1 Wprowadzenie

1.1 Informacje ogólne

Na zlecenie Isobooster firma TNO Quality Services B.V. dokonała badania wartości izolacyjnych dwóch różnych zaoferowanych próbek.
Badanie wykonano w ramach trzech voucherów innowacyjnych[1], numery voucherów to G093066, G093067, G093064

Oryginalne vouchery TNO otrzymała w lipcu 2009 r.

1.2 Cel badania

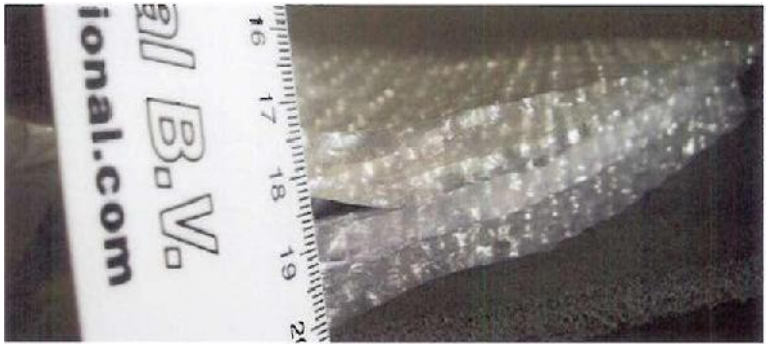
Według podanych informacji materiał do zbadania to innowacyjna kombinacja folii bąbelkowych oraz folii odbijających ciepło.
Badanie miało za cel pomiar zużycia energii przy zastosowaniu materiału izolacyjnego w prawdziwych warunkach pogodowych w miejsce kontrolowanych warunków laboratoryjnych, które nie są reprezentatywne dla warunków w sektorze budowlanym; wszystko to w porównaniu z tradycyjnymi materiałami izolacyjnymi.

[1] Voucher innowacyjny – forma rozliczania kosztów badań dla firm (przyp. tłum.)

2 Próbki

Do badania TNO otrzymała następujące próbki:

Opis	Numer próbki TMO
Isobooster T1. Materiał warstwowy z folii bąbelkowej i folii odbijającej ciepło. Sześć warstw folii bąbelkowej i dwie warstwy dwustronnej folii odbijającej ciepło. Całość połączona ze sobą etykietami polipropylenowymi.	09.0450/1



Isobooster T2 Materiał warstwowy z folii bąbelkowej i folii odbijającej ciepło. Dziesięć warstw folii bąbelkowej i cztery warstwy dwustronnej folii odbijającej ciepło. Całość połączona ze sobą etykietami polipropylenowymi	09.0450/2

3 Badanie

Wartości izolacyjne próbek określono za pomocą tak zwanej metody domków.

3.1 Ogólne informacje o metodzie

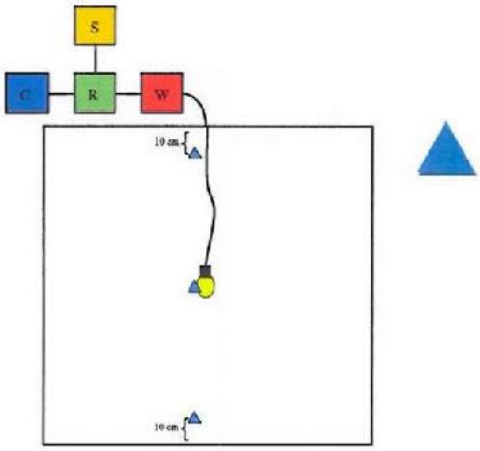
Obecne, standardowe normy, na przykład ISO 8302 zakładają [użycie] płyty grzejnej, zaopatrzonej z jednej strony w materiał izolacyjny. Po drugiej stronie materiału izolacyjnego rejestruje się profil cieplny. Metoda ta daje wskazanie wartości izolacyjnej, jest jednak mniej reprezentatywna w sytuacjach praktycznych.
Stąd w niniejszym badaniu wybrano metodę „domków", o której m.in. TNO przekonała się, że bardziej zgadza się ona z sytuacjami praktycznymi.

3.2 Zasada „Metody domków"

Metoda domków obejmowała następującą procedurę.
Na jednym terenie buduje się pięć identycznych domków. Każdy domek jest wyposażony w określony typ izolacji. W domkach zainstalowano skalibrowane elektryczne źródła ogrzewania. Trzy domki zaopatrzono w izolację, której wartość izolacji jest znana i ogólnie zaakceptowana. Dwa domki zawierały izolację Isobooster. Materiał izolacyjny zamontowano na domku w formie pojedynczej warstwy.

W trakcie 2 miesięcy zimowych utrzymywano stałą temperaturę domków przez 24 godziny na dobę. Codziennie przekazywano regularnie i z dużą częstotliwością stan temperatur wewnętrznych i zewnętrznych automatycznie do TNO i tam też gromadzono te dane. Ponadto w trakcie 2 tygodni wykonano testy „domków wewnętrznych" przy temperaturze ok. 20° C.

„Domki" zrobiono z płyty MDF, miały one wymiary 80 x 80 x 80 cm. Zaopatrzono je w znajdujące się na różnych wysokościach, w odstępie 10 cm od góry i od dołu oraz w środku skalibrowane termoogniwa. Ponadto domki wyposażono w przekaźniki, lampy oraz skalibrowany Watomierz. Domki pokryto materiałem izolacyjnym.
Szkic przedstawiono na rysunku 1.



Bezprzewodowe termoogniwo podłączone do komputera TNO.

W = skalibrowany Watomierz
R = przekaźnik
S = źródło napięcia
C = komputer

Rys. 1 - Dwuwymiarowe przedstawienie układu

Domek zapakowany całkowicie w materiał izolacyjny ustawiono na zewnątrz na drewnianej ramie, żeby wyeliminować przenikanie zimna.
Miejsce ustawienia wybrano tak, że wpływ pogody na różne domki testowe był jednakowy(zob. zdjęcie w Załączniku B). Domki nie były chronione przed różnymi czynnikami pogodowymi, takimi jak deszcz czy wiatr.
Metoda domków – metoda, w której porównuje się wartości izolacyjne różnych materiałów ze sobą, przy czym za wartość wyjściową przyjmuje się zaakceptowaną wartość izolacyjną 76 mm XPS.
Oznacza to, że domek zaopatrzony w 76 mm XPS zawsze zostaje ujęty w testach jako punkt odniesienia w badaniu (w tych samych warunkach co testowany materiał - m.in. temperatura, wilgoć).

Podsumowując:
Badanie wykonuje się w ten sposób, że uzyskane wartości R^2 są reprezentatywne przy sytuacjach praktycznych. Testuje się zawsze w stosunku do znanej wartości R dla XPS o zdefiniowanej grubości.

[2] w niderlandzkim R jest inną nazwą wartości oporu termicznego

4 Wyniki

4.1 Oddziaływanie w tygodniach zimowych na zewnątrz

Zarejestrowano moc do zużycia w trakcie „miesięcy zimowych" na zewnątrz. W tabeli 1 są wyniki zużycia w trakcie „miesięcy zimowych", przy temperaturze zewnętrznej.

Tabela 1: Wyniki rejestracji „miesięcy zimowych"

	IB Tl KWH	IB T2 KWH	XPS 76 KWH	XPS R=2,81 m2.K/W	R IB Tl w st. do XPS	R I B T 2 w st. do XPS
	1,65	1,14	1,39	2,81	2,37	3,43
	2,39	1,65	2,01	2,81	2,36	3.42
	0.55	0,38	0,46	2,81	2,35	3,40
	1,29	0,89	1,07	2.81	2,33	3,38
	1,79	1,24	1,51	2,81	2,37	3,42
	3,92	2,76	3,34	2,81	2,39	3,40
Śr. R					2,36	3,41
St.odch.					0,02	0,02

4.2 Oddziaływanie wewnątrz

W tabeli 2 są wyniki zużycia w trakcie kilku „miesięcy letnich" przy ok. 20 °C temperatury wewnętrznej. W załączniku C przedstawiono kilka profili temperatury w tym czasie.

Tabela 2: Wyniki rejestracji „miesięcy letnich"

	IB Tl KWH	IB T2 KWH	XPS 76 KWH	XPS R=2,81 m2.K/W	R I B Tl m2.K/W	R I B T 2 m2.K/W
	1,99	1,36	1,67	2,81	2,36	3,44
	2,13	1,48	1,80	2,81	2,37	3,43
	2,09	1,45	1,76	2,81	2,36	3,42
	2,05	1,43	1,73	2,81	2,37	3,40
	2,17	1,49	1,84	2,81	2,38	3,45
Śr. R					2,37	3,43
St. odch.					0,01	0,02

4.3 Wartość izolacji = wartość R

Wartość izolacji określa się jako średnią z „wartości zimowej i letniej".
Średnia wartość izolacji = wartość R dla Isobooster T1 to 2,37 m2.K/W (standardowe odchylenie 0,02m2.K/W), zaś średnia wartość izolacji = wartość R dla Isobooster T2 to 3,42 m2.K/W (standardowe odchylenie 0,02m2.K/W).

5 Obliczona wartość R według EN ISO 6946

5.1 Informacje ogólne

Opór cieplny warstwy powietrza opisuje się jako:

Rg = 1 / ha + hr

Rg = opór cieplny pustki powietrznej
ha = współczynnik przewodnictwa i konwekcji
hr = współczynnik promieniowania.

ha dla poziomego strumienia ciepła (a więc dla dylatacji pionowej) najwięcej 1,25 W/(m2.K) oraz 0,025/D W/(m2.K).
Przy czym d to grubość pustki powietrznej w kierunku przepływu ciepła.

hr podaje się jako hr = Ehro
Przy czym :
E = wynikający współczynnik emisji pomiędzy powierzchniami
E = 1/(1/e1 + 1/e2 – 1)

Przy czym:
e1 i e2 przedstawiają globalne współczynniki emisji powierzchni, które ograniczają dylatację / pustka powietrzna.
e to maks. 01, według EN ISO 6946:2007 chociaż folie mogą spowodować e = 0,03 (efekt starzenia).
hro = współczynnik promieniowania dla powierzchni dla powierzchni ciała czarnego to 5,1 dla nie wentylowanej dylatacji według NEN 1068 przy 10°C.

5.2 Wyszczególnienie

Isobooster pomiędzy dylatacją przy minimum 12 mm powietrza po obu stronach izolacji

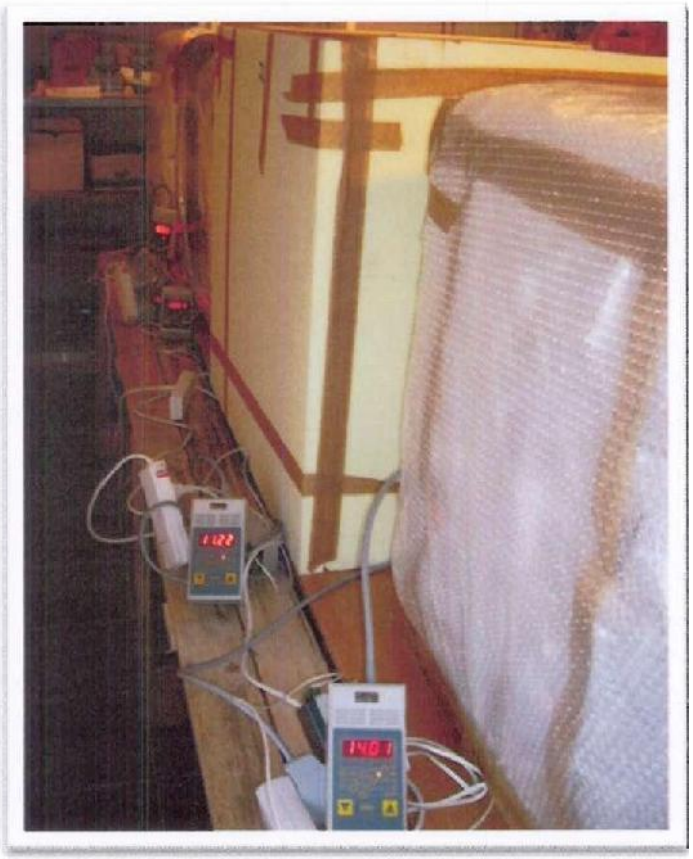
Element murowany e = 0,9

	Isobooster Tl	Isobooster T2	R (m2.K/W) na warstwę	R(m2.K/W) Wszystkie Warst. Isob. T1	R (ml K/W) Wszystkie Warst. Isob. T2
Ilość warstw folii bąbelkowej	6	10	0,125	0,750	1,250
Ilość warstw aluminiow. tworzywa PET	2	4	0,000	0,000	0,000
Wewnętrzne dylatacje e1 i e2 = 0,1	1	3	0,290	0,290	0,870
Dylatacje w kierunku części murowanej	2	2	0,570	1,140	1,140
Rsi i Rse	1	1	0,170	0,170	0,170
	Wartość R (m2.K/w) Isobooster w dylatacji pionowej :			**2,35**	**3,43**

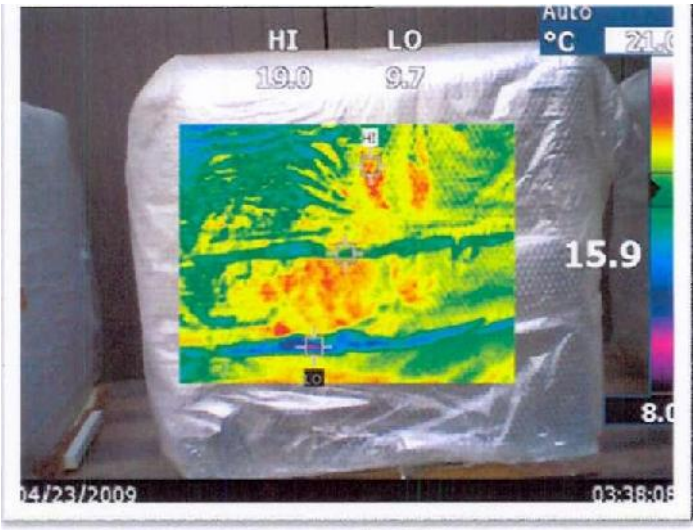
6 **Wniosek**

Na podstawie wykonanego badania, wykonanego zarówno w „miesiącach zimowych”, jak i w „miesiącach letnich”, mierząc według „metody domków” można dojść do wniosków, że wartość R dla Isobooster T1 wynosi 2,4 m2.K/W, a wartość R dla Isobooster T2 wynosi 3,4 m2.K/W.

A Zdjęcia

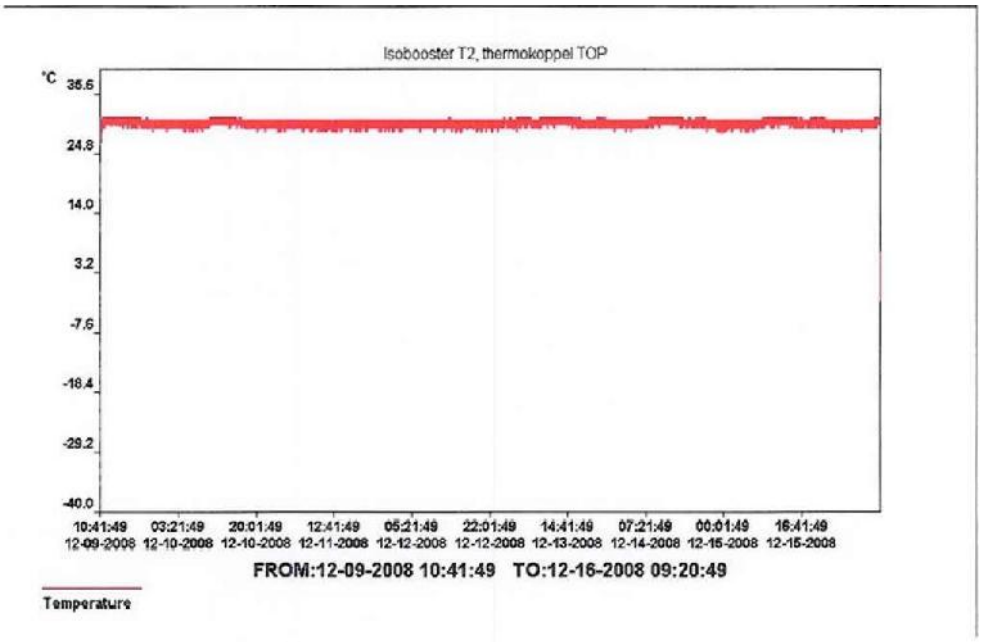


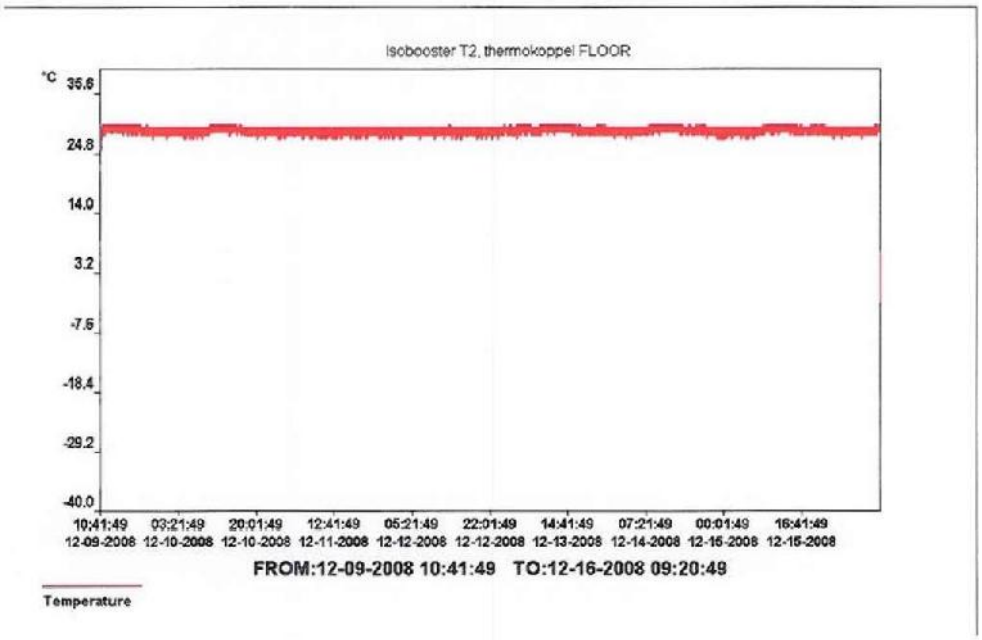
B Zdjęcia sytuacji testowej



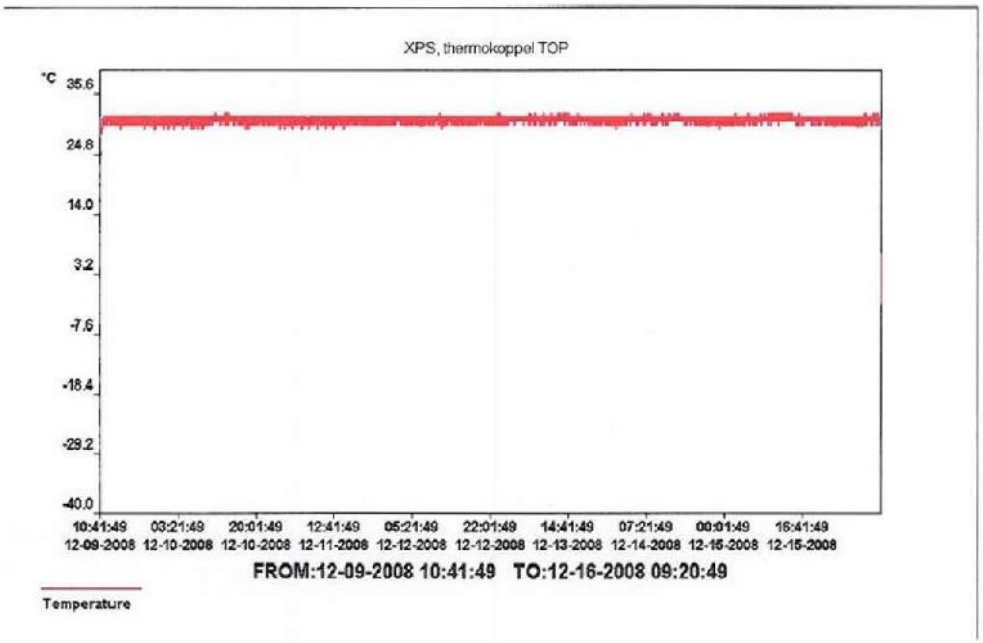
C Profile temperatury

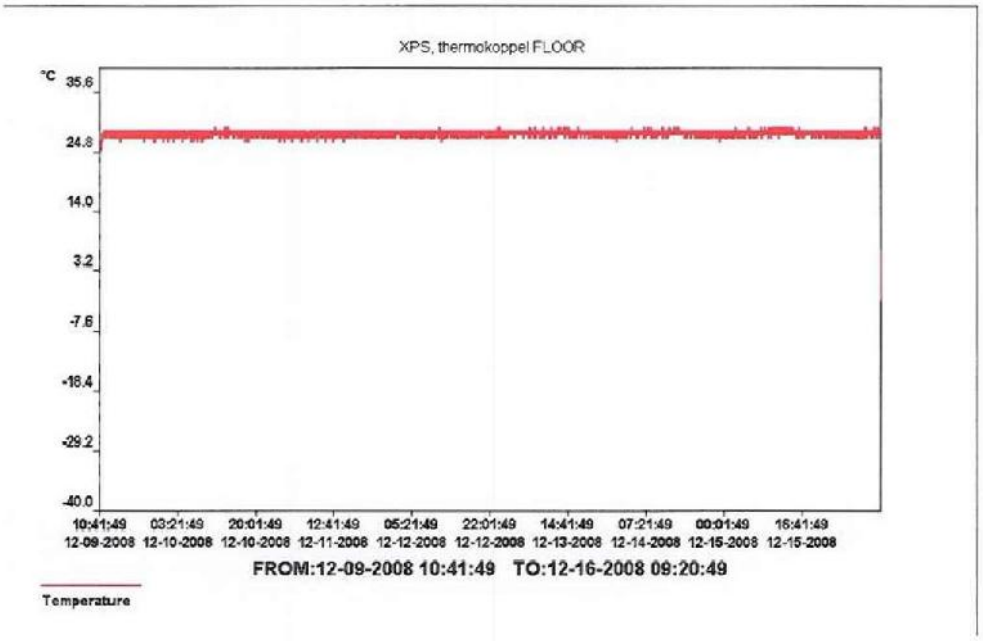
Isobooster





XPS


XPS, thermokoppel TOP
°C
35.6
24.8
14.0
3.2
-7.6
-18.4
-29.2
-40.0
10:41:49 12-09-2008
03:21:49 12-10-2008
20:01:49 12-10-2008
12:41:49 12-11-2008
05:21:49 12-12-2008
22:01:49 12-12-2008
14:41:49 12-13-2008
07:21:49 12-14-2008
00:01:49 12-15-2008
16:41:49 12-15-2008
FROM:12-09-2008 10:41:49 TO:12-16-2008 09:20:49
Temperature


XPS, thermokoppel FLOOR
°C
35.6
24.8
14.0
3.2
-7.6
-18.4
-29.2
-40.0
10:41:49 12-09-2008
03:21:49 12-10-2008
20:01:49 12-10-2008
12:41:49 12-11-2008
05:21:49 12-12-2008
22:01:49 12-12-2008
14:41:49 12-13-2008
07:21:49 12-14-2008
00:01:49 12-15-2008
16:41:49 12-15-2008
FROM:12-09-2008 10:41:49 TO:12-16-2008 09:20:49
Temperature

TNO Quality Services B.V.

TÜVRheinland®
TNO Quality
Precisely Right.

De Rondom 1
Postbus 6235
5600 HE Eindhoven

www.tno-quality.nl

T 088 888 7 888
F 040 265 03 02

TNO-rapport

8969R-10.E09.25177

Bepalen van de isolatiewaarde van Isobooster materiaal.

Datum	29 april 2010
Auteur(s)	Ing. J.J.A. Maat
Opdrachtgever	Isobooster t.a.v. De heer J. Horeman Heliumstraat 5 6422 PK HEERLEN
Projectnummer	E09.25177
Aantal pagina's	14 (incl. bijlagen)

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd, aan derden worden verstrekt en/of ter inzage worden gegeven, en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, in elektronische vorm of op welke andere wijze dan ook, tenzij met voorafgaande uitdrukkelijke schriftelijke toestemming van TNO (Quality).

Indien dit rapport in het kader van een opdracht aan TNO (Quality) werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de op de opdracht van toepassing zijnde Algemene Voorwaarden voor advies, onderzoeks- en certificatieopdrachten aan TNO (Quality) en/of naar de in dat kader tussen de partijen gesloten overeenkomst.

© 2010 TNO

Inhoudsopgave

1 Inleiding 3
1.1 Algemeen 3
1.2 Doelstelling 3

2 Monsters 4

3 Onderzoek 5
3.1 Algemeen methode 5
3.2 Principe "huisjesmethode" 5

4 Resultaten 7
4.1 Blootstellen winterweken buiten 7
4.2 Blootstellen binnen 7
4.3 Isolatiewaarde = R-waarde 7

5 Berekende R-waarde volgens EN ISO 6946 8
5.1 Algemeen 8
5.2 Specifiek 8

6 Conclusie 9

7 Ondertekening 10

1 Inleiding

1.1 Algemeen

In opdracht van Isobooster heeft TNO Quality Services B.V. onderzoek uitgevoerd naar de isolatiewaarden van twee diverse aangeboden monsters.
Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van drie innovatievouchers; vouchernr. : G093066, G093067, G093064

De originele vouchers zijn in juli 2009 door TNO ontvangen.

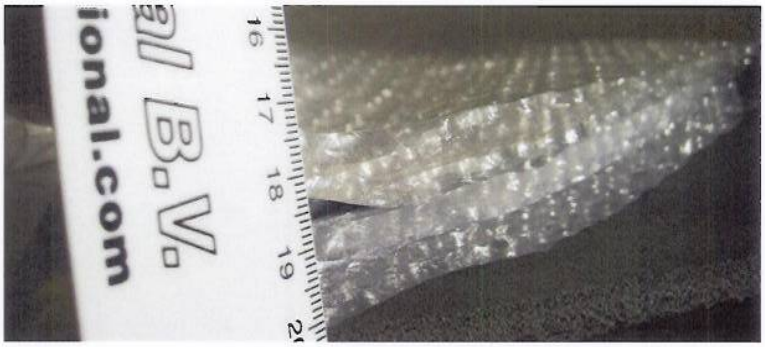
1.2 Doelstelling

Volgens opgave is het te onderzoeken materiaal een innovatieve combinatie van luchtkussenfolies en reflecterende folies.
Het onderzoek heeft als doel het meten van energieverbruik bij toepassing van het isolatiemateriaal onder echte weersomstandigheden in plaats van onder gecontroleerde laboratorium omstandigheden die niet representatief zijn voor condities in de bouwsector. Dit in vergelijking tot traditionele isolatiematerialen.

2 Monsters

Voor het onderzoek heeft TNO de volgende monsters ontvangen.

Omschrijving	**TNO monster code**
Isobooster T1. Gelaagd materiaal van luchtkussens en reflecterende folies. Zes lagen luchtkussens en twee lagen dubbelzijdig reflecterende folies. Het geheel aan elkaar verbonden met polypropyleen tags.	09.0450/1



Isobooster T2 Gelaagd materiaal van luchtkussens en reflecterende folies. Tien lagen luchtkussens en vier lagen dubbelzijdig reflecterende folies. Het geheel aan elkaar verbonden met polypropyleen tags.	09.0450/2

3 Onderzoek

De isolatiewaarden van de monsters is bepaald met de zogenaamde huisjes methode.

3.1 Algemeen methode

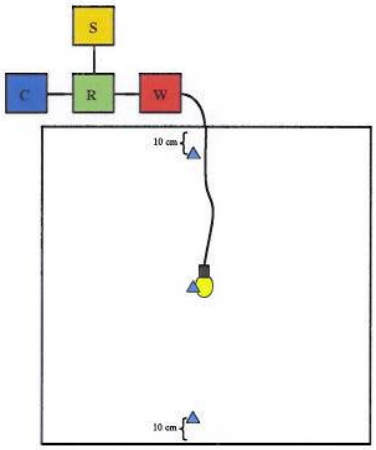
De huidige standaard normering bijvoorbeeld ISO 8302, gaat uit van een verwarmingsplaat welke aan 1 zijde wordt voorzien van isolatiemateriaal. Aan de andere zijde van het isolatiemateriaal wordt het warmteprofiel geregistreerd. Deze methode geeft een indicatie voor de isolatiewaarde, maar is echter minder representatief voor een praktijksituatie.
Vandaar dat in dit onderzoek gekozen is voor de zogenaamde "huisjes"methode waarvan o.a. door TNO is vastgesteld dat deze beter overeenkomt met de praktijksituatie.

3.2 Principe "huisjesmethode"

De huisjesmethode omvatte de volgende procedure.
Op een terrein werden vijf identieke huisjes gebouwd. Elk huisje werd voorzien van een bepaald type isolatie. In de huisjes werden geijkte elektrische verwarmingsbronnen geïnstalleerd. Drie huisjes werden voorzien van isolatie waarvan de isolatiewaarde bekend en algemeen geaccepteerd is. Twee huisjes bevatte de Isobooster isolatie. Het isolatiemateriaal wordt in een enkelvoudige laag op het huisje aangebracht.

Gedurende 2 wintermaanden werden deze huisjes 24 uur per dag op een constante temperatuur gehouden. Dagelijks werden met regelmaat en hoge frequentie de status van binnen- en buitentemperaturen en verbruiksgegevens automatisch naar TNO verzonden en aldaar verzameld.
Tevens werden de testen gedurende 2 weken "binnenshuis" uitgevoerd bij circa 20 °C.

De "huisjes" zijn van MDF gemaakt met een afmeting van circa 80 x 80 x 80 cm. Deze zijn op verschillende hoogtes, in het hart op 10 cm van boven en van onder en in het midden, voorzien van op afstand afleesbare gekalibreerde thermokoppels. Tevens zijn de huisjes voorzien van een relais, lamp en een gekalibreerde Watt-meter. De huisjes worden bekleed met isolatiemateriaal.
Een schets is weergegeven in figuur 1.



= een draadloos thermokoppel gekoppeld aan TNO computer

W = Geijkte Wattmeter
R = Relais
S = Spanningsbron
C = Computer

Figuur 1; 2-Dimensionale weergave opstelling

Het volledig in isolatiemateriaal ingepakte huisje is buiten op een houten frame opgesteld om koude bruggen te elimineren.
De plaats van de opstelling is zo gekozen dat de weersinvloeden over de diverse te testen huisjes gelijkwaardig zijn (zie foto bijlage B). De huisjes zijn niet afgeschermd tegen diverse weersinvloeden zoals regen en wind.
De huisjesmethode methode waarbij de isolatiewaarden van diverse materialen onderling worden vergeleken waarbij de geaccepteerde isolatiewaarde van 76 mm XPS als uitgangswaarde wordt genomen.
Dit betekent dus dat een huisje voorzien van 76 mm XPS altijd als referentie in het onderzoek (onder dezelfde omstandigheden (o.a. temperatuur, vocht) als het te testen materiaal) wordt meegenomen.

Samenvattend:
Het onderzoek is zo uitgevoerd dat de verkregen R-waarden representatief zijn aan de praktijksituatie. Het wordt altijd getest ten opzichte van een bekende R-waarde van XPS met een gedefinieerde dikte.

4 Resultaten

4.1 Blootstellen winterweken buiten

Het vermogen voor het verbruik gedurende de "wintermaanden" buiten is geregistreerd. In tabel 1 zijn de resultaten van de verbruiken gedurende de "wintermaanden", bij buitentemperatuur weergegeven.

Tabel 1; Resultaten registratie "wintermaanden"

	IB T1 KWH	IB T2 KWH	XPS 76 KWH	XPS R=2,81 m2.K/W	R IB T1 tov XPS	R IB T2 tov XPS
	1,65	1,14	1,39	2,81	2,37	3,43
	2,39	1,65	2,01	2,81	2,36	3,42
	0,55	0,38	0,46	2,81	2,35	3,40
	1,29	0,89	1,07	2,81	2,33	3,38
	1,79	1,24	1,51	2,81	2,37	3,42
	3,92	2,76	3,34	2,81	2,39	3,40
Gem. R					2,36	3,41
St.dev					0,02	0,02

4.2 Blootstellen binnen

In tabel 2 zijn de resultaten van de verbruiken gedurende enkele "zomermaanden" bij circa 20 °C binnentemperatuur. In bijlage C zijn enkele temperatuur profielen in de tijd weergegeven.

Tabel 2; Resultaten registratie "zomermaanden"

	IB T1 KWH	IB T2 KWH	XPS 76 KWH	XPS R=2,81 m2.K/W	R IB T1 m2.K/W	R IB T2 m2.K/W
	1,99	1,36	1,67	2,81	2,36	3,44
	2,13	1,48	1,80	2,81	2,37	3,43
	2,09	1,45	1,76	2,81	2,36	3,42
	2,05	1,43	1,73	2,81	2,37	3,40
	2,17	1,49	1,84	2,81	2,38	3,45
Gem. R					2,37	3,43
St.dev.					0,01	0,02

4.3 Isolatiewaarde = R-waarde

De isolatiewaarde wordt bepaald als gemiddelde over de "zomer- en winterwaarde". De gemiddelde isolatiewaarde = R-waarde van Isobooster T1 is 2.37 m2.K/W (standaarddeviatie 0.02 m2.K/W) en de gemiddelde isolatiewaarde = R-waarde van Isobooster T2 is 3,42 m2.K/W (standaarddeviatie 0.02 m2.K/W)

5 Berekende R-waarde volgens EN ISO 6946

5.1 Algemeen

De warmteweerstand van een luchtlaag wordt beschreven door:

$$Rg = 1 / ha + hr$$

Rg = warmteweerstand van de luchtruimte
ha = de geleidings- en convectiecoëfficiënt
hr = de stralingscoëfficiënt

ha is voor een horizontale warmtestroom (dus verticale spouw) de grootste van 1,25 W/(m2.K) en 0,025/d W/(m2.K).
Hierin is d de dikte van de luchtruimte in de richting van de warmtestroom.

hr wordt gegeven door: hr = Ehro
Waarin:
E= resulterende emissiefactor tussen de oppervlakken
E = 1 / (1/e1 + 1/e2 -1)

Waarin:
e1 en e2 de globale emissiefactoren voorstellen van de oppervlakken die de spouw/luchtruimte begrenzen.
e is maximaal 0,1 conform EN ISO 6946:2007 hoewel folies een e = 0,03 kunnen leveren (verouderingseffect).
hro =de stralingscoëfficient voor een oppervlak van de zwarte straler is 5,1 voor een niet geventileerde spouw conform NEN 1068 bij 10 °C.

5.2 Specifiek

Isobooster tussen spouw met minimaal
12mm lucht aan beide zijden van de isolatie

Metselwerk met e=0,9

	Isobooster T1	Isobooster T2	R (m2.K/W) per laag	R (m2.K/W) alle lagen Isob. T1	R (m2.K/W) alle lagen Isob. T2
Aantal lagen luchtkussenfolie	6	10	0,125	0,750	1,250
Aantal lagen gealuminiseerde PET	2	4	0,000	0,000	0,000
Inwendige spouwen e1 en e2 = 0,1	1	3	0,290	0,290	0,870
Spouwen richting metselwerk	2	2	0,570	1,140	1,140
Rsi en Rse	1	1	0,170	0,170	0,170
	R waarde (m2 . K/W) Isobooster in verticale spouw:			**2,35**	**3,43**

6 Conclusie

Op basis van het uitgevoerde onderzoek, uitgevoerd zowel in de "wintermaanden" als de "zomermaanden", gemeten volgens de "huisjesmethode", kan geconcludeerd worden dat de R-waarde voor de Isobooster T1 2,4 m2.K/W bedraagt en de R-waarde voor de Isobooster T2 3,4 m2.K/W bedraagt.

7 Ondertekening

Eindhoven

i.o.

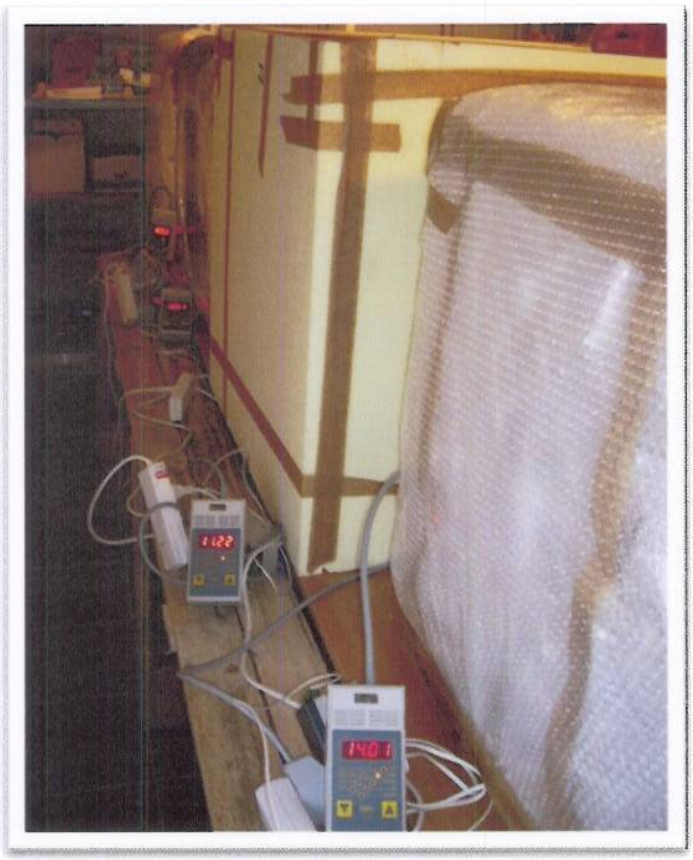
Ing. J.J.A. Maat
Auteur

Ing. A.J. Piers
Business Unit Manager

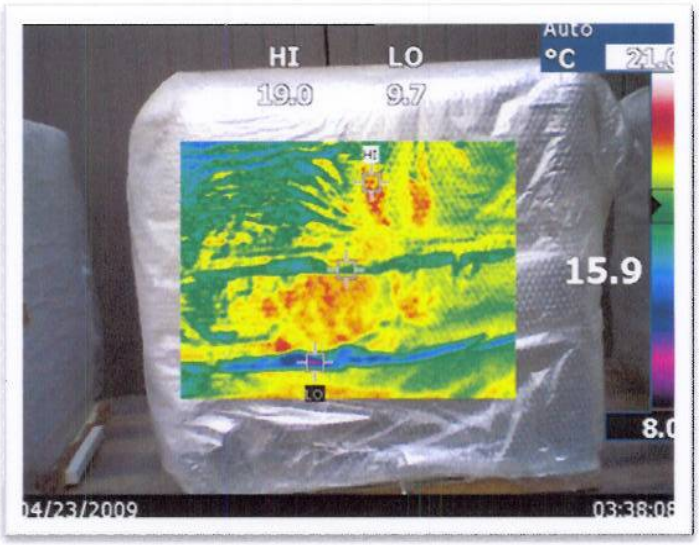
TNO Quality Services BV

Drs. Ing. W.C.A. Huijben
Autorisatie

A Foto's

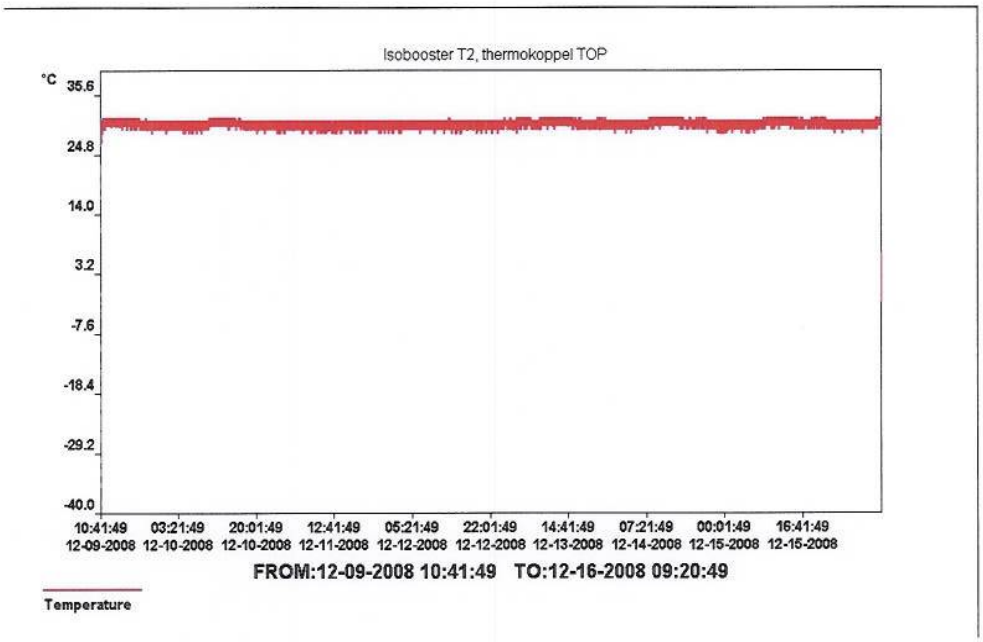


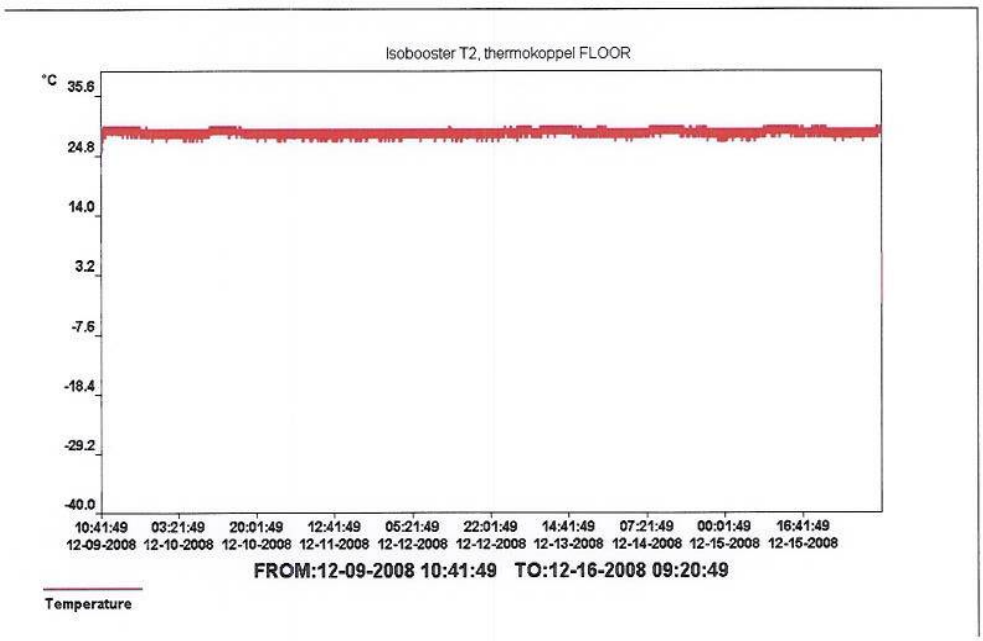
B Foto testsituatie



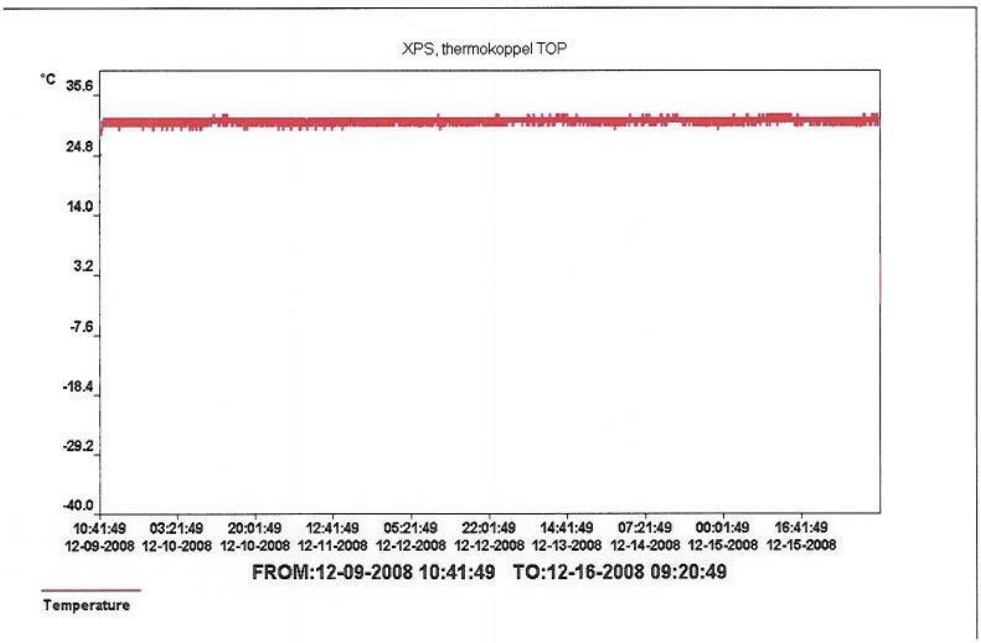
C Temperatuur profielen

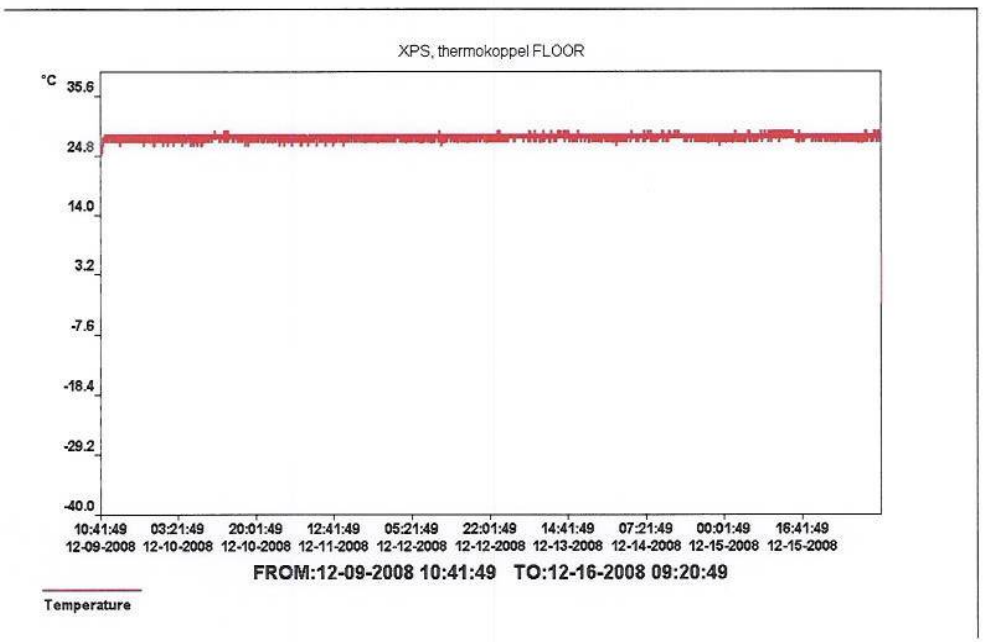
Isobooster





XPS


XPS, thermokoppel TOP
°C
35.6
24.8
14.0
3.2
-7.6
-18.4
-29.2
-40.0
10:41:49 12-09-2008
03:21:49 12-10-2008
20:01:49 12-10-2008
12:41:49 12-11-2008
05:21:49 12-12-2008
22:01:49 12-12-2008
14:41:49 12-13-2008
07:21:49 12-14-2008
00:01:49 12-15-2008
16:41:49 12-15-2008
FROM:12-09-2008 10:41:49 TO:12-16-2008 09:20:49
Temperature


XPS, thermokoppel FLOOR
°C
35.6
24.8
14.0
3.2
-7.6
-18.4
-29.2
-40.0
10:41:49 12-09-2008
03:21:49 12-10-2008
20:01:49 12-10-2008
12:41:49 12-11-2008
05:21:49 12-12-2008
22:01:49 12-12-2008
14:41:49 12-13-2008
07:21:49 12-14-2008
00:01:49 12-15-2008
16:41:49 12-15-2008
FROM:12-09-2008 10:41:49 TO:12-16-2008 09:20:49
Temperature