



Technisch rapport KT-27

Daglicht & Binnenklimaat





INHOUDSOPGAVE

Blz.

SAM ENVATTING.....	3
HOOFDSTUK 1 - INLEIDING.....	4
1.1 Projectomschrijving.....	4
1.2 Projectfasering.....	4
HOOFDSTUK 2 - INVENTARISATIE.....	5
2.1 Interviews + enquête	5
2.2 Brainstormsessie	5
2.3 Uitkomsten inventarisatie.....	6
HOOFDSTUK 3 - INFORMATIEBLADEN DAGLICHT & BINNENKLIMAAT.....	9
3.1 Gevelconcepten	9
3.2 Ontwerpprincipes Gevel	9
3.3 Installatieconcepten.....	10
3.4 Ontwerpprincipes Installaties	11
HOOFDSTUK 4 - ONTWERPGRAFIEK ENERGIEBEHOEFTE.....	12
4.1 Gebruik 'ontwerpgrafiek energiebehoefte'	12
4.2 Uitgangspunten energieberekeningen	13
HOOFDSTUK 5 - ONTWERPGRAFIEK THERMISCH COMFORT	14
5.1 Gebruik 'ontwerpgrafiek thermisch comfort'	14
5.2 Uitgangspunten temperatuuroverschrijdingsberekeningen	15
VOORBEELDOPGAVE.....	17
BIJLAGEN.....	19
INFORMATIEBRONNEN	20



Aan de totstandkoming van deze [rapportage] hebben meegewerkt:

Ir. E (Esther) Gerritsen, Techniplan Adviseurs

ing. M (Martijn) Veerman, VMRG

dr. Ir. A.G. (Bram) Entrop, VMRG

In samenwerking met

Stichting Promotie Installatietechniek (PIT)

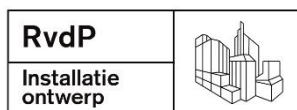
Auteur(s)

ing. R (Roelant) van der Putten, RvdP installatie ontwerp

Coördinatie

ing. D.G.M. (Daniëlle) Dikhoff

(Community Manager Kennisontwikkeling)



Datum
Gewijzigd

01 maart 2018



SAM ENVATTING

Het project KT27 van de Expertgroep Klimaattechniek richt zich op de integrale ontwerpbenadering van gevel en installatie voor nieuwbouw kantoren in 2020. Voor het project is eerst een inventarisatiefase doorlopen, waarbij op basis van een enquête en een brainstormsessie de ontwikkelingen en de kennisbehoefte is vastgesteld. Vervolgens is in samenwerking met de VMRG, de branchevereniging voor metalen gevels, en Techniplan Adviseurs een invulling gegeven aan deze kennisbehoefte.

Vanuit de enquête kan worden geconcludeerd dat de algehele vraag naar prestaties van de gevel toeneemt. Hierbij blijken vooral energieprestatie en thermisch comfort zwaarwegende beoordelingscriteria te zijn.

Vanuit de brainstormsessie kan worden geconcludeerd dat er behoefte is aan informatie over gevel- en installatieconcepten die in aanmerking komen invulling te geven aan de toenemende prestaties. Daarnaast is er behoefte aan hulpmiddelen om de energieprestatie en het thermisch comfort van een ontwerp snel te kunnen toetsen.

Vanuit het project KT27 is invulling gegeven aan deze behoefte door de volgende producten op te stellen:

- **‘Informatiebladen Daglicht & Binnenklimaat’** met hierin omschreven de belangrijkste gevelconcepten, geveleigenschappen, installatieconcepten en installatie-eigenschappen;
- **‘Ontwerpgrafiek Energiebehoefte’** met hierin opgenomen de energieprestatieberekeningen en uitgangspunten voor een standaard kantoorgebouw bij een maximale energiebehoefte van 50 kWh per m² per jaar volgens de BENG-eisen;
- **‘Ontwerpgrafiek Thermisch Comfort’** met hierin opgenomen de TO-berekeningen en uitgangspunten voor een standaard kantoorgebouw volgens de categorieën uit de NEN-ISO 7730:2005;
- **Voorbeeldopgave** waaruit duidelijk wordt hoe de producten kunnen worden toegepast.



HOOFDSTUK 1 - INLEIDING

In juni 2016 is het project KT27 Daglicht & Binnenklimaat van de Expertgroep Klimaattechniek van start gegaan. Het project heeft als doel om vanuit een doorsnede van de complete bouwkolom de kennis over gevels, daglicht en binnenklimaat te bundelen. Het project richt zich daarbij op de nieuwbouw van kantoorgebouwen in 2020.

1.1 Projectomschrijving

Voor het project is een flyer opgesteld, die is terug te vinden in Bijlage A.

1.2 Projectfasering

Het project is opgedeeld in de volgende fases:

- Inventarisatiefase
- Productiefase
- Vervolgfase

In deze rapportage is de uitwerking van de inventarisatiefase t/m de productiefase omschreven.



HOOFDSTUK 2 - INVENTARISATIE

Tijdens de inventarisatiefase zijn door TVVL interviews gehouden met verschillende specialisten op het gebied van Daglicht & Binnenklimaat. Deze interviews zijn aangevuld met een enquête onder de TVVL-leden waarbij dezelfde vragen zijn gesteld.

De inventarisatiefase is afgerond met een brainstormsessie. Tijdens de brainstormsessie zijn de resultaten van de interviews en enquêtes toegelicht en is, in overleg, de behoefte aan producten bepaald.

2.1 Interviews + enquête

Het doel van de interviews was om te inventariseren wat de te verwachten, toekomstige ontwikkelingen zijn op het gebied van gevels, daglicht en binnenklimaat. Voor de interviews is gezocht naar personen die vanuit verschillende perspectieven in aanraking komen met deze ontwikkelingen.

De volgende personen hebben deelgenomen aan de interviews:

- Nancy Westerlaken, TNO, Research Manager
- Ramon van Stijn, Peutz, Projectleider Klimaatkameronderzoek
- Jean Paul Sosef, A. de Jong, Technisch Commercieel Directeur
- Dennis Schuiling, BAM Bouw & Techniek, Tender Manager Techniek
- Han Blom, BAM Bouw & Techniek, Technisch Ontwikkelaar Bouw
- Rik Molenaar, Techniplan Adviseurs, Adviseur Energie & Milieu
- Esther Gerritsen, Techniplan Adviseurs, Adviseur Energie & Milieu
- Hester Hellinga, DPA, Senior Projectleider
- Bart Nicolaas, OMA, Architect
- Kees van Casteren, OMA, Architect
- Martijn Veerman, VMRG, Projectcoördinator Technologie, Innovatie & Ontwikkeling
- Ulrich Knaack, TU Delft, Hoogleraar Design of Construction

De volgende personen hebben deelgenomen aan de enquête:

- Jurrian van Roon, Valstar Simonis, Installatieadviseur
- Paul Masselink, Masselink SES, Directeur / Eigenaar
- Mike Barkey, Croonwolter&dros, Adviseur Integraal Bouwen
- Frank Weijts, A. de Jong, Technisch Specialist

De vragen en antwoorden van de interviews en de enquête zijn opgenomen in Bijlage B.

2.2 Brainstormsessie

In de brainstormsessie d.d. 12 december 2016 is bepaald welke ontwikkelingen de meeste impact op de kantoorgebouw in 2020 zullen hebben. Daarnaast is bepaald welke gevel- en installatieconcepten naar verwachting in aanmerking zullen komen voor kantoorgebouwen in 2020 en wat de belangrijkste relaties tussen deze concepten zijn.

De hand-out van de brainstormsessie is opgenomen als Bijlage C.

2.3 Uitkomsten inventarisatie

De belangrijkste uitkomsten van de inventarisatie zijn samengevat in onderstaande tekst.

2.3.1 Regelgeving

Voor de energieprestatie van alle nieuwbouw zal de regelgeving voor Bijna EnergieNeutrale Gebouwen (BENG) een belangrijke rol gaan spelen. Volgens de laatste berichtgeving vanuit de overheid zal de regelgeving per 1 januari 2020 worden ingevoerd.

BENG vloeit voort uit het Energieakkoord voor duurzame groei en uit de Europese richtlijn EPBD. Als gevolg van de BENG-eisen zal niet alleen meer het totale primaire energiegebruik van een gebouw worden begrenst, maar geldt er ook een maximale energiebehoefte en een minimaal aandeel hernieuwbare energie (zie Figuur V-1). Door de invoering van de BENG indicatoren is op alle vlakken van de 'trias energetica' een prestatie-eis van toepassing.



Figuur V-1 BENG indicatoren (bron: www.rvo.nl)

De gevolgen van BENG op gevel en installaties zijn door Esther Gerritsen van Techniplan Adviseurs in kaart gebracht en gepresenteerd op de TVVL Techniekdag 2016. De hand-out van deze presentatie is opgenomen als Bijlage D.

Uit de analyse van Techniplan Adviseurs komen de volgende gevolgen van de BENG-eisen op het ontwerp van gevel en installaties voor kantoren naar voren:

- Een minimale prestatie voor de energiebehoefte, hetgeen strengere eisen aan de bouwfysica van de gevel stelt;
- Een minimale prestatie voor het aandeel duurzame energieopwekking, hetgeen integratie van PV-panelen in de gebouwschil mogelijk zal stimuleren;
- Een aanscherping van de totale energieprestatie, hetgeen energiebesparende maatregelen in zijn algemeenheid zal stimuleren.

2.3.2 Gevelconcepten

De gevelbranche is duidelijk in ontwikkeling. Vanuit de architecten neemt de vraag naar strakke en transparante gevels toe, terwijl aan de kant de vraag naar energiezuinigheid en circulariteit toe neemt.



Volgens de VMRG reageert de gevelbranche hierop door de volgende ontwikkelingen in gang te zetten:

- Ontzorging van gebouweigenaren door een gevel als een service in de markt te zetten, waarbij de verantwoording voor kwaliteit en energieprestatie bij de gevelbouwers komt te liggen;
- Onderzoek naar circulariteit van aluminium (Alu eco + VMRG) met als doel om de CO₂-uitstoot a.g.v. aluminiumproductie drastisch te verminderen;
- Ontwikkeling van integrale gevelconcepten waarin slimme installatieconcepten in het gevelontwerp worden geïntegreerd en derhalve kunnen worden geprefabriceerd.

De ontwikkelingen van circulaire gevels zijn door Stingo Huurdeman van VMRG gepresenteerd op de TVVL Techniekdag 2017. De hand-out van deze presentatie is opgenomen als Bijlage E.

2.3.3 Verlichtingsconcepten

In de verlichtingsbranche heeft de afgelopen jaren de LED-verlichting definitief haar intrede gemaakt. Het is de verwachting van TNO dat de LED-verlichting de komende jaren zich als volgt zal ontwikkelen.

- Stap 1: doorontwikkeling LED-armaturen
- Stap 2: doorontwikkeling besturingssystemen voor vraaggestuurde verlichting
- Stap 3: doorontwikkeling dynamische verlichting

Met de doorontwikkeling van LED-verlichting lijkt er, in de ogen van TNO, voor kantoorgebouwen geen ruimte meer te zijn voor TL-verlichting.

2.3.4 Klimaatconcepten

De klimaatinstallaties hebben zich de afgelopen jaren vooral ontwikkeld door de bestaande concepten te optimaliseren op het gebied van kwaliteit en energieprestatie.

Voor de centrale klimaatinstallaties zijn luchtbehandelingssystemen geschikt gemaakt om aan ErP regelgeving te voldoen en is de certificering van bodemenergiesystemen ingevoerd. Voor warmteopwekking wordt steeds meer gezocht naar all-electric varianten in plaats van gasgebruik.

Op het gebied van lokale klimaatinstallaties zijn volgens de uitkomsten van de enquête de volgende ontwikkelingen waarneembaar:

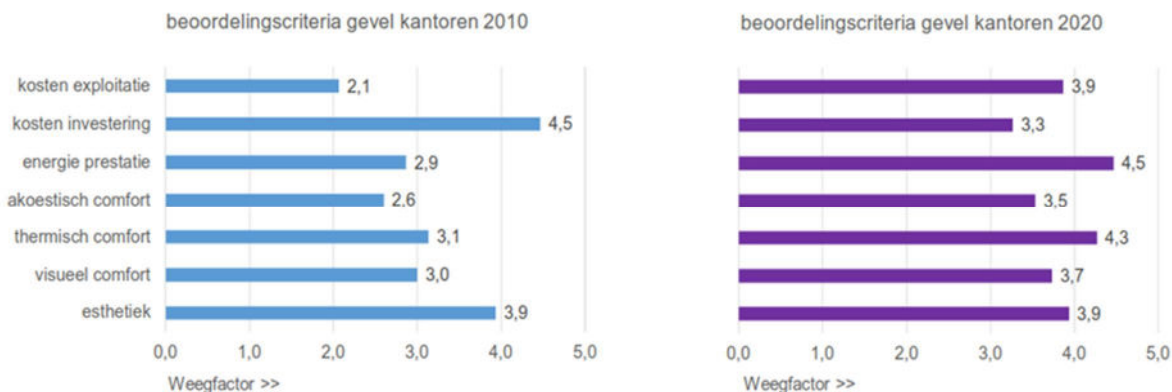
- Integratie van installaties in bouwkundige plafond- of gevelelementen;
- Vraaggestuurde ventilatie o.b.v. luchtkwaliteitsmetingen;
- Lokale, aanvullende verwarming ter verbetering van lokaal comfort.

2.3.5 Ontwerpproces

Uit de inventarisatie blijkt een breed gedeelte verwachting dat de keuze voor een gevelconcept (en bijbehorende installatieconcepten) steeds belangrijker wordt. De keuze bepaalt grotendeels of er aan de gestelde eisen voor duurzaamheid en thermisch comfort kan worden voldaan. Er is ervaring met projecten waar dit ontwerpproces op een succesvolle manier is doorlopen, maar ook veel ervaring met projecten waar dit niet het geval is.

2.3.6 Ambitieniveau & beoordelingscriteria

In figuur V-2 zijn de uitkomsten vanuit de enquête verwerkt, waarbij de vraag is gesteld: “Welke trend is er voor de weegfactoren van de beoordelingscriteria bij het ontwerp van kantoorgebouwen merkbaar?”



Figuur V-2 Diagram weegfactoren beoordelingscriteria kantoren 2010 versus 2020
(bron: resultaten enquête KT27)

Uit figuur V-2 kan worden geconcludeerd dat het zwaartepunt in 2010 nog lag op investeringskosten, maar dat het zwaartepunt in 2020 juist bij energieprestatie en thermisch comfort wordt verwacht. Esthetiek blijft daarbij een zwaarwegende factor.

Daarbij is het opmerkelijk dat ook de totale zwaarte van de beoordelingscriteria toeneemt. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de algehele vraag naar prestaties van de gevel toeneemt.

2.3.7 Kennisbehoefte

Vanuit de interviews, de enquête en de brainstormsessie is op de volgende punten de grootste informatie- en kennisbehoefte naar voren gekomen:

- Waar is bruikbare, technische informatie te vinden over de innovatieve gevel- en installatieconcepten?
- Wat zijn de gevolgen van BENG regelgeving voor het ontwerp van gevel + lokale installaties?
- Hoe is in een SO- of VO-traject te toetsen of met een combinatie van gevel + lokale installaties aan de eisen m.b.t. thermisch comfort kan worden voldaan?

Middels het opstellen van de producten, welke worden omschreven in de volgende hoofdstukken, is getracht om invulling te geven aan deze behoefte.



HOOFDSTUK 3 - INFORMATIEBLADEN DAGLICHT & BINNENKLIMAAT

De 'informatiebladen daglicht & binnenklimaat' hebben als doel om een overzicht te geven van de huidige gevel- en installatieconcepten voor kantoorgebouwen. De concepten die in de informatiebladen zijn opgenomen zijn geselecteerd in de brainstormsessie d.d. 12 december 2016. De Informatiebladen zijn opgesteld door de VMRG en TVVL.

In de informatiebladen wordt een korte omschrijving gegeven van het concept en worden de links vermeld naar de websites van eventuele leveranciers. Per concept worden de belangrijkste systeemeigenschappen vermeld. Daarnaast worden een aantal belangrijke ontwerpprincipes voor de concepten ook nader toegelicht in de informatiebladen.

De 'informatiebladen daglicht & binnenklimaat' zijn opgenomen als Bijlage F van dit rapport.

3.1 Gevelconcepten

Er zijn verschillende manieren om gevels in te delen in concepten. Voor de informatiebladen is voor de volgende indeling van de gevelconcepten gekozen:

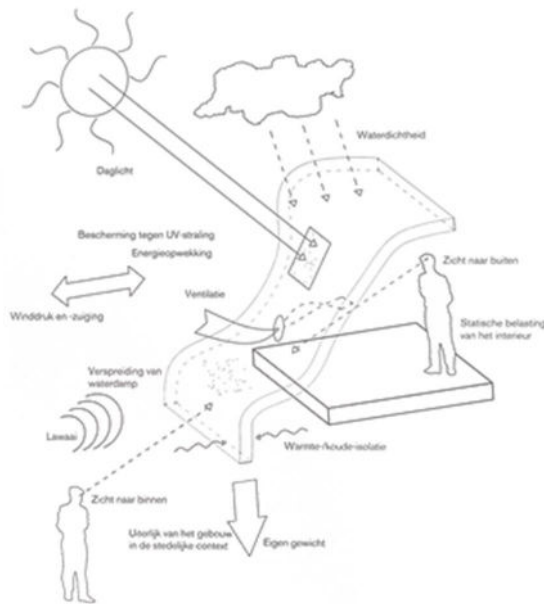
- **Traditionele gevel**, opgebouwd uit een binnenblad, spouw en buitenblad;
- **Vliesgevel**, opgebouwd uit stijlen, regels en panelen;
- **Elementengevel**, opgebouwd uit prefab elementen;
- **2^e huid façade**, opgebouwd uit een binnen en een buitengevel;
- **Integrale gevel**, voorzien van geïntegreerde installatiemodules.

3.2 Ontwerpprincipes Gevel

De gevel kent een groot aantal verschillende functies en heeft hierdoor een groot aantal ontwerpprincipes waarmee rekening dient te worden gehouden. Een overzicht van de verschillende functies is weergegeven in Figuur V-3.

In de informatiebladen zijn de volgende ontwerpprincipes opgenomen:

- **Bouwfysica gebouwschil**, waarbij de bouwfysische aandachtspunten worden opgesomd;
- **Te openen ramen**, waarbij de voor en nadelen van ventilatieopeningen in de gevel worden aangegeven;
- **Zonwering**, waarbij de mogelijkheden voor zonwering in de gevel worden aangegeven;
- **Integratie Fotovoltaïsche cellen in gevel**, waarbij een aantal voorbeelden worden aangedragen;
- **Circulariteit**, waarbij de ontwikkeling van hergebruik en circulariteit van materialen binnen de bouwsector wordt toegelicht.



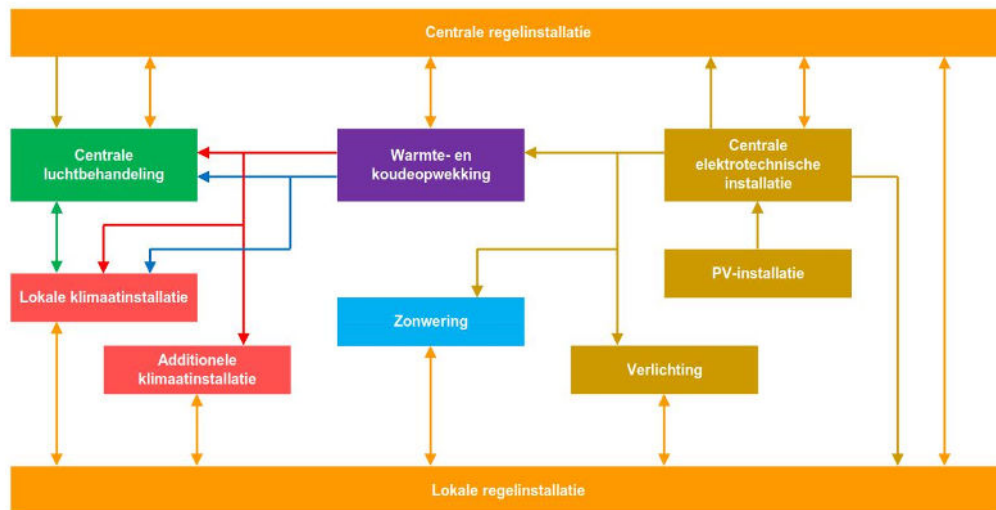
Figuur V-3 Functies van een gevel (bron: 'Gevels, Principes van het construeren')

3.3 Installatieconcepten

Een klimaatinstallatie en bijbehorende verlichtingsinstallatie kan worden opgedeeld in subsystemen. Bij de indeling van de installatieconcepten voor de informatiebladen is een systeemopbouw aangehouden zoals is weergegeven in Figuur V-4.

Hierbij zijn de volgende installatieconcepten in de informatiebladen opgenomen:

- **Lokale klimaatinstallatie klimaatplafond**, waarbij wordt verwarmd en gekoeld middels de plafondelementen;
- **Lokale klimaatinstallatie plafondinductie-units**, waarbij wordt verwarmd en gekoeld middels inductieunits in het plafond;
- **Lokale klimaatinstallatie VAV + naverwarmer**, waarbij wordt verwarmd middels verwarmingsbatterijen in het inblaaskanaal en wordt gekoeld middels het variëren van de ventilatieluchthoeveelheid;
- **Lokale klimaatinstallatie fancoil-units**, waarbij wordt verwarmd en gekoeld middels ventilatorconvectoren boven het verlaagd plafond;
- **Lokale klimaatinstallatie decentrale ventilatie**, waarbij wordt verwarmd en gekoeld middels ventilatie-units in de gevel;
- **Aanvullende klimaatinstallatie vloerverwarming**, waarbij aanvullende verwarming in de vloer wordt opgenomen om ongewenste koudestraling te voorkomen;
- **Aanvullende klimaatinstallatie convector / buisverwarming**, waarbij aanvullende verwarming in langs de gevel wordt opgenomen om koudeval tegen te gaan;
- **Centrale luchtbehandeling**, uitgevoerd met verschillende type warmteterugwinning;
- **Warmte- en koudeopwekking warmtepomp lucht**, waarbij een warmtepomp in de buitenlucht wordt opgesteld;
- **Warmte- en koudeopwekking warmtepomp bodem**, waarbij een warmtepomp wordt aangesloten op een bronneninstallatie;
- **Verlichting**, uitgevoerd als TL- of LED-armatuur;
- **PV-installatie**, waarbij elektriciteit wordt opgewekt met Fotovoltaïsche cellen;
- **Phase Change Material (PCM)**, waarbij warmte en koude wordt geabsorbeerd.



Figuur V-4 Opbouw klimaatinstallatie + verlichtingsinstallatie KT-27

3.4 Ontwerpprincipes Installaties

De klimaat- en verlichtingsinstallatie kent een aantal complexe ontwerprelaties met de gevel. De specifieke ontwerprelaties 'energiebehoefte' en 'thermisch comfort' zijn nader uitgewerkt in dit project met behulp van ontwerpgrafieken (hoofdstuk 4 en 5). In informatiebladen zijn de volgende, algemene ontwerpprincipes voor de klimaatinstallatie opgenomen:

- **Thermische balans verwarming en koeling**, waarbij de berekening van de thermische warmtebalans in de wintersituatie en de zomersituatie worden toegelicht;
- **Lokaal discomfort**, waarbij de eisen met betrekking tot 'stralingsasymmetrie' en 'tochtgraad' worden toegelicht.

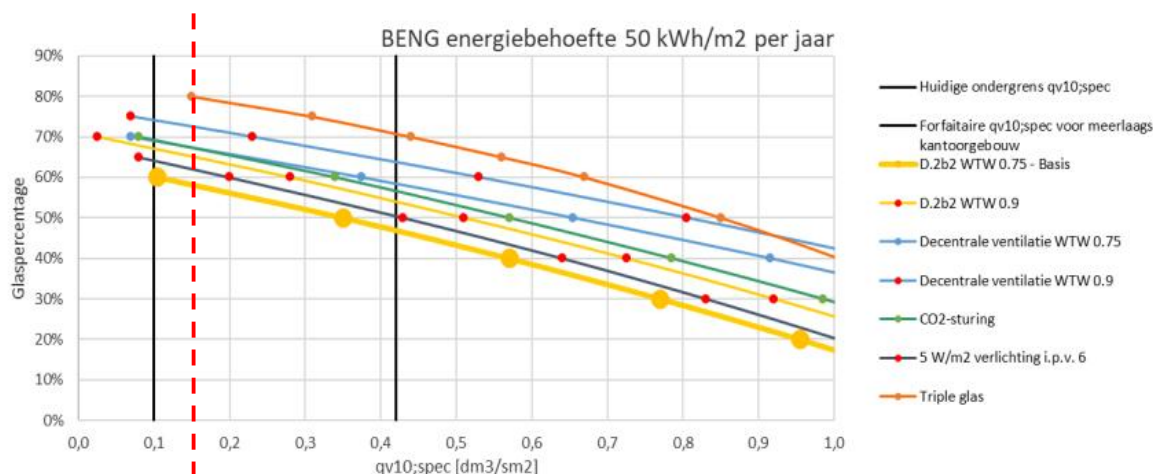
HOOFDSTUK 4 - ONTWERPGRAFIEK ENERGIEBEHOEFTE

De 'ontwerpgrafiek energiebehoefte' is een hulpmiddel om in een vroegtijdig stadium te kunnen toetsen of een gevelconcept aan de BENG-eis voor de maximale energiebehoefte voldoet. In de grafiek worden een groot aantal varianten van een standaard kantoorgebouw weergegeven, waarbij de uitkomst van achterliggende energieberekening steeds precies voldoet aan de BENG-eis voor de indicator 'energiebehoefte'.

De ontwerpgrafiek en achterliggende berekeningen zijn opgesteld door Techniplan Adviseurs. De ontwerpgrafiek is weergegeven in Figuur V-5. Het overzicht met de resultaten van de energieberekeningen is opgenomen als Bijlage G van dit rapport.

4.1 Gebruik 'ontwerpgrafiek energiebehoefte'

Met het gebruik van de grafiek kan snel worden getoetst of de gekozen installatieconcepten i.r.t. de bouwfysische gegeven van de gevel voldoen aan de maximale BENG-eis voor energiebehoefte van 50 kWh/m² per jaar. De grafiek laat de resultaten van de energieberekeningen zien voor een standaard kantoorgebouw, zoals deze door het RVO als referentiegebouw voor BENG-berekeningen is aangedragen. Om te toetsen of een specifiek gebouwontwerp daadwerkelijk aan de BENG-eis voldoet zal altijd een projectspecifieke berekening moeten worden opgesteld.



Figuur V-5 Ontwerpgrafiek maximale energiebehoefte BENG voor een standaard kantoorgebouw

Voorbeeld:

De gevel van een gebouw met HR++-glas, een qv10-waarde van 0,15, centrale ventilatie met 75% warmteterugwinning en LED-verlichting met een vermogen van 6 W/m² zal volgens de grafiek maximaal 58% glas kunnen bevatten om aan een energiebehoefte van 50 kWh/m² per jaar te kunnen voldoen. Indien voor dit gebouw een hoger glaspercentage gewenst is, dan zullen er energiebesparende maatregelen moeten worden toegepast om toch aan de BENG indicator 'energiebehoefte' te kunnen voldoen. Door bijvoorbeeld de toepassing van triple glas, kan het glaspercentage worden verhoogd naar maximaal 80%.



4.2 Uitgangspunten energieberekeningen

Als vaste invoer van de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Gebouwinvoer: RVO referentiegebouw kantoor middelgroot
- Verwarmingssysteem: Warmtepomp + aquifer MT
- Koeling: HT bodemkoeling

Voor de berekeningen van de 'basissituatie' (dikke, gele lijn in ontwerpgrafiek) zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Isolatie thermische schil: bouwbesluit ($R_c = 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor gevel, $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor vloer, $6,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor dak)
- Glas: dubbel glas ($U\text{-waarde raam} = 1,65 \text{ W/m}^2\text{.K}$)
- Ventilatie: mechanisch gebalanceerd, $6,0 \text{ m}^3/\text{h.m}^2 \text{ Ag}$, 75% WTW (warmtewiel)
- Opwekking warmte& koude: WKO, warmte = WP, koude = energieopslag
- Verlichting: gem. 6 W/m^2 , aanwezigheidsdetectie, veegpulsschakeling, daglichtdimregeling
- Opwekking duurzame energie: $400 \text{ m}^2 \text{ PV}$, 80 kWp

Voor de berekeningen van de 'maatregels' (overige gekleurde lijnen in ontwerpgrafiek) zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Maatregel 'WTW 0,9': verhoging WTW-rendement naar 90%
- Maatregel 'decentrale ventilatie': toepassing decentrale ventilatie-units met WTW
- Maatregel 'CO₂-sturing': toevoeging vraaggestuurde ventilatieregeling
- Maatregel '5 W/m² verlichting': verlaging verlichtingsvermogen naar 5 W/m^2
- Maatregel 'triple glas': drie dubbel glas ($U\text{-waarde raam} = 1,0 \text{ W/m}^2\text{.K}$)



HOOFDSTUK 5 - ONTWERPGRAFIEK THERMISCH COMFORT

De 'ontwerpgrafiek thermisch comfort' is een hulpmiddel om in een vroegtijdig stadium te kunnen toetsen of een gevelconcept aan de eis voor thermisch comfort voldoet. In de grafiek worden een groot aantal varianten van een standaard kantoorgebouw weergegeven, waarbij de uitkomst van achterliggende temperatuuroverschrijdingsberekening (TO-berekening) steeds precies voldoet aan de eisen voor een specifieke comfortklasse.

Voor de eisen zijn de overschrijdingsuren vanuit de NEN-ISO 7730:2005 aangehouden, te weten:

- Categorie B: $-0,5 < PMV < +0,5$ met maximaal 150 overschrijdingsuren
- Categorie A: $-0,2 < PMV < +0,2$ met maximaal 100 overschrijdingsuren

Deze eisen voldoen voor kantoren aan de beoordelingsrichtlijn van BREEAM-NL Nieuwbouw en Renovatie 2014 versie 1.0 voor credit HEA 10. Hierbij is één punt te halen voor het aantonen van Categorie B en is een extra punt te halen voor het aantonen van Categorie A. De grafiek is hiervoor opgedeeld in een deelgrafiek voor Categorie A (klasse A) en Categorie B (klasse B).

De ontwerpgrafiek(en) en achterliggende berekeningen zijn opgesteld door Techniplan Adviseurs. De grafieken zijn weergegeven in Figuur V-6. Het overzicht met de resultaten van de TO-berekeningen is opgenomen als Bijlage H van dit rapport.

5.1 Gebruik 'ontwerpgrafiek thermisch comfort'

Met het gebruik van de ontwerpgrafiek kan snel worden getoetst of de gekozen installatieconcepten in relatie tot de bouwfysische gegeven van de gevel voldoen aan de gestelde eisen voor thermisch comfort categorie A of categorie B. De grafiek laat de resultaten van de TO-berekeningen zien voor standaard tussenvertrekken en hoekvertrekken op de zonkant van een kantoorgebouw. Om te toetsen of een specifiek gebouwontwerp daadwerkelijk aan de eisen voldoet zal altijd een projectspecifieke TO-berekening moeten worden opgesteld.

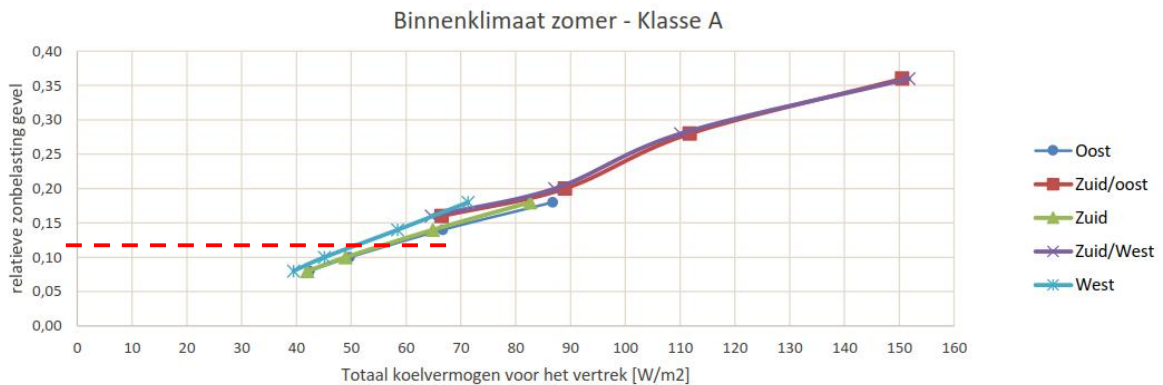
De grafiek geeft op de verticale as de factor 'relatieve zonbelasting gevel' aan. Deze factor wordt als volgt bepaald:

$$\text{Relatieve zonbelasting gevel} = \frac{\text{percentage glas} \cdot g\text{-waarde} \cdot \text{vertrekbreedte}}{\text{vertrekdiepte}}$$

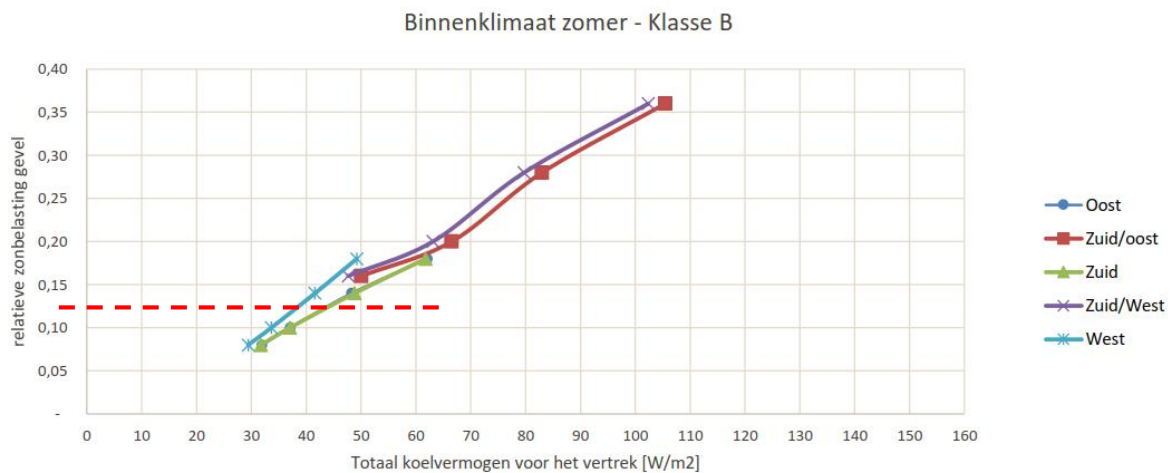
Voorbeeld:

Een tussenvertrek op het zuiden met een afmeting van 3,6 x 5,4 m is ontworpen met 60% glas en een g-waarde van 0,3. De factor 'relatieve zonbelasting gevel' van dit vertrek is 0,12.

Uit figuur V-6 kan worden afgelezen dat er circa 55 W/m² koelvermogen van de lokale klimaatinstallatie benodigd is om aan comfortcategorie A te voldoen. Uit figuur V-7 kan worden afgelezen dat er circa 43 W/m² koelvermogen van de lokale klimaatinstallatie benodigd is om aan comfortcategorie B te voldoen.



Figuur V-6 ontwerpgrafiek temperatuuroverschrijding Categorie A voor een standaard kantoorgebouw



Figuur V-7 ontwerpgrafiek temperatuuroverschrijding Categorie B voor een standaard kantoorgebouw

5.2 Uitgangspunten temperatuuroverschrijdingsberekeningen

Als vaste invoer van de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Referentiejaar: RA2008T01
- Rekenperiode: 30-04-1906 t/m 28-09-1906
- Gebruikstijd: 9.00 - 18:00
- Afmetingen tussenvertrekken: 3,6 x 5,4 x 2,7 m (breedte x diepte x hoogte)
- Oriëntatie tussenvertrekken: Oost, Zuid, West
- Afmetingen hoekvertrekken: 5,4 x 5,4 x 2,7 m (breedte x diepte x hoogte)
- Oriëntatie tussenvertrekken: Zuid/Oost, Zuid/ West



- Isolatie thermische schil: bouwbesluit ($R_c = 4,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor gevel, $3,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor vloer, $6,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor dak)
- Glas: dubbel glas (U-waarde raam: $1,65 \text{ W/m}^2\text{K}$), g-waarde 0,3, geen buitenzonwering
- Ventilatie: 1,6 vv, inblaastemperatuur 18°C winter, inblaastemperatuur 16°C zomer
- Interne warmteproductie: personen 10 W/m^2
apparaten 20 W/m^2
verlichting 6 W/m^2 , aanwezigheidsdetectie



VOORBEELDOPGAVE

Er is een kantoorgebouw ontworpen met de volgende specificaties:

- Bouwlagen: 7 verdiepingen + parkeerkelder
- Verdiepingshoogte: 3,5 m
- Plafondhoogte: 2,7 m
- Afmetingen kantoren: 5,4 x 5,4 m voor 4 personen
- Glaspercentage: 70%
- Glastype: HR++ met zonwerende coating (g-waarde = 0,3)
- Luchtdoorlatendheid gevel: $qv10 = 0,15$
- Lokale klimaatinstallatie: Klimaatplafonds
- Centrale klimaatinstallatie: WKO-installatie, luchtbehandeling met 75% WTW
- Verlichting: LED-verlichting 6 W/m^2
- PV-installatie: PV-panelen op het dak

Voor het gebouw is BREEAM-categorie A voor thermische comfort en comfortklasse A volgens de NEN-EN 1752 gevraagd.

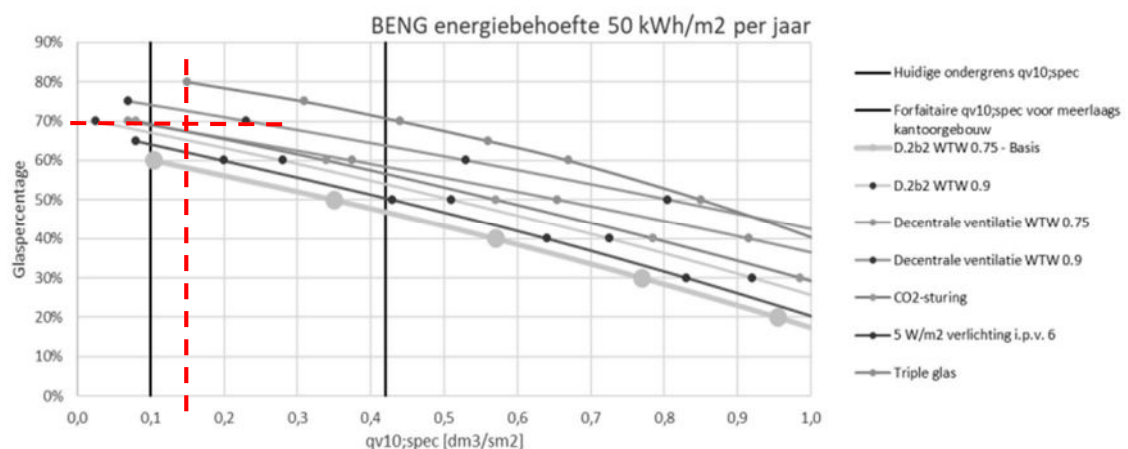
Vraag 1: Wordt er verwacht dat het ontwerp voldoet aan de BENG-eis voor energiebehoefte?

Vraag 2: Wordt er verwacht dat het ontwerp voldoet aan de BREEAM-categorie A voor thermisch comfort?

Vraag 3: Is er een aanvullende klimaatinstallatie benodigd om lokaal discomfort als gevolg van koudestraling te ondervangen?

Uitwerking vraag 1:

Uit de 'ontwerpgrafiek energiebehoefte' blijkt dat het huidige ontwerp nog niet voldoet aan de BENG-eis voor energiebehoefte. Het ontwerp zal moeten worden aangepast om aan de BENG-eis voor energiebehoefte te kunnen voldoen.

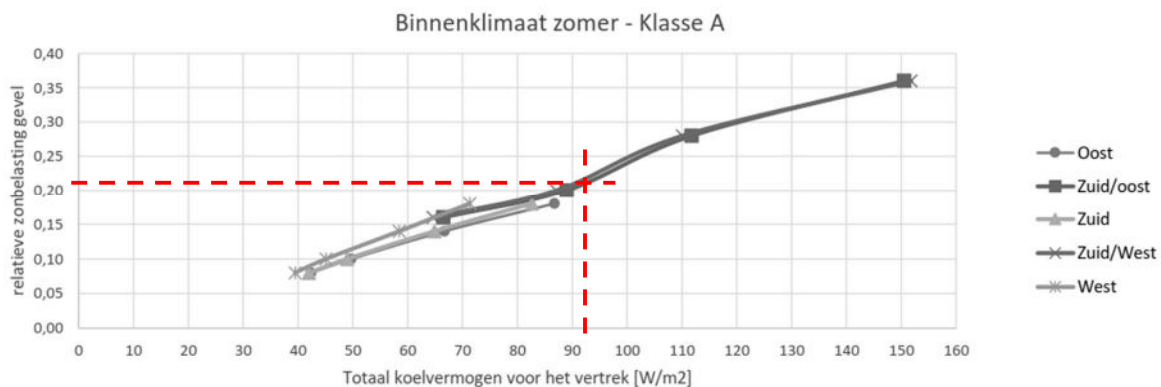




Uitwerking vraag 2:

Het meest ongunstige vertrek van dit gebouw zal een hoekvertrek met een zuid/oost-oriëntatie zijn. Voor dit vertrek met een afmeting van 5,4 x 5,4 m geldt een factor 'relatieve zonbelasting gevel' van 0,21.

Uit figuur V-6 kan worden afgelezen dat er circa 92 W/m² koelvermogen van de lokale klimaatinstallatie benodigd is om aan comfortcategorie A te voldoen. Dit lijkt niet haalbaar voor de klimaatinstallatie. Het ontwerp zal moeten worden aangepast om aan BREEAM-categorie A voor thermisch comfort te kunnen voldoen.



Uitwerking vraag 3:

Voor klasse A volgens de NPR-CR 1752 zijn de volgende waarden voor stralingsasymmetrie van toepassing:

- Verticaal / warm plafond: 5K
- Verticaal / koud plafond: 14K
- Horizontaal / warme wand: 23K
- Horizontaal / koude wand: 10K

Door de toepassing van klimaatplafonds zal kritisch gekeken moeten worden naar de eis van maximaal 5K als gevolg van een warm plafond. Hiervoor zal de stralingsasymmetrie in de wintersituatie moeten worden berekend. Op de begane grond zal de situatie meer kritisch zijn als gevolg van de koudere vloer boven de parkeergarage. Vloerverwarming zal hier waarschijnlijk noodzakelijk zijn om aan de eis te kunnen voldoen.

Op de punten 'koud plafond', 'warme wand' en 'koude wand' worden met dit ontwerp geen problemen met stralingsasymmetrie verwacht.



BIJLAGEN

- Bijlage A : Flyer Daglicht & Binnenklimaat, fase 1
TVVL Expertgroep Klimaattechniek, augustus 2016
- Bijlage B : Antwoorden op vragenlijst interviews + enquête
TVVL Expertgroep Klimaattechniek, november 2016
- Bijlage C : Hand-out 'Brainstormsessie Daglicht & Binnenklimaat'
TVVL Expertgroep Klimaattechniek, 12 december 2016
- Bijlage D : Hand-out 'Gevolgen van BENG-eisen op de gevel en het binnenklimaat'
Techniplan Adviseurs, 02 november 2016
- Bijlage E : Hand-out 'Circulaire gevels, hoe zit dat precies?'
VMRG, 08 november 2017
- Bijlage F : Informatiebladen Daglicht & Binnenklimaat
VMRG / TVVL, 01 maart 2018
- Bijlage G : Overzicht resultaten energieberekeningen
Techniplan Adviseurs, 23 januari 2018
- Bijlage H : Overzicht resultaten TO-berekeningen
Techniplan Adviseurs, 09 januari 2018



INFORMATIEBRONNEN

Voor dit project is gebruik gemaakt van de volgende informatiebronnen:

- [1] Jellema Hoger Bouwkunde
ThiemeMeulenhoff, juni 2011
- [2] Gevels, Principes van het construeren
Uitgeverij SUN, 2011
- [3] Building Facades and thermal comfort
VDM Verlag Dr. Muller, 2008
- [4] Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen
Nederlands Vlaamse Bouwfysica Vereniging, versie 2.22 d.d. 6 januari 2017
- [5] Hernieuwbare Energie in Bijna EnergieNeutrale Gebouwen (BENG)
Harmelink consulting in opdracht van RVO.nl, 15 mei 2015
- [6] BREEAM-NL Nieuwbouw en Renovatie
Beoordelingsrichtlijn DGBC, 2014 versie 2
- [7] Rapport KT-26 Hybride Ventilatie
TVVL Expertgroep Klimaattechniek, 3 april 2017
- [8] Inventarisatie esthetische inpassing zonnepanelen
W/E adviseurs in opdracht van RVO.nl, juni 2015
- [9] Klimaatkameronderzoek 'Bouwkundige compensatie koudeval'
Mobius Consult, december 2004
- [10] Artikel 'Transparantie & Facade'
Ir. T.L.J. den Boer, prof.ir. W. Zeiler, TVVL-magazine 5/ 2008
- [11] NEN-ISO 7730:2005
Klimaatomstandigheden - Analytische bepaling en interpretatie van thermische
behaaglijkheid door berekeningen van de PMV en PPD-waarden en lokale thermische
behaaglijkheid
- [12] NPR-CR 1752:1999
Ventilatie van gebouwen - Ontwerpcriteria voor de binnenomstandigheden
- [13] ISSO-publicatie 35
Uitgangspunten temperatuursimulatieberekeningen
- [14] ISSO-publicatie 43
Concepten voor klimaatinstallaties
- [15] ISSO-publicatie 53
Warmteverliesberekening voor utiliteitsgebouwen met vertrekhoogten tot 4 meter



- [16] ISSO-publicatie 57
Warmteverliesberekening voor gebouwen met hoge ruimten
- [17] ISSO-publicatie 75.1
Handleiding Energieprestatie Utiliteitsgebouwen
- [18] Handboek Installatietechniek
ISSO, 01 juli 2012

DAGLICHT & BINNENKLIMAAT

FASE 1 – INVENTARISATIE CONCEPTEN & RELATIES



De Gevel

De gevel is een beeldbepalend deel van een gebouw. De komst van airconditioning heeft architecten daarbij een enorme vrijheid gegeven. Om met de woorden van architect I.M. Pei (1987) te spreken: "Because of air-conditioning the orientation of the building towards the sun is no longer important. It's all about light and view now."

Vandaag de dag willen gebouweigenaren en gebruikers echter niet alleen dat gebouwen mooi en comfortabel zijn, maar ook duurzaam en onderhoudsarm. Om hier invulling aan te

geven, gaan architecten, installatieontwerpers en bouwphysici al vroeg aan tafel om de conceptkeuze voor de gevel + installaties integraal te benaderen.

Vanuit de toenemende focus op gebouwprestaties en levens-cycluskosten neemt de vraag naar verbeterde gevel- en installatie-concepten toe. TVVL wil integraal op deze vraag inspelen door vanuit een doorsnede van de complete bouwkolom de kennis over gevels, daglicht en binnenklimaat te bundelen.

Fasering

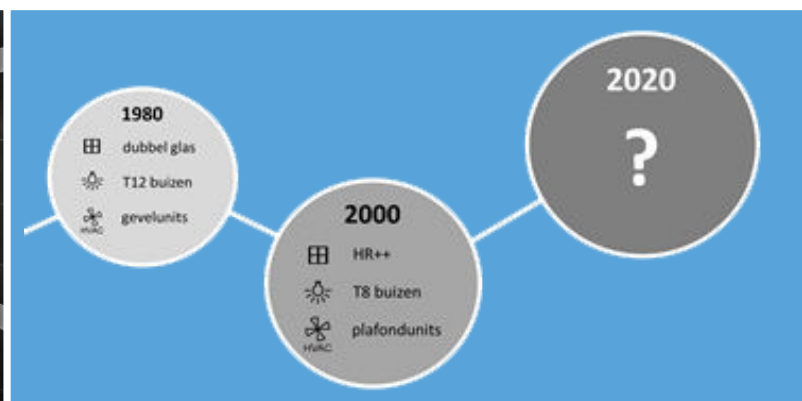
Het project is opgedeeld in de volgende stappen en fases:

Fase 1:

- inventarisatie visies, concepten en 'best practices'
- [Download hier het enqueteformulier](#)
- discussie voor- en nadelen
- vastleggen relaties in ontwerpmatrix

Fase 2:

- uitwerken ontwerprijtlijn
- ontwikkeling TCO selectietool



Inventarisatie

Tijdens de inventarisatie wordt d.m.v. interviews getracht vanuit verschillende standpunten de specifieke belangen, visies, ervaringen omtrent gevel- en installatieconcepten in kaart te brengen.

De interviews worden afgenomen bij:

- architecten;
- bouwphysici;
- installatieadviseurs;
- bouwbedrijven;
- installateurs;
- gevelleveranciers;
- installatieleveranciers.

Discussie

Vanuit de inventarisatie van de concepten wordt door TVVL een discussiesessie georganiseerd, waarin de voor- en nadelen van de concepten worden besproken. Voorafgaand aan deze sessie worden de verslagen van de interviews verspreid onder de deelnemers.

Het doel van de discussiesessie is het leggen van relaties tussen de verschillende concepten. Per concept zal daarbij het toepassingsgebied worden vastgesteld. Als resultaat van de discussiesessie worden de gevel- en installatieconcepten voor de ontwerpmatrix geselecteerd.

Producten

Als product van fase 1 wordt een artikel geschreven voor TVVL Magazine. Daarnaast worden in een ontwerpmatrix de belangrijkste technische relaties tussen gevelconcepten, verlichting en installatieconcepten vastgelegd. Het is de intentie het project in 2017 een vervolg te geven, waarbij de ontwerpmatrix verder wordt uitgewerkt tot een complete ontwerprijtlijn en bijbehorende selectietool met levenscycluskosten.

Organisatie

Initiatief: TVVL Expertgroep Klimaattechniek

Contactpersoon: Roelant van der Putten | roelantvdp@gmail.com

Partner: Stichting Promotie Installatietechniek PIT

VRAGENLIJST

KT27 - DAGLICHT & BINNENKLIMAAT

PERSONALIA

- Naam:
- Huidige werkgever + functie:
- Opleiding:

ERVARING

- Specifieke ervaring binnen projecten:
>
- Specifieke ervaring binnen onderzoeken & ontwikkelingen:
>
- Ervaring met:
 - invulling integrale vraagstukken: JA / NEE
 - invulling gevelontwerp: JA / NEE
 - invulling verlichtingsontwerp: JA / NEE
 - invulling installatieontwerp: JA / NEE
 - beoordeling bouwfysica: JA / NEE
 - beoordeling thermisch comfort: JA / NEE
 - beoordeling energieprestatie: JA / NEE
 - beoordeling investeringskosten: JA / NEE
 - beoordeling exploitatiekosten: JA / NEE
- Overige specifiek ervaring:
>

ONTWIKKELING

- Kunt u de meest interessante ontwikkelingen aangeven op het gebied van:
 - Gevelconcepten
 - >
 - Glas
 - >
 - Zonwering
 - >
 - Te openen geveldelen
 - >
 - Verlichtingsconcepten
 - >
 - HVAC-concepten
 - >
 - Energiebesparende maatregelen
 - >
 - Regelgeving en richtlijnen
 - >

VISIE & BEOORDELINGSCRITERIA

- Kunt u het ideale proces omschrijven om tot een optimale keuze voor gevel en lokale installaties te komen:
 - Welke deelnemers zijn aanwezig:
 - >
 - Welke stappen worden doorlopen:
 - >
- Waar ligt volgens u het zwaartepunt voor de beoordeling van het gevelconcept?

(tabel invullen met waardeoordeel 1..5)

	Esthetiek	Visueel comfort	Thermisch comfort	Akoestisch comfort	Energie prestatie	Kosten Investering	Kosten Exploitatie
Kantoren 2010							
Kantoren 2020							

- Wat zijn verder specifieke aandachtspunten bij de beoordeling van het gevelconcept?
 - >

PRAKTIJKVOORBEELDEN

- Kent u een praktijksituatie voor een kantoorgebouw, waarbij gevel en installatieconcept goed op elkaar zijn afgestemd?
>
- Hoe zou deze situaties nog kunnen worden verbeterd in 2020?
>

VERVOLG

- Gaat u ermee akkoord dat dit interview wordt gebruikt in het vervolg van het project?
JA / NEE
- Zou u willen deelnemen aan de discussiesessie in oktober 2016?
JA / NEE
- Zou u de aangedragen praktijkvoorbeelden beschikbaar willen stellen voor de discussiesessie?
JA / NEE
- Zou u nog op andere manier willen participeren in het project?
>
- Heeft u nog tips voor het interview?
>
- Heeft u nog tips voor het vervolg van het project?
>

KT27 - DAGLICHT & BINNENKLIMAAT

ANTWOORDEN

PERSONALIA

Naam:	Nancy Westerlaken	Ramon van Sijl	Jean Paul Sseef
Huidige functie:	Research Manager	Projectleider klimaatkameronderzoek	Technisch Commercieel Directeur
Huidige werkgever	TNO Bouw	Peutz	A. de Jbrg
Opleiding:	HBO Bouwkunde	HBO bouwkunde	HBO werktuigbouwkunde
	TU Bouwkunde		Master IOG

ERVARING

Specifieke ervaring binnen bouwprojecten:	Beoordeling verlichtingsinstallaties	KlimaatKameronderzoek	Eindverantwoordelijk installatieontwerp
Specifieke ervaring binnen onderzoeken & ontwikkelen:	Diverse onderzoeken verlichtingseisen	KlimaatKameronderzoek	Conceptontwikkeling installaties
o invulling integrale vraagstukken:	ja	nee	ja
o invulling gevelontwerp:	nee	nee	nee
o invulling verlichtingsontwerp:	ja	nee	nee
o invulling installatieontwerp:	nee	nee	ja
o beoordeling bouw fysica:	ja	ja	ja
o beoordeling thermisch comfort:	ja	ja	ja
o beoordeling energieprestatie:	ja	ja	nee
o beoordeling investeringskosten:	ja	nee	ja
o beoordeling exploitatiekosten:	ja	nee	ja
Overige specifieke ervaring:	Bezonningsnorm	Ontwikkeling onderzoeksapparatuur	> 25 jaar projecten utiliteit + laboratoria
	Vochttransport		

ONTWIKKELING

Wat zijn de meest interessante ontwikkelingen op gebied van:			
o Gevelconcepten	Adaptiewall	Integratie van installaties	-
o Glas	-	-	-
o Zonwering	Slimme besturingsystemen	-	-
o Te openen geveldelen	Is noodzakelijk, maar kan beter	Veelal zwakke plek in thermische schil	Is noodzakelijk, maar kan beter
o Verlichtingsconcepten	LED met betere prestaties	LED met betere prestaties	-
o HVAC-concepten	LED met slimmere regeling		
	-	Hybride plafonds	Watergevoerd, maar niet gasgestoot
		Verdringsventilatie	Klimaatplafonds
		PCM's	Klimaatvloeren
o Energiebesparende maatregels	Slimmere regeling op ruimteniveau via wifi	Vraaggestuurde ventilatie	Decentrale energiecentrales, geothermie
o Regelgeving en richtlijnen	Prestatieborging verlichting	ATG normering	Prestatieborging gevel + installaties
			Lokale duurzame opwekking

WISE & BEOORDELINGSCRITERIA

Welke deelnemers zijn aanwezig bij keuze gevelconcept:			
Architect	1		1
Opdrachtgever / ontwikkelaar	0		0
Gebruiker	1		0
Bouwfysich adviseur	1		1
Installatie adviseur	1		1
Bouwkundig aannemer	1		0
Installateur	1		0
Onderhoudsdeskundige	1		0
Gevelleverancier	0		1
Kostendeskundige	0		0
Constructeur	0		0
Op welk moment wordt de keuze gevelconcept gemaakt:			
SO	1		1
VO	1		1
DO	0		0
TO	0		0
Zwaartepunt beoordeling gevelconcept:			
kantoren 2010			
esthetiek	5	2	5
visueel comfort	2	4	3
thermisch comfort	3	5	3
akoestisch comfort	2	4	2
energie prestatie	4	3	3
kosten investering	5	1	5
kosten exploitatie	2	1	2
kantoren 2020			
esthetiek	5	2	5
visueel comfort	4	4	5
thermisch comfort	5	5	5
akoestisch comfort	4	4	3
energie prestatie	5	3	5
kosten investering	5	1	3
kosten exploitatie	5	1	4
Verdere specifieke aandachtspunten bij beoordeling gevelconcept:	altijd integrale keuze	Integreren van installatie in gevel	kwaliteit gevel
			geen opstapeling eisen

PRAKTIJKVOORBEELD(EN)

Kantoorgebouw waarbij gevel en installatie goed zijn afgestemd:	The Edge Amsterdam	95% van onderzoeken voldoet aan eisen	Beagle Leiden
Hoe zou deze situatie nog verbeterd kunnen worden in 2020:	Slimmere regeling		WKO zonder gasketel

VERVOLG

Akkoord dat interview gebruikt wordt door TVVL:	ja	ja	ja
Deelname aan discussiesessie:	ja	ja	ja
Stelt u de praktijkvoorbeelden beschikbaar:	ja	n.v.t.	ja
Wilt u nog op een ander manier participeren in het project:	n.v.t.	n.v.t.	eventueel
Tips voor vervolg project:	nee	matrix TO vs glasfactoren	LCC tools

KT27 - DAGLICHT & BINNENKLIMAAT

ANTWOORDEN

PERSONALIA

Naam:	Dennis Schilling	Han Blom	Rik Molenaar
Huidige functie:	Tendermanager	Technisch Ontwikkelaar	Adviseur Energie & Milieu
Huidige werkgever	BAM bouw & techniek	BAM bouw & techniek	Techniplan Adviseurs
Opleiding:	HBO werktuigbouwkunde	MBO bouwkunde	HBO werktuigbouwkunde
	TU werktuigbouwkunde		TU werktuigbouwkunde

ERVARING

Specifieke ervaring binnen bouwprojecten:	Bieding techniek DBRMO contracten	Bouwkundig ontwerp DBRMO contracten	integraal advies comfort & energie
Specifieke ervaring binnen onderzoeken & ontwikkelen:	Ventilatie scholen, PCM's	-	WKO, exploitatie
o invulling integrale vraagstukken:	ja	ja	ja
o invulling gevelontwerp:	nee	ja	ja
o invulling verlichtingsontwerp:	ja	nee	ja
o invulling installatieontwerp:	ja	nee	ja
o beoordeling bouwfysica:	nee	ja	ja
o beoordeling thermisch comfort:	ja	nee	ja
o beoordeling energieprestatie:	ja	ja	ja
o beoordeling investeringskosten:	ja	ja	ja
o beoordeling exploitatiekosten:	ja	ja	ja
Overige specifieke ervaring:	Cashflow berekeningen totale levensduur	> 32 jaar ervaring bouwprojecten internationale ervaring Denemarken	Grote, commerciële projecten utiliteit Energieprestatie

ONTWIKKELING

Wat zijn de meest interessante ontwikkelingen op gebied van:			
o Gevelconcepten	Oriëntaef/hankelijke gevelopbouw	leasecontracten	Oriëntaef/hankelijke gevelopbouw
		hergebruik glas + aluminium	Veel vliesgevels
o Glas	Betaalbaar tripple glas	Betaalbaar tripple glas	LTA/ZTA-factor > 2
o Zonwering	Reflecterende lamellen	PV in glas	PV in glas
	Microshade		
o Te openen geveldelen	Steed minder wenselijk in architectuur	Is noodzakelijk, maar schakelbaar	Is noodzakelijk, maar raamcontacten
o Verlichtingsconcepten	LED met betere prestaties	-	LED met betere prestaties
	LED met slimmere regeling		LED met slimmere regeling
o HVAC-concepten	Lokale, elektrische installaties	-	meer klimaatplafonds
	PCM's		meer open plafonds
			minder betonkernactivering
o Energiebesparende maatregels	Slimmere regeling op ruimteniveau via wifi	Betere isolatiewaarde panelen + profielen	vraaggestuurde regelingen
			meer nauwkeurige energiemonitoring
o Regelgeving en richtlijnen	Verhoogde eisen energieprestatie	Beoordeling offertes o.b.v. EMVI	BENG
	Ecologie materialisatie		BREEAM

WISE & BEOORDELINGSCRITERIA

Welke deelnemers zijn aanwezig bij keuze gevelconcept:			
Architect	1	1	1
Opdrachtgever / ontwikkelaar	0	1	1
Gebruiker	0	1	1
Bouwfysisch adviseur	1	1	1
Installatie adviseur	1	1	1
Bouwkundig aannemer	1	1	1
Installateur	1	1	0
Onderhoudsdeskundige	0	0	0
Gevelleverancier	0	1	1
Kostendesdeskundige	0	0	0
Constructeur	0	0	0
Op welk moment wordt de keuze gevelconcept gemaakt:			
SO	1	1	1
VO	1	1	0
DO	1	0	0
TO	0	0	0
Zwaartepunt beoordeling gevelconcept:			
kantoren 2010			
esthetiek	5	5	3
visueel comfort	4	4	3
thermisch comfort	4	3	3
akoestisch comfort	4	1	3
energie prestatie	2	3	3
kosten investering	5	5	5
kosten exploitatie	1	1	2
kantoren 2020			
esthetiek	5	3	3
visueel comfort	4	4	4
thermisch comfort	4	4	5
akoestisch comfort	4	3	3
energie prestatie	4	4	5
kosten investering	2	2	5
kosten exploitatie	4	5	2
Verdere specifieke aandachtspunten bij beoordeling gevelconcept:	ecologie materialisatie	kwaliteit gevel geen opstapeling eisen	

PRAKTIJKVOORBEELD(EN)

Kantoorgebouw waarbij gevel en installatie goed zijn afgestemd:	De Hoge Raad Den Haag	Nieuwbouwegevel Rijnstraat 8	Rabobank de Lier
Hoe zou deze situatie nog verbeterd kunnen worden in 2020:	LED-verlichting + lokale elektrische HVAC	Nog beter vooruit denken	LED verlichting Luchtdichtheid PV

VERVOLG

Akkoord dat interview gebruikt wordt door TVVL:	ja	ja	ja
Deelname aan discussiesessie:	ja	ja	ja
Stelt u de praktijkvoorbeelden beschikbaar:	ja	ja	ja, mits in overleg
Wilt u nog op een ander manier participeren in het project:	eventueel	eventueel	presentatie BENG
Tips voor vervolg project:	matrix TO vs glasfactoren	gebruikers betrekken	standaard concepten gevels + installaties
	matrix koudeval vs glashoogte	leveranciers betrekken	matrix TO vs glasfactoren
	matrix stralingssymmetrie		matrix koudeval vs glashoogte

KT27 - DAGLICHT & BINNENKLIMAAT
ANTWOORDEN

PERSONALIA

Naam:	Esther Gerritsen	Hester Hellinga	Bart Nicolaas
Huidige functie:	Adviseur Energie & Milieu	Senior projectleider	Architect
Huidige werkgever	Techniplan Adviseurs	DPA	OMA
Opleiding:	HBO werktuigbouwkunde TU werktuigbouwkunde	TU bouwkunde	TU bouwkunde

ERVARING

Specifieke ervaring binnen bouwprojecten:	integraal advies comfort & energie	Lichtstudies, coördinatie toetsing ROM	All-round architectuur
Specifieke ervaring binnen onderzoeken & ontwikkelen:	Diverse comfort & energiestudies gevel	Invloed daglicht & uitzicht	Ontwerpen 'on the edge'
o invulling integrale vraagstukken:	ja	ja	ja
o invulling gevelontwerp:	ja	ja	ja
o invulling verlichtingsontwerp:	ja	nee	ja
o invulling installatieontwerp:	ja	nee	ja
o beoordeling bouwfysica:	ja	ja	ja
o beoordeling thermisch comfort:	ja	ja	nee
o beoordeling energieprestatie:	ja	ja	nee
o beoordeling investeringskosten:	ja	nee	ja
o beoordeling exploitatiekosten:	ja	nee	neutraal
Overige specifieke ervaring:	Grote, commerciële projecten utiliteit Energieprestatie	Lichthinder Bestemmingsplannen Omgevingsvergunningen	PPS projecten

ONTWIKKELING

Wat zijn de meest interessante ontwikkelingen op gebied van:			
o Gevelconcepten	Oriëntatieafhankelijke gevelopbouw eisen luchtdichtheid	slimmere materialen eisen luchtdichtheid LTA/ZTA-factor > 2	integratie goten in gevel
o Glas			heel transparant glas
o Zonwering	Vaste zonwering Binnenzonwering reflecterend Uitvoering als dicht paneel	Slimme besturingsystemen	liever geen zonwering
o Te openen geveldelen	LED met betere prestaties	Is noodzakelijk, maar schakelbaar	ramen geïntegreerd in gevel
o Verlichtingsconcepten	LED met slimmere regeling meer klimaatplafonds minder betonkernactivering	LED met betere prestaties LED met slimmere regeling	geen systeemplafonds, wel LED
o HVAC-concepten			geïntegreerde installaties meer indelingsflexibiliteit!
o Energiebesparende maatregelen	meer bouwfysische maatregelen noodzakelijk meer duurzame opwekking noodzakelijk	vraaggestuurde ventilatie vraaggestuurde regelingen	
o Regelgeving en richtlijnen	BENG EP meer gericht op productniveau	EU daglichtnorm BENG	waarom zo veel eisen?

WISE & BEOORDELINGSCRITERIA

Welke deelnemers zijn aanwezig bij keuze gevelconcept:			
Architect	1	1	1
Opdrachtgever / ontwikkelaar	1	1	1
Gebruiker	1	1	0
Bouwfysisch adviseur	1	1	1
Installatie adviseur	1	1	1
Bouwkundig aannemer	1	0	1
Installateur	0	0	0
Onderhoudsdeskundige	0	1	0
Gevelleverancier	1	0	1
Kostendeskundige	0	0	0
Constructeur	0	0	0
Op welk moment wordt de keuze gevelconcept gemaakt:			
SO	1	0	1
VO	0	1	1
DO	0	1	0
TO	0	0	0
Zwaartepunt beoordeling gevelconcept:			
kantoren 2010			
esthetiek	5	4	3
visueel comfort	4	1	2
thermisch comfort	4	2	3
akoestisch comfort	3	3	3
energie prestatie	3	4	3
kosten investering	3	5	4
kosten exploitatie	1	2	2
kantoren 2020			
esthetiek	5	4	4
visueel comfort	4	1	4
thermisch comfort	4	2	3
akoestisch comfort	3	3	4
energie prestatie	5	4	4
kosten investering	3	4	3
kosten exploitatie	1	4	3
Verdere specifieke aandachtspunten bij beoordeling gevelconcept:	flexibiliteit gebruiker		

PRAKTIJKVOORBEELD(EN)

Kantoorgebouw waarbij gevel en installatie goed zijn afgestemd:	Heerema	Provinciehuis Noord Holland	n.t.b.
Hoe zou deze situatie nog verbeterd kunnen worden in 2020:	Luchtdichtheid PV	Robuuste techniek Integratie PV	n.t.b.

VERVOLG

Akkoord dat interview gebruikt wordt door TVVL:	ja	ja, mits ter controle aangeboden	ja
Deelname aan discussiesessie:	ja	ja	ja
Stelt u de praktijkvoorbeelden beschikbaar:	ja, mits in overleg	eventueel	n.v.t.
Wilt u nog op een ander manier participeren in het project:	presentatie BENG	wordt graag op de hoogte gehouden	eventueel
Tips voor vervolg project:	uitwerking BENG	project integraal houden	nee

KT27 - DAGLICHT & BINNENKLIMAAT

ANTWOORDEN

PERSONALIA

Naam:	Kees van Casteren	Jurrian van Roon	Paul Masselink
Huidige functie:	Architect	Installatieadviseur	Directeur / eigenaar
Huidige werkgever	OMA	Valstar Smonis	Masselink SES
Opleiding:	HBO bouwkunde	HBO energietechniek	TU planologie
	TU bouwkunde		

ERVARING

Specifieke ervaring binnen bouwprojecten:	All-round architectuur	Integraal ontwerp installaties	Strategische benadering kwaliteit
Specifieke ervaring binnen onderzoeken & ontwikkelen:	Projectontwikkeling projectspecifiek	Gevelstudie Pulse TU Delft	Onderzoek herbestemming
o invulling integrale vraagstukken:	ja	ja	ja
o invulling gevelontwerp:	ja	ja	ja
o invulling verlichtingsontwerp:	ja	ja	nee
o invulling installatieontwerp:	ja	ja	nee
o beoordeling bouw fysica:	ja	nee	neutraal
o beoordeling thermisch comfort:	nee	ja	ja
o beoordeling energieprestatie:	nee	ja	ja
o beoordeling investeringskosten:	ja	ja	neutraal
o beoordeling exploitatiekosten:	neutraal	ja	neutraal
Overige specifieke ervaring:	Gevelontwerp De Rotterdam		directeur bedrijf + stichting

ONTWIKKELING

Wat zijn de meest interessante ontwikkelingen op gebied van:			
o Gevelconcepten	gevels zonder voegen	integratie zonwering in gevel	prefab isolatiegevels
o Glas	minder zichtbare zonwerende lagen	hoge U-waarde LTA/ ZTA-factor > 2	powerwindow
o Zonwering		integratie zonwering in gevel	zonwerende panelen multifoil
o Te openen geveldelen	wel echte ramen, geen luikjes	Is noodzakelijk, maar schakelbaar	Is noodzakelijk, maar schakelbaar
o Verlichtingsconcepten	wel LED, maar meer keuze	LED met slimmere regeling	daglichtarmaturen
o HVAC-concepten	geïntegreerde installaties	warmtepompen	kwaliteit verbeteren
	minder comfort	klimaatplafonds	vraaggestuurde regeling
o Energiebesparende maatregelen		ERP2018	isolatie
o Regelgeving en richtlijnen		BENG	BENG

VISIE & BEOORDELINGSCRITERIA

Welke deelnemers zijn aanwezig bij keuze gevelconcept:			
Architect	1	1	
Opdrachtgever / ontwikkelaar	1	1	
Gebruiker	0	0	
Bouwfysisch adviseur	1	0	
Installatie adviseur	1	1	
Bouwkundig aannemer	1	1	
Installateur	0	0	
Onderhoudsdeskundige	0	0	
Gevelleverancier	1	0	
Kostendeskundige	0	0	
Constructeur	0	0	
Op welk moment wordt de keuze gevelconcept gemaakt:			
SO	1	1	
VO	1	1	
DO	0	0	
TO	0	0	
Zwaartepunt beoordeling gevelconcept:			
kantoren 2010			
esthetiek	3	5	3
visueel comfort	2	4	2
thermisch comfort	3	3	3
akoestisch comfort	3	2	3
energie prestatie	3	3	2
kosten investering	4	5	5
kosten exploitatie	3	1	2
kantoren 2020			
esthetiek	4	2	5
visueel comfort	4	5	3
thermisch comfort	3	5	5
akoestisch comfort	4	5	5
energie prestatie	5	5	5
kosten investering	4	1	1
kosten exploitatie	4	5	5
Verdere specifieke aandachtspunten bij beoordeling gevelconcept:	Geveladviseur!		Integraal gevelontwerp

PRAKTIJKVOORBEELD(EN)

Kantoorgebouw waarbij gevel en installatie goed zijn afgestemd:	n.i.b.	Rijkskantoor Rijnstraat 8	
Hoe zou deze situatie nog verbeterd kunnen worden in 2020:	n.i.b.	nee	kerdichtheid PV + flowbatteries elektrische warmtepanelen

VERVOLG

Akkoord dat interview gebruikt wordt door TVVL:	ja	ja	ja
Deelname aan discussiesessie:	ja	ja	ja
Stelt u de praktijkvoorbeelden beschikbaar:	n.v.l.	ja	n.v.l.
Wilt u nog op een ander manier participeren in het project:	eventueel	deelname werkgroep / expertgroep	n.v.l.
Tips voor vervolg project:	nee	nee	nee

KT27 - DAGLICHT & BINNENKLIMAAT ANTWOORDEN

PERSONALIA

Naam:	Ulrich Knaack	Mike Barkey	Frank Weijts
Huidige functie:	Hoogleraar Facades	Adviser integraal bouwen	Technisch Specialist
Huidige werkgever:	TU Delft	Croonwollerendros	A. de Jbrg
Opleiding:		HIT	HBO installatietechniek

ERVARING

Specifieke ervaring binnen bouwprojecten:	Complete architectuur	Integrale tenders	adviseren en ontwerpen HVAC
Specifieke ervaring binnen onderzoeken & ontwikkelingen:	15 jaar onderzoek naar facades	kennisdeling intern, legoliserig	standaardisatie, comfort & productiviteit
o invulling integrale vraagstukken:	ja	ja	ja
o invulling gevelontwerp:	ja	ja	ja
o invulling verlichtingsontwerp:	ja	ja	nee
o invulling installatieontwerp:	ja	ja	ja
o beoordeling bouw fysica:	ja	ja	ja
o beoordeling thermisch comfort:	ja	ja	ja
o beoordeling energieprestatie:	ja	ja	ja
o beoordeling investeringskosten:	ja	ja	ja
o beoordeling exploitatiekosten:	ja	ja	ja
Overige specifieke ervaring:	general architect gevel consultant	BREEAM NL	

ONTWIKKELING

Wat zijn de meest interessante ontwikkelingen op gebied van:

o Gevelconcepten	integrale gevels energieopwekking + opslag	Bamboe kozijnen	integrale gevels
o Glas	ultra dun glas massieve glasgevels	Tripple HR	PCM in gevel switchable glass
o Zonwering	PV in glas polymeer coatings	slimme bediening	LTA/ZTA>2 PV in doek reflectie daken
o Te openen geveldelen	is noodzakelijk	laten vervallen	
o Verlichtingsconcepten	LED met slimme regeling daglichtarmaturen	biortime ondersteuning	door ontwikkeling LED
o HVAC-concepten	geïntegreerde installaties betere samenwerking	PCM klimaatplafonds	all-electric integrale gevels
o Energiebesparende maatregelen	techniek is er klaar voor..	PCM	verbeteren isolatie + luchtdichtheid
o Regelgeving en richtlijnen	..nu regelgeving nog	BENG	slimmere setpoints ErP BPL6000

WISE & BEOORDELINGSCRITERIA

Welke deelnemers zijn aanwezig bij keuze gevelconcept:

Architect	1	1	1
Opdrachtgever / ontwikkelaar	1		0
Gebruiker	0	1	0
Bouwfysisch adviseur	1	1	1
Installatie adviseur	1	1	0
Bouwkundig aannemer	1	0	0
Installateur	1	0	1
Onderhoudsdeskundige	0	1	0
Gevelleverancier	0	0	0
Kostendeskundige	0	1	0
Constructeur	1	0	1
Op welk moment wordt de keuze gevelconcept gemaakt:			
SO	1	1	1
VO	1	1	1
DO	1	0	0
TO	1	0	0
Zwaartepunt beoordeling gevelconcept:			
kantoren 2010			
esthetiek	3	5	3
visueel comfort	3	5	2
thermisch comfort	4	1	3
akoestisch comfort	2	1	3
energie prestatie	3	1	3
kosten investering	5	5	5
kosten exploitatie	5	1	5
kantoren 2020			
esthetiek	3	5	4
visueel comfort	3	3	4
thermisch comfort	5	5	4
akoestisch comfort	2	3	3
energie prestatie	4	5	4
kosten investering	5	5	5
kosten exploitatie	5	5	5
Verdere specifieke aandachtspunten bij beoordeling gevelconcept:	constructieve invloed	energieneutraliteit vs esthetiek + visueel comfort	integraliteit

PRAKTIJKVOORBEELD(EN)

Kantoorgebouw waarbij gevel en installatie goed zijn afgestemd:

Hoe zou deze situatie nog verbeterd kunnen worden in 2020:

Capricorn Dusseldorf	genoeg	standaard integrale gevel
Duurzaamheid NC maken risico bij 1 partij	minder zontoetreding	verdere kosten reductie

VERVOLG

Akkoord dat interview gebruikt wordt door TVVL:

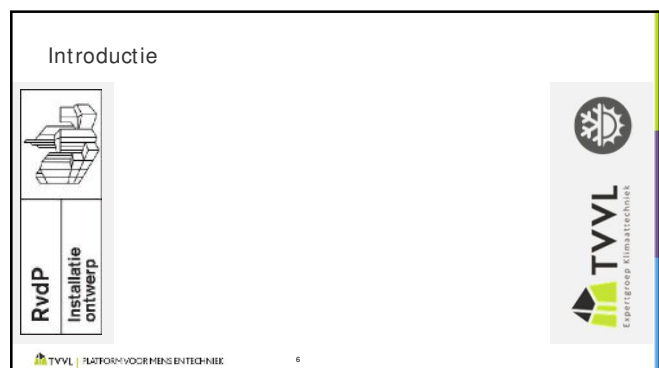
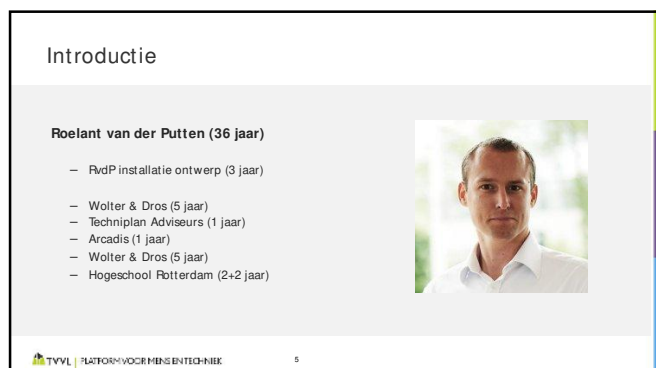
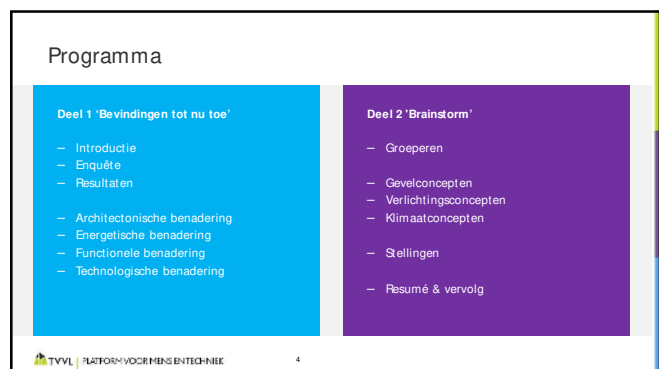
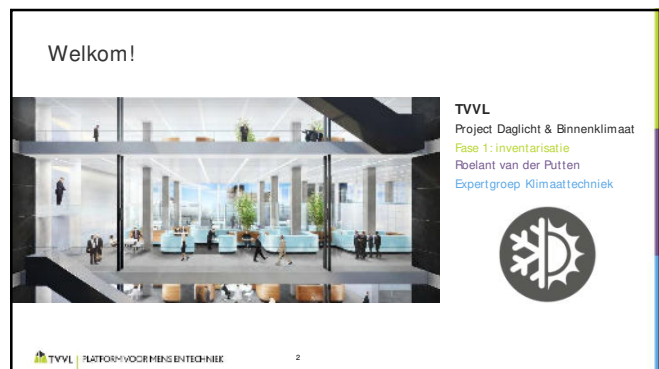
Deelname aan discussiesessie:

Stelt u de praktijkvoorbeelden beschikbaar:

Wilt u nog op een ander manier participeren in het project:

Tips voor vervolg project:

ja	ja	ja
ja	misschien	ja
ja	nee	nee
PhD Tiltman Klein	misschien	ja
facadeworld.com	architecten met frisse blik	nee
A.J.Priesthof@tudelft.nl		



Introductie

www.rvdp.nu



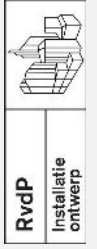
RvdP
Installatie
ontwerp

TVVL
Expertgroep Klimaattechniek

TVVL | PLATFORM VOOR MENSEN EN TECHNIEK 7

Introductie

www.tvvl.nl/community/expertgroep-klimaattechniek



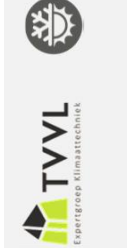
RvdP
Installatie
ontwerp

TVVL
Expertgroep Klimaattechniek

- KT26 – Hybride ventilatie
- KT27 – Daglicht & Binnenklimaat
- KT28 – Elektrisch verwarmen
- KT29 – Werkelijk Energie Neutrale Gebouwen
- KT32 – Praktijkgids PCM
- KT33 – Diffuse luchtstromen (BaOpt)

TVVL | PLATFORM VOOR MENSEN EN TECHNIEK 8

KT27 – Daglicht & Binnenklimaat



DAGLICHT & BINNENKLIMAAT
TAFEL 1 – INVENTARISATIE CONCEPTEN & RELATIES

De Gevel

De gevel is een beeldbepalend deel van een gebouw. De komst van airconditioning heeft architecten daarbij een enorme vrijheid gegeven. Om met de woorden van architect I.M. Pei (1987) te spreken:

“Because of air-conditioning the orientation of the building towards the sun is no longer important. It's all about light and view now.”

Vanuit de toenemende focus op gebouwprestaties en levenscycluskosten neemt de vraag naar verbeterde gevel- en installatieconcepten toe.

TVVL wil integraal op deze vraag inspelen door vanuit een doorsnede van de complete bouwketen de kennis over gevels, daglicht en binnenklimaat te bundelen.

TVVL | PLATFORM VOOR MENSEN EN TECHNIEK 9

DAGLICHT & BINNENKLIMAAT

TAFEL 1 – INVENTARISATIE CONCEPTEN & RELATIES

De Gevel

De gevel is een beeldbepalend deel van een gebouw. De komst van airconditioning heeft architecten daarbij een enorme vrijheid gegeven. Om met de woorden van architect I.M. Pei (1987) te spreken:

“Because of air-conditioning the orientation of the building towards the sun is no longer important. It's all about light and view now.”

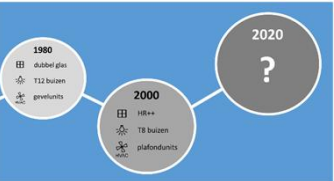
Vanuit de toenemende focus op gebouwprestaties en levenscycluskosten neemt de vraag naar verbeterde gevel- en installatieconcepten toe.

TVVL wil integraal op deze vraag inspelen door vanuit een doorsnede van de complete bouwketen de kennis over gevels, daglicht en binnenklimaat te bundelen.

TVVL | PLATFORM VOOR MENSEN EN TECHNIEK 10

DAGLICHT & BINNENKLIMAAT

TAFEL 1 – INVENTARISATIE CONCEPTEN & RELATIES



1980
glas
T12 buizen
gevelunits

2000
T8 buizen
plafondunits

2020
?

Fase 1:

- inventarisatie visies, concepten en 'best practices'
- vastleggen relaties in ontwerpmatrix

Fase 2:

- uitwerken ontwerprijtlijn
- ontwikkeling TOC selectietool

TVVL | PLATFORM VOOR MENSEN EN TECHNIEK 11

Enquête

Deelnemers

- 11 x interview
- 6 x online deelnemer
- 2 x wetenschapper
- 3 x architect
- 2 x bouwtechnisch adviseur
- 5 x installatieadviseur
- 1 x tendermanager
- 1 x technisch ontwikkelaar
- 1 x directeur installatiebedrijf
- 1 x planoloog
- 1 x hoogleraar facades

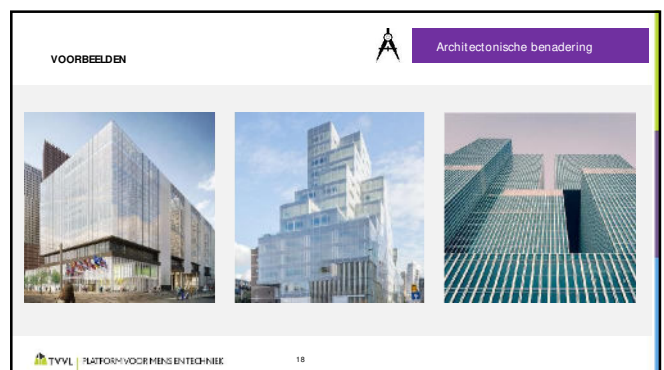
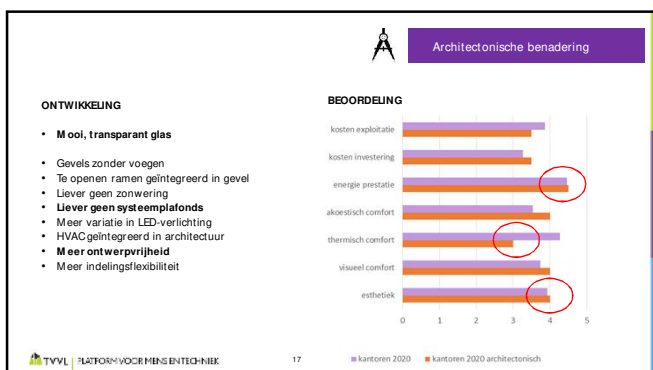
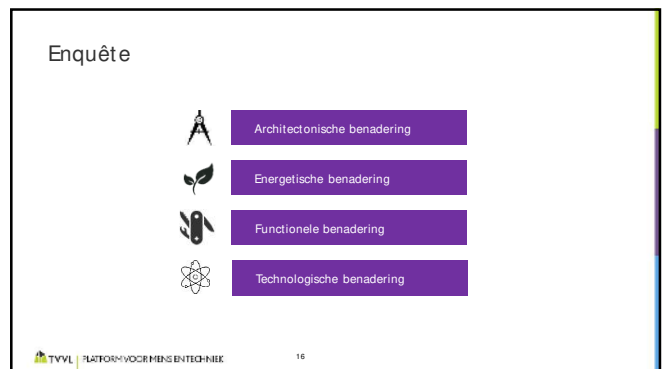
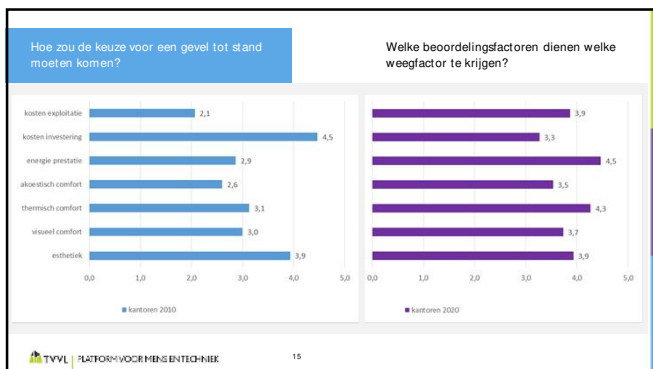
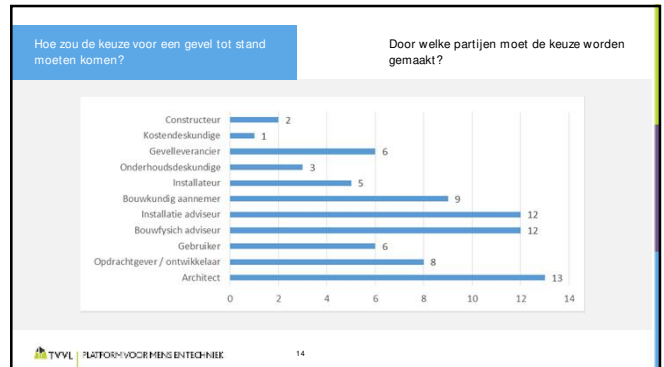
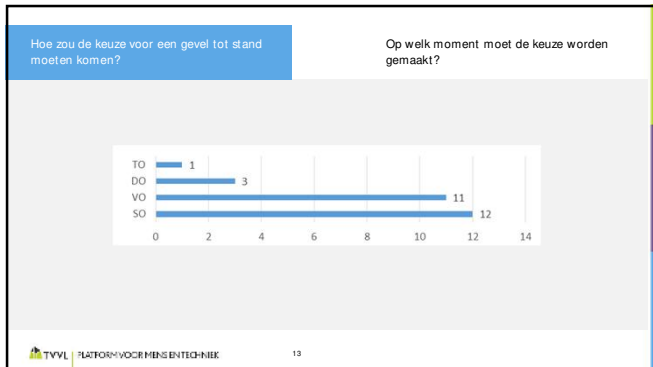
Vragen

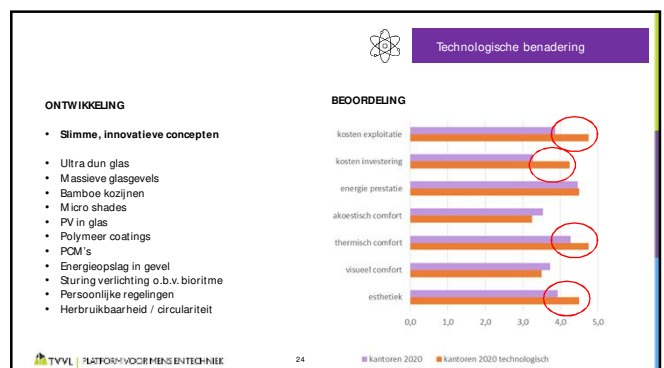
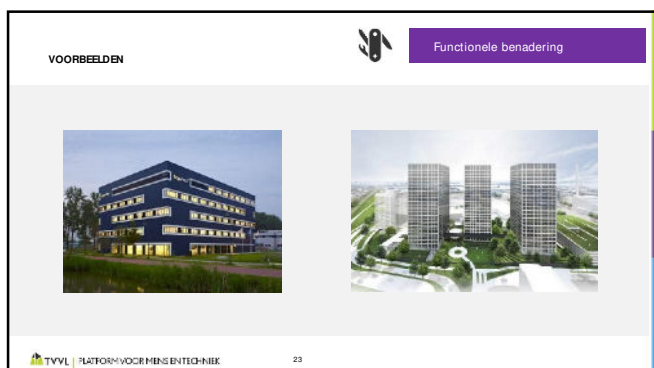
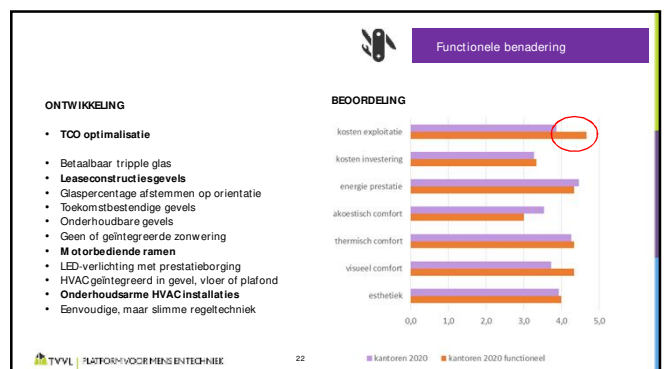
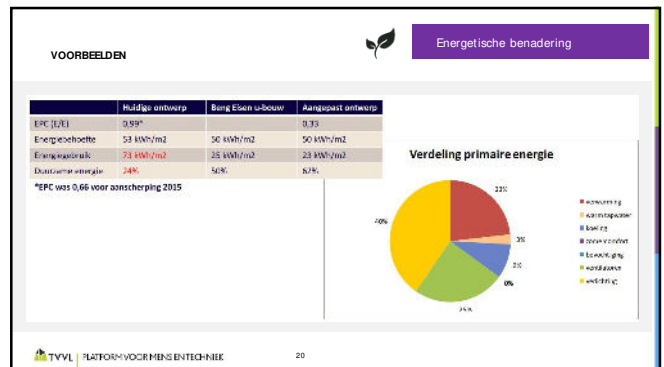
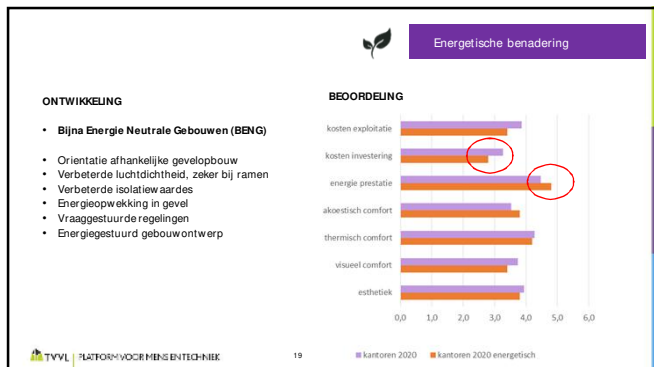
ONTWIKKELING
Wat zijn de meest interessante ontwikkelingen voor gevel, installaties en regelgeving?

WISE & BEOORDELING
Hoe zou de keuze voor een gevelconcept tot stand moeten komen?

VOORBEELDEN
Wanneer zijn installatie en gevel goed op elkaar afgestemd?

TVVL | PLATFORM VOOR MENSEN EN TECHNIEK 12





VOORBEELDEN

Technologische benadering

www.facadeworld.com

TVVL | PLATFORM VOOR MENSEN EN TECHNIEK 25

Integrale benadering

Voldoet het ontwerp aan de beoogde beeldkwaliteit van de architect?

Voldoet het ontwerp aan de regelgeving en duurzaamheidsdoelstellingen?

Heeft het ontwerp voldoende gebruikswaarde?

Kan het ontwerp met innovatieve techniek nog worden verbeterd?

Architectonische benadering

Energetische benadering

Functionele benadering

Technologische benadering

TVVL | PLATFORM VOOR MENSEN EN TECHNIEK 26

VOORBEELD

Integrale benadering

De Integrale Gevel

Panel 1: Basic

Panel 2: Decentralized Services

Panel 3: High-end Functional

Panel 4: High-end Communicative

TU Delft ALUECO

TVVL | PLATFORM VOOR MENSEN EN TECHNIEK 27

Verwarmen

Koelen

Ventilieren

Energie opwekking

Energie opslag

Ramen

Zonwering

Integrale gevel wordt een gebouw deelstroom met 1 besturing via wifi

De Integrale Gevel

Vastgoedbeheerder/exploitant

Casco
Inbouw
Verticaal/
horizontaal
transport

Prestaties

Producten voor integrale gebouwschil

ALUECO

De Integrale gevel als kans

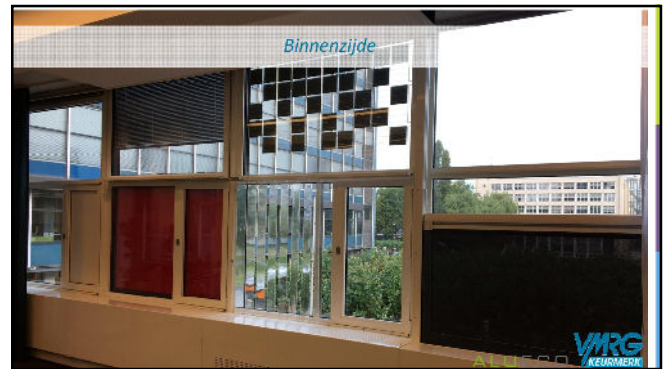
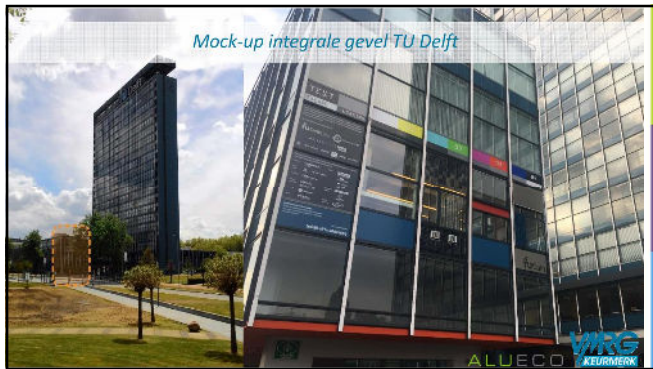
Waarom een kans?

- Renovatie:** verlaagde plafonds verwijderen, geen installaties opnieuw door gebouw
- Decentraal:** minder pijpen en buizen door het gebouw, controle per ruimte, energy besparing
- Verdiepingshoogte:** geen verlaagde plafonds nodig
- Gebruiker voordelen:** ontzorgt, zelf besturen, geen last van onderhoud (kan vanaf buiten).

Prestaties

Producten voor integrale gebouwschil

ALUECO



Vragen?



Project Daglicht & Binnenklimaat



TVVL
Expertgroep Klimaattechniek

TVVL | PLATFORM VOOR MENSEN EN TECHNIEK 33

Programma

Deel 1 'Bevindingen tot nu toe'	Deel 2 'Brainstorm'
– Introductie – Enquête – Resultaten – Architectonische benadering – Energetische benadering – Functionele benadering – Technologische benadering	– Groeperen – Stellingen – Gevelconcepten – Verlichtingsconcepten – Klimaatconcepten – Resumé & vervolg

TVVL | PLATFORM VOOR MENSEN EN TECHNIEK 34

Stelling I

In een succesvol VO-traject van een kantoorgebouw in 2020 zijn de volgende vragen behandeld:

- Voldoet het gevelontwerp aan de beoogde beeldkwaliteit van de architect?
- Voldoet het ontwerp aan de regelgeving en duurzaamheidsdoelstellingen?
- Heeft het ontwerp voldoende gebruikswaarde?
- Kan het ontwerp met innovatieve technieken nog worden verbeterd?

TVVL | PLATFORM VOOR MENSEN EN TECHNIEK 35

Stelling II

In een succesvol gevelontwerp van een kantoorgebouw in 2020 is een oplossing gevonden die voldoet aan:

- Esthetiek
- Visueel comfort
- Thermisch comfort
- Akoestisch comfort
- Energieprestatie
- Investeringsbudget
- Exploitatiebudget
- Indelingsflexibiliteit

TVVL | PLATFORM VOOR MENSEN EN TECHNIEK 36

Beoordeling gevelconcepten

Glastype

- Dubbel glas, 50% glas 50% dichte geveldelen
- Dubbel glas, volledig glas
- Tripple glas, volledig glas
- 2^e huid façade, volledig glas
-

Beoordeling gevelconcepten

Zonwering

- Buitenzonwering automatisch
- Binnenzonwering hand
- Binnenzonwering automatisch
- Vaste zonwering (lamellen/ microshades/)
- Energy glass (PV in glas)
-

Beoordeling gevelconcepten

Te openen geveldelen

- Ramen handmatig te openen
- Ramen automatisch gestuurd
- Geen ramen
-

Beoordeling gevelconcepten

Energieopwekking in gevel

- PV-panelen op gevel
- PV-panelen als zonwering (schuifbaar)
- PV-cellen op glas
- Energy glass (PV in glas)
-

Beoordeling verlichtingsconcepten

Armaturen

- TL5
- LED
- Daglichtarmaturen
-

Beoordeling verlichtingsconcepten

Regeling

- Aanwezigheidsdetectie
- Lichtsterkte vaste instelling (DAR met vast setpoint)
- Lichtsterkte persoonlijke instelling (DAR met persoonlijk setpoint)
- Bioritme
-

Beoordeling HVAC-concepten

Verwarming & koeling

- Vloerverwarming / vloerkoeling
- Klimaatplafonds
- Plafondinductieunits
- Radiatoren
- Ventilatorconvectoren
- PCM
- VAV-box + naverwarmer
-

Beoordeling HVAC-concepten

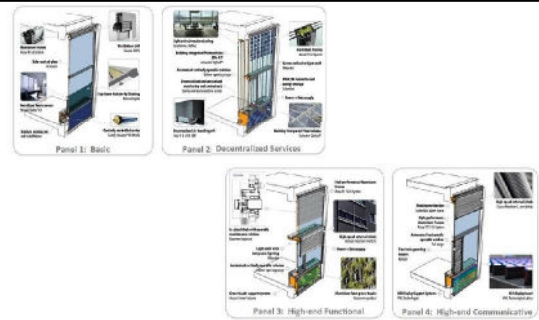
Ventilatie

- Centrale LBK constant volume systeem
- Centrale LBK variabel volume systeem (vraaggestuurd o.b.v. luchtkwaliteit)
- Decentrale units met WTW
- Decentrale units zonder WTW
-

Beoordeling gevelconcepten

Geïntegreerde gevelconcepten

- Paneel 1
- Paneel 2
- Paneel 3
- Paneel 4
-



Resumé

Bevindingen brainstormsessie

- Stellingen
- Gevelconcepten
- Energieopwekking
- Verlichtingsconcepten
- HVAC-concepten
- Integrale concepten

Vraag

Aan welke specifieke kennis of ontwerp hulpmiddelen is behoefte om in 2020 als ontwerper deel te nemen aan het integraal ontwerpproces van een gevel en bijbehorende installaties?

Vraag

Aan welke specifieke kennis of ontwerphulpmiddelen is behoefte om in **2030** als ontwerper deel te nemen aan het integraal ontwerpproces van een gevel en bijbehorende installaties?

Hartelijk dank!



Project Daglicht & Binnenklimaat



Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers



Gevolgen van BENG-eisen op de gevel en het binnenklimaat
2 november 2016
Esther Gerritsen



Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

Techniplan Adviseurs

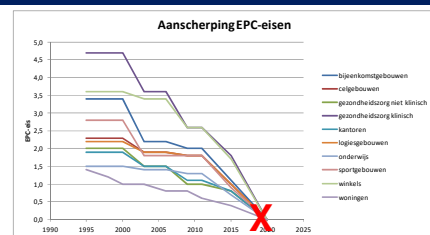
- Installatieadviseur
- Advies & engineering
- Duurzaamheid & innovatie
- Realisatie & exploitatie



Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

Wat is BENG?

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers



Nu = EPC (Energie Prestatie Coëfficiënt)

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

BENG = drie indicatoren

- Energiebehoefte (kWh/m^2)
- Energieverbruik (kWh/m^2)
- Aandeel duurzame energie (kWh/m^2)



Trias Energetica

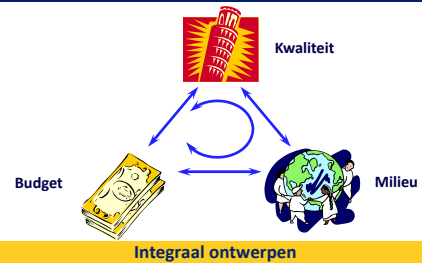
Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

Gebouwfunctie	Energiebehoefte [$\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{jr}$]	Energiegebruik [$\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{jr}$]	Duurzame energie [%]
Woningbouw	25	25	50
Utiliteitsgebouwen	50	25	50
Onderwijsgebouwen	50	60	50
Zorggebouwen	60	120	50

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

Wat betekent dit voor het gebouwontwerp?

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

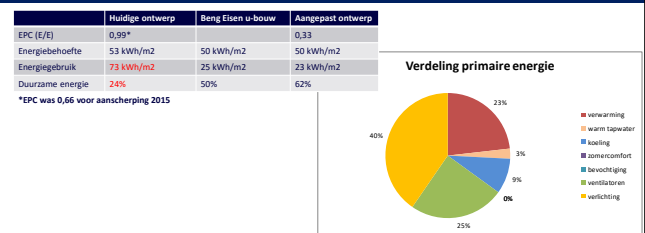


Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers



Kantoorfunctie

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers



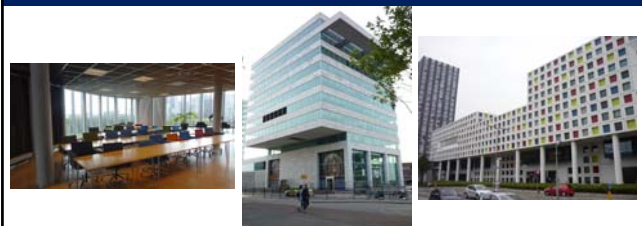
Kantoorfunctie

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

Technieken:

- Isolatie van 3,5 m²K/W naar 6,0 m²K/W
- Luchtdichtheid 0,19 dm³/s.m²
- Dubbel glas (HR++)
- WKO systeem
- Verlichtingsvermogen LED (5,6 W/m²)
- Vraaggestuurde ventilatie
- Zonnecollector (40 m²)
- Aanvullend 2.000 m² PV

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers



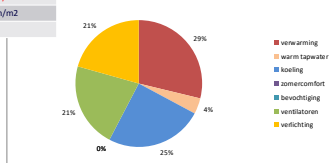
Onderwijsfunctie

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

	Huidige ontwerp	Beng Eisen onderwijs	Aangepast ontwerp
EPC (E/E)	0,68	n.v.t.	n.v.t.
Energiebehoefte	75 kWh/m ²	50 kWh/m ²	61 kWh/m ² **
Energiegebruik	49 kWh/m ²	60 kWh/m ²	28 kWh/m ²
Duurzame energie	35%	50%	50%

**innovatie volgazen geven geen onderdeel van norm

Verdeling primaire energie



Onderwijsfunctie

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

Technieken:

- Volglazen gevel ivm eisen daglichttoetreding
- Rc-waarde van 6,0 m²K/W naar 9,0 m²K/W
- Luchtdichtheid van 0,3 dm³/s. m² naar 0,15 dm³/s. m²
- Van tripple glas naar innovatieve volgazen gevel
- Stadsverwarming
- Automatische zonwering
- Vraag gestuurde ventilatie
- Verlichtingsvermogen van 5 W/m² naar 4 W/m²
- Van 2.000 m² PV naar 2.200 m² PV

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers



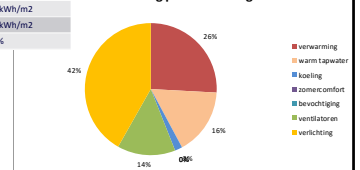
Hotel

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

	Huidige ontwerp	Beng Eisen u-bouw	Aangepast ontwerp
EPC (E/E)	0,52*	n.v.t.	0,30
Energiebehoefte	47 kWh/m ²	50 kWh/m ²	47 kWh/m ²
Energiegebruik	43 kWh/m ²	25 kWh/m ²	25 kWh/m ²
Duurzame energie	56%	50%	71%

*EPC obv eisen voor 2015 was 0,27

Verdeling primaire energie



Hotel

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

Technieken:

- Isolatie 5,0 m²K/W
- Luchtdichtheid 0,3 dm³/s.m²
- Tripple glas
- WKO systeem
- Verlichtingsvermogen LED (6 W/m²)
- Aanwezigheidsdetectie op verlichting en ventilatie in kamers
- 120 m² vacuüm buis zonnecollectoren
- Van 800 m² PV panelen naar 1.000 m² PV panelen

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

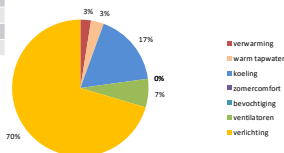


Winkels

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

	Huidige ontwerp	Beng Eisen	Aangepast ontwerp
EPC (E/E)	1,6	n.v.t.	0,36
Energievraag	84 kWh/m ²	50 kWh/m ²	47 kWh/m ²
Energiegebruik	186 kWh/m ²	25 kWh/m ²	29 kWh/m ²
Duurzame energie	1%	50%	55%

Verdeling primaire energie



Winkels

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

Technieken:

- Isolatie 3,5 – 6,0 m² K/W
- Luchtdichtheid 0,4 dm³/s.m²
- Dubbel glas (HR++)
- WKO systeem
- Verlichtingsvermogen 20W/m²
- Nodig om aan BENG-eisen te voldoen:
 - 10W/m² (1^o indicator energiebehoefte)
 - Of 20.000 m² PV panelen

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

Wat moeten we anders doen?

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

- Bouwfysisch beperkte keuzesopties:
 - $R_{c} \geq 6,0 \text{ m}^2 \text{ K/W}$
 - tripple glas
 - zeer goede luchtdichtheid
- Natuurlijke ventilatie concepten bijna niet meer mogelijk (geen WTW uit ventilatielucht)
- WTW uit tapwater voor woningen en hotel bijna altijd nodig

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

- Vroeg van start met ontwerp energieconcept
- Extra aandacht voor gezondheid bij vraag gestuurde systemen
- Hoge daglichteisen vragen om innovaties in de gevel
- Meer maatregelen zijn nodig voor thermisch comfort
- Geluid in het vertrek wordt storender

Energie neutraal bouwen: BENG voor ontwerpers

Contact

Esther Gerritsen
 E-mail: esther.gerritsen@techniplan.nl
 Telefoon: 010-4562311
 website: www.techniplan.nl

Circulaire gevels, hoe zit dat precies?

Stingo Huurdeman, VMRG



WELKOM

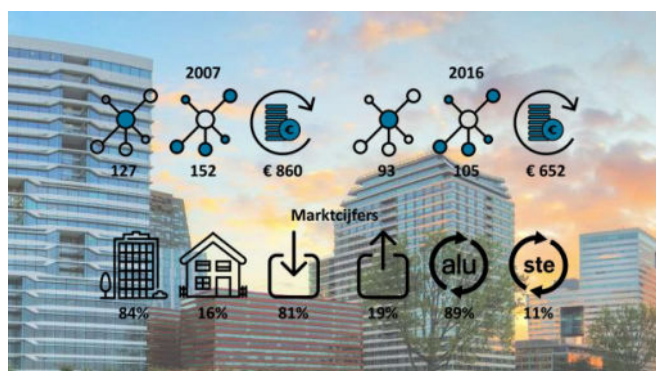


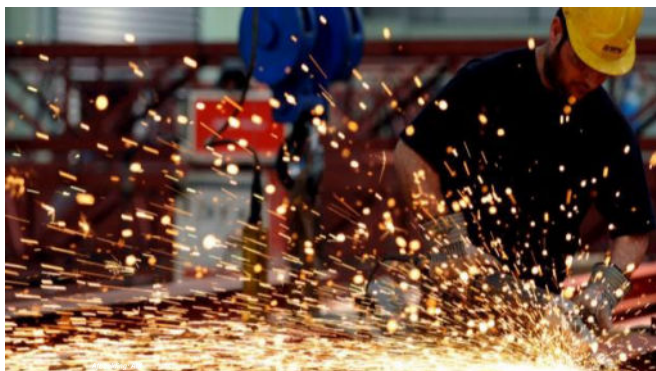
TVVL PLATFORM VOOR MENS EN TECHNIEK

2

23-1-2018

Circulaire gevels, hoe zit dat precies?





SERVICE LEVELS



→ Service level I

Branche faciliteert terugname en hoogwaardig hergebruik van (secundaire) materiaalstromen en certificeert deze en de bijbehorende ketenpartners.

De aangesloten bedrijven garanderen met elkaar terugname van de producten.



01

→ Service level II

De gevelbouw levert een product/dienst combinatie. Gevels **blijven voldoen aan de overeengekomen kwaliteitseisen (KPI)**.

Gevelbouwer garandeert terugname van de gevels tegen dagwaarde.



02

→ Service level III

De gevelbouw levert product/dienst combinaties t.b.v. **prestatieovereenkomsten**.

Gevelbouwer levert **periodiek onderhoud, vernieuwing en aanpassing aan veranderende gebruiksbehoeften**.

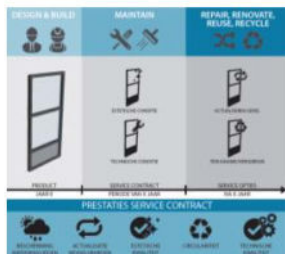


03

BUREAU CIRCULAIRE GEVELECONOMIE



SERVICE LEVEL II



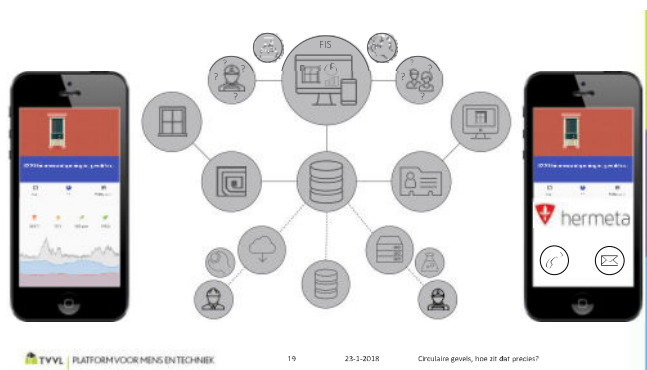
TYVL PLATFORM VOOR MENSEN EN TECHNIEK

13

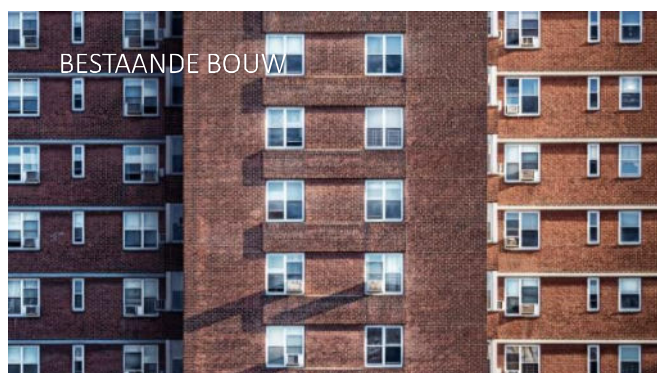
23-1-2018

Circulaire groei, hoe zit dat precies?





NIEUWBOUW



BESTAANDE BOUW



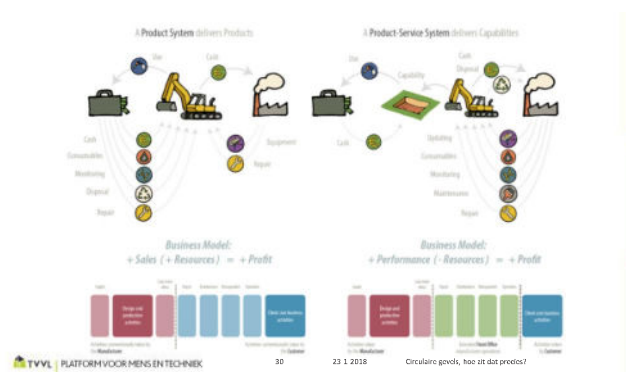
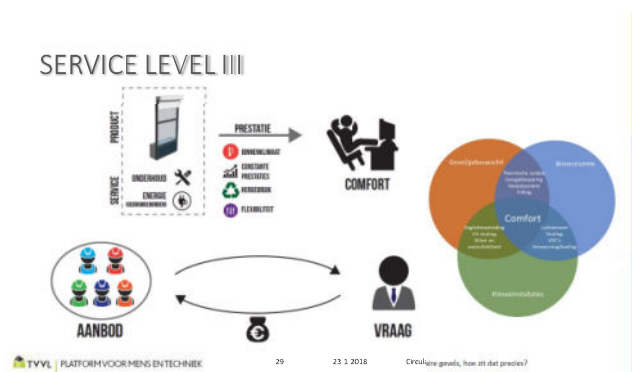
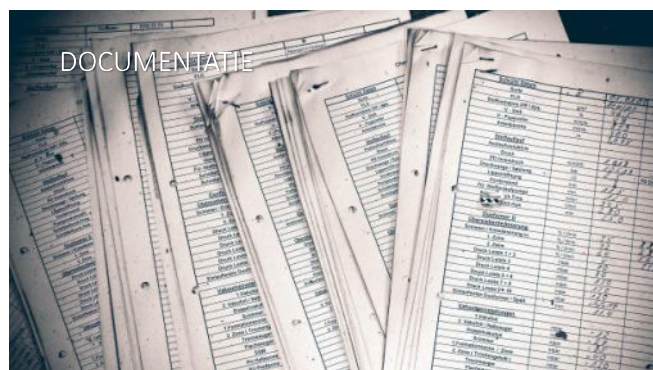
LOGISTIEK



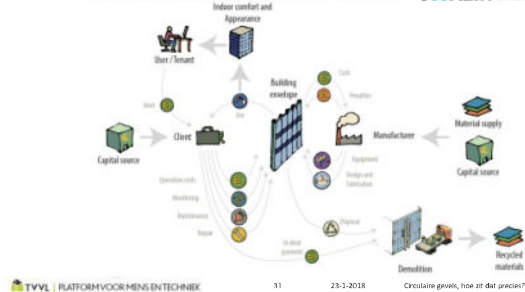
LOGISTIEK



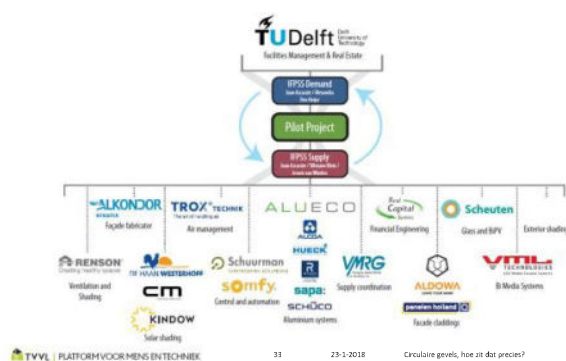
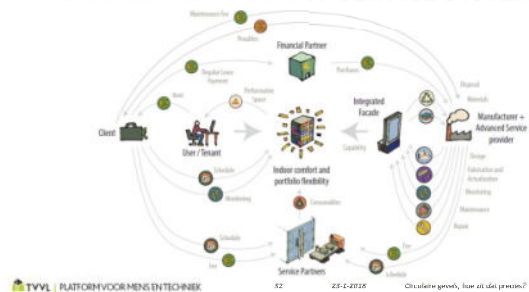
BEHEER EN ONDERHOUD



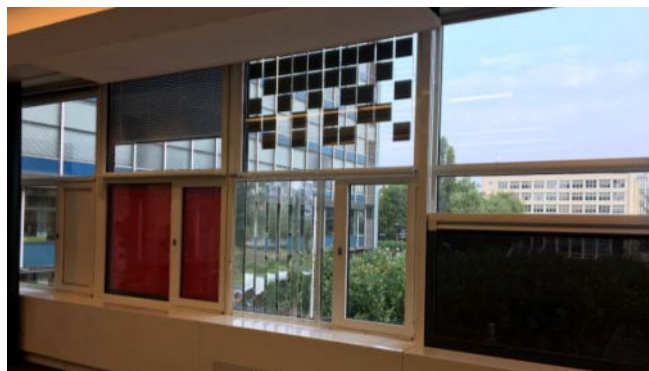
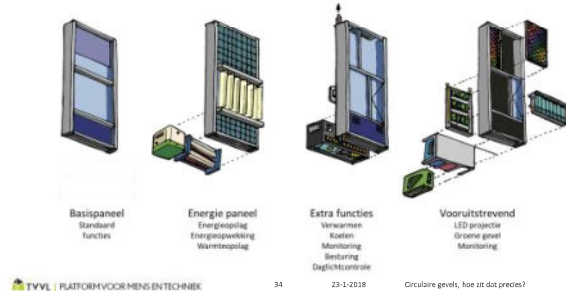
DE GEVEL ALS PRODUCT SYSTEM

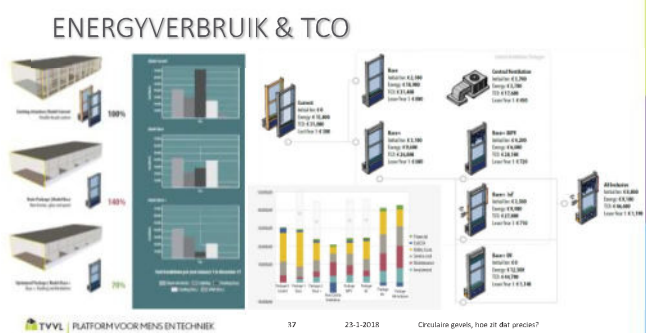


DE GEVEL ALS PRODUCT-SERVICE SYSTEM



FYSIEKE GEVEL-MOCKUP VAN DE PSS GEVEL





INFORM ATIEBLADEN

KT27 – Daglicht & Binnenklimaat

Versie 1.0 - 01 maart 2018



INHOUD

1. GEVELCONCEPTEN	3
Traditionele gevel	4
Vliesgevel	5
Elementengevel	6
Klimaatgevel met tweede-huid-façade	7
Integrale gevel	8
Informatiebronnen gevelconcepten	9
2. ONTWERPPRINCIPES GEVEL	10
Bouwfysica gebouwschil	11
Te openen ramen	12
Zonwering	13
PV-cellen in gevel	14
Circulariteit	15
Informatiebronnen ontwerpprincipes gevel	16
3. INSTALLATIECONCEPTEN	17
Lokale klimaatinstallatie klimaatplafond	18
Lokale klimaatinstallatie plafondinductieunits	19
Lokale klimaatinstallatie VAV-box + naverwarmer	20
Lokale klimaatinstallatie fancoilunits	21
Lokale klimaatinstallatie decentrale ventilatieunits	22
Aanvullende klimaatinstallatie vloerverwarming / vloerkoeling	23
Aanvullende klimaatinstallatie convector / buisverwarming	24
Centrale luchtbehandeling	25
Warmte- en koudeopwekking met warmtepomp + aquifer	26
Warmte- en koudeopwekking met warmtepomp buitenlucht	27
Verlichting	28
PV-installatie	29
PCM	30
Informatiebronnen installatieconcepten	31
4. ONTWERPPRINCIPES INSTALLATIES	32
Thermische balans verwarming en koeling	33
Lokaal discomfort	34
Informatiebronnen ontwerpprincipes installaties	35

1. GEVELCONCEPTEN

Traditionele gevel

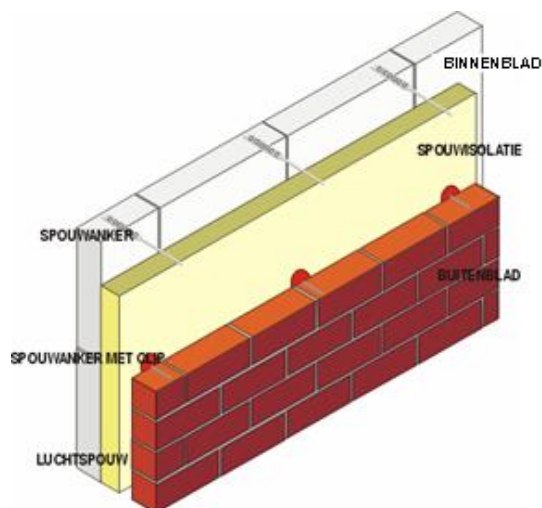
Omschrijving

De traditionele gevel is samengesteld uit een binnen- en buitenblad met daartussen een luchtspouw. Het buitenblad heeft een scheidende functie, het binnenblad meestal een dragende. De spouw tussen binnen- en buitenblad wordt opgevuld met isolatie, die tegen het binnenblad wordt bevestigd.

Het binnenblad kan bestaan uit diverse dragende materialen zoals beton en steen en niet dragende zoals houtskeletbouw. Het buitenblad kan bestaan uit een diversiteit van materialen zoals metalen beplating, hout, natuursteen en kunststoffen.

Het is relatief eenvoudig om de ramen in een traditionele gevel te voorzien van buitenzonwering.

Principe



Specifieke eigenschappen

- Beperkte transparantie mogelijk a.g.v. dragende functie gevel
- Mogelijkheid tot toepassing dik isolatiepakket dichte geveldelen
- Diverse materialen voor buitenblad mogelijk

Vliesgevel

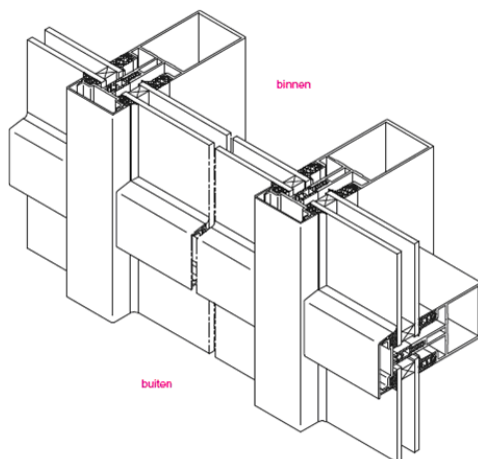
Omschrijving

Een vliesgevel is een niet-dragende, doorlopende constructie die als buitenschil van een gebouw fungeert. De vliesgevel wordt tegen de buitenzijde van de draagconstructie bevestigd en is zelfdragend. Het constructieve deel van de vliesgevel bestaat uit aluminium, hout of staal. Voor het eigenlijke vlies worden glas of dichte panelen gebruikt.

Vliesgevels worden veelal gebruikt om een gevel op een eenvoudige manier met relatief veel glas te voorzien.

Gezien het transparante karakter van een vliesgevel wordt buitenzonwering zeer incidenteel toegepast. Wel is het mogelijk de vliesgevel in zonwerende beglazing uit te voeren en kan een vliesgevel voorzien worden van vaste zonwering.

Principe



Specifieke eigenschappen

- Grote mate van transparantie mogelijk
- Snelle bouwmethode a.g.v. hoge bouwsnelheid
- Beperkte isolatiedikte mogelijk voor dichte geveldelen

Elementengevel

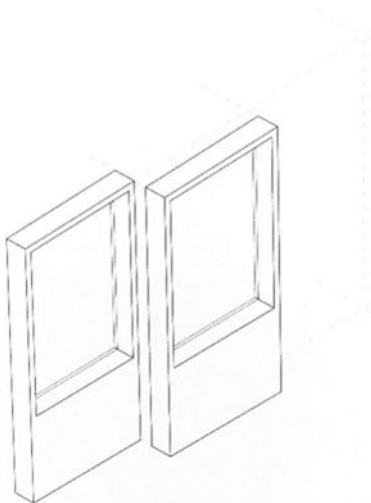
Omschrijving

Een elementengevel is opgebouwd uit grote elementen die tussen 2 vloeren tegen de gevel worden aangebracht. De elementen komen als geheel aan op de bouwplaats en worden één voor één op hun plaats gehesen.

De elementen worden in zijn geheel geprefabriceerd en in de fabriek, onder gecontroleerde omstandigheden. Een elementengevel kan zowel bestaan uit een stijl-en-regel constructie als een raamconstructie. De verdiepingshoge elementen worden bevestigd aan de vloeren middels ankers die van tevoren zijn gesteld. Een cruciale stap in het proces is de aansluiting tussen de elementen bij montage.

Een elementengevel heeft veel potentie in het kader van de circulaire gevel. Een elementengevel is namelijk demonteerbaar te maken en de verschillende onderdelen zijn eenvoudig te onderhouden/vervangen of zelfs te updaten. Indien er installatietechniek wordt geïntegreerd zal deze eenvoudig demonteerbaar moeten zijn vanwege de vele verschillende levensduren van de producten in de elementengevel.

Principe



Specifieke eigenschappen

- Grote mate van transparantie mogelijk
- Snelle bouwmethode a.g.v. prefabricage
- Mogelijkheid tot hergebruik gevel
- Mogelijkheid tot integratie installaties in gevel

Klimaatgevel met tweede-huid-façade

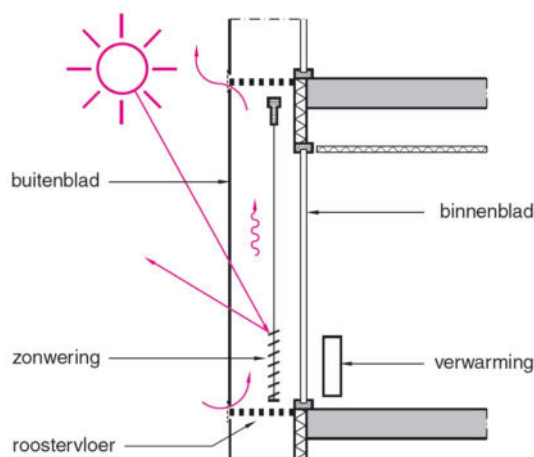
Omschrijving

Door de steeds hogere eisen die aan de energieprestatie van gebouwen worden gesteld, volstaat de passieve functie van de gevel in sommige gevallen niet meer. Steeds vaker worden delen van de klimaatinstallatie in de gevel geïntegreerd, waardoor de gevel een actieve rol in de beheersing van het binnenklimaat. Een dergelijk voorbeeld van zo'n gevel is de tweede-huid-façade.

Een tweede-huid-façade is opgebouwd uit een buitenblad van enkel glas en een binnenconstructie van dubbel glas. De spouw tussen binnen- en buitenblad wordt natuurlijk geventileerd. De spouw fungeert als buffer tussen binnen- en buitenmilieu en kan tevens worden voorzien van zonwering. Een tweede-huid-façade is dus een glazen schil voor een geïsoleerde gevel.

In de spouw van de tweede-huid-façade wordt in de meeste gevallen schakelbare zonwering toegepast. De zonbelasting op de gevel kan zo op een zeer efficiënte manier worden geweerd. Een nadeel van de tweede-huid-façade is het enorme glasoppervlak dat moet worden schoon gehouden.

Principe



Specifieke eigenschappen

- Volledige transparantie met hoogwaardige bouwfysische eigenschappen voor geluidwering en thermische isolatie
- Relatief hoge bouwkosten en onderhoudskosten
- Mogelijkheid tot integratie zonwering in gevel

Integrale gevel

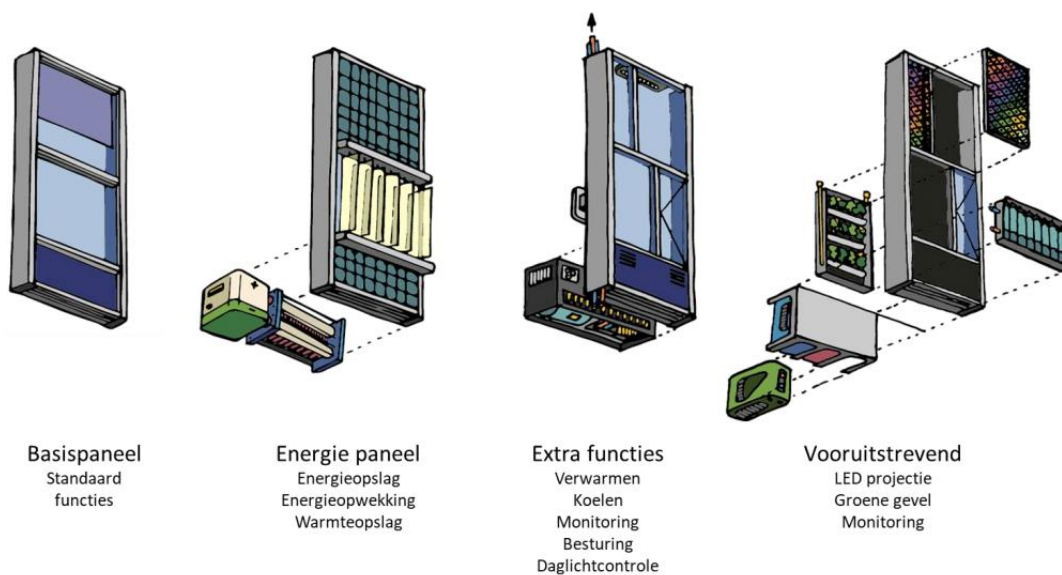
Omschrijving

Om tot een hoog integratieniveau van gevel en bijbehorende installaties te komen is het mogelijk om de klimaatinstallatie, zonwering en PV-installatie te integreren in het gevelontwerp. Door een integrale gevel als een product te ontwikkelen, kunnen de kosten en prestaties van de gevel + installaties worden geoptimaliseerd.

Daarbij is het bijvoorbeeld met een integrale elementengevel mogelijk om complete geveldelen te prefabriceren. Hierdoor kan de bouwtijd op de bouwplaats worden versneld en kunnen geveldelen bovendien eenvoudig worden hergebruikt. Dit maakt het tevens mogelijk om gevels als een 'leaseproduct' te benaderen.

Een goed voorbeeld van een integrale gevel is het demonstratieproject 'facadeleasing' bij de TU Delft. Voor dit project zijn op initiatief van TU Delft, Climate-KIC, VMRG en AluEco een viertal integrale gevelvarianten ontwikkeld.

Principe



Specifieke eigenschappen

- Hoogwaardige prestaties a.g.v. doorontwikkeling integraal product
- Snelle bouwmethode a.g.v. prefabricage gevel + installaties
- Optimale waarborg van circulariteit mogelijk
- Leaseconstructie gevel mogelijk
- Beperkte architectonische speelruimte

Informatiebronnen gevelconcepten

- Jellema Hogere Bouwkunde
ThiemeMeulenhoff, juni 2011
- Gevels, Principes in het construeren
Uitgeverij SUN, 2011
- Hand-out 'Circulaire gevels, hoe zit dat precies?'
VMRG, 08 november 2017

2. ONTWERPPRINCIPES GEVEL

Bouw fysica gebouwschil

Bouw fysische kwaliteit gebouwen

Bouw fysica is van de gebouwschil is van essentieel belang om een duurzaam en comfortabel gebouw te kunnen realiseren. Het bouw fysische ontwerp heeft als doelstelling om een gebouw te realiseren dat voldoet aan de gesteld kaders voor:

- Brandveiligheid
- Stedenbouw fysisch comfort
- Thermisch comfort
- Akoestische comfort
- Binnenluchtkwaliteit

De bouw fysica van de gebouwschil is op te delen in de volgende bouw fysische eigenschappen:

- Brandwerendheid
- Hygrische kwaliteit
- Waterdichtheid
- Thermische isolatie
- Luchtdoorlatendheid
- Lichtdoorlatendheid
- Toegankelijkheid
- Duurzaamheid

Gemiddelde isolatiewaardes en zonwerendheid van ramen in buitengevel

De meest voorkomende prestaties van ramen in utiliteitsgebouwen op het gebied van thermische isolatie en zonwerendheid , zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Type glas	U-waarde [W/m ² .K]			ZTA-waarde [-]	
	Kozijn hout / kunststof	Kozijn themisch onderbroken	Kozijn metaal	Geen coating	Zonwerende coating
Drievoudig HR glas	1,4	1,8	2,8	0,6	0,35
HR++ glas	1,8	2,2	3,0	0,6	0,35
HR+ glas	2,0	2,5	3,3	0,6	0,35
HR glas	2,3	2,8	3,6	0,6	0,35
Dubbel glas	2,9	3,3	4,1	0,7	0,4
Voorzetraam	2,9	3,3	4,1	0,7	
Enkelglas	5,2	5,4	6,2	0,8	

Tabel U-waardes en ZTA-waardes utiliteitsgebouwen, ISSO-publicatie 75.1

Te openen ramen

Achtergrond / Baten

Diverse onderzoeken hebben aangetoond dat mensen tevredener zijn als ze zelf invloed uit kunnen oefenen op de werkomgeving. Een te openen raam is een voorbeeld van een voorziening die door de gebruiker zelf te bedienen is. De tevredenheid van de gebruiker kan hiermee worden verhoogd, doordat deze zich minder opgesloten zal voelen en doordat hij het buitenklimaat kan waarnemen.

Een geopend raam zorgt voor extra ventilatie, ook wel spuiventilatie genoemd. De spuiventilatie kan gebruikt worden om incidentele verhoogde luchtvervuiling efficiënt af te voeren.

Bediening ramen

De meest bekende uitvoering van een te openen raam zijn het draairaam en het kiepraam. Dit type raam wordt door de gebruiker met de hand bediend. Een handbediend raam heeft de volgende technische risico's:

- 's Winters gaat er veel verwarmingsenergie verloren naar buiten via het open raam
- 's Zomers verstoort de warmte van buiten het binnenklimaat

Door voor elektrische gestuurde gevelopeningen te kiezen kunnen deze risico's worden beheerst door de opening te blokkeren, indien het risico op energieverlies en/of verstoring te groot is. Wel zal hiermee de invloed van de gebruiker juist weer worden beperkt.

Hybride ventilatie

Om de voordelen van natuurlijke ventilatie optimaal te benutten, kan de samenwerking tussen een mechanisch en een natuurlijk ventilatiesysteem worden gezocht. TVVL heeft deze toepassing in 'project KT26 – Hybride ventilatie' onderzocht. Het rapport van het onderzoek is te vinden in de TVVL kennisbank.

Zonwering

Type zonwering

De zonwerendheid van de gevel is van grote invloed op de warmtebalans in het gebouw. De zonwering voor de utiliteitsbouw is in te delen in de volgende types:

- Zonwerend glas
- Vaste zonwering
- Bedienbare zonwering

Zonwerend glas

Door een coating of folie op het glas aan te brengen kan de zonwerendheid van het glas aanzienlijk worden verhoogd. Het nadeel hiervan is dat hiermee de lichtdoorlatendheid van het glas wordt verlaagd, wat ten kosten gaat van het visueel comfort.

Als alternatief voor een coating of folie is het ook mogelijk om glas te voorzien van een opdruk of kleine lamellen in het glas. In dit geval wordt de zonwerendheid verhoogd, terwijl de transparantie tussen de opdruk of de lamellen niet afneemt.

Een optimale vorm van zonwerend glas is het zogenaamde 'verkleurende glas'. Dit glas verhoogd van zichzelf de zonwerendheid naarmate de zonintensiteit toeneemt. Er is zelfs al een type glas op de markt waarbij de zonwerendheid door de gebruiker te sturen. Helaas is de kostprijs van deze glastypen vooralsnog erg hoog.

Vaste zonwering

Een vaste zonwering wordt aan de buitenzijde van de gevel aangebracht met als doel om de zonbelasting op warme dagen te verminderen. Door de vorm en hoek van de vaste zonwering goed af te stemmen op de stand van de zon, kan een (hoogstaande) zomerzon worden geweerd, terwijl een (laagstaande) winterzon juist wordt toegelaten.

Bedienbare zonwering

Het toepassen van buitenzonwering met screens is een beproefde methode om een groot deel van de zonbelasting op een raampartij te weren. De screens kunnen evt. automatisch gestuurd worden o.b.v. een weerstation. De bescherming van de screens tegen wind is een belangrijk aandachtspunt.

Door gebruik te maken van binnenzonwering met zonwerend doek kan een kleiner deel van de zonbelasting worden geweerd.

PV-cellen in gevel

Algemeen

Vanuit de groeiende vraag naar duurzame energieopwekking, groeit ook de vraag om PV-cellen in gevels te integreren. In onderstaande tekst wordt een korte greep uit de producten van deze snel bewegende markt gedaan.

PV in glas



Transparant



Niet transparant

PV achter glas

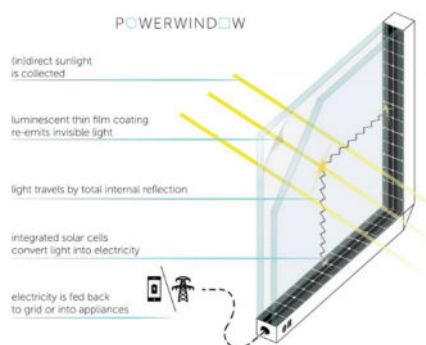


Binnen



Buiten

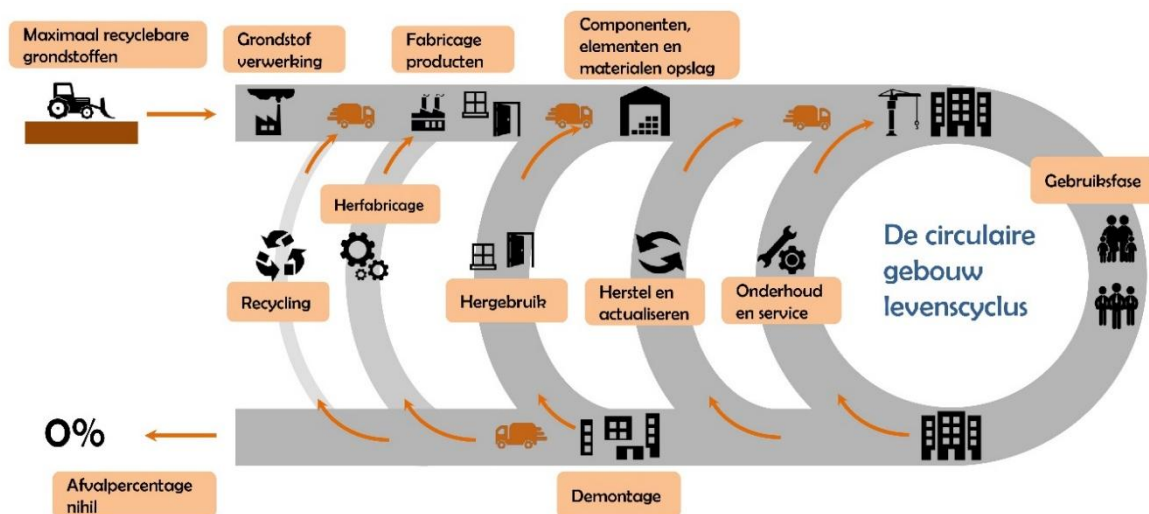
PV in sponning



Circulariteit

Ontwikkeling bouwsector

De bouw maakt de komende decennia een transitie door van lineair naar circulair: gebouwen die niet langer nodig zijn leveren grondstoffen voor de fabricage van nieuwe gebouwen. Dit valt samen met een trend waarbij de producent meer verantwoordelijkheid draagt voor de prestaties van een product gedurende de levensduur. Het kan profijtelijk worden om de economische levensduur van een gebouw of onderdelen daarvan te verlengen door hergebruik. Ook gebouwen die frequent veranderd moeten worden of een korte exploitatieduur hebben, kunnen dan gerealiseerd worden met hoogwaardige oplossingen met een afschrijvingstermijn van 30 jaar of méér.



De metalen gevelbouwsector heeft qua circulariteit al een streepje voor dankzij de hoge restwaarde van metaal en vlakglas. Deze positieve restwaarde zorgt er nu al voor dat er vrijwel geen metaal verloren gaat, maar weer terugkomt in de productieprocessen als 'nieuw' hoogwaardig gerecycled materiaal. De sector zou technisch gezien nog een stap kunnen zetten om de producten nog beter als element of component herbruikbaar te maken.

Herstructurering bouwketen

Cruciaal voor het succes circulariteit is een herstructurering van de bouwketen conform het coöperatieve model (netwerken van intens samenwerkende bedrijven). Toeleveranciers concurreren dan niet meer op laagste prijs voor een standaard kwaliteit, maar werken samen met de hoofdaanbieder aan de ontwikkeling van innovatieve oplossingen die de feitelijke gebruikers van een gebouw een betere kwaliteit voor een gunstigere prijs bieden. Bij dit laatste zijn niet langer de initiële bouwkosten van belang, maar draait het om de totale levenscyclus kosten en opbrengsten voor gebruiker en eigenaar. Binnen het coöperatieve business model kunnen hoofdaanbieders en partners samen nieuwe processen ontwikkelen die leiden tot hogere efficiëntie van verbouw, demontage en logistiek. Dit model lijkt daarom een noodzakelijke voorwaarde te zijn voor het kunnen implementeren van circulaire bedrijfsmodellen.

Circulaire installaties

Meer informatie over circulaire installaties is te vinden op de website van TVVL.

Informatiebronnen ontwerpprincipes gevel

- Jellema Hogere Bouwkunde
ThiemeMeulenhoff, juni 2011
- Gevels, Principes in het construeren
Uitgeverij SUN, 2011
- Hand-out 'Circulaire gevels, hoe zit dat precies?'
VMRG, 08 november 2017
- Handboek Bouwfysische Kwaliteit Gebouwen
Nederlands Vlaamse Bouwfysica Vereniging, versie 2.22 d.d. 6 januari 2017
- BREEAM-NL Nieuwbouw en Renovatie
Beoordelingsrichtlijn DGBC, 2014 versie 2
- Rapport KT-26 Hybride Ventilatie
TVVL Expertgroep Klimaattechniek, 3 april 2017
- ISSO-publicatie 75.1
Handleiding Energieprestatie Utiliteitsgebouwen

3. INSTALLATIECONCEPTEN

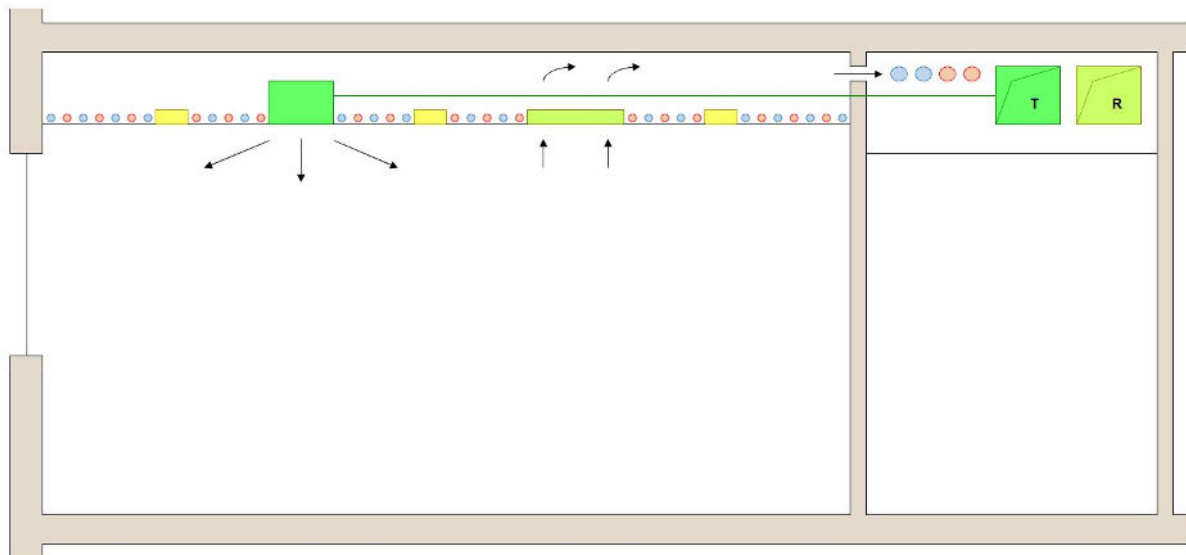
Lokale klimaatinstallatie klimaatplafond

Omschrijving

Bij een klimaatplafond wordt de complete klimaatinstallatie geïntegreerd in het plafond. Verse lucht vanuit de luchtbehandelingskast wordt alleen voor de ventilatie van de ruimte gebruikt en wordt via kleine roosterelementen het vertrek ingeblazen. De gebruikte lucht wordt via roosters of openingen in het plafond afgezogen door de afzuiginstallatie.

Zowel verwarming als koeling vinden plaats middels een watervoerend pakket dat aan de bovenzijde van het plafond wordt aangebracht. De warmte en koude wordt hierbij via het metalen plafond aan de ruimte overgedragen. De ruimtetemperatuur kan het hele jaar op ruimteniveau worden geregeld middels de ruimtebedienunit van de regelininstallatie.

Principe



Specifieke eigenschappen

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| - Lokaal koelvermogen: | maximaal 65 W/m ² |
| - Lokaal verwarmingsvermogen: | maximaal 80 W/m ² |
| - Benodigde hoogte boven plafond: | minimaal 30 cm |
| - Regelbaarheid temperatuur: | zeer goed |
| - Voelbare lichtsnelheid: | laag |

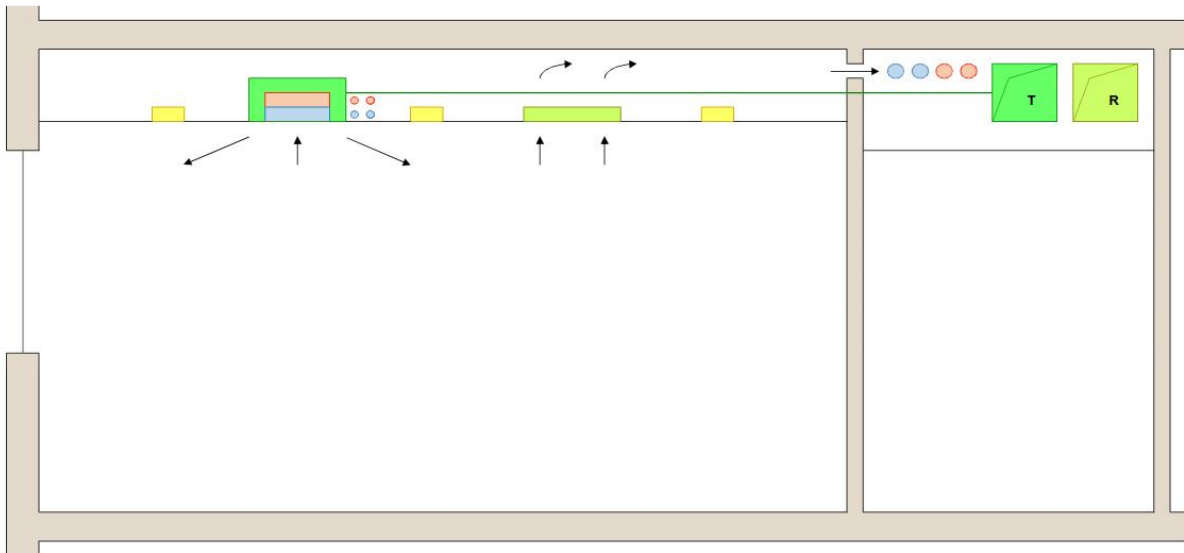
Lokale klimaatinstallatie plafondinductieunits

Omschrijving

Bij een klimaatinstallatie met plafondinductieunits wordt verse lucht vanuit de luchtbehandelingskast via de plafondinductieunits het vertrek ingeblazen. Als gevolg van de injectie van de ventilatielucht door de nozzles in de inductieunits, vindt er natuurlijk luchtcirculatie (inductie) in de ruimte plaats. De gebruikte lucht wordt via roosters of openingen in het plafond afgezogen door de afzuiginstallatie.

Zowel verwarming als koeling vinden plaats middels een verwarmings- en een koelbatterijen in de plafondinductieunits. De ruimtetemperatuur kan het hele jaar op ruimteniveau worden geregeld middels de ruimtebedienunit van de regelinstallatie.

Principe



Specifieke eigenschappen

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| - Lokaal koelvermogen: | maximaal 50 W/m ² |
| - Lokaal verwarmingsvermogen: | maximaal 65 W/m ² |
| - Benodigde hoogte boven plafond: | minimaal 35 cm |
| - Regelbaarheid temperatuur: | gemiddeld |
| - Voelbare lichtsnelheid: | gemiddeld / hoog |

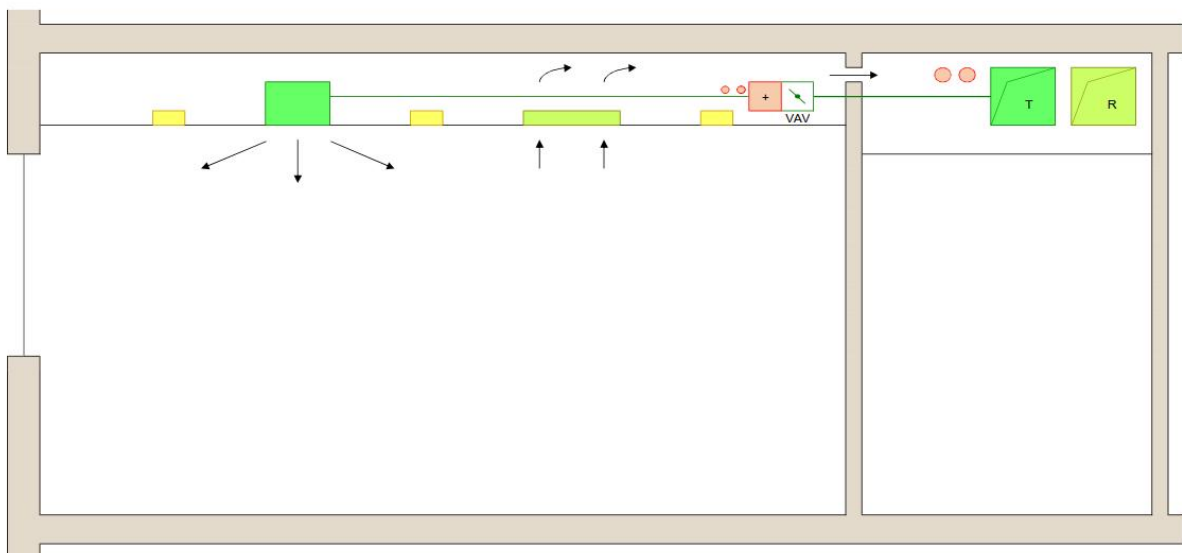
Lokale klimaatinstallatie VAV-box + naverwarmer

Omschrijving

Bij een klimaatinstallatie met een VAV-systeem kan de hoeveelheid ventilatielucht per vertrek worden afgestemd op de vraag vanuit de ruimte. Verse lucht vanuit de luchtbehandelingskast wordt via plafondroosters het vertrek ingeblazen, waarbij de hoeveelheid ventilatielucht wordt geregeld door een VAV-box. De gebruikte lucht wordt via roosters of openingen in het plafond afgezogen door de afzuiginstallatie.

Verwarming van het vertrek vindt bij deze installatie plaats middels naverwarmers in het inblaaskanaal. Koeling vindt zomers plaats middels de koelbatterij in de centrale luchtbehandelingskast, waarbij de hoeveelheid inblaasluft per ruimte wordt gevarieerd middels de VAV-box. De ruimtetemperatuur kan het hele jaar op ruimteniveau worden geregeld middels de ruimtebedienunit van de regelinstallatie.

Principe



Specifieke eigenschappen

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| - Lokaal koelvermogen: | maximaal 65 W/m ² |
| - Lokaal verwarmingsvermogen: | maximaal 80 W/m ² |
| - Benodigde hoogte boven plafond: | minimaal 40 cm |
| - Regelbaarheid temperatuur: | gemiddeld |
| - Voelbare luchtsnelheid: | gemiddeld |

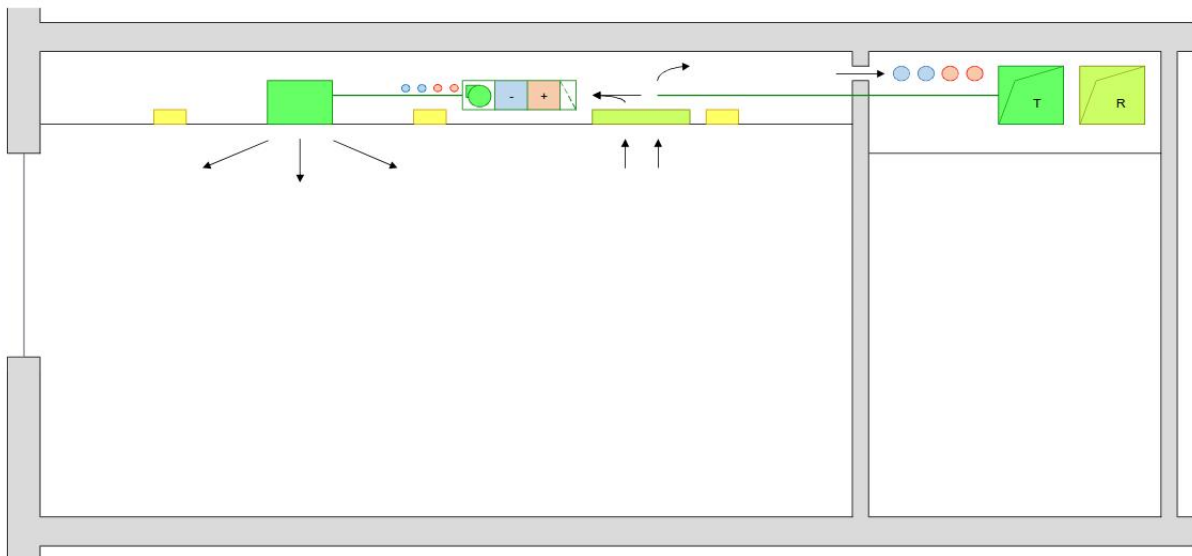
Lokale klimaatinstallatie fancoilunits

Omschrijving

Bij een klimaatinstallatie met fancoilunits wordt een klimaatunit boven het plafond aangebracht, waarmee de ruimtelucht mechanisch wordt gecirculeerd. Hierbij kan de toevoer van verse lucht vanuit de luchtbehandelingskast op de fancoilunit worden aangesloten. De fancoilunit blaast de geconditioneerde lucht in via plafondroosters. De aanzuig van ruimtelucht vindt plaats door een afzuigrooster in het plafond. De gebruikte lucht wordt boven het plafond afgezogen door de afzuiginstallatie.

Zowel verwarming als koeling vinden plaats middels een verwarmings- en een koelbatterij in de fancoilunit. De ruimtetemperatuur kan het hele jaar op ruimteniveau worden geregeld middels de ruimtebedienunit van de regelinstallatie.

Principe



Specifieke eigenschappen

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| - Lokaal koelvermogen: | maximaal 65 W/m ² |
| - Lokaal verwarmingsvermogen: | maximaal 80 W/m ² |
| - Benodigde hoogte boven plafond: | minimaal 40 cm |
| - Regelbaarheid temperatuur: | goed |
| - Voelbare lichtsnelheid: | gemiddeld |

Lokale klimaatinstallatie decentrale ventilatieunits

Omschrijving

Bij een klimaatinstallatie met decentrale ventilatieunits wordt een klimaatunit aan de gevelzijde aangebracht, waarmee de ruimte wordt geventileerd, verwarmd en gekoeld. Verse buitenlucht wordt direct aan de gevel aangezogen en door de ventilatieunit het vertrek ingeblazen. De gebruikte lucht wordt door de ventilatieunit aangezogen en naar buiten toe uitgeblazen.

Zowel verwarming als koeling vinden plaats middels een verwarmings- en een koelbatterij in de ventilatieunit. De ruimtetemperatuur kan het hele jaar op ruimteniveau worden geregeld middels de ruimtebedienunit van de regelinstallatie.

Principe



Specifieke eigenschappen

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| - Lokaal koelvermogen: | maximaal 50 W/m ² |
| - Lokaal verwarmingsvermogen: | maximaal 65 W/m ² |
| - Benodigde hoogte boven plafond: | n.v.t. |
| - Regelbaarheid temperatuur: | goed |
| - Voelbare luchtsnelheid: | gemiddeld / hoog |

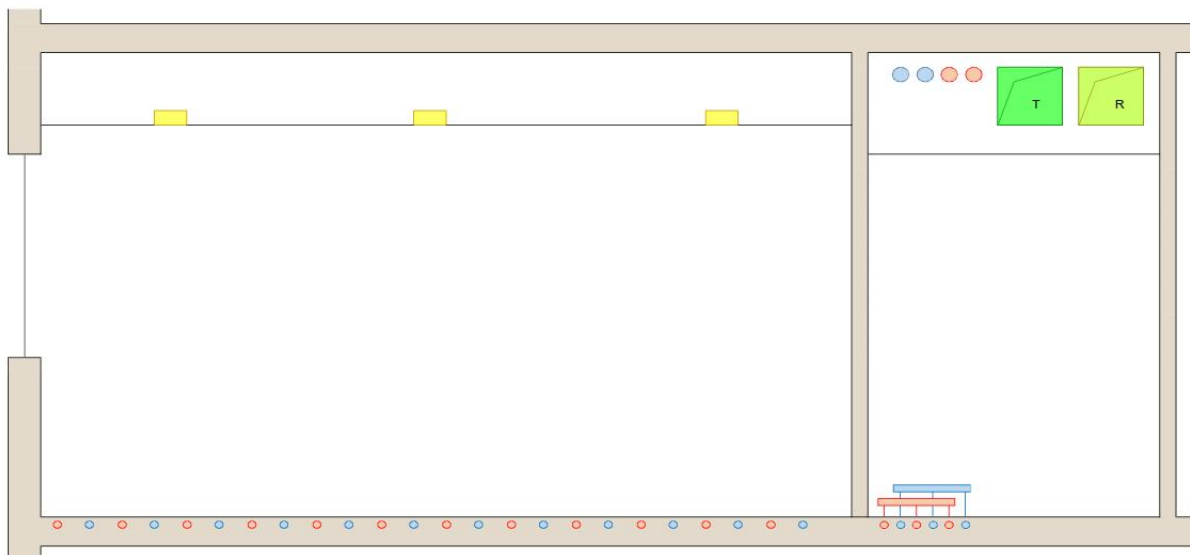
Aanvullende klimaatinstallatie vloerverwarming / vloerkoeling

Omschrijving

Voor ruimten met een slechte bouwfysische schil, zoals ruimten die grenzen aan een koude vloer of een koude gevel, kan vloerverwarming uitkomst bieden om lokaal discomfort a.g.v. koude vloeren of wanden te voorkomen. Daarnaast kan vloerkoeling uitkomst bieden om een hoge zonbelasting op de vloer op te vangen.

De vloerverwarming en/of vloerkoeling wordt met watergevulde leidingen in de bovenste laag van de vloer aangebracht. Door de massa van de vloer is de installatie niet goed in staat om snel te reageren op externe temperatuurschommelingen.

Principe



Specifieke eigenschappen

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| - Lokaal koelvermogen: | maximaal 20 W/m ² |
| - Lokaal verwarmingsvermogen: | maximaal 60 W/m ² |
| - Regelbaarheid temperatuur: | slecht |

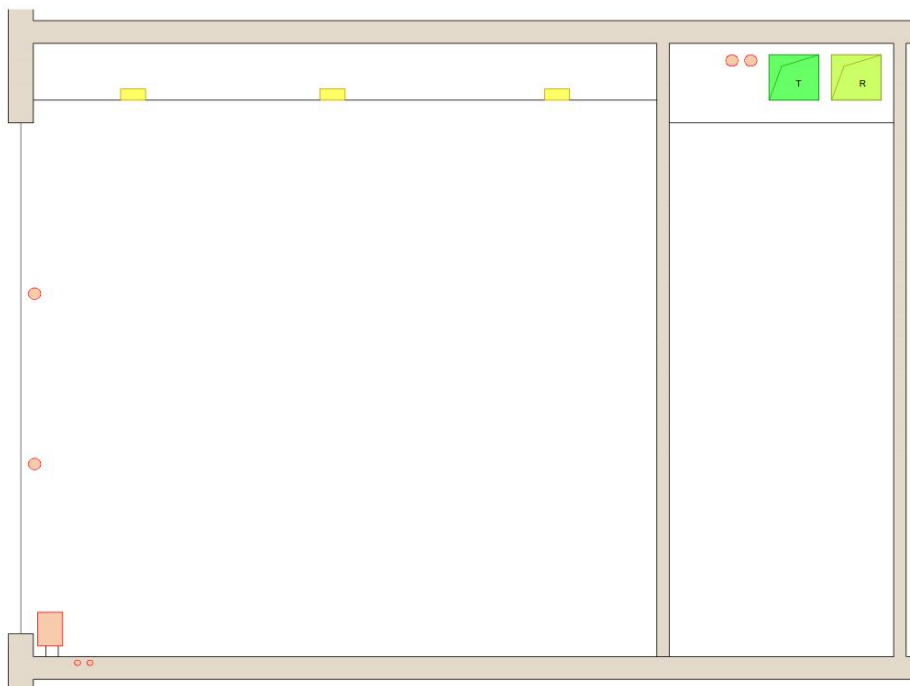
Aanvullende klimaatinstallatie convector / buisverwarming

Omschrijving

Voor ruimten die grenzen aan een koude gevel, zoals een hoge glasgevel, kan een convector of een gladde buis uitkomst bieden om lokaal discomfort a.g.v. koudeval te voorkomen.

Bij een verwarmingslichaam ter voorkoming van koudeval wordt de temperatuur van het water in de convector of de buis afgestemd op de buitentemperatuur.

Principe



Specifieke aandachtspunten

Om het gedrag van de koudeval bij hoge glasgevels te voorspellen wordt aangeraden om een CFD-simulatie te laten opstellen.

Centrale luchtbehandeling

Opbouw luchtbehandelingskast

Een luchtbehandelingskast heeft als doel om het gebouw te voorzien van behandelde, verse lucht en daarnaast de gebruikte lucht af te voeren. De luchtbehandelingskast is daarbij voorzien van de volgende secties:

Toevoer: aanzuig, filter(s), warmteterugwinning, recirculatie, verwarming, koeling, bevochtiging, ventilator, geluiddemper(s)

Retour: aanzuig, filter(s), warmteterugwinning, recirculatie, ventilator, geluiddemper(s)

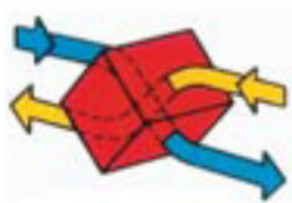
Afhankelijk van de toepassing wordt een keuze gemaakt voor de opbouw van de luchtbehandelingskast. Het type warmteterugwinning is hierin een belangrijke keuze.

Warmteterugwinning

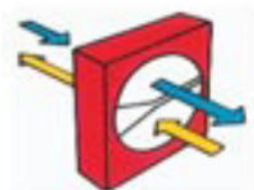
In een luchtbehandelingskast met warmteterugwinning wordt tijdens de gebruikstijden van het gebouw 100% verse buitenlucht de vertrekken ingeblazen. De vuile lucht wordt afgezogen en in de luchtbehandelingskast door de warmteterugwinning geleidt, waardoor de warmte van de retourlucht kan worden overgedragen aan de buitenlucht.

Er zijn verschillende systemen voor warmteterugwinning op de markt, welke worden vergeleken in onderstaande tabel. Indien gebruik wordt gemaakt van een warmtewiel zal ook vocht kunnen worden teruggewonnen, waardoor droge buitenlucht kan worden bevochtigd. Het nadeel van een warmtewiel is dat de luchtstromen niet volledig zijn gescheiden, waardoor ook overdracht van vuil en geur mogelijk is.

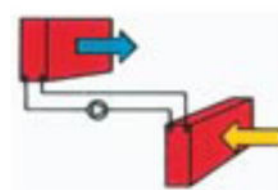
Principe



Kruisstroomwisselaar



Warmtewiel



Twincoil

Specifieke eigenschappen

	Kruisstroom	Warmtewiel	Twincoil
- WTW-rendement voelbaar ¹ :	≥ 73%	≥ 73%	≥ 68%
- WTW-rendement latent:	n.v.t.	60-80%	n.v.t.
- Gescheiden luchtstromen:	ja	nee	ja

¹ Minimaal WTW-rendement volgens ErP 2018

Warmte- en koudeopwekking met warmtepomp + aquifer

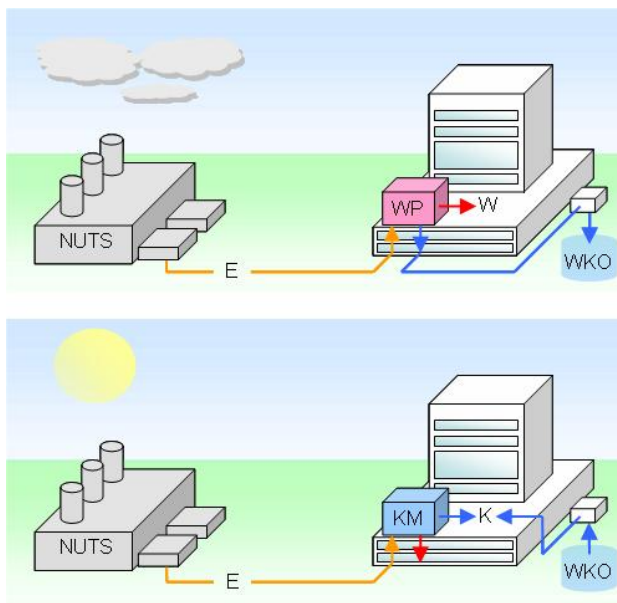
Omschrijving

Bij een installatie voor warmte- en koudeopwekking met gebruik van thermische energieopslag in de bodem (WKO) wordt gebruik gemaakt van een warmtepomp en een bronneninstallatie.

's Winters wordt er door de condensor in de warmtepomp (WP) lage temperatuur warmte voor de klimaatinstallatie opgewekt. De koude die hierbij aan de verdamperzijde ontstaat wordt afgestaan aan het grondwater wat uit door de bronneninstallatie wordt opgepompt. Deze koude wordt opgeslagen in de bodem. Als piek- en back-up-voorziening voor de warmteopwekking wordt veelal gebruik gemaakt van een gasgestookte of elektrische ketel.

In de zomer wordt de opgeslagen koude door de bronneninstallatie opgepompt en als hoge temperatuur koeling voor de klimaatinstallatie gebruikt. De warmtepomp kan hierbij als aanvullende koelmachine (KM) worden ingeschakeld.

Principe



Specifieke eigenschappen

- | | |
|---------------------|---------------|
| - Brandstof warmte: | elektriciteit |
| - Brandstof koude: | elektriciteit |
| - PER warmte: | 3,5 – 5,0 |
| - PER koude: | 10 – 15 |

Warmte- en koudeopwekking met warmtepomp buitenlucht

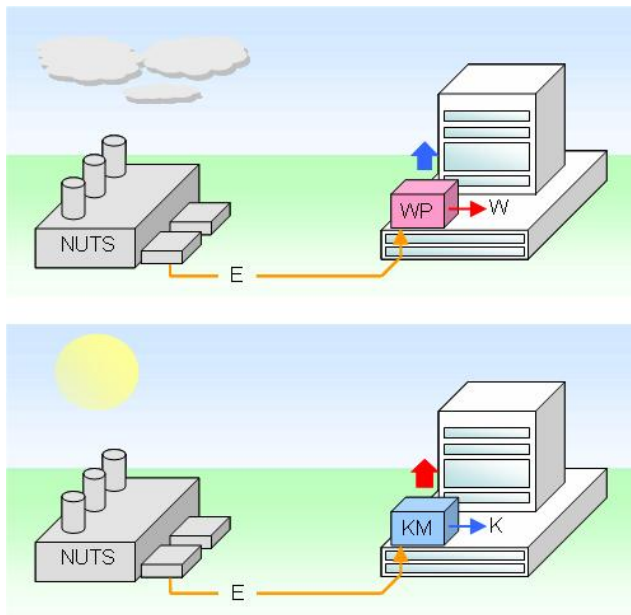
Omschrijving

Een luchtgekoelde compressiekoelmachine (KM) kan met een kleine aanpassing ook worden ingezet voor warmteopwekking. We spreken dan over een warmtepomp (WP) op buitenlucht.

's Winters wordt er door de condensor in de warmtepomp lage temperatuur warmte voor de klimaatinstallatie opgewekt. De koude die hierbij aan de verdamperzijde ontstaat wordt afgestaan aan de buitenlucht. Als aanvullende warmteopwekking kan een piekkelstel worden toegevoegd.

In de zomer werkt het principe precies andersom. Aan de verdamperzijde wordt dan koude opgewekt voor de klimaatinstallatie, terwijl de warmte aan de condensorzijde wordt afgestaan aan de buitenlucht.

Principe



Specifieke eigenschappen

- | | |
|---------------------|---------------|
| - Brandstof warmte: | elektriciteit |
| - Brandstof koude: | elektriciteit |
| - PER warmte: | 2,5 – 3,5 |
| - PER koude: | 3,0 – 4,5 |

Verlichting

Algemeen

In een kantoorgebouw is een voldoende kunstverlichting noodzakelijk om de werkzaamheden op een effectieve en gezonde manier uit te kunnen voeren. Hierbij kan een keuze worden gemaakt tussen TL-verlichting en LED-verlichting.



TL-armatuur – reflector T5



LED-armatuur – diffusor



LED-armatuur – LED + lens

Specifieke eigenschappen

De LED-armaturen onderscheiden zich vooral t.o.v. de TL-armaturen door hun langere levensduur en lager energieverbruik. Daarmee is ook de warmteontwikkeling in het vertrek m.b.v. LED-verlichting lager.

	TL-verlichting	LED-verlichting
- Energieverbruik:	7 – 9 W/m ²	5 – 6 W/m ²
- Levensduur:	ca. 30.000 uur	ca. 50.000 uur

Regeling verlichting

Voor de regeling van de verlichting worden van oudsher lokale verlichtingsschakelaars per ruimte opgenomen. Om verlichtingsenergie te besparen worden tegenwoordig de volgende regelingen toegepast:

- **Daglichtafhankelijke regeling**, waarbij de armaturen automatisch terugregelen als er voldoende daglicht aanwezig is.
- **Aanwezigheidsdetectie**, waarbij de verlichting automatisch uit gaat als er niemand aanwezig is.
- **Dimregeling**, waarbij de gebruiker het verlichtingsniveau zelf afstemt op de behoefte.
- **Veegpuls**, waarbij de (algemene) verlichting o.b.v. ingestelde kloktijden wordt in en uitgeschakeld.

PV-installatie

Algemeen

Om met gebouwen ook duurzame energie op te wekken, worden tegenwoordig vaak PV-panelen op het gebouw geplaatst. Met de PV-panelen wordt zonlicht omgezet in elektriciteit. Een standaard PV-installatie voor een kantoorgebouw bestaat uit de volgende hoofdonderdelen:

- PV-panelen met zonnecellen
- Omvormer
- Aansluiting op gebouwinstallatie

De PV-installatie vormt daarmee een onderdeel van de gebouwinstallatie.

PV-panelen

De meest gangbare zonnecellen voor PV-panelen zijn gemaakt van silicium. Hierbij worden de volgende uitvoeringsvormen aan PV-panelen onderscheiden:

	Monokristallijn	Polykristallijn	Amorf
- Vorm:	Paneel	Paneel	Folie
- Kleur:	Zwart egaal	Blauw versnipperd	Blauw egaal
- Opbrengst:	150 – 180 Wp/m ²	130 – 160 Wp/m ²	50 – 80 Wp/m ²

De werkelijke opbrengst is sterk afhankelijk van de positie op het gebouw t.o.v. de zon. De relatie tussen de oriëntatie en hellingshoek t.o.v. de jaarlijkse opbrengst is weergegeven in onderstaande tabel.

Dakhelling	Zuid		Zuid-oost/Zuid-west								Oost/ West		Noord-oost/Noord-west								Nrd	
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180			
0	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%		
10	93%	93%	93%	92%	92%	91%	90%	89%	88%	86%	85%	84%	83%	81%	81%	80%	79%	79%	79%	79%		
20	97%	97%	97%	96%	95%	93%	91%	89%	87%	85%	82%	80%	77%	75%	73%	71%	70%	70%	70%	70%		
30	100%	99%	99%	97%	96%	94%	91%	88%	85%	82%	79%	75%	72%	69%	66%	64%	62%	61%	61%	61%		
40	100%	99%	99%	97%	95%	93%	90%	86%	83%	79%	75%	71%	67%	63%	59%	56%	54%	52%	52%	52%		
50	98%	97%	96%	95%	93%	90%	87%	83%	79%	75%	70%	66%	61%	56%	52%	48%	45%	44%	43%	43%		
60	94%	93%	92%	91%	88%	85%	82%	78%	74%	70%	65%	60%	55%	50%	46%	41%	38%	36%	35%	35%		
70	88%	87%	86%	85%	82%	79%	76%	72%	68%	70%	58%	54%	49%	44%	39%	35%	32%	29%	28%	28%		
80	80%	79%	78%	77%	75%	72%	68%	65%	61%	56%	51%	47%	42%	37%	33%	29%	26%	24%	23%	23%		
90	69%	69%	69%	67%	65%	63%	60%	56%	53%	48%	44%	40%	35%	31%	27%	24%	21%	19%	18%	18%		

Omvormer

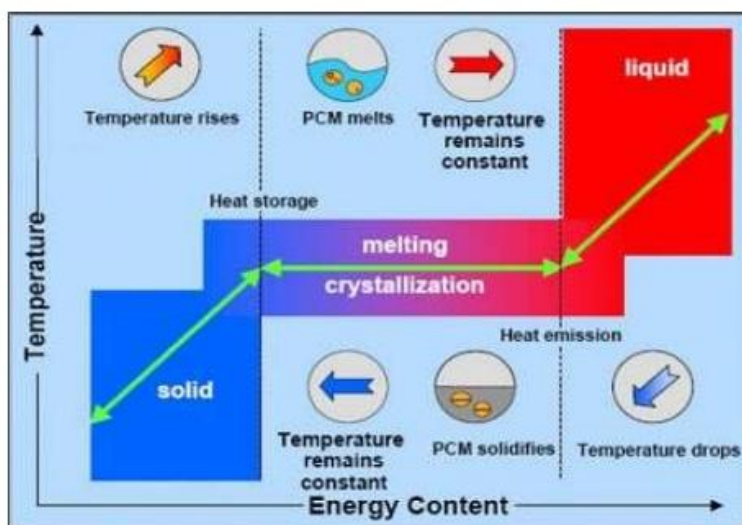
Om het energetische opwekkingspotentieel ook daadwerkelijk te benutten is een hoogwaardige omvormer van belang. Het is aan te raden om de omvormer uit te rusten met een koppeling op het gebouwbeheersysteem en/of energieregistratiesysteem om de prestatie van de PV-installatie goed te kunnen beheren.

PCM

Algemeen

PCM (Phase Change Materials) worden toegepast in gebouwen om warmte of koude te absorberen a.g.v. de faseovergang tussen een vaste en vloeibare stof. Door een PCM met een smeltpunt van circa 21°C toe te passen in een gebouw zal het materiaal:

- Warmte afstaan aan de ruimte als de binnentemperatuur onder de 21°C is, omdat het materiaal zal stollen;
- Warmte opnemen uit de ruimte als de binnentemperatuur boven de 21°C is, omdat het materiaal zal smelten.



Het toepassen van PCM heeft daarmee een enorm energiebesparingspotentieel voor het verwarmen en koelen van gebouwen.

Toepassing

Voor een succesvolle toepassing van PCM in gebouwen, moet de capaciteit van het materiaal altijd afgestemd zijn om de thermische balans in het gebouw. Het materiaal zal voldoende mogelijkheid moeten krijgen om zichzelf te herstellen. In kantoorgebouwen is het daarom niet altijd mogelijk om alleen met PCM binnen de gestelde klimaatkaders te blijven. Een mogelijke oplossing is het gebruik van hybride systemen, waarbij naast PCM ook een lokale klimaatinstallatie wordt aangebracht.

Om de toepassing van PCM in gebouwen te bevorderen heeft stichting ISSO in samenwerking met TVVL een ontwerprichtlijn opgezet. Als onderdeel van deze ontwerprichtlijn is een rekenkern ontwikkeld waarmee het gedrag van PCM op de juiste manier in een temperatuursimulatie kan worden verwerkt.

Informatiebronnen installatieconcepten

- Inventarisatie esthetische inpassing zonnepanelen
W/E adviseurs in opdracht van RVO.nl, juni 2015
- ISSO-publicatie 43
Concepten voor klimaatinstallaties
- ISSO-publicatie 111
Phase Change Materials (PCM)
- Handboek Installatietechniek
ISSO, 01 juli 2012

4. ONTWERPPRINCIPES INSTALLATIES

Thermische balans verwarming en koeling

Verwarming

Om te toetsen of de lokale klimaatinstallatie van een kantoorvertrek over voldoende verwarmingsvermogen beschikt wordt een warmteverliesberekening opgesteld.

Het warmteverlies in een vertrek wordt opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- **Transmissieverlies:** warmtestroom van binnen naar buiten door wanden en vloeren
- **Ventilatieverlies:** warmteverlies a.g.v. ingeblazen (koude) ventilatielucht
- **Infiltratieverlies:** warmteverlies a.g.v. infiltratie van buitenlucht door gevel
- **Opwarmtoeslag:** extra benodigd verwarmingsvermogen voor opwarming vertrek

Het verwarmingsvermogen dient voldoende groot te zijn om de som van bovengenoemde onderdelen te compenseren. Het warmteverlies wordt berekend met ISSO-publicatie 53 (vertrekhoogte < 4,0 m) of ISSO-publicatie 57 (vertrekhoogte ≥ 4,0 m). In de berekening wordt geen rekening gehouden met interne warmtebelasting.

Koeling

Om te toetsen of de lokale klimaatinstallatie van een kantoorvertrek over voldoende koelvermogen beschikt wordt een temperatuuroverschrijdingsberekening opgesteld.

De warmtebelasting in een vertrek wordt opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- **Zonbelasting:** warmtestroom van buiten naar binnen door wanden en vloeren
- **Transmissieverlies:** warmtestroom van buiten naar binnen door wanden en vloeren
- **Verlichting:** warmteafgifte van verlichtingsinstallatie aan het vertrek
- **Apparatuur:** warmteafgifte van gebruik/apparatuur aan het vertrek
- **Personen:** warmteafgifte van personen aan het vertrek

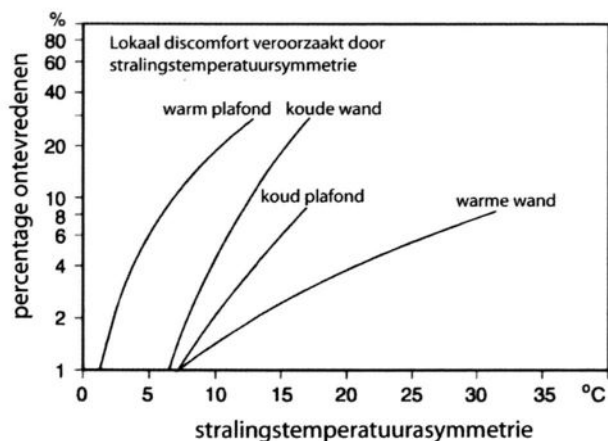
Het koelvermogen dient van de lokale installatie (ventilatie + lokale afgifte) dient voldoende groot te zijn om de temperatuur in het vertrek o.b.v. een referentiejaar binnen de gestelde eisen m.b.t. temperatuuroverschrijding te kunnen houden. De temperatuuroverschrijding wordt berekend met een simulatieberekening zoals Vabi Elements of Bink DYWAG. In de berekening wordt ook de warmteaccumulatie van de gebouwconstructie meegenomen. Als uitvoer van de berekening wordt de hoeveelheid overschrijdingsuren aangegeven.

Lokaal discomfort

Stralingsasymmetrie

Een verschil in stralingstemperatuur tussen binnen- en buitenwand of vloer en plafond kan als discomfortabel worden ervaren. Om dit discomfort te beperken worden vanuit de NPR-CR 1752 en de NEN-ISO 7730 eisen gesteld aan stralingsasymmetrie. Aan de hand van een maximale PPD-waarde kan de maximaal aanvaardbare stralingsasymmetrie worden afgeleid uit onderstaande tabel. Hierbij gelden de volgende eisen:

- Klasse A: $PPD \leq 5\%$
- Klasse B: $PPD \leq 5\%$
- Klasse C: $PPD \leq 10\%$

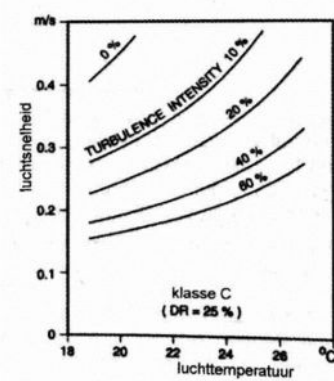
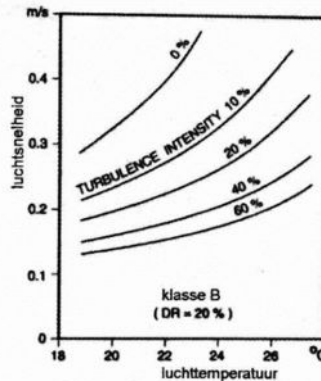
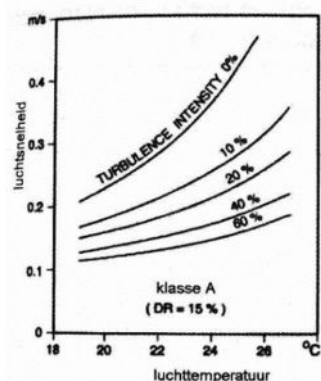


Tochtgraad

Een voelbare luchtbeweging in de leefzone kan als tocht worden ervaren. Om dit discomfort te beperken worden vanuit de NPR-CR 1752 en de NEN-ISO 7730 eisen gesteld aan de tochtgraad (draught rate). Naast de lucht die vanuit de ventilatie-installatie in beweging wordt gebracht zal er bij hoge gevels met veel warmteverlies (zoals hoge glasgevels) ook naar de zogenaamde 'koudeval' moeten worden gekeken. De voelbare luchtsnelheid kan worden voorspeld d.m.v. een CFD-berekening of een klimaatkameronderzoek.

Aan de tochtgraad worden de volgende eisen gesteld:

- Klasse A: $DR = 15\%$
- Klasse B: $DR = 20\%$
- Klasse C: $DR = 25\%$



Informatiebronnen ontwerpprincipes installaties

- Klimaatkameronderzoek 'Bouwkundige compensatie koudeval'
Mobius Consult, december 2004
- Artikel 'Transparantie & Facade'
Ir. T.L.J. den Boer, prof.ir. W. Zeiler, TVVL-magazine 5/2008
- NEN-ISO 7730:2005
Klimaatomstandigheden - Analytische bepaling en interpretatie van thermische behaaglijkheid door berekeningen van de PM V en PPD-waarden en lokale thermische behaaglijkheid
- NPR-CR 1752:1999
Ventilatie van gebouwen - Ontwerpcriteria voor de binnenomstandigheden
- ISSO-publicatie 35
Uitgangspunten temperatuursimulatieberekeningen
- ISSO-publicatie 53
Warmteverliesberekening voor utiliteitsgebouwen met vertrekhoogten tot 4 meter
- ISSO-publicatie 57
Warmteverliesberekening voor gebouwen met hoge ruimten

Glas [%]	Infiltratie lucht volumestroom bij energiebehoefte van 50 kWh/m ² per jaar (1e BENG eis)								
	Huidige ondergrens infiltratie lucht volumestroom	Forfaitaire infiltratie lucht volumestroom bij meerlaags kantoorgebouw	D.2b2 Warmteterugwinning 75 %	D.2b2 Warmteterugwinning 90 %	Decentrale ventilatie met warmteterugwinning 75 %	Decentrale ventilatie met warmteterugwinning 90 %	CO ₂ -sturing	5 W/m ² verlichting	Triple glas U = 1,0 W/m ² K
0%	0,100	0,420							
10%			1,125	1,270	1,570	1,710	1,333	1,170	1,350
20%			0,955	1,100	1,370	1,510	1,167	1,005	1,245
30%			0,770	0,920	1,150	1,295	0,985	0,830	1,135
40%			0,570	0,725	0,915	1,060	0,785	0,640	1,005
50%			0,350	0,510	0,655	0,805	0,570	0,430	0,850
60%			0,105	0,280	0,375	0,530	0,340	0,200	0,670
65%								0,080	0,560
70%				0,025	0,070	0,230	0,080		0,440
75%						0,070			0,310
80%									0,150
90%	0,100	0,420							

