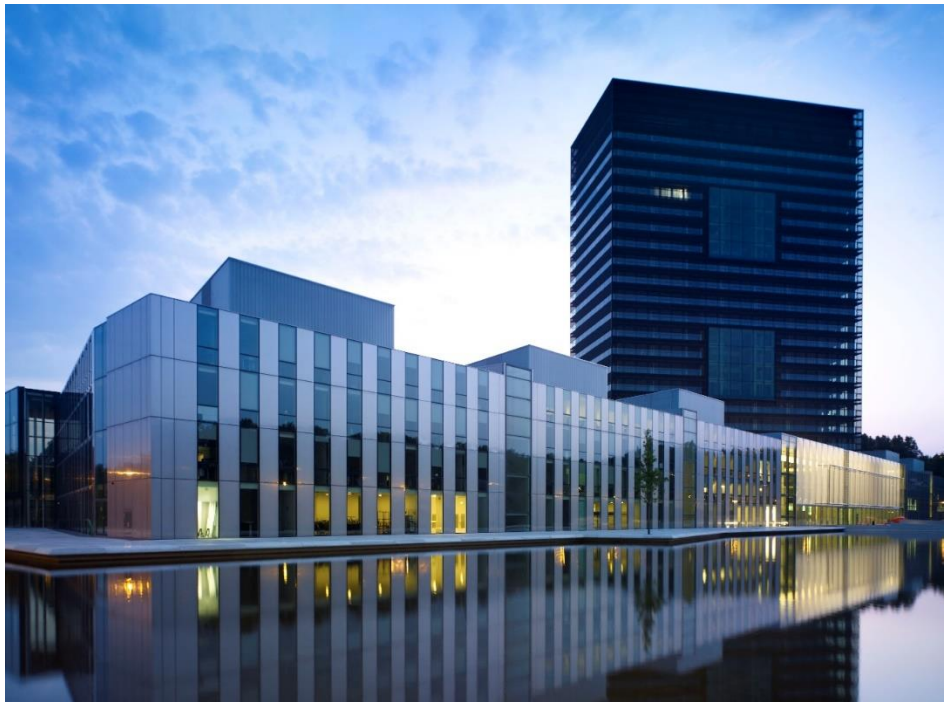




Onderzoek en vervangingsadvies

Westraven Utrecht

Versie : Definitief I 02.1
Datum : 30 juli 2020

Project : Westraven

Projectnummer : 5678

Opdrachtgever : Rijksvastgoedbedrijf

Contactpersoon : Roel Rentenaar

Postadres : Postbus 20952
Postcode & plaats : 2500 EZ DEN HAAG

361° Gezond Gebouw

Adviseur : ing. J.L.C. (John) klein Gebbinck

Auteur : ir. M.R. (Maarten) van Beek
ing. J.L.C. (John) klein Gebbinck
K. (Koen) Brandsma
P.R. (Prethvi) Manoharan MSc

Gecontroleerd door : ir. J.B.M. Schinkel

Geautoriseerd door : ing. H.G.J. Wienk

Voor akkoord opdrachtgever :

Samenvatting

Dit rapport vervangt het eerder opgestelde rapport van 26 maart 2019. Vanwege aanvullende vragen en onderzoeken is de oorspronkelijke informatie opnieuw beoordeeld. De doelstelling van het Rijksvastgoedbedrijf (RVB) met betrekking tot het gebouw Westraven is tweeledig. Aan de ene zijde is het doel om de functionaliteit van het gebouw te verbeteren. Aan de andere zijde is het doel om het gebouw te verduurzamen.

Door het intensieve gebruik en de vele (functionele) wijzigingen was er geen betrouwbaar beeld meer van de huidige conditie van het gebouw. Voordat het masterplan en de verduurzaming uitgevoerd kunnen worden, is het eerst van belang inzicht te krijgen in de bestaande situatie. Op basis van technische inspecties, prestatiemetingen en gebouwsimulaties is een beeld gevormd. Hieruit komen de volgende zaken naar voren:

- Het gebouw verkeert in redelijke tot matige technische staat;
- Voor de komende 15 jaar zijn er drie grote vervangingsmomenten, waarin het merendeel van de klimaat- en verlichtingsinstallaties vervangen moeten worden;
- Het opgestelde opwekkingsvermogen voor verwarming en koeling heeft voldoende capaciteit, waarbij de secundaire opwekkers nog voor een klein aandeel moeten bijstoken of –koelen;
- Op basis van de debietmetingen is vastgesteld dat het afgiftevermogen voor verwarming en koeling van de hoogbouw en deels van de laagbouw niet voldoende is;
 - TRAJECT adviseert aanvullend onderzoek uit te voeren, om de oorzaak vast te stellen;
- Het thermisch comfort van Serre CDE voldoet niet aan de gestelde ATG-eisen. Om te kunnen voldoen is het noodzakelijk om de eis bij te stellen én is een aanvullend koelvermogen van circa 85 kW benodigd.

Het masterplan optimalisatie RWS behelst drie primaire aanpassingen: verbinding tussen Serre AB en Serre CDE, toepassing Flexibele Werkplek Rijk (FWR 0,7) en herindeling van enkele functies. De impact van het masterplan op de installaties is beoordeeld. Hieruit komen de volgende zaken naar voren:

- Door het masterplan neemt het elektrisch vermogen van het gebouw toe met circa 350kVA. Dit vermogen is ruimschoots aanwezig in de bestaande voedingsinstallatie;
- Door het masterplan neemt het benodigde ventilatievolume toe. Ondanks de lager gemeten luchtdebieten is er nog voldoende ventilatiecapaciteit beschikbaar;
 - Door de inbreiding verandert de indeling van het gebouw deels, waardoor er bij sommige ruimtes een tekort ontstaat. Dit moet wel aangepast worden;
- Door het masterplan nemen de benodigde verwarmingsvermogens met circa 10% en koelingsvermogen met circa 19% toe (berekend met DesignBuilder). Ondanks deze toename is er nog voldoende capaciteit beschikbaar;
 - Met betrekking tot de afgiftecapaciteit neemt het eerder benoemde tekort verder toe.

Rekening houdende met het verworven inzicht van de bestaande situatie en het voorgenomen masterplan zijn een strategie en scenario's met betrekking tot de verduurzaming opgesteld. Er is een uitgebreid onderzoek naar de effectiviteit van de verduurzamingsmaatregelen uitgevoerd. Hier wordt in drie stappen de verduurzaming omschreven op basis van de gestelde doelen: label A+, energieneutraal en nul-op-de-meter.

Hieruit wordt het volgende geadviseerd:

- In stap 1 kan met alleen toerenregeling op de circulatiepompen al een (fictief) label A+ worden behaald;
- In stap 2 zijn vijf scenario's beoordeeld:
 1. Middentemperatuur luchtwaterwarmtepompen;
 2. Thermische energie uit oppervlaktewater (TEO);
 3. Laagtemperatuur luchtwaterwarmtepompen;
 4. Triple glas;
 5. Geothermische bron in ESCo;
 - TRAJECT adviseert scenario 2 op basis van effectiviteit, netto contante waarde en materiaalgebruik. Scenario 1 betreft een goed alternatief.
- Stap 3 betreft duurzame opwekking van energie voor het hele gebouw inclusief gebruikersapparatuur. Het is, met het oog op het tijdspad, zeer opportuun om hiervoor al waarden of opwekkingstechnieken te benoemen.

Inhoud

1.	INLEIDING.....	7
1.1	Doelstelling	7
1.2	Vraagstelling.....	7
1.3	Leeswijzer.....	8
1.4	Documentatie	8
2.	ONDERZOEK BESTAANDE SITUATIE	10
2.1	Algemene toelichting gebouw	10
2.2	Revisiedossier.....	11
2.3	NEN 2767 Inspectie	12
2.4	Gebouwsimulaties	13
2.4.1	Installatiecapaciteit	15
2.4.2	Binnenklimaat Serre CDE	16
2.5	Prestatiemetingen.....	19
2.5.1	Koel- en verwarmingsinstallaties	19
2.5.2	Ventilatie-installaties	21
2.5.3	Metingen met betrekking tot WELL Building Standard	22
2.6	IJking.....	22
2.7	MJOB op basis van instandhouding	26
3.	ANALYSE IMPACT VAN MASTERPLAN OPTIMALISATIE	27
3.1	Algemene toelichting masterplan.....	27
3.2	Gevolgen voor elektrotechnische installatie	28
3.3	Gevolgen voor ventilatiecapaciteit	29
3.4	Gevolgen voor warmte- en koude-opwekking	31
3.4.1	Uitbreiding, Serre H	31
3.4.2	Inbreiding FWR 0,7 incl. serre H.....	32
4.	VERDUURZAMING	34
4.1	Doelstelling	34
4.1.1	Energiegebruik	34
4.1.2	Uitfasering R134a.....	35
4.1.3	Gasloos bouwen.....	35
4.1.4	Materiaalgebruik.....	35
4.2	Mogelijke maatregelen	35
4.3	Stap 1: Energielabel A+	39

4.4	Stap 2: E-nul gebouw	39
4.4.1	Basismaatregelen	40
4.4.2	Scenario 1 (middentemperatuur warmtepompen)	40
4.4.3	Scenario 2 (Thermische energie uit oppervlaktewater, TEO)	40
4.4.4	Scenario 3 (lage temperatuur warmtepompen)	41
4.4.5	Scenario 4 (verbetering thermische schil)	41
4.4.6	Scenario 5 (geothermische bron)	41
4.4.7	Vergelijking maatregelen	41
4.5	Stap 3: NOM-gebouw	44
4.6	MJOB op basis van verduurzaming	44
5.	CONCLUSIE	45
5.1	Bestaande situatie	45
5.2	Impact van het masterplan	45
5.3	Verduurzaming	45
6.	BIJLAGENLIJST	47

1. Inleiding

Door het intensieve gebruik en de vele wijzigingen in, onder andere, de installatie was er met betrekking tot het gebouwcomplex Westraven geen betrouwbaar inzicht in de huidige conditie van de installatie en het functioneren daarvan. Om de juiste afwegingen te maken bij het uitrollen van een duurzame ambitie en het masterplan conform de Flexibele Werkplek Rijk (FWR), is het van belang om een betrouwbaar inzicht te verkrijgen. Wanneer dit inzicht is verkregen, kan er op basis van betrouwbare gegevens geadviseerd worden over de prestaties en condities zodat Westraven aan kan sluiten bij de steeds hogere eisen die gesteld worden aan de energieprestatie, een beter en schoner binnenklimaat én gezondheid voor de eindgebruikers.

In 2018 en 2019 is door TRAJECT een rapport opgesteld in opdracht van het Rijksvastgoedbedrijf, volgens inkoopordernummer 452900 en het bijbehorende inschrijfbiljet 15118, d.d. 30 mei 2018. Het project is binnen het Rijksvastgoedbedrijf bekend onder het projectnummer 15118 met omschrijving 'Nulmeting en vervangingsadvies voor object Westraven te Utrecht'.

Naar aanleiding van dit rapport zijn aanvullende vragen gesteld. Dit rapport behelst de bovenstaande opdracht en de volgende aanvullende opdrachten:

- *Inkoopordernummer 560388 en het bijbehorende inschrijfbiljet 15118, 23 september 2019.
Omschrijving: 'Masterplan Westraven opstellen van een TO berekening'*
- *Inkoopordernummer 568011 en het bijbehorende inschrijfbiljet 15118, 24 oktober 2019.
Omschrijving: 'TRAJECT advisering optimalisatie Westraven'*
- *Inkoopordernummer 568605 en het bijbehorende inschrijfbiljet 15118, 24 oktober 2019.
Omschrijving: 'Uitvoeren van waterzijdige metingen aan koel- en verwarmingssysteem'*

Doordat er door de aanvullende opdrachten meer inzicht is geworven in de staat en werking van het gebouw, vervangt dit document het eerder opgestelde rapport van 26 maart 2019.

Dit rapport betreft de definitieve versie van het voorlopige rapport "5678 rap 200117 MvB 01 Onderzoek en vervangingsadvies Westraven". Dit rapport bevat de aanpassingen naar aanleiding van de nota en opmerkingen van RVB omschreven in "5678 mem 200225 MvB 01 Reactie vragen 12-2-2020_reactie RVB_20201903".

1.1 Doelstelling

De doelstelling van het Rijksvastgoedbedrijf (RVB) met betrekking tot Westraven is tweeledig. Aan de ene zijde is het doel om de functionaliteit van het gebouw te verbeteren. Aan de andere zijde is het doel om het gebouw te verduurzamen. Hieronder zijn de doelen beknopt opgesomd:

- Functionaliteit
 - Intensiveren van het gebouwgebruik
 - Verbeteren van de verbinding tussen de drie hoofdbouwdelen
- Duurzaamheid
 - Bereiken van energielabel A+ in 2020
 - Bereiken van een energieneutraal gebouw in 2030
 - Bereiken van nul op de meter in 2050

1.2 Vraagstelling

Omdat de verbetering van de functionaliteit reeds is opgesteld in het masterplan, ligt de focus van dit rapport op het tweede doel; duurzaamheid. Hierbij is wel rekening gehouden met de uitgangspunten van het masterplan. De volgende vraagstelling en deelvragen zijn van toepassing op dit rapport:

"Hoe kan Rijksvastgoedbedrijf zo effectief mogelijk haar duurzaamheidsambities toepassen op het gebouw Westraven met in achtneming van de huidige staat van het pand en het reeds voorgenomen masterplan?"

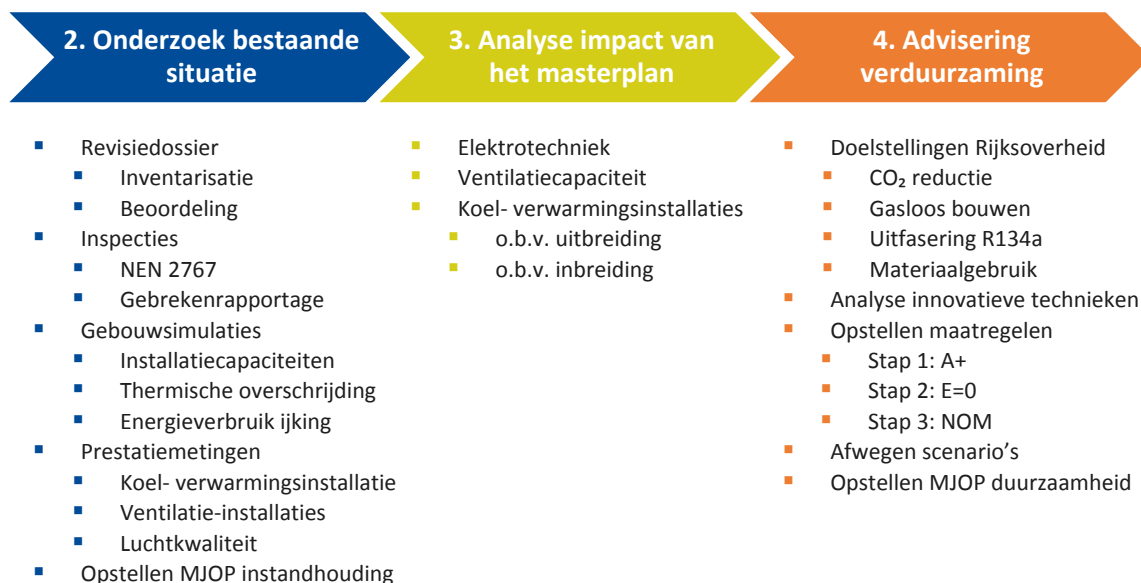
Deelvraag 1: “Wat is de huidige staat van Westraven?”

Deelvraag 2: “Wat is de impact van het voorgenomen masterplan?”

Deelvraag 3: “Welke duurzaamheidsmaatregelen zijn het effectiefst?”

1.3 Leeswijzer

Op basis van de omschreven deelvragen kan dit rapport worden opgedeeld in een inleiding, drie verdiepende hoofdstukken en een conclusie. De drie verdiepende hoofdstukken zijn in het onderstaande figuur weergegeven. Ieder hoofdstuk en paragraaf start met een korte toelichting van het onderwerp.



Figuur 1 Schematische weergave van opbouw rapport

1.4 Documentatie

Onderstaande documenten en rapporten liggen ten grondslag aan dit rapport:

- Rapport Rijkswaterstaat Westraven Utrecht, Onderzoek Energieneutraal, d.d. 8 mei 2018, met kenmerk 2017.1195.00.P001v2 (MNY|EBX), van DGMR
- Rapport Optimalisatie RWS Westraven, d.d. november 2017, van RVB
- Tenderdocumenten project 15118, d.d. mei 2018, van RVB
- Overzichten maandverbruik gas en elektra Westraven, periode 2014 tot en met 2019
- Tekeningen, schema's en documentatie via de Samenwerkruimte Rijksoverheid
- Gegevens WKO Westraven, inclusief gewijzigde beschikking Regionale Uitvoeringsdienst Provincie Utrecht, d.d. 17 september 2017

Inzicht in de onderhoudsplanning (bedragen en vervangingsjaren) van Kone van:

- De liftinstallatie hoogbouw (6 stuks)
- De liftinstallatie laagbouw (5 stuks)
- De goederenlift laagbouw bouwdeel C
- Het hefplatform laagbouw bouwdeel B
- De schaarheftafel expeditie
- De dockleveller expeditie
- De schaarheftafels laagbouw bouwdelen A en B (3 stuks)
- De gevelonderhoudsvoorziening hoogbouw

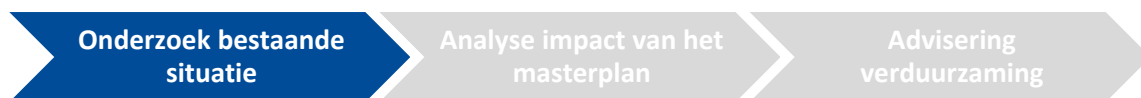
Overige:

- Overzicht van de status van handelingen, zoals verwoord in de MUP van 2013-2017
- Onderhoudscontract en onderhoud/inspectierapport no-breakinstallatie MER C1
- Onderhoudscontract en onderhoud/inspectierapport bliksembeveiligingsinstallatie
- Onderhoudscontract en onderhoud/inspectierapport intercominstallatie
- Onderhoudscontract en onderhoud/inspectierapport CCTV-installatie
- Onderhoudscontract en onderhoud/inspectierapport inbraakbeveiligingsinstallatie
- Onderhoudscontract en onderhoud/inspectierapport toegangscontrolesysteem
- SCIOS/STEK keuringsrapporten
- Onderhoudscontract Breijer Elektrotechnisch
- Onderhoudscontract Breijer Werktuigbouwkundig
- Onderhoudscontract Parkstad voor de 5-jaarlijkse NEN3140 inspectie

De navolgende gegevens zijn door het RVB ten tijde van het opstellen van de rapportage nog niet beschikbaar gesteld.

- Hoeveelheden materialen en componenten

2. Onderzoek bestaande situatie



Ten behoeve van het rapport is de huidige staat van het gebouw onderzocht. Hierbij zijn de besteks- en revisietekening beoordeeld, technische inspecties uitgevoerd, prestatiemetingen uitgevoerd en gebouwsimulaties opgesteld. Dit hoofdstuk schetst een beeld van de huidige toestand van het gebouw.

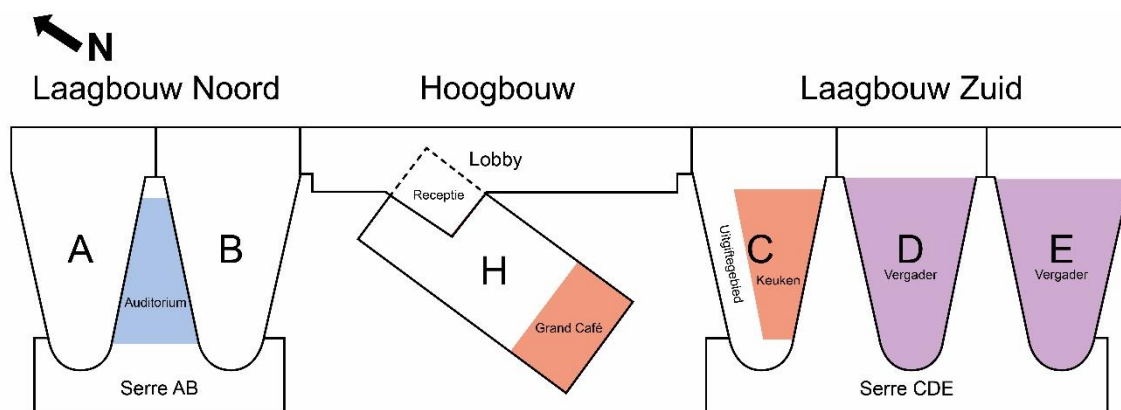
2.1 Algemene toelichting gebouw

Bouwdelen

Het gebouw Westraven bestaat uit drie hoofdbouwdelen: een hoogbouwdeel en twee laagbouwdeelen. Verdiepingen worden geteld als bouwlagen. Dus de begane grond is bouwlaag 1, de eerste verdieping is bouwlaag 2 enzovoort.

Het laagbouwdeel bestaat uit vijf 'vingers': vinger A, B, C, D, E waarbij A en B het noordelijke bouwdeel en C, D en E het zuidelijke bouwdeel opmaken. Alle vingers zijn ieder vier bouwlagen hoog en voorzien van een technische ruimte op de vijfde bouwlaag. Grenzend aan vingers A en B bevindt zich 'Serre AB' en grenzend aan vingers C, D en E bevindt zich 'Serre CDE'. Beide serres zijn ongeveer 13 meter hoog. In de serre tussen vingers A en B is op bouwlaag 1 het 'Auditorium' aanwezig. Op bouwlaag 1 van vinger C zijn de keuken en ondersteunende voorzieningen gesitueerd. Op bouwlaag 1 van vingers D en E is het vergader areaal gesitueerd.

Het hoogbouwdeel bestaat uit één toren: bouwdeel H. Deze toren is 22 bouwlagen hoog en voorzien van een technische ruimte op bouwlaag 23 en ketelhuis op bouwlaag 24. Aan de voorzijde van de toren is de 'Lobby' aanwezig. Deze verbindt de drie hoofdbouwdelen aan elkaar en vormt de entree van het gebouw. Op bouwlaag 1 van de toren zijn de receptie en het 'Grand Café' gesitueerd.



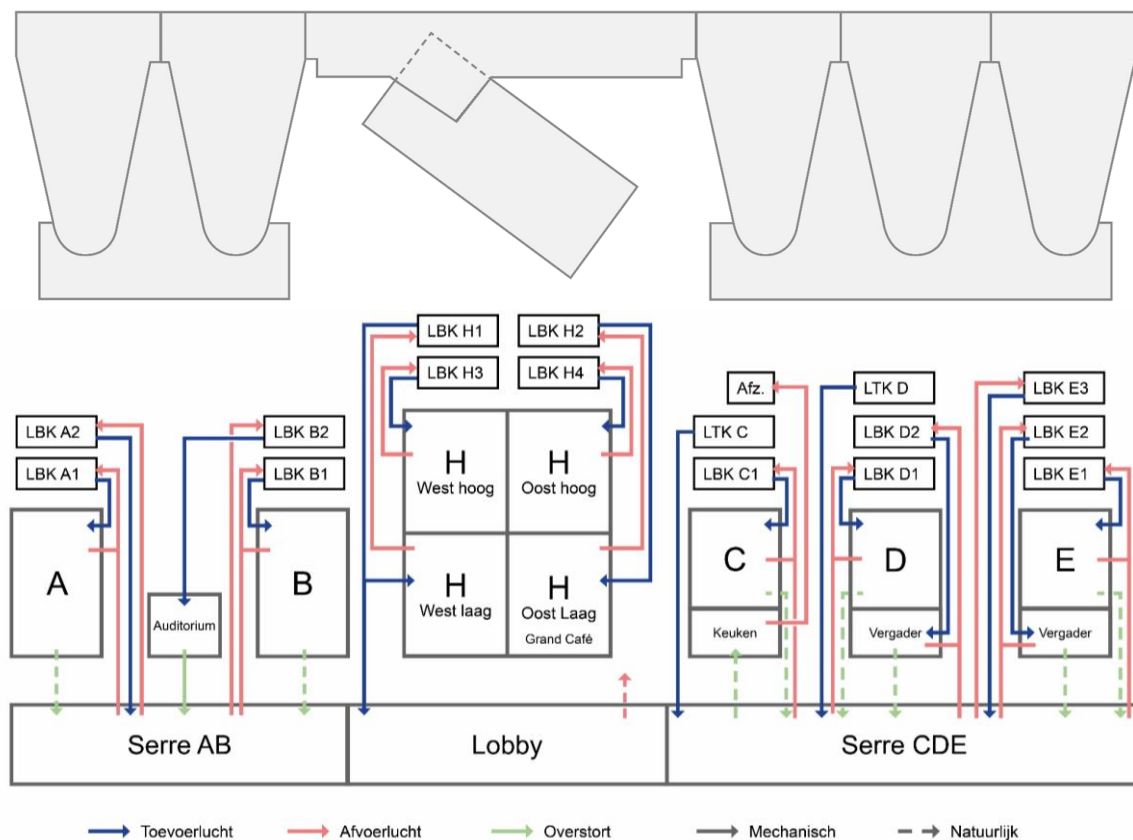
Figuur 2 Bouwdelen en structuur Westraven (schematische plattegrond van bouwlaag 1)

Installaties

Het gebouw is voorzien van een centraal vierpijpssysteem. Met dit systeem is het mogelijk om te koelen, te verwarmen of gelijktijdig te koelen én te verwarmen. Warmteopwekking vindt plaats door middel van WKO met warmtepompen en VR-ketels als bijstook. Koudeopwekking betreft WKO vrije koeling en warmtepompen voor actieve koeling. Bij een netto overschot aan warmte per jaar of bij een tekort aan bron opslagvermogen wordt de warmte via dry-coolers afgevoerd. Voor de warmte- en koudeafgifte zijn verschillende systemen aanwezig:

- **Laagbouw vingers incl. vergader:** betonkernactivering (verwarming+koeling) en naverwarmers in VAV;
- **Laagbouw serres AB en CDE:** gecombineerde vloerverwarming en -koeling en convectors;
- **Lobby:** vloerverwarming (geen koeling);
- **Auditorium:** centrale luchtverwarming en -koeling;
- **Hoogbouw:** klimaatplafonds (verwarming + koeling) en convectors.

De ventilatie van het gebouw bestaat uit 14 luchtbehandelingskasten, 2 luchttoevoerkasten 1 centrale afzuigunit (t.b.v. keuken) en diverse decentrale afzuigunits (t.b.v. toiletten). Alle toevoerunits (LTK's) zijn voorzien van een verwarmings- en koelingsbatterij. Alle gebalanceerde kasten (LBK's) zijn ook voorzien van WTW door middel van een warmtewiel of een twincoilsysteem. De luchttoevoerkasten en afzuigunits zijn niet voorzien van warmteterugwinning. Figuur 3 illustreert de verschillende kasten per zone.



Figuur 3 Schematische weergave van ventilatiesystemen in het gebouw

2.2 Revisiedossier

Van de installaties zijn zowel bestekstekeningen als revisietekeningen aanwezig. Wat opvalt is dat, met name van de elektrotechnische installaties, niet of nauwelijks principeschema's of blokschema's aanwezig zijn. Iets wat wel verwacht wordt bij een complex van deze omvang. Van de voedingsinstallatie, brandmeld- en ontruimingsinstallatie zijn alleen blokschema's uit de bestekfase aanwezig. Dit betekent dat er mogelijk geen accurate weergave van de huidige installatie voor handen is. Op het blokschema van de voedingsinstallatie ontbreken een aantal aangetroffen verdeelinrichtingen. Van de lichtschakeling is geen schema aanwezig. Dit maakt dat de opbouw van deze installaties niet geheel duidelijk is.

Bij de verdeelinrichtingen zijn over het algemeen installatieschema's aanwezig, waarop handmatig de wijzigingen zijn aangegeven. Dit geldt echter niet voor alle verdeelinrichtingen:

- Bij de hoofdverdeelinrichtingen op de begane grond is in het geheel geen tekening aanwezig;
- Revisietekeningen van de data-installatie zijn niet digitaal beschikbaar.

2.3 NEN 2767 Inspectie

Op 14, 15 en 20 augustus 2018 zijn de inspecties uitgevoerd conform de NEN2767, dit is een visuele inspectie en is de norm voor het uitvoeren van een conditiemeting. Contactpersoon bij Rijkswaterstaat ter plaatse was de heer T. Kolk. Nagenoeg alle ruimten waren toegankelijk voor inspectie. Zie voor een uitgebreide toelichting op de norm Bijlage 1.

De opname behelst:

- Bij de visuele inspecties zijn de installatiecomponenten boven het plafond en onder vloeren (bijvoorbeeld VAV-boxen) niet opgenomen;
- In maart 2018 zijn er door derden (BOEI) inspecties uitgevoerd van de gevel en de constructiedelen. De resultaten van deze inspecties zijn meegenomen in de MJOP. Deze onderdelen zijn niet opnieuw geïnspecteerd;
- De ICT-apparatuur valt buiten de scope van de inspecties;
- De audiovisuele installatie (centrale apparatuur, speakers en beamer) valt buiten de scope van het project en de inspecties;
- Van een aantal installatiedelen mag voor het bepalen van de conditie niet het gebrek "verval" worden toegepast. Dit betekent dat veroudering niet als gebrek wordt gezien. De conditie van deze delen wordt derhalve alleen bepaald door de aangetroffen gebreken.

Het resultaat van de inspectie is terug te vinden in Bijlage 2 en de fotorapportage is terug te vinden in Bijlage 3.1 t/m 3.6. De installaties en het bouwkundige deel verkeren over het algemeen in een redelijke tot matige conditie. In de onderstaande paragrafen zijn de aandachtspunten voor de hoog- en laagbouw van het complex kort opgesomd.

Bouwkundig

Uit de NEN 2767 inspecties zijn er bouwkundige gebreken gevonden, namelijk:

- De coating van de staalconstructie op het dak en de gevelbekleding zijn dof uitgeslagen door weersinvloeden, hier is een verminderde dekking ontstaan;
- Bij de rvs-gevelpanelen ter plaatse van de laagbouw is vervuiling/verwering zichtbaar, ontstaan door weersinvloeden;
- Het teflon gecoat glasvezeldoek vertoont deels slijtage en scheurvorming door veroudering en weersinvloeden, ter plaatse van de overkapping van het terras is deze reeds verwijderd;
- Er is corrosie bij enkele stalen gevelkozijnen geconstateerd en ze zijn dof uitgeslagen;
- Bij de gevels ter plaatse van de dakopbouw van de technische ruimten bij de gebouwvleugels, is een breuk in het paneel van het Pilkington profielglas aangetroffen en de voegafdichting bij het aluminium profiel is in een slechte conditie;
- Bij de glazen lichtstraten op het dak van de laagbouw zijn de kitvoegen en afdichtingsprofielen hier en daar verouderd, deze dienen nagelopen te worden om lekkages te voorkomen;
- Bij de goten tussen de lichtstraten zijn diverse hemelwaterafvoeren beschadigd.

W-installaties

Uit de NEN 2767 inspecties is voor de W-installaties een normaal verval geconstateerd. In principe is het volgende van toepassing:

- Bij lokale installaties zoals elektrische boilers is het verval tussen de 75% en 87,5%. Deze installaties zijn in het MJOP voor vervangen meegenomen rond 2022;
- Bij centrale installaties zoals warmteopwekeenheden en de klimaatregeling is het verval tussen de 50% en 75%, Deze installaties zijn in het MJOP voor vervangen meegenomen rond 2027;
- Bij de centrale warmtepompen is een verval tussen de 75% en 87,5%. Deze installatie is in het MJOP voor vervangen meegenomen rond 2022.

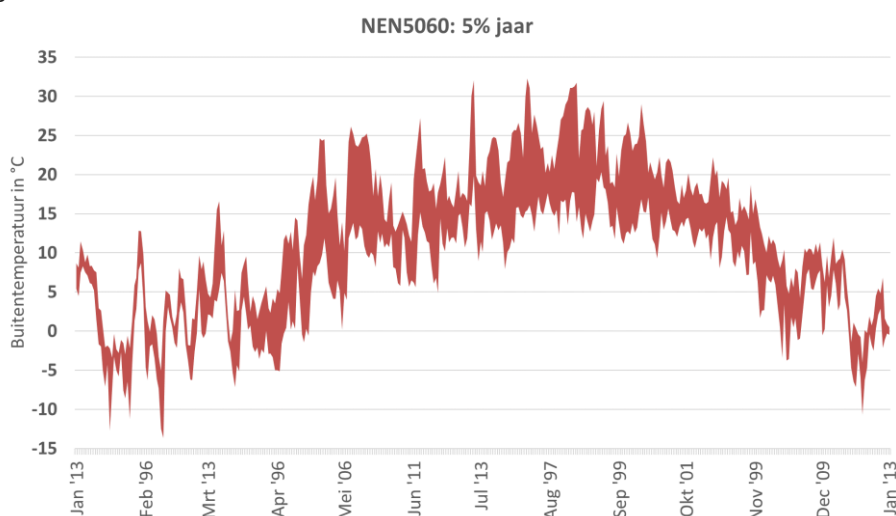
E-installaties

- Bij de bliksembeveiliging is een leiding onderbroken (koppeling daknet is los) en zijn er beschadigde/ontbrekende bevestigingsmiddelen;
- Het bedienings- en signaleringpaneel van de hoogbouw functioneert niet naar behoren. Bedieningen werken niet en een groot aantal lampjes zijn defect;
- Deurcontacten zijn niet uitgelijnd als gevolg van een beschadigde deur;
- Meerdere kleine gebreken als loshangende kabeldoos, ontbrekende klapdeksel van de WCD in de keuken, loshangende kabels naast verdeelinrichting, ontbrekend afdekraam van een bewegingssensor sanitaire ruimte en afscherming verlichtingsarmatuur is los;
- Afschermkap ontbreekt of sluit niet goed aan bij noodverlichtingsarmatuur;
- LED-lijn gevel afscherming is plaatselijk open waardoor er water in het armatuur aanwezig is, ook is er corrosie op kasten van LED-verlichting aan de gevel.

2.4 Gebouwsimulaties

Ten behoeve van deze rapportage zijn eind 2019, in aanvulling op de EPC-berekeningen, energiesimulaties van het gebouw gemaakt. Deze hebben als doel om het binnenklimaat en de installatiecapaciteit nauwkeuriger te beoordelen. De EPC-software is hier namelijk niet geschikt voor. De gebruikte simulatiesoftware betreft Designbuilder versie 6.1.0.6 en door middel van de software Energy Assessor Plus is de simulatie gecontroleerd. Zie Bijlage 4.1 voor een gedetailleerd overzicht van de simulaties.

Het toegepaste klimaatjaar voor de simulaties is NEN5060 5%. Dit is een samengesteld jaar op basis van maanden uit verschillende jaren tussen 1996 en 2013, zie figuur 4. Het NEN5060 5% klimaatjaar komt gemiddeld eens in de 20 jaar voor en behelst een bovengemiddelde warme zomer en koude winter, maar geen extreem weer.

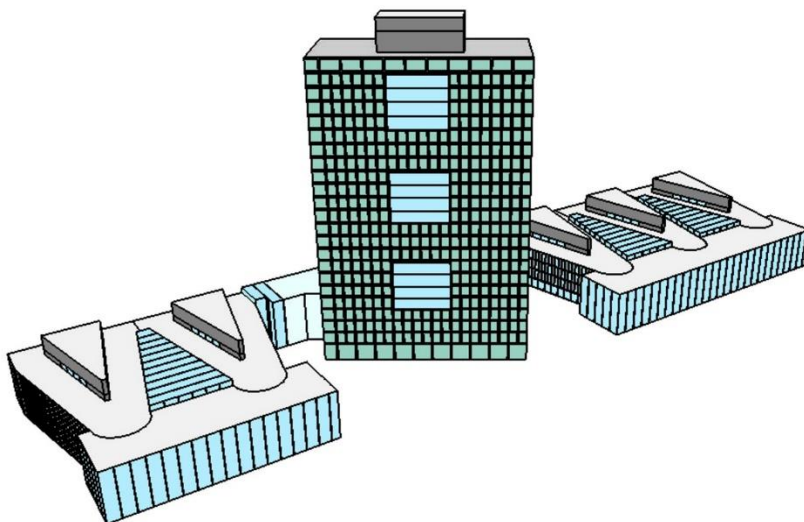


Figuur 4 Visualisatie NEN5060 5% jaar. Oppervlakte geeft maximale en minimale temperatuur per dag weer

Voor het bepalen van de benodigde installatiecapaciteit is een simulatie opgesteld in DesignBuilder. Hiervoor is het gehele gebouw gesimuleerd met de huidige thermische schil, afgiftesystemen, ventilatieprincipes, bezettingsgraden, klimaatzones en regelsystemen:

Thermische schil:

■ Dichte geveldelen:	Rc: 3,0 m ² K/W
■ Binnengevels en -vloeren aan serres/lobby:	Rc: 1,5 m ² K/W
■ Daken:	Rc: 3,0 m ² K/W (nieuwbouw 8,0 m ² K/W)
■ Algemeen HR++ glas:	U: 1,6 W/m ² K en g: 0,30
■ HR++ glas met vliesnet (toren):	U: 1,6 W/m ² K en g: 0,20
■ Regalite gevel/dak lobby:	U: 2,8 W/m ² K en g: 0,75
■ Binnenramen aan serre/lobby:	U: 2,8 W/m ² K en g: 0,60
■ Ramen van receptie:	U: 4,1 W/m ² K en g: 0,80
■ Draaipanelen:	U: 1,0 W/m ² K en g: 0,00



Figuur 5 Weergaven constructiedelen simulatie

Afgiftesystemen en ventilatieprincipes / -hoeveelheden

- Afgiftesystemen zoals beschreven in hoofdstuk 2.2
- Ventilatieprincipes en hoeveelheden op basis van aangeleverde principeschema's

Bezetting

Inschatting van de bezetting is op basis van het bezettingsonderzoek opgesteld. De ingevoerde relatieve bezetting is weergegeven in figuur 6 (afhankelijk van het FWTE-scenario is de absolute bezetting per simulatie aangepast):

Maandag t/m donderdag	Kantoren en vergaderruimten ¹	Serre CDE en kantine	Algemene ruimtes	Totaal
8:00 - 9:00	25%	5%	15%	45%
9:00 - 10:00	50%	10%	10%	70%
10:00 - 12:00	75%	20%	5%	100%
12:00 - 14:00	45%	50%	5%	100%
14:00 - 17:00	75%	20%	5%	100%
17:00 - 18:00	50%	10%	15%	75%
18:00 - 19:00	25%	0%	15%	40%
Vrijdag				
8:00 - 9:00	15%	2%	1%	18%
9:00 - 10:00	30%	2%	2%	34%
10:00 - 12:00	35%	5%	2%	42%
12:00 - 14:00	20%	20%	2%	42%
14:00 - 17:00	15%	5%	2%	22%
17:00 - 18:00	5%	5%	1%	11%
18:00 - 19:00	1%	0%	1%	2%

Figuur 6 Aangenomen relatieve bezetting per primaire zone. Ingevoerd in DesignBuilder

Klimaatzones en regelsystemen

Voor klimaatzones en regelsystemen zijn de volgende gewenste binnentemperaturen aangehouden. Dit is in lijn met de beschrijving van het aangeleverde regelschema. Het betreft een aanname dat de regelschema's nog overeenkomen met de werkelijke situatie. Bij voldoende verwarmings- en koelingsvermogen resulteert dit in een klimaatklasse B of C.

Regelsysteem:		Minimaal		Maximaal	
Zone	Binnen/buiten gebruiksuren:	buiten	binnen	binnen	buiten
Kantoren, vergaderruimten en algemeen		17°C	22°C	23°C	26°C
Serres, kantine en auditorium		17°C	22°C	24°C	26°C
Lobby		10°C	10°C	n.v.t.	n.v.t.

Figuur 7 Temperatuurgrenzen in DesignBuilder op basis van regelschema

2.4.1 Installatiecapaciteit

Op dit moment staat in totaal 2.920kW aan verwarmingsvermogen opgesteld (twee warmtepompen van 565kW en twee gasgestookte ketels van 895kW). Er staat in totaal 3.600kW aan koelvermogen opgesteld (twee koude bronnen van elk 900kW en de twee warmtepompen in koelbedrijf, ieder 900kW).

Het door de energiesoftware gesimuleerde benodigde nominale vermogen voor het verwarmingssysteem in de huidige situatie bedraagt circa 1.900kW (gemeten op simulatiedag 9 februari). Het vermogen voor het koelsysteem bedraagt circa 2.480kW (gemeten op simulatiedag 28 juni). Figuur 8 en 9 geven de resultaten van de simulatie weer.

¹ In de simulatie is uitgegaan van een gelijke bezetting per vierkante meter over de diverse gebouwdelen

Klimaatzone	Verwarmingsvermogen	Koelvermogen
Vinger A	75,9 kW	138,7 kW
Vinger B	79,0 kW	149,3 kW
Vinger C	60,0 kW	135,0 kW
Vinger C keuken	26,8 kW	40,7 kW
Vinger D	52,3 kW	133,0 kW
Vinger D vergaderruimte	14,7 kW	33,1 kW
Vinger E	59,4 kW	132,9 kW
Vinger E vergaderruimte	16,7 kW	31,1 kW
Toren H inclusief Grand Café	744,4 kW	1369,9 kW
Serre AB	137,0 kW	97,7 kW
Serre CDE	395,6 kW	206,4 ² kW
Auditorium	35,1 kW	12,1 kW
Lobby	203,1 kW	n.v.t.
Totaal:	1.900 kW	2.480 kW

Figuur 8 Resultaten benodigde vermogen volgens energiesimulatie

	Totaal	Primaire opwekker	Secundaire opwekker
Verwarmingsinstallaties	Opwekvermogen	WP-vermogen	VR-ketel-vermogen
Benodigd	1.900 kW	1.130 kW	770 kW
Opgesteld	2.920 kW	1.130 kW	1.790 kW
Resterend	1.020 kW	0 kW	1.020 kW
Koelinstallaties	Opwekvermogen	Bronvermogen ³	WP-vermogen
Benodigd	2.480 kW	1.800 kW	680 kW
Opgesteld	3.600 kW	1.800 kW	1.800 kW
Resterend	880 kW	0 kW	880 kW

Figuur 9 Installatievermogens huidige situatie

2.4.2 Binnenklimaat Serre CDE

Op basis van klachten vanuit de gebruikers is er ter plaatse van Serre CDE een optimalisatie van het binnenklimaat nodig. De serre wordt intensief benut door het restaurant wat grote pieken in koellast met zich meebrengt. Voor Serre CDE is een thermische overschrijdingsberekening uitgevoerd om inzichtelijk te maken of de huidige installaties volstaan.

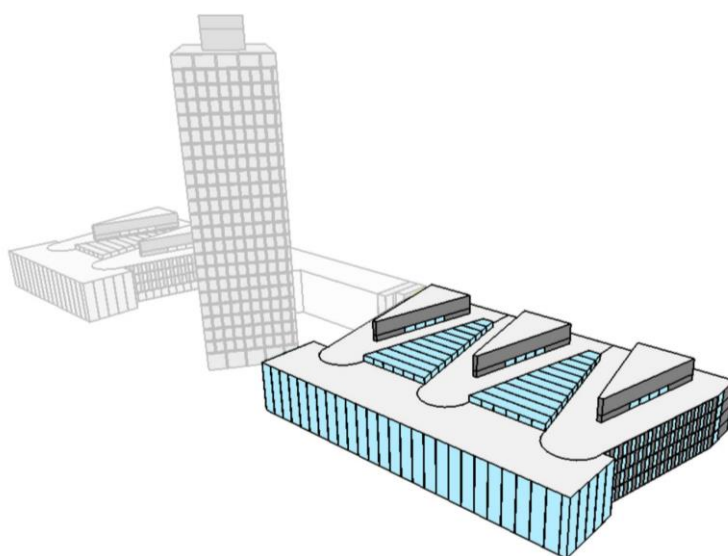
De simulatie is conform de ISSO 74 uitgevoerd, gebruikmakend van ATG-waarden (adaptieve temperatuur grenswaarde). Dit betekent dat de geaccepteerde operationele binnentemperaturen worden gedefinieerd door middel van de gewogen gemiddelde buitentemperatuur. De doelstelling voor Serre CDE is minimaal klimaatklasse C.

² Bepaald op basis van ATG-berekeningen zie hoofdstuk 2.4.2

³ Het bronvermogen is mede afhankelijk van het voorgaande stookseizoen waarin de koude is geladen. Er is hier uitgegaan van een optimale benutting.

Voor de simulatie zijn de installaties en het regelschema zo gedetailleerd mogelijk ingevoerd. De volgende uitgangspunten zijn relevant voor deze thermische overschrijdingsberekening:

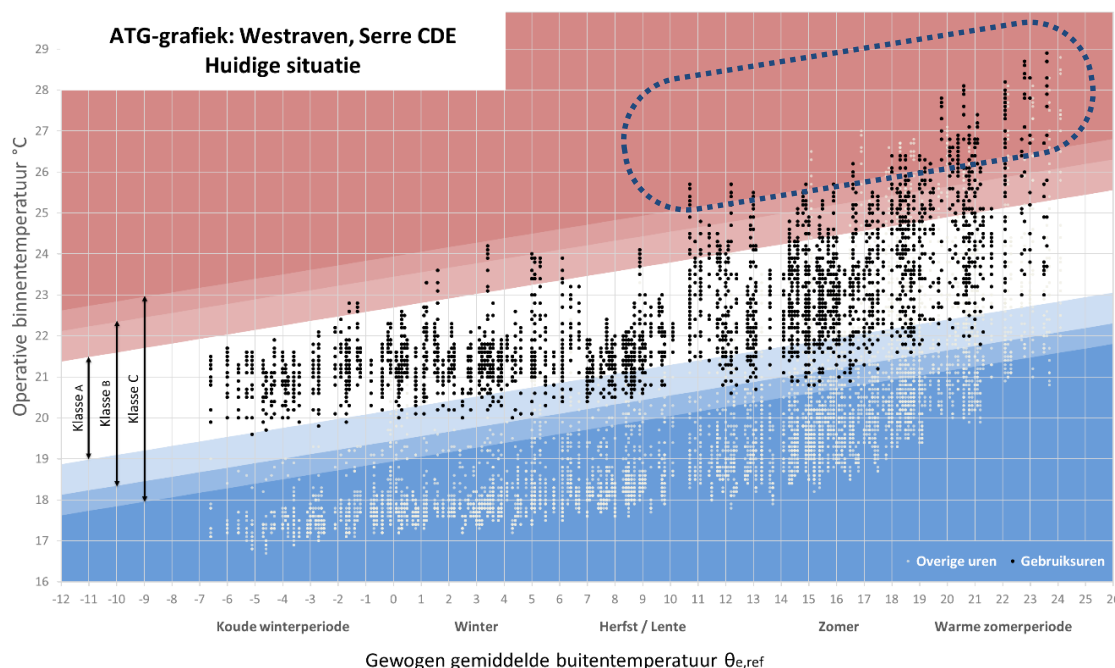
- Ventilatie toevoer is deels direct en deels via overstort vanaf de kantoren. In de simulatie is een gewogen gemiddelde genomen voor de aanvoertemperatuur;
- De huidige afgiftevermogen is circa 120kW, verdeeld over vloerkoeling (40kW), invoer gekoelde lucht (60kW) en overstortlucht vanuit de kantoren (20kW);
- Zonwering hangt aan de binnenzijde, maar de oorspronkelijke 'spouwventilatie' tussen het glas en de zonwering is niet langer actief. Reflectiefactor van zonwering is aangenomen op 50%;
- Natuurlijke ventilatie is geregeld op de binnentemperatuur. Wanneer de binnentemperatuur toeneemt, gaan in drie stappen de klepramen open. Er is geen maximum buitentemperatuur in het regelschema opgenomen;
- Om de simulatiesnelheid te bevorderen, zijn alleen de Serre CDE en aangrenzende vingers (C, D en E) gedetailleerd gesimuleerd voor deze simulatie. De rest van het gebouw heeft zeer beperkt invloed op de serre. Zie figuur 10;
- De gesimuleerde binnentemperatuur betreft de operationele temperatuur op gebruikshoogte. Hierbij is gebruik gemaakt van een 3-niveau-bepaling: op hoogte 0,2m, 1,6m en de lucht tot 13m.



Figuur 10 Scope van simulatie Serre CDE (gekleurde deel is meegenomen)

Figuur 11 geeft het resultaat van de simulatie weer. De huidige situatie voldoet niet aan de doelstelling van klimaatklasse C. Er zijn 136 gebruiksuren (4,4%) met een overschrijding van de ATG-grenzen, zie het blauw omcirkelde gedeelte. Dit komt voornamelijk in de warme zomerperiode en op zonnige lentedagen voor. Een aantal oorzaken dragen bij aan de thermische overschrijding:

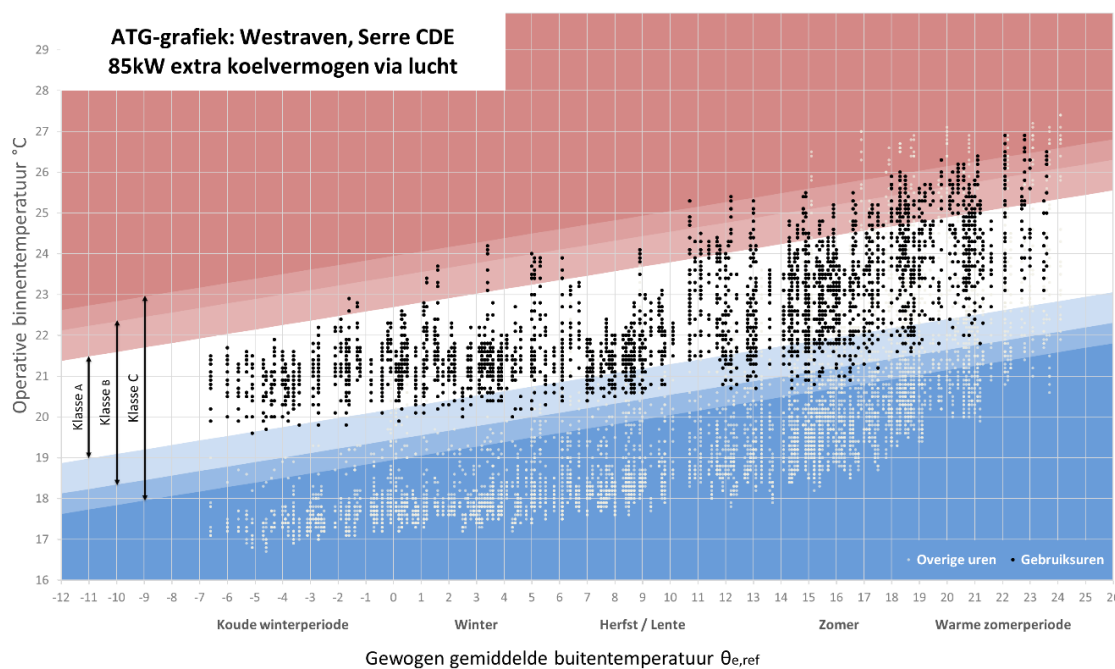
- Serre CDE is voorzien van circa 1.000m² glasoppervlak op het zuidwesten, circa 200m² op het zuidoosten en circa 700m² op het dak. Dit is erg veel glas met een ongunstige oriëntatie en resulteert daardoor in erg veel zonnearmte die in de zomer de serre binnen treedt;
- Alle zonwering bevindt zich aan de binnenzijde (veel minder effectief dan de buitenzijde);
- Volgens het regelschema wordt natuurlijke ventilatie alleen op basis van binnentemperatuur geregeld. Hierdoor komt het voor dat hete buitenlucht onbehandeld naar binnen komt terwijl het binnen koeler is;
- Er is te weinig afgiftedcapaciteit ten behoeve van koeling beschikbaar.



Figuur 11 ATG-grafiek huidige situatie Serre CDE. (Thermische overschrijding in blauwe omcirkeling)

Om de thermische overschrijding te reduceren, moet de afgiftecapaciteit van de koeling aanzienlijk toenemen. Met name de hoogste overschrijdingsuren vereisen exponentieel meer vermogen om binnen de doelstellingsgrenzen te krijgen. Voor de simulatie wordt daarom een overschrijding van minder dan 1% voorgesteld.

Om het benodigde koelvermogen te bepalen, zijn meerdere simulaties uitgevoerd. Hierbij is de regeling van de natuurlijke ventilatie aangepast (niet langer meer open bij een hogere buitentemperatuur dan binnentemperatuur) en is het koelvermogen stapsgewijs verhoogd. Het gebruik van zonwering is niet aangepast in deze simulaties. In figuur 12 is het resultaat onder de 1% overschrijding weergegeven.



Figuur 12 ATG-grafiek met 85kW aanvullend koelvermogen met minder dan 1% overschrijding

Bij een aanvullend koelvermogen van circa 85kW resteren er nog 20 overschrijdingsuren (0,6%). Dit is te realiseren met een extra LBK (eventueel voorzien van recirculatie) of door middel van het vervangen van de huidige vloerconvectors door fancoilunits die deze hoeveelheid lucht gekoeld recirculeren. Het toepassen van buitenzonwering is effectiever ten aanzien van de doelstelling energieneutraalgebouw, maar is als op zichzelf staande maatregel onvoldoende en vergt dus alsnog een aanvullend afgiftevermogen van circa 30kW. Daarom raadt TRAJECT deze maatregel, op het gebied van investeringskosten/effectiviteit, af.

2.5 Prestatiemetingen

2.5.1 Koel- en verwarmingsinstallaties

WKO:

In 2017 zijn metingen uitgevoerd door RUD Utrecht met betrekking tot het gebruik van de WKO, zie bijlage 5. In dit jaar is circa 1.211 MWh_{th} koude en 1.249 MWh_{th} warmte geleverd door de bronnen. Hieruit is op te maken dat het systeem in 2017 een redelijk gebalanceerde afname had. Echter het aantal vollasturen voor koeling is hiermee circa 672 uur. Dit is meer dan de verwachte 400 vollasturen, zoals gebruikelijk voor dit type kantoor (gebaseerd op vuistregel).

Distributie / afgifte:

Eind 2019 zijn waterzijdige metingen op locatie uitgevoerd met betrekking tot de prestaties van het distributiesysteem. Per afsluiter op elke verdieping is in elke kantoorzone beoordeeld wat het debiet en drukverschil is. In bijlage 6 en bijlage 7.1 t/m 7.7 zijn de rapportages van de metingen toegevoegd.

Op basis van de ontwerptemperaturen en de debieten zijn de vermogens voor verwarming en koeling berekend, zie bijlage 8. Onderstaande tabellen (figuur 13 en 14) vatten per bouwdeel en per verdieping de beschikbare vermogens van alle afgiftesystemen (inclusief voorverwarmde en -gekoelde lucht) samen.

Op basis van de resultaten van de vermogensberekening in DesignBuilder, inclusief veiligheidsfactor (25%), wordt aangehouden dat een afgiftevermogen in de laagbouw van minder dan 35 W/m² verwarming en minder dan 45 W/m² koeling onvoldoende is voor dit gebouw.

Laagbouw		Verwarming		Koeling	
Zone	GBO m ²	kW	W/m ²	kW	W/m ²
A1	910	67,4	74	41,3	45
A2	890	64,5	72	38,2	43
A3	980	85,2	87	48,2	49
A4	890	98,7	111	49,7	56
Totaal A	3.670	316	86	178	48
B1	910	81,7	90	46,0	51
B2	890	83,3	94	46,0	52
B3	980	70,3	72	35,9	37
B4	890	81,9	92	42,9	48
Totaal B	3.670	325	89	171	47
C1	590	49,9	85	30,3	51
C2	980	51,6	53	35,3	36
C3	980	55,8	57	34,9	36
C4	890	43,7	49	29,0	33
Totaal C	3.440	193	56	122	36
D1	930	70,5	76	41,3	44
D2	900	72,1	80	46,2	51
D3	990	48,6	49	35,0	35
D4	900	60,2	67	36,0	40
Totaal D	3.720	251	67	157	42
E1	910	69,7	77	41,3	45
E2	890	55,3	62	46,0	52
E3	980	54,2	55	43,1	44
E4	890	55,8	63	40,5	46
Totaal E	3.670	232	63	171	47

Figuur 13 Gemeten distributie en afgiftevermogens van kantoorzones laagbouw. In rood zijn tekorten weergegeven

Met betrekking tot de laagbouw komt uit de debietmetingen naar voren dat er zeer grote verschillen zijn tussen de vergelijkbare meetpunten van met name de betonkernactivering. Dit verschil loopt in sommige situaties op tot een factor 3 of 4. Hierdoor voldoen een aantal zones niet aan de benodigde verwarmings- en/of koelvermogen, zie de rode cijfers in de bovenstaande tabel. Met name het koelvermogen in bouwdeel C en D is aanzienlijk lager dan benodigd is.

Op basis van de resultaten van de vermogensberekening in DesignBuilder, inclusief veiligheidsfactor (25%), wordt aangehouden dat een afgiftevermogen in de hoogbouw van minder dan 45 W/m² verwarming en minder dan 55 W/m² koeling onvoldoende is.

Hoogbouw		Verwarming		Koeling	
Zone	GBO m ²	kW	W/m ²	kW	W/m ²
H1	940	37,4	40	31,7	34
H2	1.150	48,0	42	30,9	27
H3	1.150	52,7	46	33,2	29
H4	1.150	44,7	39	28,7	25
H5	1.160	46,7	40	30,9	27
H6	1.120	53,8	48	29,5	26
H7	1.120	49,7	44	30,3	27
H8	1.130	56,7	50	29,2	26
H9	1.120	64,4	57	27,9	25
H10	1.120	54,0	48	27,2	24
H11	1.120	39,9	36	25,6	23
H12	1.160	32,8	28	28,8	25
H13	1.120	53,4	48	21,6	19
H14	1.120	56,7	51	25,3	23
H15	1.120	48,7	43	21,2	19
H16	1.160	73,6	63	28,4	24
H17	1.120	48,8	44	20,6	18
H18	1.120	54,5	49	18,0	16
H19	1.130	59,0	52	20,9	19
H20	1.120	79,4	71	31,3	28
H21	1.120	48,8	44	33,1	30
H22	1.120	46,1	41	33,7	30
Totaal H	24.690	1150	47	608	25

Figuur 14 Gemeten distributie en afgiftevermogens van kantoorzones hoogbouw. In rood zijn tekorten weergegeven

Met betrekking tot de hoogbouw komt uit de debietmetingen naar voren dat er zeer grote verschillen zijn tussen de vergelijkbare meetpunten van met name de klimaatplafonds. Dit verschil loopt in sommige situaties op tot een factor 5. Tevens komt uit de vermogensberekening naar voren dat het afgiftevermogen voor verwarming op circa de helft van de verdiepingen en voor koeling op elke verdieping te weinig is.

Op basis van de uitgevoerde debietmetingen kan de oorzaak van de verschillen en tekorten niet worden vastgesteld. Er wordt geadviseerd een aanvullend onderzoek te laten uitvoeren naar het huidige functioneren van het klimaatregelsysteem en de technische staat van het distributiesysteem inclusief kleppen en pompen.

Op basis van de simulaties en debietmetingen kan worden geconcludeerd dat de opwekkingsvermogens voldoende zijn, maar de warmte en koude niet voldoende kan worden afgegeven aan de ruimtes.

2.5.2 Ventilatie-installaties

In de periode van 30-07-2018 t/m 15-08-2018 heeft KTD Klimaatbeheersing een 0-meting uitgevoerd bij Westraven omtrent de luchtbehandeling. Deze metingen zijn opgenomen in bijlage 7.1 t/m 7.7, uit de metingen volgen de conclusies:

- De ventilatie-installaties in de huidige situatie in de laag- en hoogbouw functioneren niet naar behoren, omdat er grote verschillen onderling zijn in de hoofdbalans;
- De druk in de systemen is hoog, resulterend in een onnodig hoog energiegebruik van de ventilatoren. Het oplossen van de gesignaleerde gebreken levert een bijdrage, aan het terugdringen van het werkelijke energiegebruik;
- Het gemiddeld debiet is lager dan wat in het ontwerp is opgenomen. Gemiddeld is er per LBK een afname van 5% tot 20% gemeten. Dit is in lijn met het algemeen verval van de LBK's. In hoofdstuk 3.3 wordt hier verder op ingegaan;
- Van de luchtbehandelingskast toevoer west laagbouw en oost hoogbouw zijn de lagers van de ventilatoren versleten. Het is aan te bevelen om hier de lagers te vervangen.

2.5.3 Metingen met betrekking tot WELL Building Standard

In september 2018 zijn metingen met betrekking tot de luchtkwaliteit en verlichtingsniveaus uitgevoerd. Deze metingen zijn uitgevoerd conform de WELL Building Standard. Voor een gedetailleerd overzicht zie bijlage 9. Hieronder de bevindingen:

Luchtkwaliteit

Uit de kwaliteitsmetingen blijkt dat de luchtkwaliteit in kantoor Westraven meer dan voldoende is. De concentratie PM10 fijnstof, formaldehyde en totale vluchtige organische stoffen is in het gehele gebouw als laag te kwalificeren. Een verdere verbetering van de luchtkwaliteit, door bijvoorbeeld de concentratie PM2,5 fijnstof te verlagen, is alleen mogelijk met aanvullende filtertechnieken.

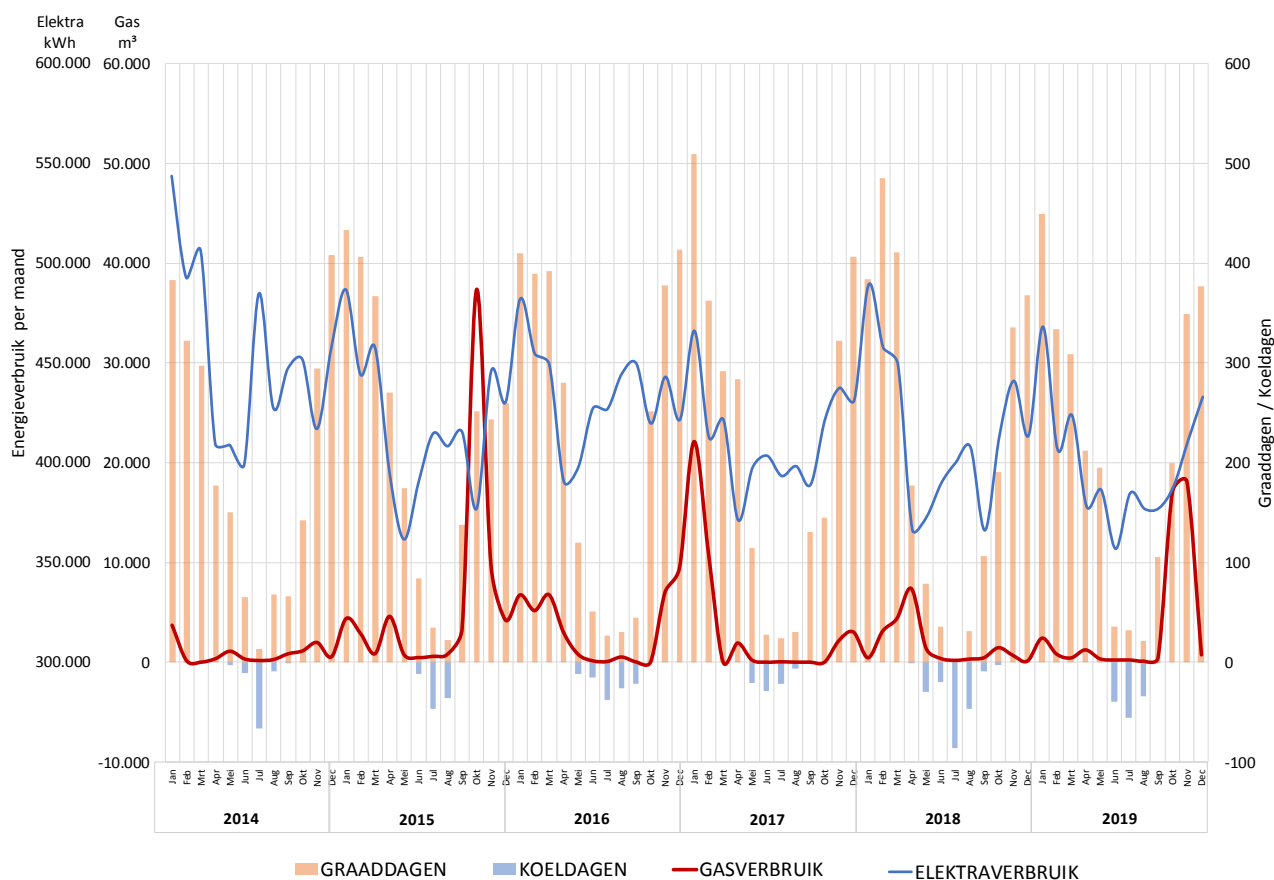
Verlichting:

Er is gebleken dat de regeling niet overal operationeel is en het personeel niet juist geïnformeerd lijkt te zijn over de bediening. De gemiddelde lichtopbrengst en rendering index voldeden bij de meeste metingen niet aan de eisen gesteld door WELL.

2.6 IJking

Op basis van aangeleverde maandelijkse verbruiksgegevens over de periode 2014 t/m 2019 kan worden opgemaakt dat het gebouw gemiddeld circa 5.058.000 kWh en 37.060 m³ aardgas per jaar verbruikt. Figuur 15 illustreert de vergelijking tussen het werkelijke totale energieverbruik en de werkelijke graaddagen over die periode. In Bijlage 4.2 is deze vergelijking en de vergelijking op basis van GJ opgenomen. Uit deze figuur is te zien dat het gasverbruik zeer onregelmatig is. Met name de piek in oktober 2015 duidt op geen of beperkt gebruik van de warmtepompen en WKO, waardoor de secundaire cv-ketels veel vaker moesten bijstoken dan bedoeld.

Het elektraverbruik is over de jaren heen lichtelijk gedaald. Aangezien er geen grote installatietechnische wijzigingen in deze periode zijn geweest, wordt aangenomen dat deze daling komt door de algemene verduurzaming van de stekkerbare apparatuur. Denk hierbij aan LCD-monitors vervangen door LED en vaste pc's vervangen door laptops.



Figuur 15 Vergelijking werkelijk energieverbruik en graaddagen/koeldagen

Op basis van het aangeleverde gas- en elektraverbruik en de graaddagen en koeldagen over de periode van 2014 t/m 2019, kan het theoretische energieverbruik worden geïkt aan de werkelijkheid. Dit heeft als doel om de uitsplitsing van het energieverbruik te benaderen om zo een nauwkeurigere energiebesparingsberekening (zie hoofdstuk 4.4) te kunnen opstellen. De ijking gebeurt in twee stappen: vergelijking van klimaatgegevens en de bepaling van het gebruikersgebonden energieverbruik.

Het theoretisch energieverbruik is gesimuleerd met behulp van DesignBuilder. Hiervoor zijn dezelfde uitgangspunten aangehouden als in hoofdstuk 2.4 en zijn de installaties zoveel mogelijk gesimuleerd volgens de werkelijkheid.

Klimaatgegevens

Voor de simulatie van het energiegebruik is het NEN5060-2018 energie-klimaatjaar aangehouden. Dit klimaatjaar is vergeleken met het werkelijke klimaat in de periode van 2014 t/m 2019. In deze periode waren gemiddeld 2.620 graaddagen per jaar (bron KNMI). In een NEN5060 energie-klimaatjaar bevat omgerekend 2.752 graaddagen. Dit betekent dat het simulatiejaar circa 5% kouder is dan de beschouwde periode. Met betrekking tot koeling waren er in de periode 118 koeldagen en in het simulatiejaar 121. Dit is circa 2,5% meer dan de beschouwde periode. De resultaten van de simulatie worden daarom afgeschat met -5% voor verwarming en -2,5% voor koeling.

Gebruikersgebonden energieverbruik

Het gebruikersgebonden energie betreft alle stekkerbare apparatuur en installaties die niet bedoeld zijn voor de klimaatbeheersing of verlichting. Deze energiestroom is voor een groot gebouw als Westraven redelijkerwijs niet in te schatten. Dit is echter wel te bepalen als het verschil tussen het werkelijke energieverbruik en het gesimuleerde gebouwgebonden energieverbruik. Het resterende energieverbruik betreft dan het gebruikersgebonden deel. Figuur 16 geeft deze bepaling weer.

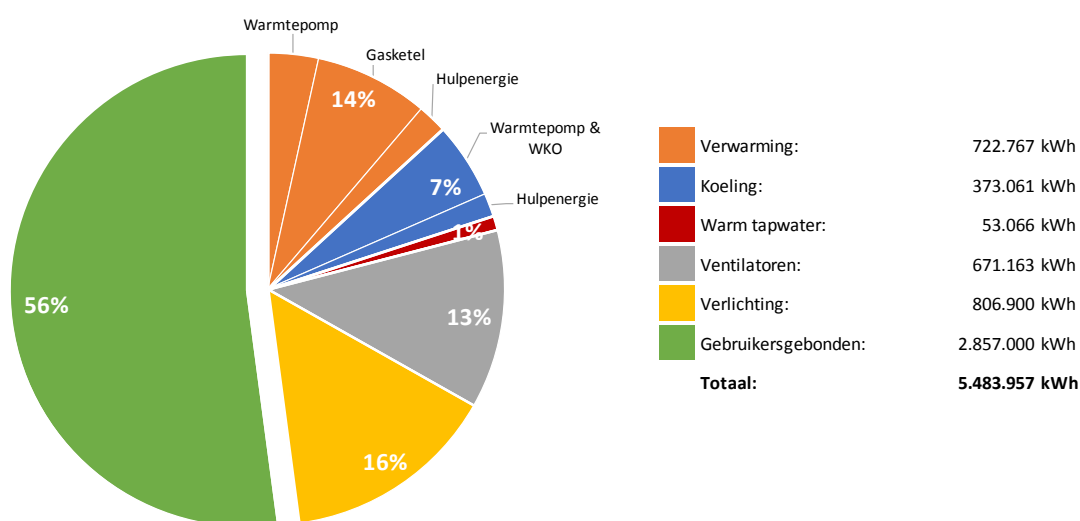
DesignBuilder levert de resultaten in energievraag (tertiaire energie) in kilowattuur per jaar (thermisch of elektrisch afhankelijk van de toepassing). Zie Bijlage 4.3 voor de totale resultaten uit DesignBuilder. Vanaf de gesimuleerde energievraag, wordt in drie stappen het gebruikersgebonden energieverbruik bepaald:

- De energievraag wordt afgeschat op basis van de klimaatgegevens uit de beoogde periode. Hierdoor worden de energievraag voor verwarming en koeling kleiner;
- Daarna wordt de energievraag omgerekend naar energiegebruik (tertiair naar secundair). Tevens wordt de energie die door het reeds bekende gasverbruik is geproduceerd, in mindering gebracht van de warmtevraag;
- Vervolgens volgt uit de kolom 'energiegebruik' een totaal van het gebouwgebonden elektraverbruik. Het totale elektraverbruik betreft 5.058.000 kWh/j dus het tekort moet gebruikersenergie betreffen.⁴

Uitsplitsing	Resultaten simulatie	Afschatting	Afgeschatte energievraag	Secundair Energiegebruik
Verwarming	1.142.872 kWh	5%	1.088.450 kWh	189.286 kWh [37.060] m ³
Verwarming (pompen)	107.533 kWh			107.533 kWh
Koeling	1.180.216 kWh	2,5%	1.151.430 kWh	287.858 kWh
Koeling (pompen)	85.203 kWh			85.203 kWh
Warm tapwater	39.800 kWh			53.066 kWh
Ventilatie	671.163 kWh			671.163 kWh
Verlichting	806.900 kWh		+	806.900 kWh
Totaal gebouwgebonden:				2.201.000 kWh
Werkelijk totaal elektraverbruik:				5.058.000 kWh
Totaal gebruikersgebonden:				2.857.000 kWh

Figuur 16 Bepaling uitsplitsing energiestromen

Figuur 17 geeft het afgeschatte secundaire energieverbruik per onderdeel weer. In totaal wordt er omgerekend circa 5.500.000 kWh (~20 TJ) energie per jaar verbruikt. Hiervan is circa 42% gebouwgebonden en 58% gebruikersgebonden. Dit is aanzienlijk meer gebruikersenergie dan bepaald werd door Beekink namelijk 40% en in totaal 17 TJ energie per jaar.



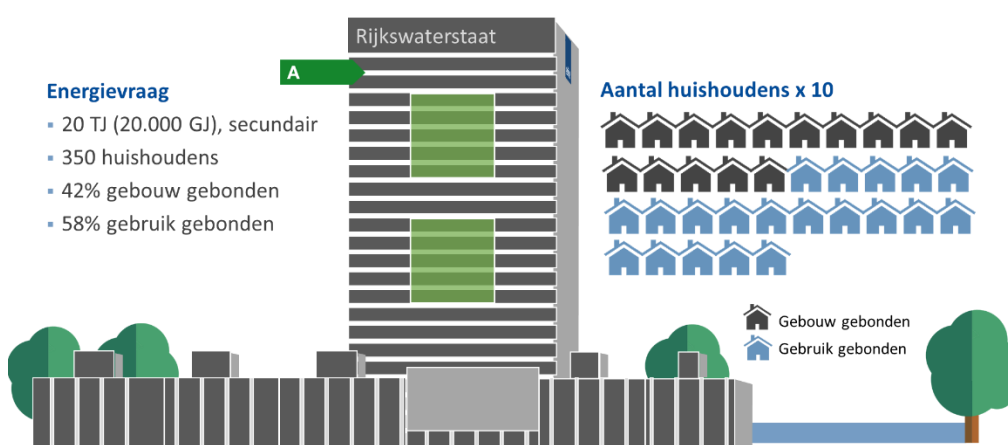
Figuur 17 Uitsplitsing secundair energiegebruik Westraven

⁴ Gebruikersgebonden energie heeft invloed op warmte- en koellast. Daarom is het berekende gebruikersgebonden energie als input in nieuwe simulaties toegepast. Figuur 16 laat de derde iteratie van deze bepaling zien. In een vierde iteratie valt de impact van de gebruikersgebonden energie op de klimaatinstallatie binnen de afronding naar 1.000 kWh.

De toegepaste ijkingsmethode benadert de uitsplitsing van het werkelijke energieverbruik met een redelijke mate van nauwkeurigheid. Echter zijn er een aantal opmerkingen:

- Het werkelijke gasverbruik voor verwarming is aanzienlijk hoger dan werd verwacht. Dit komt door het zeer onregelmatige gebruik (zie figuur 15). Het zorgt ervoor dat de opgewekte warmte voor 24% is geproduceerd door aardgas. Op basis van het beschikbare installatievermogens zou dit 5% zijn.⁵
- Omdat er geen complete data beschikbaar is van de WKO, is voor de koeling een aanname gemaakt met betrekking tot de SCOP (WKO en WP samen);
- Het gebouw kent een groot aantal circulatiepompen en ventilatoren, ieder met verschillende vermogens en gebruiksregimes. Daarom zijn voor hulpenergie de forfaitaire waardes (en dus waarschijnlijk hogere waardes) uit de NEN7120 gebruikt bij het opstellen van de simulatie.

In hoofdstuk 4 wordt de ijkung toegepast om de energiebesparing van diverse scenario's te berekenen.

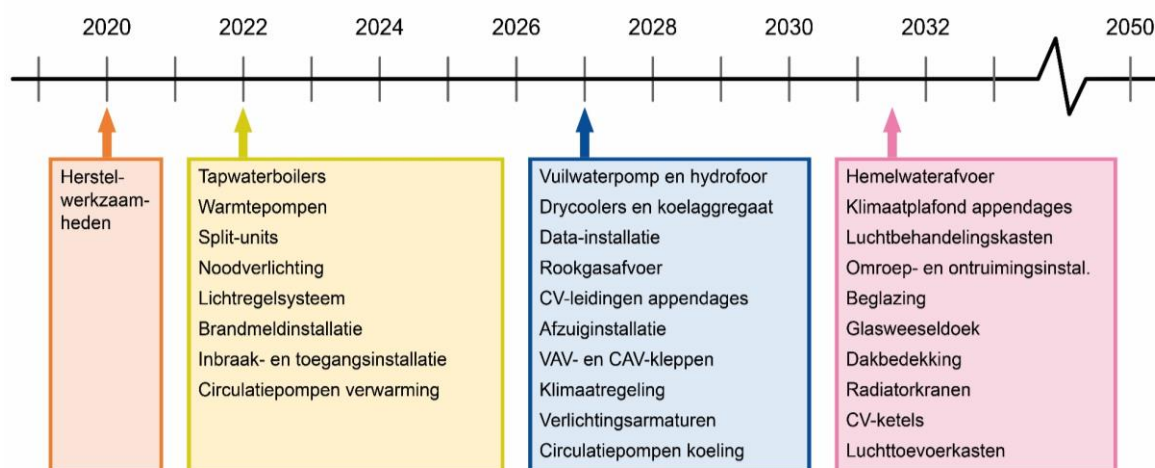


Figuur 18 Visuele weergave energiegebruik Westraven

⁵ In de ideale situatie zouden de cv-ketels alleen moeten worden ingeschakeld indien de vermogensvraag groter is dan het vermogen van de warmtepompen (>1.130 kW). Op die momenten draaien de warmtepompen op vollast en wordt het tekort aangevuld met de cv-ketels. Dit resulteert in circa 5% opwekking met aardgas van de totale jaarlijkse warmtevraag.

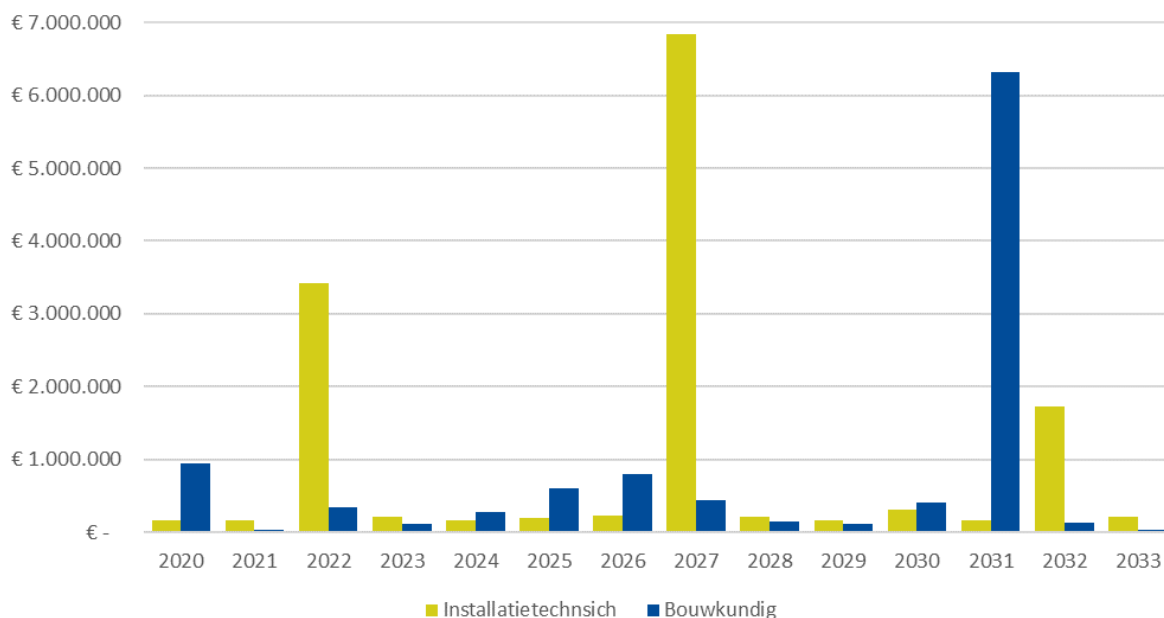
2.7 MJOB op basis van instandhouding

Uit de opname volgt een MJOB op basis van de door RVB aangegeven randvoorwaarden ten aanzien van cycli en onderdelen. Onderstaand overzicht geeft de significante vervangingsmomenten op basis van technische levensduur weer. De meerjarenonderhoudsbegroting per bouwdeel zijn opgenomen in Bijlagen 10.1 t/m 10.4.



Figuur 19 Overzicht significant onderhoud op basis van instandhouding

De bedragen uit de MJOB geven het volgende beeld van de investeringen. Er zijn drie grote vervangingsmomenten in komende 15 jaar: 2022, 2027 en 2031



Figuur 20 MJOB op basis van instandhouding exclusief BTW, exclusief indexering

3. Analyse impact van masterplan optimalisatie

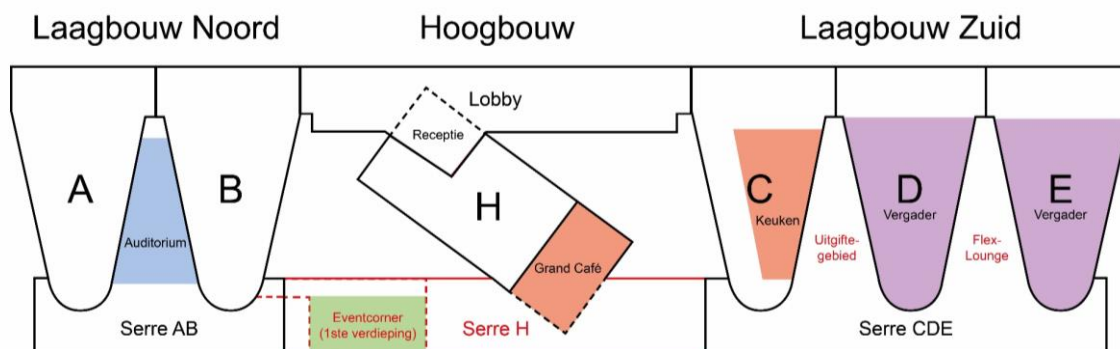


Het masterplan optimalisatie RWS behelst drie primaire aanpassingen: verbinding tussen Serre AB en Serre CDE, toepassing Flexibele Werkplek Rijk (FWR 0,7) en herindeling van enkele functies. Nu de huidige situatie in kaart gebracht is, kan in dit hoofdstuk de impact van het masterplan op de gebouwinstallaties worden bepaald. Hierbij wordt gekeken naar de impact op de elektrotechnische installaties, ventilatie, verwarming en koeling.

3.1 Algemene toelichting masterplan

In de huidige situatie is een verbinding tussen laagbouw Noord, Hoogbouw en Laagbouw Zuid alleen via de lobby aanwezig. Deze ruimte is niet geklimatiseerd en vergt de interne gebruikers veelvoudig door toegangspoortjes heen te gaan. Tussen Serre AB en Serre CDE wordt een nieuw bouwdeel toegevoegd om deze verbinding te verbeteren. In deze rapportage wordt dit deel 'Serre H' benoemd. In Serre H wordt door middel van een doos-in-dooconstructie een Eventcorner toegevoegd op de tweede bouwlaag. Daarboven komt een installatieruimte voor het nieuwe bouwdeel.

In het bestaande gebouw worden enkele functies aangepast en/of verplaatst. Dit behelst, onder andere, het verplaatsen van het uitgiftegebied van vinger C naar Serre CDE en het uitbreiden van de flexlounge in vingers D en E naar Serre CDE. Zie figuur 21 voor een overzicht.



Figuur 21 Bouwdelen nieuwe situatie (Rood is toegevoegd of aangepast)

In aanvulling op de uitbreiding, vindt ook een inbreiding plaats. Optimalisatie van de werkplekken wordt volgens het FWR 0,7 concept geïmplementeerd. Tevens wordt het aantal werkplekken vergroot. Dit betekent een groei van het aantal fte van 2.265 naar circa 3.100. Om deze extra voorzieningen te kunnen aanbieden, dient de bestaande indeling te worden gewijzigd. Dit houdt in dat een deel van de 'dichte' kantoren veranderd gaan worden naar 'open' kantoren door het verwijderen van tussenwanden. Hierbij is een nieuwe indelingstekening door RVB opgesteld. Voor dit rapport is uitgegaan van "Telling totaal verdiepingen.pdf" opgesteld op 29-7-2019. In figuur 22 is een totaalstelling op basis van deze tekening van de werk- en zitplekken opgenomen. Dit rapport gebruikt de werkelijk werk- en zitplekken om de impact op de installaties in kaart te brengen. Er zijn namelijk meer werk- en zitplekken aanwezig dan FWR-werkplekken.

Verdieping	Laagbouw Noord		Hoogbouw	Laagbouw Zuid		
	A	B	H	C	D	E
23			-			
22			105			
21			105			
20			105			
19			103			
18			105			
17			105			
16			105			
15			105			
14			105			
13			105			
12			105			
11			105			
10			105			
9			105			
8			103			
7			105			
6			105			
5	-	-	105	-	-	-
4	80	100	60	64	78	64
3	80	100	105	74	88	74
2	100	100	50	60	78	64
1	80	94	92	54	137	156
Serres:	350		80	800		
Auditorium:	50	Eventcorner:		150		

Legenda en aantal werk-/zitplekken	
FWR werkplekken:	2.635
Vergaderen:	693
Horeca:	146
LEF:	174
CLC:	160
KCC 1ste Lijn:	60
Bijeenkomst:	200
Serviceplein:	50
Overig:	1.230
Totaal:	5.348

Figuur 22 Overzicht werk- en zitplekken per zone en verdieping inclusief in- en uitbreiding⁶

3.2 Gevolgen voor elektrotechnische installatie

Bekeken is hoe de huidige situatie op een standaard kantoorvleugel is aangebracht en welke vermogens op de betreffende verdeelinrichtingen aanwezig zijn. Voor de hoogbouw is de situatie op de tweede verdieping bekeken; voor de laagbouw is de situatie op de begane grond in vleugel E bekeken. De cijfermatige onderbouwing is weergegeven in bijlage 11.

Onderverdeelinrichtingen

Voor elke van deze verdiepingen geldt dat de installatie is aangesloten op 2 stuks onderverdeelinrichtingen. De kastscheiding loopt hierbij over de kern heen. Hoewel er meer installatiedelen op de verdeelinrichtingen zijn aangesloten, is alleen gekeken naar de verlichting en de werkplekken in de kantordelen. Een uitbreiding van het aantal fte heeft alleen invloed op deze aansluitingen. Uit het onderzoek blijkt dat op de onderverdeelinrichtingen nog ca. 10-15% reserve aanwezig is.

Hoofdverdeelinrichtingen

In het gebouw zijn 2 stuks hoofdverdeelinrichting aanwezig waarop alle in het pand aanwezige installaties zijn aangesloten; HKL-1, HKL-2 en HN. Verdeelinrichting HN heeft naast een netaansluiting tevens een aansluiting op het noodstroomaggregaat. Uit het vermogensoverzicht van de hoofdverdeelinrichtingen volgt dat de reservecapaciteit op basis van het berekende gelijktijdig vermogen nog ca. 20% bedraagt. Zie figuur 19.

⁶ Van zones met rode cijfers was geen tekening beschikbaar. Deze cijfers betreffen aannames

Hoofdverdeelinrichting	Aangesloten vermogen (VA)	Gelijktijdig vermogen (VA)	Reservecapaciteit (VA)
HKL-1	2.524.383	2.282.629	469.160
HKL-2	1.265.044	1.138.540	284.635
HN	304.817	304.817	0
Totaal	4.094.244	3.725.985	753.795

Figuur 23 Aangesloten vermogen hoofdverdeelinrichting

Naast de uitbreiding van het aantal werk- en vergaderplekken, zal het elektrisch vermogen in het pand tevens toenemen vanwege het gewijzigd gebruik:

- Het liftgebruik zal toenemen;
- De CV-ketels zullen op termijn worden vervangen door een warmtepomp;
- De keuken wordt uitgebreid;
- Het horecadeel op de begane grond van de hoogbouw wordt vergroot;
- In vleugel C begane grond neemt het aantal personen toe (restaurant);
- Het aantal personen in de serres op de begane grond neemt toe;
- Een eventcorner wordt opgenomen in de serre ter plaatse van de hoogbouw.

De toename van het vermogen als gevolg van de extra werkplekken bedraagt circa 88,5kVA. De totale toename van het vermogen voor de overige uitbreidingen circa 260kVA. De totale vermogenstoename bedraagt derhalve bijna 350kVA. Dit vermogen is ruimschoots aanwezig in de bestaande voedingsinstallatie.

Bij vervanging van de TL-5 armaturen door LED-armaturen zal het vermogen ten behoeve van verlichting halveren. Dit heeft een gunstig effect op de totale belasting van de voedingsinstallatie.

3.3 Gevolgen voor ventilatiecapaciteit

Op basis van de nieuwe indeling uit het masterplan is per ruimte beoordeeld of de ventilatiecapaciteit na de inbreiding nog voldoet. Voor de bepaling is er een vraag van 36m³/h voor zowel werk-/zitplek als vergaderplek gehanteerd.

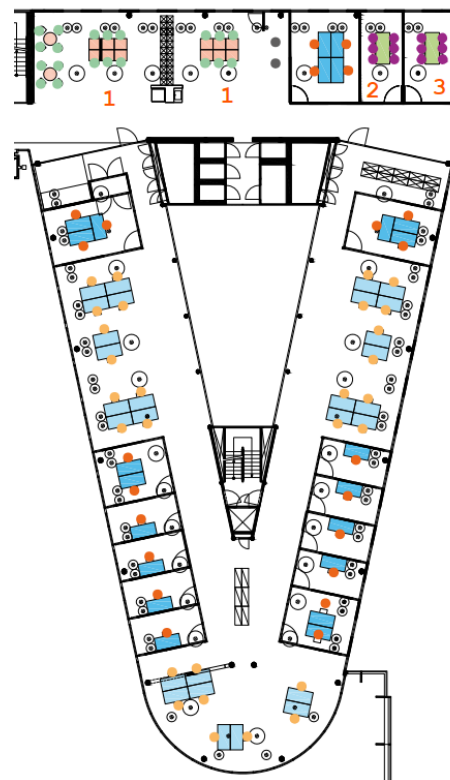
Uit het onderzoek is gebleken dat de huidige totale luchttoevoer per verdieping alsook de totale capaciteit van de opgestelde LBK's toereikend is. Echter is naar voren gekomen dat met de nieuwe indeling er wel een aantal luchtkanalen en -roosters verlegd moeten worden. In bijlage 12.1 zijn de metingen en totale m³/h luchttoevoer vraag weergegeven. In de onderstaande alinea's zijn de opvallende tekorten weergegeven in een voorbeeld verdieping. In bijlage 12.2 zijn per verdieping alle tekorten uitgewerkt.

Laagbouw

In de vingers van het gebouw zijn er een aantal tekorten in de verdeling van de luchtroosters ten opzichte van de ventilatievraag. De nummers corresponderen met figuur 24. De genoemde beschikbare capaciteiten zijn bepaald op basis van de ontwerpvolumes, zoals weergegeven op der revisietekeningen. Meting van de capaciteit per rooster valt buiten dit onderzoek.

1. Bij volledige bezetting van de pantry wordt de maximale vraag niet behaald. Beschikbaar: $672\text{m}^3/\text{h}$ en gevraagd: $720\text{m}^3/\text{h}$
2. In de vergaderruimtes zijn 3 luchtroosters beschikbaar van $42\text{m}^3/\text{h}$ tegenover 6 werkplekken. Beschikbaar: $126\text{m}^3/\text{h}$ en gevraagd $216\text{m}^3/\text{h}$
3. In de vergaderruimtes zijn 3 luchtroosters beschikbaar van $42\text{m}^3/\text{h}$ tegenover 6 werkplekken. Beschikbaar: $126\text{m}^3/\text{h}$ en gevraagd $216\text{m}^3/\text{h}$

Bovenstaande komt voor in elke vinger met als verschil dat sommige vingers geen pantry hebben, daar in de plaats is er nog een vergaderruimte waar ook een verschil tussen vraag en aanbod van m^3/h luchttoevoer is.



Figuur 24 Standaard situatie laagbouw

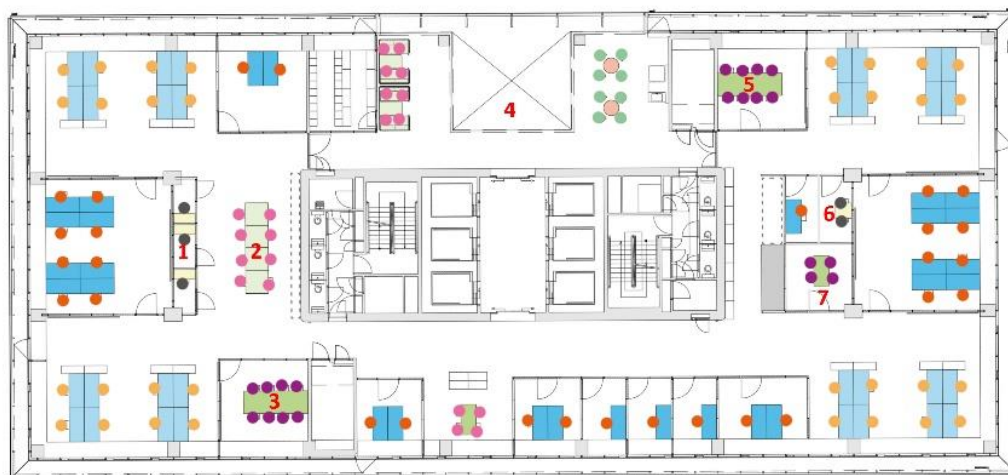
Hoogbouw

In de verdiepingen van de hoogbouw zijn er een aantal tekorten in de verdeling van de luchtroosters ten opzichte aan de vraag. De nummers corresponderen met figuur 25.

1. Er zijn drie beluimtes bij twee luchtroosters. Dus één beluimte is niet voorzien van rooster. Beschikbaar: $100\text{m}^3/\text{h}$ en gevraagd $108\text{m}^3/\text{h}$
2. Tekort bij de open aanlandwerkplekken. Beschikbaar: $200\text{m}^3/\text{h}$ en gevraagd $288\text{m}^3/\text{h}$
3. Tekort bij de vergaderruimtes voor 8 personen. Beschikbaar: $144\text{m}^3/\text{h}$ en gevraagd $288\text{m}^3/\text{h}$
4. In de open ruimte met clusterwerkplekken en de pantry (inclusief vide) is een aanzienlijk tekort bij sommige verdiepingen maar ook in totaal over de vier verdiepingen in open verbinding. Beschikbaar: $216\text{m}^3/\text{h}$ en gevraagd $576\text{m}^3/\text{h}$ per verdieping
5. Tekort bij de vergaderruimtes voor 8 personen. Beschikbaar: $144\text{m}^3/\text{h}$ en gevraagd $288\text{m}^3/\text{h}$
6. Tekort in de beluimte voor twee personen. Beschikbaar: $50\text{m}^3/\text{h}$ en gevraagd $72\text{m}^3/\text{h}$
7. Tekort bij de vergaderruimtes voor 8 personen. Beschikbaar: $100\text{m}^3/\text{h}$ en gevraagd $144\text{m}^3/\text{h}$

Het bovenstaande is per verdieping nagenoeg gelijk.

Voor alle bovenstaande punten geldt dat kanaalwerk en roosters moeten worden aangepast aan de nieuwe indeling, dit maakt geen onderdeel uit van het verduurzamingsproject.



Figuur 25 Standaard situatie hoogbouw

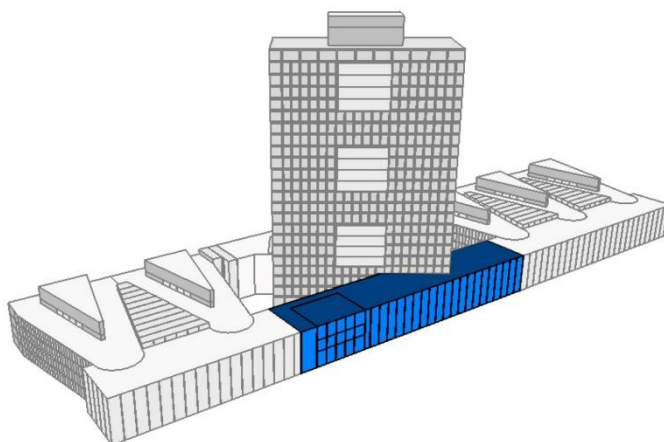
3.4 Gevolgen voor warmte- en koude-opwekking

3.4.1 Uitbreiding, Serre H

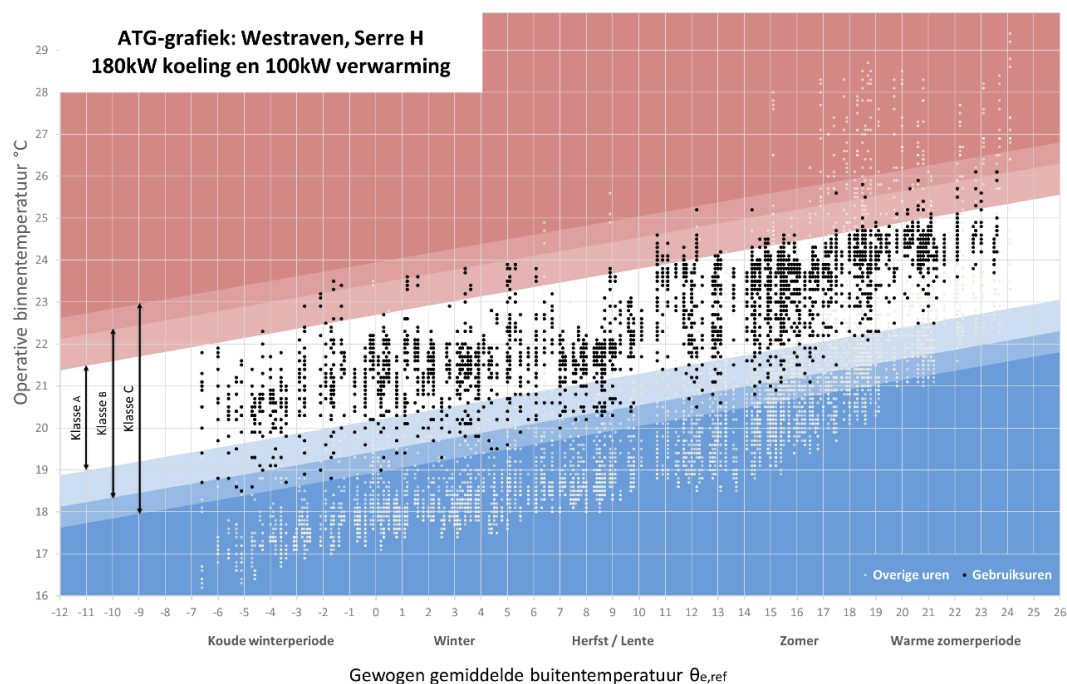
De uitbreiding van het gebouw behelst het bouwen van Serre H. Deze uitbreiding wordt voorzien van een nieuwe technische ruimte in de doos-in-dooconstructie. In deze technische ruimte wordt tenminste een luchtbehandelingskast ten behoeve van Serre H en de Eventcorner geplaatst. Afhankelijk van de resterende koel- of verwarmingscapaciteit van de bestaande centrale installaties, wordt ook een aanvullende opwekker aangebracht.

Voor de simulatie is uitgegaan van hetzelfde installatieprincipe als in de andere Serres (dus vloerverwarming en –koeling in combinatie met geklimatiseerde toevoerlucht). Bouwkundig wordt uitgegaan van hetzelfde type zonwering aan de binnenzijde, maar hogere Rc-waardes: van $4,5\text{m}^2\text{K/W}$ voor de vloer en $8,0\text{m}^2\text{K/W}$ voor het dak en U_w -waarde van $1,0\text{W/m}^2\text{K}$ (triple glas in aluminium kozijn) voor de gevels. Bezetting etc. is gelijk gesteld aan de bestaande serres.

Voor de uitbreiding is een aanvullend koelvermogen van circa 180kW en een aanvullend verwarmingsvermogen van 100kW benodigd. Hiermee vallen de gebruiksuren volledig binnen klimaatklasse C. Figuur 27 geeft het binnenklimaat weer bij deze vermogens.



Figuur 26 Scope van simulatie Serre H (gekleurde deel is meegenomen)



Figuur 27 ATG-grafiek Serre H

3.4.2 Inbreiding FWR 0,7 incl. serre H

Door de in- en uitbreiding neemt de bezettingsgraad van het gebouw toe. Dit heeft gevolgen voor het benodigde verwarmingsvermogen en koelingsvermogen. Figuur 28 geeft weer hoeveel vermogen er per zone in de nieuwe situatie benodigd is.

Uit de simulatie volgt een 10% hoger benodigd verwarmingsvermogen welke ontstaat door de uitbreiding van de thermische schil en de grotere ventilatieverliezen door de hogere ventilatievoud in de kantoren en vergaderzalen.

Uit de simulatie volgt een 19% hoger koelvermogen in verband met de toename aan glas (externe warmteproductie) en de toename van het aantal personen (interne warmteproductie).

Klimaatzone	Verwarmingsvermogen (kW)			Koelvermogen (kW)		
	bestaand	nieuw	toename	bestaand	nieuw	toename
Vinger A	75,9	85,6	9,7	138,7	148,6	9,9
Vinger B	79,0	90,8	11,7	149,3	166,1	16,8
Vinger C	60,0	67,5	7,5	135,0	141,8	6,8
Vinger C keuken	26,8	26,8	0,0	40,7	61,9	21,2
Vinger D	52,3	59,7	7,4	133,0	139,9	6,9
Vinger D vergaderruimte	14,7	17,7	3,0	33,1	37,3	4,2
Vinger E	59,4	66,8	7,4	132,9	139,5	6,6
Vinger E vergaderruimte	16,7	19,1	2,5	31,1	33,5	2,4
Toren H	744,4	780,1	35,7	1.369,9	1.433,7	63,8
Serre AB	137,0	130,0	-7,0⁷	97,7	117,1	19,4
Serre CDE	395,6	388,3	-7,3⁶	206,4	336,0	129,6
Serre H incl. eventcorner	n.v.t.	115,9	115,9	0,0	178,3	178,3
Auditorium	35,1	35,1	0,0	12,1	16,2	4,1
Lobby	203,1	205,0	2,0	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Totaal:	1.900	2.088	188	2.480	2.950	470

Figuur 28 Overzicht toename benodigde vermogens volgens simulaties

⁷ De verwarmingsvermogens in Serre AB en CDE neemt af omdat de thermische schil kleiner is geworden door de verbinding met Serre H

	Totaal	Primaire opwekker	Secundaire opwekker
Verwarmingsinstallaties	Vermogen	WP-vermogen	VR-ketel-vermogen
Benodigd bestaand	1.900 kW	1.130 kW	770 kW
Benodigd nieuw	2.088 kW	1.130 kW	958 kW
Opgesteld	2.920 kW	1.130 kW	1.790 kW
Koelinstallaties	Vermogen	Bronvermogen⁸	WP-vermogen
Benodigd bestaand	2.480 kW	1.800 kW	680 kW
Benodigd nieuw	2.950 kW	1.800 kW	1.150 kW
Opgesteld	3.600 kW	1.800 kW	1.800 kW

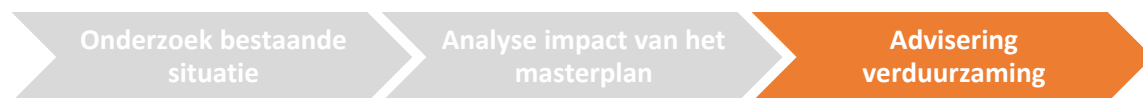
Figuur 29 Installatievermogens nieuwe situatie

Uit de bovenstaande tabellen kan geconcludeerd worden dat de in- en uitbreiding binnen de huidige opwekvermogens van de installaties passen. Echter komt dit vermogen voornamelijk uit de secundaire opwekkers (VR-ketels en warmtepompen in koelbedrijf), welke een slechter rendement hebben dan de primaire opwekkers. Er wordt aanbevolen om het primaire opwekvermogen te vergroten om zo de stijging van het energieverbruik door het masterplan te minimaliseren.

Met betrekking tot het afgiftevermogen van verwarming en koeling neemt het tekort, benoemd in hoofdstuk 2.5.1, verder toe. TRAJECT adviseert de huidige gebreken van de afgifte en/of distributie-installatie te onderzoeken en te herstellen, voordat het masterplan wordt uitgevoerd.

⁸ Het bronvermogen is mede afhankelijk van het voorgaande stookseizoen waarin de koude is geladen. Er is hier uitgegaan van een optimale benutting. Wanneer de benutting suboptimaal is, zal naar verhouding meer actieve koeling moeten worden toegepast.

4. Verduurzaming

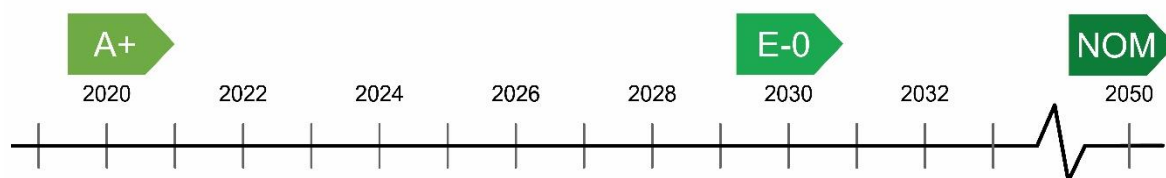


Rekening houdende met het verworven inzicht van hoofdstukken 2 en 3, wordt in dit hoofdstuk de verduurzaming van Westraven behandeld. Hierbij worden eerst de doelstellingen vastgesteld, daarna de mogelijke maatregelen geanalyseerd en scenario's opgesteld en vervolgens worden de prestaties van de scenario's inzichtelijk gemaakt.

4.1 Doelstelling

4.1.1 Energiegebruik

De door het RVB geformuleerde doelstellingen kunnen als volgt worden weergegeven in een tijdlijn:

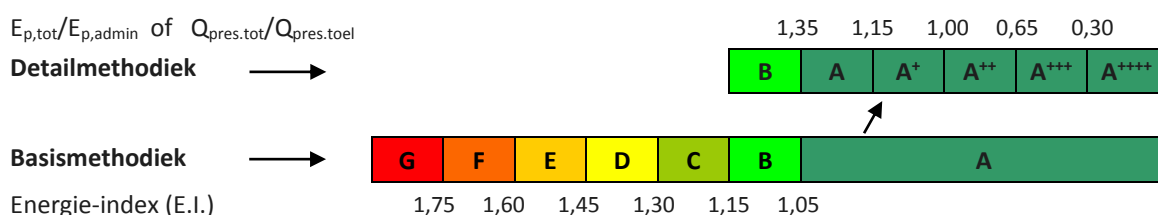


Figuur 30 Tijdlijn doelstellingen

Vanuit de Rijksoverheid is gesteld dat alle kantoorgebouwen in Nederland in 2023 een Energielabel C moeten hebben en vanaf 2030 een energielabel A. Westraven voldoet daar nu reeds aan, met een energielabel A en een energie-index van 0,97 welke zijn geregistreerd op 2 november 2018.

Stap 1:

De eerste doelstelling van het stappenplan is om in 2020 het energielabel te verbeteren naar een label A+. De stap naar label A+ zou volgens de ISO 75.1 betekenen dat de berekeningswijze verandert van de basismethodiek naar de detailmethodiek (zie figuur 31). Dit vereist een ander soort gebouwopname en aanvullende informatie. Label A+ wordt behaald bij een E/E of Q/Q van <1,15.



Figuur 31 EPA-U energielabel methodieken

Aangezien de stap naar A+ slechts een kleine stap is ten aanzien van de uiteindelijke doelstelling, maar veel aanvullend werk vereist voor de conversie naar de detailmethodiek, is gekozen om een fictieve doelstelling op te leggen in de basismethode. Doelstelling 'label A+' wordt gedefinieerd als een energie-index van 0,8 of kleiner.

Stap 2:

In 2030 moet Westraven energieneutraal of "E-nul" zijn. Hiermee wordt bedoeld dat het aandeel duurzaam opgewekte energie minimaal gelijk is aan het gebouwgebonden energiegebruik. Dit doel komt ook overeen met de ambities van de gemeente Utrecht. Voor nieuwbouw wordt al BENG2=0 gevraagd, wat overeenkomt met energieneutraal.

Stap 3:

In 2050 moet Westraven nul op de meter of “NOM” zijn. Hiermee wordt bedoeld dat het aandeel duurzaam opgewekte energie minimaal gelijk is aan al het energieverbruik van Westraven. Hierbij zit dus ook gebruikersenergie en eventueel opladen van elektrisch transport.

4.1.2 Uutfasering R134a

Binnen de EU is vastgesteld dat de productie van HFK-koelmiddelen moet worden uit gefaseerd, vanwege de negatieve bijdrage aan de klimaatverandering. Inzake het in Westraven gebruikte koelmiddel R134a houdt dit in dat de productie van het koelmiddel niet meer is toegestaan vanaf 2020. In de komende periode wordt een explosieve prijsstijging verwacht in verband met de ontstane schaarste.

Vanuit de voorbeeldrol van de Rijksoverheid is het voorstelbaar dat in Rijksgebouwen de vervanging van apparatuur die gebruik maakt van R134a, zoals de warmtepompen in Westraven, geschiedt met apparatuur met andere koudemiddelen. Daarbij zou gebruik moeten worden gemaakt van koelmiddelen met een GWP (Global Warming Potential) van 3 of minder equivalente kg CO₂ om zo de bijdrage aan de klimaatverandering als gevolg van de gebouwklimalisering terug te brengen tot nihil. Voorbeelden van dit soort koudemiddelen zijn: Ammoniak, Water, Butaan, Isobutaan, Propaan, Propeen en CO₂ (respectievelijk: R717, R718, R600, R600a, R290, R1270 en R744).

4.1.3 Gasloos bouwen

Per 1 juli 2018 is het in Nederland niet meer toegestaan om gebouwen met een equivalent gasgebruik van maximaal 40m³/h aan te sluiten op het gasleidingnet. Kantoor Westraven is voorzien van twee gasgestookte VR-ketels, met een gecombineerd vermogen van bijna 1.800kW. Dit is ruim boven de genoemde aansluitwaarde. Vanuit de voorbeeldrol van de overheid is het echter voorstelbaar dat een duurzame, gasloze, vervanging van de CV-ketels eerder wordt uitgevoerd dan naar voren komt uit de MJOB.

4.1.4 Materiaalgebruik

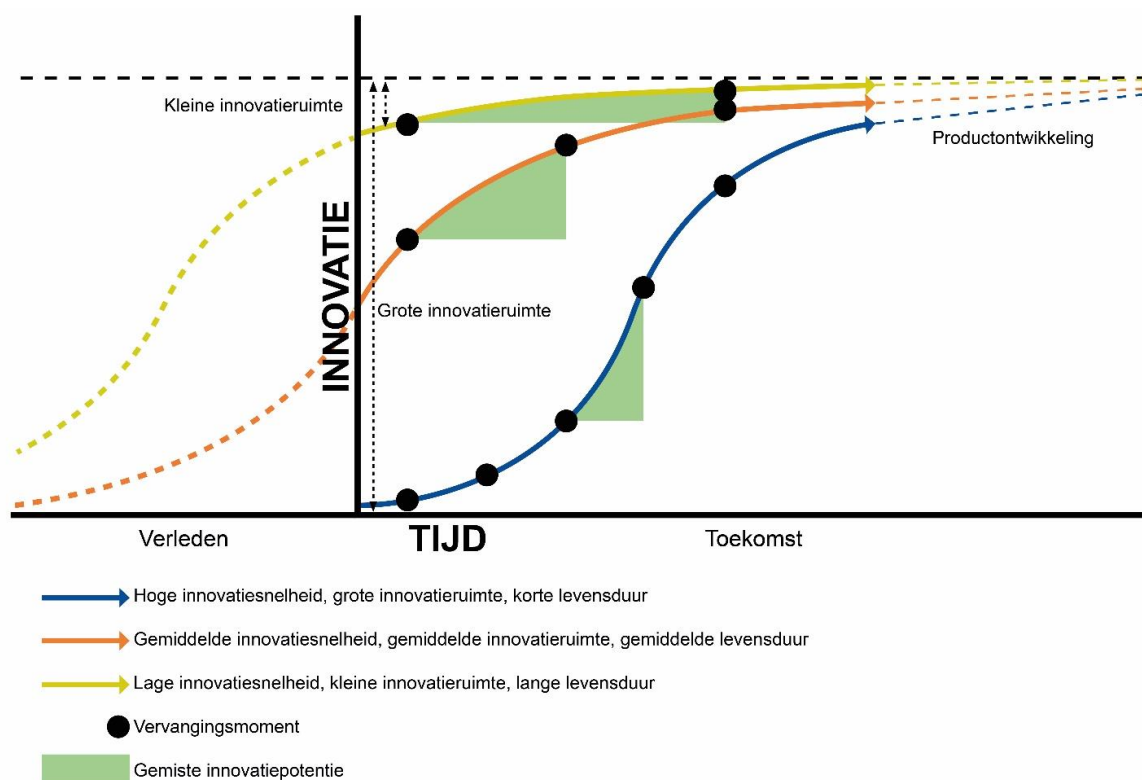
Naast CO₂-uitstoot, kan ook gekeken worden naar andere soorten milieu-impact. Hierbij is de impact van het gebruik van sommige materialen hoger dan van andere. Er zijn in dit rapport geen MPG- of MKI-berekeningen gemaakt, maar er is wel rekening gehouden met een verantwoorde materiaalkeuze. Dit is gedaan door gewicht te geven aan scenario's met relatief veel materiaalgebruik. Met name toevoegingen van veel actieve techniek, zoals een grotere hoeveelheid PV-panelen voor EPC=0, wordt in acht genomen in de scenariokeuze.

4.2 Mogelijke maatregelen

De verschillende (pakketten van) maatregelen worden op meerdere wijzen met elkaar vergeleken, namelijk:

- Het effect op het energieverbruik. Dit wordt in het onderzoek bepaald op basis van de EPC-berekening;
- Investeringskosten. Hiervoor wordt uitgegaan van kengetallen per betreffende eenheid;
- Economische effectiviteit. Dit wordt op basis van de energiebesparing in relatie tot de investering bepaald.

Omdat het doel van dit onderzoeksrapport is, een stappenplan te formuleren voor de periode 2020-2050, is een aanvullend criterium nodig welke zich richt op innovatie. De te treffen (pakketten van) maatregelen moeten zodanig worden gekozen dat de toepassing van innovatieve technieken, of nu nog niet bekende mogelijkheden, in de toekomst niet worden geblokkeerd. Daarbij worden twee grootheden beoordeeld; innovatiesnelheid, en innovatieruimte. Een hoge innovatiesnelheid houdt in dat de ontwikkelingen binnen de genoemde techniek, of onderdelen, zeer snel gaan. De innovatieruimte geeft aan hoeveel verbetering nog valt te verwachten op het gebied van rendement en/of besparing met betrekking tot de natuurkundige limitaties. Figuur 32 illustreert het proces van verschillende soorten innovaties.



Figuur 32 Verloop technische innovaties in relatie tot vervangingsmomenten

Bovenstaande figuur laat vergelijkbare oppervlakten ‘gemiste innovatiepotentie’ zien bij de drie lijnen. In het algemeen kan worden gesteld dat maatregelen met een lange technische en/of economische levensduur bij voorkeur een lage innovatiesnelheid en kleine innovatieruimte dienen te kennen. Bij maatregelen met een kortere levensduur is een hogere innovatiesnelheid of grotere innovatieruimte wel acceptabel. Op basis hiervan ontstaat een extra vergelijkingsmiddel voor maatregelen, die een bijdrage leveren aan energiebesparing of -opwekking.

DMGR heeft op 8 mei 2018 een onderzoek naar energiebesparingen voor Westraven opgesteld. Deze is in bijlage 13 toegevoegd. In het rapport worden onderstaande energiebesparende en -opwekkende maatregelen al benoemd. Zie bladzijde 7 in de bijlage voor een toelichting per maatregel.

- V1.A en V1.B: Lage temperatuur warmtepompen
- V2: Water/water warmtepomp op Amsterdam-Rijnkanaal (TEO)
- V3: CO₂-regeling ventilatie⁹
- V4: Toerengeregelde pompen
- V5: Drievoudige beglazing
- V6: LED-verlichting
- V7 t/m V10: PV-panelen
- V11 en V12: Windenergie
- V13: Tapwater reduceren

⁹ Deze maatregel is ook benodigd voor de nieuwe luchtverdeling in het masterplan

Aan de maatregelen uit het rapport van DGMR kunnen de volgende opties nog worden toegevoegd:

- Verdere isolatie van gevel en dak;
- Zonwering (buitenzijde);
- Geothermie ondiep met warmtepomp;
- Geothermie diep met adsorptiekoeling;
- PVT-cellen;
- Ventilatie warmteterugwinning;
- Waterstoftechniek.

Bovenstaande aanvullende opties worden hieronder verder toegelicht. In figuur 33 wordt een overzicht van de maatregelen in relatie tot de innovatie weergegeven.

Maatregel	Innovatiesnelheid	Innovatieruimte	Levensduur ¹⁰	Toepasbaarheid ¹¹
LT Warmtepompen	Gemiddeld	Gemiddeld	Gemiddeld	++
Aquathermie (TEO)	Laag	Gemiddeld	Gemiddeld	++
CO₂-regeling	Hoog	Groot	Kort	++
Toerenregeling	Laag	Klein	Gemiddeld	+++
Triple HR-Beglazing	Laag	Klein	Lang	+++
LED-verlichting	Gemiddeld	Klein	Kort	++
PV-cellen	Hoog	Groot	Gemiddeld	+ ¹²
Windenergie	Gemiddeld	Gemiddeld	Gemiddeld	++
Tapwaterreductie	Laag	Klein	Lang	+++
Verdere gevel-/dakisolatie	Laag	Klein	Lang	+++
Zonwering	Laag	Klein	Gemiddeld	+++
Geothermie	Gemiddeld	Gemiddeld	Lang	+++
PVT-cellen	Hoog	Groot	Gemiddeld	+
Ventilatie warmteterugwinning	Laag	Klein	Gemiddeld	++
Waterstoftechniek	Hoog	Groot	Onbekend	---

Figuur 33 Afwegingsmatrix innovaties

Verdere isolatie van gevel en dak

In principe is de thermische schil van Westraven van redelijke isolerende kwaliteit (Rc-waarde rond 3,0). Alleen de beglazing is beperkt (U_w-waarde van 1,6 wat neer komt op een Rc-waarde van 0,63). Algemene isolatieverhogingen worden alleen geadviseerd bij nieuwbouw en groot renovatie. Beglazing verbeteren naar triple HR-glas is wel een optie, echter een deel van het glas vervangen door geïsoleerde geveldelen of panelen heeft een groter effect op het energieverbruik en benodigd installatievermogen.

Zonwering

Zoals benoemd in hoofdstuk 2.4.2 kan door zonwering aan de buitenzijde toe te passen, het energieverbruik van koeling worden gereduceerd. Met name het zeer grote glasoppervlak op het zuidwesten van Serres AB, CDE en H vereist in totaal circa 300 kW aan koelvermogen alleen door zonlichttoetreding. Zonwering kan dit aanzienlijk verlagen. Echter is het opwekkingsrendement van koude door middel van bronkoeling is zeer goed, waardoor het effect op energiebesparing beperkt is. Wel moet rekening gehouden worden met de beschikbare broncapaciteit, welke per seizoen uitputbaar is.

¹⁰ De levensduur wordt als volgt ingedeeld: "Lang" is een levensduur van meer dan 25 jaar, "Gemiddeld" betreft een levensduur van 10-25 jaar, "Kort" betreft een levensduur van 10 jaar of minder.

¹¹ Betreft de toepasbaarheid op basis van het vermijden van 'gemiste innovatie'.

¹² Maatregelen kunnen beter toepasbaar worden door investeringsconstructies met een 5-jaarscyclus binnen een ESCO. Hiermee kan een langere levensduur worden gecompenseerd.

Geothermie (diep en ondiep)

Bij Geothermie wordt gebruik gemaakt van ondiepe (tot 500m) of diepe (tot 2,0km) boringen. In principe wordt gebruik gemaakt van de geothermische warmte, waarbij in de regio Utrecht geen grondlagen beschikbaar zijn die een temperatuur van 40°C kunnen leveren, maar wel van 25-30°C en 60-70°C.

De geothermische warmte uit de ondiepe laag kan worden opgewaardeerd met een warmtepomp tot een voor Westraven bruikbaar niveau. De warmtepomp kan dan worden gebruikt om het injectiewater terug te koelen tot 10°C. De ondiepe boring kan worden gebruikt in combinatie met de bestaande WKO en laagtemperatuur warmtepompen.

Bij gebruik van een diepe bronboring is een aanvullende warmtepomp niet nodig. De bestaande WKO wordt dan alleen nog gebruikt voor koeling. Het laden van de koude bron kan worden verzorgd met de luchtbehandeling (als voorverwarming), een dry cooler of het Rijnkanaal. In het geval van een diepe bronboring zal de schaalgrootte moeten worden aangepast, een dergelijke voorziening wordt pas haalbaar geacht bij een brongrootte van 10MW. Daarnaast moet bij toepassing van diepe geothermie rekening mee worden gehouden dat het een continue leverend systeem is, met liefst 8.000 uur per jaar een gelijk vermogen. Op- en afschakelen van het systeem duurt relatief lang (uren). Het beschikbare vermogen is dus met name geschikt als basislast. Hierdoor is er voor deze techniek een grote continue warmtevraag nodig. Dat zou betekenen dat nabije woonwijken, zoals Kanaleneiland en Papendorp, op deze bron kunnen worden aangesloten. Maatschappelijk zou dit, gezien de huidige problematiek met de stadsverwarming in Utrecht, een extra toegevoegde waarde kunnen hebben. Er is echter op de aangegeven diepten zeer weinig informatie uit boringen beschikbaar, waardoor het toepassen van deze nieuwe techniek gepaard zal gaan met een behoorlijk risico.

PVT-cellen

PVT staat voor Fotovoltaïsch en Thermisch. Deze panelen leveren elektriciteit en warmte. Hierdoor wordt dus meer energie uit elke vierkante meter paneeloppervlak gehaald. Tevens neemt door de onttrekking van warmte aan het paneel het elektrisch rendement toe ten opzichte van de panelen die alleen elektriciteit opwekken.

Voor Westraven is het warm watergebruik beperkt en decentraal (elektrische boilers) waardoor het toepassen van PVT voor dit doeleinde minder geschikt is. PVT-panelen kunnen wel worden gebruikt voor het opladen van warme bronnen van de WKO.

Ventilatie warmteterugwinning

In principe zijn de luchtbehandelingskasten voorzien van warmteterugwinning. Echter de afzuiging van toiletten, rookruimtes en keukens gebeurt nog zonder warmteterugwinning. Dit betreft in totaal circa 41.000m³/h wat neer komt op circa 15% van de totale afgevoerde lucht. Met name de afzuiging van de grootkeuken (indirect ook Serre C en D) betreft een groot aandeel hiervan (13.500m³/h). Het is het overwegen waard om deze hoeveelheid te reduceren. Bovendien voldoet het ventilatiesysteem dan aan de ErP 2018 richtlijnen.

Waterstoftechniek

Waterstof (H₂) is geen energiebron, maar een energie-opslagmedium en volgt drie stappen: productie, opslag en gebruik. Het produceren van waterstof gebeurt op basis van één van drie primaire principes:

- Stoomreforming. Meest toegepast, relatief goede efficiëntie, maar gebruikt fossiele brandstoffen (meestal aardgas) in het chemische proces en stoot CO₂ uit;
- Elektrolyse. Nog beperkt toegepast, maar innovaties te verwachten, matige efficiëntie, maar gebruikt geen fossiele brandstoffen (mits de stroom duurzaam is opgewekt);
- Photokatalyse. In pioniersfase, zeer slechte efficiëntie, maar heeft de potentie om eenvoudiger en efficiënter dan de andere opties te worden.

Na het produceren van waterstof dient het te worden opgeslagen door middel van:

- Cryogene opslag. Het koelen tot minder dan 20K. (-252°C);
- Opslag onder druk. Compressie naar 250 tot 700 bar.

De laatste stap is het gebruiken van de energie door middel van:

- Ontbranding. Rendement vergelijkbaar met gasketel of WKK, maar heeft een aanzienlijk heterere verbranding en kan daardoor, zonder het gebruik van een juiste katalysator, resulteren in NO_x-uitstoot;
- Brandstofcellen. Redoxreactie is in principe omgekeerde elektrolyse wat resulteert in elektriciteit met als enige uitstoot H₂O en restwarmte. Het rendement is matig, maar elektriciteit heeft meer diverse gebruiksdoeleinden dan verbranding.

Binnen waterstoftechniek zijn dus diverse aanvliegroutes en innovatieniveaus te zien. Sommige met veel potentie. Echter, het is belangrijk om te beseffen dat het zeer complexe technologie is die per definitie een lager rendement heeft vanwege de principes van thermodynamica (veel tussenstappen wat resulteert in lage exergie). Het direct toepassen van respectievelijk fossiele brandstof, elektriciteit of zonlicht is efficiënter. De techniek is met name geschikt voor seizoenopslag of processen die hoge energiedichtheid vereisen (bijvoorbeeld lucht- en ruimtevaart) of hoge temperaturen vereisen (bijvoorbeeld omsmelten van metalen).

Op basis van deze overwegingen inclusief de toepasbaarheid op Westraven, worden in de volgende paragrafen maatregelenpakketten (scenario's) omschreven.

4.3 Stap 1: Energielabel A+

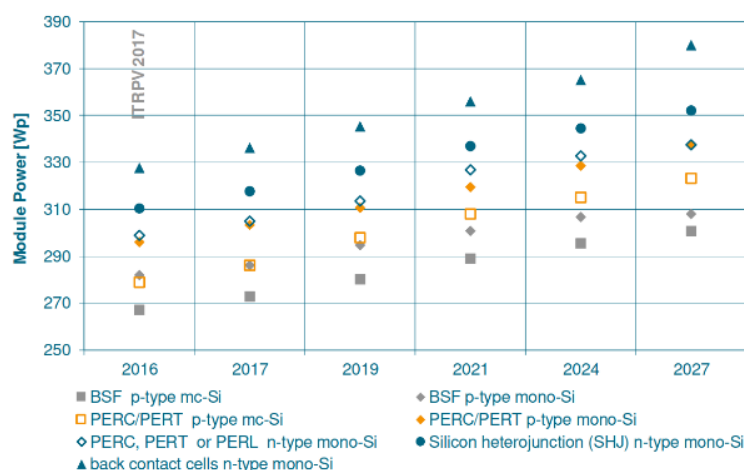
Om het energiegebruik te reduceren tot een waarde passend bij het fictieve label A+, kan maatregel V4 uit het rapport van DGMR worden doorgevoerd, zijnde het aanpassen van de circulatiepompen met een toerenregeling. De vervanging van de circulatiepompen staat gepland voor 2022 en 2027. Dat houdt in dat deze vervanging/aanpassing eerder moet worden uitgevoerd om de ambitie in 2022 te behalen.

4.4 Stap 2: E-nul gebouw

Om te komen tot een energieneutraal gebouw, zijn aanvullende maatregelen nodig ten opzichte van het label A+ gebouw. In het onderzoek zijn niet individuele maatregelen onderzocht, maar combinaties van maatregelen, zogeheten scenario's. Bij alle scenario's, zal ook een deel duurzame opwekking moeten worden toegevoegd, in de vorm van PV-panelen of anderszins. Alle scenario's komen hierdoor uit op E/E = 0,0. Echter de hoeveelheid benodigde panelen, en dus de aanvullende kosten, kan afwijken.

Bij de energieopwekking met PV-panelen is rekening te houden met een hoge innovatiesnelheid en grote innovatieruimte. Het rendement van commerciële panelen ligt op dit moment op circa 18%. Een stijging van dit rendement mag, gezien de laboratoriumresultaten, worden verwacht. Daarbij wordt voor dit onderzoek uitgegaan van een rendement van 26%, resulterende in panelen met een opbrengst van 230Wp/m² (375Wp/paneel), waarbij het uitgangspunt is dat het RVB altijd zal kiezen voor de bovenkant van de markt.

In bijlage 13 is op bladzijden 16 en 17 bepaald dat er ruimte is voor circa 6.000 m² PV. Het uitgangspunt is dat de PV-panelen op het eigen dak van Westraven voldoende energie moeten opbrengen om E-nul te behalen. Hoe hoger de opwekking van de panelen is, des te meer ruimte blijft er over op het dak voor stap 3.



Figuur 34 Prognose opbrengstontwikkeling PV (bron: World Solar Congress, Shanghai 2018)

Er zijn een aantal scenario's uitgewerkt voor de warmte/koude-opwekking en afgiftesystemen. Deze worden in de volgende paragrafen verwoord. In de uitleg van de scenario's wordt met een codering (bijvoorbeeld: [V1]) verwezen naar de maatregelen uit dat rapport.

4.4.1 Basismaatregelen

Binnen elk scenario worden minimaal de volgende basismaatregelen uitgevoerd:

- Aanpassing ventilatie-installatie volgens maatregel [V3] van DGMR:
 - Toevoeging van CO₂-regeling op de VAV-units;
 - Ventilatoren op gelijkstroom en terugregeling;
- Aanpassing verlichtingsinstallaties volgens maatregel [V6] van DGMR:
 - Vervangen van de bestaande verlichting door LED-verlichting en lichtregeling;
- Aanpassing ventilatie-WTW volgens TRAJECT:
 - Vervangen van de luchttoevoerkasten van Serre CDE door gebalanceerde luchtbehandelingskasten met WTW. Hierbij wordt de afzuiging van de keuken op basis van recirculatie uitgevoerd;
 - Aanbrengen van een twincoil WTW op de toiletafzuiging van Toren H.

4.4.2 Scenario 1 (midentemperatuur warmtepompen)

[V1.B] Bij scenario 1 wordt uitgegaan van een temperatuurregime bestaande uit een deel op 40°C (LT40) en een deel op 55°C (MT55) van de verwarmingsinstallatie. De huidige warmtepompen worden vervangen door nieuwe warmtepompen met een lage GWP-koelmiddel. De ketels worden verwijderd en het aanvullend benodigd vermogen wordt opgewekt met nieuw te plaatsen LT40 lucht/waterwarmtepompen. Bij de aanpassing wordt rekening gehouden met een aanvullende aanpassing van de elektrotechnische installaties in verband met het verhoogde elektrische vermogen.

4.4.3 Scenario 2 (Thermische energie uit oppervlaktewater, TEO)

[V2] Bij scenario 2 wordt uitgegaan van handhaving van het huidige temperatuurregime op 55°C (MT55). De huidige warmtepompen en ketels worden vervangen door nieuwe warmtepompen met een lage GWP-koelmiddel en aangesloten op de WKO. Om de bronbalans in stand te houden wordt het systeem verbonden met een TEO op het Amsterdam-Rijnkanaal. Deze functioneert als bijstook en in de tussenseizoenen. Bij de aanpassing wordt rekening gehouden met een aanvullende aanpassing van de elektrotechnische installaties in verband met het verhoogde elektrische vermogen en de infrastructuur benodigd voor de TEO.

De huidige aangeleverde informatie van de WKO is ontoereikend om de toepasbaarheid van een TEO voor het reduceren van een eventuele bodemonbalans te kunnen beoordelen. Indien er sprake is van een thermische of energetische onbalans in de WKO, moge duidelijk zijn dat een TEO een zeer nuttig hulpmiddel is om deze te herstellen.

4.4.4 Scenario 3 (lage temperatuur warmtepompen)

[V1.A] Bij scenario 3 wordt uitgegaan van een aanpassing van het huidige temperatuurregime, waarbij alle afgiftesystemen geschikt worden gemaakt voor LT35. Dit houdt in dat alle naverwarmers worden vervangen door een groter verwarmend oppervlak en dat de convectoren worden aangepast met Low H₂O blokken. Voor de warmteopwekking binnen dit scenario worden de huidige warmtepompen vervangen door nieuwe warmtepompen met een lage GWP-koelmiddel. De ketels worden verwijderd en het aanvullend benodigd vermogen wordt opgewekt met nieuw te plaatsen LT35 lucht/waterwarmtepompen. Bij de aanpassing wordt rekening gehouden met een aanvullende aanpassing van de elektrotechnische installaties in verband met het verhoogde elektrische vermogen.

4.4.5 Scenario 4 (verbetering thermische schil)

[V5 en V1.B] Bij scenario 4 wordt uitgegaan van een aanpassing van de bestaande gevel met drievoudige isolerende beglazing en verbeterde kierdichting. Hierdoor vermindert de warmte- koudevraag met circa 10% (korte simulatie uitgevoerd met DesignBuilder). Dit is echter niet voldoende om, zonder verdere aanpassingen, een lage temperatuursysteem te realiseren. De huidige warmtepompen worden vervangen door nieuwe warmtepompen met een lage GWP-koelmiddel. De ketels worden verwijderd en het aanvullend benodigd vermogen wordt opgewekt met nieuw te plaatsen LT40 lucht/waterwarmtepompen. Bij de aanpassing wordt rekening gehouden met een aanvullende aanpassing van de elektrotechnische installaties in verband met het verhoogde elektrische vermogen.

4.4.6 Scenario 5 (geothermische bron)

Bij scenario 5 wordt uitgegaan van een diepe geothermische bron, waarmee water van 70°C kan worden opgevoerd. Het gebouw en de opgenomen afgiftesystemen kunnen ongewijzigd blijven. Voor het bronvermogen wordt uitgegaan van 10 MW, waarvan circa 3,1 MW nodig is voor kantoor Westraven. Het restant kan worden gebruikt als stadsverwarming voor de omliggende wijken. Een dergelijke installatie zal vrijwel altijd worden ondergebracht in een ESCo.

Voor de koeling wordt gebruik gemaakt van adsorptiekoelmachines welke de geothermische warmte omzetten in koude. Hierdoor neemt het benodigd vermogen toe (van 2,4 MW voor alleen verwarming naar 3,1 MW voor verwarming en koeling), maar is ook de koeling voorzien van een hoge COP.

Door de hoge aanvoertemperatuur van het verwarming distributiesysteem is het mogelijk om ook het tapwater hierop aan te sluiten zodat de efficiëntie hiervan aanzienlijk toeneemt. Eventueel inclusief hotfill-machines ter plaatse van de keuken. (Dit is nog niet meegenomen in het scenario)

4.4.7 Vergelijking maatregelen

Van de verschillende scenario's zijn het energiegebruik, de investeringskosten, de effectiviteit en de hoeveelheid resterend duurzaam op te wekken energie bepaald. Per scenario is in beeld gebracht wat de energiebesparingen van de basismaatregelen zijn en wat de besparing als gevolg van het scenario is. Zie figuur 35.

De energiebesparingsberekeningen zijn gemaakt met ENORM en vervolgens gecorrigeerd naar de afschatting bepaald met DesignBuilder conform hoofdstuk 2.6. Zie bijlagen 16.1 t/m 16.5 voor de scenarioberekeningen.

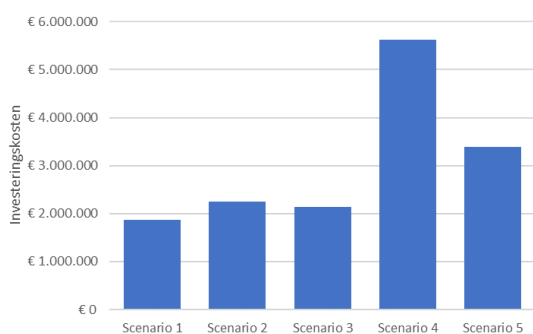
Huidig	Huidige situatie 2018					
	Gebouwwgebonden elektraverbruik [MJ]	7.924.000				
	Gebouwwgebonden gasverbruik [MJ]	590.089				
	Totaal energieverbruik [MJ]	8.514.089				
	Energieprestatie [E/E]	1,985				
Masterplan	Nieuwe situatie 2020					
	Energiebesparing [MJ]	-2.190.334				
	Totaal energieverbruik [MJ]	10.704.423				
	Energieprestatie [E/E]	1,997				
A+	Label A+ 2020					
	Meerprijs, toerenregeling pompen	€ 50.000				
	Investering	€ 50.000				
	Energiebesparing [MJ]	165.599				
	Totaal energieverbruik [MJ]	10.538.824				
	Effectiviteit [MJ/€]	3,31				
	Energieprestatie [E/E]	1,959				
	Maatregelen basis 2022					
E=0	Terugregeling ventilatie	€ 275.000				
	Meerprijs, CO ₂ -sturing ventilatie VAV/CAV	€ 133.750				
	Vervangen 2x LTK door LBK met WTW	€ 90.000				
	Aanbrengen twin-coil op toilet afz. H	€ 25.000				
	Meerprijs, LED-verlichting	€ 175.000				
	Meerprijs, lichtregelsysteem	€ 600.000				
	Investering	€ 1.298.750				
	Energiebesparing [MJ]	4.761.091				
	Totaal energieverbruik [MJ]	5.777.733				
	Effectiviteit [MJ/€]	3,67				
	Energieprestatie [E/E]	1,068				
	Maatregelen scenario's					
		Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5
	Meerprijs lage GWP warmtepomp	€ 84.750	€ 84.750	€ 84.750	€ 84.750	€ -250.000
	Aanvullende wa/wa warmtepomp		€ 291.000			
	Aanvullende lu/wa warmtepomp	€ 399.000		€ 399.000	€ 309.000	
	Aanpassen regeltechniek	€ 30.000	€ 30.000	€ 60.000	€ 30.000	€ 60.000
	TEO-systeem		€ 490.000			
	LT-afgiftesysteem			€ 250.000		
	Triple beglazing vliesgevel (incl. kozijn)				€ 3.850.000	
	BAK Geothermische bron HT					€ 775.000
	Adsorptiekoelmachines					€ 1.395.000
	Tapwaterafgiftesets 45st					€ 56.250
	Investering	€ 513.750	€ 895.750	€ 793.750	€ 4.273.750	€ 2.036.250
	Energiebesparing [MJ]	1.382.733	1.772.733	1.550.733	2.146.733	3.565.733
	Totaal energieverbruik [MJ]	4.395.000	4.005.000	4.227.000	3.631.000	2.212.000
	Effectiviteit [MJ/€]	2,69	1,98	1,95	0,50	1,75
	Energieprestatie [E/E]	1,040	0,948	1,001	0,860	0,560
	Totalen					
	Totale energiebesparing [MJ]	6.309.423	6.699.423	6.477.423	7.073.423	8.492.423
	Totale investering excl. BTW	€ 1.862.500	€ 2.244.500	€ 2.142.500	€ 5.622.500	€ 3.385.000
	Totale Effectiviteit [MJ/€]	3,39	2,98	3,02	1,26	2,51
	Resterend gebouwwgebonden energieverbruik	4.395.000	4.005.000	4.227.000	3.631.000	2.212.000
	Benodigd PV-oppervlak bij 230 Wp/m ²	6.200	5.700	6.000	5.100	3.100
	Netto Contante Waarde excl. BTW	€ 4.375.328	€ 4.205.778	€ 4.344.789	€ 778.662	€ 1.545.989

Figuur 35 Overzicht investeringen en besparingen per scenario

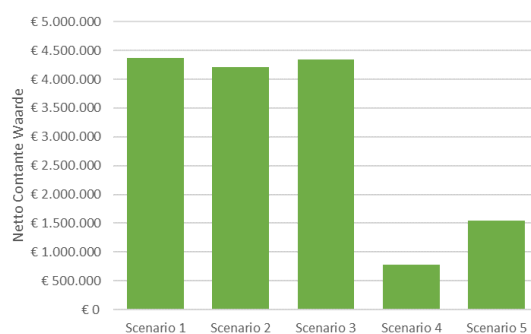
Om de verschillende scenario's overzichtelijk met elkaar te vergelijken worden deze in gestapelde staafdiagrammen geplaatst.

In de grafieken hieronder worden onderstaande grootheden vergeleken. Voor de gedetailleerde informatie, zie de corresponderende bijlagen.

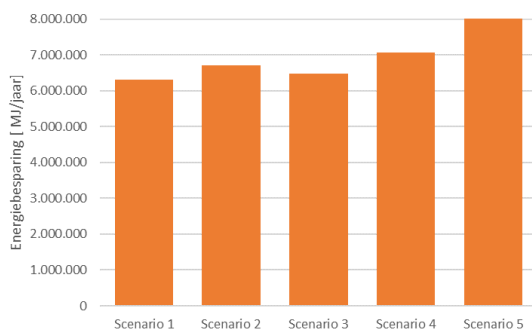
- Investering in € Bijlage 14
- Netto Contante Waarde in € Bijlage 14
- Energiebesparing in MJ/jaar Bijlage 16.1 t/m 16.5
- Effectiviteit in MJ/€ Bijlage 15
- Benodigde PV voor E=0 in m² Bijlage 15



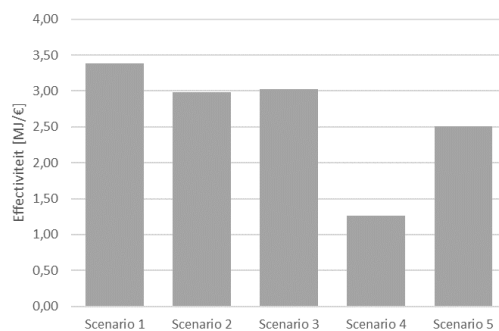
Figuur 36 Vergelijking scenario's op basis van investering



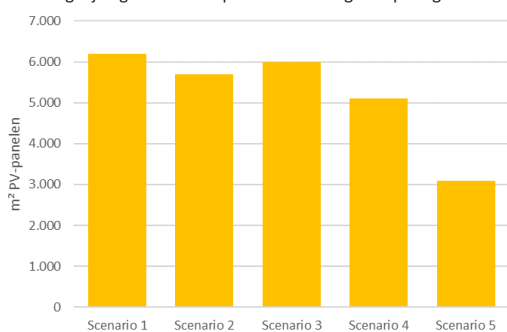
Figuur 37 Vergelijking scenario's op basis van netto contante waarde



Figuur 38 Vergelijking scenario's op basis van energiebesparing



Figuur 39 Vergelijking scenario's op basis van effectiviteit



Figuur 40 Geschat oppervlak PV-panelen o.b.v. 230Wp/m²

Scenario 1: MT lu/wa warmtepompen

Scenario 2: TEO met wa/wa warmtepompen

Scenario 3: LT lu/wa warmtepompen

Scenario 4: Triple HR glas

Scenario 5: Diepe geothermische bron

De bovenstaande grafieken laten zien dat scenario's 1, 2 en 3 vergelijkbare kosten, energiebesparingen en netto contante waarden hebben, echter vereisen deze scenario's nog de meeste PV-panelen. Scenario 4 presteert met de hoge investeringskosten en relatief lage effectiviteit suboptimaal ten opzichte van de andere scenario's. Scenario 5 presteert gemiddeld ten opzichte van de andere scenario's, maar heeft de hoogste energiebesparing en behoeft de minste PV-panelen voor energieneutraliteit.

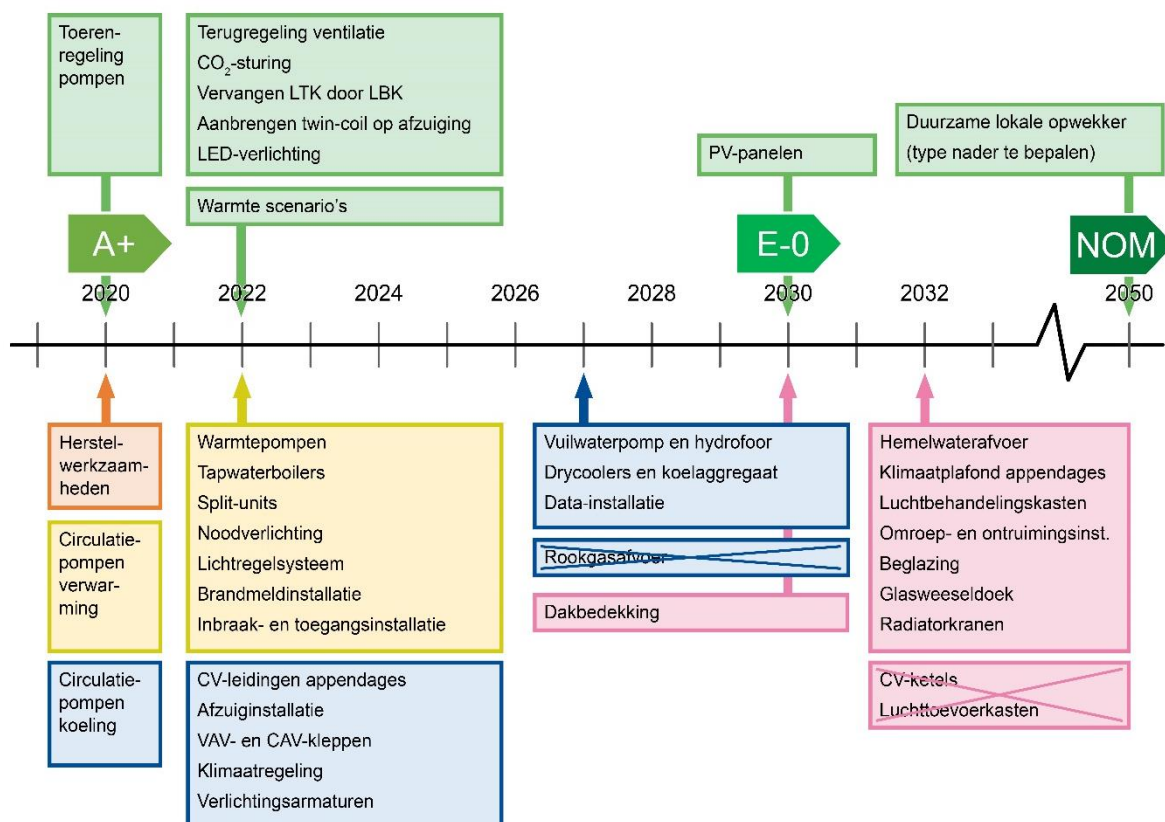
4.5 Stap 3: NOM-gebouw

Voor het NOM-gebouw, beoogd doel in 2050, moet de behoefte aan elektrische energie ten behoeve van de gebruiker duurzaam worden opgewekt. Maatregelen aan het energiegebruik en/of –opwekking van het gebouw hebben daar geen invloed op. Het is, met het oog op het tijdspad, zeer opportuun om hiervoor al waarden of opwekkingstechnieken te benoemen.

4.6 MJOB op basis van verduurzaming

Om de verduurzaming effectief en binnen de gestelde mijlpalen te behalen, moet de MJOB worden aangepast. Figuur 41 illustreert deze aanpassingen. Boven de tijdlijn, in de groene vakjes zijn de aanvullende maatregelen omschreven. Deze corresponderen met de stappen omschreven in de vorige paragrafen.

Onder de tijdlijn zijn de significante vervangingen weergegeven. Deze zijn herschikt om aan te sluiten bij de duurzaamheidsmaatregelen. De kleur van de blokjes illustreert de oorspronkelijke plaats in de tijdlijn. Dus bijvoorbeeld het blauwe blokje onder het jaar 2022 stond in de MJOB voor instandhouding onder het jaar 2027. De blokjes met een kruis er doorheen, betreffen objecten die door de verduurzamingsmaatregelen niet meer van toepassing zijn. In bijlage 15 zijn de kosten van de aanpassing van het MJOB weergegeven per scenario.



Figuur 41 Significante vervangingsmomenten binnen de aangepaste MJOB ten behoeve van de verduurzaming

5. Conclusie

Met deze rapportage zijn de bestaande situatie, de impact van het masterplan en de verduurzamingsscenario's inzichtelijk gemaakt. In dit hoofdstuk wordt de conclusie per deel gesommeerd.

5.1 Bestaande situatie

Op basis van de NEN2767 inspectie is bepaald dat het gebouw in een redelijk tot goede technische staat verkeert en het aantal gebreken beperkt is. Voor de komende 15 jaar zijn drie grote vervangingsmomenten geformuleerd: 2022, 2027 en 2032. In deze periode wordt het merendeel van de klimaat- en verlichtingsinstallaties vervangen.

Op basis van de gebouwsimulaties is bepaald dat het huidig opgestelde opwekvermogen voor verwarming en koeling voldoende is. Hierbij staat de primaire opwekker dan in vollast en moet de secundaire opwekker nog voor een klein aandeel bijstoken of -koelen.

Op basis van de debietmetingen is bepaald dat het afgiftevermogen voor verwarming en koeling van de hoogbouw en deels van de laagbouw niet voldoende is. Er zijn zeer grote verschillen in debieten gemeten tussen vergelijkbare zones, echter is met de uitgevoerde inspecties en metingen niet te bepalen wat de oorzaak is. TRAJECT adviseert aanvullend onderzoek uit te voeren.

Op basis van de gebouwsimulaties is bepaald dat het thermisch comfort van de Serre CDE niet voldoet aan de gestelde ATG-eisen. Omdat de koelvermogens exponentieel toenemen, stelt TRAJECT voor de ATG-eisen niet volledig te hanteren, maar een overschrijding van minder dan 1% als acceptabel te beschouwen. Met inachtneming van deze aangepaste eis is een aanvullend koelvermogen van circa 85 kW nodig.

5.2 Impact van het masterplan

Door de inbreiding en uitbreiding in het masterplan, neemt het elektrisch vermogen van het gebouw toe met circa 350kVA. Dit vermogen is ruimschoots aanwezig in de bestaande voedingsinstallatie. Bij vervanging van TL-5 armaturen door LED-armaturen zal het vermogen ten behoeve van verlichting halveren wat een gunstig effect heeft op de totale belasting van de voedingsinstallatie.

Door de inbreiding neemt het benodigde ventilatievolume toe. Ondanks de lager gemeten luchtdebieten, is er nog voldoende ventilatiecapaciteit beschikbaar. Door de inbreiding verandert de indeling van het gebouw deels. Hierdoor ontstaat er bij sommige ruimtes een tekort. In deze situaties vereist de inbreiding een aanpassing van de luchtkanalen en toevoerventielen.

Door de inbreiding en uitbreiding nemen de benodigde verwarmingsvermogens met circa 10% en koelvermogens met circa 19% toe (berekend met DesignBuilder). Ondanks deze toename is er nog voldoende capaciteit beschikbaar. Deze extra capaciteit gaat echter voor een groot deel op de secundaire opwekkers rusten. Met betrekking tot de afgiftecapaciteit neemt het eerder benoemde tekort verder toe.

5.3 Verduurzaming

Er is een uitgebreid onderzoek naar de effectiviteit van de verduurzamingsmaatregelen uitgevoerd. Hier wordt in drie stappen de verduurzaming omschreven op basis van de gestelde doelen.

In stap 1 kan met alleen toerenregeling op de circulatiepompen al een (fictief) label A+ worden behaald.

Voor stap 2 zijn vijf scenario's beoordeeld:

- Scenario 1: MT lu/wa warmtepompen
- Scenario 2: TEO met wa/wa warmtepompen
- Scenario 3: LT lu/wa warmtepompen
- Scenario 4: Triple HR glas
- Scenario 5: Diepe geothermische bron

Scenario 1 t/m 3 zijn met betrekking tot effectiviteit en netto contante waarde vergelijkbaar. TRAJECT adviseert scenario 2 (warmtepompen op basis van thermische energie oppervlaktewater), dit vergt van de drie scenario's het minste pv-oppervlak. Ook met betrekking tot materiaalgebruik heeft dit de voorkeur. Scenario 1 betreft een goed alternatief.

Stap 3 betreft een nul-op-de-meter doelstelling in 2050. Het is, met het oog op het tijdspad, zeer opportuun om hiervoor al waarden of opwekkingstechnieken te benoemen. TRAJECT adviseert hier, nadat stappen 1 en 2 afgerond zijn, opnieuw naar te kijken.

6. Bijlagenlijst

- 1. Toelichting NEN 2767
- 2. Gebouwinspectie kantoren Westraven
- 3.1 Bevindingen installaties G01 Hoogbouw
- 3.2 Bevindingen installaties G02 Fietsenstalling
- 3.3 Bevindingen bouwkundig G03 Laagbouw
- 3.4 Bevindingen installaties G03 Laagbouw
- 3.5 Bevindingen Buitenterrein
- 4.1 Gedetailleerd thermische overschrijdingen
- 4.2 Vergelijking energieverbruik en graaddagen
- 4.3 Resultaten DesignBuider energiegebruik
- 5. WKO
- 6. KTB waterzijdige metingen
- 7.1 0-meting luchtbehandeling hoogbouw oost
- 7.2 0-meting luchtbehandeling hoogbouw west
- 7.3 0-meting luchtbehandeling laagbouw A
- 7.4 0-meting luchtbehandeling laagbouw B
- 7.5 0-meting luchtbehandeling laagbouw C
- 7.6 0-meting luchtbehandeling laagbouw D
- 7.7 0-meting luchtbehandeling laagbouw E
- 8. 191231 MvB Afgiftevermogenbepaling o.b.v. KTD
- 9. 5678 mem 180926 GJT 01 Meetresultaten
- 10.1 MJOP instandhouding Fietsenstalling G02
- 10.2 MJOP instandhouding Hoogbouw G01
- 10.3 MJOP instandhouding Laagbouw G03
- 10.4 MJOP instandhouding Terrein
- 11. Vermogenstoename uitbreiding fte
- 12.1 Luchttoevoer bepaling m3
- 12.2 Luchttoevoer bepaling tekort m3
- 13. DGMR maatregelen energie
- 14. Kosten scenario's NCW
- 15. Overzicht scenario's
- 16.1 Scenario 1 WKO luwa MT
- 16.2 Scenario 2 WKO TEO MT
- 16.3 Scenario 3 WKO LT
- 16.4 Scenario 4 WKO gevel LT
- 16.5 Scenario 5 GT HT