



HANDBOEK KLIMAATPLAFONDS

VERSIE 1.0

*Good climate,
better performance!*

1	Ontwerpen van (metalen) klimaatplafonds	4
1.1	Principe schema	4
1.2	Berekeningen	5
1.3	Bepaling specifiek vermogen (P_{sp} in W/m^2) bij gegeven condities	5
1.4	Berekening van benodigd actief oppervlak (AA in m^2)	5
1.5	Berekening van benodigd specifiek vermogen (P_{sp})	5
1.6	Berekening drukverlies van klimaatplafond paneel	6
1.7	Bim model klimaatplafonds	6
1.8	Bepalen van het raster en de plafondspiegel	7
1.9	Ruimten, zones en velden	7
1.10	Bim model leidingwerk klimaatplafonds	7
2	Montage van klimaatplafonds	8
2.1	Plafondconstructie - Montage van het plafondraster	8
2.2	Overzichtstekening van een ruimte en materiaal specificatie plafond en leidingen	10
2.3	Leidingwerk - Algemene aanwijzingen voor montage	11
2.4	Materialen	11
2.5	Instructie voor het gebruik van koppelstukken	14
2.6	Montage	15
2.7	Montagetekening	16
2.8	Klimaatplafond - Algemene aanwijzingen voor montage	17
2.9	Materialen 1	17
2.10	Montage 1	17
2.11	Montage van metalen panelen	18
2.12	Montage van gipsplafond	18
2.13	Montagetekening 1	18
2.14	Controle - Afpersen	19
2.15	Materiaal	19
2.16	Aansluiten van een afpersset	19
2.17	Afpersen en rapporteren	20
2.18	Opsporen en verhelpen van lekkages	21
2.19	Controle van het klimaatplafond met infrarood camera	21
3	Productie van klimaatplafonds	22
3.1	Zagen en tapen van de registerprofielen	22
3.2	Buigen van de registers	23
3.3	Samenstellen van de registers	24
3.4	Activeren van de panelen	24
3.5	Verpakken van de panelen	24
3.6	Activeren met kunststof	25
4	Productie van verdeelleidingen	25
4.1	CV buis	25
4.2	Koperen buis geïsoleerd	26
4.3	Orifices	26

Bijlagen:

Bijlage 1: Gereedschappen montage(team)	27
Bijlage 2: Codes metalen klimaatplafond panelen	28
Bijlage 3: BIM family's metalen klimaatplafond panelen	29
Bijlage 4: Rapport afpersen klimaatplafond	31
Bijlage 5: Checklist vooroplevering metalen klimaatplafonds	32
Bijlage 6: Checklist vooroplevering stucwerk Klimaatplafonds.....	33
Bijlage 7: Historie van meet en test methoden	34

Dit handboek beschrijft de werkwijze en protocollen voor het ontwerpen, produceren en monteren van Klimaatplafonds door Solid Air Climate Ceilings. De nadruk ligt op metalen klimaatplafonds, echter, voor het overgrote deel is deze tekst integraal toepasbaar op gipsplafonds.

1 ONTWERPEN VAN (METALEN) KLIMAATPLAFONDS

1.1 Principe schema

Het ontwerpen van het klimaatplafond wordt uitgevoerd aan de hand van ISSO48, versie 2008. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de navolgende grafische symbolen:

	Keerklep		Vocht opnemer (RV)
	Afsluiters		Thermometer
	Inregelafsluiter met meetnippels		Drukverschil opnemer
	Tweewegregelafsluiter met servomotor		Drukverschil regelaar
	Driewegregelafsluiter met servomotor		Expansievoorziening
	Pomp		Warmtewisselaar koelend
	Toerengeregelde pomp		Warmtewisselaar verwarmend
	Temperatuuropnemer	CKW	Gekoeld water
	Thermostaat	CV	CV-water
	Temperatuurregelaar		Aanvoer
	Minimum temperatuur begrenzing en alarm		Retour
	Raamcontact/condensdetectie		Klimaatplafond of koelconvectoren
	Rekenfunctie		Koelbatterij
			Recirculatielucht
			Verse lucht

Het principe schema valt normaal gesproken buiten de scope van Solid Air Climate Ceilings.

1.2 Berekeningen

- Om tot een sluitend ontwerp te komen welke voor een optimaal comfort zorgdraagt dienen de juiste berekeningen te worden gemaakt. Het is daarbij van belang dat de juiste ontwerp criteria en gebruikers wensen bekend zijn.
- Wat zijn de uitgangspunten? Wordt er enkel via het plafond verwarmd en/of gekoeld, is er additionele verwarming via radiatoren of vloer, wordt er ook verwarmd en/of gekoeld via de mechanische ventilatie?
- Solid Air Climate Ceilings stapt over het algemeen in het project op het moment dat de benodigde koellast berekeningen zijn uitgevoerd en de netto koel en/of verwarmingsvermogens per ruimte bekend zijn. Deze berekeningen worden door de opdrachtgever ter beschikking gesteld.

1.3 Bepaling specifiek vermogen (P_{sp} in W/m^2) bij gegeven condities

Aan de hand van de door de opdrachtgever gestelde randvoorwaarden kan Solid Air Climate Ceilings P_{sp} bepalen. Hiertoe dient de opdrachtgever de volgende gegevens te verstrekken, voor zowel de zomer (koelen) als de winter (verwarmen) situatie:

T_{win} : Watertemperatuur toevoer.

T_{wuit} : Watertemperatuur retour.

T_{ruimte} : Temperatuur van de ruimte (voor koelen/verwarmen).

- Indien enkel wordt gekoeld of verwarmt, hoeft uiteraard enkel de toegepaste situatie te worden opgegeven.
- Met behulp van ons rekenprogramma wordt afhankelijk van het gekozen leidingmateriaal (kunststof of koper) en de circuit afstand het koel- en verwarmingsvermogen per m^2 bepaald.
- Voor de berekening van het specifiek vermogen van een paneel wordt enkel het rechte deel van de circuitleiding gebruikt aangezien alleen deze middels insluitingsprofielen in contact staat met het paneel zelf.

1.4 Berekening van benodigd actief oppervlak (A_a in m^2)

Op basis van de verstrekte gegevens kan Solid Air Climate Ceilings het benodigde actieve plafondoppervlak (A_a) vaststellen. A_a wordt bepaald door het grootste benodigde oppervlak voor koeling en verwarming en het specifieke netto koel en verwarmingsvermogen (P_{sp}) bij specifieke condities van het gekozen type klimaatplafond.

Voorbeeld:

Gevraagd koelvermogen P_k : 6147 Watt (zomer)

Gevraagd verwarmingsvermogen P_v : 3633 Watt (winter)

P_{sp} koelen: 85 W/m^2

P_{sp} verwarmen: 160 W/m^2

Plafondoppervlak: 125 m^2

- Het benodigde actieve oppervlak A_a wordt dan: **$A_a = \max. (6147/85, 3633/160) = \max. (72,3, 22,7) = 72,3 m^2$**
- Met het actieve oppervlak en de totale oppervlakte (A in m^2) van het plafond kan vervolgens de beleggingsgraad worden bepaald: **$Beleggingsgraad A \% = (A_a/A) \cdot 100 = (72,3/125) \cdot 100 = 58 \%$**
- Voor overige plafond installaties en pasplaten blijft $125 - 72,3 = 52,7 m^2$ beschikbaar.
- Over het algemeen ligt de maximale beleggingsgraad rond 70 %. Hoe hoger de beleggingsgraad, hoe gelijkmatiger de verdeling van de stralingswarmte.

1.5 Berekening van benodigd specifiek vermogen (P_{sp})

Uiteraard kan ook het benodigde specifiek vermogen worden bepaald aan de hand van het plafondoppervlak en de gewenste beleggingsgraad. Uitgaande van de uitgangspunten van het vorige voor-beeld en een gewenst beleggingspercentage van 70 % zijn de berekeningen dan als volgt:

$$P_{sp} \text{ koelen} = P_k / (A \% \cdot A) = 6147 / (0,7 \cdot 125) = 6147 / 87,5 = 70,25 W/m^2$$

$$P_{sp} \text{ verwarmen} = P_v / (A \% \cdot A) = 3633 / (0,7 \cdot 125) = 3633 / 87,5 = 41,52 W/m^2$$

Aan de hand van de berekende specifieke vermogens kan vervolgens het type klimaatplafond worden bepaald.

1.6 Berekening drukverlies van klimaatplafond paneel

De maat van een klimaatplafond paneel is afhankelijk van verschillende factoren, waaronder het gekozen leidingmateriaal, de circuitafstand, het aantal “benen” van het circuit, maar ook welke andere installaties in het plafond worden opgenomen en het bandraster dat wordt gebruikt.

De breedte en lengte van een paneel bepalen mede de lengte van het gehele circuit en daarmee het waterzijdige drukverlies van het paneel.

Cw (mm): Afstand tussen twee benen van het circuit.

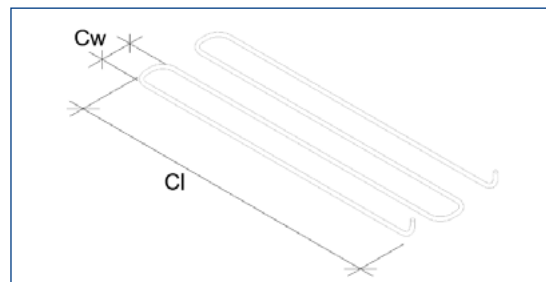
Cl (mm): Lengte van de circuit benen.

Ca: Aantal benen in het circuit.

Cu (mm): Uitlooptengete aansluiting van circuit.

Bn: Aantal bochten.

Br (mm): Radius van de bocht.



De lengte van het circuit wordt berekend als:

$$L = ((C_l - (2 * B_r)) * C_a + (C_w - (2 * B_r)) * (C_a - 1) + ((B_r * 3.14) / 4) * B_n + 2 * C_u) / 1000 \text{ (mtr)}$$

Met behulp van ons rekenprogramma wordt vervolgens het drukverlies per paneel berekend. Ook laat het programma zien hoeveel panelen in serie geschakeld kunnen worden (veld) zonder een opgegeven maximaal drukverlies te overschrijden, en waar orifices dienen te worden toegevoegd. Daarbij wordt rekening gehouden met flexibele slang en kniestukken om de panelen onderling te verbinden.

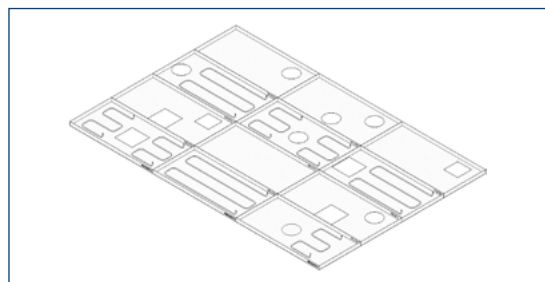
1.7 Bim model klimaatplafonds

Wanneer met een BIM-model in Revit wordt gewerkt worden de werktekeningen voor de klimaatplafonds daar ook in gemaakt. Hierdoor ontstaat een gecoördineerd werkmodel waar alle specifieke elementen van het ontwerp realistisch in worden weergegeven. Solid Air Climate Ceilings heeft daartoe zijn producten in een BIM-bibliotheek opgenomen, waarbij ook de voorzieningen voor installaties van de andere disciplines in kunnen worden weergegeven. Denk hierbij bijvoorbeeld aan sparingen ten behoeve van verlichting, sprinkler, luidsprekers, etc.

De klimaatplafonds, zowel actief als passief, zijn opgenomen in categorie ME (mechanical equipment), assembly code 56.10. Vanuit Revit kunnen de plafonds ook worden geëxporteerd naar IFC. Voorbeelden van elementen vindt u hieronder:

Dit voorbeeld geeft niet alle varianten weer. De modellen zijn in hoge mate configureerbaar, maar waar een project het noodzakelijk maakt kunnen ook speciale versies worden toegevoegd.

Op en in de panelen kunnen vervolgens de ventilatie roosters en/of overige installaties worden geprojecteerd.



Het grote voordeel van het werken met een BIM model en de family's die wij hebben gemaakt is dat we hierdoor een hoge mate van kwantificeerbaarheid verkrijgen en een goede link kunnen bewerkstelligen tussen ontwerp, productie en montage. Daarom is werken vanuit een BIM-model is de door ons geprefereerde methode.

Wanneer het wenselijk is om ook een Autocad DWG tekening aan de projectbescheiden toe te voegen kunnen wij uiteraard een export vanuit Revit verzorgen.

Het modelleren van het Klimaatplafond BIM model in Revit wordt in een aparte werkomschrijving behandeld.

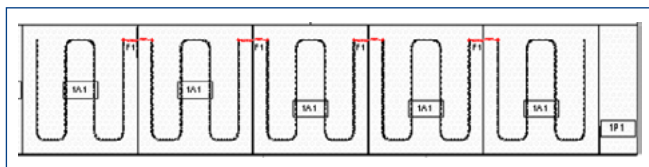
1.8 Bepalen van het raster en de plafondspegel

De eerste stap in het ontwerp van het klimaatplafond is de bepaling van het type raster en de raster maat. Hierin is het van belang goed af te spreken hoe overgangen van ruimten naar gangen worden gemaakt, zeker indien door glazen deuren en/of wanden doorlopende zichtlijnen ontstaan. Voor het klimaatplafond zelf is de beste uitgangspositie om vanuit het hart van de ruimte te starten. Dit geeft een symmetrisch plafond in de ruimte en daarmee de beste verdeling. Bij aansluitende ruimten van verschillende maten en vormen, kan dit echter conflicten met de gangzone veroorzaken. Pas nadat het raster bepaald en goedgekeurd is worden de klimaatplafond panelen in het model geplaatst en verbonden.

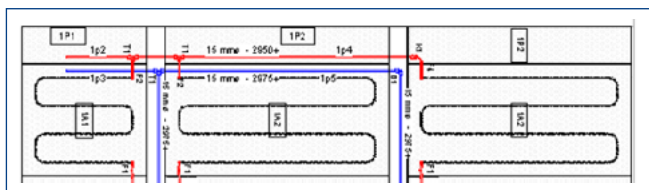
1.9 Ruimten, zones en velden

Afhankelijk van de grootte van de ruimte(n) wordt een plafond opgedeeld in Zones en Velden.

Veld: Een veld is een reeks plafondpanelen die onderling in serie aan elkaar zijn verbonden.



Zone: Een zone is een groep van velden die allen via een verdeelleiding op een met een zoneklep geregelde hoofdleiding van de installateur aansluit.



1.10 Bim model leidingwerk klimaatplafonds

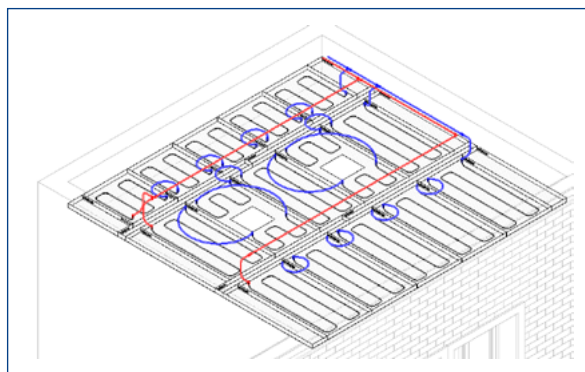
Behalve de plafondpanelen verzorgt Solid Air Climate Ceilings ook voor het ontwerp en de montage van het leidingwerk vanaf de regelaar buiten de ruimte tot aan de plafondpanelen. Ook dit wordt in het BIM model verwerkt en ook deze montagetekeningen worden in Revit uitgevoerd.

Hierbij wordt gebruik gemaakt van de modellen die onze toeleveranciers ter beschikking stellen indien deze beschikbaar zijn, of de generieke modellen van Autodesk zelf wanneer deze niet beschikbaar zijn. Het koppelen van het leidingwerk naar de klimaatplafonds wordt standaard uitgevoerd met John Guest Speedfit.

Het leidingwerk zelf wordt of met 15 mm stalen CV-buis uitgevoerd, of met kunststof leidingwerk van John Guest. Het eerste heeft de voorkeur aangezien hiermee een strak geheel ontstaat en de maximale beugel afstand langer is. Solid Air Climate Ceilings sluit aan op de hoofdleiding van de installateur, na het regelventiel. Daar dient bij voorkeur een recht stuk gladde buis tot in de ruimte te zijn voorzien. Achter het regelventiel kan maximaal een klimaatplafond groep van 25 m² worden aangesloten. De maximale lengte van het verdeel leidingwerk naar de klimaatplafonds bedraagt 3,6 meter. Voor langere aansluit leidingen worden in overleg meerkosten in rekening gebracht.

Een voorbeeld van het BIM model van een klimaatplafond met leidingwerk ziet u hiernaast:

Het maken van het leidingwerk BIM model wordt door ons uitgevoerd in standaard Revit MEP en sluit aan op het model van de installateur.



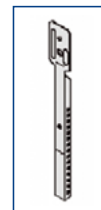
2 MONTAGE VAN KLIMAATPLAFONDS

2.1 Plafondconstructie - Montage van het plafondraster

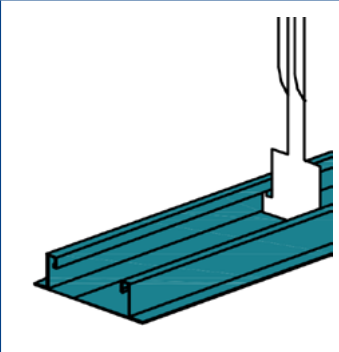
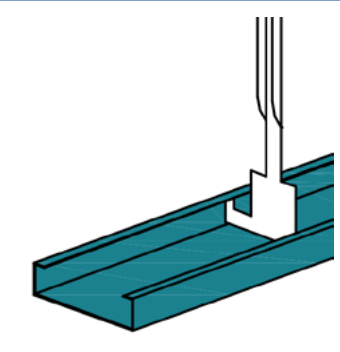
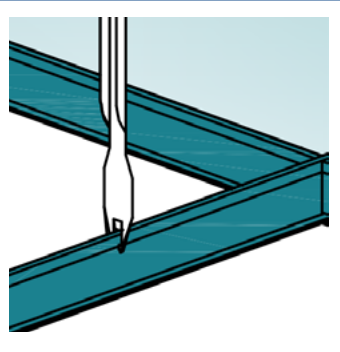
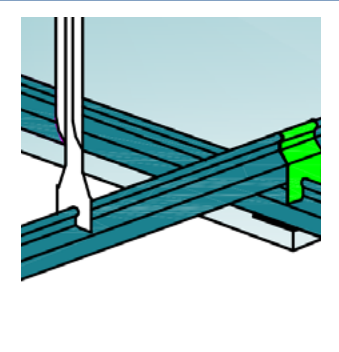
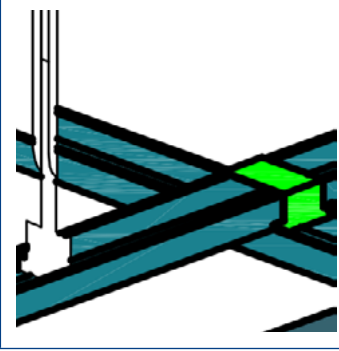
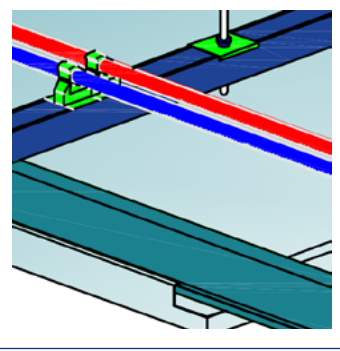
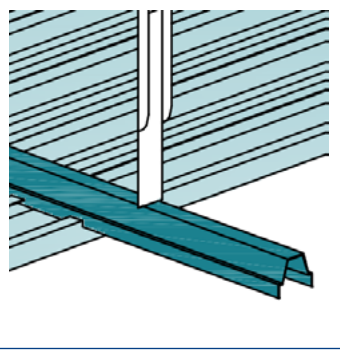
Het eerste dat wordt gemonteerd is het plafondraster. De montage hangt sterk af van het toegepaste bandraster systeem en de leverancier daarvan. De verschillende typen bandrasters hebben allen zijn voor en nadelen. De inlegrasters (D-bandraster en T-ligger bandraster) hebben de snelste en eenvoudigste montage voor de panelen. Het nadeel is echter dat het paneel op het raster ligt en er daardoor nooit een strak en vlak plafond ontstaat.

Het C-bandraster, de klemcassette en het haakprofiel geven juist een strak en vlak plafond. De montage van de panelen is echter weer bewerklijker waardoor de kosten van deze systemen weer hoger zijn.

Over het algemeen wordt in de basis het Nonius bovendeel toepast met daaraan het onderdeel dat geschikt is voor het toegepaste bandraster. Het boven- en onder- deel worden middels twee aluminium buigspijkers met elkaar verbonden.



Voorbeelden van verschillende bandrasters:

D-bandraster	C-bandraster	T-ligger bandraster	Klemcassette systeem
			
GKP-systeem	Haakprofiel	Lamellen	
			

De montage van het bandraster is afhankelijk van het type bandraster en wordt in dit handboek niet verder uitgebreid behandeld. Daarnaast dient het voorschrift van de leverancier nauwkeurig te worden gevolgd.

De werkmethode voor montage van een bandraster in het kort is als volgt:

- Vanaf het meterpijl wordt de plafondhoogte **+5 mm** uitgemeten en op een wand geplaatst.
- De horizontale laser in de ruimte plaatsen en op de afgeschreven hoogte instellen.
- Als de laser duidelijk leesbaar is, is dit de hoogte voor de montage van de kantlatten.
- Onderkant kantlatten = laserlijn.
- De kantlatten moeten iedere 50 cm aan de wand worden bevestigd.
- Met zelfborende schroeven van 4,2 x 13 mm worden de hoeklijnen aan de reeds aangebrachte kantlatten gemonteerd. Schroefafstand: 30 cm.
- De startmaat van het plafond staat op de montagetekening aangegeven. Meestal is dit het hart van de ruimte. Dit is de hartlijn van het plafond. Met deze hartlijn wordt met een kruislaser een lijn exact haaks op de muur (gevel) bepaald. Deze lijn wordt op de vloer gemarkeerd.
- Met een smetkoord worden de markeringsstreepjes op de vloer verbonden tot een duidelijke hartlijn
- Vanaf deze hartlijn worden de hartmaten van het bandraster op de vloer gemarkeerd.
- Met behulp van de laser worden de hartlijnen van het bandraster op het dek geprojecteerd zodat exact bekend is waar de ophangingen moeten worden gemonteerd.
- Het eerste ophangpunt komt op 40 cm uit de hoeklijn, de volgende iedere 100 cm.
- Vervolgens worden 8 mm gaten in het dek geboord waar met een inslagtool Hilti HKD slagpluggen worden geplaatst. Met M6 zeskantbouten worden de Nonius bovendelen bevestigd.
- De Nonius onderdelen worden vervolgens eerst in/aan het bandraster gemonteerd.
- Aan één einde van het bandraster wordt vooraf een wandbeugel gemonteerd. Deze is bedoeld om het bandraster aan het kanthout te bevestigen.
- Aan het andere einde wordt een lengtekoppeling geplaatst met eventueel buiglippen om open staan van naden te voorkomen.
- Het boven- en onderdeel worden middels een aluminium buigspijker aan elkaar gekoppeld. Let op: de spijker wordt pas volledig gebogen als het bandraster exact aan de laserstraal hangt!
- Het laatste bandraster moet worden ingemeten en afgeslepen, op zodanige wijze dat het voldoende op de hoeklijn ligt.
- Als alle bandrasters zijn gemonteerd worden de beugels voor de verdeelleiding gemonteerd. Ook deze worden met een buigspijker aan de Nonius bevestigd.

Voor de montage van een gipsklimaatplafond is de werkmethode voor een groot deel gelijk, met dien verstande dan er een draag- en een onderconstructie is. De draagconstructie wordt opgebouwd uit 27/60 profielen, welke met Noniushangers om de 1.000 mm (hart op hart) aan het betonnen dek worden bevestigd met de HKD Hilti pluggen.

Deze constructie wordt met laserapparatuur waterpas afgehangen.

Tegen bouwkundige elementen (wanden, koven, muren) wordt een metalen U-profiel van 30 x 30 geschroefd. Deze profielen zijn onderdeel van de hoofdconstructie.

Onder deze draagconstructie wordt iedere 40 cm een 27/60 profiel middels kruisverbinders bevestigd. Dit gebeurt volgens de constructie tekening. Waar componenten van derden in het plafond dienen te worden geplaatst wordt de onderconstructie onderbroken. Aan deze onderconstructie worden uiteindelijk de gipspanelen geschroefd.

2.3 Leidingwerk - Algemene aanwijzingen voor montage

Het leidingwerk dient zodanig te worden gemonteerd dat een probleemloze werking van het klimaatplafond kan worden gegarandeerd. Leidingen dienen strak en verzorgd te worden gemonteerd, zonder vreemde bochten en zo veel mogelijk waterpas. Het leidingwerk is het eerste visite kaartje dat wij afgeven. Wanneer wij dit met zorg en precisie uitvoeren maken we een goede start op het werk. Daarmee laten we zien serieus met ons werk bezig te zijn en een kwalitatief goed product af te leveren.

Koppelingen met draadverbinding dienen met zorg te worden aangedraaid en voorzien van afdichtingsmiddel (Loctite 570 of teflontape). In principe komt dit niet voor. De installateur dient na zijn regelventiel een recht stuk gladde buis te monteren waar wij middels een flexibele verbinding onze verdeelleidingen op aan sluiten.

Na montage van een leidingdeel dient dit te worden afgeperst om lekkages achteraf te voorkomen.

Om ontluuchtingsproblemen te voorkomen dient het retour leidingwerk altijd hoger te worden gemonteerd als het leidingwerk voor de toevoer.

De ophanging van het leidingwerk wordt geïntegreerd met de ophanging van de plafondconstructie aan de Nonius hangers, middels dragers die wij hebben ontworpen. De leiding wordt met een tie-rip aan de beugel bevestigd. Het hoogteverschil voor de toevoer en retourleiding is direct in de beugel voorzien.

Verstreckte tekeningen dienen nauwkeurig te worden gevolgd. Bij afwijkingen dient men contact op te nemen met de projectleider.

Afwijkingen dienen goed te worden gedocumenteerd op tekening, liefst voorzien van foto's, en een duidelijke beschrijving van de reden dat de afwijking heeft plaatsgevonden.

2.4 Materialen

Het toe te passen leidingmateriaal is over het algemeen dunwandig 15 mm CV-pijp of, in geval dat kunststof leidingen worden toegepast, John Guest Speedfit, BPEX. De witte kunststofleiding bestaat uit 3 lagen: kunststof-aluminium-kunststof. In specifieke gevallen kan ook dunwandig koper worden toegepast.

Voor de koppeling gebruiken we de kunststof John Guest Speedfit PEM klemkoppelingen. Deze combineren een gegarandeerde lekdichte verbinding met het gemak van een snelle klemkoppeling.



De aansluiting tussen het leidingwerk van de installateur en de verdeelleiding van het klimaatplafond maken wij met een flexibele slang.



De aansluitpunten worden voorzien van snelkoppelingen waar de flexibele aansluitslangen voor de panelen in kunnen worden gestoken om deze aan te sluiten.



Voor de onderlinge verbindingen van de klimaatplafonds met koperen activering binnen een groep worden ook flexibele slangen gebruikt.



Let op dat voor de montage van de flexibele slang de volgende voorwaarden gelden:

- De slang dient spanningsvrij te worden gemonteerd. Deze mag dus niet strak staan.
- De minimale bochtradius van de slang, type EDE is 5x de buitendiameter (standaard).
- De minimale bochtradius van de slang, type HKE is 3x de buitendiameter.

Standaard maken wij gebruik van Eurotek EDE flexibele slangen. De slang is leverbaar in lengten van 100 mm tot 3 m, in stappen van 100 mm en wordt geleverd met aan beide uiteinden een koppelstuk geperst. De maximale werkdruk van de slang met aangeperste koppelingen is 16 bar.

Om montage en demontage (bijvoorbeeld voor onderhoud) mogelijk te maken dient een overlengte van 300 - 400 mm te worden aangehouden. De door ons gebruikte standaardlengten zijn 600, 800, 1.200, 1.500, 1.800, 2.100, 2.400 en 2.700 mm.

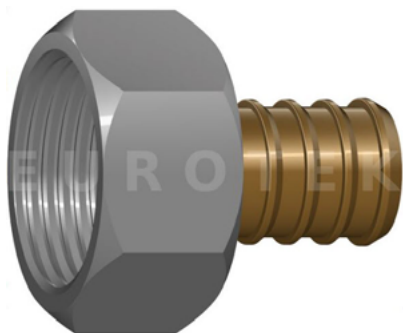
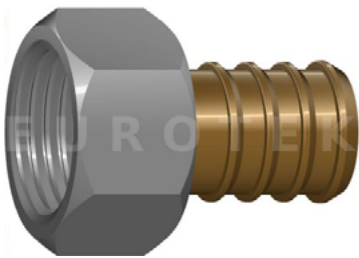
De beide uiteinden van de slang zijn configureerbaar.

Wij gebruiken de volgende koppelstukken:

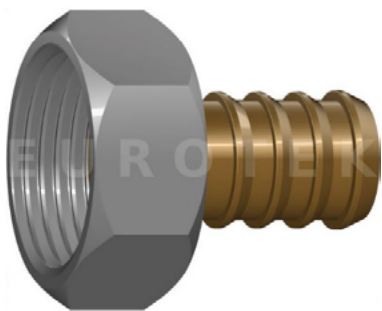
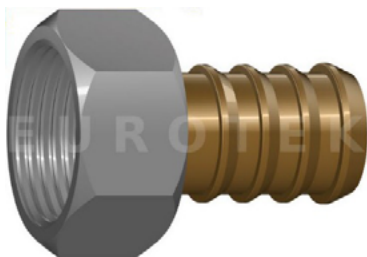
Slang EDE, NEN 10 mm (inwendig 9,5 mm, uitwendig 14 mm): Aansluiting plafond panelen.

C-RV 8 x 10	RE 15 x 10	RV 8 x 10
		

Voor de aansluiting van de verdeelleiding naar het plafond veld wordt een RE15 x 10 en een C-RV8 x 10 gebuikt. Er wordt altijd een knie op de plafondplaat aangesloten zodat bij montage en demontage de verbinding “om de as” kan draaien. Slang EDE, NEN 16 mm (inwendig 15,5, uitwendig 20 mm: Aansluiting verdeelleiding op hoofdleiding).

UMF ¾" x 16	UMF ½" x 16	RE 15 x 16
		

Slang EDE, NEN 19 mm (inwendig 18,5, uitwendig 26 mm: Aansluiting verdeelleiding op hoofdleiding).

UMF 1" x 19	UMF ¾" x 19	RE 22 x 19
		

In onderhavige gevallen zijn andere combinaties ook mogelijk.

Wanneer er kunststof activering in het plafond wordt toegepast, wordt de activering van overlengte voorzien en worden deze middels een enkele klemkoppeling aan elkaar verbonden. Op de montagetekeningen zijn alle onderdelen van een code voorzien zodat de benodigde materialen eenvoudig kunnen worden herkend en verzameld. Deze coderingen zijn eenduidig en gelijk voor alle plaatsen waar een element voor komt.

In het geval dat de verdeelleidingen van dunwandig cv-pijp of koper worden gemaakt, worden deze op lengte aangeleverd en gecodeerd op tekening. De maximale lengte van een leidingstuk bedraagt drie meter. De stalen CV-buis of geïsoleerde koperen buis voor de verdeelleidingen worden gebundeld per ruimte of groep op maat aangeleverd en voorzien van een sticker met code zodat duidelijk is waar deze moet worden toegepast.

De codering voor buis wordt opgebouwd (indien van toepassing):

Bouwdeel-Verdieping-Ruimte-Groep-Code (code begint met kleine letter "p")

Voorbeeld: A-0-1.1-G1-p1

Voor de (vaste) regeling tussen verschillende velden op één (hoofd)verdeelleiding wordt gebruik gemaakt van Orifices. Deze worden in de John Guest speedfit koppeling geplaatst voor de aansluiting naar het eerste klimaatplafond paneel. De Orifices worden berekend aan de hand van de weerstand in de groepen en zorgen voor een goede verdeling van het beschikbare vermogen over de verschillende velden. De Orifices worden in onze fabriek geboord en gecodeerd zodat duidelijk is welke waar dient te worden geplaatst. De code wordt typisch gevormd door de letter O gevolgd door een kleine letter en/of een cijfer.

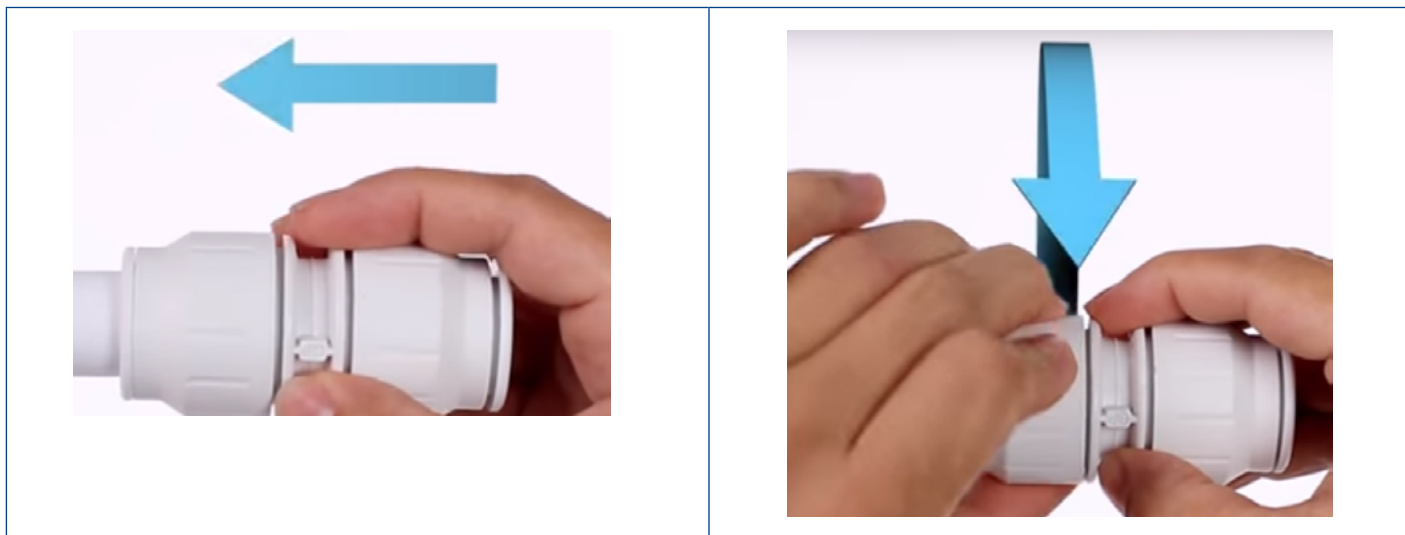


Het gat dat geboord wordt varieert van 1 tot 3 mm, in stappen van 0,1 mm.

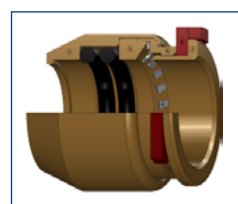
De orifices worden in een John Guest klemkoppeling geplaatst, tussen verdeelleiding en de aansluitslang naar het eerste paneel naar een veld.

2.5 Instructie voor het gebruik van koppelstukken

Om lekkages te voorkomen is het van groot belang om koppelstukken correct en volgens instructie van de leverancier te monteren. De John Guest Speedfit PEM koppelingen zijn eenvoudig in gebruik. Druk de buis in de koppeling, tot deze niet verder kan. De buis is dan de afdichtingsring gepasseerd en door het aandraaien van de buitenring word een waterdichte en vaste verbinding gemaakt. Door de buitenste ring los te draaien is de koppeling weer te verwijderen.



De Eurotek flexibele slangen met snelkoppeling worden geleverd met een borgveer. Voor de montage van de slang verwijder je de borgveer en druk je de buis vervolgens in de koppeling zover als deze kan. De buis heeft dan de afdichtingsringen gepasseerd en de waterdichte verbinding is tot stand gebracht. Plaats tenslotte de borgveer terug.



Overigens is ook zonder de borgveer de verbinding waterdicht. Demontage kan enkel plaatsvinden door de borgveer te verwijderen en de geleidings ring naar binnen te drukken.

2.6 Montage

Een slordig en verformfaaid gemonteerd leidingstelsel is het eerste wat opvalt. Wanneer leidingen echter strak en netjes zijn gemonteerd geeft dat direct een positief gevoel van kwaliteit. Er is dan duidelijk zorg besteed aan de uitvoering. Dat is wat wij bij Solid Air Climate Ceilings ook graag willen uitstralen.

Leidingen dienen goed te worden gebeugeld. Voor verschillende materialen kunnen verschillende beugelafstanden (Ba) gelden. Ook gelden regels voor de radius van bochten die in het leidingwerk worden aangebracht (Br). In het algemeen geldt dat aan direct na een bocht een beugel moet worden gemonteerd om doorzakken en vervormen te voorkomen. John Guest BPEX-buis mag door middel van ophangbeugels in een flauwe bocht worden gemonteerd. Daarnaast kan de buis met een standaard buigtang voor koperen buis worden gebogen. Voor bochten met een kleinere buigradius dient een kniefitting te worden toegepast.

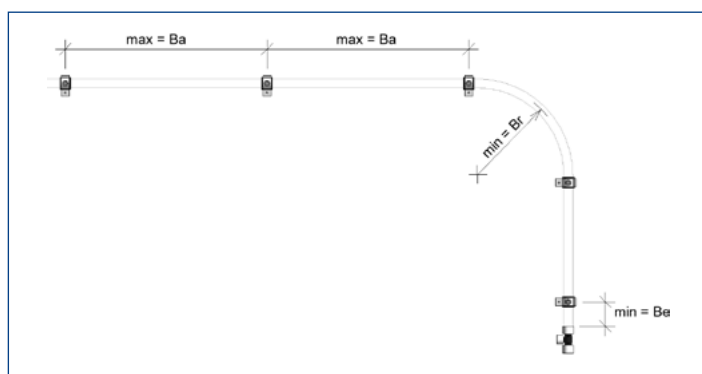
Buisdiameter	Beugelafstand (Ba)	Buigradius (Br) (beugels)	Buigradius (Br) (buigtang)
15 mm	0,30 m	175 mm	75 mm
22 mm	0,50 m	225 mm	110 mm
28 mm	0,80 m	300 mm	n.v.t.

De zeer korte beugelafstanden komen voort uit het feit dat het leidingwerk anders gaat doorhangen. Hoewel dat technisch geen problemen oplevert, is dat veelal aanleiding voor opmerkingen van de installateur of opdrachtgever. Doordat er een zeer groot aantal ophangingen noodzakelijk is, wordt de montage een stuk duurder. Daardoor is prijstechnisch het verschil tussen het toepassen van kunststof leidingen en stalen CV-buis verwaarloosbaar. Om die reden gaat onze voorkeur dan ook uit naar het toepassen van leidingwerk van dunwandig CV-staal.

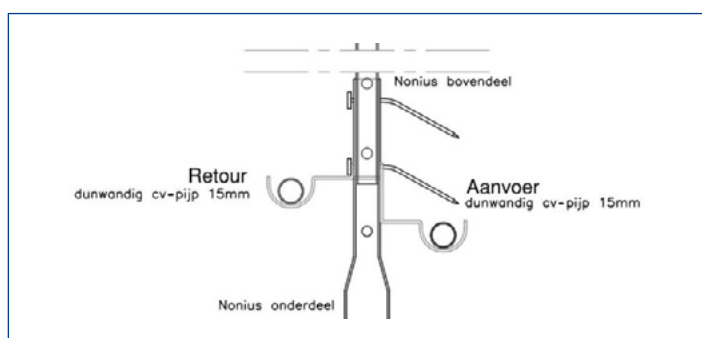
Voor CV-buis en koper geldt dat er enkel gebogen mag worden met een buigtang.

Buisdiameter	Beugelafstand (Ba)
15 mm	1,25 m
22 mm	2,00 m
28 mm	2,25 m

Een ophanging voor een koppelstuk dient minimaal 60 mm (Be) vanaf de koppeling te zijn gemaakt om goede montage van het koppelstuk mogelijk te maken en problemen bij uitzetting te voorkomen.

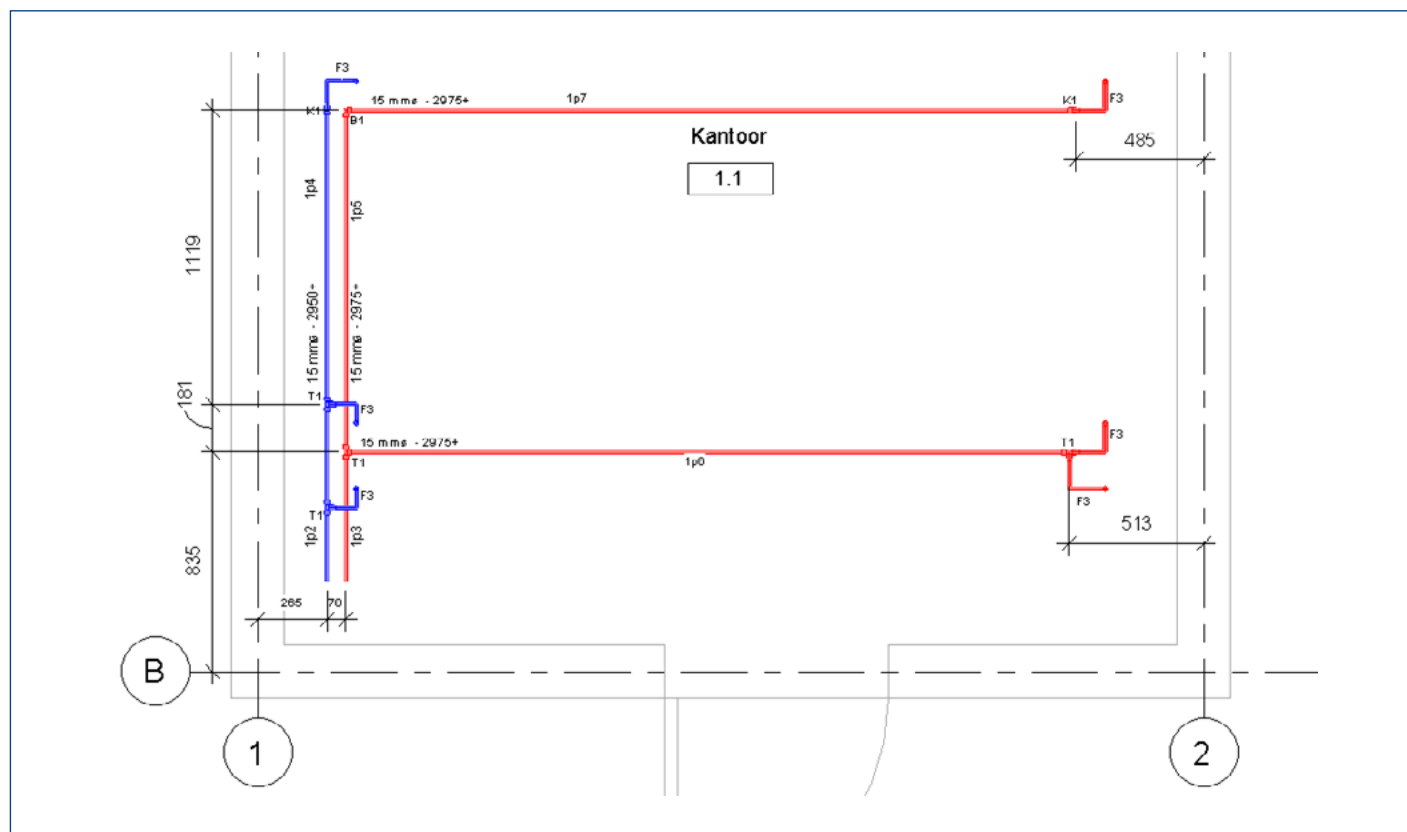


Normaal worden leidingen door middel van onze leidingbeugels aan de Nonius hangers van de plafondconstructie gemonteerd. Daarbij worden de beugelafstanden van de kunststofleidingen over het algemeen niet gehaald. Gevolg is dat leidingen gaan doorhangen. Dit is één van de redenen dat leidingwerk van CV-buis onze voorkeur heeft. Bij montage van het leidingwerk dienen plotselinge hoogteverschillen te worden vermeden.



2.7 Montagetekening

Voor de montage van het leidingwerk wordt een aparte montagetekening gemaakt. Deze bevat enkel de toevoer hoofdleidingen vanaf het aansluitpunt op het leidingwerk van de installateur, tot de eerste aansluitpunten van in serie gemonteerde panelen, en de retour hoofdleidingen vanaf de laatste in serie gemonteerde panelen tot op het leidingwerk van de installateur.



De flexibele verbindingen die straks op klimaatplafonds aansluiten kunnen in deze fase reeds aan de toe- en afvoerleidingen worden gemonteerd.

2.8 Klimaatplafond - Algemene aanwijzingen voor montage

Bij het plaatsen van de plafondpanelen dient grote zorg te worden betracht. Alles wat in deze fase gebeurt is zichtwerk, elke schade aan een paneel is zichtbaar. Daarom worden altijd witte plafondhandschoenen gedragen tijdens het plaatsen van de panelen. Dit beschermt de panelen tegen vlekken die via de handen zouden kunnen worden overgedragen. Bij het aansluiten van de slangen is het belangrijk de bij “leidingwerk” genoemde aanwijzingen op te volgen. Let er daarbij ook op dat een slang niet knikt of vervormd. Een geknikte slang mag niet worden gebruikt!

2.9 Materialen

Ook de plafondpanelen worden gecodeerd en per ruimte of groep aangeleverd. De codering op de sticker volgt hetzelfde principe als voor de buis, echter wordt de eindcode voor panelen over het gehele project gelijk gehouden.

De codering voor een paneel wordt opgebouwd (indien van toepassing):

Bouwdeel-Verdieping-Ruimte-Groep-Code.

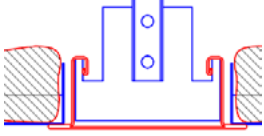
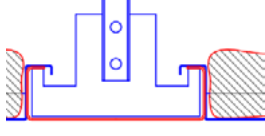
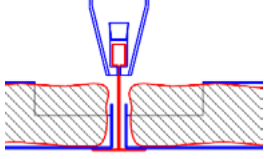
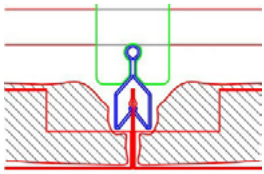
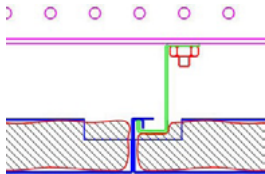
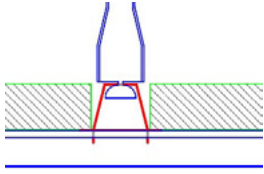
- Een Actief paneel krijgt als start letter: A.
- Een Passief paneel krijgt als start letter: P.

Na de startletter kan zowel gebruik gemaakt worden van cijfers als kleine letters.

Voorbeeld: A-0-1.1-G1-A1x

2.10 Montage

De montage van de plafond panelen is mede afhankelijk van het gekozen bandraster.

		
Bij het D-bandraster worden de panelen in het bandraster gelegd. Naddeel: er kunnen kieren ontstaan tussen raster en paneel, met name wanneer ook dwarsliggers worden toegepast.	Bij het C-bandraster worden de panelen in de bovenzijde van het bandraster gehaakt.	Bij het T-ligger bandraster worden de panelen net als bij het D-bandraster in het bandraster gelegd hier kunnen kieren ontstaan tussen raster en paneel. Ook bij de panelen op het hoeklijn ontstaan kieren.
		
Bij het klemcassette systeem is sprake van een onder- en een boven-systeem. De panelen worden middels klemmen aan het ondersysteem bevestigd.	Ook bij het haakprofiel is sprake van een bovenconstructie. Deze bovenconstructie bestaat uit U-profiel (30 x 30 x 1,5) waaraan haken worden bevestigd. In deze haken worden de profielen gehangen.	Bij een lamellen plafond worden de profielen aan een hoofdligger gemonteerd die vervolgens aan de Nonius delen wordt bevestigd.

Tenslotte is er nog het GKP systeem. Dit is een gips plafond met geïntegreerde koel/verwarmings leidingen. Montage van de gipsplaten gebeurt op dezelfde wijze als bij een “normaal” gipsplafond.

2.11 Montage van metalen panelen

De montage van de metalen panelen start vanuit het startpunt die op de montagetekening is aangegeven. Over het algemeen wordt geëindigd met een pasplaat die ter plaatse wordt ingemeten en met een haakse slijper op maat wordt geslepen.

Let op: zorg voor voldoende oplegging op het hoekprofiel: ten minste 8 mm!

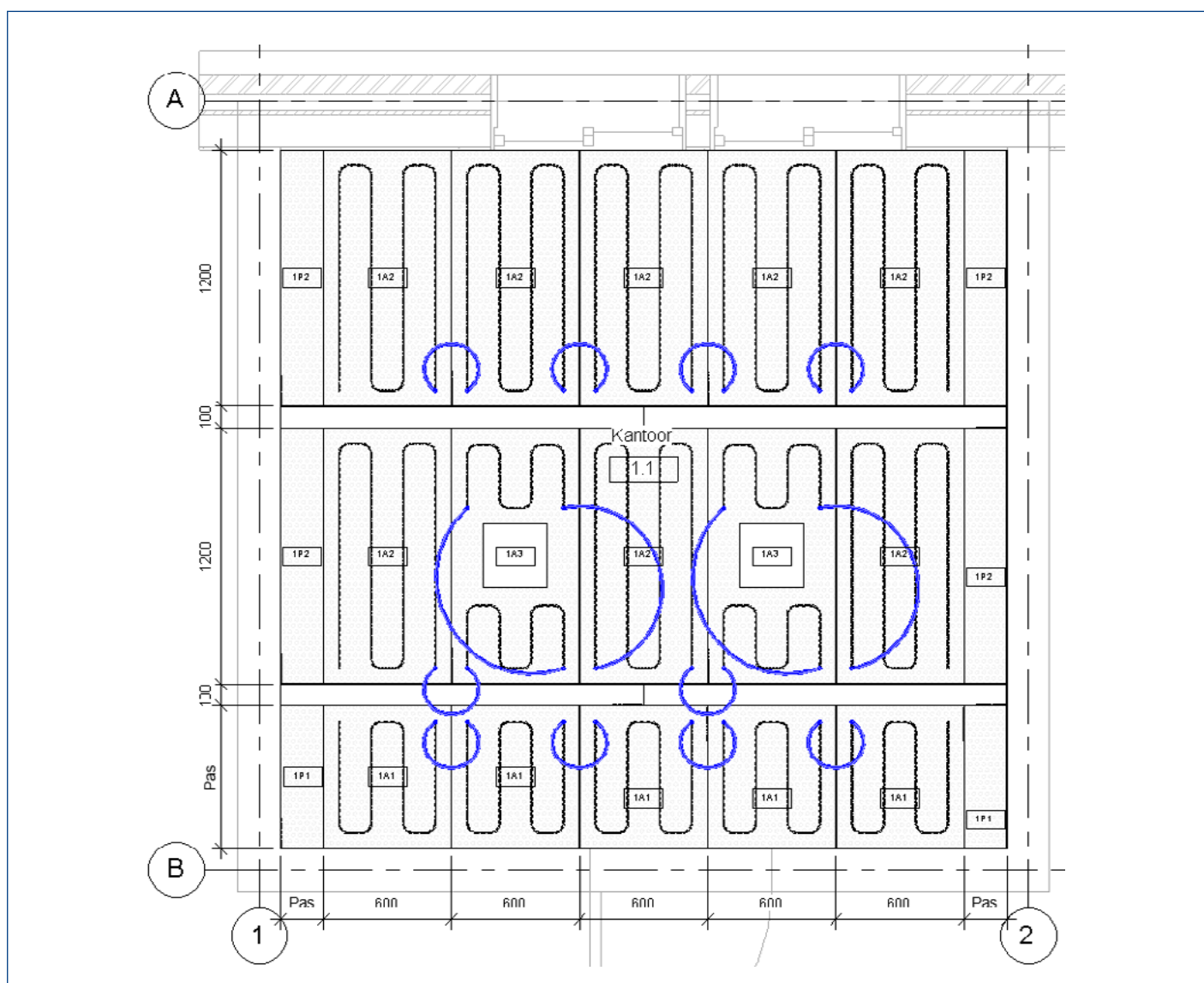
Het geniet de voorkeur om eerst de technische platen te plaatsen zodat de installateur voldoende ruimte heeft om zijn componenten in te bouwen en aan te sluiten. Let er tijdens het monteren van de panelen op dat de panelen haaks tussen de bandrasters worden gemonteerd. Let bij het aansluiten van de flexibele slang op de plafond panelen op de voorwaarden van de buigradius en zorg dat er geen knik in het flexibel ontstaat! Wanneer alle partijen gereed zijn en de persproeven succesvol zijn afgerond kan in overleg met de opdracht-geven het schoonmaakbedrijf worden ingeschakeld om de eindschoonmaak uit te voeren.

2.12 Montage van gipsplafond

De gipspanelen worden tegen de onderconstructie geschroefd met gipsplaatschroeven. De onderlinge afstand tussen twee schroeven bedraagt circa 20 cm. Bij het schroeven dient extra aandacht te worden besteed aan de plaats van de schroef. Doorboring van de geïntegreerde leiding heeft desastreuze gevolgen! Bij voorkeur worden daarom voorgeboorde panelen toegepast. Het afwerken en stuken van het gipsplafond valt buiten de scope van Solid Air klimaatplafonds.

2.13 Montagetekening

Ook voor de montage van de klimaatplafonds wordt een aparte montagetekening gemaakt. Deze bevat enkel de panelen en de flexibele aansluitingen die de panelen onderling verbinden.



2.14 Controle - Afpersen

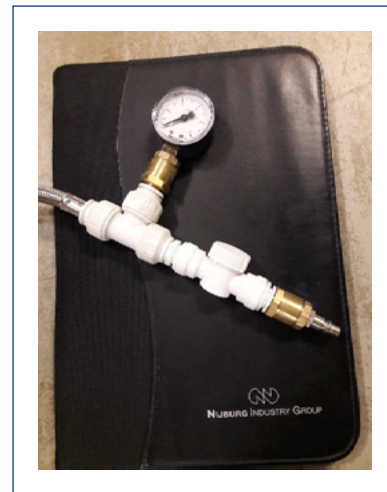
Een belangrijk onderdeel van de montage van klimaatplafonds is het afpersen van het leidingwerk met lucht op een druk van 10 bar.

2.15 Materiaal

Alle onderdelen van het plafond dienen te worden afgeperst. De resultaten worden opgenomen in een logboek en vormen een belangrijk onderdeel van het garantiebepalingen. Voordat kan worden gestart met afpersen dienen eerst de afperssetjes die gebruikt gaan worden te worden gecontroleerd. Daar voor wordt een stuk flexibele slang tussen de twee snelkoppelingen van het te controleren setje geplaatst en worde het setje onder druk gebracht. De toegepaste druk is 6 bar.

Gedurende de test, welke een uur duurt, mag de manometer van de set niet zichtbaar terug zakken. Als er wel een drukverlies wordt opgemerkt, zijn mogelijk de rubber O-ringen beschadigd en dienen deze te worden vervangen. Hierna dient de test opnieuw te worden uitgevoerd.

Als ook een tweede test niet correct verloopt, mag het setje niet worden gebruikt en dient deze ter reparatie te worden aangeboden.



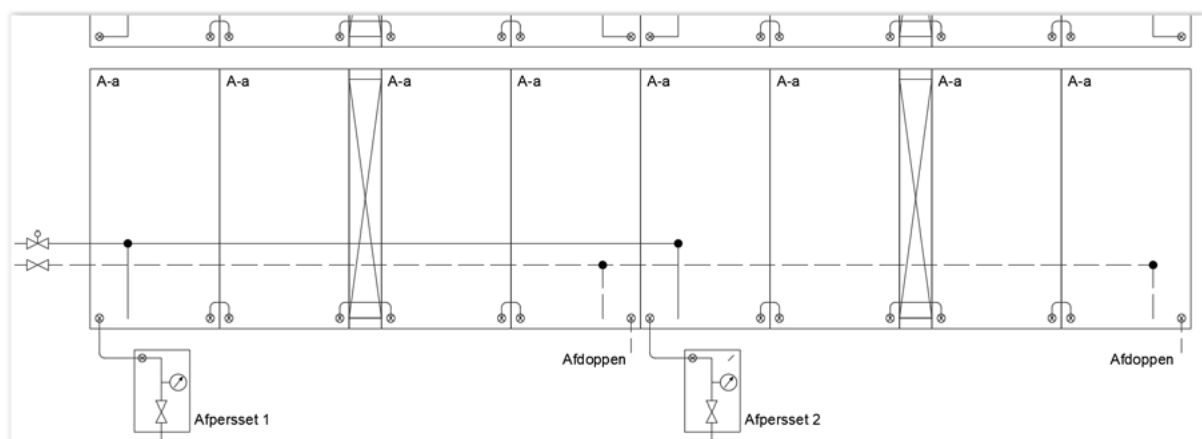
De compressor om het systeem onder druk te brengen dient periodiek gekeurd te worden en voor gebruik ook daadwerkelijk goedgekeurd te zijn. De compressor dient tenminste een bereik te hebben van 8 bar.

Voor het afpersen dienen voldoende snelkoppelingen passend bij de materialen die op het project worden gebruik aanwezig te zijn, om de tijdelijk aansluitingen naar de afperssetjes te kunnen maken.

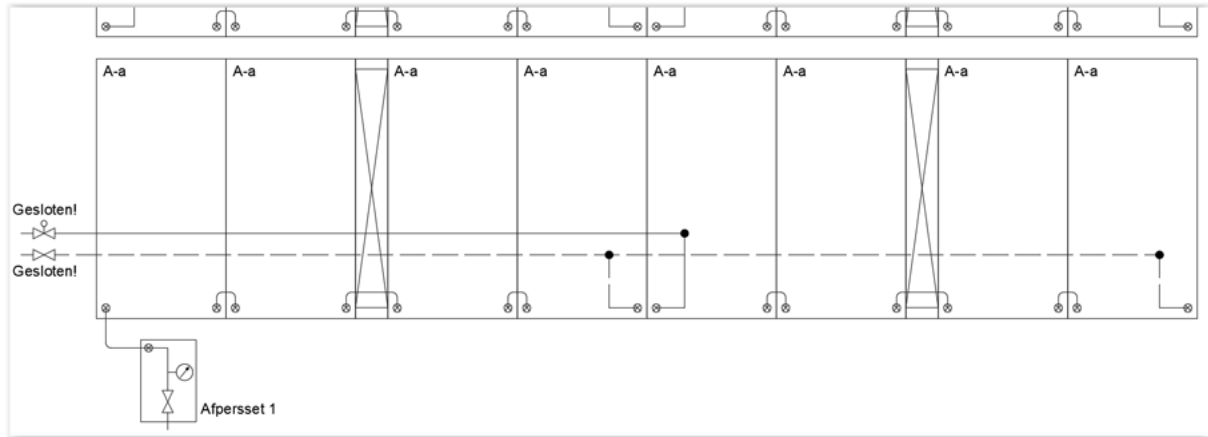
2.16 Aansluiten van een afpersset

De afpersset moet deel uit gaan maken van de groep in serie geschakelde plafond panelen. Afhankelijk van de situatie kunnen twee methoden worden toegepast.

1. Per klimaatplafond veld. Bij deze methode is de stand van eventuele afsluiters in het leidingwerk van de installateur niet van belang. Deze methode is het meest eenvoudig omdat enkel de plafonds worden afgeperst, maar heeft als nadeel dat voor elke groep een aparte afpersset noodzakelijk is.



2. Meerdere velden gelijktijdig die op één verdeelleiding zijn aangesloten. Bij deze methode moeten afsluiters in toe- en afvoer leiding van de verzamelleiding zijn gesloten. De afpersset maakt nu deel uit van het verzamel leidingstelsel. Nadeel van deze methode is dat een eventueel lek ook in het verzamel leidingstelsel van de installateur kan zitten.



2.17 Afpersen en rapporteren

Nadat een afpersset in het plafond is opgenomen kan het afpersen starten. Het afpers proces verloopt in twee stappen. Dit is noodzakelijk omdat kunststof slangen onder druk kunnen uitzetten en de knelringen in de snelkoppelingen zich gaan zetten. Hierdoor neemt het volume van het systeem toe waardoor de druk in het systeem enigszins zal zakken (druk = temperatuur/volume).

1. Het systeem wordt voor de eerste keer op druk gebracht (6 bar). De datum en starttijd van de test moet worden genoteerd op het rapportage formulier (zie bijlage --), samen met het groepsnummer, de verdieping en eventuele overige gegevens die voor het project gevraagd worden. Na een uur mag de druk maximaal 1 bar zijn teruggelopen. Let op: wanneer meerdere velden gelijktijdig worden afgeperst (aansluitwijze 2), is het totale volume van het systeem aanmerkelijk groter, waardoor ook de afname van de druk wat groter kan zijn. Wanneer de druk meer dan 1 bar is gezakt is er zeer waarschijnlijk één of meer verbindingen niet goed. Volg dan de procedure die in de volgende paragraaf wordt beschreven om de lekkage te vinden en op te lossen voor naar de volgende stap te gaan. Wanneer de eerste test is afgesloten wordt het systeem volledig ontlucht door de afsluiter van de afpersset langzaam te openen. Op het rapportage formulier wordt nu de eerste fase afgevinkt.
2. Het systeem wordt nu nogmaals op druk gebracht (6 bar) en de tweede starttijd wordt op het rapportage formulier genoteerd. Na een uur wordt de druk gecontroleerd. **Deze mag niet zijn gezakt!** Wanneer de test succesvol is verlopen wordt het systeem weer ontlucht door de afsluiter langzaam te openen en kan de afpersset worden verwijderd. Op het rapportage formulier wordt nu de tweede fase afgevinkt.

Als alle velden succesvol zijn getest en derhalve lekvrij zijn bevonden, worden de ingevulde rapportage formulieren door de projectleider gecontroleerd en geparafeerd. Hierna dient ook de opdrachtgever de formulieren voor akkoord te paraferen, waarna de originelen naar kantoor worden gestuurd zodat deze in de projectbescheiden kunnen worden opgenomen. De rapportage formulieren worden zo compleet mogelijk per project toegeleverd. Een voorbeeld van een formulier ziet u in de bijlage- apport afpersen klimaatplafond.

1.18 Opsporen en verhelpen van lekkages

Als in de eerste of tweede test lekkage op treedt dienen deze te worden opgelost voordat de test wordt afgerond.

Er zijn verschillende soorten van lekkage te onderscheiden:

- De testdruk zakt vrij snel weg: Dit duidt op een redelijk grote lekkage die zeer waarschijnlijk wordt veroorzaakt doordat een aansluitslang niet ver genoeg in de koppeling is gedrukt. Het kan ook zijn dat er een rubberen O-ring bij een koppeling ontbreekt, of dat wanneer met kunststof leidingen wordt gewerkt de leiding scheef is afgeknipt. Wanneer de leiding niet voldoende ver in de koppeling is gedrukt of deze scheef is afgeknipt, kan de leiding bij het onder druk brengen van het systeem uit de O-ring zijn gedrukt.
- De testdruk zakt langzaam weg en de lekkage is te lokaliseren door een duidelijk hoorbaar sissend geluid: Ook hier kan de oorzaak liggen in een niet voldoende aangedrukte of scheef afgeknipte leiding liggen. Ook kan een O-ring beschadigd zijn waardoor deze niet meer goed afsluit. Wanneer aandrukken van de slang of leiding de lekkage niet oplost en de leiding correct is afgekort, dient de koppeling in zijn geheel te worden vervangen.
- De testdruk zakt langzaam weg maar is niet te lokaliseren door een hoorbaar sissend geluid: Dit duidt op één of meerdere kleine lekkages. In dit geval dienen alle koppelingen met lekspray te worden gecontroleerd. Wanneer bij het inspuiten luchtballen bij de koppeling ontstaan bevindt zich daar een lekkage.



Nadat alle lekkages zijn opgelost dient de test opnieuw te worden uitgevoerd.

In het geval van gipsplafonds is het raadzaam om voor de eindafwerking en het stucen van het plafond gedurende 5 dagen het gehele plafond onder waterdruk te plaatsen. Deze periode dient in de bouwplanning te worden meegenomen.

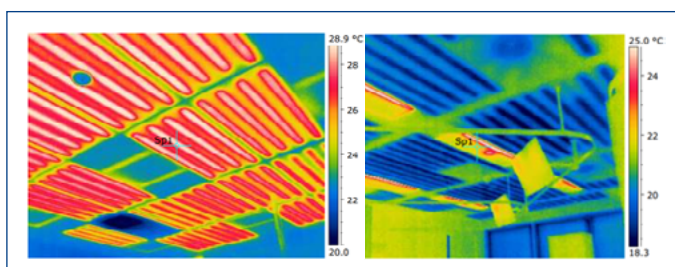
1.19 Controle van het klimaatplafond met infrarood camera

Middels thermografische opnames met een infrarood camera kan de juiste (of niet juiste) werking van de complete klimaatinstallatie worden aangetoond. Tevens is het een controle of alle actieve elementen volgens het ontwerp zijn gemonteerd. Voor het maken van de opnames maken wij gebruik van een Flir T440bx camera, voorzien van een 10 mm groothoeklens.

Deze opnames dienen circa 3 maanden nadat het plafond in bedrijf is gesteld gemaakt te worden. Na deze periode zal over het algemeen alle overgebleven lucht uit het circulatie systeem zijn verdwenen. Om het functioneren goed in kaart te brengen is het nodig dat er daadwerkelijk wordt gekoeld of verwarmt met het plafond om een temperatuur verschil tussen het actieve deel van het plafond en de ruimte te realiseren. Dit kan door centraal het systeem via het gebouw beheer systeem (GBS) aan te passen, of door lokaal de thermostaat te verstellen. Wanneer het warme of koude water voor het systeem beschikbaar is, zullen de opnames van het klimaatplafond normaal gesproken binnen 30 tot 60 minuten een verkleuring tonen.



Bij een gekoeld plafond zullen de opnames een blauw-groene kleur op het geactiveerde plafond oppervlak geven, voor een verwarmd plafond rood-wit. De verkleuring moet corresponderen met de verstelling van de thermostaat of de aanpassing aan het GBS. Het systeem kan verkeerd om werken, veroorzaakt door een fout in de bedrading of een software probleem.



Daarnaast kan in sporadische gevallen een klepmotor verkeerd zijn gemonteerd of zelfs een klepkogel verkeerd zijn aangebracht. Dit kan voorkomen bij de tegenwoordig regelmatig toegepaste zes-weg kleppen. Bij het beoordelen van de opnames moet rekening worden gehouden met de omgevingstemperatuur. Wanneer het systeem niet in gebruik is, is er geen verschil in temperatuur tussen omgeving en plafond en dus ook geen verschil in kleur. De opnamen zijn enkel een weergave van verschillen in temperatuur, hoe groter dit verschil, hoe duidelijker de opnamen. Daarom is het noodzakelijk dat het plafond (tijdelijk), al dan niet kunstmatig, in werking wordt gesteld. Het voorbeeld laat duidelijk zien welke panelen zijn geactiveerd en welke niet. Binnen het IR-onderzoek, waar mee aangetoond moet worden dat het klimaatplafond naar behoren functioneert, is het niet noodzakelijk dat de verkleuring van het plafond zo duidelijk is als op de voorbeelden. Een duidelijke verkleuring van het eerste paneel van een betreffend veld in de juiste richting is een goede indicatie dat er over het complete veld doorstroming plaats vindt. Het eerste paneel zal duidelijk opkleuren de volgende zullen een veel dunner beeld te zien geven. Het doel is echter niet het maken van mooie plaatjes, maar het aantonen van een correcte en complete werking.

3 PRODUCTIE VAN KLIMAATPLAFONDS

Uit kostenoverweging is het belangrijk zoveel mogelijk gelijke plafondpanelen toe te passen (ongeacht of deze actief of passief zijn). De prijs van een paneel is voor zeer groot deel afhankelijk van het aantal handelingen/instellingen die de producent moet uitvoeren. Zo kan een paneel dat slechts één keer voorkomt wel 100 keer zo veel kosten als 30-40 gelijke panelen. Het heeft dan ook verregaande gevolgen wanneer op het laatste moment wijzigingen worden uitgevoerd waardoor extra panelen moeten worden besteld, niet alleen voor de borging van de levertijd, maar ook voor de kostprijs.

De levertijd van een bestelling panelen is circa 6-7 weken vanaf het moment dat een plafondspiegel definitief is, inclusief de locatie van gaten die ten behoeve van derden (licht, sprinkler, roosters) in de panelen moeten worden opgenomen. Na ontvangst van de metalen plafondpanelen kan de productie van de klimaatplafonds beginnen.

In het productieproces kennen we 2 types activering:

- Koper activering.
- Kunststof activering.

Het productieproces met koper wordt volledig beschreven. Daarna worden de afwijkingen voor het productieproces met kunststof benoemd.

Het productieproces kan in 5 fasen worden opgesplitst:

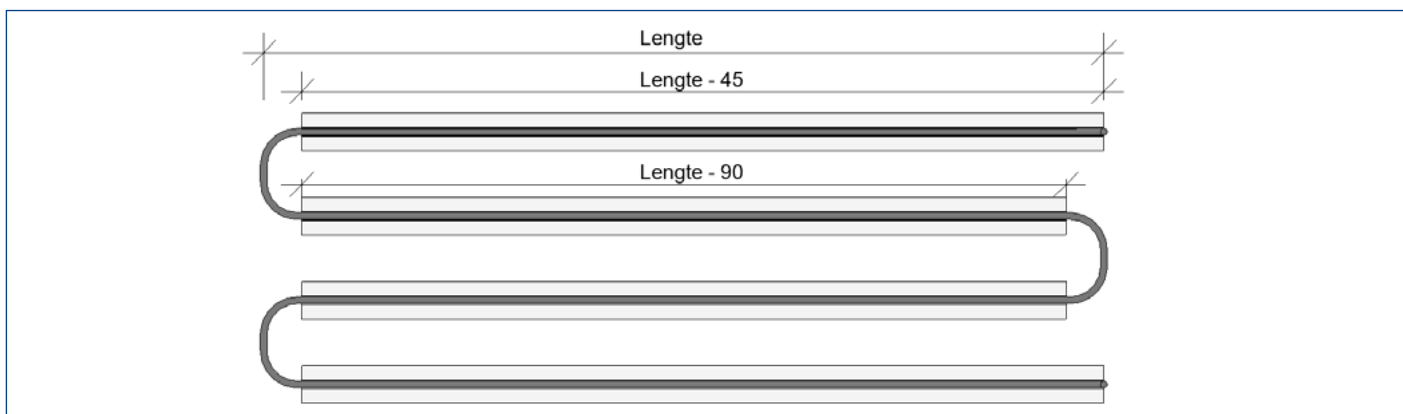
- Zagen en tapen van de registerprofielen.
- Buigen van de registers.
- Samenstellen van de registers.
- Activeren van de panelen.
- Verpakken van de panelen.

3.1 Zagen en tapen van de registerprofielen

De aluminium klimaatprofielen worden op lengte gezaagd. Afhankelijk van de benodigde hoeveelheden worden de profielen zoveel mogelijk in bundels van 10 of 2 bundels van 10 gezaagd.

Er zijn 4 verschillende typen aluminium profielen:

Artikelnummer	Productnaam	Toepassing
1120000538	Klimaatprofiel 1 x 8 mm b = 45 mm brut	Koper
1120000539	Klimaatprofiel 1 x 8 mm b = 55 mm brut	Koper
1120000540	Klimaatprofiel 2 x 8 mm b = 57 mm brut	Dubbel koper
1120000551	Klimaatprofiel 1 x 10 mm b = 40 mm brut	Kunststof



Lengte van de profielen is registerlengte - 45 (been zonder aansluituutje) of registerlengte - 90 (been met aansluituutje) uitgaande van standaard register. Het aluminium dient schoon en vetvrij te zijn. Na het zagen worden de profielen op de tapetafel voorzien van registertape. Het registertape is 2 mm breder dan de klimaatprofielen. De tape moet symmetrisch en egaal op het profiel worden aangebracht. Er mogen geen oneffenheden zichtbaar zijn.

Artikelnummer	Productnaam	Artikelnummer	Productnaam
1150000177	Registertape 42 mm (profiel 40 mm kunststof 10 mm)	1150000179	Registertape 57 mm (profiel 55 mm koper 8 mm)
1150000178	Registertape 47 mm (profiel 45 mm koper 8 mm)	1150000180	Registertape 59 mm (profiel 57 mm koper 2 x 8 mm)

Indien te activeren panelen zijn voorzien van vlies dan worden de registerprofielen worden voorzien van een ander type dubbelzijdig tape:

Artikelnummer	Productnaam
1150000204	Registertape vlies 47 mm (rol 50 m S4623)

3.2 Buigen van de registers

Koperbuizen worden gebogen tot de registers volgens de tekeningen van de werkvoorbereiding. tekening (eerste buiging). De buigradius bedraagt 40 mm per bocht. In de tweede buiging worden de aansluituutjes naar boven gebogen en op lengte afgesneden (tweede buiging). Het meest gangbare register heeft 4 strengen, hart op hart 150 mm, maar dit is afhankelijk van de paneelbreedte, paneeluitvoering en benodigd vermogen. Bij de metalen klimaatplafonds met een breedte tussen de 150 en 600 mm komen in de praktijk hoofdzakelijk registers van 1 tot en met 6 strengen met hartafstanden van 100 of 150 mm voor. Voor klimaateilanden kan dit aanmerkelijk anders zijn.

De uiteinden worden voorzien van een dopje tegen vervuiling en beschadiging. Het gebogen koper wordt in karren geplaatst en gemarkeerd.

Artikelnummer	Productnaam
1120000541	Registerdop A = 14 B = 8,4 C = 10,2

Voor het koper zijn standaard twee lengtes voorhanden:

Artikelnummer	Productnaam
1120000533	Buis koper DIN 680 8 x 0,6 mm L = 5.600 mm
1120000534	Buis koper DIN 680 8 x 0,6 mm L = 7.500 mm

Voor specifieke projecten kan het noodzakelijk zijn een andere lengte te gebruiken om zo de hoeveelheid afval te beperken. Afwijkende lengten dienen in veelvouden van 2.000 kg koper buis (ca. 16 km) te worden besteld. Tot op heden zijn de volgende afwijkende lengtes toegepast:

Artikelnummer	Productnaam	Artikelnummer	Productnaam
1120000658	Buis koper DIN 680 8 x 0,6 mm L = 6.000 mm	1120000690	Buis koper DIN 680 8 x 0,6 mm = 8.000 mm
1120000669	Buis koper DIN 680 8 x 0,6 mm L = 6.300 mm	1120000648	Buis koper DIN 680 8 x 0,6 mm L = 8.400 mm
1120000666	Buis koper DIN 680 8 x 0,6 mm L = 7.950 mm		

3.3 Samenstellen van de registers

- Het gebogen koper wordt met beleid in de aluminium klimaatprofielen getikt. Daarna gaan de registers in de pers zodat het koper over de volledige lengte goed contact maakt met de registerprofielen.
- De complete registers worden op een spuitkar geplaatst om de uiteinden (het zichtbare koper) met een spuitbus zwart te spuiten om glinstering te voorkomen als er door de perforatie van de panelen tegen het register aan wordt gekeken.
- Wanneer het panelen zonder perforatie betreft kan het spuiten van de uiteinden van de registers achterwege worden gelaten.
- De registers worden in een kar geplaatst en gemarkeerd.

Artikelnummer	Productnaam
1080000431	Spuitbus zwart-mat

3.4 Activeren van de panelen

Voor het activeren van de panelen zijn montagetafels aanwezig die zijn voorzien van katoendoek. Belangrijk is dat de panelen altijd met handschoenen worden aangepakt. De panelen worden uitgelegd op de tafels en zo nodig ontvet met alcohol. Dit zal met namen nodig zijn bij Aluminium panelen. Daarna wordt de binnenzijde van de panelen voorzien van een activator. Deze activator zorgt voor een goede hechting van de registers op het paneel. De activator wordt met behulp van een drukspuit boven het paneel verneveld. Voor een goede verneveling moet de spuitkop omhoog gericht zijn. Wanneer er druppelvorming ontstaat moet de drukspuit worden vervangen.

Het katoendoek van de montagetafels absorbeert de eventuele overtollige alcohol en/of activator. De registers worden omgekeerd op de panelen gelegd om de folie van de plakstrippen te verwijderen. Als er nog blank klimaatprofiel zichtbaar is dan wordt dit bijgewerkt met een zwarte stift om glinstering te voorkomen. De registers worden omgedraaid en met behulp van pasblokjes op de juiste positie in het paneel geplakt. Na het plakken worden de strengen van de registers over de gehele lengte met een rol aangedrukt voor een volledige verbinding tussen register en paneel. Vervolgens wordt de isolatie in het paneel gelegd en ter plaatse van de uiteinden van het register worden de tuutjes door de isolatie heen gedrukt. Panelen zonder vlies worden in het zelfde proces voorzien van isolatie

De panelen worden voorzien van een sticker met typeaanduiding, met afhankelijk van type paneel, een kleine of een grote sticker.

Artikelnummer	Productnaam	Artikelnummer	Productnaam
1150000167	Isopropyl alcohol	4010000168	Drukspuit gloria oliebestendig 1 ltr type 89 floretta
4030000072	Handschoen interlock M 10	1080000430	Primer 2292

Voor de meest voorkomende paneelmaten wordt de volgende isolatie toegepast

Artikelnummer	Productnaam	Artikelnummer	Productnaam
1130000025	Steenwol geseald 600 x 600 x 35 - 35 kg/m ³	1130000032	Steenwol geseald 1.700 x 600 x 35 - 35 kg/m ³
1130000024	Steenwol geseald 1.200 x 600 x 35 - 35 kg/m ³		

3.5 Verpakken van de panelen

De geactiveerde panelen worden in 2 lagen op speciale transportbokjes geplaatst. Onder op de dragers van de bokjes en tussen de eerste en tweede laag wordt een hardschuimen styrodur strip geplaatst tegen beschadiging. De panelen worden om en om op het bokje geplaatst. Indien de uiteinden van de registers niet om en om vallen worden polystyreenblokken gebruikt als afstandhouder tussen de panelen. Bij een volle bok worden de staanders naar elkaar toegetrokken en wordt het bokje met panelen omwikkeld met folie.

Inlegpanelen 600 x 600 worden in dozen op pallets verpakt. De dozen worden met een strapband op de pallet vastgezet en bij expeditie extra omwikkeld met folie. De bokjes worden voorzien van transportpapieren met vermelding van projectnummer, klantnaam, verdieping of ruimte, ordernummer, verzenddatum en de inhoud van de bokjes.

Artikelnummer	Productnaam
1450000153	Plaat Styrodur 1250 600 20
1450000022	Handrekwickelfolie transparant

3.6 Activeren met kunststof

De maximale lengte voor de registerprofielen is paneellengte - 140 mm. Verder is het proces voor het zagen van de registerprofielen gelijk aan die voor koper activering. Voor de lengte van de kunststof buis wordt op de tekeningen van de werkvoorbereiding opgegeven wat overlengte aan slang buiten het paneel moet zijn. Deze positie wordt op de slang gemarkeerd met een zwarte stift en de slang wordt op lengte geknipt. Belangrijk is dat de slang op geen enkel moment mag knikken. Als dit wel gebeurd wordt de slang worden weggegooid.

Artikelnummer	Productnaam
1030000146	Kunststof buis 10 x 1,3 mm

Het samenstellen van de registers en het activeren van de panelen wordt gecombineerd. Eerst worden de registerprofielen in het paneel aangebracht. Daarna wordt de slang met beleid in het profiel getikt. De eerder aangebrachte markering geeft aan hoeveel de slang buiten het paneel moet liggen. Als de slangen volledig over de gehele lengte in de profielen zijn getikt, wordt aan beide uiteinden een clip over de slang op het registerprofiel geklikt zodat de slangen niet los kunnen schieten. De overlengte van de slang moet zoveel mogelijk binnen het paneel worden gebogen zonder dat deze knikt. De isolatie wordt over de slangen gelegd, waarbij de uiteinden door de isolatie wordt gestoken.

Artikelnummer	Productnaam
1110000378	Buisclip klimaatprofiel

4 PRODUCTIE VAN VERDEELLEIDINGEN

De verdeelleidingen komen in 3 varianten voor:

- Kunststof buis.
- CV buis.
- Koper buis geïsoleerd.

Voor de maximale lengte van de verdeelleidingen dient een lengte van 3.000 mm aan te worden gehouden. De leidingen kunnen dan op een pallet 3.200 x 800 mm worden verpakt zodat beschadiging van de uiteinden tijdens transport wordt voorkomen.

Voor kunststof buis vind geen productie plaats. Deze buis wordt op locatie op lengte geknipt

Artikelnummer	Productnaam
1100000444	JGST Buis 15 mm L = 3.000
1100000445	JGST Buis 22 mm L = 3.000

4.1 CV buis

CV buis wordt op lengte gezaagd, bulk zaagwerk per lengte. Vervolgens worden de uiteinden van buizen ontbraamd op de "puntelijper". Het is van groot belang dat dit ontbramen is zorgvuldig gebeurt. Dit moet voorkomen dat de afdichting van koppelingen of slangen beschadigd raakt wanneer deze op de buis wordt gedrukt. Er mogen dan ook geen spanen achterblijven.

De buizen worden per ruimte gebundeld en voorzien van sticker met aanduiding van lengte en ruimte. De stickers moeten minimaal 50 mm vanaf het einde op de buizen worden geplakt zodat deze niet in een koppeling kunnen geraken.

Artikelnummer	Productnaam
9700000028	Verdeelleiding 15 mm
9700000029	Verdeelleiding 22 mm

4.2 Koperen buis geïsoleerd

Koperen buis wordt op lengte gezaagd, bulk zaagwerk per lengte. Vervolgens worden de uiteinden van buizen ontbraamd op de “punteslijper”. Het is van groot belang dat dit ontbramen is zorgvuldig gebeurt. Dit moet voorkomen dat de afdichting van koppelingen of slangen beschadigd raakt wanneer deze op de buis wordt gedrukt. Er mogen dan ook geen spanen achterblijven.

Daarna de buizen voorzien van isolatie. De isolatie kan dezelfde lengte hebben als de buis. Isolatie is optioneel.

De buizen worden per ruimte gebundeld en voorzien van sticker met aanduiding van lengte en ruimte. De stickers moeten minimaal 50 mm vanaf het einde op de isolatie worden geplakt.

Artikelnummer	Productnaam
9700000030	Verdeelleiding 15 mm koper ISO
9700000031	Verdeelleiding 22 mm koper ISO

Voor de maximale lengte van de verdeelleidingen een lengte van 3.000 mm aan te houden. De leidingen kunnen dan op een pallet 3.200 x 800 mm worden verpakt zodat beschadiging van de uiteinden tijdens transport wordt voorkomen.

4.3 Orifices

Als laatste worden de orifices worden geboord. Orifices worden toegepast als weerstand in de verdeelleidingen. De te boren gat diameter varieert van 1 t/m 3 mm oplopend met 0,1 mm. De orifices worden gemarkeerd met een letter welke correspondeert met de gatdiameter.

Artikelnummer	Productnaam
9700000039	Orifice

Orifice	Gatdiameter
A	1 mm
B	1,1 mm
C	1,2 mm
D	1,3 mm
E	1,4 mm
F	1,5 mm
G	1,6 mm
H	1,7 mm
I	1,8 mm
J	1,9 mm

Orifice	Gatdiameter
K	2 mm
L	2,1 mm
M	2,2 mm
N	2,3 mm
O	2,4 mm
P	2,5 mm
Q	2,6 mm
R	2,7 mm
S	2,8 mm
T	2,9 mm
U	3 mm

BIJLAGEN

Bijlage 1: Gereedschappen montage(team)

Opslag:	Klimmateriaal:
• Verrijdbare gereedschapskist, L x B x H = 110 x 70 x 95 cm	• Kamersteiger + opzetstuk + extra sport
• Ketting met hangslot	• Trapje, model keukentrap, 6-sports
• Palletwagen	Handgereedschap:
Meetapparatuur:	• Kleine waterpomptang met vergrendeling
• Laserset: Laser, Kruislaser, Stafief	• Grote waterpomptang met vergrendeling
• Laser meetapparaat	• Metaal knipschaar (links+rechts)
• Batterijen	• Slagpen t.b.v. inslagankers
Electrisch gereedschap:	• Metselkoord zwart
• Verlengsnoer op haspel, 25 m	• Smetlijn + poeder
• Hilti Klopboormachine (SDS)	• Ratel met dop 10
• Boormachine (snelspankop)	• Steeksleutel 10
• Accu Boor/Schroefmachine	• Ringsleutel 10
• Haakse slijper, 125 x 1 mm	• Popnageltang
• Verlengsnoer 10 m	• Klauwhamer
• Decouperzaag	• Handzaag
Verbruiksmateriaal:	• Duimstok
• Zelfborende schroef 4,2 x 13 + schroefbit	• Rolmaat
• Zelfborende schroef torx ---- + schroefbit	• Nijptang
• Spaanplaatschroef 4 x 30 + schroefbit	PBM's:
• Popnagelset (set, diverse maten)	• Gehoorbescherming
• Inslagankers, Hilti __x__mm	• Werk handschoenen
• slijpschijven rvs 125 x 1 mm	• Veiligheidshelm
• Stiften Edding 3000 zwart	• Veiligheidsbril
• Borensset staal (1-13 mm)	• Rol afzetlint
• SDS Betonboor 8 mm	Ten behoeve van afpersen:
• SDS Betonboor 6 mm	• Afpersetjes (aantal afhankelijk van project)
• Lakstiften RAL 9010	• Luchtslang op haspel (xx m)
• Lakstiften RAL 9016	• Stille compressor, 8 bar
• Schrijfblok	Overige:
• Potloden	• Witte plafond handschoenen
• Pen	

Bijlage 2: Codes metalen klimaatplafond panelen

Volledige standaardisering van metalen panelen is gezien de complexiteit van de bouw niet mogelijk. Een groot deel van de panelen kan echter wel worden gestandaardiseerd voor de BIM toepassing. Deze lijst kan in de loop van de tijd worden aangevuld.

Codering voor het paneel:

- OKL = Basis code: Metalen Klimaatplafond.

Activering:

- O = Geen activering (passief paneel).
- D = Koper, 8 x 0,6 mm.
- H = Kunststof 10 x 1,3 mm.

Registertype:

- O = Geen register (passief paneel).
- 100 = Hartmaat 100 mm.
- 150 = Hartmaat 150 mm.

Paneelbreedte x paneellengte met:

- Paneelbreedte = 50-600 mm (passief paneel).
- Paneelbreedte = 250 mm.
- Paneelbreedte = 300 mm.
- Paneelbreedte = 450 mm.
- Paneelbreedte = 600 mm.
- Paneellengte = 100-2.400 mm.

Hoek:

- xxx = 15 - 175 graden (standaard: 90 graden).

Gaten:

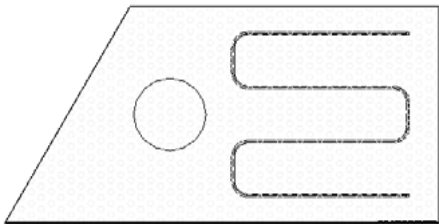
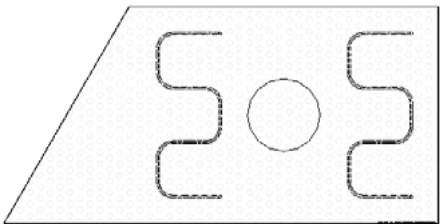
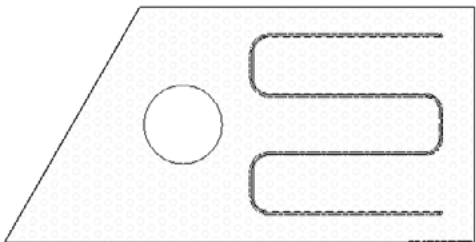
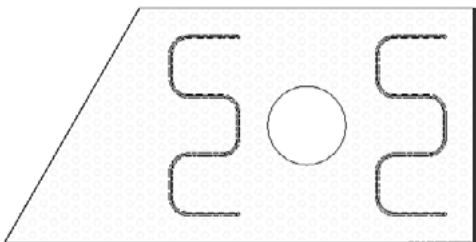
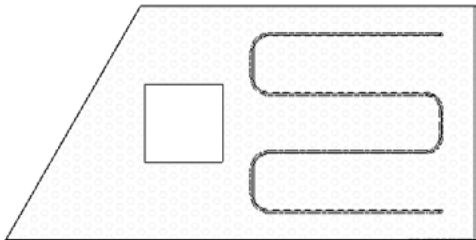
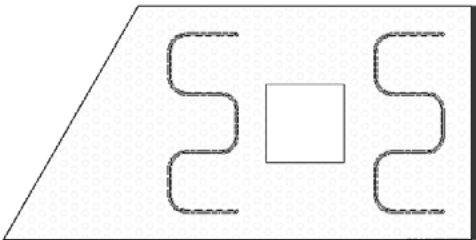
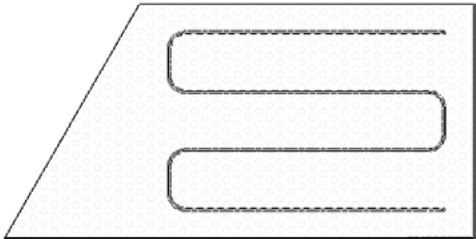
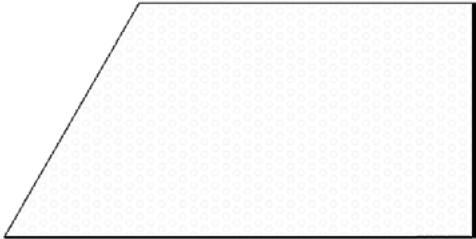
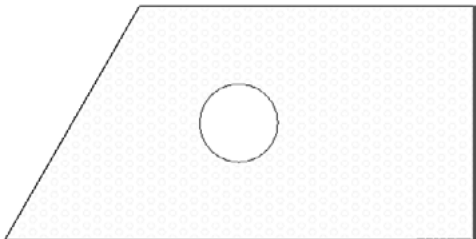
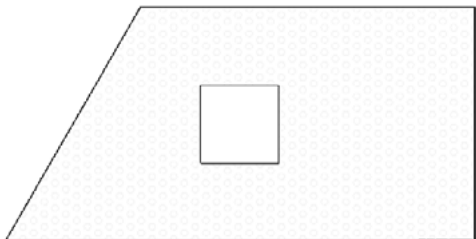
- Geen code: geen gaten.
- 1D = 2 x Rond gat, passief.
- OD1 = Ruimte voor verdekt rooster, enkel register.
- 1D = 1 x Rond gat, enkel register.
- OD2 = Ruimte voor verdekt rooster, dubbel register.
- 1D2 = 1 x Rond gat, dubbel register.
- 2D = 2 x Rond gat (enkel als passief paneel beschikbaar).
- 1R = 1 x Rechthoekig gat, passief.
- 1R1 = 1 x Rechthoekig gat, enkel register.
- 1R2 = 1 x Rechthoekig gat, dubbel register.
- 2R = 2 x Rechthoekig gat (enkel als passief paneel beschikbaar).
- DR = 1 x Rond + 1 x rechthoekig gat (enkel als passief paneel beschikbaar).

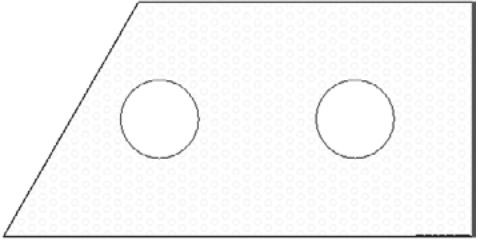
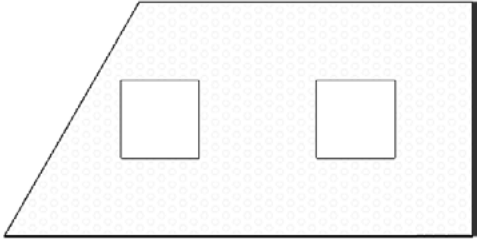
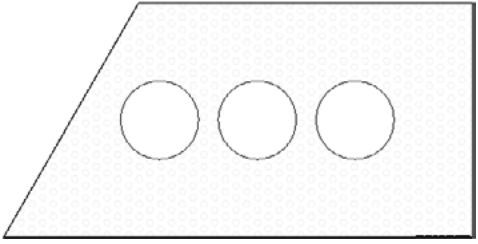
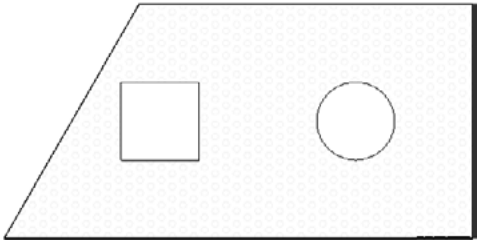
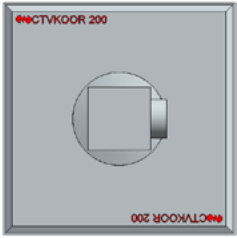
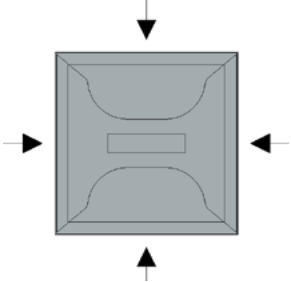
Binnen het BIM-model voor Revit is verder een parameter aanwezig waarmee kan worden aangegeven of het om een inleg-paneel gaat (bandraster D of T-ligger). Dit is van belang voor het bepalen van de productiemaat van het paneel aangezien de netto maat van een inlegpaneel kleiner is. Ook de netto posities van eventuele gaten worden hierbij voor productie gecorrigeerd.

Voor panelen met gaten dienen de afmetingen en de posities van de gaten separaat te worden opgegeven. Hiervoor is een schedule opgenomen in het Revit project. Met deze coderingen vangen we circa 90 % van de mogelijkheden op en zullen we 95 % van de projecten zonder aanvullingen kunnen uitvoeren.

Voorbeeld: OKLD150-600x1800-90-1D1

BIM family's metalen klimaatplafond panelen

NLRS_56_ME_Climateceiling_OKL_OD1_Active_Solid_Air	NLRS_56_ME_Climateceiling_OKL_OD2_Active_Solid_Air
	
NLRS_56_ME_Climateceiling_OKL_1D1_Active_Solid_Air	NLRS_56_ME_Climateceiling_OKL_1D2_Active_Solid_Air
	
NLRS_56_ME_Climateceiling_OKL_1R1_Active_Solid_Air	NLRS_56_ME_Climateceiling_OKL_1R2_Active_Solid_Air
	
NLRS_56_ME_Climateceiling_OKL_Active_Solid_Air	NLRS_56_ME_Climateceiling_OKL_Passive_Solid_Air
	
NLRS_56_ME_Climateceiling_OKL_1D_Passive_Solid_Air	NLRS_56_ME_Climateceiling_OKL_1R_Passive_Solid_Air
	

NLRS_56_ME_Climateceiling_OKL_2D_Passive_Solid_Air 	NLRS_56_ME_Climateceiling_OKL_2R_Passive_Solid_Air 
NLRS_56_ME_Climateceiling_OKL_3D_Passive_Solid_Air 	NLRS_56_ME_Climateceiling_OKL_DR_Passive_Solid_Air 
NLRS_57_AT_UN_Climateceiling_CTVK_Solid_Air 	NLRS_57_AT_UN_Climateceiling_PRIKON_Solid_Air 

RAPPORT AFPERSEN KLIMAATPLAFOND

Project naam:

Project number:

Verdieping:

Datum:

Paraaf Projectleider:

Paraaf Opdrachtgever:

[illegible]

VERSION: 2020_09_v2

CHECKLIST VOOROPLEVERING METALEN KLIMAATPLAFONDS

Projectnaam:

Projectleider:

Projectnummer:

(Chef-) Monteur:

Opdrachtgever:

Controledatum:

Bouwlaag:

Code	Controlewerkzaamheden	1 ^e Controle			Eindcontrole		
		ja	nee	n.v.t.	ja	nee	n.v.t.
01	Zijn de klimaatplafonds recht uitgelijnd?						
02	Voldoen de panelen aan de TAIM norm?						
03	Zijn er panelen beschadigd? (deuken/lakschade)						
04	Zijn de sparings netjes aangebracht en afgewerkt?						
05	Is de isolatie correct aangebracht?						
06	Zijn de buitenhoeken correct in verstek afgewerkt?						
07	Zijn de inbouwarmaturen correct aangebracht?						
08	Zijn er lekkages geconstateerd?						
09	Is de luchtverdeelarmatuur correct aangebracht?						
10	Zijn er kleurverschillen zichtbaar?						
11	Is de werkplek schoon, netjes en zonder restmateriaal achtergelaten?						
12	Zijn er naden en kieren zichtbaar?						

Opmerkingen/aanvullingen:

Naam en paraaf van projectleider voor gezien:

Datum van ontvangst:

CHECKLIST VOOROPLEVERING STUCWERK KLIMAATPLAFONDS

Projectnaam:

Projectleider:

Projectnummer:

(Chef-) Monteur:

Opdrachtgever:

Controledatum:

Bouwlaag:

Code	Controlewerkzaamheden	1 ^e Controle			Eindcontrole		
		ja	nee	n.v.t.	ja	nee	n.v.t.
01	Zijn de sparingen netjes en op juiste positie aangebracht?						
02	Zijn de inbouwarmaturen correct aangebracht? <i>(Indien van toepassing)</i>						
03	Zijn er lekkages geconstateerd? <i>(Indien van toepassing)</i>						
04	Is de luchtverdeelarmatuur correct aangebracht?						
05	Is de werkplek schoon, netjes en zonder restmateriaal achtergelaten?						
06	Zijn slangen netjes gebundeld?						
07	Verdelers juist gemonteerd?						
08	Orifices juist aangebracht?						

Opmerkingen/aanvullingen:

Naam en paraaf van projectleider voor gezien:

Datum van ontvangst:

Bijlage 7: Historie van meet en testmethoden

Toen NASA zich eind jaren 50 begon zich voor te bereiden op ruimtereizen werd ook de rol van de mens binnen een geautomatiseerd klimaatstelsel een belangrijk punt.

De onderzoeken die professor P.O. Fanger daartoe uitvoerde resulteerde uiteindelijk in een model (Predicted Mean Vote) welke de persoonlijke parameters beschrijft voor het bepalen van een gereguleerd binnenklimaat. Gecombineerd met het PPD-mode (Predicted Percentage Dissatisfied) resulteerde dat in formules en modellen die de meest optimale condities bepalen waarbij het binnenklimaat het minste aantal ontevreden gebruikers oplevert.

De PMV waarde is gebaseerd op de theorie die de warmtebalans van het menselijk lichaam beschrijft. Deze theorie gaat er van uit dat de mens in thermisch evenwicht is wanneer de inwendige warmteproductie van het lichaam gelijk is aan het aan het warmteverlies naar de omgeving. Uit de onderzoeken bleek dat 24 % van de werknemers het binnenklimaat op hun werk als onprettig ervaart, 32 % van menig is dat de temperatuur slecht is geregeld en 16 % last heeft van hinderlijke tocht. De modellen van professor Fanger modellen worden tegenwoordig nog steeds gebruikt om uitspraken te kunnen doen over de te verwachten thermische behaaglijkheid.

Het thermisch binnenklimaat wordt gedefinieerd als het geheel aan omgevingsparameters welke de thermische sensatie van de mens beïnvloeden. Uit onderzoek dat in de jaren 80 van de vorige eeuw in opdracht van het ministerie van SZW is gedaan onder werkenden in kantoorgebouwen bleek 52 % van regelmatig klachten te hebben welke toe te schrijven waren aan het thermische binnenklimaat.

Hoewel men vaak denkt dat de mate waarin men het koud of warm heeft veroorzaakt wordt de heersende luchttemperatuur, wordt dit comfort gevoel niet alleen bepaald door de temperatuur, maar zeker ook luchtsnelheden en stralingstemperaturen.

Traditionele luchtconditioneringssystemen werken met geforceerde luchtstromen die als gevolg tocht- en geluidsklachten creëren. Klimaatplafonds voor koelen en verwarmen hebben deze nadelen niet omdat de energie overdrachtsprincipes vooral zijn gebaseerd op straling en in mindere mate op natuurlijke convectie.

Testen

In het grijze verleden werden de laboratorium testen voor het bepalen van koel capaciteiten van klimaatplafonds uitgevoerd aan de hand van de DIN 4715-1 norm. Deze norm was eenduidig, wat inhield dat de in de test bepaalde capaciteiten één op één met elkaar vergeleken konden worden. Deze norm werd onder invloed van de éénwording van Europa grotendeels vervangen door Internationale (ISO-normen) en Europese normen (EN-normen).

Het doel van deze vervanging was harmonisering van technische regels en wetten binnen de gemeenschappelijke Europese markt. Een nare bijwerking van deze actie is echter dat de eenduidigheid van de oude DIN-norm verloren is gegaan. Hoewel de test uitvoering minutieus beschreven moet worden, zijn de uitvoeringsgrenzen echter aanzienlijk verruimd met als gevolg dat de testresultaten moeilijker met elkaar te vergelijken zijn.

In 2003 is Solid-Air Climate Ceilings overgestapt van de DIN-norm naar NEN-EN 14240: "Ventilatie van gebouwen - Koelplafonds - Beproeving en capaciteit". Deze Europese norm specificeert de test omstandigheden en methoden voor het bepalen van de koelcapaciteit van gekoelde plafonds en andere uitgebreide gekoelde oppervlakken. Het doel van deze norm is om vergelijkbare en herhaalbare productgegevens te genereren. Hierin worden niet alleen plafondsysteem beschreven, maar ook het testen van wanden en vloeren worden behandeld.

Voor het bepalen van verwarmingscapaciteiten wordt gebruikgemaakt van NEN-EN 14037: "Free hanging heating and cooling surfaces for water with a temperature below 120 °C - Part 1: Pre-fabricated ceiling mounted radiant panels for space heating - Technical specifications and requirements". Een Nederlandse vertaling is op dit moment (nog) niet beschikbaar.

Al deze testen zijn statische laboratorium testen waarbij de elektrische-energie toevoer gelijk moet zijn aan de waterzijdig onttrokken energie. Deze balans mag dus niet verstoord worden door eventuele verliezen door wanden en vloeren. De situatie wordt gedurende 1 uur gemeten en de norm geeft aan wat de toegestane afwijkingen zijn. De gemiddelde waarden worden bepaald en lijden tot de resultaten.

Deze testresultaten zullen naar de praktijksituatie moeten worden overgebracht. Over hoe dat moet geeft ISSO publicatie 48, “Koelplafonds/Klimaatplafonds”, echter geen uitsluitsel. De normen gaan uit van luchttemperaturen terwijl uit diverse onderzoeken kan worden aangetoond dat de mens juist bijzonder gevoelig is voor stralingsuitwisseling (zwartebol temperatuur/operatieve temperatuur). Daarnaast ontstaat er in de klimaatkamer een temperatuur luchtgelaagdheid (statische luchtlagen met een per laag gelijke temperatuur).

De normen gaan in deze dus voorbij aan de praktijksituatie waarbij op diverse wijzen deze luchtgelaagdheid word doorbroken door luchtbewegingen die ontstaan door het inblazen van ventilatie lucht, rondlopende personen, etc. Deze processen zullen een hogere energie overdracht genereren, waardoor de aanwezige personen door de stralingsuitwisseling veel sneller een prettig klimaat zullen ervaren.

Referentiemateriaal:

P.O. Fanger:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1600-0668.2007.00516.x>

DIN 4715:

Niet online beschikbaar.

NEN-EN 14240:

<https://www.nen.nl/nen-en-iso-14240-1-2011-en-160634>

NEN-EN 14037:

<https://www.nen.nl/nen-en-14037-4-2016-en-225497>

ISSO publicatie 48:

<https://open.isso.nl/publicatie/isso-publicatie-48-klimaatplafonds-koelconvectoren/2008?query=ISSO+publicatie+48>