

# Kmo Reno

## Hygrothermische simulaties

**KU LEUVEN**

Barbara Joseph  
Hilde Breesch

# Inhoud

## Vochtsimulaties

- Types opbouwen
- Randvoorwaarden
- Prestatiecriteria
- Methode
- Resultaten
  - Opbouw 1: Cellenbeton
  - Opbouw 2: Sandwichpanelen
  - Opbouw 3: Binnendozen
- Conclusies
- Aanbevelingen

# Vochtsimulaties

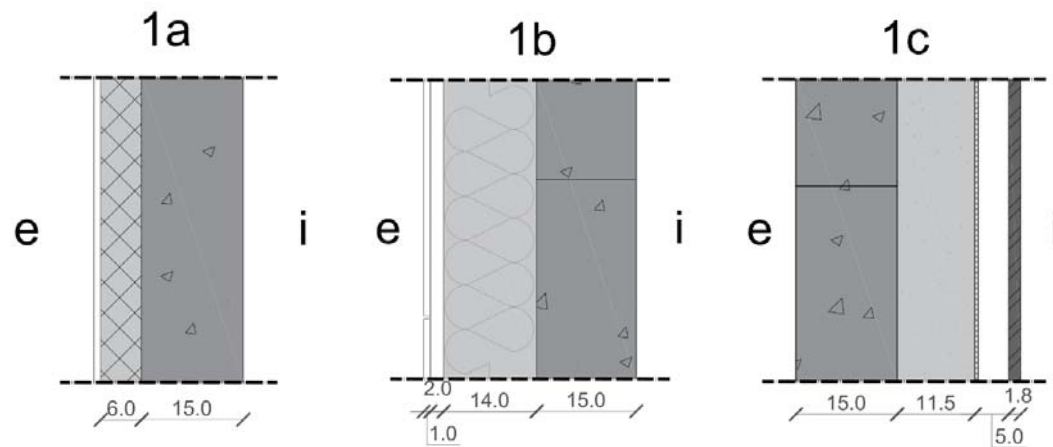
## Types opbouwen

# Vochtsimulaties

## Types opbouwen

KU LEUVEN

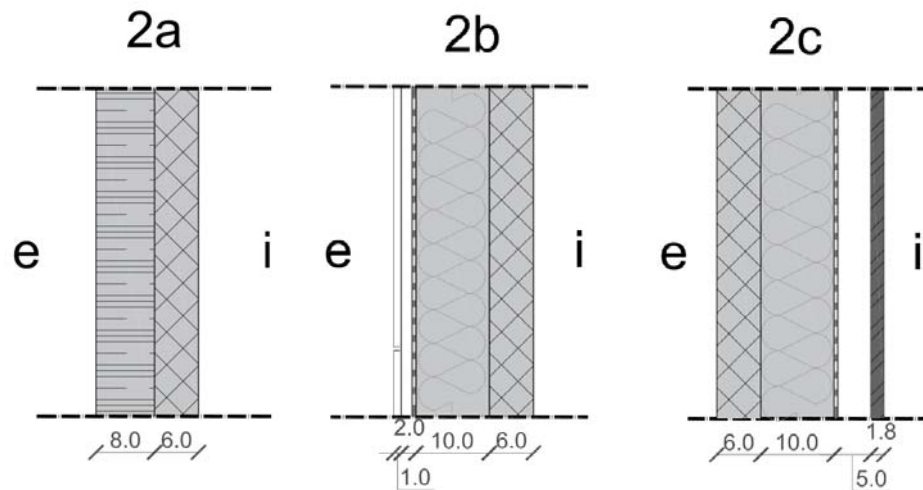
### 1: Cellenbeton



# Vochtsimulaties

## Types opbouwen

### 2: Sandwichpanelen

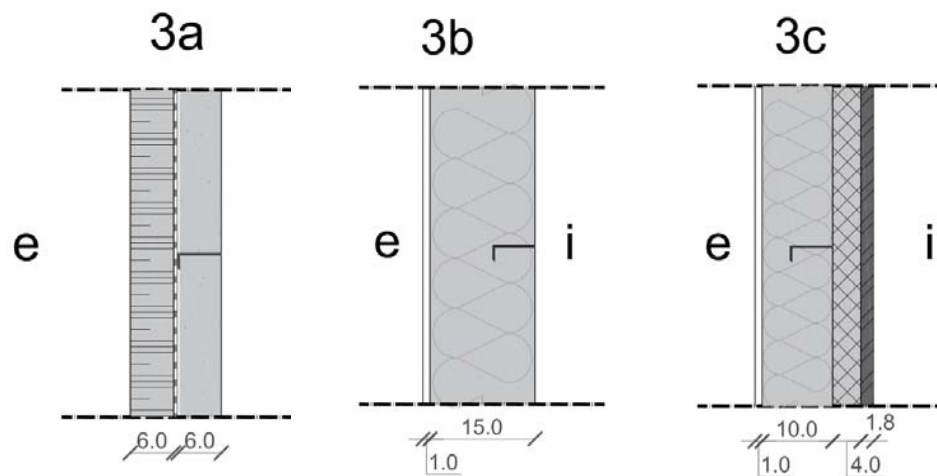


# Vochtsimulaties

## Types opbouwen

KU LEUVEN

### 3: Binnendozen met glaswol



# Vochtsimulaties

## Randvoorwaarden

# Vochtsimulaties

## Randvoorwaarden

- Oriëntatie: Zuidwest gevel
- Buitentemperatuur: climatefile Essen
- Relatieve vochtigheid exterieur: climatefile Essen
- Regenmodel: Essen (zie studie Nathan Vandenbossche)
- **Binnentemperatuur:** bepalen van 2 verschillende temperatuurzones: adhv Annex A van EN 13788
  - Tussen 16-25°C
  - Tussen 20-25°C
- **Relatieve vochtigheid:** te bepalen binnen de Belgische klimaatklassen (gerekend met de bovengrenswaarden van de dampdrukken) (TV 215 WTCB)
  - BKK1
  - BKK2
  - BKK3



# Vochtsimulaties

## Randvoorwaarden

### 8 Climatefiles voor KMO gebouwen

- Twee verschillende climatefiles temperatuur:
  - 16-25°C
  - 20-25°C
- Zes verschillende climatefiles relatieve vochtigheid:
  - BKK 1 – temp 16-25°C
  - BKK 1 – temp 20-25°C
  - BKK2 – temp 16-25°C
  - BKK 2 – temp 20-25°C
  - BKK3 – temp 16-25°C
  - BKK3 – temp 20-25°C
- Vanaf BKK4 is een specifieke studie nodig

Tabel 12 Binnenklimaatklassen.

BINNENKLIMAAT-KLASSEN	VOORBEELDEN	JAARGEMIDDELTE DAMPDrukKEN BINNEN $p_i$ (Pa)	GEMIDDELTE DAMP-DrukVERSCHILLEN GEDURENDE VIER WEKEN ( $p_i - p_e$ ) (Pa) (*)
I Gebouwen met weinig tot geen permanente vochtproductie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stapelplaatsen voor droge goederen</li> <li>- kerken, toonzalen, garages, werkplaatsen</li> </ul>	$1100 \leq p_i < 1165$	$< 159 - 10 \cdot \theta_e$ (**)
II Gebouwen met beperkte vochtproductie per m <sup>3</sup> en goede ventilatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- grote woningen</li> <li>- scholen</li> <li>- winkels</li> <li>- niet-geklimatiseerde kantoren</li> <li>- sportzalen en polyvalente hallen</li> </ul>	$1165 \leq p_i < 1370$	$< 436 - 22 \cdot \theta_e$
III Gebouwen met een belangrijkere vochtproductie per m <sup>3</sup> en matige tot voldoende ventilatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (kleine) woningen, flats</li> <li>- ziekenhuizen, verzorgings-tehuizen</li> <li>- verbruikszalen, restaurants, feestzalen, theaters</li> <li>- laaggeklimatiseerde gebouwen (RV <math>\leq 60</math> %)</li> </ul>	$1370 \leq p_i < 1500$	$< 713 - 22 \cdot \theta_e$
IV Gebouwen met hoge vochtproductie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hooggeklimatiseerde gebouwen (RV <math>&gt; 60</math> %)</li> <li>- hydrotherapieruimten</li> <li>- zwembaden (overdekt)</li> <li>- vochtige industriële ruimten zoals : wasserijen, drukkerijen, brouwerijen, papierfabrieken</li> </ul>	$p_i \geq 1500$ , voor deze TV beperkt tot 3000 Pa	$> 713 - 22 \cdot \theta_e$

Opmerking : gebouwen in overdruk, gebouwen met een sterk wisselend vochtgehalte (bv. dansings) of daken met een geïsoleerd verlaagd plafond vergen een speciale bouwphysische studie.  
 (\*) Stemt overeen met afbeelding 34.  
 (\*\*)  $\theta_e$  = de buitentemperatuur.

# Vochtsimulaties

## Prestatiecriteria

# Vochtsimulaties

## Prestatiecriteria

### 1. Schimmelgroei adhv Mould index (VTT mould model, Hukka & Viitanen, 1999)

0 No growth
1 Small amounts of mould on surface (microscope), initial stages of local growth
2 Several local mould growth colonies on surface, <10% coverage (microscope)
3 Visual findings of mould on surface, <10% coverage (visual), or <50% coverage of mould (microscope)
4 Visual findings of mould on surface, 10%-50 % coverage (visual), or <50% coverage of mould (microscope)
5 Plenty of growth on surface, >50% coverage (visual)
6 Heavy and tight growth, coverage about 100%



### 2. Inwendige condensatie/ hoeveelheid water in de wandopbouw

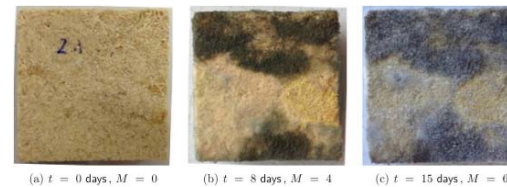
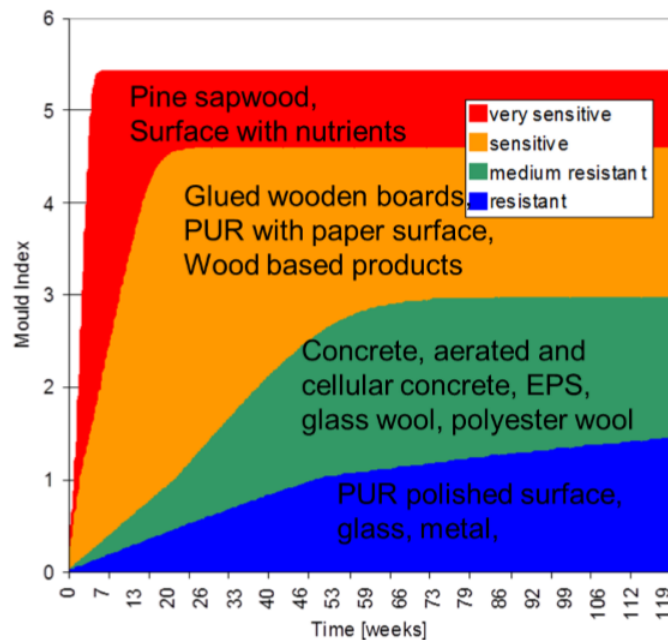
- Op meest kritische plaats (vb. koude zijde isolatie). Limiet is  $0,2\text{kg/m}^2$  (TVN 215)
- De hoeveelheid vocht gerekend vanaf 95% relatieve vochtigheid op het oppervlak

# Vochtsimulaties

## Prestatiecriteria

Opmerking bij Mould index: output hangt samen met materiaal van het oppervlak

### Mold growth sensitivity classes

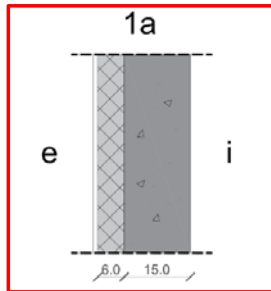


# Methode

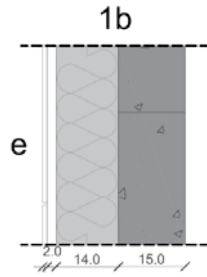
# Matrix

Cellenbeton 15cm

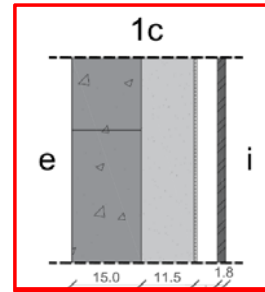
Isolatie buitenzijde SP



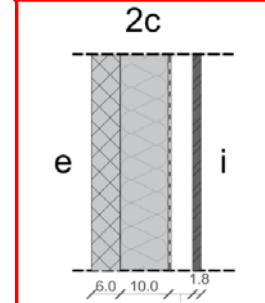
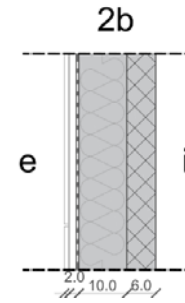
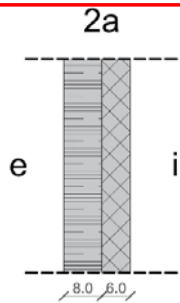
Isolatie buitenzijde MW



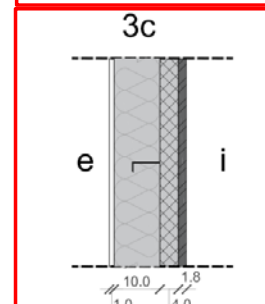
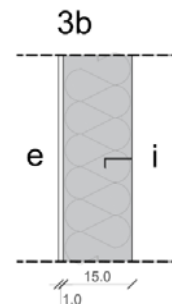
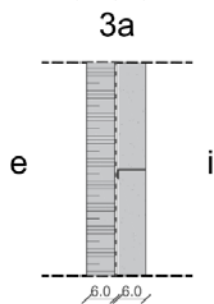
Isolatie binnenzijde



Sandwichpaneel 6cm



Binnendozen met  
glaswol en bardage  
6+6cm



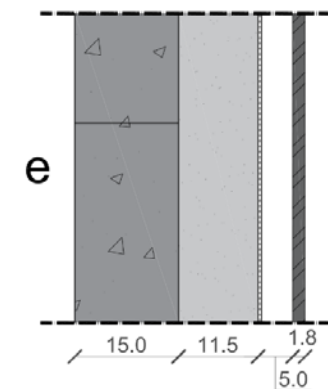
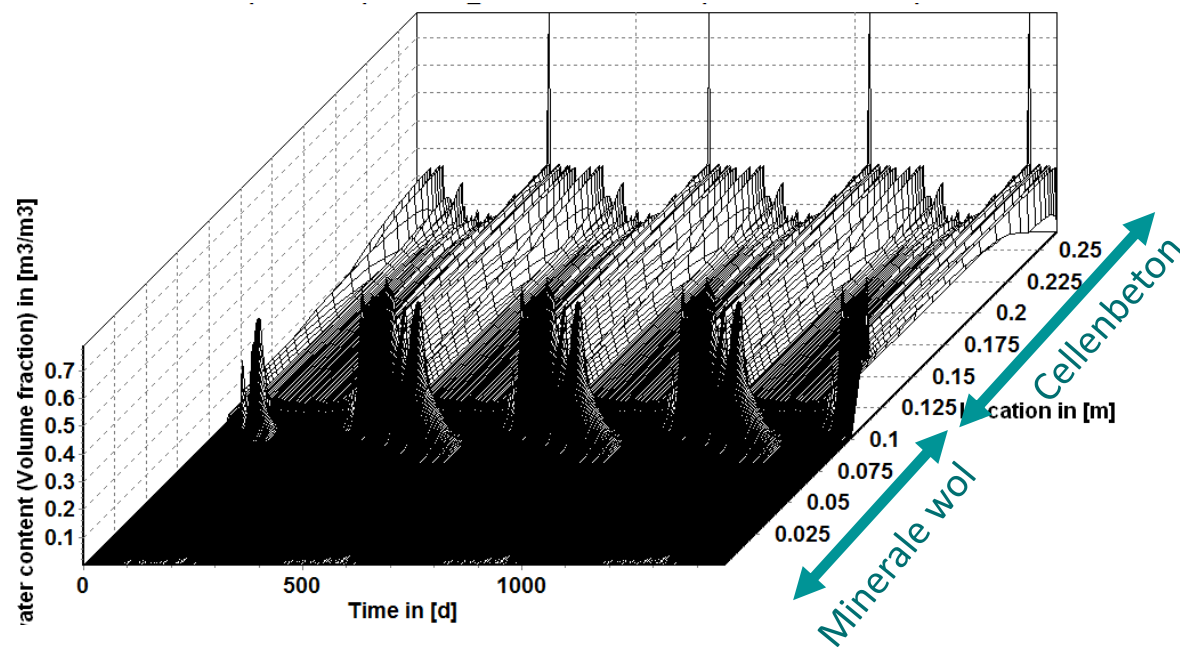
## Keuze uit te voeren vochtsimulaties

- Meest risicovolle ingreep is isolatie langs de binnenzijde -> Model 1C, 2C en 3C
- Model 1a, nagaan wat gebeurt met het aanwezige vocht in cellenbeton, na plaatsing buitenisolatie

# Methode Delphin

## HAM-simulatieprogramma Delphin

- Delphin is een dynamisch simulatieprogramma van Bauklimatik Dresden voor het gekoppeld warmte-, vocht- en massatransport in bouwmaterialen. Simulaties over 4 jaar tijd.



Voorbeeld output  
Delphin:  
Liquid content

**Resultaten**

**Opbouw 1: Cellenbeton**



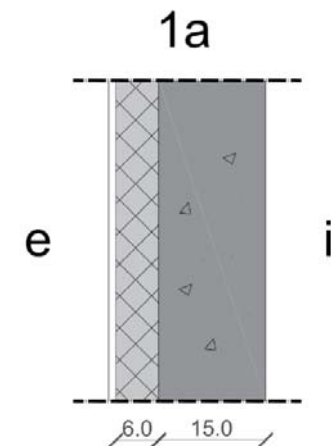
# Resultaten

## Opbouw 1: Cellenbeton

### Opbouw 1 A : Sandwichpanelen – Cellenbeton

Resultaten in beide temperatuurzones 20-25°C en 16-25°C  
in binnenklimaatklassen BKK1, 2 en 3

		Temp 20-25	Temp 16-25	Temp 20-25	Temp 16-25
		Mould index	Mould index	Interstitial Condensation	Interstitial condensation
Model IA	ICC 1	0	0	0 kg/m <sup>2</sup>	0 kg/m <sup>2</sup>
	ICC 2	0	0	0 kg/m <sup>2</sup>	0 kg/m <sup>2</sup>
	ICC 3	0	0	0 kg/m <sup>2</sup>	0 kg/m <sup>2</sup>



 Laag risico

 Medium risico

 Groot risico

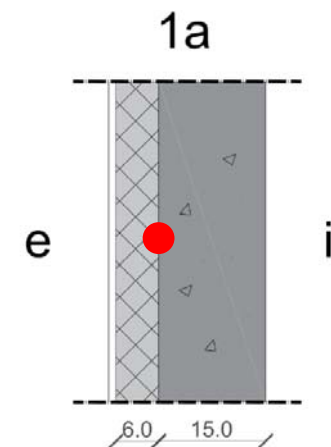
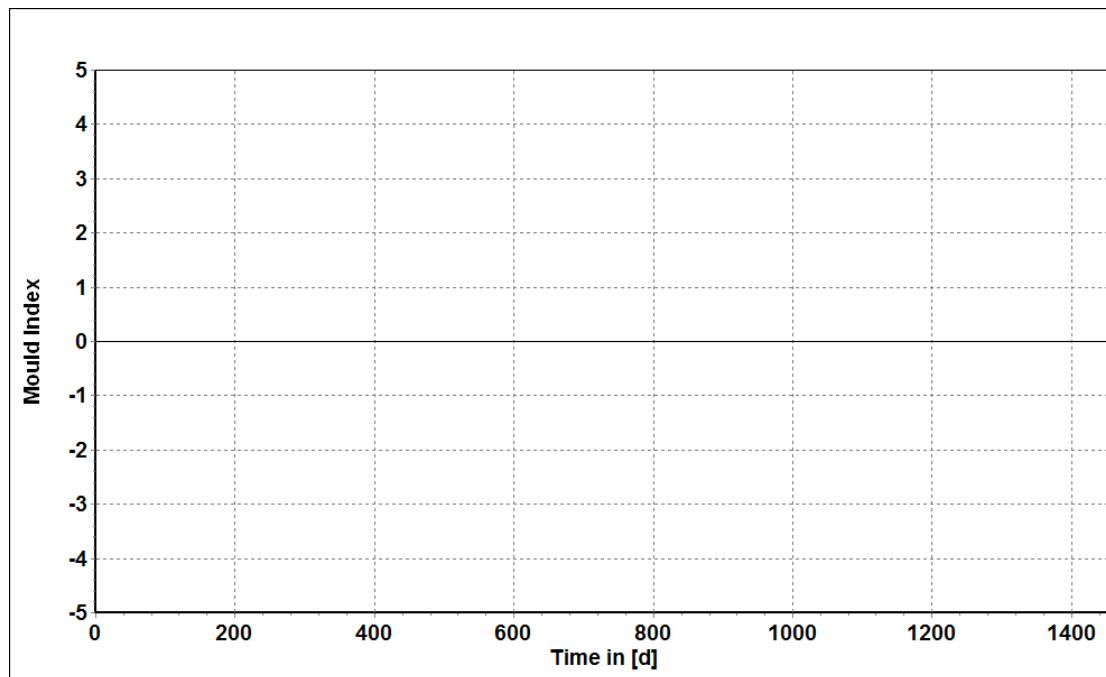
# Resultaten

## Opbouw 1: Cellenbeton

KU LEUVEN

### Opbouw 1 A : Sandwichpanelen – Cellenbeton

Schimmelgroei voor model 1A (gemeten op binnenvlak sandwichpanelen)



Algemene conclusie schimmelgroei:  
Geen risico voor alle BKK's  
0 No growth

# Resultaten

## Opbouw 1: Cellenbeton

KU LEUVEN

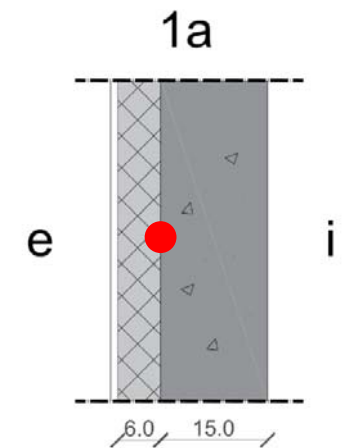
### Opbouw 1 A : Sandwichpanelen – Cellenbeton

Hoeveelheid condens op koudste vlak isolatie

Geen inwendige condensatie

Conclusies

- Laag risico op schimmelgroei
- Laag risico op inwendige condensatie
- Er is geen hoge regenbelasting op het cellenbeton, gelet op een goede plaatsing van de sandwichpanelen



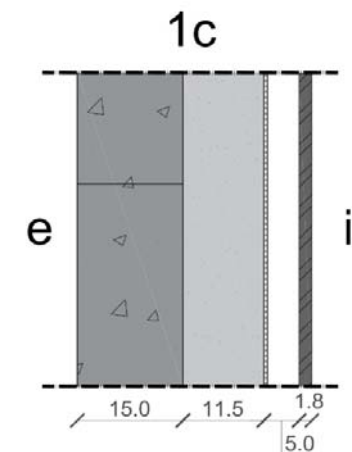
# Resultaten

## Opbouw 1: Cellenbeton

### Opbouw 1 C : Cellenbeton-MW-Dampscherm

Resultaten in beide temperatuurzones 20-25°C en 16-25°C  
in binnenklimaatklassen BKK1, 2 en 3

		Temp 20-25	Temp 16-25	Temp 20-25	Temp 16-25
		Mould index	Mould index	Interstitial Condensation/ Water mass density	Interstitial condensation/ Water mass density
Model IC	ICC 1	>3	>3	>0,2 kg/m <sup>2</sup>	>0,2 kg/m <sup>2</sup>
	ICC 2	>3	>3	>0,2 kg/m <sup>2</sup>	>0,2 kg/m <sup>2</sup>
	ICC 3	>3	>3	>0,2 kg/m <sup>2</sup>	>0,2 kg/m <sup>2</sup>



Laag risico

Medium risico

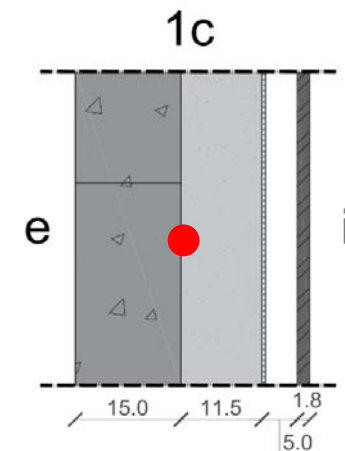
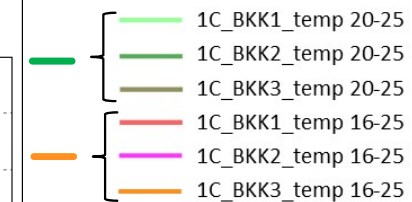
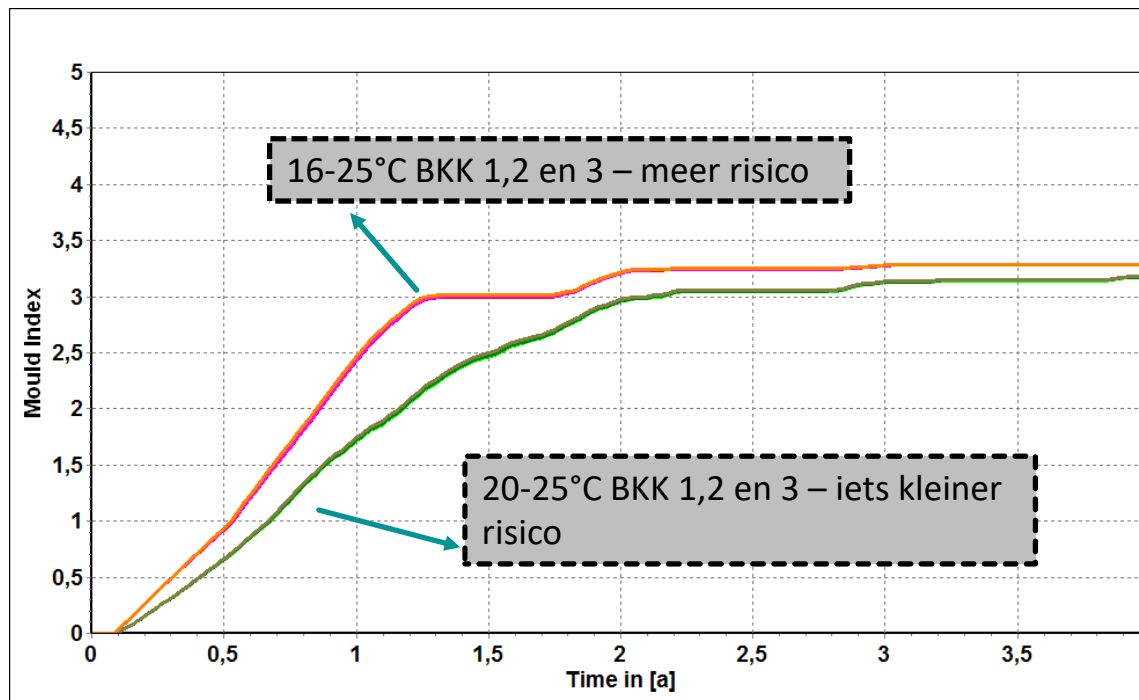
Groot risico

# Resultaten

## Opbouw 1: Cellenbeton

### Opbouw 1 C : Cellenbeton-MW-Dampscherm

Schimmelgroei voor model 1C (gemeten op koudste vlak mw): medium resistant



Algemene conclusie:

Groot risico schimmelgroei in alle BKK's:

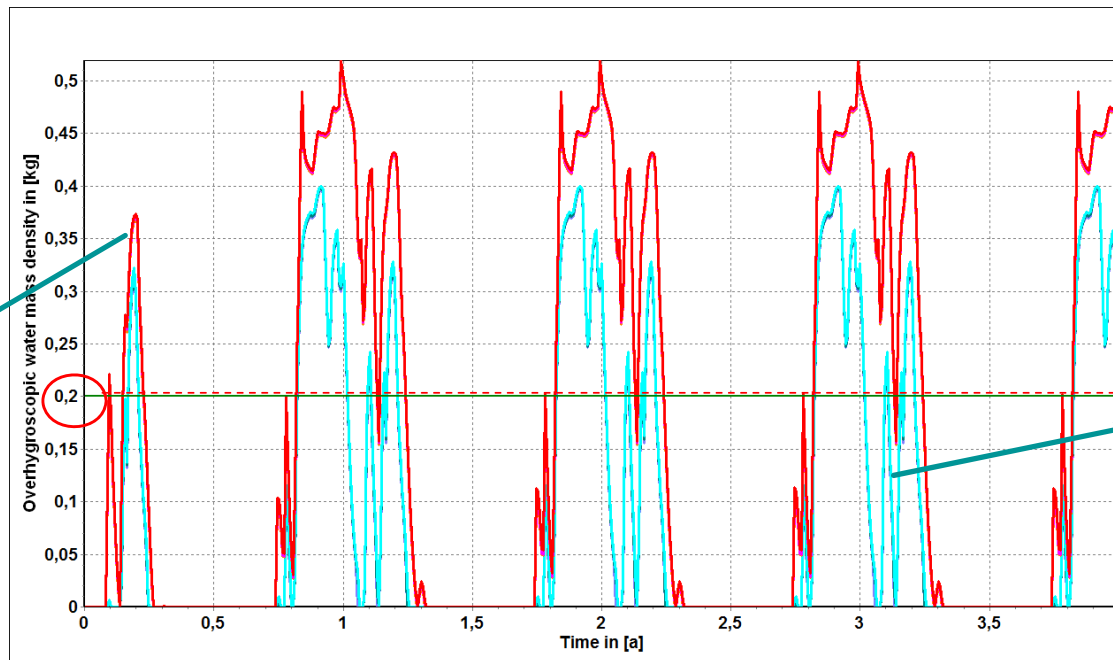
3 Visual findings of mould on surface, <10% coverage (visual), or <50% coverage of mould (microscope)

# Resultaten

## Opbouw 1: Cellenbeton

### Opbouw 1 C : Cellenbeton-MW-Dampscherm

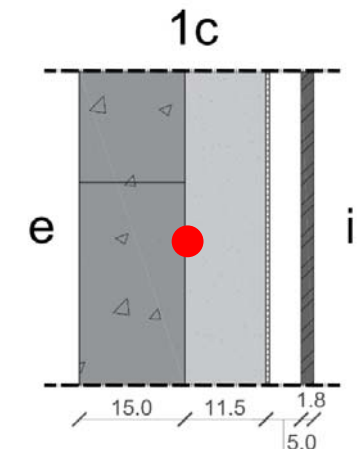
Hoeveelheid watermassa op koudste vlak MW



16-25°C  
BKK 1,2  
en 3 –  
meer  
vocht

- 1C\_BKK1\_temp 20-25
- 1C\_BKK2\_temp 20-25
- 1C\_BKK3\_temp 20-25
- 1C\_BKK1\_temp 16-25
- 1C\_BKK2\_temp 16-25
- 1C\_BKK3\_temp 16-25

20-25°C BKK  
1,2 en 3 – iets  
minder vocht



Algemene conclusie: inwendige  
condensatie/ hoeveelheid watermassa  
> Toelaatbare hoeveelheid 0,2 kg/m<sup>2</sup>

# Resultaten

## Opbouw 1: Cellenbeton

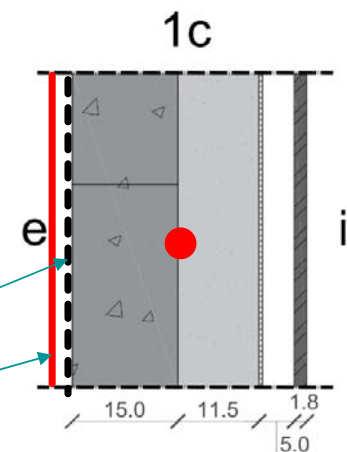
### Opbouw 1 C : Cellenbeton-MW-Dampscherm

#### Conclusies

- Hoog risico op schimmelgroei op korte termijn
- Hoog risico op grote hoeveelheid water op koude vlak van de isolatie
- Grootste oorzaak is de hoge vochtigheid door regenbelasting op cellenbeton.

#### ➤ Technische aanbevelingen

- Plaatsen van hydrofuge : getest -> geen inwendige condensatie, klein risico op schimmelgroei, maar wel een stijgende trend.
- Plaatsen geventileerd regenscherm: geen condensatie en Mould index =0.
- Voor opbouw isolatie beter geen woodbased producten gebruiken



**Resultaten**

**Opbouw 2: Sandwichpanelen**



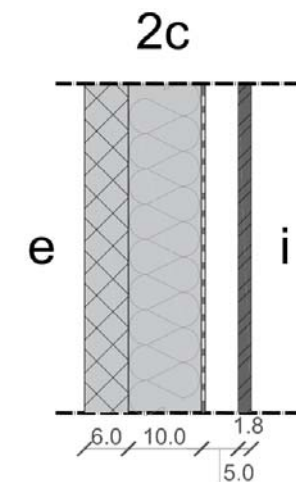
# Resultaten

## Opbouw 2: Sandwichpanelen

### Opbouw 2C : Sandwichpanelen-rotswol-Dampscherm

Resultaten in beide temperatuurzones 20-25°C en 16-25°C in binnenklimaatklassen BKK1, 2 en 3

		Temp 20-25	Temp 16-25	Temp 20-25	Temp 16-25
		Mould index	Mould index	Interstitial Condensation	Interstitial condensation
Model 2C	ICC 1	0	0	0 kg/m <sup>2</sup>	0 kg/m <sup>2</sup>
	ICC 2	Max 0,025	Max 0,2	0 kg/m <sup>2</sup>	<0,2 kg/m <sup>2</sup>
	ICC 3	3	3	<0,2 kg/m <sup>2</sup>	<0,2 kg/m <sup>2</sup>



 Laag risico

 Medium risico

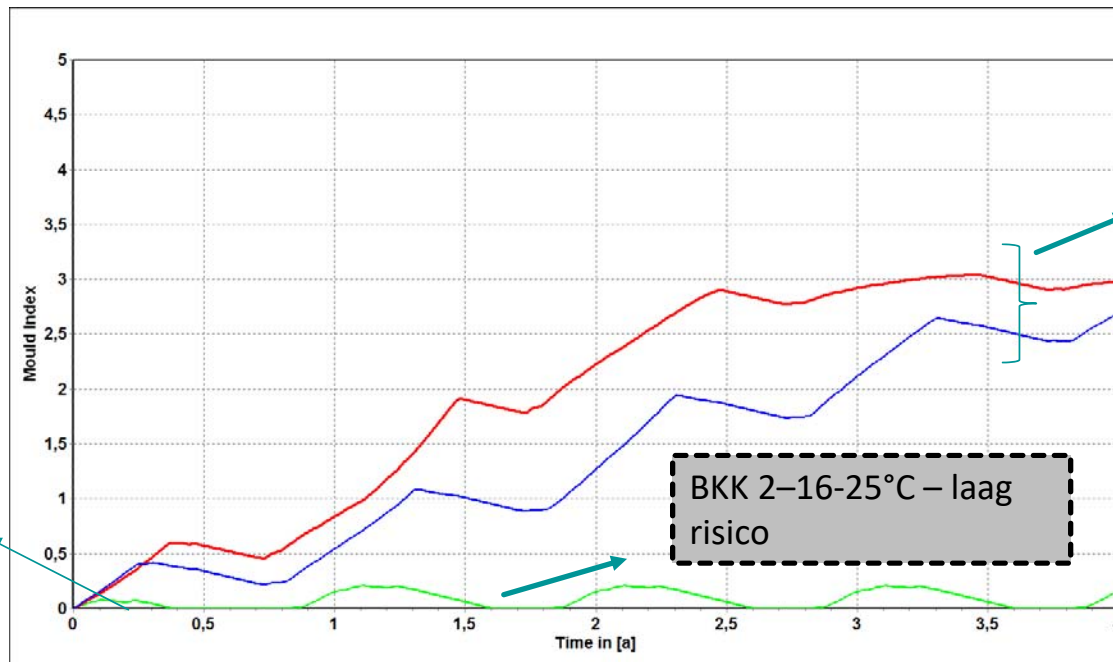
 Groot risico

# Resultaten

## Opbouw 2: Sandwichpanelen

### Opbouw 2C : Sandwichpanelen-rotswol-Dampscherm

Schimmelgroei voor model 2C (gemeten op koudste vlak mw): medium resistant

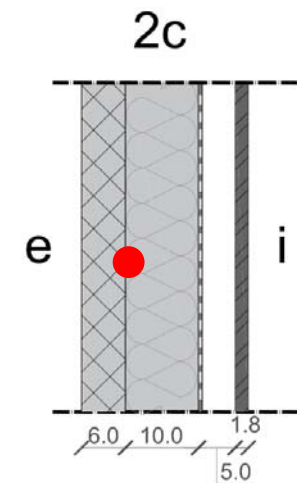


- 2C\_BKK3\_temp 16-25
- 2C\_BKK3\_temp 20-25
- 2C\_BKK2\_temp 16-25

Vanaf BKK 3 – Reeël risico op mould growth

BKK 2–16-25°C – laag risico

Onzichtbaar op grafiek: BKK 1 en BKK 2 met temp 20-25°C–index quasi 0



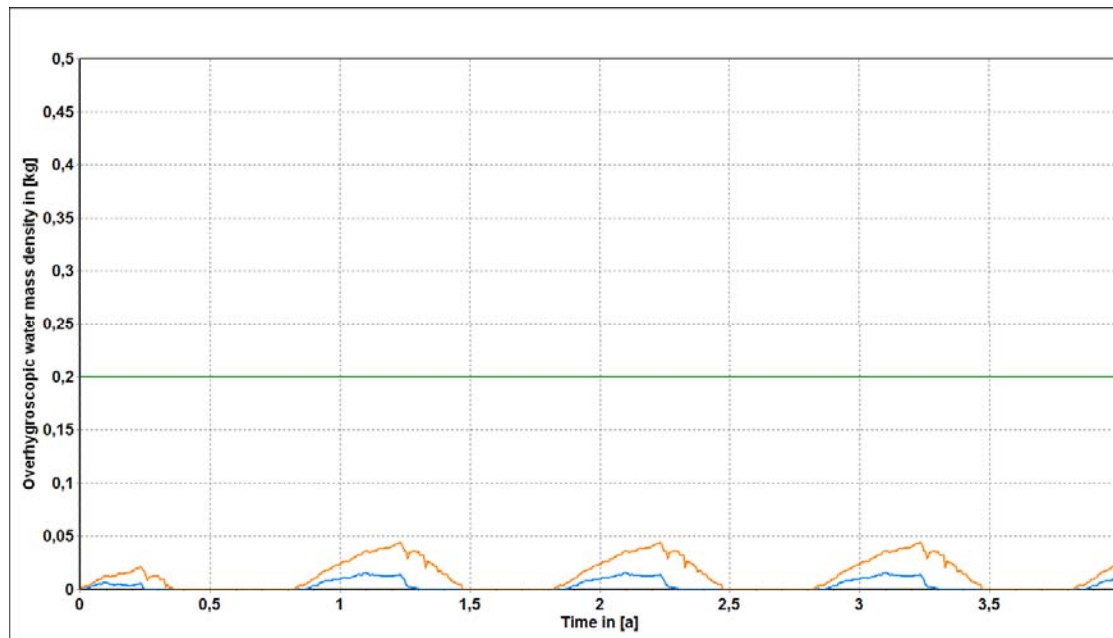
Algemene conclusie :  
Risico schimmelgroei vanaf BKK 3 in stijgende lijn

# Resultaten

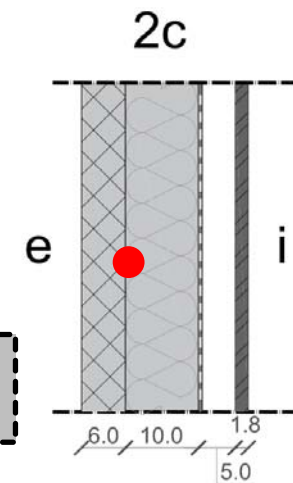
## Opbouw 2: Sandwichpanelen

### Opbouw 2C : Sandwichpanelen-rotswol-Dampscherm

Hoeveelheid condens op koudste vlak MW



— 2C\_BKK3\_temp 20-25  
— 2C\_BKK3\_temp 16-25



Vanaf BKK 3 – is condensatie mogelijk

Algemene conclusie inwendige condensatie: tot max 0,045 kg < toelaatbare hoeveelheid 0,2 kg/m<sup>2</sup>

# Resultaten

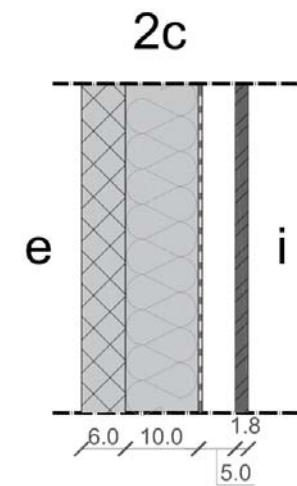
## Opbouw 2: Sandwichpanelen

KU LEUVEN

### Opbouw 2C : Sandwichpanelen-rotswol-Dampscherm

Conclusies

- Reeël risico op schimmelgroei vanaf BKK 3
- Laag risico op inwendige condensatie, blijft lager dan de toelaatbare hoeveelheid



**Resultaten**

**Opbouw 3: Binnendozen**

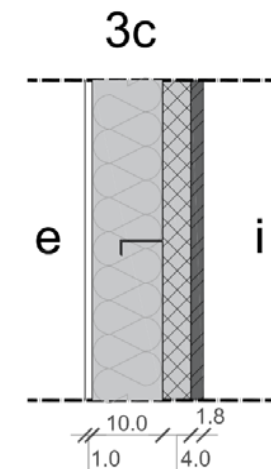
# Resultaten

## Opbouw 3: Binnendozen

### Opbouw 3C : Bardage –MW-binnendozen –eurothane G

Resultaten in beide temperatuurzones 20-25°C en 16-25°C in binnenklimaatklassen BKK1, 2 en 3

		Temp 20-25	Temp 16-25	Temp 20-25	Temp 16-25
		Mould index	Mould index	Interstitial Condensation	Interstitial condensation
Model 3C	ICC 1	0	0	0 kg/m <sup>2</sup>	0 kg/m <sup>2</sup>
	ICC 2	Max 0,010	Max 0,13	0 kg/m <sup>2</sup>	0 kg/m <sup>2</sup>
	ICC 3	Max 0,6	2,5	0 kg/m <sup>2</sup>	<0,2 kg/m <sup>2</sup>



Laag risico

Medium risico

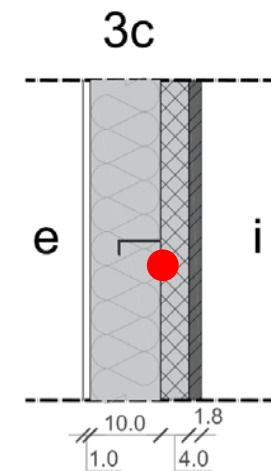
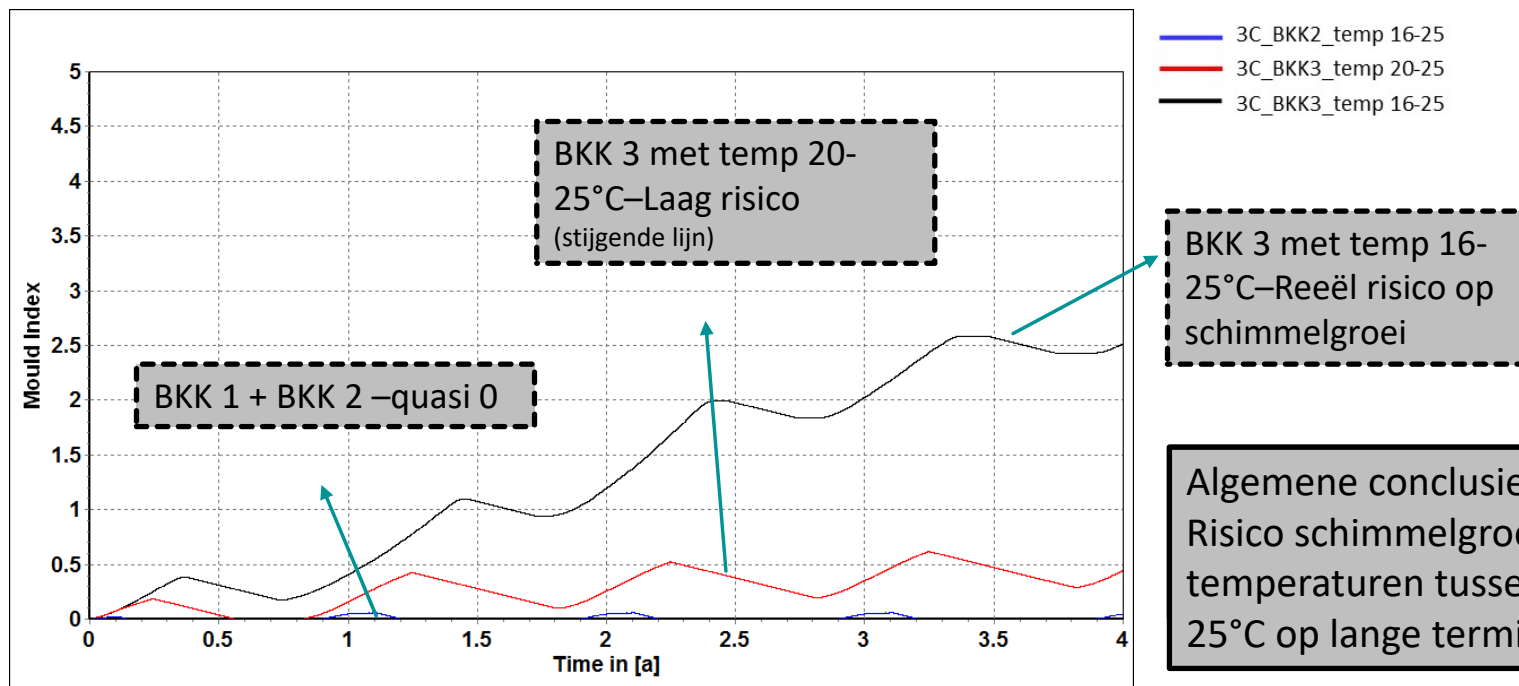
Groot risico

# Resultaten

## Opbouw 3: Binnendozen

### Opbouw 3C : Bardage –MW-binnendozen – eurothane G

Schimmelgroei voor model 3C (gemeten op koudste vlak PIR)



Algemene conclusie :  
Risico schimmelgroei vanaf BKK 3 met temperaturen tussen 16-25°C. Bij temp 20-25°C op lange termijn

# Resultaten

## Opbouw 3: Binnendozen

KU LEUVEN

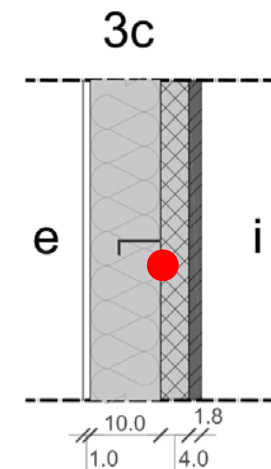
### Opbouw 3C : Bardage –MW-binnendozen –eurothane G

Hoeveelheid condens op koudste vlak PIR

Geen inwendige condensatie

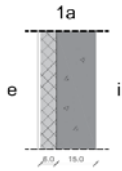
Conclusies

- Risico op schimmelgroei bij BKK3 en temp tussen 16-25°C. Op lange termijn kan het toepassen bij BKK3 met temp tussen 20-25°C risico's inhouden.
- Geen risico op inwendige condensatie



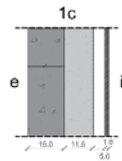


# Conclusies



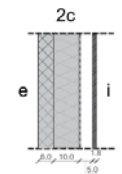
**Opbouw 1 A : Sandwichpanelen – Cellenbeton**

Schimmelgroei: Laag risico in alle BKK's	
Inwendige condensatie: geen	



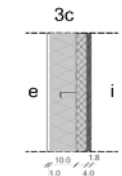
**Opbouw 1 C : Cellenbeton-MW-Dampscherm**

Schimmelgroei : Hoog risico in alle BKK's	
Inwendige condensatie/ inwendige hoeveelheid water > toelaatbare hoeveelheid	



**Opbouw 2C : Sandwichpanelen-rotswol-Dampscherm**

Schimmelgroei : Medium risico in cases vanaf BKK 3	
Inwendige condensatie < toelaatbare hoeveelheid	

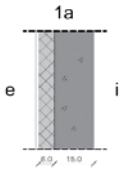


**Opbouw 3C : Bardage –MW-binnendozen – eurothane G**

Schimmelgroei : Risico in cases vanaf BKK 3	
Inwendige condensatie: geen	

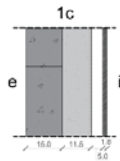
Laag risico
  Medium risico
  Groot risico

# Aanbevelingen



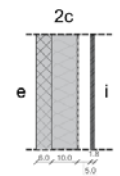
## Opbouw 1 A : Sandwichpanelen – Cellenbeton

- Nauwkeurige plaatsing vereist van de sandwichpanelen volgens de regels van de kunst
- Geen afwerking plaatsen aan de binnenzijde van het cellenbeton



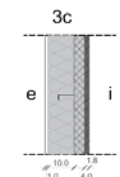
## Opbouw 1 C : Cellenbeton-MW-Dampscherm

- Plaatsen van een hydrofuge aan de buitenzijde van het cellenbeton of een regendichte geventileerde gevelafwerking
- Geen hout of materialen op basis van hout gebruiken om de isolatie te plaatsen. We verwijzen hiervoor naar de 'sensitivity classes' binnen het VTT mould model



## Opbouw 2C : Sandwichpanelen-rotswol-Dampscherm

- Niet aangeraden binnen gebouwen met binnenklimaatklasse hoger dan BKK2.
- Een diagnose van de bestaande gevel is aan te raden voordat er langs binnen geïsoleerd wordt.



## Opbouw 3C : Bardage –MW-binnendozen – eurothane G

- Niet aangeraden binnen gebouwen met binnenklimaatklasse hoger dan BKK2.

# Resultaten

## Opbouw 4:Silexpanelen

### Opbouw 4C : Silexpanelen met (beton B35 = C28/30), isolatie minerale wol 115 mm

Resultaten in beide temperatuurzones 20-25°C en 16-25°C in binnenklimaatklassen BKK1, 2 en 3

		Temp 20-25	Temp 16-25	Temp 20-25	Temp 16-25
		Mould index	Mould index	Interstitial Condensation	Interstitial condensation
Model 4C	ICC 1	0	0	0 kg/m <sup>2</sup>	0 kg/m <sup>2</sup>
	ICC 2	0	0	0 kg/m <sup>2</sup>	0 kg/m <sup>2</sup>
	ICC 3	Max 0,06 (stijgende trend)	Max 0,22 (stijgende trend)	0 kg/m <sup>2</sup>	0 kg/m <sup>2</sup>

 Laag risico

 Medium risico

 Groot risico