

Kom verder

SAXION

Bluedec® in product design

Isolatiemateriaal op basis van aerogel

Januari 2014

biomimicry NL

IBC Industrial Design Center

SAXION



regio Twente



provincie Overijssel

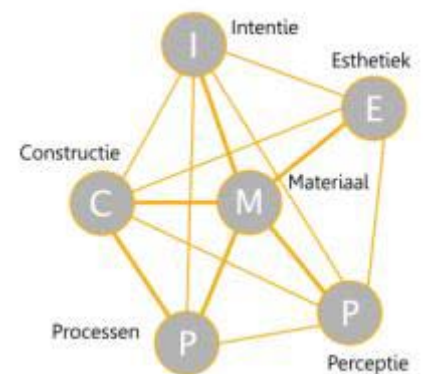
## Inleiding

Aerogel is een zeer kostbaar voor de ruimtevaart ontwikkeld basismateriaal. Bluedec is een isolatiemateriaal bestaande uit een non woven kunststof dat met deze aerogel geïmpregneerd is. Hierdoor ontstaat een zeer goed isolerend materiaal dat goedkoper is dan aerogel.

De warmtegeleidingscoëfficiënt van Bluedec in de basisuitvoering is  $0,0135 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

De warmtegeleidingscoëfficiënt van Bluedec in de basisuitvoering is  $0,0135 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Dat is lager dan conventionele isolatiematerialen, zie ook pagina 4. Voordeel hiervan is dat vergelijkbare of betere warmte-isolatie kan worden bereikt met respectievelijk minder of dezelfde isolatieruimte. Er zijn verschillende uitvoeringen van het materiaal waardoor het een temperatuurbereik van  $-270 \text{ }^\circ\text{C}$  tot  $+650 \text{ }^\circ\text{C}$  heeft. Bovendien is het een flexibel materiaal. Een nadeel is dat het basismateriaal stuift en daardoor voor veel toepassingen 'ingepakt' moet worden. Hier zijn diverse mogelijkheden voor.

Tevens is er een gevacumeerde versie met een warmtegeleidingscoëfficiënt van  $0,0045 \text{ W/m}^2\text{K}$  verkrijgbaar. Deze datasheet is opgebouwd in de PCMIEP-structuur met Bluedec als middelpunt. Zie de afbeelding hiernaast.





## Inhoud

Inleiding .....	1
Materiaal.....	3
Aerogel.....	3
Bluedec® .....	3
Stuiven .....	4
Kenmerkende eigenschappen .....	4
Bluedec varianten .....	5
Rekenen aan isolatie .....	6
Achtergrondkennis .....	6
Warmteoverdracht .....	6
Warmte-/ thermische isolatie .....	7
Figuur 7 - R-waarde dikte 5 cm.....	9
Proces.....	10
Shaping .....	10
Joining.....	10
Surface treatment .....	11
Coaten.....	11
Bluedec® inpakken in kunststof (folie): .....	11
Intentie .....	12
Wanneer Bluedec®? .....	12
Esthetiek.....	14
Perceptie.....	14
Constructie .....	14
Bronnen .....	15
Materiaalleverancier:.....	15



## Materiaal

### Aerogel

Bluedec bevat aerogel, een poreuze vaste stof door de NASA ontwikkeld die tot maximaal 99,98% uit lucht kan bestaan. Er zijn verschillende soorten aerogels. Toch worden degenen die op basis van silicium gemaakt zijn het meest gebruikt. Aerogels worden gemaakt door een geleïchtig materiaal, meestal silicium, te drogen. Het wordt ook wel omschreven als 'bevoren rook' of 'stilstaande fijne waterdamp'. Doordat het materiaal veel stilstaande lucht bevat isoleert het heel goed. De warmtegeleidingscoëfficiënt ligt tussen de 0,0135 en 0,004 W/m\*K. Nadeel van aerogel is de hoge kostprijs (\$ 100–150,- per kg)<sup>1</sup> [zie figuur 1]



Figuur 1 Aerogel

### Bluedec®

'Blue', aerogel ziet eruit als stilstaande waterdamp met een blauwe kleur. 'Dec' refereert aan een deken. Bluedec® staat dus voor: deken met aerogel. Het bestaat uit een non woven kunststof deken (materiaal wordt i.v.m. geheimhouding niet vermeld) die met aerogel geïmpregneerd wordt. De aerogel bevat veel stilstaande lucht, maar is zoals eerder vermeld relatief kostbaar. Door het non woven te impregneren creëert men stilstaande lucht met minder aerogel en blijft de isolatiewaarde aanzienlijk. De richtprijs is € 35,- per m<sup>2</sup>. Zie ook het hoofdstuk Intentie.



Figuur 2 Bluedec Basis (wit) en Gecoat (blauw)

<sup>1</sup> <http://www.alibaba.com/product-gs/614544283/aerogel.html?s=p> Laatst geraadpleegd op 27-2-2013



## Stuiven

Het materiaal (de aerogel) stuift bij verwerking uit het non woven. Mede daardoor is het in verschillende uitvoeringsvormen te verkrijgen: (on)gecoat of ingepakt en in een vacuüm versie, zie ook het hoofdstuk Bluedec varianten. De gecoat versie is stofdicht. Bij nabewerking (snijden) zal het materiaal weer iets gaan stuiven op de snijvlakken.

Classificatie: Conform de EU richtlijn 67/548/EEC of 1999/45/EC wordt het product niet als een gevaarlijke stof of preparaat geclassificeerd.

Algemeen: Het inhaleren van buitengewoon grote hoeveelheden stof, afkomstig van het product, kan mechanische irritatie veroorzaken.

## Kenmerkende eigenschappen

– Lage  $\lambda$  (warmtegeleidingscoëfficiënt) van 0,0135 W/mK. Zie onderstaande vergelijking met andere isolatiematerialen:

Materiaal	Warmtegeleidingscoëfficiënt (W/mK)
Bluedec® Basis	0,0135
Polystyreen schuim (EPS)	0,032– 0,04
Polyurethaan schuim (PUR)	0,025– 0,04
Glaswol	0,038–0,045

- Flexibel: goed buigbaar.
- Waterafstotend en dampdoorlatend. Het blijft op water drijven en zuigt zich niet vol met water.
- Lichtgewicht,  $\rho = 135 \text{ kg/m}^3$

De dichtheid is hoger, maar er is minder materiaal nodig dan bij PUR.

Materiaal	Dichtheid (kg/m <sup>3</sup> )	Massa (kg) per m <sup>2</sup> voor R= 5 m <sup>2</sup> K/W
Bluedec® Basis	135	9,1
Polystyreen schuim (EPS)	28–45	4,5 – 7,2
Polyurethaan schuim	75–85	9,4 – 10,6
Glaswol	22–200	4,2 – 38



### Bluedec varianten

Bluedec® is in totaal in 18 verschillende uitvoeringen verkrijgbaar. Het onderscheid zit in de afwerking (gecoat/ingepakt), materiaaldikte en brandklasse.

#### Drie afwerkingen:

- 'Basis' (warmtegeleidingscoëfficiënt 0,0135 W/m\*K)
- 'Gecoat' (warmtegeleidingscoëfficiënt 0,0135 W/m\*K)
- 'Gevacumeerd' (warmtegeleidingscoëfficiënt 0,0045 W/m\*K)\*

#### Twee\* materiaaldiktes:

- 5mm
- 10mm

Rolbreedte 145 cm

Standaard rollengte 50 m



Figuur 3 3x3x2=18 varianten

#### Drie brandklassen:

- C (gebruikstemperatuur -50°C en +200°C)
- A2 (gebruikstemperatuur -50°C en +350°C)
- XT (gebruikstemperatuur -50°C en +650°C)

Daarnaast zijn er nog mogelijkheden om materiaal te leveren voor cryogene toepassingen ( -270°C tot + 200 °C ). Vanwege de complexiteit van deze materie wordt daar in dit onderzoek niet nader op ingegaan. Informatie kunt u bij Bluedec opvragen.

**\*Let op: De gevacumeerde uitvoeringen mogen alleen tussen de -50 en +120°C worden gebruikt.**



## Rekenen aan isolatie

### Achtergrondkennis

Hier volgt een kort theoriegedeelte om inzicht te krijgen in wat er rondom thermische isolatie speelt. Hoe ontstaat het verlies van warmte wat ervoor zorgt dat een product geïsoleerd moet worden?

### Warmteoverdracht

Er bestaan drie soorten warmteoverdracht:

Convectie, Conductie en Straling.

#### Convectie (stroming):

Lucht wordt opgewarmd. Door de opwarming vermindert de dichtheid waardoor de warme lucht opstijgt, aangezien deze nu lichter dan de koude lucht is. De warmte wordt nu weer aan de koudere lucht afgegeven. Ze wordt dichter en daalt. Het warmtetransport ontstaat door contact met een stromend medium.

De warmtestroom ( $q_c$ ) die ontstaat wordt uitgedrukt met:

$$q_c = a_c * (T_1 - T_2) \text{ [W/m}^2\text{]}$$

$a_c$  = warmte overgangscoefficiënt in  $\text{w/m}^2\cdot\text{K}$

#### Conductie (geleiding):

Men spreekt van conductie als de warmte binnen een object of tussen twee vaste objecten geleidt.

Om de geleiding te kunnen beschrijven heb je de warmtegeleidingscoëfficiënt  $\lambda$  nodig. Een materiaal dat goed warmte geleidt heeft een *hoge*  $\lambda$  waarde, een materiaal dat slecht warmte geleidt een *lage*  $\lambda$  waarde.

Daarnaast is de R-waarde van belang. Dat is de dikte ( $d$ ) gedeeld door de  $\lambda$  waarde. Hoe hoger de R-waarde, des te beter de isolatie.

$$R = d/\lambda \text{ [W/(m}\cdot\text{K)]}$$

Met behulp van deze waardes kun je vervolgens het warmtetransport berekenen:

$$q_g = 1/R * (T_1 - T_2) \text{ [W/m}^2\text{]}$$



### Straling (radiatie):

Ieder voorwerp straalt warmte uit. Relatief warme voorwerpen stralen meer dan relatief koude.

De door een oppervlakte uitgestraalde warmte kan in een formule worden uitgedrukt:

$$q_s = \epsilon * 56,7 * 10^{-9} * T^4 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

$\epsilon$  is het teken voor de emissiecoëfficiënt die in het principe gelijk is aan de absorptiecoëfficiënt. Het niet absorberende deel wordt dus gereflecteerd (alleen een heel klein deel wordt doorgelaten).

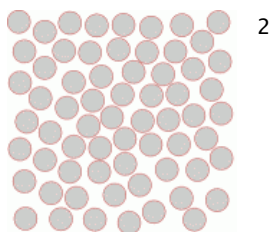
Hoe meer gereflecteerd wordt, des te lager is de emissiecoëfficiënt.

In producten en constructies komen vaak alle drie de vormen van warmteoverdracht aan de orde. Dus moet bepaald worden welke vorm dominant is. Het beschreven warmteverlies wordt door isolatie voorkomen. Wat isolatie precies is, wordt in het volgende onderdeel beschreven.

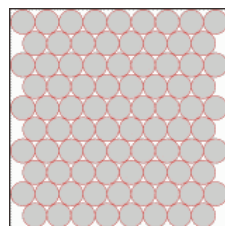
### Warmte- / thermische isolatie

Isolatie is gebaseerd op het feit dat lucht een slechte warmtegeleider is. Vooral stilstaande lucht geleidt bijna geen warmte. Het warmte-isolerende effect van een trui is op de stilstaande luchtbelletjes tussen de vezels gebaseerd. Als er een sterke wind waait, merken we dat meteen. We trekken een luchtdicht windjack over de trui aan.

De luchtstroom door los verpakte, niet luchtdicht omhulde isolatie (linker afbeelding) verslechtert de isolatie. De rechter figuur laat de regelmatige structuur van een volledig verpakt en luchtdicht omhuld isolerend materiaal zien.



Figuur 5 – isolatie 1



Figuur 4 – Isolatie 2

<sup>2</sup> Nowotka, F. <http://www.heiz-tipp.de/ratgeber-746-funktionsweise.html> (28.03.2012)



## Berekeningen

Om de lage warmtegeleidingscoëfficiënt te verduidelijken zijn hier berekeningen gedaan voor de dikte en de R-waarde in vergelijking met andere, niet op aerogel gebaseerde, isolatiematerialen.

In de bouw werkt men met een R-waarde (wat de deling uit de dikte en de warmtegeleidingscoëfficiënt is) om de warmteweerstand van een muur uit te drukken. Deze moet minimaal 2,5 m<sup>2</sup>\*K / W zijn. Door de lage warmtegeleidingscoëfficiënt van Bluedec kan met minder materiaaldikte een R-waarde van 2,5 worden behaald.

Voor de berekeningen worden Bluedec basis ( $\lambda = 0,0135$  W/mK), Bluedec vacuüm ( $\lambda = 0,0045$  W/mK), EPS ( $\lambda = 0,032$  W/mK) Glaswol ( $\lambda = 0,038$  W/mK) en PUR ( $\lambda = 0,025$  W/mK) gekozen.

$$R = d / \lambda \text{ [m}^2\text{*K / W]}$$

R en  $\lambda$  zijn gegeven, d moet worden bepaald .

$$d = \lambda * R$$

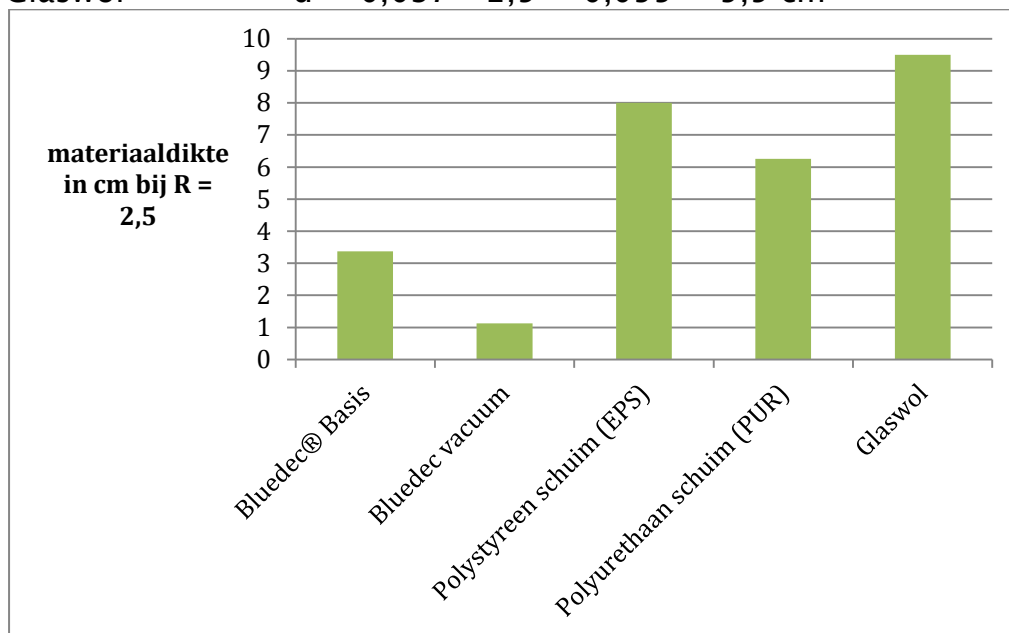
Bluedec® basis:  $d = 0,0135 * 2,5 = 0,03375\text{m} \cong 3,4 \text{ cm}$

Bluedec® vacuüm:  $d = 0,0045 * 2,5 = 0,01125\text{m} \cong 1,1 \text{ cm}$

EPS:  $d = 0,032 * 2,5 = 0,08\text{m} = 8 \text{ cm}$

PUR:  $d = 0,025 * 2,5 = 0,0625\text{m} \cong 6,3 \text{ cm}$

Glaswol  $d = 0,037 * 2,5 = 0,095 = 9,5 \text{ cm}$



Figuur 6 - Dikte (cm) bij R = 2,5





Hetzelfde is ook in de omgekeerde vergelijking te zien, als de dikte constant is en de warmteweerstand berekend wordt.

Als R berekend wordt met bij een materiaaldikte van 5 cm geldt:

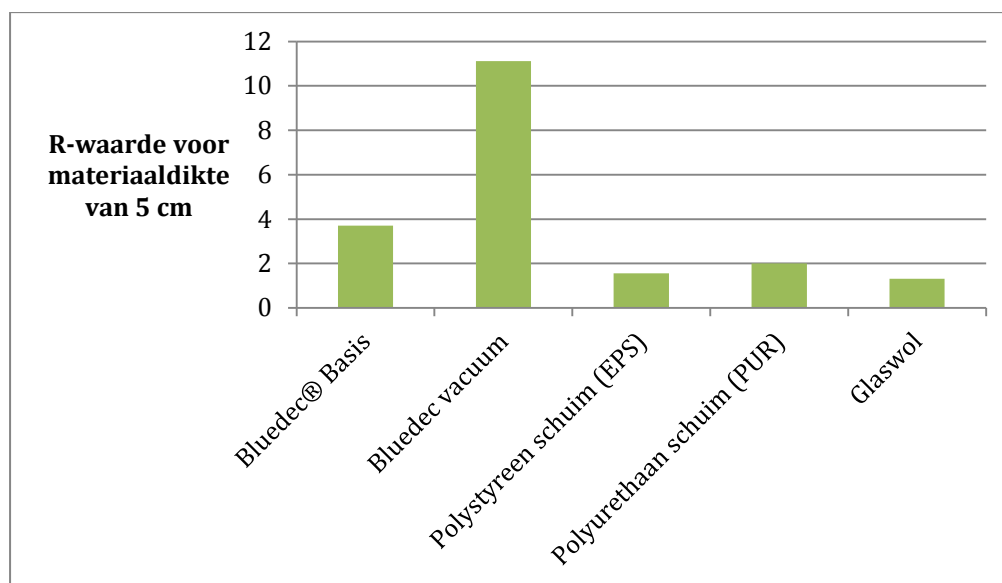
Bluedec® Basis:  $R = 0,05 / 0,0135 \cong 3,7$

Bluedec® vacuüm:  $R = 0,05 / 0,0045 \cong 11,1$

EPS:  $R = 0,05 / 0,032 \cong 1,5$

PUR:  $R = 0,05 / 0,025 = 2$

Glaswol  $R = 0,05 / 0,038 \cong 1,3$



Figuur 7 - R-waarde dikte 5 cm



## Proces

In dit hoofdstuk worden de verwerkingsmethoden van Bluedec beschreven.

## Shaping

*Vooraf: Bij de verwerking zijn in verband met het stuiven voorzorgsmaatregelen noodzakelijk! Bij het verwerken van het basismateriaal wordt aanbevolen handschoenen en een mondkapje te dragen. Het materiaal is ook leverbaar met een antistof coating waardoor stofvorming aanzienlijk minder is*

## Doek

Het basismateriaal wordt standaard als doek geleverd. Het is te snijden met behulp van een stans, watersnijder of lasersnijder (zwarte randen/schroeiplekken). De basisuitvoering is goed buigbaar, de coatingversie minder (afhankelijk van coating en materiaaldikte).

## Voorgevormde delen

Het is tevens mogelijk om op maat gemaakte doeken/vormen te bestellen. De gevacumeerde panelen zijn ook in 3D vormen (zoals cilinders) leverbaar.

## Prototyping

Voor kleine hoeveelheden is het materiaal met een stanleymes of schaar te vormen. Met de vezelrichting mee gaat dit goed, haaks daarop is lastig. Het wordt aanbevolen dit met een rolsnijder, watersnijder of lasersnijder (zwarte randen!) te doen.

Graveren (laseren) op het materiaal is mogelijk.

Boren is niet mogelijk.

Zagen is niet mogelijk.



Figuur 8 Graveren

## Joining

Er zijn verschillende opties om het materiaal te verbinden:

### Lijmen

Het materiaal is te verlijmen met textiellijm, een lijmpistool en Acrifix kunststoflijm. Secondelijm hecht **niet**.



### **Naaien**

Het materiaal (5mm dikte) is met een naaimachine goed te verbinden. Voor > 5 mm dikte is het aan te raden een industriële naaimachine te gebruiken.

### **Nieten**

Met een nietpistool.

### **Plakband**

Dubbelzijdig tape is te gebruiken.

### **Surface treatment**

Er zijn verschillende methodes ontwikkeld om het stuiven van de basisuitvoering tegen te gaan:

### **Coaten**

Coaten helpt tegen stuiven. Aan de kapse kanten blijft het nog wel stuiven. Deze kunnen ook gecoat worden. Maar dat is een extra handeling en dus ook duurder. Op deze manier is het materiaal wel stofdicht.

### **Bluedec® inpakken in kunststof (folie):**

Er is een proef gedaan om Bluedec van een laagje kunststof te voorzien. Een initieel verwarmde persproef toont aan dat Bluedec niet plat wordt gedrukt en dat de

laag kunststof (in dit geval PP) goed blijft hechten (mechanisch).

Gezien de bulkvorm van Bluedec (op de rol), is het een logische productiestap om de folie middels extrusie en/of rollende persen op het Bluedec aan te brengen. Daarom is er een test gedaan om het inpakken met een extrusiemachine te automatiseren. De proef bevestigt dat het mogelijk is deze productiemethode op industriële schaal in te zetten. Tevens kan de folie op de kapse kant worden samengedrukt om op die manier het materiaal in zijn geheel in te pakken.

Voor kleine hoeveelheden is dit te realiseren door er met een strijkijzer folie op te strijken.



**Figuur 9 Verwarmd persen**



**Figuur 10 Extrusieproef**



## Intentie

### Wanneer Bluedec®?

Waar weinig ruimte is voor isolatie, maar een hoge isolatiewaarde vereist is, is Bluedec® een uitstekend geschikt materiaal.

Daarnaast kan een bestaand product met minder ruimte op een gelijkwaardige wijze als bijvoorbeeld PUR en EPS worden geïsoleerd. Zo is het dus mogelijk een kleiner product (behuizing) of een groter te isoleren volume te realiseren.

Richtprijs van Bluedec basis, gecoat = € 35,- per m<sup>2</sup> (1 cm dik).

De prijs is afhankelijk van de gewenste vorm en afname.

### Vergelijking van Bluedec met andere isolatiematerialen.

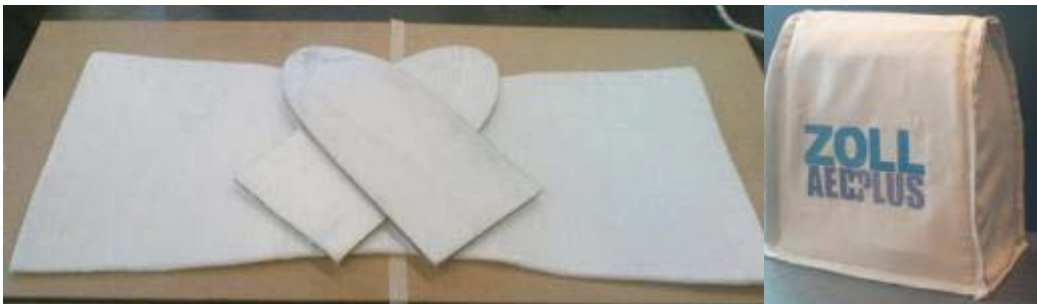
Materiaal	Dichtheid (kg/m <sup>3</sup> )	Gebruikstemp (°C)	Chemische Resistentie	Warmtegeleiding-coëfficiënt (W/mK)	Vouwbaar	Weersbestendigheid	Warmte-capaciteit	Brandklasse	Rookklasse	Dikte voor R = 2,5 (cm)
Bluedec® Basis	135	± 200	soms	0,0135	ja	ja	~ 1000	C (A2)	S2 (S1)	3,4
Polystyreen (EPS)	28-45	70 - 110	soms	0,032 - 0,04	nee	nee	1400 - 1500	B1, B2		8
Polyurethaan (PUR)	32-45	(-30) - (+90)	ja	0,025 - 0,04	ja	ja	1400 - 1500	B, C, D, E	S1 - S3	6,3
Glaswol* max. T <sub>gebruik</sub> = 300 graden C!	22-200	1000*		0,035-0,045	ja	ja	840-1000	A		9,5



## VOORBEELD CASES:

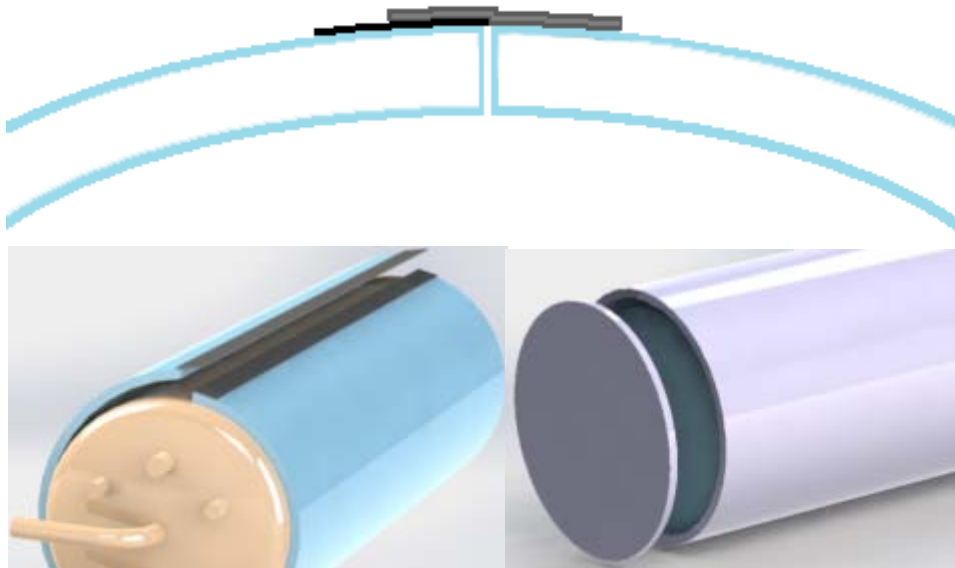
### Een isolerende hoes maken

- Patroon maken.
- Bluedec basis materiaal uitsnijden (laser).
- Bluedec delen inpakken met folie (strijkijzer).
- De delen vervolgens omsluiten met textiel/doek in een iets grotere vorm.
- De randen vervolgens aan elkaar naaien.



### Isoleren van een boiler (cilindervorm)

- Op de juiste maat snijden.
- Inpakken met folie (strijkijzer).
- Klittenband aanbrengen (naaien).
- Kopse kant lijmen.





## Esthetiek

Het materiaal ziet er schoon (mooi wit) uit, maar stuift. Het is daarom belangrijk het in te pakken en er niet mee in contact te komen.

## Perceptie

Het materiaal voelt ruw aan. Het is meestal in een product/behuizing verwerkt en daarom niet direct zichtbaar. Momenteel wordt er gewerkt aan een uitvoering met een non woven (zonder aerogel) buitenlaag. Op die manier is Bluedec als zichtmateriaal inzetbaar.

## Constructie

Huidige toepassingen:



Tegenwoordig wordt Bluedec® vooral in de bouw en renovatie gebruikt, onder andere voor isolatie binnen, maar ook voor isolatie van daken. Andere toepassingen zijn: slaapcabines voor vrachtwagens, bekleding van een motorcompartiment en koeltransport.

Gezien het stuiven zal het materiaal op de een of andere manier moeten worden ingepakt of opgesloten in een behuizing. Een voorbeeld hiervan zijn gevelpanelen. Deze bestaan uit 3 lagen van (3 x 1 cm dik Bluedec) die verlijmd zijn. Hierdoor ontstaat een plaat waarop direct gestuukt kan worden.



## Bronnen

IMPT-onderzoek

Afstuderen Wiebke Uhlig

[www.bluedec.nl](http://www.bluedec.nl), Toine Wassing

CES Edupack

## Materiaalleverancier:

Bluedec B.V.

Ressenerbroek 26 d

6666 MR Heteren

Nederland

Toine Wassing

T: +31(0)6-53153985

E: [a.wassing@bluedec.nl](mailto:a.wassing@bluedec.nl)