



ir. Atze Boerstra, BBA Binnenmilieu

- ir. Jaap Hogeling, ISSO

# COMFORT en KLIMAATPLAFONDS, BKA en VLOER-WAND verwarming/koeling



# Aldus Senter Novem

---

Lage Temperatuur Verwarming = meer comfort met minder energie

Uit de brochure:

‘LTV blijkt in praktijk als zeer comfortabel  
ervaren te worden’

‘Dat wisten de Romeinen al  
(vloerverwarming)’

‘LTV is de gezondste en veiligste  
manier van verwarmen’





# Literatuurstudie CH/BBA

---

literatuurstudie 1998

NOVEM opdrachtgever

uitvoering Cauberg-Huygen + BBA Binnenmilieu

vergelijking LT (lage temperatuur) met

HT (hoge temperatuur) varianten

focus op *warmte-afgifte* systemen

BKA en klimaatplafonds niet in studie meegenomen

doel studie: inzicht krijgen in voor- en nadelen

comfort, gezondheid, energie



# Uitkomsten: THERMISCH COMFORT

---

## VOORDELEN:

groter aandeel stralingswarmte = meer comfort (vv,wv, ltr)  
vertikale temperatuur-gradiënt kleiner (allen)  
comfortabeler vloertemperatuur (vv)  
minder tocht / minder turbulentie (vv,wv,ltr,ltc)  
koelmogelijkheid (vv,wv)

## (Vermeende) NADELEN:

opwarmtijd / traagheid (vv,wv)  
stralingsasymmetrie bij ramen (vv,wv,ltr)

- LEGENDA

- vv = vloerverwarming
- wv = wandverwarming
- ltr = LT radiatoren
- ltc = LT convectoren
- ltl = LT luchtverwarming



# Uitkomsten: LUCHTKWALITEIT

---

## VOORDELEN:

lagere luchttemperatuur is op zich een voordeel =  
minder geurhinder & luchtwegirritaties (allen)

lagere oppervlakte-temperatuur verwarmingslichaam =  
minder 'stof schroei' =  
minder luchtweg-irritaties (allen)

lagere r.v. in vloerbedekking =  
minder mijten & schimmels =  
minder 'CARA-klachten' (vv)



# Uitkomsten: OVERIGE ASPECTEN

---

## VOORDELEN:

minder kans op verbranding (grens is opp. temp. 40 °C)  
(vv,wv,ltr,ltc)

minder kans op blessures bij vallen (vv,wv)

bouwvocht verdwijnt sneller uit constructies (vv,wv)



# Overall conclusies CH/BBA rapport

---

‘LT afgifte systemen hebben (bijna) alleen maar voordelen t.a.v.:  
**thermisch comfort, luchtkwaliteit en veiligheid**’

‘Wat betreft ‘nadelen’ geldt (vaak) dat deze gebaseerd zijn op  
verouderde toepassing of ontbrekende kennis’



# Veldervaringen BBA

---

‘Minste binnenklimaatproblemen in gebouwen met gescheiden systemen voor verse luchttoevoer en temperatuurregeling’

‘... en goede mogelijkheden voor gebruikersinvloed’

‘Klimaatplafonds, BKA en vloer/wandverwarming scoren normaliter goed bv. bij gebruikersenquêtes’

‘Toch soms comfort problemen bij deze afgiftesystemen, bv. wisselende temperaturen tussenseizoenen bij klimaatplafonds, akoestiek en beïnvloedbaarheid temperatuur bij BKA en koudeval ramen bij wand/vloerverwarming’



# Comfort richtlijnen voor BKA etc

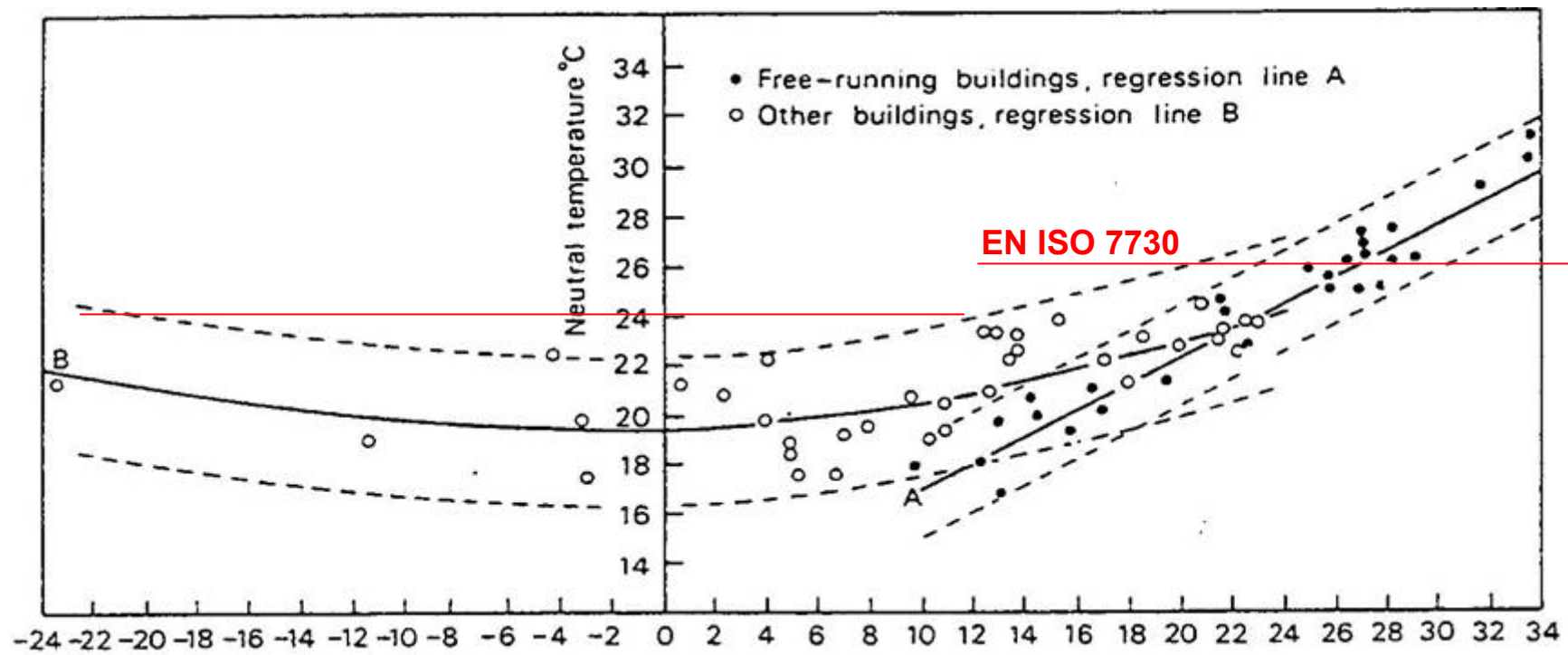
---

Gezien de grote stralingstemperatuur component in elk geval eisen stellen aan de *operatieve temperatuur* (of PMV) en niet (sec) aan de luchttemperatuur

In gebouwen met m.n. BKA en vloer/wandverwarming kan gewerkt worden met *adaptieve temperatuurgrenzen*, mits voorzien is in te openen ramen en men vrij is kledingisolatie aan te passen

Zie voor eisen de nieuwe norm *PrEN 15251* 'Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings- addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics' (Annex A2)

# ACHTERGRONDEN: Humphreys (1981)





## Conclusies 'Engelse school'

- Temperatuur beleving is een *dynamische* en niet een statische aangelegenheid
- *Fanger model* (PMV - PPD / ISO 7730) is buiten het stookseizoen *niet* valide in 'free running' gebouwen (zonder actief koelsysteem, te openen ramen + geen 'dress code')
- *Adaptatie* (fysiologisch, psychologisch, gedrag) verklaart dit effect. Denk aan aanpassing kleding, houding, metabolisme, verwachtingspatroon, vaatverwijdering / vernauwing, zweetproductie....



## Pr EN 15251 / EPBD bimi norm

Titel: *“Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings- addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics ”*

- EPBD = Energy Performance of Buildings Directive
- EPBD pakket aan CEN normen bevat 1 norm specifiek over binnenmilieu, met o.a. eisen minimum verse luchttoevoer, installatiegeluid, tocht risico etcetera



Voor meer info:  
[www.buildingsplatform.eu](http://www.buildingsplatform.eu)



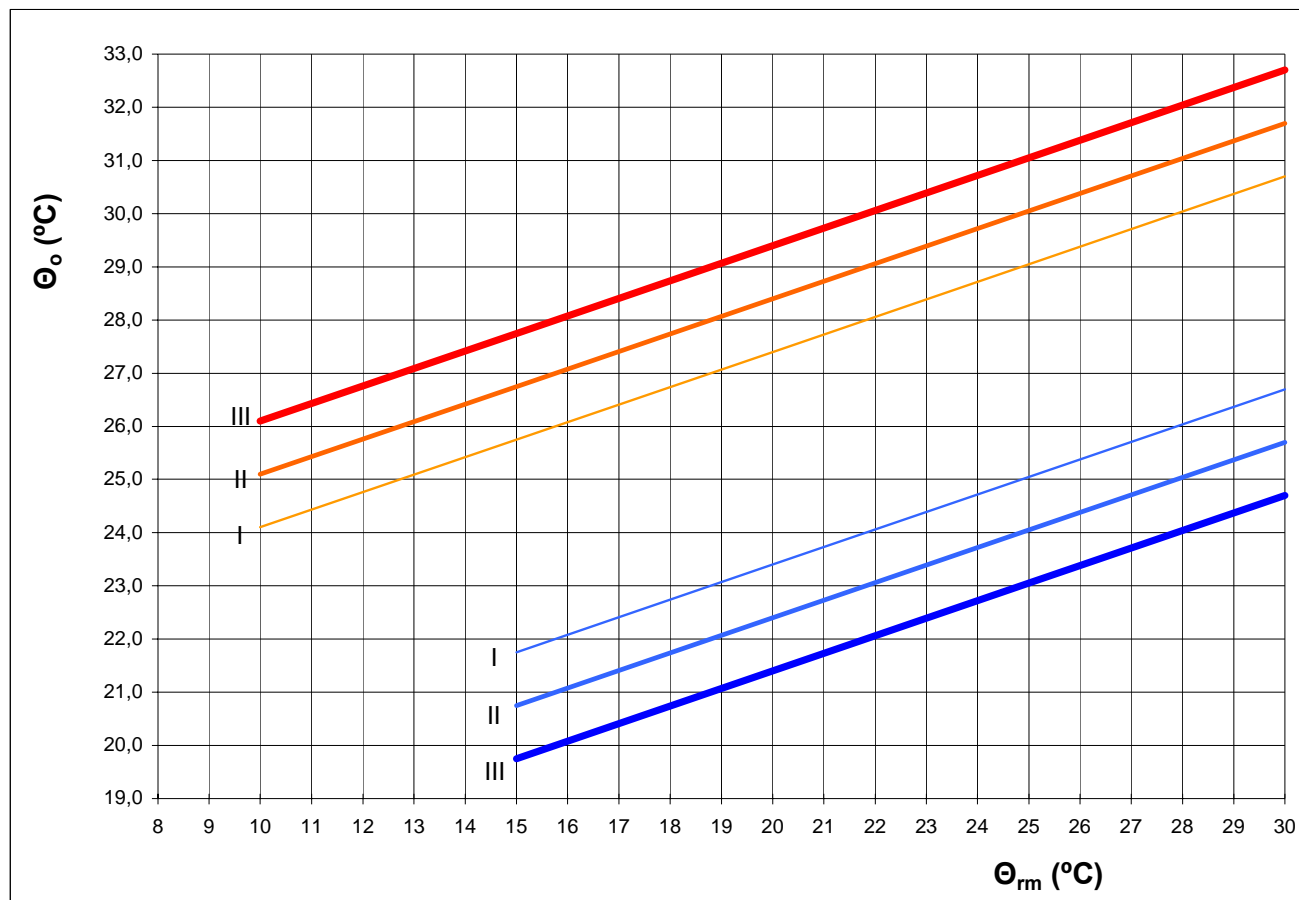
# Standaard eisen thermisch binnenklimaat in PrEN 15251

**Table 1:** Example criteria for PMV-PPD and operative temperature for e.g. office buildings

Class	Comfort requirements		Temperature range	
	PPD	PMV	Winter(1.0clo/1.2met)	Summer(0.5clo/1.2 met)
	[%]	[/]	[°C]	[°C]
A	< 6	-0.2 < PMV < + 0.2	21-23	23.5-25.5
B	< 10	-0.5 < PMV < + 0.5	20-24	23.0-26.0
C	< 15	-0.7 < PMV < + 0.7	19-25	22.0-27.0

# Figuur A1 PrEN 15251 (Annex A2)

## Adaptieve temperatuurgrenswaarden in gebouwen *zonder actief koelsysteem*



## X- en Y-as

- Y-as = Operatieve temperatuur binnen
- X-as = 'Outdoor Running Mean Temperature'

- Berekend met de volgende formule:

$\Theta_{rm} = (1 - \alpha) \cdot \{ \Theta_{ed-1} + \alpha \cdot \Theta_{ed-2} + \alpha^2 \Theta_{ed-3} \dots \}$ , waarbij  $\alpha = 0,8$  en  $\Theta_{ed-1}$  is 'daily mean external temperature for the previous day',  $\Theta_{ed-2}$  is 'daily mean external temperature for the day before' etc.

- Versimpelde versie:

$$\Theta_{rm} = (\Theta_{ed-1} + 0,8 \Theta_{ed-2} + 0,6 \Theta_{ed-3} + 0,5 \Theta_{ed-4} + 0,4 \Theta_{ed-5} + 0,3 \Theta_{ed-6} + 0,2 \Theta_{ed-7}) / 3,8$$

## De lijnen

**Category I** ('klasse A') (10% dissatisfied):

bovenlijn:  $\Theta_{i \max} = 0,33\Theta_{rm} + 18,8 + 2$

onderlijn:  $\Theta_{i \min} = 0,33 \Theta_{rm} + 18,8 - 2$

**Category II** ('klasse B') (20% dissatisfied) :

bovenlijn:  $\Theta_{imax} = 0,33\Theta_{rm} + 18,8 + 3$

onderlijn:  $\Theta_{i \min} = 0,33 \Theta_{rm} + 18,8 - 3$

**Category III** ('klasse C') (35% dissatisfied):

bovenlijn:  $\Theta_{i \max} = 0,33 \Theta_{rm} + 18,8 + 4$

onderlijn:  $\Theta_{i \min} = 0,33 \Theta_{rm} + 18,8 - 4$



## Verdere toelichting Annex A2 PrEN 15251

- Gebaseerd op **EU SCATS database** (onderzoek 25 kantoorgebouwen over heel EU) die vrijwel zelfde uitkomsten geeft als database DeDear & Brager
- In **stookseizoen** gelden zelfde eisen als in ‘type beta’ gebouwen
- *‘values annex A2 can be used in spaces with mainly sedentary activities, where there is **easy access to operable windows** and occupants may **freely adapt their clothing** to the indoor and/or outdoor thermal conditions’*
- *‘There must be **no mechanical cooling** in operation in the space. Mechanical **ventilation with unconditioned air may be utilized**, but opening and closing of windows must be of primary importance as a means of regulating thermal conditions in the space.’*

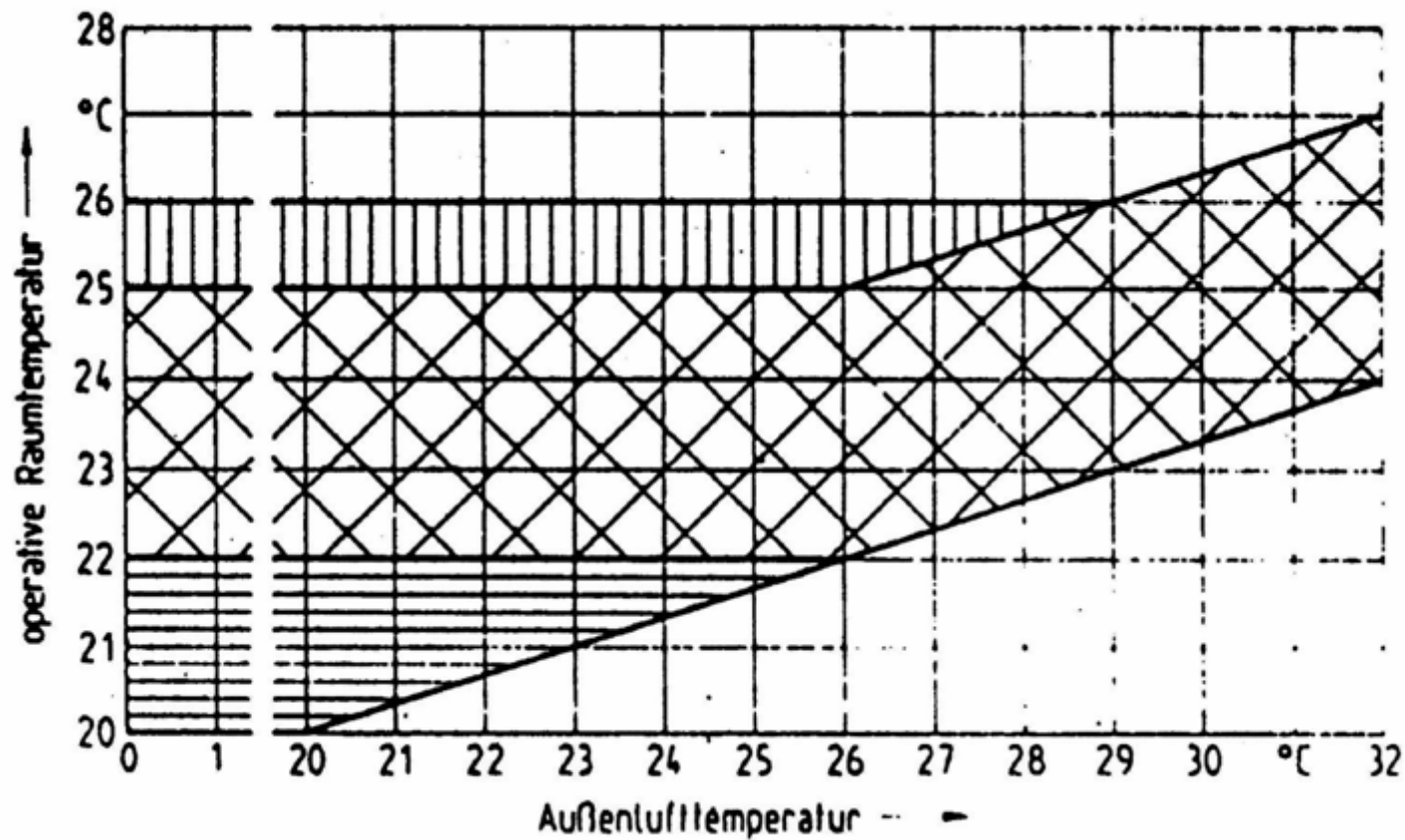


## Verdere toelichting Annex A2 PrEN 15251

- *‘There may in addition be other low-energy methods of personally controlling the indoor environment such as **fans, shutters, night ventilation** etc.’*
- *‘The (summer) temperature limits presented in this Annex are primarily based on studies in office buildings. Nevertheless, based on general knowledge on thermal comfort and human responses, the assumption can be made that the limits may **apply to other (comparable) buildings** with mainly sedentary activities like residential buildings.’*
- *‘In **landscaped (open plan) offices** most occupants have only limited access to operable windows and therefore poor control over natural ventilation. Therefore: the temperature limits presented in this Annex may not always apply in such situations.’*

## Oude bekende: DIN 1946

- Titel: “*Raumluftechnik: Gesundheitstechnische Anforderungen*”





# Ook de VS doet mee: ASHRAE Standard 55: 'summer design temperatures for 'occupant controlled' buildings'

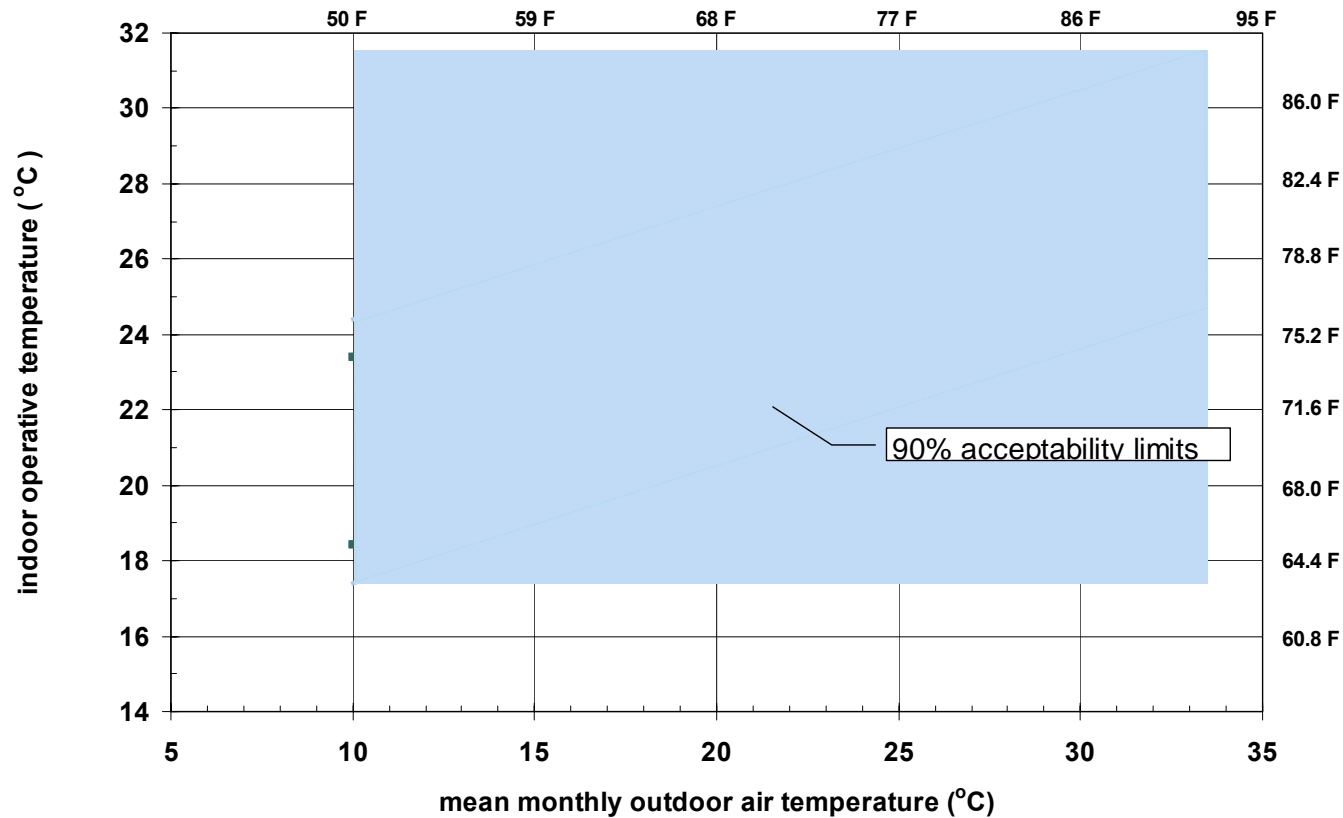


Fig 5.3. Acceptable operative temperature ranges for naturally conditioned spaces



# Conclusies

---

Klimaatplafonds, BKA, vloer/wandverwarming(koeling) hebben veel voordelen t.a.v. thermisch comfort, luchtkwaliteit en veiligheid

Aandachtspunten zijn o.a. regelbaarheid (beïnvloeding) en akoestiek (bij BKA)

Indien aan bepaalde randvoorwaarden voldaan wordt (te openen ramen, geen kledingprotocol) kunnen de adaptieve grenswaarden uit PrEN 15251 als ontwerpwaarden gehanteerd worden bij m.n. BKA en wand/vloer verwarming/koeling