

HAALBAARHEIDSONDERZOEK ENERGIESYSTEEM SCHOUWBURGPLEIN

7 Square Endeavour

17 OKTOBER 2019

Projectnummer	TESN118078
Projecttitel	Een innovatief lage temperatuur warmtekoede uitwisselingsnet voor het Schouwburgplein
Penvoerder en medeaanvragers	Arcadis Nederland B.V., Amvest Investment Management B.V., Stichting Codarts, De Doelen, Theater Rotterdam, Verenigd Schouwburgplein, Dura Vermeer bouw Heyma B.V., Eneco Warmte & Koude Leveringsbedrijf B.V., VvE Schouwburgplein (Hartsuykerflat), Manhave Vastgoed B.V., Stichting Vestia.
Projectperiode	1 februari 2019 tot en met 1 augustus 2019

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Contactpersoon

MICHIEL GOOSSENSEN
Adviseur Planvorming en Strategie

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

MANAGEMENTSAMENVATTING

Klimaatverandering is een van de grootste maatschappelijke thema's van deze tijd. Door het verbruik van fossiele brandstoffen wordt er meer CO₂ uitgestoten dan wenselijk wat zorgt voor klimaatverandering. Op dit moment gebruiken de gebouwen rondom het Schouwburgplein in Rotterdam stadswarmte voor verwarming, elektriciteit voor koeling en overige energiebehoeftes en gas voor koken. De stadswarmte stoot per GJ 26kg CO₂ uit en grijze elektriciteit bestaat nog voor 85% uit fossiele energie, goed voor 0,65kg CO₂ per kWh.

Om geen negatieve bijdrage te leveren aan klimaatverandering hebben de gebouweigenaren van De Doelen, De Schouwburg Rotterdam, het Codarts gebouw, Vestia als eigenaar van de gebouwen aan de Jan Evertsenplaats, Amvest als eigenaar van de gebouwen aan de Joost Banckertsplaats, Manhave als eigenaar van de gebouwen aan de Karel Doormanstraat en de VvE van de Hartsuykerflat, zich verenigd in 7 Square Endeavour (7SE). Het doel is om een CO₂-neutraal Schouwburgplein te realiseren in 2030. Omdat klimaatverandering plaats gaat vinden en dit gevolgen heeft voor het Schouwburgplein is de ambitie om ook klimaatadaptief te zijn in 2030.

Het energiesysteem moet veranderen om in 2030 CO₂-neutraal te zijn. Daarom is in dit onderzoek gezocht naar alternatieven voor de stadswarmte. Het alternatief waarvoor gekozen is, is gebaseerd op het verwarmen door gebruik te maken van warmte-koude opslag (WKO's) systemen. Deze systemen slaan warmte in de zomer op in de bodem om in de winter mee te verwarmen en andersom. Dit systeem wordt gedimensioneerd op de warmtevraag zodat zowel alle warmte als alle koude geleverd kan worden uit deze systemen. WKO's leveren, in combinatie met een collectieve warmtepomp, warmte op tot ongeveer 45°C en koude rond de 16°C. De stadswarmte die nu geleverd wordt is van hoge temperatuur. De gebouwen rondom het Schouwburgplein hebben nu ook nog echt hoge temperatuur nodig om op een comfortabel niveau te kunnen verwarmen. Om gebruik te kunnen maken van de WKO systemen moeten de gebouwen vergaand geïsoleerd worden. De benodigde isolatiemaatregelen staan omschreven in 'Fase 2: Toepassing trias energetica'. Om volledig CO₂-neutraal te zijn moet alle stroom groen ingekocht worden.

Bij het realiseren van een klimaatadaptief plein is rekening gehouden met meer hoosbuien, langere periodes van droogte en lagere periodes van hitte. De daken worden omgevormd tot polderdaken. Polderdaken maken het mogelijk om hoosbuien op te vangen en hebben een verkoelend effect op de omgeving. Het overtollige water zal in een waterbuffer opgeslagen worden. Door waterretentie in het gebied is het mogelijk om ook de langere periodes van droogte op te vangen. Dit heeft de volgende voordelen:

- Riolerings hoeven niet verder vergroot te worden;
- Water kan op een later moment nuttig gebruikt worden;
- Overlast door fijnstoffen wordt tegen gegaan door minder droogte;
- Urban heat island effect wordt verminderd waardoor de koude vraag minder groot is en installaties beter renderen, dit levert een energiereductie op.



Door het veranderen van energiesystemen en het toevoegen van polderdaken met een waterbel waarin het overtollige water wordt opgeslagen is een CO₂-neutraal en klimaatadaptief plein gerealiseerd. Uit dit onderzoek blijkt dat een CO₂-neutraal en klimaatadaptief plein haalbaar is. Wel is nader onderzoek nodig om beter zicht te krijgen in de randvoorwaarden als het gaat om de financiële, organisatorische en technische haalbaarheid.

Allereerst moet er gedetailleerd onderzoek gedaan worden naar de isolatiemogelijkheden van de gebouwen op basis daarvan kan de toekomstige vraag bepaald worden. Met de toekomstige vraag in beeld kunnen de installaties en de energie-infrastructuur gedimensioneerd worden. Met de verwachte vraag en aanbod inclusief de benodigde investeringen moet een business case ontwikkeld worden. De business case biedt handvatten om financieringsmodellen te ontwikkelen om het initiatief daadwerkelijk tot een project te maken. Hierbij zal een organisatiemodel ontwikkeld moeten worden waarin zowel de eisen, behoeftes en wensen van de gebouweigenaren als een mogelijke exploitant in geborgd worden.

Het uitleggen op de warmtevraag zorgt (hoogstwaarschijnlijk) voor een koude overschot. Dit maakt het interessant om de mogelijkheden te onderzoeken om ook de rest van de omgeving verder te verduurzamen door het aanbieden van CO₂-neutrale opgewekte koude. Dit maakt 7SE niet enkel voor de deelnemende partijen maar voor een breder pallet aan gebouweigenaren en ondernemers interessant op weg naar een verduurzaming van hun vastgoed!

INHOUDSOPGAVE

MANAGEMENTSAMENVATTING	3
1 INLEIDING	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Het doel: een duurzaam energiesysteem	8
1.3 Leeswijzer	9
2 HET NIEUWE ENERGIESYSTEEM	10
3 FASE 0: EERDERE RAPPORTAGES 7 SQUARE ENDEAVOUR	15
4 FASE 1	17
4.1 Huidige situatie	17
5 FASE 2: TOEPASSING TRIAS ENERGETICA	20
5.1 Reductie aanbevelingen	20
5.2 Duurzame opwek aanbevelingen	25
5.3 Impact van dit project	27
6 FASE 3: HOE HAALBAAR IS HET SYSTEEM	29
6.1 Haalbaarheid energiesysteem	29
6.1.1 Technisch	29
6.1.2 Financieel	30
6.1.3 Ruimtelijk	30
6.1.4 Organisatorisch	31
6.2 Haalbaarheid waterbel	32
6.2.1 Technische haalbaarheid	32
6.2.2 Financieel	33
6.2.3 Ruimtelijk	33
6.2.4 Organisatorisch	34
7 DOORKIJK: WAT NU?	35
7.1.1 Opschalingsmogelijkheden en herhaalpotentieel	35
7.1.2 Conclusies	35
7.1.3 Vervolgstappen	36

COLOFON

37

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

7 Square Endeavour is een (internationaal) samenwerkings- en verduurzamingsproject met als missie culturele pleinen klimaatneutraal en toekomstklaar te maken. Het speelt op lokale schaalgrootte in op de wereldwijde verstedelijking en de nadelige gevolgen ervan als vervuiling, hittestress en wateroverlast. Slim en innovatief omgaan met energie is een van de speerpunten van het project. Het Schouwburgplein fungeert hierbij als proeftuin voor nieuwe innovatieve technologieën, cyclische processen en businessmodellen. Het Rotterdamse plein is het eerste plein in een reeks van zeven wereldwijd.

Het programma draagt oplossingen aan op onder meer het gebied van energie, transport, milieu, watervoorzieningen, stedelijke planning, bestaande bebouwing en leefbaarheid. Het richt zich op integrale oplossingen voor energiemangement, cyclische processen en groen-blauwe inrichting. Denk hierbij aan smartgrids, energieopwekking -opslag en -uitwisseling, grijs water, groene daken en andere nieuwe technologieën die toepasbaar zijn door en voor alle mensen die wonen, werken en recreëren in dit gebied. Naast een beter milieu biedt deelname hen ook economische voordelen, zoals lagere energiekosten door energiebesparing en draagt het bij aan lagere maatschappelijke kosten.

In de afgelopen jaren is een energie- en waterstrategie ontwikkeld. Als vervolg op deze studie moet een onderzoek gedaan worden hoe de energiestrategie en de waterstrategie samenkomen; een lokaal warmte-koude energie-uitwisselingsnet voor het Schouwburgplein. Op deze manier kan energie lokaal optimaal gebruikt worden waarmee het bijdraagt aan de doelstelling om klimaat- en energieneutraal te worden.

Voor de uitvoering van dit project is subsidie verleend door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). Volgens de subsidieverlening dient in dit rapport aandacht te zijn voor:

Eis vanuit de subsidie:	Terug te vinden in:
De vervolgstappen die het samenwerkingsverband gaat zetten na afloop van het project om tot de uitvoering en implementatie in de markt van wat onderzocht is te komen	7.1.3
De verwachte CO₂ -reductie die zou ontstaan bij uitvoering en implementatie in de markt van wat onderzocht is	5.3
De financiële of economische kansen, inclusief een of meer mogelijke verdienmodellen die noodzakelijk zijn om het concept of de technologie succesvol toe te kunnen passen	6.1 & 6.2
De niet-technologische factoren die een rol kunnen spelen bij de toepassing van het concept of de technologie in de markt en de wijze waarop daarmee wordt omgegaan	6.1 & 6.2
Indien het project een technologieontwikkeling betreft: de inbedding van de technologie in de energiewaardeketen	n.v.t.*
De opschalingsmogelijkheden en het herhaalpotentieel van wat onderzocht is	7.1

* Het project betreft géén technologieontwikkeling en is daarom niet van toepassing. De koppeling tussen WKO's en de innovatieve koppeling van de waterbel en de klimaatbeheersing binnen de gebouwen, brengt bestaande technieken in een nieuwe samenhang en integraliteit (zie hoofdstuk 5). Het gaat hier met name om de koppeling van maatregelen voor klimaatadaptatie, thermische seizoensopslag en benutting voor klimaatbeheersing bij een aantal gebouwen rond het plein. Het concept is schaalbaar.

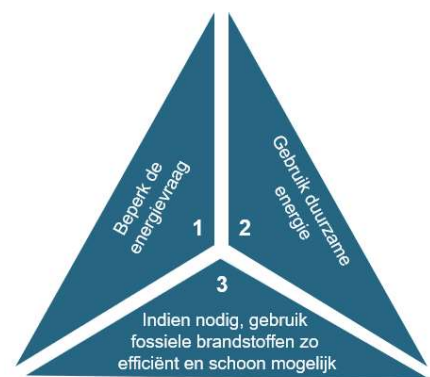
1.2 Het doel: een duurzaam energiesysteem

In juli 2019 heeft het Nederlandse parlement het Klimaatakkoord goedgekeurd dat zal worden verankerd in de klimaatwet. Daarin staat dat de uitstoot van CO₂ in 2050 met 95% gereduceerd moet zijn ten opzichte van 1990 met een tussendoel van 49% in 2030. Een duurzaam energiesysteem is een systeem dat gebaseerd is op hernieuwbare energiebronnen en waar geen gebruik wordt gemaakt van fossiele energiebronnen die CO₂-uitstoot veroorzaken.

Energievraag en energieproductie

De Trias Energetica is de meest toegepaste strategie om tot een duurzaam energiesysteem te komen. Het is belangrijk een goede strategie te hebben in de verduurzaming van gebouwen omdat de maatregelen die je neemt met elkaar samenhangen. Het investeren in zonnepanelen of een warmtepomp, zonder een gebouw goed te isoleren, is inefficiënt. Minder goed geïsoleerde gebouwen hebben een grotere energievraag, waardoor een grotere (en duurder) warmtepomp nodig. De Trias Energetica geeft handvatten om goede keuzes te maken voor energiebesparende maatregelen met een logische samenhang:

1. Beperk de energievraag. De eerste stap is gericht op bouwkundige en technische maatregelen die de energievraag verminderen. Denk bijvoorbeeld aan isoleren of energiezuinige technieken.
2. Gebruik duurzame energie. Voor de energievraag die nog rest na het nemen van maatregelen is het belangrijk zoveel mogelijk duurzaam te gebruiken. Dat kan door middel van warmteterugwinning, of bijvoorbeeld een zonnepaneleninstallatie, warmtepomp of warmte-koude opslag.
3. Indien het gebruik van fossiele energiebronnen onvermijdelijk is voor de resterende energievraag, gebruik dit zo efficiënt mogelijk.



Figuur 1 Trias Energetica

De trias energetica op het Schouburgplein

Om de omgeving van het schouburgplein CO₂ neutraal te maken is de eerste stap om de energievraag zo veel mogelijk te reduceren. De gebouwen in het programma hebben de volgende energievraag:

- Verwarming.
- Koeling.
- Verlichting.
- Warmtapwater.
- Ventilatoren.
- Pompen.
- Bevochtiging.
- Liften/roltrappen.

Wanneer het niet mogelijk is om de energievraag te elimineren is het belangrijk dat de energie die benodigd is, duurzaam op te wekken. Op dit moment is dat nog niet altijd het geval. Er zijn drie mogelijkheden voor een duurzame energievoorziening; all-electric, warmtenetten en biogas. De warmtevraag wordt op dit moment ingevuld door stadswarmte. De stadswarmte wordt nu nog als duurzaam gezien echter dit is in de toekomst anders. De koudevraag wordt in de meeste gevallen door compressiekoelmachines geregeld, dit is niet de meest duurzame manier. In dit onderzoek is de meest duurzame warmte en koude voorziening in 2030 onderzocht.

1.3 Leeswijzer

Fase 0 Eerdere onderzoeken 7 Square Endeavour

Dit onderzoek is een vervolg op twee eerder uitgevoerde onderzoeken naar water en energie op het Schouwburgplein. Deze dienen als bouwstenen voor dit onderzoek en zal dus eerst kort beschouwd worden.

Fase 1 Huidige situatie

De eerste stap in dit onderzoek is het uitvoeren van 'gebouwschouwen'. Het doel is om de bouwkundige en technische staat in beeld te brengen, evenals de staat van onderhoud. Dit biedt inzicht in de mogelijkheden voor energiebesparende maatregelen. De gebouwschouwen zijn uitgevoerd op basis van documentatie die is aangeleverd door de eigenaar en locatiebezoeken. De volgende gebouwen zijn bezocht:

- Codarts locatie Kruisplein.
- Jan Evertsenplaats (Vestia).
- Joost Banckertsplaats (Amvest).
- Karel Doormanstraat (Manhave).
- De Doelen (Gemeente Rotterdam).
- Hartsuykerflat (VvE).
- Parkeergarage Doelen (Gemeente Rotterdam).
- Parkeergarage Schouwburgplein (Gemeente Rotterdam).
- Schouwburg Theater Rotterdam (Gemeente Rotterdam).

Fase 2 Ontwerp concept systeem

De tweede fase in dit onderzoek richt zich in eerste instantie op het nemen van energiebesparende maatregelen. De overgebleven vraag is daarna in kaart gebracht. Voor deze overgebleven vraag is de meest duurzame opwekmethode onderzocht. Uiteindelijk zijn de meest interessante opties met elkaar gecombineerd tot een duurzaam energiesysteem in 2030 zonder CO₂ uitstoot.

Fase 3 Toetsing concept

Het bedachte energieconcept uit de tweede fase zal door middel van een SWOT-analyse getoetst worden op de haalbaarheid. Hierbij wordt aandacht besteed aan de organisatorische, financiële, technische en ruimtelijke haalbaarheid.

Fase 4 Doorkijk

In de laatste fase is gekeken naar de welke conclusies er uit dit onderzoek getrokken kunnen worden, wat het herhaalpotentieel en opschalingspotentieel is en welke vervolgstappen genomen moeten worden.

2 HET NIEUWE ENERGIESYSTEEM

De toekomst van het Schouwburgplein

Ambities en doelen vooraf

De ambitie van 7 Square Endeavour is om het Schouwburgplein in 2030 klimaat-¹ en CO₂ -neutraal te laten zijn. Om vanaf deze stip op de horizon terug te beredeneren welke maatregelen er nodig zijn om deze ambitie te behalen is het belangrijk om te weten hoe de wereld er in 2030 uit ziet. Zeker weten doe je dat natuurlijk nooit. We hebben immers geen glazen bol en veranderingen lijken elkaar steeds sneller op te volgen, waardoor de voorspelbaarheid van de toekomst afneemt. Er zijn trends te onderscheiden waarvan we met redelijke zekerheid kunnen zeggen dat deze bepalend gaan zijn voor de stedelijke omgeving in 2030. Zo zal klimaatverandering zorgen voor meer extremen in het weer. Langere periodes van droogte en hitte maar ook extremere neerslag zullen in 2030 steeds meer de nieuwe normaal zijn. Dit noopt tot keuzes die we moeten maken. We worden gedwongen te investeren in verduurzaming van het vastgoed, energievoorziening en de inrichting van de openbare ruimte om het Schouwburgplein leefbaar te houden in deze tijd van klimaatverandering.

Het behalen van de ambitie om CO₂ -neutraal te zijn betekent dat er in 2030 geen fossiele energie meer gebruikt wordt op en rondom het Schouwburgplein. Hiervoor is in 2017 de Energiestrategie van 7SE opgesteld. Op basis van de Trias Energetica zijn gidsprincipes en doelen geformuleerd die leidend zijn voor verdere uitwerking van initiatieven op en rondom het plein. De uitdaging is het aandeel ingekochte duurzame energie zo klein mogelijk te laten zijn en ten gunste van het aandeel bespaarde, uitgewisselde en duurzaam opgewekte energie.

Tabel 1 Gidsprincipes energie 7SE

Gidsprincipe	Doel ²
Zoveel mogelijk energie besparen	Minimaal 21%
Maximaal duurzame energie opwekken (elektra en warmte)	Minimaal 11%
Energetische reststromen worden zo efficiënt mogelijk uitgewisseld en gaan daarmee niet verloren	
Maximale transparantie. Iedereen kan zijn verbruik inzien en weet of hierop te besparen valt (monitoring)	Minimaal 7%
Hier opgewekt energie wordt zo veel mogelijk hier gebruikt, moet ten gunste komen van het gebied en we proberen overtollige energie op te slaan	n.v.t.
We kijken naar huidige economisch haalbare projecten	n.v.t.
Ambities, projecten en oplossingen worden door de partners gedeeld	n.v.t.
Alle energie die we niet zelf kunnen opwekken wordt duurzaam en collectief ingekocht	Maximaal 61%

De Energiestrategie van 7SE sluit aan op het doelen uit het Klimaatakkoord om in 2030 49% CO₂ te reduceren en via groei van duurzaam opwekvermogen de energiemix voor elektriciteit voor ca. 70% uit hernieuwbare energie te laten bestaan.

Integrale benadering

De ambitie voor een klimaat- en CO₂ -neutraal plein in een hoog verstedelijkt gebied als het Schouwburgplein in hartje Rotterdam is enorm. Het gebied telt circa 2.000 woningen, een theater, een concertzaal en congrescentrum, een bioscoop, een hogeschool, horeca, winkels en een parkeergarage. En dat op een gebied van circa 10 ha groot dat voor 90% bestaat uit bestrating of gebouwen. De totale energievraag bedroeg in 2016³: 13.000 MWh aan elektra, 73.000 GJ aan warmte en 440.000 Mn³ aan gas. Het is onmogelijk om deze energie in het gebied zelf allemaal op te wekken (ook na besparing). Hier is simpelweg niet genoeg ruimte voor. Om alle ruimteclaims in het gebied (energietransitie, klimaatadaptatie, mobiliteit, evenementen, etc.) te faciliteren is een integrale benadering noodzakelijk. Het stapelen van

¹ Geen effect op het klimaat hebbend, zie intentieovereenkomst 7SE d.d. 28 april 2015.

² Minimum op basis van bestaande technieken (2017).

³ Verslagjaar waarvan is uitgegaan in de Energiestrategie 7SE.

opgaven en deze integreren in oplossingen voor een duurzaam en leefbaar Schouwburgplein is het devies. Het integreren van de opgaven verduurzaming vastgoed, energietransitie, klimaatadaptatie en het creëren van een fijne verblijfsomgeving is de grote opgave voor dit gebied.

Een CO₂ -neutraal plein: gekoppelde WKO's, maximaal zonne-energie en groen inkopen

In de huidige situatie wordt er op het Schouwburgplein nog gebruik gemaakt van 'duurzame' warmte uit afvalverbrandingscentrale (AVR). Dit zorgt voor CO₂ -uitstoot, zowel nu als in 2030. Elektriciteit wordt veelal groen ingekocht. Eneco (de warmteleverancier/concessiehouder) heeft plannen om de warmte verder te verduurzamen. Echter, dit heeft niet de prioriteit van gemeente Rotterdam omdat het al relatief "schone" energie is (restwarmte uit de vuilverbranding). Voor duurzamere warmte moeten we richting 2030 dus kijken naar alternatieven.

Stap 1 is het reduceren van de energievraag door het aanbrengen van isolatie en installeren van warmte terugwin-, uitwisselings- en monitoringssystemen. Stap 2 betreft het invullen van de resterende warme en koude behoefte met WKO-installaties in plaats van een warmtenet. WKO-installaties kunnen zowel koude (COP 20, COP is Coëfficiënt of Performance en geeft aan hoeveel kW warmte opgewekt wordt per kW elektriciteit) als warmte (COP 4) leveren met een hoge efficiëntie. Daarmee is dit de meest energiezuinige en, in combinatie met groen stroom, een volledig duurzame thermische bron.

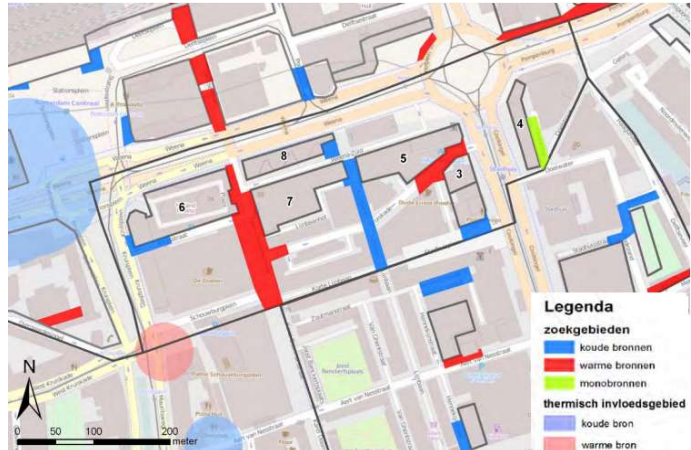
Tabel 2 CO₂ uitstoot Stadswarmte en WKO

	2019 <i>Met grijze stroom</i>	2030 <i>Met grijze stroom</i>	2030 <i>Met (inkoop) groene stroom</i>
Stadswarmte	26 kg CO ₂ /GJ	26 kg CO ₂ /GJ	26 kg CO ₂ /GJ
WKO Installaties	45 Kg CO ₂ /GJ	19 Kg CO ₂ /GJ	0 kg CO ₂ /GJ

WKO's moeten in balans zijn, de hoeveelheid warmte die uit de ondergrond gehaald wordt moet ook er ook ingestopt worden. Op het Schouwburgplein is de energievraag voor warmte veel groter dan de koudevraag (25000GJ warmte in 2030 ten opzichte van 5000GJ koude). Er moet daarom een keuze gemaakt worden of de WKO's uitgelegd worden op de koudevraag of op de warmtevraag. Indien de WKO's uitgelegd worden op de warmte moet er gezocht worden naar een afnemer voor 20.000GJ koude. Wanneer de WKO's uitgelegd worden op de koude dan is er een warmtetekort. Dit warmtetekort kan op twee manieren ingevuld worden. Door middel van een aansluiting op het warmtenet wat CO₂-uitstoot oplevert, zie tabel 2. Een andere optie is door warmtepompen toe te voegen met sterk verhoogde elektriciteitsvraag. Het heeft de voorkeur om de WKO's uit te leggen op de warmtevraag omdat daarmee de verwachte groei van de koude vraag opgevangen kan worden en in de transitiefase is het mogelijk om ook de omgeving te voorzien van duurzame koude.

Een voorwaarde om gebruik te maken van WKO's is dat de gebouwen vergaand geïsoleerd moeten zijn. WKO's kunnen tot maximaal 52°C verwarmen terwijl er op dit moment met hoge temperatuur (90°C) verwarmd wordt. Om op een lage temperatuur te kunnen verwarmen hoeven de radiatoren niet aangepast te worden want het vermogen wordt minder maar het benodigde vermogen ook. Convectoren dienen wel aangepast te worden omdat deze het beste werken met hoge temperatuur want de temperatuur wordt afgegeven door convectie. De convectoren verliezen hun werking bij lage temperatuur en dienen vervangen te worden door andere systemen zoals radiatoren. De piekvraag, of het tekort aan vermogen dat ontstaat, kan eventueel opgevangen worden door de toepassing van infrarood verwarming. Bijvoorbeeld in gebouwen die niet voldoende geïsoleerd kunnen worden vanwege architectuur of de monumentenstatus.

De WKO's in het gebied worden met elkaar verbonden. Dit is nodig omdat – conform het Bodemenergieplan van de gemeente Rotterdam, zie figuur 1 – slechts op bepaalde plekken koude en warme bronnen geslagen kunnen worden. Naast dat het beleidstechnisch niet overal kan is het voor de werking van WKO-installaties ook gunstig om koude bronnen bij elkaar te centreren en op enige afstand van de koude bronnen de warme bronnen bij elkaar te concentreren. Op deze manier beïnvloeden de verschillende bronnen elkaar positief maar de tegenovergestelde bron niet negatief. De gebouwen worden hierdoor gevoed door verschillende bronnen. Deze worden (uiteindelijk) aan elkaar gekoppeld zodat de systemen gebalanceerd en beter op elkaar zijn afgestemd. Dit heeft als voordeel dat er een verhoogde gelijktijdigheid is. Dit heeft als gevolg dat de piekvraag minder hoog is. De WKO-bronnen zullen op ongeveer 95 meter diepte zitten in het tweede watervoerende pakket.



Figuur 2 Bodemenergieplan Rotterdam Centrum

Door het toepassen van zonnepanelen wordt een deel van de elektrische energie dat gebruikt wordt door de WKO's, lokaal opgewekt. In hoeverre de dakconstructie van de gebouwen zonnepanelen toelaat is nog niet van alle gebouwen bekend. In de toekomst liggen er verder kansen om duurzame energie op te wekken door zonnecellen te integreren in ramen en gevels. De resterende elektriciteitsvraag wordt groen ingekocht zodat de CO₂ uitstoot tot 0 beperkt blijft.

Een klimaat adaptief plein: regenwater bergen op daken, infiltreren in ondergrond en inzetten voor bewatering van groene daken en koeling van gebouwen

Een CO₂ -neutraal Schouwburgplein zorgt er niet voor dat het plein geen gevolgen ondervindt van klimaatverandering. Om ook in de toekomst een leefbaar plein te hebben is het essentieel om de gevolgen van klimaatverandering op te kunnen vangen. Hierbij staan twee gebeurtenissen centraal: het opvangen van hevige regenbuien en het minimaliseren van hittestress.

Voor het opvangen van (hevige) regenbuien zijn de twee plantsoenen en de daken van cruciaal belang. Conform het Waterplan van 7SE worden de plantsoenen en daken maximaal ingezet voor opvang en infiltratie van regenwater. De daken van de gebouwen rondom het Schouwburgplein worden maximaal benut voor opvang van water en gecombineerd met groen, zonne-energie en verblijfsfuncties. Door regenwater op daken te bergen en dit te combineren met het aanbrengen van vegetatie krijgen de daken een verkoelende werking. Het effect op de omgevingstemperatuur kan tot een reductie van 3 graden zorgen ten opzichte van de huidige situatie zonder groene polderdaken. De hittestress wordt zodoende gereduceerd. Dit heeft ook een positief effect op de koelinstallaties, het rendement zal hoger zijn bij een gematigdere temperatuur op het plein.

De groene daken zullen daarnaast bij (extreme) neerslag een (groot deel van) het water op kunnen vangen en vastgehouden. Uit het waterplan blijkt dat als we uitgaan van een gemiddelde opvangcapaciteit van 86 mm dan hebben alle daken een gezamenlijke capaciteit van circa 4.600 m³. Tijdens hevige regenval wordt het overschot aan water opgeslagen in een waterbel onder het plein op ongeveer 50 meter diepte. Ook (overtollig) regenwater dat op de bestrating valt wordt afgevoerd naar de waterbel. Op deze manier wordt het riool – waar het regenwater nu naar wordt afgevoerd – ontlast en stroomt deze minder snel over. Dit laatste is in het gebied rondom het Schouwburgplein een probleem bij hevige neerslag. Het plein ligt namelijk laag ten opzichte van de rest van het centrum. De laatste jaren is de begane grond van meerdere gebouwen overstroomd.

Het 'blauwe goud' in de waterbel biedt weer mogelijkheden voor het koelen van de gebouwen en/of het bewateren van de groene daken in de droge zomermaanden. Als we uitgaan van een gemiddelde jaarrond neerslag op de daken en verharding in het gebied dan kan er 55.000 m³ hemelwater geïnfiltreerd worden in de waterbel. Na infiltratie en verdamping is daar nog maar 26.000 m³ van over. Om voor het gehele gebied de koudevraag in te vullen is een waterbel nodig met een omvang van 170.000 tot 530.000 m³. De

capaciteit van de waterbel is net genoeg om een gebouw zoals dat van Codarts mee te koelen. Tel daarbij op dat zoet water steeds schaarser wordt en de vraag is dan of de waterbel gebruikt moet worden voor koeling van gebouwen. In de zomermaanden is er een watertekort voor de groene polderdaken door droogte. Op die momenten wordt vanuit de waterbel genoeg zoet water onttrokken om dit tekort zoveel mogelijk teniet te doen. Dit wordt gecombineerd met het koelen van gebouwen, door het koude water uit de waterbel door de gebouwen omhoog te leiden naar de daken, geeft het koude af aan de ruimten waar het water doorheen gevoerd wordt. Op deze manier wordt er een energetische koppeling gemaakt tussen de waterbel en koeling van gebouwen.



3 FASE 0: EERDERE RAPPORTAGES 7 SQUARE ENDEAVOUR

Er zijn voorafgaand aan dit onderzoek twee andere onderzoeken uitgevoerd, namelijk een energiestudie en een waterstudie. Deze twee rapporten zijn de basis voor verder onderzoek naar mogelijke synergie tussen water en energie op het Schouwburgplein in Rotterdam.

Energieplan

Het energieplan heeft als doel om in 2020 een CO₂-besparing te realiseren van 40% ten opzichte van 2020 en CO₂-neutraal in 2030. Om deze doelen te halen is er aan de hand van 8 gidsprincipes, zie Tabel 3, het besparingspotentieel onderzocht.

Tabel 3 Gidsprincipes energie 7SE

Gidsprincipe	Doel ⁴
Zoveel mogelijk energie besparen	Minimaal 21%
Maximaal duurzame energie opwekken (elektra en warmte)	Minimaal 11%
Energetische reststromen worden zo efficiënt mogelijk uitgewisseld en gaan daarmee niet verloren	
Maximale transparantie. Iedereen kan zijn verbruik inzien en weet of hierop te besparen valt (monitoring)	Minimaal 7%
Hier opgewekt energie wordt zo veel mogelijk hier gebruikt, moet ten gunste komen van het gebied en we proberen overtollige energie op te slaan	n.v.t.
We kijken naar huidige economisch haalbare projecten	n.v.t.
Ambities, projecten en oplossingen worden door de partners gedeeld	n.v.t.
Alle energie die we niet zelf kunnen opwekken wordt duurzaam en collectief ingekocht	Maximaal 61%

Uit het energieplan blijkt dat door het toepassen van besparingsmogelijkheden het mogelijk is om 39% CO₂ te besparen. De overige 61% zal groen ingekocht moeten worden. Kijkend naar de tijdslijn waarop de projecten uitgevoerd kunnen worden, is aangenomen dat er voor 2020 enkele werkzaamheden afgerond zijn, namelijk:

- Een deel van de woningen naar een A-label gebracht is.
- Alle gebouwmonitors geplaatst zijn.
- De Doelen een nieuwe WKO heeft.
- Dat een deel van de daken van zonnepalen is voorzien.
- Een deel van het MKB-geholpen zijn met besparen.

Complexere projecten zoals riothermie, WKO-netten en enkele nader te kwantificeren projecten zullen vervolgens in de periode 2020-2030 tot uitvoering gebracht worden. Er kan ten alle tijden begonnen worden met collectieve inkoop van duurzame energie.

Waterplan

7 Square Endeavour streeft naar een klimaatneutraal Schouwburgplein en omgeving in 2030. Water is hierbij een belangrijk verbindend element tussen groen, infrastructuur, veiligheid, biodiversiteit, wateroverlast en -onderlast. Het samengaan van kunst, cultuur en water is hierbij als gebied specifiek element meegenomen, vanwege de vele kunstinstellingen op en rondom het plein. Een nieuwe duurzame en integrale vorm van waterbeheer is nodig om bij te dragen aan een duurzame stedelijke ontwikkeling waarbij de leefbaarheid toeneemt. Water als (mede) ordenend principe en bron van inspiratie is daarbij uitgangspunt.

Het doel van het waterplan Schouwburgplein is om een waterconcept te presenteren waarmee het Schouwburgplein en omgeving klimaat adaptief wordt en dat bijdraagt aan verbetering van de integrale

⁴ Minimum op basis van bestaande technieken (2017).

leefbaarheid van het gebied. Daarnaast laat het waterplan middels principe uitwerkingen per deelgebied zijn dat het waterconcept ruimtelijk inpasbaar is en worden de benodigde investeringen grof in beeld gebracht.

Tabel 4 Gidsprincipes water 7SE

Gidsprincipe
Er gaat geen hemelwater uit het gebied via het gemengde rioolstelsel. Wateroverlast wordt in het gebied voorkomen.
Schoon water moet schoon blijven. Geen vermenging van schoon en vuil water in gemengde systemen. Water is een belangrijke grondstof; er wordt geen water verspild.
Schoonwater zoveel mogelijk in het zicht + waterbeleving/ watereducatie.
Water is van ons allemaal, we dragen daarvoor een gezamenlijke verantwoordelijkheid.
Innovatieve technieken toepassen om anders om te gaan met afvalwater.

Op basis van de gidsprincipes uit Tabel 4 is een principe watersysteem ontwikkeld voor zowel bij neerslag als bij droogte. In Figuur 3 is het principe watersysteem uit het waterplan weergegeven. Hierbij is gekeken naar oppervlakkig hemelwaterafvoer, polderdaken, waterberging, watercirculatie en groene gevels. Daarnaast zijn de waterstromen gevisualiseerd. Bij droogte werkt het systeem hetzelfde echter verdwijnen dan de waterstromen en slinkt de hoeveelheid zichtbare water.



Figuur 3 Principe watersysteem uit waterplan 7SE

4 FASE 1

4.1 Huidige situatie

Algemeen

De gebouwen rond het Schouwburgplein zijn gebouwd in de wederopbouwfase na de Tweede Wereldoorlog. Ze variëren in bouwjaar van de jaren '50, '60, '80 tot '13. De gebouwen hebben verschillende functies, welke variëren van restaurants, woningen en schouwburg tot kantoor of parkeergarage. Sommige van de gebouwen bezitten een enkele functie waarbij andere gebouwen meerdere functies onderbrengen. Een groot deel van de gebouwen zijn rijksmonumenten, dit betekent dat er geen wezenlijke veranderingen aan het gebouw mogen worden toegebracht. Alle gebouwen van dit onderzoek hebben ofwel net een groot onderhoud achter de rug of zullen dit ondergaan in de nabije toekomst. Hierin overschrijden met name de dakbedekkingen en luchtbehandelingskasten de maximale technische levensduur conform het vastgestelde meer jaren onderhoudsplan (MJOP) en zullen deze dus als eerste rijp zijn voor een onderhoudsgreep. Bijna alle gebouwen hebben een aansluiting op de Rotterdamse (grijze) afvalverbranding, welke de warmtevraag voor haar rekening neemt door middel van een hoog-temperatuur warmtenet (90°C-70°C). Enkel De Doelen, het Codarts gebouw en de Schouwburg hebben op dit moment koelmachines. De laatste twee hebben compressiekoelmachines terwijl de Doelen werkt met een WKO-installaties.

Omdat dit de publieksversie van het eindrapport betreft is mogelijk gevoelige informatie over gebouwen weggelaten.

Codarts

Het Codarts gebouw huisvest de Hogeschool voor de Kunsten en is eigendom van dezelfde organisatie.

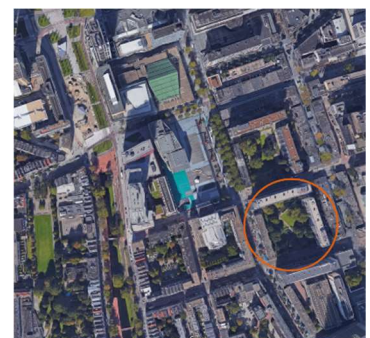
De hoofdconstructie bestaat uit een staalskelet met een bakstenen afwerking. De buitengevel is grotendeels gesloten ten behoeve van de hoge geluidbelasting en beschikt over een luchtpouw waarvan niet bekend is of deze geïsoleerd is. Het platte gedeelte van het dak beschikt over een bitumen afwerking met een isolatielaag eronder. Het schuine dak deel is gemaakt van aluminium platen wederom met isolatiewerk eronder. De aluminium kozijnen zijn afgewerkt met HR+ glas en zijn deels te openen. Het gebouw beschikt over zeven Luchtbehandelingskasten, waarvan twee voorzien van warmteterugwinning systeem. Verder is het gebouw aangesloten op het hoge temperatuur stadsverwarming (90°C-70°C). Het Codarts gebouw heeft een gebouwbeheersysteem.



Figuur 4 Locatie Codarts gebouw

Jan Evertsenplaats

De Jan Evertsenplaats, gebouwd in 1958, bestaat uit een hoogbouw en een middelhoogbouw gedeelte. Beide gedeeltes zijn van Vestia, een woningbouwcorporatie. Recentelijk, 2015, is de dakbedekking vervangen. Op dit moment worden de gevels gerenoveerd met houten kozijnen en dubbel glas. De woningen zijn aangesloten op stadsverwarming van midden temperatuur (70°C-40°C). Voorheen werd de verwarming geregeld via een collectief systeem, dit is recentelijk aangepast naar individuele installaties. In de plint van de gebouwen zitten winkels met een koude vraag waarmee een eventueel WKO-systeem gebalanceerd kan worden.



Figuur 5 Locatie Jan Evertsenplaats

Joost Banckertplaats

De Joost Banckertplaats bestaat uit twee flats, één van tien hoog en de andere van acht hoog, en een rij laagbouw. De gebouwen zijn in 1958 gebouwd en nu in bezit van Amvest. De dakbedekking is sedum waarvan de isolatiewaarde onbekend is. Op dit moment worden de gevels vervangen. In de gevels zitten houten kozijnen met beweegbare stalen kozijnen die voorzien zijn van dubbele beglazing uit de jaren '80. Op sommige plekken is er enkelglas aanwezig. De ventilatie wordt geregeld door een centrale ventilatie per stramien van natuurlijke luchttoevoer en afvoer. De woningen op de Joost Banckertplaats zijn middels één aansluiting aangesloten op hoge temperatuur (90°C-70°C) stadsverwarming. In de plint van de gebouwen zitten winkels met een koude vraag waarmee een eventueel WKO systeem gebalanceerd kan worden.



Figuur 6 Locatie Joost Banckertplaats

Karel Doormanstraat

Op de Karel Doormanstraat staat een flat van Manhave, gebouwd in 1958, waarin zowel kantoren, winkels als woningen gevestigd zijn. Er is een bitumen dakbedekking waar van de isolatiewaarde onbekend is. De woningen hebben kunststoffen kozijnen met dubbelglas en zijn gerenoveerd in 1988. De kantoren zijn voorzien van houten kozijnen met enkel glas. Uitzondering daar op zijn de kantoren in de laagbouw, die hebben dubbelglas. De Manhaveflat is aangesloten op een hoge temperatuur stadswarmte systeem. Het hoofdleidingtracé moet van het stadswarmtenet vervangen worden. De ventilatie is geregeld middels centrale ventilatie met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afvoer. Omdat de winkels op de Karel Doormanstraat een koude vraag hebben wordt op dit moment onderzocht of op basis daarvan het mogelijk is om een WKO-systeem te balanceren.



Figuur 7 Locatie Karel Doormanstraat

De Doelen

De Doelen biedt huisvesting aan het Rotterdams Philharmonisch Orkest en een congres- en concertcentrum. Het pand dateert uit 1966 en is een Rijksmonument in eigendom van de Gemeente Rotterdam. Bij de renovatiewerkzaamheden in 2009 zijn onder anderen de klimaatsystemen, de hoofdaansluiting met stadverwarming en de verlichting vervangen. Het gebouw is opgebouwd uit een plat, horizontaal bouwvolume met een betonnen binnenblad gevel en stalen platen aan de buitenzijde. Het is niet bekend of hiertussen isolatie is aangebracht. De dakbedekking is deels van bitumen, met een isolatielaag. De dak onderdelen boven de concertzalen bestaan uit koper. De kozijnen zijn van staal en bevatten deels enkel en deels dubbel glas.

Het gebouw wordt middels convectoren met stralingspanelen en luchtbehandeling verwarmd. Hierbij wordt de luchtbehandelingskast vervangen en voorzien van een warmteterugwinningssysteem. Op het moment is het gebouw aangesloten op de stadsverwarming (90°C - 70°C). De doelen heeft een gebouwbeheersysteem.



Figuur 8 Locatie De Doelen

Hartsuykerflat

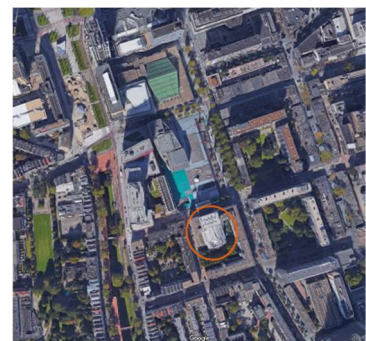
De Hartsuykerflat, gebouwd in 1985, bevat met name woningen en in de plint winkels. In tegenstelling tot de overige woningen in het gebied is het met name particulier bezit. De buitengevel bestaat uit betonnen binnenblad en deels gevelpanelen. De kozijnen zijn voorzien van voornamelijk dubbel glas maar incidenteel nog met enkel glas. Van de bitumen dakbedekking met sedum dak is de isolatiewaarde onbekend. De woningen zijn aangesloten op een hoog temperatuursysteem (90°C-70°C).



Figuur 9 Locatie Hartsuykerflat

Theater Rotterdam Schouwburg

De Rotterdamse schouwburg is het gebouw aan de zuidkant van het schouwburgplein. Het in 1988 door Quist ontworpen gebouw heeft niet de Rijksmonumenten status en wordt verhuurd door de Gemeente Rotterdam aan de stichting Theater Rotterdam. Het gebouw is in 2010 een verbouwing ondergaan waarbij onder anderen een nieuwe klimaatbeheersing en ledverlichting is aangebracht. De kistachtige hoofddraagconstructie bestaat uit betonnen binnenblad, deels omringd door glazen gevelpanelen in stalen kozijnen en een polyethyleen (kunststof) dak. De kozijnen bestaan uit aluminium en zijn voorzien van dubbelglas uit 1989. De luchtbehandelingskasten dateren uit 1988 en hebben deels (twincoil) warmteterugwinning. Echter is de technische ruimte zeer beperkt in grootte waardoor vervanging lastig is. Het gebouw is aangesloten op stadsverwarming (90°C - 70°C). Energieverbruik wordt gemonitord. Het Theater Rotterdam heeft een gebouwbeheersysteem.



Figuur 10 Locatie Theater Rotterdam Schouwburg

Parkeergarage Doelen/Schouwburgplein

De ondergrondse parkeergarage op het schouwburgplein is eigendom van de Gemeente Rotterdam. De parkeergarage is aan de ene kant verbonden vanuit de Weenatunnel en aan de andere kant met een tweede parkeergarage (schouwburgplein 2) aan de Karel Doornmanstraat. De hoofddraagconstructie van de garage en het nabijgelegen kantoortje is van beton. Het kantoortje beschikt over een luchtbehandelingskast met warmteterugwinning. Het ventilatiesysteem bevat stuwdruk. Er is een sprinklerinstallatie aanwezig zonder rein watertank, maar wel aangesloten op de waterbergende bak boven het plafond welke 10.000 m³ water kan bergen.



Figuur 11 Locatie Parkeergarage Doelen/Schouwburgplein

5 FASE 2: TOEPASSING TRIAS ENERGETICA

het concept van de trias energetica in gedachte is de eerste stap naar een duurzaam energiesysteem het reduceren van de energievraag want de meeste duurzame vorm van energie gebruik is geen gebruik. In de eerste paragraaf is gekeken naar mogelijkheden om het energieverbruik te reduceren door extra te isoleren, warmte terug te winnen. In de tweede paragraaf is gekeken hoe de overgebleven energie CO₂-neutraal opgewekt kan worden.

In deze fase is naar een optimale situatie gezocht op basis van de huidige situatie.

5.1 Reductie aanbevelingen

De eerste energie reducerende kansen in het algemeen worden onderscheiden door buitenschil isolatie en het toepassen van nieuwe installatietechnieken. Elk gebouw heeft hierin haar eigen fysische eigenschappen wat leidt tot een reductie advies op maat. Een aandachtspunt is om hierbij de Rijks monumentale status van de verschillende gebouwen te borgen tijdens onderhoudsprojecten en te voldoen aan de gestelde eisen hiervoor. Tegelijkertijd liggen er veel kansen voor de gebouwen om energetische maatregelen te treffen welke bijdragen aan een duurzame stedelijke gebiedsontwikkeling voor het Schouwburgplein. Het is belangrijk om bij mogelijke ingreepmomenten te koppelen aan het meer jaren onderhoud Plan (MJOP). Als dit goed gedaan wordt kan vervanging van onderdelen gecombineerd worden met bestaande onderhoudsingenrepen om zo kosten te besparen. Het koppelen van investeringen aan meerkosten ten opzichte van reguliere vervanging en terugverdientermijnen is lastig. Op dit moment zijn dergelijke ingrepen al de standaard dus door op natuurlijke momenten deze ingrepen te doen zijn hier geen meerkosten aan gebonden. De terugverdientijd is enkel voor nieuw toe te voegen installaties te berekenen indien deze zonder

Gebouwen

Naar aanleiding van onze bevindingen beschreven in hoofdstuk 3 is er stapsgewijs een algemeen plan uitgezet om het Schouwburgplein energetisch te verduurzamen. Daarbij worden er koppel kansen beschreven met water en andere rakende thema's welke verdere verduurzaming in staat stelt.



1. Buitenschil isolatie: de gebouwen moeten gecontroleerd worden op de aanwezige isolatie in de gevel dak en kozijnen. Als bij dit onderzoek geconcludeerd wordt dat de mate van isolatie verbeterd kan worden moet dit eerst gebeuren. Bij sommige gebouwen op het Schouwburgplein is de gevel- en dakisolatie niet optimaal benut en kan deze worden versterkt door opvulling van tussenruimten (luchtspouw of daken). Bij vervanging van daken dient gekeken te worden naar koppelkansen voor het vergroenen van de dakbedekking, conform de gidsprincipes opgesteld in het principeplan Schouwburgplein klimaat adaptief 2030. De gebouwen met enkelglas dienen vervangen te worden voor HR+ of hoger. Een koppel kans voor de beglazing is het toepassen van warmte werende glazen en energieopwekkende beglazing mits de oriëntatie gunstig is hiervoor.



2. Luchtdichtheid: na het optimaliseren van de isolatie van de gebouwen rond het Schouwburgplein moet de luchtdichtheid gecontroleerd worden. Mochten er zwakke plekken vastgesteld worden, is het zaak om deze fysische aan te sterken zodat het gebouw niet kwetsbaar is voor koude bruggen.


















3. Ventilatiesystemen: als op het Schouwburgplein de reducerende schil maatregelen getroffen zijn is de vervolgstap om op de energie vragende systemen te reduceren. Voor de ventilatiesystemen met een overschrijding van de technische levensduur is het van belang om in de luchtbehandelingskasten een warmte terugwinningsysteem en frequentie regelaars aan te brengen.








4. Licht- en krachtinstallatie: De elektriciteitsbehoefte voor het schouwburgplein moet vervolgens worden gereduceerd door de licht- en krachtinstallaties te vervangen met efficiëntere systemen. Het gaat hierbij wederom dat logische ingreepmomenten bepaald moeten worden en afhankelijk zijn van het vastgestelde MJOP. Energiezuinige maatregelen welke binnen 5 jaar zijn terug verdient zoals LED-verlichting, aanwezigheidsdetectie en timer schakelaars dienen zo snel mogelijk plaats te vinden. Rekening houdende met de verlichtingssterktes NEN 12464-1, mits anders aangegeven.



- 5. Beheerssystemen:** uitbreiding met monitoring van de energievraag (koeling en verwarming). Het theoretische energieverbruik moet gemeten worden met het daadwerkelijke energieverbruik. Om ervoor te zorgen dat het totale energiebehoefte op het Schouwburgplein reduceert is het van belang om ook ervoor te zorgen dat in het gedrag van de gebruikers van de gebouwen er meer bewustwording komt hoe zuinig om te gaan met energie om verspilling te voorkomen. Dit is een koppel kans voor een volgende sessies en moet besproken worden hoe dit aan te pakken en hoe beter samen te werken.

Locatie	Reductiemaatregelen	
Codarts	- Extra isoleren bouwkundige schil	
	- Onderzoek naar draagkracht van constructie	
	- Warmteterugwinning in Luchtbehandelingskasten (LBK)	
	- Monitoring energievraag	
	- Toepassen LED-verlichting	
Jan Evertsenplaats	- Extra isoleren bouwkundige schil en kozijnen tijdens gevel vervanging	
	- Enkelglas vervanging naar HR++	
	-Monitoring energievraag	
	- Toepassen LED-verlichting	
Joost Banckertplaats	- Extra isoleren bouwkundige schil	
	- Vervangen kozijn bij vervanging van de gevel	
	- Enkelglas vervanging naar HR++	
	- Monitoring energievraag	
Karel Doornmanstraat	- Extra isoleren bouwkundige schil	
	- Enkelglas kantoorkozijnen vervanging naar HR++	
	-Monitoring energievraag	
	- Toepassen LED-verlichting	
De Doelen	- Extra isoleren bouwkundige schil	
	- Onderzoek naar dragende vermogen constructie	
	- Vervangen enkelglas naar HR++ en warmte werend glas of energie opwekkend glas	
	- Warmteterugwinning in LBK	
	- Monitoring energievraag	

Locatie	Reductiemaatregelen	
	- Toepassen LED-Verlichting	
Hartsuykerflat	- Extra isoleren bouwkundige schil - Vervangen enkelglas naar HR++ - Monitoring energievraag - Toepassen LED-Verlichting	  
Theater Rotterdam Schouwburg	- Extra isoleren bouwkundige schil - Vervangen installatievoorziening - Luchtbehandelingskasten van warmte terugwinning voorzien - Toepassen LED-verlichting	  
Parkeergarage Doelen	- Monitoring energievraag	

Impact van de reductiemaatregelen

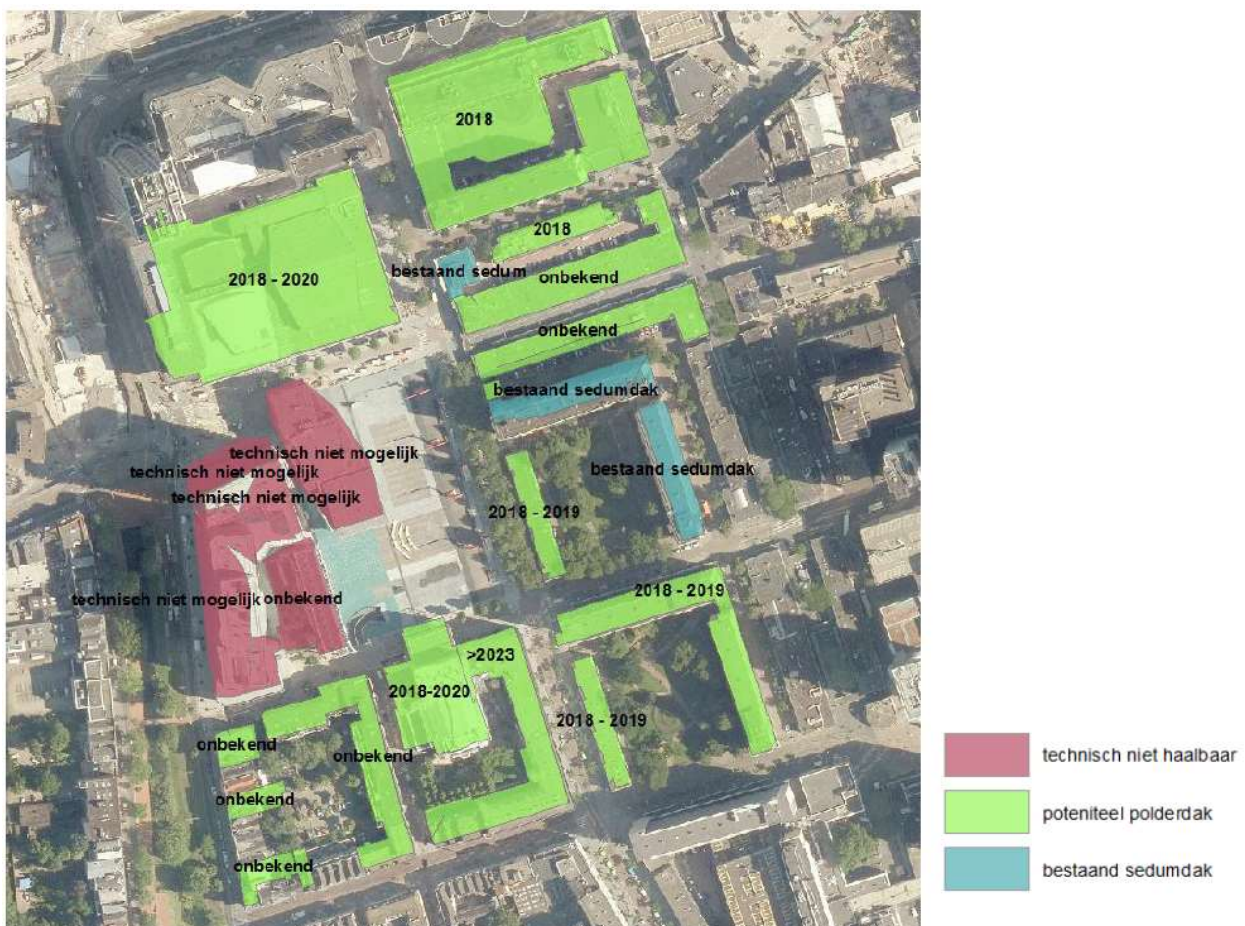
De reductiemaatregelen zoals het isoleren van de schil, kozijnen en het vervangen van glas maar ook de toepassing van LED en warmteterugwinning hebben een positief effect op de energievraag en daarmee ook de CO₂ uitstoot. In onderstaande tabel is te zien wat dit betekent voor de diverse gebouwen op zowel de warmte (GJ) elektriciteit (kWh) vraag als de CO₂ uitstoot.

	Codarts	Jan Evertsen	Joost Banckerts	Karel Doorman	De Doelen	Schouwburg	Hartsuyker flat
Isoleren schil	647 (GJ) 17.134 (kg CO ₂)	1577 (GJ) 41.769 (kg CO ₂)	1.670 (GJ) 44.249 (kg CO ₂)	1.030 (GJ) 27.274 (kg CO ₂)	1.331 (GJ) 35.236 (kg CO ₂)	665 (GJ) 17.626 (kg CO ₂)	475 (GJ) 12.588 (kg CO ₂)
Kozijnen en HR+ Glas		1.577 (GJ) 41.769 (kg CO ₂)	1.670 (GJ) 44.249 (kg CO ₂)	1.030 (GJ) 27.274 (kg CO ₂)			475 (GJ) 12.588 (kg CO ₂)
Toepassing LED	40.907 (kWh) 26.549 (kg CO ₂)	-	-	-	108.671 (kWh) 70.528 (kg CO ₂)	42.401 (kWh) 27.518 (kg CO ₂)	9.900 (kWh) 6.425 (kg CO ₂)
WTW in LBK	485 (GJ) 12.850 (kg CO ₂)				998 (GJ) 26.448 (kg CO ₂)	499 (GJ) 13.220 (kg CO ₂)	356 (GJ) 9.441 (kg CO ₂)

Gebied

Niet alleen op gebouw niveau zijn er maatregelen te nemen om energieverbruik tegen te gaan. In het gebied zijn er ook mogelijkheden om indirect de energievraag te beïnvloeden. Dit richt zich met name op het verminderen van het zogenaamde urban heat island effect. Het urban heat island effect (UHI) is het fenomeen dat de temperatuur in een stedelijk gebied gemiddeld hoger is dan in het omliggende landelijk gebied. Door het UHI worden problemen tijdens hittegolven, zoals hittestress, verergerd. De belangrijkste oorzaken van het UHI zijn de absorptie van zonlicht door de in de stad aanwezige donkere materialen en de relatief lage windsnelheden. Meer groen in de stad kan het UHI verminderen.

Uit het waterplan is gebleken dat de potentie voor polderdaken bij veel gebouwen aanwezig is, zie Figuur 12. De planning voorgesteld in het figuur is echter niet behaald in de periode tot 2020. Door de toevoeging van groen op deze daken levert dit een positief effect op het UHI. Daarnaast bieden de polderdaken nog meer voordelen. In periodes met veel neerslag kan een gedeelte van het af te voeren water opgevangen worden in het gebied. Dit zorgt ervoor dat de rioleringen minder groot gedimensioneerd hoeven te worden. Aan de andere kant zorgt dit er wel voor dat in droge periodes er meer water gebruikt moet worden. Door in periodes van wateroverlast het water op te slaan in een ondergrondse buffer is het mogelijk om dit water in de zomerperiodes weer te gebruiken voor de bewatering van de vegetatie op de polderdaken. Het realiseren van polderdaken levert dus nog steeds een belangrijke bijdrage aan het CO₂-neutraal en klimaatadaptief maken van het Schouwburgplein en dient dus nog steeds gerealiseerd te worden.



Figuur 12 Potentie voor polderdaken rondom het Schouwburgplein

5.2 Duurzame opwek aanbevelingen

Na alle aanbevolen reductiemaatregelen blijft er nog een energievraag over bij alle gebouwen. Deze energievraag moet volledig duurzaam opgewekt worden om te kunnen spreken van een duurzaam energiesysteem. Er zijn nog drie soorten energie benodigd op het schouwburgplein namelijk warmte, koude en elektriciteit. Alle drie de soorten energie moeten op een duurzame manier opgewekt worden wil het plein uiteindelijk klimaat- en CO₂-neutraal worden. In deze paragraaf is beschreven op welke manier er duurzaam omgegaan kan worden met de opwek van deze verschillende energievormen.



Warmte

Op dit moment wordt rondom het plein in alle gebouwen gebruik gemaakt van hoge-temperatuur stadswarmte. De stadswarmte is restwarmte van het warmte afdracht station bij de Afval- en Energiecentrale van AVR in Rozenburg. Warmtenetten worden getoetst op duurzaamheid volgens de richtlijn NVN7125. De restwarmte die gebruikt wordt voor de stadswarmte in Rotterdam wordt door de NVN7125 gezien als duurzame stadswarmte en heeft een uitstoot van 26 kg CO₂ per GJ. Eneco, de eigenaar van het warmtenet, is op dit moment aan het oriënteren op een duurzamere vorm van warmte echter omdat de stadswarmte al redelijk duurzaam is heeft het niet de prioriteit.

Er zijn twee interessante alternatieven voor de warmtevoorziening namelijk door middel van een lucht/water warmtepomp of met een WKO-systeem. Beide systemen werken op basis van elektriciteit. Het rendement van dergelijke systemen wordt gemeten met een COP (coëfficiënt of performance). De COP van een systeem is de verhouding tussen de hoeveelheid elektrische energie er nodig is om thermische energie op te leveren. Een warmtepomp heeft een COP van 3 en een WKO van 4. Op basis daarvan is uit te rekenen hoeveel CO₂ uitstoot er is per GJ zoals in onderstaande tabel is weergegeven. Hierbij is rekening gehouden met de ontwikkeling van het percentage hernieuwbare energie in de grijze stroom. Op dit moment is het percentage hernieuwbare energie in grijze stroom 15% terwijl dit in 2030 rond de 70% moet zijn.

Tabel 5 CO₂ uitstoot per verwarmingssysteem

	2019 <i>Met grijze stroom</i>	2030 <i>Met grijze stroom</i>	2030 <i>Met (inkoop) groene stroom</i>
Stadswarmte	26 kg CO ₂ /GJ	26 kg CO ₂ /GJ	26 kg CO ₂ /GJ
Warmtepomp	60 kg CO ₂ /GJ	25 kg CO ₂ /GJ	0 kg CO ₂ /GJ
WKO Installaties	45 kg CO ₂ /GJ	19 kg CO ₂ /GJ	0 kg CO ₂ /GJ

Conclusie

Zoals in Tabel 5 te zien is heeft elke vorm van warmte op dit moment nog CO₂ uitstoot wat niet past in de ambitie van 7 Square Endeavour. De afvalverbrandingsinstallatie waar het warmtenet nu op aangesloten is vormt de meest voordelig optie op dit moment. In 2030 is die situatie volledig anders. De oplossingen met een WKO en een warmtepompen zijn in 2030 CO₂ armer dan de stadswarmte wanneer er niet overgeschakeld wordt op groene stroom. Om de ambitie van 7 Square Endeavour en de gidsprincipes uit het energieplan te volgen moet er zoveel mogelijk energie bespaard worden en CO₂ neutraal te zijn. Daarom is qua warmte het werken met WKO-installaties de meest gunstige oplossing.



Koude

Niet alle gebouwen rondom het schouwburgplein hebben een significante koudevraag. Woningen hebben in de zomer een kleine koude vraag terwijl culturele instellingen en winkels een veel stabielere koude vraag hebben. De verwachting is dat door klimaatverandering de koude vraag een steeds belangrijker onderdeel wordt van de energievoorziening.

Behalve bij De Doelen wordt er gekoeld door middel van compressie in het gebied rondom het Schouwburgplein. Deze vrij traditionele manier van koelen vergt veel ruimte en energie. Vanwege het feit dat we eerst kijken naar mogelijke manieren om de energievraag te reduceren is het vervangen van deze koelmachines één van de mogelijkheden om tot een duurzaam energiesysteem te komen. Dit zijn de alternatieven:

- Absorptie koeling

Absorptie koeling is een koelmethode die een warmtebron gebruikt om energie te leveren voor het koelsysteem. In het geval van 7SE is het geen goede optie om gebruik te maken van deze methode van koeling om dat het relatief heel duur is, de Coëfficiënt Of Performance (COP) ligt laag en het is slecht regelbaar. In een situatie met een stabiele vaste last is deze oplossing geschikter.

- Indirecte adiabatistische koeling

Indirect koelen met waterverdamping is zeer duurzaam. Doordat de proceslucht via een warmtewisselaar gekoeld wordt, blijft deze schoon. Bij indirecte adiabatistische koeling wordt met een ventilator buitenlucht aangezogen. Deze passeert een filter en een adiabatisch pakket van behandeld papier dat, als dat nodig is, bevochtigd kan worden om koeling te realiseren. In de praktijk is dat in Nederland in circa 95% van de tijd niet noodzakelijk. Deze oplossing is alleen mogelijk in luchtbehandeling (gekoelde lucht) want hier is veel luchtverplaatsing voor nodig. Er is niet altijd de ruimte voor of is het wenselijk (voornamelijk woningen). Daarnaast levert het geluidsoverlast op, zijn de afmetingen van de kanalen groot en komt het met een hogere energievraag. Daarom is indirecte adiabatistische koeling niet geschikt voor het Schouwburgplein.

- WKO-installaties

Warmte en koudeopslag is een seizoensopslag waar in de zomerwarmte wordt opgeslagen voor gebruik in de winter en in de winterkoude wordt opgeslagen voor de koelingsvraag in de zomer. Deze manier van koelen heeft een hoge COP (rond de 20) terwijl het aansluitvermogen voor elektriciteit niet hoog hoeft te zijn. WKO-systemen kunnen dus zeker een goede optie zijn voor het Schouwburgplein zeker aangezien deze ook in de warmtevraag kunnen voorzien welke zeer duurzaam geacht kan worden.

- Innovatief systeem: koude door regenwater

Belangrijke opgave bij het schouwburgplein is synergie te vinden in de buitenruimte en gebouwde omgeving. Binnen het project 7SE is er voor de buitenruimte een zogenaamd waterplan opgenomen. Hierin is gekeken hoe er op een duurzame wijze een passende oplossing gevonden kan worden voor de waterbelasting die de toekomst gaat brengen (klimaatbestendigheid). Daarin is onder meer opgenomen het gebruik van polderdaken om op die manier water vast te houden op de daken van de gebouwen. Voordeel hiervan is het koelend effect van dit water op de binnentemperatuur van het gebouw. Deze wijze van watergebruik in relatie tot koeling kan zorgen voor een constantere binnentemperatuur en met name in de zomer voor een reductie van de binnentemperatuur van enkele graden.

Vanuit het energieproject is gekeken of er naast de mogelijkheid van groene daken ook andere kansen liggen in het verbinden van de energievraag met de ruimtelijke wateruitdaging. Kansen worden gezien in het creëren van een ondergrondse waterberging die gebruikt kan worden voor het koelen van de gebouwen. Daarmee worden twee doelen bereikt:

1. Waterberging ten dienste van de klimaatbestendigheid van het gebied.
2. Natuurlijke koude bron voor het invullen van de koude vraag van de gebouwen waar het water wordt opgevangen.

De hoeveelheid koude die onttrokken kan worden uit regenwater opgeslagen in een waterbel is afhankelijk van de temperatuur waarmee het regenwater in de waterbel gebracht kan worden. In een eerste berekening, zie bijlage 3, is uitgegaan van een temperatuurverschil van 3 graden. Daarmee is het niet mogelijk om zelfs de kleinste koudevrager in het gebied te kunnen voorzien van koude. Uiteraard zijn er gunstigere scenario's denkbaar echter zal dit niet genoeg zijn voor het hele gebied rondom het Schouwburgplein.

Omdat het water in de waterbel ook gebruikt kan worden voor de polderdaken wordt daar de voorkeur aan gegeven. Zoetwater zal in de toekomst een steeds schaarser goed worden, het beperken van de watervraag

is dus een belangrijke bijdrage aan de klimaatneutraliteit van het plein. Door het buizenstelsel van de waterbel door de gebouwen naar het dak te laten lopen is het eventueel mogelijk om het water ook secundair voor koude te gebruiken. Hiermee warmt het water op wat ecologisch gunstig kan zijn door een kleiner temperatuurverschil tussen de buitenlucht en het water. De werking van dit systeem is nog niet berekend of verder ontworpen, voor dat hier conclusies uit getrokken worden dient er verder onderzoek naar gedaan te worden.

Conclusie

Het beste alternatief voor koelen in en rondom het schouwburgplein is door middel van WKO-installaties. De energievraag is het laagst van alle alternatieven en heeft een hoge efficiëntie. Andere alternatieven voor koelen zijn individuele oplossingen terwijl WKO's met elkaar verbonden kunnen worden. Door verschillende WKO's met elkaar te verbinden ontstaat een koude netwerk. Met dit koude netwerk is het mogelijk om vraag en aanbod tussen diverse gebouwen op elkaar af te stemmen, dit verhoogt het systeemrendement, verlaagt de piekbelasting en reduceert de totale energie vraag.

Elektriciteit

Het opwekken van elektriciteit is het duurzaamste wanneer het in het plangebied wordt opgewekt. Indien het niet mogelijk is kan er gekozen worden om elektriciteit groen in te kopen, bij voorkeur uit de directe omgeving.

Mogelijkheden om elektriciteit op te wekken in het plangebied beperkt zich met namen tot PV-panelen op daken en op gevels. Elektriciteit opwekkende ramen zijn de derde mogelijkheid om energie op te wekken en is enkel mogelijk bij De Doelen.

De volgende gebouwen zit potentie in PV-panelen op het dak:

- Hartsuykerflat.
- De Doelen.
- Karel Doormanstraat.
- Joost Banckertsplaats.
- Schouwburg (niet duidelijk is waar wel en niet).

De volgende gebouwen hebben gevels die in potentie energie op kunnen wekken:

- Codarts.
- Joost Banckertsplaats.
- De Doelen.

Om uitsluitsel te kunnen geven over de daadwerkelijke potentie van de daken moet eerst de constructie verder onderzocht worden. Daarnaast is het afhankelijk van welke bestemming de daken krijgen, groen of geel.

Conclusie

Het opwekken van alle elektriciteit in de omgeving is niet mogelijk. Het beschikbare dakoppervlak is niet voldoende om alle energie op te wekken. Om een CO₂ neutraal Schouwburgplein te ontwikkelen is het nodig om de resterende elektriciteit groen in te kopen.

5.3 Impact van dit project

Het project is gericht op het CO₂ neutraal maken van het Schouwburgplein maar ook klimaatadaptief. Om dit te realiseren is van het warmtenet afgestapt omdat dit in 2030 nog steeds CO₂-uitstoot oplevert. In plaats daarvan wordt er met seizoensopslag en een warmtepomp te werken voor zowel koude als warmte. De elektriciteit wordt groen opgewekt of ingekocht waardoor de CO₂ uitstoot van het Schouwburgplein tot nul

gereduceerd is. Door het toepassen van extra isolerende maatregelen en efficiëntere installaties wordt ook het totale energieverbruik teruggebracht. Er wordt in totaal bijna 15.000 GJ bespaard tijdens dit project.

Door het realiseren van polderdaken en een waterbel wordt er ook een bijdrage geleverd aan het klimaatadaptief maken van het Schouwburgplein. De polderdaken vangen water op wat met name bij hoosbuien een bijdrage levert aan het klimaatadaptief maken van het plein. Daarnaast zorgt dit ook voor energiebesparing door het verminderen van het urban heat island effect. De hoeveelheid energie die dit bespaard is sterk afhankelijk van de veranderingen in ons klimaat.

6 FASE 3: HOE HAALBAAR IS HET SYSTEEM

Het energiesysteem, zoals geschetst, is een ideaalbeeld hoe het duurzame energiesysteem van de toekomst er uit ziet op het schouwburgplein. Met 2030 als stip op de horizon is gekeken hoe haalbaar het is om dit systeem in 2030 te realiseren. Het energiesysteem is getoetst op de technische-, financiële-, ruimtelijke- en organisatorische haalbaarheid. Daarnaast wordt op deze thema's ook de klimaat adaptieve maatregelen getoetst zoals de waterbel en de polderdaken.

6.1 Haalbaarheid energiesysteem

6.1.1 Technisch

Gebouw niveau

Door het nemen van reductiemaatregelen is het mogelijk om met een lage temperatuur warmte en hoge temperatuur koude te kunnen verwarmen en koelen. Deze temperatuurverandering ten opzichte van de huidige situatie is nodig om tot een CO₂-neutraal Schouwburgplein te komen. De gebouwen rondom het schouwburgplein zijn allemaal gebouwd tussen de jaren 50 en 80. Destijds is er met minimale marge gebouwd in de constructie waardoor extra toevoegen van isolatie of installaties, ten behoeve van de koppelkansen, op het dak zonder verdere versterking vaak niet mogelijk is. Vanwege de historisch culturele waarde die deze gebouwen bezitten, zijn het veelal rijksmonumenten. Dit betekent dat er restricties zitten aan renovaties aan de gebouwen. Dit maakt het technisch lastiger om vergaand te verduurzamen. Om toch met lage temperatuurverwarming af te kunnen is het nodig om in sommige gebouwen nodig om

Systeemniveau

De nieuwe energie infrastructuur is goed haalbaar. De technieken die gebruikt worden zijn bewezen technieken. WKO's worden steeds vaker geslagen en ook de risico's zijn bekend waardoor daar van tevoren rekening mee gehouden kan worden. De uitdaging zit in het koppelen van de verschillende componenten in de energievoorziening. Onbekend is waar en of dat op deze manier eerder is gebeurd. Het voordeel van een gekoppeld WKO-systeem is dat er een cyclisch proces ontwikkeld wordt waar de vraag en aanbod op elkaar afgestemd zijn, dit bevordert de gelijktijdigheid. Gelijktijdigheid is het gebruik van de energie wanneer het opgewekt wordt. Daarmee wordt de belasting op de energie infrastructuur lager en zijn de kosten lager.

De WKO's hebben specialistisch onderhoud nodig wat bij de meeste gebouweigenaren niet in huis is. Een mogelijkheid is om het concept een WKO as a service te ontwikkelen om hier mee om te gaan, hiermee wordt het onderhoud en de exploitatie buiten de organisatie neer gelegd. Meer hierover staat beschreven in de financiële haalbaarheid.

Uiteraard is het niet mogelijk in de toekomst te kijken. Op dit moment is dit het technisch meest duurzame systeem echter innovatie stopt niet. De kans bestaat dat over tien jaar het meest duurzame energiesysteem er anders uit kan zien.

Gebruik

Naast gebouw gebonden en energievoorziening gerelateerde maatregelen is het gedrag van de gebruikers/bewoners ook essentieel voor het behalen van het technisch potentieel van dit energiesysteem. Allereerst moeten de gebruikers akkoord gaan met de aanpassingen want dit vergt ook van hen verandering. Wanneer het energiesysteem er daadwerkelijk ligt is het afhankelijk van het gedrag van de gebruikers of het energiesysteem optimaal gebruikt wordt. Een passief gebouw/huis vergt een ander soort gebruik dan een minder goed geïsoleerd pand. Het is dus belangrijk dat de gebruikers goed geïnformeerd worden over hoe het gebouw te gebruiken. Door energiemonitoring kan inzicht gegeven worden in de impact die gebruik heeft. Hierbij kan de optimale situatie vergeleken worden met de daadwerkelijke situatie.

6.1.2 Financieel

Investeringskosten vs. operationele kosten

Het reduceren van de energievraag en het zoveel mogelijk lokaal opwekken van energie is over het algemeen kostenbesparend op de operationele kosten. Aan de andere kant zal het wel extra investeringen vergen die ook nog eens eerder gedaan moeten worden. De vraag is hoe deze relatie tussen operationele en investeringskosten gelegd zal worden. Dit zal gevolgen hebben voor bestaande overeenkomsten. Zo zitten sommige gebouweigenaren met een overeenkomst voor kostendeekkende huur. Het dient nog onderzocht te worden hoe hier mee omgegaan kan worden dit heeft tevens te maken met de terugverdientijd van de investeringen, ook hier is nog niet alles over bekend. Positief is wel dat op dit moment veel renovatiewerkzaamheden gepland staan. Door aan te sluiten op bestaande MJOP's is het mogelijk om hier verschillende zaken te combineren. Daarmee kunnen de investeringskosten verlaagd worden.

Financiering

Met de wens om Nederland te verduurzamen zijn een legio aan kansen op financieel gebied. Er zijn diverse subsidies en regelingen beschikbaar die een eventuele onrendabele top weg kunnen nemen, zie bijlage 1. Daarnaast is de economische situatie in Nederland goed te noemen met een lage rente. Hoewel de economische situatie nu goed is weten we niet hoe de situatie volgend jaar is, laat staan in 2030. Zo zijn er veel meer onzekerheden te vinden: wat doet de marktwerking bij een dergelijke crises, wat voor invloed heeft de verkoop van Eneco voor (positieve) gevolgen en wat wordt de terugverdientijd van innovaties?

Exploitatie

De financiële haalbaarheid heeft niet alleen te maken met de financiering van investeringskosten en operationele kosten maar heeft ook een exploitatie component. Met een verhoging van energietarieven door de CO₂ taks is het relatief voordeliger geworden om zoveel mogelijk duurzame energie te gebruiken. Het is echter de vraag hoe kan de uitwisseling van energie tussen verschillende gebouwen plaats vinden, dit laatste zal voornamelijk een organisatorisch/juridische kwestie zijn.

Financieringsmodellen

Op gebouw niveau worden de investeringen op termijn terugverdient door een verlaging van de energiekosten. De warmteprijs wordt bij een externe leverancier gekoppeld aan de gasprijs, welke in de komende jaren door overheid beleid verder zal stijgen. Wanneer warmte opgewekt wordt door middel van WKO's zal men elektriciteit betalen wat op termijn juist goedkoper wordt. Dit verkort de terugverdientijd van investeringen.

Het systeem vergt een grote investering. Door de energie te verkopen kan deze investering terugverdient worden. De afname van warmte is door de betrokken gebouweigenaren gegarandeerd waardoor het interessant kan zijn voor een energiemaatschappij of een energy service company. De koude wordt niet volledig afgenomen door de omliggende gebouweigenaren, daar moeten andere kopers voor gevonden worden. Omdat het grootste gedeelte van de afname gegarandeerd is kunnen partijen lange termijn investeringen doen waardoor hoge investering beter te verantwoorden zijn. Eneco heeft al aangegeven een constructie in een combinatie met verschillende gebouweigenaren wel te zien zitten. Op deze manier houden de gebouweigenaren zeggenschap over het energiesysteem én kunnen de investeringen gefinancierd worden zonder dat de gebouweigenaren alles hoeven voor te financieren.

6.1.3 Ruimtelijk

Bovengronds

Het herontwikkelen van een gebied in hartje Rotterdam is bepaald geen sinecure. Door de dichtheid in het gebied is er bovengronds weinig ruimte. De ruimtelijke opgave bovengronds is onder andere door de samenwerking tussen publiek en privaat complex. Zo hebben investeringen in het publieke gebied, invloed op de uitdaging van de voornamelijk private gebouwen. Wanneer in de omgeving meer geïnvesteerd wordt

in groen en het bufferen van water, zorgt dit voor verkoeling in de omgeving waarmee ook de koelvraag van de gebouwen verlaagd wordt. De gemeente heeft het voornemen om het Schouwburgplein te herontwikkelen waarin deze ruimtelijke inzichten meegenomen kunnen worden. Dit past goed in het collegeakkoord en het Rotterdams weerwoord van de gemeente en strookt met de ambitie op het gebied van duurzaamheid. Zeker met het extreme weer van de afgelopen jaren komt er veel meer bewustwording onder burgers die daarmee de gemeente meer uitdagen om oplossingen te bedenken om klimaat adaptief te worden.

Ondergronds

Met het voornemen om ook ondergronds veel activiteit uit te voeren zorgt ervoor dat ook onder het maaiveld een goede ruimtelijke ordening nodig is. Ervaringen in bijvoorbeeld Den Haag leren ons dat bronnen van WKO's elkaar kunnen beïnvloeden, zogenaamde interferentie gebieden. In de ondergrond zitten diverse lagen die vaak maar voor één functie gebruikt kunnen worden zodat functies elkaar niet beïnvloeden. Vaak is er een laag beschikbaar voor drinkwater maar indien een waterbel gewenst is moet daar ook een aparte laag voor zijn. Daarnaast heeft een WKO twee lagen nodig, één voor de warmte opslag en de ander voor de koude. Door een goede ondergrondse planologie toe te passen kunnen deze bronnen elkaar versterken maar wanneer dit niet goed gebeurt kan dit ook averechts werken. Dichter bij het maaiveld moet het koudenetwerk vorm krijgen, het combineren met het vervangen van het riool kan hierbij overlast en kosten besparen.

6.1.4 Organisatorisch

7 Square Endeavour

Het initiatief 7 Square Endeavour bestaat uit partijen die het belang van de transitie naar een ander energiesysteem ondersteunen en het doel hebben om in 2030 klimaatneutraal te zijn, een coalition of the willing. Men is bewust dat dit hen niet alleen gaat lukken. Juist daarom is de samenwerking ontzettend belangrijk. Het is jammer dat niet alle partijen betrokken zijn bij dit initiatief, bijvoorbeeld Pathé zou energetisch gezien een goede toevoeging zijn terwijl een advocatenkantoor op juridische kennis veel zou kunnen bijdragen aan het initiatief. Dat het Schouwburgplein erg zichtbaar is en met alle culturele instellingen en evenementen de gunfactor mee heeft, helpt bij de marketing.

Gebouwniveau

Ondanks dat de partijen het belang van verduurzaming ondersteunen, kan er niet geëist worden dat de eerdergenoemde verduurzamingsmaatregelen uitgevoerd worden. Wel kan er door wet- en regelgeving het één en ander geëist worden. Diverse maatregelen zijn voor meerdere gebouweigenaren hetzelfde wat mogelijk nieuwe samenwerkingsvormen tot gevolg kan hebben. De maatregelen die op gebouwniveau gedaan moeten worden zijn individueel waardoor organisatorisch hier niet veel risico's aan verbonden zijn. Uiteindelijk worden alle kleine systemen met elkaar verbonden zijn partijen wel van elkaar afhankelijk. Vooral partijen met een grote koudevraag en een specifiek gebruiksprofiel zullen bepaalde spelers nodig hebben om het systeem optimaal te laten werken.

Systeemniveau

De diverse individuele systemen worden uiteindelijk aan elkaar gekoppeld. Dit biedt de mogelijkheid om vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen. Daarbij biedt het nog veel meer voordelen energetisch en technisch gezien zoals al eerder beschreven. Het is organisatorisch wel een uitdaging. Het uitwisselen van koude of warmte zorgt ervoor dat gebouweigenaren energieleveranciers worden. Er zitten zowel publieke als private partijen in wat de constructie nog iets ingewikkelder maakt. Het creëren van een WKO als een service zou uitkomst kunnen bieden. Hierbij is het mogelijk om het één exploitant te kiezen zoals bijvoorbeeld Eneco maar dit zou hen wel een monopolie positie opleveren. Een andere mogelijkheid is om een soort franchise op te richten waarin diverse partijen zetel nemen. Hierbij blijft het mogelijk om voor de diverse gebouweigenaren inspraak te blijven hebben op systeemniveau maar wordt de zorg voor de exploitatie en het onderhoud niet volledig bij hen neergelegd. Indien het een dergelijk systeem wordt is de

vraag wie de vergunningen aan moet vragen voor het koppelen van het systeem terwijl dit bij diverse exploitanten weer onzeker is wie daar de eerste stap in neemt.

6.2 Haalbaarheid waterbel

6.2.1 Technische haalbaarheid

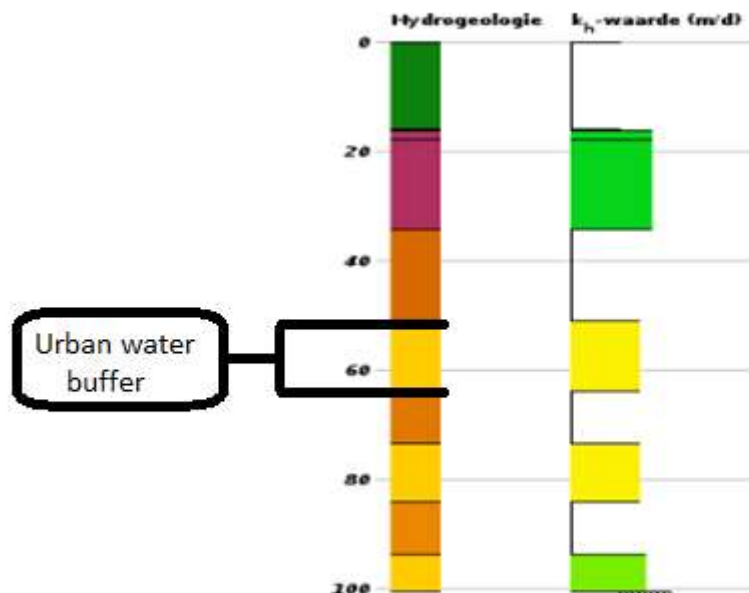
Het opslaan van regenwater is reeds in de omgeving van het Sparta stadion gerealiseerd. Verbreding van deze ervaring en toepassingsmogelijkheid worden nu nader onderzocht binnen het project Urban Water Buffer. Dit project wordt getrokken door KWR Watercycle research institute (KWR). KWR en Arcadis hebben een samenwerkingsverband onder de naam Allied Waters met als doel om de boven en ondergrond te verbinden in praktische circulaire toepassingen. Het gebruik van hemelwater als koelmedium past goed in deze samenwerking.

Op basis van de ervaringen van KWR bij het Sparta stadion en binnen het onderzoek Urban Water Buffer blijkt dat het goed mogelijk is om water in de stedelijke ondergrond op te slaan. Dit water kan ook weer goed teruggewonnen worden voor het toepassen in de omgeving; groenvoorziening, waterpartijen, bewateren van de sportvelden van Sparta. Wel is het te onttrekken volume kleiner dan het geïnfiltreerde volume. Op dit moment lijkt circa 50% van het geïnfiltreerde water weer goed te onttrekken (Waterplan Schouwburgplein, bijlage F). Andere, niet stedelijke projecten, kennen hogere terugwin efficiency tot circa 90%. Dit is echter sterk afhankelijk van de ondergrond en vereiste waterkwaliteit.

De ervaringen van KWR leren ons dat het opslaan van hemelwater in de ondergrond en op een later moment weer nuttig toepassen in een bovengrondse technische installatie mogelijk is. Een combinatie als deze is echter nog niet eerder in Nederland of ergens anders op de wereld toegepast.

Het beschikbaar watervolume is afhankelijk van het klimaatscenario dat wordt gehanteerd. Op dit moment wordt rekening gehouden met een infiltratievermogen van 55.000m³. Van het geïnfiltreerde water is ongeveer 50% weer nuttig te gebruiken. Het realiseren van een ondergrondse berging is in het gebied van het Schouwburgplein goed mogelijk.

De dwarsdoorsnede rechts volgt uit een geofysisch onderzoek van de omgeving. Hieruit volgt dat vanaf een diepte van 50 meter een geschikte laag aanwezig is. Dit is de formatie van Peize en formatie van Waalre. Deze laag is een zandige eenheid, hoofdzakelijk bestaande uit midden en grof zand. Door de zeer ondoorlatende kleiige laag die erboven ligt en de lage K_h waarde (de horizontale doorlatendheidscoëfficiënt) zorgt ervoor dat de waterbel niet "wegloopt". Dit is belangrijk voor de extractiegraad.



Figuur 13 Ondergrondse ligging waterbuffer. Bron: Dinoloket

Het opbouwen van een dergelijk natuurlijke buffer is mogelijk, maar vraagt meerder infiltratie en onttrekkingsbronnen die het water beschikbaar stellen. Meerdere bronnen zijn ook nodig om de effecten van de onttrekking naar de omgeving te minimaliseren zoals geofysische effecten, het zorgt voor een verspreide impact waardoor negatieve effecten worden beperkt.

6.2.2 Financieel

Om genoeg koude te kunnen leveren is het nodig om veel water te kunnen bergen. Op dit moment is er nog te weinig oppervlakte en dus te weinig regenwater om zelfs de kleinste koude vraag te kunnen bedienen. Wel kan eventueel voor het bewateren van de polderdaken het leidingnetwerk door de gebouwen lopen. Op deze manier is een koude voordeel te behalen. Een mogelijk verdienmodel kan dan (regen)water voor koude zijn.

Voor de hand liggend is dat er ook gekeken wordt naar innovatieve verdienmodellen voor klimaat adaptieve maatregelen zoals polderdaken en een urban water buffer. In Rotterdam is wateroverlast een groot probleem terwijl hier een tekort is aan water. Door deze twee “problemen” met elkaar te combineren is het mogelijk om een haalbaar verdienmodel te ontwikkelen. Er moet meer onderzoek gedaan worden naar de waardeketen van regenwater in de regio Rotterdam. De waarde of kosten van regenwater zijn per regio verschillend en kan niet direct een uitspraak over gedaan worden.

Andere mogelijkheden zoals verminderde heffingen op riool of door groene leges. Zie hiervoor figuur 14 van de green deal groene daken.



Figuur 14 Voorbeelden van innovatieve verdienmodellen voor klimaat adaptieve maatregelen. Bron: Green deal groene daken

6.2.3 Ruimtelijk

Het realiseren van een waterbuffer gevoed met polderdaken is ruimtelijk goed te realiseren. De polderdaken worden op bestaande daken gerealiseerd. Hier staan de gebouweigenaren achter waardoor het in principe geen grote ruimtelijk opgave is. De waterbuffer zelf wordt zoals aangegeven op figuur 13 50 meter onder de grond geplaatst. Dit is een natuurlijke laag waarin een waterbel zich kan vormen. Dit watervoerende pakket ligt onder een slecht doorlatende kleiige laag waardoor het niet naar boven weg kan lopen. Daarnaast heeft het een zeer lage K_h waarde, dit betekent dat het water ook niet horizontaal weg stroomt. Om de polderdaken te ontlasten moet er nog wel een buffervat gerealiseerd worden voordat het water van de daken naar de waterbuffer geïnfiltrerd wordt. Hiervoor is nog wel ruimte nodig in de ondiepe ondergrond. Eén van de mogelijkheden is om een deel van de parkeergarage hiervoor te gebruiken.

6.2.4 Organisatorisch

De urban water buffer is nog niet vaak (op deze manier) gebruikt, voor bewateren van polderdaken en eventueel koude. De kans is aanwezig dat er juridische eisen aan gesteld worden die nu nog niet in overweging zijn genomen. Hiervoor dient nog verder onderzoek gedaan te worden. Voor het “verkopen” van de koude en het water kan eventueel gebruik gemaakt worden van dezelfde constructie als bij de energievoorziening. Op deze manier wordt voorkomen dat er te veel gefragmenteerd georganiseerd is in het gebied. Uiteindelijk zou het zelfs mogelijk zijn om dit aan te bieden in één totaal servicepakket waarin ook andere diensten zoals pakketbezorging, recycling, afvalophaal en andere diensten in het gebied combineert tot één pakket.

7 DOORKIJK: WAT NU?

7.1.1 Opschalingsmogelijkheden en herhaalpotentieel

In het gebied zijn mogelijkheden om verder op te kunnen schalen. Niet alle gebouweigenaren rondom het Schouwburgplein zijn betrokken bij de ontwikkelingen die nu plaats vinden. Het uitleggen van de WKO's op de warmtevraag zorgt ervoor dat er een koude overschot is. Door dit koude overschot te verkopen aan de omgeving wordt deze hiermee verder verduurzaamt. Wanneer er in de toekomst meer WKO's in het gebied bij komen zouden deze technisch gezien ook gekoppeld kunnen worden aan het energiesysteem van het Schouwburgplein. Bij gebruiksprofielen die complementair zijn op elkaar kan dit een verhoogde efficiëntie van het systeem opleveren. Hierbij dient wel gewaarborgd te blijven dat het systeem in balans is. Indien de waterbel, na verder onderzoek, haalbaar is zijn de opschalingsmogelijkheden veel groter. Door in de omgeving veel meer water te oogsten wordt het potentieel van de waterbel voor koude groter.

Het herhaalpotentieel is groot. De gebouwen die in de omgeving staan zijn op dit moment slecht geïsoleerd, sommige zijn rijksmonument en architectonisch. Al deze factoren maakt het lastig om dit gebied CO₂ neutraal te maken. Indien het hier mogelijk is, biedt dat veel mogelijkheden voor andere plekken. Wat bijzonder is aan deze locatie is de bereidwilligheid van de gebouweigenaren. Om een dergelijk project op een andere locatie uit te laten voeren is het belangrijk om eenzelfde commitment te realiseren.

7.1.2 Conclusies

Het is mogelijk om het Schouwburgplein in 2030 zowel CO₂-neutraal als klimaatadaptief te maken. Om CO₂-neutraal te worden is het noodzakelijk om een gekoppeld WKO-systeem te ontwikkelen waarvan de groene stroom ingekocht wordt. Om een klimaatadaptief plein te zijn is gekeken naar mogelijkheden om hittestress (urban heat island effect), hoosbuien, droogte en waterschaarste te adapteren. Door het gebruik van polderdaken en een ondergrondse waterbuffer is het mogelijk om de effecten van klimaatverandering voor een gedeelte op te vangen. Hierdoor zal het plein ook in de toekomst leefbaar blijven.

De reductiemaatregelen dienen hoe dan ook uitgevoerd te worden. Alle gebouweigenaren hebben de kans gekregen om deze maatregelen in tijd te zetten zodat het overeenkomt met de geplande werkzaamheden conform hun meerjarenonderhoudsplan. Op deze manier hoeven er geen investeringen plaats te vinden maar kan er enkel vervangen worden. Reductiemaatregelen verdienen zichzelf op termijn vanzelf terug door besparing op de energierekening. De warmteprijs die gekoppeld is aan de gasprijs zorgt ervoor dat op termijn warmte duurder wordt, wegens verhoging op de gasprijs. Dit zorgt ervoor dat een besparing op dit moment op termijn nog meer zal opleveren.

De stadswarmte afkomstig van een afvalverbrandingsinstallatie geleverd door Eneco is op dit moment nog de meest duurzame vorm van warmte. In 2030 is deze stelling echter al achterhaalt en is een WKO-oplossing voor zowel warmte als koude milieuvriendelijker. In combinatie met groene stroom is de WKO-oplossing zelfs CO₂ neutraal. Door diverse warme bronnen en koude bronnen bij elkaar te centreren is het energetisch rendement het hoogste. Dit zorgt ervoor dat er een gekoppeld systeem ontwikkelt moet worden. Hiervoor is een organisatiemodel nodig om deze uitwisseling plaats te kunnen laten vinden. De gebouweigenaren hebben aangegeven graag zelf een stem te behouden in het energiesysteem. Een participatiemodel zoals dat ook gedaan wordt bij wind- en zonne-energieprojecten.

De polderdaken hebben een zeer positieve impact op het klimaatadaptief maken van het plein. In de toekomst worden steeds meer hoosbuien verwacht. Deze hoosbuien op kunnen vangen op de polderdaken zorgt ervoor dat de wateroverlast beperkt wordt zonder dat de riolering sterk vergroot hoeven te worden. Daarnaast heeft het ook een positief effect op het urban heat island effect. Het water op de polderdaken heeft een verkoelende functie. Het overtollige water van de polderdaken wordt opgeslagen in een waterbuffer op ongeveer 50 meter diepte. In de toekomst zal droogte en waterschaarste een steeds grotere rol spelen. Door overtollig zoetwater niet af te voeren maar te behouden voor het gebied zorgt dat aan de ene kant voor minder waterschaarste en aan de andere kant kan het droogte in het gebied tegengaan. Het water wordt gebruikt voor het bewateren van de polderdaken. Omdat het watertekort op de polderdaken enkel en alleen voorkomt in de warme periode is het waarschijnlijk ook mogelijk om dit water te gebruiken voor koeling van gebouwen.

7.1.3 Vervolgstappen

Er dienen diverse vervolgstappen genomen te worden. Deze studie is een eerste haalbaarheidsonderzoek om te oriënteren of het mogelijk is om in 2030 klimaatadaptief en CO₂-neutraal te zijn. Dit is mogelijk gebleken zoals blijkt uit de vorige paragraaf.

De volgende stap is om gedetailleerder naar het gebied te kijken. Hierbij moet men denken aan het verder doorrekenen van verduurzamingsmaatregelen voor alle gebouwen. Dit is nu met gebouwschouwen gedaan en doorgerekend met kengetallen, in een vervolg dient gebouw specifiek een veel betere analyse gedaan te worden. Op basis van die analyse kan bepaald worden welke mate van isolatie er plaats moet vinden, wat voor impact dat heeft op het gebouw en op welke manier de interactie plaats vindt met andere duurzaamheidsmaatregelen. De output hiervan is een gedetailleerdere berekening van de besparing op energie en CO₂ ten opzichte van de huidige situatie.

Op basis van de toekomstige energievraag kunnen de WKO's gemodelleerd worden. Hierbij wordt gekeken naar hoeveel bronnen er geslagen moeten worden en kan er in het masterplan van de gemeente Rotterdam gekeken worden naar waar deze bronnen precies moeten komen te liggen voor een maximaal rendement. Nadat deze stap genomen is kan worden berekend wat het elektraverbruik is. Dit zal moeten afgestemd worden met de netbeheerder aangezien er waarschijnlijk een grotere E-aansluiting nodig is.

Wanneer bekend is welke duurzaamheidsmaatregelen per gebouw genomen moeten worden, welke output dit genereerd en wat dit voor het systeem betekend, kan er een business case ontwikkeld worden. Hierin kunnen alle kosten opgenomen worden. Zowel individuele als centrale kosten en zowel investerings- als operationele kosten. Vanwege het koude overschot zullen er in de omgeving nog afnemers gezocht moeten worden om de business case rond te krijgen.

De business case geeft ons daarna inzicht in de mogelijkheden voor een financieringsmodel en een organisatiemodel. De rol die daarin weggelegd is, of zal moeten zijn voor de gemeente is afhankelijk van de business case. Hierin zal Eneco, die aangegeven heeft wel heil te zien in dit soort innovatieve lange termijn projecten ook een belangrijke rol in spelen. Dit is de afronding van de planvormingsfase.

Nadat in de planvormingsfase gedetailleerder is gekeken naar het Schouwburgplein moeten er keuzes gemaakt worden richting de uitvoeringsfase. Welke keuzes kunnen nu gemaakt worden zodat het realiseren van dit water- en energiesysteem in de toekomst eenvoudiger wordt.

COLOFON

HAALBAARHEIDSONDERZOEK ENERGIESYSTEEM SCHOUWBURGPLEIN
7 SQUARE ENDEAVOUR

AUTEUR

Tom Thomaes
André Hekma

ONZE REFERENTIE

DATUM

17 oktober 2019

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com