
Openbaar Eindrapport

Marktintroductie Cloud Energy Optimizer (MCEO)

AUTEURS:

AART DE GEUS

ARTENERGY BV

NIELS DE JONG

DOUBLE IMPACT

MICHEL TAP

DOUBLE IMPACT

DATUM: 26 JANUARI 2020

Nadere informatie is te verkrijgen bij: **MICHEL TAP**, MICHEL.TAP@CLOUDENERGYOPTIMIZER.NL.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, onder projectnummer DEI1170008

© Copyright Cloud Energy Optimizer

Samenvatting

Aanleiding

De utiliteitsbouw sector gebruikt veel energie voor verwarmen en koelen. Energiebesparing in bestaande gebouwen met bestaande installaties is complex, leidt tot overlast voor de gebruiker en kent vaak een (te) lange terugverdientijd. Onderzoeksprojecten in het kader van TKI Urban Energy hebben de aanzet tot een Cloud based product gegeven, waarmee optimale regeling van installaties en comfort in een bestaand gebouw gerealiseerd kan worden en tegelijkertijd het gebruik van primaire energie kan worden teruggedrongen (en minder CO₂ en NO_x-uitstoot). Double Impact Consulting heeft deze ontwikkeling opgepakt en brengt dit product naar de markt, in samenwerking met Priva. De Cloud Energy Optimizer (CEO) is een add-on voor een (Priva) gebouwbeheersysteem (GBS). Op basis van weersvoorspelling, de gebouw- en installatie data en een eenvoudig energiemodel, wordt de uurlijkse energievraag 24 uur vooruit voorspeld. De berekende setpoints worden aan de bestaande GBS doorgegeven. Zo wordt, gebruik makende van de bestaande installatie en het aanwezige GBS binnen opgegeven comfort grenzen, een optimale energie inzet voor het gebouw bereikt. Dit leidt tot een besparing van 10-40% op het energie gebruik.

Doel van het project

De doelstelling van dit demonstratieproject is het mogelijk te maken dat de CEO grootschalig in de markt uitgerold kan worden. Om dit te bereiken zijn er een aantal randvoorwaarden waar de CEO aan moet voldoen. Deze zijn:

- Effectieve implementatie en goede werking demonstreren bij verschillende soorten technische installaties in verschillende soorten gebouwen en bij diverse klantengroepen ;
- Kosten effectieve implementatie en gebruik aantonen met behulp van de ontwikkelde hulpmiddelen zoals het gebruikersinterface en automatiseren van de gebouw configuratie
- Demonstreren dat de CEO ook met andere GBS-systemen gekoppeld kan worden.
- De kosten voor het implementeren van de CEO sterk te reduceren.

Korte omschrijving van de activiteiten

Er zijn twee fasen van demonstratie van de CEO in de markt uitgevoerd. In de eerste fase is in 16 verschillende gebouw-installatie combinaties de CEO gedemonstreerd. In deze fase heeft de nadruk gelegen op het aantonen van een goede implementatie (in samenwerking met de installatie partijen) en het aantonen van de te realiseren energiebesparing. Ook is in deze fase het programma van eisen voor de gebruikersinterface (GUI) en de aanzet tot zelf configuratie voor het systeem ontwikkeld.

In de tweede fase lag de nadruk op het versnellen van de implementatie en het reduceren van deze kosten in 10 gebouw-installaties combinaties. Fase 2 heeft de doelstelling om aan te tonen dat de experimenteel ontwikkelde hulpmiddelen leiden tot een 50% sneller invoeren van het CEO-product voor het gebouw. Tegelijkertijd is in fase twee de CEO ingevoerd in een niet Priva GBS systeem en bij een aantal special installatie/systeem concepten (onder andere koeling, opslag en dynamische elektriciteit prijzen). Ook is de veiligheid en integriteit van de data verbinding via internet zodanig ontwikkeld dat deze voldoet aan de strenge eisen van het bankwezen.

Parallel aan fase 1 en fase 2 (de demo) heeft de experimentele ontwikkeling plaats gevonden van de GUI en de ontwikkeling tot een eerste versie van automatisering van de gebouw configuratie

Resultaat

De goede werking en effectieve implementatie van het CEO-product is aangetoond en zodoende voorbereid op een grootschalige uitrol in de markt. Het product is uitvoerig beproefd, zodat het inregelen van de CEO voor een breed scala aan installaties bekend is. Daarnaast is er door de analyse van de projecten aantoonbaar bewijs voor de te behalen energiebesparing (16-37%) met de bestaande installatie met daarnaast verbetering van het comfort, inzicht in de toestand van de installatie (onderhoud) en vermindering van de standaard taken van een gebouw beheerder. De implementatie kosten voor de CEO zijn per installatie aantoonbaar fors gedaald door de opgedane kennis, automatische hulpmiddelen en ervaring. De terugverdientijd is minder dan 5 jaar voor 80% van de gebouwen. De eindgebruikers besparen minstens 16% op hun energierekening voor warmte/ koude..

Inhoudsopgave EINDRAPPORT

Samenvatting.....	2
Inhoudsopgave EINDRAPPORT.....	3
1. Inleiding	5
2. Doelstelling van het demonstratie project.....	7
3. Werking van de CEO en uitvoering CEO demo projecten	8
3.1 werking CEO	8
3.2 Implementatie CEO in de demo projecten.....	10
4. Werkwijze project uitvoering	12
5. Resultaten ontwikkeling CEO	14
5.1 Inleiding	14
5.2 Freedom to Operate & IPR strategy	14
5.3 Graphical User Interface.....	14
5.4 Automatische Gebouw en Installatie configuratie.....	18
5.5 Databeveiliging.....	20
6. Resultaten DEMO Projecten.....	21
6.1 Resultaten CEO demoprojecten fase 1.....	21
6.1.1 Inleiding	21
6.1.2 Resultaten fase 1 projecten.....	22
6.2 CEO demo projecten, fase 2	25
6.2.1 Inleiding	25
6.2.2 Resultaten fase 2 projecten.....	27
6.3 CEO de speciale projecten.....	29
6.4 Conclusies Demo projecten.....	30
7 Conclusies en Aanbevelingen	31
7.1 Conclusies	31
7.2 Aanbevelingen.....	32
8 Literatuur.....	33
BIJLAGEN BIJ INHOUDELIJK EINDRAPPORT.....	34
Bijlage 1 demonstratieprojecten in de DEI-aanvraag MCEO en de realisatie	34
Fase 1. Uitwerking gebouw en installatie combinaties.....	34
Fase 2. Uitwerking gebouw en installatie combinaties.....	35
Toelichting speciale projecten.....	36

Toelichting afkortingen gebruikt bij installatie typen	37
Bijlage 2 Resultaten Fase 1 projecten	39
2.1 Gerealiseerde projecten fase 1	39
2.2 Resultaten van fase 1 projecten	45
2.3 Samenvatting resultaten fase 1	49
2.4 Voorbeeld overzicht grafieken fase 1 Installaties	50
Bijlage 3 Resultaten Fase 2 projecten	53
3.1 Gerealiseerde projecten fase 2.	53
3.2 Resultaten fase 2 projecten	57
3.3 Samenvatting resultaten fase 2	59
3.4 Grafieken fase 2 systemen	60
3.5 Samenvatting Specials fase 1 en fase 2	62
Bijlage 4 Graaduren vergelijkings methode	66

1. Inleiding

Vanuit diverse richtingen wordt de energie transitie ingezet. Dit beleidsvoornemen is in de afgelopen jaren stevig neergezet en resulteert in het klimaatakkoord dat in 2019 is gesloten met de regeringspartijen. Inzet van duurzame energiebronnen en efficiënt energie gebruik moeten leiden tot verregaande CO₂-reductie. Daarnaast zijn sinds 2017 de problemen rondom de winning van het Groninger aardgas zo groot geworden dat tot versnelde afbouw van de winning is overgegaan en tegelijkertijd gestreefd wordt naar aardgas loze gebouwen en wijken. Daarnaast worden de energie eisen die aan bestaande gebouwen gesteld worden strenger. Energielabel C wordt in de komende tijd het minimale label voor utiliteitsgebouwen. Utiliteitsgebouwen gebruiken een aanzienlijk deel van de primaire energie in Nederland. In Nederland zijn er 80.000 gebouwen met een gebouwbeheerssysteem. Al deze gebouwen hebben en/of krijgen de komende jaren te maken met veranderende en nieuwe energiebronnen, energiebesparingsdoelstellingen, lokale opwekking, ontwikkelingen op het gebied van dynamische energie pricing en onbalans in het elektriciteitsnet. Dit omdat de nationale en internationale klimaatdoelstellingen verder doorgevoerd worden en omdat de kostprijs van lokale energie opwekkers (in het bijzonder PV) dalen. Daarnaast zijn er technologische ontwikkeling die nieuwe energieleverende en bufferende systemen goedkoper maken en ICT-systemen steeds meer mogelijkheden bieden.

De volgende verdeling van Bruto Vloer Oppervlak (BVO) in de diverse utiliteitsbouw segmenten komt uit een CBS-rapport maart 2016 getiteld: “onderzoek beschrijving energiekentallen utiliteitsbouw”. In onderstaande tabel is dit samengevat. Hierbij zijn kleine sectoren zoals de autobranche, sporthallen, zwembaden buiten beschouwing gelaten. Uit een SenterNovem onderzoek uit 2009 getiteld; “Energie verbruik per functie” door Meijer Energie en milieumanagement komen de energie kentallen per gebouwsoort en per m² BVO. In onderstaande tabel zijn deze gegevens gepresenteerd evenals de totale jaarlijks energieconsumptie voor elektriciteit en gas:

	Miljoen m ² BVO	KWh/m ²	m ³ gas/ m ²	Totaal E GWh	Totaal miljoen m ³ gas
Scholen	45	30	15	1350	675
Gezondheidszorg	11	100	25	1100	275
Detailhandel met koeling	8	400	6	3200	48
Detailhandel zonder koeling	40	70	14	2800	560
Kantoren	53	85	16	4505	848
TOTAAL	157	n.v.t.	n.v.t.	12955 (50PJ)	2406 (75 PJ)

Tabel 1. Jaarlijkse energieconsumptie van grote gebouwen in Nederland (2009).

Het energieverbruik van de utiliteitssector in Nederland is goed voor 275 PJ, dit is ruim 10% van het finale jaarlijkse energiegebruik (monitor energiebesparing Gebouwde Omgeving 2017, uitgave van RvO). In de bovenstaande tabel zijn de cijfers gegeven voor de gebouwen die een gebouwbeheerssysteem hebben en zodoende in aanmerking komen voor de toepassing van de voorspellende regeling die met de Cloud Energy Optimizer (CEO) bereikt kan worden .

Uit eerder onderzoek ten aanzien van de utiliteitsbouw is gebleken dat goed functionerende klimaatinstallaties tot een aanzienlijke besparing op het primaire energiegebruik kan leiden. Achterstallig onderhoud, niet goed ingeregeld installaties, nagenoeg gelijktijdig verwarmen en koelen, verwarmen van ongebruikte ruimtes en dergelijke leiden tot extra energie gebruik en vaak ook tot comfortklachten.

Dit stelt onder meer nieuwe eisen aan de technische installaties van gebouwen om het gewenste binnen comfort niveau te kunnen realiseren bij effectief gebruik van energie. De meeste gangbare methodes om energie te besparen in bestaande gebouwen met bestaande installaties zijn complex, leiden tot overlast voor de gebruiker en kennen vaak een (te) lange terugverdientijd.

Uit voorgaande projecten in het kader van TKI Urban Energy zijn de ontwikkelingsprojecten IDEEGO, UCER en ProSECco uitgevoerd waarin optimale regeling van installaties en comfort in de U-bouw het onderzoeksonderwerp zijn geweest. Er is gekozen om het gebouw en zijn installaties op eenvoudige wijze in een dynamisch rekenmodel te brengen. Met behulp van weergegevens en de energieleverende systemen wordt een voorspelling van het uurlijkse energiegebruik gemaakt voor de komende 24 uur. Met deze voorspelling ingevoerd in het bestaande gebouwbeheersysteem is dan binnen de ingestelde comfort temperatuur zones een optimale energie inzet te bepalen. Dit leidt tot een energiebesparing van 10-40% en een aanzienlijke comfort verbetering. Dit systeem heet de Cloud Energy Optimizer (CEO). Voor een beschrijving van de werking van de CEO zie hoofdstuk 3. De CEO kan toegepast worden voor de utiliteitsbouw sector met een gebouwbeheerssysteem. In Nederland zijn circa 80.000 gebouwen uitgerust met een gebouwbeheerssysteem en in Europa wordt het aantal gebouwen met GBS geschat op 1,5 tot 2 miljoen. Uit de verdere analyse in dit DEI project wordt geconcludeerd dat circa 15% van deze gebouwen geschikt zijn voor de toepassing van de CEO. Deze conclusie is gebaseerd op het feit dat op dit moment gebouwen een groter bruto vloer oppervlak moeten hebben dan ongeveer 2500 m² wil de CEO commercieel interessant zijn.

Bij toepassing van de CEO in de op dit moment geschikt geachte gebouwen kan in Nederland in potentie jaarlijks rond de 5 PJ worden bespaard aan primaire energie. Het doel van dit project is om aan te demonstreren dat de CEO op kosteneffectieve wijze, zonder ingrijpen in het gebouw en de installatie kan worden toegepast en resulteert elk jaar in een aanzienlijke energiebesparing van tussen de 10-40% van het primaire energie gebruik. Deze reductie van het primaire energieverbruik leidt tot vermindering van de uitstoot van broeikasgassen en stikstof.

2. Doelstelling van het demonstratie project

In dit DEI demonstratieproject wordt de goede werking en het beoogde resultaat van de Cloud Energy Optimizer in de praktijk routinematig gedemonstreerd. Daarom is voor de demonstratie van de technologie een breed scala aan gebouwtypes, installaties en stakeholders geselecteerd, zie tabel 2.

	FASE 1			FASE 2		
	Gebouw en Installatie typologie			Gebouw en Installatie typologie		
	Eenvoudig 1 tot 2 zones	Middel 2- 4 zones	Complex > 4 zones	Eenvoudig 1 tot 2 zones	Middel 2- 4 zones	Complex > 4 zones
Demo Installaties						
CV	1	1	x	x	1	x
CV + Na regeling	x	x	1	1	x	x
CV+ NA+ WP	1	1	x	x	x	x
WP + NA	x	x	1	x	x	1
Plus buffer/WKO	x	x	1	x	x	1
Plus ZON PV of TH	1	1	1	x	x	x
Plus Lucht	1	1	1	x	1	x
Plus Koeling (specials)	x	x	x	1	1	1
Plus dynamic pricing (specials)	x	x	1	X	1	1
Totaal	4	6	6	2	4	4
TOTAAL per FASE	16			10		

Tabel 2 De gekozen demo projecten voor fase 1 en fase 2

Naast het technologisch demonstreren van de gekozen aanpak is het ook van groot belang om aan de vele stakeholders in de gebouw sector hun voordeel te tonen. Immers eigenaren, investeerders, onderhoudsbedrijven, installatiebedrijven, meet en regel bedrijven, gebouwbeheerders hebben allen hun eigen kijk en betrokkenheid bij het energiegebruik van het gebouw en het comfort van hun eindgebruikers. De terugverdientijd van investering, zo eist de sector, voor het toepassen van CEO-model en aanpak moet korter dan 5 jaar zijn. Daarom worden de kosten voor het inregelen van de CEO en het koppelen met het gebouwbeheersysteem sterk gereduceerd. Dat kan door de ontwikkelde Gebruikers Interface (Graphical User Interface- GUI) en het automatisch configureren van het eenvoudige gebouwmodel. In fase 2 (als de GUI gereed is) wordt via de demo aangetoond dat de kosten 50% lager zijn dan in fase 1. Er wordt dan gebruik gemaakt van de nieuwe hulpmiddelen. Aan het einde van het demonstratie project is de doelstelling dat het in principe mogelijk voor de installateur wordt om zelfstandig de CEO te implementeren. Uiteindelijk moeten de totale kosten voor inregelen en gebruik van de CEO zo laag worden dat de met de besparing aan energie kosten het systeem in 3-4 jaar is terugverdiend bij een energie en CO₂ besparing van meer dan 10% ten opzichte van de startsituatie.

Samenvattend is de hoofddoelstelling van dit demonstratieproject het mogelijk te maken dat de Cloud Energy Optimizer grootschalige in de markt uitgerold kan worden, na afloop van dit project. Om dit te bereiken zijn er een aantal sub doelstellingen die bereikt moeten worden.

Deze zijn:

- Ervaring en kennis op doen bij diverse soorten product-markt combinaties om de CEO-implementatie effectief te kunnen uitvoeren;
- Goede werking van de verschillende soorten technische installaties bij verschillende type gebouwen en klantengroepen demonstreren;
- Demonstratie van de inzet en door ontwikkeling van de hulpmiddelen als GUI en automatische gebouw configurator teneinde de implementatie effectieve maken en ook door de stakeholders uit de keten zelf te kunnen laten uitvoeren zijn;
- Demonstreren dat de CEO ook met andere GBS-systemen gekoppeld kan worden;
- De kosten voor het implementeren van de CEO sterk te reduceren is (meer dan 50%).

3. Werking van de CEO en uitvoering CEO demo projecten

3.1 werking CEO

De CEO is een schil (add-On) over het bestaande gebouwbeheersysteem (GBS) wat volledig intact blijft. Hierdoor dient het GBS als fall back systeem en is de bedrijfszekerheid gewaarborgd. Er zijn vrijwel geen aanpassingen nodig aan de werktuigbouwkundige installatie.

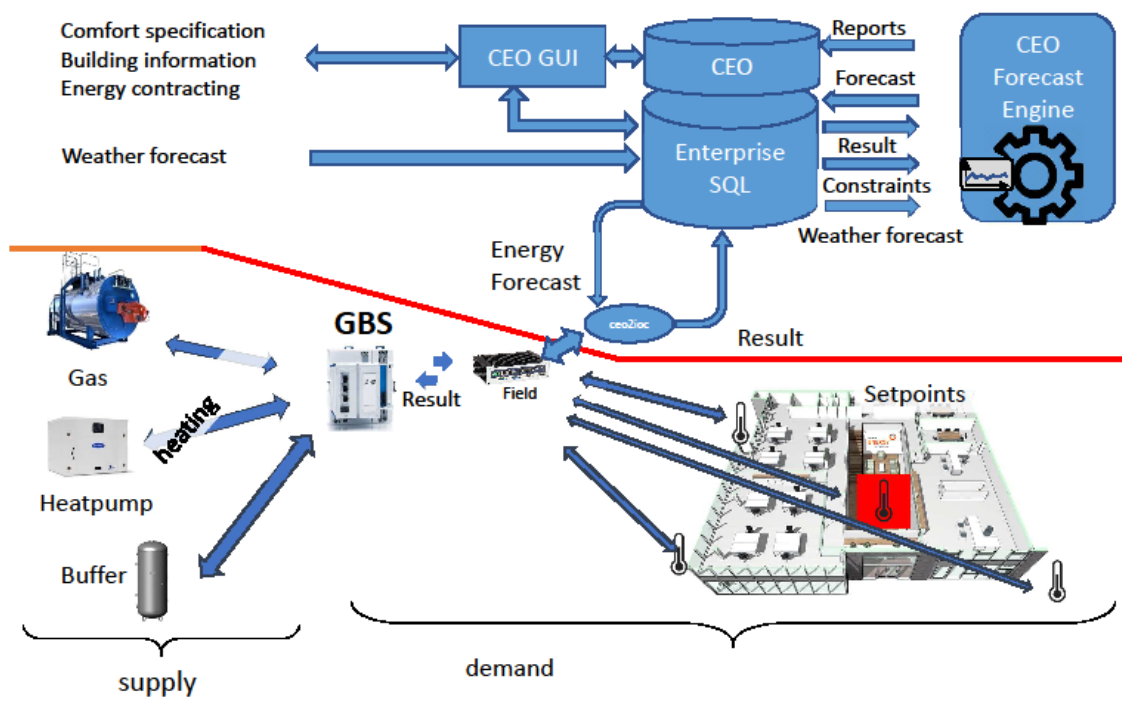
Op basis van beschikbare uurlijkse lokale weersvoorzichten voorspelt de CEO de energievraag van het gebouw 24 uur vooruit en zet de verschillende energiebronnen zo efficiënt mogelijk in. De zelflerende software combineert allerlei informatiestromen om de energiebehoefte in een gebouw te voorspellen. Op basis hiervan wordt proactief de duurzaamste en/of goedkoopste energiebron ingezet. Als input gebruikt het CEO systeem de volgende informatie:

- Per gebouw en of zone:
 - Temperatuurmeting
 - Afmeting gevels
 - Glasoppervlakte
 - Positie en ligging gebouw
 - Energieverbruik elektriciteit en gas
- Lokale weersvoorspelling
 - Regen
 - Windrichting
 - Windkracht
 - Bewolking
 - Zonintensiteit
 - Chill factor
- Volledige installatie gegevens
- Warmte en koude opwekker
 - Vermogen
 - Trappen
- Luchtbehandeling
 - Vermogen
 - Trappen
- Duurzame energie installaties
 - PV
 - Zon Thermisch
 - Warmte en koude opslag
 - Warmte pomp
- Zone indeling
- Energiecontracten
- Dynamische tarieven (Day Ahead)

De verschillende algoritmes zorgen ervoor dat de installatie optimaal ingezet wordt op basis van bovenstaande gegevens. Dit zijn algoritmes voor energievraag en energie aanbod uit bijvoorbeeld zon PV opwek, zoninstraling of wind.

Vervolgens wordt de vraag aangeboden aan het algoritme inzet. Deze bepaald hoe hij de gewenste energie hoeveelheden tijdig aanwezig is op de meest duurzame en/ of kost efficiëntste methode. Dit kan worden ingesteld door middel van constrains.

Het grote verschil is dat de CEO geen stookgrens kent en niet rekent op basis van temperaturen. Alleen met hoeveelheden energie die leiden tot een temperatuur. Doordat de energiebehoefte ruim vooruit bekend is kan de meest efficiënte energie inzet strategie bepaald worden in een tijdsplanning. Dit voor de aanwezige energiebronnen. Zo wordt met respect voor de ingestelde comfortgrenzen zo optimaal mogelijk gebruik gemaakt worden van de buffercapaciteit van het gebouw. De installatie wordt gelijkmatiger aangestuurd wat leidt tot minder onderhoud en kosten. Al deze "nieuwe" setpoints worden vervolgens overgezet naar het standaard gebouwbeheersysteem. Hierdoor bepaald de CEO hoeveel, hoe en wanneer de installatie warmte mag opwekken. De installatie zelf bedient de kleppen en standen niet anders dan voor de komst van de CEO. In figuur 1 is de werking en opzet van de CEO schematisch weergegeven.



Figuur 1. Schematische weergave CEO.

3.2 Implementatie CEO in de demo projecten

Teneinde de CEO in een project te kunnen implementeren is er natuurlijk voorwerk nodig om de noodzakelijke informatie over het gebouw en de installatie te verkrijgen. Deze informatie wordt in belangrijke mate door de gebouwbeheerder geleverd.

In de technische ruimte komen al de energiebronnen van het gebouw samen: warmtepompen, zonnecollectoren, wisselaars en ketels. Deze worden aangestuurd door een gebouwbeheerssysteem. De Cloud Energy Optimizer beschikt over een slim zelflerend algoritme. Dit voorspelt de energievraag van een gebouw op basis van een lokale weersvoorspelling 24 uur vooruit. Niet alleen op basis van temperatuur maar veel meer factoren. Denk hierbij aan bijvoorbeeld windsnelheid en -richting, instraling van de zon, regen, sneeuw, bewolking en mist. Deze hebben allemaal invloed op hoe een gebouw afkoelt of juist opwarmt.

Het is nodig om de warmte of juist koude vraag van het gebouw te weten voor de komende tijd, zodat de CEO kan plannen welke energiebron er ingezet moet worden. De Cloud Energy Optimizer zorgt ervoor dat de verdeling van duurzame energie continu wordt geoptimaliseerd.

Daarom is het nodig dat het gebouw tenminste de volgende elementen bevat:

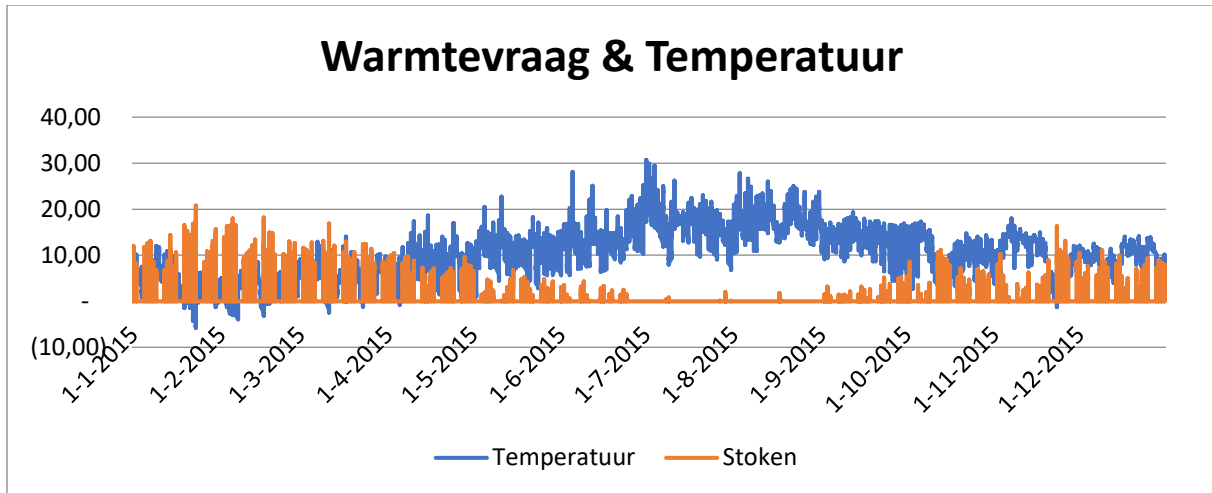
- Gebouwbeheersysteem (PRIVA)
- Warmte en koude levering systemen, stuurbaar vanuit gebouwbeheerssysteem (Vaak in de luchtbehandeling)
- Na-regeling per ruimte vanuit het gebouwbeheerssysteem (uitzonderingen mogelijk)
- Internetverbinding in de gebouwbeheerssysteem ruimte
- Voeding (230 volt)
- Debiet metingen
- In- en uitgaande temperatuurmetingen

Dan wordt er gestart met een vooronderzoek waarbij de actuele situatie bij het gebouw wordt geanalyseerd. Het jaarlijkse energieverbruik voor gas en elektriciteit wordt op basis van beschikbare historische gegevens bepaald. Vervolgens wordt een inschatting gemaakt voor het deel van het energiegebruik dat betrekking heeft op de klimatiseren. Hiervoor worden de gebouw kentallen van SenterNovem [1] en CBS [2] gebruikt. In figuur 2 is hier een voorbeeld van gegeven. De energiebesparing voor klimatiseren te bereiken met de CEO wordt berekend. Dit vormt de basis voor de offerte aan de klant. In de jaarlijkse afrekening met de klant wordt het energieverbruik genormaliseerd met de graaddagen methodiek (zie bijlage 6).

In normale omstandigheden is de looptijd tot in gebruik name van de CEO vier tot zes weken en bestaat uit de onderdelen:

- Kick-off meeting
Klant, eventuele adviseur, huidige beheerder gebouwbeheerssysteem en Cloud Energy Optimizer.
- Verzamelen werktuigbouwkundige tekeningen.
- Aanpassen software huidige gebouwbeheerssysteem.
- Overleg tussen de specialisten.
- Installatie SX-100 (CEO-gateway voor Cloud Energy Optimizer)
- Inregelen Cloud Energy Optimizer
- 1 inregel weekend. (meestal op afstand)
- Monitoring werking door Cloud Energy Optimizer (Gedurende 1 week)
- Oplevering

Op basis van data van RVO en KNMI 2015 hebben we de volgende inschatting gemaakt over uw energiebalans.



Figuur 2 Op basis van data van RVO en KNMI 2015 is de volgende schatting van het energie gebruik voor klimatiseren gemaakt.

4. Werkwijze project uitvoering

Voor de uitvoering van het project is een projectplan opgesteld bestaande uit een demonstratie paragraaf en drie werkpakketten ten behoeve van Onderzoek, Ontwikkeling en Implementatie (O&O&I).

Deze werkpakketten omvatten de hieronder genoemde activiteiten.

Werkpakket 1: Demonstratie CEO (Demo)

Doelstelling: Demonstratie in de markt van de CEO

Activiteiten:

- 1.1 Demo fase 1
- 1.2 Demo fase 2
- 1.3 Demo speciale toepassingen

Werkpakket 2: Experimentele ontwikkeling Gebruikers Interface (GUI) (EO)

Doelstelling: Operationeel gebruikersinterface uit ontwikkelen

Activiteiten:

- 2.1 Vaststellen van gebruikers eisen
- 2.2 Experimentele ontwikkeling van de GUI
- 2.3 Demo van de ontwikkelde GUI in geselecteerde demo projecten
- 2.4 Finale versie GUI

Werkpakket 3: Automatische Gebouw Configurator (EO)

Doelstelling: automatische gebouw configurator operationeel

Activiteiten:

- 3.1 Vaststellen specificatie van de automatische gebouw configurator
- 3.2 Experimentele ontwikkeling van de automatische gebouw configurator
- 3.3 Demo configurator in geselecteerde projecten
- 3.4 Finale versie automatische gebouw configurator

Werkpakket 4: Disseminatie en projectmanagement (EO)

Doelstelling: Kennisoverdracht en management van het project

Activiteiten:

- 4.1 Analyse demo ervaringen
- 4.2 Disseminatie van kennis
- 4.3 Management.

Vanzelfsprekend is op praktische wijze om gegaan met het vinden van de benodigde en gewenste demonstratie projecten. Het daadwerkelijk starten van de demo projecten hangt af van de formele goedkeuring door de opdrachtgever. Het starten van de diverse demo projecten is daarom minder strak volgens de planning verlopen. De consequentie hiervan is dat de periode van het monitoren van de resultaten van het demonstratie project wat opgeschoven is in de tijd. Het analyseren van het functioneren van de demonstratie systemen is nodig om aanpassingen in het gebouw en installatie algoritme en de CEO te kunnen implementeren. Deze analyses zijn daarom tijdens de monitoring uitgevoerd. De resultaten van de analyses zijn geïmplementeerd in het gebouw en installatie algoritme, de CEO, het gebruikersinterface en de werkwijze van implementeren van de CEO in het systeem.

In het projectvoorstel waren een viertal speciale configuraties van installaties voorzien om de CEO in te testen. Dit waren gebouwen met installaties geschikt voor koeling en geschikt voor het invoeren van dynamische elektriciteit prijzen.

De in het projectvoorstel aangegeven gebouwinstallaties bleken op dit moment in de praktijk niet allemaal voorhanden te zijn. In de dagelijkse praktijk is gebleken dat het economische voordeel door

het hanteren van dynamische uurlijkse elektriciteitsprijzen voor deze sector, met de daarbij behorende vermogens en gebruiken, nog niet is ingevoerd in de praktijk en daarom nog geen economisch voordeel oplevert. De CEO is hier geschikt voor gemaakt, maar de tariefstelling van de uurlijkse elektriciteitsprijzen voor deze sector is nog niet ingevoerd. Op dit moment is het verschil tussen laag en hoog tarief voor deze sector slechts 4 cent per KWh. Het extra inzetten van de warmtepomp in plaats van de gasketel levert dan geen economisch voordeel op.

Bij de uitvoering van het project zijn daarom ook andere specials gekozen dan waren voorzien in het projectvoorstel.

Deze extra specials zijn:

- Stadverwarming
- Gas warmtepomp
- WKO
- Koud water leiding net
- Ander gebouwbeheerssysteem dan Priva
- Complexe installatie met alle mogelijke innovatieve technieken: warmtepomp, energie opslag (korte en lange termijn) zon PV , zon thermische

In bijlage 1 staan de DEMO projecten in fase 1 en fase 2 vermeld. Hier wordt de planning en realisatie aangegeven met betrekking tot fase 1 en 2.

Daarnaast is bij de uitvoering van het demonstratie project bij de diverse marktpartijen aan de orde gekomen dat bij het toepassen van Cloud oplossingen de marktpartijen een stevig beleid hebben op gebied van IT en informatiebeveiliging. Het mogen toepassen van een cloudoplossing zoals CEO is dus niet vanzelf sprekend voor deze partijen. Gedurende looptijd van het project zijn de eisen die aan deze beveiliging gesteld worden strenger zijn geworden en de marktpartijen hebben dit meer opgepakt. In het bijzonder bij de grotere overheidsinstellingen, banken, pensioen dienstverleners en de industrie.

De impact op het project kan groot zijn. Diverse malen hadden we de opdracht ontvangen voor het uitvoeren van het project en is de uitvoering vertraagd omdat eerst de IT afdeling goedkeuring moest geven. Ook is het steeds gebruikelijker aan het worden dat de eisen die gesteld worden opgenomen zijn in de inkoopvoorwaarden. Het proces acceptatie is doorgaans 3-9 maanden

5. Resultaten ontwikkeling CEO

5.1 Inleiding

Zoals aangegeven in de voorgaande hoofdstukken heeft het demonstratieproject uit twee delen bestaan. Het verkrijgen, organiseren, implementeren, uitvoeren en analyseren van de 26 demonstratie project is het belangrijkste onderdeel. Dit wordt in hoofdstuk 6 behandeld. In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderdeel OO&I van het project behandeld. Naast de in de project beschrijving aangegeven onderdelen wordt hier ook een belangrijke project ervaring beschreven namelijk de databaseveiliging. Dit is een extra opbrengst van dit project.

5.2 Freedom to Operate & IPR strategy

Voor de business strategie van de Cloud Energy Optimizer is het nodig om een Intellectual Property Right strategie te ontwikkelen en de zogenaamde freedom-to-operate te kennen.

Uit patent onderzoek is gebleken dat er geen belemmeringen zijn om de Cloud Energy Optimizer te demonstreren en verder te ontwikkelen. Daarnaast is de conclusie dat de CEO gebouwd is met geheime kennis. Het is dus zaak voor partijen deze kennis geheim te houden als belangrijke IP voor de CEO.

5.3 Graphical User Interface

Binnen de doelstelling van het DEI project is het ontwikkelen van een operationeel gebruikersinterface (Graphical User Interface-GUI) gedefinieerd.

Allereerst zijn hiervoor de gebruikers eisen vastgesteld. Dit betreft de wensen en eisen van de gebruikers per project zijn. Deze gebruikers zijn de eindklant (gebouwbeheerder) en de technisch dienstverlener installateur. Daarnaast heeft CEO als beheersorganisatie ook wensen en eisen voor de GUI. Deze eisen zijn vastgelegd in de specificaties voor het functionele ontwerp.

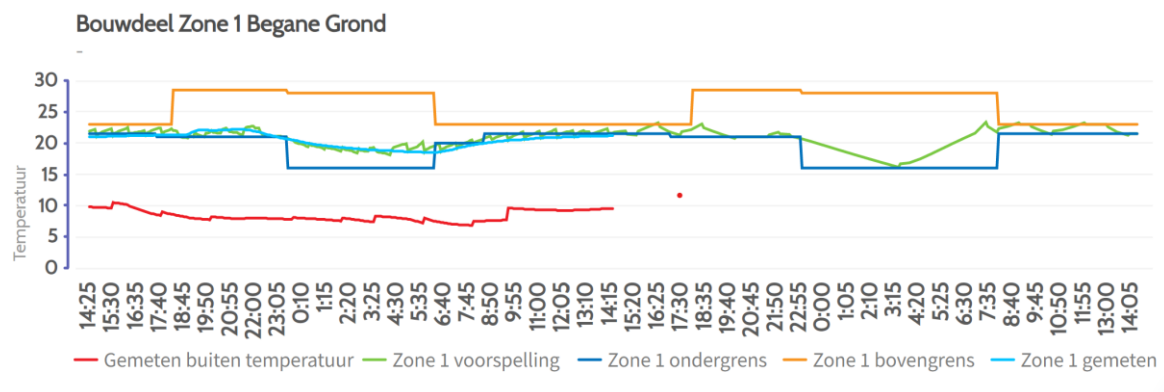
Op hoofdlijnen zijn de eisen:

- Alle gebruikers van Cloud Energy Optimizer krijgen toegang tot de portal. Zo zijn op eenvoudige wijze de ruimte temperaturen in te stellen en kalender dagen in te voeren wanneer het gebouw gesloten is. Dit is mogelijk de smartphone, tablet, laptop of desktop.
- Comfort
 - Instellen temperatuur in het gebouw
 - Real-time inzicht in de werkelijke en voorspelde temperatuur in het gebouw
 - Kalenderfunctie voor het eenvoudig instellen van bijvoorbeeld feestdagen en vakanties
- Energetische performance
 - Overzicht van het energieverbruik en gerealiseerde besparingen op maandbasis
- Informatie voor beheer en (preventief) onderhoud
 - Automatische alarmmeldingen
 - Comfort buiten ingestelde waarde
 - Voorspelling dat comfort buiten ingestelde waarde gaat komen
 - Inzicht in energetische performance installatie

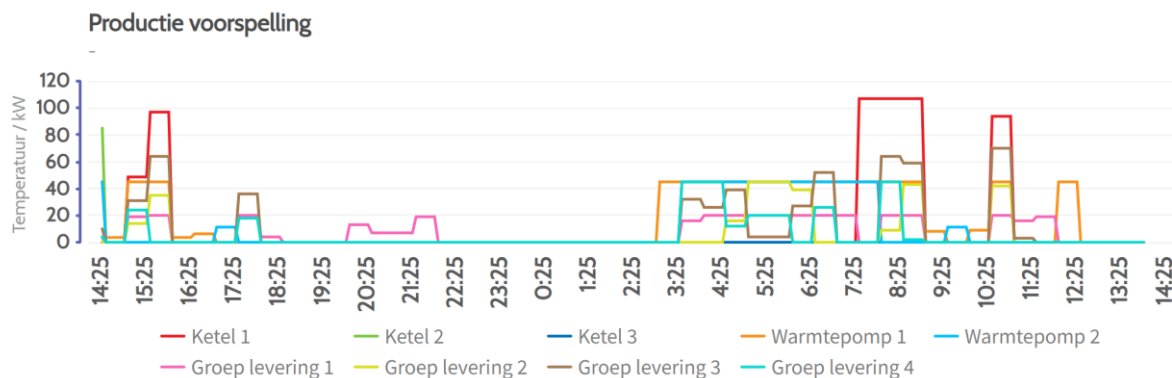
De geformuleerde eisen functionele eisen zijn in twee fasen opgesplitst. In fase 1 is de rudimentaire GUI ontwikkeld en getest. Deze uitkomsten waren positief. Vervolgens zijn de functionele eisen voor fase 2 gehanteerd om de uiteindelijke versie voor de diverse gebruikers te maken, te testen en te implementeren. De resultaten van de demo projecten zijn aan de gebruikers via deze GUI

gepresenteerd. In deze rapportage is gebruik gemaakt van de GUI. Voor een aantal demo projecten is in de bijlage van dit rapport een grafische representatie van de besparing op het gasverbruik en elektra gebruik gegeven. Voorbeelden van de grafische output van de GUI is in de onderstaande figuren gegeven.

Daarnaast is voor de eindgebruikers, installateurs en M&R partner (en mogelijk andere gebruikers) een opleidingsmodule in de vorm van een wizard gemaakt die ondersteuning biedt bij het opzetten en inrichten van de GUI.



Figuur 3. Temperatuur verloop in de GUI van Zone 1, voorspeld en gerealiseerd

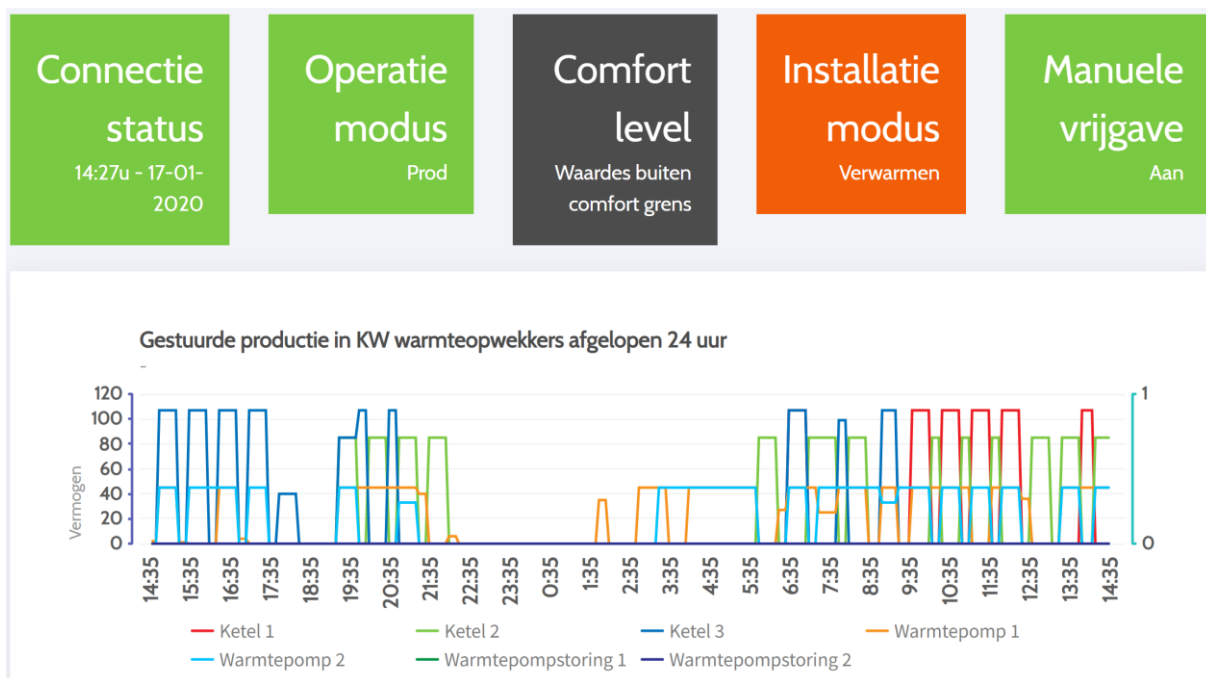


Figuur 4. Uitvoer van de GUI met overzicht van de geleverde energie voor klimatiseren

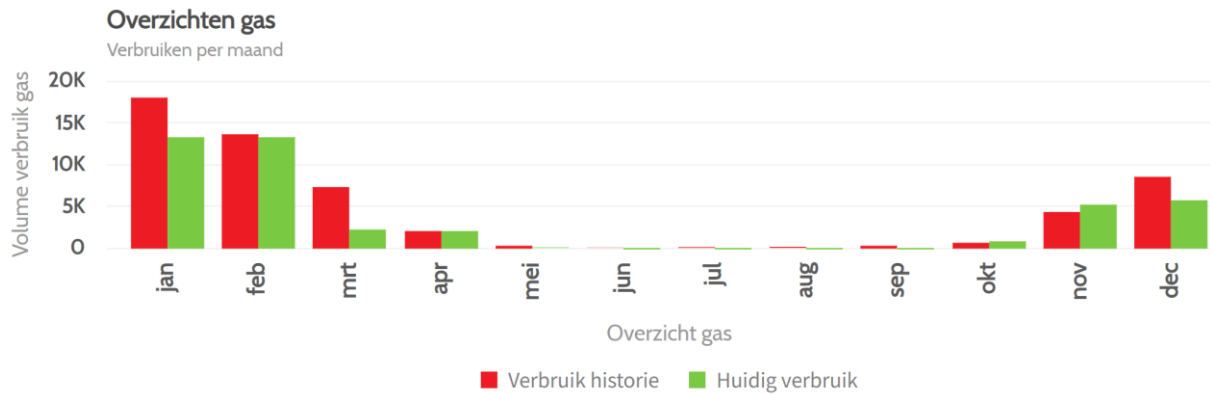
Statusoverzicht

Naam	Status	Alarm	Organisaties & Installateurs	Locatie
ABN Amro Breda	CS OM CL IM MV		Royal Haskoning DHV	ABN Amro Breda
Achmea Zeist	CS OM CL IM MV		Croon Wolter en Dros	Achmea Zeist
Albeda College Rotterdam	CS OM CL IM MV		Technisch Buro TOM	Albeda College Rotterdam
Annewadmanwei	CS OM CL IM MV		Engie Noord	ROC Friesepoort Leeuwarden

Figuur 5. Overzicht in de GUI van de status van diverse CEO systemen in bedrijf.



Figuur 6. Overzicht bedrijfsvoering in de GUI.



Figuur 7. Overzicht van het gasgebruik per periode.

Besparing overzicht

	Huidige verbruiken	Referentie verbruiken	Besparing in %	Besparing in euro's	CO2 besparing
Besparing elektra	282.845 kWh	336.763 kWh	16,01%	€ 3.774,27	35,05 ton
Besparing gas	43.143 m ³	56.112 m ³	23,11%	€ 6.873,56	23,99 ton
Besparing in Gj	2.384 Gj	2.988 Gj	20,23%	€ 10.647,83	59,04 ton

Figuur 8. Overzicht van de besparingen.

Conclusie GUI

Het Graphical User Interface voor de CEO, versie 1.0 is gereed. Het is een krachtig hulpmiddel voor om de betrokkenen bij een CEO project inzicht te verschaffen in het functioneren van de installatie. Daarnaast biedt de GUI de mogelijkheid om dieper in te zoomen op het systeem en zodoende een eerste analyse van het functioneren op uur, dag, week, maand basis uit te voeren. Dit ondersteunt de gebouwbeheerder/eindklant om gebruikersklachten te analyseren, niet/slecht functionerende installatie onderdelen op te sporen en efficiëntie maatregelen te nemen. Ook is de Graphical User Interface een eenvoudig toegankelijke tool voor het instellen van het gewenste comfort in een gebouw.

5.4 Automatische Gebouw en Installatie configuratie

Om de kosten van de implementatie van de CEO verder terug te brengen is gewerkt aan de automatische gebouwconfiguratie. Alvorens deze te kunnen maken moet het model van het gebouw- en installatie inclusief de onderliggende algoritmen hiervoor geschikt zijn. Een belangrijke hindernis is dat op moment van starten met dit project de optimalisatie tijd die nodig is om te testen of de invoer gegevens de juiste resultaten geven in de orde van 30 minuten tot een uur waren. Dit wordt als een belangrijke show stopper gezien om andere partijen het gebouw en installatie te laten configureren. De keuze tijdens de projectuitvoering is daarom gemaakt om de inspanningen allereerst te richten op het versnellen van optimalisatie.

Dit is voortvarend aangepakt en heeft geresulteerd na een forse inspanning in de vorm van capaciteit bij met name Priva tot een uitgebreide verbetering in de software en het algoritme. Dit heet geresulteerd in een forse reductie (een factor 1000) van de benodigde rekentijd voor het testen van de juiste invoer en opzet van het model en de daarop opvolgende optimalisatie.

Hiermee is het mogelijk om de kwalitatieve schaalbaarheid van het model nu sterk uit te breiden. Op deze wijze is het mogelijk om substantieel meer installatie onderdelen in het algoritme mee te nemen en optimalisatie uit te voeren voor een groot aantal verschillende zones van een gebouw. Deze schaalbaarheid van het model en algoritme is nu reken technisch eigenlijk onbeperkt, maar moet binnen de IT technologische randvoorwaarden blijven zoals daar zijn de data opslag, de capaciteit van de dataverbinding en de daarbij horende kosten.

Voor het specifiek invoeren in de CEO software (inclusief aansluiten) van gebouwen en hun installatie zijn zowel generieke instructies, specifieke modules voor Priva GBS, als een generator voor het genereren van Gebouw/GBS specifieke aansluitinstructies beschikbaar en te gebruiken voor de implementatie van de CEO.

Dit is een belangrijke stap om de automatische gebouw en installatie configurator verder vorm te geven.

De wensen en eisen van de gebruikers van de automatische gebouw configurator, zijnde, de installateur, en andere intermediaire partijen zijn tijdens de uitvoering van dit project vastgesteld. Op dit moment is geconcludeerd dat de basiskennis, opleidingsniveau en ervaring zodanig moet zijn dat de auto configuratie door marktpartijen/ installateurs nog niet mogelijk is. Daartoe moet verdere vereenvoudiging van de invoer voor het algoritme worden ontwikkeld en een opleidingsmodule of wizard worden ontwikkeld.

Ten aanzien van de vereenvoudiging van de invoer is gedurende dit project al een belangrijke stap gezet. Het aantal invoerparameters is van meer dan 1000 terug gebracht naar rond de 400. Echter dat is nog te veel voor het overdragen van de configuratie aan deze partijen. Deze specificaties dienen als belangrijke input voor de door ontwikkeling van de reeds bestaande eerste opzet van de automatische gebouw configurator.

In eerste instantie was de koppeling alleen met Priva gebouwbeheerssystemen te maken. Gedurende dit project is de ontsluiting voor andere gebouwbeheerssystemen ontwikkeld. Hiermee is ook aan een belangrijke randvoorwaarde voor de autoconfiguratie voldaan.

Om de projecten kosteneffectief te maken is het noodzakelijk de configurator door te ontwikkelen. Hiermee kunnen installateurs en andere intermediaire partijen zelf gebouwen en hun installatie in het CEO-model configureren op een eenvoudige en eenduidige wijze.

Conclusie Automatische gebouw en installatie configuratie

Binnen het DEI demonstratieproject is een aanvang gemaakt met de auto configuratie. De software en algoritmes van de CEO zijn sterk verbeterd waardoor snellere opbouw van de toegesneden algoritmes mogelijk is, veel meer diverse klimaatinstallatie kunnen worden opgenomen en het aantal zones in het algoritme voor een gebouw groot kan zijn. Vervolgens heeft datareductie voor de invoer parameters plaatsgevonden, zodat op dit moment circa 400 gebouw en installatie parameters ingevoerd moeten worden een reductie van 75%. De belemmeringen om auto configuratie te implementeren in de werkwijze en model van CEO zijn weggenomen. Het uiteindelijk geformuleerde doel om de CEO door marktpartijen te kunnen laten implementeren is hierdoor een stuk dichterbij gekomen. Verwacht wordt wel dat deze marktpartijen hiervoor opgeleid moeten worden. Het auto configuratie systeem zal kennis van zaken vereisen en wordt niet monkey-proof.

5.5 Databeveiliging

Bij de uitvoering van het demonstratie project is bij de diverse marktpartijen aan de orde gekomen dat bij het toepassen van Cloud oplossingen de marktpartijen een stevig beleid hebben op gebied van IT en informatiebeveiliging. Het mogen toepassen van een cloudoplossing zoals CEO is dus niet vanzelf sprekend voor deze partijen. Gedurende looptijd van het project zijn de eisen die aan deze beveiliging gesteld worden strenger zijn geworden en de marktpartijen hebben dit meer opgepakt. In het bijzonder bij de grotere overheidsinstellingen, banken, pensioen dienstverleners en de industrie. De impact op het project kan groot zijn. Diverse malen hadden we de opdracht ontvangen voor het uitvoeren van het project en is de uitvoering vertraagd omdat eerst de IT afdeling goedkeuring moest geven. Ook is het steeds gebruikelijker aan het worden dat de eisen die gesteld worden opgenomen zijn in de inkoopvoorwaarden. Het proces acceptatie is doorgaans 3-9 maanden. Daarom heeft CEO een document gemaakt waarin wordt uitgelegd hoe er wordt om gegaan met de beveiliging en hoe dit geborgd wordt. Er worden 3 procedures voor acceptatie onderscheiden:

- Op basis van het aangeleverde CEO beveiligingen document acceptatie van de klant
- Opgenomen eigen in inkoopvoorwaarden klant. Deze worden geaccepteerd door CEO.
- Aanvullende vragenlijst van de klant. Na invulling en afstemming acceptatie van de klant

6. Resultaten DEMO Projecten

6.1 Resultaten CEO demoprojecten fase 1.

6.1.1 Inleiding

Voor de demonstratie zijn in fase 1 16 typische gebouwen met hun installatie geselecteerd. In tabel 1 staan geplande en gerealiseerd gebouwen met hun installaties vermeld.

	FASE 1 Planning			FASE 1 Realisatie		
	Gebouw en Installatie typologie			Gebouw en Installatie typologie		
Demo Installaties	Eenvoudig 1 tot 2 Zones	Middel 2- 4 Zones	Complex > 4 Zones	Eenvoudig 1 tot 2 Zones	Middel 2- 4 Zones	Complex > 4 Zones
CV	1	1		F1E1		x
CV + Na regeling + convectoren Special			1	F1E3		
CV + Na +WP	1	1				F1C4
CV + Na + LBK + Koeling					F1M3 F1M5 F1M6	F1C5
WP + Na + Special GBS			1			F1C6
CV+ Na + WP +LBK + Koeling inclusief dyn e-prijs						F1C1
CV + Na + WP + Zon PV	1	1	1			
Stadsverwarming +Na + LBK + Koeling Special				F1E2	F1M2	F1C3
Plus buffer/WKO			1			
CV+ NA+ WP + Zon PV + Zon Th + LBK + Koeling Special				F1E4	F1M4	
CV+ Na+ WP + + LBK + Koeling + WKO Special					F1M1	F1C2
Totaal	4	4	6	4	4	4
TOTAAL	16			10		

Tabel 2. De geplande en gerealiseerde projecten in fase 1. De gele highlights geven de specials aan.

In de volgende hoofdstukken worden de resultaten van de demo projecten gegeven, en in hoofdstuk 6.3 wordt nog apart de resultaten van alle specials in dit project gegeven. Daarnaast wordt in bijlage 1, 2 en 3 gedetailleerde informatie over de demo projecten gegeven

6.1.2 Resultaten fase 1 projecten

In bijlage 2 staan de systemen, gebouwen en voorspellingen weergegeven van de fase 1 projecten. Hier wordt de samenvatting van de resultaten van demo projecten uit fase 1 gegeven.

Code	Energie voor klimaat (GJ)	Energie besparing (%)		Extra Info
		Verwacht	Realisatie	
F1E1	381	25%	12%	Een typisch kantoor met aangebouwde werkplaats waar er veel van zijn in NL.
F1E2	6003	10%	14%	Veel verschillende gebruikers met verschillende klimaat eisen in het gebouw.
F1E3	13862	12%	22%	Comfort is verbeterd. Diverse storingen in de installatie gevonden en verbeteringen doorgevoerd.
F1E4	2359	23%	18%	Zeer complex project
F1M1	222	19%	-	Besparing is niet relevant voor klant. Comfort.
F1M2	1161	18%	20%	Project met stadverwarming. Zeer kritische klant. Is voornemens CEO toe te passen bij alle gebouwen.
F1M3	2057	15%	17%	Succesvol project. Veel geplande installatie verbeteringen.
F1M4	5610	20%	24%	Complexe technische installatie met achterstallig onderhoud.
F1M5	5565	12%	19%	Project verliep soepel. Opdracht verkregen voor 3 andere Univé gebouwen.
F1M6	3974	13%	10%	Technisch complexe installatie.
F1C1	6501	20%	-	Sporthal in Apeldoorn. Hebben een technische installatie waarmee ook een ijsbaan op de parkeerplaats aangelegd kan worden. Hebben betonkernactivering. CEO moet hierom 3 dagen vooruit "denken".
F1C2	4650	10%	18%	Klant zeer tevreden. Comfort verbeterd. Minder operationeel werk rondom het GBS. Heeft ons geïntroduceerd bij de andere provincies en grote bedrijven in Overijssel. Ook hebben we hier een seminar georganiseerd waar de provincie aan mee heeft gewerkt.
F1C3	6782	11%	43%	Pensioen dienstverlener voor 2 miljoen mensen. Ruim 750 na-regelingen aanwezig. Project met stadverwarming.
F1C4	46281	20%	-	Veel installatie technische aanpassingen
F1C5	248420	15%	-	Gebouw bestaat uit 3 bouwdelen met diverse bouwjaren. Complexe implementatie. Klant overweegt 2 andere gebouwen ook te voorzien van CEO.
F1C6	568	12%	-	Stellen zeer hoge eisen aan ICT beveiliging.

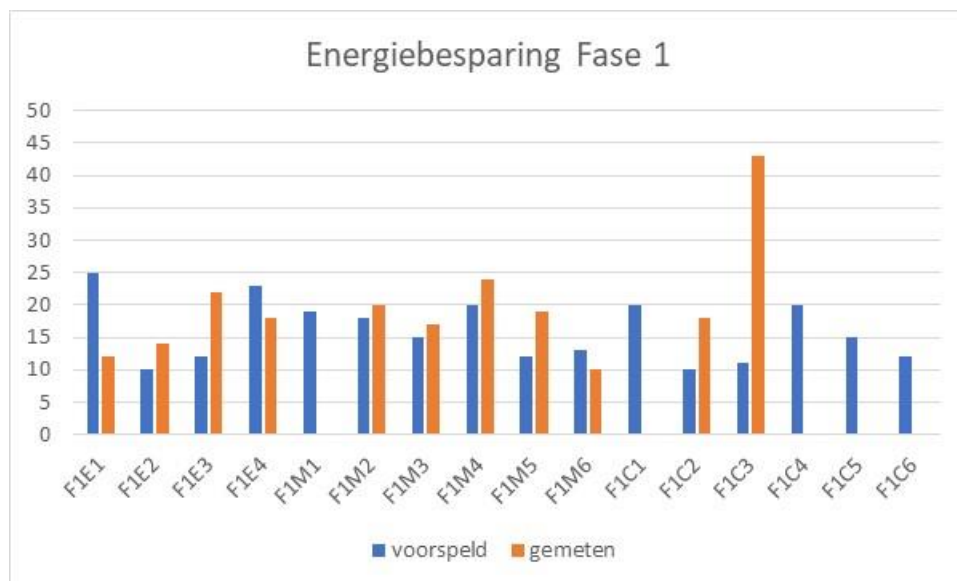
Tabel 3 Overzicht van de fase 1 projecten, inclusief "Specials"(geel gehighlight).

De gerealiseerde energiebesparing in de fase 1 projecten ligt tussen de 9 en 35%. In de meeste projecten is de energiebesparing meer dan voorspelt. Tegelijkertijd blijkt uit de analyse van de

projecten dat er vaak verkeerde instellingen, afwijkende regeling en fouten in de installatie aan het licht komen. Daarom is de gerealiseerde energiebesparing niet goed vast te stellen.

Daarnaast is het aantal uren dat nodig is voor de implementatie bepaald. Gemiddeld bedraagt de benodigde implementatie tijd in fase 1 ongeveer 375 uur. In de figuur hieronder staat het overzicht van de in fase 1 gerealiseerde energiebesparing. Ook is de output van de GUI voor een project bijgevoegd waarin de maandelijkse energie verbruiken en de historische verbruiken vergeleken worden. Dit is een belangrijke toegevoegde waarde van de ontwikkelde GUI.

Het algoritme van de CEO is uitgebreid en aangepast voor de speciale projecten. De CEO werkt voor deze projecten ook uitstekend. De functionaliteit is hierdoor vergroot en in de fase 2 projecten is dit verder gedemonstreerd.



Figuur 9. Overzicht van de gerealiseerde systemen in fase 1 met de voorspelde energie besparing en de gerealiseerde besparing. Daar waar er geen gemeten waarde is zijn de meetgegevens nog niet volledig.



Figuur 10. Energiegebruik F1E3. Special met convectoren. Duidelijk zichtbaar is de gerealiseerde energiebesparing.

6.2 CEO demo projecten, fase 2

6.2.1 Inleiding

Voor de demonstratie zijn in fase 1 16 typische gebouwen met hun installatie geselecteerd. In tabel 1 staan geplande en gerealiseerd gebouwen met hun installaties vermeld.

In fase 2 zijn de betrokken installatiebedrijven (met name de meet en regel afdeling) gevraagd een belangrijk deel van de implementatie van de CEO uit te voeren. Hierbij is de ontwikkelde GUI een handig hulpmiddel gebleken, maar dan met name na de inregel periode. Met de GUI kunnen de installateurs snel zien hoe het systeem functioneert en nieuwe instelling van de Zones invoeren. De geautomatiseerde configuratie van het gebouwmodel is zover gereed gekomen dat de installateur de configuratie al kan uitvoeren. Priva heeft tijdens het project veel werk verricht om het gebouw en installatie algoritme geschikt uit te breiden voor complexe nieuwe systemen zoals de specials configuraties en meer Zones in het model. Het aantal in te voeren parameters voor het algoritme is terug gebracht tot voor complexe situaties rond de 400. Dit aantal parameters moet nog verder en verregaand terug gebracht worden wil de installateur deze eenduidig en eenvoudig kunnen invoeren. In zowel fase 1 als fase 2 zijn een aantal specials (stadverwarming, koeling ander GBS en dynamische elektriciteit prijzen) als demonstratieproject meegenomen. Deze specials hebben meer aandacht van het projectteam gevraagd. Na afloop van demonstratie in fase 1 en fase 2 zal ook hiervoor gelden dat de implementatie hiervan effectiever en efficiënter zal zijn, maar pas in nieuwe markt projecten door de installateurs zou kunnen worden overgenomen.

In onderstaande tabel 4 is een overzicht gegeven van de Gebouw en Installatie combinaties die Fase 2 zijn gepland en welke er zijn gerealiseerd.

	FASE 2 Planning			FASE 2 Realisatie		
	Gebouw en Installatie typologie			Gebouw en Installatie typologie		
Demo Installaties	Eenvoudig 1 tot 2 Zones	Middel 2- 4 Zones	Complex > 4 Zones	Eenvoudig 1-2 zones	Middel 2- 4 Zones	Complex > 4 Zones
CV		1				x
CV + Na regeling	1					
CV + Na + LBK + Koeling +GBS				F2E2		
Plus Lucht		1				
WP + Na			1			
Plus Koeling (specials)	1	1	1			
CV+ Na+ WP +LBK + Koeling inclusief dyn e-prijs				F2E1	F2M4	F2C3
CV+ Na+ WP +LBK + Koeling gas WP					F2M1	F2C1 F2C4
CV+ Na + WP +LBK + Koeling Special net voor koeling					F2M2	
Stadsverwarming +Na + LBK + Koeling						F2C2
Plus buffer/WKO			1			
CV+ Na+ WP + Zon PV + Zon Th + LBK + Koeling + WKO					F2M3	
Dynamische E prijs		1	1			
Totaal	2	4	4	2	4	4
TOTAAL	10			10		

Tabel 4.. De geplande en gerealiseerde projecten in fase 1. De gele highlights geven de specials aan.

In de volgende hoofdstukken worden de resultaten van de demo projecten gegeven, een voorbeeld van een praktisch project en in hoofdstuk 6.3 wordt nog apart de resultaten van alle specials in dit project gegeven. Daarnaast wordt in bijlage 2 ,3 4, 5 en 6 gedetailleerde informatie over de demo projecten gegeven

6.2.2 Resultaten fase 2 projecten

Code	Energie voor klimaat (GJ)	Energie besparing (%)		Extra Info
		Verwacht	Realisatie	
F2E1	731	20%	19%	Besparing goed maar veel technische problemen in de installatie. Gaan niet verder na demonstratie periode. Gaan eerst de installaties verbeteren.
F2E2	5745	12%	Nog niet stabiel	Inregelen kostte moeite. Complexe omgeving.
F2M1	2230	20%	-	Installatie aanpassingen
F2M2	1064	20%	-	Installatie aanpassingen
F2M3	1173	18%	51%	Loopt prima
F2M4	5651	12%	20%	Installatie aanpassingen
F2C1	4015	12%	47%	Energiebesparing zeer goed. Steken er veel energie in om comfort verbetering te beoordelen.
F2C2	8307	12%	-	Installatie aanpassingen
F2C3	4237	15%	47%	Installatie aanpassingen
F2C4	7252	12%	29%	Mooie energiebesparing. Klant wil dat het comfort verder verbeterd wordt. Zeker koeling in de warme zomerperiode vraag extra aandacht.

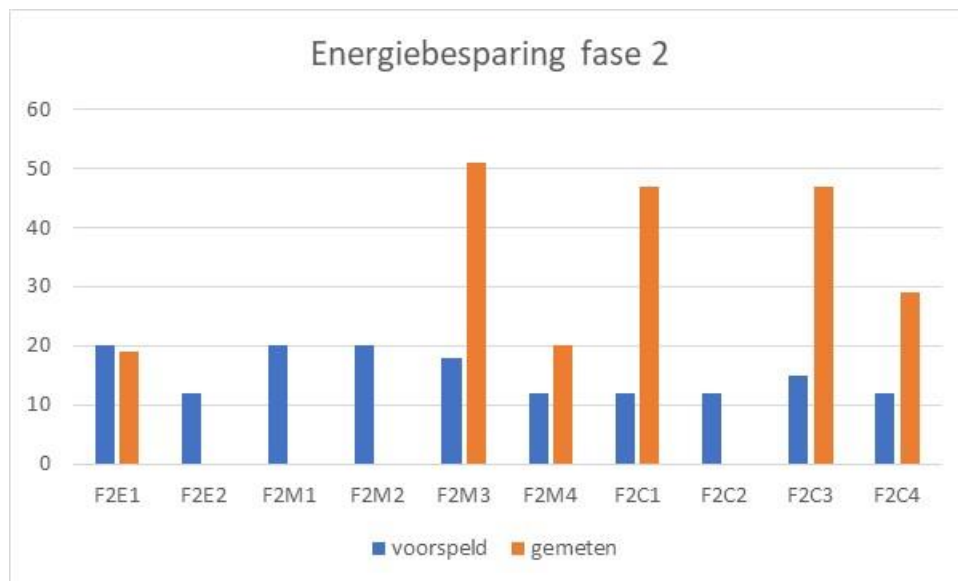
Tabel 5. Overzicht van de fase 2 projecten, inclusief "Specials"(geel gehighlight).

De gerealiseerde energiebesparing in de fase 2 projecten ligt tussen de 19 en 51%. In de meeste projecten is de energiebesparing behoorlijk meer dan voorspelt in de offerte. Tegelijkertijd blijkt uit de analyse van de projecten dat er vaak verkeerde instellingen, afwijkende regeling en fouten in de installatie aan het licht komen. Daarom is op dit moment nog niet voor alle projecten de gerealiseerde energiebesparing vast te stellen.

Daarnaast is in de bovenstaande tabel het aantal uren dat nodig is voor de implementatie gegeven. Gemiddeld bedraagt de benodigde implementatie tijd in fase 2 ongeveer 140 uur. Ook is de output van de GUI voor het Wehkamp project bijgevoegd waarin de maandelijkse energie verbruiken en de historische verbruiken vergeleken worden. Dit is een belangrijke toegevoegde waarde van de ontwikkelde GUI.

Het algoritme van de CEO is uitgebreid en aangepast voor de speciale projecten. De CEO werkt voor deze projecten ook uitstekend. De functionaliteit is hierdoor vergroot en in de fase 2 projecten is dit verder gedemonstreerd.

In bijlage 6 staan de verschillende projecten nader beschreven.



Figuur 11. Overzicht van de gerealiseerde systemen in fase 2 met de voorspelde energie besparing en de gerealiseerde besparing. Daar waar er geen gemeten waarde is zijn de meetgegevens nog niet volledig.



Figuur 12. Project F1C2. Sterke comfort verbetering en energiebesparing

6.3 CEO de speciale projecten

In fase 1 en fase 2 zijn een aantal speciale projecten uitgevoerd. In het project voorstel is over deze specials gesproken en in taak 1.3 beschreven. Een aantal speciale configuraties van installaties worden met de CEO beproefd. Dit betreft concreet demo's van de CEO voor gebouwen met hun installaties om de verbeterde werking bij toepassing voor innovatieve installaties aan te tonen. Daarnaast wordt de CEO gedemonstreerd voor gebouwen en hun installatie waarbij de dynamische pricing van elektriciteit een mogelijkheid biedt tot verlaging van de energiekosten. In de uitvoering van het demo project zijn een aantal innovatieve installaties opgenomen, waardoor het aantal "specials" groter is geworden dan voorzien. Deze innovatieve installaties zijn ingebracht in het CEO algoritme waardoor nu het toepassingsgebied van de CEO veel groter is. In tabel 5 worden deze specials vermeld.

Code	Installatie
F1E2	Stadsverw + Na + LBK + koeling
F1E3	CV + Na + LBK + Koeling
F1M4	CV+Na+WP+Zon PV+ Zon Th+ LBK + Koeling
F1C1	CV+ Na + WP + LBK + Koeling
F1C2	CV + WP + Na + LBK + Koeling + WKO
F1C6	WP + Na + LBK + Koeling + GBS
F2E2	CV + Na + LBK + Koeling GBS
F2M2	WP + Na + LBK + Koeling + koud water net
F2M3	CV + Na + WP + Zon PV + Zon Th + WKO + LBK + Koeling
F2C1	CV + Na + WP + LBK + Koeling, gas WP
F2C2	Stadsverw + Na + LBK + Koeling

Tabel 6. Speciale installatie in fase 1 en fase 2

De CEO blijkt prima inzetbaar voor de gedefinieerde "specials". De aanpassingen en uitbreidingen in het model en de algoritme hebben zich bewezen in de praktijk. De implementatie heeft geen problemen opgeleverd. De GUI is gaandeweg aangepast aan deze meer uitgebreide en/of complexe systemen, zodat meer informatie voor de gebouwbeheerder beschikbaar komt.

Door de demonstratie van de goede werking van de CEO in deze speciale projecten is het toepassingsdomein van de CEO aanzienlijk uitgebreid. Deze uitbreiding betreft samengevat : Koeling, warmte en koude opslag, zonne-energie fotovoltaïsch en zonne-energie thermisch, niet Priva GBS systeem, stadsverwarming, gaswarmtepompen, een koud water net voor de warmtepompen, en complexe installaties waar deze installatie componenten tegelijkertijd worden toegepast.

6.4 Conclusies Demo projecten

Conclusies

- De gerealiseerde energiebesparingen in de demo projecten komen behoorlijk goed overeen met de verwachting. Duidelijk te zien uit de resultaten is dat de besparing in de fase 2 projecten gemiddeld hoger zijn.
- Uit de demo projecten kan geconcludeerd worden dat de CEO bijdraagt aan een aanzienlijke reductie van de energiekosten.
- De doelstelling van het DEI project was ook het sterk reduceren van de implementatie kosten van het CEO in systeem. Uit de analyse volgt dat er een reductie van meer dan 50% heeft plaats gevonden.
- Het uitvoeren van de CEO demo bij de 26 demo projecten heeft een aantal andere aspecten boven tafel gehaald. Deze zijn:
 - In de praktijk blijkt regelmatig dat bij het invoeren van de CEO fouten in de installatie worden gedetecteerd. Dit kunnen fouten in de regeling, instellingen maar ook het ontbreken van onderdelen in de installatie zijn. Soms komt ook boven tafel dat de installatie niet geschikt is om de gewenste comfort doelstellingen te halen.
 - Comfort klachten over het functioneren van de installatie worden door de implementatie van de CEO zichtbaar.
 - Het aanpassen en inregelen van de installatie kost soms veel tijd. Hierdoor was het af en toe niet mogelijk de energiebesparingen met toepassen van de CEO betrouwbaar en eenduidig vast te stellen.
 - De gebouwbeheerders waren over het algemeen in deze demo projecten erg content met de CEO en GUI. Het geeft hun inzicht, mogelijkheid tot bijstellen en vaststellen van fouten in de installatie.
- Op basis van de ervaringen met deze demo projecten is ook geconcludeerd dat de CEO een eerste opzet biedt tot het vaststellen van de onderhouds behoefte van de installatie.

7 Conclusies en Aanbevelingen

7.1 Conclusies

Energie besparing met de CEO

CEO implementatie leidt in gebouwen met een gebouwbeheerssysteem tot aanzienlijke energiebesparing op primaire energie. Ook zorgt de CEO voor een borging van de efficiënte inzet energiebronnen door geautomatiseerde sturing op energiestromen. Tevens wordt de inzet van duurzame bronnen geoptimaliseerd en gemaximaliseerd. Het percentage bespaarde energie hangt sterk af van het type installatie, het gebouw en de toestand van de installatie.

Uitgaande van de resultaten van dit project, waarbij de CEO in een aantal verschillende gebouw/installatie combinaties is toegepast is een besparing van 10-30% realistisch. Naast de besparing van primaire energie leidt dit ook tot een CO2 reductie.

Implementeren van de CEO

Tijdens implementeren en proefdraaien van de CEO worden vaak fouten en omissies in de installatie en de regeling gedetecteerd. Verborgene gebreken, achterstallig onderhoud, niet goed ingeregelde componenten, verandering in de bedrijfsvoering zijn voorbeelden een aantal zaken die in de praktijk opgetreden zijn. Dit vertraagt ongewild de inwerking stelling van de CEO en daardoor de snelheid waarmee de energie besparing gerealiseerd kan worden. Allereerst moeten deze omissie worden rechtgezet. Dat kan lang duren, omdat er soms ook extra investeringen nodig zijn, zo is de ervaring. Dit vertraagt de business case voor de CEO.

Comfort

Door het invoeren van de CEO in een gebouw wordt gewerkt met zones in een gebouw die binnen een ingesteld temperatuur bereik verwarmd of gekoeld moeten worden. Door de voorspellende regeling van de CEO zal de ingestelde temperatuur op een evenwichtige wijze worden bereikt zonder grote over-of onderschrijdingen van de ingestelde temperatuur. Dit leidt een aangename comfort niveau in het gebouw en draagt bij aan een verbetering van de comfort perceptie van de gebouw gebruikers.

Onderhoud

De CEO leidt ook tot inzicht in het dynamische functioneren van de installatie. Door het invoeren van deze continue monitoring van de temperaturen in de diverse zones van het gebouw, ontstaat het inzicht hoe goed de installatie werkt. Nadere analyse van de werking leidt aantoonbaar tot zicht op ontwerp of uitvoeringsfouten in de installatie, slecht functionerende componenten en slecht functionerende meet en regel techniek. Implementatie van de CEO leidt tot een eerste stap met betrekking tot voorspellend onderhoud aan een installatie en leidt tot circa 30% minder start stops van bijvoorbeeld de warmtepomp.

Rol gebouwbeheerder

De informatie die de gebouwbeheerder met het grafisch user interface tot zijn beschikking krijgt maakt zijn taak efficiënter en effectiever. Aan de hand van het inzicht kan de gebouwbeheerder gericht onderhoud laten verrichten aan de installatie en veranderd zijn rol van "machinist" tot energiebeheerder met een effectieve en efficiënte klimaat installatie. De CEO regelt veel automatisch waardoor minder machinistenwerk nodig is.

Financieel

Voor gebouwen met een BVO van meer dan 2500 m² is aangetoond in dit project dat de CEO een kosten effectieve investering is. De investering in de CEO verdient zicht direct terug door een financiële besparing op de energierekening. In de meeste cases zal de eenvoudige terugverdientijd minder dan 5 jaar zijn. Als bijproduct treedt ook een verlaging van de onderhoudskosten en vermindering van de comfort klachten van gebruikers.

7.2 Aanbevelingen

Auto configuratie door ontwikkelen

Er is een aanzet gemaakt voor de auto configuratie van het model en algoritme. Het verdient aanbeveling deze ontwikkeling verder te vervolgen zodat de implementatie tijd nog verder kan afnemen. Het uiteindelijke streven hierbij is dat de installateur of gebouwbeheerder op eenvoudige wijze het algoritme zelf kan voeden met de juiste informatie. Toevoegen van een stuk Artificial Intelligence in de configuratie methode kan hierbij enorm helpen bij verkorten van deze tijd. Op basis van de ontwikkelingen op het gebied van algoritmen en Artificial Intelligence is een versie die zichzelf configureert een toekomst beeld

Verbreding toepassingsgebied

De huidige CEO technologie is geschikt om op commerciële bases toe te passen bij de grootste gebouwen (ca 10.000) in Nederland. Voor toepassing in kleinere gebouwen (<2500 BVO) zal de CEO door ontwikkeld moeten worden. Hierbij wordt gedacht aan een CEO versie die als GBS in de Cloud kan dienen voor deze gebouwen, versies met minder en/of beperkte functionaliteit en een heel snel te implementeren versie. De implementatie inspanningen moeten beperkt worden en het algoritme moet geschikt gemaakt worden voor dit segment. Hierbij valt te denken aan basisscholen en andere gebouwen waar geen GBS aanwezig is.

Opnemen in energieprestatie regelgeving

In dit project is gedemonstreerd dat met de CEO 10-30% bespaart kan worden op het energie verbruik van gebouwen en tegelijker tijd het comfort verbeterd en meer zicht komt op de toestand van de installatie. Het verdient daarom aanbeveling om in de komende tijd in de NTA8800 voor de utiliteitsbouw de mogelijkheid op te nemen dat een GBS met de CEO bijdraagt aan een lage energie index.

Toestandsafhankelijk Onderhoud

De CEO vergelijkt continue de prestaties van het echte gebouw met installatie met een model van het gebouw en installatie in de vorm van een algoritme. Hierdoor ontstaat een eerste inzicht in de kwaliteit in de tijd van de installatie. Aanbevolen wordt om te onderzoeken op welke wijze analyse tools kunnen worden toegevoegd aan de CEO zodat preventief en toestandsafhankelijk onderhoud aan de installatie kan worden uitgevoerd. Dit is belangrijk om dat hiermee de goede en energie efficiënte werking van de installatie ook op lange termijn gegarandeerd kan blijven.

8 Literatuur

- [1] Energie verbruik per functie” door Meijer Energie en milieumanagement , SenterNovem 2009
- [2] CBS-rapport maart 2016 getiteld: “onderzoek beschrijving energiekentallen utiliteitsbouw”.
- [3] http://www.mindergas.nl/degree_days_calculation/explanation

BIJLAGEN BIJ INHOUDELIJK EINDRAPPORT

Bijlage 1 demonstratieprojecten in de DEI-aanvraag MCEO en de realisatie

Fase 1. Uitwerking gebouw en installatie combinaties

Karakteristiek voor fase 1 is leren van het installeren. In fase 1 ligt de nadruk op ervaring op doen met de implementatie en aansluiting van de CEO voor diverse gebouwen (Zones) en verschillende installaties, waarbij de parameterisering van de CEO door het projectteam wordt uitgevoerd. Het Priva gebouwmodel wordt ingericht om de energie vraag per ingestelde Zone van het gebouw 24 uur vooruit te kunnen voorspellen op basis van de weergegevens. De noodzakelijke parameters (300) voor het gebouw en installatie algoritme worden handmatig ingevoerd.

Voor de demonstratie zijn in fase 1 16 typische gebouwen met hun installatie geselecteerd. In tabel D1 staan geplande en gerealiseerd gebouwen met hun installaties vermeld.

	FASE 1 Planning			FASE 1 Realisatie		
	Gebouw en Installatie typologie			Gebouw en Installatie typologie		
Demo Installaties	Eenvoudig 1 tot 2 Zones	Middel 2- 4 Zones	Complex > 4 Zones	Eenvoudig 1 tot 2 Zones	Middel 2- 4 Zones	Complex > 4 Zones
CV	1	1		F1E1		x
CV + Na regeling + convectoren Special			1	F1E3		
CV + Na + WP	1	1				F1C4
CV + Na + LBK + Koeling					F1M3 F1M5 F1M6	F1C5
WP + Na + Special GBS			1			F1C6
CV+ Na + WP +LBK + Koeling inclusief dyn e-prijs						F1C1
CV + Na + WP + Zon PV	1	1	1			
Stadsverwarming +Na + LBK + Koeling Special				F1E2	F1M2	F1C3
Plus buffer/WKO			1			
CV+ NA+ WP + Zon PV + Zon Th + LBK + Koeling Special				F1E4	F1M4	
CV+ Na+ WP+ LBK + Koeling + WKO Special					F1M1	F1C2
Totaal	4	4	6	4	4	4
TOTAAL	16			10		

Tabel D 1. De geplande en gerealiseerde projecten in fase 1. De gele highlights geven de specials aan.

Fase 2. Uitwerking gebouw en installatie combinaties

In fase 2 zijn de betrokken installatiebedrijven (met name de meet en regel afdeling) gevraagd een belangrijk deel van de implementatie van de CEO uit te voeren. Hierbij is de ontwikkelde GUI een handig hulpmiddel gebleken, maar dan met name na de inregel periode. Met de GUI kunnen de installateurs snel zien hoe het systeem functioneert en nieuwe instelling van de Zones invoeren.

De geautomatiseerde configuratie van het gebouwmodel is zover gereed gekomen dat de installateur de configuratie al kan uitvoeren. Priva heeft tijdens het project veel werk verricht om het gebouw en installatie algoritme geschikt uit te breiden voor complexe nieuwe systemen zoals de specials configuraties en meer Zones in het model. Het aantal in te voeren parameters voor het algoritme is terug gebracht tot voor complexe situaties rond de 300. Dit aantal parameters moet nog verder en verregaand terug gebracht worden wil de installateur deze eenduidig en eenvoudig kunnen invoeren. In zowel fase 1 als fase 2 zijn een aantal specials (stadverwarming, koeling ander GBS en dynamische elektriciteit prijzen) als demonstratieproject meegenomen. Deze specials hebben meer aandacht van het projectteam gevraagd. Na afloop van demonstratie in fase 1 en fase 2 zal ook hiervoor gelden dat de implementatie hiervan effectiever en efficiënter zal zijn, maar pas in nieuwe markt projecten door de installateurs zou kunnen worden overgenomen.

In onderstaande tabel D2 is een overzicht gegeven van de Gebouw en Installatie combinaties die Fase 2 zijn gepland en welke er zijn gerealiseerd.

	FASE 2 Planning			FASE 2 Realisatie		
	Gebouw en Installatie typologie			Gebouw en Installatie typologie		
Demo Installaties	Eenvoudig 1 tot 2 Zones	Middel 2- 4 Zones	Complex > 4 Zones	Eenvoudig 1 tot 2 Zones	Middel 2- 4 Zones	Complex > 4 Zones
CV		1				x
CV + Na regeling	1					
CV + Na + LBK + Koeling Special GBS				F2E2		
Plus Lucht		1				
WP + Na			1			
Plus Koeling (specials)	1	1	1			
CV+ Na+ WP +LBK + Koeling inclusief dyn e-prijs				F2E1	F2M4	F2C3
CV+ Na+ WP +LBK + Koeling Special gas WP					F2M1	F2C1 F2C4
CV+ Na + WP +LBK + Koeling Special net voor koeling					F2M2	
Stadsverwarming +Na + LBK + Koeling Special						F2C2
Plus buffer/WKO			1			
CV+ Na+ WP + Zon PV + Zon Th + LBK + Koeling + WKO Special					F2M3	
Dynamische E prijs		1	1			
Totaal	2	4	4	2	4	4
TOTAAL	10			10		

Tabel D 2. De geplande en gerealiseerde projecten in fase 1. De gele highlights geven de specials aan

Toelichting speciale projecten

In fase 1 en fase 2 zijn een aantal speciale projecten uitgevoerd. In het project voorstel is over deze specials gesproken en in taak 1.3 beschreven. Een aantal speciale configuraties van installaties worden met de CEO beproefd. Dit betreft concreet demo's van de CEO voor gebouwen met hun installaties om de verbeterde werking bij toepassing voor innovatieve installaties aan te tonen. Daarnaast wordt de CEO gedemonstreerd voor gebouwen en hun installatie waarbij de dynamische pricing van elektriciteit een mogelijkheid biedt tot verlaging van de energiekosten. In de uitvoering van het demo project zijn een aantal innovatieve installaties opgenomen, waardoor het aantal "special" groter is geworden dan voorzien. Deze innovatieve installaties zijn ingebracht in het CEO algoritme waardoor nu het toepassingsgebied van de CEO veel groter is. In tabel D3 worden deze specials vermeld.

Code	Installatie
F1E2	Stadsverw + Na + LBK + koeling
F1E3	CV + Na + LBK + Koeling
F1M4	CV+Na+WP+Zon PV+ Zon Th+ LBK + Koeling
F1C1	CV+ Na + WP + LBK + Koeling
F1C2	CV + WP + Na + LBK + Koeling + WKO
F1C6	WP + Na + LBK + Koeling + GBS
F2E2	CV + Na + LBK + Koeling GBS
F2M2	WP + Na + LBK + Koeling + koud water net
F2M3	CV + Na + WP + Zon PV + Zon Th + WKO + LBK + Koeling
F2C1	CV + Na + WP + LBK + Koeling, gas WP
F2C2	Stadsverw + Na + LBK + Koeling

Tabel D 3. Speciale installatie in fase 1 en fase 2.

Door de demonstratie van de goede werking van de CEO in deze speciale projecten is het toepassingsdomein van de CEO aanzienlijk uitgebreid. Deze uitbreiding betreft samengevat : Koeling, warmte en koude opslag, zonne-energie fotovoltaïsch en zonne-energie thermisch, niet Priva GBS systeem, stadsverwarming, gaswarmtepompen, een koud water net voor de warmtepompen, en complexe installaties waar deze installatie componenten tegelijkertijd worden toegepast.

Toelichting afkortingen gebruikt bij installatie typen

CV = Centrale verwarming.

Het grootste deel van opgewekte warmte in Nederland komt uit de centrale verwarming. Dit is een ketel die heet water maakt om de radiatoren te verwarmen. Deze methode is verreweg de meest voorkomende. In het verleden werden de radiatoren met 1 knop apart bedient waarmee je de radiator open of dicht kon zetten. Later werd dit vervangen voor thermostaat kranen. Deze gaan vanzelf dicht zodra de omgeving een gewenste temperatuur bereikt hebben.

Na = na-regeling.

Omdat een gebouw niet overal evenveel warmte nodig heeft kennen de meeste gebouwen Zones ofwel aparte na-regelunits. Deze zijn ervoor om niet langer overal thermostaatkranen te hoeven installeren. Een gehele ruimte of Zone sluit zichzelf af zodra de gewenste temperatuur bereikt is.

WP = Warmtepomp

Deze techniek van verwarmen komt erg snel opzetten en is al 10 jaar op de markt. Dit is niet langer door gas aangedreven maar werkt op elektrisch vermogen. Het systeem werkt hetzelfde als een koelkast. Alleen dan omgekeerd. De lucht of water (voeding van het systeem) wordt gesplitst waarbij de koude lucht naar buiten wordt geblazen en de warme naar binnen. Dit kan ook via water overgedragen worden. Omdat de temperaturen minder hoog zijn (35 graden) dan cv-verwarming (90 graden) is er een grotere oppervlakte nodig om genoeg warmte af te kunnen geven. Hierop zijn dan ook de vloer, wand en plafon verwarmingen sterker ontwikkeld. Tevens kan de WP op een LBK (luchtbehandeling kast) aangesloten worden om de lucht te verwarmen.

Buffer

Buffer systemen zijn grote vaten met meestal water waarin warmte opgeslagen kan worden. Deze zitten veelal in systemen waarin een WKO aanwezig is. Dit omdat een WP minimale draaitijd moet hebben. Anders zou het rendement (hoe goed hij draait) van de WP te laag zijn en zou hij veel schakelen. Hiervan gaat het systeem stuk. Tevens wordt de buffer in veel gevallen ingezet als tussenstation voor levering van warmte aan het gebouw. Bij warmtevraag is er dan direct warmte beschikbaar. De installatie erachter zorgt er dan voor dat de buffer op temperatuur blijft.

WKO = Warmte koudeopslag

Dit zijn eigenlijk (meestal) twee ondergrondse buffers waarin warmte en/of koude opgeslagen wordt.

Zon PV = Zonnepanelen.

Elektriciteit opwekking doormiddel van Zonlicht.

Zon TH = Zon thermische collectoren

Warmte opwek met Zonnepanelen

LBK

Luchtbehandelingskast voor frisse lucht, verwarming en koeling (in combinatie met verwarm en koelsystemen).

Koeling

Een WP of koelmachine die koude lucht of water verzorgt.

GBS

Gebouwbeheerssysteem, anders dan Priva.

Dynamic pricing

Kunnen schakelen op DAY Ahead markt elektriciteit prijzen en hiermee vraag en aanbod uitbalanceren Zonder daarbij in te boeten op comfort en gebruik te maken van eventueel lage elektriciteit prijzen.

Stadsverwarming

Opgewekte warmte komt van de stadsverwarming met naregeling.

Bijlage 2 Resultaten Fase 1 projecten

2.1 Gerealiseerde projecten fase 1

De uitvoering in fase 1 voldoet aan de doelstelling om in fase 1 16 diverse gebouw - installatie concepten met de CEO uit te rusten. In de onderstaande tabellen zijn de gebouw en installatietype, de gegevens met betrekking het energieverbruik, het energieverbruik dat toe te rekenen is aan de klimaatinstallatie en de verwachte terugverdientijd en energiebesparing weergegeven. Tevens wordt kort toegelicht welke speciale zaken er bij de inrichting zijn voorgekomen. Hierbij is de functionaliteit van de CEO met het gebouw en installatie algoritme uitgebreid met nieuwe en speciale toepassingen. In fase 1 wordt op deze wijze gedemonstreerd dat de CEO bij een groot aantal systemen goed functioneert.

De energie verbruikscijfers zijn aangeleverd door de gebouwbeheerder, evenals de informatie ten aanzien van de installatie en het gebruik en bezetting van het gebouw. Op basis van Rvo (SenterNovem) kentallen per gebouwtype inzake het karakteristieke energieverbruik per m2 voor klimatiseren is het toe te rekenen verbruik aan gebouw klimatiseren bepaald. Om de werkelijke energiebesparing voor en na installatie van de CEO te kunnen bepalen wordt de graaduren systematiek (zie bijlage 4) toegepast. Via lokale klimaatgegevens wordt op deze wijze het energieverbruik genormaliseerd. Dit is noodzakelijk om de energiebesparing te kunnen verbinden met de goede werking van de CEO en niet aan toevallige klimaatomstandigheden. Op deze wijze is het mogelijk om de realisatie van de energiebesparing te koppelen aan de verwachte energiebesparing gebaseerd op het functioneren van het systeem onder genormaliseerde klimaatcondities. . Overigens dit wordt in de offerte aan de klant uitgelegd.

In de onderstaande tabellen wordt dit voor de fase 1 projecten gegeven.

CODE	F1E1	F1E2 SPECIAL STADSVERW	F1E3 SPECIAL CONVECTOREN	F1E4 SPECIAL ZON TH
Luchtbehandeling met na-verwarming	Ja	Ja	Ja	Ja
Warmteterugwinning in LBK	Ja	Ja	Ja	Ja
M&R / Installateur	VenM	VenM	Engie	Quintes/ITBB nu Totalklima
Huidige gebouwbeheer systeem	Priva	Priva	Priva	Priva HX
Installatie onderdelen	CV+Na-regeling	Stadsverwarming + Naregeling	CV+Na-regeling	CV+NA+WP+Zon PV
Onderdeel 1	Centrale verwarming	Stadsverwarming	Centrale verwarming	Centrale verwarming
Onderdeel 2	Na regeling per zone	Na regeling per zone	Na regeling per zone	Na regeling per zone
Onderdeel 3	N.V.T	LBK	LBK	Warmtepomp(en)
Onderdeel 4	N.V.T	Koeling	Koeling	Warmte opwek met zonne energie
Onderdeel 5	N.V.T	N.V.T	N.V.T	LBK & Koeling
Gegevens m.b.t. energieverbruik				
Elektriciteitsverbruik in kWh	51.570,00	2.424,12	2.880.828,00	387.998,00
Warmte verbruik in m3	12.050,00	3.579,34	110.300,00	30.399,00
Totale verbruik in GJ	381	6.003	13.862	2.359
Totale energierekening	€ 10.033,33	€ 104.830,92	€ 249.261,31	€ 43.704,27
Totaal toegekend aan klimatiseren gebouw	€ 7.828,71	€ 69.465,11	€ 91.598,16	€ 24.019,80
Verwachte resultaten				
Terugverdientijd, in jaren	4,2	3,5	2,8	3,6
Verwachte besparing op klimatiseren	25%	10%	12%	23%
Warmte besparing in GJ	4.534	431	688	346
Minder kg CO2-uitstoot	8.542	2.566	25.016	13.214

Code	Installatie	Beschrijving opleveren/speciale zaken etc
F1E1	CV + Na	Eenvoudig gebouw met 2 ongelijke ketels. Goed om rendement verschil in ketels te kunnen zien.
F1E2	Stadsverw + Na+ LBK +koeling	Special, vanwege stadsverwarming levering. Veel klachten in het gebouw voor aanvang. Installatie ongeschikt voor de door de gebruiker gestelde eisen. Zeker niet duurzaam ingeregeld.
F1E3	CV + Na+ LBK +koeling	Special door convectoren. Indien LBK uit is weinig warmte afgifte. Speciale sturing op lucht hoeveelheden per verdieping.
F1E4	CV+na+WP+PV+ zon th+ LBK +koeling	Special :Met zon thermisch en warmte buffer wordt ingezet als leverancier waarbij voorspelde warmte meegerekend wordt.

CODE	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4
Luchtbehandeling met na-verwarming	Ja	Ja	Ja	Ja
Warmteterugwinnin g in LBK	Ja	Ja	Ja	Ja
Huidige gebouwbeheer systeem	Priva	Onbekend	Priva	Priva
Installatie onderdelen	CV+NA+WP	Stadsverwarming + Naregeling	CV+Na-regeling	CV+NA+WP+Zon PV
Onderdeel 1	Centrale verwarming	Stadsverwarming	Centrale verwarming	Centrale verwarming
Onderdeel 2	Na regeling per zone	Na regeling per zone	Na regeling per zone	Na regeling per zone
Onderdeel 3	Warmtepomp(en)	LBK	LBK	Warmtepomp(en)
Onderdeel 4	WKO	Koeling	Koeling	Warmte opwek met zonne energie
Onderdeel 5	LBK & Koeling	N.V.T	N.V.T	LBK & Koeling
Gegevens m.b.t. energieverbruik	Waarde	Waarde	Waarde	Waarde
Elektriciteitsverbruik in kWh	59.778,00	300.623,20	460.000,00	3.078,00
Warmte verbruik in m3	237,35	2.494,00	65.000,00	2.532,00
Totale verbruik in GJ	222	1.161	2.057	5.610
Totale energierekening	€ 19.366,90	€ 70.591,56	€ 52.885,20	€ 99.618,85
Totaal toegekend aan klimatiseren gebouw	€ 11.595,76	€ 50.966,87	€ 31.633,20	€ 70.048,63
Verwachte resultaten				
Terugverdientijd, in jaren	5,1	2,8	4,3	2,5
Verwachte besparing op klimatiseren	19%	18%	15%	20%
Warmte besparing in GJ	137	569	611	876
Minder kg CO2-uitstoot	258	19.876	1.151	75.555

Code	Installatie	Beschrijving opleveren/speciale zaken etc
F1M1	CV+ Na + WP+ WKO+ LBK + koeling	Special. Zeer hoge massa. Thermisch enorm traag. Overschakeling naar koeling duurt tenminste 4 uur. Veel technische problemen aan het licht gebracht. WKO actief. Speciaal project met eerste koeling toepassing in CEO
F1M2	Stadsverw + Na+ LBK + koeling	Special op intern warmtenet waarbij geforceerde warmte voor continue levering zorgt. Installatie kent naverwarmers en veel groepen en verschillende bezetting. Agenda voor ontworpen. Tevens wordt installatie nu op basis van onze gegevens zo aangepast dat hoge temperatuur lager wordt. Duurzamer warmtenet en minder slijtage is het gevolg.
F1M3	CV + Na	Gebouw staat feitelijk in een glazen huls. Zeer zongevoelig. Problemen aan het licht gebracht rondom luchthuishouding. Op basis van onze data luchtsysteem gerepareerd en wp geplaatst.
F1M4	CV+ Na + WP + PV+ zon th+ LBK + koeling	Special: Enorm technisch hoogstandje. Veel problemen tijdens implementatie. Veel kapotte zaken. Kleppen en slechte inregeling. Na implementatie ruime besparingen en WP niet meer weggedrukt. Nog wel problemen in installatie waar geen budget voor is.

CODE	F1M5	F1M6	F1C1	F1C2
Luchtbehandeling met na-verwarming	Ja	Ja	Ja	Ja
Warmteterugwinning in LBK	Ja	Ja	Ja	Ja
Huidige gebouwbeheer systeem	Priva	Priva	Priva	Priva
Installatie onderdelen	CV+Na-regeling	CV+Na-regeling	CV+NA+WP	CV+WP
Onderdeel 1	Centrale verwarming	Centrale verwarming	Centrale verwarming	Centrale verwarming
Onderdeel 2	Na regeling per zone	Na regeling per zone	Na regeling per zone	Na regeling per zone
Onderdeel 3	LBK	LBK	Warmtepomp(en)	Warmtepomp(en)
Onderdeel 4	Koeling	Koeling	LBK	WKO
Onderdeel 5	N.V.T	N.V.T	Koeling	LBK & Koeling
Gegevens m.b.t. energieverbruik				
Elektriciteitsverbruik in kWh	2.807,54	545.500,00	1.590.519,78	286120
Warmte verbruik in m3	2.757,92	63.512,00	24.500,00	49761
Totale verbruik in GJ	5.565	3.974	6501	4650
Totale energierekening	€ 98.272,90	€ 70.852,35	€ 133.628,87	€ 260.000,00
Totaal toegekend aan klimatiseren gebouw	€ 57.635,79	€ 41.137,40	€ 88.299,05	
Verwachte resultaten				
Terugverdientijd, in jaren	3,1	3,1	3,1	2,5
Verwachte besparing op klimatiseren	12%	13%	20%	10%
Warmte besparing in GJ	578	24.343	3.492	465
Minder kg CO2-uitstoot	4.126	5.348	70.636	3319

Code	Installatie	Beschrijving opleveren/speciale zaken etc
F1M5	CV + Na+ LBK + koeling	Volgens boekje gegaan. Internet verbinding via 4g. Veel aanpassingen aan de installatie uitgevoerd op basis van onze data.
F1M6	CV + Na+ LBK + koeling	Moeilijk project. Installatie kent onzichtbare beperkingen. Rendement is niet geweldig.
F1C1	CV+ Na + WP+ LBK + koeling	Special: Erg complex project. Gebouw kent heel veel verschillende gebruiksfuncties. Ook evenementen waarbij aparte voorwaarden gelden. Nog steeds in optimalisatie.
F1C2	CV + WP + Na+ LBK + koeling+ WKO	Special met WKO en dus koud waternet en koeling en elektriciteit prijzen. Volgens boekje gegaan. Internet verbinding via 4g. Veel aanpassingen gedaan op basis van onze data. Dynamische elektriciteit beprijzing geïmplementeerd als CEO onderdeel

CODE	F1C3	F1C4	F1C5	F1C6
Luchtbehandeling met na-verwarming	Ja	Ja	Ja	Nee
Warmteterugwinning in LBK	Ja	Ja	Ja	Nee
Huidige gebouwbeheer systeem	Priva	Priva	Priva	Saia (special)
Installatie onderdelen	Stadsverwarming + Naregeling	CV+NA+WP	CV+NA+WP	WP+ na-regeling
Onderdeel 1	Stadsverwarming	Centrale verwarming	Centrale verwarming	Warmtepomp(en)
Onderdeel 2	Na regeling per zone	Na regeling per zone	Na regeling per zone	Na regeling per zone
Onderdeel 3	LBK	Warmtepomp(en)	Warmtepomp(en)	LBK
Onderdeel 4	Koeling	geen lucht	LBK	Koeling
Onderdeel 5	N.V.T		Koeling	N.V.T
Gegevens m.b.t. energieverbruik				
Elektriciteitsverbruik in kWh	3.663.839,00	337.424,00	1.256.440,00	1.247.350,00
Warmte verbruik in m3	6.782,88	46.281,00	248.420,00	568,30
Totale verbruik in GJ			12.386	4.508
Totale energierekening	€ 353.793,39	€ 43.239,12	€ 195.744,97	€ 162.155,50
Totaal toegekend aan klimatiseren gebouw	€ 170.421,58	€ 29.775,91	€ 119.532,96	€ 10.945,50
Verwachte resultaten				
Terugverdientijd, in jaren	2,6	3,1	2,9	8,0
Verwachte besparing op klimatiseren	11%	20%	15%	12%
Warmte besparing in GJ	1.843	6.413	1.280	82
Minder kg CO2-uitstoot	3.471	12.082	81.415	585

Code	Installatie	Beschrijving opleveren/speciale zaken etc
F1C3	Stadsverw +na+ LBK + koeling	Special met stadsverwarming. Volgens boekje gegaan. Internet verbinding via 4g. Veel aanpassingen gedaan op basis van onze data.
F1C4	CV+ Na + WP geen LBK Koeling	Volgens boekje gegaan. Internet verbinding via 4g. Veel aanpassingen gedaan op basis van onze data. Geen koeling
F1C5	CV+ Na + WP+ LBK + koeling	Enorm grote installatie met tientallen ketels. Aparte sturing voor gemaakt en is modulerend. Werkt prima.
F1C6	WP + Na+ LBK + koeling, , niet priva GBS: Saia (special)	Special: Gekoppeld via bac-net. Router ontwikkeld die zelfstandig via 4g een beveiligde verbinding opzet. In de eerst run haalt hij zelfstandig de configuratie op en kan er eenvoudig verbonden worden. Dit is tevens de aanzet naar een sturing naar ketels en LBK om zo gebouwen die geen GBS hebben wel te kunnen laten sturen op CEO.

2.2 Resultaten van fase 1 projecten

CODE	F1E1	F1E2	F1E3	F1E4
Gerealiseerde resultaten 30-10-2019				
Terugverdientijd	ligt achter	5 jaar	op koers	3 jaar
Besparing op klimatiseren (per jaar)	11,65%	14%*	22,39%	18%*
Warmte besparing in GJ (per jaar)	377	Nog geen jaar	2737	Nog geen jaar
Minder kg CO2-uitstoot (per jaar)	2.910	Nog geen jaar	43.780	Nog geen jaar
Besparing in euro's (per jaar)	€ 912,04	€ 0,00	€ 20.508,83	€ 0,00

*Educated guess gebaseerd op deelresultaten

Code	Energiebesparing	Toelichting resultaat
F1E1	12%	Resultaat is lager dan realistisch is. Door verbouwing waarbij ramen tijdens winterperiode open stonden is de besparing teruggelopen van 18% naar 5% gecorrigeerd is dit dus hoger.
F1E2	14%	Besparing ging gepaard met klachten. Door verminderde interne communicatie kwamen deze soms helemaal niet door of weken later. Daarnaast werden wijzigingen niet overlegd en loopt er een andere energiestroom door het gebouw voor levering aan ander gebouw.
F1E3	22%	Veel winst door lagere stookgrens. Meer gebruik van zonnewarmte en gebruikers warmte. Klimaat is sterk verbeterd.
F1E4	18%	Installatie kende een 24 uren verwarming is aangepast met nachtverlaging. Systeem is net bij geregeld en zien besparing fors oplopen. Verwachting is 18 %

CODE	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4
Gerealiseerde resultaten 30-10-2019	Waarde	Waarde	Waarde	Waarde
Terugverdientijd	Niet in portal	op koers	op koers	op koers
Besparing op klimatiseren (per jaar)	Niet relevant voor klant	19,65%	16,54%	24,29%
Warmte besparing in GJ (per jaar)	n.v.t.	13	1476	1631
Minder kg CO2-uitstoot (per jaar)	n.v.t.	3.310	17.590	35.920
Besparing in euro's (per jaar)	€ 0,00	€ 10.014,99	€ 5.232,13	€ 17.014,81

Code	Energiebesparing	Toelichting resultaat
F1M1	Niet relevant	Geen gebruik gegevens vooraf bekend. CEO is puur voor comfort doeleinden vanwege hoge massa en traagheid in het gebouw. CEO heeft veel problemen in kaart gekregen waardoor er nu een jaar na installatie van de installatie al grote aanpassingen gedaan worden.
F1M2	20%	Veel winst in nachtverlaging en door betere afstemming in koeling, lucht en verwarming via lucht.
F1M3	17%	Na aanleiding van de resultaten met de CEO is in 2019 een warmtepomp geplaatst
F1M4	24%	Enorm complex installatie met veel fouten in installatie en aansturing daarvan.

CODE	F1M5	F1M6	F1C1	F1C2
Gerealiseerde resultaten 30-10-2019	Waarde	Waarde	Waarde	Waarde
Terugverdientijd	op koers	loopt achter	Niet in portal	op koers
Besparing op klimatiseren (per jaar)	19,20%	9,92%	Vanwege bron balans niet gewenst.	17,69%
Warmte besparing in GJ (per jaar)	2754	1399	Vanwege evenementen niet te meten.	2344
Minder kg CO2-uitstoot (per jaar)	47.730	10.140		43.520
Besparing in euro's (per jaar)	€ 11.066,07	€ 340,07	€ 0,00	€ 45.994,00

Code	Energiebesparing	Toelichting resultaat
F1M5	19%	Veel winst door lagere stookgrens. Meer gebruik van zonnewarmte en gebruikers warmte. Klimaat is sterk verbeterd.
F1M6	10%	Moeilijk project. Verschillenden gebruikers tijden en technisch niet z'n goeie. Klein verdeelstuk en moeilijke gebruiker. Intussen beter onder controle. Klimaat is sterk verbeterd.
F1C1	Voor hen niet van belang en dus onbekend	Vanwege bron balans en evenementen is besparen geen doel op zich. Wel belangrijk dat dan condities goed zijn.
F1C2	18%	Veel winst door lagere stookgrens. Meer gebruik van zonnewarmte en gebruikers warmte. Klimaat is sterk verbeterd.

CODE	F1C3	F1C4	F1C5	F1C6
Gerealiseerde resultaten 30-10-2019	Waarde va mei 2019	Waarde**	Waarde**	Waarde**
Terugverdiëntijd	op koers	Nog niet in portal	Nog niet in portal	Nog niet in portal
Besparing op klimatiseren (per jaar)	42,52%	Nog niet vast te stellen	Nog niet vast te stellen	Nog niet vast te stellen
Warmte besparing in GJ (per jaar)	375			
Minder kg CO2-uitstoot (per jaar)	50.370			
Besparing in euro's (per jaar)	€ 72.463,26	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00

**Door vele installatie technische aanpassingen is de gerealiseerde besparing niet eenduidig toe te wijzen aan CEO op dit moment.

Code	Energiebesparing	Toelichting resultaat
F1C3	43%	Veel winst door instellen van de nachtverlaging en door betere afstemming in koeling, lucht en verwarming via lucht. Veel geforceerde warmte door kleppen heen uit stadsverwarming. Discussie hierover reeds gestart.
F1C4	-	Fouten in installatie. Zijn momenteel in behandeling. Uit de gemeten periode duidelijk dat er een potentieel is van ruim 20%
F1C5	-	Fouten in installatie. Zijn momenteel in behandeling. Uit de gemeten periode duidelijk dat er een potentieel is van ruim 30%. Veel reparaties al uitgevoerd.
F1C6	-	ICT aansluiting vanwege productie omgeving erg lastig om te realiseren. Sturing is lastig vanwege complexe Bacnet verwevingen.

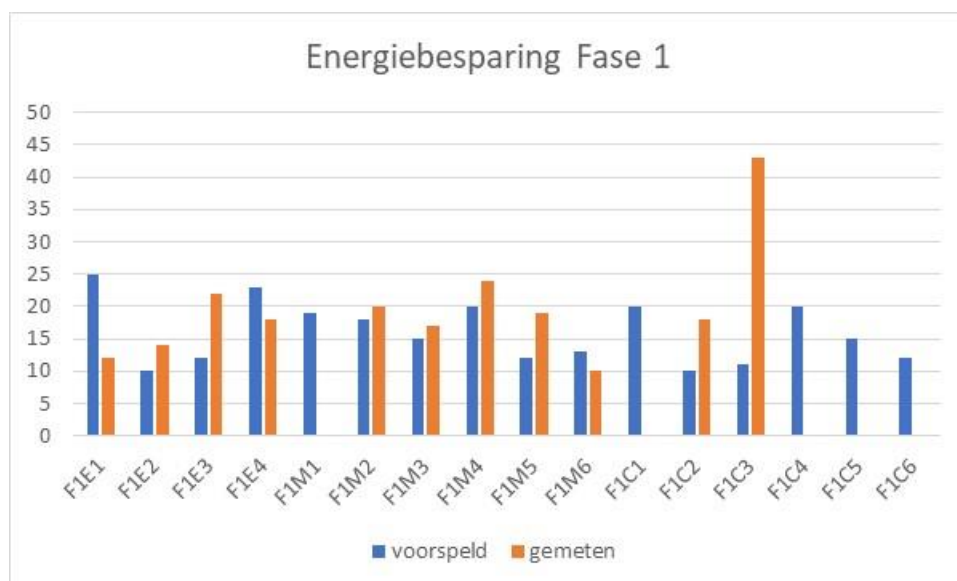
2.3 Samenvatting resultaten fase 1

Code	Energie voor klimaat (GJ)	Energie besparing (%)		Extra Info
		Verwacht	Realisatie	
F1E1	381	25%	12%	Een typisch kantoor met aangebouwde werkplaats waar er veel van zijn in NL.
F1E2	6003	10%	14%	Veel verschillende gebruikers met verschillende klimaat eisen in het gebouw.
F1E3	13862	12%	22%	Comfort is verbeterd. Diverse storingen in de installatie gevonden en verbeteringen doorgevoerd.
F1E4	2359	23%	18%	Zeer complex project
F1M1	222	19%	-	Besparing is niet relevant voor klant. Comfort.
F1M2	1161	18%	20%	Project met stadverwarming. Zeer kritische klant. Is voornemens CEO toe te passen bij alle gebouwen.
F1M3	2057	15%	17%	Succesvol project. Veel geplande installatie verbeteringen.
F1M4	5610	20%	24%	Complexe technische installatie met achterstallig onderhoud.
F1M5	5565	12%	19%	Project verliep soepel. Opdracht verkregen voor 3 andere Univé gebouwen.
F1M6	3974	13%	10%	Technisch complexe installatie.
F1C1	6501	20%	-	Sporthal in Apeldoorn. Hebben een technische installatie waarmee ook een ijsbaan op de parkeerplaats aangelegd kan worden. Hebben betonkernactivering. CEO moet hierom 3 dagen vooruit "denken".
F1C2	4650	10%	18%	Klant zeer tevreden. Comfort verbeterd. Minder operationeel werk rondom het GBS. Heeft ons geïntroduceerd bij de andere provincies en grote bedrijven in Overijssel. Ook hebben we hier een seminar georganiseerd waar de provincie aan mee heeft gewerkt.
F1C3	6782	11%	43%	Pensioen dienstverlener voor 2 miljoen mensen. Ruim 750 na-regelingen aanwezig. Project met stadverwarming.
F1C4	46281	20%	-	Veel installatie technische aanpassingen
F1C5	248420	15%	-	Gebouw bestaat uit 3 bouwdelen met diverse bouwjaren. Complexe implementatie. Klant overweegt 2 andere gebouwen ook te voorzien van CEO.
F1C6	568	12%	-	Stellen zeer hoge eisen aan ICT beveiliging.

De gerealiseerde energiebesparing in de fase 1 projecten ligt tussen de 9 en 35%. In de meeste projecten is de energiebesparing meer dan voorspelt. Tegelijkertijd blijkt uit de analyse van de projecten dat er vaak verkeerde instellingen, afwijkende regeling en fouten in de installatie aan het licht komen. Daarom is de gerealiseerde energiebesparing niet goed vast te stellen.

Daarnaast is in de bovenstaande tabel het aantal uren dat nodig is voor de implementatie gegeven. Voor een eenvoudige installatie is in fase 200 uur nodig om alles te implementeren. Gemiddeld bedraagt de benodigde implementatie tijd in fase 1 ongeveer 375 uur.

Het algoritme van de CEO is uitgebreid en aangepast voor de speciale projecten. De CEO werkt voor deze projecten ook uitstekend. De functionaliteit is hierdoor vergroot en in de fase 2 projecten is dit verder gedemonstreerd.



Figuur D 1. Overzicht van de gerealiseerde systemen in fase 1 met de voorspelde energie besparing en de gerealiseerde besparing. Daar waar er geen gemeen waarde is zijn de meetgegevens nog niet volledig

2.4 Voorbeeld overzicht grafieken fase 1 Installaties



Figuur D 2. Energiegebruik F1M2. Realisatie en historisch verbruik



Figuur D 3. Energiegebruik F1M3. Realisatie en historisch verbruik



Figuur D 4. Energiegebruik F1C3. Realisatie en historisch verbruik.

In bovenstaande figuren D2-4 is de output uit de GUI weergegeven voor een aantal fase 1 systemen. Te zien is de weergave die voor de gebouwbeheerder de info geeft inzake het gerealiseerde en historische energiegebruik. In het overzicht wordt zowel het gasverbruik als het elektra verbruik weergegeven. En ook weergave van de besparing per periode in GJ kan zichtbaar gemaakt worden. Te zien is dat in sommige gevallen het gasgebruik sterk daalt en het elektra gebruik toeneemt. Dit betekent bijvoorbeeld dat de inzet van de warmtepomp veel groter is met de CEO optimalisatie dan zonder. Deze voorbeelden geven een zowel een inzicht in de functionaliteit van de GUI en voorbeelden van het energiegebruik. De GUI is tijdens het project in ontwikkeling en daarom zijn sommige projecten niet met de historische GUI data beschikbaar, omdat de GUI nog niet operationeel was.

Bijlage 3 Resultaten Fase 2 projecten

3.1 Gerealiseerde projecten fase 2.

In fase 2 zijn de betrokken installatiebedrijven (met name de meet en regel afdeling) gevraagd een belangrijk deel van de implementatie van de CEO uit te voeren. Hierbij is de ontwikkelde GUI een handig hulpmiddel gebleken, maar dan met name na de inregel periode. Met de GUI kunnen de installateurs snel zien hoe het systeem functioneert en nieuwe instelling van de zones invoeren. De geautomatiseerde configuratie van het gebouwmodel is zover gereed gekomen dat de installateur de configuratie al gedeeltelijk kan uitvoeren. Priva heeft tijdens het project veel werk verricht om het gebouw en installatie algoritme geschikt uit te breiden voor complexe nieuwe systemen zoals de specials configuraties en meer zones in het model. Het aantal in te voeren parameters voor het algoritme is terug gebracht tot voor complexe situaties rond de 400. Dit aantal parameters moet nog verder en verregaand terug gebracht worden wil de installateur deze eenduidig en eenvoudig kunnen invoeren.

In het DEI project is de versnelling van de implementatie in fase 2 als belangrijk doel gesteld. Aangegeven is de kosten die gepaard gaan met de implementatie met 50% te reduceren. Op basis van de offertes en de kosten registratie zijn voor de demo projecten de implementatie kosten bepaald. In de onderstaande tabel zijn de resultaten voor de fase 2 projecten samengevat. Naast de gerealiseerde energie besparing zijn ook de implementatie kosten opgenomen. Na afloop van demonstratie geldt de implementatie van deze nieuwere en speciale systemen effectiever en efficiënter zal zijn, maar pas in nieuwe markt projecten door de installateurs zou kunnen worden overgenomen.

In de onderstaande tabellen zijn de gebouw en installatietype, de gegevens met betrekking het energieverbruik, het energieverbruik dat toe te rekenen is aan de klimaatinstallatie en de verwachte terugverdientijd en energiebesparing weergegeven. Tevens wordt kort toegelicht welke speciale zaken er bij de inrichting zijn voorgekomen.

De energie verbruikscijfers zijn aangeleverd door de gebouwbeheerder, evenals de informatie ten aanzien van de installatie en het gebruik en bezetting van het gebouw. Op basis van Rvo (SenterNovem) kentallen per gebouwtype inzake het karakteristieke energieverbruik per m² voor klimatiseren is het toe te rekenen verbruik aan gebouw klimatiseren bepaald. Om de werkelijke energiebesparing voor en na installatie van de CEO te kunnen bepalen wordt de graaduren systematiek (zie bijlage 4) toegepast. Via lokale klimaatgegevens wordt op deze wijze het energieverbruik genormaliseerd. Dit is noodzakelijk om de energiebesparing te kunnen verbinden met de goede werking van de CEO en niet aan toevallige klimaatomstandigheden. Op deze wijze is het mogelijk om de realisatie van de energiebesparing te koppelen aan de verwachte energiebesparing gebaseerd op het functioneren van het systeem onder genormaliseerde klimaatcondities. . Overigens dit wordt in de offerte aan de klant uitgelegd. In de onderstaande tabel wordt dit voor de fase 2 projecten gegeven.

CODE	F2E1	F2E2 Special GBS Koeling	F2M1 Special gaswarmtepomp	F2M2 Special warmtenet met ook koud water
Luchtbehandeling met na-verwarming	Ja	Ja	Ja	Ja
Warmteterugwinning in LBK	Ja	Ja	Ja	Ja
Huidige gebouwbeheer systeem	Priva	Merk X	Priva	Priva HX
Installatie onderdelen	CV+NA+WP	CV+NA	CV+NA+WP	WP+ NA
Onderdeel 1	CV	CV	CV	Warmtepomp(en)
Onderdeel 2	Na regeling per zone	Na regeling per zone	Na regeling per zone	Na regeling per zone
Onderdeel 3	Warmtepompen	koeling	GasWarmtepomp	koeling via warmtenet
Onderdeel 4	koeling	LBK	koeling	LBK
Onderdeel 5	LBK	N.V.T	LBK	warmtenet Special
Gegevens m.b.t. energieverbruik				
Elektriciteitsverbruik in kWh	137.090,00	875.000,00	259.065,00	290.392,00
Warmte verbruik in m3	7.500,00	82.000,00	41.000,00	578,45
Totale verbruik in GJ	731	5.745	2.230	1.064
Totale energierekening	€ 15.560,42	€ 101.950,61	€ 54.423,63	€ 21.881,97
Totaal toegekend aan klimatiseren gebouw	€ 9.736,46	€ 48.292,14	€ 29.164,79	€ 11.050,39
Verwachte resultaten				
Terugverdientijd, in jaren	4,9	4,5	3,3	4,9
Verwachte besparing klimatiseren	20%	12%	20%	20%
Warmte besparing in GJ	122	362	365	137
Minder kg CO2-uitstoot	2.835	18.598	15.498	15.545

In onderstaande tabel wordt per systeem een korte toelichting gegeven van het opleveren en speciale omstandigheden die daarbij zijn opgetreden

Code	Installatie	Beschrijving opleveren/speciale zaken etc
F2E1	CV + Na + WP + LBK + koeling	Externe warmtelevering via de warmte en koude opslag (WKO) Er is een groot verschil in de aanwarm snelheid van de installatie. Er is verwarming via de radiatoren en via de vloerverwarming. Dit zorgt ervoor dat het inregelen lastig is om een goede balans in de installatie te vinden.
F2E2 Special	CV + Na + LBK + koeling	Een typisch productie situatie, veel productie hallen met veel vloerverwarming is lastig dynamisch te controleren. Hier wordt een niet priva GBS gebruikt. Daarnaast wordt het functioneren van de koeling applicatie hier extra onderzocht
F2M1 Special	CV + Na + WP+ LBK + koeling	Special gas warmte pomp is nieuw voor de CEO en het gebouw-installatie algoritme
F2M2 Special	WP + Na+ LBK + koeling	Special koud water net. Centrale WKO waar een heel bedrijvenpark gebruik van maakt. Is nieuwe applicatie voor het gebouw-installatie algoritme. In Q2 2020 gesprekken over sturen van het gehele warmtenet met de CEO

De Volgende systemen:

CODE	F2M3	F2M4
Luchtbehandeling met na-verwarming	Ja	Ja
Warmteterugwinning in LBK	Ja	Ja
Huidige gebouwbeheer systeem	Priva HX	Priva
Installatie onderdelen	CV+NA+WP+Zon PV Special	CV+Na-regeling
Onderdeel 1	Centrale verwarming	Centrale verwarming
Onderdeel 2	Na regeling per zone	Na regeling per zone
Onderdeel 3	Warmtepomp(en)	LBK
Onderdeel 4	Warmte opwek met zonne energie	Koeling
Onderdeel 5	WKO, LBK Koeling	N.V.T
Gegevens m.b.t. energieverbruik		
Elektriciteitsverbruik in kWh	150.000,00	631.000,00
Warmte verbruik in m3	20.000,00	106.762,00
Totale verbruik in GJ	1.173	5.651
Totale energierekening	€ 23.437,10	€ 98.378,13
Totaal toegekend aan klimatiseren gebouw	€ 17.042,94	€ 59.009,79
Verwachte resultaten	Waarde	Waarde
Terugverdientijd, in jaren	4,1	3,4
Verwachte besparing op klimatiseren	18%	12%
Warmte besparing in GJ	185	443
Minder kg CO2-uitstoot	14.031	24.214

In onderstaande tabel wordt per systeem een korte toelichting gegeven van het opleveren en speciale omstandigheden die daarbij zijn opgetreden

Code	Installatie	Beschrijving opleveren/speciale zaken etc
F2M3 Special	CV + Na + WP + PV+ Zon Th+ WKO+ LBK +koeling	Installatie bestaande uit alle mogelijke componenten. Daarom een special. En uitgerust met een speciale WKO. Goed ingevoerd in de CEO en is intussen een soepel werkende installatie. Er wordt hier extra aandacht besteed aan koeling applicatie CEO
F2M4 I	CV + Na+ LBK + koeling	Intussen soepele installatie.

De Volgende systemen:

CODE	F2C1 Special Gaswarmtepomp	F2C2 Special Stadsverwarming	F2C3	F2C4 Gaswarmtepomp
Luchtbehandeling met na-verwarming	Ja	Ja	Ja	Ja
Warmteterugwinning in LBK	Ja	Ja	Ja	Ja
Huidige gebouwbeheer systeem	Priva	Priva	Priva	Priva
Installatie onderdelen	CV+Na-regeling	Stadsverwarming + Naregeling	CV+Na-regeling	CV+Na-regeling
Onderdeel 1	Centrale verwarming	Stadsverwarming	Centrale verwarming	Centrale verwarming
Onderdeel 2	Na regeling per zone	Na regeling per zone	Na regeling per zone	Na regeling per zone
Onderdeel 3	GWP	LBK	warmtepomp	GWP
Onderdeel 4	koeling	koeling	LBK	Koeling
Onderdeel 5	LBK	N.V.T	koeling	LBK
Gegevens energieverbruik				
Elektriciteitsverbruik in kWh	680.000,00	2.241.426,72	758.728,00	2.630,70
Warmte verbruik in m3	49.500,00	7.503,00	47.623,00	4.620,90
Totale verbruik in GJ	4.015	8.307	4.239	7.252
Totale energierekening	€ 72.638,21	€ 287.635,53	€ 90.818,69	€ 124.814,21
Totaal toegekend aan klimatiseren gebouw	€ 31.233,00	€ 145.289,47	€ 38.455,48	€ 86.608,36
Verwachte resultaten	Waarde	Waarde	Waarde	Waarde
Terugverdientijd, in jaren	4,1	3,0	3,9	3,1
Verwachte besparing op klimatiseren	12%	12%	15%	12%
Warmte besparing in GJ	234	1.082	299	622
Minder kg CO2-uitstoot	11.227	40.226	22.700	4.442

In onderstaande tabel wordt per systeem een korte toelichting gegeven van het opleveren en speciale omstandigheden die daarbij zijn opgetreden.

Code	Installatie	Beschrijving opleveren/speciale zaken etc
F2C1 Special	CV + Na+ LBK+ koeling+ GWP	Systeem is uitgerust met een speciale gaswarmtepomp. Deze is succesvol ingebracht in het CEO algoritme.
F2C2 Special	Stadsverw + Na LBK + koeling	Dit project gebruikt de stadsverwarming is speciaal project
F2C3	CV + Na+ LBK + koeling	Intussen soepele installatie via auto config.
F2C4	CV + Na+ LBK+ koeling	Intussen soepele installatie via auto config.

3.2 Resultaten fase 2 projecten

In onderstaande tabellen worden de gerealiseerde resultaten voor de fase 2 projecten vermeld.

Resultaten van fase 2 projecten:

CODE	F2E1	F2E2	F2M1	F2M2
Gerealiseerde resultaten 30-10-2019				
Terugverdientijd	op koers	**	**	**
Besparing op klimatiseren (per jaar)	27,85%			
Warmte besparing in GJ (per jaar)	8			
Minder kg CO2-uitstoot (per jaar)	550			
Besparing in euro's (per jaar)	€ 2.711,60	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00

**Door vele installatie technische aanpassingen is de gerealiseerde besparing niet eenduidig toe te wijzen aan CEO op dit moment.

Code	Energiebesparing	Toelichting resultaat
F2E1	19%	Volgens prognose
F2E2	-	Nog nieuwe aanpassingen gaande. Verwachting is goed.
F2M1	-	Wederom laat de data zien dat installatie niet goed is. Intussen aangepast en laat zien dat het nog beter gaat worden
F2M2	-	Comfort was eerste eis en is intussen geslaagd.

CODE	F2M3	F2M4
Terugverdientijd	Op koers	Op koers
Besparing op klimatiseren (per jaar)	51%	20%
Warmte besparing in GJ (per jaar)	45	
Minder kg CO2-uitstoot (per jaar)	360	
Besparing in euro's (per jaar)	€ 2.861,51	€ 0,00

Code	Energiebesparing	Toelichting resultaat
F2M3	51%	Veel meer inzet warmtepomp
F2M4	20%	Nachtverlaging, vaste tijdschema en betere verdeling.

CODE	F2C1	F2C2	F2C3	F2C4
Gerealiseerde resultaten 30-10-2019	Waarde	Waarde	Waarde va mei 2019	Waarde
Terugverdiëntijd	Op koers	<5 jaar	op koers	<5 jaar
Besparing op klimatiseren (per jaar)	47%	**	46,57%	28 %
Warmte besparing in GJ (per jaar)	471		173	
Minder kg CO2-uitstoot (per jaar)	3.950		12.460	
Besparing in euro's (per jaar)	€ 16.191,19	€ 0,00	€ 17.908,72	€ 0,00

**Door vele installatie technische aanpassingen is de gerealiseerde besparing niet eenduidig toe te wijzen aan CEO op dit moment.

Code	Energiebesparing	Toelichting resultaat
F2C1	47%	Perfekte installatie en goeie balans met Gas warmtepomp
F2C2	-	Enorm veel gebouwmassa, daardoor erg traag bij snelle temperatuur verschillen buiten. Daarom nog bezig met inregelen en bijregelen. Potentieel is goed.
F2C3	47%	Snelle implementatie en veel problemen in installatie zichtbaar gemaakt.
F2C4	29%	Snelle implementatie

In fase 2 zijn de betrokken installatiebedrijven (met name de meet en regel afdeling) gevraagd een belangrijk deel van de implementatie van de CEO uit te voeren. Hierbij is de ontwikkelde GUI een handig hulpmiddel gebleken, maar dan met name na de inregel periode. Met de GUI kunnen de installateurs snel zien hoe het systeem functioneert en nieuwe instelling van de zones invoeren. De geautomatiseerde configuratie van het gebouwmodel is zover gereed gekomen dat de installateur de configuratie al gedeeltelijk kan uitvoeren. Priva heeft tijdens het project veel werk verricht om het gebouw en installatie algoritme geschikt uit te breiden voor complexe nieuwe systemen zoals de specials configuraties en meer zones in het model. Het aantal in te voeren parameters voor het algoritme is terug gebracht tot voor complexe situaties rond de 400. Dit aantal parameters moet nog verder en verregaand terug gebracht worden wil de installateur deze eenduidig en eenvoudig kunnen invoeren.

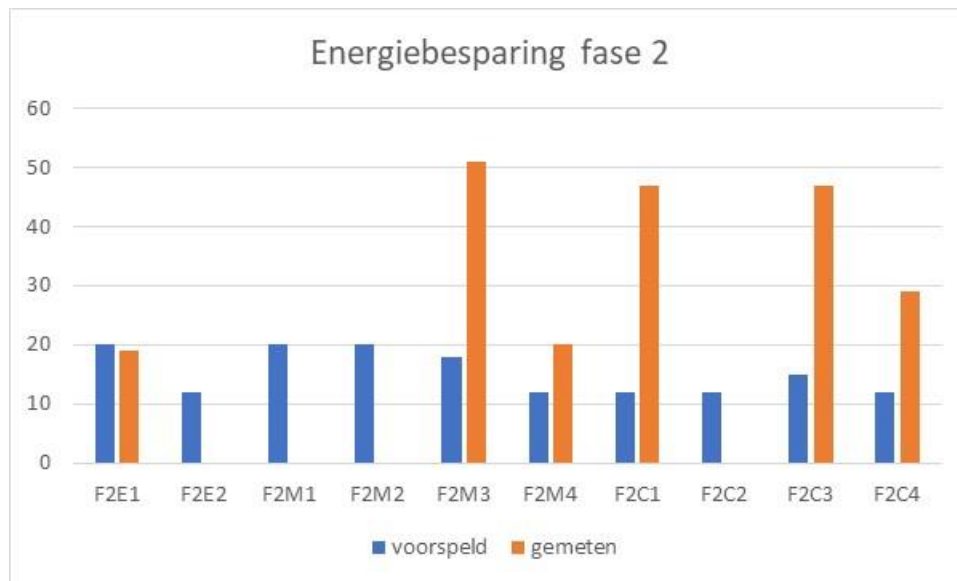
In het DEI project is de versnelling van de implementatie in fase 2 als belangrijk doel gesteld. Aangegeven is de kosten die gepaard gaan met de implementatie met 50% te reduceren. Op basis van de offertes en de kosten registratie zijn voor de demo projecten de implementatie kosten

bepaald. In de onderstaande tabel zijn de resultaten voor de fase 2 projecten samengevat. Naast de gerealiseerde energie besparing zijn ook de implementatie kosten opgenomen

Na afloop van demonstratie geldt de implementatie van deze nieuwere en speciale systemen effectiever en efficiënter zal zijn, maar pas in nieuwe markt projecten door de installateurs zou kunnen worden overgenomen.

3.3 Samenvatting resultaten fase 2

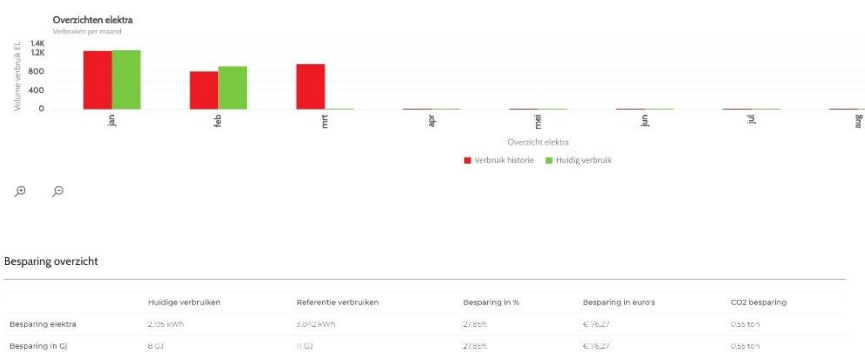
Code	Energie voor klimaat (GJ)	Energie besparing (%)		Extra Info
		Verwacht	Realisatie	
F2E1	731	20%	19%	Besparing goed maar veel technische problemen in de installatie. Gaan niet verder na demonstratie periode. Gaan eerst de installaties verbeteren.
F2E2	5745	12%	Nog niet stabiel	Inregelen kostte moeite. Complexe omgeving.
F2M1	2230	20%	-	Installatie aanpassingen
F2M2	1064	20%	-	Installatie aanpassingen
F2M3	1173	18%	51%	Loopt prima
F2M4	5651	12%	20%	Installatie aanpassingen
F2C1	4015	12%	47%	Energiebesparing zeer goed. Steken er veel energie in om comfort verbetering te beoordelen.
F2C2	8307	12%	-	Installatie aanpassingen
F2C3	4237	15%	47%	Installatie aanpassingen
F2C4	7252	12%	29%	Mooie energiebesparing. Klant wil dat het comfort verder verbeterd wordt. Zeker koeling in de warme zomerperiode vraag extra aandacht.



Figuur D 5. . Overzicht van de gerealiseerde systemen in fase 2 met de voorspelde energie besparing en de gerealiseerde besparing. Daar waar er geen gemeten waarde is zijn de meetgegevens nog niet volledig.

3.4 Grafieken fase 2 systemen

Hier zijn een aantal voorbeelden van overzichtsinformatie omtrent het gas en elektra gebruik van een aantal demo gebouwen van fase 2.



Figuur D 6. Elektriciteit gebruik, F2E1. Vergelijking huidig verbruik met de CEO en historisch verbruik.



Figuur D 7. F2C3 Energie verbruik.

3.5 Samenvatting Specials fase 1 en fase 2

In fase 1 en fase 2 zijn een groot aantal speciale projecten uitgevoerd. Deze projecten zijn specials gedoopt omdat de CEO met bijbehoren algoritme hier aan het begin van het project nog niet geschikt voor was.

Door de uitvoering van de demo's zijn veel nieuwe elementen in de CEO toegevoegd. Op deze wijze is in de demo aangetoond dat de CEO nu een veelheid van systemen kan bedienen van eenvoudig met weinig zones te complex met veel zones.

De gebouwen kunnen uitgerust zijn met complexe installaties die uit een schakeling van warmtebronnen, koude bronnen, elektriciteit bronnen etc. bestaan. Ook kan de CEO ingezet worden voor systemen waarbij korte en lange termijn warmte en/of koude buffering optreedt. Hieronder worden de gedemonstreerde specials samengevat.

	FASE 1 Realisatie Specials			FASE 2 Realisatie Specials		
	Gebouw en Installatie typologie			Gebouw en Installatie typologie		
Demo Installaties	Eenvoudig 1 tot 2 zones	Middel 2- 4 zones	Complex > 4 zones	Eenvoudig 1 tot 2 zones	Middel 2- 4 zones	Complex > 4 zones
CV + Na + LBK + Koeling + convectoren	F1E3					
WP + NA+ LBK + Koeling + ander gbs Special			F1C6	F2E2		
CV+ NA+ WP +LBK + Koeling			F1C1			
CV+ NA+ WP +LBK + Koeling +PV + Zon TH Special		F1M4				
Stadsverwarming +NA + LBK + koeling Special	F1E2					F2C2
CV+ NA+ WP + ZON PV + zon Th + LBK + Koeling + warmte buffer Special						
CV+ NA+ WP + +LBK + Koeling + WKO Special					F2M3	
CV+ NA+ WP +LBK + Koeling Special net voor koeling					F2M2	
CV+ NA+ WP + +LBK + Koeling + WKO Special Dynamische E prijs			F1C2			
CV+ NA+ WP +LBK + Koeling Special gas WP						F2C1

Voor de hierboven aangegeven configuraties is de CEO verder ontwikkeld met betrekking tot het algoritme en de GUI.

Hier blijkt dat met de CEO een grote diversiteit aan installaties is te bedienen. Op basis van de ervaringen in dit demo project met de verschillende gebouw en installatie configuraties is in dit project aangetoond dat er geen belemmering zijn in de praktische gebouwen en hun installaties om de CEO succesvol in te voeren. Zoals al eerder aangegeven in dit rapport kunnen nu gebouwen met veel meer zones in de CEO worden meegenomen. De schatting voor het markt potentieel voor de CEO wordt geschat dat circa 10.000 van de 80.000 utiliteitsgebouwen in Nederland geschikt zijn voor kosteneffectieve inzet van de CEO. Van een aantal specials staan vervolgens de energiebesparingsgrafieken zoals die nu uit de GUI komen gegeven. Te zien zijn de maandelijkse

energieverbruiken voor gas en elektra. Deze actuele waarden worden vergeleken met de historisch bekende waarden.



Figuur D 8. Energiegebruik F1E3. Special met convectoren. Duidelijk zichtbaar is de energiebesparing

Besparing overzicht

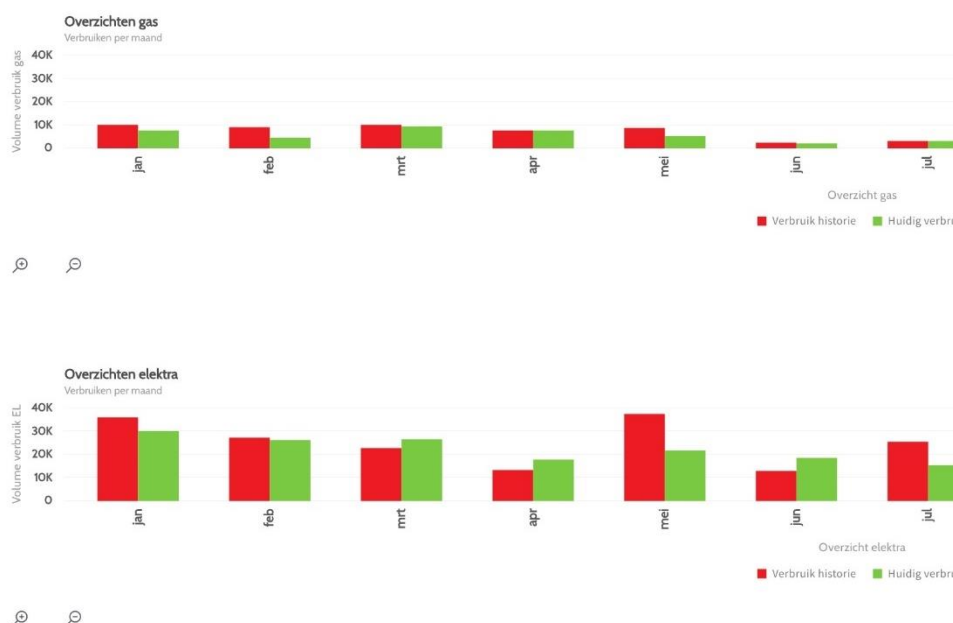
	Huidige verbruiken	Referentie verbruiken	Besparing in %	Besparing in euro's	CO2 besparing
Besparing elektra	58.278 kWh	56.191 kWh	-3,72%	€ -146,13	-1,36 ton
Besparing gas	79.297 m ³	109.153 m ³	27,35%	€ 15.823,85	55,23 ton
Besparing in GJ	2.720 GJ	3.657 GJ	25,63%	€ 15.677,72	53,98 ton



Besparing overzicht

	Huidige verbruiken	Referentie verbruiken	Besparing in %	Besparing in euro's	CO2 besparing
Besparing elektra	126.333 kWh	138.006 kWh	8,77%	€ 850,73	7,9 ton
Besparing gas	37.156 m ³	52.304 m ³	28,96%	€ 7.725,05	28,02 ton
Besparing in GJ	1.631 GJ	2.194 GJ	24,22%	€ 15.576,38	55,02 ton

Figuur D 9. F1C1. Complexe installatie, waarbij comfort en toepassing voorop staan. CEO werkt goed bij dit systeem



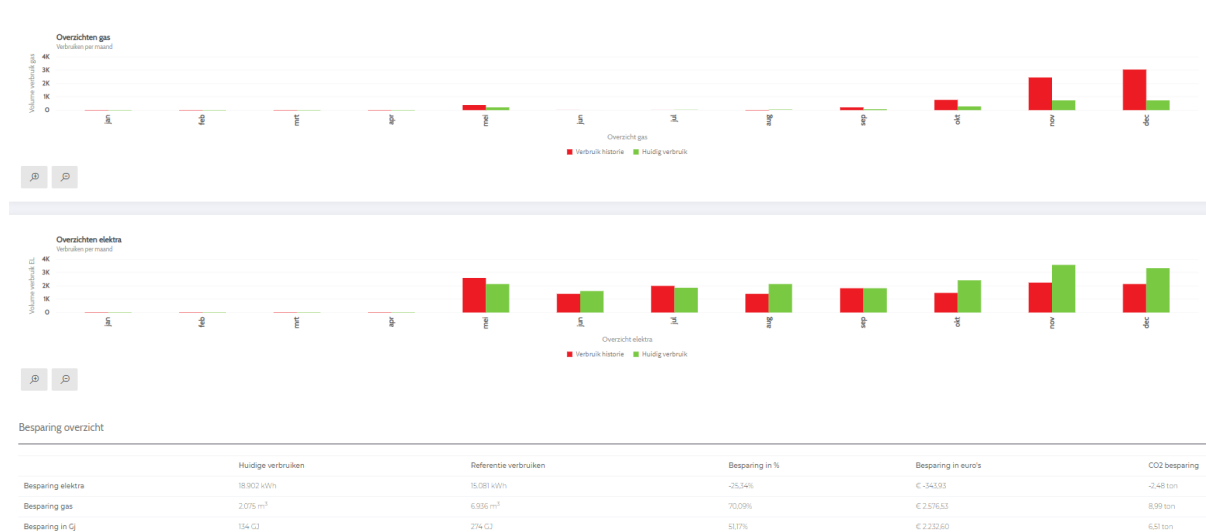
Besparing overzicht

	Huidige verbruiken	Referentie verbruiken	Besparing in %	Besparing in euro's	CO2 besparing
Besparing elektra	286.571 kWh	305.817 kWh	6,29%	€ 1.154,75	12,51 ton
Besparing gas	116.553 m ³	89.546 m ³	-30,16%	€ -14.043,73	-49,96 ton
Besparing in GJ	4.721 GJ	3.935 GJ	-19,96%	€ -12.888,98	-37,45 ton

Figuur D 10. Energiegebruik F1M4. Complexe installatie met alle mogelijke energiebronnen in het systeem. Duidelijk zichtbaar is de besparing van het gas gebruik.



Figuur D 11 F2C1, special met gas warmtepomp. Vergelijking huidig verbruik met de CEO en historisch verbruik. Besparingen zijn duidelijk zichtbaar



Figuur D 12. F2M3. Realisatie en historisch verbruik.

De CEO is aan de hand van de speciale projecten uitgebreid in de functionaliteit. Door de werking te demonstreren is het toepassingsgebied met betrekking tot gebouw en installatie nu sterk vergroot. Met groot vertrouwen kan de CEO nu toegepast worden bij allerlei complexe systemen en gebouwen.

Bijlage 4 Graaduren vergelijkings methode

De Cloud Energy Optimizer realiseert alleen besparing op het energieverbruik voor het klimatiseren van het gebouw. Op basis van gebruikscijfers voor de utiliteitsbouw uit het RVO rapport worden voor het gebouw, bouwjaar, bedrijfsvoering en sector de typische gemiddelde energie cijfers per BVO gehanteerd (zie Energie verbruik per functie” door Meijer Energie en milieumanagement , SenterNovem 2009 en CBS-rapport maart 2016 getiteld: “onderzoek beschrijving energiekentallen utiliteitsbouw”). Op deze wijze wordt berekend welk deel van het energiegebruik is toe te rekenen aan het klimatiseren en welk deel van het energiegebruik voor andere doeleinden gebruikt wordt. De energieprestatie vergelijking met een voorgaande periode vindt plaats op basis van de graaddagen methodiek. Dit is uitgelegd op

http://www.mindergas.nl/degree_days_calculation/explanation. Uitgangspunt zijn de opgegeven verbruiken versus de nieuwe verbruiken die gecorrigeerd worden volgens deze methodiek.

Het energiegebruik van een gebouw waar de CEO geplaatst wordt is bekend. Dit bestaat uit jaargebruikscijfers voor elektriciteit (dag- nacht), gas, stadsverwarming e.d.. Daarnaast is bekend welke opbrengst een PV systeem heeft, of er een WKO wordt toegepast, zon thermische systeem aanwezig is en of er gebruik wordt gemaakt van een warmtepomp

Teneinde de energiebehoefte voor verwarmen of koelen van een gebouw voor een reeks van jaren te kunnen vergelijken dient de temperatuur invloed van de omgeving geëlimineerd te worden. De energiebehoefte wordt berekend per graaduur, waarbij een correctie wordt toegepast voor het niet temperatuurgevoelige deel, het algemeen energiegebruik. Het resultaat wordt vermenigvuldigd met het 'normaal' aantal 'gewogen' graaduren voor het betreffende jaar en de betreffende geografische locatie. De lokale klimaatgegevens zijn meestal goed bekend. Indien dit niet het geval is wordt gebruik gemaakt van gegevens van een lokaal KNMI-weerstation.

De graaduren zijn gedefinieerd als het aantal fictieve uren dat de gemiddelde uurlijkse buitentemperatuur beneden de stookgrens (20°C) ligt.

Dit leidt tot een energiegebruik voor het gebouw voor klimatiseren voor een jaar. Gebruikmakend van de graaduren methode kan dit gebruik vertaald worden naar een lokaal standaard jaar. Op deze wijze wordt het genormaliseerde energiegebruik vastgesteld en de te bereiken genormaliseerde energiebesparing bij toepassen van de CEO. Zodoende wordt de besparing door inzet van de CEO inzichtelijk gemaakt.