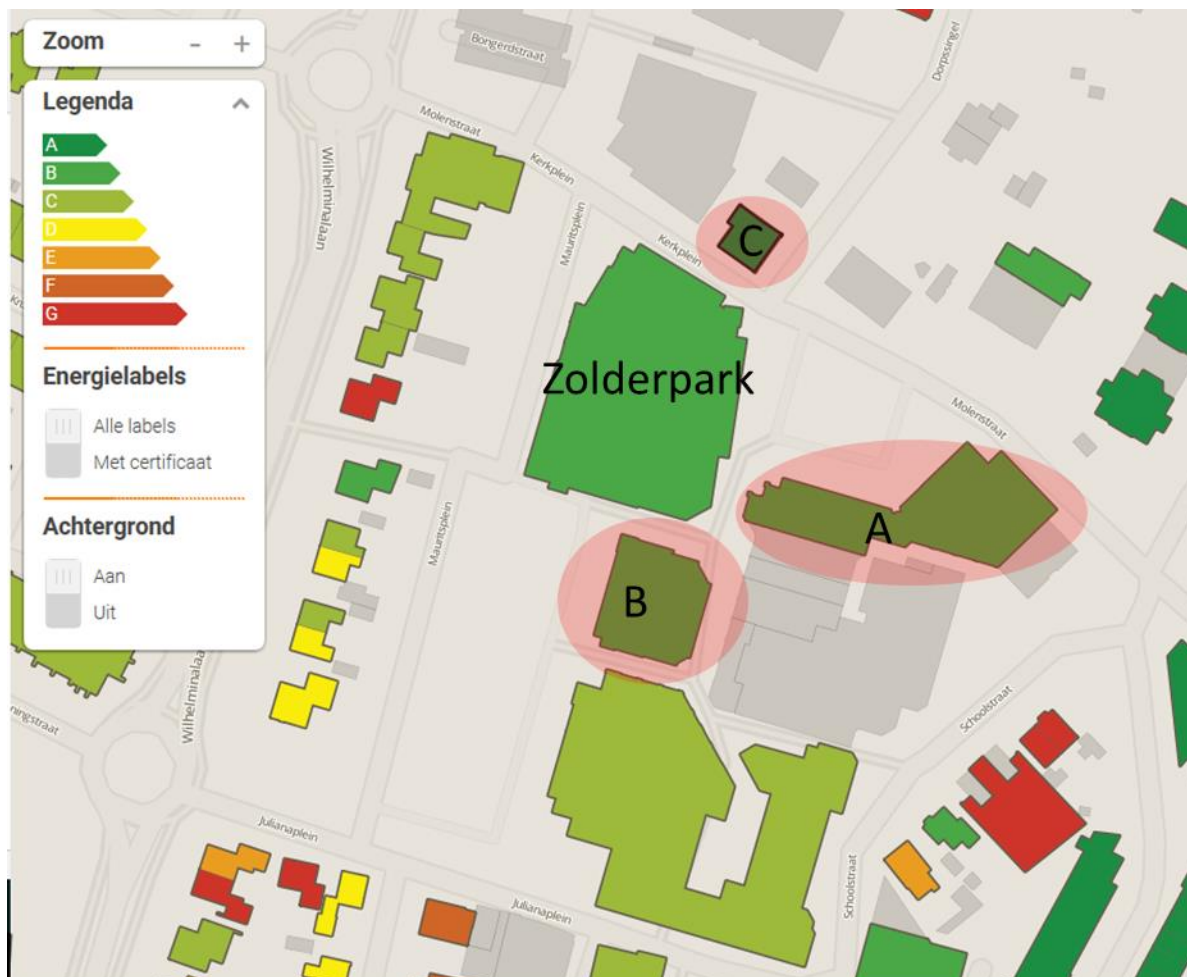
- open systemen
- gesloten systemen
- grondwateronttrekkingen
- ▨ natuur
- ▨ aardkundige waarden
- ▨ archeologie
- ▨ bodemenergieplannen
- ▨ interferentiegebieden
- ▨ overige aandachtsgebieden
- ▨ bodemonderzoek & -sanering
- ▨ onderzoek uitgevoerd, geen noodzaak tot verder onderzoek of sanering
- ▨ onderzoek uitgevoerd, verder onderzoek kan noodzakelijk zijn
- ▨ historische activiteit bekend

Mag het? - verbodsgebieden

- ▨ bescherming voor drinkwater
- ▨ specifiek provinciaal beleid

Bron: www.wkotool.nl

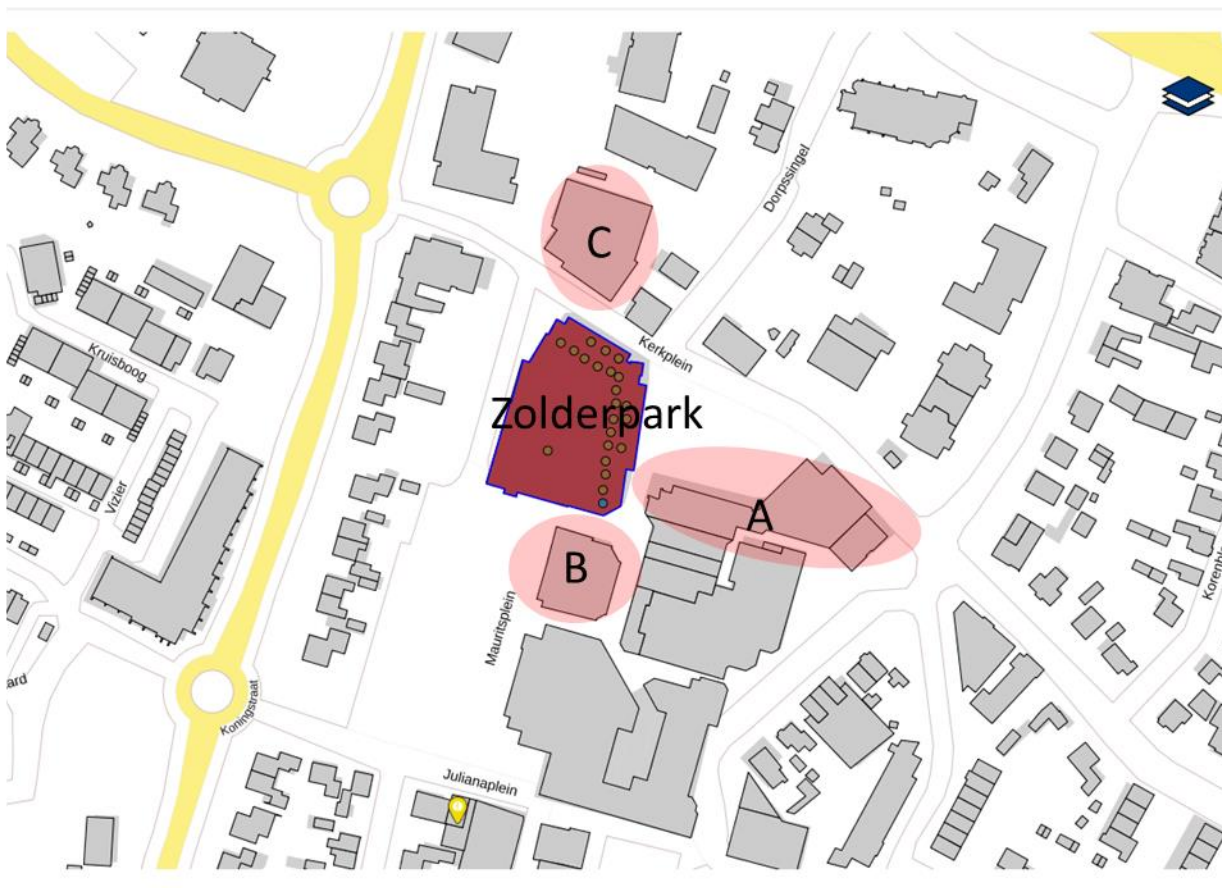
BIJLAGE F – KOELVRAAG POTENTIE RONDOM ZOLDERPARK



 Gebouwen rondom zolderpark met een potentieel voor koelvraag

Bron: <http://www.energielabelatlas.nl/#Beuningen/Beuningen/18/51.862/5.774>

BIJLAGE G – WONINGEN EN WINKELS IN HET GEBIED RONDOM ZOLDERPARK



 Gebouwen rondom zolderpark met een potentieel voor koelvraag

Gebouw met de volgende huisnummers hebben een potentieel voor laag temperatuurverwarming en hoog temperatuur comfortkoeling:

A: Kerkplein 100 t/m 156 (21 adressen)

B: Kerkplein 74 t/m 78 en Mauritsplein 3 t/m 29 (16 adressen)

C: Kerkplein 1 en 3 (2 adressen met winkel functie)

Bron: <https://bagviewer.kadaster.nl/lvbag/bag-viewer/index.html#?woonplaats=Vragender&searchQuery=mauritsplein%20%20beuningen&resultOffset=0&detailsObjectId=0209010000004117&objectId=0209100000016061&geometry.x=181454&geometry.y=430514&zoomlevel=6>